

실험한옥 모니터링 보고서



449-728 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2
명지대학교 건축대학 12218 한국건축역사연구소
Tel 031.323.6401 Fax 031.330.6487
<http://www.arch-mju.com>

실험한옥 모니터링 보고서

실험한옥 모니터링 보고서

본 자료는 ‘한옥기술개발’ 연구 중 ‘한옥통합시공시스템 개발’ 1-1 세부 과제 결과물의 일부로서 실험한옥 모니터링 연구를 통하여 3차년도 연구를 통해 도출된 제품과 시공기술·성능기술·구조기술을 평가·검증하고, 4차년도 시범한옥 구축에 반영할 근거자료로 작성되었습니다.

2013.09

명지대학교 한국건축역사연구소
실험한옥 모니터링 연구



Contents

Part 1. 실험한옥 모니터링 개요	1
1.1. 모니터링 취지 및 역할	3
1.2. 모니터링 진행 개요	5
Part 2. 실험한옥 모니터링 관리	7
2.1. 실험한옥 활용프로그램 운영 및 홍보	9
2.1.1 실험한옥 활용프로그램 운영	9
2.1.2. 외부인사방문 관리	18
2.1.3. 실험한옥 홍보	25
2.2. 실험한옥 거주환경 조성 및 거주자 관리	30
2.2.1. 실험한옥 거주환경 조성	30
2.2.2. 실험한옥 거주자 관리	42
2.3. 환경측정장비 구축 및 로우데이터 관리	62
2.3.1. 개요	62
2.3.2. 실내환경 측정 기기 및 방법	62
2.3.3. 실내 환경 법적 허용기준	62
2.4. 실험한옥 육안조사	74
2.4.1. 육안조사 개요 및 목적	74
2.4.2 육안조사	74
2.5. 모형실험을 통한 조사	82
2.5.1. 실험의 목적 및 개요	82
2.5.2. 부위별 성능테스트동(일휴당), 시공 및 성능테스트동(지신재)에 적용된 벽체 현황	82
2.5.3. 벽체 실험	90
2.5.4. 벽체 실험 종합 분석	111
2.6. 실험한옥 모니터링 성능평가 검증위원회	112
2.6.1. 개요	112
2.6.2. 위원회 구성 및 운영	112
2.7. 관련 연구성과	118
2.8. 결론	124

Part 3. 실험한옥 구조모니터링	127
3.1. 구조모니터링 측정 방법	129
3.1.1. 주요 구조부재의 변형 측정	129
3.1.2. 3차원 스캐너를 이용한 변형 측정	134
3.2. 구조모니터링 측정 과정	137
3.2.1. 주요 구조부재의 변형 측정	137
3.2.2. 3차원 스캐너를 이용한 변형 측정	145
3.2.3. 디지털 영상합성 변형분석	147
3.3. 예제한옥 측정 내용	154
3.3.1. 예제한옥(명지대 무루정)의 부재별 처짐 및 함수율 측정 위치	154
3.3.2. 예제한옥(명지대 무루정) 측정과정	156
3.4. 구조모니터링 결과	163
3.4.1. 주요 구조부재의 변형 측정 결과	163
3.4.2. 디지털 영상합성 변형분석 결과	179
3.5. 관련 연구성과	185
3.5.1. 학술대회	185
3.5.2. 특허출원	185
3.6. 결론	186
3.6.1. 주요 구조부재의 변형 측정	186
3.6.2. 디지털 영상합성 변형분석	191
Part 4. 실험한옥 성능평가	193
4.1. 기밀성능 평가	195
4.1.1. 평가 목적 및 개요	195
4.1.2. 측정 방법 및 내용	196
4.1.3. 측정 결과 분석	199
4.1.4. 결론	202
4.2. 단열성능 평가	206
4.2.1. 평가 목적 및 개요	206
4.2.2. 측정 방법 및 내용	207
4.2.3. 측정 결과 분석	210
4.2.4. 결론	221

4.3. 차음성능 평가	225
4.3.1. 평가 목적 및 개요	225
4.3.2. 측정 방법 및 내용	226
4.3.3. 측정 결과 분석	229
4.3.4. 결론	236
4.4. 쾌적성능 평가	240
4.4.1. 쾌적성 모니터링의 개요	240
4.4.2. 쾌적성 모니터링의 수행 내용 및 결과	247
4.5. 시뮬레이션 평가	266
4.5.1. 부위별 성능테스트동(일휴당)	266
4.5.2. 시공 및 성능테스트동	293
4.6. 한옥의 성능기준 제안	307
4.7. 결론	364
Part 5. 실험한옥 유지관리	367
5.1. 실험한옥 유지관리를 위한 조사	369
5.1.1. 조사 기간	369
5.1.1. 조사 내용	369
5.1.3. 조사 결과	370
5.2. 실험 한옥 유지관리 요령	377
5.2.1. 한옥의 부위 별 점검 및 검사	377
5.2.2. 실험 한옥의 유지관리 및 보수	380
5.3. 연구 성과	386
5.4. 결론	386
Part 6. 결론	417
부록 1. 실험한옥 모니터링 사진	421

Part 1. 실험한옥 모니터링 개요

1.1. 모니터링 취지 및 역할

1-1세세부는 4차년도 한옥기술개발 연구에서 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 모니터링 및 성능평가, 구조변위측정, 모니터링을 총괄하였다. 모니터링을 위한 거주자 유치를 위해 거주환경을 조성하고 거주자를 모집, 선정하였으며 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 모니터링에 협조할 수 있도록 교육하였다. 또한 1-1세세부에서는 온습도 측정, 친환경도 측정을 할 수 있는 장비 등 환경측정장비를 설치하고 24시간 상시계측이 가능한 시스템을 구축하여 각 세세부에 정기적으로 로우데이터를 제공하였다. 1-3세세부에서 구조변위측정의 실무를 맡고, 3세부에서 성능평가와 유지관리 매뉴얼 작성, 시뮬레이션 평가를 맡았다. 1-3세세부에서는 처마 처짐, 축부재 변위, 처마곡 변위 등을 정기적으로 측정하여 변위양상을 분석하여 매월 말 보고서를 1-1세세부에 제출하였다. 3-1세세부에서는 차음성능, 기밀성능, 쾌적성능을 중심으로 주기적으로 방문하여 측정하였고 거주자 설문조사 및 평가를 통하여 데이터를 구축 분석하였다. 3-2세세부에서는 매주 함수율 측정, 방충·방부 조사를 통한 유지관리 모니터링을 실시하였다. (자세한 내용은 1-3, 3세부 별도 보고서 참고)

본 모니터링 연구는 3차년도 연구를 통하여 도출된 제품과 시공기술·성능기술·구조기술을 평가·검증하고, 4차년도 시범한옥(Mock-up II) 구축에 반영할 근거자료를 확보하여 연구의 완성도를 높이는데 의의가 있다.

■ 주요업무

- 활용프로그램 운영 및 홍보
- 실험한옥 거주환경 조성 및 거주자 관리
- 환경측정장비를 활용한 조사
- 실험한옥 육안조사
- 부분모형 실험을 통한 조사
- 타세부 모니터링 조사 및 실험 관리



■ 전통한옥 성능테스트동(온고재)



- 시공 및 성능테스트동(지신재)와 비교할 동일지표 마련
- 서울 경기지방 안채를 참고하여 구축
- 품셈 및 시공성, 동일조건의 성능 평가 비교를 위한 실험동
- 1층 (69.12m²)

■ 시공 및 성능테스트동(지신재)



- 3년간의 연구개발 이론의 실물검증, 신한옥의 시공기술, 구조기술, 성능기술의 평가를 위한 실물크기 실현물 제작
- 전통한옥 성능테스트동(온고재)와 비교할 동일 지표를 마련하기 위한 실험동
- 1층+2층 (81.36m²+45.09m²=126.45m²)

■ 부위별 성능테스트동(일휴당)



- 전남대학교와 금성건축에서 개발한 바닥, 천장, 벽체, 지붕의 개발내용 실현과 성능평가, 비교검증을 위한 실험동

■ 유닛모델동(일신당)



- 공장에서 기둥, 보 등의 목재골조를 대량으로 프리컷 가공(약 70%이상)한 뒤 조립·생산하여 현장으로 이동하여 하루만에 조립한 한옥

1.2. 모니터링 진행 개요

- 활용프로그램 운영 및 홍보
 - 3차년도 연구개발 된 실험한옥을 활용하기 위해 견학프로그램 운영
 - 언론보도 및 명지대학교 홈페이지를 이용 일반인 참여 유도
 - 실험한옥 공개 및 인터뷰를 통한 언론매체홍보
- 실험한옥 거주환경 조성 및 거주자 관리
 - 개발된 한옥 내부 환경의 실생활 활용도·유용도 검사
 - 거주자의 불편사항 체크, 채광·통풍·공간감 등 감성 체크
 - 거주자 설문조사 및 비정기 거주환경 체크
- 환경측정장비를 활용한 조사
 - 실내외 온습도 측정, CO, CO2 측정, 포름알데히드 측정
 - 열화상 카메라 촬영
 - 정기적인 데이터 추출 및 자료 분석
- 육안조사
 - 변위, 변형, 이격, 부식 등 손상·취약·변화부위 조사, 내구성 평가
 - 개발된 한옥을 부위별로 둘러보면서 체크리스트를 작성하여 조사, 기입
 - 취약부위와 개선사항을 체크하여 4차년도 시범한옥에 반영
- 모형실험을 통한 조사
 - 실험한옥 벽체 모형 제작 및 폭로실험
 - 시공법 및 재료의 차이에 따른 변화 조사
 - 결함발생 원인을 도출하여 4차년도 시범한옥에 결과값을 반영
- 각 세부 모니터링 조사 및 실험 관리
 - 각 세부 모니터링 자료 매월 말 취합
 - 실험한옥 모니터링 및 성능평가 검증위원회 진행
 - 구조모니터링, 성능평가모니터링, 유지관리 모니터링 조사 및 실험 협조, 현장방문 관리



■ 실험한옥 모니터링 보고서 작성 담당

[실험한옥 모니터링보고서 총괄, 취합, 피드백: 1-1세세부]

목 차	담 당
1. 실험한옥 모니터링 개요 1.1. 모니터링 취지 및 역할 1.2. 모니터링 진행 개요	1-1세세부 명지대학교
2. 실험한옥 모니터링 관리 2.1. 실험한옥 활용프로그램 운영 및 홍보 2.3. 실험한옥 거주환경 조성 및 거주자 관리 2.4. 환경측정장비 구축 및 로우데이터 관리 2.2. 실험한옥 육안조사 2.5. 모형실험을 통한 조사 2.6. 실험한옥 모니터링 성능평가 검증위원회 2.7. 관련 연구성과 2.8. 결론	1-1세세부 명지대학교
3. 실험한옥 구조모니터링 3.1. 구조 모니터링 측정 방법 3.2. 구조 모니터링 측정 과정 3.3. 예제한옥 측정 내용 3.4. 구조 모니터링 결과 3.5. 관련 연구성과 3.6. 결론	1-3세세부 명지대학교
4. 실험한옥 성능평가 4.1. 기밀성능 평가 4.2. 단열성능 평가 4.3. 차음성능 평가 4.4. 쾌적성능 평가 4.5. 시뮬레이션 평가 4.6. 한옥의 성능 기준 제안 4.7. 결론	3-1세세부 전남대학교 (4.5는 3-위탁 주, 바이오하우징)
5. 실험한옥 유지관리 5.1. 실험한옥 유지관리를 위한 조사 5.2. 실험한옥 유지관리 요령 5.3. 관련 연구성과 5.4. 결론	3-2세세부 충남대학교
6. 결론	1-1세세부 명지대학교
[부록] 실험한옥 모니터링 사진	1-1, 1-3, 3세부 3-1세세부
[별책부록] 1-1세세부 홍보자료(책자, 리플렛)	1-1세세부

Part 2. 실험한옥 모니터링 관리

2.1. 실험한옥 활용프로그램 운영 및 홍보

2.1.1 실험한옥 활용프로그램 운영

1) 필요성

한옥기술개발연구단은 2009년 하반기부터 2013년 상반기까지 연구한 결과를 실제 한옥으로 실현하기 위하여 실험한옥을 구축했다. 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)에 실현되어 있는 연구 결과는 중간단계로서 실험을 통해 개선될 사항과 장점을 파악해 더 나은 결과를 내고자 구축되었다. 전통의 멋과 현대의 기능을 확보한 새로운 한옥을 만들기 위해 개발된 실험한옥을 활용하고 운영·홍보하기 위해 견학프로그램을 기획하여 일반인들에게 제공하였다.

2) 개요

명지대 홈페이지와 전화로 신청을 받아 견학자를 선발하여 진행하였다. 견학프로그램을 진행할 도슨트 내용을 작성하였다. 일반인들의 견학에 도움자료로 소책자와 리플렛을 제작하여 함께 배포해 이해를 도왔다. 소책자에는 한옥에서 일반적으로 보이는 종류, 부재에 대한 설명이 나와 있다. 리플렛은 4개의 동으로 이루어진 실험한옥에 대해 간략한 전통한옥 성능테스트동(온고재)과 시공 및 성능테스트동(지신재)의 비교, 각 한옥에 대한 정보가 들어 있다. 마지막으로 도슨트는 견학프로그램인 ‘한옥의 오늘과 내일’을 진행하면서 꼭 필수적으로 설명할 내용이 들어 있다. 이런 다양한 자료들을 견학프로그램 참가자에게 제공하고 있다.



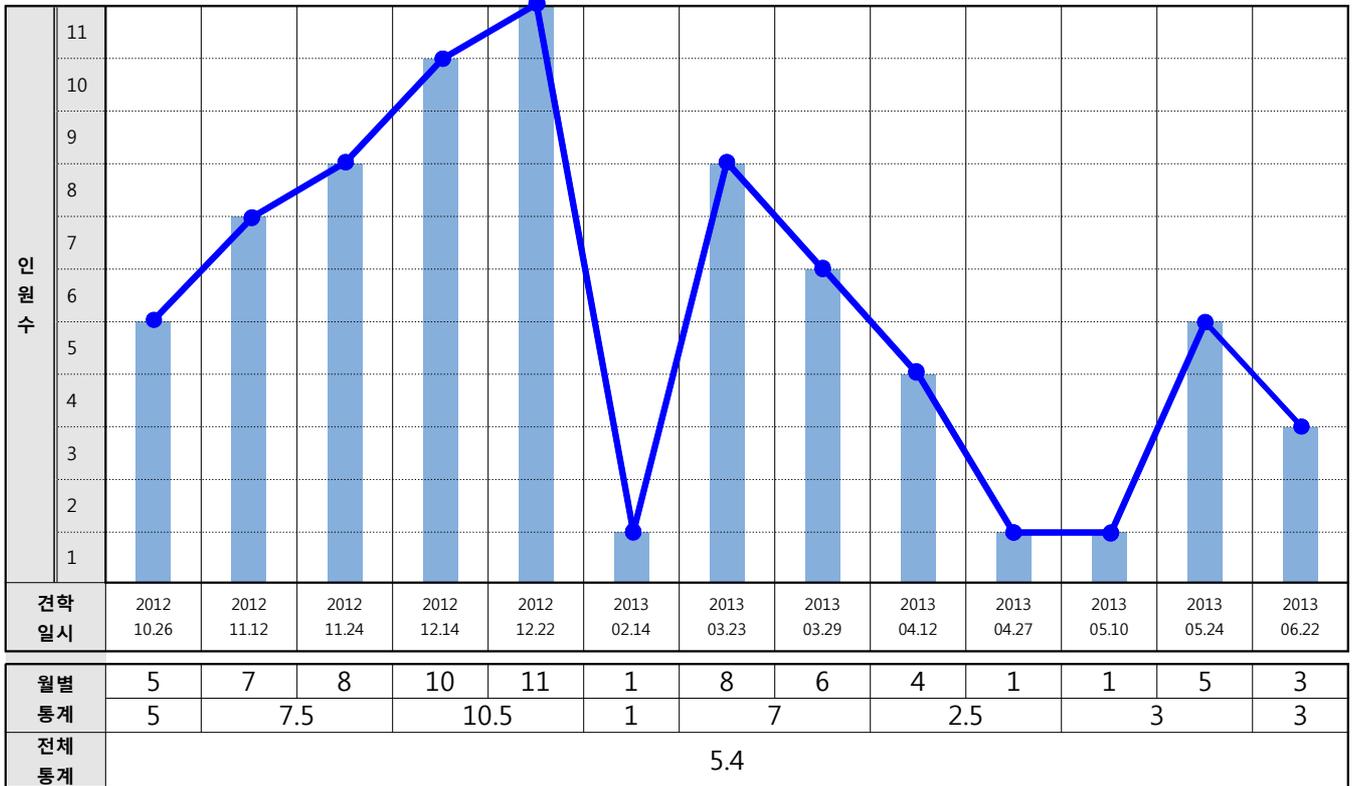
실험한옥 소책자



리플렛

요약본	중앙마당	①
1. 한옥기술개발사업 소개 (사명)명지대 한옥기술개발사업팀, 연구기관: 명지대 한옥기술개발연구단 - 한옥의 전통을 보존하고, 전통한옥의 가치를 높여 전통을 알린 한옥 개발 - 개발된 한옥의 다양한 형태와 시공방법 개발 - 시공기술 활성화를 꾀한 한옥 개발 2. 실험한옥의 목적 - 연구용 목적: 전통적 방법이나 시공, 성능, 구조기술을 실현하고 평가 가능한 한옥을 개발할 수 있는 것 - 지원된 연구자를 지원하여 공간과 성능 및 재료의 평가를 실현함 (2012년 10월부터) - 연구기관의 중요도인 재건축에 대한 연구와 개발을 위한 3. 실험한옥 단계 소개 - 명지정사: 2010. 11. 1. ~ 2011. 11. 31(1년 5개월) - 명지정사: 2012. 11. 1. ~ 2013. 11. 31(1년 5개월) - 동: 10평대의 규모로, 구조, 목재에 따라 명칭되어 있음. - 중: 20평대의 규모로 명칭됨 4. 도슨트 설명 - 중: 20평대의 규모로 명칭됨 - 일실양-이실동 등 - 외부에서 견학객, 기단-공포-기둥 (밑에서 위로) - 내부에서 견학객: 기단-공포-기둥 (위에서 밑으로) - 이실: 내부에서 견학객과 한옥을 연구하여 보지 못한 것을	2분	
요약본	온고재	②
1. 온고재		
요약본	온고재	③
1. 온고재 - 기둥: 한옥의 뼈대 - 기: 온고재의 뼈대를 이루는 기둥과 기둥 사이를 연결하는 수직 구조물 - 목: 온고재의 뼈대를 이루는 목재로, 기둥과 기둥 사이를 연결하는 수직 구조물 - 대: 온고재의 뼈대를 이루는 대목으로, 기둥과 기둥 사이를 연결하는 수직 구조물 - 처마: 온고재의 뼈대를 이루는 처마로, 기둥과 기둥 사이를 연결하는 수직 구조물 - 처마: 온고재의 뼈대를 이루는 처마로, 기둥과 기둥 사이를 연결하는 수직 구조물	2분	
요약본	지신재+일출마당	④
1. 지신재의 연구개발 사업의 필요성 - 한옥의 전통을 보존하고, 전통한옥의 가치를 높여 전통을 알린 한옥 개발 - 개발된 한옥의 다양한 형태와 시공방법 개발 - 시공기술 활성화를 꾀한 한옥 개발 2. 지신재의 목적 - 연구용 목적: 전통적 방법이나 시공, 성능, 구조기술을 실현하고 평가 가능한 한옥을 개발할 수 있는 것 - 지원된 연구자를 지원하여 공간과 성능 및 재료의 평가를 실현함 (2012년 10월부터) - 연구기관의 중요도인 재건축에 대한 연구와 개발을 위한 3. 지신재 단계 소개 - 명지정사: 2010. 11. 1. ~ 2011. 11. 31(1년 5개월) - 명지정사: 2012. 11. 1. ~ 2013. 11. 31(1년 5개월) - 동: 10평대의 규모로, 구조, 목재에 따라 명칭되어 있음. - 중: 20평대의 규모로 명칭됨 4. 도슨트 설명 - 중: 20평대의 규모로 명칭됨 - 일실양-이실동 등 - 외부에서 견학객, 기단-공포-기둥 (밑에서 위로) - 내부에서 견학객: 기단-공포-기둥 (위에서 밑으로) - 이실: 내부에서 견학객과 한옥을 연구하여 보지 못한 것을	2분	

도슨트



한옥비교견학 인원 통계표2

■ 한옥비교견학 관리

순번	일시	장소	내용
1	2012.10.26	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥비교견학 시범운영
2	2012.11.12	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	역북초등학교 5학년 담임 방문
3	2012.11.24	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-1차
4	2012.12.14	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-2차
5	2012.12.22	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-3차
6	2013.02.14	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-1차
7	2013.03.23	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-2차
8	2013.03.29	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-3차
9	2013.04.12	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-4차
10	2013.04.27	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-5차
11	2013.05.10	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-6차
12	2013.05.24	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-7차
13	2013.06.22	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한옥견학-8차

견학 차시	견학 시범운영	
일시	2012년 10월 26일	
참여자	박진이, 조성일, 송정아, 정혜수, 변미나	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥과 실험한옥의 차이를 알기 위한 기회 - 거주하기 전 취지, 환경을 알기 위한 목적 	
견학사진	 <p>한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p>한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	역북초등학교 5학년 담임 방문	
일시	2012년 11월 12일	
참여자	이성현, 나태경, 김숙형, 이선영, 백미옥, 박가람, 조예지	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 한옥을 경험해 볼 수 있는 좋은 기회 - 학생들에게 한옥에 대해서 알려주고 싶은 생각 	
견학사진	 <p>한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p>한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	1차	
일시	2012년 11월 24일	
참여자	김주인, 이왕원, 정명숙, 이형만, 손태웅, 안종규, 정성숙, 조명경	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 전통과 신기술이 합쳐진 한옥에 관심 - 한옥을 접할 기회가 많지 않은데 실험한옥과 전통한옥의 비교체험을 할 수 있는 좋은 기회라는 생각 - 현대건축의 개발로 인해 사라지는 한옥을 개발하고 있는 실험한옥의 체험은 좋은 경험이 될 것이라는 생각 	
견학사진	 <p>한옥 비교체험 견학사진 1</p>	 <p>한옥 비교체험 견학사진 2</p>

견학 차시	2차	
일시	2012년 12월 14일	
참여자	이주홍, 이인애, 김옥선, 엄성윤, 순숙경, 엄선경, 고문환, 박광웅, 김남열, 박준	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 서울 동소문동 한옥마을을 재개발로부터 지켜낸 미국인 피터 바들로뮤님의 인터뷰를 보면서 한옥에 관심이 생겨 신청 - 평소에 관심이 있었는데 명지대학교에 실험한옥과 전통한옥이 동시에 있어 비교체험할 수 있는 정보를 듣고 신청 	
견학사진	 <p>한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p>한옥 비교체험 견학사진3</p>

견학 차시	3차	
일시	2012년 12월 22일	
참여자	이민준, 조윤경, 이수곤, 맹상호, 이진풍, 김용상, 홍용준, 윤상학, 김학범, 홍출유, 차준오	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 향후 집을 한옥으로 짓고 싶은 생각 - 한옥사업이 이루어지면서 만들어지는 신개념 주택상품(실험한옥)을 보고싶어서 신청 - 한옥에 대한 관심이 많아 신청 - 건축학과 학생으로 평소 전통건축에 관심이 많았는데 지나다니면서 보던 실험한옥에 들어가서 보고, 체험할 수 있기에 신청 	
견학사진	 <p>한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p>한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	1차	
일시	2013년 02월 14일	
참여자	장기종	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 평소에 한옥에 대해 관심은 많았지만 아직 많은 면을 알지 못하기 때문에 꼭 한번 견학 프로그램에 참여하여 전통한옥 뿐 아니라 현대한옥에 대한 내용도 많이 알아보고 싶어서 신청 	
견학사진	 <p>한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p>한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	2차	
일시	2013년 03월 23일	
참여자	조성래, 문명지, 안찬우, 전나영, 김기훈, 채영은, 곽재권, 이경민	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 대학에 진학 후 한옥과 현대건축을 접목 시킨 건축에 관심이 많았지만 한옥을 직접 체험한 적이 적었는데 이번 기회에 느껴보고 싶어서 신청 - 친환경 주택을 지향하는 건축업을 하는 사람으로서 한옥에 많은 관심이 생겨 신청 	
견학사진	 <p>한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p>한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	3차	
일시	2013년 03월 29일	
참여자	김현수, 이미경, 신옥희, 모선옥, 김소라, 박혜선	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 한옥 설계를 하는 사람으로서 국토부 R&D 사업의 일환으로 연구, 개발된 한옥이 어떠한 모습인지, 앞으로의 한옥이 어떠한 흐름으로 나아갈지 알고 싶어서 신청 - 한옥에 관심이 있어서 신청 - 신문에서 Mock-Up에 관련된 기사를 보고 흥미가 생겨 신청 	
견학사진	 <p>한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p>한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	4차	
일시	2013년 04월 12일	
참여자	이미화, 이중선, 유미자, 김인수	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 한옥을 지을 때 참고하려고 신청 - 실용적이고 저렴한 한옥 건축에 대하여 알아보고자 신청 	
견학사진	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	5차	
일시	2013년 04월 27일	
참여자	이아름	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 평소 관심이 많았는데 비전공으로 해당 분야에 참석할 수 있는 경로를 알지 못하므로 이번 명지대학교 공지를 보고 신청 	
견학사진	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	6차	
일시	2013년 05월 10일	
참여자	오원구	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 한옥을 건축하는데 도움을 얻으려 신청 - 전통한옥과 실험한옥을 조사해 단점, 장점을 알아보기 위해 신청 	
견학사진	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	7차	
일시	2013년 05월 24일	
참여자	정우진, 남국현, 전홍열, 김승욱, 성효진	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 국토부에서 진행 중인 R&D 사업을 더 자세히 알아보고자 신청 	
견학사진	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진2</p>

견학 차시	8차	
일시	2013년 06월 22일	
참여자	이세정, 이종우, 황보향	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	<ul style="list-style-type: none"> - 관련업무 사례 조사 - 한옥설계 관심 - 전문지식 취득 	
견학사진	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진1</p>	 <p style="text-align: center;">한옥 비교체험 견학사진2</p>

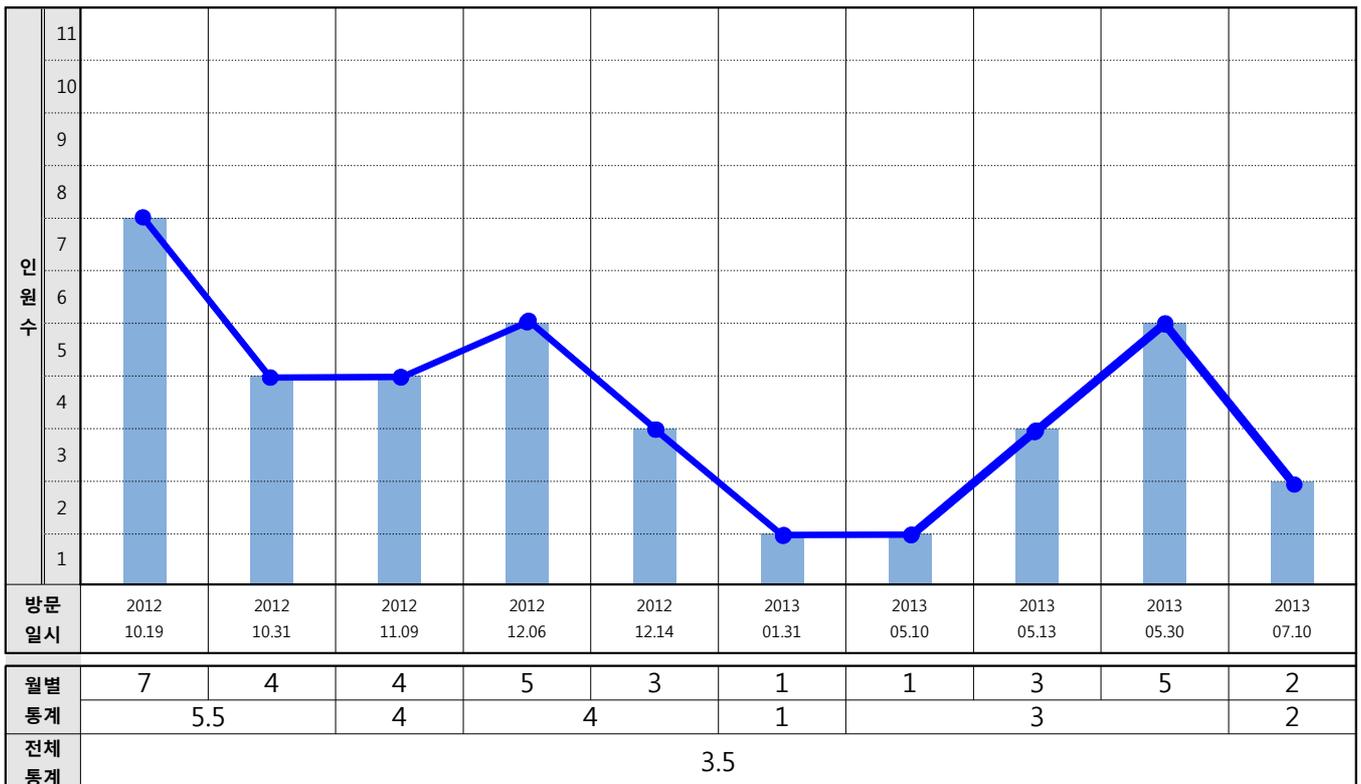
2.1.2. 외부인사방문 관리

1) 필요성

한옥기술개발연구단은 2009년 하반기부터 2013년 상반기까지 연구한 결과를 실제 한옥으로 실현하기 위하여 실험한옥을 구축했다. 현대한옥에 관심을 가지는 단체와 개인 등의 요청을 받아 전통의 멋과 현대의 기능을 확보한 새로운 한옥을 만들기 위해 개발된 실험한옥을 개방하였다.

2)개요

현대한옥에 관심을 가지는 단체와 개인 등의 요청을 받아 견학프로그램과 마찬가지로 도슨트를 진행하며 소책자와 리플렛을 배부하여 이해를 도왔다.



한옥 방문인원 통계표17

한옥 방문인원 목록

순번	일시	장소	내용
1	2012.10.19	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한국건설교통기술평가원 현장시찰
2	2012.10.19	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	파주 영어마을 원장일행 한옥마을 조성 협의
3	2012.10.31	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	미디어앤메세 홍보영상 촬영
4	2012.11.09	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	미디어앤메세 홍보영상 촬영
5	2012.12.06	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	(주)성림건축, KT&G, (주)휘성전통건축 관람
6	2012.12.14	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	KBS인터뷰
7	2013.01.31	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	YTN사이언스 인터뷰
8	2013.05.10	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	한국목재신문 인터뷰
9	2013.05.13	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	MBC
10	2013.05.30	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	KAIA
11	2013.07.10	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	조감도 사무실

방문주체	한국건설교통기술평가원	
일시	2012년 10월 19일	
참여자	이재봉 평가원장, 정광용 부원장 겸 총괄본부장, 유해운 산업진흥본부장, 조대연 건설사업본부장, 신영방 교통사업본부장,	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 현장 시찰	
방문사진	 <p>한국건설교통기술평가원 방문사진1</p>	 <p>한국건설교통기술평가원 방문사진2</p>

방문주체	파주 영어마을 원장 일행	
일시	2012년 10월 19일	
참여자	북미사무소 이태목 센터장 파주영어마을 대표 김태수	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 한옥마을 조성협의	
방문사진	 <p>파주 영어마을 원장 일행 방문사진1</p>	 <p>파주 영어마을 원장 일행 방문사진2</p>

방문주체	미디어 앤 메세	
일시	2012년 10월 31일	
방문자	박주환, 김명제, 박준희, 김종오	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 인터뷰	
방문사진	 <p>미디어 앤 메세 방문사진 1</p>	 <p>미디어 앤 메세 방문사진 2</p>

방문주체	미디어 앤 메세	
일시	2012년 11월 9일	
방문자	이상호, 김명제, 박주환, 김종오	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 홍보영상 촬영	
방문사진	 <p>미디어 앤 메세 방문사진1</p>	 <p>미디어 앤 메세 방문사진2</p>

방문주체	(주)성림건축, KT&G, (주)휘성전통건축	
일시	2012년 12월 6일	
방문자	김경식, 최성호, 박종래, 정태영, 이성구	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 관람	
방문사진	 <p>(주)성림건축, KT&G, (주)휘성전통건축 방문사진 1</p>	 <p>(주)성림건축, KT&G, (주)휘성전통건축 방문사진 2</p>

방문주체	KBS	
일시	2012년 12월 14일	
방문자	이해연, 이권, 정현준	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 취재	
방문사진	 <p>KBS 방문사진 1</p>	 <p>KBS 방문사진 2</p>

방문주체	YTN사이언스	
일시	2013년 1월 31일	
방문자	임호진	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 인터뷰	
방문사진	 <p>YTN사이언스 방문사진 1</p>	 <p>YTN사이언스 방문사진 2</p>

방문주체	한국목재신문	
일시	2013년 5월 10일	
방문자	정희진	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 인터뷰	
방문사진	 <p>한국목재신문 방문사진 1</p>	 <p>한국목재신문 방문사진 2</p>

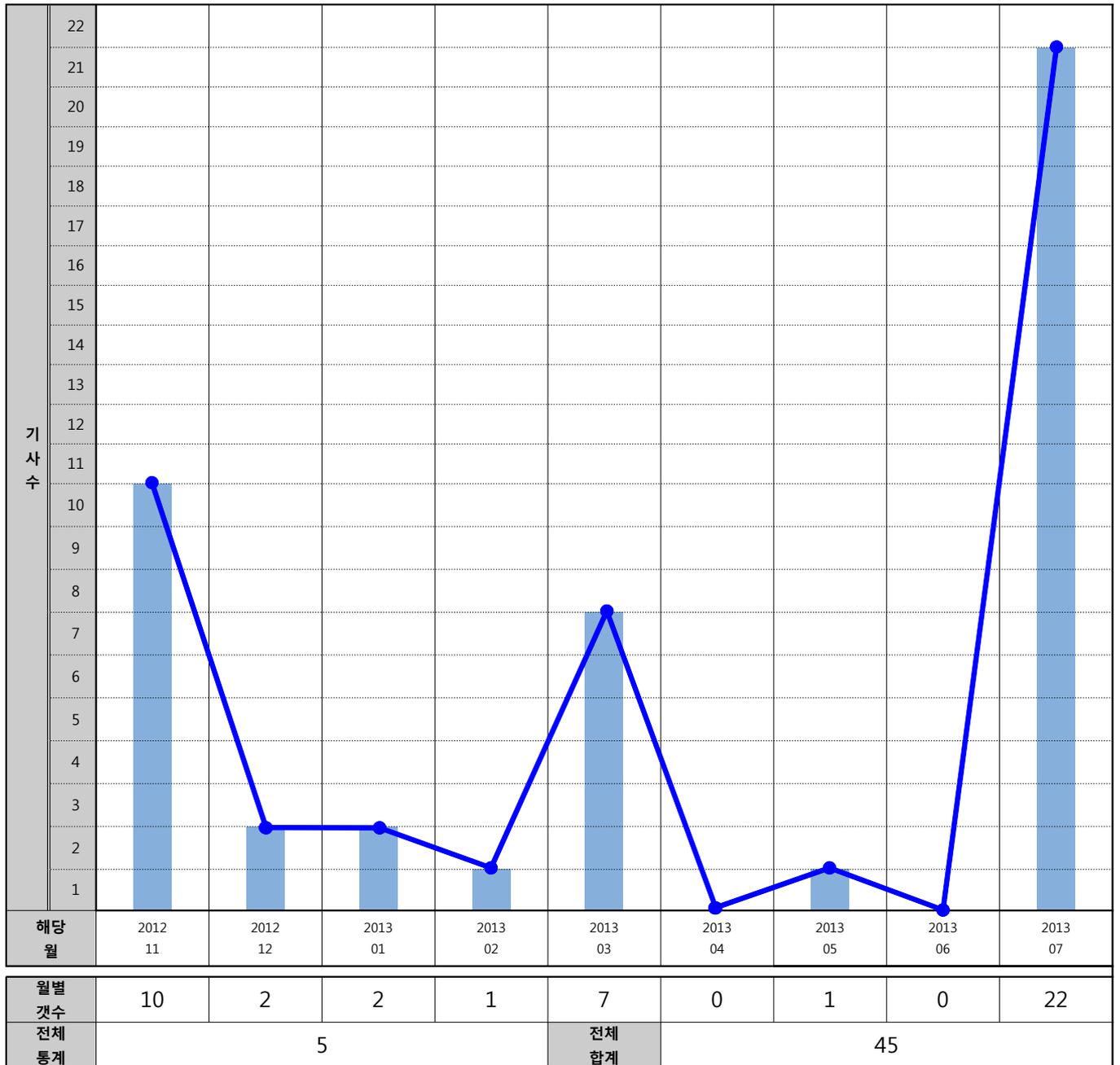
방문주체	MBC	
일시	2013년 5월 13일	
방문자	정동욱, 정연철, 한계남	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 취재	
방문사진	 <p>한국목재신문 방문사진 1</p>	 <p>한국목재신문 방문사진 2</p>

방문주체	KAIA	
일시	2013년 5월 30일	
방문자	박중귀, 박래상, 백승철, 맹재환, 곽경민	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 견학	
방문사진	 <p>한국목재신문 방문사진 1</p>	 <p>한국목재신문 방문사진 2</p>

방문주체	조감도 사무실	
일시	2013년 7월 10일	
방문자	최미자, 김상훈	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
방문목적	- 견학	
방문사진	 <p>한국목재신문 방문사진 1</p>	 <p>한국목재신문 방문사진 2</p>

2.1.3. 실험한옥 홍보

홍보기사 갯수 통계표30



명지대학교 내 실험한옥 홍보기사 목록

번호	매체	기관명	날짜	내용
1	인터넷 기사	명지대학교	2012-11-07	견학프로그램 공지
2	인터넷 기사	아시아투데이	2012-11-12	견학프로그램 공지
3	인터넷 기사	머니투데이	2012-11-12	견학프로그램 공지
4	인터넷 기사	한국대학신문	2012-11-12	견학프로그램 공지
5	인터넷 기사	경기일보	2012-11-13	견학프로그램 공지
6	인터넷 기사	경기신문	2012-11-14	견학프로그램 공지
7	인터넷 기사	해럴드경제	2012-11-26	명지대 실험한옥
8	인터넷 기사	건설경제	2012-11-28	명지대 실험한옥
9	인터넷 기사	해럴드경제	2012-11-29	명지대 실험한옥
10	인터넷 기사	건설타임즈	2012-11-29	명지대 실험한옥
1	인터넷 기사	이코노믹스	2012-12-11	교수님 인터뷰
2	인터넷 기사	KBS	2012-12-24	교수님 인터뷰
1	인터넷 기사	아시아투데이	2013-01-03	명지대 한옥기술개발연구단
2	인터넷 기사	아시아투데이	2013-01-04	명지대 한옥기술개발연구단
1	인터넷 기사	산림신문	2013-02-21	명지대 실험한옥
1	인터넷 기사	산림신문	2013-03-05	명지대 실험한옥
2	인터넷 기사	EBS		명지대 실험한옥
3	인터넷 기사	파이낸셜뉴스	2013-03-12	은평구 한옥
4	인터넷 기사	아시아경제	2013-03-14	은평구 한옥
5	인터넷 기사	연합뉴스	2013-03-14	은평구 한옥
6	인터넷 기사	조경뉴스	2013-03-17	은평구 한옥
7	인터넷 기사	한국경제	2013-03-20	은평구 한옥
1	잡지	한옥문화	2013-05	은평구 한옥
1	인터넷 기사	한국주택신문	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
2	인터넷 기사	파이낸셜 뉴스	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
3	인터넷 기사	MTN	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
4	인터넷 기사	머니투데이	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
5	인터넷 기사	연합뉴스	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
6	인터넷 기사	한국경제	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
7	인터넷 기사	공감코리아 정책뉴스	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
8	인터넷 기사	매일경제	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
9	인터넷 기사	이투데이	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
10	인터넷 기사	매일경제	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
11	인터넷 기사	이데일리	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
12	인터넷 기사	아주경제	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
13	인터넷 기사	아시아경제	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
14	인터넷 기사	뉴스핌	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어

번호	매체	기관명	날짜	내용
15	인터넷 기사	서울경제	2013-07-09	국토교통 테크놀로지페어
16	인터넷 기사	환경일보	2013-07-10	국토교통 테크놀로지페어
17	인터넷 기사	건설경제	2013-07-10	국토교통 테크놀로지페어
18	인터넷 기사	위키트리	2013-07-11	명지대 교내 Mock-Up 현장
19	인터넷 기사	SBS	2013-07-12	명지대 교내 Mock-Up 현장
20	인터넷 기사	뉴스와이	2013-07-14	명지대 교내 Mock-Up 현장
21	인터넷 기사	아주경제	2013-07-15	국토교통 테크놀로지페어

명지대학교 한옥기술개발연구원

단독주택에 사는 맛, 개성과 편의성까지



단독주택에 살면 어떤 장점이 있을까요? 답은 다양합니다. 첫째, 개성입니다. 아파트나 공동주택과 달리, 단독주택은 자신의 취향과 생활 방식을 반영할 수 있는 공간입니다. 둘째, 편의성입니다. 주차장, 정원, 그리고 넓은 실내 공간은 생활의 편의성을 높여줍니다. 셋째, 투자 가치입니다. 단독주택은 장기적으로 안정적인 자산 가치를 형성할 수 있는 투자처입니다. 특히, 도심 지역의 단독주택은 수요가 꾸준하며, 임대 수익도 기대할 수 있는 장점이 있습니다.

단독주택을 선택할 때는 위치, 크기, 마감재, 그리고 주변 환경 등을 꼼꼼히 살펴보는 것이 중요합니다. 특히, 교통편과 생활 편의 시설은 선택 시 반드시 고려해야 할 요소입니다. 또한, 예산과 대출 조건도 신중히 검토해야 합니다. 단독주택은 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간입니다. 여러분의 라이프스타일에 맞는 단독주택을 찾아보세요.

다양한 생활 편의 시설을 갖춘 단독주택

최근 단독주택 시장은 다양한 편의 시설을 갖춘 주택에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 특히, 스마트 홈 시스템, 홈 오피스 공간, 그리고 넓은 정원 등은 단독주택의 경쟁력을 높여주고 있습니다. 또한, 친환경 건축 자재와 에너지 절약 시설은 현대 소비자들의 관심을 끌고 있습니다. 이러한 편의 시설은 단독주택을 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간으로 변화시키고 있습니다. 특히, 도심 지역의 단독주택은 이러한 편의 시설을 갖춘 주택에 대한 수요가 더욱 높고 있습니다.

단독주택을 선택할 때는 이러한 편의 시설을 꼼꼼히 살펴보는 것이 중요합니다. 특히, 스마트 홈 시스템과 홈 오피스 공간은 현대 생활에 필수적인 요소입니다. 또한, 친환경 건축 자재와 에너지 절약 시설은 장기적으로 비용을 절감할 수 있는 장점이 있습니다. 이러한 편의 시설을 갖춘 단독주택은 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간입니다. 여러분의 라이프스타일에 맞는 단독주택을 찾아보세요.

[생생경제] '공정에서 독박' 모듈러 주택 인기



최근 모듈러 주택의 인기가 뜨겁습니다. 이는 전통적인 건축 방식에 비해 빠르고, 비용이 절감되는 장점이 있기 때문입니다. 또한, 모듈러 주택은 다양한 디자인과 마감재를 선택할 수 있어, 개인의 취향과 생활 방식을 반영할 수 있습니다. 특히, 도심 지역의 모듈러 주택은 주차 공간 부족 문제를 해결할 수 있는 대안으로 주목받고 있습니다. 또한, 모듈러 주택은 친환경 건축 자재와 에너지 절약 시설을 갖춘 주택에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 이러한 장점은 모듈러 주택을 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간으로 변화시키고 있습니다.

명지대, 한류기술개발연구원, "반값 한옥으로 미래 주거 문화 선도할 것"



명지대학교 한류기술개발연구원(원장 김성호)은 11일 서울 중구에서 '반값 한옥'을 주제로 한 세미나를 개최했다. 김 원장은 "한옥은 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간입니다. 특히, 도심 지역의 한옥은 주차 공간 부족 문제를 해결할 수 있는 대안으로 주목받고 있습니다. 또한, 한옥은 친환경 건축 자재와 에너지 절약 시설을 갖춘 주택에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 이러한 장점은 한옥을 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간으로 변화시키고 있습니다."

[동영상] 명지대 한류기술개발연구원, "반값 한옥으로 미래 주거 문화 선도할 것"



이 세미나에서는 '반값 한옥'을 주제로 한 세미나를 개최했다. 김 원장은 "한옥은 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간입니다. 특히, 도심 지역의 한옥은 주차 공간 부족 문제를 해결할 수 있는 대안으로 주목받고 있습니다. 또한, 한옥은 친환경 건축 자재와 에너지 절약 시설을 갖춘 주택에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 이러한 장점은 한옥을 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간으로 변화시키고 있습니다."

명지대학교 신학협력 한류기술개발연구원 창간식 및 포럼 개최

국토해양부에서 주관하는 한류기술개발연구원(원장 김성호)은 11일 서울 중구에서 '반값 한옥'을 주제로 한 세미나를 개최했다. 김 원장은 "한옥은 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간입니다. 특히, 도심 지역의 한옥은 주차 공간 부족 문제를 해결할 수 있는 대안으로 주목받고 있습니다. 또한, 한옥은 친환경 건축 자재와 에너지 절약 시설을 갖춘 주택에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 이러한 장점은 한옥을 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간으로 변화시키고 있습니다."

이 세미나에서는 '반값 한옥'을 주제로 한 세미나를 개최했다. 김 원장은 "한옥은 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간입니다. 특히, 도심 지역의 한옥은 주차 공간 부족 문제를 해결할 수 있는 대안으로 주목받고 있습니다. 또한, 한옥은 친환경 건축 자재와 에너지 절약 시설을 갖춘 주택에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 이러한 장점은 한옥을 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간으로 변화시키고 있습니다."

김영직 교수 명지대학교 건축학부

여기가 신한옥 등이 있는 곳인데요 저쪽 건너편이 전통한옥 등이고...

150개 기관과 신학협력... 한·태 한옥 개발도

명지대학교 한류기술개발연구원(원장 김성호)은 11일 서울 중구에서 '반값 한옥'을 주제로 한 세미나를 개최했다. 김 원장은 "한옥은 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간입니다. 특히, 도심 지역의 한옥은 주차 공간 부족 문제를 해결할 수 있는 대안으로 주목받고 있습니다. 또한, 한옥은 친환경 건축 자재와 에너지 절약 시설을 갖춘 주택에 대한 수요가 증가하고 있습니다. 이러한 장점은 한옥을 단순한 주거 공간을 넘어, 삶의 질을 높여주는 공간으로 변화시키고 있습니다."

21세기 한옥 개발부진, 무관심 프로젝트까지

명지대는 각종 대형 사업을 진행하고 있다. 2011년 농촌진흥청이 추진하는 '차세대 바이오그린 2차 산업'에 선정된 것이 대표적이다. 이 사업으로 명지대는 2020년까지 10년간 예산 9700억원을 지원받는다. 미성황과 곤궁 등 농생계지원에 이용해 기술성 소재와 제품 개발하고 실행하는 것이 목표다.

2.2. 실험한옥 거주환경 조성 및 거주자 관리

2.2.1. 실험한옥 거주환경 조성

1) 거주환경 조성 개요

명지대학교에 신축된 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)에서 시설관리를 거주자 환경 모니터링이 시작되는 2012년 10월에서 거주자 환경 모니터링이 끝나는 시점인 2013년 9월 까지 지속적으로 실시하였다. 명지정사 총 4개의 동인 시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재), 유닛모델동(일신당), 부위별 성능테스트동(일휴당)에서 총 31건의 시설관리 내역이 있었으며, 그 중 전체 13건, 성능테스트동(지신재) 8건, 전통한옥 성능테스트동(온고재) 7건, 유닛모델동(일신당) 3건이 있다.

거주자의 생활환경 개선을 위한 작업(형광등, 세탁기, 인터넷 설치 등)이 대다수 였으며, 초기에 전체적인 배수.오수관, 전기공사를 실시하여 기본적인 시설을 구축했다. 그리고 거주자와 시설 안전을 위해 CCTV를 설치하면서 보안관리가 가능했다. 그리고 출입구와 건물마다 안내판을 설치하여 일반사람들도 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.

순번	일 시	내 용
1	2012.10.15. (월)	시공 및 성능테스트동(지신재) 세탁기 설치
2	2012.10.18. (목)	시공 및 성능테스트동(지신재) 다용도실 서랍장 설치
3	2012.11.13. (화)	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재), 부위별 성능테스트동(일휴당), 유닛모델동(일신당) 전기 및 통신(인터넷, 전화) 공사
4	2012.11.14.~16. (수~금)	전통한옥 성능테스트동(온고재), 유닛모델동(일신당) 수도관, 배수관 연결공사
5	2012.11.28. (수)	시공 및 성능테스트동(지신재) 배전함 설치
6	2012.12.26. (수)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 땀감 운반
7	2013.01.07. (월)	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재) 인터넷 설치
8	2013.01.07. (월)	시공 및 성능테스트동(지신재) 형광등교체 및 커버보수
9	2013.01.08. (화)	시공 및 성능테스트동(지신재) 분전함 점검
10	2013.01.08. (화)	전통한옥 성능테스트동(온고재), 시공 및 성능테스트동(지신재) 환경시스템 장비 주기 부착
11	2013.01.14. (월)	환경 모니터링 장비 USB 연결 문제 및 점검
12	2013.01.14. (월)	전통한옥 성능테스트동(온고재), 시공 및 성능테스트동(지신재) 공유기 설치
13	2013.01.15. (화)	전통한옥 성능테스트동(온고재), 시공 및 성능테스트동(지신재), 유닛모델동(일신당) 전기 계량기 설치
14	2013.01.30. (수)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 땀감 운반
15	2013.02.04. (월)	시공 및 성능테스트동(지신재) CCTV 내부 이동
16	2013.02.05. (화)	시공 및 성능테스트동(지신재) 창고 인터넷 선정리
17	2013.02.05. (화)	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 안내판 설치
18	2013.02.06. (수)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 작은방 바닥보수
19	2013.03.05. (화)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 대형 형광등 교체
20	2013.03.05. (화)	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 현판설치
21	2013.03.06. (수)	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) CCTV설치
22	2013.03.11.~13. (월~수)	유닛모델동(일신당) 내부 공사
23	2013.03.18. (월)	시공 및 성능테스트동(지신재) 창호 페인트칠 작업
24	2013.03.19. (화)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 소음측정기 설치
25	2013.03.25. (월)	시공 및 성능테스트동(지신재) 창호 페인트칠 작업 및 전통한옥 성능테스트동(온고재) 땀감 자르기
26	2013.03.27. (수)	유닛모델동(일신당) 온수기 밸브 하자보수
27	2013.03.28. (목)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 구조모니터링 철물설치
28	2013.03.30. (토)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 아궁이 및 담장 하자보수
29	2013.04.19.~20. (금~토)	유닛모델동(일신당) 오수관 연결 및 기단 설치
30	2013.05.07. (토)	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) CCTV 보수
31	2013.07.03. (수)	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 실내현판 설치

2) 거주환경 조성 내용

작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) 세탁기 설치	
일시	2012년 11월 13일	
참여자	시공자 6명, 김대성, 강영식	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재), 부위별 성능테스트동(일휴당), 유닛모델동(일신당)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 시공 및 성능테스트동(지신재) : 전기 및 통신선 연결 - 전통한옥 성능테스트동(온고재) : 전기 및 통신선 연결 - 부위별 성능테스트동(일휴당) : 전기 및 통신선 연결 - 유닛모델동(일신당) : 전기 및 통신선 연결 - 외부 통신선 매설 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">전기 및 통신공사(전통한옥 성능테스트동)</p>	 <p style="text-align: center;">전기 및 통신공사 사진(유닛모델동)</p>
작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) 온수기 설치	
일시	2012년 11월 14~16일	
참여자	시공자 2명, 강영식	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재), 유닛모델동(일신당)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥 성능테스트동(온고재) : 수도관, 배수관 연결공사, 실내 부엌 수도관, 배수관 설치 - 유닛모델동(일신당) : 수도관(내부) 연결공사 <p>특이사항: 공사중 포크레인이 배전함 파손 - 학교시설팀에서 교체예정</p>	
작업사진	 <p style="text-align: center;">수도관, 배수관 연결공사 1</p>	 <p style="text-align: center;">수도관, 배수관 연결공사 2</p>

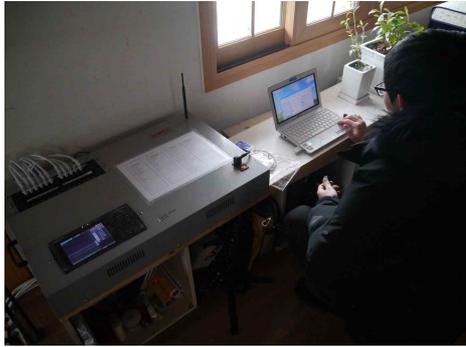
작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) 배전함 설치	
일시	2012년 11월 28일	
참여자	시공자 4명, 김성운	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재), 유닛모델동(일신당)	
작업내용	- 배전함 재설치	
작업사진	 <p style="text-align: center;">배전함 설치 1</p>	 <p style="text-align: center;">배전함 설치 2</p>

작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재) 땃감 운반	
일시	2012년 12월 26일	
참여자	주거자 9명, 한옥기술개발연구단 연구원 17명	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 무루정(명지대학교 건축대학 앞 한옥) 땃감 운반 건축대학 뒤 주차장 폐부재 운반 - 땃감 자르기 - 땃감 운반(전통한옥) 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">땃감 자르기 1</p>	

작업제목	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 인터넷 설치	
일시	2013년 1월 7일	
참여자	인터넷 기사 4명, 김성운, 강영식	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 시공 및 성능테스트동(지신재) 분전함 인터넷 설치(1층 개통) - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 분전함 인터넷 설치 - 유닛모델동(일신당) 인터넷 설치(시공 및 성능테스트동(지신재) 분전함 설치) 	
작업사진	 <p>시공 및 성능테스트동(지신재) 인터넷 설치 1</p>	 <p>전통한옥 성능테스트동(온고재) 인터넷 설치 1</p>

작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) 형광등 교체 및 커버 보수	
일시	2013년 1월 7일	
참여자	김대성, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 현관 센서등 교체 - 부엌 형광등 교체 - 1층 방 형광등 커버 망 보수 	
작업사진	 <p>현관 센서등 교체</p>	 <p>부엌 형광등 교체</p>

작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) 분전함 점검	
일시	2013년 1월 8일	
참여자	전기기사 2명, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 분전함 전기 점검(이상없음) → CCTV 플러그 접촉 불량 예상 - CCTV 등 전기 플러그 재접지 - CCTV 상태 확인(양호) 	
작업사진	 <p>시공 및 성능테스트동(지신재) 전기 점검</p>	 <p>시공 및 성능테스트동(지신재) 분전함</p>
작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재), 시공 및 성능테스트동(지신재) 환경시스템 장비 주기 부착	
일시	2013년 1월 8일	
참여자	김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 모니터링 장비 주기 스티커 부착 - 시공 및 성능테스트동(지신재) 모니터링 장비 주기 스티커 부착 - 시공 및 성능테스트동(지신재) 메인장비 일람표 부착 	
작업사진	 <p>시공 및 성능테스트동(지신재) 메인장비 일람표 부착</p>	 <p>시공 및 성능테스트동(지신재) 1층 거실 주기 부착</p>

작업제목	환경 모니터링 장비 USB 연결 문제 및 점검	
일시	2013년 1월 14일	
참여자	키모코리아 기사 1명, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 환경 모니터링 장비 본체 USB 인식 문제 확인(이상없음) (USB 파일시스템 FAT32 사용 권장) - 기존 °C 단위 불인식 C로 변환 - 환경 모니터링 장비 작동 점검(양호) 	
작업사진	 <p>환경 모니터링 장비 점검 1</p>	 <p>환경 모니터링 장비 점검 2</p>

작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재), 시공 및 성능테스트동(지신재) 공유기 설치	
일시	2013년 1월 14일	
참여자	김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 공유기 주기 부착 - 시공 및 성능테스트동(지신재) 공유기 설치(참고) - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 공유기 설치 (어댑터 선이 짧은 관계로 실내에 설치 무선으로 사용) 	
작업사진	 <p>시공 및 성능테스트동(지신재) 공유기 설치</p>	 <p>전통한옥 성능테스트동(온고재) 공유기 설치</p>

작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재), 시공 및 성능테스트동(지신재), 유닛모델동(일신당) 전기 계량기 설치	
일시	2013년 1월 15일	
참여자	명지대학교 시설팀 기사 1명, 김대성, 김성운	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재), 유닛모델동(일신당)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 전자 계량기 설치 - 시공 및 성능테스트동(지신재) 전자 계량기 설치 - 시공 및 성능테스트동(지신재) 선이 짧은 관계로 계량기 및 전선 이동 - 계량기 테스트(정상) - 안전점검 확인 	
작업사진	 <p>분전함 계량기 설치 완료 1</p>	 <p>분전함 전체</p>
작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재) 땄감 운반	
일시	2013년 1월 30일	
참여자	김성운, 거주자 4명, 연구원 4명	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 땄감 운반 땄감 운반 : 전통한옥 성능테스트동(온고재) 외부 아궁이 쪽마루 아래(작은 목재), 입구쪽(큰목재) - 추후 땄감 자를 예정 	
작업사진	 <p>입구쪽 땄감</p>	 <p>외부아궁이 땄감</p>

작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) CCTV 내부 이동	
일시	2013년 2월 4일	
참여자	삼경 MS 기사 1명, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 창고에 CCTV 거실 내부로 이동 - 벽 뚫어 실내 선 이동 - CCTV 보관 랙 - 인터넷 광선 관계로 추후 이동 - 내부 CCTV VDR 설치 	
작업사진	 <p>실내 벽 뚫기</p>	 <p>내부 CCTV 설치 완료</p>

작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) 창고 인터넷 선정리	
일시	2013년 2월 5일	
참여자	KT 기사 1명, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 창고 인터넷 내부 이동 검토 → 선이 짧고 시설팀에서 설치해서 선정리와 모뎀을 랙안에 설치하기로 결정 - 헝클어진 선 정리 - 인터넷 모뎀 및 공유기 정리 - 창고 청소 	
작업사진	 <p>창고 랙 내부 선 정리 1</p>	 <p>창고 랙 내부 선 정리 2</p>

작업제목	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 안내판 설치	
일시	2013년 2월 5일	
참여자	가남테크 기사 1명, 김성운	
장소	부위별 성능테스트동(일휴당)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 설치 위치 선정 - 터파기 - 앵글설치 - 몰탈 채우기 - 안내판 설치 - 흙 되매우기 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">안내판 정면</p>	 <p style="text-align: center;">안내판 측면</p>

작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재) 작은방 바닥보수	
일시	2013년 2월 6일	
참여자	김대성, 김성찬, 김성운	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 황토모르타르 비비기(물, 황토 모르타르) - 작은방 아궁이쪽 바닥 이격 부분 충전 - 해라사용하여 틈 뽁뽁하게 넣기 - 뒷정리 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">황토 모르타르 붓기</p>	 <p style="text-align: center;">보수완료</p>

작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재) 대청 형광등 교체	
일시	2013년 3월 5일	
참여자	김성운, 신승윤	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	- 대청 조명 2set (총 6개 형광등 교체)	
작업사진	 <p style="text-align: center;">교체완료 1</p>	 <p style="text-align: center;">교체완료 2</p>

작업제목	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 현판설치	
일시	2013년 3월 5일	
참여자	김성운, 한옥기술개발 연구단 9명	
장소	실험한옥(Mock-up I, 명지정사)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 시공 및 성능테스트동(지신재) 입구 현판설치 - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 정면 현판설치 - 부위별 성능테스트동(일휴당) 정면, 배면 현판 설치 - 유닛모델동(일신당) 정면 현판 설치 <p>※ 현판 아래쪽 ㄱ자 경첩 설치 후, 철사로 윗부분 고정</p>	
작업사진	 <p style="text-align: center;">시공 및 성능테스트동(지신재) 현판 설치 완료</p>	 <p style="text-align: center;">전통한옥 성능테스트동(온고재) 현판 설치 완료</p>

작업제목	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) CCTV 설치	
일시	2013년 3월 6일	
참여자	기사 1명, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - CCTV DVR 장비 교체 - 장비 설치 및 점검 - 인터넷 연결 - 스마트폰 작동 확인 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">DVR 장비 점검</p>	 <p style="text-align: center;">CCTV 인터넷 연결 점검</p>

작업제목	유닛모델동(일신당) 내부 공사		
일시	2013년 3월 11일 ~ 13일		
참여자	기사 2명, 김성운		
장소	유닛모델동(일신당)		
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 배전반 재설치(기존 배전반 연결 불량) - 전기난방 공사 - 마루 깔기 - 온수기 설치 - 입구 디딤돌 설치 - 실 내·외 조명 설치 		
작업사진	 <p style="text-align: center;">전기난방공사 1</p>	 <p style="text-align: center;">전기난방공사 2</p>	 <p style="text-align: center;">입구 디딤돌 설치</p>
	 <p style="text-align: center;">온수기 설치</p>	 <p style="text-align: center;">내부 공사 완료</p>	 <p style="text-align: center;">외부 조명 설치</p>

작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) 창호 페인트칠 작업	
일시	2013년 3월 18일	
참여자	한옥기술개발연구단 연구원 8명, 거주자 2명, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 창문, 창틀 페인트칠 하기 - 얇게 초벌 바름 1회, 재벌 바름 2회 - 창문은 창틀과 분리 후 페인트 칠 	
작업사진	 <p>창호 페인트 작업 1</p>	 <p>창호 페인트 작업 2</p>

작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재) 소음측정기 설치	
일시	2013년 3월 19일	
참여자	기사 2명, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 대청 소음측정기 설치 - 무선 송신 모듈 단자 연결 - 메인 유닛 단자 연결 - 메인 유닛 설정 	
작업사진	 <p>소음측정기 설치</p>	 <p>소음측정기 설치 완료</p>

작업제목	시공 및 성능테스트동(지신재) 창호 페인트칠 작업 및 전통한옥 성능테스트동(온고재) 땀감 자르기	
일시	2013년 3월 25일	
참여자	연구원 8명, 거주자 3명, 김성운	
장소	시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 시공 및 성능테스트동(지신재) 창호 페인트 미작업 구간 및 재바름 - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 마당 땀감 자르기 - 부엌 땀감 쌓기 및 정리 - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 마당 청소 	
작업사진	 <p>창호 페인트칠 작업</p>	 <p>전통한옥 성능테스트동(온고재) 부엌 땀감 정리</p>

작업제목	유닛모델동(일신당) 온수기 밸브 하자보수	
일시	2013년 3월 27일	
참여자	기사 2명, 연구원 1명, 김성운	
장소	유닛모델동(일신당)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 수도잠금 및 비상안전 교육 - 온수기 밸브 하자로 인한 감압밸브 설치 - 수도관 수압조절 	
작업사진	 <p>기숙사 4동 지하 수도실 수도 잠금</p>	 <p>(일신당) 다용도실 감압밸브 설치</p>

작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재) 구조모니터링 철물설치	
일시	2013년 3월 28일	
참여자	명지대학교 구조연구실 연구원 3명, 김성운	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 마당 위치 선정 - 땅파기 - 구조모니터링 철물 설치 - 설치 후 고정 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">땅파기</p>	 <p style="text-align: center;">구조모니터링 철물 설치 완료</p>

작업제목	전통한옥 성능테스트동(온고재) 아궁이 및 담장 하자보수	
일시	2013년 3월 30일	
참여자	시공 기사 3명	
장소	전통한옥 성능테스트동(온고재)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 작은방 아궁이 하자 보수 - 담장 연도 부분 정면, 배면 하자 보수 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">아궁이 보수</p>	 <p style="text-align: center;">담장 연도부분 실내 보수</p>

작업제목	유닛모델동(일신당) 오수관 연결 및 기단 설치	
일시	2013년 4월 19일 ~ 20일	
참여자	시공자 4명, 굴삭기 기사 1명, 손지호, 이영섭	
장소	유닛모델동(일신당)	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외부 오수관 연결 (이전 배관 공사를 볼 때 추후 역류 일어날 가능성. 추후 문제 발생시 전체 배관 공사 요구) - 기단 가공 및 설치 - 미장공사 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">외부 오수관 연결</p>	 <p style="text-align: center;">공사 완료 1</p>

작업제목	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) CCTV 보수	
일시	2013년 5월 07일	
참여자	업체 시공 4명, 김성운	
장소	유닛모델동(일신당) 뒷마당	
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - CCTV 전선 및 데이터케이블 절단부분 확인 - 터파기 - 전선 및 데이터케이블 연결 - 땅 되메우기 - CCTV 작동 점검 	
작업사진	 <p style="text-align: center;">CCTV 및 데이터케이블 연결 및 땅 되메우기</p>	 <p style="text-align: center;">CCTV 작동 점검</p>

작업제목	실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 실내현판 설치		
일시	2013년 7월 03일		
참여자	연구원 5명, 김성운		
장소	시공 및 성능테스트동(지신재) 실내, 전통한옥 성능테스트동(온고재) 실내, 유닛모델동(일신당) 실내		
작업내용	<ul style="list-style-type: none"> - 시공 및 성능테스트동(지신재) 거실 현판 2개 설치 (지신재, 명지정사) - 전통한옥 성능테스트동(온고재) 대청 현판 설치 - 유닛모델동(일신당) 실내 현판 설치 <p>※ 부위별 성능테스트동(일휴당)은 거치할 수 없어서 바닥에 비치</p>		
작업사진			
	및 성능테스트동(지신재) 실내현판 1		
		시공 및 성능테스트동(지신재) 실내현판 2	
			
	성능테스트동(온고재) 실내현판	유닛모델동(일신당) 실내현판	

2.2.2. 실험한옥 거주자 관리

1) 취지

실험한옥 거주자 관리는 국토교통부에서 이루어진 R&D사업의 중간 결과물인 시공 및 성능테스트동과 이와 비교하기 위한 전통한옥 성능테스트동(온고재)을 중심으로 지어진 한옥 단지인 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)에서 이루어지며, 그 중에서도 시공 및 성능테스트동(지신재)와 전통한옥 성능테스트동(온고재)를 모니터링 및 거주자 관리를 실시한다.

시공 및 성능테스트동(지신재)은 각 방 2인씩 총 6명, 전통한옥 성능테스트동(온고재)은 총 3인을 모집하기로 하였으며, 거주자들은 각각의 한옥을 청소, 시설 관리, 거주환경성능평가를 한다. 시공 및 성능테스트동(지신재) 6명은 2012년 10월에 전통한옥 성능테스트동(온고재) 3명은 2013년 1월부터 거주하기 시작했다. 거주자들은 온도, 습도, 스트레스, 방한 등의 여러 가지 모니터링과 개발된 제품들, 전통한옥과의 차이를 확인한다.

위와 같은 관리 및 모니터링을 효율적으로 잘 이끌어 나가기 위해서 한옥기술개발연구원 연구원이 정기적으로 실험한옥을 가서 확인하고 데이터 취합을 한다. 또한 ‘실험한옥(Mock-up I, 명지정사)’는 거주자 모니터링과 같이 회의진행, 행사진행, 체험프로그램 등이 같이 이루어진다.

구분	일시	주요내용	상세내용	비고
거주자 관리 모니터링	일주일 중 2일 관리	거주자들의 한옥 관리, 시설 관리, 거주환경성능평가를 관리하고 체크 하는 일을 한다.	전통한옥 성능테스트동(온고재) 및 시공 및 성능테스트동(지신재) 의 청소상태 점검, 시설상태 정비, 환경성능평가 점검	한옥기술개발 연구원 관리
견학 프로그램	학기 중 2주에 두 번씩 (일주에 금, 토)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 및 시공 및 성능테스트동(지신재)를 비교하여 보여주고 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)를 개발하고 앞으로 시범한옥에서 어떤 것들을 연구하는지 보여 준다.	전통한옥 성능테스트동(온고재) 및 시공 및 성능테스트동(지신재) 의 부재 간 비교, 시공방법 비교, 사용기술 비교	한옥기술개발 연구원 안내 설명 (신청자에 한해 무료)
상시 행사 진행	때마다 정해지면 실시	시공 및 성능테스트동(지신재) 거실이나 전통한옥 성능테스트동(온고재) 대청에서 주로 이루어지며, 손님들 초대하거나 귀빈을 접대할 때 사용한다.	상량식, 한옥 R&D 회의, 취재진 방문 등의 진행	한옥기술개발 연구원 진행

2) 거주자 선정

이상적인 실험한옥 관리와 실험한옥 모니터링 연구를 위하여 실험한옥에 상시 거주자가 필요했다. 3-1-3세 세부는 연구주제인 「한옥 성능기준 수립 및 평가」중 「쾌적성 모니터링 평가」를 위하여 당초 그림 4와 같은 「한국인 표준세대 및 신체조건」에 부합하는 대상자를 선발할 것을 요청을 하였다.<표 1> 따라서 1-1세대부에서는 실험한옥 거주자를 모집하는 단계에서 일반인을 대상으로 하는 안, 한옥기술개발연구단 내 연구원을 대상으로 하는 안을 우선적으로 검토하였다. 이와 더불어 실험한옥 거주자는 이하 6가지 사항을 충족하는 경우를 모집대상자로 가정하였다.

- ① 상시 방문객과 대중매체 홍보를 위해 실험한옥 거주공간의 공개가 가능한 자
- ② 별도의 개인정보수집을 하지 않아도 신원이 보장된 자
- ③ 실험한옥 위생.안전.보존.관리를 위해 노력하는 자
- ④ 실험한옥 모니터링에 적극 동참하는 자
- ⑤ 실험한옥에 항시 거주가능한 자
- ⑥ 실험한옥거주를 희망하며, 한옥생활의 특수성을 이해하고 한옥에 애착이 있는 자

	세대구성 CASE				평균 신체조건		
					키(cm)	몸무게(kg)	비질량지수(%)
4인구성 1	부부	2	남	40대	168.6	70.6	24.8(22.9선호)
			녀	40대	156.1	57.4	23.6(22.9선호)
	자녀	2	자녀-남	10대	169.2	61.7	21.6
			자녀-녀	10대	159.1	52.7	20.8
4인구성 2	부부	2	남	50대	166.1	69.1	25.0(22.9선호)
			녀	50대	154.3	60.2	25.3(22.9선호)
	자녀	2	자녀-남	20대	172.5	70.1	23.6(22.9선호)
			자녀-녀	20대	171.3	54.8	21.6
5인구성	망친	1	남	60대	151.8	58.4	25.3(22.9선호)
			녀	60대	151.8	58.4	25.3(22.9선호)
	부부	2	남	40대	168.6	70.6	24.8(22.9선호)
			녀	40대	156.1	57.4	23.6(22.9선호)
	자녀	2	자녀-남	10대	169.2	61.7	21.6
			자녀-녀	10대	159.1	52.7	20.8
6인구성	망친	2	남	60대	164.4	65.9	24.4(22.9선호)
			녀	60대	151.8	58.4	25.3(22.9선호)
	부부	2	남	40대	168.6	70.6	24.8(22.9선호)
			녀	40대	156.1	57.4	23.6(22.9선호)
	자녀	2	자녀-남	10대	169.2	61.7	21.6
			자녀-녀	10대	159.1	52.7	20.8

한국인 표준세대 및 신체조건(2010) - 건설교통부 및 지식경제부 표준기술원자료인용

그러나 현실적으로 위 조건을 충족하는 이상적인 실험군을 찾는 것은 불가능하였다. 특별한 거주비용을 지불하지 않는 대신 사생활을 공개해야하는 부분이 있고, 신원확인이 안된 실험군을 입주시킬 경우 위험발생 우려가 있어 결국 명지대학교 내에서 실험군을 모집하는 방법을 선택했다. 학내 공고 후 건축대학 전통건축학과 학생을 거주자로 선발하였다.

거주희망자를 대상으로 5차례 면접과 상담을 통하여 선출하였고, 학내 기숙사 사생관리 지침을 참고하여 거주자 관리를 하였다. 실험한옥 거주를 위한 환경과 정리도 입주 이전에 실행하였다. 거주자는 보호자의 동의를 얻은 입주계약 서류를 제출토록 하였고 거주기간은 연구종료일을 기준으로 하였다. 이와 거주자 주거환경 조성을 위하여 수시로 시설관리를 실행하도록 했다.

목	3세부 전남대 요청안	1세부 명지대 현황		설명
		시공 및 성능 테스트동	전통한옥 성능 테스트동	
인원	8명 이상	6	3	한 방에 1~2명 거주할 것을 기준
세대	2 (동일 유형 권장)	0	0	교내 지원자 전원 학생이므로, 세대 구성 불가능
성별	남녀 50:50 권장	전원 여성	전원 여성	모두 타인으로 구성되었으므로 동일 성별로 통일
연령	세대 구성에 의한 연령대 권장	전원 20~30대	전원 20~30대	한국 표준 세대 구성 필요 (각 세대 구성원 연령은 아래 표 참조)
배치	세대별 신한옥 및 전통 가옥 분리 배치(기간별 교차 배치)	전원 시공 및 성능테스트동	전원 전통한옥 성능테스트동	기간별 교차배치에 관한 것은 향후 3세부에서 1~1세부에 구체적으로 제시할 것을 요청
체형	표준 체형 권장	표준 체형 미고려	표준 체형 미고려	3세부에서 체형에 관한 부분은 미언급

실험한옥 거주자 3세부 요청안과 실제 현황 비교표

실험한옥 거주대상자들은 보호자의 동의를 받은 거주자 입주계약서를 작성하고 한옥에 입주했다. 거주대상자를 대상으로 사전에 거주자 선정 설명회를 갖았다. 실험한옥 거주자는 다음의 표와 같다.

이름	박○○	이○○	이○○	김○○	서○○	김○○	변○○	정○○	최○○
거주 한옥	지신재	지신재	지신재	지신재	지신재	지신재	온고재	온고재	온고재
학년	4학년	4학년	3학년	3학년	3학년	3학년	2학년	2학년	2학년

명지대학교 실험한옥 내 거주자 모집 안내

2012년 8월부터 2013년 10월까지 명지대학교 내 실험한옥에 거주하실 분을 모집합니다.

- 지원 대상자 : 누구나 가능
(가족 단위 대상자 우선 거주 가능)
- 거주 비용 : 없음
- 거주 요건
 1. 한옥을 사랑하시는 분
 2. 실험한옥을 정경이거, 내 집처럼 사용 가능하신 분
 3. 실험한옥 홍보와 활동에 적극 협조 가능하신 분
 4. 기타 자세한 사항은 면담시 설명
- 지원 기간 : 2012년 8월 1일부터 8월 31일까지
- 지원 방법 : 명지대학교 건축대학 12117호 방문
유선 연락 가능 031-323-6401

많은 지원 부탁드립니다.

명지대학교 한옥기술개발 연구단

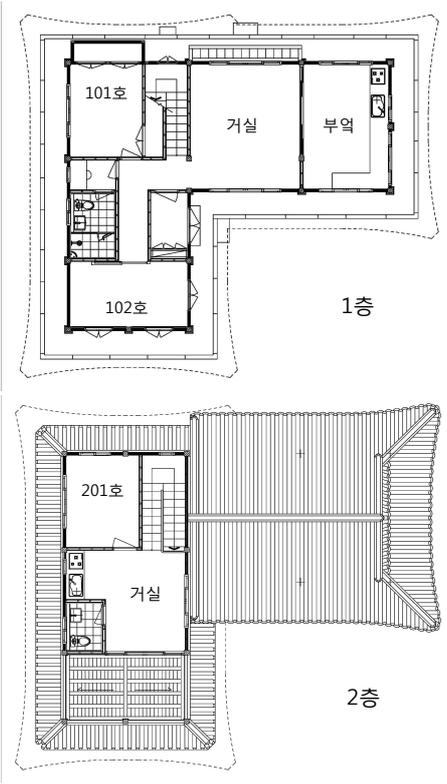
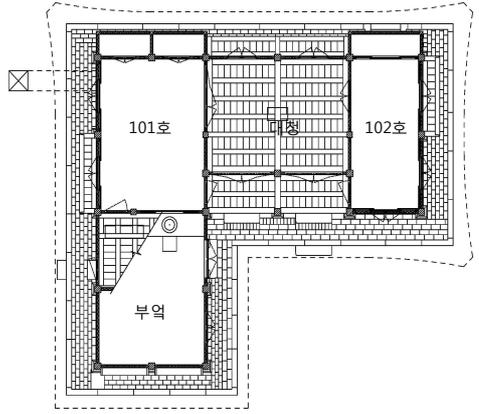
거주자 모집 공고



거주자 선정 설명회



거주자 입주계약서 작성

전통한옥 성능테스트동(온고재)		시공 및 성능테스트동(지신재)	
항목	거주환경성능평가 및 모니터링	항목	거주환경성능평가 및 모니터링
101호	열화상 측정, 포름알데히드 측정	101호	열화상 측정, 포름알데히드 측정
102호	열화상 측정, 포름알데히드 측정	102호	열화상 측정, 포름알데히드 측정
대청	온도, 습도 측정, 열화상 측정, 포름알데히드 측정	201호	열화상 측정, 포름알데히드 측정
부엌	열화상 측정, 포름알데히드 측정	1층거실	온도, 습도 측정, 열화상 측정, 포름알데히드 측정
거주자	스트레스 측정, 모니터링 설문	거주자	스트레스 측정, 모니터링 설문
외부	벽체 비교 실험, 한옥 육안 조사	2층거실	온도, 습도 측정, 열화상 측정, 포름알데히드 측정
실 배치		부엌	열화상 측정, 포름알데히드 측정
		실 배치	

실험한옥(명지정사) 실별 모니터링 현황

운고재 외박 사유서		담당자	연구단
소속	과	학년	학번
이름	연락처		
일정 2013. . - 2013. . (.)			
사유			
거주사불 (내세적 사유)			

위와 같은 사유로 외박하게 되었음을 보고 합니다.
2013년 월 일

작성자 :

영지대학교 한옥기술개발연구원

※ 관리근거
"영지기술개발연구원 시설안전관리내규" 제 4 조 (13) 당주자가 시설안전사항을 1일 이상 계속 사유서를 작성하여 연구단 담당자에게 통보를 구해야 한다. 만약 이를 지키고 위반으로 외박할 시에는 회소를 요구할 수 있다.

지신재 외박 사유서		담당자	연구단
소속	과	학년	학번
이름	연락처		
일정 2013. . - 2013. . (.)			
사유			
거주사불 (내세적 사유)			

위와 같은 사유로 외박하게 되었음을 보고 합니다.
2013년 월 일

작성자 :

영지대학교 한옥기술개발연구원

※ 관리근거
"영지기술개발연구원 시설안전관리내규" 제 4 조 (13) 당주자가 시설안전사항을 1일 이상 계속 사유서를 작성하여 연구단 담당자에게 통보를 구해야 한다. 만약 이를 지키고 위반으로 외박할 시에는 회소를 요구할 수 있다.

연구단 연락처 : 031-000-0000
관리 담당자 (영고):

입주자	연락처	12월 외박일정					
		일	월	수	목	금	토
영고		30	31				1
영고							
영고							
영고		2	3	4	5	6	7
영고							
영고							
영고		9	10	11	12	13	14
영고							
영고							
영고		16	17	18	19	20	21
영고							
영고							
영고		23	24	25	26	27	28
영고							
영고							

비고 : 12/31 일 사용자 (영고)가 2013년 12/31일 00:00:00 이후

연구자 대표 : (2)
연구단 대표 : (2)
2012.12.31.

연구단 연락처 : 031-000-0000
관리 담당자 (영고):

입주자	연락처	12월 외박일정											
		일	월	수	목	금	토	일	월	수	목	금	토
영고													
영고													
영고													
영고													
영고													
영고													
영고													
영고		7	8	9	10	11	12	13					
영고													
영고													
영고													
영고													
영고		14	15	16	17	18	19	20					
영고													
영고													
영고													
영고													
영고		21	22	23	24	25	26	27					
영고													
영고													
영고													
영고													
영고		28	29	30	31								
영고													

비고 : 영고 (영고) 12/31 이후

연구자 대표 : (2)
연구단 대표 : (2)
2012.12.31.

전통한옥 성능테스트등
(운고재) 외박사유서

시공 및 성능테스트등
(지신재) 외박사유서

전통한옥 성능테스트등
(운고재) 외박대장

시공 및 성능테스트등
(지신재) 외박대장

순번	일시	내용
1	2012.10.11	실험한옥 관리, 청소점검
2	2012.10.17	실험한옥 관리, 청소점검
3	2012.10.19	실험한옥 관리, 청소점검
4	2012.10.23	실험한옥 관리, 청소점검
5	2012.10.25	실험한옥 관리, 청소점검
6	2012.10.26	실험한옥 관리, 청소점검
7	2012.10.31	실험한옥 관리, 청소점검
8	2012.11.05	실험한옥 관리, 청소점검
9	2012.11.06	실험한옥 관리, 청소점검
10	2012.11.08	실험한옥 관리, 청소점검
11	2012.11.14	실험한옥 관리, 청소점검
12	2012.11.16	실험한옥 관리, 청소점검
13	2012.11.21	실험한옥 관리, 청소점검
14	2012.11.23	실험한옥 관리, 청소점검
15	2012.11.28	실험한옥 관리, 청소점검
16	2012.12.03	실험한옥 관리, 청소점검
17	2012.12.12	실험한옥 관리, 청소점검
18	2012.12.14	실험한옥 관리, 청소점검
19	2012.12.18	실험한옥 관리, 청소점검
20	2012.12.21	실험한옥 관리, 청소점검
21	2012.12.22	실험한옥 관리, 청소점검
22	2012.12.28	실험한옥 관리, 청소점검

23	2013.01.02	실험한옥 관리, 청소점검
24	2013.01.04	실험한옥 관리, 청소점검
25	2013.01.08	실험한옥 관리, 청소점검
26	2013.01.16	실험한옥 관리, 청소점검
27	2013.01.29	실험한옥 관리, 청소점검
28	2013.02.05	실험한옥 관리, 청소점검
29	2013.02.08	실험한옥 관리, 청소점검
30	2013.02.13	실험한옥 관리, 청소점검
31	2013.02.19	실험한옥 관리, 청소점검
32	2013.02.26	실험한옥 관리, 청소점검
33	2013.03.06	실험한옥 관리, 청소점검
34	2013.03.12	실험한옥 관리, 청소점검
35	2013.03.19	실험한옥 관리, 청소점검
36	2013.03.28	실험한옥 관리, 청소점검
37	2013.04.02	실험한옥 관리, 청소점검
38	2013.04.16	실험한옥 관리, 청소점검
39	2013.04.25	실험한옥 관리, 청소점검
40	2013.04.30	실험한옥 관리, 청소점검
41	2013.05.10	실험한옥 관리, 청소점검
42	2013.05.16	실험한옥 관리, 청소점검
43	2013.05.27	실험한옥 관리, 청소점검

운고재, 지신재 거주자 관리 및 청소상태 점검 리스트

■ 전통한옥 성능테스트동(온고재) 거주자 관리 및 청소상태 점검

온고재 거주자 체크리스트

항목	내용	날짜 성명	1/2	1/4	1/16	1/29	2/5	2/8	2/13	2/19	2/26	3/6	3/12	3/19	3/28	4/2	
1	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 101호	*청소가 잘 안되어 있거나 규율을 어기면 X로 표시해 주세요. (경고사 항은 스로 표시해 주세요.)	문정심	문정심	김지연	문정심	문정심	문정심	문정심	한아선	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심	
2	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 102호		○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	대청정소		○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○
4	다락방정소		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	수납공간정소		○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	부엌정소		○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○
7	한옥 주변 정리 (땃감, 종이 정리)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	쓰레기 처리		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율1	외부인 출입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율2	주류, 담배 반입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율3	소음, 낙서의 발생		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율4	시설물의 손상 파괴	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율5	열쇠 무단복제하거나 타인에게 빌려주는 일	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율6	위험물질(화재발생의 위험) 반입	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율7	사우서 내지 않은 무단 외부차 (있다면 비교사항에 성명 기입)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율8	호실 변경한 자 없음 (연구단 허가 없이 변경 시)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율9	내외, 잠옷 차림으로 실험한옥 내외 출입 불가	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율10	실내 가구 등 모든 물품의 외부 반출 불가	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율11	규율을 어기거나, 연구원 지시에 불복 시 (있다면 비교사항에 기입) *위의 모든 사항에 해당되는 행위자는 벌점 적용*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
1/16	짐 정리 제대로 안 했음
/	
/	
/	

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
/	
/	
/	
/	

온고재 거주자 체크리스트

항목	내용	날짜 성명	4/16	4/25	4/30	5/10	5/16									
1	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 101호	*청소가 잘 안되어 있거나 규율을 어기면 X로 표시해 주세요. (경고사 항은 스로 표시해 주세요.)	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심									
2	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 102호		○	X	○	△	○									
3	대청정소		○	○	○	△	○									
4	다락방정소		○	○	○	○	○									
5	수납공간정소		○	○	○	○	○									
6	부엌정소		○	○	○	○	○									
7	한옥 주변 정리 (땃감, 종이 정리)		○	○	○	○	○									
8	쓰레기 처리		○	○	○	○	○									
규율1	외부인 출입		○	○	○	○	○									
규율2	주류, 담배 반입		○	○	○	○	○									
규율3	소음, 낙서의 발생		○	○	○	○	○									
규율4	시설물의 손상 파괴	○	○	○	○	○										
규율5	열쇠 무단복제하거나 타인에게 빌려주는 일	○	○	○	○	○										
규율6	위험물질(화재발생의 위험) 반입	○	○	○	○	○										
규율7	사우서 내지 않은 무단 외부차 (있다면 비교사항에 성명 기입)	○	○	○	○	○										
규율8	호실 변경한 자 없음 (연구단 허가 없이 변경 시)	○	○	○	○	○										
규율9	내외, 잠옷 차림으로 실험한옥 내외 출입 불가	○	○	○	○	○										
규율10	실내 가구 등 모든 물품의 외부 반출 불가	○	○	○	○	○										
규율11	규율을 어기거나, 연구원 지시에 불복 시 (있다면 비교사항에 기입) *위의 모든 사항에 해당되는 행위자는 벌점 적용*	○	○	○	○	○										

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
4/25	방 청소 및 잠자리 정리가 제대로 되어 있지 않음
5/10	방, 대청을 제대로 쓸지 않았음
/	
/	

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
/	
/	
/	
/	

■ 시공 및 성능테스트동(지신재) 거주자 관리 및 청소상태 점검

지신재 거주자 체크리스트

항목	내용	날짜 성명	10/11	10/17	10/19	10/23	10/25	10/26	10/31	11/5	11/6	11/8	11/14	11/16	11/21	11/23
			김성찬	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	김지연	윤정심	김지연	김지연	윤정심
1	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 101호		○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	○
2	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 102호		○	○	△	○	○	○	△	○	○	○	△	△	△	○
3	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 201호		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○
4	거실청소		○	○	△	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	○
5	계단청소		—	—	—	—	—	—	—	△	△	○	○	○	○	○
6	싱크대청소	*청소가 잘	○	○	△	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○
7	부엌청소		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	△	○	△	○
8	화장실청소 1층	안되어 있거나	X	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	화장실청소 2층	규율을 어기면	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○
10	한옥동 주변 청소	X로 표시해 주세요. (경고사 행은 △로 표시해 주세요.)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	쓰레기 처리		○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○
규율1	외부인 출입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율2	주류, 담배 반입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율3	소음, 낙서의 발생		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율4	시설물의 손상 파괴		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율5	열쇠 무단복제하거나 타인에게 빌려주는 일		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율6	위험물질(화재발생의 위험) 반입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율7	사유서 내지 않은 무단 외박자 (있다면 비교사항에 성명 기입)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율8	호실 변경한 자 없음 (연구단 허가 없이 변경 시)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율9	내의, 잠옷 차림으로 실험한옥 내외 출입 불가		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율10	실내 가구 등 모든 물품의 외부 반출 불가		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율11	규율을 어기거나, 연구원 지시에 불복 시 (있다면 비교사항에 기입)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

위의 모든 사항에 해당되는 행위자는 벌점 적용

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
11/5	계단 청소 체크리스트에 추가 필요 △
11/6	계단 청소 불량 △
11/14	부엌 청소 체크리스트에 추가 필요 △
/	

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
/	
/	
/	
/	

지신재 거주자 체크리스트

항목	내용	날짜 성명	11/28	12/3	12/12	12/14	12/18	12/21	12/22	12/28	1/2	1/4	1/8	1/16	1/29	2/5
			윤정심	윤정심	윤정심	김지연	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	윤정심	김지연	김지연	윤정심
1	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 101호		△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	X	○	○
2	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 102호		○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
3	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 201호		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	거실청소		△	△	△	○	△	X	○	△	○	○	△	X	○	○
5	계단청소		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○
6	싱크대청소	*청소가 잘	○	○	○	○	△	○	○	○	○	△	○	X	○	○
7	부엌청소		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○
8	화장실청소 1층	안되어 있거나	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	화장실청소 2층	규율을 어기면	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
10	한옥동 주변 청소	X로 표시해 주세요. (경고사 행은 △로 표시해 주세요.)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	쓰레기 처리		○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율1	외부인 출입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율2	주류, 담배 반입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율3	소음, 낙서의 발생		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율4	시설물의 손상 파괴		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율5	열쇠 무단복제하거나 타인에게 빌려주는 일		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율6	위험물질(화재발생의 위험) 반입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율7	사유서 내지 않은 무단 외박자 (있다면 비교사항에 성명 기입)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율8	호실 변경한 자 없음 (연구단 허가 없이 변경 시)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율9	내의, 잠옷 차림으로 실험한옥 내외 출입 불가		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율10	실내 가구 등 모든 물품의 외부 반출 불가		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율11	규율을 어기거나, 연구원 지시에 불복 시 (있다면 비교사항에 기입)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

위의 모든 사항에 해당되는 행위자는 벌점 적용

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
1/8	거실 상 위에 빗자루 정리 미흡
/	
/	
/	

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
/	
/	
/	
/	

지신재 거주자 체크리스트

항목	내용	날짜 성명	2/8	2/13	2/19	2/26	3/6	3/12	3/19	3/28	4/2	4/16	4/25	4/30	5/10	5/16
1	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 101호		문정심	문정심	한아선	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심	문정심
2	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 102호		○	○	○	△	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○
3	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 201호		○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	거실청소		○	○	○	○	○	△	△	△	○	○	△	○	△	○
5	계단청소		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	싱크대청소	*청소가 잘 안되어 있거나 규율을 어기면 X로 표시해 주세요. (경고사행은 △로 표시해 주세요.)	○	○	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
7	부엌청소		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	화장실청소 1층		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	화장실청소 2층		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	한옥동 주변 청소		○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○
11	쓰레기 처리		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율1	외부인 출입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율2	주류, 담배 반입		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율3	소음, 낙서의 발생		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율4	시설물의 손상 파괴		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율5	열쇠 무단복제하거나 타인에게 빌려주는 일		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
규율6	위험물질(화재발생의 위험) 반입	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율7	사유서 내지 않은 무단 외박자 (있다면 비교사항에 성명 기입)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율8	호실 변경한 자 없음 (연구단 허가 없이 변경 시)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율9	내의, 잠옷 차림으로 실험한옥 내외 출입 불가	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율10	실내 가구 등 모든 물품의 외부 반출 불가	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
규율11	규율을 어기거나, 연구원 지시에 불복 시 (있다면 비교사항에 기입)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

위의 모든 사항에 해당되는 행위자는 벌점 적용

날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)	날짜	비고사항 (건의사항, 특이사항)
2/26	싱크대 위에 물병, 과일 등 물건들이 지저분하게 놓여 있었음.	/	
/		/	
/		/	
/		/	

■ 전통한옥, 시공 및 성능테스트동(온고재, 지신재) 거주자 벌점표

항목	내용	이름 벌점	변미나	최유정	정혜수
1	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 101호	정리정돈, 청소불량 1회적발- 1점	4	4	4
2	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 102호 (생활방)		3	3	3
3	대청청소		4	4	4
4	다락방청소				
5	수납공간청소		1	1	1
6	부엌청소		1	1	1
7	한옥 주변 정리 (땀감, 종이 정리)				
8	쓰레기 처리				
규율1	외부인 출입				
규율2	주류, 담배 반입				
규율3	소음, 낙서의 발생				
규율4	시설물의 손상 파괴				
규율5	열쇠 무단복제하거나 타인에게 빌려주는 일				
규율6	위험물질(화재발생의 위험) 반입				
규율7	사유서 내지 않은 무단 외박자 (있다면 비교사항에 성명 기입)				
규율8	호실 변경한 자 없음 (연구단 허가 없이 변경 시)				
규율9	내의, 잠옷 차림으로 실험한옥 내외 출입 불가				
규율10	실내 가구 등 모든 물품의 외부 반출 불가				
규율11	규율을 어기거나, 연구원 지시에 불복 시 (있다면 비교사항에 기입)				
위의 모든 사항에 해당되는 행위자는 벌점 적용		총점	12	12	12

전통한옥 성능테스트동(온고재) 거주자 벌점표

항목	내용	이름 별점	박새암	이보람	이선영	김민경	서영욱	김지윤
			201호		101호		102호	
1	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 101호	정리정돈, 청소불량 1회적발- 1점	—	—	11	11	—	—
2	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 102호		—	—	—	—	6	6
3	잠자리 정리 및 각방 정리정돈 201호		3	3	—	—	—	—
4	거실청소		21	21	21	21	21	21
5	계단청소		4	4	4	4	4	4
6	싱크대청소		9	9	9	9	9	9
7	부엌청소		4	4	4	4	4	4
8	화장실청소 1층		—	—	2	2	2	2
9	화장실청소 2층		2	2	—	—	—	—
10	한옥동 주변 청소		1	1	1	1	1	1
11	쓰레기 처리		2	2	2	2	2	2
규율1	외부인 출입							
규율2	주류, 담배 반입							
규율3	소음, 낙서의 발생							
규율4	시설물의 손상 파괴							
규율5	열쇠 무단복제하거나 타인에게 빌려주는 일							
규율6	위험물질(화재발생의 위험) 반입							
규율7	사유서 내지 않은 무단 외부자 (있다면 비교사항에 성명 기입)							
규율8	호실 변경한 자 없음 (연구단 허가 없이 변경 시)							
규율9	내의, 잠옷 차림으로 실험한옥 내외 출입 불가							
규율10	실내 가구 등 모든 물품의 외부 반출 불가							
규율11	규율을 어기거나, 연구원 지시에 불복 시 (있다면 비교사항에 기입)							
위의 모든 사항에 해당되는 행위자는 별점 적용		총 점	44	44	53	53	48	48

시공 및 성능테스트동(지신재) 거주자 별점표

■ 전통한옥 성능테스트동(온고재) 거주자 외박대장

입주생	연락처	12월 외박대장						
		일	월	화	수	목	금	토
		30	31					1
면	010-9-████							
최	010-5-████		○집					
정	010-3-████		○집					
		2	3	4	5	6	7	8
면	████							
최	████							
정	████							
		9	10	11	12	13	14	15
면	████							
최	████							
정	████							
		16	17	18	19	20	21	22
면	████							
최	████							
정	████							
		23	24	25	26	27	28	29
면	████			○장례식				
최	████			○장례식				
정	████	○집						
비 고 12/19 임시휴일 (대통령선거) 12/25 크리스마스 휴일								

입주생	연락처	1월 외박대장						
		일	월	화	수	목	금	토
				1	2	3	4	5
면	010-9-████			○집				
최	010-5-████			○집		○여행		
정	010-3-████							
		6	7	8	9	10	11	12
면	████							
최	████							
정	████					○집		
		13	14	15	16	17	18	19
면	████							
최	████							
정	████							
		20	21	22	23	24	25	26
면	████							
최	████					○집	○집	
정	████					○집	○집	
		27	28	29	30	31		
면	████							
최	████							
정	████							
비 고 1/1 설 휴일								

		2월 외박대장							
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토	
									1
변	010-9								
최	010-5								
정	010-3								
		3	4	5	6	7	8	9	
변						○집	○집	○집	
최					○집	○집	○집	○집	
정		○집	○집	○집	○집	○집	○집	○집	
		10	11	12	13	14	15	16	
변		○집	○집	○집					
최		○집	○집		○여행	○여행			
정		○집	○집						
		17	18	19	20	21	22	23	
변									
최									
정									
		24	25	26	27	28			
변		○집							
최			○집	○집					
정				○집	○집				
비 고 2/8-12 규정 휴일									

		3월 외박대장							
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토	
				31					
변	010-9								
최	010-5								
정	010-3								
		3	4	5	6	7	8	9	
변									
최									
정									
		10	11	12	13	14	15	16	
변									
최									
정									
		17	18	19	20	21	22	23	
변									
최									
정									
		24	25	26	27	28	29	30	
변									
최									
정									
비 고									

		4월 외박대장							
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토	
					1	2	3	4	5
변	010-9								
최	010-5						○집	○집	
정	010-3						○집	○집	
		7	8	9	10	11	12	13	
변									
최									
정									
		14	15	16	17	18	19	20	
변									
최									
정									
		21	22	23	24	25	26	27	
변									
최									
정									
		28	29	30					
변									
최									
정									
비 고									

■ 시공 및 성능테스트동(지신재) 거주자 외박대장

		10월 외박대장						
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토
			1	2	3	4	5	6
이	010-9							OMT
박	010-5							
이	010-6							
서	010-6							
김	010-9							OMT
김	010-6							○점
		7	8	9	10	11	12	13
이								
박					○시청			
이								
서								
김								
김								
		14	15	16	17	18	19	20
이								
박								○답사
이								
서								○답사
김								
김								
		21	22	23	24	25	26	27
이								
박								○점
이								
서								
김								○점
김								○점
		28	29	30	31			
이								
박								
이								
서								
김								
김								
비고		추석 (9/21~10/1) 개천절 (10/3)						

		11월 외박대장						
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토
			1	2	3			
이	010-9							
박	010-5							
이	010-6							
서	010-6							
김	010-9							
김	010-6							
		4	5	6	7	8	9	10
이								
박								
이								
서								
김								
김								
		11	12	13	14	15	16	17
이								
박								○점
이								
서				○점				
김								
김								
		18	19	20	21	22	23	24
이								
박								
이								
서								
김								
김								○점
		25	26	27	28	29	30	
이								
박								
이								○점
서								
김								
김								
비고								

		12월 외박대장						
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토
			30	31				
이	010-9							
박	010-5							
이	010-6							○점
서	010-6							
김	010-9							
김	010-6							
		2	3	4	5	6	7	8
이								
박								
이								
서								
김								
김								
		9	10	11	12	13	14	15
이								
박								
이								
서								
김								○점
김								
		16	17	18	19	20	21	22
이								
박				○점			○점	○점
이								
서								
김								OMT
김								OMT
		23	24	25	26	27	28	29
이			○여행				○여행	○여행
박								
이								
서			○여행					
김								
김								
비고		12/19 임시휴일 12/25 크리스마스 휴일						

		1월 외박대장						
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토
			1	2	3	4	5	
이	010-9							
박	010-5						○간병	○간병
이	010-6						○간병	○간병
서	010-6						OMT	
김	010-9							
김	010-6							
		6	7	8	9	10	11	12
이								
박								
이			○점	○점	○점	○점	○점	○점
서								
김								
김								
		13	14	15	16	17	18	19
이								
박								○점
이			○점	○점	○점	○점	○점	○점
서								
김								
김								
		20	21	22	23	24	25	26
이								○청주
박								
이			○점	○점	○점	○점	○점	○점
서								
김								
김								○점
		27	28	29	30	31		
이				○스키				
박								
이								
서								
김								
김								
비고		1/1 설 휴일						

2월 외박대장								
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토
이	010-9						1	2
박	010-5							
이	010-6							
서	010-6							
김	010-9							
김	010-6							
		3	4	5	6	7	8	9
이			○집	○집	○집	○집	○집	○집
박				○집	○집	○집	○집	○집
이						○집	○집	○집
서							○집	○집
김			○집	○집	○집	○집	○집	○집
김						○집	○집	○집
		10	11	12	13	14	15	16
이		○집	○집					
박		○집	○집				○집	
이		○집	○집	○집				
서		○집					○여행	
김		○집	○집		○출입식			○L.T
김		○집	○집	○집				
		17	18	19	20	21	22	23
이								○집
박								
이								
서			○여행	○여행	○여행	○여행	○여행	○여행
김			○약속					○집
김								○약속
		24	25	26	27	28		
이								
박						○집		
이			○여행					
서		○여행	○여행	○여행	○여행			
김				○집				
김								

비고
2/9-11 구정 휴일

3월 외박대장								
입주생	연락처	일	월	화	수	목	금	토
								1
								2
이	010-9							○집
박	010-5							○집
이	010-6							
서	010-6							
김	010-9							
김	010-6							
		3	4	5	6	7	8	9
이								
박								
이								
서								
김								
김								
		10	11	12	13	14	15	16
이								
박								
이								
서								
김								
김								
		17	18	19	20	21	22	23
이								
박								
이								
서								
김								
김								
		24	25	26	27	28	29	30
이								
박								
이								
서								
김								
김								

비고

4) 거주자 설문

거주자 설문은 학생들이 실험한옥에서 생활한지 약 8개월 경과후 시행하였다. 9명의 피실험자 모두 '실험한옥'에서 거주하기 이전에는 한옥에서 살아본 경험은 없었으며 한옥의 주된 장점으로 전통성과 미관성을 주로 선택했다. 또한 단점으로는 추위 및 난방의 비효율, 유지관리의 어려움, 방법 및 치안의 문제를 선택했다. 한옥 R&D 사업의 중간결과물로 지어진 시공 및 성능테스트동(지신재)의 대표적인 장점으로는 생활의 편리함과 외형을 선택했으며 각 구성요소별 장, 단점은 다음과 같다. 또 다음으로 전통한옥 성능테스트동(온고재)와 시공 및 성능테스트동(지신재)를 구성하는 요소별 선호도는 다음과 같다.

분류	시공 및 성능테스트동	선호도	전통한옥 성능테스트동
재료	데크 기단 (나무마감)	<<	장대석 기단 (전돌 마감)
	개량 벽체	---	전통 벽체
	집성목	---	원목
	방형 서까래	<<	원형 서까래
	개량 기와	<<	한식기와
공간	현관을 통한 진입	>>>>	대청마루를 통한 진입
	쪽마루	<<	뿔마루
	시스템 창호	>>	한식 창호
	거실	>>	대청
	이층 구성	>>	단층 구성
기타	현대식 부엌	>>>>	전통식 부엌
	전기 패널	>>>>	온돌

선호도

분류	실험한옥	선호도					전통한옥
			1		7	1	
재료	데크 기단 (나무마감)		1		7	1	장대석 기단 (전돌 마감)
	개량 벽체	1	3	3	2		전통 벽체
	집성목			6	3		원목
	방형 서까래	1	1		6	1	원형 서까래
	개량 기와		2		6	1	한식기와
공간	현관을 통한 진입	4	4			1	대청마루를 통한 진입
	쪽마루	1	2	1	4	1	뒷마루
	시스템 창호	1	5	2		1	한식 창호
	거실	1	7		1		대청
	이층 구성	3	6				단층 구성
	현대식 부엌	9					전통식 부엌
기타	전기 패널	5	4				온돌

위의 표에서 재료는 전통한옥에서 많이 사용되는 장대석 기단, 원형 서까래, 한식기와가 더 선호되었으며, 개량 벽체와 전통 벽체, 집성목과 원목은 비슷한 결과가 나왔다. 공간적인 면에서는 실험한옥에 설치되어 사용되고 있는 현관을 통한 진입, 시스템 창호, 거실, 이층 구성, 현대식 부엌이 선호되고 있다. 이를 보아 재료적인 측면은 전통한옥이 공간적인 면에서는 실험한옥에 선호도가 높은 것을 알 수 있다. 또 난방방식인 전기 패널과 온돌의 선호도는 현대의 편리함과 간편함을 지닌 전기 패널이 선호도가 높았다. 구성요소별 선호도 집계 근거, 거주자들이 현재 한옥에 거주 하면서 느낀 점은 이하 표로 정리하였다.

구분	전통한옥 성능테스트동(온고재)	시공 및 성능테스트동(지신재)
좋은점	<ul style="list-style-type: none"> • 날이 좋고, 비나 눈이 와도 운치 있고, 환기도 잘 된다. • 날이 더울 때 창을 열고, 대청에 있으면 시원하고 좋다. • 마음이 안정되고 좀 더 편안한 분위기로 이끌어 준다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 거실, 부엌, 화장실이 편리하다. • 2층의 누마루가 있어서 날씨 좋을 때 나가서 휴식을 취할 때 좋다. • 난방이 편리하다. • 관리비가 안 드는 것이 좋았다.
개선점	<ul style="list-style-type: none"> • 현관이 따로 없어 대청, 방으로 피해가 있다. (꽃가루, 눈, 비) • 부엌과 화장실이 없어서 불편하다. • 벌레, 흙으로 인한 피해가 많습니다. • 수납공간이 부족하다. • 난방이 힘들다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 비가 많이 올 때 빗물이 고인다. • 창호지를 계속 수선해 줘야 하는 불편함이 있다. • 층간소음이 많다. • 프라이버시 보장이 취약하다.
느낀점	<ul style="list-style-type: none"> • 온고재와 지신재의 비교를 할 수 있어 좋았습니다. • 전통한옥이 좋긴 하지만 현대적인 기술이 사용된 한옥이 좀 더 편리할 것 같습니다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 연락 없이 오는 손님이 있다. (외부인 침입) • 남들이 쉽게 못해보는 경험을 해본 것이 좋았다. • 획일적인 아파트에 비해 공간에 대한 많은 생각을 해 볼 수 있는 기회였다. • 이론적으로만 느껴왔던 일들을 경험해 볼 수 있는 좋은 기회이다.

층	위치	구성요소												
1층	현관	장점	위치 - 4		규모 - 4		수납 - 2		방법 - 0		조명 - 1		기타 - 1	
		단점	위치 - 0		규모 - 0		수납 - 1		방법 - 9		조명 - 1		기타 - 0	
	거실	장점	위치 - 1	규모 - 4	부엌과의 관계 - 3		채광 - 4		단열 - 1	천장 - 2	조망 - 3		기타 - 0	
		단점	위치 - 0	규모 - 0	부엌과의 관계 - 1		채광 - 0		단열 - 7	천장 - 1	조망 - 1		기타 - 0	
	주방	장점	위치 - 3		규모 - 2	시설 - 1	수납공간 - 2		환기 - 3		단열 - 0		서비스공간 - 1	기타 - 0
		단점	위치 - 0		규모 - 0	시설 - 0	수납공간 - 2		환기 - 5		단열 - 3		서비스공간 - 3	기타 - 0
	방	장점	방 개수 - 5	규모 - 3	거실과의 관계 - 0	단열 - 0	난방 - 0	채광 - 3	환기 - 2	수납공간 - 0	조명 - 0	창호 - 3	기타 - 0	
		단점	방 개수 - 0	규모 - 1	거실과의 관계 - 0	단열 - 6	난방 - 4	채광 - 0	환기 - 1	수납공간 - 3	조명 - 2	창호 - 1	기타 - 0	
	욕실	장점	위치 - 3		규모 - 5		환기 - 0		수납공간 - 0		조명 - 1		기타 - 0	
		단점	위치 - 0		규모 - 0		환기 - 9		수납공간 - 1		조명 - 1		기타 - 0	
	파우더룸	장점	위치 - 4		규모 - 1		수납공간 - 5		조명 - 0		기타 - 0			
		단점	위치 - 0		규모 - 4		수납공간 - 2		조명 - 7		기타 - 0			
	수납공간	장점	위치 - 4		개수 - 0		크기 - 0		활용성 - 4		기타 - 0			
		단점	위치 - 1		개수 - 7		크기 - 7		활용성 - 3		기타 - 0			
	창호	장점	위치 - 2	개수 - 3		채광 - 5		단열 - 0	디자인 - 3		조망 - 3	기타 - 0		
		단점	위치 - 0	개수 - 0		채광 - 1	단열 - 7	디자인 - 2		조망 - 0	기타 - 0			
기타	장점	전체공간 구성 - 2		규모 - 3	단열 - 0	방법 및 치안 - 0	외관 - 6		수납공간 - 0		기타 - 0			
	단점	전체공간 구성 - 0		규모 - 0	단열 - 7	방법 및 치안 - 6	외관 - 1	수납공간 - 2		기타 - 0				
2층	계단	장점	위치 - 4		계단 폭 - 1		높이 - 1		조명 - 4		기타 - 0			
		단점	위치 - 0		계단 폭 - 4		높이 - 4		조명 - 2		기타 - 0			
	주방 겸 거실	장점	위치 - 2	규모 - 4	방과의 관계 - 3		단열 - 0		활용성 - 3	창호 - 0		기타 - 1		
		단점	위치 - 0	규모 - 0	방과의 관계 - 0		단열 - 8		활용성 - 0	창호 - 1		기타 - 0		
	방	장점	방 개수 - 2	규모 - 0	거실과의 관계 - 3	단열 - 0	난방 - 0	채광 - 4	환기 - 4	수납공간 - 0	조명 - 1	창호 - 3	기타 - 0	
		단점	방 개수 - 0	규모 - 2	거실과의 관계 - 0	단열 - 8	난방 - 6	채광 - 0	환기 - 0	수납공간 - 3	조명 - 0	창호 - 0	기타 - 0	
	누마루	장점	위치 - 9		규모 - 2		난방 - 0		활용성 - 0		기타 - 1			
		단점	위치 - 0		규모 - 0		난방 - 4		활용성 - 6		기타 - 0			
	욕실	장점	위치 - 8		규모 - 0		환기 - 0		수납공간 - 0		조명 - 1		기타 - 0	
		단점	위치 - 0		규모 - 6		환기 - 5		수납공간 - 7		조명 - 0		기타 - 0	
	수납공간	장점	위치 - 1		개수 - 0		트기 - 2		활용성 - 3		기타 - 1			
		단점	위치 - 1		개수 - 6		트기 - 5		활용성 - 3		기타 - 0			
	창호	장점	위치 - 0	개수 - 0		채광 - 6		단열 - 0	디자인 - 2		조망 - 5	기타 - 0		
		단점	위치 - 0	개수 - 0		채광 - 0	단열 - 7	디자인 - 2		조망 - 1	기타 - 0			
	기타	장점	전체공간 구성 - 3		규모 - 1	단열 - 1	방법 및 치안 - 0	외관 - 5		수납공간 - 0		기타 - 0		
		단점	전체공간 구성 - 0		규모 - 2	단열 - 4	방법 및 치안 - 3	외관 - 0	수납공간 - 4		기타 - 0			

■ 전통한옥 성능테스트동(온고재) 설문조사

최○○		변○○	
좋은점	- 날이 좋거나, 비가오거나, 눈이 와도 운치 있고, 환기가 잘 되어서 공기가 좋습니다. 특히 여름 즈음에는 날이 더워도 한옥에 오면 바닥이 차갑고 시원해서 좋습니다.	좋은점	- 5,6월 한옥 내부로 들어오면 다른 공간보다 시원하다. 운치 있다.
개선점	- 현관이 따로 없어서 비가오거나, 꽃가루가 날리거나, 눈이 오면 신발에 피해가가서 자다가도 비가 오면 일어나서 신발을 들고 자야합니다. 부엌과 화장실이 없어서 불편합니다. 겨울에 아궁이에 불을 때면 공기가 너무 차고, 데워지지 않아서 난방부분에 보수가 필요합니다. 연기가 안으로 새거나, 굴뚝에서 나오는 연기가 집안으로 너무 잘 들어와서 가끔 숨쉬기가 불편할 때도 있었습니다. 담장이 완전하지 않아서 방법에 문제가 있습니다. 대청마루나, 뒷마루 같은 경우 청소를 해도 잘 닦이지도 않고, 머리카락이 떨어지면 손으로 일일이 주워야 합니다. 천장에서 바람이 불면 나무가루 같은 것이 떨어집니다. 벌레를 막을 수 있는 방법이 있었으면 좋겠습니다. 다락방에 오르내리는 것이 너무 높아서 힘듭니다.	개선점	- 한옥 내부의 조명이 너무 어두워서 책을 읽거나 공부 할 때 어려움이 있기 때문에 조명이 좀 더 밝아졌으면 좋겠다. 한옥의 위치상 대청이 너무 개방적으로 밖과 연결이 되어있어서 날이 좋은 날에도 들어걸개 문을 올리지 못할 때가 있다. 나무나 담장의 개선을 통해 외부와의 적절한 차단이 필요할 것 같다. - 겨울에 불을 났을 때 너무 연기가 많이 들어와서 호흡이나 눈에 좋지 않았다. 건물 내부로 들어오는 연기가 차단 될 수 있으면 좋을 거 같다. 화장실이나 욕실이 없어서 생활에 불편이 많았다.
느낀점	- 전통한옥인 온고재에 거주하면서 지신재도 오가며 비교를 할 수 있었습니다. 그 결과 아무리 전통이 좋다고는 하지만 이미 현대식에 물들어 있는 우리에게 좀 더 현대적으로 바뀌는 것이 편리할 것 같다고 생각했습니다. 그리고 온고재에 살면서 아궁이에 불을 났을 때 마다 선조들이 존경스러웠습니다. 부지런해 질수밖에 없는 환경 같았습니다. 하지만 의자 같은 것이 없어서 바닥에 앉아 있다가 자꾸만 눕게 되어서 자제하는 것이 힘들어서 의자가 그리웠습니다. 부엌과 화장실을 이용할 때마다 귀찮았습니다. 밤에는 심지어 무서웠던 적도 있었습니다. 전체적으로 보아 제 생각에는 완전한 전통한옥보다는 조금이라도 현대화된 한옥이 살기에 더 좋다고 생각합니다.	느낀점	- 우리들이 처음 들어갈 때 한국의 전통집에서 살 수 있다는 기대와 장점만을 생각하고 갔는데 살다보니 전통적 방식의 삶이 현대의 사람들에게 얼마나 불편한지 깨달았다. 단열문제부터 시작해서 화장실이나 주방문제, 아궁이 사용 등 현대의 집이라면 느끼지 못했을 경험들을 할 수 있어서 좀 더 전통건축이라는 것에 가깝게 다가갈 수 있었다. 하지만 신한옥과 비교했을 때 전통한옥에는 개선해야할 점이 많다고 생각되었다.
정○○			
좋은점	- 5,6월이 지내기 좋음, 운치 있다. 예쁘다. 창이 많아 환기가 잘 됩니다. 수납공간이 많습니다. 많이 움직이게 된다. 넓어서 좋음.		
개선점	- 신발장이 따로 없어 비가 오거나 새벽이슬에 신발이 젖음. 봄에는 송진 가루가 많이 날려 외부에 둔 물건이 다 노래짐. 방법에 취약, 누구든지 들어올 수 있을 것 같다. 창호지가 너무 잘 뒹림. 일산화탄소 연기 냄새가 너무 많이 나고 어지러움. 벌레는 문을 닫아도 들어옴. 아궁이와 나무는 가까워야 할 듯. 대청마루의 먼지들은 잘 쓸리지 않음.		

느낀점	<p>- 전통한옥에 살아 볼 수 있는 흔치 않은 기회에 즐거운 마음으로 지원해 살아보니, 경험해 보지 못한 아궁이에 불을 때는 경험, 창호지를 붙여보기도 하고, 추운 겨울에 동기들과 함께 오들오들 떨기도 하고, 또 조금 풀린 봄엔 창을 열어 낮잠도 자고, 그 외에도 다시는 해 보지 못할 여러 가지들을 할 수 있었다. 몸이 불편하고 चु긴 했지만 운치 있는 한옥에서 한 번 쬐은 겪어 볼 수 있어 좋았던 것 같다.</p>
-----	---

■ 시공 및 성능테스트동(지신재) 설문조사

김○○		박○○	
좋은점	<p>- 미적인 면에서 정말 좋은 것 같습니다. 집 안에서 보는 경관(창호)나 집 전체적으로 은은한 분위기로 현대식 건물의 눈의 피로가 적습니다. 거실의 천장이 높아 활동할 수 있는 것이 많았습니다. 한지의 느낌의 광택이 나는 벽지 보다 부드럽고 눈부심이 적었습니다. 현관 앞에 쪽마루가 있어 짐을 내려놓거나 잠시 쉬 때 좋았습니다.</p>	좋은점	<p>- 누마루에서의 미적인 부분이 좋다. 나가서 날 좋은날에 책 읽는 여유 즐길 수 있는 점! - 거실에서 서까래가 보이는 것이 한옥에 살고 있구나 하는 느낌을 가장 크게 느끼게 해주는 것. - 비 오는 날 처마로 떨어지는 빗물이 운치 있게 느껴지는 것.</p>
개선점	<p>- 단열이 잘 안 돼 효율성이 없습니다. 방이나 부엌, 거실, 화장실 전체적으로 환기가 잘 안 되서 냄새가 문을 열고 있어도 잘 안 빠집니다. 전통 창호의 경우 외부의 시선 때문에 항상 문을 닫고 있어 항상 어두웠습니다. 창문의 높이가 낮아 좌식임에도 불구하고 너무 잘 보입니다. 현관문 대문도 밖에서 문을 열 때 잠겨있으면 열 방법이 없었고, 방법 문제가 제일 컸습니다. 그리고 바닥이 들떠서 다치기도 미끄러지기도 했습니다. 기둥 때문에 공간의 효율성이 떨어집니다.</p>	개선점	<p>- 한옥과 현대방법시설이 디자인적으로나 설치위치 같은 부분에서 잘 맞지 않는 점. - 화장실에 습기 차는 것이 잘 빠지지 않아 씻고 난 후 오랫동안 습하게 남아있는 점. - 현재 지신재 평면상 부엌에서 조리하면 냄새가 온 집안에 퍼져 잘 빠지지 않는 점. - 창의 위치나 높이가 수납공간을 두기에 어려운 점. - 2층 부엌의 효율성이 있는가에 대한 의문이 드는 점. - 1층 부엌의 전등 위치가 실제 조리 시 그림자가 생기는 위치가 어두워져서 시야가 좋지 않은 점.</p>
느낀점	<p>- 한옥에 살아볼 기회가 없었는데 특별한 경험을 했습니다. 주택과 한옥에 대한 공부가 되었고, 공간에 대한 생각을 해보게 되었습니다. 획일적이고 채광이 제한적인 아파트에 비해 공간이 자유로웠으며, 방마다 다양한 방향에서 채광이 되고, 필요에 따라 다른 문을 열 수 있어 좋았습니다. 이론적으로만 들어보던 나무부재의 수축, 기둥, 기단 등을 체험하고 실측해 볼 수 있는 좋은 기회였습니다.</p>	느낀점	<p>- 한옥을 현대화시키는 과정을 경험할 수 있어서 더 많은 관심을 갖게 된 것 같습니다. 아직 나아갈 길이 멀다는 것이 아쉽습니다.</p>
김○○		이○○	
좋은점	<p>- 한옥의 좋은 점은 미관적인 측면이 제일 큰 것 같다. 주변에서 흔히 볼 수 없는 기와와 창호, 나무로 된 기둥, 내부에서 바라보는 풍경 등이 제</p>	좋은점	<p>- 현대건축물에 비해 뷰가 좋고 내부 인테리어를 따로 하지 않아도 예쁘다. 밖에서 봤을 때도 예쁘다. 창이 많아 환기가 잘되고 주변풍경을 보</p>

	일 좋았던 것 같다. 그리고 층고가 높아서 아파트 보다 좋았고 바로 서까래가 보여서 내부에서 생활할 때 정말 예쁘다고 생각됐다.		기에 좋다. 집의 전체적인 색조가 따뜻한 색이라서 마음이 안정되고 좀 더 편안한 분위기인 것 같다.
개선점	<ul style="list-style-type: none"> - 한옥에 1년간 살면서 가장 큰 문제점은 단열이라 생각된다. 단열이 안 되니까 겨울철에 난방비도 많이 들고 생활하기가 불편했다. 그리고 환기가 안 되는 점도 문제라고 생각된다. 주방에서 요리를 하면 1층 전체에 냄새가 나는데 문을 다 열어도 그 냄새가 빠지지 않아 불쾌했던 적이 많았다. 또 한옥 외부에서 보는 미관상 문제 때문에 방충망 설치가 불가능해서 모기와 벌레들 때문에 생활에 불편을 느꼈다. - 담장이 없어서 매일 블라인드를 치고 살아야했던 점도 힘들었던 것 같다. 담장이 꼭 있어야겠다는 생각이 들었다. 	개선점	<ul style="list-style-type: none"> - 방이 좁아서 침대를 사용하기에 부적합한 것 같고, 서랍과 같은 수납공간이 부족해서 집이 정돈이 안 된 느낌이 든다. 마룻바닥이 건조해서 잘 갈라지는데 여기 먼지가 껴서 청소가 불편하다. - 누마루는 좋은 공간이지만 사실상 실용도가 낮다. 반외부공간이라서 금방지저분해진다. - 겨울에는 너무 추워서 난방비가 많이 든다.
느낀점	<ul style="list-style-type: none"> - 실험한옥에 살면서 여러 가지 많은 느낌을 받았다. 좋았던 점은 친한 선후배랑 지내서 더 친해진 거 같고 서로가 무슨 생각, 어떤 것을 좋아하는지 자세히 알게 되었다. 그리고 한옥에 살면서 좋아진 점이 있는데 하체가 항상 차가웠는데 몸 전체가 따뜻해졌다는 것이다. 배탈이 항상 자주 났는데 그것도 없어지고 건강 면에서는 전체적으로 좋아진 느낌을 받았다. 안 좋았던 점은 벌레와 소음 때문에 잠을 못자서 예민해진 점이다. 한옥이 생각보다 소음에 대해 취약하다는 것을 많이 느꼈다. 또 방충망이 없어서 벌레가 많이 들어와 힘들었다. 1년 동안 이런저런 일이 있었지만 좋은 경험이었다. 	느낀점	<ul style="list-style-type: none"> - 한옥에 대해 직접 체험할 수 있어서 전에 몰랐던 사실들과 흔히 말하는 한옥의 장단점에 대해 직접 느껴서 좋은 경험이 된 것 같다. 이 계기로 한옥에 살 것인지 현대식 주택 또는 아파트에 살 것인지 물어본다면 이 체험을 바탕으로 선택할 수 있을 것 같다. - 한옥은 보기에는 예쁘지만 아직까지는 더 개선되어야 할 점이 많아서 인테리어에 대해서만 장점을 지니는 것 같아 현대식 건물에 살고 싶다.
이○○		서○○	
좋은점	<ul style="list-style-type: none"> - 주택이지만 외관과 구성이 한옥과 비슷한 점에서 마음이 든다. - 거실이 주가 되고 개인의 방이 부가되는 것은 좋다. 사람들과 관계하는점이 좋다. - 날씨가 좋을때는 창으로 들어오는 햇빛이나 한옥자체의 분위기가 매우 좋았던 것 같다. - 신한옥이라서 부엌이나 화장실 사용이 용이했다. 그리고 바닥에 난방이 잘되어 바닥만큼은 따뜻하게 지냈다. - 무엇보다 거실에 있으면 사람들과 마주치는 점, 뒷마당을 볼 수 있다는게 한옥만의 장점인 것 같다. 한옥 자체의 나무구조 등 미적인 요소가 제일 좋았던 것 같다. 	좋은점	<ul style="list-style-type: none"> - 현대식 거실이나 부엌, 화장실이 전통 한옥보다 쓰기 편리하고 좋다. - 2층에 누마루가 있어서 조망하거나 날씨 좋을 때 나가서 휴식을 취할 때 삶의 여유를 느낄 수 있다. - 전기 패널로 난방을 함으로써 편리한 생활을 할 수 있다. - 방에 있는 창호와 앉아서 보는 조망이 좋다. 조명이 예쁘다. - 한옥이란 건물 자체에 들어와서 사는 것이 좋다. - 관리비가(난방비, 수리비, 통금) 안 들어서 좋았다.
개선점	<ul style="list-style-type: none"> - 주택 자체가 단열, 난방이 잘 안 된다는 단점을 지니고는 있지만 신한옥의 경우 단열창이라서 바닥은 따뜻하데 비해 공기가 매우 차가웠다. 기온차가 커서 일어날 때마다 코가 시리다는 점이 제일 안 좋았던 것 같다. 그리고 관리상 청소 등 	개선점	<ul style="list-style-type: none"> - 비가 많이 올 때 마당에 경사가 없어서 물웅덩이가 생긴다. 배수시설이 필요하다. - 집이 건조해서인지 부엌 바닥 장판이 뒤틀렸다. 발이 아프다. - 창호에 구멍이 뚫리거나 벽에 한지가 갈라지

	<p>을 자주 해야 한다는 점이 귀찮은 요소인 듯하다. 무엇보다 온도차에 의해 바닥판의 접착부분이 떨어지거나 나무가 갈라지는 것을 고려하고 개선해야 할 사항이라고 생각한다.</p>		<p>면 다시 붙여야 하는 불편함이 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 층간소음이 많아서 계단 올라가는데 시끄럽다. - 방에 있어도 거실 소음이 다 들린다. - 대문 턱이 높아서 자주 부딪히고, 담장이 없어서 외부사람들과 시선교류가 될 정도로 privacy가 보장되지 못한다.
느낀점	<ul style="list-style-type: none"> - 한옥에 살면서 가장 좋았다는 것이 내가 '한옥'에 산다는 점이었던 거 같다. - 난방이나 시설은 조금 부족한 듯 했지만 남들이 못하는 경험, 눈이 오면 눈을 치우고 송진가루를 터는 경험을 어디에서나 할 수 없다고 생각한다. 겨울에 무리하게 추웠던 점이 제일 기억에 남는다. 내가 한옥에 살면서 가장 좋았던 점은 집에 들어와서 사람들이 거실에 모여 있고 그 사람들과 교류가 이루어진다는 것이 잊지 못할 추억으로 기억 남는다는 것이다. 	느낀점	<ul style="list-style-type: none"> - 잠을 마음대로 편히 잘 수 없는 불편함(가끔 연락 없이 손님이 올 때가 많다.) - 외부인의 침입이 많다 - 청소기의 편리함

5) 퇴사 관리

거주자들은 2012년 10월부터 2013년도 8월까지 총 10개월에 걸친 한옥 생활을 하며, 여러 가지 모니터링과 설문 결과를 낸 뒤 퇴사하였다. 퇴사할 때에도 입주 때와 마찬가지로 퇴사확인서를 작성하였다. 생활 기간은 한옥 거주 이후 기숙사나 거주지의 문제로 학기가 시작하기 전인 9월 전후로 기한을 잡았다. 하지만 개인적인 이유로 8월까지 거주하지 못하는 학생이 발생하여 시공 및 성능테스트동(지신재)에서 한 명이 조기 퇴사하였다.

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 거주자에 대한 데이터와 체크리스트, 설문지를 모두 취합 후 1세부의 각 담당자들과 연구원, 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 거주자들과의 회의가 이루어졌다. 모든 관련자들이 모여 추후에 나아가갈 방향 및 보완할 점에 관한 회의가 진행되었다.

퇴 사 확 인 서

이 름	소속 및 학과
거주 실험한옥	학번 및 나이
주 소	
입주 년월일	
퇴사 년월일	
퇴사 사유	

위의 본 인 은 20 년 월 일부로 '명지정사 실험한옥'을
퇴사 하였음을 확인합니다.

20 년 월 일 거주자 성명 서명
 연구책임자 성명 서명

명지대학교 한옥기술개발연구단

퇴사확인서



거주자 및 한옥기술개발 연구단 회의

2.3. 환경측정장비 구축 및 로우데이터 관리

2.3.1. 개요

본 실험은 명지대학교 자연캠퍼스에 설치된 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)에서 2013년 1월부터 2013년 6월까지 약 6개월 기간 동안 실내·외 환경을 측정하였다. 이 실험으로 인해 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 환경 변화요소를 분석하고, 성능을 밝혀내고자 한다.

2.3.2. 실내환경 측정 기기 및 방법

시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)에서 각 실마다 환경 측정 장비들을 설치하여 거주자가 생활하는 동안 각 측정 기기에서 실내의 온·습도, 기류, CO, CO2, 풍속, 풍향, 소음, 외부의 온·습도와 풍속과 풍량을 측정하여 메인유니트를 통해 데이터를 전송 받아 실내 환경의 변화를 10초단위로 매우 정밀하게 측정된 데이터를 받아 볼 수 있게 하였다. 평균값은 최대최소의 값으로 계산한 값이 아닌 각 달의 전체 일 수의 데이터를 가지고 낸 값이다.

소음 측정 기기는 기존 시공 및 성능테스트동(지신재)에만 설치되어 측정되다가 3월 19일에 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 설치되어 이 후부터 두 건물의 소음레벨을 비교하였다.

2.3.3. 실내 환경 법적 허용기준

실내 환경을 평가하는 기준 요소들은 많지만, 이번 실험에서 측정한 온·습도, 기류, 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO2)의 법적 허용기준에 대해 조사하여, 측정 요소들을 분석하는 기준을 마련하였다.

1) 온·습도

온습도의 조절기준	실내온도	18 ~ 28°C	난방온도	18 ~ 20°C
			냉방온도	26 ~ 28°C
	비교습도	30 ~ 80%		

실내의 쾌적을 위해 실내온도는 18 ~ 28°C를 유지해야 하는데 겨울철 난방시 18 ~ 20°C, 여름철 냉방시 26 ~ 28°C를 유지해야 한다. 습도는 30 ~ 80%사이가 쾌적성을 유지하는 요소이다.

2) CO, CO2

이산화탄소(ppm)	1,000이하	다중이용시설의 실내공기질 유지기준
일산화탄소(ppm)	10이하	

다중이용시설의 실내공기질 유지기준에서 보면 이산화탄소(CO2) 1,000ppm 이하, 일산화탄소(CO) 10ppm 이하로 권장하고 있다.

3) 소음

생활소음의 규제기준은 아침(05시 ~ 08시), 저녁(18시 ~ 22시) 70dB 이하, 낮(08시 ~ 18시) 80dB이하, 밤(22시 ~ 05시) 60dB 이하를 권장하고 있으며 일일 최대 80dB, 최소 60dB 이하다. 낮에는 사람이 주로 생활하며, 밤에는 주로 취침시간이기에 시간대별로 차이를 보인다.

(단위 : dB(A))

생활소음의 규제기준	대상지역	시간별 소음원		아침, 저녁 (05:00 ~ 08:00, 18:00 ~ 22:00)	낮 (08:00 ~ 18:00)	밤 (22:00 ~ 05:00)
		주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구 및 관광·휴양 개발진흥지구, 자연환경보전지역 , 그밖의 지역 안에 소재한 학교·병원·공공도 서관	확 성 기	옥외설치		70 이하
옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우				50 이하	55 이하	45 이하
공장·사업장			50 이하	55 이하	45 이하	
공사장			60 이하	65 이하	50 이하	
그밖의 지역	확 성 기	옥외설치		70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우		60 이하	65 이하	55 이하
	공장·사업장		60 이하	65 이하	55 이하	
	공사장		65 이하	70 이하	50 이하	

1) 온도

시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재) 각 건물의 실마다 온도 측정장비를 설치하여 월별로 특정 지점들을 묶어 비교 분석을 하였다. 온도의 변화를 10초단위로 매우 정밀하게 측정하였다. 3월과 5월의 최대값의 측정치는 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 전기상의 문제 때문에 추출이 불가능 하였다. 평균값은 최대최소의 값으로 계산한 값이 아닌 매월 전체 일 수의 데이터로 평균을 낸 값이다.

(단위 : °C)

구분	시공 및 성능테스트동 (지신재)											기상청		전통한옥 성능테스트동 (온고재)				
	1층 거실		방1		부엌		2층 거실		방2		야외		용인 처인구 역북동		대청		방1	
	최대 평균	최소 평균	최대 평균	최소 평균	최대 평균	최소 평균	최대 평균	최소 평균	최대 평균	최소 평균	최대 평균	최소 평균	최대 평균	최소 평균	최대 평균	최소 평균	최대 평균	최소 평균
1월	11.3	23.48	8.64	24.43	2.96	21.1	13.37	24.59	12.08	24.39	-15.8	10.79	-18.7	9.9	-3.9	14.92	-5.32	11.44
	17.85		17.64		12.47		18.96		19.14		-3.41		-		3.72		1.00	
2월	13.41	24.43	13.17	29.25	7.54	22.07	12.23	24.79	7.64	24.68	-17.56	13.39	-18.4	12.4	-7.19	13.74	-7.42	11.57
	19.61		20.26		15.02		19.50		19.18		-1.51		-		3.36		1.87	
3월	12.93	25.84	14.88	26.96	8.95	25.01	12.86	24.19	11.18	24.19	-5.98	23.08	-7.1	14.1	()	15.53	()	13.3
	20.91		21.39		17.86		20.47		20.72		4.61		-		7.51		6.3	
4월	16.83	26.43	18.71	27.56	13.01	24.23	15.06	25.4	17.31	25.68	-1.19	21.68	-3.1	20.1	5.38	19.07	5.43	17.86
	22.63		22.99		19.49		22.09		22.16		8.56		-		11.17		10.08	
5월	()	28.55	()	29.78	()	29.31	()	29.11	()	28.96	()	32.18	3.6	27.5	12.18	24.02	11.98	24.36
	25.16		25.97		23.96		24.46		24.76		17.00		-		19.13		18.55	
6월	23.73	32.95	24.35	33.5	23.28	33.19	24.19	33.23	23.39	33.04	11.69	31.76	9.4	29.1	23.44	27.18	22.86	26.34
	27.54		27.78		27.76		27.72		27.53		22.74		-		23.71		23.17	

구분	시공 및 성능테스트동(지신재)			전통한옥 성능테스트동(온고재)		
	거실온도(°C)	방1 온도(°C)	기류(m/s)	대청온도(°C)	방1 온도(°C)	기류(m/s)
1월	17.85	17.64	0.18	3.72	1.00	0.01
2월	19.61	20.26	0.17	3.36	1.87	0.01
3월	20.91	21.39	0.12	7.51	6.3	0.01
4월	22.63	22.99	0.13	11.17	10.08	0.01
5월	25.16	25.97	0.05	19.13	18.55	0.01
6월	27.54	27.78	0.01	23.71	23.17	0



구분	시공 및 성능테스트동(지신재)와 전통한옥 성능테스트동(온고재) 비교		
	거실 비교	방 비교	기류 비교
1월	479.84%	1764%	1800%
	4.7배	17배	18배
2월	583.63%	1083.42%	1700%
	5.8배	10배	17배
3월	278.43%	339.52%	1200%
	2.7배	3.3배	12배
4월	202.60%	228.08%	1300%
	2.0배	2.2배	13배
5월	131.52%	140%	500%
	1.3배	1.4배	5배
6월	116.15%	119.90%	0%
	1.1배	1.1배	0배

단열성능 향상

※ 전통한옥 성능테스트동(온고재) 기준

2) 습도

시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재) 각 건물의 실마다 습도 측정장비를 설치하여 월별로 특정 지점들을 묶어 비교 분석을 하였다. 습도의 변화를 10초단위로 매우 정밀하게 측정하였다. 평균 값은 최대최소의 값으로 계산한 값이 아닌 매일 전체 일 수의 데이터로 평균을 낸 값이다.

(단위 : %)

구분	시공 및 성능테스트동 (지신재)											기상청		전통한옥 성능테스트동 (온고재)				
	1층 거실		방1		부엌		2층 거실		방2		야외		용인 처인구 역북동		대청		방1	
	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소
	평균		평균		평균		평균		평균		평균		평균		평균		평균	
1월	13.1	76.2	9.4	61.51	17.3	62	13.3	37.38	13.2	46.09	24.42	96.44	33	100	31	63.76	33.65	73.34
	23.47		23.1		28.90		21.79		25.74		66.45				46.08		51.07	
2월	12.98	84.34	9.11	61.35	15.57	58.84	9.38	47.36	6.09	44.39	12.79	97.43	25	100	26.41	74.64	36.23	78.73
	21.81		20.38		26.83		21.46		23.68		59.52				48.27		50.60	
3월	13.14	87.31	12.16	65.43	14.83	70.23	12.59	50.65	14.09	63.91	9.13	96.44	22	100	-9.68	73.24	-10.17	70.06
	26.67		25.54		30.19		27.16		28.58		58.79				50.75		53.82	
4월	16.89	75.99	14.91	61.84	18.49	64.27	16.87	45.46	18.33	45.79	12.71	97.33	22	100	32.93	71.28	35.06	69.57
	30.13		28.96		34.08		30.84		32.27		62.01				52.14		55.08	
5월	-18.61	83.46	-20.11	71.72	-20.09	75.24	-19.61	99.69	-22.88	60.4	-23.44	97.74	24	100	34.49	81.61	45.23	84.19
	43.32		41.58		44.21		50.07		44.21		66.43				57.93		62.13	
6월	34.1	81.89	24.35	33.5	35.58	74.52	48.57	99.69	38.83	70.03	20.46	98.13	25	100	58.59	68.65	64.98	74.67
	55.28		27.78		52.73		76		54.52		72.13				60.3		66.41	

3) 기류

(단위 : m/s)

구분		최소값	최대값	평균
1월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0	0.713	0.18
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	0.656	0.01
2월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0.002	0.684	0.17
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	1.333	0.01
3월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0.001	2.043	0.12
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	1.526	0.01
4월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0.002	1.38	0.13
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	2.134	0.01
5월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0	2.039	0.05
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	0.965	0.01
6월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0.004	1.563	0.01
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	0.91	0

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 기류

기류란 실내의 공기의 흐름으로 실내 쾌적의 중요한 요소 중 하나다. 각 건물마다 거실, 대청의 중심에 설치하여 기류를 측정하였다. 기류의 변화를 10초단위로 매우 정밀하게 측정하였다. 평균값은 최대최소의 값으로 계산한 값이 아닌 매월 전체 일 수의 데이터로 평균을 낸 값이다.

4) CO

(단위 : ppm)

구분		최소값	최대값	평균
1월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0	2.2	0.77
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	23.63	3.02
2월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0.21	1.38	0.55
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	25.14	1.73
3월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0.21	1.42	0.53
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	9.86	0.5
4월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0.22	1.66	0.55
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	15.74	1.01
5월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0	1.51	0.68
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0	1.6	0.56
6월	시공 및 성능테스트동(지신재)	0.37	1.77	0.87
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	0.48	1.78	1.02

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 기류 CO

일산화탄소는 각각의 거실에 설치하여 동일한 환경 조건으로 측정을 실시하였다. 평균값은 최대최소의 값으로 계산한 값이 아닌 각 달의 전체 일 수의 데이터를 가지고 낸 값이다. 5월달에는 날씨가 따뜻해지면서 난방을 하지 않아 수치가 안정권에 속해 있다.

5) CO2

(단위 : ppm)

구분		최소값	최대값	평균
1월	시공 및 성능테스트동(지신재)	373	898	473.35
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	438	870	528.68
2월	시공 및 성능테스트동(지신재)	344	787	439.1
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	433	1,213	517.19
3월	시공 및 성능테스트동(지신재)	341	1,174	450.98
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	389	1,133	502.33
4월	시공 및 성능테스트동(지신재)	329	764	431.71
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	392	941	474.36
5월	시공 및 성능테스트동(지신재)	()	945	479.78
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	349	1,098	438.46
6월	시공 및 성능테스트동(지신재)	356	1,103	504.59
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	312	691	399.86

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) CO2

시공 및 성능테스트동(지신재)와 전통한옥 성능테스트동(온고재) 각각의 거실에 설치하여 동일한 위치에서 측정을 하였다. 측정값으로 본 결과 둘의 건물에서 양호 했으며 수치상 큰 차이는 없었다.

6) 야외 풍속

(단위 : m/s)

구분	최소값	최대값	평균
1월	0	67.1	0.42
2월	0	67.08	0.57
3월	0	67.08	0.66
4월	0	67.06	0.79
5월	0	67.05	0.48
6월	0	67.03	0.36

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 야외 풍속

야외 풍속은 시공 및 성능테스트동(지신재) 2층에 설치하여 측정을 했다. 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)은 고도가 높은 대지에 지어졌고 건물 정면에는 언덕이 있고, 배면에는 트인 공간으로 외기가 직접적으로 건물에 접촉하게 된다. 풍속은 낮은 지표에서는 마찰로 인해 작아지고, 높이 올라갈수록 커지므로 실험한옥의 풍속은 평균보다 높게 측정되었다.

7) 야외 풍향

(단위 : deg)

구분	최소값	최대값	평균
1월	2	360	210.3
2월	2.4	360	214.64
3월	2.5	360	215.53
4월	2.6	360	199.63
5월	2.6	360	202.32
6월	2.6	360	208.56

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 야외 풍향

야외 풍향은 시공 및 성능테스트동(지신재) 2층에서 설치하여 측정을 실시하였다. 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 위치상 정면에는 언덕이 있고, 좌측에는 80m 떨어진곳에 확트인 주차장이 우측에는 약 50m 떨어진 곳에 기숙사가 위치하고 있다. 측정 결과 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)은 시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 출입구 방향이 남쪽방향으로 정면의 언덕에서 불어오는 바람에 비교적 많은 영향을 주고 있었다.

8) 소음

실험한옥(Mock-up I, 명지정사)에서는 초기에는 시공 및 성능테스트동(지신재) 거실에서만 장비를 설치하여 측정을 실시하다 3월 19일에 휴대용 소음측정기를 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 설치하여 시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재) 모두 측정을 하게 되었다. 소음기준범위는 크게 휴식시간, 출근시간, 활동이 잦은 낮 시간으로 구분하여 최대값을 정하여 기준으로 삼고 있다. 매일 15일 하루 동안 소음값을 추출하여 시간대별로 소음을 확인하다. 대부분 시간대별로 정한 기준선 아래의 값을 유지하고 있어 양호했다. 측정기간 동안 시공 및 성능테스트동(지신재)와 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 측정값을 비교하면 시공 및 성능테스트동(지신재)보다 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 소음레벨이 낮게 측정되어 시공 및 성능테스트동(지신재)의 방음성능이 더 뛰어났다.

(단위 : dB)

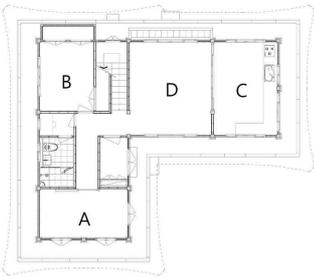
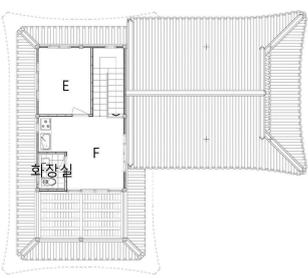
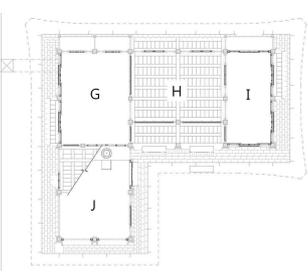
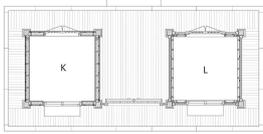
구분	최소값	최대값	평균	구분	최소값	최대값	평균
1월	23.97	92.1	32.18	-	-	-	-
2월	23.26	96.96	32.03	-	-	-	-
3월	23.86	95.15	34.31	3월	26.97	94.14	42.24
4월	23.25	113.15	32.48	4월	25.53	93.52	42.06
5월	23.25	93.01	32.26	5월	0.8	91.17	9.34
6월	23	86.96	31.24	6월	0.8	0.9	0.86

시공 및 성능테스트동(지신재) 소음

9) 포름알데히드

실험한옥(Mock-up I, 명지정사)에서 포름알데히드 측정은 2주 한번씩, 한 달에 총 2회씩 실시하여 각 실마다 5분간 측정을 하여 데이터를 추출하였다.

포름알데히드의 데이터를 살펴보면 대부분 실내공기질 유지기준인 0.1ppm 이하인 측정값이 나왔다. 1월 31일에 측정한 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 대청에서는 최대치인 3.95ppm을 보이고, 간혹 데이터 중에 기준치 이상의 값이 나오기도 하는데, 이는 난방 연료와 그 연기의 영향일 것으로 추측한다.

			
시공 및 성능테스트동(지신재) 1층	시공 및 성능테스트동(지신재) 2층	전통한옥 성능테스트동(온고재)	부위별 성능테스트동(일휴당)

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 포름알데히드 Key-map

(단위 : ppm)

측정일	측정지점	최소값	최대값	평균	
2013-01-28	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0.02	0.17	0.102
		B	0.02	0.17	0.133
		C	0	0.05	0.030
		D	0	0.05	0.031
		E	0	0	0.000
		F	0	0.03	0.009
	2층 화장실	0.02	0.19	0.118	
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0.04	0.15	0.095
		H	0	0.58	0.311
		I	0	1.66	0.607
		J	0	0	0.000
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0.02	0.08	0.049
L		0	0.05	0.021	
2013-01-31	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0	0.11	0.065
		B	0	0.14	0.076
		C	0.01	0.07	0.054
		D	0.02	0.08	0.047
		E	0	0	0
		F	0.04	0.14	0.083
	2층 화장실	0	0.04	0.023	
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0.29	0.107
		H	0	3.95	1.532
		I	0	0	0
		J	0	0	0
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0.81	0.425
L		0	0	0	
2013-02-07	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0	0	0
		B	0	0.1	0.061
		C	0	0.03	0.020
		D	0	0.14	0.073
		E	0.01	0.07	0.049
		F	0.04	0.12	0.079
	2층 화장실	0.02	0.08	0.048	
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0.81	0.415
		H	0	0.21	0.084
		I	0	0	0
		J	0	0	0
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0.21	0.084
L		0	0	0	
2013-02-14	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0	0.05	0.028
		B	0.01	0.15	0.112
		C	0.02	0.09	0.058
		D	0	0.1	0.055
		E	0	0.02	0.013
		F	0	0.09	0.063
	2층 화장실	0.01	0.07	0.048	
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0	0
		H	0.06	1.76	1.299
		I	0	0	0
		J	0	0	0
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0	0
L		0	0.01	0.002	

(단위 : ppm)

측정일	측정지점	최소값	최대값	평균	
2013-02-28	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0.02	0.1	0.077
		B	0.02	0.08	0.056
		C	0	0.03	0.016
		D	0.02	0.05	0.042
		E	0	0.11	0.074
		F	0.01	0.1	0.058
		2층 화장실	0.01	0.05	0.037
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0	0
		H	0	0	0
		I	0	0.02	0.005
		J	0	0.05	0.012
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0.02	0.17	0.105
L		0	0.1	0.051	
2013-03-14	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0	0.13	0.082
		B	0	0.05	0.009
		C	0	0.03	0.014
		D	0	0.11	0.074
		E	0.02	0.09	0.066
		F	0.05	0.21	0.152
		2층 화장실	0	0.23	0.082
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0.04	0.005
		H	0	0	0
		I	0	0.01	0.003
		J	0	0.01	0
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0.02	0.01
L		0	0.02	0.001	
2013-03-28	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0.02	0.13	0.093
		B	0.05	0.23	0.189
		C	0.02	0.16	0.122
		D	0.02	0.18	0.123
		E	0	0.01	0.002
		F	0.04	0.21	0.115
		2층 화장실	0	0.02	0.001
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0.02	0.005
		H	0	0.01	0.002
		I	0.02	0.09	0.07
		J	0	0	0
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0	0
L		0	0	0	
2013-04-11	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0.01	0.11	0.061
		B	0.02	0.1	0.066
		C	0	0.05	0.025
		D	0.02	0.11	0.081
		E	0.02	0.12	0.09
		F	0	0.02	0.004
		2층 화장실	0	0.11	0.068
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0.02	3.05	0.248
		H	0	0.12	0.068
		I	0.02	0.11	0.073
		J	0	0	0
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0.07	0.045
L		0.01	0.05	0.028	

(단위 : ppm)

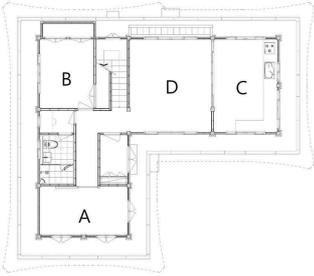
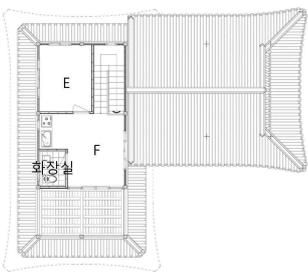
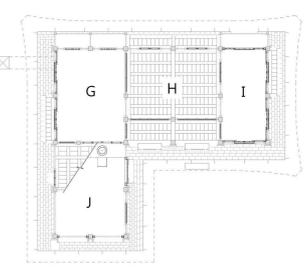
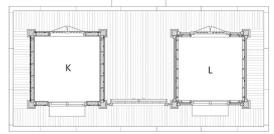
측정일	측정지점	최소값	최대값	평균	
2013-04-25	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0	0	0
		B	0	0.04	0.023
		C	0	0.05	0.034
		D	0	0.07	0.048
		E	0	0.04	0.011
		F	0	0	0
		2층 화장실	0	0.07	0.043
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0.2	0.061
		H	0	0.01	0
		I	0	0.51	0.123
		J	0	0.83	0.181
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0	0
L		0	0	0	
2013-05-09	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0	0	0
		B	0	0	0
		C	0	0.02	0.006
		D	0	0.01	0
		E	0.03	0.09	0.072
		F	0	0.03	0.003
		2층 화장실	0	0.01	0.004
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0.2	0.061
		H	0	0.04	0.004
		I	0	0.03	0.008
		J	0	0.09	0.039
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0	0
L		0	0.04	0.004	
2013-05-22	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0	0.11	0.062
		B	0.02	0.21	0.166
		C	0	0.01	0.002
		D	0	0.14	0.053
		E	0.02	0.19	0.145
		F	0.02	0.19	0.132
		2층 화장실	0.02	0.18	0.129
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0	0.06	0.024
		H	0	0	0
		I	0.03	0.19	0.131
		J	0	0	0
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0.05	0.014
L		0	0.02	0.002	
2013-06-05	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0.04	0.27	0.195
		B	0.08	0.36	0.282
		C	0.02	0.15	0.106
		D	0.06	0.29	0.190
		E	0.04	0.23	0.125
		F	0.04	0.23	0.193
		2층 화장실	0.03	0.19	0.149
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0.02	0.23	0.184
		H	0	0.09	0.020
		I	0	0.04	0.003
		J	0	0.06	0.012
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0	0
L		0	0	0	

(단위 : ppm)

측정일	측정지점	최소값	최대값	평균	
2013-06-20	시공 및 성능테스트동(지신재)	A	0.03	0.27	0.170
		B	0.02	0.15	0.099
		C	0.05	0.27	0.215
		D	0	0.2	0.084
		E	0.01	0.05	0.045
		F	0.04	0.2	0.161
		2층 화장실	0.02	0.11	0.088
	전통한옥 성능테스트동(온고재)	G	0.02	0.34	0.211
		H	0.02	0.15	0.08
		I	0.02	0.15	0.095
		J	0	0.01	0
	부위별 성능테스트동(일휴당)	K	0	0.01	0
		L	0.02	0.16	0.09

10) 열환경 측정

열환경 측정은 2013년 1월부터 6월까지 2주간격으로 총 14회, 각 건물 별, 실 별로 나눠 측정을 실시하였다. 내부와 외부가 만나는 각 실별 접합부(부재간 결구되는 지점), 창호 접합부 마다 측정을 실시하여 열손실이 어느 정도 손실되거나 유지되고 있는지를 확인하였다. 측정 시 고정적으로 가구가 위치한 부분에는 측정을 하지 못하였고, 나머지 부분은 동일한 지점과 각도에서 측정을 실시하였다. 각 건물의 방의 천장, 바닥, 거실, 부엌, 당골막이, 창호, 대공, 보, 화장실 등 요소별로 분류하여 분석을 했다. 결과 전체적으로 접합부 지점에서 모두 열손실이 발생하였다. 각 건물의 방의 천장, 바닥, 거실, 부엌, 당골막이, 창호, 대공, 보, 화장실 등 요소별로 분류하여 분석을 했다. 결과 전체적으로 접합부 지점에서 모두 열손실이 발생하였다.

			
시공 및 성능테스트동(지신재) 1층	시공 및 성능테스트동(지신재) 2층	전통한옥 성능테스트동(온고재)	부위별 성능테스트동(일휴당)

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 열환경 Key-map



전통한옥 성능테스트동(은고재), 부위별 성능테스트동(일휴당), 시공 및 성능테스트동(지신재) 열환경 상세 Key-map

열환경 측정 요소								
측정 일자	시공				전통		부위	
	B-1	B-2	C-11	D-5	G-5	J-1	K-7	K-8
13. 01. 16	9.2°C	2.2°C	17.0°C	9.7°C	-0.5°C	-4.8°C	-4.2°C	-4.8°C
13. 01. 28	9.2°C	8.4°C	10.9°C	4.9°C	-2.9°C	-11.4°C	-6.5°C	-6.7°C
13. 01. 31	13.9°C	15.7°C	18.8°C	16.9°C	3.4°C	3.1°C	5.0°C	4.2°C
13. 02. 07	-5.5°C	1.1°C	11.2°C	4.2°C	-4.8°C	-12.3°C	-4.2°C	-5.2°C
13. 02. 14	8.2°C	14.7°C	17.1°C	12.8°C	-2.5°C	-1.7°C	-0.3°C	0.0°C
13. 02. 28	20.9°C	17.6°C	19.6°C	18.9°C	-5.4°C	0.2°C	5.8°C	6.3°C
13. 03. 14	13.1°C	10.8°C	17.5°C	13.9°C	-3.9°C	-2.1°C	2.6°C	2.8°C
13. 03. 28	18.8°C	15.5°C	19.0°C	18.0°C	2.5°C	4.8°C	5.3°C	4.8°C
13. 04. 11	14.5°C	17.4°C	18.0°C	18.7°C	5.6°C	-0.7°C	5.0°C	6.0°C
13. 04. 25	19.6°C	11.6°C	17.0°C	20.1°C	9.4°C	5.8°C	9.1°C	8.9°C
13. 05. 09	26.4°C	24.8°C	23.5°C	23.0°C	24.5°C	17.3°C	19.0°C	17.2°C
13. 05. 22	26.1°C	26.0°C	25.1°C	24.3°C	15.2°C	17.7°C	19.5°C	18.3°C
13. 06. 05	24.7°C	22.6°C	28.6°C	26.6°C	20.5°C	19.4°C	23.2°C	22.2°C
13. 06. 20	26.9°C	26.4°C	30.8°C	30.0°C	22.9°C	23.5°C	18.5°C	24.5°C

2.4. 실험한옥 육안조사

2.4.1. 육안조사 개요 및 목적

1) 육안조사 배경 및 목적

3차년도에 구축된 실험한옥은 성능평가, 구조변위측정, 모니터링을 실시하게 된다. 모니터링의 일환으로 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)을 대상으로 육안조사를 진행하게 되었다. 개발된 한옥을 부위별로 둘러보면서 체크리스트를 작성하여 육안조사에서 발견된 취약부위와 개선사항을 체크하여 4차년도 시범한옥에 반영할 목적으로 진행되었다.

2) 육안조사 진행기간 및 방법

2012년 5월 18일에 완공된 실험한옥은 거주자 환경성능 테스트를 위해 지난 2012년 9월부터 거주민들이 입주하여 생활하기 시작하였다. 육안조사 역시 이에 맞춰 2012년 9월부터 시행하게 되었으며 2013년 6월 현재까지 시공 및 성능테스트동(지신재) : 10회, 전통한옥 성능테스트동(온고재) : 9회, 부위별 성능테스트동(일휴당) : 9회의 육안조사가 이루어졌다. 매 달 1회 촬영, 15일에서 31일 이전에 해당월 육안조사를 하는 것을 원칙으로 하였다. 조사 전 키맵을 작성하였으며 시공도면을 기초로 하여 부재번호로 사용하였다. 키맵상의 번호순으로 사진 촬영을 하고 육안으로 이상유무를 살펴보았으며, 조사 후 전 달과 비교하여 이상점이 생긴 부위를 살펴보고 그 내용을 기록하는 식으로 조사를 진행하였다. 특히, 부재별 변위, 변형, 이격, 부식 등 손상·취약·변화부위 조사에 중점을 두고 육안조사를 하였다.

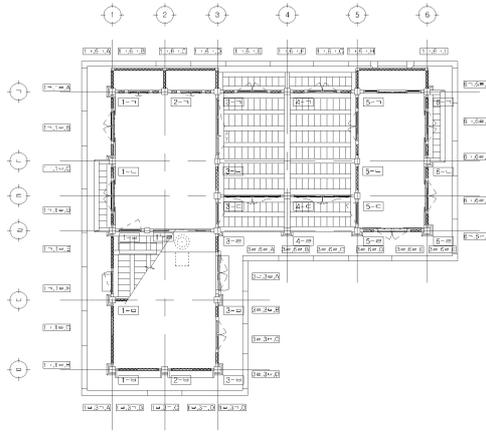
2.4.2 육안조사

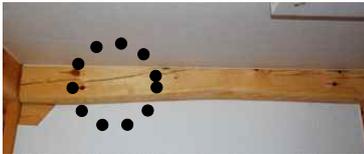
1) 조사과정

조사과정은 2단계로 나누어져 진행되었다. 1단계로 조사자 2명이 시공 및 성능테스트동(지신재)와 전통한옥 성능테스트동(온고재), 부위별 성능테스트동(일휴당)을 육안으로 부위별로 살펴본 후 이상유무를 작성된 체크리스트에 기입하였다. 2단계로 이상부위를 상세사진을 촬영하고 기록을 남겼다.

2) 전통한옥 성능 테스트동(온고재)

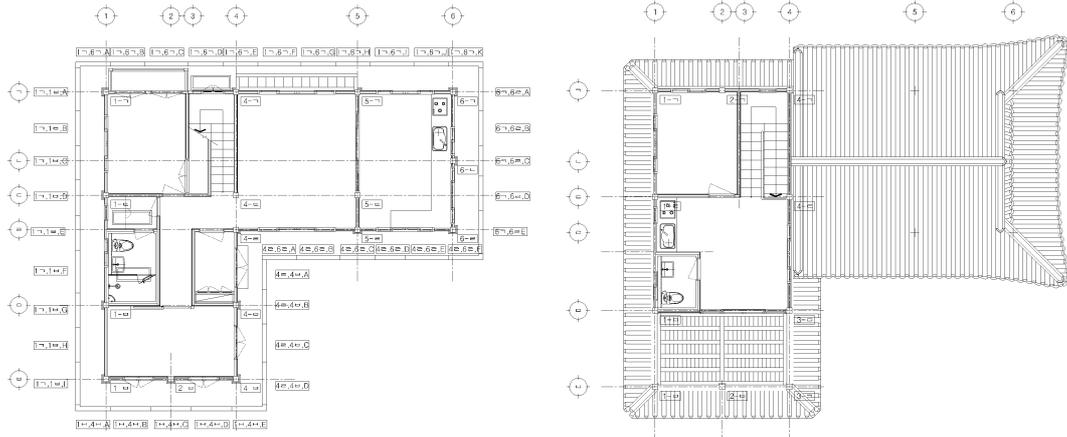
전통한옥 성능 테스트동(온고재)는 시공 및 성능테스트동(지신재)과 동일한 지표마련을 위해 성능 평가 비교 목적으로 지어진 실험동이다. 평면형태는 남산골 한옥마을에 위치한 이승엽 가옥의 형태를 따라 실을 배치하였으며 건축물의 면적은 총 69.12㎡ 이다. 건물 구성을 살펴보면 기단은 장대석 기단으로 바닥은 방전으로 마감을 하였다. 축부 골조는 원목을 이용한 전통적인 맞춤·이음으로 세웠으며, 기둥과 초석의 맞춤 역시 전통 기법인 그랭이질을 해서 조립하였다.

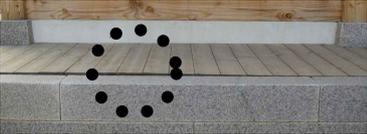
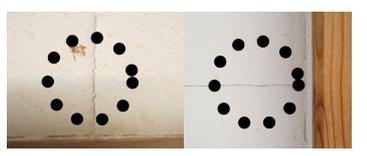
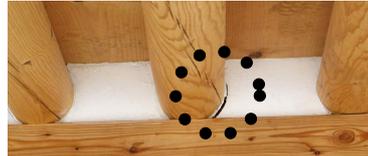


기둥	내용	인방재	내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 4ㄹ-건조 수축에 의한 할렬 발생 • 1ㄹ-건조 수축에 의한 할렬 발생 		<ul style="list-style-type: none"> • 1ㄱ, 2ㄴ-건조 수축에 의한 할렬 발생 • 6ㄴ, 6ㄹ-건조 수축에 의한 할렬 발생
도리+장여	내용	보	내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 5ㄱ, 6ㄱ-건조 수축에 의한 할렬 발생 • 5ㄱ, 6ㄱ-비틀림 현상으로 부재 갈라짐 • 3ㄴ, 3ㄹ-건조 수축에 의한 할렬 발생 • 5ㄱ, 6ㄱ-비틀림 현상으로 부재 갈라짐 		<ul style="list-style-type: none"> • 1ㄹ, 3ㄹ / 1ㄴ, 1ㄹ • 1ㄴ, 3ㄴ / 4ㄱ, 4ㄴ-건조 수축에 의한 할렬 발생
서까래	내용	당골막이	내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 4ㄱ, 5ㄱ / 1ㄴ, 1ㄹ • 3ㄱ, 3ㄴ / 6ㄱ, 6ㄴ-심재를 중심으로 할렬 발생 		<ul style="list-style-type: none"> • 3ㄱ, 4ㄱ / 4ㄱ, 5ㄱ • 1ㄴ, 1ㄹ / 1ㄹ, 1a-서까래의 건조 수축으로 틈새 발생

3) 시공 및 성능테스트동(지신재)

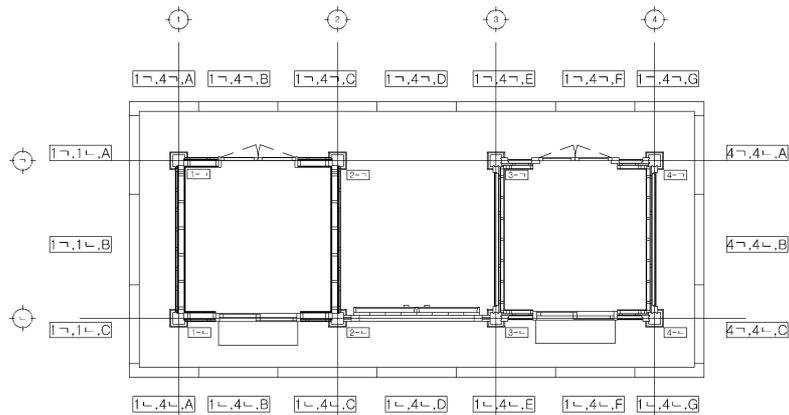
3년간의 연구개발 이론을 실물로써 검증하기 위해 시공된 시공 및 성능테스트동(지신재)는 전통한옥 성능테스트동(온고재)과는 다르게 철재 프레임으로 맞춤 이음부위를 보강한 집성재로 구성되어 있다. 벽체는 건식공법으로 만들어졌으며, 당골막이 또한 기존의 재료가 아닌 타 재료로 만들어졌다.

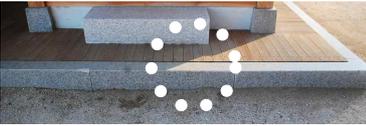
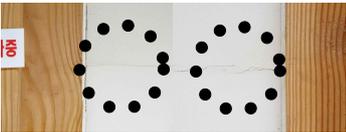


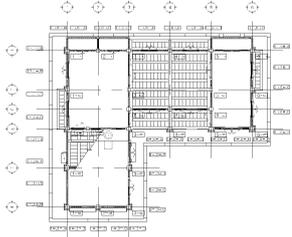
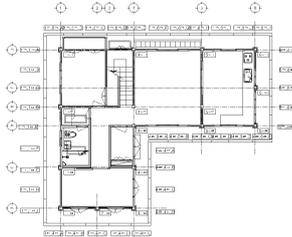
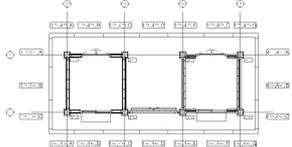
기단바닥	내용	인방재	내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 기단석 상부로 배부름 발생 • 1ㄱ, 4ㄱ-6mm, • 1ㄱ, 1ㄷ-4mm • 1ㄷ, 1ㄱ-6mm, • 1ㄱ, 1ㄴ-11mm • 1ㄴ, 2ㄴ-8mm, • 4ㄱ, 5ㄱ-5mm • 4ㄱ, 4ㄴ-16mm, • 5ㄱ, 6ㄱ-7mm 		<ul style="list-style-type: none"> • 부재에 할렬이 발생했고, 맞춤부위에 부재끼리 이격 발생 • 1ㄱ, 1ㄷ-4mm • 2ㄴ, 4ㄴ-7mm:실리콘 충전, 3mm • 4ㄴ, 4ㄱ-5mm:실리콘 충전
창방	내용	보	내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 철재프레임 맞춤부위 파손이 발생됨 • 1ㄱ, 1ㄷ-접합부 파손 • 4ㄷ, 4ㄴ-접합부 파손 		<ul style="list-style-type: none"> • 부재에 할렬이 발생 • 5ㄱ, 5ㄴ-5mm • 1ㄱ, 4ㄱ-6mm • 2ㄱ, 1ㄷ-4ㄷ-12mm • 2ㄴ, 1ㄱ-4ㄱ-2.5mm
벽체	내용	당골막이	내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 부위에서 크랙 발생 • 기둥과의 이격은 2ㄱ, 4ㄱ / 5ㄱ, 6ㄱ 두 부위에서 발생 		<ul style="list-style-type: none"> • 모든 부위에서 크랙 발생

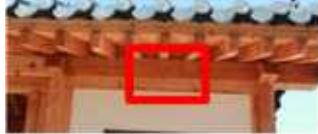
4) 부위별 성능테스트동(일휴당)

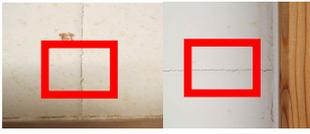
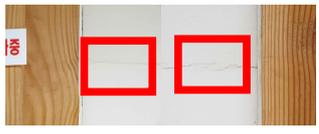
시공 및 성능테스트동(지신재)와 성능평가를 비교할 지표로 활용하고 각 방에 바닥과 창호, 천장, 벽체를 단독으로 실험을 하고 기와 등 연구개발 내용을 실험하기 위해 지어졌다. 목구조는 전통기법을 사용하여 맞춤과 이음을 하였지만, 벽체는 지신재와 마찬가지로 건식공법으로 만들어지는 등 다른 부위는 새로 개발한 방법으로 시공하였다.



기단바닥	내용	인방재	내용
	<ul style="list-style-type: none"> ·기단석 상부로 배부름 발생 ·1ㄱ, 2ㄱ-7mm ·3ㄱ, 4ㄱ-11mm ·1ㄴ, 1ㄴ-9mm ·1ㄴ, 2ㄴ-8mm ·3ㄴ, 4ㄴ-3mm 		<ul style="list-style-type: none"> ·모든 부재에 할렬 발생 ·1ㄱ, 1ㄴ-7mm ·2ㄱ, 2ㄴ-8mm ·3ㄱ, 3ㄴ-8mm ·4ㄱ, 4ㄴ-7mm
창방	내용		
	<ul style="list-style-type: none"> ·모든 부위에서 크랙과 기둥과의 이격이 발생 		

 <p>전통한옥 성능테스트동</p>	 <p>시공 및 성능테스트동</p>	 <p>부위별 성능테스트동</p>
--	--	---

	전통한옥 성능테스트동	시공 및 성능테스트동	부위별 성능테스트동
기단바닥	해당사항 없음	 <p>·기단석 상부로 배부름 (4~16mm)</p>	 <p>·기단석 상부로 배부름 (3~11mm)</p>
기둥	 <p>·4ㄹ: 건조 수축에 의한 할렬 ·1ㄹ: 건조 수축에 의한 할렬</p>	 <p>·6ㄹ: 건조 수축으로 인한 접합부 이격</p>	 <p>·3ㄹ: 건조 수축으로 인한 접합부 이격</p>
도리+장여	 <p>·5ㄱ, 6ㄱ, 3ㄴ, 3ㄹ: 건조에 의한 할렬 ·5ㄱ, 6ㄱ, 5ㄱ, 6ㄱ: 비틀림에 의한 갈라짐</p>	해당사항 없음	 <p>·3ㄴ, 4ㄴ: 건조에 의한 할렬</p>
서까래	 <p>·4ㄱ, 5ㄱ/1ㄴ, 1ㄹ/3ㄱ, 3ㄴ/6ㄱ, 6ㄴ ·심재를 중심으로 할렬</p>	 <p>·모든 부재에서 심재를 중심으로 할렬발생</p>	 <p>·2ㄱ, 3ㄱ/3ㄱ, 4ㄴ/3ㄴ, 4ㄴ : 건조에 의한 할렬</p>

	전통한옥 성능테스트동	시공 및 성능테스트동	부위별 성능테스트동
인방재			
	<ul style="list-style-type: none"> ·1ㄱ, 2ㄴ-건조 수축에 의한 활렬 ·6ㄴ, 6ㄹ-건조 수축에 의한 활렬 	<ul style="list-style-type: none"> ·활렬 발생, 맞춤부위 이격 발생 ·1ㄱ, 1ㄷ-4mm ·2ㄴ, 4ㄴ-7mm:실리콘 충전, 3mm ·4ㄴ, 4ㄷ-5mm:실리콘 충전 	<ul style="list-style-type: none"> ·모든 부재에 활렬 발생 ·1ㄱ, 1ㄴ-7mm, 2ㄱ, 2ㄴ-8mm ·3ㄱ, 3ㄴ-8mm, 4ㄱ, 4ㄴ-7mm
보			
	<ul style="list-style-type: none"> ·1ㄹ, 3ㄹ/1ㄴ, 1ㅁ/1ㄴ, 3ㄴ/4ㄱ, 4ㄷ ·건조 수축에 의한 활렬 	<ul style="list-style-type: none"> ·부재에 활렬 발생 ·2ㄱ, 1ㄷ-4ㄷ-12mm, 2ㄴ, 1ㄴ-4ㄴ-2.5mm 	<ul style="list-style-type: none"> ·1ㄱ, 3ㄹ/1ㄴ, 1ㅁ/1ㄴ, 3ㄴ/4ㄱ, 4ㄷ ·건조 수축에 의한 활렬
창방	해당사항 없음		해당사항 없음
		<ul style="list-style-type: none"> ·철재프레임 맞춤부위 파손 발생 ·1ㄱ, 1ㄷ, 4ㄷ, 4ㄹ-접합부 파손 	
당골막이			
	<ul style="list-style-type: none"> ·3ㄱ, 4ㄱ/4ㄱ, 5ㄱ/1ㄴ/1ㄹ/1ㄹ, 1a ·서까래의 건조 수축으로 틈새 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ·모든 부위에서 크랙 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ·이상이 발생하지 않음
벽체			
	·이상없음	<ul style="list-style-type: none"> ·모든 부위에서 크랙 발생 ·기둥과의 이격은 2ㄱ, 4ㄱ / 5ㄱ, 6ㄱ 두 부위에서 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ·모든 부위에서 크랙, 기둥간 이격 발생

	현상	설명 및 원인추정	과제
벽체	외벽 핸디코트 균열	CRC보드 이음부위의 핸디코트 마감균열 처마를 길게 한 지점 보다 직사광선이 많이 닿는 부분 균열이 심함(향후 변형현상 장기적인 조사 필요) 핸디코트 재료 자체의 문제일 경우 : 건조 수축하면서 안료 입자의 축소, 내지는 수지성분의 변화 관련 벽체의 문제일 경우 : 벽체재료의 수축, 변형이 있는지 확인 1-2세부, 1-5세부 협력하여 벽체 폭로실험	기밀성 개선 시공기법 개선 재료 개선
	당골막이+서까래 접촉 부위 균열, 이격	당골막이 재료(스티로폴)와 벽체재료의 이질감으로 마감 어색 서까래와 당골막이 맞닿는 면 균열, 이격 핸디코트 재료 자체의 문제일 경우 : 건조 수축하면서 안료 입자의 축소, 내지는 수지성분의 변화 관련 당골막이의 문제일 경우 : 재료의 수축 및 변형 가능성 있음	기밀성 개선 시공기법 개선 재료 개선
목재 _골조 및 부속시설	할렬, 보머리 등 터짐, 맞춤이음부위 이격	원목에서 두드러지게 나타남 목재의 건조수축, 웅이, 성질에 의한 조립과정에서 손상되었거나 시공자의 목재 성질 이해 부족 사용된 집성재는 구조용 집성재는 아니나 강도 이상 없음(완공 후 마감보완 1차례 완료)	기밀성 개선 시공기법 개선 재료 개선
회청골 +현관	우천시 낙수집중	회청골이 형성되는 부위에 현관을 배치한 경우 우천시 낙수 집중 실험한옥의 경우 「눈썹지붕+1층 지붕」 만나는 지점에 현관 배치	우천시 거주자의 불편 있으므로 디자인적 개선 필요
2층 벽체 +1층 지붕	내외관의 디자인, 구조 어색함	1층 합각부와 2층 벽체가 만나는 부위 외부에서 봤을 때 시각적 어색함 있음 내부에서 봤을 때 구조적 마감이 어색 합각부 목재의 성질과 벽체의 재료성질이 달라 이격, 단순한 설계로 개선 필요	합각부 구조재 수축과 벽체 구조 시공 개선 메스스터디 등 디자인 개선
시공 기술수준	정밀성 결여	정밀시공 내지는 규격화로 해결해야 할 부분 정밀시공의 경우 공사비 상승, 중장기적으로 규격화가 해당 맞춤이음부위의 이질재간 접합부위가 정교하지 못함	누수, 파단, 미관저하 개선
전기배선 +전등	전기배선 마감문제	전기배선이 골조에 보여 어색, 미관저하 전등(조명), 콘센트, 스위치 등의 디자인 개발 필요	탈부착 용이하고 미관상 한옥에 어울리는 형태로 개선
물사용 공간	한옥형 디자인 없음, 시공성능 결여	한옥형 디자인 특징 없음 기존 물사용 공간 시공법과 차이 없으며, 시공 간편하지 못함(시공 기간 단축 필요) 시공성 및 경제성 검토해야	디자인, 시공성 개선
계단	계단난간 디자인, 시공성 문제	시공 간편하지 못함 난간형태의 개선필요	디자인, 시공성 개선
수납	수납시설 부족 수납시설 내부 짜임새 미비	실 거주자의 일반적인 수납방법과 수납시설의 형태 불일치 실생활에 필요한 형태로 개선하거나, 자유롭게 변형이 가능한 내부로 개선	한옥형 가구연구 병행 필요

- 종합

▷ 벽체재료 : 외벽 마감재 선택(「㉔ 모형실험을 통한 조사」실험내용 참조)

- 핸디코트, 테라코트 등으로 폭로실험 필요
- 이질재간(벽지+황토패널내벽, CRC보드, 석고보드 등)의 접착에서 결로와 접착력 고려하면서도 친환경적(친인간적)이어야 함
- 단, 친환경을 고려하면 공사비 절감이 어려울 수 있음

▷ 목재재료 : 원목VS집성재

- 원목은 건조시 일어나는 할렬, 수축, 회전 등의 문제 있음
- 원목은 단가가 저렴하나 대경간에 자유롭게 쓸 수 없는 한계 있음
- 실험한옥의 집성재는 시공시 발생한 손상부위를 1차례 간단한 수선을 한 뒤로는 동일부위의 할렬, 수축, 회전 등의 문제 발생 없음
- 원목과 집성재의 재질과 외관의 차이를 일반인들이 크게 인식하는 수준은 아님
- 집성재는 대경간에 자유롭게 쓸 수 있으나, 한국시장에서는 일부 기업의 독점으로 이 문제를 우선적으로 해결하지 않으면 향후 기술적, 경제적 측면에서 개발의 한계 있음

▷ 마감공사 : 시공의 정밀성 향상과 규격화

- 이질재 및 동질재의 이음부위 보완 필요: 원목 + 벽체=이격, 원목 + 원목=이격, 형태적 요소
- 시공이 정밀하면 공사비가 상승할 수 있으므로, 규격화된 재료의 보급이 중요함
- 단 규격화까지는 금전적, 기술적으로 상당한 투자가 있어야 하고 한옥시장 형성이 우선적으로 진행되고 있어야 함

▷ 공간요소

- 회침과 현관배치, 방의 위치와 빛의 관계, 복도와 빛의 관계 이해도가 높은 설계가 되어야 한옥의 장점을 극대화 할 수 있음
- 물사용 공간, 계단, 전기배선, 수납 등 한옥에 어울리고(조화), 사용이 용이하며(실용성) 한옥 거주 특성의 이해가(한국성) 바탕이 된 디자인으로 개선 필요

2.5. 모형실험을 통한 조사

2.5.1. 실험의 목적 및 개요

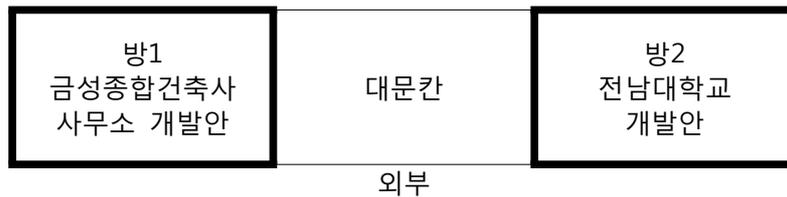
부위별 성능테스트동(일휴당)과 시공 및 성능테스트동(지신재) 벽체에는 불필요한 양생기간을 단축하고 시공성을 높여 공사비를 절감하기 위해 기존 전통 습식공법을 대체한 건식공법이 적용되었다. 2012년 6월 구축된 이후 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)에 대한 육안조사, 실내환경/단열성능/거주성능 등의 모니터링을 진행해오던 중, 2012년 하절기부터 부위별 성능테스트동(일휴당)과 시공 및 성능테스트동(지신재) 외부 벽체 표면에 균열이 발생하기 시작했다. 균열 발생 양상으로 볼 때, 외부 벽체에 사용된 CRC¹⁾ 보드 또는 패널 단위 부재간의 연결부위에서 균열이 발생한 것으로 추정된다. 균열은 유지관리 측면에서의 어려움뿐만 아니라 단열성능 저해를 초래하는 심각한 결함이기 때문에 발생 원인을 찾아 차후 연구 및 시공 사항에 반영할 필요가 있다.

따라서 본 장에서는 일차적으로 부위별 성능테스트동(일휴당), 시공 및 성능테스트동(지신재)의 계획 및 시공 단계 및 현황을 살펴봄으로써 ① 재료조합의 부조화 ② 일사조건의 영향(직사광선) ③ 마감상세 미흡을 균열 발생 원인으로 가정하고 최종적으로 재료조합을 달리한 별도의 실험용 벽체들을 제작하여 부위별 성능테스트동(일휴당), 시공 및 성능테스트동(지신재)과 유사한 환경조건 하에 노출시키는 폭로실험을 통해 이를 검증해보았다.

2.5.2. 부위별 성능테스트동(일휴당), 시공 및 성능테스트동(지신재)에 적용된 벽체 현황

1) 부위별 성능테스트동(일휴당)

부위별 성능테스트동(일휴당)은 연구목적상 방1, 방2의 벽체 재료조합, 단위 부재 크기 등이 상이하게 시공되어 있다. 이에 따라 두 방의 균열 양상 또한 다르게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다. 관찰은 균열이 발생한 외부 벽체만을 대상으로 한다.



부위별 성능테스트동(일휴당) 평면개념도

■ 부위별 성능테스트동(일휴당): 계획 및 시공

(1) 방1

가) 개요

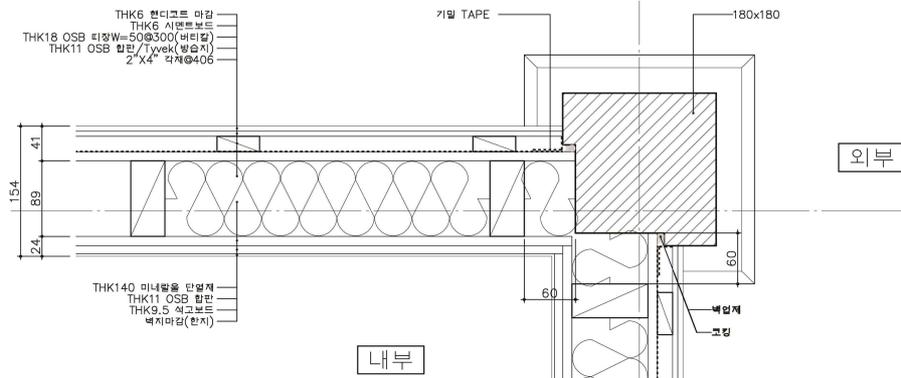
- 부위별 성능테스트동(일휴당) 방1의 벽체는 1-6세세부 (주)금성종합건축사사무소 개발안으로 시공
- 핸디코트-시멘트보드-띠장-방습지-OSB합판-2"x4"각재-미네랄울 단열재-OSB합판-석고보드-한지마감 (좌측부터 외부에서 내부순)

나) 상세

- 2"x4" 각재 @406
- THK11 OSB 합판 / Tyvek(방습지)
- THK140 미네랄울 단열재
- THK18 OSB 띠장w=50 @300 (버티칼)
- THK6 시멘트보드
- 시멘트보드 연결부위 메쉬테이프+핸디코트로 공극 메우기
- THK6 핸디코트 마감

1) CRC=Cellulose fiber Reinforced Cement (무석면 섬유강화 시멘트판)

부위별 성능테스트동(일휴당) 방1 벽체 평면상세도



외부에서 내부순

핸디코트-시멘트보드-띠장-방습지-OSB합판-2"x4"각재-미네랄울단열재-OSB합판-석고보드-한지마감

부위별 성능테스트동(일휴당) 방1 벽체 시공 과정



2x4 각재 설치



OSB합판 부착



스터드 사이에 미네랄 울 단열재 설치



방습지 부착



띠장 설치



시멘트보드 부착



시멘트보드 연결부위 마무리



핸디코트 마감

(2) 방2

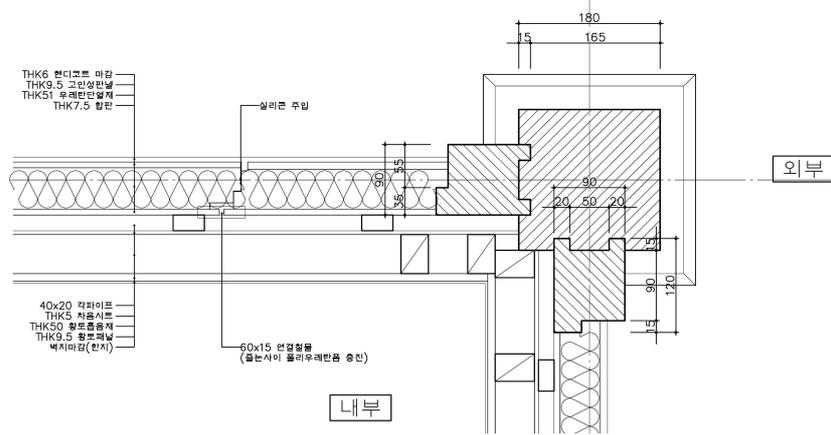
가) 개요

- 부위별 성능테스트동(일휴당) 방2의 벽체는 연구단(전남대)에서 개발한 37개의 안 중 1개 안을 선택하여 시공
- 핸디코트-패널(고인성판넬+우레탄단열재+합판)-각파이프-차음시트-황토흡음재-황토편넬-한지마감 (좌측부터 외부에서 내부순)

나) 상세

- 40x20 각파이프
- 패널: THK7.5 합판 + THK51 우레탄단열재 + THK9.5 고인성판넬
- 60x15 연결철물로 각파이프에 패널 부착 (줄눈사이 폴리우레탄폼 충전)
- THK6 핸디코트 마감

부위별 성능테스트동(일휴당) 방2 벽체 평면상세도



외부에서 내부순

핸디코트-고인성판넬-우레탄단열재-합판-각파이프-차음시트-황토흡음재-황토편넬-한지마감

부위별 성능테스트동(일휴당) 방2 벽체 시공 과정



철제 각파이프 설치



패널 부착



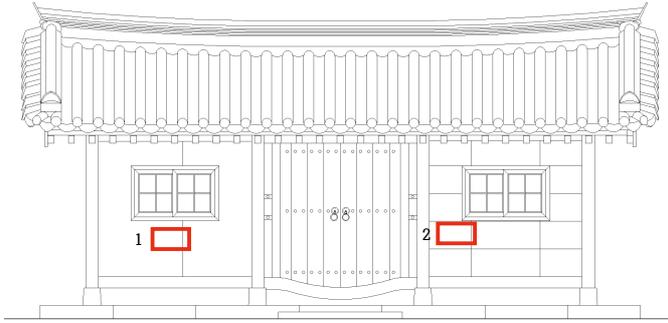
패널 부착용 연결철물 상세



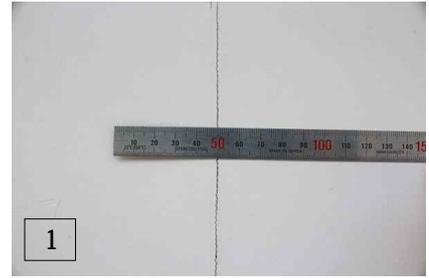
패널 부착 완료

■ 부위별 성능테스트동(일휴당): 현황

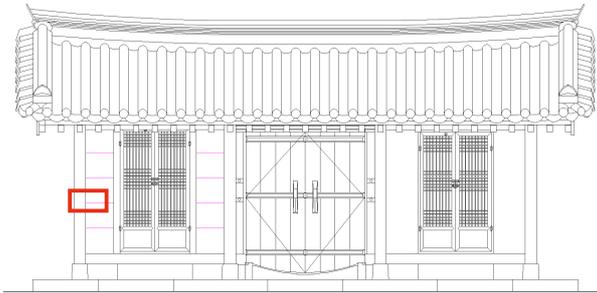
부위별 성능테스트동(일휴당) 외부 벽체 균열 현황



남측면도



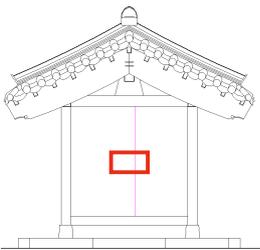
균열 부위 상세



북측면도



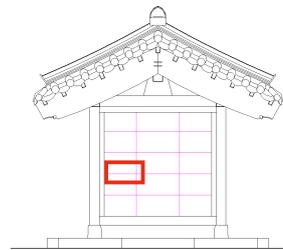
균열 부위 상세



서측면도 (방1)



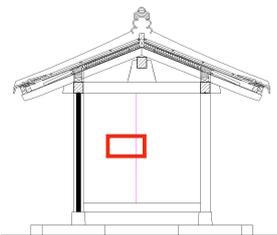
균열 부위 상세



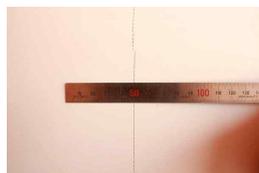
동측면도 (방2)



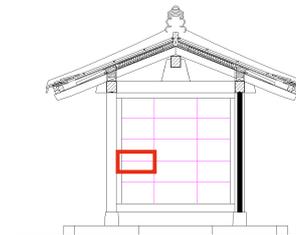
균열 부위 상세



대문칸 내부 (방1)



균열 부위 상세



대문칸 내부 (방2)



균열 부위 상세

(1) 방1

방1의 경우 2.1.1장의 시공과정에서 확인한 시멘트보드 연결 부위에서 공통적으로 균열이 발생한 것을 확인할 수 있다. 동측면, 서측면, 남측면 벽체 모두 균열이 발생했는데 예외적으로 북측면에는 균열이 발생하지 않았다. 균열은 창방에서부터 하인방까지 벽체 전체에 걸쳐 발생했기 때문에 상하길이는 사용된 시멘트보드 길이와 동일하다. 균열의 폭은 크기를 가늠할 수 없는 실금부터 0.5mm에 이르기까지 다양하다.

(2) 방2

방2의 경우 방1과 마찬가지로 시멘트보드 연결 부위에서 공통적으로 균열이 발생한 것을 알 수 있다. 공사 일지를 보면 사용된 벽체패널의 규격이 830x420으로 기록되어 있는데, 각 벽체패널 연결부위와 균열이 일치하는 것을 알 수 있다. 사(四)면 모두 균열이 발생하였으며 크기를 가늠할 수 없는 실금부터 1mm에 이르기까지 폭이 다양하다.

(3) 종합

시공 및 성능테스트동(지신재)의 균열은 보드 또는 패널 연결부위에서 공통적으로 나타나는 것을 알 수 있다. 남측면, 서측면 균열의 경우 북측면, 동측면, 대문칸 내부의 균열보다 상대적으로 폭이 조금 더 넓은 경향을 보인다. 방2의 남측면과 북측면을 비교해보면 그 차이를 명확히 알 수 있다. 이와 같이 벽체 구성이 동일함에도 향에 따라 균열 양상이 다르게 나타나는 것으로 보아, 향에 따른 일사조건의 차이가 균열에 영향을 미치는 것으로 추정된다.

방2에 적용된 830x420 벽체패널의 경우 방1에 적용된 시멘트보드보다 단위부재 크기가 상대적으로 작음에도 불구하고 모든 연결부위에서 균열이 발생한 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 단위부재가 작을수록 재료 자체의 수축·팽창 변위는 작아진다. 그러나 방1에 적용된 시멘트보드보다 작은 방2 벽체패널의 모든 부위에서 균열이 발생한 것으로 보아, 패널을 구성하는 합판+우레탄단열재+고인성판넬 간의 상이한 열팽창 특성이 균열 발생에 영향을 미쳤을 것으로 추정된다.

2) 시공 및 성능테스트동(지신재)

시공 및 성능테스트동(지신재) 벽체는 부위별 성능테스트동(일휴당) 방2에 적용된 벽체패널과 유사한 패널로 시공되었다. 따라서 균열 양상 또한 부위별 성능테스트동(일휴당) 방2와 유사하다. 시공 및 성능테스트동(지신재)의 경우 2층 한옥이지만 접근 조사가 가능한 1층 외부 벽체만을 조사 대상으로 한다.

■ 시공 및 성능테스트동(지신재): 계획 및 시공

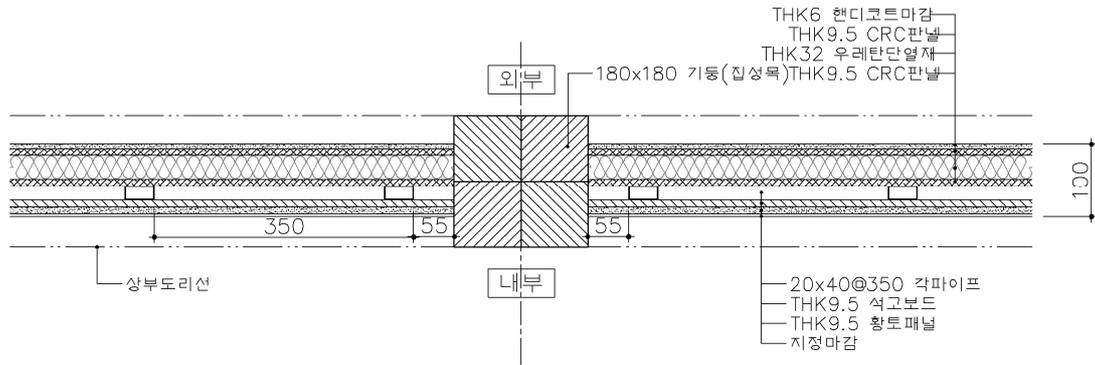
가) 개요

- 시공 및 성능테스트동(지신재) 벽체는 연구단(전남대)에서 개발한 벽체로 시공.
- CRC판넬-우레탄단열재-CRC판넬-핸디코트-각 파이프프레임-석고보드-황토판넬-벽지 (좌측부터 외부에서 내부순)

나) 상세

- 20x40 각파이프 @350
- THK9.5 CRC판넬
- THK32 우레탄단열재
- THK9.5 CRC판넬
- 벽체패널 연결부위 발포 폼 충전
- 벽체패널 연결부위 메쉬테이프+핸디코트로 공극 메우기
- THK6 핸디코트 마감

시공 및 성능테스트동(지신재) 벽체 평면상세도



외부에서 내부순

CRC판넬-우레탄단열재-CRC판넬-핸디코트-각파이프프레임-석고보드-황토판넬-벽지

시공 및 성능테스트동(지신재) 벽체 시공 과정



각파이프 프레임 제작



각파이프 프레임 설치



CRC판넬+우레탄단열재+CRC판넬 패널 부착



패널 연결부위 메쉬테이프+핸디코트 메우기



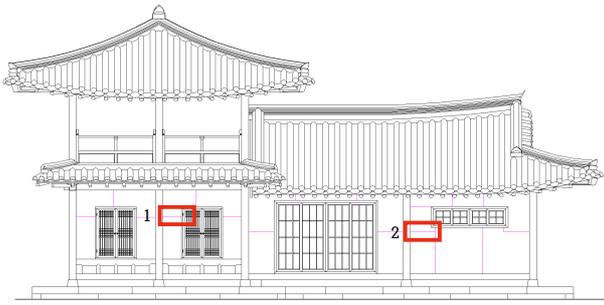
핸디코트로 연결부위 공극 메우기



핸디코트 마감

■ 시공 및 성능테스트동(지신재): 현황

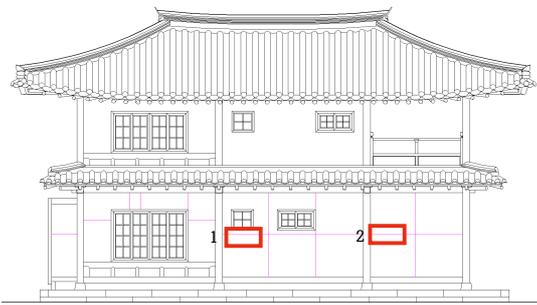
시공 및 성능테스트동(지신재) 외부 벽체 균열 현황 도면



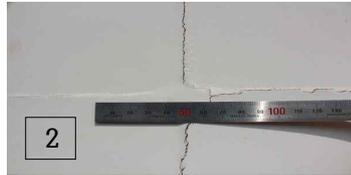
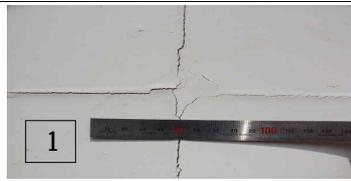
남측면도



균열 부위 상세



서측면도



균열 부위 상세



동측면도



균열 부위 상세



북측면도



균열 부위 상세

(1) 1층 외부 벽체

시공 및 성능테스트동(지신재)의 경우 균열이 매우 불규칙한 양상을 보이는데, 각 벽체마다 모두 상이하게 뚫린 개구부가 그 원인으로 추정된다. 시공사진을 살펴보면 벽체패널이 약 1200x1200 크기의 단일규격으로 현장에 반입된 것을 알 수 있다. 이 패널을 각 벽체의 개구부를 제외한 나머지 부분에 맞게 잘라 각파이프 프레임에 고정시킨 것인데, 핸드코트 마감 전 상태의 사진들을 살펴보면 벽체패널 연결부위와 균열부위가 거의 일치하는 것을 확인할 수 있다. 균열의 폭은 실금부터 1mm에 이르기까지 다양하다.



서측면 시공 전경



남측면 돌출부 시공 전경

(2) 종합

시공 및 성능테스트동(지신재) 또한 벽체패널 연결부위에서 공통적으로 균열이 나타나는 것을 알 수 있다. 남측면, 서측면 균열의 경우 북측면, 동측면 균열보다 상대적으로 폭이 조금 더 넓은 경향을 보이는데, 부위별 성능테스트동(일휴당)과 비교해보면 그 양상이 훨씬 두드러지게 나타난다. 시공 및 성능테스트동(지신재)와 부위별 성능테스트동(일휴당)의 벽체패널 단위부재가 상이함으로 인해 나타나는 재료의 수축·팽창 변위 차이로 추정된다. 결론적으로 시공 및 성능테스트동(지신재) 역시 벽체 구성이 동일함에도 향에 따라 균열 양상이 다르게 나타나는 것으로 보아, 향에 따른 일사조건의 차이가 균열 발생에 영향을 미칠 것이라는 2.1.2장의 추정에 설득력을 더해준다. 시공 및 성능테스트동(지신재) 벽체패널은 부위별 성능테스트동(일휴당) 방2의 벽체패널과 달리, ① 합판, 고인성판넬 대신 CRC 보드를 사용했다는 점 ② 패널을 고정하기 위해 연결철물 대신 피스를 사용했다는 점 ③ 벽체패널 연결부위를 우레탄 충진재 대신 메쉬테이프/핸디코드를 사용했다는 차이가 있다. 그러나 이러한 차이가 구체적으로 어떤 상이한 영향을 미쳤는지는 확인할 수 없다.

구분	시공 및 성능테스트동(지신재) 벽체패널	↔	부위별 성능테스트동(일휴당) 방2 벽체패널
재료	CRC보드+우레탄 단열재+CRC보드	↔	고인성판넬+우레탄단열재+합판
접합	피스 접합	↔	연결철물 접합
연결부위	메쉬테이프+핸디코드 메우기	↔	우레탄 충진

3) 종합고찰

부위별 성능테스트동(일휴당)과 시공 및 성능테스트동(지신재) 벽체를 살펴본 바를 토대로 다음의 세 가지 균열 발생 원인을 가정해볼 수 있다. 첫째, 재료조합의 부조화이다. 이질재료간의 조합이 하나의 단일부재로 거동해야 하는데, 재료 저마다의 열팽창 특성에 따라 수축·팽창함으로써 균열이 발생한 것으로 볼 수 있다. 부위별 성능테스트동(일휴당) 방2와 시공 및 성능테스트동(지신재)의 벽체패널에는 동일하게 우레탄단열재가 사용되었는데, 우레탄의 경우 열팽창 특성이 비교적 안정적인 재료로 알려져 있다. 따라서 우레탄을 감싸는 CRC보드, 합판, 고인성판넬 등이 수축·팽창함으로써 균열을 유발했을 가능성이 높다. 어떤 재료의 수축·팽창

정도가 더 큰지는 추가적으로 확인해볼 필요가 있다.

둘째, 일사조건의 영향이다. 부위별 성능테스트동(일휴당)과 시공 및 성능테스트동(지신재) 모두 직사광선 일사량이 상대적으로 많은 남측면, 서측면 벽체가 북측면, 동측면 벽체보다 균열 폭이 상대적으로 두꺼운 것을 확인할 수 있었다. 미시적 기후 특성이 동일한 대지 내의 인접 건물 2개동이 좌향과 관련해 유사한 균열 양상을 나타내는 것으로 보아, 좌향에 따른 일사조건이 균열 발생에 영향을 미치는 것으로 추정할 수 있다. 일사조건이 구체적으로 어떻게 균열을 유발하는지는 알 수 없으나, 계획 및 시공 시 좌향에 따른 고려가 필요할 것으로 보인다.

셋째, 마감상세 미흡이다. 퍼티(putty)²⁾ 시공은 전적으로 기능공의 경험에 의존하기 때문에 설계 계획대로 핸드코트 THK6이 정확히 시공되었는지 확인하기 어렵다. 핸드코트 생산업체에서 권장하는 사용량은 조인트 처리 시 0.5kg/ , 전면퍼티 1.1~1.2kg/m²인데 페이스트상(狀)으로 사용하는 재료 특성상 정확한 사용 용량을 판단하기 어렵다. 시공 시 물을 첨가하는 경우도 있는데, 이 경우 핸드코트 사용 용량은 더욱 판단하기 어려워진다. 다만, 균열 폭이 넓은 부위를 관찰함으로써 시공 당시 두께를 추정해 볼 때 THK6에는 미치지 못하는 것으로 보인다.

2.5.3. 벽체 실험

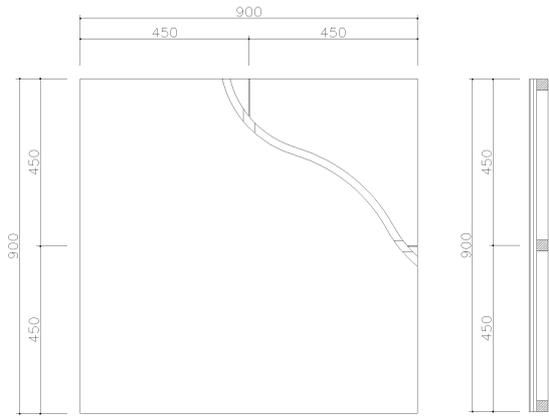
1) 실험개요

2장에서 가정한 균열 발생 원인을 검증하기 위한 실험을 위해 2가지 TYPE 총 16개의 실험체를 제작하였다. TYPE-1은 재료조합을 달리한 900x900(450x450 판재 4개 연결) 규격 실험체 6가지(A~F)를 각각 2개씩(1:실외용, 2:실내용) 제작하여 실외/실내 비교 노출실험을 수행하였다. TYPE-2는 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 사례를 교훈삼아 은평구 시범한옥에 적용할 OK Wall³⁾의 내구성을 선행적으로 실험해보고자 제작한 실험체이다. 미장에 쓰이는 황토몰탈의 수사 첨가 여부, 퍼티의 섬유보강재 첨가 여부를 달리한 4개의 실험체로 구성되어 있다.

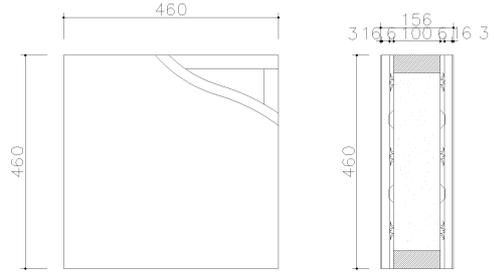
TYPE	구분	실험체 재료조합	수량
1	A	석고 보드 2p + 핸드코트 마감(3mm)	2
	B	석고 보드 1p + CRC보드 1p + 핸드코트 마감(3mm)	2
	C	석고 보드 1p + CRC보드 1p + 테라코트 마감(3mm) + 핸드코트 마감(3mm)	2
	D	석고 보드 2p + 테라코트 마감(3mm) + 핸드코트 마감(3mm)	2
	E	석고 보드 1p + CRC 1p + 핸드코트 마감(3mm) (섬유보강재 첨가)	2
	F	석고 보드 2p + 핸드코트 마감(3mm) (섬유보강재 첨가)	2
2	X-1	OK Wall + 황토몰탈 + 핸드코트 마감 3mm	1
	X-2	OK Wall + 황토몰탈 + 핸드코트 마감 3mm (섬유보강재 첨가)	1
	Y-1	OK Wall + 황토몰탈(수사) + 핸드코트 마감 3mm	1
	Y-2	OK Wall + 황토몰탈(수사) + 핸드코트 마감 3mm (섬유보강재 첨가)	1
총계			16

- 2) 도장 바탕의 오목하게 패인 부분을 보수하거나 창호에 판유리를 끼울 때 사용하는 재료. 유지나 수지에 무기질의 충전제 등을 이겨서 만든 페이스트상(狀)의 접합제 예) 핸드코트 (출처: 건축용어사전)
- 3) 그립퍼(Gripper), 엠보싱(Embossing), 메탈라스(Metal lath)로 구성되어 접착제나 화학 첨가물 없이 물과 황토만으로 미장이 가능하도록 개발된 패널. 모듈 형식으로 공장에서 제작된 벽체를 현장 반입해서 바로 사용하기 때문에 공기를 단축하는데 효과적이고, 단열재로 왕겨숯을 사용한 친환경 자재.

실험체 규격



TYPE-1



TYPE-2

실험체 제작 과정



마감 전 TYPE-1 벽체



퍼티 마감 1



퍼티 마감 2



완성



미장 전 OK-Wall



OK-Wall 위 황토물탈 미장



건조 후 퍼티 마감



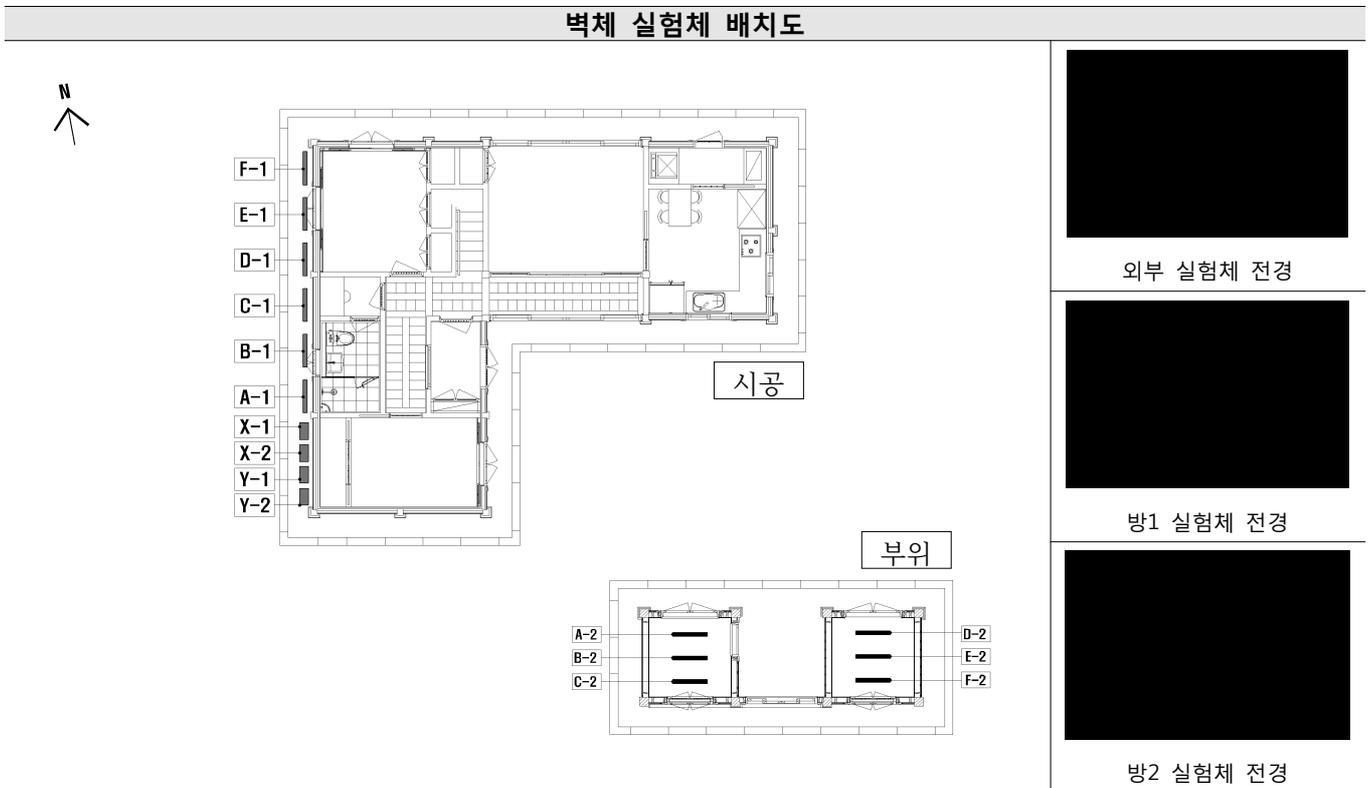
완성

2) 실험 및 측정 방법

실험은 2012년 12월 20일부터 2013년 6월 7일까지 약 7개월간 진행되었다. 변화 측정은 1주일에 한 번 (매주 목요일) 총 25회 수행하였으며, 매 측정 시 육안조사 및 사진촬영을 통해 변화 양상을 기록하고 전(前) 주와 비교하는 방법으로 진행하였다.

실험체 설치 장소는 명지대학교 건축대학 신관 옥상, 건축대학 앞 정자 무루정, 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 주변 등이 거론되었다. 이들 중 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)과 유사한 환경이어야 하며, 실험이 방해받지 않도록 통제 가능한 지역이어야 한다는 조건에 따라 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 주변으로 결정되었다. 시공 및 성능테스트동(지신재) 서측면 기단 위에 총 16개의 실험체 중 TYPE-1 실외용 6개와 TYPE-2 4개를 배치하고, 부위별 성능테스트동(일휴당) 방1,2에 TYPE-1 실내용 6개를 각각 3개씩 배치했다. 앞선 관찰을 통해 서측면(또는 남측면)에서 균열이 더 명확하게 나타는 것을 확인했기 때문에 검증을 위해 실험체 또한 서측면에 배치했다. TYPE-1 실내용은 실외용과 비교 관찰·관리하기 용이한 곳으로써 실외용과 그리 멀지 않은 부위별 성능테스트동(일휴당) 방1,2에 배치하였다. 시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동, 유닛모델동은 거주자가 있기 때문에 내부에 실험체를 배치할 수 없었다.

벽체 실험체 배치도



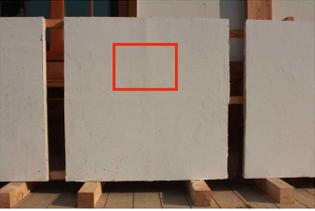
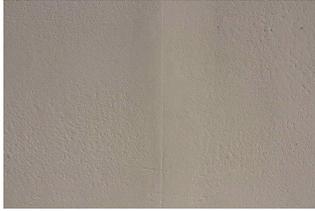
3) 측정결과 및 분석

실험기간 중 균열이 발생한 실험체는 TYPE-1의 B-2, E-1, TYPE-2의 X-1, Y-1 으로 총 4개 이다. 4개 실험체 모두 관찰 시작 1개월 이내에 균열이 발생하였고, 이 후 최종 관찰 시까지 추가적인 변화 없이 유지되는 모습을 보였다. 예외적으로 Y-1 실험체의 경우 8차 측정 시 균열이 발생한 부위가 벽체에서 이탈된 것을 볼 수 있었다.

■ 측정결과 (요약)

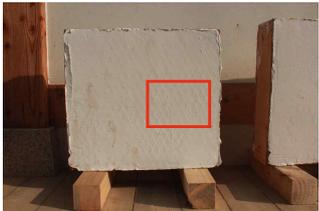
날짜	12월		2013년 1월					2월				3월				4월				5월				6월				
	20	27	3	11	17	25	31	7	14	21	28	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	7			
실험체	차수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
TYPE 1	A	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	B	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		2	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	C	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	D	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	E	1	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	F	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
TYPE 2	X-1	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	X-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Y-1	○	○	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Y-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

(●: 변화발생, ○: 변화없음)

구분	사진		내용	
	전체	부분상세		
TYPE 1	B-2			CRC보드 연결부위 미세균열 (가로/세로 양방향)
	석고 보드 1p + CRC보드 1p + 핸디코트 마감(3mm)			
TYPE 1	E-1			CRC보드 연결부위 미세균열 (가로/세로 양방향)
	석고 보드 1p + CRC 1p + 핸디코트 마감(3mm) (섬유보강재 첨가)			

B-2, E-1 실험체에는 매우 미세한 균열이 발생했다. 외부 마감부위가 명확히 갈라져 공극이 발생했던 부위 별 성능테스트동(일휴당), 시공 및 성능테스트동(지신재)와 달리 벽체 부재 연결부위의 메쉬테이프가 열게 드러나는 정도의 미세한 균열이다. 두 실험체의 경우 균열 정도가 미미하고 재료조합, 노출환경 등이 상이하기

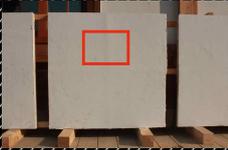
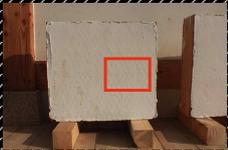
때문에 비교 평가가 어렵다. 또한 TYPE-1 실내, 실외 실험체 모두 별다른 균열이 발생하지 않은 것으로 보아, 실험에 사용된 재료조합이 균열에 미치는 영향은 제한적인 것으로 판단된다. 오히려 실험체 재료에 포함시키지 않았던 단열재의 유무 여부, 단열재를 구조체에 접착시키는 방식 등이 벽체 균열에 더 직접적인 영향을 미치는 것으로 추정된다. 따라서 더 정확한 균열 발생 원인을 알아보기 위해서는 단열재 유무 여부/종류/접합방식 등의 변수를 달리한 추가실험이 필요하다.

구분	사진		내용	
	전체	부분상세		
T Y P E 2	X-1			메탈라스 공극부위 갈라짐 (메탈라스 마름모꼴 우측부위만 갈라진 것이 특징)
	OK Wall + 황토몰탈 + 핸디코트 마감 3mm			
	Y-1			실험체 중앙 하부 균열
				균열부 조각 이탈
OK Wall + 황토몰탈(수사) + 핸디코트 마감 3mm				

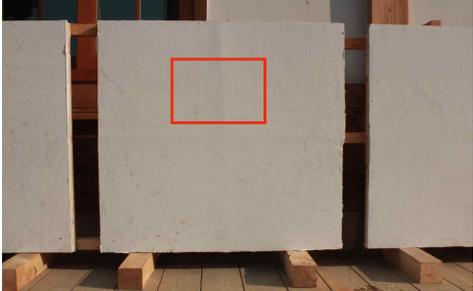
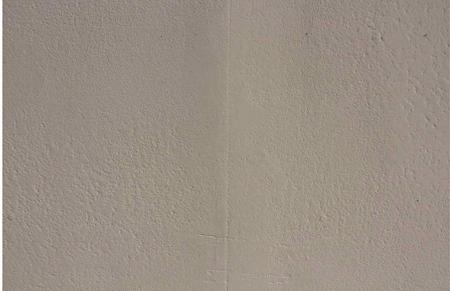
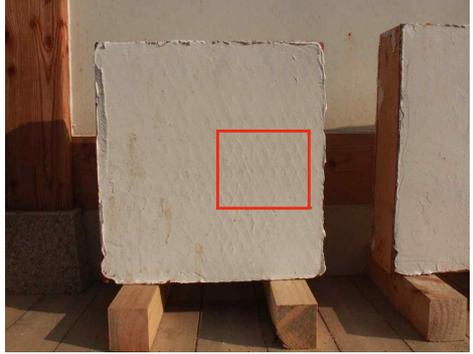
TYPE-2 실험군에서는 X-1, Y-1 실험체에서 균열이 발생했는데, 마름모 형태의 메탈라스 공극 우측으로만 균열이 발생한 것이 특징이다. Y-1 실험체의 중앙 하부 균열부는 8차 측정 시 벽체에서 이탈되기도 했는데, 모두 섬유보강재가 첨가되지 않은 사례이다. 균열이 발생하지 않은 나머지 실험체 모두 종합적으로 고려할 때, 수사 첨가 여부는 균열에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 보이며 섬유보강재를 첨가할 경우 균열을 방지하는 효과가 있는 것으로 보인다. 다만 섬유보강재를 첨가할 경우 핸디코트 마감면 질감이 투박해지기 때문에 실제 건물에 적용할 경우 건축주의 미적 취향을 고려하여 선택적으로 적용할 필요가 있다.

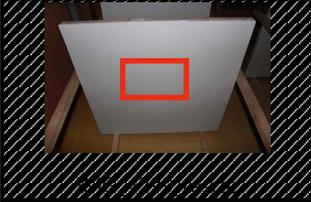
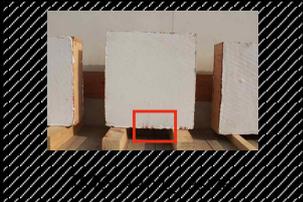
OK-Wall을 적용할 시 마감 핸디코트에 섬유보강재를 첨가하는 방법 외에, 황토몰탈 미장을 조금 더 두껍게 시공한 후 충분히 건조한 뒤에 마감을 하는 방법도 균열 방지에 도움이 될 것으로 보인다. 실험체를 제작 할 당시에는 메탈라스가 보이지 않을 만큼 미장이 충분했는데, 건조과정에서 황토몰탈이 수축하면서 체적이 감소함에 따라 메탈라스가 열게 드러난 것으로 추측된다. 따라서 황토몰탈을 더 두껍게 시공하고 추가적으로 섬유보강재를 첨가한다면 보다 효과적으로 균열을 방지할 수 있을 것이다.

4) 측정일지

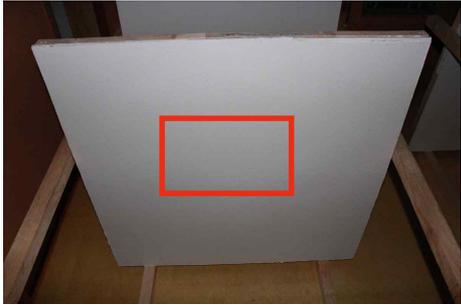
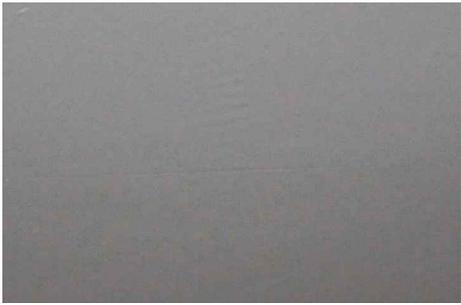
		벽체 실험체 1차 측정일지 (2012.12.20.)		2차 측정일지 (2012.12.27.)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_3894_resize	 IMG_3845_resize	 IMG_4072_resize	 IMG_4118_resize
	B	 IMG_3897_resize	 IMG_3849_resize	 IMG_4076_resize	 IMG_4120_resize
	C	 IMG_3901_resize	 IMG_3858_resize	 IMG_4079_resize	 IMG_4122_resize
	D	 IMG_3903_resize	 IMG_3867_resize	 IMG_4082_resize	 IMG_4124_resize
	E	 IMG_3903_resize	 IMG_3872_resize	 IMG_4085_resize	 IMG_4129_resize
	F	 IMG_3919_resize	 IMG_3877_resize	 IMG_4088_resize	 IMG_4132_resize
T Y P E 2	X	 IMG_3919_resize	 IMG_3881_resize	 IMG_4070_resize	 IMG_4061_resize
	Y	 IMG_3930_resize	 IMG_3887_resize	 IMG_4063_resize	 IMG_4055_resize

1차 측정일지 (2012.12.20.) 상세

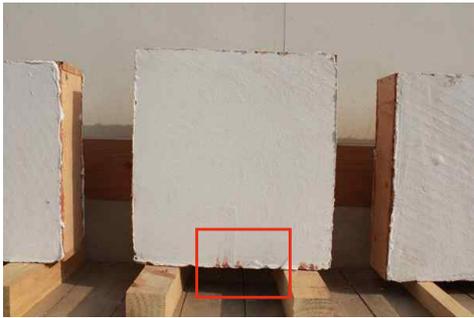
구분	사진	
	전체	부분상세
T Y P E 1	E-1 	
T Y P E 2	X-1 	

		3차 측정일지 (2013.01.03.)		4차 측정일지 (2013.01.11.)	
구분	사진				
	1	2	1	2	
T Y P E 1	A	 IMG_4277_resize	 IMG_4297_resize	 IMG_4476_resize	 IMG_4429_resize
	B	 IMG_4280_resize	 IMG_4302_resize	 IMG_4478_resize	 IMG_4438_resize
	C	 IMG_4282_resize	 IMG_4302_resize	 IMG_4484_resize	 IMG_4440_resize
	D	 IMG_4286_resize	 IMG_4304_resize	 IMG_4486_resize	 IMG_4444_resize
	E	 IMG_4292_resize	 IMG_4306_resize	 IMG_4495_resize	 IMG_4447_resize
	F	 IMG_4295_resize	 IMG_4308_resize	 IMG_4498_resize	 IMG_4451_resize
T Y P E 2	X	 IMG_4256_resize	 IMG_4268_resize	 IMG_4465_resize	 IMG_4457_resize
	Y	 IMG_4265_resize	 IMG_4273_resize	 IMG_4454_resize	 IMG_4454_resize

3차 측정일지 (2013.01.03.) 상세

구분		사진	
		전체	부분상세
T Y P E 1	B-2		
		<ul style="list-style-type: none"> - 석고 보드 1p + CRC보드 1p + 핸디코트 마감(3mm) - CRC보드 연결부위 미세균열 (가로/세로 양방향) 	

4차 측정일지 (2013.01.11.) 상세

구분		사진	
		전체	부분상세
T Y P E 2	Y-1		
		<ul style="list-style-type: none"> - OK Wall + 황토몰탈(수사) + 핸디코트 마감 3mm - 실험체 중앙 하부 균열 	

		5차 측정일지 (2013.01.17)		6차 측정일지 (2013.01.25)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_4604_resize	 IMG_4636_resize	 IMG_5594_resize	 IMG_5621_resize
	B	 IMG_4607_resize	 IMG_4640_resize	 IMG_5598_resize	 IMG_5624_resize
	C	 IMG_4609_resize	 IMG_4643_resize	 IMG_5600_resize	 IMG_5628_resize
	D	 IMG_4613_resize	 IMG_4627_resize	 IMG_5603_resize	 IMG_5613_resize
	E	 IMG_4620_resize	 IMG_4631_resize	 IMG_5607_resize	 IMG_5615_resize
	F	 IMG_4625_resize	 IMG_4633_resize	 IMG_5609_resize	 IMG_5618_resize
T Y P E 2	X	 IMG_4596_resize	 IMG_4587_resize	 IMG_5583_resize	 IMG_5577_resize
	Y	 IMG_4590_resize	 IMG_4585_resize	 IMG_5580_resize	 IMG_5574_resize

		7차 측정일지 (2013.01.31.)		8차 측정일지 (2013.02.07)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_5654_resize	 IMG_5688_resize	 IMG_5746_resize	 IMG_5764_resize
	B	 IMG_5658_resize	 IMG_5690_resize	 IMG_5749_resize	 IMG_5768_resize
	C	 IMG_5661_resize	 IMG_5693_resize	 IMG_5753_resize	 IMG_5770_resize
	D	 IMG_5664_resize	 IMG_5678_resize	 IMG_5755_resize	 IMG_5774_resize
	E	 IMG_5672_resize	 IMG_5681_resize	 IMG_5758_resize	 IMG_5776_resize
	F	 IMG_5675_resize	 IMG_5683_resize	 IMG_5762_resize	 IMG_5780_resize
T Y P E 2	X	 IMG_5648_resize	 IMG_5638_resize	 IMG_5743_resize	 IMG_5738_resize
	Y	 IMG_5643_resize	 IMG_5635_resize	 IMG_5735_resize	 IMG_5735_resize

8차 측정일지 (2013.02.07) 상세

구분	사진		
	전체	부분상세	
T Y P E 2	Y-1		
		<ul style="list-style-type: none"> - OK Wall + 황토몰탈(수사) + 핸디코트 마감 3mm - 균열부 조각 이탈 	

		9차 측정일지 (2013.02.14.)		10차 측정일지 (2013.02.21.)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_7624_resize	 IMG_7642_resize	 IMG_7126_resize	 IMG_7086_resize
	B	 IMG_7627_resize	 IMG_7645_resize	 IMG_7129_resize	 IMG_7094_resize
	C	 IMG_7630_resize	 IMG_7648_resize	 IMG_7135_resize	 IMG_7097_resize
	D	 IMG_7633_resize	 IMG_7651_resize	 IMG_7140_resize	 IMG_7075_resize
	E	 IMG_7636_resize	 IMG_7654_resize	 IMG_7143_resize	 IMG_7080_resize
	F	 IMG_7639_resize	 IMG_7657_resize	 IMG_7145_resize	 IMG_7084_resize
T Y P E 2	X	 IMG_7614_resize	 IMG_7608_resize	 IMG_7122_resize	 IMG_7108_resize
	Y	 IMG_7611_resize	 IMG_7605_resize	 IMG_7113_resize	 IMG_7104_resize

		11차 측정일지 (2013.02.28.)		12차 측정일지 (2013.03.07.)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_7255_resize	 IMG_7282_resize	 IMG_7623_resize	 IMG_7641_resize
	B	 IMG_7259_resize	 IMG_7284_resize	 IMG_7626_resize	 IMG_7644_resize
	C	 IMG_7262_resize	 IMG_7288_resize	 IMG_7629_resize	 IMG_7647_resize
	D	 IMG_7264_resize	 IMG_7273_resize	 IMG_7632_resize	 IMG_7650_resize
	E	 IMG_7267_resize	 IMG_7277_resize	 IMG_7635_resize	 IMG_7653_resize
	F	 IMG_7271_resize	 IMG_7280_resize	 IMG_7638_resize	 IMG_7656_resize
T Y P E 2	X	 IMG_7252_resize	 IMG_7244_resize	 IMG_7613_resize	 IMG_7607_resize
	Y	 IMG_7248_resize	 IMG_7241_resize	 IMG_7610_resize	 IMG_7604_resize

		13차 측정일지 (2013.03.14.)		14차 측정일지 (2013.03.21.)	
구분	사진				
	1	2	1	2	
T Y P E 1	A	 IMG_7716_resize	 IMG_7663_resize	 IMG_8358_resize	 IMG_8381_resize
	B	 IMG_7718_resize	 IMG_7668_resize	 IMG_8362_resize	 IMG_8388_resize
	C	 IMG_7721_resize	 IMG_7681_resize	 IMG_8364_resize	 IMG_8398_resize
	D	 IMG_7724_resize	 IMG_7685_resize	 IMG_8368_resize	 IMG_8405_resize
	E	 IMG_7728_resize	 IMG_7690_resize	 IMG_8371_resize	 IMG_8412_resize
	F	 IMG_7730_resize	 IMG_7694_resize	 IMG_8373_resize	 IMG_8419_resize
T Y P E 2	X	 IMG_7708_resize	 IMG_7700_resize	 IMG_8351_resize	 IMG_8343_resize
	Y	 IMG_7704_resize	 IMG_7696_resize	 IMG_8345_resize	 IMG_8340_resize

		15차 측정일지 (2013.03.28.)		16차 측정일지 (2013.04.04.)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_8487_resize	 IMG_8516_resize	 IMG_9056_resize	 IMG_9016_resize
	B	 IMG_8492_resize	 IMG_8518_resize	 IMG_9060_resize	 IMG_9018_resize
	C	 IMG_8497_resize	 IMG_8521_resize	 IMG_9063_resize	 IMG_9024_resize
	D	 IMG_8502_resize	 IMG_8534_resize	 IMG_9067_resize	 IMG_9027_resize
	E	 IMG_8507_resize	 IMG_8541_resize	 IMG_9071_resize	 IMG_9030_resize
	F	 IMG_8511_resize	 IMG_8544_resize	 IMG_9075_resize	 IMG_9034_resize
T Y P E 2	X	 IMG_8481_resize	 IMG_8471_resize	 IMG_9052_resize	 IMG_9041_resize
	Y	 IMG_8475_resize	 IMG_8464_resize	 IMG_9046_resize	 IMG_9037_resize

		17차 측정일지 (2013.04.11.)		18차 측정일지 (2013.04.18.)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_9120_resize	 IMG_9147_resize	 IMG_9684_resize	 IMG_9760_resize
	B	 IMG_9125_resize	 IMG_9150_resize	 IMG_9688_resize	 IMG_9645_resize
	C	 IMG_9128_resize	 IMG_9156_resize	 IMG_9693_resize	 IMG_9648_resize
	D	 IMG_9132_resize	 IMG_9159_resize	 IMG_9697_resize	 IMG_9653_resize
	E	 IMG_9136_resize	 IMG_9164_resize	 IMG_9701_resize	 IMG_9657_resize
	F	 IMG_9140_resize	 IMG_9168_resize	 IMG_9705_resize	 IMG_9661_resize
T Y P E 2	X	 IMG_9116_resize	 IMG_9108_resize	 IMG_9680_resize	 IMG_9672_resize
	Y	 IMG_9112_resize	 IMG_9104_resize	 IMG_9676_resize	 IMG_9668_resize

		19차 측정일지 (2013.04.25.)		20차 측정일지 (2013.05.02.)	
구분	사진				
	1	2	1	2	
T Y P E 1	A	 IMG_9551_resize	 IMG_9587_resize	 IMG_9682_resize	 IMG_9638_resize
	B	 IMG_9555_resize	 IMG_9591_resize	 IMG_9686_resize	 IMG_9643_resize
	C	 IMG_9558_resize	 IMG_9598_resize	 IMG_9692_resize	 IMG_9647_resize
	D	 IMG_9561_resize	 IMG_9576_resize	 IMG_9696_resize	 IMG_9652_resize
	E	 IMG_9563_resize	 IMG_9578_resize	 IMG_9700_resize	 IMG_9655_resize
	F	 IMG_9567_resize	 IMG_9583_resize	 IMG_9703_resize	 IMG_9660_resize
T Y P E 2	X	 IMG_9547_resize	 IMG_9542_resize	 IMG_9678_resize	 IMG_9670_resize
	Y	 IMG_9545_resize	 IMG_9539_resize	 IMG_9674_resize	 IMG_9667_resize

		21차 측정일지 (2013.05.09.)		22차 측정일지 (2013.05.16.)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_9720_resize	 IMG_9758_resize	 IMG_9922_resize	 IMG_9887_resize
	B	 IMG_9723_resize	 IMG_9765_resize	 IMG_9928_resize	 IMG_9889_resize
	C	 IMG_9727_resize	 IMG_9771_resize	 IMG_9931_resize	 IMG_9892_resize
	D	 IMG_9731_resize	 IMG_9745_resize	 IMG_9934_resize	 IMG_9897_resize
	E	 IMG_9735_resize	 IMG_9749_resize	 IMG_9937_resize	 IMG_9900_resize
	F	 IMG_9741_resize	 IMG_9754_resize	 IMG_9941_resize	 IMG_9903_resize
T Y P E 2	X	 IMG_9718_resize	 IMG_9711_resize	 IMG_9919_resize	 IMG_9910_resize
	Y	 IMG_9715_resize	 IMG_9708_resize	 IMG_9915_resize	 IMG_9907_resize

		23차 측정일지 (2013.05.23.)		24차 측정일지 (2013.05.30.)	
구분		사진		사진	
		1	2	1	2
T Y P E 1	A	 IMG_9995_resize	 IMG_0026_resize	 IMG_1095_resize	 IMG_1125_resize
	B	 IMG_9998_resize	 IMG_0028_resize	 IMG_1100_resize	 IMG_1129_resize
	C	 IMG_0002_resize	 IMG_0031_resize	 IMG_1103_resize	 IMG_1133_resize
	D	 IMG_0005_resize	 IMG_0016_resize	 IMG_1106_resize	 IMG_1116_resize
	E	 IMG_0009_resize	 IMG_0018_resize	 IMG_1108_resize	 IMG_1120_resize
	F	 IMG_0012_resize	 IMG_0021_resize	 IMG_1113_resize	 IMG_1123_resize
T Y P E 2	X	 IMG_9992_resize	 IMG_9986_resize	 IMG_1092_resize	 IMG_1086_resize
	Y	 IMG_9990_resize	 IMG_9984_resize	 IMG_1089_resize	 IMG_1082_resize

25차 측정일지 (2013.06.07.)

구분	사진		
	1	2	
T Y P E 1	A	 IMG_0651_resize	 IMG_0625_resize
	B	 IMG_0656_resize	 IMG_0627_resize
	C	 IMG_0658_resize	 IMG_0631_resize
	D	 IMG_0662_resize	 IMG_0615_resize
	E	 IMG_0664_resize	 IMG_0617_resize
	F	 IMG_0669_resize	 IMG_0622_resize
T Y P E 2	X	 IMG_0648_resize	 IMG_0642_resize
	Y	 IMG_0646_resize	 IMG_0640_resize

2.5.4. 벽체 실험 종합 분석

1) 균열 발생 원인 분석

실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 사례와 벽체 실험을 통해 검증한 균열 발생 원인을 종합해보면 다음과 같다.

■ 재료 수축·팽창

건식 재료 또한 습식재료와 마찬가지로 수축·팽창을 하는 것으로 보인다. 이질 재료가 접합되는 경우, 건식 재료에 습식 재료가 혼합되는 경우 이러한 가능성을 염두에 둘 필요가 있다. 건식 공법에 대한 연구 및 경험 이 아직 미진한 상황이기 때문에, 경골목구조 혹은 다른 유형의 중목구조에서 채용하는 벽체 방식을 참고하는 것도 좋은 방법일 수 있다. 다만, 한옥의 경우 기둥, 보로 뼈대를 구성하는 중목구조 형식이기 때문에, 벽체가 경골목구조보다 구조적으로 비교적 자유로운 점을 고려해야만 한다. 한옥의 벽체와 기둥이 만나는 부위는 이질 재료간의 접합부위이기 때문에 이에 맞는 재료 선택과 시공 상세 또한 고려해야 한다.

■ 단열재 유무 여부

벽체에 단열재가 포함되어 있는 부위별 성능테스트동(일휴당), 시공 및 성능테스트동(지신재)와 단열재를 포함시키지 않았던 실험 사례를 비교해 볼 때, 단열재 첨가 유무 및 종류가 벽체 균열에 영향을 미치는 것으로 보인다. 시공 및 성능테스트동(지신재)의 경우 실금부터 폭 1mm에 이르는 명확한 균열이 발생하는데 반해, 실험에서는 단 2개의 실험체에만 미세한 균열이 발생하는데 그쳤기 때문이다. 이는 부위별 성능테스트동(일휴당), 시공 및 성능테스트동(지신재) 사례를 통해 최초 가정했던 3가지 균열 발생 원인(① 재료조합의 부조화 ② 일사조건의 영향(직사광선) ③ 마감상세 미흡)에 포함되지 않았던 추정 원인이다. 부위별 성능테스트동(일휴당)의 방1(미네랄울단열재)과 방2(우레탄 단열재)의 단열재가 상이한데 따른 차이는 확인할 수 없었다. 때문에 단열재 유무 여부와 종류에 따른 차이를 비교 평가하기 위한 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

■ 보드 또는 패널과 구조체의 연결 방법

부위별 성능테스트동(일휴당) 방1과 시공 및 성능테스트동(지신재)는 보드 또는 패널을 프레임에 철체 피스로 직접 고정시킨 반면, 부위별 성능테스트동(일휴당) 방2는 별도의 패널 부착용 연결철물을 사용하였다. 이를 살펴보면 단일보드를 피스 접합한 경우보다 재료조합 패널을 피스 접합한 경우 균열 폭이 더 넓게 나타나는 경향이 있다. 재료 조합된 패널이 단일 보드보다 재료 수축·팽창 정도가 더 크기 때문에 피스로 고정시킬 경우 충분히 변위를 억제하지 못하는 것으로 보인다. 패널 부착용 연결철물을 사용한 부위별 성능테스트동(일휴당) 방2까지 종합적으로 판단해 볼 때, 연결철물을 사용하되 프레임에 고정되는 부위가 슬릿 홀(Slot Hole)로 제작된 철물을 사용한다면 효과적일 것이다. 슬릿 홀의 여유 공간이 패널간의 개별적인 변위들을 벽체 전체의 단일 변위로 전환시켜서 연결부위의 균열을 방지할 수 있을 것이다.

■ 일사조건

남측면, 서측면이 북측면, 동측면보다 균열에 취약한 것을 확인할 수 있었다. 향에 따른 재료조합과 연결방법들을 달리하는 추가실험이 필요하다.

■ 실내외 온도차

TYPE-1 실험체를 통해 그 차이를 확인할 수는 없었지만, 실내외 온도차에 따른 재료의 수축·팽창 정도가 간접적으로 균열을 유발할 수 있을 것으로 보인다.

■ 하중전달

기둥, 보, 창방 등이 변위를 일으킬 경우 연접해있는 벽체에 하중이 전달될 수 있다. 보나 창방이 장기하중에 의해 휘어지거나 기둥이 기울어질 경우 연접한 벽체에 상부 하중이 전달되어 균열을 발생시킬 수 있다.

2) 종합

본 보고서를 통해 한옥 벽체에 사용할 수 있는 재료들의 적합성과 조합에 따른 추가 연구 필요성을 확인할 수 있었다. 기 적용된 신한옥 벽체 사례들을 조사하고, 시중에 유통되는 기존의 재료들에 대한 비교 실험과 함께 균열을 포함한 다양한 문제들을 해결할 수 있는 새로운 소재에 대한 연구도 진행되어야 할 것으로 보인다.

2.6. 실험한옥 모니터링 성능평가 검증위원회

2.6.1. 개요

1-1세세부에서는 실험한옥 모니터링 및 성능평가를 위한 검증평가를 실시하여 최종평가에 활용할 수 있는 회의록과 평가자료를 작성하였다. 검증위원회는 관련전문가를 외부자문위원으로 초청하여 실험한옥 모니터링 관련 세세부 연구책임자가 분기별로 진행된 연구내용을 발표하고 정량적, 정성적 평가를 실시하였으며 평가 자료를 바탕으로 연구개발 최종과제물의 최종 성과의 질적 향상을 유도하였다.

2.6.2. 위원회 구성 및 운영

외부자문위원은 각 분야 전문가로 구성하여 자체평가 1회당 최소 3명이상으로 구성하였으며 연구과제에 대한 이해가 충분하고 발전방향에 대해 구체적인 방안을 제시해줄 수 있는 위원으로 초청하였다.

구분	이름	소속	자문회의 참여횟수
A위원	박○○	LH토지주택연구원 연구위원	1
B위원	소○○	전북대학교 교수	1
C위원	이○○	한국건설품질연구원 연구위원	1
D위원	이○○	연세대학교 교수	1
E위원	홍○○	서울대학교 명예교수	1
F위원	김○○	명지대학교 교수	1

■ 4차년도 제1차 한옥기술개발 자체평가회의

- 일시 : 2013.03.08.(금요일)
- 장소 : 명지대학교 실험한옥 시공 및 성능테스트동 (지신재)
- 시간 : 오후 14:00~ 16:10



명지대학교 한옥기술개발연구단

수신자 1세부, 3세부
(경유) 1, 3세부 간사, 세세부 연구책임자
제 목 실험한옥 모니터링 검증위원회 협조

긴급 경도요령 대우요령 당선 요령 재사용

1. 한옥기술개발연구단 실험한옥 모니터링 및 성능평가에 협주해주셔서 대단히 감사합니다.

2. 당초 「4차년도 실험한옥 모니터링 및 성능평가에 관한 중간평가」로 되었던 명칭을 「4차년도 실험한옥 모니터링 및 성능평가에 관한 검증위원회」로 변경하여 진행할 예정입니다. 일정과 발표내용은 종전과 같으며(시간 10분 연장). 종다섯 분의 외부자문위원을 모시고 실시할 예정입니다. 관련 파일의 발표과제 일정을 참고하여 준비하시기를 부탁드립니다.

날 짜 : 2013년 3월 8일(금요일)
장 소 : 명지대학교 실험한옥 시공 및 성능테스트동(지신재)
시 간 : 14:00 ~ 16:10
자문위원 : 박준영(LH토지주택연구원/연구위원)
소승영(전북대학교/교수)
이상민(한국건설품질연구원/연구위원)
이승복(명지대학교/교수)
홍성욱(서울대학교/명예교수)

3. 주요 공지사항
ㄱ. 발표 PPT는 2013년 3월 4일 오전 10시까지 클라우드(클라우드 : 실험한옥 모니터링 중간평가)로 제출

4차년도 실험한옥 중간평가

날 짜 : 2013년 3월 8일(금요일)
장 소 : 명지대학교 실험한옥 시공 및 성능테스트동(지신재) 1층 기실
시 간 : 14:00 ~ 16:10 (발표자는 13시 45분까지 발표장 도착)

시작	종료	발표	장의 담당	세세부	세세부 발표과제(발표자)
14:00	14:10				실험한옥 개요설명 (한옥기술개발연구단 / 김광직 단장)
14:10	14:40	20'	10'	1-3	실험한옥 구조 모니터링 (명지대 / 김영민 교수)
14:40	15:20	30'	10'	3-1	실험한옥 성능평가 (연남대 / 원득영 교수)
15:20	15:50	30'	10'	3-2	실험한옥 유지관리 (송남대 / 이충신 교수)
15:50	16:10	10'	10'	3-위탁	실험한옥 시공에이선 평가 (주. 박이오하우징)



실험한옥 1 현장 지도

주소: 경기도 용인시 처인구 명지동 116 (실험한옥 1(Mark-161)) 명지대학교 지신재 1층



2.6.3. 실험한옥 모니터링 및 성능평가 검증위원회 종합

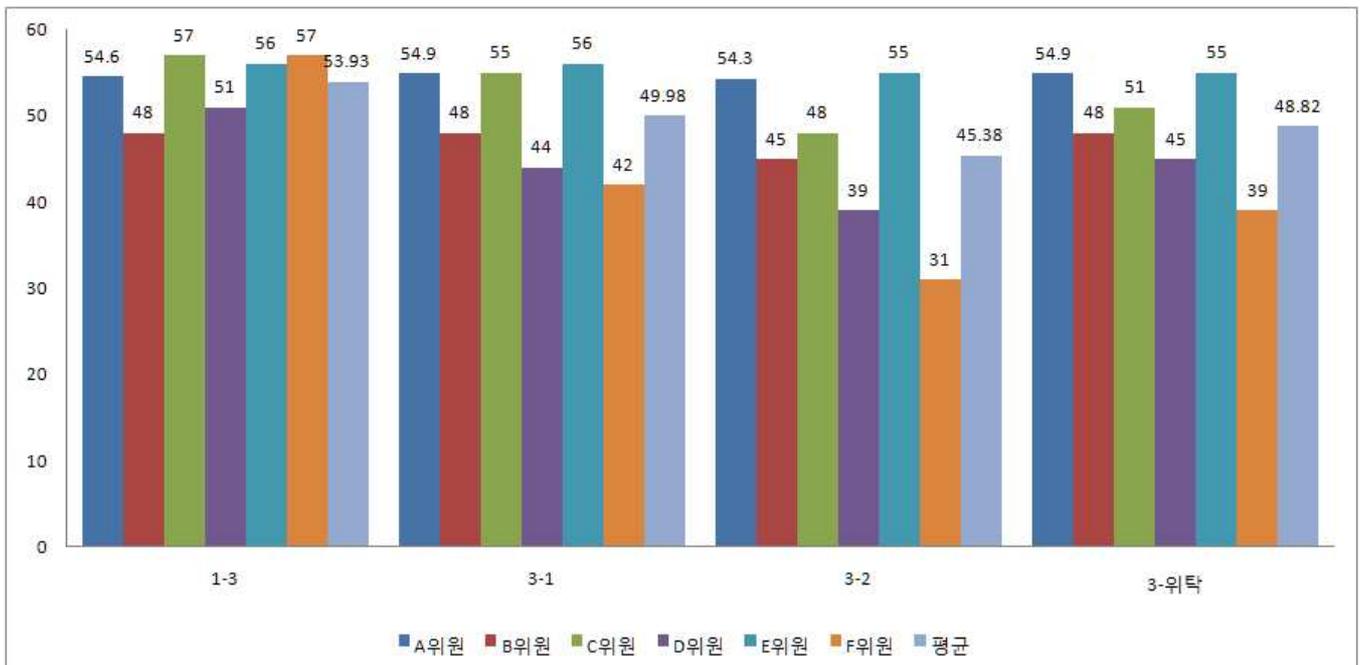
■ 행정평가

구분	과제명	연구기관	과제번호	세세부과제명	연구자	검증위원회 자료		
						성과자료	발표자료	
1세부	통합시공 시스템개발	명지대학교	1-3	통합구조기술개발	김영민	○	○	
3세부	한옥 성능요소 기술개발	전남대학교	3-1	3-1-1	재료/제품 개발	천득염	○	○
				3-1-2	실 공간 부재개발			
				3-1-3	한옥 성능기준 수립 및 평가			
		충남대학교	3-2	한옥유지관리 매뉴얼 개발	이종신	○	○	
(주)바이오하우징	위탁	시뮬레이션 평가	원현성	○	○			

구분	과제명	연구기관	과제번호	세세부과제명	월별 모니터링자료 제출여부							
					2012. 10	2012. 11	2012. 12	2013. 01	2013. 01	2013. 02	2013. 04	2013. 04
1세부	통합시공 시스템개발	명지대학교	1-3	통합구조기술 개발	○	○	○	○	○	○	○	○
3세부	한옥 성능요소 기술개발	전남대학교	3-1	3-1-1	재료/제품 개발	○	○	○	○	○	○	○
				3-1-2	실 공간 부재개발							
				3-1-3	한옥 성능기준 수립 및 평가							
		충남대학교	3-2	한옥유지관리 매뉴얼 개발	○	○	○	○	○	○	○	
(주)바이오하우징	위탁	시뮬레이션 평가	○	○	○	○	○	○	○	○		

■ 개별평가

세부별		평가자	연구의 필요성	연구방법의 적합성	연구의 성실성	성과물 완성도	과제간 협력도	전체적인 감성 평가	합계 (60점)	평균 (백분율)
			10-0점	10-0점	10-0점	10-0점	10-0점	10-0점		
1-3.구조	명지대(김영민)	E	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	10.0	56	53.9 (89.83)
		D위원	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	51	
		C위원	9.0	9.0	9.0	10.0	10.0	10.0	57	
		B	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	48.0	
		A위원	9.0	9.2	9.0	9.2	9.1	9.1	54.6	
		F위원	9.0	9.0	9.0	10.0	10.0	10.0	57	
3-1.성능/재료	천득염(전남대)	E위원	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	10.0	56	49.9 (83.16)
		D위원	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	44	
		C위원	9.0	9.0	9.0	9.0	10.0	9.0	55	
		B위원	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	48.0	
		A위원	9.1	9.1	9.2	9.1	9.2	9.2	54.9	
		F위원	8.0	7.0	7.0	6.0	7.0	7.0	42	
3-2.유지관리	충남대(이종신)	E위원	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	55	45.3 (75.50)
		D위원	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	8.0	39	
		C위원	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	48	
		B위원	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	45.0	
		A위원	9.0	9.0	9.0	9.1	9.1	9.1	54.3	
		F위원	5.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0	31	
3-3.위탁	(주)바이오하우징	E위원	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	55	48.8 (81.33)
		D위원	8.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	45	
		C위원	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	51	
		B위원	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	48.0	
		A위원	9.1	9.1	9.2	9.1	9.2	9.2	54.9	
		F위원	7.0	8.0	7.0	6.0	5.0	6.0	39	



■ 서술평가

세부 과제명	세세부 과제명	세세부 연구내용
<1 >정영수 통합시공시스템개발	1-3. 통합구조기술개발 <명지대학교 김영민>	-설계지원 시스템 개발 -실험한옥 구조성능 규명 및 시범한옥 구조검토 -실험한옥 구조모니터링
서술평가		
F위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 새로 개발한 디지털영상 합성 변형 측정 방법은 경제적이며 혁신적인 방법으로 훌륭한 성과이다. 타분야에서도 활용가능성이 높으나 측정에 따른 오차에 대한 신뢰와 확신이 있어야 한다. 2. 보와 주요구조부재의 변형 모니터링을 보완할 필요가 있으며 접합부의 고유진동수 측정이 보완될 필요성이 있다. 3. 경제적이고 지속성 있는 측정방법을 찾아가는 것은 바람직하다고 판단된다. 4. 구조 및 재료에 대한 정보를 먼저 정리할 필요성 있음. 	
A위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정원칙, 기준 등의 객관성, 안정성 등의 확보 고려. 2. 측정 일시→정확한 동일 시각 확보 필요→날씨, 온도 등의 세부적 자료 검토 필요 - 예, 눈 :적설량-무게하중, 예측가능/ 구름, 비 :정도 등에 관한 자료 검토 3. 측정장치 ⇒ 측정의 안전성, 정확성 등의 확보를 위한 고정 장치 검토 필요, 측정기기의 동일성 4. 측정방법의 신뢰범위 설정 필요 5. 측정 결론의 객관성 지향 필요 - 예, P84 목재 기간별 함수율 변화 (측정결과와 Matrix 분석 등에 기반한 결과 도출필요) ⇒ 목재 표면의 할렬현상으로 습도가 높은 여름철에 함수율 높아진 것으로 판단된다. 	
B위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정 기기와 방법의 정도 확보 방안. (특히 디지털 영상 합성 변형 방법에 대해) 2. 건물 전체의 변형 측정보다 단위 부재의 거동 (각변형, 응력)을 데이터 근거로 측정할 필요성 검토. 	
C위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. '디지털 영상 합성 변형 분석' 기법은 기존의 '3차원 스캐너'에 의한 방법과 비교할 때, 실용화만 되면 매우 획기적이고, 문화재 구조물 등에 대한 활용도가 높을 것으로 생각되므로, 이 측정기법에 대한 보완연구를 수행하여 한옥기술개발연구의 부차적 성과를 낼 수 있기를 바랍니다. 2. 창방이나 주심도리와 같은 보 부재의 장기처짐을 직접 측정하는 방안도 고려하시기 바랍니다. 3. 동적측성 (고유진동수)의 변화를 관찰하는 것도 중요한 것으로 생각합니다. 	
D위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 구조 모니터링의 목적을 분명히 하시기 바랍니다. 가령 구조시스템의 안정성 평가, 구조부재(목재)의 변형 2. 모니터링 방법 (과학적, 정밀도 고려 표) - 디지털 영상 합성 변형 분석 vs GPS를 이용한 구조 모니터링 기법 (연세대 박화선 교수 논문) 	
E위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 구조성능모니터링 - 부동침하 측정함이 바람직함 - 추녀선의 곡선 계측이 요구됨 	

세부 과제명	세세부 과제명	세세부 연구내용
<3 >천득염 한옥성능요소기술개발	3-1-1. 재료/제품 개발 <전남대학교 천득염>	-지붕 시스템 개발 -경량 한식기와 보완 및 부속기와 개발 -한식 프리패브 담장 개발
	3-1-2. 실 공간 부재개발 <전남대학교 이주엽>	-벽체시스템 검증 및 개선 -천장재 검증 및 개선 -한옥 창 시스템 시제품 개발 -바닥 온돌 시스템 시제품 개발
	3-1-3. 한옥 성능기준 수립 및 평가 <전남대학교 이태강>	-실험한옥 공간단위 성능평가 -쾌적성 모니터링 및 평가 -한옥의 특성을 고려한 성능기준 제안
서술평가		
F위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 현대건축과 같은 방법과 기준으로 측정하는 것은 아쉬움이고 측정결과가 한옥의 특성을 고려하여 방안을 제시하는 방안을 찾아 접근해야 함. 2. 설계단계에서의 성능목표가 있었는지 검토와 개선할 수 있는 방안을 찾아갈 수 있는 성능 측정이 되어야 함. 3. 쾌적의 요소가 무엇인지를 설정하는 것이 중요하고 세계적 요소를 표준으로 하여 작위적 이지 않도록 할 필요성이 있음. 4. 온열의 신체반응, 시각 환경, 음 환경 등 정량화 필요 건강에 대한 문제, 실내공기 등도 필요함. 쾌적의 척도기준을 좀 더 포괄적이고 상세하게 설정할 필요. 5. 층고, 천정고 등이 비효율적일 수 있다. 열에너지 고려. 6. 연구단의 방향과 보조를 맞춰 피드백 되도록 방향 설정. 	
A위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 실험한옥 모니터링 및 성능평가 목적과 연구결론의 연계성 확보 필요 - 예, 일반적 지식, 정보 및 경험 등에 근거한 "결론" 도출보다 성능평가 조사, 분석 결과를 반영한 정량적 결론도 필요 2. 성능평가 방법, 기준 등을 신한옥에 적합한 것으로 개선 또는 정비할 수 있는 평가방법 및 결과 도출 필요 3. 성능평가 결과와 실제 자재, 부품 등의 생산 설계 및 시공으로의 활용성 고려하여 연구결과 제시 필요 4. 쾌적성 관련 평가 원칙, 방법, 기준 및 개념 등을 정립하여 향후 설계 기준 등으로 활용할 수 있도록 계량화, 지표화 검토 필요→천장고, 성별 등에 따른 인간 심리적 차이, 에너지 소비량 등의 파악 필요 5. 적정 천장고 여부 검토 필요 ⇒ 향후 공사비 절감, 쾌적성 여부 등의 범위 등의 파악 필요 	
B위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 기밀, 차음, 단열 등의 연구결과 측정기기 나타내는 의미 분석→연구에 반영하는 피드백 필요 2. 객관화 된 방법, 분석이 필요 3. 쾌적성은 온, 습도 등 외부 환경에 비해 한옥 실내 공간의 효과 등 기술. 	
C위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정 결과를 바탕으로 그 원인 및 향후개선 방향 등 더 발전적 연구를 전대시켜나가면 좋겠습니다. 2. 창호지의 흡음효과도 고려할 가치가 있는지요? 3. 모니터링을 통한 쾌적성 평가 연구에서는 전체 한옥 연구단의 연구에 피드백 할 수 있는 연구 내용이 나오지 않고 있습니다. 더 구체적인 쾌적성의 요인과 평가 결과가 도출되면 좋겠습니다. 	
D위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 설계 단계에서 각 부위별 성능(단열, 기밀, 차음) 기준, 목표? 2. 시공 후 성능측정 및 평가? → 현상에 대한 Data만 제시 why? 3. 성능 개선 방안 - 쾌적성 평가 (온열, 시각, 소음, 실내공기)+심리적 쾌적(?)→종합평가 	
E위원	<ol style="list-style-type: none"> 1. 성능평가 - 차음성능 : 상세추가 - 기밀성능 : 상세추가 - 단열성능 : 상세추가 - 쾌적성능 	

세부 과제명	세세부 과제명	세세부 연구내용
<3>천득염 한옥성능요소기술개발	3-2. 한옥유지관리 매뉴얼 개발 <충남대학교 이종신>	-한옥 유지관리 매뉴얼 작성 -유지관리용 보존재 검증

서술평가

F위원	1. 유지관리 매뉴얼 개발이 목표이므로 모니터링도 유지관리 측면에서 되어야 함. 2. 너무 목재에만 집중되어 있지만 그러면서도 목재의 유지관리 측면도 고려되어 있지 않음. 3. 점검구와 부후진행, 마당, 벽, 재료에 따른 등 종합적인 모니터링 필요
A위원	1. 목재 기둥의 함수율 및 온도변화 결과에 따른 후속조치사항 검토하여 연구결론에 반영 필요 →전문가용 한옥유지관리 매뉴얼 개발에 사용할 수 있도록 연구결과 정리 필요 →결함 발생 등에 대한 원인 및 기술적 대응 방안 제시 필요
B위원	1. 목재 고유 함수율, 할렬 등의 변형은 유지관리 매뉴얼에 큰 도움이 안 될 것 같음. 2. 목재 관리에 좀 더 실용적인 측정 자료 확보 필요!
C위원	1. 본 연구(조사) 결과가 본 연구의 궁극적 목표인 전문가 유지관리 매뉴얼 작업에 어떻게 반영될지 여부가 고려되지 않고 있어 목표성이 상실되지 않았나 우려됩니다. 2. 본 연구가 유지관리 매뉴얼 작성에 구체적 도움이 되지 않을 것 같으면 방향을 재설정하는 것이 좋을 것임 3. 유지관리 매뉴얼에서 보이지 않는 부분 (천정 내부 등)의 결함 (부후, 단면 손상 및 파괴) 등을 관찰 할 수 있도록 유도해줘야 합니다
D위원	1. 유지관리 보다는 목재의 하자, 결함에 대한 모니터링 수행! - 목재의 가공, 처리→건축부재화 과정 - 목재 결함→처리 방법, 유지관리 기법
E위원	1. 신한옥 철물접합 상세 추가하고 철오염의 원인 규명함 2. 신한옥의 집성목재 사용범위 3. 함수율 정도 : 준공시, 공사시 4. 매뉴얼의 범위를 명시할 것

세부 과제명	세세부 과제명	세세부 연구내용
<3세부>천득염 한옥성능요소기술개발	3-위탁. 시뮬레이션평가 <㈜바이오후우징 원형성>	-유지관리매뉴얼개발 -방충방부점검기준개발

서술평가

F위원	1. 시뮬레이션과 실질데이터와의 비교를 통한 신뢰성 확보가 필요함. 2. 지붕과 바닥의 통풍이 부식 방지에는 필수적임. 이러한 설계측면에서의 시뮬레이션이 필요함.
A위원	1. 천정 (X) → 천장 (O) 으로 수정 필요 2. 연구결과에 대한 적합한 대응방안 마련 필요 - 예, 열손실 및 획득경로 등에 따른 처리에 대한 기술적 대응방안 검토 등 3. 패시브 디자인의 적정수준과 실험주택 측정결과간의 연계성 및 보완방법 검토 필요 - 예, 적정 수준 확보를 위한 기술적 대응 방안 검토 등
B위원	1. 시뮬레이션 프로그램 자체의 신뢰성 평가 및 확보 방안 강구 2. 시뮬레이션과 실제 데이터의 차이 및 정도확보를 위한 조건 설정 방안 강구
C위원	1. 시뮬레이션의 조건이 본 전통한옥에 최대한 근접하도록 설정되어야 하는데, 일반적 조건이 많이 반영되었음 2. 전남대(환경 분야) 모니터링 결과와 본 시뮬레이션 결과의 비교 분석이 필요합니다
D위원	1. 시뮬레이션 평가 - why? - 계절별, 실별 Temp 변화 - 냉 난방 부하 (Heating/Cooling Coads) - 쾌적 온도 -연간 27% 시간 - 열손실 vs 열획득
E위원	1. 시뮬레이션 평가 - 3차원 표시방법을 활용하여 표시함이 바람직함 - 초기에 BIM을 도입하는 방법을 추진할 것

2.7. 관련 연구성과

■ 설명자료 및 영상제작

리플렛을 제작하여 실험한옥 방문객 등에 배포

①한옥이 대안이다(소책자)_실험한옥 설명자료



②리플렛_실험한옥 설명자료



③ 「한옥은 ○○다.」 영상자료 제작

- 3분 30초 인터뷰 분량



■ 국내학술대회 논문발표 3건

계재 연도	논문명	저자			학술지명	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신 저자	공동저자			
2013	한옥형 호텔의 현황 및 형태에 관한 연구	최주희	김왕직	조현정, 김상협	2013 대한건축학회 춘계학술발표대회	국내	
2013	전통가옥 꺾음집의 발생 원인에 관한 연구	조성규	김왕직	김성운, 김상협	2013 대한건축학회 춘계학술발표대회		
2013	건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구	정은진	김왕직	신승윤, 조현정	2013 대한건축학회 춘계학술발표대회		

2013 춘계 학회 논문발표 한옥형 호텔의 현황 및 형태에 관한 연구

Research on the present style and situation of Hanok-styled hotels.

이희우* 최주희** 김상협*** 김왕직****
 Cha, Hee-woo, Choi Ju-hee, Kim Sang-hyeop, Kim Wang-jik

Abstract
 According to the report made by Tourism Development Administration in 2012, there are 6922 hotels in Korea and among them, most are traditional-styled hotel, second in line, is being operated. Therefore the research concerned the terms of Hanok-styled hotels, concepts, how to expand and analyze the management of hotels with a hotel-level use and facilities.

키워드 : Hanok, Hotel, Traditional styled hotel, the hotel styled hotels

1. 서 론
 1.1 연구의 배경 및 목적
 2012년 관광개발진흥사업에 따른 호텔업의 급속 성장으로 2012년 12월 기준 전국 호텔업의 객실은 69만 2,222개에 달하며, 이는 전년 동기 대비 1.1% 증가한 것으로 나타났다. 이러한 증가 추세는 국내 호텔업의 지속적인 성장을 뒷받침하고 있는 것으로 보인다. 그러나 호텔업의 급속 성장과 더불어 호텔업의 경쟁도 심화되고 있다. 특히, 호텔업의 경쟁은 호텔업의 경쟁력 강화와 호텔업의 경쟁력 강화를 위한 노력과 관련이 있다. 호텔업의 경쟁력 강화는 호텔업의 경쟁력 강화를 위한 노력과 관련이 있다. 호텔업의 경쟁력 강화는 호텔업의 경쟁력 강화를 위한 노력과 관련이 있다.

표 1. 한옥형 호텔 현황

구분	건수	면적	객실수
전체	100	100,000	100,000
한옥형	20	20,000	20,000

2. 연구의 목적 및 방법
 본 연구는 한옥형 호텔의 현황 및 형태에 관한 연구를 목적으로 하며, 이를 위해 문헌연구와 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다. 연구의 목적은 한옥형 호텔의 현황 및 형태를 파악하고, 이를 통해 한옥형 호텔의 경쟁력 강화를 위한 방안을 모색하는 데 있다.

3. 연구의 결론
 본 연구의 결론은 한옥형 호텔의 현황 및 형태에 관한 연구의 결론이다. 이는 한옥형 호텔의 현황 및 형태에 관한 연구의 결론이다. 이는 한옥형 호텔의 현황 및 형태에 관한 연구의 결론이다.

2013 춘계 학회 논문발표 전통가옥 꺾음집의 발생 원인에 관한 연구

Research on the cause of the constructions of bent traditional houses

이희우* 김성운** 김상협*** 김왕직****
 Cha Hee-woo, Kim Seung-un, Kim Sang-hyeop, Kim Wang-jik

Abstract
 The purpose of this research is to explore the reasons and cause behind the bent traditional housing. An examination conducted in the past has revealed that the bent traditional housing is the result of the change in the shape of the traditional housing in order to meet the needs of the general public and to improve the living conditions of the general public. This research is a preliminary study to explore the reasons and cause behind the bent traditional housing in order to meet the needs of the general public and to improve the living conditions of the general public.

키워드 : Hanok, Bent house, Traditional styled house, the bent house

1. 서 론
 1.1 연구의 목적
 본 연구는 전통가옥 꺾음집의 발생 원인에 관한 연구를 목적으로 하며, 이를 위해 문헌연구와 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다. 연구의 목적은 전통가옥 꺾음집의 발생 원인을 파악하고, 이를 통해 전통가옥 꺾음집의 경쟁력 강화를 위한 방안을 모색하는 데 있다.



2. 연구의 방법
 본 연구는 문헌연구, 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다. 연구의 방법은 문헌연구, 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다.

3. 연구의 결론
 본 연구의 결론은 전통가옥 꺾음집의 발생 원인에 관한 연구의 결론이다. 이는 전통가옥 꺾음집의 발생 원인에 관한 연구의 결론이다.

2013 춘계 학회 논문발표 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구

Research on the relationship between the item height of the Hanok (Hanok style) and the building standard limit under 61. "Construction height limits to secure angles such as the right to sunlight"

이희우* 신승윤** 조현정*** 김왕직****
 Cha Hee-woo, Shin Seung-yoon, Cho Hyun-jeong, Kim Wang-jik

Abstract
 Since 2000, Hanok has become the center of attention through a series of policies and environmental movements and is being used as the medium for "Tourism". However, Hanok's structure is different from modern buildings. Therefore, there is a need to study the relationship between the item height of the Hanok (Hanok style) and the building standard limit under 61. "Construction height limits to secure angles such as the right to sunlight". This research is a preliminary study to explore the relationship between the item height of the Hanok (Hanok style) and the building standard limit under 61. "Construction height limits to secure angles such as the right to sunlight".

키워드 : Hanok, Building standard limit, Hanok style, Building standard limit

1. 서 론
 1.1 연구의 목적
 본 연구는 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구의 목적을 밝히는 데 있다. 이를 위해 문헌연구와 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다. 연구의 목적은 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구를 위한 방안을 모색하는 데 있다.

2. 연구의 방법
 본 연구는 문헌연구, 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다. 연구의 방법은 문헌연구, 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다.

3. 연구의 결론
 본 연구의 결론은 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구의 결론이다. 이는 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구를 위한 방안을 모색하는 데 있다.

4. 연구의 결론
 본 연구의 결론은 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구의 결론이다. 이는 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구를 위한 방안을 모색하는 데 있다.

2013 춘계 학회 논문발표 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구

Research on the relationship between the item height of the Hanok (Hanok style) and the building standard limit under 61. "Construction height limits to secure angles such as the right to sunlight"

이희우* 신승윤** 조현정*** 김왕직****
 Cha Hee-woo, Shin Seung-yoon, Cho Hyun-jeong, Kim Wang-jik

Abstract
 Since 2000, Hanok has become the center of attention through a series of policies and environmental movements and is being used as the medium for "Tourism". However, Hanok's structure is different from modern buildings. Therefore, there is a need to study the relationship between the item height of the Hanok (Hanok style) and the building standard limit under 61. "Construction height limits to secure angles such as the right to sunlight". This research is a preliminary study to explore the relationship between the item height of the Hanok (Hanok style) and the building standard limit under 61. "Construction height limits to secure angles such as the right to sunlight".

키워드 : Hanok, Building standard limit, Hanok style, Building standard limit

1. 서 론
 1.1 연구의 목적
 본 연구는 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구의 목적을 밝히는 데 있다. 이를 위해 문헌연구와 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다. 연구의 목적은 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구를 위한 방안을 모색하는 데 있다.

2. 연구의 방법
 본 연구는 문헌연구, 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다. 연구의 방법은 문헌연구, 현장조사, 설문조사, 인터뷰 등을 실시하였다.

3. 연구의 결론
 본 연구의 결론은 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구의 결론이다. 이는 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구를 위한 방안을 모색하는 데 있다.

4. 연구의 결론
 본 연구의 결론은 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구의 결론이다. 이는 건축법 제61조 "일조 등의 확보를 위한 건축물 높이 제한"과 한옥의 높이, 면적의 영향 연구를 위한 방안을 모색하는 데 있다.

■ 국외학술대회 논문발표 8건

게재 연도	논문명	저자			학술대회명	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신 저자	공동저자			
2012	The analysis of preference elements for Hanok in the viewpoint of the public	E. J. Jeong	W. J. Kim	H. J. Cho S. H. Kim	2nd International Conference on Computational Design in Engineering	국외	
2012	Analysis of preference elements of spatial plan for Hanok	S. K. Cho	W. J. Kim	H. J. Cho S. H. Kim	2nd International Conference on Computational Design in Engineering		
2012	한옥시장 활성화 및 개선방향에 관한 연구	김대성	김왕직	김상협	2012 한국기초조형학회 추계 국제학술대회		
2012	제주민가 풍채에 관한 연구	김성찬	김왕직	문정심 조영민	2012 한국기초조형학회 추계 국제학술대회		
2012	건축법 제58조 "대지안의 공지"가 한옥의 면적과 처마에 미치는 영향	정은진	김왕직	조성규 조현정 김상협	2012 한국기초조형학회 추계 국제학술대회		
2012	한옥 꺾음부 가구법과 결구방식의 특징에 관한 연구	조성규	김왕직	정은진 조현정 김상협	2012 한국기초조형학회 추계 국제학술대회		
2012	서울 북촌한옥의 입면 디자인 요소에 관한 연구	최주희	김왕직	조현정 김상협	2012 한국기초조형학회 추계 국제학술대회		
2013	1인가구를 위한 도시형 한옥의 발전 방향에 관한 연구	최주희	김왕직	조현정 김상협	2013 한국기초조형학회 춘계 국제학술대회		

THE ANALYSIS OF PREFERENCE ELEMENTS FOR HANOK IN THE VIEWPOINT OF THE PUBLIC

E.J. JEONG¹, H.J. CHO², S.H. KIM³ and W.J. KIM³

¹ Master course, Architecture, Myongji University, Yong-in, Korea, ² Assistant Professor, Architecture, Myongji University, Yong-in, Korea, ³ Correspond to Associate Prof. W.J. KIM(wjkim1@naver.com)

Keywords: Hanok, Data, Survey, Merits and Demerits of Hanok, Consideration

1. INTRODUCTION

As the concepts of environment-friendliness and well-being are expanded in the 20th century, the interest in Hanok has been also increased to find identity and values of our culture.

The government conducted systematic/technical projects related to Hanok through Han-Style Promotion Policy and Hanok R&D as several local governments also carried out various projects to support Hanok. In the results, there have been many examples that show the possibility of Hanok like Hanok village and space & technologies of new Hanok. However, we have had studies only through professionals' views, rather than the image of Hanok which is preferred by the public.

Therefore this study conducted a survey of 838 spectators who had attended '2012 Land, Transportation and Maritime Technology Fair - Future Architecture Exhibitor' held in Seoul COEX from 7 to 9 June, 2012. From this, the study will figure out the way Hanok - Traditional Korean House - to advance in the future by extracting the merits and demerits of Hanok which perceived by the public, and by analyzing the preference of considerations in building Hanok.

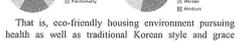
Survey Method : The main items of survey are the factors and considerations which can be the merits and demerits of Hanok. The highest preference is 1, and it is directed to fill in 1~(7) depends on the preference of items on each subject.

2. RESULT/IMPLICATION

2-1. As "Merits of Hanok," Environment-Friendliness obtained the highest preference of 39%. Health, Harmony with Nature, Style & Grace, and Comfort had a preference of 19.4%, 19.6%, 13.8% and 6.2% respectively. However, Functionality was least favorable with 1.5%.

2-2. As "Demerits of Hanok," Construction Cost (27.3%), Maintenance Management (26.4%), Heat Insulation (16%) and Heating and Cooling (14.6%) are listed in order of preference, whereas Windows (2%) and Storage (2.1%) recorded the two lowest preferences.

That is, eco-friendly housing environment pursuing health as well as traditional Korean style and grace



ANALYSIS OF PREFERENCE ELEMENTS OF SPATIAL PLAN FOR HANOK

S.K. CHO¹, H.J. CHO², S.H. KIM³ and W.J. KIM³

¹ Master course, Architecture, Myongji University, Yong-in, Korea, ² Assistant Professor, Architecture, Myongji University, Yong-in, Korea, ³ Associate Professor, Architecture, Myongji University, Yong-in, Korea, Correspond to Associate Prof. W.J. KIM(wjkim1@naver.com)

Keywords: Hanok, Spatial Factors, Space Composition, Hanok Spatial Planning

1. INTRODUCTION

As over 40% of desired demand of residing in Hanok presented, the interest in Hanok is gradually increasing with the improvement of national brand value through traditional culture and modernization, the increase in the value of indigenous housing culture, and the attention to the environment-friendliness of Hanok in relation to such paradigms as Low Carbon Green Growth, Eco-friendly Healthy Housing and Green Home. Based on these social phenomena, this study intends to figure out Hanok's space factors preferred by the public by extracting the space factors of traditional Korean house (Hanok). For this, the public's preference of Hanok composition is investigated by survey. The survey was conducted to 838 spectators who had attended '2012 LTM Technology Fair - Future Architecture Exhibition, Hanok Technology Development' which held from 7 to 9 June, and is comprised of the survey 'the Hanok where I want to live' which categorized age, gender and the number of family number.

2. SURVEY

2.1 Basic research

The component ratio of respondents' gender is as following: man (61%) and woman (39%). Looking at the family composition of those surveyed, the percentages of single households, two-person households, three-person households, four-person households, five-person households, and households with more than six persons are 2.5%, 7.7%, 20.0%, 53.3%, 12.7% and 3.9% respectively. In case of the preferred area of Hanok, the ratio is comprised of as following: 33m² (0.2%), 66m² (10.6%), 100m² (45.6%), 130m² (26.1%) and 160m² (17.5%). The composition characteristics of the surveyed was figured out from this basic research.

2.2 Spatial Composition Factors

Currently, the floor planning of Hanok is composed by specialists, and users are living passively at the Hanok planned by the specialists. However, it tends to increase the active participation of residents with the improvement of life quality as well as the increasing number of people who are willing to enjoy the indigenous housing culture of Korea.

Table 1. Preferred Door

Table with 5 columns: Division, 1st floor, Duplex, 2nd floor, 3rd floor. Rows: Ratio, 18.1%, 41.5%, 34.9%, 5.5%

Table 2. Preferred room area

Table with 5 columns: Division, 2.7m, 3.3m, 3.3m, 2.7m, 5.4m. Rows: Room, Kitchen, 2.7%, 18.3%, 40.2%, 19.9%, 18.9%

Table 3. The number of preferred room

Table with 5 columns: Division, 1, 2, 3, 4, More than 5. Rows: Room, Kitchen, Bathroom, 0%, 4.9%, 35.6%, 39.4%, 20.1%

Table 4. The Porch & Daechong heating

Table with 4 columns: Division, Necessity, Not required, Necessity, Not required. Rows: Ratio, 82.6%, 17.4%, 83.3%, 16.7%

3. CONCLUSIONS

From the survey, the public's preference of Hanok composition was figured out. The surveyed tends to prefer duplex or two-storied Hanok to one-storied Hanok. Also, they preferred the house with four rooms, two bathrooms and one kitchen. They preferred the entrance and the hearable hall which are not found in traditional Hanok, and these are analyzed as necessary components in modern life style that people are accustomed to modern apartments. There results are expected to have an important meaning now in designing floor space of Hanok in consideration of the current life pattern with the striding modernization of Hanok.

REFERENCES

- [1] Architecture & Urban Research Institute affiliated with Korea Research Institute for Human Settlements, A Study for the Industrialization of Hanok Construction, 2008
[2] A Study on Incorporating Traditional Elements of Korean-style Houses into Modern Housing Space, Kookmin Univ, 2003

1 Architecture & Urban Research Institute affiliated with Korea Research Institute for Human Settlements, A Study for the Industrialization of Hanok Construction, 2008

한옥시장 활성화 및 개선방안에 관한 연구
A Study on Hanok Market Revitalization and Improvement
1. 서론
1.1. 연구목적
1.2. 연구방법
2. 한옥의 현황 및 문제점
2.1. 한옥건축물 현황 및 인식
2.2. 한옥시장의 현황
2.3. 한옥시장의 활성화 방안
3. 결론

제주민가 풍채에 관한 연구
A Study on Poong-chaek of Private house in Jeju
1. 서론
1.1. 연구목적
1.2. 연구방법
2. 처당과 풍채
2.1. 내륙지방의 처당
2.2. 해안지방의 처당
3. 결론

■ 논문게제 2건

게제 연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2012.06	한옥 평면의 치목기법에 관한 연구	김왕직			대한건축학회 논문집 계획계	Vol. 28 (No. 6)	국내	
2012.10	현대한옥의 단위공간 모듈 설정에 관한 연구-주칸거리 분석을 중심으로	조영민	김왕직		대한건축학회 논문집 계획계	Vol. 28 (No. 10)	국내	

한옥 평면의 치목기법에 관한 연구
A Study on Drawing and Fabricating Technique of Hanok Rafter
김 왕 직*
Kim, Wang-Jik

Abstract

This study analyzes the drawing and fabricating technique of rafter by master carpenter of Korean traditional architecture to reveal the principles of rafter fabrication and to define drawing and fabricating technique. Rafter fabrication of Korean traditional architecture defines the conventional line of traditional rafters. Closely examining the principles of fabricating traditional rafter would open possibilities to adapt rafters to various needs and scale without losing the essential quality. Simultaneously the analysis and recording of rafter fabrication documented in this study will contribute to the preservation and propagation of tradition that could have been only relied on skills of master carpenters. Rafter of Korean traditional architecture is made of wood in various size and different curvature which necessitates drawing and fabricating method called "Yeon Mok Jyu Pan(원목주편, 緣木舟編)". Therefore apprehending the working of this method is crucial in understanding the application and fabrication technique method. Various conditions and analysis results were found through this study.

키워드 : 한옥, 치목, 원목주편, 치목기법
Keywords : Hanok, Traditional House, Rafter, Yeon Mok Jyu Pan, Drawing and Fabricating Technique of Master Carpenter

1. 서 론

1.1 연구목적

원목(干木)은 한국 전통 목조건축에서 주된 양쪽에 걸리는 선자편(子字板)을 제외한 일반 시까래를 통칭한다. 사석지붕에서는 선자편 없이 평면만 사용하며 팔작지붕에서는 선자편과 평면이 동시에 사용된다. 가구법에 따라서는 3방각에서 평면은 평면(平板)만 사용하지만 5방각 이상은 평면과 함께 단편(短板) 또는 중편(中板)이 사용되기도 한다. 단편과 중편은 직물처럼 물에 젖어 휘둘러 양각이 없으며 치목과 관련된 관계가 없다. 반면 평면은 치목 내방기 및 치목과 관련된 관계가 있다. 때문에 그 치목기법이 매우 복잡하며 평면지붕보다 차이가 있다.

시까래를 만드는 일은 치목공을 결정하는 건축미학적인 측면 외에 경제 및 공법 문제가 발생하나 예산으로도 50%정량 차지할 정도로 중요해 일이다. 치목공법에 걸리는 평면은 선자편과 더불어 한옥의 치목에 결정적인 역할을 담당한다. 선자에 의해 치목공이 결정되면 평면 시까래를 위해 따라 치목의 각부 치수가 결정되므로 이를 기준으로 치목이 시작된다. 시까래는 모두 곡이 다르기 때문에 이를 치목하기 위한 원목과판과 같은 특별한 기구가 사용된다. 도관수의 정밀계통에 따라 치목공이 다르고 또 치목기법도 다르지만 그 원리는 동일할 필요가 있다.

실용적 관례와 치목의 시범에서 원목은 예전엔 도관수가 사용되고 그리고 치목 및 조립을 한다. 그러나 도관수가 정밀계통에 따른 모두 기준만을 사용하며 때문에 전

제적인 원목에서 지역적인 차이와 조립에 대한 통일이 없다는 것이 단점이다. 따라서 미래 연구를 위해서는 전통 기법에 대한 실용적인 원리의 이해와 분석이 필요하다.

본 논문에서는 도관수가 평면을 만들고 치목기에 조립하는 과정을 분석하여 평면의 제작방법과 치목기법을 규명하는 것이 목적이다. 이러한 과정을 총괄하면 다양한 환경에 대응하는 평면을 적도할 수 있을 것이며 그 기법에 대한 연구는 시까래기구는 원목기술을 기록하고 보존하는데 의미가 있을 것이다.

1.2 연구방법 및 범위

평면의 치목 및 조립방법은 1990년 고 조희환¹⁾ 도관수가 치목 관련 선산구 해설본의 중요성을 기준으로 평면의 원형에 상주하면서 기록된 내용을 토대로 하였다. 또 조희환 도관수의 정밀계통을 세운한 이광복 도관수의 시까래 기법의 도관수 및 선자편내용을 비교하였다. 시까래의 치목과 조립에서는 정영민 도관수의 도면과 선자편내용을 기초 자료로 하였다.

1.3 조희환 도관수(1964-2002) : 충남 보령에서 태어나서 1980년 중학교 3학년을 마치고 스스로 목수 일을 시작하였다. 1975년에는 공군기체 공사에서 직장 도관수인 연나 대장으로 임명되었다. 1979년 병역 시달일 군내에서 처음으로 무연필을 만나 자음을 일깨우기 시작 했다. 평도 호수에서 생활하면서부터 미학에 장기 시작하였고 1982년 스스로 일러두기 도관수가 승수, 승수가 상수 단계에 도달하게 되었다. 이후 1년간 화원전환, 대우전, 중앙상업직, 전문보통사, 포항대, 여주대, 동양, 일화사, 대우전, 운사 일출 등 의 직업을 했다. 2011년부터 도관수(2007-2011) : 본관은 고양으로 장수 정씨이며 최가서 형 조희환의 5촌촌 일이다. 1972년 경기도 수원시에서 태어났다. 40대부터 목수 일을 시작했다. 도면을 그릴 수 있는 것만 믿고 도관수이다. 최근 박종호는 장수 시가지의 52호정, 부산 동문시 38호정 등이 있다.

* 경기대학교 건축학부 교수
본 논문은 한국과학기술연구원의 지원으로 작성된 것이다

현대한옥의 단위공간 모듈 설정에 관한 연구
-주칸거리 분석을 중심으로
A Study on Modular coordination About The New Korea Traditional Housing
-according to the analysis intercolumniation

조영민* 김왕직*
Cho, Young-Min Kim, Wang-Jik

Abstract

The traditional Korean style house(Hanok) unit space and structure are formed from distance of intercolumniation. An average of the distance of intercolumniation is 2,400mm, and it is not enough space to put modern lifestyle. Therefore this study is focused on calculating the size of modern Hanok by analyzing traditional Hanok. The traditional Hanok's intercolumniation is 2,400-3,000mm, but it shows a tendency that is becoming bigger with times gradually. The reason of this change can be found in social change, introduction of western civilization and lifestyle change. The purpose of this study is not entire building but calculating unit space size because intercolumniation of modern Hanok has to consist module with industrialization.

키워드 : 한옥, 현대한옥, 모듈, 단위공간, 주칸거리
Keywords : Korean-Style House, New Korean-Style House, Module, Unit Space, Intercolumniation

1. 서 론

1.1 연구의 목적

주칸이라는 것은 사람이 살아가는 곳, 우리의 삶이 고스란히 묻어나는 곳이다. 또한 주칸은 나라마다 고유의 경제 상황과 문화상이 혼재되어 건축물의 내/외부에서 나타난다. 그리하여 주칸은 각 나라마다 독특한 문화를 담고 있으며 보여주는 건축물이라 할 수 있다.

우리나라의 전통 주칸을 우리는 한옥(韓屋)이라 부른다. 한옥에는 걸어서 드리는 목제뿐만 아니라 나무에서 도 유리나 유리 등의 것들이 드러난다. 그러나 한옥은 1980년 초기 건축물 건설 이후 사실상 건설이 중단된 이래, 고위층이 한옥에 대한 인식이 바뀌면서 새롭게 재발견되고 있다. 서울에서는 한옥보존지구 설립하여 한옥을 보존하고 관광을 하는데 힘쓰고 있으며, 전라남도에서는 '칠년한옥'이라 하여 저속가능한 재충원 관광자원으로 한옥을 개발하는 중이다. 또한 국토해양부에서는 한옥의 산업화를 위해 중장기 R&D 연구개발을 수행하여 보다 체계적이고 전문적으로 사업을 진행해 나가고 있다.

* 경기대학교 건축대학 대학원 박사과정
** 경기대학교 건축대학 부교수
본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(10)형질 도시 800에 의해 수행되었습니다.

2) 본 논고에서 현대한옥이란 전통한옥의 특정한 목조건축기법을 바탕으로 바탕과 고유의 일면을 가지고 있으며, 현대적 삶이 수용 가능한 생활상을 뜻한다.

2.8. 결론

1-1세세부는 실험한옥의 홍보를 위해 활용프로그램을 운영하고 설명책자를 제작, 배포하였다. 실험한옥 방문객은 준공식 이후 대중매체와 일반에 알려져 방문희망자가 많았으나 점차적으로 줄어드는 경향을 보였다. 정기적인 활용 프로그램 운영일의 방문자수 보다 비정기적으로 희망하는 일시에 방문하는 경우가 적지 않아 향후 활용프로그램을 지속한다면 정기 프로그램 운영은 월 1회 수준으로 축소하고, 방문 희망일에 최대한 맞춰 비정기 프로그램을 운영하는 것이 바람직 할 것으로 보인다. 프로그램 신청 절차는 현재 시행중인 수준보다 간소화하고, 다양한 응용프로그램을 개발하여 한옥 체험형 활용프로그램을 고안할 필요가 있겠다.

3세부의 실험한옥 성능평가를 위해서는 거주자가 존재하여야 하는데, 이를 위해 1-1세세부는 거주자를 모집하고 거주가 가능 하도록 거주환경을 조성하였으며 수시로 환경유지와 이상부분을 검토하였다. 거주자는 3세부의 제안대로 2세대 가족형, 한국 표준형 체격의 대상을 피실험자로 선발하는 것이 가장 바람직하나 무엇보다도 연구 협력도가 높은 거주자를 선발하다보니 동일성별, 연령대, 비가족형이라는 대상을 선출할 수밖에 없었던 한계가 있다. 더욱이 전통한옥 성능테스트동은 현대식 생활에 익숙한 피실험자들이 동절기 난방을 해결하는 것에 어려움이 있었다.

생활의 불편함을 감수할 만큼의 피실험자를 고려하는 인센티브 등이 없다면 향후 연구에서는 이러한 모니터링을 지원하는 피실험자를 찾기는 더욱 힘들 것으로 판단한다. 피실험자에 대한 사항들은 향후 모니터링을 지속한다면 가장 먼저 신중히 재검토해야 할 부분이 될 것이다. 더불어 고민해야할 것은 건물의 유지관리를 위한 비용이다. 특히 전통한옥 성능테스트동의 경우 난방시설과 바닥(온돌)의 문제, 전통식 담장의 표면박락, 목재 수축과 이격으로 인한 건물전체 영향 등을 고려하여 유지보수 비용을 책정하고, 적극적으로 유지보수해야 향후에도 원활한 실험이 가능할 것으로 판단한다.

환경측정장비 구축과 로우데이터 관리는 1-1세세부에서 하고, 3세부에서 이 로우데이터를 받아 성능평가 자료로 활용하였다. 로우데이터 추출은 연구초기이므로 10초 간격 측정 등 매우 조밀하게 추출하도록 하였다. 그러나 향후 연구에서는 1시간 간격으로 추출해도 연구에 지장이 없을 것으로 판단되므로 조정할 필요가 있다. 로우데이터만을 분석하였을 때는 개발한 시공 및 성능테스트동은 권장 환경 범위에 근접한 것으로 나타났다.

이상 검토되었던 사항 이외에 1-1세세부에서는 육안조사와 부분 모형실험, 검증위원회를 개최하였다. 육안 조사는 건물의 내외관 지정지점을 매일 1회 육안으로 조사하고 부위별로 촬영하여 변화양상을 검토하는 방법으로 진행되었다. 특히 시공 및 성능테스트동과 전통한옥 성능테스트동에 중점을 두었다. 시공 및 성능테스트동에서는 벽체에서 부재와 부재의 이음매 도장이 균열과 그린멘트기와의 도장이 박락이 있었다. 목재는 원목과 집성목을 병용하였는데 원목으로 시공한 부위가 목재의 갈럼과 뒤틀림이 있었다. 이외 목재와 벽체의 접합, 서까래와 당골막이 이음부위 등 두 개 이상의 성질이 다른 재료가 접합되는 부위의 이격을 확인 할 수 있었다. 전통한옥 성능테스트동은 목재의 변형, 바닥과 벽 연결부위의 미장부분에 균열이 발생하거나 이격된 것이 확인되었다.

이러한 경향 중 특히 시공 및 성능 테스트동의 외벽 도장 균열원인에 대하여 검토하기 위해 벽체 모형 16건을 제작하여 부분 모형실험을 하였다. 이 부분 모형실험은 4차년도 시범한옥과 향후 Mock-up 시공에 응용하기 위한 기초자료 연구였다. 실험한옥과 모형이 완벽하게 동일한 조건이 아니므로 명확한 결론이 나타나지

는 않았으나 시범한옥의 동일부위 균열 예방을 위해 도장 도료를 핸디코트에서 테라코드로 변경하고 수사를 넣어 보강하였다.

모니터링 검토위원회는 당초 100점 만점 중 80점 이상은 연구진행이 양호한 과제로, 그 이하 중 7~80점은 개선되어야 하는 과제로 상정해두었다. 검토위원회는 1-3 세세부, 3-1세세부, 3-2세세부, 3-3세세부가 그 대상이었다. 1-3세세부는 백분율로 환산하여 89.83점으로 가장 높은 점수가 나왔고, 3-1세세부가 83.16점, 3-위탁이 81.33점, 3-2세세부가 75.5점 순으로 나타났고, 평균은 82.43점이었다. 향후 중장기 계획을 수립한다면 이러한 검토위원회 결과도 반영되어야 할 것이다.

Part 3. 실험한옥 구조모니터링

3.1. 구조모니터링 측정 방법

3.1.1. 주요 구조부재의 변형 측정

예제한옥(명지대 무루정)과 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 각 부재의 함수율과 처짐 값을 다음의 장비를 이용하여 주기적으로 측정하였다. 월 1회 측정하는 것을 기본으로 하였으며, 다만 연구 초기에는 주 1회 실시하여 측정과정 및 방법을 안정화시켰다.

1) 주요 구조부재의 변형 측정 장비

다음의 레이저 거리 측정기(라이카 DISTO D5)를 통해 각 부재의 처짐을 체크하며, 주변 환경에 민감하게 반응하는 목재의 특성을 고려하여 함수율 측정기로 함수율도 함께 확인하며 그 상관관계에 대해 조사 연구하였다.

■ 레이저 거리 측정기



기술 사양(Technical Data)	Leica DISTO™ D5
거리 측정 범위(Power Range Technology)	0.05 m ~ 200 m
측정 정확도(Typical measuring accuracy)	± 1.0 mm
최소 표시 단위	0.1 mm
레이저 포인트(거리)	6 / 30 / 60 mm (10 / 50 / 100 m)
경사도 측정(Tilt sensor)	
- 측정범위	± 45 °
- 레이저 광선	± 0.3 °
- 하우징	± 0.3 °
경사도 측정의 표시 단위(Units in tilt sensor)	0,0°, 0,00%, mm/m, in/ft
저장 내역 보관(Store constant value)	20
삼각대용 나사산 (유형: 1/4-20)	✓
레이저 유형	635nm, < 1mW
자동 레이저 끄기	3분 후
자동 잠비 끄기	6분 후
측정단위(Measuring units)	0,0000m, 0,000 m, 0,00 m, 0,00 ft, 0' 00" 1/32, 0,00 in, 0 1/32 in, 0,000 yd
생활 방수 및 방진 기능	IP 54, 방진 처리, 생활 방수 기능
배터리(Batteries)	AA 형, 2 x 1.5 V
배터리 수명(Measurements per battery set)	최대 5,000 회 측정
치수(Dimensions)	143.5 x 55 x 30 mm
무게(Weight with batteries)	195 g

레이저 거리 측정기 및 제품 사양

■ 목재 함수율 측정기

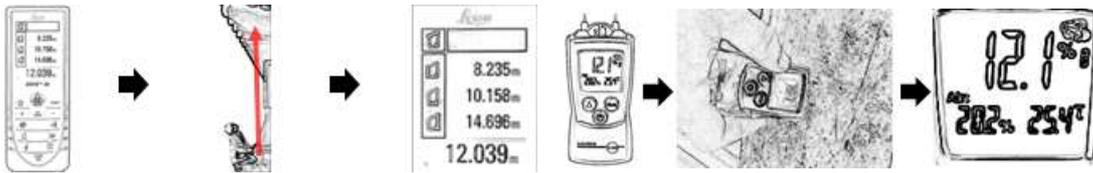


모델명	testo 606-1	testo 606-2
재료 수분	측정 범위	0 - 50 %
	분해능	0.1 %
	정확도	± 1%(건도도)
대기 온도	측정 범위	-10 - 50 °C
	분해능	0.1 °C
	정확도	± 0.5 °C
	측정 단위	°C / °F
대기 습도	측정 범위	0 - 100 % RH
	분해능	0.1 % RH
	정확도	± 2.5 % RH (5-95 % RH)
	측정 단위	% RH, 습구 온도, 노점
작동 온도	-10 - 50 °C	
배터리 타입	알카라인 건지 (2개 x AAA)	
배터리 수명	200 시간 (디스플레이 조명 없을 시의 평균)	130 시간 (디스플레이 조명 없을 시의 평균)
구성품	자체교정성적서, 손목스트랩, 벨트케이스, 보호캡, 배터리	
크기	119 x 46 x 25mm	

목재 함수율 측정기 및 제품 사양

2) 주요 구조부재의 변형 측정 방법

■ 측정방법



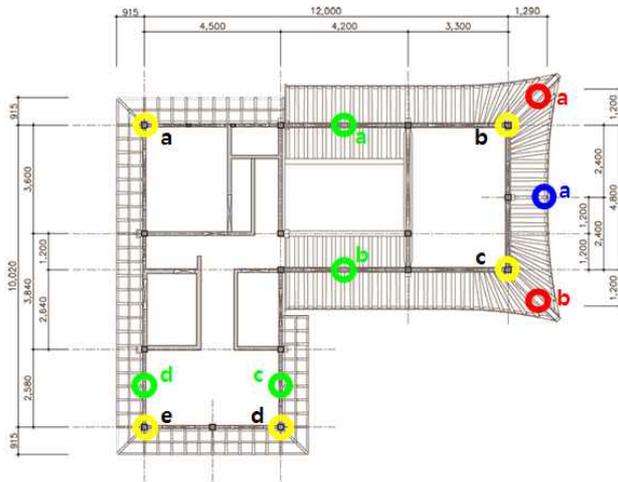
레이저거리 측정 방법

목재 함수율 측정 방법

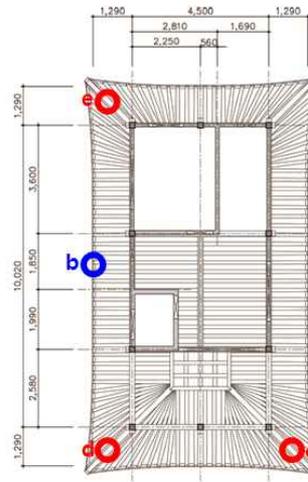
레이저 거리 측정기의 밑부분을 고정하고, 표적까지의 거리를 레이저 반사를 통하여 거리를 측정하여, 부재의 처짐 또는 축소량을 측정한다. 또한 목재 함수율 측정기의 바늘을 측정 위치의 기둥에 박아 넣어 목재 기둥의 표면 함수율을 측정한다.

■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 부재별 처짐 및 함수율 측정

실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 시공 및 성능 테스트 통과 전통한옥 성능 테스트 동은 다음의 평면에 표시한 곳을 레이저 거리 측정기로 수직변위를 측정한다. 빨강색으로 표시된 부분은 추녀, 파랑색은 서까래의 처짐, 노란색은 기둥의 축소량 측정 위치이다. 초기에는 주 1회 측정하였으며, 안정화된 이후에는 월 1회 측정하였다.

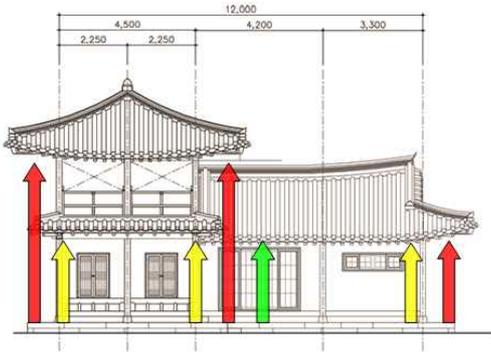


A 1층천정평면도
SCALE=A3 1/100

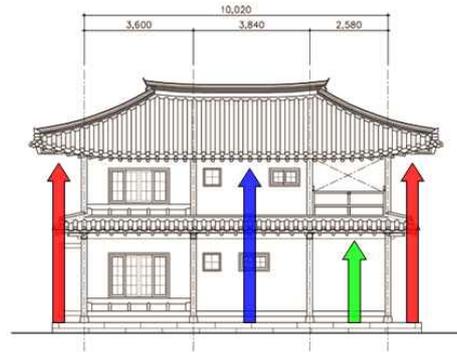


B 2층천정평면도
SCALE=A3 1/100

시공 및 성능테스트동(지신재) 처짐 측정위치
-빨강: 추녀, 파랑: 서까래, 노랑: 기둥, 녹색:보-
(출처 : 3차년도 한옥기술개발 2-2세부 한옥모델 및 종합 Mock-up 설계개발 시공 및 성능 테스트 동 도면)



A 정면도
SCALE=A3 1/100

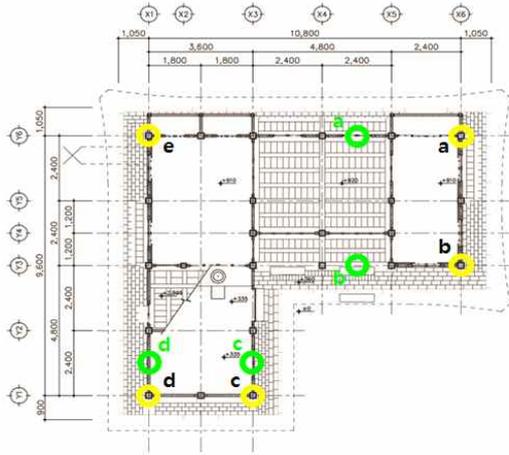


B 좌측면도
SCALE=A3 1/100

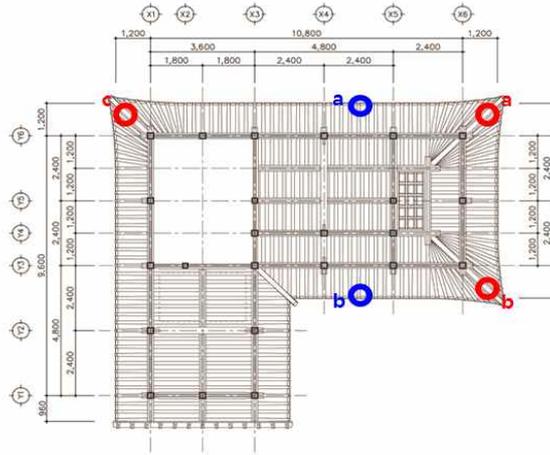
시공 및 성능테스트동(지신재) 처짐 측정위치
-빨강: 추녀, 파랑: 서까래, 노랑: 기둥-
(출처 : 3차년도 한옥기술개발 2-2세부 한옥모델 및 종합 Mock-up 설계개발 시공 및 성능 테스트 동 도면)
시공 및 성능 테스트동 구조모니터링 부재 정보(단위:mm)

	단면크기	기둥높이	
기둥a	180*180	2,580	
기둥b	180*180	2,580	
기둥c	180*180	2,580	
기둥d	180*180	2,580	
기둥e	180*180	2,580	
	단면크기	경간	내민길이
추녀a	180*300	3,982	2,284
추녀b	180*300	3,982	2,284
추녀c	180*240	5,260	2,080
추녀d	180*240	5,260	2,080
추녀e	180*240	5,260	2,080

	형태	단면크기	경간
보a	주심도리	180*270	4,200
보b	주심도리	180*270	4,200
보c	평방,창방	270*180 (180*180)	2,580
보d	평방,창방	270*180 (180*180)	2,580
	단면크기	경간	내민길이
서까래a	D120	2,500	1,300
서까래b	D120	2,500	1,300



A 평면도
SCALE=A3 1/700

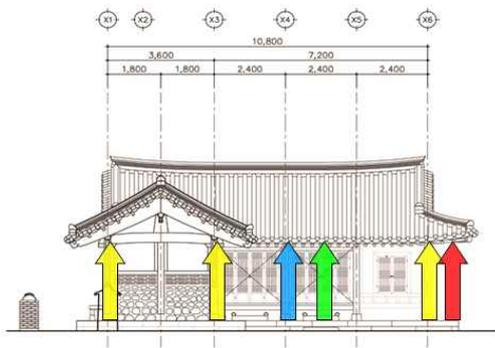


B 천경평면도
SCALE=A3 1/700

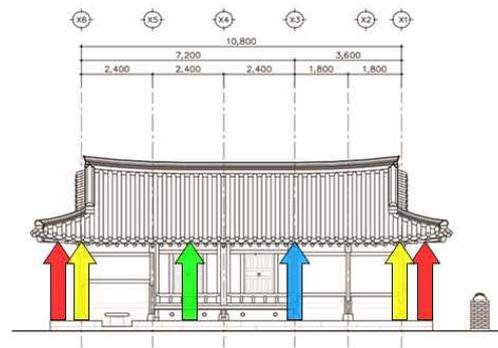
전통한옥 성능테스트동(온고재) 처짐 측정위치

-빨강: 추녀, 파랑: 서까래, 노랑: 기둥, 녹색:보-

(출처 : 3차년도 한옥기술개발 2-2세부 한옥모델 및 종합 Mock-up 설계개발 전통한옥 성능 테스트 동 도면)



A 정면도
SCALE=A3 1/700



B 배면도
SCALE=A3 1/700

전통한옥 성능테스트동(온고재) 처짐 측정위치

-빨강: 추녀, 파랑: 서까래, 노랑: 기둥-

(출처 : 3차년도 한옥기술개발 2-2세부 한옥모델 및 종합 Mock-up 설계개발 전통한옥 성능 테스트 동 도면)

전통한옥 성능테스트동(온고재) 구조모니터링 부재 정보(단위:mm)

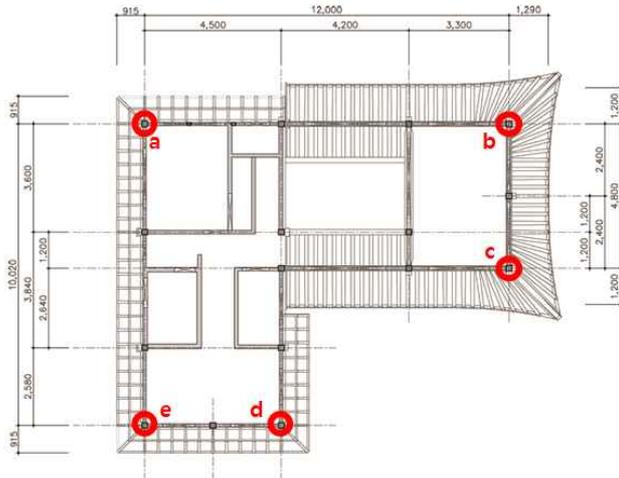
	단면크기	기둥높이
기둥a	210*210	2,660
기둥b	210*210	2,660
기둥c	210*210	2,660
기둥d	210*210	2,660
기둥e	210*210	2,660

	형태	단면크기	경간
보a	도리,장여	D210 (90*135)	2,400
보b	도리,장여	D210 (90*135)	2,400
보c	도리,장여	D210 (90*135)	2,400
보d	도리,장여	D210 (90*135)	2,400

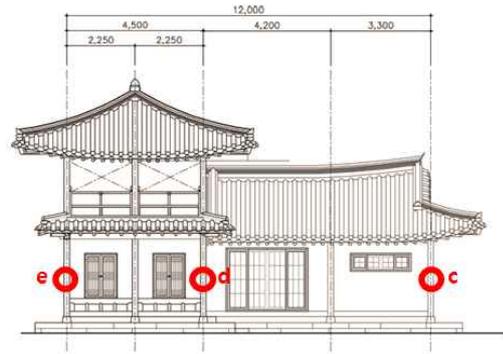
	단면크기	경간	내민길이
추녀a	180*240	3,100	1,300
추녀b	180*240	3,100	1,300
추녀c	180*240	3,100	1,300

	단면크기	경간	내민길이
서까래a	D120	2,600	1,200
서까래b	D120	2,600	1,200

또한 함수율 측정기를 통해 함수율에 따른 부재의 특성을 알아보려고 한다. 함수율은 외부와 내부의 기둥으로 나누어 측정하며 기둥의 상단, 중단, 하단 3구간으로 나누어서 측정한다. 이는 지붕의 처마로 인해, 각 구간에 들어치는 비의 피해가 다르기 때문이다.

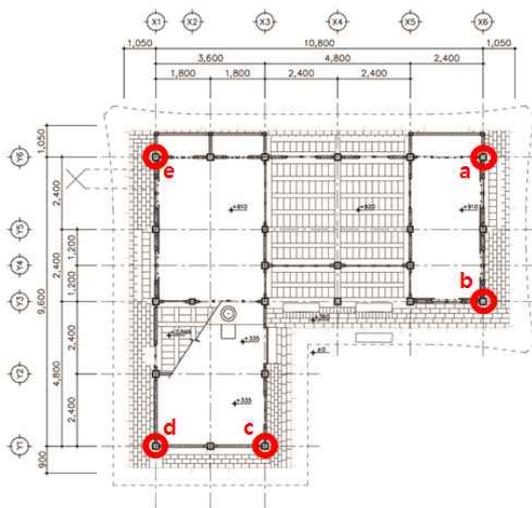


A 1층 천정 평면도
SCALE=A3 1/700

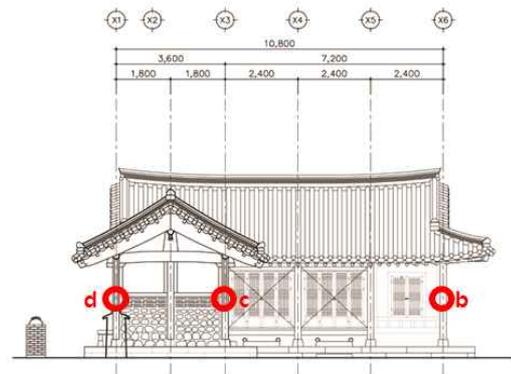


A 정면도
SCALE=A3 1/700

시공 및 성능테스트동(지신재) 함수율 측정위치
(출처 : 3차년도 한옥기술개발 2-2세부 한옥모델 및 종합 Mock-up 설계개발 전통한옥 성능 테스트 동 도면)



A 평면도
SCALE=A3 1/700



A 정면도
SCALE=A3 1/700

전통한옥 성능테스트동(온고재) 함수율 측정위치
(출처 : 3차년도 한옥기술개발 2-2세부 한옥모델 및 종합 Mock-up 설계개발 전통한옥 성능 테스트 동 도면)

3.1.2. 3차원 스캐너를 이용한 변형 측정

1) 3차원 스캐너를 이용한 변형 측정 방법

최소 3면에서 스캔을 하여 각각의 데이터를 취합하여 하나의 전체적인 3차원 모델을 스캔 할 수 있다. 데이터는 무수히 많은 점 데이터로 추출하며, 스캔의 정밀도에 따라 1~3mm 정도의 오차를 가진다.

2) 디지털 영상합성 변형분석 방법

디지털 영상합성 변형분석은 측정에 적합한 디지털 카메라를 이용하여 측정한다. 한옥의 변형은 지어진 직후에 일어나는 탄성변형과 시간이 지남에 따라 지속적으로 발생하는 비탄성변형이 지배한다. 이 구조 모니터링에서는 비탄성변형을 장기적으로 계측하고, 한옥의 장기적 거동을 파악하고자 한다. 그 방법으로 직접 레이저 측정, 함수율 측정을 하는 외에 정지영상을 통한 분석을 통해, 월 1회 평균정지영상을 추출하여, 3차원 스캐너를 대신해 변형형상과 변형값을 도출하였다.

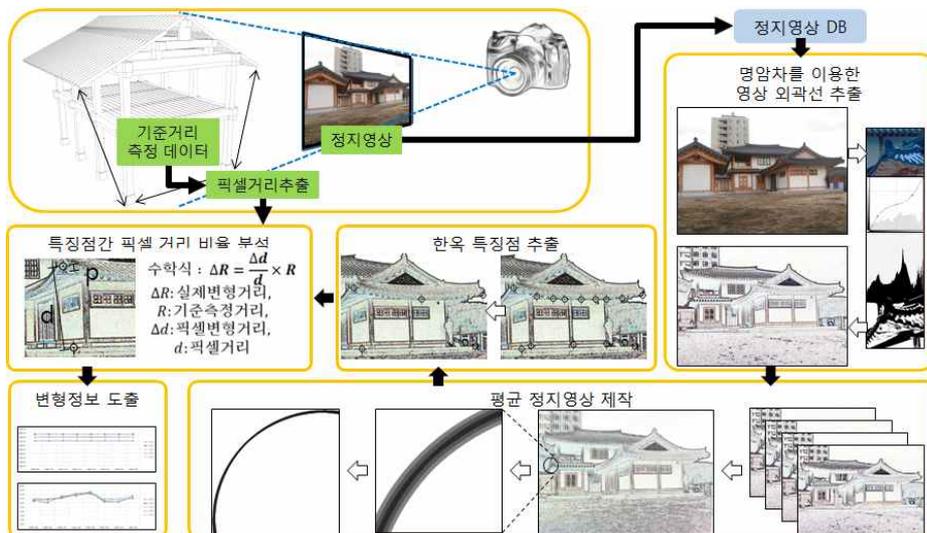
디지털 영상합성 변형분석은, 구조물을 촬영 및 정보를 전송하는 카메라를 이용하여 촬영되어 저장된 영상의 변화를 분석함에 따라 구조물의 변형정보를 얻는 시스템이다.

카메라의 핸드헬드 또는 고정촬영된 영상 정보의 외곽선 정보를 추출한 뒤 외곽선간의 공통 픽셀들을 이용하여 평균 정지영상으로 보정 가공하여, 기 추출된 초기 외곽선 영상 정보와 기준거리를 기준으로 하여 변형거리를 계산하여, 상기 구조물의 실제 변형거리를 연산할 수 있다.

추출된 외곽선 영상 정보 상에서 변형량은 아래의 값을 이용하여 구조물의 실제 변형거리를 연산 할 수 있다.



3차원 스캐너, 디지털 카메라



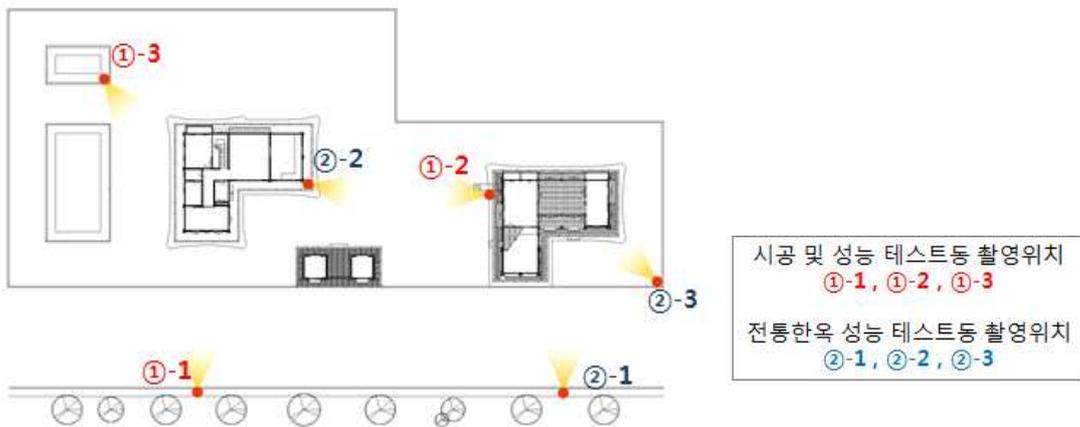
디지털 영상합성 변형분석의 개념

[수학식 1] : $\Delta d = p/d \times R$

(Δd : 변형거리, p : 픽셀변형거리, d : 픽셀거리, R : 기준거리)

또한, 카메라로부터 시간에 따라 획득된 복수의 촬영 영상 정보들로부터 각각 산출된 구조물의 변형 정도 또는 촬영 원본의 변형정도를 이용하여 해당 구조물의 연속된 변화정보를 시각적 제공이 가능하다. 이전의 3차원 스캐너를 이용한 변형 형상 분석은 높은 비용에도 불구하고 오차가 커서 변형형상을 규명하는 것에 한계가 있었다. 3차원 스캐너를 이용한 스캔보다 위의 디지털 영상합성 변형분석은 오차가 크지 않으면서도 소요비용이 적으며, 공간의 제약이 없다. 따라서 보다 지속적이고, 경제적인 측정을 하는데 있어 3차원 스캐너에 비하여 디지털 영상합성 변형분석이 더욱 합리적이다.

3) 디지털 영상합성 변형분석 측정 위치



시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 영상촬영 위치
(출처 : 3차년도 한옥기술개발 2-2세부 한옥모델 및 중합 Mock-up 설계개발 도면)



예제한옥(무루정)의 영상촬영 위치
(명지대학교 무루정 Sketchup 3차원 형상 참조 제작)

4) 디지털 영상 합성 변형 분석 기준영상

■ 실험한옥(시공 및 성능 테스트 동 및 전통한옥 성능 테스트 동)



시공 및 성능테스트동(지신재) 측정위치



전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정위치

■ 예제한옥(명지대 무루정)



예제한옥(무루정) 측정위치

3.2. 구조모니터링 측정 과정

3.2.1. 주요 구조부재의 변형 측정

1) 시공 및 성능테스트동(지신재) 측정

■ 시공 및 성능테스트동(지신재) 측정일지

시공 및 성능 테스트동(2층 Mock-up) 연구일지		시공 및 성능 테스트동(2층 Mock-up) 연구일지			
1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수		1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수			
조사일자	2012년 8월 14일	조사일자	2012년 10월 5일		
날씨	■맑음, □흐림, □비 □눈, □기타()	날씨	■맑음, □흐림, □비 □눈, □기타()		
측정시간	11:15	측정시간	16:55		
온도	습도 50.0%	온도	습도 57.6%		
조사자	정선영, 최호중, 김진강	조사자	정선영, 최호중, 김진강, 류종수		
저점측정 (동쪽부터 시계방향순)					
부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)
서까래	a	2622.7	2621.9	2621.9	
	b	5379.8	5376.5	5379.8	
	c	2874.2	2874.4	2873.7	
주 너	a	2862.7	2862.6	2863.0	
	b	5622.7	5624.2	5624.2	
	c	5672.6	5673.5	5674.9	
기 동	a	5656.6	5655.8	5655.6	
	b	2585.2	2584.9	2585.0	
	c	2581.6	2581.9	2582.0	
	d	2581.3	2581.8	2581.8	
	e	2584.6	2583.2	2583.8	
함수율측정 (동쪽부터 시계방향순)					
부재	부위	측정값1(%)	측정값2(%)	측정값3(%)	평균값(%)
기 동	a	10.3	10.7	9.7	
	b	8.2	8.0	8.0	
	c	9.0	8.5	8.9	
	d	11.6	11.9	11.9	
	e	9.8	10.1	10.1	

시공 및 성능 테스트동(2층 Mock-up) 연구일지		시공 및 성능 테스트동(2층 Mock-up) 연구일지			
1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수		1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수			
조사일자	2012년 12월 6일	조사일자	2013년 4월 11일		
날씨	□맑음, □흐림, □비 ■눈, □기타()	날씨	□맑음, ■흐림, □비 □눈, □기타()		
측정시간	15:35	측정시간	16:50		
온도	습도 49.9%	측정 온도	지역 최고온도 지역 최저온도		
조사자	정선영, 최호중, 김진강, 김동휘	조사자	정선영, 류종수, 김동휘		
저점측정 (동쪽부터 시계방향순)					
부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)
서까래	a	2628.4	2627.5	2627.8	
	b	5388.6	5388.7	5389.5	
	c	2870.7	2876.6	2873.5	
주 너	a	2864.0	2863.7	2863.3	
	b	5629.1	5630.0	5629.5	
	c	5663.9	5662.0	5661.9	
기 동	a	5655.9	5643.9	5648.8	
	b	2584.7	2584.1	2584.6	
	c	2581.4	2581.7	2581.3	
	d	2582.1	2581.9	2581.4	
	e	2579.3	2578.8	2577.4	
함수율측정 (동쪽부터 시계방향순)					
부재	부위	측정값1(%)	측정값2(%)	측정값3(%)	평균값(%)
기 동	a	11.3	11.4	11.0	
	b	11.0	11.2	11.3	
	c	12.2	12.0	10.8	
	d	11.0	11.2	11.2	
	e	11.8	12.2	12.0	

시공 및 성능 테스트동(2층 Mock-up) 연구일지		시공 및 성능 테스트동(2층 Mock-up) 연구일지			
1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수		1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수			
조사일자	2013년 4월 11일	조사일자	2013년 4월 11일		
날씨	□맑음, ■흐림, □비 □눈, □기타()	날씨	□맑음, ■흐림, □비 □눈, □기타()		
측정시간	16:50	측정 온도	지역 최고온도 지역 최저온도		
습도	25.6%	조사자	정선영, 류종수, 김동휘		
저점측정 (동쪽부터 시계방향순)					
부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	기타
서까래	a	2632.2	2632.2	2632.7	
	b	5386.6	5385.8	5387.6	
	c	2870.1	2869.1	2869.3	
주 너	a	2862.5	2862.5	2862.2	
	b	5636.9	5637.3	5637.7	
	c	5670.2	5670.2	5669.3	
기 동	a	5654.4	5655.0	5655.2	
	b	2585.3	2584.6	2585.1	
	c	2582.1	2582.1	2582.1	
	d	2581.6	2581.4	2581.9	
	e	2579.7	2579.6	2579.6	
보	이	수평거리	수평거리	수평거리	
	리	3.7227	3.7235	3.7225	
	리	3.7766	3.7766	3.7766	
	리	3.7789	3.7789	3.7789	
함수율측정 (동쪽부터 시계방향순)					
부재	부위	측정값1(%)	측정값2(%)	측정값3(%)	기타
기 동	a	8.4	8.5	8.5	
	b	8.2	8.2	8.1	
	c	7.8	8.0	7.8	
	d	7.9	8.0	7.9	
	e	8.7	8.7	8.7	

시공 및 성능테스트동(지신재) 측정일지 중 일부

■ 시공 및 성능테스트동(지신재) 측정과정



(a) 시공 및 성능테스트동(지신재)



(c) 시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



(b) 시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



(d) 시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



(e) 시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

2012년 9월 12일 시공 및 성능테스트동(지신재) 측정 장면



(a) 시공 및 성능테스트동(지신재)



(b) 시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



(c) 시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



(d) 시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



(e) 시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

2013년 2월 6일 시공 및 성능테스트동(지신재) 측정 장면



(a) 시공 및 성능테스트동(지신재) 전경



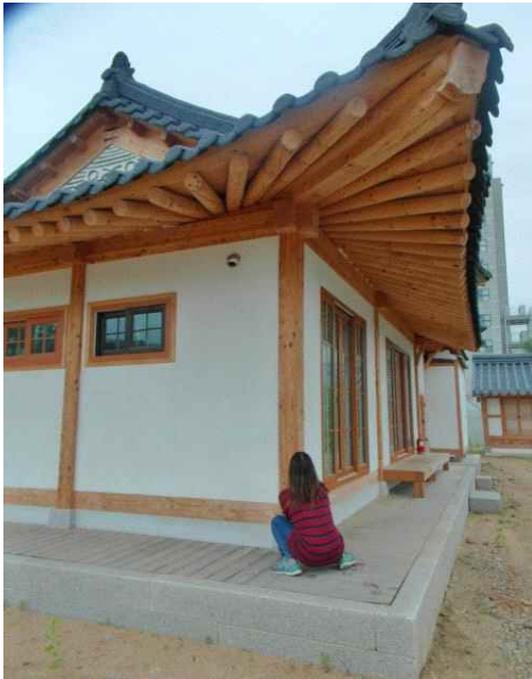
(c) 시공 및 성능테스트동(지신재) 추녀 처짐 측정



(b) 시공 및 성능테스트동(지신재) 서까래 처짐 측정



(d) 시공 및 성능테스트동(지신재) 보 처짐 측정



(e) 시공 및 성능테스트동(지신재) 기둥 길이 측정


명지대학교 한옥기술개발연구원

수신자 국토해양부 건축문화경관팀, 한국건설교통기술평가원 도시건축사업실 (경유)
 제목 제1차 전체 워크샵(부여) 및 답사 공고

건립 검토요망 메모요망 답신 요망 재사유

- 귀 기관의 유공한 발전을 기원합니다.
- 제1차 전체 워크샵(부여)을 개최합니다. 워크샵은 충청남도 부여군 백제문화 400(합정리578)에 위치한 롯데부여리조트입니다. 많은 참석 부탁드립니다.

-목적 : 제1차 전체 워크샵(부여) 및 답사
 -일정 : 2012년 08월 24일~08월 25일(1박 2일)
 -장소 : 롯데부여리조트 <http://www.lottebuejresort.com/>
 충청남도 부여군 백제문화 400(합정리578) <전화 : 041-939-1000>

날짜	시간	내용	진행	
08/24 목요일	14:00	연소합참	연구단 및 세부연사	
		박스 배정		
	15:00	회의실 이동	한국건설문화재단 고대강장	
	16:00	연구책임자 회의	연구단장	
	16:00~16:20	1세부	통합시공 시스템 개발	
	16:20~16:40	2세부	한국스틸강개발원 통합 한국에너지개발	
	16:40~17:00	3세부	한국 에너지스 기술개발	
	17:00	17:00~17:20	4세부	한국건축 종합정보시스템 및 건축용 한국부재 라이선스관리 구축
	17:20~18:00	회의	동료 회의	
	18:00	회의	한국건설문화재단(내부 식당(부음식))	
20:00	18:00	Mock-up 구축 회의	관련 책임연구자 및 실무책임자	
		1세부 회의	1세부 책임자 : 정영수	
		2세부 회의	2세부 책임자 : 임수환	
		3세부 회의	3세부 책임자 : 송영철	
08/25 토요일	08:00	조식	롯데리조트 내부 식당	
	09:00	답사	국립역사문화재단 국사지정릉	
	11:00	답사		
	12:00	종료		

※ 각실배정을 위해 빠른 회신을 부탁드립니다.

(f) 시공 및 성능테스트동(지신재) 기둥 함수율 측정

2013년 5월 3일 시공 및 성능테스트동(지신재) 측정 장면

2) 전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정

■ 전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정일지

전통한옥 성능 테스트동 연구일지					전통한옥 성능 테스트동 연구일지						
1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수					1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수						
조사일자	2012년 8월 9일	측정시간	온도	32.6℃	조사일자	2012년 11월 7일	측정시간	온도	13.2℃		
날씨	■맑음, □흐림, □비 □눈, □기타()	17:20	습도	54.5%	정선영, 최호중	날씨	□맑음, ■흐림, □비 □눈, □기타()	17:20	습도	54.4%	
정선영, 최호중					정선영, 최호중, 김진강, 김동희, 류중수						
치질측정 (동쪽부터 시계방향순)					치질측정 (동쪽부터 시계방향순)						
부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)	부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)
서까래	a	2744.0	2744.8	2744.5		서까래	a	2751.8	2749.6	2760.7	
	b	2717.3	2717.7	2717.7			b	2718.9	2716.5	2718.0	
추녀	a	2990.7	2990.4	2990.2		추녀	a	2989.7	2989.7	2989.9	
	b	2971.2	2971.5	2971.5			b	2971.1	2972.0	2972.3	
	c	2992.8	2993.0	2992.5			c	2997.5	2997.2	2997.6	
기둥	a	2234.9	2234.1	2234.4		기둥	a	2235.1	2235.1	2235.2	
	b	2535.0	2534.7	2535.3			b	2535.2	2534.9	2535.3	
	c	2402.4	2402.5	2402.7			c	2402.5	2402.3	2402.6	
	d	2404.5	2404.4	2404.9			d	2403.4	2403.3	2403.0	
	e	2540.6	2540.7	2540.7			e	2540.9	2541.1	2540.6	
합수율측정 (동쪽부터 시계방향순)					합수율측정 (동쪽부터 시계방향순)						
부재	부위	측정값1(%)	측정값2(%)	측정값3(%)	평균값(mm)	부재	부위	측정값1(%)	측정값2(%)	측정값3(%)	평균값(mm)
기둥	a	11.3	10.5	10.9		기둥	a	11.8	12.2	12.5	
	b	11.1	11.1	11.1			b	11.9	11.4	11.2	
	c	10.7	10.7	10.6			c	11.2	11.1	11.0	
	d	11.4	11.7	11.7			d	11.6	11.6	11.7	
	e	11.7	11.8	12.1			e	13.2	12.8	13.1	

전통한옥 성능 테스트동 연구일지					전통한옥 성능 테스트동 연구일지						
1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수					1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수						
조사일자	2013년 3월 14일	측정시간	온도	12.8℃	조사일자	2013년 5월 8일	측정시간	측정 온도	21.4℃		
날씨	■맑음, □흐림, □비 □눈, □기타()	16:40	습도	41.2%	정선영, 김동휘, 류중수	날씨	■맑음, □흐림, □비 □눈, □기타()	15:20	지역 최저온도 지역 최고온도	15.0℃ 39.5℃	
정선영, 김동휘, 류중수					정선영, 류중수, 김동휘						
치질측정 (동쪽부터 시계방향순)					치질측정 (동쪽부터 시계방향순)						
부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)	부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	기타
서까래	a	2749.8	2749.3	2749.4		서까래	a	2722.9	2725.3	2726.5	
	b	2709.9	2709.7	2709.6			b	2699.6	2699.4	2699.1	
추녀	a	2985.1	2985.0	2985.1		추녀	a	2985.4	2985.9	2984.7	
	b	2961.3	2962.1	2962.0			b	2960.1	2960.1	2960.3	
	c	2992.7	2992.9	2993.1			c	2991.4	2991.4	2991.3	
기둥	a	2234.6	2234.7	2234.5		기둥	a	2234.2	2234.6	2234.6	
	b	2535.0	2534.9	2534.6			b	2535.1	2535.1	2535.5	
	c	2402.1	2402.4	2401.5			c	2403.0	2402.5	2402.5	
	d	2403.5	2403.7	2403.4			d	2403.5	2403.5	2403.3	
	e	2540.7	2540.4	2540.4			e	2540.2	2540.2	2540.4	
합수율측정 (동쪽부터 시계방향순)					합수율측정 (동쪽부터 시계방향순)						
부재	부위	측정값1(%)	측정값2(%)	측정값3(%)	평균값(mm)	부재	부위	측정값1(%)	측정값2(%)	측정값3(%)	기타
기둥	a	8.6	8.7	8.9		기둥	a	10.0	10.2	10.3	
	b	9.0	9.2	9.4			b	10.9	10.8	10.7	
	c	9.3	9.2	9.3			c	11.3	11.0	11.0	
	d	10.6	10.7	10.2			d	11.5	11.7	11.9	
	e	11.0	10.8	10.8			e	11.7	12.4	12.0	

전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정일지 중 일부

■ 전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정과정



(a) 전통한옥 성능테스트동(온고재)



(b) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



(c) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



(d) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



(e) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

2012년 9월 13일 전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정 장면



(a) 전통한옥 성능테스트동(온고재)



(b) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



(c) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



(d) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



(e) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

2013년 1월 2일 전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정 장면



(a) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
전경



(c) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



(b) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



(d) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
보 처짐 측정



(e) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



(f) 전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

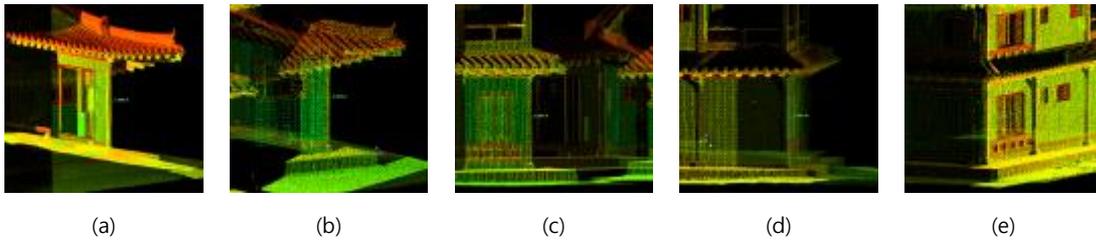
2013년 1월 2일 전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정 장면

3.2.2. 3차원 스캐너를 이용한 변형 측정

1) 3차원 스캐너

3차원 스캐너로 시공 및 성능 테스트 등의 스캔을 실시하여 DOT DATA로 레이저 거리 측정기의 측정부위와 같은 부분의 지점간 거리를 확인하였다.

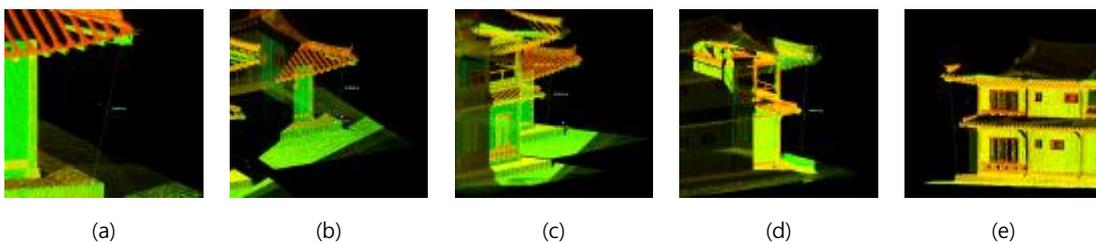
■ 기둥



기둥의 3차원 스캐너 거리 측정값

	부재	3차원 스캐너 거리측정(mm)			변형차이	
		측정값1	측정값2	평균값		
지 점 간 거 리	기 둥	a	2,566.0	2582.0	2574.0	11.3
		b	2,583.0	2590.0	2586.5	-4.1
		c	2,561.0	2584.0	2572.5	7.8
		d	2,573.0	2578.0	2575.5	6.8
		e	2,567.0	2576.0	2571.5	12.5

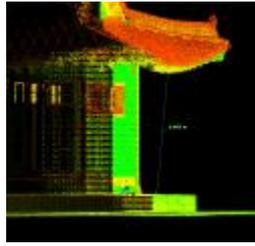
■ 추녀



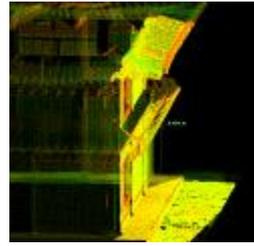
추녀의 3차원 스캐너 거리 측정값

	부재	3차원 스캐너 거리측정(mm)			변형차이	
		측정값1	측정값2	평균값		
지 점 간 거 리	추 녀	a	2894.0	2898.0	2896.0	-24.3
		b	2880.0	2898.0	2889.0	-22.0
		c	5621.0	5625.0	5623.0	7.3
		d	5667.0	5671.0	5669.0	4.3
		e	5675.0	5646.0	5660.5	7.9

■ 서까래



(a)



(b)

서까래의 3차원 스캐너 거리 측정값

	부재		3차원 스캐너 거리측정(mm)			변형 차이
			측정값1	측정값2	평균값	
지점간 거리	서까래	a	2591.0	2602.0	2596.5	26.5
		b	5402.0	5404.0	5403.0	1.8

서까래, 추녀, 기둥의 변형차이의 오차값

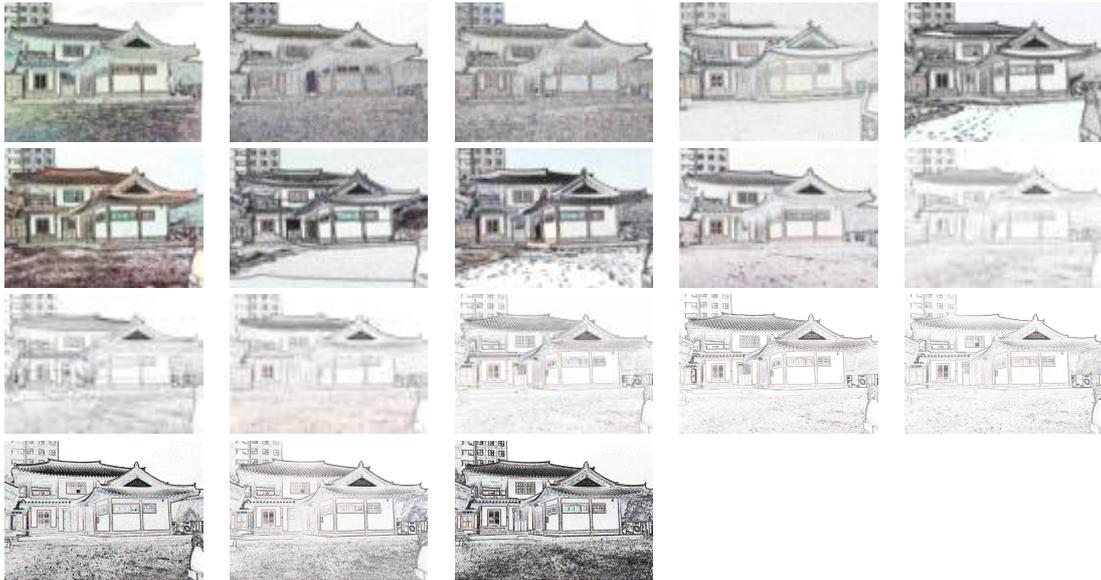
	부재		레이저 거리 측정기의 거리측정(mm)				3차원 스캐너 거리측정(mm)			변형 차이
			측정값1	측정값2	측정값3	평균값	측정값1	측정값2	평균값	
지점간 거리	서까래	a	2622.9	2623.2	2623.0	2623.0	2591.0	2602.0	2596.5	26.5
		b	5404.8	5404.4	5405.2	5404.8	5402.0	5404.0	5403.0	1.8
	추녀	a	2871.1	2871.7	2872.2	2871.7	2894.0	2898.0	2896.0	-24.3
		b	2866.8	2867.0	2867.3	2867.0	2880.0	2898.0	2889.0	-22.0
		c	5630.5	5630.2	5630.2	5630.3	5621.0	5625.0	5623.0	7.3
		d	5673.1	5673.4	5673.3	5673.3	5667.0	5671.0	5669.0	4.3
		e	5669.6	5668.1	5667.6	5668.4	5675.0	5646.0	5660.5	7.9
	기둥	a	2585.2	2585.1	2585.5	2585.3	2566.0	2582.0	2574.0	11.3
		b	2582.2	2582.3	2582.7	2582.4	2583.0	2590.0	2586.5	-4.1
		c	2580.4	2580.4	2580.0	2580.3	2561.0	2584.0	2572.5	7.8
		d	2582.2	2582.4	2582.2	2582.3	2573.0	2578.0	2575.5	6.8
		e	2584.0	2583.9	2584.0	2584.0	2567.0	2576.0	2571.5	12.5

위의 기둥, 추녀, 그리고 서까래의 레이저 거리 측정 결과와 3차원 스캐너의 거리측정 결과를 정리하면 다음과 같다. 실제 3차원 스캐너의 경우 기계 자체적인 허용 오차와 데이터 분석의 오차가 있음을 알 수 있었다. 변형의 차이값은 서까래에서 최대 26.5mm, 최소 1.8mm의 오차를 보였다. 그러나, 다음과 같은 결과들은 실제 처짐에 비하여 상당히 오차가 크기 때문에, 실질적인 변형형상을 규명하기 어렵다. 따라서 1차 측정 이후, 3차원 스캐너 측정을 대신하여 저렴하고, 오차수준이 비슷하게 개발된 디지털 합성 영상 변형 분석을 통하여 변형 형상을 측정하였다. 이는 오차수준이 비슷하면서도 저렴하고, 간편하게 측정을 할 수 있다는 장점이 있다.

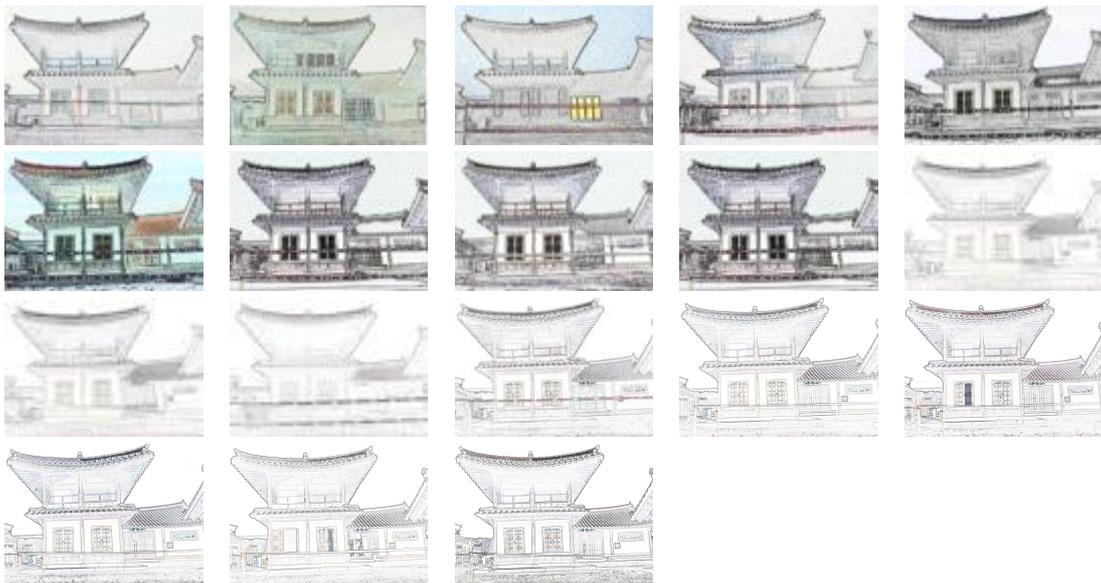
3.2.3. 디지털 영상합성 변형분석

1) 외곽선 추출 영상

- 시공 및 성능테스트동(지신재) 및 전통한옥 성능테스트동(온고재)



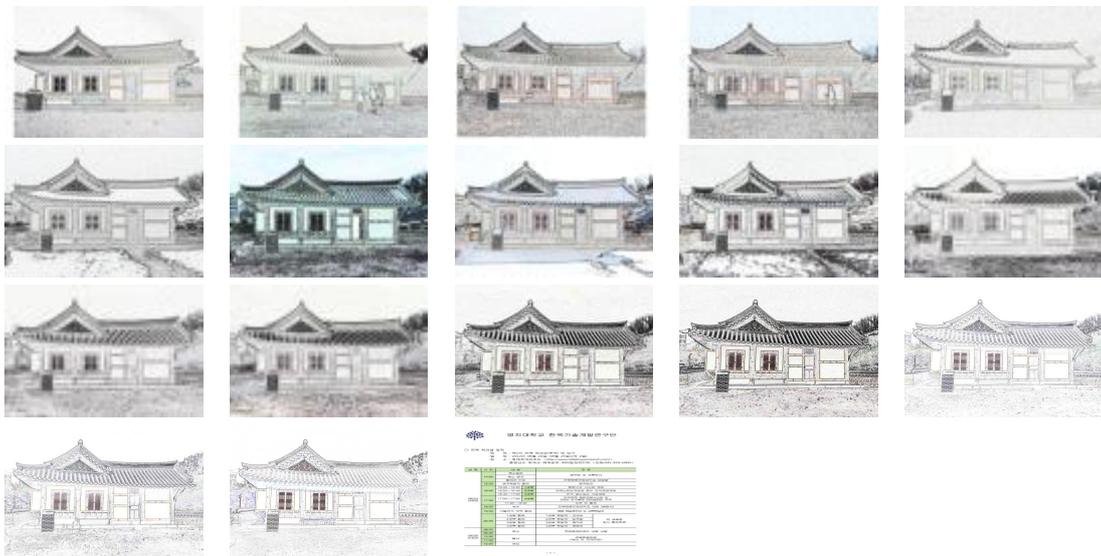
시공 및 성능테스트동(지신재) 측정위치1 측정영상



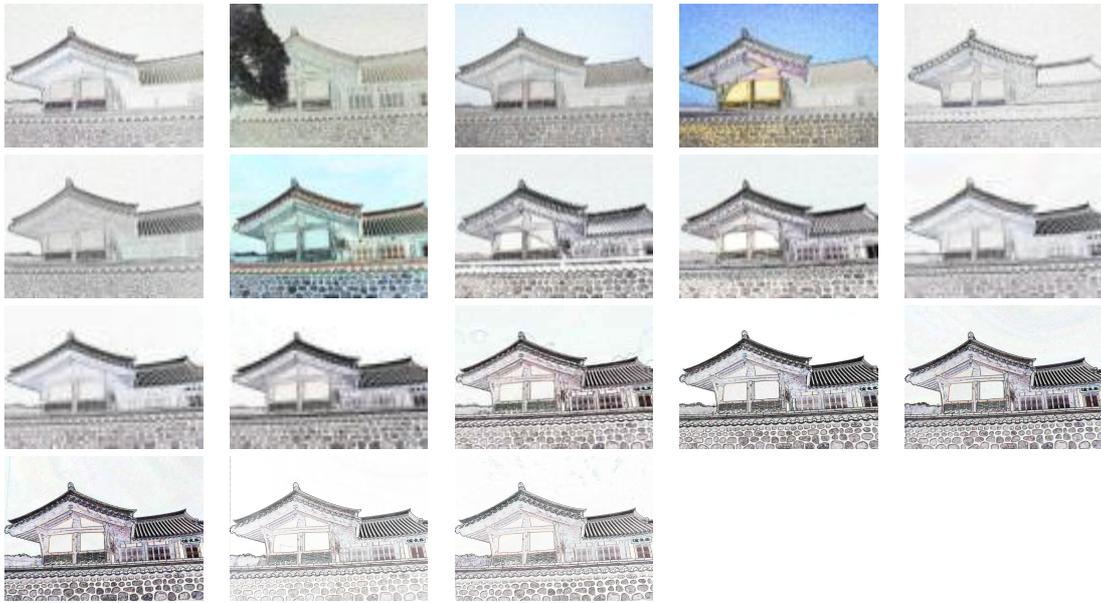
시공 및 성능테스트동(지신재) 측정위치2 측정영상



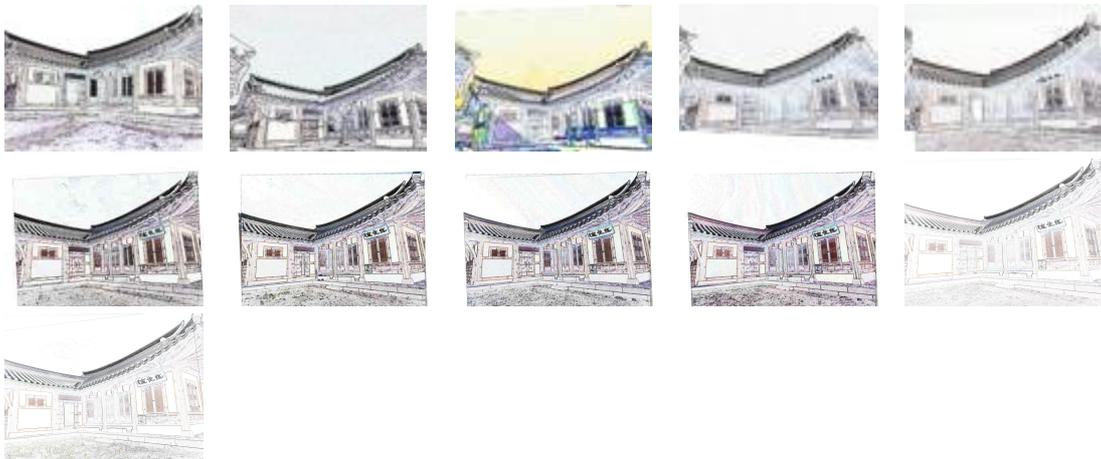
시공 및 성능테스트동(지신재) 측정위치3 측정영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정위치1 측정영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정위치2 측정영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 측정위치3 측정영상

2) 평균정지영상 추출

■ 시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재) 2012년 11월 평균정지영상



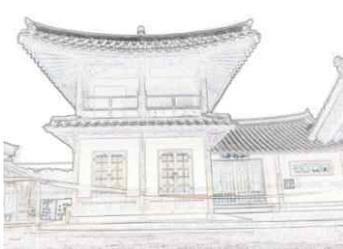
시공 및 성능테스트동(지신재) 2012년 12월 평균정지영상



시공 및 성능테스트동(지신재) 2013년 1월 평균정지영상



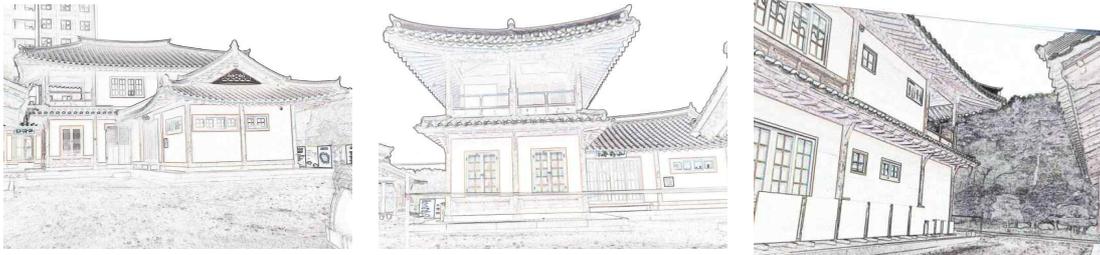
시공 및 성능 테스트동(지신재) 2013년 2월 평균정지영상



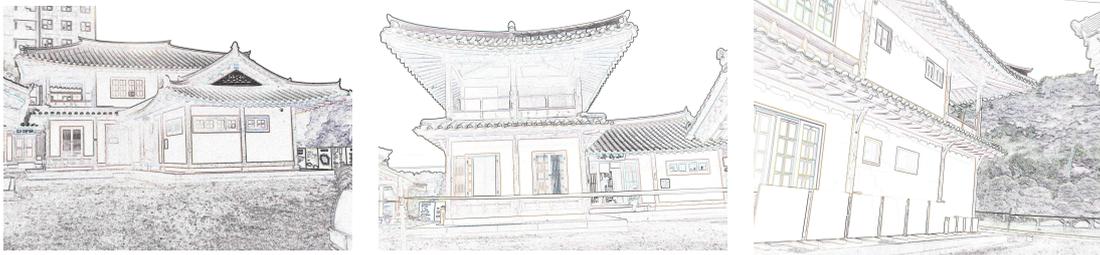
시공 및 성능테스트동(지신재) 2013년 3월 평균정지영상



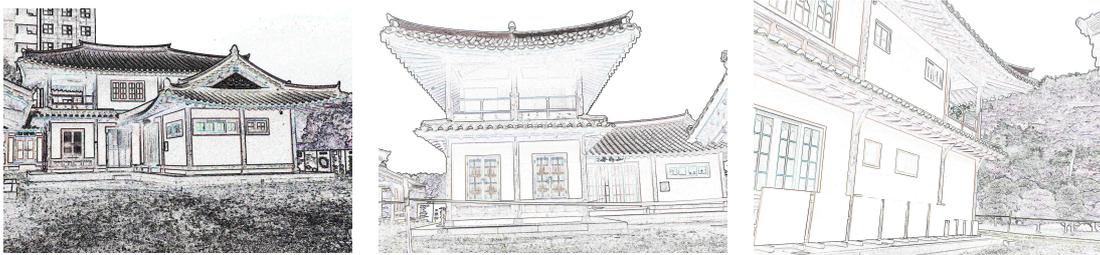
시공 및 성능테스트동(지신재) 2013년 4월 평균정지영상



시공 및 성능테스트동(지신재) 2013년 5월 평균정지영상



시공 및 성능테스트동(지신재) 2013년 6월 평균정지영상

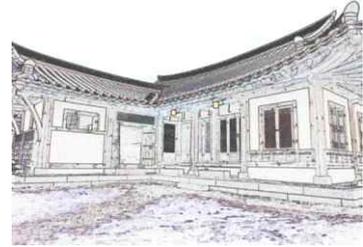
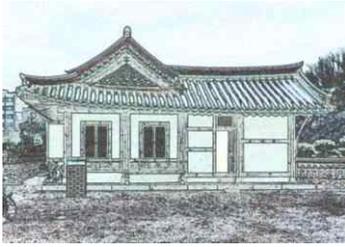


시공 및 성능테스트동(지신재) 2013년 7월 평균정지영상

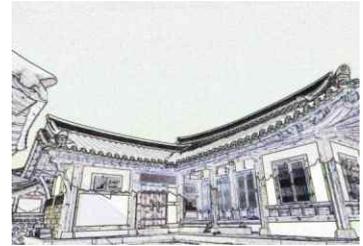
■ 전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재) 2012년 11월 평균정지영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 2012년 12월 평균정지영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 2013년 1월 평균정지영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 2013년 2월 평균정지영상



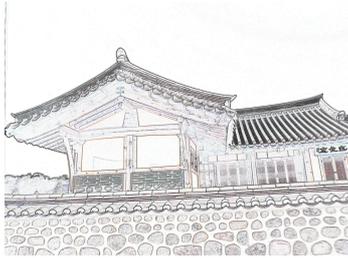
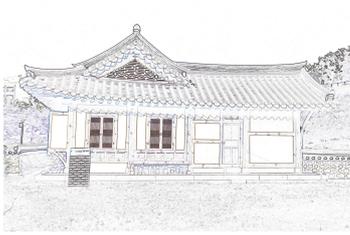
전통한옥 성능테스트동(온고재) 2013년 3월 평균정지영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 2013년 4월 평균정지영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 2013년 5월 평균정지영상



전통한옥 성능테스트동(온고재) 2013년 6월 평균정지영상

논문상세정보

논문명: 전통한옥 성능테스트동(온고재) 2013년 7월 평균정지영상

저자: 김민서, 김민서

발행처: 한국과학기술정보연구원

발행연도: 2014년 01월 01일

발행권호: 제11권 제1호

발행페이지: 1-12

ISSN: 2095-4255

DOI: 10.1371/journal.pone.0100000

키워드: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

주제어: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

주요어: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

키워드: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

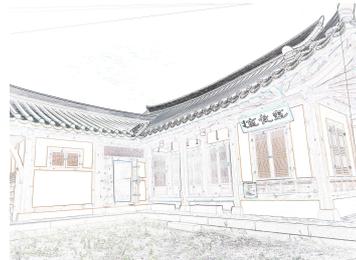
주제어: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

주요어: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

키워드: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

주제어: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

주요어: 전통한옥, 성능테스트, 온고재, 평균정지영상

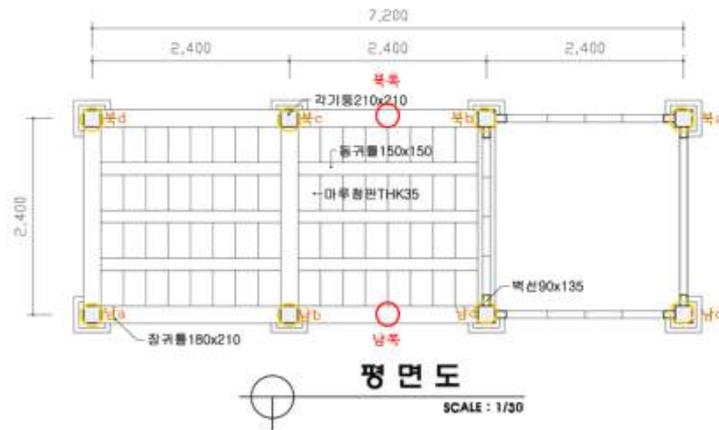


전통한옥 성능테스트동(온고재) 2013년 7월 평균정지영상

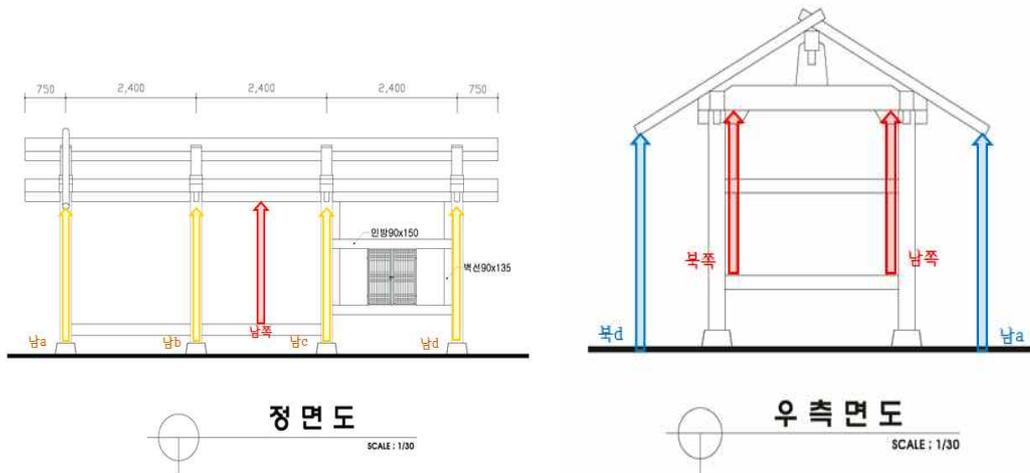
3.3. 예제한옥 측정 내용

3.3.1. 예제한옥(명지대 무루정)의 부재별 처짐 및 함수율 측정 위치

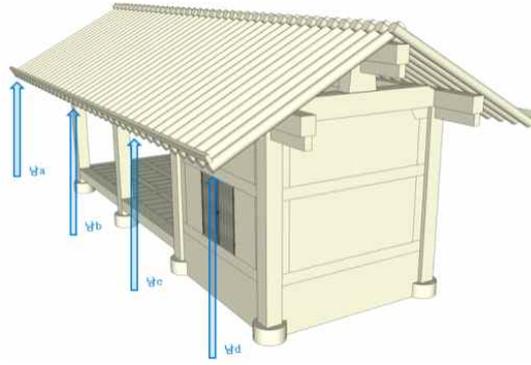
실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 경우 3차년도 연구종료 시점에 완공되어 변형 및 함수율을 측정하지 못하였다. 이에 예제한옥(명지대 무루정)의 변형과 함수율을 매주 계측하며 실험한옥의 모니터링에 대비하였다. 예제한옥(명지대 무루정)의 경우 레이저 거리 측정기와 함수율 측정기를 이용해 서까래의 처짐과 기둥의 축소량을 측정하였고, 이때 남측과 북측의 상대적인 변형특성을 살피기 위하여 측정위치를 남북으로 나누어 계획하였다. 빨강색으로 표시된 부분은 중심도리, 파랑색은 서까래, 노랑색은 기둥의 축소량 측정 위치이다.



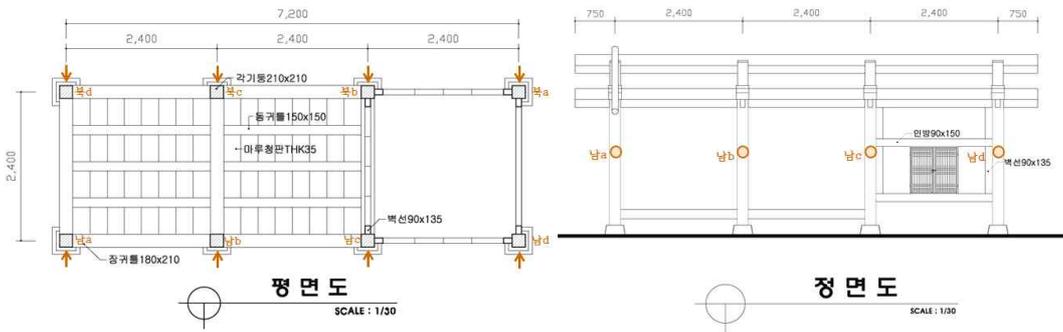
무루정 처짐 측정위치(빨강:중심도리, 파랑:서까래, 노랑:기둥)



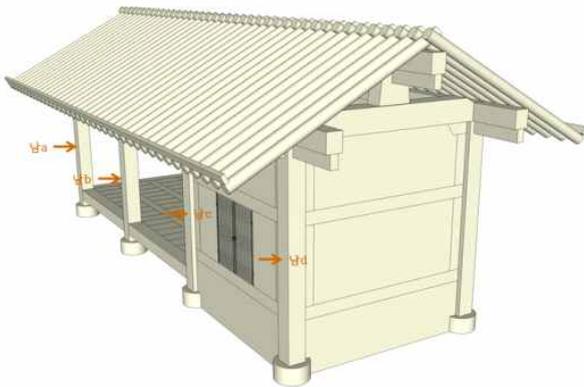
무루정 처짐 측정위치(빨강:중심도리, 파랑:서까래, 노랑:기둥)



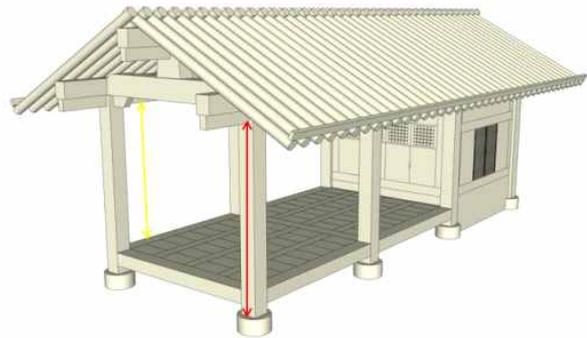
무루정 서까래 처짐 측정위치(기단-서까래아랫부분)



무루정 기둥 함수를 측정 위치



무루정 기둥 함수를 측정 위치



무루정 기둥 축소량 및 수직변위 측정
(빨강: 초석윗면-대량아랫면의 길이, 노랑: 1층 바닥-주심도리의 길이)

예제한옥(무루정) 구조모니터링 부재 정보(단위:mm)

	단면크기	기둥높이		형태	단면크기	경간
기둥 북a~d	210*210	2,700	보a	평방,창방	180*210 (90*150)	2,400
기둥 남a~d	210*210	2,700				
서까래a	D120	2,100	보b	평방,창방	180*210 (90*150)	2,400
서까래b	D120	900				

3.3.2. 예제한옥(명지대 무루정) 측정과정

1) 주요 구조부재의 변형 측정

■ 예제한옥(명지대 무루정) 측정일지

예제한옥(명지대 무루정) 연구일지						예제한옥(명지대 무루정) 연구일지						
1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수						1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수						
조사일자	2012년 8월 3일	측정시간	온도	29.6℃	조사자	조사일자	2012년 11월 7일	측정시간	온도	15.5℃	조사자	
날씨	■맑음, □흐림, □비 □눈, □기타()	17:00	습도	64.9%	정선영, 최호중	날씨	□맑음, ■흐림, □비 □눈, □기타()	17:10	습도	52.0%	정선영, 최호중, 김진강	
치점측정 (동쪽부터 a,b,c,d,e)						치점측정 (동쪽부터 a,b,c,d,e)						
부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)	부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)	
주심도리	북쪽 (단조 방향) 남쪽 (운동장 방향)	a	2041.2	2040.4	2040.2	2040.6	주심도리	북쪽 (단조 방향) 남쪽 (운동장 방향)	a	2040.7	2040.9	2040.6
		b	2056.3	2056.3	2056.0	2056.5			b	2050.8	2050.2	2050.5
		c	2355.2	2359.0	2364.4	2359.3			c	2358.4	2358.8	2357.3
		d	2353.7	2346.5	2347.6	2351.3			d	2342.2	2344.4	2345.4
		e	2342.2	2337.0	2343.8	2343.5			e	2336.0	2336.7	2336.5
서까래	북쪽	a	2375.7	2374.4	2370.6	2373.6	서까래	북쪽	a	2352.9	2361.3	2353.9
		b	2364.3	2360.3	2363.7	b			2377.6	2377.3	2378.5	
		c	2340.7	2338.7	2339.2	c			2342.9	2341.8	2345.5	
		d	2354.4	2346.6	2346.1	d			2354.1	2354.8	2352.2	
		e	2319.1	2311.2	2319.2	e			2331.7	2333.0	2334.1	
기둥	남쪽	a	2322.1	2321.7	2321.5	2321.8	기둥	남쪽	a	2318.3	2328.1	2318.3
		b	2290.2	2289.5	2289.7	b			2322.7	2322.7	2322.4	
		c	2354.3	2354.8	2353.8	c			2289.8	2290.2	2290.2	
		d	2354.5	2353.5	2353.7	d			2354.3	2353.4	2352.8	
		e	2240.3	2240.4	2240.4	e			2354.2	2354.2	2354.2	
합수율측정	기둥	a	9.8	9.4	9.1	9.4	합수율측정	기둥	a	10.8	10.3	10.2
		b	12.3	12.1	12.1	b			13.1	13.2	13.3	
		c	12.0	12.1	10.9	c			10.2	10.2	10.3	
		d	10.7	10.6	10.7	d			11.0	11.8	10.8	
		e	10.8	11.0	10.7	e			9.1	9.1	9.2	

예제한옥(명지대 무루정) 연구일지						예제한옥(명지대 무루정) 연구일지						
1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수						1-3 신원옥 통합구조 기술개발 연구책임자 : 명지대 김 영 민 교수						
조사일자	2012년 1월 2일	측정시간	온도	0.1℃	조사자	조사일자	2013년 5월 3일	측정시간	측정 온도	21.0℃	조사자	
날씨	■맑음, □흐림, □비 □눈, □기타()	15:25	습도	24.2%	김진강, 김동휘, 유중수, 신다빈, 이지혜, 이영근	날씨	■맑음, □흐림, □비 □눈, □기타()	15:00	지역 최고온도	37.36%	정선영, 유중수, 김동휘	
치점측정 (동쪽부터 a,b,c,d,e)						치점측정 (동쪽부터 a,b,c,d,e)						
부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)	부재	부위	측정값1(mm)	측정값2(mm)	측정값3(mm)	평균값(mm)	
주심도리	북쪽 (단조 방향) 남쪽 (운동장 방향)	a	2040.5	2039.8	2039.9	2039.9	주심도리	상대변위 (하단방향) 남쪽 (운동장 방향)	a	2039.0	2039.2	2039.7
		b	2050.2	2050.1	2050.2	b			2050.3	2050.5	2050.5	
		c	2353.6	2353.1	2355.8	c			2356.3	2356.9	2358.4	
		d	2344.5	2343.0	2344.1	d			2340.1	2342.4	2342.7	
		e	2326.6	2322.1	2332.7	e			2324.1	2325.3	2324.8	
서까래	북쪽	a	2348.7	2348.0	2349.1	2348.7	서까래	북쪽	a	2346.3	2346.1	2346.8
		b	2368.5	2367.0	2368.1	b			2368.6	2368.6	2367.9	
		c	2330.4	2332.2	2331.0	c			2350.0	2351.1	2348.5	
		d	2343.0	2339.8	2341.7	d			2351.1	2352.6	2351.6	
		e	2318.2	2318.0	2318.7	e			2332.6	2332.6	2331.6	
기둥	남쪽	a	2321.7	2321.2	2321.2	2321.4	기둥	남쪽	a	2351.7	2353.4	2354.0
		b	2289.2	2289.5	2290.1	b			2353.9	2354.4	2354.3	
		c	2353.4	2353.1	2353.2	c			2359.0	2359.0	2359.0	
		d	2354.6	2354.5	2354.5	d			2293.2	2292.9	2293.3	
		e	2239.2	2239.5	2239.7	e			2299.7	2300.1	2300.0	
합수율측정	기둥	a	10.8	11.3	11.0	11.0	합수율측정	기둥	a	11.9	11.8	10.9
		b	12.9	12.7	13.0	b			12.1	12.2	12.0	
		c	10.2	10.4	10.3	c			12.0	11.8	11.7	
		d	11.2	11.0	11.6	d			11.5	11.5	11.6	
		e	11.2	10.9	11.7	e			9.2	9.1	9.2	

예제한옥(명지대 무루정) 측정일지 중 일부

■ 예제한옥(명지대 무루정) 측정과정



(a) 무루정 전체사진



(b) 무루정 주심도리 처짐 측정



(c) 무루정 서까래 처짐 측정



(d) 무루정 기둥 길이 측정



(e) 무루정 기둥 함수율 측정

2012년 10월 5일 예제한옥(명지대 무루정) 측정 장면



(a) 무루정 전체사진



(c) 무루정 서까래 처짐 측정



(b) 무루정 주심도리 처짐



(d) 무루정 기둥 길이 측정



(e) 무루정 기둥 함수율 측정

2013년 2월 14일 예제한옥(명지대 무루정) 측정 장면



(a) 무루정 전체사진



(b) 무루정 주심도리 처짐 측정



(c) 무루정 서까래 처짐 측정



(d) 무루정 기둥 길이 측정

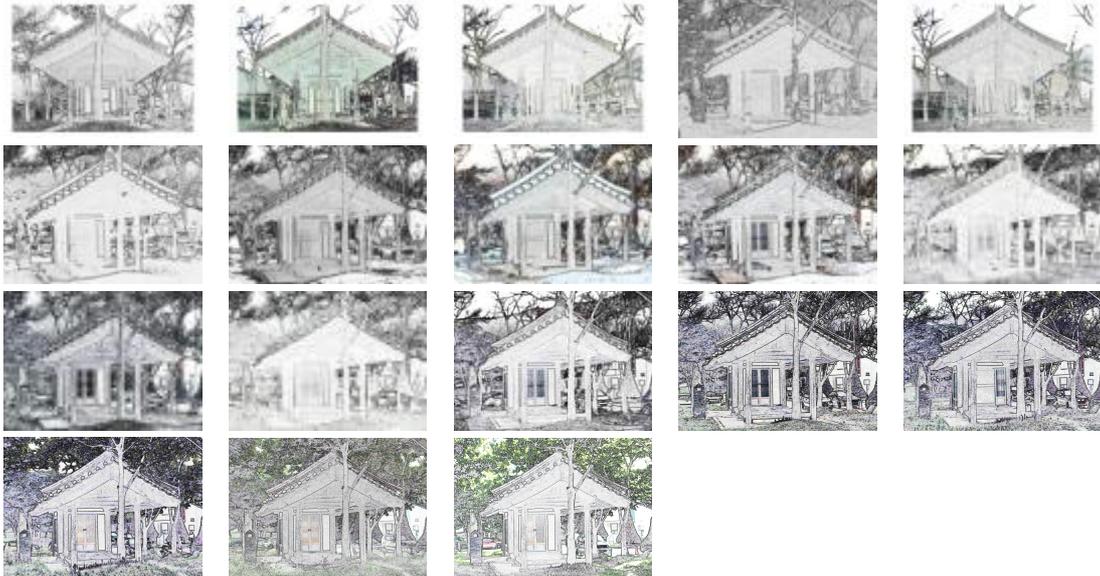


(e) 무루정 기둥 함수율 측정

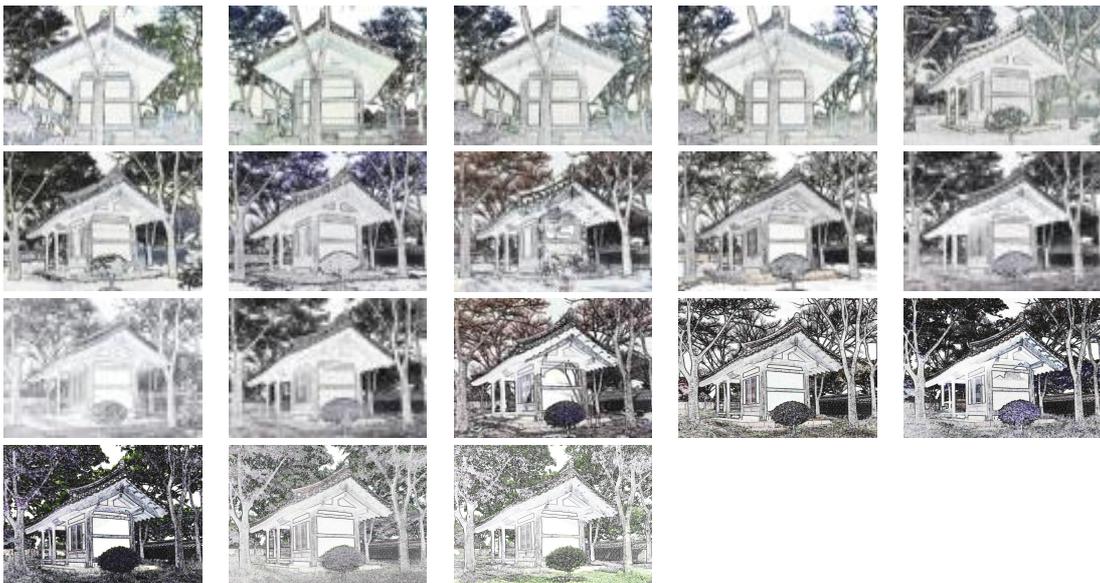
2013년 5월 3일 예제한옥(명지대 무루정) 측정 장면

2) 디지털 영상합성 변형분석

■ 외곽선 추출 영상



예제한옥(명지대 무루정) 측정위치1



예제한옥(명지대 무루정) 측정위치2



예제한옥(명지대 무루정) 측정위치3

■ 평균정지영상 추출



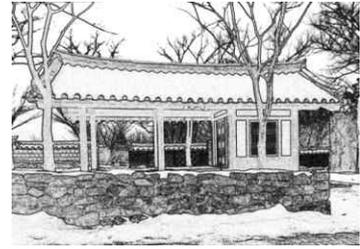
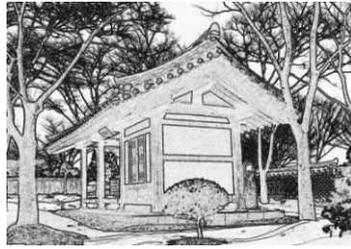
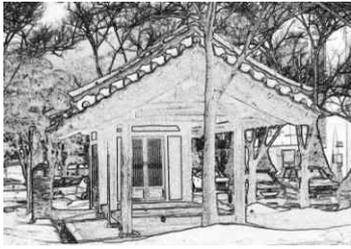
예제한옥(명지대 무루정) 2012년 11월 평균정지영상



예제한옥(명지대 무루정) 2012년 12월 평균정지영상



예제한옥(명지대 무루정) 2013년 1월 평균정지영상



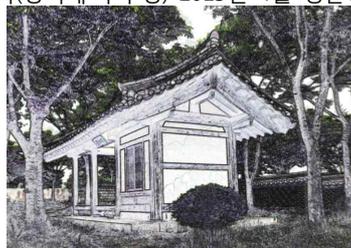
예제한옥(명지대 무루정) 2013년 2월 평균정지영상



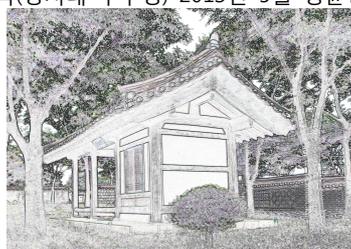
예제한옥(명지대 무루정) 2013년 3월 평균정지영상



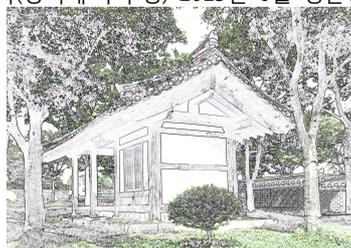
예제한옥(명지대 무루정) 2013년 4월 평균정지영상



예제한옥(명지대 무루정) 2013년 5월 평균정지영상



예제한옥(명지대 무루정) 2013년 6월 평균정지영상



예제한옥(명지대 무루정) 2013년 7월 평균정지영상

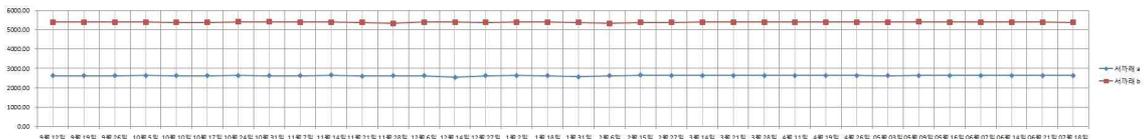
3.4. 구조모니터링 결과

3.4.1. 주요 구조부재의 변형 측정 결과

1) 시공 및 성능테스트동(지신재)

시공 및 성능테스트동(지신재) 서까래 처짐 측정 데이터

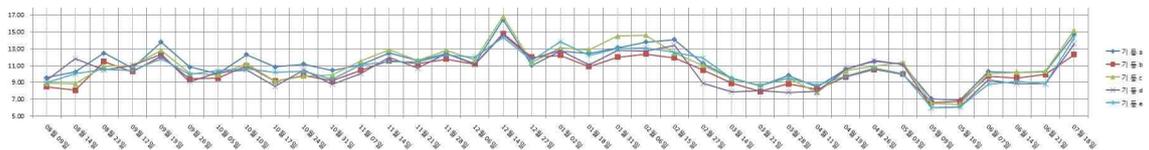
단위 : mm		08월 09일	08월 14일	08월 23일	09월 12일	09월 19일
서까래	a	2623.03	2622.17	2627.63	2621.23	2622.77
	b	5404.80	5377.37	5399.87	5396.87	5400.30
단위 : mm		09월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
서까래	a	2624.47	2631.60	2624.20	2622.57	2629.53
	b	5394.77	5396.07	5377.53	5381.60	5401.50
단위 : mm		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일
서까래	a	2622.36	2617.23	2650.40	2606.07	2624.57
	b	5410.23	5392.40	5397.30	5379.63	5389.78
단위 : mm		12월 06일	12월 14일	12월 27일	01월 02일	01월 18일
서까래	a	2627.90	2547.50	2626.47	2632.27	2591.53
	b	5388.93	5396.27	5380.83	5391.43	5389.59
단위 : mm		01월 31일	02월 06일	02월 14일	02월 27일	03월 14일
서까래	a	2606.21	2599.45	2599.06	2630.47	2631.53
	b	5386.03	5387.77	5387.47	5379.37	5390.90
단위 : mm		03월 21일	03월 28일	04월 11일	04월 19일	04월 26일
서까래	a	2634.50	2637.03	2632.37	2630.93	2636.23
	b	5390.90	5391.37	5386.67	5389.13	5387.10
단위 : mm		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
서까래	a	2627.19	2629.73	2630.50	2635.43	2634.90
	b	5389.30	5409.20	5399.60	5388.77	5389.10
단위 : mm		06월 21일	07월 18일			
서까래	a	2634.53	2632.73			
	b	5389.33	5383.73			



시공 및 성능테스트동(지신재) 서까래 처짐

시공 및 성능테스트동(지신재) 기동 함수율 측정 데이터

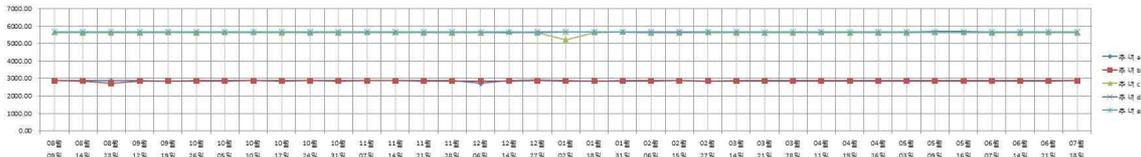
단위 : %		08월 09일	08월 14일	08월 23일	09월 12일	09월 19일
기 동	a	9.57	10.23	12.50	10.67	13.80
	b	8.47	8.07	11.47	10.27	12.13
	c	8.90	8.80	10.90	11.03	12.83
	d	9.30	11.80	10.50	11.03	12.33
	e	9.00	10.00	10.53	10.37	11.80
단위 : %		09월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
기 동	a	10.83	10.00	12.30	10.83	11.17
	b	9.43	9.47	10.97	9.17	9.83
	c	10.07	9.90	11.23	9.10	9.77
	d	9.07	10.17	10.50	8.50	10.50
	e	9.93	10.37	10.63	10.20	10.30
단위 : %		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일
기 동	a	10.43	11.07	12.47	11.60	11.71
	b	9.20	10.43	11.57	11.20	11.07
	c	9.87	11.50	12.87	11.57	11.98
	d	8.77	10.03	11.97	10.70	10.90
	e	9.37	11.07	11.47	11.47	11.33
단위 : %		12월 06일	12월 14일	12월 27일	01월 02일	01월 18일
기 동	a	11.23	16.43	11.03	12.70	13.46
	b	11.17	14.80	12.00	12.23	13.15
	c	11.67	16.83	11.37	13.07	13.83
	d	11.13	14.67	11.83	12.77	13.01
	e	12.00	14.37	11.60	13.83	12.87
단위 : %		01월 31일	02월 06일	02월 15일	02월 27일	03월 14일
기 동	a	12.46	12.94	12.95	11.23	9.50
	b	12.60	14.80	12.85	10.47	8.90
	c	12.83	13.32	13.32	11.03	9.47
	d	12.46	12.67	12.72	8.90	7.87
	e	12.38	12.64	12.63	11.87	9.47
단위 : %		03월 21일	03월 28일	04월 11일	04월 19일	04월 26일
기 동	a	8.60	9.83	8.47	10.57	11.50
	b	7.93	8.83	8.17	9.63	10.53
	c	8.70	9.50	7.80	10.40	10.90
	d	8.00	7.80	7.93	10.57	11.60
	e	8.63	9.50	8.70	9.70	10.67
단위 : %		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
기 동	a	11.13	7.07	6.90	10.27	10.17
	b	9.97	6.57	6.73	9.73	9.53
	c	11.37	6.53	6.37	10.00	10.20
	d	11.17	5.97	6.07	9.27	8.87
	e	10.00	5.97	6.07	8.77	9.13
단위 : %		06월 21일	07월 18일			
기 동	a	10.23	14.70			
	b	9.93	12.30			
	c	10.33	15.17			
	d	8.83	13.57			
	e	8.83	14.27			



시공 및 성능테스트동(지신재) 기동 함수율 측정

시공 및 성능테스트동(지신재) 추녀 처짐 측정 데이터

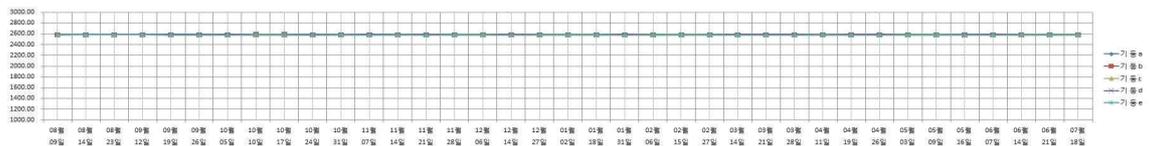
단위 : mm		08월 09일	08월 14일	08월 23일	09월 12일	09월 19일
추녀	a	2871.67	2874.10	2875.17	2878.17	2856.87
	b	2867.03	2862.77	2728.67	2861.20	2860.97
	c	5630.30	5623.70	5626.20	5622.33	5631.10
	d	5673.27	5673.67	5674.93	5670.43	5671.83
	e	5668.43	5656.00	5670.83	5659.80	5661.73
단위 : mm		10월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
추녀	a	2871.73	2872.67	2872.67	2873.90	2873.87
	b	2861.17	2862.67	2872.07	2862.07	2868.97
	c	5620.63	5636.87	5631.80	5625.57	5625.70
	d	5671.47	5670.17	5670.97	5673.10	5671.83
	e	5660.77	5660.33	5675.07	5673.13	5654.53
단위 : mm		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일
추녀	a	2877.00	2875.77	2870.17	2873.03	2872.99
	b	2861.93	2876.83	2872.90	2862.03	2870.59
	c	5626.83	5630.30	5630.20	5610.80	5623.77
	d	5667.70	5672.43	5671.60	5670.90	5671.64
	e	5657.13	5650.70	5658.87	5656.13	5655.23
단위 : mm		12월 06일	12월 14일	12월 27일	01월 02일	01월 18일
추녀	a	2874.12	2872.70	2903.40	2866.33	2886.50
	b	2863.67	2861.90	2877.13	2861.30	2869.12
	c	5629.53	5681.57	5622.53	5224.97	5648.59
	d	5662.60	5645.57	5667.83	5671.50	5658.56
	e	5649.53	5653.33	5646.63	5654.57	5651.13
단위 : mm		01월 31일	02월 06일	02월 15일	02월 27일	03월 14일
추녀	a	2891.10	2887.00	2888.20	2862.63	2873.17
	b	2871.52	2869.66	2870.10	2863.07	2861.53
	c	5637.60	5642.63	5642.94	5641.33	5628.87
	d	5662.89	5661.24	5660.90	5672.13	5671.33
	e	5650.40	5651.65	5651.06	5650.27	5657.63
단위 : mm		03월 21일	03월 28일	04월 11일	04월 19일	04월 26일
추녀	a	2868.67	2870.83	2869.50	2872.40	2876.93
	b	2863.10	2861.87	2862.40	2861.90	2862.10
	c	5620.20	5614.97	5637.30	5613.50	5613.07
	d	5667.37	5668.47	5669.90	5666.67	5667.10
	e	5656.63	5671.73	5654.87	5655.50	5669.43
단위 : mm		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
추녀	a	2868.77	2869.83	2870.83	2867.07	2868.03
	b	2862.60	2861.60	2860.57	2861.97	2862.20
	c	5614.07	5632.33	5632.33	5627.20	5622.43
	d	5670.27	5685.70	5686.60	5673.43	5669.50
	e	5656.17	5662.57	5660.90	5664.47	5666.07
단위 : mm		06월 21일	07월 18일			
추녀	a	2868.67	2871.80			
	b	2862.10	2874.23			
	c	5630.00	5616.50			
	d	5669.90	5670.00			
	e	5665.53	5657.43			



시공 및 성능테스트동(지신재) 추녀 처짐 측정

시공 및 성능테스트동(지신재) 기둥 축소 측정 데이터

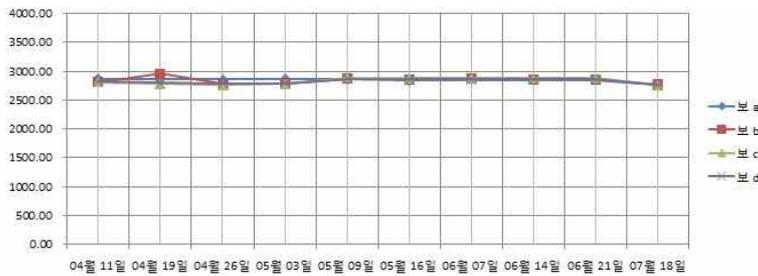
단위 : mm		08월 09일	08월 14일	08월 23일	09월 12일	09월 19일
기둥	a	2585.27	2585.03	2585.07	2585.53	2585.03
	b	2582.40	2581.83	2582.33	2581.87	2581.83
	c	2580.27	2581.63	2582.07	2582.23	2582.33
	d	2582.27	2583.87	2583.83	2581.80	2583.43
	e	2583.97	2583.07	2583.37	2583.87	2579.57
단위 : mm		09월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
기둥	a	2585.77	2585.43	2582.37	2585.47	2585.53
	b	2581.77	2581.87	2586.77	2586.50	2582.27
	c	2582.73	2579.77	2581.93	2581.03	2578.30
	d	2584.23	2579.70	2580.00	2579.93	2578.67
	e	2578.50	2578.20	2578.30	2579.73	2582.73
단위 : mm		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일
기둥	a	2585.33	2585.03	2585.20	2584.83	2585.02
	b	2581.77	2582.13	2581.80	2581.50	2581.81
	c	2581.67	2579.70	2582.90	2578.70	2580.43
	d	2578.37	2584.97	2579.70	2579.23	2581.30
	e	2578.23	2578.40	2578.20	2577.70	2578.10
단위 : mm		12월 06일	12월 14일	12월 27일	01월 02일	01월 18일
기둥	a	2584.47	2584.33	2581.43	2584.33	2584.83
	b	2581.47	2581.90	2581.70	2581.33	2581.57
	c	2581.80	2579.37	2581.33	2582.37	2581.01
	d	2578.50	2579.87	2578.70	2578.00	2578.98
	e	2578.93	2578.24	2577.57	2578.10	2578.40
단위 : mm		01월 31일	02월 06일	02월 14일	02월 27일	03월 14일
기둥	a	2584.81	2584.79	2584.81	2585.50	2584.97
	b	2581.47	2581.56	2581.56	2582.27	2581.63
	c	2581.15	2581.13	2581.10	2580.87	2580.17
	d	2578.95	2578.93	2578.95	2579.83	2579.70
	e	2578.45	2578.46	2578.44	2578.30	2578.07
단위 : mm		03월 21일	03월 28일	04월 11일	04월 19일	04월 26일
기둥	a	2584.73	2584.67	2585.00	2584.70	2584.57
	b	2581.77	2581.80	2582.10	2581.80	2581.83
	c	2579.77	2579.57	2581.63	2579.63	2580.30
	d	2579.30	2579.13	2579.63	2579.80	2579.53
	e	2577.57	2577.53	2579.23	2577.63	2577.10
단위 : mm		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
기둥	a	2584.73	2584.27	2584.73	2584.27	2584.70
	b	2581.93	2582.03	2581.83	2581.73	2581.77
	c	2581.47	2580.43	2580.83	2579.57	2581.17
	d	2579.90	2578.03	2581.33	2579.63	2580.00
	e	2578.00	2578.23	2573.67	2577.80	2577.80
단위 : mm		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
기둥	a	2584.73	2584.27	2584.73	2584.27	2584.70
	b	2581.93	2582.03	2581.83	2581.73	2581.77
	c	2581.47	2580.43	2580.83	2579.57	2581.17
	d	2579.90	2578.03	2581.33	2579.63	2580.00
	e	2578.00	2578.23	2573.67	2577.80	2577.80
단위 : mm		06월 21일	07월 18일			
기둥	a	2584.73	2584.90			
	b	2581.87	2581.57			
	c	2581.90	2583.13			
	d	2579.70	2580.23			
	e	2577.90	2577.63			



시공 및 성능테스트동(지신재) 기둥 축소 측정

시공 및 성능테스트동(지신재) 보 처짐 측정 데이터

단위 : mm		04월 11일	04월 19일	04월 26일	05월 03일	05월 09일
보	a	2864.76	2859.63	2862.37	2863.40	2856.53
	b	2812.53	2955.02	2783.00	2790.82	2867.69
	c	2804.99	2780.38	2759.99	2783.02	2884.28
	d	2814.90	2801.56	2787.01	2787.52	2863.45
단위 : mm		05월 16일	06월 07일	06월 14일	06월 21일	07월 18일
보	a	2842.78	2843.27	2843.19	2843.31	2767.96
	b	2859.54	2870.89	2860.62	2860.67	2770.29
	c	2874.81	2875.37	2876.19	2872.94	2758.35
	d	2861.98	2861.99	2862.22	2861.09	2757.93

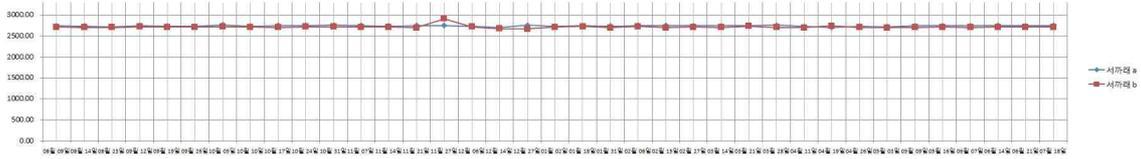


시공 및 성능테스트동(지신재) 보 처짐 측정

2) 전통한옥 성능테스트동(온고재)

전통한옥 성능테스트동(온고재) 서까래 처짐 측정 데이터

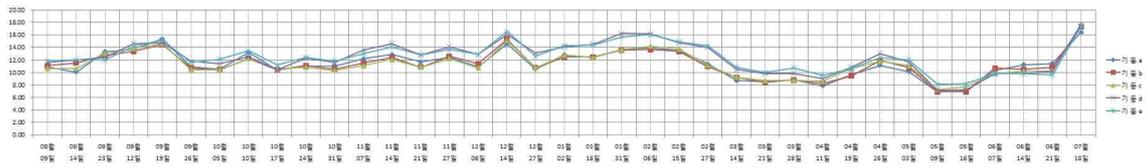
단위 : mm		08월 09일	08월 14일	08월 23일	09월 12일	09월 19일
서까래	a	2744.43	2740.90	2721.20	2755.70	2737.40
	b	2717.57	2711.07	2708.77	2723.97	2718.73
단위 : mm		09월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
서까래	a	2729.67	2766.40	2737.73	2751.17	2755.43
	b	2716.83	2721.60	2717.60	2708.93	2727.47
단위 : mm		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일
서까래	a	2758.43	2754.03	2737.40	2753.60	2748.34
	b	2725.90	2717.80	2718.70	2705.53	2714.01
단위 : mm		12월 06일	12월 14일	12월 27일	1월 2일	01월 18일
서까래	a	2739.20	2700.63	2759.60	2759.60	2731.13
	b	2722.97	2678.67	2675.53	2675.53	2682.20
단위 : mm		01월 31일	02월 06일	02월 14일	02월 27일	03월 14일
서까래	a	2741.29	2735.19	2735.87	2749.87	2749.50
	b	2683.37	2685.99	2683.85	2713.03	2709.73
단위 : mm		03월 21일	03월 28일	04월 11일	04월 19일	04월 26일
서까래	a	2752.37	2764.97	2735.00	2709.20	2734.37
	b	2737.07	2707.13	2702.27	2745.47	2711.87
단위 : mm		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
서까래	a	2724.90	2748.40	2747.40	2748.27	2751.80
	b	2699.37	2712.43	2716.50	2710.70	2713.23
단위 : mm		06월 21일	07월 18일			
서까래	a	2749.90	2751.07			
	b	2713.70	2719.30			



전통한옥 성능테스트동(온고재) 서가래 처짐 측정

전통한옥 성능 테스트 동 기둥 함수율 측정 데이터

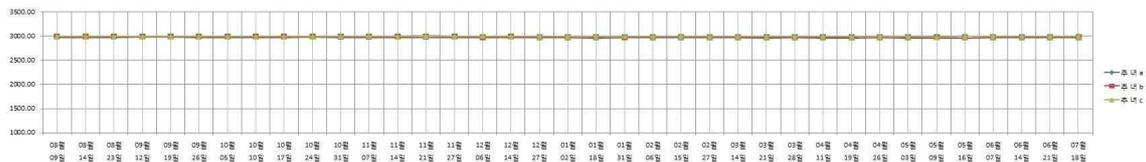
단위 : %		08월 09일	08월 14일	08월 23일	09월 12일	09월 19일
기둥	a	10.90	10.03	13.33	13.70	15.37
	b	11.10	11.53	12.73	13.40	14.47
	c	10.67	10.67	13.07	13.83	14.67
	d	11.60	11.97	12.43	14.60	14.77
	e	11.87	11.97	11.97	14.23	15.20
단위 : %		09월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
기둥	a	10.87	10.57	13.17	10.43	11.00
	b	10.73	10.43	12.23	10.43	11.10
	c	10.43	10.43	12.23	10.60	10.87
	d	11.77	11.37	12.47	10.47	12.30
	e	11.63	12.13	13.47	11.20	12.40
단위 : %		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일
기둥	a	11.07	12.17	12.87	11.70	12.24
	b	10.53	11.50	12.37	10.87	11.58
	c	10.37	11.10	12.10	10.83	11.34
	d	11.57	13.63	14.60	12.80	13.68
	e	11.83	13.03	14.10	12.83	13.32
단위 : %		12월 06일	12월 14일	12월 27일	01월 02일	01월 18일
기둥	a	10.97	14.57	12.64	10.53	13.31
	b	11.37	15.33	10.73	10.73	12.85
	c	10.77	15.13	10.73	10.73	12.69
	d	12.87	16.10	13.10	13.10	14.41
	e	12.90	16.57	12.57	12.57	14.38
단위 : %		01월 31일	02월 06일	02월 14일	02월 27일	03월 14일
기둥	a	12.89	12.98	13.06	11.37	8.73
	b	12.02	12.45	12.44	10.97	9.20
	c	11.88	12.26	12.28	11.17	9.27
	d	13.84	14.09	14.11	14.00	10.50
	e	13.65	14.02	14.02	14.27	10.87
단위 : %		03월 21일	03월 28일	04월 11일	04월 19일	04월 26일
기둥	a	8.53	8.87	7.85	9.67	11.17
	b	8.40	8.80	8.27	9.43	11.90
	c	8.70	8.73	8.60	10.60	11.77
	d	9.83	9.83	9.03	10.83	13.03
	e	10.00	10.73	9.53	10.67	12.43
단위 : %		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
기둥	a	10.17	6.93	7.07	10.33	11.23
	b	10.80	6.93	6.93	10.70	10.50
	c	11.10	7.27	7.73	9.87	10.23
	d	11.70	7.17	7.20	9.80	9.83
	e	12.03	8.13	8.23	9.87	9.87
단위 : %		06월 21일	07월 18일			
기둥	a	11.43	16.47			
	b	10.87	17.37			
	c	10.23	17.73			
	d	10.23	17.67			
	e	9.60	17.33			



전통한옥 성능테스트동(온고재) 기동 함수를 측정

전통한옥 성능테스트동(온고재) 추녀 처짐 측정 데이터

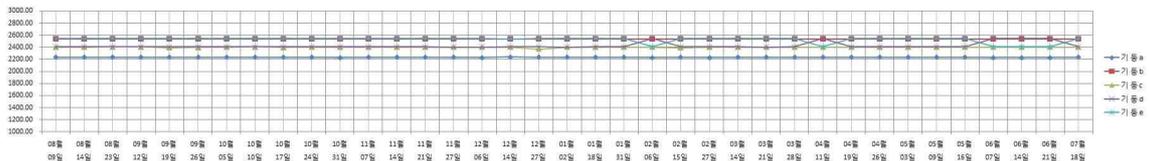
단위 : mm		08월 09일	08월 14일	08월 23일	09월 12일	09월 19일
추녀	a	2990.43	2995.07	2992.77	2992.93	2994.10
	b	2971.40	2972.87	2974.23	2977.83	2977.43
	c	2992.77	2994.80	2996.10	2994.33	2995.63
단위 : mm		09월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
추녀	a	2991.07	2990.57	2993.93	2990.97	2995.60
	b	2971.23	2970.87	2970.33	2970.67	2974.87
	c	2995.23	2993.97	2994.30	2994.67	2992.23
단위 : mm		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일
추녀	a	2989.77	2992.10	2994.40	2992.09	2992.86
	b	2973.07	2971.80	2970.77	2971.88	2971.48
	c	2996.43	2997.43	2995.33	2996.40	2996.39
단위 : mm		12월 06일	12월 14일	12월 27일	01월 02일	01월 18일
추녀	a	2981.50	2988.01	2988.77	2988.77	2987.62
	b	2967.37	2969.77	2967.53	2967.53	2968.51
	c	2996.30	2995.47	2991.30	2991.30	2993.71
단위 : mm		01월 31일	02월 06일	02월 14일	02월 27일	03월 14일
추녀	a	2987.49	2987.07	2987.39	2986.53	2985.07
	b	2968.09	2968.27	2968.29	2962.40	2961.80
	c	2993.12	2993.73	2993.52	2988.80	2992.90
단위 : mm		03월 21일	03월 28일	04월 11일	04월 19일	04월 26일
추녀	a	2985.30	2984.80	2987.20	2980.80	2989.57
	b	2960.77	2963.20	2960.33	2959.87	2961.60
	c	2990.83	2992.17	2990.00	2991.30	2994.90
단위 : mm		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
추녀	a	2985.33	2988.30	2990.83	2986.10	2985.57
	b	2960.17	2960.10	2960.23	2962.73	2961.47
	c	2991.37	2980.50	2990.90	2990.87	2990.97
단위 : mm		06월 21일	07월 18일			
추녀	a	2985.63	2995.43			
	b	2962.00	2962.87			
	c	2989.37	2992.87			



전통한옥 성능 테스트동 추녀 처짐 측정

전통한옥 성능테스트동(온고재) 기둥 축소 측정 데이터

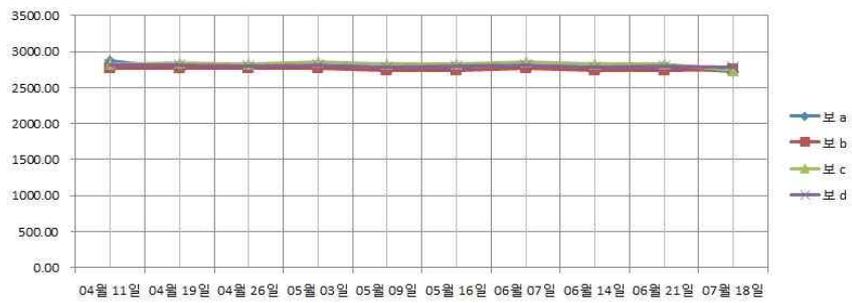
단위 : mm		08월 09일	08월 14일	08월 23일	09월 12일	09월 19일
기둥	a	2234.47	2234.57	2235.27	2234.47	2234.03
	b	2535.00	2535.53	2535.47	2535.57	2535.70
	c	2402.53	2402.90	2403.20	2403.17	2391.30
	d	2404.60	2404.43	2404.43	2404.20	2404.40
	e	2540.67	2540.60	2540.50	2540.77	2540.67
단위 : mm		09월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
기둥	a	2234.53	2234.23	2235.73	2235.47	2235.20
	b	2535.83	2535.67	2535.53	2535.97	2535.97
	c	2397.85	2402.37	2403.13	2397.43	2402.40
	d	2404.23	2404.00	2403.97	2403.87	2404.03
	e	2540.87	2540.50	2541.20	2540.50	2541.07
단위 : mm		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일
기둥	a	2228.73	2235.13	2235.27	2235.33	2235.24
	b	2535.37	2535.13	2535.17	2535.27	2535.19
	c	2402.27	2402.47	2402.37	2402.23	2402.36
	d	2403.67	2403.23	2403.83	2403.77	2403.61
	e	2540.43	2540.87	2540.43	2540.17	2540.49
단위 : %		12월 06일	12월 14일	12월 27일	01월 02일	01월 18일
기둥	a	2227.50	2236.93	2234.40	2234.40	2235.62
	b	2535.22	2535.67	2536.10	2536.10	2535.81
	c	2402.03	2402.10	2368.70	2368.70	2387.29
	d	2400.27	2404.07	2403.50	2403.50	2403.74
	e	2540.17	2537.93	2539.83	2539.83	2539.03
단위 : %		01월 31일	02월 06일	02월 14일	02월 27일	03월 14일
기둥	a	2235.19	2235.45	2235.42	2228.23	2234.60
	b	2535.86	2535.78	2535.81	2534.90	2534.83
	c	2382.36	2386.91	2385.52	2402.10	2402.00
	d	2403.63	2403.67	2403.68	2403.63	2403.53
	e	2539.40	2539.25	2539.22	2540.27	2540.50
단위 : %		03월 21일	03월 28일	04월 11일	04월 19일	04월 26일
기둥	a	2234.87	2234.47	2234.40	2234.20	2234.40
	b	2534.63	2534.87	2535.00	2534.53	2535.40
	c	2402.20	2402.13	2402.03	2401.67	2402.50
	d	2402.97	2403.20	2540.33	2403.30	2403.47
	e	2540.37	2540.53	2403.33	2539.37	2540.33
단위 : %		05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일	06월 14일
기둥	a	2234.47	2234.27	2234.23	2228.47	2228.77
	b	2535.23	2535.27	2535.33	2535.43	2535.43
	c	2402.67	2402.37	2402.57	2402.70	2402.80
	d	2403.43	2403.87	2403.97	2540.23	2539.73
	e	2540.27	2539.97	2540.03	2403.80	2403.77
단위 : %		06월 21일	07월 18일			
기둥	a	2228.93	2235.37			
	b	2535.33	2536.10			
	c	2402.43	2402.77			
	d	2540.07	2404.07			
	e	2403.80	2540.80			



전통한옥 성능테스트동(온고재) 기둥 축소 측정

전통한옥 성능테스트동(온고재) 보 처짐 측정 데이터

단위 : mm		04월 11일	04월 19일	04월 26일	05월 03일	05월 09일
보	a	2867.35	2771.81	2799.34	2799.13	2785.31
	b	2775.79	2767.71	2770.63	2766.63	2743.77
	c	2834.14	2845.07	2825.52	2852.58	2829.92
	d	2817.52	2806.50	2805.37	2811.99	2788.00
단위 : mm		05월 16일	06월 07일	06월 14일	06월 21일	07월 18일
보	a	2786.66	2799.13	2785.31	2786.66	2716.02
	b	2735.05	2766.63	2743.77	2735.05	2749.34
	c	2823.73	2852.58	2829.92	2823.73	2737.53
	d	2794.31	2811.99	2788.00	2794.31	2789.03

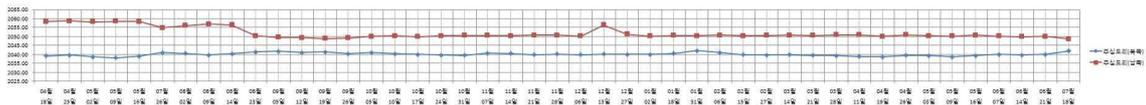


전통한옥 성능 테스트동 보 처짐 측정 데이터

3) 예제한옥(명지대 무루정)

무루정 주심도리 처짐 측정 데이터

단위 : mm	4월 18일	4월 25일	5월 2일	5월 9일	5월 16일	7월 26일
주심도리(북)	2039.13	2039.60	2038.60	2038.13	2038.97	2041.00
주심도리(남)	2058.37	2058.77	2058.23	2058.60	2058.40	2054.87
단위 : mm	8월 2일	8월 9일	8월 14일	08월 23일	09월 05일	09월 12일
주심도리(북)	2040.60	2039.70	2040.37	2041.37	2041.70	2041.03
주심도리(남)	2056.20	2057.00	2056.53	2050.47	2049.50	2049.37
단위 : mm	9월 19일	09월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일
주심도리(북)	2041.43	2040.40	2041.00	2040.43	2039.97	2039.67
주심도리(남)	2048.83	2049.27	2050.07	2050.37	2049.83	2050.47
단위 : mm	10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일	12월 06일
주심도리(북)	2039.57	2040.73	2040.60	2039.87	2040.40	2039.83
주심도리(남)	2050.63	2050.50	2050.40	2050.77	2050.56	2050.23
단위 : mm	12월 13일	12월 27일	1월 2일	01월 18일	01월 31일	02월 06일
주심도리(북)	2040.10	2040.03	2040.07	2040.04	2040.02	2040.02
주심도리(남)	2056.47	2051.30	2053.88	2053.48	2052.48	2052.88
단위 : mm	02월 14일	02월 27일	03월 14일	03월 21일	03월 28일	04월 11일
주심도리(북)	2040.03	2039.67	2039.87	2039.53	2039.27	2038.80
주심도리(남)	2052.94	2050.57	2050.73	2050.57	2050.90	2050.87
단위 : mm	04월 19일	04월 26일	05월 03일	05월 09일	05월 16일	06월 07일
주심도리(북)	2038.70	2039.57	2039.30	2038.63	2039.30	2039.93
주심도리(남)	2050.13	2050.87	2050.43	2050.23	2050.67	2050.17
단위 : mm	06월 14일	06월 21일	07월 18일			
주심도리(북)	2039.73	2040.00	2041.93			
주심도리(남)	2049.93	2050.00	2048.60			

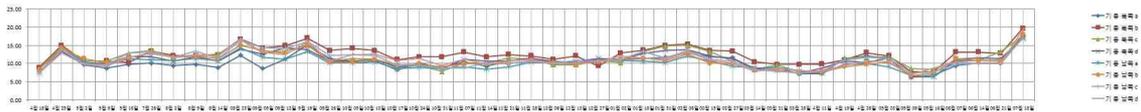


무루정 주심도리 처짐 측정

무루정 기동 함수를 측정 데이터

단위 : %		4월 18일	4월 25일	5월 2일	5월 9일	5월 16일	7월 26일	
기 동	북쪽	a	9.03	13.50	9.70	8.77	9.73	10.13
		b	8.87	14.97	10.70	10.77	10.33	13.40
		c	8.53	14.43	10.77	10.77	12.87	13.67
		d	7.73	13.20	10.40	9.97	11.87	11.97
	남쪽	a	7.33	14.30	10.40	9.70	11.30	11.00
		b	8.40	14.23	11.47	10.17	11.70	12.97
		c	7.40	13.73	9.93	9.63	12.90	13.07
		d	7.47	12.90	9.77	9.37	11.70	12.80
단위 : %		8월 2일	8월 9일	8월 14일	8월 23일	9월 05일	9월 12일	
기 동	북쪽	a	9.43	9.77	8.93	12.33	8.60	11.27
		b	12.17	12.13	12.37	16.70	14.27	14.87
		c	11.67	12.33	12.63	16.67	12.97	13.40
		d	10.67	11.93	10.77	14.07	12.57	14.37
	남쪽	a	10.83	11.33	10.83	14.40	11.77	11.23
		b	11.67	12.07	11.37	15.07	13.60	12.80
		c	11.80	13.47	11.40	16.43	14.27	14.23
		d	11.67	12.43	12.00	16.70	13.10	12.47
단위 : %		9월 19일	9월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일	
기 동	북쪽	a	15.17	11.43	10.77	10.83	8.27	10.10
		b	17.03	13.63	14.23	13.63	11.10	11.87
		c	15.10	10.70	11.37	11.23	8.93	9.50
		d	13.87	10.67	10.77	11.23	9.17	9.70
	남쪽	a	13.37	10.23	10.17	10.47	8.57	9.00
		b	15.20	10.47	10.37	11.17	9.57	9.83
		c	16.13	12.17	12.47	12.20	9.67	9.43
		d	16.10	10.70	12.43	12.67	10.83	11.33
단위 : %		10월31일	11월07일	11월14일	11월21일	11월28일	12월06일	
기 동	북쪽	a	8.80	10.43	9.27	10.60	10.1	10.60
		b	11.90	13.20	11.90	12.47	12.5	11.20
		c	7.87	10.23	10.20	11.50	10.6	9.67
		d	8.67	11.20	10.67	10.60	10.8	10.10
	남쪽	a	8.60	9.13	8.50	9.17	8.9	10.27
		b	9.07	9.97	9.97	10.00	10.0	10.27
		c	8.73	8.80	10.30	10.13	9.7	10.10
		d	9.47	11.13	9.80	10.67	10.5	9.93
단위 : %		12월13일	12월27일	01월 2일	01월18일	01월31일	02월06일	
기 동	북쪽	a	10.17	11.13	10.97	10.64	10.80	10.69
		b	12.13	9.30	12.87	10.77	10.32	10.65
		c	9.67	10.90	10.30	10.21	10.40	10.23
		d	10.60	11.40	11.27	10.90	11.00	10.87
	남쪽	a	9.97	10.93	10.87	10.43	10.58	10.47
		b	9.80	10.43	11.13	10.13	10.24	10.18
		c	10.87	10.87	11.13	10.78	10.75	10.72
		d	10.23	10.53	12.13	10.33	10.37	10.31

단위 : %			02월14일	02월27일	03월14일	03월21일	03월28일	04월 11일
기 동	북쪽	a	10.71	11.60	8.67	8.87	7.20	7.27
		b	10.58	13.47	10.47	9.77	9.73	9.83
		c	10.28	10.70	8.37	9.57	7.77	7.57
		d	10.92	11.30	8.63	8.10	7.47	8.70
	남쪽	a	10.49	9.37	8.83	8.93	8.03	7.40
		b	10.19	9.97	8.27	8.23	7.47	7.80
		c	10.75	10.60	8.27	7.87	7.37	8.13
		d	10.34	10.17	7.97	8.83	8.10	7.97
단위 : %			04월19일	04월26일	05월03일	05월09일	05월16일	06월07일
기 동	북쪽	a	11.40	12.13	11.53	6.27	6.90	9.47
		b	11.00	12.97	12.10	7.70	7.73	13.20
		c	11.43	11.70	11.83	8.63	8.40	10.93
		d	10.77	10.40	11.57	6.27	6.37	11.23
	남쪽	a	9.77	9.97	9.17	6.70	6.37	10.73
		b	9.17	9.87	10.37	6.77	7.40	11.40
		c	10.83	11.77	11.33	7.43	7.67	9.73
		d	9.53	10.63	10.43	6.97	8.73	10.50
단위 : %			06월14일	06월21일	07월 18일			
기 동	북쪽	a	10.20	10.10	17.73			
		b	13.17	12.80	19.70			
		c	10.93	13.37	17.63			
		d	11.50	11.47	17.07			
	남쪽	a	10.80	10.93	16.87			
		b	10.90	10.67	18.07			
		c	10.10	9.97	17.07			
		d	9.97	10.00	19.40			



무루정 기동 함수 측정

무루정 서까래 처짐 측정

단위 : mm		4월 18일	4월 25일	5월 2일	5월 9일	5월 16일	7월 26일	
서까래	북쪽	a	2358.03	2358.03	2356.30	2355.07	2357.03	2357.90
		b	2343.47	2344.83	2345.23	2345.03	2344.30	2354.37
		c	2341.13	2338.50	2337.07	2337.70	2335.80	2338.37
		d	2356.93	2358.83	2363.57	2354.03	2355.07	2356.60
	남쪽	a	2343.33	2348.23	2341.73	2342.03	2343.27	2372.10
		b	2332.80	2336.57	2332.87	2331.70	2343.37	2337.83
		c	2357.60	2357.67	2352.27	2350.00	2352.37	2345.07
		d	2372.13	2373.63	2373.23	2373.17	2373.03	2345.13
단위 : mm		8월 2일	8월 9일	8월 14일	8월 23일	9월 05일	9월 12일	
서까래	북쪽	a	2362.87	2361.37	2361.97	2361.43	2364.30	2361.57
		b	2349.27	2355.40	2352.80	2348.03	2355.03	2369.53
		c	2341.00	2343.40	2339.93	2341.60	2344.33	2340.43
		d	2357.67	2356.77	2356.07	2357.47	2360.50	2358.80
	남쪽	a	2373.57	2370.70	2372.17	2372.87	2382.60	2371.83
		b	2362.77	2359.20	2357.00	2358.07	2363.87	2360.47
		c	2339.53	2339.07	2334.43	2338.33	2344.70	2344.27
		d	2349.03	2349.40	2351.53	2354.67	2363.40	2347.07
단위 : mm		9월 19일	9월 26일	10월 05일	10월 10일	10월 17일	10월 24일	
서까래	북쪽	a	2359.60	2362.40	2358.40	2357.50	2367.57	2363.23
		b	2355.57	2351.53	2347.73	2346.33	2355.07	2360.97
		c	2342.47	2346.43	2337.30	2340.40	2345.53	2358.57
		d	2359.07	2357.63	2356.30	2355.57	2357.57	2359.37
	남쪽	a	2375.20	2374.90	2370.13	2370.43	2372.50	2372.03
		b	2361.63	2366.33	2353.30	2352.80	2365.83	2373.83
		c	2342.10	2344.87	2333.00	2334.70	2346.37	2355.13
		d	2360.07	2351.07	2345.90	2342.87	2355.33	2345.17
단위 : mm		10월 31일	11월 07일	11월 14일	11월 21일	11월 28일	12월 06일	
서까래	북쪽	a	2377.87	2358.50	2360.43	2374.13	2364.36	2356.47
		b	2359.77	2345.33	2345.77	2355.77	2348.96	2345.70
		c	2344.63	2336.40	2335.93	2349.93	2340.76	2337.77
		d	2356.43	2356.03	2353.80	2363.27	2357.70	2352.67
	남쪽	a	2372.70	2377.80	2370.20	2381.43	2376.48	2368.63
		b	2375.30	2353.70	2356.00	2374.90	2361.53	2351.60
		c	2347.97	2332.93	2337.60	2352.03	2340.86	2333.33
		d	2361.67	2343.40	2348.50	2351.60	2347.83	2344.97
단위 : mm		12월 13일	12월 27일	1월 2일	01월 18일	01월 31일	02월 06일	
서까래	북쪽	a	2359.13	2355.40	2355.40	2357.18	2356.53	2356.90
		b	2348.57	2342.97	2342.97	2345.76	2344.82	2345.44
		c	2341.60	2337.57	2337.57	2339.38	2338.64	2339.00
		d	2356.83	2348.20	2348.20	2352.53	2351.10	2352.07
	남쪽	a	2371.63	2368.10	2368.10	2369.73	2369.10	2369.43
		b	2356.37	2355.07	2355.07	2355.26	2354.89	2354.83
		c	2339.97	2333.70	2333.70	2336.44	2335.27	2335.79
		d	2349.03	2346.43	2346.43	2347.43	2346.89	2347.04

단위 : mm		02월14일	02월27일	03월14일	03월21일	03월28일	4월 11일	
서까래	북쪽	a	2356.87	2357.60	2355.93	2357.57	2357.03	2355.50
		b	2345.34	2348.77	2343.70	2344.23	2345.63	2345.90
		c	2339.01	2340.33	2334.77	2336.13	2335.40	2335.33
		d	2351.90	2348.57	2348.13	2348.43	2346.80	2346.43
	남쪽	a	2369.42	2368.20	2367.27	2366.53	2367.50	2367.30
		b	2354.99	2349.93	2350.27	2351.07	2352.23	2350.43
		c	2335.84	2330.37	2333.17	2331.17	2332.47	2331.73
		d	2347.12	2342.23	2342.00	2341.30	2342.20	2339.07
단위 : mm		4월 19일	4월 26일	05월03일	05월09일	05월16일	06월07일	
서까래	북쪽	a	2356.43	2355.00	2357.20	2355.93	2354.23	2356.17
		b	2343.90	2344.40	2341.73	2343.00	2344.20	2343.93
		c	2333.03	2335.10	2334.73	2334.70	2334.63	2337.37
		d	2346.00	2347.40	2346.40	2345.63	2345.93	2348.20
	남쪽	a	2366.87	2367.70	2368.23	2368.40	2368.10	2369.57
		b	2356.10	2352.10	2349.87	2351.80	2352.13	2351.63
		c	2329.90	2332.83	2332.43	2330.80	2330.47	2335.10
		d	2340.30	2339.50	2341.23	2338.33	2338.53	2339.30
단위 : mm		06월14일	06월21일	07월18일				
서까래	북쪽	a	2356.57	2356.17	2358.27			
		b	2342.17	2344.07	2345.17			
		c	2335.03	2335.53	2336.14			
		d	2348.03	2348.27	2352.90			
	남쪽	a	2369.93	2369.80	2371.17			
		b	2352.10	2352.97	2356.53			
		c	2330.87	2332.57	2333.67			
		d	2339.27	2341.50	2344.20			

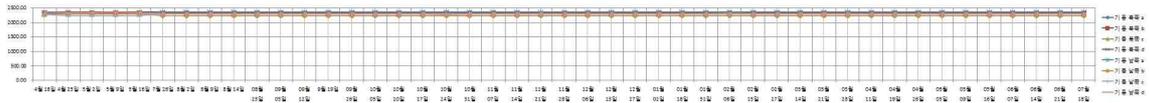


무루정 서까래 처짐 측정

무루정 기둥 처짐 측정

단위 : mm		4월 18일	4월 25일	5월 2일	5월 9일	5월 16일	7월 26일	
기둥	북쪽	a	2319.83	2318.43	2318.57	2317.87	2318.93	2318.13
		b	2320.87	2321.73	2321.23	2320.90	2321.27	2321.70
		c	2289.73	2289.73	2289.90	2289.17	2289.37	2290.27
		d	2353.60	2354.50	2353.47	2353.67	2352.57	2353.67
	남쪽	a	2300.07	2298.57	2300.67	2300.70	2301.07	2354.50
		b	2280.77	2293.43	2293.13	2291.67	2293.60	2240.20
		c	2273.03	2239.90	2238.73	2238.73	2239.37	2293.53
		d	2353.07	2334.97	2345.53	2352.60	2338.97	2299.90
단위 : mm		8월 2일	8월 9일	8월 14일	8월 23일	9월 05일	9월 12일	
기둥	북쪽	a	2316.50	2316.67	2319.40	2318.33	2319.60	2319.10
		b	2321.77	2322.10	2323.23	2320.67	2321.67	2321.77
		c	2289.80	2290.07	2290.23	2294.47	2290.17	2289.50
		d	2354.30	2353.37	2353.17	2353.10	2353.67	2354.27
	남쪽	a	2353.90	2353.07	2354.23	2351.00	2353.47	2354.33
		b	2240.37	2239.50	2240.07	2240.33	2240.70	2239.57
		c	2292.73	2292.53	2292.40	2292.87	2291.83	2292.83
		d	2300.37	2300.57	2299.40	2299.93	2297.53	2300.10
단위 : mm		9월 19일	9월 26일	10월05일	10월10일	10월17일	10월24일	
기둥	북쪽	a	2318.97	2318.20	2318.17	2318.37	2316.40	2317.77
		b	2322.20	2321.77	2321.77	2321.57	2321.83	2319.07
		c	2290.40	2290.10	2289.97	2289.90	2289.63	2289.77
		d	2353.77	2353.70	2353.47	2353.27	2354.00	2353.63
	남쪽	a	2353.80	2352.90	2354.97	2353.47	2352.40	2352.70
		b	2239.40	2240.20	2239.70	2240.00	2239.03	2239.77
		c	2292.93	2293.27	2293.00	2293.40	2292.83	2292.80
		d	2300.37	2300.57	2299.67	2300.23	2299.90	2276.10
단위 : mm		10월31일	11월07일	11월14일	11월21일	11월28일	12월06일	
기둥	북쪽	a	2318.30	2321.57	2319.70	2317.83	2319.70	2318.40
		b	2322.07	2322.60	2321.47	2317.33	2320.47	2323.43
		c	2289.47	2290.07	2289.67	2289.93	2289.89	2289.60
		d	2347.00	2353.50	2353.60	2353.63	2353.58	2355.63
	남쪽	a	2352.47	2354.07	2353.73	2352.07	2353.29	2354.40
		b	2239.73	2240.00	2239.57	2239.63	2239.73	2239.97
		c	2293.43	2293.07	2292.73	2291.97	2292.59	2292.63
		d	2300.37	2300.47	2299.67	2300.17	2300.10	2299.63
단위 : mm		12월13일	12월27일	1월 2일	01월08일	01월31일	02월06일	
기둥	북쪽	a	2315.33	2318.03	2318.03	2316.87	2317.39	2317.17
		b	2321.97	2320.77	2320.77	2321.60	2321.47	2321.71
		c	2290.37	2289.80	2289.80	2290.03	2289.92	2289.96
		d	2354.33	2353.20	2353.20	2353.97	2353.85	2354.07
	남쪽	a	2354.47	2355.40	2355.40	2354.87	2355.01	2354.88
		b	2239.00	2236.77	2236.77	2238.11	2237.82	2238.17
		c	2292.33	2293.20	2293.20	2292.75	2292.89	2292.79
		d	2299.33	2299.97	2299.97	2299.65	2295.75	2299.68

단위 : %			02월14일	02월27일	03월14일	03월21일	03월28일	04월11일
기 동	북쪽	a	2317.14	2319.10	2319.47	2319.33	2319.67	2319.10
		b	2321.59	2322.83	2321.83	2321.90	2321.90	2322.17
		c	2289.97	2289.97	2289.27	2285.97	2289.37	2289.53
		d	2353.97	2351.83	2354.73	2353.63	2353.73	2353.63
	남쪽	a	2354.92	2353.63	2353.57	2354.87	2354.23	2354.40
		b	2238.04	2240.30	2240.10	2239.97	2238.73	2239.80
		c	2292.81	2293.40	2292.80	2292.80	2292.50	2294.53
		d	2299.69	2300.40	2299.93	2300.07	2299.90	2299.43
단위 : %			04월19일	04월26일	05월03일	05월09일	05월16일	06월07일
기 동	북쪽	a	2318.37	2318.77	2318.47	2318.50	2317.97	2319.70
		b	2321.33	2322.27	2321.47	2321.73	2321.50	2322.60
		c	2289.83	2289.70	2289.57	2289.77	2289.30	2290.00
		d	2353.43	2353.33	2353.03	2353.30	2353.07	2353.53
	남쪽	a	2355.17	2354.87	2354.20	2354.07	2353.20	2353.50
		b	2239.07	2239.07	2239.30	2238.57	2238.97	2239.17
		c	2292.90	2292.40	2293.13	2293.20	2293.13	2292.87
		d	2299.90	2299.83	2299.93	2299.93	2300.23	2300.27
단위 : %			06월14일	06월21일	07월18일			
기 동	북쪽	a	2319.57	2319.53	2318.33			
		b	2321.93	2322.83	2321.93			
		c	2289.87	2289.60	2289.87			
		d	2354.10	2353.53	2353.60			
	남쪽	a	2353.83	2354.40	2354.13			
		b	2239.10	2239.40	2239.63			
		c	2293.20	2293.07	2292.93			
		d	2300.17	2299.77	2300.13			



무루정 기동 처짐 측정

3.4.2. 디지털 영상합성 변형분석 결과

1) 시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재) 평균정지영상 제작

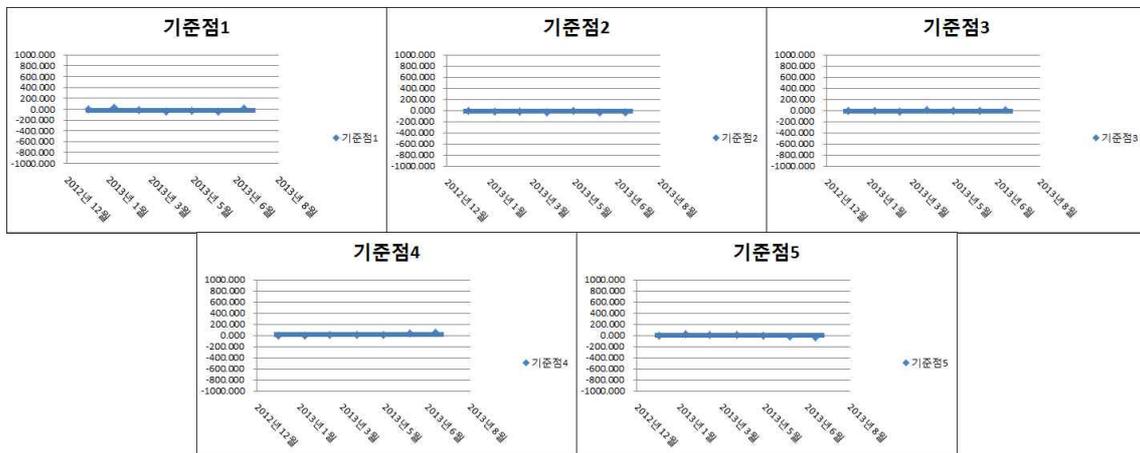
기준점1	2층 추녀처짐1				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리		픽셀거리 증감
2013년 1월	65.29	671.37	674.54	0.00	0.000
2013년 2월	55.45	669.55	671.84	2.70	22.602
2013년 3월	55.61	674.89	677.18	-2.64	-21.966
2013년 4월	51.81	677.92	679.90	-5.36	-44.417
2013년 5월	51.55	686.66	678.62	-4.08	-33.905
2013년 6월	48.24	687.62	679.33	-4.80	-39.793
2013년 7월	44.61	680.67	672.15	2.39	19.995

기준점2	1층 추녀처짐1				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리		픽셀거리 증감
2013년 1월	73.58	466.23	472.00	0.00	0.000
2013년 2월	80.93	467.55	474.50	-2.50	-15.370
2013년 3월	79.44	468.32	475.01	-3.01	-18.466
2013년 4월	78.50	469.77	476.28	-4.28	-26.212
2013년 5월	73.80	466.52	472.32	-0.32	-1.980
2013년 6월	70.73	472.15	477.42	-5.42	-33.078
2013년 7월	73.27	470.70	476.37	-4.37	-26.727

기준점3	서까래처짐				실제이동거리 (mm)
측정날짜	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
	X방향	Y방향	픽셀거리		픽셀거리 증감
2013년 1월	94.31	398.89	409.89	0.00	0.000
2013년 2월	80.03	403.41	411.27	-1.38	-9.354
2013년 3월	83.68	404.80	413.36	-3.47	-23.336
2013년 4월	83.52	399.83	408.46	1.43	9.710
2013년 5월	84.38	402.33	411.08	-1.20	-8.084
2013년 6월	88.86	401.08	410.81	-0.92	-6.212
2013년 7월	88.14	399.63	409.23	0.65	4.433

기준점4	1층 추녀처짐2				실제이동거리 (mm)
측정날짜	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
	X방향	Y방향	픽셀거리		픽셀거리 증감
2013년 1월	78.17	446.78	453.57	0.00	0.000
2013년 2월	68.86	445.66	450.95	2.62	0.017
2013년 3월	66.73	445.90	450.87	2.70	17.430
2013년 4월	67.46	446.02	451.09	2.47	15.956
2013년 5월	68.90	447.30	452.58	0.99	6.373
2013년 6월	64.20	443.87	448.49	5.08	32.939
2013년 7월	67.46	440.24	445.38	8.19	53.485

기준점5	2층 추녀처짐2				실제이동거리 (mm)
측정날짜	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
	X방향	Y방향	픽셀거리		픽셀거리 증감
2013년 1월	136.56	1208.53	1216.22	0.00	0.000
2013년 2월	132.31	1205.00	1212.24	3.98	18.691
2013년 3월	123.29	1207.66	1213.94	2.28	10.714
2013년 4월	182.68	1200.51	1214.33	1.89	8.870
2013년 5월	185.53	1193.82	1208.15	0.00	0.000
2013년 6월	188.44	1196.32	1211.07	-2.92	-13.584
2013년 7월	190.94	1198.43	1213.55	-5.39	-25.049



시공 및 성능테스트동(지신재) 디지털 영상합성 변형분석 결과 그래프

2) 전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재) 평균정지영상 제작

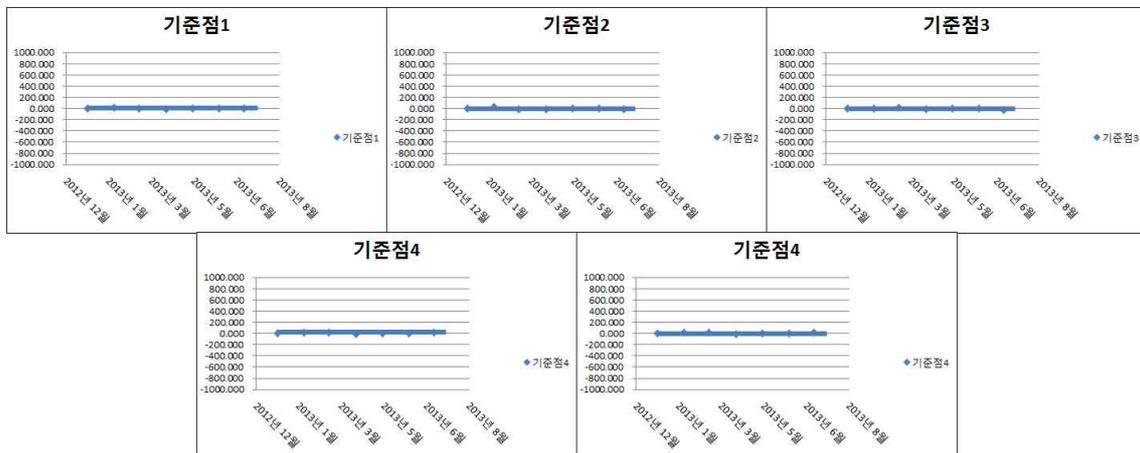
기준점1	추너쳐집				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리		
2013년 1월	96.38	733.57	739.87	0.00	0.000
2013년 2월	88.65	730.27	735.63	4.24	17.991
2013년 3월	84.16	734.26	739.07	0.81	3.405
2013년 4월	80.51	738.23	742.61	-2.73	-11.478
2013년 5월	77.45	768.96	772.85	0.00	0.000
2013년 6월	78.78	768.71	772.74	0.11	0.461
2013년 7월	81.47	768.71	773.02	-0.16	-0.664

기준점2	서까래처집				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리		
2013년 1월	18.15	612.50	612.77	0.00	0.000
2013년 2월	13.00	604.59	604.73	8.04	35.227
2013년 3월	12.30	614.87	614.99	-2.22	-9.584
2013년 4월	10.39	615.24	615.33	-2.56	-11.020
2013년 5월	3.21	608.71	608.72	0.00	0.000
2013년 6월	2.16	609.03	609.03	-0.32	-1.372
2013년 7월	3.78	611.73	611.74	-3.02	-13.096

기준점3	서까래처짐				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리		픽셀거리 증감
2013년 1월	252.25	597.33	648.41	0.00	0.000
2013년 2월	253.79	596.31	648.07	0.34	1.524
2013년 3월	258.59	589.79	643.99	4.42	20.061
2013년 4월	266.63	594.29	651.36	-2.95	-13.254
2013년 5월	244.60	561.51	612.47	0.00	0.000
2013년 6월	244.42	559.94	610.96	1.51	7.229
2013년 7월	244.96	564.26	615.14	-4.18	-19.846

기준점4	기둥 축소				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리		픽셀거리 증감
2013년 1월	37.22	582.98	584.17	0.00	0.000
2013년 2월	38.63	578.83	580.12	4.05	17.065
2013년 3월	37.89	577.45	578.69	5.48	23.131
2013년 4월	32.95	586.90	587.82	-3.66	-15.211
2013년 5월	34.81	546.62	547.73	36.44	162.648
2013년 6월	32.72	547.57	548.55	-0.82	-3.652
2013년 7월	32.95	543.22	544.22	3.51	15.763

기준점5	추녀처짐				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀			픽셀거리 증감	
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리		픽셀거리 증감
2013년 1월	54.60	1413.00	1414.05	0.00	0.000
2013년 2월	35.56	1412.10	1412.55	1.51	3.691
2013년 3월	67.51	1411.06	1412.67	1.38	3.381
2013년 4월	87.80	1413.42	1416.14	-2.09	-5.106
2013년 5월	171.66	1457.22	1467.30	0.00	0.000
2013년 6월	174.48	1457.11	1467.52	-0.22	-0.527
2013년 7월	167.72	1457.88	1467.50	-0.20	-0.471



전통한옥 성능테스트동(온고재) 디지털 영상합성 변형분석 결과 그래프

3) 예제한옥(명지대 무루정)



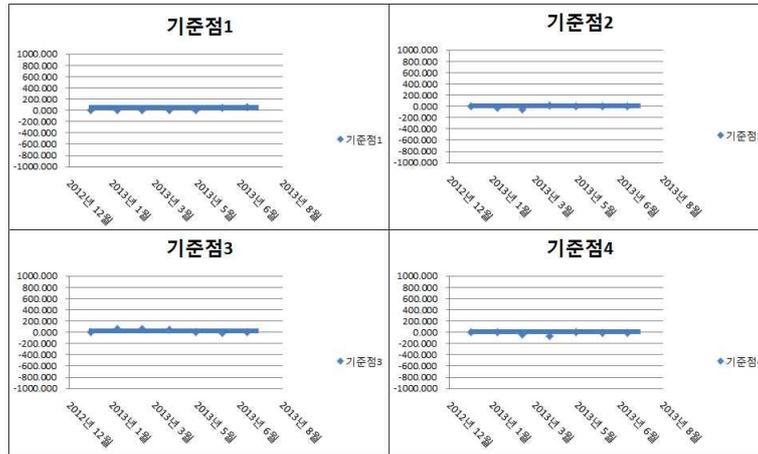
예제한옥(명지대 무루정) 평균정지영상 제작

기준점1	서까래처짐				
	이미지상 픽셀				실제이동거리 (mm)
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리	픽셀거리 증감	
2013년 1월	377.69	904.87	980.53	0.00	0.000
2013년 2월	376.13	906.02	980.99	-0.46	-1.201
2013년 3월	368.49	907.22	979.20	1.33	3.463
2013년 4월	363.94	907.51	977.77	2.76	7.208
2013년 5월	365.05	912.02	982.37	0.00	0.000
2013년 6월	264.59	927.18	964.19	18.17	48.052
2013년 7월	264.02	923.43	960.43	21.93	58.229

기준점2	주심도리처짐				
	이미지상 픽셀				실제이동거리 (mm)
측정날짜	X방향	Y방향	픽셀거리	픽셀거리 증감	
2013년 1월	100.33	583.60	592.16	0.00	0.000
2013년 2월	97.09	589.13	597.08	-4.92	-21.732
2013년 3월	101.26	594.69	603.25	-11.09	-48.521
2013년 4월	101.33	578.26	587.07	5.09	22.889
2013년 5월	86.12	541.50	548.31	0.00	0.000
2013년 6월	86.23	540.55	547.38	0.92	4.441
2013년 7월	78.43	541.49	547.14	1.17	5.621

기준점3	서까래처짐				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀				
	X방향	Y방향	픽셀거리	픽셀거리 증감	
2013년 1월	50.09	791.35	792.93	0.00	0.000
2013년 2월	49.52	772.46	774.05	18.89	56.221
2013년 3월	42.89	772.88	774.07	18.86	56.149
2013년 4월	61.06	774.95	777.35	15.58	46.183
2013년 5월	44.63	781.69	782.96	0.00	0.000
2013년 6월	43.05	784.42	785.60	-2.64	-7.735
2013년 7월	44.95	779.47	780.76	2.20	6.486

기준점4	서까래처짐				실제이동거리 (mm)
	이미지상 픽셀				
	X방향	Y방향	픽셀거리	픽셀거리 증감	
2013년 1월	47.78	632.56	634.36	0.00	0.000
2013년 2월	47.50	632.40	634.18	0.18	0.663
2013년 3월	43.06	645.65	647.08	-12.72	-45.801
2013년 4월	40.52	650.86	652.12	-17.76	-63.436
2013년 5월	62.47	623.01	626.13	0.00	0.000
2013년 6월	62.31	624.64	627.74	-1.61	-5.960
2013년 7월	61.23	625.29	628.28	-2.15	-7.959



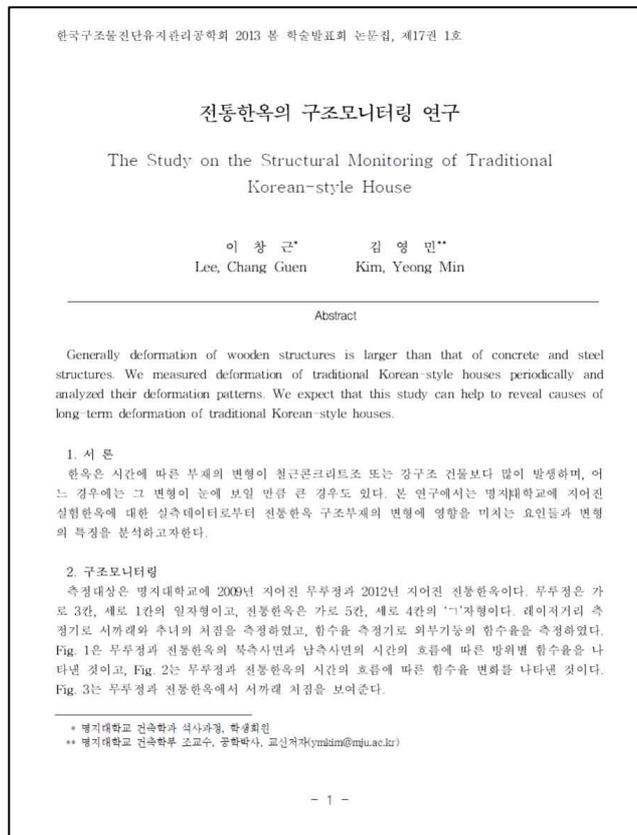
예제한옥(무루정) 디지털 영상합성 변형분석 결과 그래프

3.5. 관련 연구성과

3.5.1. 학술대회

1) 한국구조물진단유지관리공학회 2013 봄 학술발표회

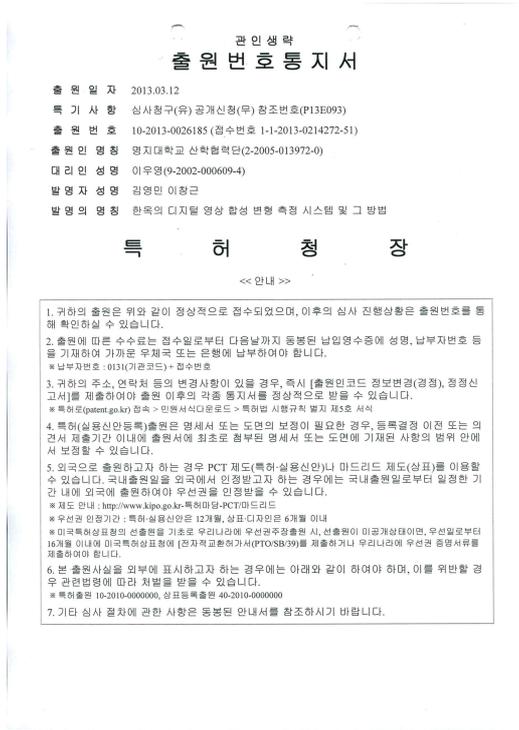
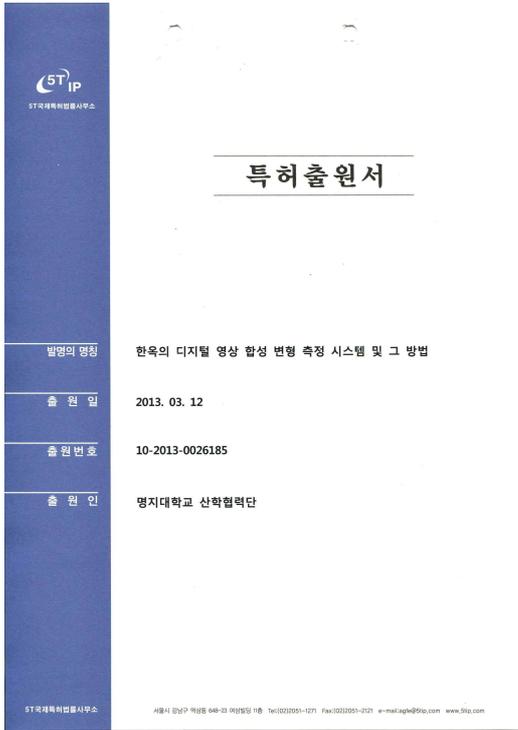
일시 : 2013년 4월 12일
장소 : 부산 해운대 그랜드호텔
주최 : 한국구조물진단유지관리공학회
논문제목 : 전통한옥의 구조모니터링 연구
저자 : 이창근, 김영민



논문 : 전통한옥의 구조모니터링 연구

3.5.2. 특허출원

발명의 명칭 : 한옥의 디지털 영상 합성 변형 측정 시스템 및 그 방법
출원일 : 2013년 3월 12일
출원번호 : 10-2013-0026185
출원인 : 명지대학교 산학협력단
발명자 : 김영민, 이창근



발명 '한국의 디지털 영상 합성 변형 측정 시스템 및 그 방법'의 특허출원서

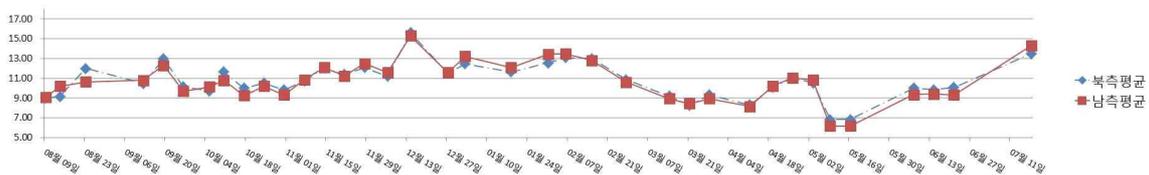
3.6. 결론

3.6.1. 주요 구조부재의 변형 측정

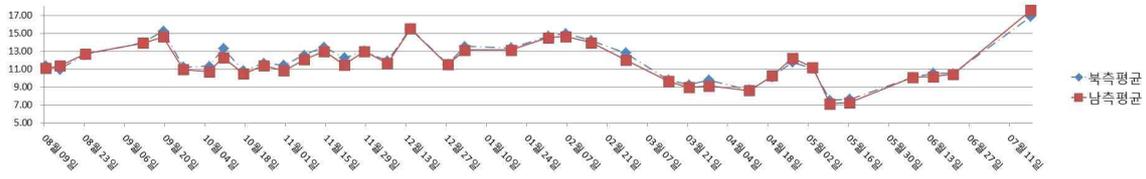
1) 함수울

■ 기둥의 위치별 함수울 변화

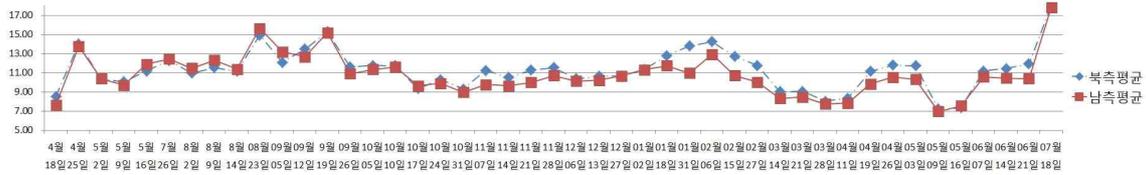
하나의 건축물일지라도, 빛을 받는 일조량 등에 의하여 표면의 함수울량이 달라질 수 있다. 특히 북반구에 위치한 장소에서는 동, 서, 남, 북 네 방위 중 남과 북의 방위가 가장 큰 차이를 보인다. 따라서 현재까지 측정 한 측정 대상 구조물들의 함수울을 남측사면과 북측사면으로 나누어 분석하였다.



시공 및 성능테스트동(지신재) 위치별 함수울



전통한옥 성능테스트동(온고재) 위치별 함수율



예제한옥(명지대 무루정) 위치별 함수율

각 동의 위치별 함수율 그래프를 살펴보면, 전체적인 형상에서 북측사면이 남측사면의 함수율에 비하여 높은 것을 알 수 있다. 북측사면의 함수율이 전통한옥 성능테스트동(온고재)은 최대 1.97%, 예제한옥(명지대 무루정)은 최대 2.85% 높았다. 그러나, 시공 및 성능 테스트동(지신재)은 남측사면과 북측사면의 차이가 크게 벌어지지 않았으며, 북측사면의 함수율이 남측사면의 함수율에 비하여 높은 경우도 상당수 있다. 이는 시공 및 성능 테스트동(지신재)의 기둥에 쓰인 목재로 집성재를 사용하였기 때문이라 판단한다. 집성재는 작은 단면적을 가진 여러개의 목재를 가공하여 하나의 부재로 만들어내는 것이기 때문에, 그 과정에서 집성재는 전체적으로 잘 건조된 부재가 되었다. 하지만, 전통한옥 성능테스트동(온고재)과 예제한옥(명지대 무루정)에 사용된 제재목은 원목을 건조 및 치목하여 사용한 목재로, 집성재에 비하여 건조되지 못하였다. 때문에 구조물로 만들어진 이후, 크고 작은 할렬(목재의 수축시 발생하는 갈라짐)현상이 발생하여 목재에 수분이 침투하기 쉬운 상태가 되었고, 그로 인하여 함수율이 외부환경에 따라 변화하기 쉽다. 하지만, 집성재는 건조상태가 좋기 때문에 목재의 할렬현상이 일어나지 않았고, 그로 인하여 외부의 환경에 보다 영향을 적게 받았기 때문에 남측과 북측의 차이가 나타나지 않은 것이다.



시공 및 성능테스트동(지신재) 기둥 표면 상태



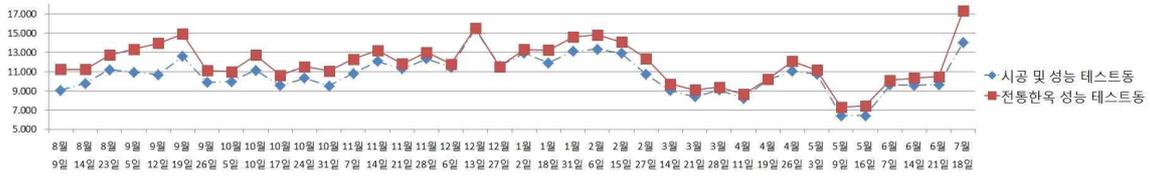
전통한옥 성능테스트동(온고재) 기둥 표면 상태



예제한옥(명지대 무루정) 기둥 표면 상태

■ 목재 종류별 함수율 변화

목재의 종류별 함수율은 위에 언급한 바와 같이 목재의 제작과정에 따른 차이로 인하여 함수율의 차이가 발생한다. 이 차이를 비교하기 위하여 같은 시기 기둥부재에 집성재를 사용하여 시공된 시공 및 성능테스트동(지신재)과 제재목으로 시공된 전통한옥 성능테스트동(온고재)을 비교하였다.

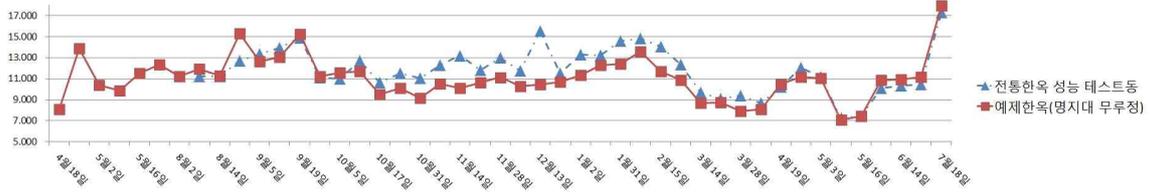


시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 함수율 비교

집성재로 시공된 시공 및 성능테스트동(지신재)과 제재목으로 시공된 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 함수율 그래프는 외부환경에 따라 비슷한 선형을 보이며 변화하였다. 하지만 집성재의 함수율이 제재목의 함수율보다 낮음을 알 수 있다. 집성재는 제재목에 비하여 함수율이 평균 1.30%, 최대 3.27% 낮았다. 이는 위에서 언급한 바와 같이, 목재의 제조과정상 건조상태에 따른 크고 작은 할렬의 유무에 따라서 다른 결과를 얻은 것으로 판단된다.

■ 목재 기간별 함수율 변화

시간의 변화에 따른 목재 함수율 변화를 비교분석 하기 위하여 2009년 완공된 예제한옥(명지대 무루정)과 2012년 완공된 전통한옥 성능테스트동(온고재)을 비교하였다. 예제한옥(명지대 무루정)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)은 모두 제재목으로 시공되었으며, 목재의 표면에 별다른 처리를 하지 않은 상태이다.



전통한옥 성능테스트동(온고재)과 예제한옥(명지대 무루정)의 함수율 비교

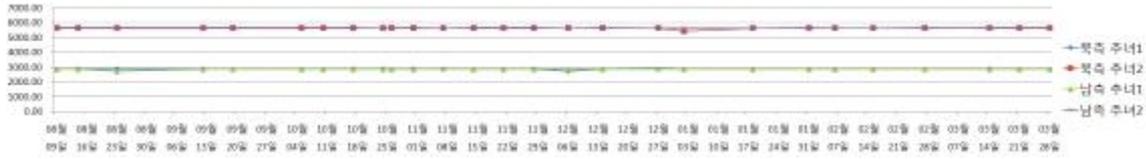
예제한옥(명지대 무루정)의 함수율이 전체적으로 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 비하여 낮은 양상을 보이고 있으나, 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 측정이 시작된 2012년 8~9월의 함수율은 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 비하여 예제한옥이 더욱 높은 모습을 보였다. 이는 1) 기둥의 위치별 함수율 변화에서 언급한 바와 같이 시간의 흐름에 따라서 표면의 할렬현상이 발생하였고, 그로 인하여 습도가 높은 여름철에 일시적으로 예제한옥의 함수율이 높아진 것으로 판단된다. 추후의 측정 데이터에서도 예제한옥의 함수율이 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 비하여 낮을 것이며, 습도가 높은 여름철에는 일시적으로 높아지는 현상이 보일 것으로 예상된다. 하지만, 시간이 지날수록 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 함수율 또한 예제한옥의 함수율과 비슷한 양상을 보인 후 많은 시간이 지나면 예제한옥과 전통한옥 성능테스트동(온고재) 모두 거의 차이가 없는 함수율과 함수율 변화 양상을 보이며 지속적으로 함수율이 감소할 것으로 예상된다.

2) 변형

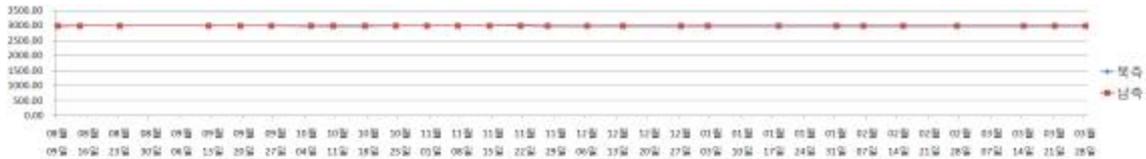
■ 수평부재의 위치별 변형 차이

구조물의 위치가 남측을 향하여 있는지, 북측을 향하여 있는지에 따라서 일조가 달라지고, 그에 따라 함수율과 적설하중 등이 달라진다. 이는 서까래 또는 추녀부재의 변형의 양상에 영향을 미친다. 따라서 서까래, 추

녀부재, 보 부재의 위치에 따라 데이터를 분석하였다.



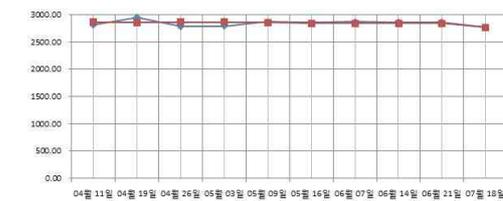
시공 및 성능테스트동(지신재) 위치별 주철의 변형 비교



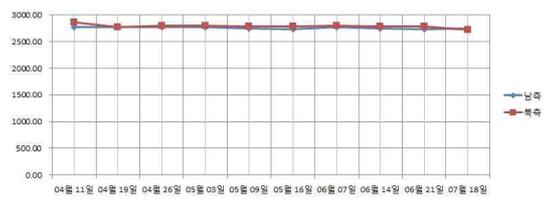
전통한옥 성능테스트동(온고재) 위치별 주철의 변형 비교



예제한옥(명지대 무루정) 위치별 서까래의 변형 비교



시공 및 성능테스트동(지신재) 위치별 보의 처짐 비교

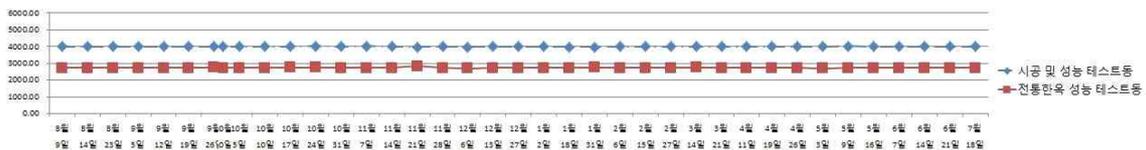


전통한옥 성능테스트동(온고재) 위치별 보의 처짐 비교

측정데이터가 충분히 축적되지 않은 보 부재를 제외한 나머지 부재의 현재까지 측정데이터 상에서는 위치에 따른 변형의 차이가 보이지 않았다. 하지만, 추후 지속적으로 데이터를 수집하였을 때, 남측사면에 비하여 북측사면에 위치한 부재들의 변형률이 크게 나타날 것으로 예상된다.

■ 목재 종류별 변형 차이

목재의 종류별 변형의 차이를 알아보기 위하여 비슷한 시기에 집성재로 시공된 시공 및 성능 테스트동과 전통한옥 성능 테스트동의 서까래의 변형을 비교하였다.

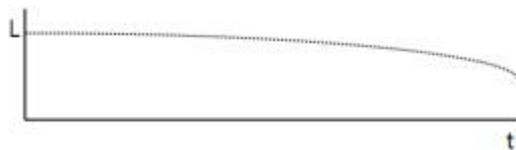


시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 서까래 변형 비교

두 건물의 서까래 내민 길이와 기울기 등이 다르므로, 선형을 살펴보아야한다. 하지만 지금까지의 측정 데이터 상에서 집성재와 제재목의 변형의 차이점을 발견할 수 없었다. 하지만, 지속적으로 변형 데이터가 쌓인다면 제재목의 변형이 집성재에 비하여 클 것으로 예상된다. 건조가 잘 되어있는 집성재에 비하여 제재목은 함수율의 감소에 따른 뒤틀림, 처짐 등의 변형이 발생하며 또한 집성재에 비하여 제재목의 강성이 낮기 때문이다.

■ 목재 기간별 변형 차이

목재로 구성된 구조물에서는 시간이 지남에 따라 장기적으로 변형이 발생하게 된다. 하지만, 현재까지 측정된 변형(3. 구조모니터링 결과의 그림 478~491 참조)은 없는 것으로 나타났다. 이는 본 구조모니터링의 측정이 구조물의 탄성변형구간이 아닌, 비탄성변형구간을 대상으로 하기 때문이다. 장기적으로는 수평부재의 처짐과 수직부재의 축방향 축소가 발생할 것으로 예상된다.



시간의 흐름에 따른 수평/수직부재의 처짐/축소량 예상

■ 접합방식별 변형 차이

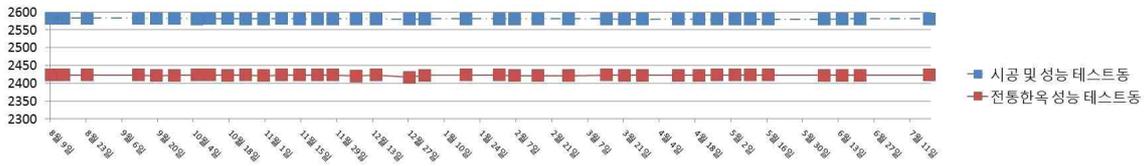
전통한옥과 신한옥의 접합방식은 상당히 상이하다. 전통한옥은 맞춤이음이고, 신한옥은 철물접합으로 접합이 이루어진다. 전통한옥과 신한옥의 접합방식의 차이에도 불구하고, 두 가지 접합방식 모두 전단접합이다. 하지만, 한옥의 특성상 지붕의 하중이 무겁게 부재들을 누르게 되면, 미소하지만 회전강성이 발생하게 된다. 그렇지만 그 회전강성은 실험을 통해 도출하지 않는 한 알 수가 없다. 접합방식의 차이는 회전강성을 다르게 만들고, 그에 따른 변형의 양상 또한 달라지게 된다. 따라서 철물접합으로 시공된 시공 및 성능테스트동(지신재)과 맞춤이음으로 시공된 전통한옥 성능테스트동(온고재)을 비교하였다.



전통한옥의 맞춤이음 접합



신한옥의 철물접합



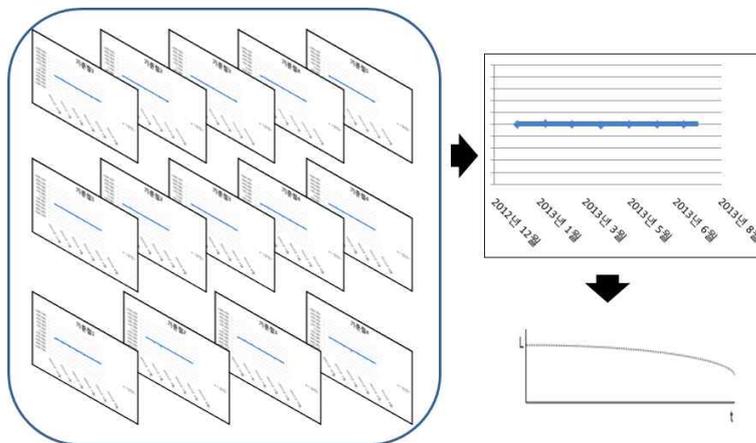
시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 기동 변형 비교

두 개의 건물은 부재의 길이, 하중 등 많은 점에서 차이를 보이기 때문에 완전한 비교를 하기 어렵지만, 변형의 양상을 통하여 차이점을 유추할 수 있다.

현재까지의 측정결과, 서까래의 변형(그림 235 참조) 및 기둥의 변형(그림 239 참조) 등 부재들의 변형의 양상에 변화가 보이지 않았다. 하지만, 장기적인 측정 시 접합방식 차이에 따른 부재변형의 차이를 도출할 수 있을 것이다.

3.6.2 디지털 영상합성 변형분석

디지털 영상 합성 변형 분석은 월1회 평균 정지영상을 이용하여 변형을 측정한다. 현재까지 축적된 데이터의 양이 많지 않아 현 상태로는 구조물의 전체적인 변형 과정을 파악하기에는 무리가 있다. 하지만, 추후 지속적인 측정을 수행한다면 전체 구조물의 장기변형을 분석할 수 있다.



디지털영상합성변형분석 결과 예측

현재까지의 데이터는 대략적으로 수평의 직선형을 보이며 변형이 되지 않은 모습을 살펴볼 수 있다. 하지만 장기적인 측정을 지속할 경우 장기적인 처짐을 확인 할 수 있을 것이다.

본 디지털 영상합성 변형분석 방법은 목조구조물의 장기변형을 측정하기 적합할 것으로 예상되며, 2013년 3월 12일 특허출원하였으며 현재 심사 중에 있다.

Part 4. 실험한옥 성능평가

4.1. 기밀성능 평가

4.1.1. 평가 목적 및 개요

1) 목적

- 한옥에 적용 가능한 성능 기준 정립 근거
 - 3차년도 구축된 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 성능 시험을 통한 실현 가능성 분석
 - 현대 신한옥 성능 수준 비교 분석
 - 현대 주거 성능 기준과 현대 신한옥 조성 수준을 고려한 기준

2) 개요

■ 대상

- 3차년도에 구축된 명지대학교 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)¹⁾

시공 및 성능 테스트동(지신재, 신한옥)	전통한옥 성능 테스트동(온고재)
	
<p><주요 공간 구성> 1층 - 방1,2, 거실1, 주방, 욕실, 계단실 2층 - 방3, 거실2, 욕실</p>	<p><주요 공간 구성> 1층 - 방1,2, 대청, 부엌</p>

■ 주요 평가 요소

- 외기에 면한 한옥 외피를 고려한 기밀성능 측정 평가
- 기밀성능에 영향을 미치는 요소를 고려한 평가

창호 자체 틈	창호와 벽체 접합부 틈	기둥과 벽체 접합부 틈	목조 부재간 접합부 틈
			

1) 이하 실험한옥 설명표는 1-1세세부 제공

4.1.2. 측정 방법 및 내용

1) 기밀성능 측정 방법

■ 관련 측정 규격

구분	내용	
적용된 측정방법	가압/감압법(pressurization/Depressurization Method)	
관련 측정 규격	KS L ISO 9972(2006) 단열 - 건물 기밀성 평가 - 팬 가압법 ISO 9972(2006), ASTM-779-10, CGSB 149.15(1996)	
측정 장비	블로어 도어 테스터(Blowerdoor tester)	
측정 소프트웨어 (상용 소프트웨어)	① TECTILE Express Version(4.0.10.0) Building Airtightness Testing (The Energy Conservatory, Minneapolis Fan Model 3) - Test Standard : CGSB(Canadian General Standards Board) - Test Mode : Depressurization(감압) and Pressurization(가압) - Test Pressure : 25 ~ 60Pa - Building High Pressure Limit : 90 Pa - Fan Adjust Rate : 1.0	
측정 방법 (팬의 설치)	① 개구부에 팬을 설치한 후 가압하여 실내로 외기를 도입하거나, 감압하여 실내 공기를 외부로 방출시켜 일정 압력에 대한 누기량을 산정 ② 실내의 압력차를 50Pa 또는 그 이상의 압력으로 가압하거나 감압한 후 팬 풍량을 5~10Pa 간격으로 낮추면서 각 압력차에서의 누기량을 측정	
		
특징	① 외기 조건의 영향을 받지 않도록 매우 큰 압력차를 실내에 발생시켜 측정한다는 점에서 현장 측정에 매우 유용한 장비 ② 건물 전체나 부위별로 기밀성 측정이 가능하고 신속하게 측정이 이루어지므로 현재 거주자가 거주하는 주거의 측정에는 효율적인 방법	

■ 공간별 기밀성능 측정 장비(Blowerdoor tester Fan)의 설치

- 외기에 면한 건축 부재의 기밀성을 평가하기 위한 방법으로 측정을 진행
 - 각 침실 공간의 실내측 각 실의 출입문에 팬을 설치하여 가압 및 감압을 하는 방식으로 진행
 - 한옥의 특성을 고려하여 침실 중심으로 기밀성 평가 진행
- 시공 및 성능테스트동(지신재)
 - 침실의 실내 측의 방문틀에 설치하여 측정함.
- 전통한옥 성능테스트동(온고재)
 - 팬 설치 여건상 외기에 면하는 여닫이 문에 설치하여 측정

2) 측정 내용

■ 성능평가 내용

- 한옥의 특성을 고려하여 침실 중심의 기밀성 평가 진행
- 외기에 접하는 건축 부재의 기밀 여부 분석 포함

건물구분	구분	시스템측정 대상 실의 특징					
		목구조부 노출여부1)	부속실 여부2)	창호종류3) (내장에서 외창 순으로)	외피면수4)	개구부 수5)	
시공 및 성능 테스트동 (지신재)	방1	노출(수평부재) 	반침(2) 	PVC 복층유리(22mm LOW-E)(서) 1개소 		1	3
	방2	노출(수평부재) 	없음	시스템창(22mm LOW-E)(여) 1개소 		3	3
				목재(창호지)(단)+목재(5mm 강화유리)(여) 2개소 			
방3	비노출 	없음	PVC 복층유리(22mm LOW-E)(서) 2개소 		2	2	
전통한옥 성능 테스트동 (온고재)	방1	노출(모든 부재) 	벽장(3) 	목재 창호지(단)+목재 창호지(여) 2개소 창호지 바름 맹장지문 1개소 		1	6
	방2	노출(모든 부재)	벽장(1)	목재 창호지(단)+목재 창호지(여) 3개소 창호지 바름 맹장지문 1개소		3	5

- 1) 목구조부 노출여부 : 주요 구조부(보, 기둥, 도리 등)를 노출한 경우와 마감재료(벽지)를 통한 비노출 경우로 구분
- 2) 부속실 여부: 침실에 부속된 화장실 및 다락방의 출입문 여부, () 안은 개수
- 3) 창호 종류 : (서)미서기, (여)여닫이, (단)미닫이로 구분
- 4) 외피면수 : 외기에 면하는 벽 면의 수(천장, 바닥은 제외)
- 5) 개구부 수 : 침실에서 통하는 창호, 다락, 반침, 벽장 등의 수를 합한 수

■ 성능평가 실시 일시

- 2012.11.24(토) : 시공 및 성능테스트동(지신재)
- 2012.11.25(일) : 전통한옥 성능테스트동(온고재)

■ 측정 대상 공간의 건축적 제원 분석

건물구분	실 구분	건축적 제원					
		가로(m)	세로(m)	높이(m)	바닥면적(m ²)	외표면적(m ²)	실용적(m ²)
지신재	방1	2.81	3.60	2.75	10.12	55.49	27.82
	방2	4.50	2.58	2.51	11.61	58.76	29.14
	방3	2.81	3.60	2.30	10.12	49.72	23.27
온고재	방1	4.70	3.50	2.45	16.45	73.08	40.30
	방2	4.70	2.30	3.00	10.81	63.62	32.43

※ 외표면적 : 침실 공간을 중심으로 외벽, 내벽, 천장, 바닥의 모든 면적을 합산 산정(그 이유로는 한옥의 경우 목재 구조재와 각 벽체의 이질재 접합부 특성을 감안)

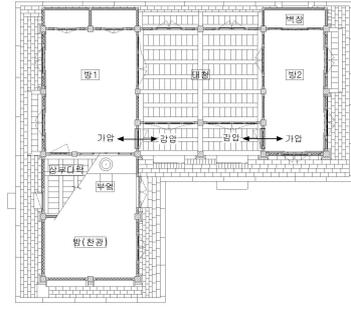
■ 측정 대상 공간의 온·습도 조건

측정의 신뢰성을 유지하기 위해 권장 외기온도(5℃ 이상)와 풍속 조건(5.56m/s 이하) 준수

건물구분	실 구분	온습도 조건			
		실내온도(℃)	실외온도(℃)	실내습도(%)	외기 풍속(m/s)
지신재	방1	19.7	10	35	4.5
	방2	20.4	10	35	
	방3	19.3	10	40	
온고재	방1	17.2	8	28	5.4
	방2	10.0	8	40	

■ 측정 공간별 Blowerdoor tester 설치 위치

각 공간별 출입문 위치에 설치하여 측정

시공 및 성능테스트동(지신재)	전통한옥 성능테스트동(온고재)
 <p>1층(방1,2)</p>	 <p>2층(방1)</p>
 <p>(방1,2)</p>	



① 측정 모니터링



② 기온 및 습도 측정
기밀성능 측정 장면



③ 팬 설치

4.1.3. 측정 결과 분석

1) 기밀성능 평가 방법

■ 평가지표

- 국제적으로 통용되는 평가지표에 의한 평가 적용
- 평가는 현장 측정 결과 평가에 적용가능한 시간당 환기회수법(ACH50) 적용

평가지표	정의
CFM50	① CFM50(Cubic Feet per Minute at 50Pa, ft ³ /min)은 블로어 도어를 이용하여 실내외 압력차가 50Pa로 유지하기 위해 실내로 불어넣거나 빼주는 기류량을 의미 ② 50Pa은 건물 주변에 약 20mph(약 9m/s)바람이 불어올 때에 해당하는 압력 ③ 미터법을 사용하는 국가에서는 CFM50 대신에 CHM50(m ³ /hr)을 사용하기도 함
ACH50	① ACH50(Air Change per Hour at 50Pa, 시간당 환기회수, 회/hr) ② 건물 내부에 인위적으로 ±50Pa의 차압이 유지될 때 발생한 침기 또는 누기량에 대한 시간당 환기회수 ③ 크기와 형태가 다른 건물이나 공간의 기밀성능을 상호 비교하기 위한 지표 $CH = \frac{CFM50 \times 60}{Volume()} \quad (\text{회/h})$
ELA	① ELA(Effective Leakage Area, 유효 누기 면적, m ²)는 미국의 LBL(Lawrence Berkeley Laboratory)에서 제안한 척도 ② 건물 내부에 4Pa의 차압이 발생할 경우 누기 풍량과 같은 공기가 새어 나가는 구멍의 크기를 Blower door Fan의 흡입구(Inlet)과 같은 크기의 special nozzle shaped 구멍으로 환산한 값
ACH50/20	① ACH50/20은 LBL 침기모델에서 ACH50을 교정상수(N)으로 나누어 산정한 지표로 평균침기회수라 함 ② N은 기상조건, 건물의 높이, 차폐물의 영향, 틈새 형 형태에 따른 기준에 따라 그 값이 17~23까지 변하지만 일반적으로 20을 적용 $ACH50/20 = \frac{ACH50}{20}$

※ 실험실 평가는 KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법에 따라 압력차에 대한 통기량(m³/hm²)으로 등급화하여 평가(친환경 주택 성능 기준, 창호에너지소비효율 등급제, 건축물 에너지절약설계기준 등)

2) 스모그 발생장치를 활용한 육안조사

구분	내용
조사 목적	스모그를 발생시켜 누출되는 스모그를 육안으로 판별이 가능
장비 활용 모습	ANTARI Z-SERIES 2 FOG MACHINE   
육안 조사 방법	① 블로어 도어를 가동하여 팬이 작동 중에 사용 ② 가압법을 적용시 스모그 발생장치를 작동하여 주로 스모그가 빠져 나가는 부위 판별 ③ 보다 정확한 판별을 위해 외부에서 빠져나오는 스모그를 확인 촬영 ④ 특히, 창호 및 건축 부재 접합부 중심으로 조사
적용 공간	① 시공 및 성능테스트동(지신재) 방1,2(방3의 경우에는 2층으로 외부에서 직접 사진 촬영 불가) ② 전통한옥 성능테스트동(온고재) 방1, 2의 경우 비적용

2) 결과 분석

■ 시공 및 성능테스트동(지신재) - 방1, 1F

① 결과 Report	② 육안 조사 결과																																																																				
<div style="text-align: center;">BUILDING LEAKAGE TEST</div> <hr/> <p>Date of Test: 2012-11-25 Test File: 11-11-2 Customer: Technician: JVLee Project Number: 11-11-1 Building Address: 시공 및 성능테스트동 경기도 파주시</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Depressurization</th> <th>Pressurization</th> <th>Average</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Test Results at 50 Pascals:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>m³/h50 Airflow</td> <td>715 (+/- 0.2 %)</td> <td>973 (+/- 0.1 %)</td> <td>844</td> </tr> <tr> <td>ACH50</td> <td>25.72</td> <td>35.00</td> <td>30.36</td> </tr> <tr> <td>m³/h50/m² Floor Area</td> <td>70.7576</td> <td>96.3463</td> <td>83.5640</td> </tr> <tr> <td>m³/h50/m² Surface Area</td> <td>72.2177</td> <td>98.2866</td> <td>85.2521</td> </tr> <tr> <td>Leakage Areas:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Canadian Eq.LA @ 10 Pa (cm²)</td> <td>366.9 (+/- 1.0 %)</td> <td>428.0 (+/- 0.5 %)</td> <td>367.5</td> </tr> <tr> <td>cm³/hm² Surface Area</td> <td>31.00</td> <td>43.23</td> <td>37.12</td> </tr> <tr> <td>LB, ELA @ 4 Pa (cm²)</td> <td>172.1 (+/- 1.5 %)</td> <td>243.4 (+/- 0.9 %)</td> <td>207.8</td> </tr> <tr> <td>cm³/hm² Surface Area</td> <td>17.39</td> <td>24.56</td> <td>20.99</td> </tr> <tr> <td>Building Leakage Curve:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Flow Coefficient (C)</td> <td>70.2 (+/- 2.4 %)</td> <td>101.3 (+/- 1.4 %)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exponent (n)</td> <td>0.593 (+/- 0.006)</td> <td>0.578 (+/- 0.004)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Correlation Coefficient</td> <td>0.99985</td> <td>0.99985</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Test Standard:</td> <td>CGSB</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Test Mode:</td> <td>Depressurization and Pressurization</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Depressurization	Pressurization	Average	Test Results at 50 Pascals:				m³/h50 Airflow	715 (+/- 0.2 %)	973 (+/- 0.1 %)	844	ACH50	25.72	35.00	30.36	m³/h50/m² Floor Area	70.7576	96.3463	83.5640	m³/h50/m² Surface Area	72.2177	98.2866	85.2521	Leakage Areas:				Canadian Eq.LA @ 10 Pa (cm²)	366.9 (+/- 1.0 %)	428.0 (+/- 0.5 %)	367.5	cm³/hm² Surface Area	31.00	43.23	37.12	LB, ELA @ 4 Pa (cm²)	172.1 (+/- 1.5 %)	243.4 (+/- 0.9 %)	207.8	cm³/hm² Surface Area	17.39	24.56	20.99	Building Leakage Curve:				Flow Coefficient (C)	70.2 (+/- 2.4 %)	101.3 (+/- 1.4 %)		Exponent (n)	0.593 (+/- 0.006)	0.578 (+/- 0.004)		Correlation Coefficient	0.99985	0.99985		Test Standard:	CGSB			Test Mode:	Depressurization and Pressurization			
	Depressurization	Pressurization	Average																																																																		
Test Results at 50 Pascals:																																																																					
m³/h50 Airflow	715 (+/- 0.2 %)	973 (+/- 0.1 %)	844																																																																		
ACH50	25.72	35.00	30.36																																																																		
m³/h50/m² Floor Area	70.7576	96.3463	83.5640																																																																		
m³/h50/m² Surface Area	72.2177	98.2866	85.2521																																																																		
Leakage Areas:																																																																					
Canadian Eq.LA @ 10 Pa (cm²)	366.9 (+/- 1.0 %)	428.0 (+/- 0.5 %)	367.5																																																																		
cm³/hm² Surface Area	31.00	43.23	37.12																																																																		
LB, ELA @ 4 Pa (cm²)	172.1 (+/- 1.5 %)	243.4 (+/- 0.9 %)	207.8																																																																		
cm³/hm² Surface Area	17.39	24.56	20.99																																																																		
Building Leakage Curve:																																																																					
Flow Coefficient (C)	70.2 (+/- 2.4 %)	101.3 (+/- 1.4 %)																																																																			
Exponent (n)	0.593 (+/- 0.006)	0.578 (+/- 0.004)																																																																			
Correlation Coefficient	0.99985	0.99985																																																																			
Test Standard:	CGSB																																																																				
Test Mode:	Depressurization and Pressurization																																																																				
③ 분석																																																																					
<ul style="list-style-type: none"> - 22mm 복층유리 창호의 물고임 방지 구멍 및 창문과 창틀 사이 레일 부위를 통해 스모그가 누출 육안으로 확인 - 실의 수납공간을 통한 외부 누출은 없는 것으로 확인되었음 																																																																					

■ 시공 및 성능테스트동(지신재) - 방2, 1F

① 결과 Report	② 육안 조사 결과																																																																				
<div style="text-align: center;">BUILDING LEAKAGE TEST</div> <hr/> <p>Date of Test: 2012-11-25 Test File: 11-11-2-2 Customer: Technician: JVLee Project Number: 11-11-2 Building Address: 시공 및 성능테스트동 경기도 파주시</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Depressurization</th> <th>Pressurization</th> <th>Average</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Test Results at 50 Pascals:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>m³/h50 Airflow</td> <td>1052 (+/- 0.1 %)</td> <td>1115 (+/- 0.1 %)</td> <td>1084</td> </tr> <tr> <td>ACH50</td> <td>36.17</td> <td>38.33</td> <td>37.25</td> </tr> <tr> <td>m³/h50/m² Floor Area</td> <td>90.7283</td> <td>98.1619</td> <td>93.4456</td> </tr> <tr> <td>m³/h50/m² Surface Area</td> <td>43.4501</td> <td>46.0241</td> <td>44.7321</td> </tr> <tr> <td>Leakage Areas:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Canadian Eq.LA @ 10 Pa (cm²)</td> <td>410.3 (+/- 0.7 %)</td> <td>504.7 (+/- 0.8 %)</td> <td>457.5</td> </tr> <tr> <td>cm³/hm² Surface Area</td> <td>16.95</td> <td>20.25</td> <td>18.60</td> </tr> <tr> <td>LB, ELA @ 4 Pa (cm²)</td> <td>217.8 (+/- 1.0 %)</td> <td>291.6 (+/- 1.2 %)</td> <td>254.7</td> </tr> <tr> <td>cm³/hm² Surface Area</td> <td>9.00</td> <td>12.05</td> <td>10.53</td> </tr> <tr> <td>Building Leakage Curve:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Flow Coefficient (C)</td> <td>61.7 (+/- 1.8 %)</td> <td>124.4 (+/- 1.9 %)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Exponent (n)</td> <td>0.653 (+/- 0.004)</td> <td>0.561 (+/- 0.005)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Correlation Coefficient</td> <td>0.99987</td> <td>0.99975</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Test Standard:</td> <td>CGSB</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Test Mode:</td> <td>Depressurization and Pressurization</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Depressurization	Pressurization	Average	Test Results at 50 Pascals:				m³/h50 Airflow	1052 (+/- 0.1 %)	1115 (+/- 0.1 %)	1084	ACH50	36.17	38.33	37.25	m³/h50/m² Floor Area	90.7283	98.1619	93.4456	m³/h50/m² Surface Area	43.4501	46.0241	44.7321	Leakage Areas:				Canadian Eq.LA @ 10 Pa (cm²)	410.3 (+/- 0.7 %)	504.7 (+/- 0.8 %)	457.5	cm³/hm² Surface Area	16.95	20.25	18.60	LB, ELA @ 4 Pa (cm²)	217.8 (+/- 1.0 %)	291.6 (+/- 1.2 %)	254.7	cm³/hm² Surface Area	9.00	12.05	10.53	Building Leakage Curve:				Flow Coefficient (C)	61.7 (+/- 1.8 %)	124.4 (+/- 1.9 %)		Exponent (n)	0.653 (+/- 0.004)	0.561 (+/- 0.005)		Correlation Coefficient	0.99987	0.99975		Test Standard:	CGSB			Test Mode:	Depressurization and Pressurization			
	Depressurization	Pressurization	Average																																																																		
Test Results at 50 Pascals:																																																																					
m³/h50 Airflow	1052 (+/- 0.1 %)	1115 (+/- 0.1 %)	1084																																																																		
ACH50	36.17	38.33	37.25																																																																		
m³/h50/m² Floor Area	90.7283	98.1619	93.4456																																																																		
m³/h50/m² Surface Area	43.4501	46.0241	44.7321																																																																		
Leakage Areas:																																																																					
Canadian Eq.LA @ 10 Pa (cm²)	410.3 (+/- 0.7 %)	504.7 (+/- 0.8 %)	457.5																																																																		
cm³/hm² Surface Area	16.95	20.25	18.60																																																																		
LB, ELA @ 4 Pa (cm²)	217.8 (+/- 1.0 %)	291.6 (+/- 1.2 %)	254.7																																																																		
cm³/hm² Surface Area	9.00	12.05	10.53																																																																		
Building Leakage Curve:																																																																					
Flow Coefficient (C)	61.7 (+/- 1.8 %)	124.4 (+/- 1.9 %)																																																																			
Exponent (n)	0.653 (+/- 0.004)	0.561 (+/- 0.005)																																																																			
Correlation Coefficient	0.99987	0.99975																																																																			
Test Standard:	CGSB																																																																				
Test Mode:	Depressurization and Pressurization																																																																				
③ 분석																																																																					
<ul style="list-style-type: none"> - 5mm 강화유리 목재창호의 경우 변형과 수축이 발생하였을 뿐만 아니라, 유리를 고정해주는 실링재 역할을 하는 부재가 기밀하게 시공되지 못하였음 - 유리와 창틀 프레임 사이 틈새가 육안으로 확인 - 창을 통해 상당히 많은 양의 스모그가 유출되고 있음을 확인 																																																																					

■ 시공 및 성능테스트동(지신재) -방3, 2F

① 결과 Report

BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 2012-11-25
Test File: 2012-11-25-3-2
Customer: (주)지신재

Technician: JVLee
Project Number: 2012-11-3-2
Building Address: 시공 및 성능테스트동 (지신재) 202호

	Depressurization	Pressurization	Average
Test Results at 50 Pascals:			
m³/h50 Airflow	387 (+/- 0.2%)	834 (+/- 0.1%)	601
ACH50	15.77	35.78	25.77
m³/h50/m² Floor Area	36.3705	82.5451	59.4578
m³/h50/m² Surface Area	24.9592	56.7147	40.6530
Leakage Areas:			
Canadian EqLA @ 10 Pa (cm²)	156.1 (+/- 0.8%)	385.3 (+/- 0.3%)	275.7
cm³/m² Surface Area	10.62	25.69	18.76
LBL ELA @ 4 Pa (cm²)	87.0 (+/- 1.3%)	234.6 (+/- 0.5%)	160.8
cm³/m² Surface Area	5.92	15.96	10.94
Building Leakage Curve:			
Flow Coefficient (C)	35.2 (+/- 2.1%)	104.2 (+/- 0.7%)	
Exponent (n)	0.860 (+/- 0.006)	0.532 (+/- 0.002)	
Correlation Coefficient	0.99975	0.99996	
Test Standard:	CGSB		
Test Mode:	Depressurization and Pressurization		

② 육안 조사 결과

③ 분석

- 원거리에서는 틈새가 확인이 되지 않지만 근거리에서는 틈새가 있음을 확인할 수 있음
- 기둥과 벽체 접합부 틈새로 햇빛이 들어 실내 마감지를 통해 빛이 투과하는 모습을 확인
- 창틀과 벽체 접합부 틈새로 외부를 확인할 수 있음
- 접합부의 기밀성을 강화하는 시공법 적용 필요

■ 전통한옥 성능테스트동(온고재) - 방1, 2

① 결과 Report

BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 2012-11-24
Test File: 2012-11-24-1
Customer: (주)온고재

Technician: JVLee
Project Number: 2012-11-1
Building Address: 전통한옥 (온고재) 202호

	Depressurization	Pressurization	Average
Test Results at 50 Pascals:			
m³/h50 Airflow	2651 (+/- 0.1%)	2806 (+/- 0.2%)	2729
ACH50	65.78	69.63	67.71
m³/h50/m² Floor Area	160.6858	170.0704	165.3681
m³/h50/m² Surface Area	230.5205	244.0146	237.2673
Leakage Areas:			
Canadian EqLA @ 10 Pa (cm²)	1164.2 (+/- 0.5%)	1306.7 (+/- 1.2%)	1235.4
cm³/m² Surface Area	101.23	113.63	107.43
LBL ELA @ 4 Pa (cm²)	681.4 (+/- 0.8%)	787.5 (+/- 1.9%)	714.5
cm³/m² Surface Area	57.51	66.74	62.13
Building Leakage Curve:			
Flow Coefficient (C)	274.9 (+/- 1.3%)	335.6 (+/- 3.0%)	
Exponent (n)	0.579 (+/- 0.003)	0.543 (+/- 0.008)	
Correlation Coefficient	0.99990	0.99936	
Test Standard:	CGSB		
Test Mode:	Depressurization and Pressurization		

① 결과 Report

BUILDING LEAKAGE TEST

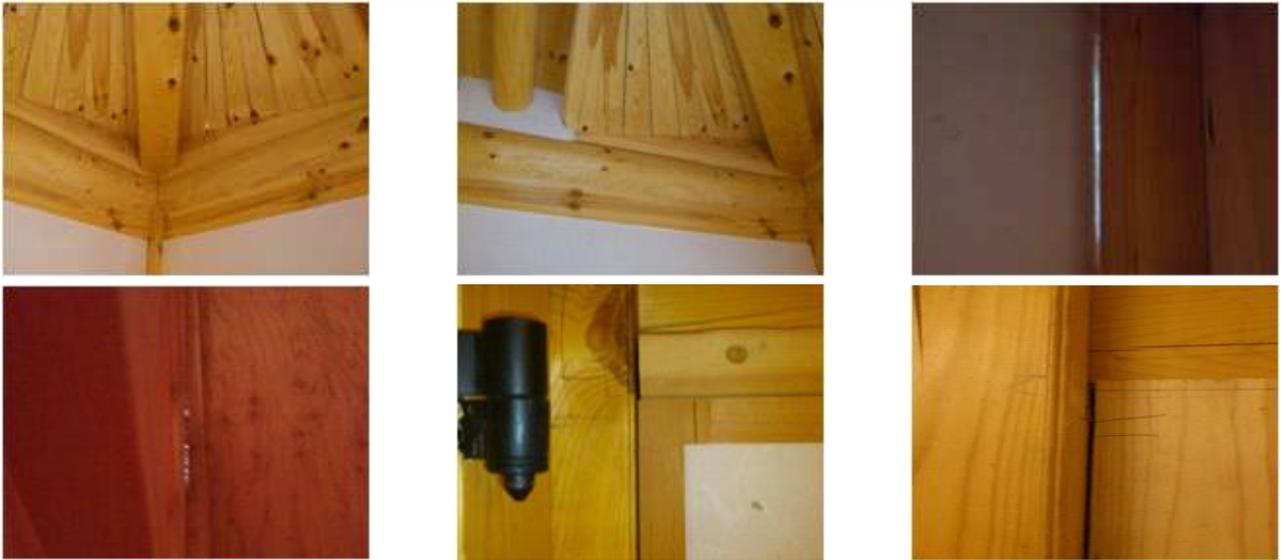
Date of Test: 2012-11-25
Test File: 2012-11-25-2
Customer: (주)온고재

Technician: JVLee
Project Number: 2012-11-2
Building Address: 전통한옥 (온고재) 202호

	Depressurization	Pressurization	Average
Test Results at 50 Pascals:			
m³/h50 Airflow	4066 (+/- 0.4%)	7412 (+/- 0.1%)	5739
ACH50	125.49	226.77	177.13
m³/h50/m² Floor Area	376.4664	686.3055	531.3864
m³/h50/m² Surface Area	193.6113	352.9576	273.2844
Leakage Areas:			
Canadian EqLA @ 10 Pa (cm²)	1736.3 (+/- 1.9%)	3619.3 (+/- 0.7%)	2677.8
cm³/m² Surface Area	32.68	172.35	127.52
LBL ELA @ 4 Pa (cm²)	970.9 (+/- 3.1%)	2164.2 (+/- 1.2%)	1577.5
cm³/m² Surface Area	46.23	104.01	75.12
Building Leakage Curve:			
Flow Coefficient (C)	394.0 (+/- 4.9%)	994.6 (+/- 1.9%)	
Exponent (n)	0.597 (+/- 0.013)	0.513 (+/- 0.005)	
Correlation Coefficient	0.96651	0.99672	
Test Standard:	CGSB		
Test Mode:	Depressurization and Pressurization		

- 201 -

② 육안 조사 결과



③ 분석

- 외기에 면하는 창호는 창호지 바름 여닫이 외창과 미닫이 내창 구조임
- 대형으로 통하는 문은 창호지 바름 불발기문
- 전통한옥의 경우 창호 구조 여부와 상관없이 상당히 기밀성이 취약함을 확인
- 실내에서 실외가 보이는 공간이 육안으로 확인이 될 정도로 많은 부위에서 기밀성이 취약함을 확인함
- 대부분의 구성 부재의 접합부에서 틈새가 확인되었음
- 특히, 방2는 서까래를 통해 하늘이 보이는 상황으로 방1에 비해 매우 취약한 것으로 데이터에서 확인 가능

4.1.4. 결론

1) 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 측정 결과

■ 측정 결과

- 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 기밀성능 평가 결과를 정리하면 다음과 같음

평가항목	구분	시공 및 성능테스트동(지신재)			전통한옥 성능테스트동(은고재)	
		방1	방2	방3	방1	방2
CFM50(CMH50) 50Pa유지를위한기 류량m³/h50	감압	715	1052	367	2651	4066
	가압	973	1115	834	2806	7412
	평균	844	1084	601	2729	5739
ACH50 (시간당환기회수) 회/h	감압	25.72	36.17	15.77	65.78	125.46
	가압	35.00	38.33	35.78	69.63	228.77
	평균	30.36	37.25	25.77	67.71	177.13
ELA(유효누기면적) ㎡	감압	172.1	217.8	87.0	661.4	970.9
	가압	243.4	291.6	234.6	767.5	2184.2
	평균	207.8	254.7	160.8	714.5	1577.5
ACH50/20 (평균침기회수)	평균/20	1.52	1.86	1.29	3.39	8.86

■ 적용 평가지표

- 현재 기밀성능과 관련한 국내 기준은 시간당 환기회수 방법(ACH, 친환경건축물 인증기준)과 압력차에 의

한 통기량(m^3/hm^2 , 친환경 주택 성능 기준, 창호에너지소비효율 등급제, 건축물 에너지절약설계기준) 방법을 적용토록 되어 있음

- 상기 기준 중 압력차에 의한 통기량 적용 기준은 KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법에 따라 평가하는 실험실 시험 평가시 적용가능한 기준으로 개발 중인 시제품의 단일 부재 성능 평가에 적합한 기준임
- 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 기밀성 측정 결과는 부재에 대한 평가가 아닌 실 전반에 관한 평가로 외기에 면한 부위를 고려한 공간단위 기밀성 평가 결과로 현장 측정 평가에 적합한 시간당 환기회수 ACH50으로 평가 실시

■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 물리량 분석

- 50Pa 압력에 대한 시간당 환기회수는 시공 및 성능테스트동(지신재)의 경우 25.77~37.25 ACH, 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 경우 67.71, 177.13 ACH 수치를 나타냄
- 개발 중인 신한옥에 비해 전통한옥의 경우 기밀성에 있어 매우 취약함을 확인
- 시공 및 성능테스트동(지신재)의 스모그 유출 육안조사 결과, 창호 자체(유리와 창호 실링재), 창 의 구조(물고임 방지 구멍, 창문과 창틀 사이 레일 부위), 목재 창 의 변형과 수축, 기둥과 벽체 접합부, 창틀과 벽체 접합부 틈새를 통한 누기 확인
- 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 경우 육안으로 실내에서 실외 공간이 확인이 가능한 상태로 매우 많은 틈새가 확인되며 주요 목조 부재의 노출과 목재 창호로 인해 실의 전체적인 기밀성능이 취약한 것으로 확인됨

2) 국내외 기준과의 비교 평가

■ 국내 기준과 비교 평가

- 현행 친환경건축물 인증기준 중 한옥에 가장 근접한 주거형태인 소형주택 관련 기준에 따르면 시간당 환기회수는 0.6회로 제시하고 있음
- 측정결과는 한옥주택의 유형과 구조 및 공법 등이 현대 소형주택과 상이하기 때문에 직접적인 비교는 불가능하나 이 기준치로 수치상 간접 검토하였을 경우 매우 부족한 결과이며, 이 기준을 한옥 성능기준으로 적용하기에는 무리가 있음

■ 국외 기준과 비교 평가

- ASHRAE에서 언급하는 침기등급에 대한 환기 필요 여부와 비교 검토
- 이 기준에 따르면, H등급 위로는 비용 대비 효율이 높은 기밀성 향상이 필요함을 언급
- 시공 및 성능테스트동(지신재)의 경우 25.77~37.25 ACH, NL은 1.29~1.86으로 I등급(방1, 3) J등급(방2)로서 기밀성 향상이 필요하다는 결론 확인 가능
- 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 경우 침기등급에 의한 비교평가는 큰 의미가 없음
- 따라서, 현재 개발중인 신한옥의 경우 4차년도에 구축 중인 은평구 시범한옥의 경우 기밀성 향상 작업이 반드시 필요

침기등급	최소 NL	최대 NL	ACH50	의미 및 환기 필요 여부
A	0	0.10	1	매우 기밀, 전반적인 기계 환기가 필요
B	0.10	0.14	2	상당히 기밀, 환기시스템 필요
C	0.14	0.20	3	
D	0.20	0.28	5	
E	0.28	0.40	7	공기 누설이 있는 상태, 약간 환기가 필요
F	0.40	0.57	10	상당히 공기 누설이 있는 상태, 기계 환기 불필요
G	0.57	0.80	14	
H	0.80	1.13	20	환기 필요 없음, 고효율 기밀성 향상 필요
I	1.13	1.60	27	너무 기밀하지 않으므로 기밀화가 필요
J	1.60	-	-	-

※ 출처 : Max H. Sherman, The Use of Blower Door Data, LBL Report No. 35173, 1998.03

3) 현대 신한옥 기밀성능 수준 분석

■ 현대 신한옥 개요

- 실험한옥의 기밀성능 수준을 현대 신한옥과 비교 분석하여 기밀성능 향상 가능성 확인 필요
- 2007~2010년 완공된 전라남도 행복마을 한옥 중 517동에 대한 도면 분석과 현장 방문 조사를 통해 개발 목표의 신한옥에 가까운 한옥 선정
- 총 9개 한옥마을 중 16동의 한옥 선정
 - 한옥 마을별로 비교적 동일한 평면 및 벽체, 창호 구조 형식을 취하고 있음
 - 거주인의 성향에 따라 개인차가 있으나 한옥마을의 미관을 고려하여 어느 정도 일관성 있는 한옥 건립
- 한옥의 특성상 침실 26 개 구조를 선정하여 기밀성능 측정 평가 실시

■ 현대 신한옥 26개 침실의 기밀성능 평가 결과

구분	ACH50 (회/h)	유효침기면적 ELA(m ²)	표준침기(LN) ACH50/20	침기 등급	분석
R1	44.01	509.0	2.20	J	<p><침기등급 분포></p> <p><결과 분석></p> <ul style="list-style-type: none"> - 표준침기 LN은 0.42~3.92까지 매우 넓은 범위의 값이 도출 - 등급별로 F등급(4%), G등급(11%), H등급(4%), I등급(31%), J등급(50%) - 과반에 해당하는 13곳이 최하위 J등급으로 분류
R2	30.83	174.1	1.54	I	
R3	48.53	513.4	2.43	J	
R4	8.42	56.4	0.42	F	
R5	14.36	82.1	0.72	G	
R6	35.40	256.7	1.77	J	
R7	11.77	88.9	0.59	G	
R8	76.63	638.8	3.83	J	
R9	26.24	346.5	1.31	I	
R10	40.89	629.8	2.04	J	
R11	52.93	367.6	2.65	J	
R12	22.28	175.2	1.11	H	
R13	33.90	195.6	1.70	J	
R14	49.54	383.6	2.48	J	
R15	56.84	211.3	2.84	J	
R16	32.63	187.9	1.63	J	
R17	15.45	95.8	0.77	G	
R18	78.38	793.0	3.92	J	
R19	67.95	640.7	3.40	J	
R20	29.64	399.2	1.48	I	
R21	59.85	445.2	2.99	J	
R22	25.46	181.6	1.27	I	
R23	27.84	256.8	1.39	I	
R24	28.32	223.9	1.42	I	
R25	28.23	281.8	1.41	I	
R26	28.12	219.5	1.41	I	
평균	37.48	321.3	1.87	J	

4) 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)과 성능 수준 비교

- 시공 및 성능테스트동(지신재) 방1, 2, 3 공간의 기밀성능 수준을 현대 신한옥 기밀성능 평가 결과와 비교 분석(전통한옥은 비교 대상에서 제외)
- 주요 목구조부가 노출되지 않고, 부속실이 없는 방3 공간이 상대적으로 상위에 랭크

시공 및 성능테스트동 (지신재)	시간당 환기회수 ACH50(회/h)	현대 신한옥 비교 수준(%)	공간 특징
방1	30.36	상위 46.2%	- 목구조(수평부재) 노출 - 반침 부속실 2곳 - PVC 복층유리 1개소 - 외피면수 1
방2	37.25	상위 61.5%	- 목구조(수평부재) 노출 - 시스템 창 1개소 - 목재 여닫이+미닫이 창 2개소 - 외피 면수 3
방3	25.77	상위 23.1%	- 목구조 비노출 - PVC 복층유리 2개소 - 외피면수 2

4.2. 단열성능 평가

4.2.1. 평가 목적 및 개요

1) 목적

- 한옥에 적용 가능한 성능 기준 정립 근거
 - 3차년도 구축된 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 성능 시험을 통한 실현 가능성 분석
 - 현대 신한옥 성능 수준 비교 분석
 - 현대 주거 성능 기준과 현대 신한옥 조성 수준을 고려한 기준

2) 개요

■ 대상

- 3차년도에 구축된 명지대학교 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)

시공 및 성능테스트동(지신재)	전통한옥 성능테스트동(은고재)
	
유닛모델동(일신당)	부위별 성능테스트동(일휴당)
<p>벽체 부품 및 자재 시공 상세 개발</p>  <p>2012 코엑스 서울국제건축박람회 참가</p>	

■ 주요 평가 요소

- 외기에 면한 한옥 건축 주요 구성 부재 접합부를 중심으로 한 단열성능 측정 평가
 - 벽체와 기둥 접합부
 - 벽체와 창호 접합부
 - 목조 구성 부재 접합부
 - 벽체와 천장 접합부
 - 천장(지붕과 서까래) 등
- 열화상(적외선) 촬영에 의한 건축물 내부 표면 온도 측정이 목적(난방을 하는 동절기 시행)

4.2.2. 측정 방법 및 내용

1) 단열성능 측정 방법

■ 관련 측정 규격

구분	내용	
관련 측정 규격	KS L 2829 적외선 촬영법에 의한 건축물 단열 성능 평가 방법	
측정 장비	열화상카메라 : ThermoVisionTM A20-M - Thermal Sensitivity : 0.1°C at 30°C - Measurement Temperature Range : -20°C ~ 250°C - Measurement Accuracy : ±2°C, ±2% of reading - Measurement Mode : Spot, Area etc	
측정 소프트웨어	ThermaCAMTM ResearcherPro 2.7 (FLIR systems, Sweden)	
측정 방법 (카메라의 설치)	① 위치에 상관없이 촬영하고자 하는 부위를 담을 수 있도록 일반 카메라 활용법과 유사 ② 주요 제어는 측정 소프트웨어를 활용 ③ 흔들림이 없도록 고정하여 측정	
		
특징	① 비접촉식으로 넓은 면적의 진단이 가능 ② 진단결과를 화상으로 기록 보전을 가능하므로 데이터의 활용성이 높음 ③ 다음과 같은 건물 단열 진단에 활용 - 표면 온도 측정을 통한 관류열량의 분석으로 벽체 내부의 단열 상황 추정 - 실내 온도 분포 및 침기/누기 부위 발견 - 실내 각 부위의 표면온도를 통해 열교 및 냉교 부위 조사 - 표면온도가 노점온도 이하의 낮은 실내부위를 검출하여 결로 위험성 진단	

■ 측정시 고려할 사항

- 내표면 온도를 측정할 경우 실외온도는 측정 시각으로부터 과거 3일간 외기 평균 온도 적용
- 실내온도가 과거 3일간 외기 일평균 온도와 차이가 10°C 이상인 날에 측정
- 측정은 기본적으로 실내외 온도 및 기타 외부 조건이 안정된 상태에서 측정
- 열화상 측정에 영향을 줄 수 있는 장애물이나 그림 액자 등은 제거(불가능한 경우 제외)
- 실내 및 실외 온도가 급격히 변화하거나 외부 풍속 변화가 심한 날은 측정 오차 분석이 어려워지므로 측정을 하지 않는 것이 좋음
- 외부 표면온도 측정은 일출 직전이나, 일몰 후 8시간 이후 측정

2) 측정 내용

■ 성능평가 내용

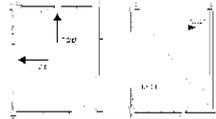
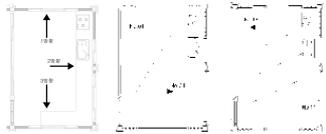
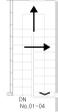
- 외기에 접하는 실험한옥 외피의 실내면에 대한 열화상 측정
- 주요 구성 부재 접합부를 중심으로 벽체, 창호, 천장, 바닥 부위에 대한 측정

■ 성능평가 실시 일시

- 2013.01.10(목) : 시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)
- 2013.01.11(금) : 시공 및 성능테스트동(지신재), 전통한옥 성능테스트동(온고재)
- 2013.03.29(금) : 부위별 성능테스트동(일휴당), 유닛모델동(일신당)

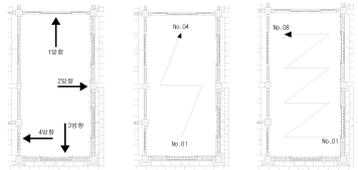
■ 대상 한옥별 측정 상세

- 시공 및 성능테스트동(지신재)
 - 총 8개 유닛 공간 196 Scene 측정
 - 측정시마다 실내외 온도를 실측하여 기재

공간 구분	측정 방향 구분		측정 Scene No.	측정 시각	실내온도 (°C)	외기온도 (°C)1)	측정 위치 (측정 방향 구분 순)
방1 (1F)	벽	1방향	01→11	12:37	14.6	-6.8	
		2방향	12→20				
	바닥		01→04				
방2 (1F)	벽	1방향	01→09	13:05	19.6	-6.8	
		2방향	10→18				
		3방향	19→27				
	바닥		01→06				
천장		01→06					
거실1 (1F)	벽	1방향	01→09	13:29	16.8	-6.8	
		2방향	10→18				
	바닥		01→06				
천장		01→18					
주방 (1F)	벽	1방향	01→06	13:55	17.1	-6.8	
		2방향	07→15				
		3방향	16→21				
	바닥		01→04				
천장		01→08					
현관 출입구(1F)			01→02	14:45	16.0	-6.8	
계단실			01→04	14:39	16.8	-6.8	
방3 (2F)	벽	1방향	01→11	14:14	18.5	-6.8	
		2방향	12→15				
	바닥		01→04				
천장		01→04					
거실2 (2F)	벽	1방향	01→09	14:27	17.4	-6.8	
		2방향	10→15				
		3방향	16→17				
	바닥		01→04				
천장		01→08					

※ 1) 외기온도 : 3일간 외기온도의 평균값

- 전통한옥 성능테스트동(온고재)
 - 총 1개(난방 실시 공간) 유닛 공간 37 Scene 측정
 - 측정시마다 실내외 온도를 실측하여 기재

공간 구분	측정 방향 구분		측정 Scene No.	측정 시각	실내온도 (°C)	외기온도 (°C)	측정 위치 (측정 방향 구분 순)
방2 (1F)	벽	1방향	01→04	15:12	19.6	-6.8	
		2방향	05→16				
		3방향	17→22				
		4방향	23→25				
	바닥		01→04				
천장		01→08					

- 부위별 성능테스트동(일휴당)
 - 총 2개 유닛 공간 11 Scene 측정

- 측정시마다 실내외 온도를 실측하여 기재
- KS규격에 의하면, 실내온도가 과거 3일간 외기 일평균 온도와의 차이가 10℃ 이상인 날에 측정하도록 명시되어 있으므로 이 기준을 최대한 준수코자 하였으나, 동절기를 지나 점차 기온이 상승하는 시기에 측정이 진행되어 최대한 온도 편차가 10℃ 차이가 나는 시간대를 선택하여 측정을 실시하였음(실제 부위 별 성능테스트동(일휴당)의 경우, 거주하지 않기 때문에 난방을 통해 실내온도를 올리는 방법을 활용하였으나 다소 한계가 있었음)

공간 구분	측정 방향 구분	측정 Scene No.	측정시 각	실내온도 (°C)	외기온도 (°C)	측정 위치 (측정 방향 구분 순)	
방1 (1F)	벽	1방향	13:02	15.0	5.7		
		2방향					01
		3방향					02
		4방향					03
	천장	04					
벽	05	02→03					
방2 (1F)	벽	1방향	13:14	14.6	5.7		
		2방향					01
		3방향					02
		4방향				03	
	천장	04					
	벽	05					

- 유닛모델 성능테스트동(일신당)
 - 총 1개 유닛 공간 5 Scene 측정
 - 측정시마다 실내외 온도를 실측하여 기재
 - 실내 온도의 경우, 사무원이 상주하면서 난방 이외에도 각종 기기를 통한 발열이 이루어지고 있어 높은 실내온도 분포를 보이고 있음(실내온도가 과거 3일간 외기 일평균 온도와의 차이가 10℃ 이상 확보 조건)

공간 구분	측정 방향 구분	측정 Scene No.	측정시 각	실내온도 (°C)	외기온도 (°C)	측정 위치 (측정 방향 구분 순)	
방1 (1F)	벽	1방향	13:29	21.0	5.7		
		2방향					01
		3방향					02
		4방향					03
	천장	04					
벽	05						

4.2.3. 측정 결과 분석

1) 단열성능 평가 방법

■ 평가지표

- KS F 2829 적외선 촬영법에 의한 건축물 단열 성능 평가 방법 적용
- 실제 건축물에 대한 평가로 현장 단열성 평가 방법 적용

평가지표	정의
TDRi	① 내표면 온도차 비율(Temperature Difference Ratio inside) ② 건축물 내부에서 촬영된 벽체 내부 부위의 단열성능 판정을 위한 지표 $TDR_i = \frac{T_i - T_{is}}{T_i - T_o}$ 여기서 T_i : 실내온도, 측정되는 벽체 내표면 2m 이내의 실내온도 (°C) T_o : 외기온도, 측정시각으로부터 이전 72시간 평균값 (°C) T_{is} : 외피의 내표면 온도(°C)
	③ 실제 건축물은 넓은 면적에 걸쳐 다양한 외피 부위를 갖고 있으므로 건물 전체 외피를 직접 접촉식 방법으로 측정하는 것은 비용 측면에서나 시간적으로 많은 제약이 있으므로 현장 단열성 평가 방법으로 열화상 카메라 측정 방법 활용

■ TDR 적용에 따른 결로 발생 확률에 대한 평가

- 등급이 '우수' 등급일 경우 모서리 부위의 열교현상이 극히 적음을 의미
- '양호' 이상은 열적으로 양호한 상태로서 접합부위의 내표면에서 결로가 발생할 가능성이 적은 것으로 판단할 수 있음
- '불량' 이하의 등급에서는 접합부 내표면에서 결로 등의 열적 결함 발생 가능성이 높음

열적 성능	열교 발생범위	TDR	결로발생확률	해당사례
우수	무시	<0.15	실내온도 20°C, 실외온도 -10°C 기준으로 할 때 최소한 상대습도 85% 이하에서는 결로가 발생하지 않는 성능	표면벽의 U값이 1.2W/m²K 이하 외벽모서리 U값이 0.6W/m²K 이하 단열시공된 인방
양호	적당	0.15 ~ 0.2	실내온도 20°C, 실외온도 -10°C 기준으로 할 때 상대습도 80% 이하에서는 결로가 발생하지 않으나, 85% 이상에서는 결로 발생	표면벽의 U값이 1.2W/m²K 이상 외벽모서리 U값이 0.6W/m²K 이상
불량	심함	0.2 ~ 0.3	실내온도 20°C, 실외온도 -10°C 기준으로 할 때 상대습도 70% 이하에서는 결로가 발생하지 않으나 80%이상에서는 결로 발생	외벽모서리 U값이 0.9~1.5W/m²K 단열시공 안된 콘크리트 벽 및 바닥
매우 불량	매우 심함	>0.3	실내온도 20°C, 실외온도 -10°C 기준으로 할 때 상대습도 70% 미만에서도 결로가 발생할 수 있는 경우	2D모서리 U값이 1.5W/m²K 이상 3D모서리 U값이 1.0W/m²K 이상인 바닥 및 단열벽

■ 평가 결과 정리 방법

- Spot 분석
 - 주요 측정 부위에 대한 Spot을 1 Scene 당 5개 Spot 및 최저온도 분석을 통해 상기 TDRi 평가 실시
- 본 분석은 1 Scene 당 열교 발생 가능성이 높은 부위로 5개 Spot을 설정하였기 때문에 Spot 설정 여부에 따라 평가 결과는 달라질 수 있음

2) 결과 분석

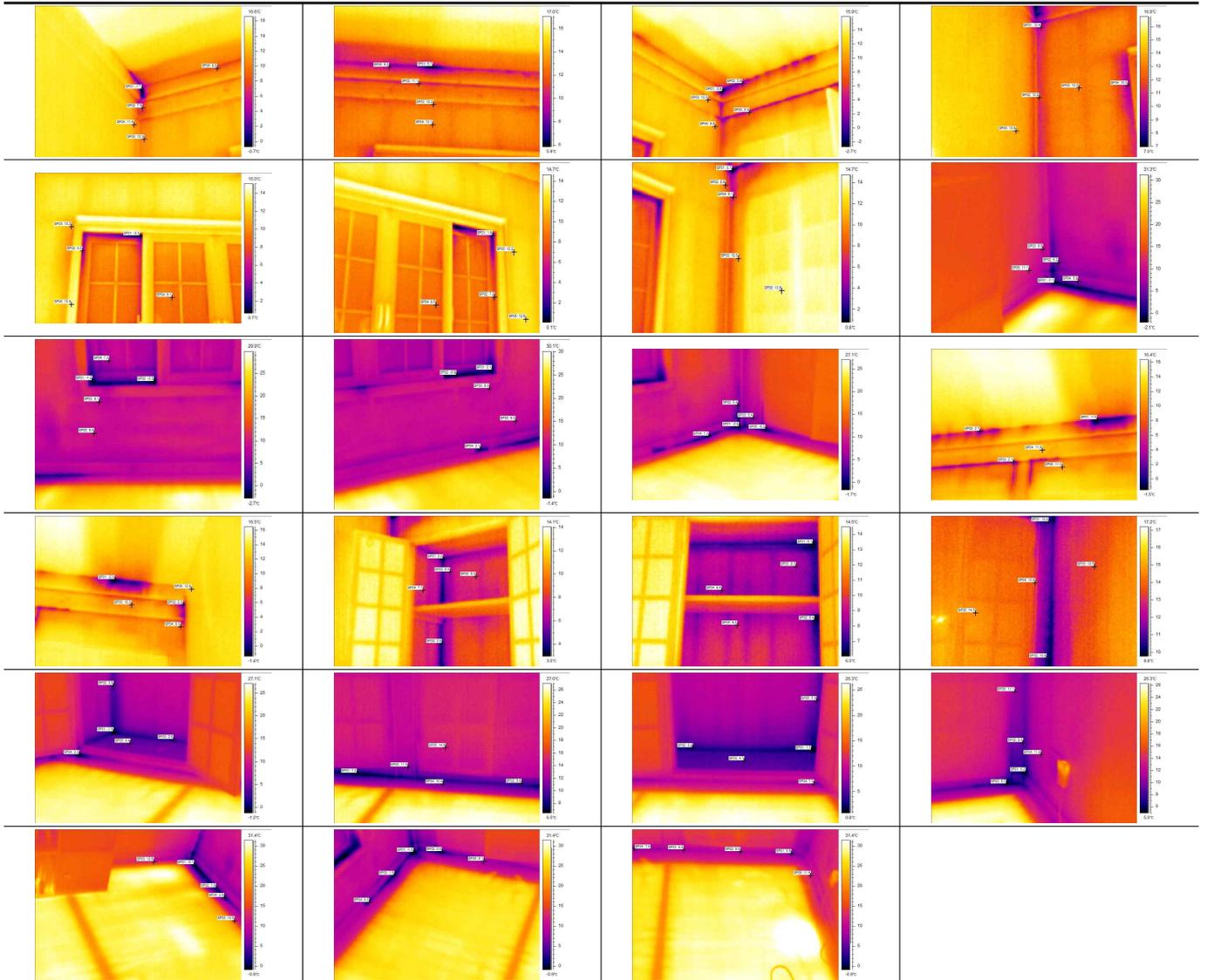
■ Spot 분석 현황

대상 구분	평가 유닛 공간 수	측정 Scene 수	Spot 분석 수
시공 및 성능테스트동(지신재)	8	187	935
전통한옥 성능테스트동(온고재)	1	36	180
부위별 성능테스트동(일휴당)	2	11	55
유닛모델 성능테스트동(일신당)	1	5	25
소계	12	249	1245

■ 열화상 분석

- 측정 한옥 및 공간별 열화상 분석 장면을 삽입하였음(좌상단부터 No.1 시작)

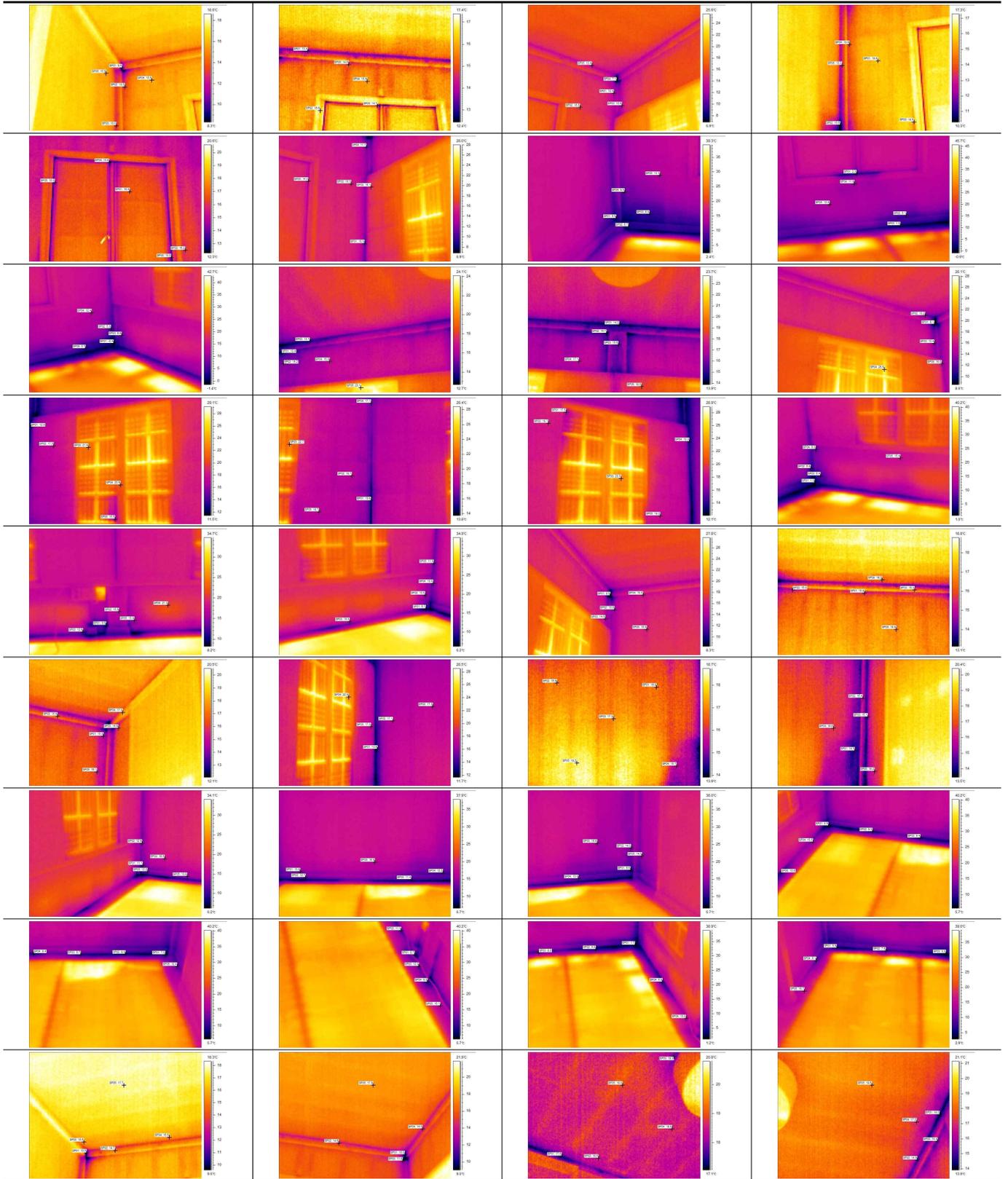
시공 및 성능테스트동(지신재) - 방1, 1F

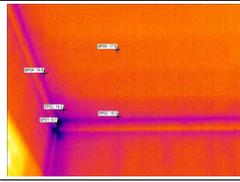
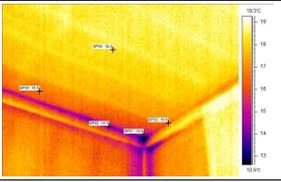


<분석>

- 주요 구성부재 접합부 부위에서 결로 발생 가능성이 높은 것으로 나타남
- 우수 판정 부위는 접합부에서 이격된 위치의 벽체 중심 부위
- 수납공간은 난방 불가로 단열성능 더욱 취약

시공 및 성능테스트동(지신재) - 방2, 1F

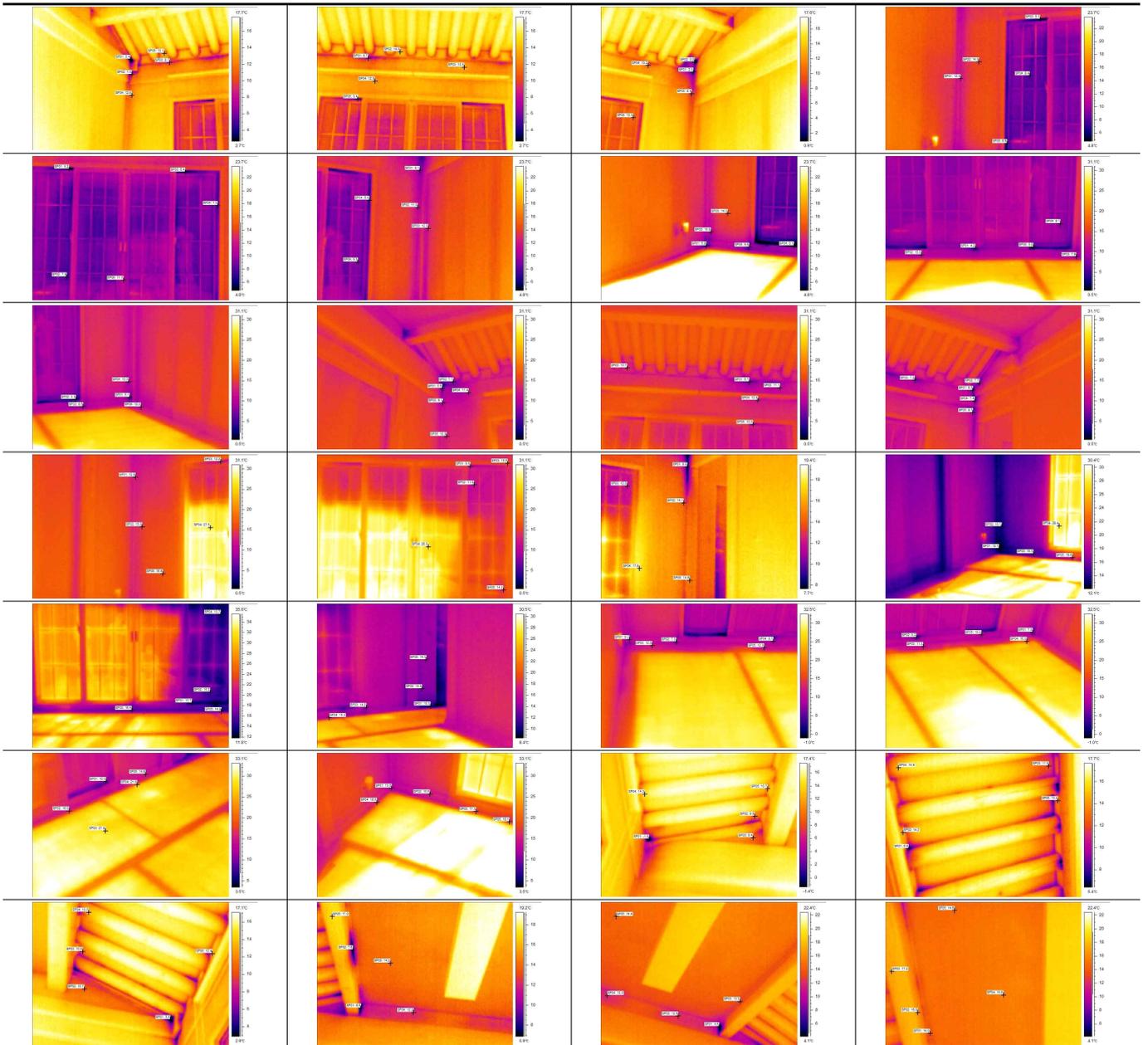


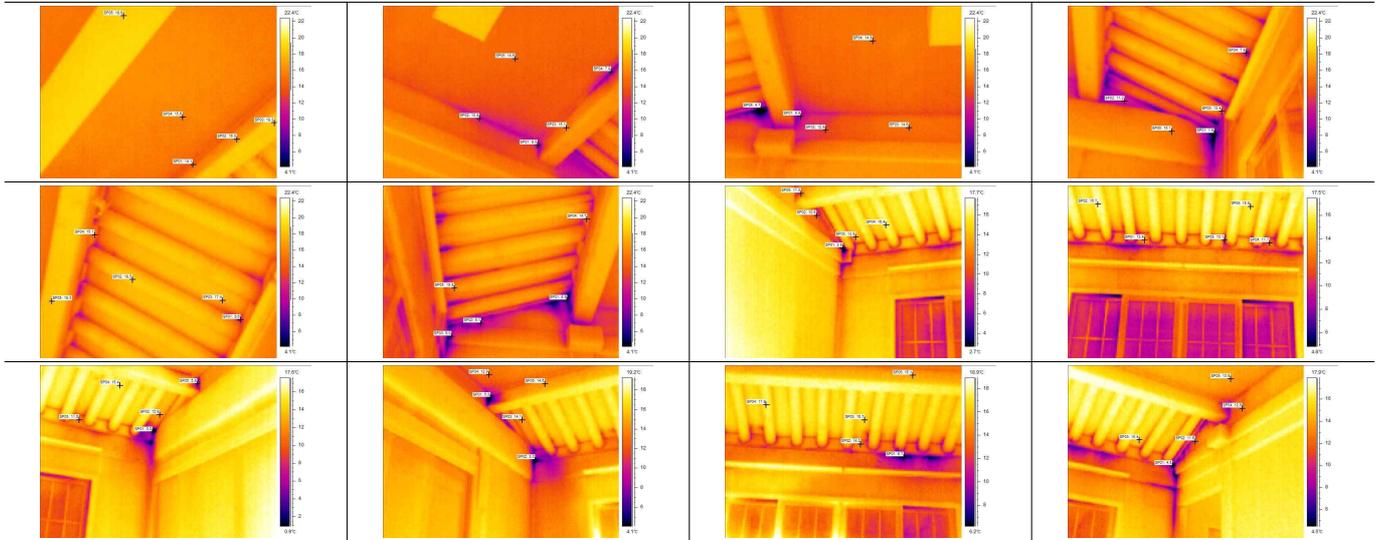


<분석>

- 비교적 결로 발생 가능성이 타 공간에 비해 낮게 나타남(남향으로 주간에 충분한 일사가 있음)
- 바닥의 경우, 난방용 발열체가 있는 부위를 제외한 주변 부위는 매우 낮은 표면 온도 분포
- 천장은 양호한 수준임

시공 및 성능테스트동(지신재) - 거실1, 1F

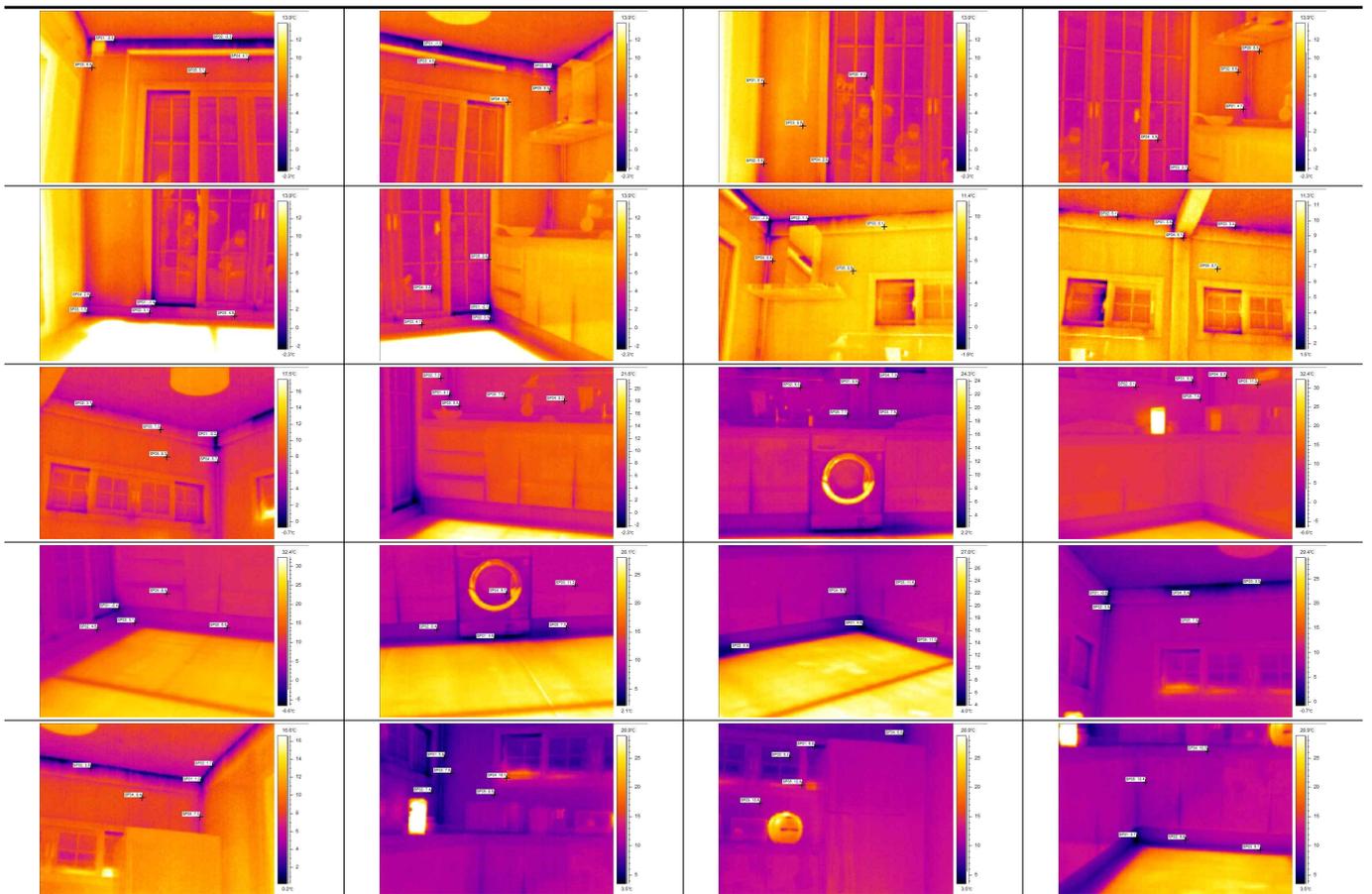


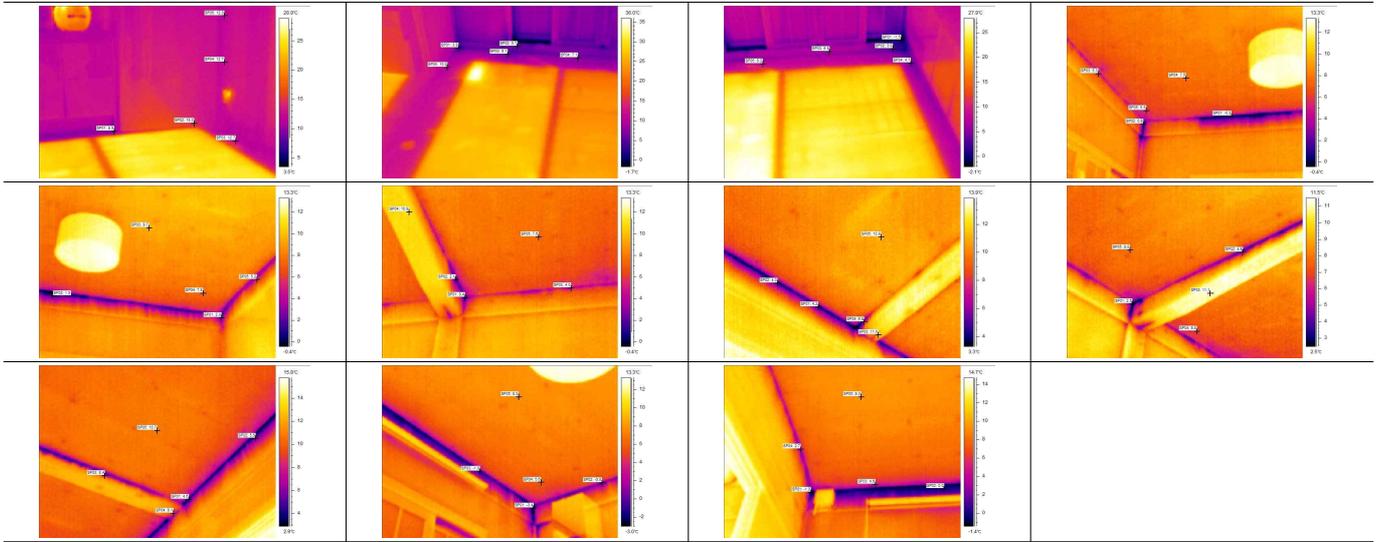


<분석>

- 거실은 남쪽에 면한 벽체는 높은 내표면 온도, 북쪽에 면한 벽체는 낮은 내표면 온도 분포
- 천장은 건축 부재 개개의 내표면 온도는 비교적 낮지 않으나, 접합부 부분에서 낮은 온도 분포
- 단상 구조의 창호 접합부에서 비교적 낮은 표면 온도 분포 확인

시공 및 성능테스트동(지신재) - 주방, 1F

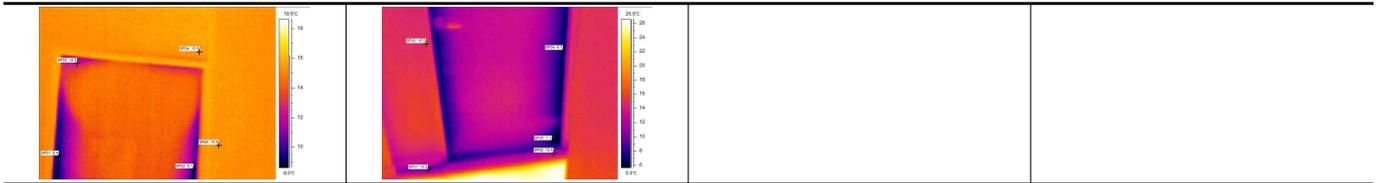




<분석>

- 난방을 하고 있음에도 불구하고 타 공간에 비해 매우 취약한 단열 상태임
- 대부분 분석 지점에서 결로 발생 가능성이 높은 것으로 나타남

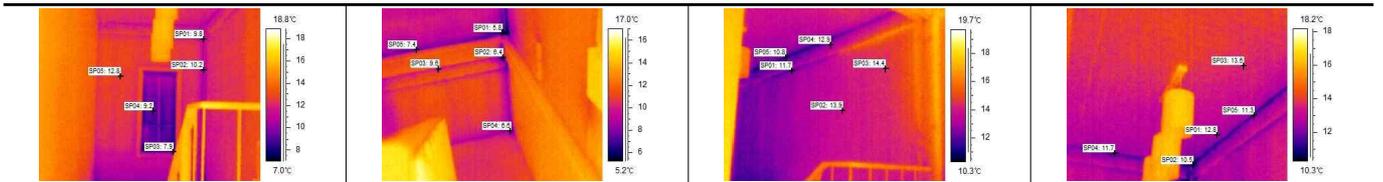
시공 및 성능테스트동(지신재) - 현관출입구, 1F



<분석>

- 출입구 개폐에 따라 영향을 받음

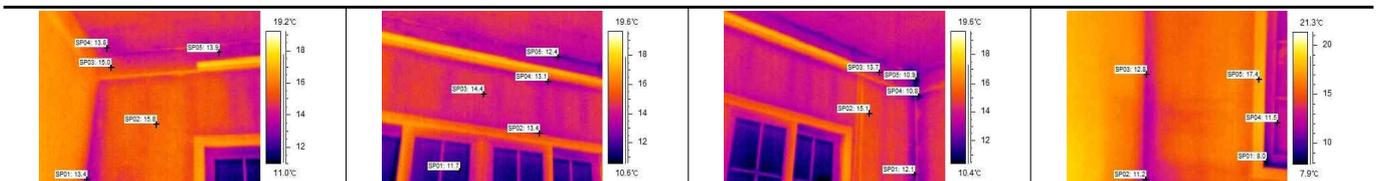
시공 및 성능테스트동(지신재) - 계단실, 1F

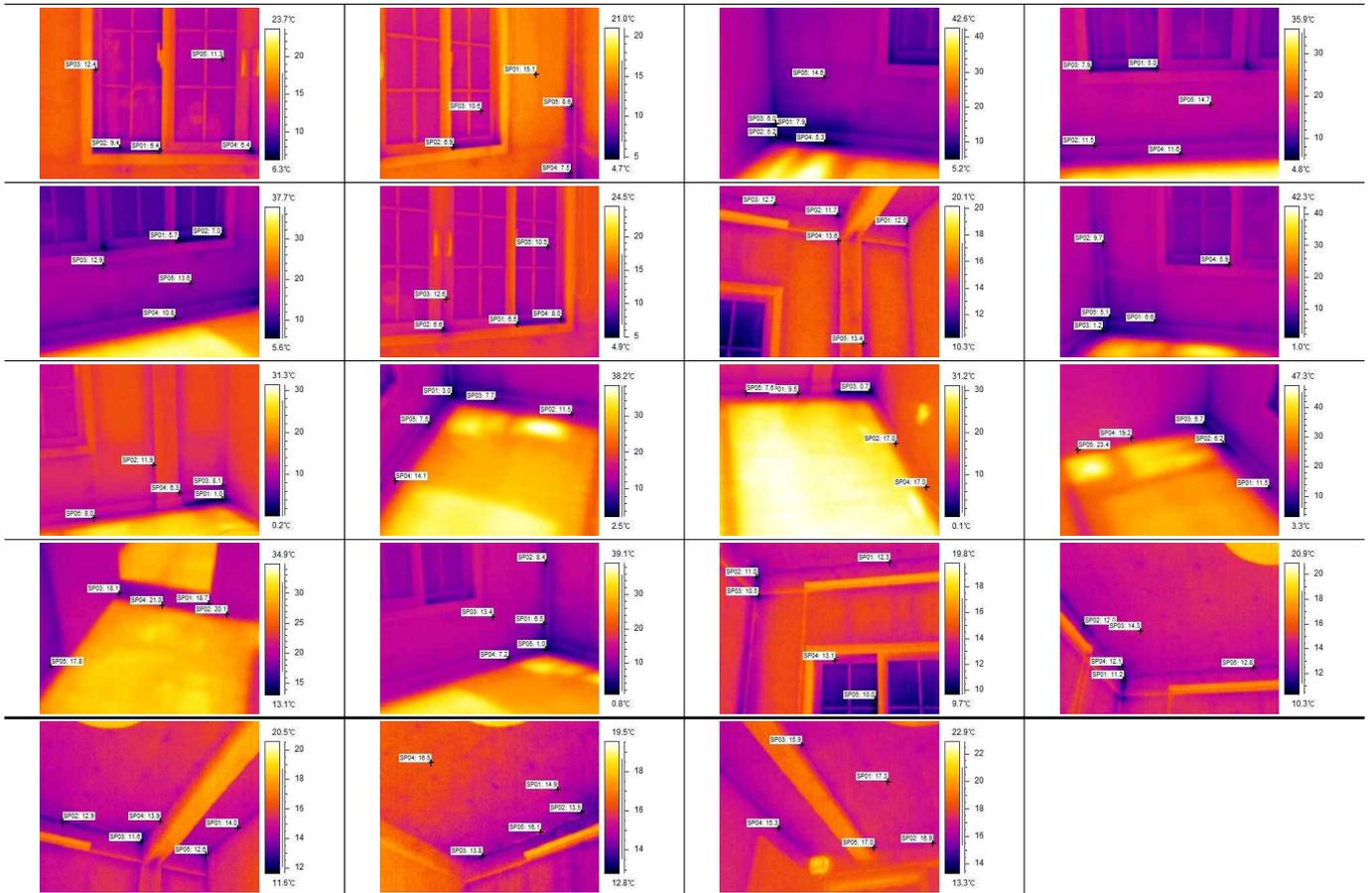


<분석>

- 외기에 면한 벽체의 경우 높은 단열 효과를 기대하기 힘들

시공 및 성능테스트동(지신재) - 방3, 2F

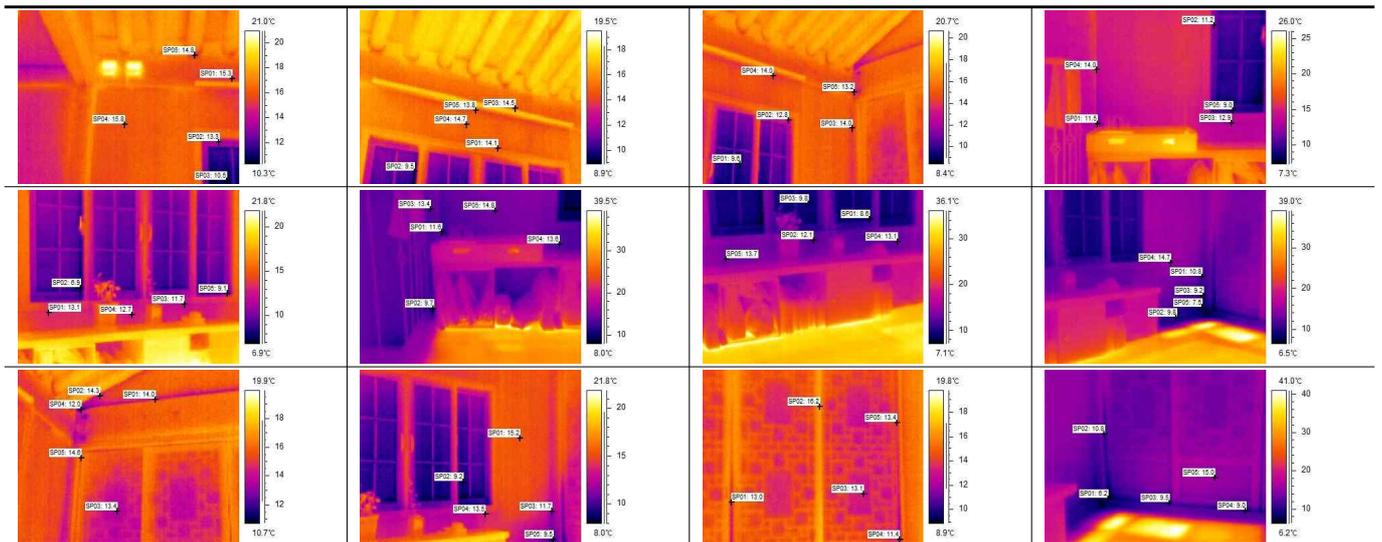


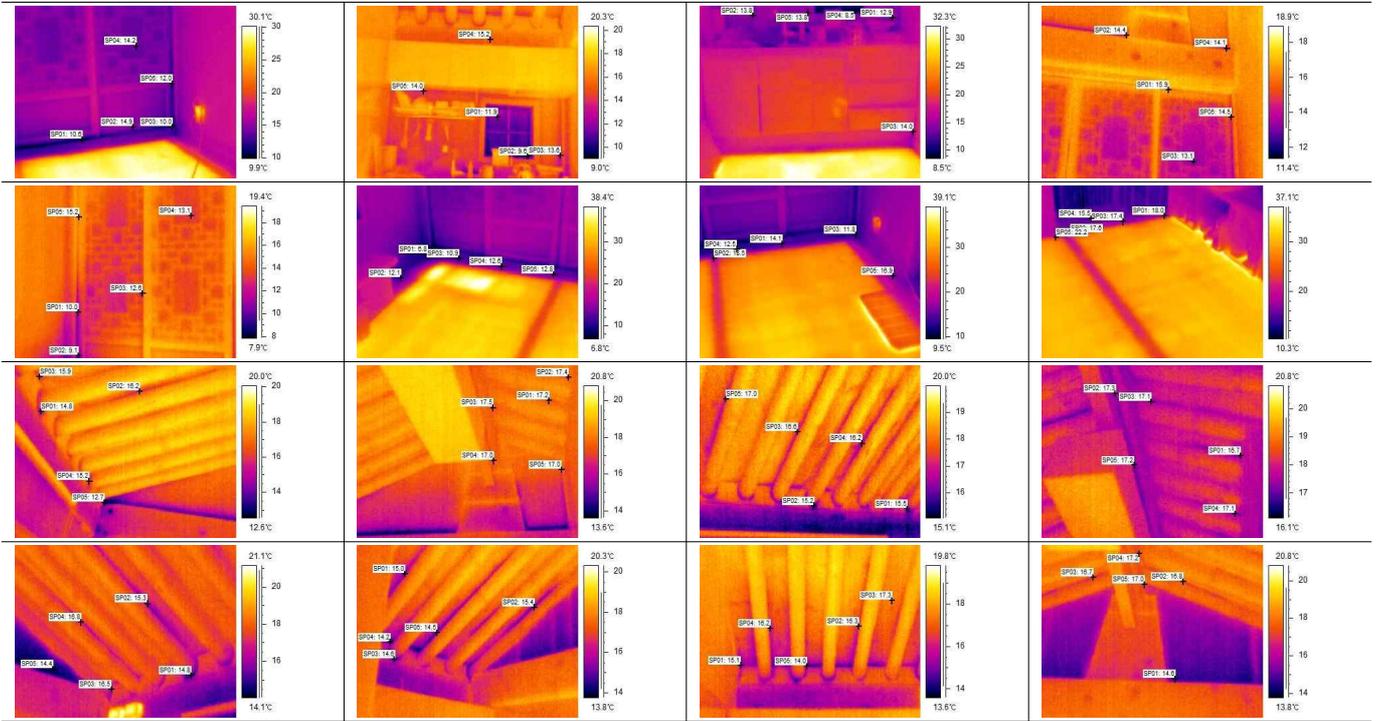


<분석>

- 벽체 중심부는 단열에 큰 문제가 없으나, 접합부 부위로 근접할수록 표면 온도가 낮아짐
- 천장의 경우 비교적 높은 내표면 온도 분포를 보임

시공 및 성능테스트동(지신재) - 거실2, 2F

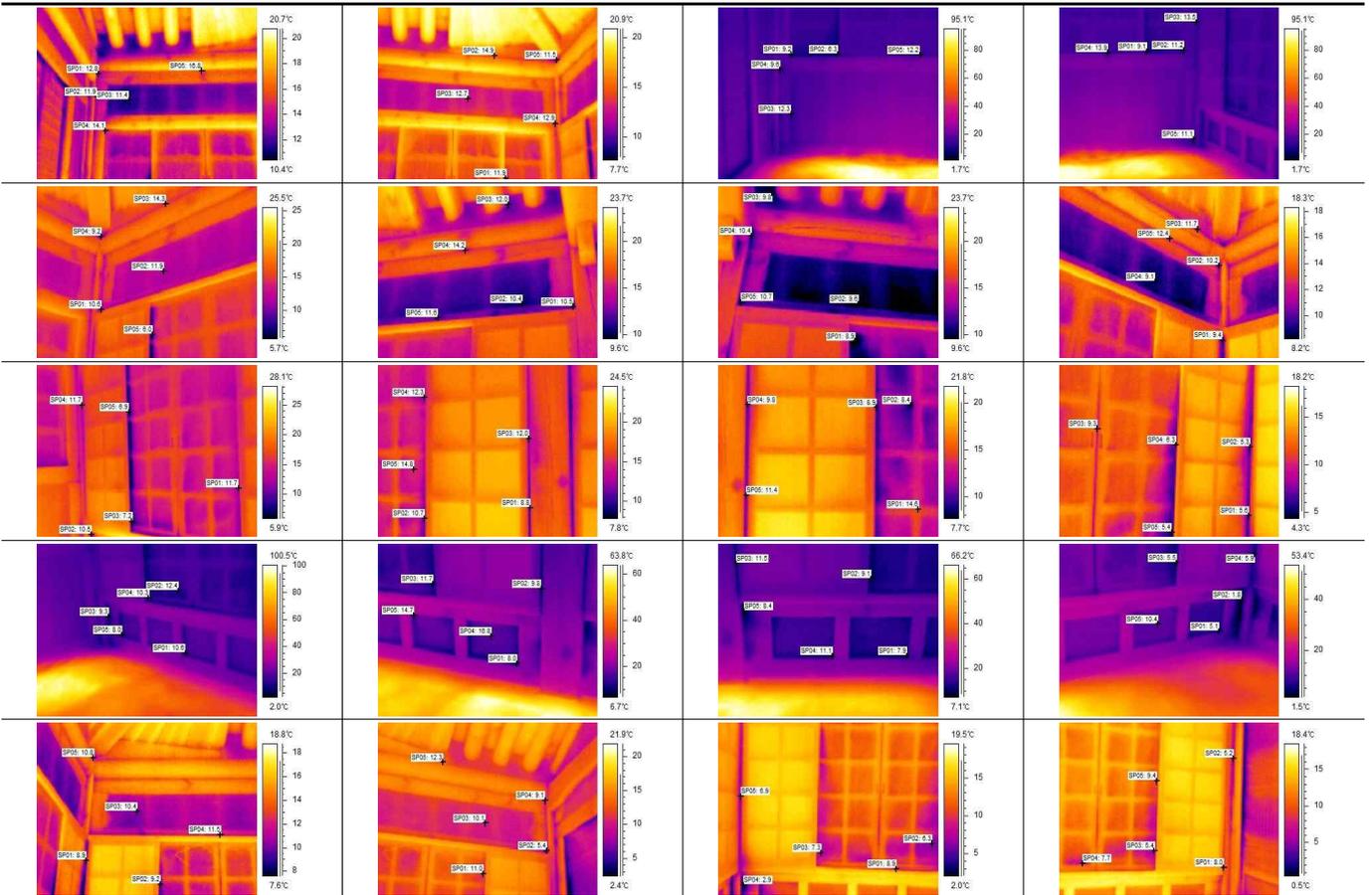


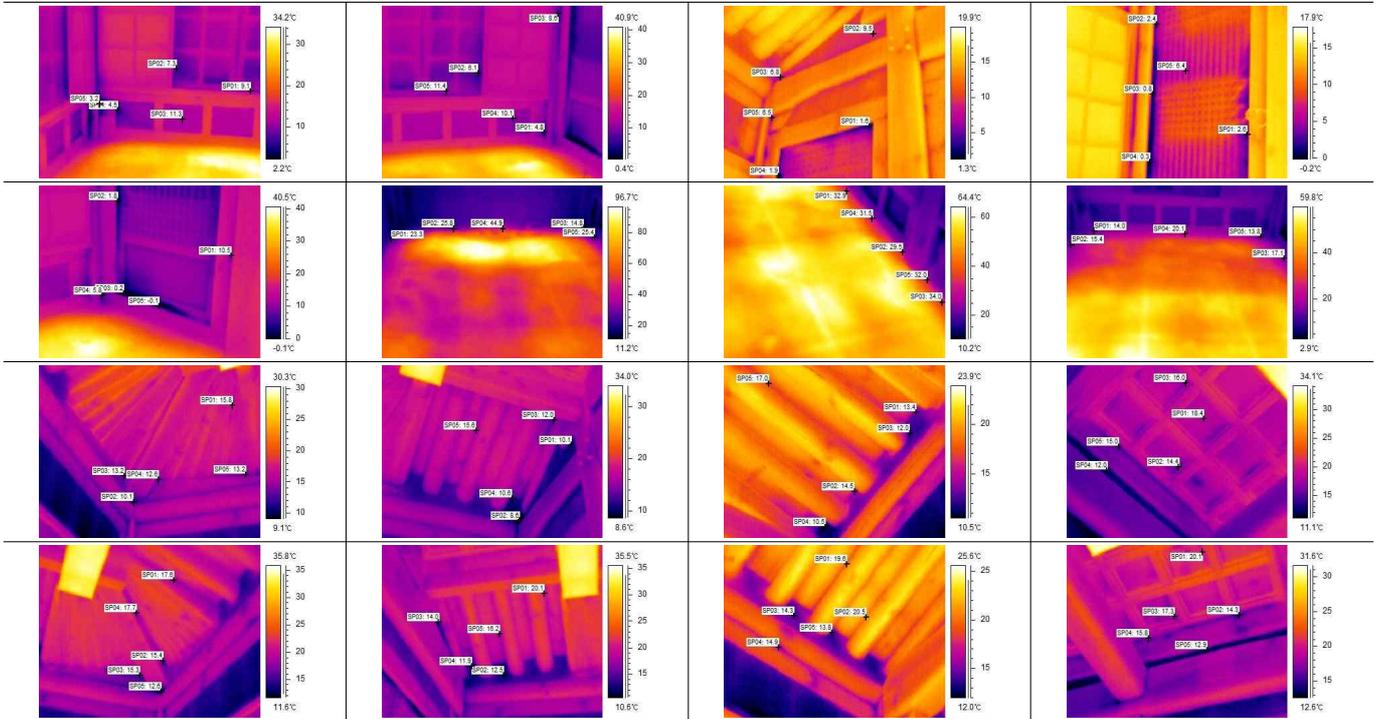


<분석>

- 벽체, 천장 등 외기에 면하는 부위의 단열성능이 비교적 높은 것으로 나타남(일사와 바닥 복사 난방의 영향)

전통한옥 성능테스트동(온고재) - 방2, 1F

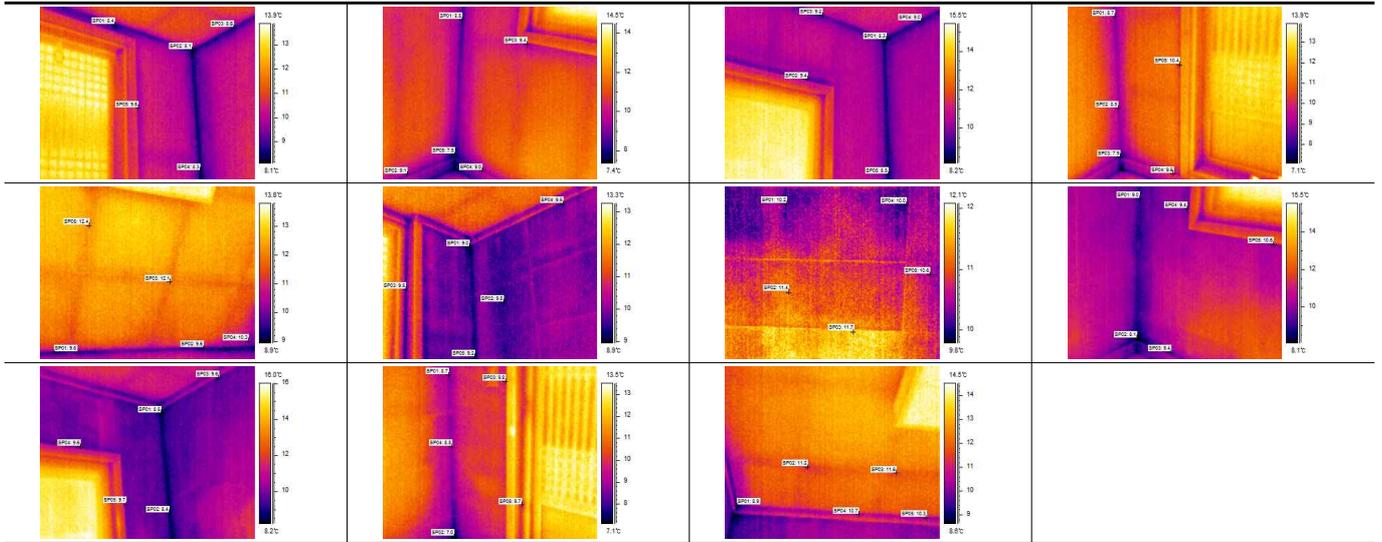




<분석>

- 바닥의 경우 매우 높은 표면온도를 보이나, 체온 이상으로 높아서 바닥의 온도는 사람이 거주할 수 있는 환경은 아님. 그러나, 측정 당시 실내 온도는 19.6°C로서 겨울철 쾌적함을 요구하는 온도 수준임을 고려할 때 전통한옥 구조의 경우 벽체를 통한 열손실이 매우 많다는 것을 의미하고 있음.
- 벽체는 매우 낮은 단열성능 결과를 보임
- 천장은 고온의 바닥 영향을 받고 있음(바닥 복사 난방의 영향)

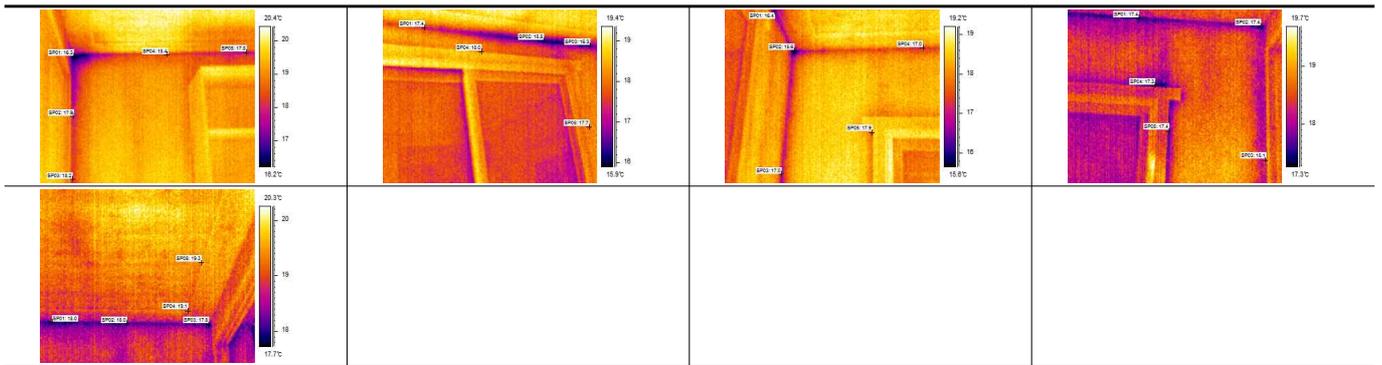
부위별 성능테스트동(일휴당) - 방1, 방2, 1F



<분석>

- 매우 협소한 공간이지만 실제 거주하는 사람이 없으므로 동절기 난방을 실시하지 않은 상태이며, 측정을 위해 일시적인 난방을 통해 성능평가를 실시하게 된 상황임
- 따라서, 실내 온도 상승을 위해 충분한 시간 난방을 실시하였음
- 실의 1면 대부분이 출입문으로서 창호지 바른문으로 시공되어 있기 때문에 난방 과정에서 상당한 열류가 빠져 나가고 있으므로 실내 온도가 잘 올라가지 않는 조건임
- 부요 구성부재 접합부의 평가 결과, 내표면 온도가 낮게 나타나고 있음
- 현재의 측정 결과로 방1과 방2에 각기 시공된 벽체 구조별 단열성능 평가 결과 비교는 어려움

유닛모델동(일신당) - 방1, 1F



<분석>

- 일부 접합부 부위를 제외하고는 비교적 높은 내표면 온도를 보이는 것으로 나타나고 있음
- 특히, 천장은 벽에 비해 높은 온도 분포를 보이고 있음
- 이 공간의 경우 외기에 면하는 주요 창호의 구조가 복층유리 이중창 구조 외부에 창호지 바른문으로 시공되어 있어 창호 구조를 통한 열의 손실이 타 공간에 비해 적을 것으로 판단됨

4.2.4. 결론

1) 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 측정 결과

- 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 단열성능 평가 결과를 대상 공간별로 구분하여 Spot분석한 결과를 정리하면 다음과 같음
- 특히, 각 측정 Scene 마다 최저온도점과 5개 Spot을 동시에 TDRi(내표면 온도차 비율)로 평가하였음

대상	공간구분	분석항목			판정기준			
					우수	양호	불량	매우불량
시공 및 성능테스트동 (지신재) 1F	방1	벽	SPOT분석	100	18	9	21	52
			최저온도	20	0	0	1	19
		바닥	SPOT분석	15	3	0	2	10
	최저온도		3	0	0	0	3	
	방2	벽	SPOT분석	135	48	22	39	26
			최저온도	27	0	0	4	23
		바닥	SPOT분석	25	2	1	3	19
			최저온도	5	0	0	0	5
		천장	SPOT분석	25	12	9	2	2
			최저온도	5	1	0	2	2
	거실1	벽	SPOT분석	85	27	8	14	36
			최저온도	17	0	0	3	14
		바닥	SPOT분석	20	10	0	5	5
			최저온도	4	0	0	1	3
		천장	SPOT분석	90	43	9	15	23
			최저온도	18	1	0	0	17
	주방	벽	SPOT분석	105	2	3	8	92
			최저온도	21	0	0	0	21
		바닥	SPOT분석	10	0	0	1	9
			최저온도	2	0	0	0	2
		천장	SPOT분석	40	0	0	5	35
			최저온도	8	0	0	0	8
	현관출입구	벽	SPOT분석	10	3	2	2	3
			최저온도	2	0	0	0	2
계단실			벽	SPOT분석	20	3	3	7
		최저온도	4	0	0	2	2	
		방3	벽	SPOT분석	75	5	8	24
최저온도	15			0	0	1	14	
바닥	SPOT분석		20	4	1	2	13	
	최저온도		4	0	0	0	4	
천장	SPOT분석		20	8	5	7	0	
	최저온도		4	0	0	3	1	
거실2	벽	SPOT분석	85	30	20	14	21	
		최저온도	17	0	0	3	14	
	바닥	SPOT분석	15	8	2	4	1	
		최저온도	3	0	0	0	3	
	천장	SPOT분석	40	39	1	0	0	
		최저온도	8	5	3	0	0	

대상	공간구분	분석항목			판정기준			
					우수	양호	불량	매우불량
전통한옥 성능테스트동 (온고재) 1F	방3	벽	SPOT분석	125	2	4	23	96
			최저온도	25	0	0	0	25
		바닥	SPOT분석	15	10	2	2	1
			최저온도	3	0	0	0	3
		천장	SPOT분석	40	13	7	15	5
			최저온도	8	0	0	2	6
부위별 성능테스트동 (일휴당) 1F	방1	벽,천장	SPOT분석	25	0	0	0	25
			최저온도	5	0	0	1	4
	방2	벽,천장	SPOT분석	30	0	0	0	30
			최저온도	6	0	0	0	6
유닛모델동 (일신당)	방1	벽,천장	SPOT분석	25	2	6	12	5
			최저온도	5	0	0	2	3

- 주요 구성 부재 접합부의 내표면 온도차 비율이 높게 나타나 열교 부위로서 결로 발생 가능성이 높은 것으로 분석되었음. 그러나 이 성능평가 결과 내용은 연구 과정에서 개발된 한옥의 성능 평가 결과에 불과하며 현대 신한옥 성능평가 결과와 비교 분석을 통해 한옥을 고려한 성능기준 제시의 자료로 활용될 예정으로 한옥의 절대적인 수치가 아님을 밝혀 둠
- 측정된 Scene별로 TDR 판정기준에 따른 비율 분석결과, 각 Scene에 기록된 최저온도점의 경우에는 대부분이 “불량”, “매우불량”으로 판정되는 것으로 나타남.

대상 구분	Spot 분석 결과	최저온도점 분석 결과
시공 및 성능테스트동 (지신재)		
전통한옥 성능테스트동 (온고재)		
부위별 성능테스트동 (일휴당)		
유닛모델 성능테스트동 (일신재)		

- Spot 분석 결과, 벽체 중심부와 천장 부위는 “양호”, “우수” 판정을 내릴 수 있는 부위가 확인되었음. 상대적으로 복사 난방과 지붕 단열성능의 영향으로 천장 부위가 벽체보다 높은 단열성능을 보이는 것으로 분석됨
- 기둥과 벽체 접합부, 벽과 벽, 벽과 바닥 접합부 등은 전체적으로 내표면 온도가 낮게 나타나는 열교 부위로 결로 발생 가능성이 높은 것으로 분석됨
- 공간별로 방위로 인한 일사의 영향으로 동일 용도의 공간이라 할지라도 내표면 온도차 비율에서는 큰 차이를 보이는 것으로 나타남. 주간 일사가 많은 실의 경우 일사가 적은 실보다 전체적으로 높은 온도 분포를 보이는 것으로 분석됨
- 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 바닥은 측정 당시 매우 높은 표면온도(온돌 조건)를 보이고 있으므로, 바닥의 온도 자체로는 사람이 거주할 수 있는 환경은 아님. 그러나, 측정 당시 실내 온도는 19.6°C로서 겨울철 쾌적함을 요구하는 온도 수준임을 고려할 때 이 정도의 온도분포를 위해서 거주자는 바닥 표면의 온

- 도 상승이 필요하였으며, 이 공간의 경우 벽체를 통한 열손실이 매우 많다는 것을 확인할 수 있음
- 부위별 성능테스트동(일휴당)의 경우, 일시적인 난방을 통해 실내 표면온도를 향상시킬 수 없다는 한계로 인해 내표면 온도가 비교적 낮게 측정되었으며, 그 결과는 결로 발생 가능성이 높은 결과를 보여주고 있음
- 유닛모델동(일신당)의 경우, 거주자의 지속적인 난방을 통해 실내 표면 온도가 부위별 성능테스트동(일휴당)에 비해 높게 나타나고 있으며, 천장의 경우에는 바닥 복사 난방의 영향으로 비교적 양호한 결과를 보여주는 것을 확인하였음

2) 현대 신한옥 성능수준 분석 결과

■ 현대 신한옥 개요

- 실험한옥(Mock up I, 명지정사)의 단열성능 수준을 현대 신한옥과 비교 분석하여 단열성능 향상 가능성 확인 필요
- 2007~2010년 완공된 전라남도 행복마을 한옥 중 517동에 대한 도면 분석과 현장 방문 조사를 통해 개발 목표의 신한옥에 가까운 한옥 선정
- 총 9개 한옥마을 중 15동의 한옥 선정하여 단열성능 측정 평가 실시
 - 한옥 마을별로 비교적 동일한 평면 및 벽체, 창호 구조 형식을 취하고 있음
 - 거주인의 성향에 따라 개인차가 있으나 한옥마을의 미관을 고려하여 어느 정도 일관성 있는 한옥 건립

■ 현대 신한옥 15동의 단열성능 평가 결과 분석 내용

- 황토벽돌 구조가 외벽고회벽 구조에 비해 벽체 부위의 내표면 온도가 높게 나타나고 있음
- 한옥 가구별로 난방 상태(연속난방, 간헐난방, 공간별 선택난방 등) 시간의 차이가 있으므로 상대적인 비교가 불가능하나, 전반적으로 천장 부위는 비교적 “양호” “우수” 판정을 받고 있음(이는 바닥 복사 난방과 지붕의 단열 효과의 영향으로 사료됨)
- 두겹닫이가 있는 미닫이창 부위는 “매우불량” 판정으로 단열에 취약한 부위로 분석됨
- 벽체 및 천장은 모서리에서 이격될수록 표면 온도가 상승하고 있으며, 모서리(2D, 3D) 부분은 “매우불량” 판정으로 열적으로 취약한 부위임을 확인할 수 있음
- 특히, 천장 부위 중 서까래와 벽체가 만나는 당골막이 부분은 측정 한옥 대부분의 경우 “매우불량”으로 열적으로 가장 취약한 부위로 확인됨
- 또한 창방 상부 소로 사이의 방막이 부위도 열적으로 취약한 부위임

3) 실험한옥과 현대 신한옥 성능평가 결과 비교 분석

- 명지대학교 실험한옥(Mock up I, 명지정사)과 현대 신한옥 성능평가 결과를 비교 분석하였음
- 분석 내용
 - 측정 한옥의 벽체, 창호, 천장 등을 포함하는 내표면 열화상 Scene별 최저온도값에 대한 TDRi
 - 대상 공간 : 침실, 거실, 주방 등 측정된 모든 열화상의 최저온도점 결과
 - TDRi 평가를 활용하여 KS F 2829로부터 간접적으로 외벽모서리 열관류율 해당 사례로 유추
- TDRi(내표면 온도차 비율) 평가등급별 의미(결로 발생 확률)
 - ‘우수’ 등급일 경우 모서리 부위의 열교현상이 극히 적음을 의미
 - ‘양호’ 이상은 열적으로 양호한 상태로서 접합부위의 내표면에서 결로가 발생 가능성 적음
 - ‘불량’ 이하의 등급에서는 접합부 내표면에서 결로 등의 열적 결함 발생 가능성이 높음
- 현대 신한옥의 경우 “우수”에서 “매우불량”까지 매우 넓은 범위의 열관류율 값으로 유추
 - 구축 한옥에 따라 최저온도점에 대한 최소TDR값이 “우수”로 판정이 가능한 한옥이 4동 확인되었으며,

측정 Scene의 최소TDR값이 “매우불량” 범위를 넘어서는 한옥이 5동 확인됨

- 열관류율 범위는 0.6 W/m².K 이하가 가능한 수준에서부터 1.5 W/m².K 이상의 범위 확인
- 명지대학교 내에 구축된 실험한옥(Mock up I, 명지정사)의 경우에도 “우수”에서 “매우불량”까지 매우 넓은 범위의 열관류율 값으로 유추되고 있음
- 열관류율 범위는 0.6 W/m².K 이하가 가능한 수준에서부터 1.5 W/m².K 이상의 범위 확인

측정 한옥		최저온도점에 대한 TDR1)		간접적으로 유추된 열관류율2) (W/m ² .K)		전체 범위 (W/m ² .K)
		최소	최대	최소	최대	
현대 신한옥	1	0.22	0.63	0.9 이상	1.5 이상	최소값의 경우 열관류율 0.6이하 가능 최대값이 모두 1.5 이상
	2	0.24	0.85	0.9 이상	1.5 이상	
	3	0.16	0.64	0.6 이상	1.5 이상	
	4	0.24	0.56	0.9 이상	1.5 이상	
	5	0.53	0.99	1.5 이상	1.5 이상	
	6	0.11	0.61	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	7	0.71	1.10	1.5 이상	1.5 이상	
	8	0.25	1.01	0.9 이상	1.5 이상	
	9	0.58	0.71	1.5 이상	1.5 이상	
	10	0.34	1.06	1.5 이상	1.5 이상	
	11	0.12	0.43	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	12	0.15	0.74	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	13	0.18	0.42	0.6 이상	1.5 이상	
	14	0.08	0.45	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	15	0.45	0.81	1.5 이상	1.5 이상	
실험한옥 (Mock up I, 명지정사)	시공 및 성능테스트동 (지신재)	0.05	0.88	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	전통한옥 성능테스트동 (온고재)	0.26	0.75	0.9 이상	1.5 이상	
	유닛모델동(일신당)	0.22	0.35	0.9 이상	1.5 이상	
	부위별 성능테스트동 (일휴당)	0.54	0.85	1.5 이상	1.5 이상	

1) TDRi 평가량에 따른 벽체의 내표면 결로 판정 지표의 열관류율 해당사례(KS F 2829 해설서 내용)

- 우수 (TDR<0.15, 외벽모서리 0.6W/m².K이하)
- 양호 (0.15<TDR<0.20, 외벽모서리 0.6 ~ 0.9W/m².K)
- 불량 (0.20<TDR<0.30, 외벽모서리 0.9 ~ 1.5W/m².K)
- 매우 불량(0.30<TDR, 2D 모서리 1.5W/m².K이상, 3D 모서리)

2) 1)의 TDR 분석에 따라 결로 발생 가능성 해당사례로 간접적으로 유추한 결과임

4) 부재 요소 개발에 따른 기준 만족 여부

- 벽체의 경우 과년도 개발 구조는 관련 국내 기준(건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 친환경건축물 인증기준 등)을 만족할 수 있는 구조를 제안
- 동시에 『목구조물의 단열성능 유지를 위한 단열재 시공방법 및 구조물』에 대한 특허 출원(출원번호 10-2013-0040273)
- TDR 평가는 주요 접합부의 결로 발생가능성에 대한 평가이므로 한옥의 단열성능 수준 평가를 위해서는 반드시 부재단위의 열적 성능 기준 충족이 우선시되어야 할 것으로 사료됨

벽체 열관류율 기준	현대 신한옥 TDR분석 결과로부터 유추한 열관류율	명지대 신한옥 TDR분석 결과로부터 유추한 열관류율	3세부 개발 제안 구조 열관류율2)
0.361)	0.6이하~1.5이상	0.6이하~1.5이상	1구조 0.26 2구조 0.17
기준	현장 실측치	현장 실측치	시험성적서 및 계산치

1) 친환경건축물인증기준 소형주택 벽체 열관류율 기준(최저 5급), 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에 따른 중부지방 열관류율 기준

2) 1구조 열관류율은 계산치임(현재 실험 예정 구조)

2구조 열관류율은 시험성적서값(구조 : 방수석고보드 9.5T 2겹 + 단열재(슈퍼온도리) 42T + 석고보드 9.5T + 차음시트 + 석고보드 9.5T

4.3. 차음성능 평가

4.3.1. 평가 목적 및 개요

1) 목적

- 한옥에 적용 가능한 성능 기준 정립 근거
 - 3차년도 구축된 실험한옥(Mock up I, 명지정사) 성능 시험을 통한 실현 가능성 분석
 - 현대 신한옥 성능 수준 비교 분석
 - 현대 주거 성능 기준과 현대 신한옥 조성 수준을 고려한 기준

2) 개요

■ 대상

- 3차년도에 구축된 명지대학교 실험한옥(Mock up I, 명지정사)²⁾

시공 및 성능 테스트동(지신재, 신한옥)	전통한옥 성능 테스트동(은고재)
	
유닛모델 성능테스트동(일신당)	
•구축취지 : 단위 유닛모델 적용 부품 및 자재 시공 상세 개발	
 <p style="text-align: center; color: red;">2012 코엑스 서울국제건축박람회 참가</p>	

2) 이하 실험한옥 설명표는 1-1세세부 제공

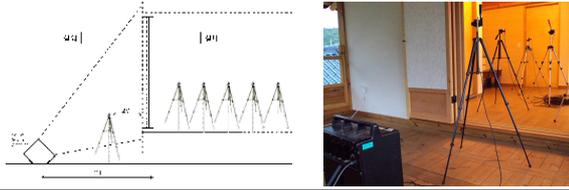
■ 주요 평가 항목

- 외기에 면한 한옥 외피를 고려한 차음성능 측정 평가
- 벽체 및 창호를 중심으로 한 건물 내외부간 공기전달음 차단성능 평가
- 시공 및 성능테스트동(지신재) 2층 한옥을 고려한 바닥충격음 차단성능 평가

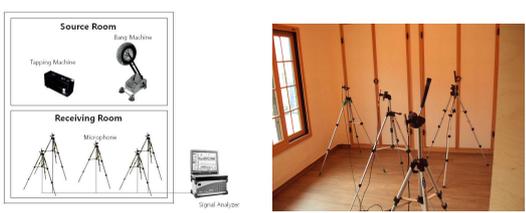
4.3.2. 측정 방법 및 내용

1) 차음성능 측정 방법

■ 공기전달음 차단성능

구분	내용
관련 측정 규격	① 내외부간 음압레벨차 : KS F 2235(외벽 및 외벽 부재의 공기전달음 차단 성능 현장 측정 방법) - 스피커를 이용한 전체법 ② 실간 음압레벨차 : KS F 2809(공기 전달음 차단 성능 현장 측정 방법)
측정 장비	① Sound Source (B&K Type 4224) ② SA-01 Real-time Frequency Analyzer ③ Condenser Microphone ④ Pre-amplifier ⑤ Notebook Computer
음원의 발생	① 측정하고자 하는 창호 부재를 향하여 건물 외부 7m 거리에서 지향성 스피커(B&K 4224 speaker)를 45°±5°의 입사각으로 설치 ② 90 dB 이상의 높은 레벨의 백색잡음(white-noise)을 발생 
마이크로폰 수음점	① 내부외 음압레벨차 : 건물 외부 창호로부터 2m 이격시킨 위치에 마이크로폰 1포인트를 설치하고, 실내에서는 측정 한옥의 평면을 고려하여 각 5개의 마이크로폰을 배치 ② 실간 음압레벨차 : 음원실과 수음실에서는 측정 한옥의 평면을 고려하여 각 5개의 마이크로폰을 배치한 후 음원이 방사되는 동안 동시측정

■ 바닥충격음 차단성능

구분	내용
관련 측정 규격	① 경량충격음 : KS F 2810-1(바닥 충격음 차단 성능 현장 측정방법- 제1부 : 표준 경량 충격원에 의한 방법) ② 중량충격음 : KS F 2810-2(바닥 충격음 차단 성능 현장 측정방법- 제1부 : 표준 중량 충격원에 의한 방법)
측정 장비	공기전달음 측정 장비와 동일
충격원의 발생	① 유일한 2층 구조인 시공 및 성능테스트동 방3와 누마루에서 충격력 발생 ② 경량(Tapping machine), 중량(Bang Machine, Impact Ball) 
마이크로폰 수음점	① 방3의 직하실 방1과 누마루의 직하실 방2에서 각 5개의 마이크로폰을 배치한 후 충격원 가진시 저감레벨 측정 

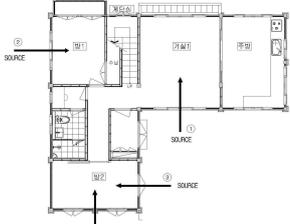
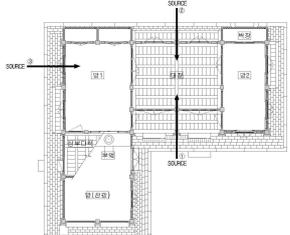
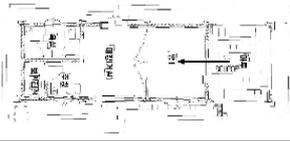
2) 측정 내용

■ 성능평가 내용

- 내외부간 공기전달음 차단성능

· 한옥의 특성을 고려하여 벽체와 창호 중심의 내외부간 레벨차 측정

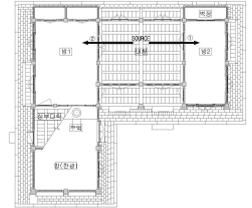
· 벽체 구조(내측에서 외측으로) : 벽지마감(한지)+석고보드(9.5T)+OSB합판(11T)+미네랄울 단열재(140T)+각재@406+OSB합판(11T)+방습지+(OSB띠장(18T)=50@300버티칼)+시멘트보드(6T)+핸디코트마감(6T)

건물구분	구분	창호 구조			음원과 수음점
		창호종류1) (내창에서 외창 순으로)	복층 여부	창호 모습	
시공 및 성능 테스트동 (지신재)	거실1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)(서) 1개소	단창		 (1층)  (2층)
	방1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)(서) 1개소	단창		
	방2	시스템창 (22mm LOW-E)(여) 1개소	단창		
		목재 창호지(담)+목재(5mm 강화유리)(여) 2개소	이중창		
	거실2	목재 창호지(담)+목재 창호지(여)	이중창		
전통한옥 성능 테스트동 (온고재)	대청	목재 창호지(여) 2개소	단창		
		목재 45mm 판문널(여) 2개소	단창		
	방1	목재 창호지(담)+목재 창호지(여) 3개소	이중창		
유닛모델동 (일신당)	방1	PVC 복층유리(16mm LOW-E)(서)+PVC 복층유리(16mm LOW-E)(서)+목재 창호지(여)	삼중창		

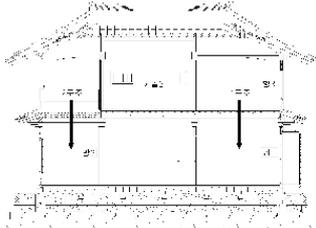
※ 1) 창호 종류 : (서)미서기, (여)여닫이, (담)미닫이로 구분

- 창호가 이중창 이상인 경우 창호 개폐 여부에 따른 창호 차음특성 분석 병행
 - 내창과 외창을 달은 경우
 - 외창만 달은 경우
 - 내창만 달은 경우

실간 공기전달음 차단성능

건물구분	음원실	수음실	창호 구조			음원과 수음점
			창호종류	복층여부	창호 모습	
시공 및 성능 테스트동 (지신재)	거실1	주방	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)(서) 1개소	단창		
전통한옥 성능 테스트동 (온고재)	대청	방1	목재 창호지 맹장지문(여) 1개소	단창		
	대청	방2	목재 창호지 맹장지문(여) 1개소	단창		

바닥충격음 차단성능

건물구분	가진실	수음실	바닥 구조	
시공 및 성능 테스트동 (지신재)	침실3	방1	강화마루(8T) + 에너지폼(3T) + 코튼망사발열체(0.5T) + 친환경단열재(5T) + 황토판넬(9.5T) + 판넬(50T) + 합판(18T)	
	누마루	방2	열처리목재(21T) + 2"×4" 각재 + 방수시트 + 합판(12T) + 판넬(50T) + 방음시트(30T) + 판넬(50T) + 합판(18T)	

■ 성능평가 실시 일시

일시	장소	내용
2012.08.20(월)	시공 및 성능테스트동(지신재)	공기전달음 차단성능 바닥충격음(경량충격음) 차단성능
2012.08.21(화)	전통한옥 성능테스트동(온고재) 유닛모델 성능테스트동(일신당)	공기전달음 차단성능
2013.04.20(토)	시공 및 성능테스트동(지신재)	바닥충격음(중량충격음) 차단성능



4.3.3. 측정 결과 분석

1) 차음성능 평가 방법

■ 내외부간 공기전달음 차단성능

- 한옥의 구법을 고려할 경우 내외부간 차음성능은 창호가 전체적인 차음성능을 결정하지 못함
- 한옥의 경우 외벽 단일 부재에 대한 평가보다는 외벽 전체에 대한 평가가 바람직

평가지표	정의
가중 표준화 음압 레벨차 $D_{1s,2m,n,T,W}$	① Weighted standardized sound level difference, $D_{1s,2m,n,T}$ 로 주파수 대역별 분석 $D_{1s,2m,n,T} = D_{2m} + 10 \log \frac{T}{T_0}$ $D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ ($L_{1,2m}$: 외벽 전방 2m에서의 음압 레벨, L_2 : 수음실의 음압레벨) T : 수음실의 잔향시간(초), T_0 : 기준 잔향시간(주택 거실 0.5 적용) ② 기준 곡선에 하회하는 측정치(표준화 음압 레벨, $D_{1s,2m,n,T}$)의 총합이 32dB을 상회하지 않은 범위의 500Hz 대역의 값, 단일 수치 평가량

■ 실간 공기전달음 차단성능

- 측정 대상 구조를 직접 통과하는 음향 파워뿐만 아니라 측로 전달에 의한 영향을 보기 위함

평가지표	정의
가중 겉보기 음향감쇠계수 R'_w	① KS F 2862(건물 및 건물 부재의 공기전달음 차단성능 평가방법) ② Weighted Apprent Sound Reduction Index, R' 로 주파수 대역별 분석 $R' = D + 10 \log \frac{S}{A}$ D : 실간 음압 레벨차($L_1 - L_2$)(L_1 : 음원실, L_2 : 수음실 내 평균 음압 레벨) S : 측정 대상의 벽 면적(창호 면적), A : 수음실의 등가 흡음력 ③ 기준 곡선에 하회하는 측정치(겉보기 음향감쇠계수, R'_w)의 총합이 32dB을 상회하지 않은 범위의 500Hz 대역의 값, 단일 수치 평가량

■ 경량충격음 바닥충격음 차단성능

평가지표	정의
역A특성 가중 표준화 바닥 충격음 레벨 $L'_{n,AW}$	① KS F 2863-1(건물 및 건물 부재의 바닥 충격음 차단 성능 평가방법-제1부: 표준 경량충격원) ② Normalizes Impact Sound Pressure Level, L'_n 로 주파수 대역별 분석 $L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0}$ L_i : 수음실에서 측정한 실내 평균 음압 레벨 A : 흡음력(= 0.16V/T)(V : 체적, T : 잔향시간), A_0 : 기준면적(10m ²) ③ 5개 옥타브 밴드 측정값이 역A특성 기준 곡선에 상회하는 값의 총합이 10dB을 상회하지 않는 범위에서 500Hz 대역의 값, 단일 수치 평가량

■ 중량충격음 바닥충격음 차단성능

평가지표	정의
역A특성 가중 바닥 충격음 레벨 $L_{1,Fmax,AW}$	① KS F 2863-2(건물 및 건물 부재의 바닥 충격음 차단 성능 평가방법-제2부: 표준 중량충격원) ② Impact Sound Pressure Level, $L_{1,Fmax}$ (바닥 충격음 레벨)로 주파수 대역별 분석 ③ 4개 옥타브 밴드 측정값이 역A특성 기준 곡선에 상회하는 값의 총합이 8dB을 상회하지 않는 범위에서 500Hz 대역의 값, 단일 수치 평가량

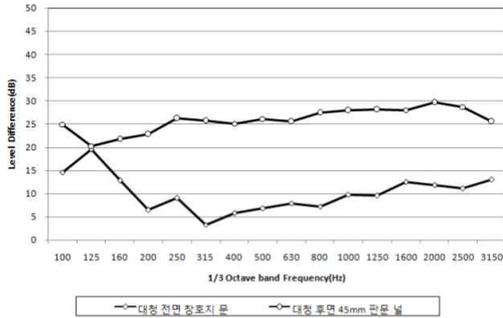
2) 결과 분석

■ 건물 내외부간 공기전달음 차단성능 평가 결과

주파수 대역별 음압레벨차

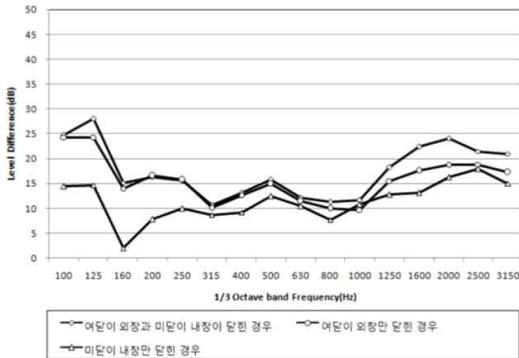
1. 시공 및 성능테스트동(지신재) - 거실1, 방1, 22mm복층유리(서)	
	<ul style="list-style-type: none"> - 22mm 복층유리로서 비교적 높은 음압 레벨차를 보이고 있음 - 저주파수 대역에서 차이를 보이는 것은 설치 조건의 차이로 보임
2. 시공 및 성능테스트동(지신재) - 방2, 시스템 창호(여)	
	<ul style="list-style-type: none"> - 22mm 복층유리 시스템 창호로서 비교적 높은 차음성을 보이고 있음 - 거실과 침실에 설치된 22mm 복층유리 창호에 비해 차음성이 다소 향상되는 것으로 나타남 - 탈부착식 내창(창호지 창)의 경우, 부착 여부에 따라 차음성능에 미치는 영향은 매우 미미함
3. 시공 및 성능테스트동(지신재) - 방2, 목재창호지(달)+5mm강화유리(여)	
	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 창호에 비해서는 약간 낮은 차음성능을 보이고 있음 - 미닫이 내창과 강화유리 외창이 모두 닫혔을 때 강화유리만 닫힌 구조보다 고주파수 대역에 차음성능이 향상됨 - 미닫이 창호지 내창의 차음성능은 비교적 낮게 나타남
4. 시공 및 성능테스트동(지신재) - 거실2, 목재창호지(달)+목재창호지(여)	
	<ul style="list-style-type: none"> - 여닫이 외창과 미닫이 내창 모두 창호지로 마감되어 있으므로 전체적으로 음압 레벨차가 낮게 나타나고 있음 - 여닫이 외창과 미닫이 내창을 모두 닫았을 때 가장 높은 차음성능을 보임 - 여닫이 외창을 닫았을 경우와 미닫이 내창만을 닫았을 경우를 비교하면, 여닫이 창을 닫았을 경우 차음성능이 큰 소하게 향상되는 것으로 나타남

5. 전통한옥 성능테스트동(온고재) - 대청, 전면 목재창호지(여), 후면 45mm판문널(여)



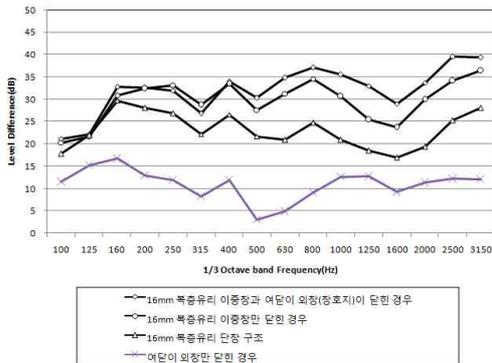
- 목재 판문 널은 창호지 바른 창에 비해 일부 저주파수 대역을 제외하고는 20dB 이상의 높은 차음성능을 보임
- 대청 공간의 역할이 현대 주거와 비교할 때 거실의 공간적 기능을 수행한다고 볼 수 있으며 현대인들이 이 거실 공간에서 매우 많은 행위를 하고 있음을 고려할 때, 전통 건축에서 적용되어 온 창호지 바른 창으로 차음성능을 충족시키기에는 어려움이 있음

6. 전통한옥 성능테스트동(온고재) - 방1, 목재창호지(단)+목재창호지(여)



- 여담이 외창과 미담이 내창을 모두 닫은 구조는 여담이 창만 닫은 경우와 미담이 창만 닫은 경우에 비해 높은 차음성을 보임
- 여담이 외창만 닫았을 경우가 미담이 외창만 닫았을 경우에 비해 높은 차음성능을 나타냄
- 이는 여담이 창을 닫을 때 두 창짝을 동시에 닫아야만 잘 닫아진다는 점에서 미담이 창보다 기밀성이 우수하기 때문으로 보임

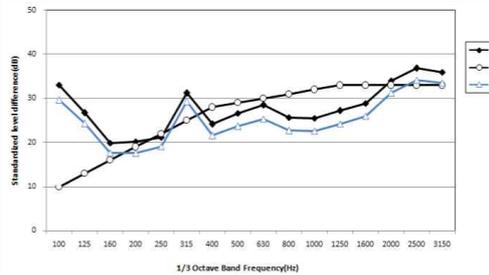
7. 유닛모델동(일신당) - 방1, 16mm복층유리 이중창(서)+목재창호지(여)



- 복층유리 2중창 구조가 전체적인 차음성능을 지배하고 있음을 확인
- 복층유리의 차음특성인 1,600Hz 대역에서의 일치효과로 인해 차음성능이 저하하는 부분 이외에는 전체적으로 한식 창에 비해 차음성능이 높게 나타나고 있음
- 3중창 구조로 처리할 경우, 여담이 창호지 바른 창이 추가된 3중창 구조보다 중고주파수 대역에서 음압 레벨차가 근소하게 증가하고 있으며, 창호지 바른 한식 창과 현대식 창호의 조합을 통해 창호의 성능 개선 가능성을 확인

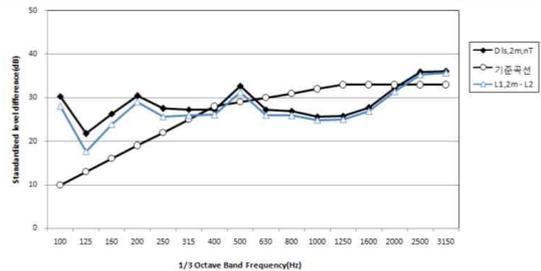
가중 표준화 음압레벨차

1. 시공 및 성능테스트동(거실1) - 22mm복층유리(서) 닫은 상태



가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{s,2m,n}$, W) 29dB

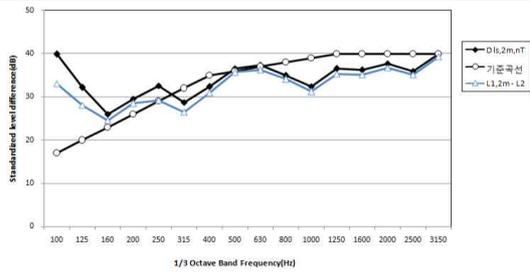
2. 시공 및 성능테스트동(방1) - 22mm복층유리(서) 닫은 상태



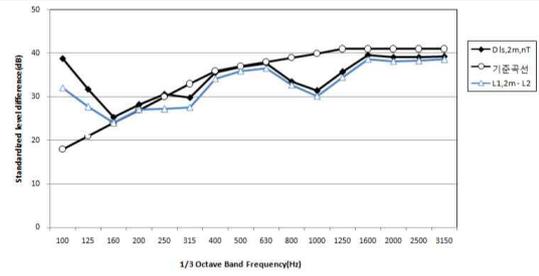
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{s,2m,n}$, T , W) 29dB

3. 시공 및 성능테스트동(방2) - 시스템도어창(22mm) 닫은상태+탈부착식 내창

4. 시공 및 성능테스트동(방2) - 시스템도어창(22mm) 닫은상태+내창 제거

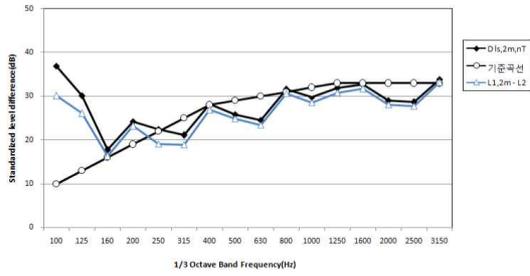


가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{ls,2m,n,T,W}$) 36dB



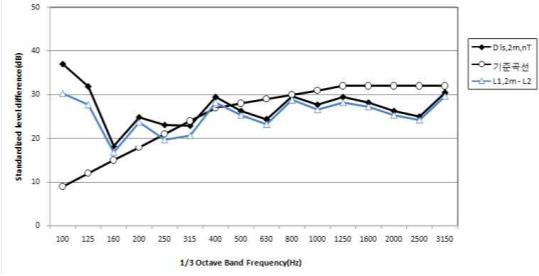
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{ls,2m,n,T,W}$) 37dB

5. 시공 및 성능테스트동(방2)
- 목재창호지(달)+5mm강화유리(여) 2개창 달음



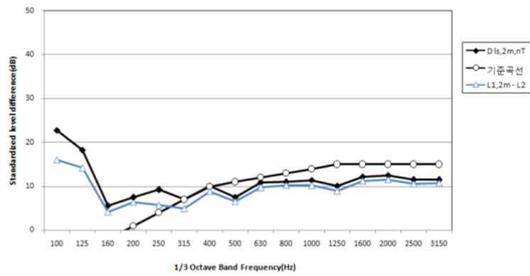
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{ls,2m,n,T,W}$) 29dB

6. 시공 및 성능테스트동(방2)
- 목재창호지(달)+5mm강화유리(여) 강화유리 달음



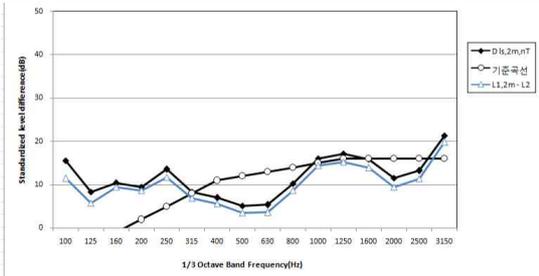
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{ls,2m,n,T,W}$) 28dB

7. 시공 및 성능테스트동(방2)
- 목재창호지(달)+5mm강화유리(여) 창호지창 달음



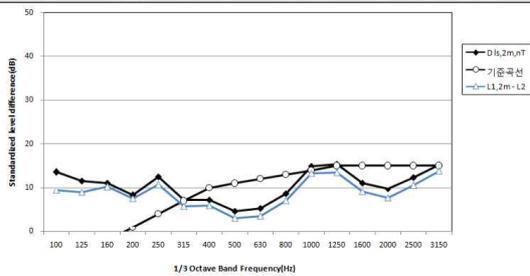
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{ls,2m,n,T,W}$) 11dB

8. 시공 및 성능테스트동(거실2)
- 목재창호지(달)+목재창호지(여) 2개창 달음



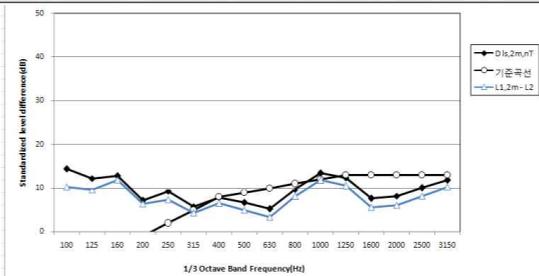
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{ls,2m,n,T,W}$) 12dB

9. 시공 및 성능테스트동(거실2)
- 목재창호지(달)+목재창호지(여) 여달이창 달음



가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{ls,2m,n,T,W}$) 11dB

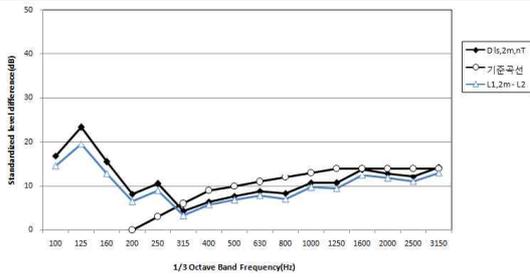
10. 시공 및 성능테스트동(거실2)
- 목재창호지(달)+목재창호지(여) 미달이창 달음



가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{ls,2m,n,T,W}$) 9dB

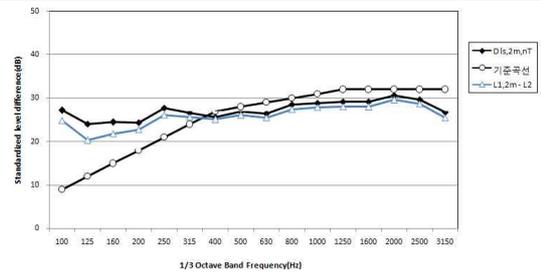
11. 전통한옥 성능테스트동(대청)
- 목재창호지(여) 달음

12. 전통한옥 성능테스트동(대청)
- 45mm 판문널(여) 달음



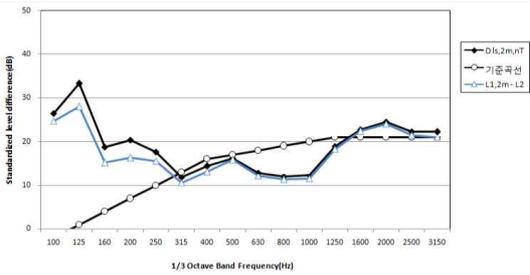
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{s,2m,n,W}$) 10dB

13. 전통한옥 성능테스트동(방1)
- 목재창호지(단)+목재창호지(여) 2개창 달음



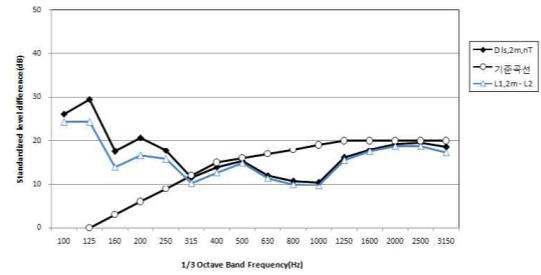
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{1s,2m,n,T,W}$) 28dB

14. 전통한옥 성능테스트동(방1)
- 목재창호지(단)+목재창호지(여) 여달이창 달음



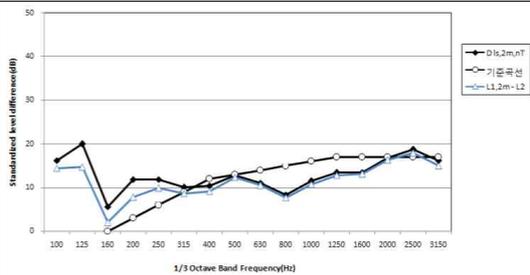
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{1s,2m,n,T,W}$) 17dB

15. 전통한옥 성능테스트동(방1)
- 목재창호지(단)+목재창호지(여) 미달이창 달음



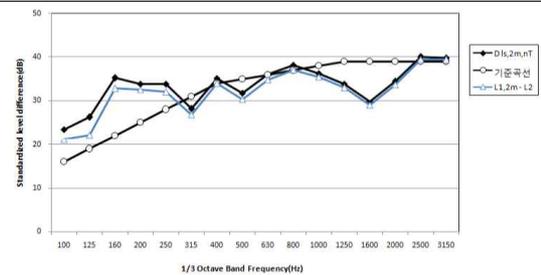
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{1s,2m,n,T,W}$) 16dB

16. 유닛모델 성능테스트동(방1)
- 16mm복층유리(서)이중창+목재창호지(여) 달음



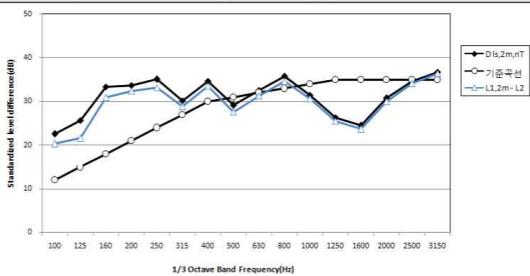
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{1s,2m,n,T,W}$) 13dB

17. 유닛모델 성능테스트동(방1)
- 16mm복층유리(서) 이중창만 달음



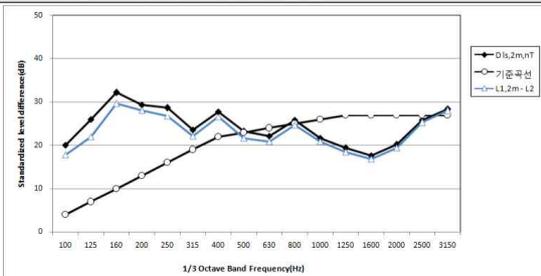
가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{1s,2m,n,T,W}$) 35dB

18. 유닛모델 성능테스트동(방1)
- 16mm복층유리(서) 단창만 달음

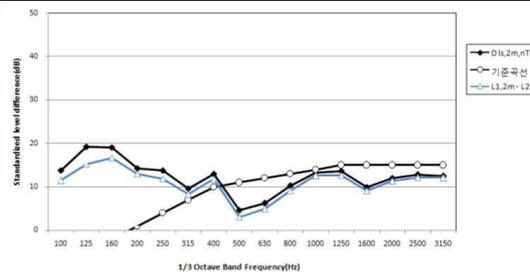


가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{1s,2m,n,T,W}$) 31dB

19. 유닛모델 성능테스트동(방1)
- 목재창호지(여) 달음



가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{1s,2m,n,T,W}$) 23dB



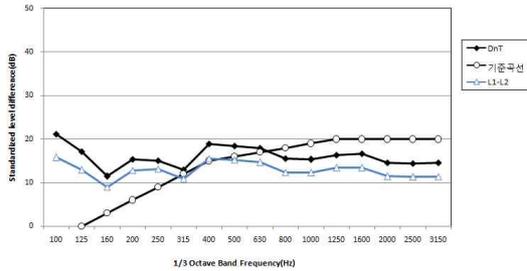
가중 표준화 음압 레벨차 ($s_{2m,n}, W$) 11dB

- 22mm 복층유리 구조와 시스템 창호, 강화유리 창호 등에서 비교적 높은 차음성능을 보이고 있음
- 창호지 바름 창호의 경우 높은 차음성능을 기대할 수 없음
- 여닫이 창호와 미닫이 창호를 분석한 결과, 실제 목재로 제작되는 한식 창호의 경우 목재의 수축에 의해 변형이 발생될 때 틈이 발생하므로 전통방식의 미닫이창으로는 충분한 차음성능을 발휘하기 힘들다는 것을 확인

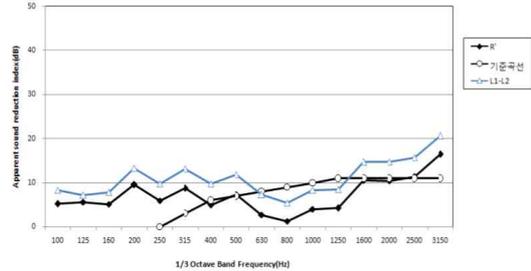
■ 실간 공기전달음 차단성능 평가 결과

- 전체적으로 높지 않은 차음성능 수준으로 확인되었음

1. 시공 및 성능테스트동(지신재) - 음원실:거실1, 수음실:주방 - 22복층유리(서)

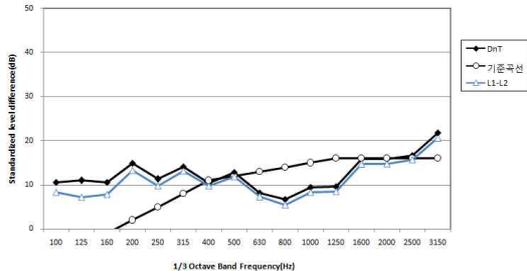


가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{n,T,W}$) 16dB

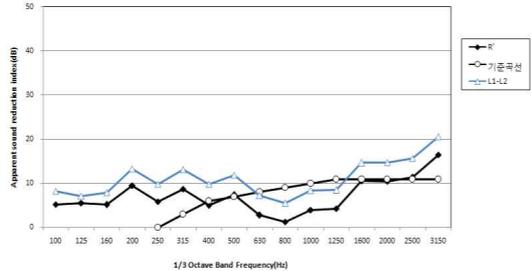


가중 겉보기 음향감쇠계수 (R'_W) 14dB

2. 전통한옥 성능테스트동(온고재) - 음원실:대청, 수음실:방1 - 목재창호지 맹장지문(여)

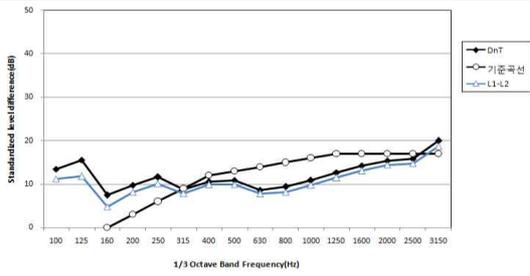


가중 표준화 음압 레벨차 ($D_{n,T,W}$) 12dB

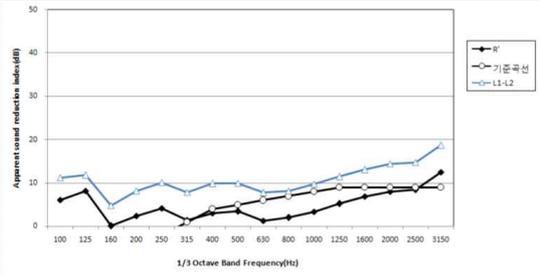


가중 겉보기 음향감쇠계수 (R'_W) 7dB

3. 전통한옥 성능테스트동(온고재) - 음원실:대청, 수음실:방2 - 목재창호지 맹장지문(여)



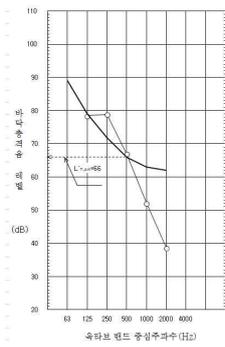
가중 표준화 음압 레벨차 (R_{WT}) 13dB



가중 겉보기 음향감쇠계수 (R'_{WT}) 5dB

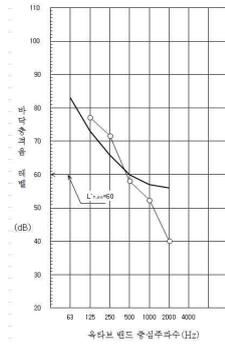
■ 경량충격을 차단성능 평가 결과

1. 방3 바닥구조(수음실 방1) Tapping machine



역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$ 66dB

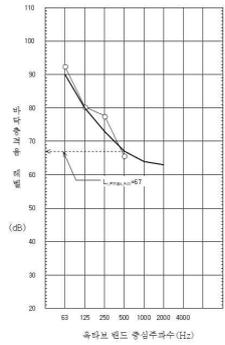
2. 누마루 바닥구조(수음실 방2) Tapping machine



역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$ 60dB

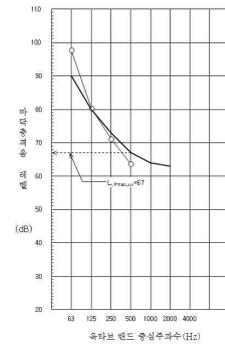
■ 중량충격을 차단성능 평가 결과

1. 방3 바닥구조(수음실 방1) Bang Machine



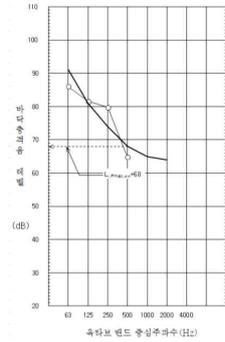
역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$ 67dB

2. 누마루 바닥구조(수음실 방2) Bang Machine



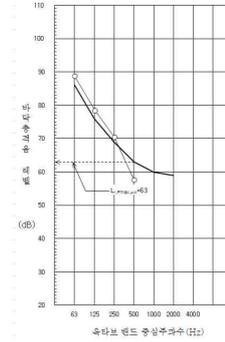
역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$ 67dB

3. 방3 바닥구조(수음실 방1) Impact Ball



역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$ 68dB

4. 누마루 바닥구조(수음실 방2) Impact Ball



역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$ 63dB

4.3.4. 결론

1) 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 한옥 측정 결과

■ 공기전달음 차단성능 평가 결과

- 각 측정 구조에 대한 가중 표준화 음압레벨차 단일 수치 평가량을 표로 나타내면 다음과 같음

건물 구분	실	창호종류 (내창에서 외창순)	복층 여부	개폐 유형	개폐 여부	가중 표준화 음압레벨차
시공 및 성능 테스트동 (지신재)	거실1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)	단창	미서기	닫음	29
	방1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)	단창	미서기	닫음	29
	방2	시스템창(22mm) +한지 창	이중창	여닫이(외) +내창(내)	2개창 닫음	36
					시스템 창 닫음	37
		목재창호지창 +5mm 강화유리	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	29
					강화유리 닫음	28
	거실2	목재창호지창 +목재창호지창	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	창호지 창 닫음	11
					2개창 닫음	12
					창호지 창(외) 닫음	11
	전통한옥 성능 테스트동 (온고재)	대청	창호지 바른 창	단창	여닫이	닫음
45mm 판문 널			단창	여닫이	닫음	28
방1		목재창호지창 +목재창호지창	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	17
					창호지 창(외) 닫음	16
					창호지 창(내) 닫음	13
					3개창 닫음	35
유닛모델동 (일신당)	방1	PVC 복층유리(16mm) +PVC 복층유리(16mm) +목재창호지창	삼중창	미서기(내) +여닫이(외)	복층유리 이중창 닫음	31
					복층유리 단창 닫음	23
					창호지 창(외) 닫음	11

- 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 창호의 차음성능은 창호 구조의 종류에 따라 편차를 보임
 - 유닛모델동(일신당)의 22mm 복층유리 미서기 이중창 구조, 시공 및 성능테스트동(지신재) 시스템 창호에서 비교적 높은 차음성능
 - 복층유리 단창구조에 목재 창호지 바른 창을 추가할 경우 차음성능 개선 효과 미미
 - 복층유리 2중창에 목재 창호지 바른 창이 추가될 경우, 고주파수 대역의 차음성능이 향상되면서 비교적 높은 차음성능
- 목재 창호인 여닫이 외창과 미닫이 내창을 적용한 이중창의 경우, 여닫이 창의 차음성능이 미닫이 창에 비해 높게 나타나고 있음.
 - 이는 목재창의 변형과 수축이 발생될 때 틈이 발생하므로 목재 창을 적용한 미닫이 창에서 그 비율이 높게 나타남
 - 물론 지금의 기술력으로 미닫이창의 차음성능 향상은 충분히 가능하기 때문에 여닫이창이 미닫이창보다 무조건 우수하다고 단정지을 수는 없으나, 전통한옥 미닫이 방식인 두껍닫이 안으로 미닫이 문짝이 들어가는 구조는 높은 차음성능을 기대하기 힘들
 - 목재창이 아닌 내구성 있는 창 구조 및 재질로 제작시 지금의 기술력으로 보완이 가능

■ 바닥충격음 차단성능 평가 결과

- 바닥충격음 차음성과 관련한 국내 기준은 공동주택에 한하여 적용하고 있음
- 국토교통부 고시 제2013-33호(2013.04.12) 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준(2012-533호, 2012.08.20)에 따른 평가
- 본 기준에는 공동주택 바닥충격음 차단성능 측정 및 평가방법, 표준바닥구조와 바닥충격음 성능등급의 기준이 제시되어 있음
- 한옥의 경우 일반적인 공동주택과 비교하여 구법이 상이하기 때문에 직접적인 비교는 불가하므로 간접적으로 한옥 수준 판별에 활용

<경량충격음>

등급	역A특성 가중 기준화 바닥충격음레벨(dB)
1급	$L'_{n,AW} \leq 43$
2급	$43 < L'_{n,AW} \leq 48$
3급	$48 < L'_{n,AW} \leq 53$
4급	$53 < L'_{n,AW} \leq 58$

<중량충격음>

등급	역A특성 가중 바닥충격음레벨(dB)
1급	$L_{i,Fmax,AW} \leq 40$
2급	$40 < L_{i,Fmax,AW} \leq 43$
3급	$43 < L_{i,Fmax,AW} \leq 47$
4급	$47 < L_{i,Fmax,AW} \leq 50$

- 측정 결과를 단일 수치 평가량으로 나타내면 다음과 같음

구분		평가 척도	레벨	바닥 구조
방3 바닥	Bang Machine	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	67	강화마루(8T) + 에너지폼(3T) + 코튼망사발열체(0.5T) + 친환경단열재(5T) + 황토판넬(9.5T) + 판넬(50T) + 합판(18T)
	Impact Ball	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	68	
	Tapping Machine	역A특성 가중 기준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$	66	
누마루 바닥	Bang Machine	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	67	열처리목재(21T) + 2"×4" 각재 + 방수시트 + 합판(12T) + 판넬(50T) + 방음시트(30T) + 판넬(50T) + 합판(18T)
	Impact Ball	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	63	
	Tapping Machine	역A특성 가중 기준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$	60	

- 공동주택 바닥충격음 기준과 비교시, 매우 높은 레벨을 보이고 있어 최저 기준치를 만족하지 못하고 있음
- 경량충격원의 경우, 방3에서 가진하여 방1에서 받은 경우가 누마루에서 가진하여 방2에서 받은 경우에 비해 높은 평가량을 보이고 있음
- 중량충격원의 경우, Bang Machine으로 가진한 경우 방3, 누마루 바닥 모두 67dB로 나타남
- 비교적 충격력이 Bang Machine보다 약한 Impact Ball 가진시 방3 바닥구조가 누마루 바닥 구조보다 상대적으로 높게 나타나고 있음

2) 현대 신한옥 차음성능 분석 결과

■ 현대 신한옥 개요

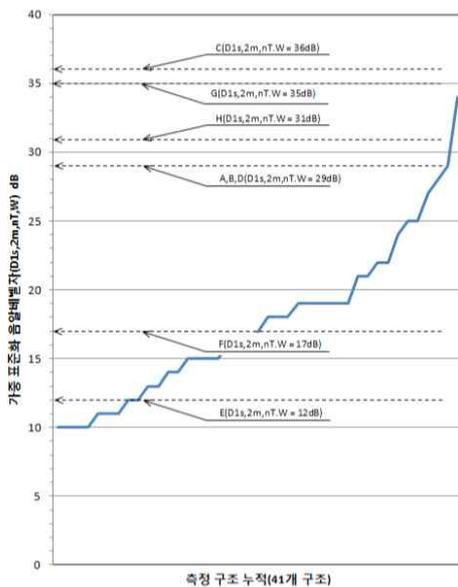
- 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 차음성능 수준을 현대 신한옥과 비교 분석하여 차음성능 향상 가능성 확인 필요
- 2007~2010년 완공된 전라남도 행복마을 한옥 중 517동에 대한 도면 분석과 현장 방문 조사를 통해 개발 목표의 신한옥에 가까운 한옥 선정
- 총 9개 한옥마을 중 15동의 한옥 선정
 - 한옥 마을별로 비교적 동일한 평면 및 벽체, 창호 구조 형식을 취하고 있음
 - 거주인의 성향에 따라 개인차가 있으나 한옥마을의 미관을 고려하여 어느 정도 일관성 있는 한옥 건립

■ 현대 신한옥 15동 41개 공간 외벽 부재에 대한 차음성능 평가 결과

- 가중 표준화 음압레벨차 분석 결과
 - 한옥의 구법(이질 부재의 접합부가 많음)상 창호의 차음성능이 한옥 내외부간 외피의 차음성능에 영향을 미치기는 하지만, 전체적인 차음성능을 결정짓지는 못함
 - 가중 표준화 음압레벨차가 전체적으로 10~34dB 범위로 매우 넓은 범위의 값을 보여줌
 - 침실(10~27dB 범위에서 평균값 18dB), 거실(10~34dB 범위에서 평균값이 17dB)
- 주파수 대역별 특성 분석 결과
 - 침실 공간과 거실 공간 외벽 부재의 차음성능을 비교한 결과, 전반적으로 침실 외벽 부재의 차음성능이 거실 외벽 부재의 차음성능보다 높게 측정되었음
 - 거실의 경우 외기에 면하는 부위의 면적이 넓고, 현관 출입문을 비롯한 타 개구부의 요소가 많으므로 침실에 비해 차음성능이 다소 낮게 나타나고 있음
 - 주파수 대역 차음 특성은 저주파수 대역에서 고주파수 대역으로 이동하면서 서서히 상승하는 것으로 분석됨

3) 실험한옥과 현대 신한옥간 성능 수준 비교

■ 내외부간 공기전달음 차단성능 분석 결과



현대 신한옥 측정 구조 대비 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 측정 구조 성능 수준 비교

<분석 결과>

- 현대 신한옥 차음성능 측정 결과, 가중 표준화 음압 레벨차는 10~34dB 범위에 분포
- 실험한옥의 시공 및 성능테스트동 방2 시스템 창호가 있는 구조가 가장 높은 36dB, 유닛모델 성능테스트동의 3개창 달은 구조와 복층유리 2중창을 달은 구조에서 35dB, 31dB로 측정됨
- 시공 및 성능테스트동 거실1, 방1의 PVC 복층유리 22mm 단창 구조가 29dB로서 현대 신한옥 이중창 구조에 비해 상당히 우수한 것으로 확인되었음
- 목재 창호지창 이중창 구조(여닫이+미닫이) 구조는 현대 신한옥 수준과 비교하여 하위 수준에 분포하는 것으로 분석됨
- 한옥의 구법상 이질 부재의 접합부로 인해 건물 전체의 차음성능 저하 요소가 있으나, 비교적 차음성능이 높은 창호를 적용하여 실 전체의 차음성능 향상에 기여할 수 있음
- 현재 실험한옥의 차음성능 수준은 현대 신한옥에 비하여 비교적 차음성능이 높은 것으로 분석되었음

건물 구분	실	창호종류 (내창에서 외창순)	복층 여부	개폐 유형	개폐 여부	가중 표준화 음압레벨차	영문 이니셜 부여
시공 및 성능 테스트동 (지신재)	거실1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)	단창	미서기	닫음	29	A
	방1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)	단창	미서기	닫음	29	B
	방2	시스템창(22mm) +한지 창	이중창	여닫이(외) +내창(내)	2개창 닫음	36	C
		목재창호지창 +5mm 강화유리	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	29	D
	거실2	목재창호지창 +목재창호지창	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	12	E
전통한옥 성능 테스트동 (온고재)	방1	목재창호지창 +목재창호지창	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	17	F
유닛모델동 (일신당)	방1	PVC 복층유리(16mm) +PVC 복층유리(16mm) +목재창호지창	삼중창	미서기(내) +여닫이(외)	3개창 닫음	35	G
					복층유리 이중창 닫음	31	H

■ 현대 한옥과 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 바닥충격음 성능 비교

- 공동주택 바닥충격음 기준(중량 50dB, 경량 58dB)과 비교시, 매우 높은 레벨을 보이고 있어 최저 기준치를 만족하지 못하고 있음

구분		중량충격음, 역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_1 F_{max,AW}$		경량충격음 역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$
		Bang Machine	Impact Ball	Tapping Machine
시공 및 성능테스트동 (지신재)	방3 바닥1)	67	68	66
	누마루 바닥2)	67	63	60
○○○ 한옥호텔	○○동 누마루 바닥3)	70	63	66
	○○동 누마루 바닥	70	62	67

※ 바닥 구조

- 1) 강화마루(8T)+에너지폼(3T)+코튼망사발열체(0.5T)+친환경단열재(5T)+황토판넬(9.5T)+판넬(50T)+합판(18T)
- 2) 열처리목재(21T)+2"×4"각재+방수시트+합판(12T)+판넬(50T)+방음시트(30T)+판넬(50T)+합판(18T)
- 3) 마루청판(60T)+단열재(50T)+내수합판(12T)

4.4. 쾌적성능 평가

4.4.1. 쾌적성 모니터링의 개요

1) 쾌적성 모니터링의 목적 및 필요성

■ 쾌적성 모니터링의 배경 및 목적

한옥은 오랜 역사와 문화적 전통을 갖고 있지만 현대에는 좁고 불편하며 좁고 비싼 주거형태로 인식되고 있다. 특히 한옥의 전통성에 의한 심리적 장점에도 불구하고 물리 환경적 측면에서 거주 성능이 현대식 주거에 비해 떨어지면서 현대에는 소외받고 있는 실정이다. 이에 따라 국토해양부에서는 한옥의 대중화를 위해 전통 한옥의 장점을 유지하면서 기존 한옥의 단점을 보완한 신 한옥을 개발하였다. 이렇게 물리 환경적 측면에서의 단점이 보완된 한옥이 개발됨에 따라 보다 다각적이고 통합적인 한옥의 쾌적성 평가체계를 구축하고자 한다. 즉 기존의 쾌적성 평가체계로 사용된 물리 환경적 측면에서의 평가와 함께 한옥의 장점으로 인식되어 온 전통적, 미적 요소에 대한 심리적 요인을 고려한 통합적 평가체계를 구축함으로써 이를 통해 한옥 가치기반의 쾌적성 평가와 통합 쾌적성능 지표를 제안하고자 한다.

■ 쾌적성 모니터링의 필요성

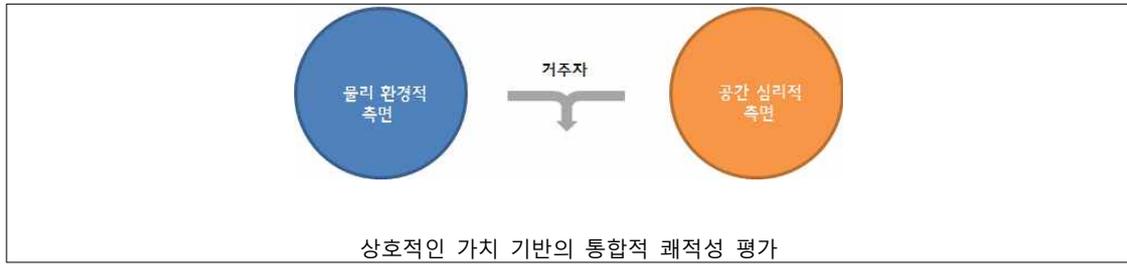
현재 쾌적환경은 열적인 관점에서 인체가 느끼는 국부 온·냉감에 의한 기준을 통해 이뤄지고 있다. 이러한 관점을 통해 한옥을 정의하게 되면 한옥은 한옥이 가지는 장점보다 단점이 부각될 수밖에 없다. 특히 기밀성 취약 등 성능적 측면에서의 문제는 온열환경에 매우 안 좋은 영향으로 작용하게 되어 한옥이 불편한 주거로 인식되게 한다. 하지만 '쾌적'이라는 요소는 물리적 환경에 의한 온열감 외에 심리적인 측면에서도 언급될 수 있다. 한옥이 가지고 있는 가장 큰 특징이자 장점인 재료나 형태 등에 의한 요소는 매우 큰 장점으로 작용할 수 있으나 현재의 쾌적성능은 온도, 습도, 기류 및 복사온도 등 물리적 요소로 이루어져 있어 심리적 측면에서의 장점은 반영되지 못한다. 이러한 문제를 고려해 한옥의 물리적 환경과 공간 심리적 요소에 대한 쾌적성 측정 방안을 제시한다면 한옥의 단점이 최소화되고 장점들이 적용되어 한옥의 가치에 대한 새로운 인식을 가져다 줄 수 있을 것으로 보인다.

2) 쾌적성 모니터링의 연구범위 및 방법

■ 쾌적성 모니터링의 연구범위

본 연구에서는 경기 용인시 명지대학교 내에 위치한 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(운고재)을 비교연구 대상으로 선정하여 물리 환경적 측면 및 공간 심리적 측면에 대한 조사를 진행하였다. 개량된 형태의 시공 및 성능테스트동(지신재)은 대지의 이용도를 높이기 위해 2층으로 계획되었으며 내부는 1층 81㎡와 2층 45㎡의 규모에 방 3개, 욕실 2개 등을 갖추고 있는 구조이다. 시공 및 성능테스트동(지신재)은 현대식 주거 공간의 기본 요소를 갖추고 있으며 각 구조체 및 부재는 지난 3년간의 연구개발 결과를 집약한 것이다. 이 공간을 중심으로 물리적으로는 온열 환경에 대한 요소들을 측정하고 공간 심리적으로는 이곳에서 생활하는 거주자 중심의 쾌적성 모니터링을 진행하였다.

본 연구에서는 한옥에 대한 환경적, 심리적 쾌적성능 요소를 모두 포괄한 통합적 평가체계 구축에 초점을 맞추고 있으므로 구성요소 및 부재별 성능에 대해서는 논외로 하며, 거주자의 심리적, 감성적 쾌적성을 포함한 종합적인 쾌적성능의 통합 평가지표를 반영한 종합적 한옥 성능의 가치체계 수립을 진행하였다.



쾌적성 모니터링의 목표

■ 쾌적성 모니터링의 연구방법

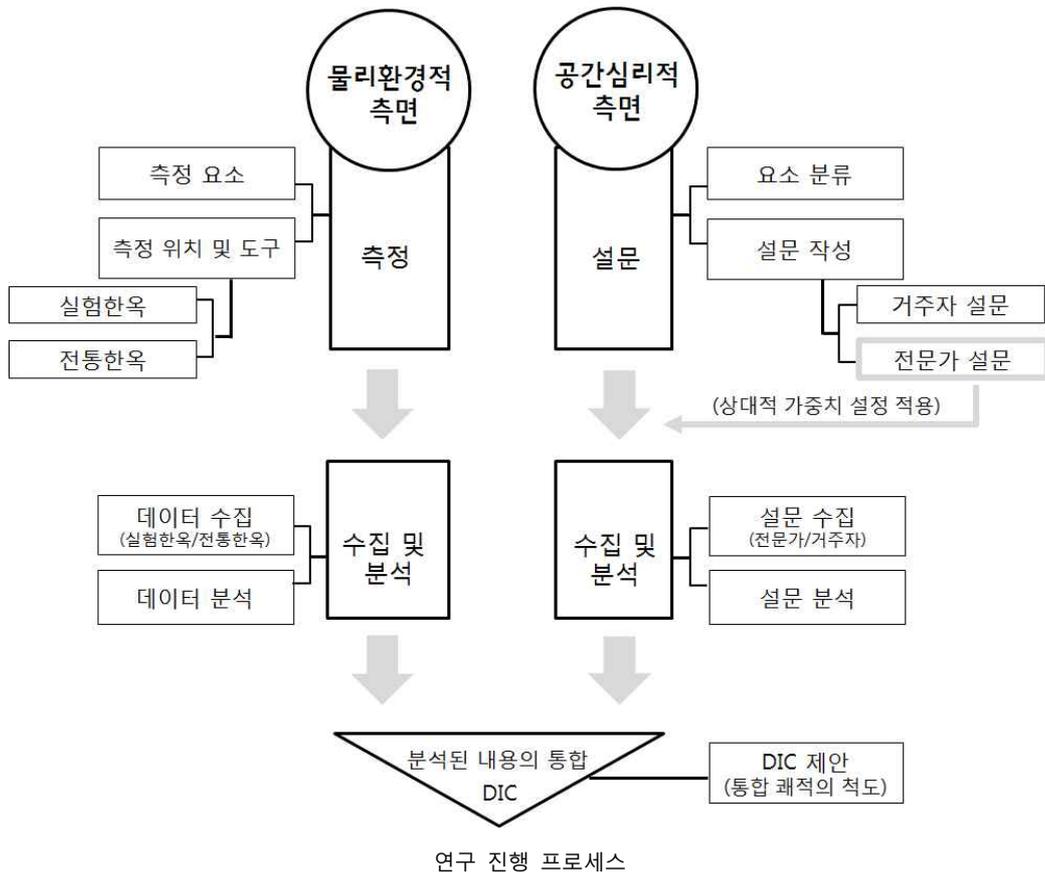
본 연구에서는 쾌적성에 영향을 미치는 요소에 대해 물리 환경적 요인 외에도 공간 심리적인 요소까지 고려하여 한옥의 종합적인 가치를 반영하고자 하였다. 이를 위해 우선 쾌적성에 영향을 미치는 요소를 두 개의 항목으로 구분하여 진행하였다. 먼저 물리 환경적 측면에서의 조사를 위해 평가의 기준으로 가장 널리 사용되는 온열환경에 대한 쾌적 지표로 PMV를 사용하였으며 이를 측정하기 위해 필요한 각 환경요소들을 센서를 통해 매월 1회 현장을 방문하여 측정하였다. 다음으로 공간 심리적 측면에서의 쾌적성을 측정하기 위한 연구를 진행하였는데 이는 물리적 요인과 달리 기존의 관련 연구가 미흡하여 새로운 틀을 만들어야 했다. 이를 위해 우선 관련문헌 분석을 통하여 심리적 쾌적과 연관된 한옥의 요소들을 분류하였다. 이를 통해 심리적 평가 영역을 선정하고 선정된 항목을 전문가 설문을 통하여 각 항목에 대한 가중치를 부여하였다. 이렇게 가중치가 부여된 항목을 통해 거주자의 설문 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 통해 거주자의 의사가 반영된 한옥의 심리적 쾌적 응답 수치를 도출하였다. 이렇게 만들어진 두 개의 항목을 통합하기 위해 요소별 상대적 가중치를 결정하는 AHP (Analytic Hierarchy Process, 계층분석과정) 방법론을 적용하였고 이를 통해 물리 환경적 요인과 공간 심리적 요인간의 중요도를 설정한다. 마지막으로 상대적 가중치가 결정된 두 요소의 값을 더한 결과를 기반으로 PMV의 온열환경에 대한 쾌적과 거주자 응답에 의한 심리적 쾌적이 통합 적용된 DIC(Degree of Integrative Comfort) 쾌적지표를 작성한다.

(1) 물리 환경적 측면의 실험 방법

일반적으로 물리환경적 쾌적성은 온열환경 인자가 신체에 미치는 열적 쾌적성(Thermal Comfort)으로 분석되며, PMV 척도를 이용하여 측정된다. 열적 쾌적성은 실내 온도, 습도, 기류속도, 평균 복사온도 등의 환경 인자와 재실자가 입고 있는 의복량과 신진대사에 따른 인체 발열량 사이의 관계에 의해 정의되며, 그 척도인 PMV는 인간을 피험체로 하여 열 수치를 수집하는 충분한 실험과 통계자료 수립 과정을 거쳐 획득되는 국제 표준기구(ISO, International Standard Organization)에서 인정한 규격화된 쾌적성 분석 방법이다. 이렇게 구성된 물리환경적 요소들에 대한 정보를 수집하기 위해 아래 표와 같은 내용을 분류한다.

물리적 요소		인적요소
공기온도	기류속도	착의량
평균 복사 온도	상대습도	대사량

가) 측정 요소



나) 거주자 구성

시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 전체 거주자 수는 총 9명으로 시공 및 성능테스트동(지신재) 6명, 전통한옥 성능테스트동(온고재) 3명으로 이루어져 있다. 거주자는 20대 초반의 여성으로 구성되어있으며 신체적 특징은 아래 표와 같은 범위에 속해 있다.

시공 및 성능테스트동(지신재)				전통한옥 성능테스트동(온고재)			
거주자 특성	거주자 수	6명		거주자 특성	거주자 수	3명	
	성별	여			성별	여	
	연령	19 ~ 23 세			연령	19 ~ 20 세	
	신장	156 ~165 cm			신장	158 ~170 cm	
	체중	52 ~ 60 kg			체중	55 ~ 65 kg	
거주 현황	1층	101호	2명	거주 현황	1층	3명	
		102호	2명			(한 방에서 함께 생활)	
	2층	201호	2명				

다) 측정 방법 (측정 기간/측정 위치/측정 환경요소)

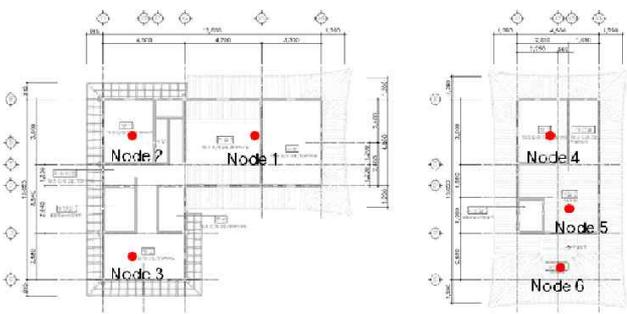
- 측정 기간

2012년 10월 예비실험을 시작으로 2013년 8월까지 총 10회의 현장 방문을 계획하였으며 현재 8회의 현장 방문이 이루어졌다. 전체적으로는 절기별로 1~2회 정도 계획하였으며 보강 및 예비 실험을 추가적으로 구성하였다. 시공 및 성능테스트동(지신재)의 실험은 계획된 기간 동안 일정대로 이루어졌으며 전통한옥 성능테스트동(온고재)은 거주자입주가 이루어진 12월 말부터 실시되었다. 이렇게 계획된 실험 기간 동안 센서를 이용하여 실내 환경에 대한 측정이 이루어지며 이와 함께 거주자에 대한 모니터링 조사도 이루어진다.

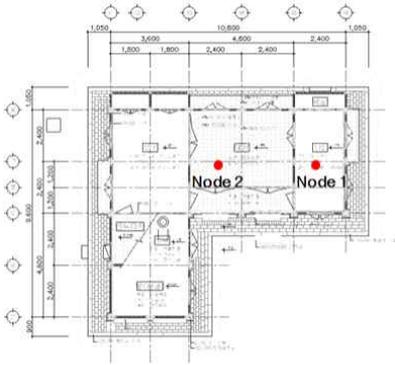
실험 일정

실험기간	실험 내용
2012.10.15.~17	예비실험
2012.11.17.~18	추계
2012.12.21.~23	동계(1차) /동지
2013.01.14.~16	동계(2차)
2013.02.22.~24	춘계(1차) /간절기
2013.03.21.~23	춘계(2차) /춘분
2013.04.15.~17	보강실험(필요시)
2013.06.21.~23	하계(1차) /하지
2013.07.15.~17	하계(2차)
2013.08.19.~21	보강실험(필요시)

- 측정 위치

시공 및 성능테스트동(지신재) 센서 설치 위치	위치별 사진	
 <p>시공 및 성능테스트동(지신재) 1층, 2층</p>	Node1. 1층 거실	
		Node5. 2층 거실
		

시공 및 성능테스트동(지신재)의 센서 설치 위치 및 사진

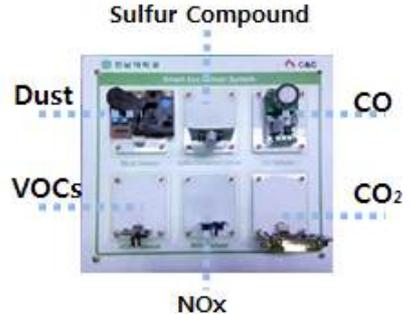
전통한옥 성능테스트동(온고재) 센서 설치 위치	위치별 사진	
 <p>전통한옥 성능테스트동(온고재)</p>	Node1. 방	
		Node2. 대청마루
		

전통한옥 성능테스트동(온고재)의 센서 설치 위치 및 사진

시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 물리 환경적 쾌적 환경에 대한 모니터링을 위해 각 실별로 센서 장비가 설치되었다. 온도, 습도, MRT, 실내 기류 등을 측정할 수 있는 센서가 시공 및 성능테스트동(지신재)의 1층 거실과 2층에 설치되었으며 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 방과 대청에도 같은 종류의 센서가 설치되었다. 또 온열환경 외에 실내 쾌적성의 부가적인 요소로서 실내의 공기질에 대한 측정이 가능한 센서가 시공 및 성능테스트동(지신재)의 1층과 2층, 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 방에 설치되어 CO, CO2, 실내 소음 등이 측정되도록 구성하였다.

- 측정 센서의 구성

현재 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 실내 환경 측정에 사용된 센서는 다음과 같은 구성으로 이루어져 있다. 특히 온열환경 외에 실내 쾌적성의 부가적인 요소로서 실내의 공기 질에 대한 측정이 가능한 센서가 시공 및 성능테스트동(지신재)의 1층과 2층, 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 방에 설치되어 현대식 개량 재료에서 검출될 수 있는 NOx(질소 산화물)와 VOCs(휘발성 유기화합물)등이 측정될 수 있도록 하였고 이와 함께 CO, CO2, 실내 소음 등도 측정되도록 구성하였다. 이렇게 구성된 센서 장비를 통하여 물리적 환경의 복합적인 환경 요소들은 서버에 저장된다.

smart sensor	eco sensor
	
온도, 습도, 조도, 기류, MRT	DUST, VOCs, CO/CO2, Nox ,SOUND

(2) 공간 심리적 측면

쾌적성을 평가할 때 물리적 온열환경에 국한된 측정 방법은 한옥의 전통적 가치와 장점을 고려할 때 공간에서 느끼는 정성적 요인을 누락시키는 오류를 범하게 된다. 즉, 거주자가 한옥의 공간에 머무를 때 편안함을 느끼거나 내외부의 상호관입 구조에 기인한 청량감과 자연환경의 계절 변화를 즐길 수 있는 시청각적 쾌감 등은 엄연히 한옥의 가치를 규정할 때 무시할 수 없는 요소이나 정량적으로 쉽게 정의할 수 없는 이유로 쾌적성 평가에서 논외 시 되고 있다.

따라서, 거주자가 공간에서 심리적, 감각적으로 체득할 수 있는 쾌적성에 대하여 상시 모니터링하여 분석할 수 있는 평가의 틀이 마련될 필요가 있다. 이는 개인의 감각 반응에 의해 다르게 느껴질 수 있는 실내 온냉감, 습도감 및 기류감을 설문 방식의 방식으로 조사하여 물리 환경적 측정 결과의 추이와 비교 분석하고, 동시에 선행연구 분석에서 도출된 한옥 공간의 심리적 쾌적 가치에 대해 설문하여 종합적인 정성적 쾌적 지수로 산출하는 방법을 채택하였다.

가) 설문 대상

- 거주자

앞서 언급한 시공 및 성능테스트동(지신재) 및 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 거주하고 있는 9명의 거주자를 대상으로 이루어진다.

- 전문가

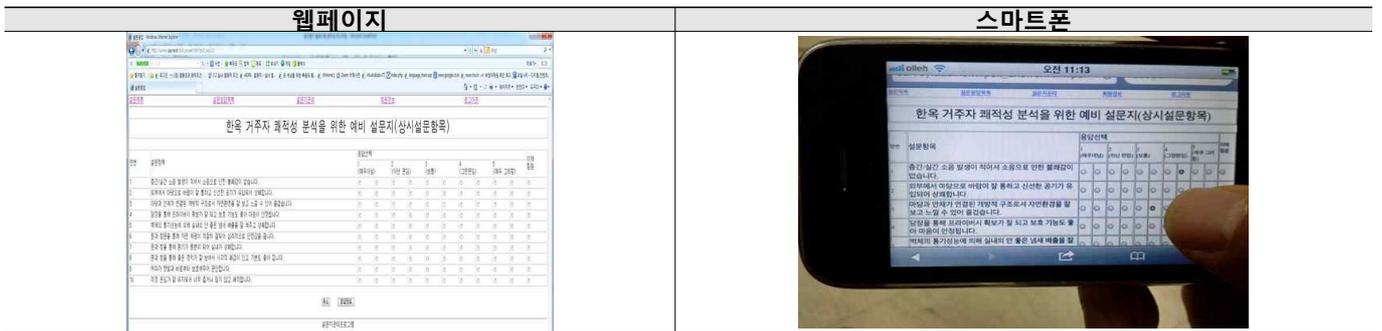
한옥의 통합쾌적성 지표에 대한 가중치를 부여하고 정성적 쾌적성 분석의 틀로 채택된 평가 영역의 적절성을 검증하기 위해 한옥 연구 및 건축 환경 관련 분야에 대표성을 지닌 42명의 전문가를 설문의 대상으로 선정하였다. 응답자는 석사이상의 학위 혹은 5년 이상의 경력을 가진 전문가로 구성하였으며 설문 참여 전문가의 직업군은 다음과 같다.

분야	소속	응답자수
한옥 기술연구	한국 건축문화 연구소 전남대학교 전통건축 연구실 명지대학교 한옥 연구단	21
건축 환경 및 공업 기술연구	전남대학교 건축환경 연구실 공업기술 연구소	13
건축 및 한옥 설계 사무소	지역 설계사무소	8
합계		42

나) 설문 방법

- 거주자 설문 방법

실내 환경 가운데 심리적 쾌적에 영향을 주는 정성적 쾌적에 대한 설문을 수집하기 위해 웹페이지와 스마트폰을 이용해 설문을 구성하였다. 이를 통해 거주자들이 환경적 제약으로 인한 설문의 불편함을 최소화 할 수 있도록 하여 설문 데이터의 확보가 용이하도록 하였다.



- 전문가 설문 구성의 단계 및 방법

전문가 설문은 다음과 같은 방법으로 행해진다. 먼저 한옥의 통합 쾌적을 위한 두 가지 항목에 대한 상대적인 가중치를 설정하는 것이다. 이를 위해 아래 제시된 설문A을 통해 물리 환경적 측면과 공간 심리적 측면의 중요도에 대해 총 9단계의 리커트 척도를 이용하여 설문에 응하게 된다. 그리고 두 번째 설문B를 통해 공간 심리적 측면의 상위 평가 영역에 대한 설문이 이루어진다. 이는 한옥의 공간 심리적 쾌적을 3개의 상위 평가 영역으로 구분하여 각각의 항목에 대한 상대적인 가중치를 설정하는 것이다.



전문가 설문의 단계 및 절차

전문가 설문 A : 공간 심리적 측면과 물리 환경적 측면의 가중치 설정

소속 () 직위 () 전공 () 이름 ()

다음 설문은 물리 환경적인 측면이 주는 쾌적성과 한옥이 주는 공간 심리적 측면이 주는 쾌적성이 주는 상대적 중요성을 비교하기 위한 설문입니다. 아래 항목을 바탕으로 2가지 측면이 주는 상대적 중요도를 설정하여 주십시오.

물리 환경적 측면	공간 심리적 측면
- 온열 감각에 영향을 미치는 환경. 즉 기온, 습도, 기류, 방사의 상태에 의해 만들어지는 환경.	- 한옥의 통기 성능에 의한 상쾌함 - 한옥의 공간적 개방감에 의한 시각적 쾌감 - 한옥의 재료나 형태에 의한 안정감

<상대적 중요도>

	중요도									
	(9점)	매우중요함(7점)	중요함(5점)	약간중요함(3점)	비슷함(1점)	약간중요함(3점)	중요함(5점)	매우중요함(7점)	극히중요함(9점)	
물리 환경적 측면										공간 심리적 측면

전문가 설문 B - 공간 심리적 측면의 상위 평가 영역에 대한 가중치 설정

다음 설문은 한옥에서 느낄 수 있는 통기(Air flow), 시청각적(Video-Audial), 심리적(Psychological) 측면이 주는 공간 심리적 쾌감에 대한 상대비교입니다. 아래 상세 내용을 참고하여 3가지 영역이 주는 쾌감의 상대적 중요도를 설정하여 주십시오.

공간 심리적 측면		
번호	영역	한옥이 주는 심리적 요소
①	통기에 의한 쾌감 (Air flow Comfort)	외부에서 마당으로 바람이 잘 통하고 신선한 공기가 유입되어 상쾌합니다.
		벽체의 통기성능에 의해 실내의 안 좋은 냄새 배출을 잘 해주고 상쾌합니다.
②	시청각적 쾌감 (Video-Audial Comfort)	문과 창을 통해 환기가 충분히 되어 실내가 상쾌합니다.
		마당과 인체가 연결된 개방적 구조로서 자연환경을 잘 보고 느낄 수 있어 즐겁습니다.
		문과 창문을 통해 자연 채광이 적절히 잘 되어 심리적으로 안정감을 줍니다.
③	심리적 쾌감 (Psychological Comfort)	문과 창을 통해 좋은 경치가 잘 보여서 시각적 쾌감이 있고 기분도 좋아집니다.
		충간/실간 소음 발생이 적어서 소음으로 인한 불쾌감이 없습니다.
		담장을 통해 프라이버시 확보가 잘 되고 보호 기능도 좋아 마음이 안정됩니다.
		처마가 햇빛과 비로부터 보호해주어 편안합니다.
		너무 춥거나 덥지 않고 쾌적하게 느껴집니다.

<심리적 측면 중요도>

	중요도									
	(9점)	매우중요함(7점)	중요함(5점)	약간중요함(3점)	비슷함(1점)	약간중요함(3점)	중요함(5점)	매우중요함(7점)	극히중요함(9점)	
① 통기에 의한 쾌감 (Air flow Comfort)										② 시청각적 쾌감 (Video-Audial Comfort)
① 통기에 의한 쾌감 (Air flow Comfort)										③ 심리적 쾌감 (Psychological Comfort)
② 시청각적 쾌감 (Video-Audial Comfort)										③ 심리적 쾌감 (Psychological Comfort)

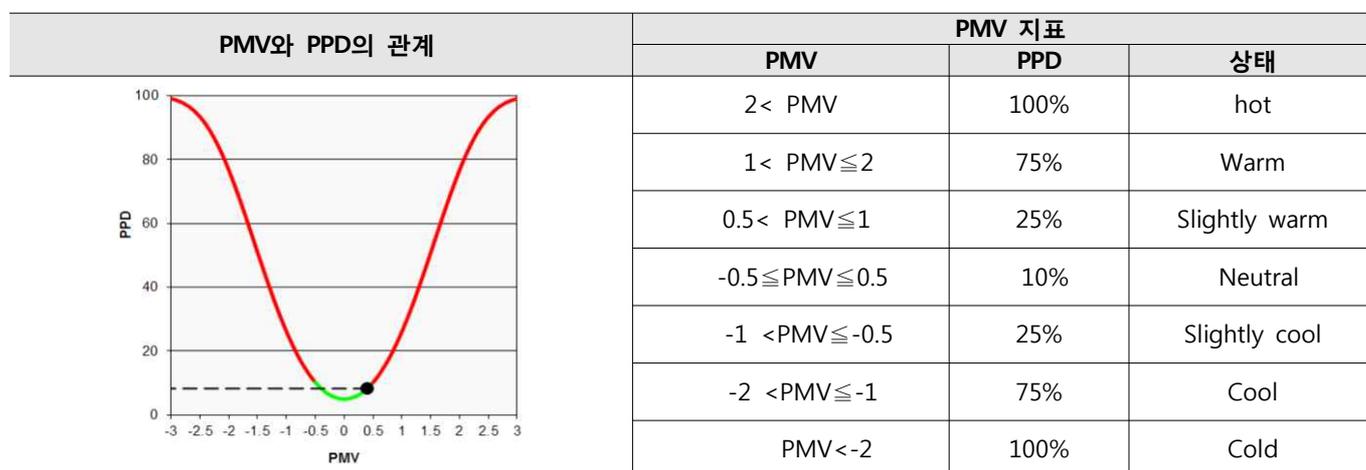
4.4.2. 쾌적성 모니터링의 수행 내용 및 결과

1) 이론적 배경 제시

■ PMV - 물리적 환경 분석을 위한 이론적 배경

쾌적한 실내 환경을 유지하기 위해서 언급될 수 있는 요소로는 온열환경, 공기 질, 음 환경, 빛 환경 등이 있다. 인간은 이 가운데 온열환경에 가장 민감한 반응을 보이므로 인간의 쾌적감과 온열환경간의 관계를 파악하기 위한 연구가 지속적으로 수행되어져 왔다. 이를 통해 실내의 기온, 습도, 기류, 복사 같은 물리적 환경과 사람이 느끼는 쾌적감 사이에 상관성을 정량적으로 표현하고, 간단하고 정확한 온열조건의 범위를 제시하기 위하여 많은 지표들이 제안되었다.³⁾ 이 가운데 현재 가장 광범위하게 사용되고 있는 쾌적 지표인 예측 온열 냉감(PMV, Predicted Mean Vote)을 이용하여 시공 및 성능테스트동(지신재)의 거주자가 느끼는 실내 공간 환경에 대한 쾌적성을 파악해 보고자 한다.

(1) PMV를 통한 쾌적성 분석



(2) 측정 항목의 평가 기준 - ISO 7730

측정 항목	평가 기준		측정 방법
실내 온도(°C)	여름	23~26°C(착의량-0.5clo)	온도 측정 센서를 이용한 실내 온도 측정 (바닥으로부터 0.75~1.2m 높이에서의 값) (ISO 7730)
	겨울	20~24°C(착의량-1.0clo)	
습도	40~70%(상대습도) 범위		습도 측정 센서를 이용한 상대습도 측정 (바닥으로부터 0.75~1.2m 높이에서의 값)
기류속도(m/s)	여름	0.15m/s 이하	기류측정 센서를 이용한 실내 기류 측정 (바닥으로부터 0.75~1.2m 높이에서의 값) (ISO 7730)
	겨울	0.25m/s 이하	

■ AHP 방법론 - 심리적 쾌적 분석을 위한 이론적 배경

AHP(Analytic Hierarchy Process, 계층분석과정 또는 계층분석방법)은 의사결정의 계층구조 구성 요인 간 상대적 비교에 의한 판단을 통해 평가자의 지식, 경험 및 직관에 근거한 가치를 객관화하고자 하는 의사결정

3) 배귀남.(1995), 실내 온열환경의 쾌적성 평가, 한국 온열환경학회지 제2권

기법이다. AHP는 주관적 성향의 이론을 단순하고 명쾌하게 정의하며 비교적 적용이 간편하여 다양한 의사결정 분야에서 응용되어 왔다. 일반적으로 의사결정 대상 요소나 변수를 계층적으로 배열하고, 각 변수의 상대적 중요도 판단과 함께 가중치를 부여하여 판단의 종합으로서 우선 가치를 결정하는 단계로 진행된다.⁴⁾ AHP는 일반인으로 설문을 할 경우 일관성이 없다는 단점이 제기되어 주로 전문가들을 대상으로 한 의사결정에 이용되며, 다양한 의견을 가진 모집단이 다층적인 변수들에 대하여 합의를 도출함에 있어 효과적인 의사결정 방법이라 할 수 있다. 최근 통합적인 평가지표 및 준거를 개발함에 있어 AHP 분석 기법이 자주 사용되고 있으며, 따라서 이 방법론은 이종 영역의 가치들에 대한 조율을 바탕으로 한옥 쾌적성능의 통합적 평가체계를 구축함에 있어 비교적 적합하다고 할 수 있다.

2) 모니터링 수행 내용

■ 물리 환경적 요소

물리 환경적 요소에 대한 측정은 매월 1회 측정이 이루어지고 있으며 물리 환경적 요소를 이루는 온도, 습도, 기류, MRT 등에 대한 환경측정을 절기 단위로 비교하고자 한다. 먼저 각 요소별 측정 결과를 그래프 형식으로 제시함으로써 앞서 제시한 실내 환경 기준에 부합한지 알아보고 이 기준에 비추어 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재) 간의 차이를 비교한다.

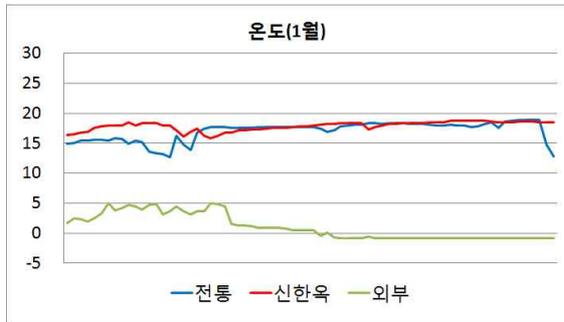
(1) 실내 온도 월별 비교

시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 설치된 센서를 통해 각 실과 외부의 온도의 평균 및 변화에 대해 알 수 있다. 아래 월별 그래프들을 통해 시공 및 성능테스트동(지신재)의 실내 월별 온도는 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 전통한옥 성능테스트동(온고재)은 난방방식의 차이로 인해 온도분포가 일정하지 않고 난방의 유무에 의해 실내 온도가 많은 차이를 나타낸다.

월평균 온도(°C)						
월	전통한옥 성능테스트동(온고재) 실내		시공 및 성능테스트동(지신재) 실내		외부	
	평균	분포	평균	분포	평균	분포
1월	14.85	11.7~17.4	17.96	18.8~15.9	1.01	-0.9~5
2월	15.6	12.9~17	18.57	15.5~19.7	0.229	-1.38~3.02
3월	9.77	8.3~11.5	21.33	18.73~22.22	8.08	3.5~12
4월	8.65	7.98~9.09	21.261	20.61~21.82	7.33	5.81~8.6
5월	21	20.3~22.3	25.783	24.92~26.53	19.28	14.59~23.58
6월	24.8	24.1~26.3	25.9	23.8~27.8	22.9	18.8~29.5

4) Park, Y. (2009). Decision-Making Practice by AHP, Gyowoo Publication Co.

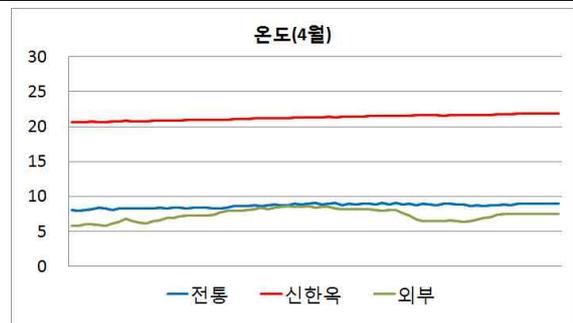
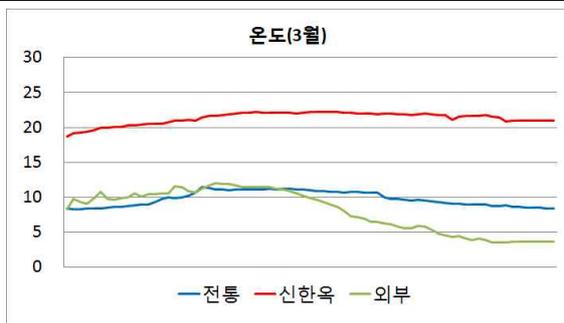
1/2월 온도 그래프



측정결과

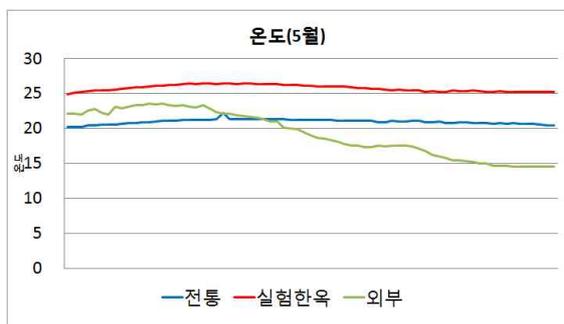
1월은 전통한옥 성능테스트동(온고재)과 시공 및 성능테스트동(지신재)의 실내 온도간의 차이가 크지 않은 편이나 초반 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 실내온도 분포가 일정하지 않는 것을 볼 수 있다. 이는 전통한옥 성능테스트동(온고재)이 전통방식의 열공급을 하고 있어 실내 환경을 일정하게 유지하는데 한계가 있을 것으로 본다. 그리고 2월의 온도분포를 보게 되면 두 곳 사이의 온도 차이가 1월에 비해 3~4도 정도 벌어지는 것을 알 수 있다.

3/4월 온도 그래프

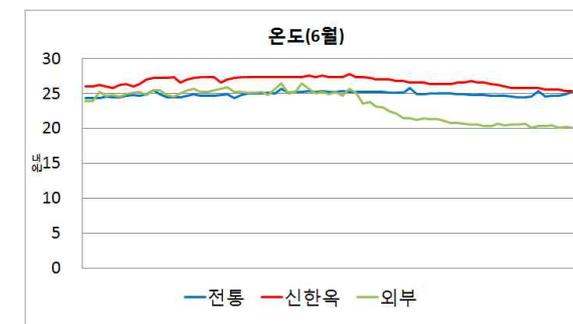


3월과 4월의 온도분포에 있어서 가장 큰 특징은 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 실내공간의 온도 변화이다. 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 실내 온도가 외부온도와 거의 차이를 보이고 있지 않는 반면 시공 및 성능테스트동(지신재)의 실내온도는 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 이렇게 큰 변화의 양상을 보여주는 것은 열원 공급 방식에서 찾을 수 있다. 전통한옥 성능테스트동(온고재)이 적절한 실내 온도를 유지하기 위해서는 아궁이에 불을 피우는 방식을 사용하고 있기 때문에 거주자가 학생인 이곳의 특수한 상황으로 불을 피우기 어려운 상황이었을 것으로 본다. 이러한 관점에서 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 열원이 공급되지 않는다면 실내 온도는 거의 바깥과 다르지 않다는 것을 볼 수 있고 이는 전통한옥 성능테스트동(온고재)을 구성하는 부재나 구법 등이 단열이나 기밀에 매우 취약하다는 것을 보여준다.

5월 온도 그래프

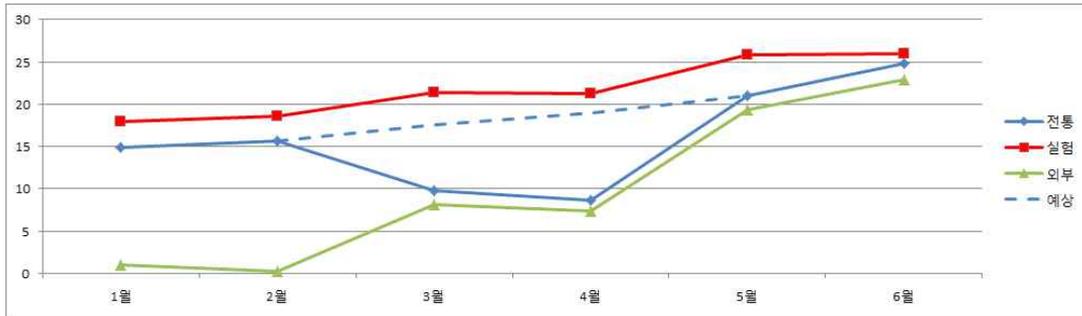


6월 온도 그래프



시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 5월 온도 분포를 보게 되면 전체적으로 온도가 20도 이상 유지하고 있음을 알 수 있다. 이는 외부 온도의 상승으로 인해 형성된 것으로 보이며 시공 및 성능테스트동(지신재)은 지난달에 비해 2~5도 전통한옥 성능테스트동(온고재)은 상대적으로 급격한 온도 상승을 보여주고 있다. 이는 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 실내 온도는 외부 온도에 큰 영향을 받고 있음을 말하고 있다.

월별 평균 온도 그래프

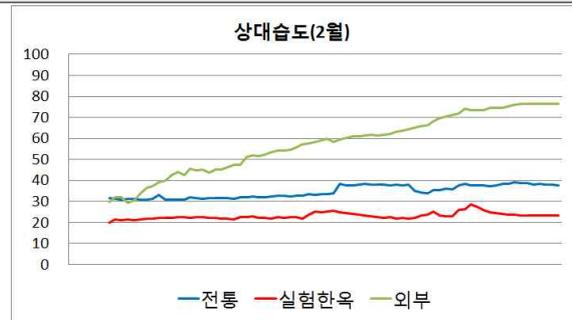
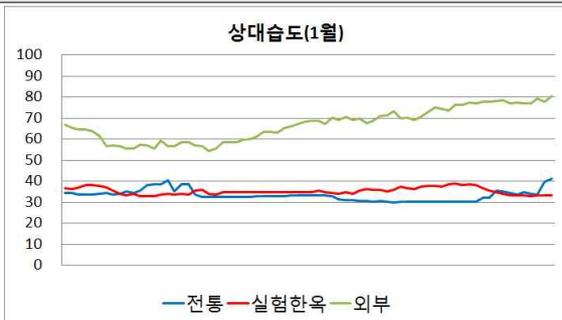


(2) 상대습도

월평균 습도

월	전통한옥 성능테스트동(온고재) 실내		시공 및 성능테스트동(지신재) 실내		외부	
	평균	분포	평균	분포	평균	분포
1월	33.32	30.1~41.3	35.38	32.8~38.8	67.64	54.6~80.3
2월	34.7	30.7~39.3	23.12	20.07~28.47	57.57	29.27~76.43
3월	54.4	51.5~57.1	25.14	22.48~28.91	34.86	19.88~51.27
4월	42.06	38.06~44.76	21.305	19.86~23.88	35.69	27.64~44.09
5월	64.2	60.2~71	42.06	38.49~49.09	63.7	37.09~93.45
6월	75.5	68.3~76.6	73.78	64.5~82.2	84.23	64.7~99.6

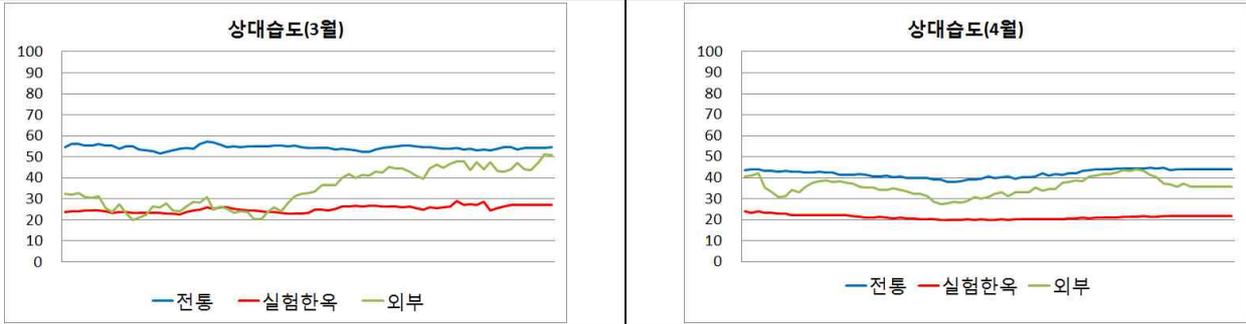
1/2 월 습도 그래프



측정내용

1월과 2월 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 습도의 변화양상을 보면 일정한 범위를 유지하고 있음을 보여주고 있다. 에너지 관리공단 보고서에 언급된 쾌적한 상대습도의 범위가 28~40%임에 비추어 보면 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재) 모두 상대습도의 적정 기준에 전체적으로 만족하는 흐름을 보여주고 있다. 이에 비해 실외의 상대습도는 실내에 비해 높게 형성되어 있고 특히 2월의 상대습도의 변화가 일정하게 증가하고 있음을 볼 수 있는데 변화의 폭이 29.27~76.43%로 큰 폭의 차이를 보여주고 있다.

3/4 월 습도 그래프



측정내용

3월의 상대습도 분포에 있어서 가장 큰 특징은 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 상대습도가 외부의 상대습도 보다 높게 측정되고 있다는 점이다. 이에 비해 시공 및 성능테스트동(지신재)은 쾌적한 상태로 여겨지는 범위안에서 일정한 습도의 변화를 보여주고 있다. 4월은 3월에 비해 전체적으로 일정한 습도변화를 보여주고 있으나 여전히 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 상대습도는 외부의 습도보다 높게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 시공 및 성능테스트동(지신재) 역시 3월에 비해 큰 차이는 없지만 습도가 약간 떨어져 20% 초반에 주로 분포하고 있음을 알 수 있다.

5 월 습도 그래프



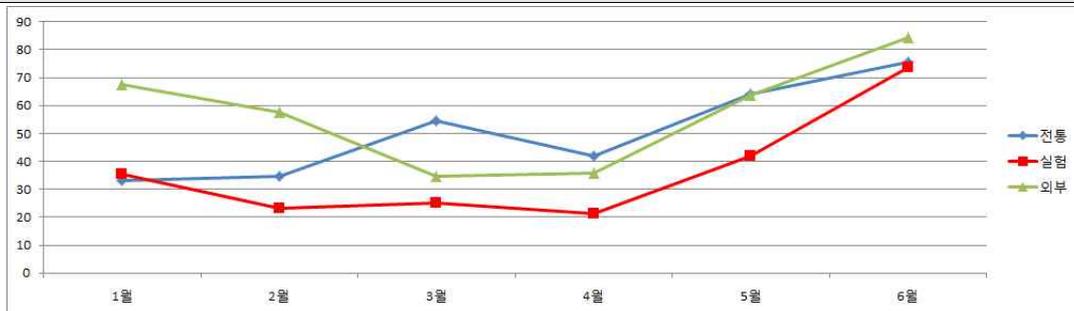
6 월 습도 그래프



측정내용

5월의 상대습도 그래프의 특징은 계절적 영향으로 전체적으로 습도가 지난달에 비해 상대적으로 높아진 것을 볼 수 있다. 시공 및 성능테스트동(지신재)은 40% 대의 습도를 일정하게 유지하고 있음을 보여주고 있으며 전통 한옥역시 60% 대의 일정한 습도를 유지하고 있다. 또한 3, 4월과 마찬가지로 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 상대습도가 낮 시간 동안 실외보다 높게 형성되고 있음을 볼 수 있다.

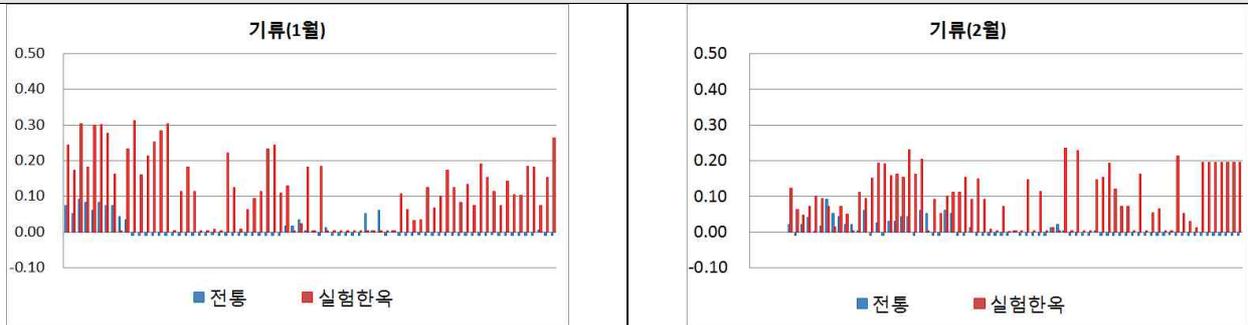
월평균 실내 습도 비교 그래프



(3) 실내기류

실내기류 평균 및 분포(m/s)						
월	전통한옥 성능테스트동(온고재) 실내		시공 및 성능테스트동(지신재) 실내		외부	
	평균	분포	평균	분포	평균	분포
1월	0.005514	-0.009 ~ 0.092	0.118568	0.003~0.313	0.210541	0.06~1.89
2월	0.006041	-0.01 ~0.092	0.096863	0.002~0.236	1.081918	0.07~5.56
3월	0.0152	-0.015~0.239	0.1566	0.003~0.353	0.53	0.07~5.89
4월	0.0234	-0.012~0.178	0.2432	0.043~0.333	0.131	0.06~1.12
5월	-0.007	-0.012~0.006	0.0172	0.004~0.175	0.419	0.06~3.01
6월	0.020	0.004~0.416	-0.006	-0.007~0.005	0.399	0.05~67.03

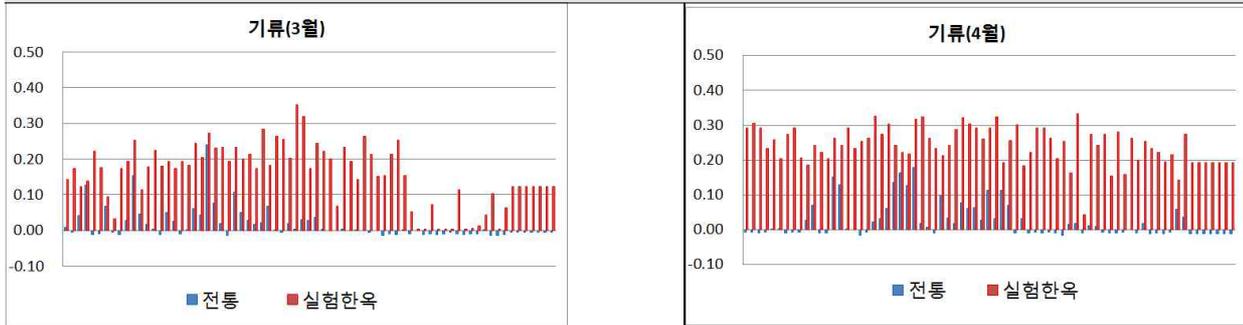
1/2월 기류그래프



측정결과

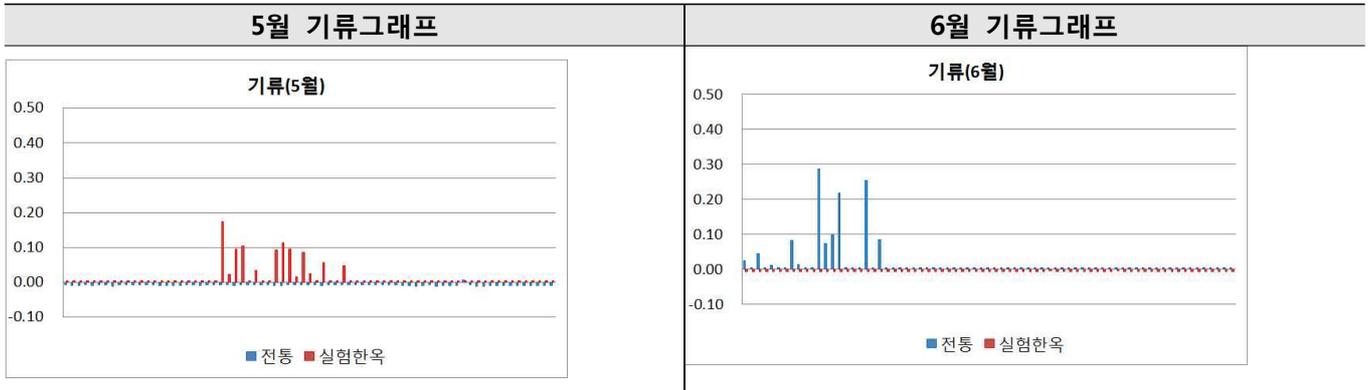
실내 온열 기준에 의한 기류의 적정 범위는 0.25m/s이다. 이러한 기준을 통해 1월과 2월 전통한옥 성능테스트동(온고재)과 시공 및 성능테스트동(지신재)의 기류를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 전체적으로 기류는 시공 및 성능테스트동(지신재)이 전통한옥 성능테스트동(온고재)보다 높게 형성되고 있음을 볼 수 있다. 먼저 1월의 기류 그래프를 보면 시공 및 성능테스트동(지신재)의 일부 구간이 적정기준인 0.25m/s 보다 높게 형성되고 있으나 전체적으로는 적정기준에 부합하는 양상을 보여준다. 전통한옥 성능테스트동(온고재) 역시 적정기준에 부합하며 측정기간 동안 기류가 0.1m/s이하를 일정하게 유지하고 있다. 2월은 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재) 모두 0.2m/s이하의 기류를 형성하고 있어 적정기준을 만족하고 있음을 보여준다.

3/4월 기류그래프



측정결과

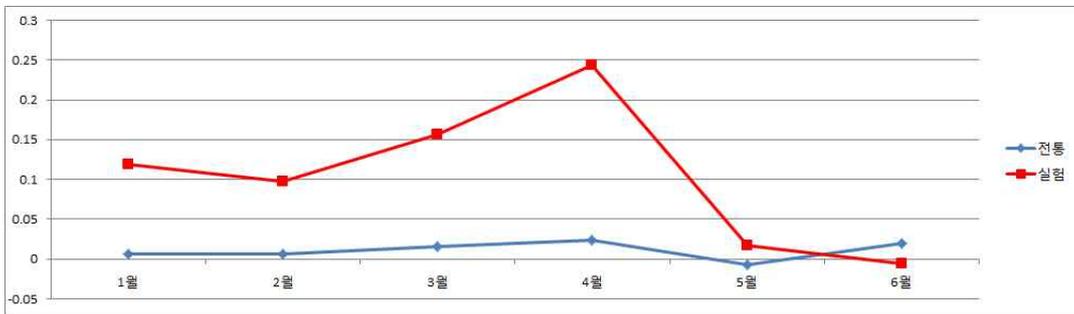
3월과 4월의 기류분포를 보면 우선 1월과 2월에 비해 실내기류가 전반적으로 상승했음을 볼 수 있다. 이러한 변화는 특히 시공 및 성능테스트동(지신재)의 실내에서 뚜렷하게 보여지며 측정기간 동안 일정하게 0.2m/s 이상의 기류분포를 보여주고 있다. 이는 여름의 실내 기류속도 기준인 0.15m/s와 겨울의 기준인 0.25m/s의 중간정도로 적절한 분포임을 알 수 있다.



측정결과

5월의 기류분포 그래프를 보게 되면 시공 및 성능테스트동(지신재)의 일부구간을 제외하고 전체적으로 기류가 거의 형성되지 않고 있음을 보여준다. 기류 속도의 기준이 여름철 기준으로 0.15m/s이하이면 적절하다고 여겨지므로 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재) 모두 기준에 부합하고 있음을 알 수 있다.

월별 기류 그래프



(4) PMV 적용 비교
가) 월별비교

구분	측정 항목	평가 기준	1월		1월		1월		1월																			
			12:00 실험	13:00 전통	14:00 실험	15:00 전통	16:00 실험	17:00 전통	18:00 실험	19:00 전통	20:00 실험	21:00 전통	22:00 실험	23:00 전통	24:00 실험													
연열 기준	실내 온도 (°C)	여름 (착의량-0.5clo) 23~26°C																										
		겨울 (착의량-1.0clo) 20~24°C	16.4	14.9	18.15	18.3	13.6	16.9	13.9	16.8	17.6	17.5	17.7	18.1	17.4	18.3	18.1	18.2	18.3	18.5	18	18.8	17.8	18.6	18.9	18.5	11.7	
	MRT	16.9	15.7	18.6	16.3	18.9	13.5	17.2	13.9	17.2	17.9	17.8	18.2	18.6	18	18.7	18.9	18.8	19.1	18.9	18.8	19.3	18.3	19.1	19.2	18.9	10.6	
	습도 (상대습도)범위	36.8	34.5	37.3	34.3	38.1	33.8	33.8	38.7	34.9	32.6	34.6	32.9	35.4	33.3	34.2	30.9	36	29.9	37.8	30.1	38	30.1	33.2	33.7	33.2	24.5	
	기류 속도 (m/s)	여름 0.15m/s 이하																										
		겨울 0.25m/s 이하	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	착의량 (clo)		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	대사량 (met)		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	PMV	-0.5~+0.5	-1.1	-1.4	-0.8	-1.3	-0.7	-1.8	-1	-1.7	-0.9	-1.3	-0.8	-1.1	-0.8	-0.9	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.8	-0.7	0.6	-0.7	-2.3

구분	측정 항목	평가 기준	2월23		2월																							
			13:00		14:00		15:00		16:00		17:00		18:00		19:00		20:00		21:00		22:00		23:00		24:00		01:00	
			실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전
여름기	실내 온도 (°C)	여름	23~26°C (차의량-0.5clo)																									
		겨울	17.3	15.5	17.3	16.8	17.2	15.7	16.9	15.4	18	15.1	18.7	14.7	19.6	14.3	20.4	15.7	20.2	17	20.4	16	20.2	16.1	20.4	15.9	20.1	15.7
	MRT	17.8	16.5	17.6	17.7	17.3	16	17.1	15.7	18.6	15.4	19.2	14.9	20	14.6	20.7	16.1	20.6	17.3	20.1	15.9	20.5	16.1	20.1	15.9	19.8	15.7	
	습도	40~70% (상대습도)범위																										
	기류 속도 (m/s)	여름	0.15m/s 이하																									
		겨울	0.12	0.01	0.07	0.06	0.09	0.06	0.15	0.03	0.05	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.11
	차의량 (clo)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	대사량(met)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	PMV	-0.5~+0.5	-1	-1.3	-1	-1	-1	-1.3	-1.2	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-1.5	-0.4	-1.6	-0.3	-1.3	-0.3	-1	-0.3	-1.3	-0.3	-1.2	-0.5	-1.3	-0.5	-1.3

구분	측정 항목	평가 기준	3월24		3월																							
			12:00		13:00		14:00		15:00		16:00		17:00		18:00		19:00		20:00		21:00		22:00		23:00		24:00	
			실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전
여름기	실내 온도 (°C)	여름	23~26°C (차의량-0.5clo)																									
		겨울	17.8	8.4	19.5	8.5	20.2	9	20.2	10.2	19.9	11	19.4	11.2	19	11	18.3	10.8	18.3	9.8	13.1	9.4	20.2	9	14	8.6	14.3	8.4
	MRT	18.4	8.5	19.9	8.6	20.6	9.1	20.6	10.4	20.1	11.1	19.7	11.2	21.9	4	10.9	18.7	10.6	18.8	9.7	13.2	9.3	20.8	8.8	14.8	8.6	15	8.3
	습도	40~70% (상대습도)범위																										
	기류 속도 (m/s)	여름	0.15m/s 이하																									
		겨울	0.11	0.07	0.07	0.03	0.00	0.01	0.15	0.03	0.14	0.16	0.00	0.08	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.01	0.05	0.01
	차의량 (clo)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	대사량(met)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	PMV	-0.5~+0.5	-1.5	-3.9	-1	-3.9	-0.9	-3.8	-1	-3.4	-1.1	-3.4	-1.1	-3.2	-1.2	-3.3	-1.4	-3.3	-1.4	-3.6	-2.7	-3.7	-1	-3.8	-2.4	-3.9	-2.4	-3.9

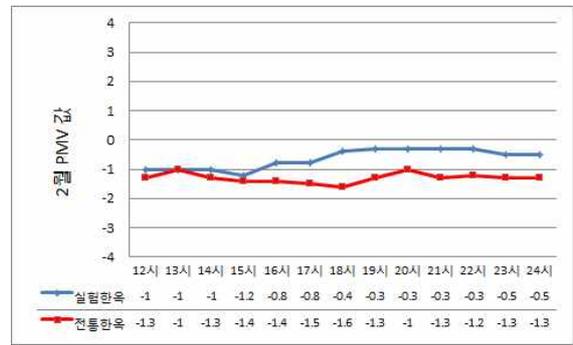
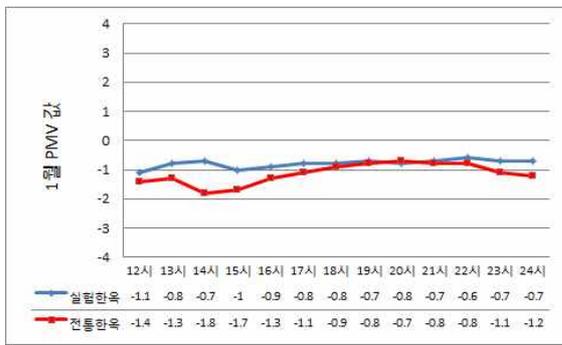
구분	측정 항목	평가 기준	4월24		4월																							
			12:00		13:00		14:00		15:00		16:00		17:00		18:00		19:00		20:00		21:00		22:00		23:00		24:00	
			실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전	실	전
여름기	실내 온도 (°C)	여름	23~26°C (차의량-0.5clo)																									
		겨울	25.0	12.9	25.6	13.4	25.3	13.5	25.4	13.5	25.4	13.7	25.0	13.9	24.6	14.0	24.2	13.7	23.7	13.4	23.4	13.5	23.3	13.1	23.4	13.0	24.0	12.6
	MRT	22.7	14.7	23.8	14.9	24.4	15.3	24.5	16.1	24.1	16.5	23.6	16.5	23.3	16.3	22.7	16.1	22.5	15.6	19.7	15.3	23.4	14.8	20.3	14.7	20.3	14.3	
	습도	40~70% (상대습도)범위																										
	기류 속도 (m/s)	여름	0.15m/s 이하																									
		겨울	0.11	0.03	0.00	0.04	0.02	0.00	0.16	0	0.17	0.05	0.19	0.01	0.13	0.09	0.14	0	0.18	0.13	0.13	0	0.00	0	0.09	0	0.11	0.00
	차의량 (clo)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	대사량(met)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	PMV	-0.5~+0.5	0	-2.5	0.3	-2.4	0.3	-2.4	0.2	-2.3	0.1	-2.2	0	-2.2	0	-2.2	0	-2.2	-0.2	-2.3	-0.3	-2.4	-0.6	-2.4	-0.1	-2.5	-0.4	-2.6

구분	측항 정목	평가 기준	5월18	5월	5월																							
			12:00 실 험	13:00 전 통	14:00 실 험	15:00 전 통	16:00 실 험	17:00 전 통	18:00 실 험	19:00 전 통	20:00 실 험	21:00 전 통	22:00 실 험	23:00 전 통	24:00 실 험													
여름 기 관	실내 온도 (°C)	여름 (23~26°C (착의량-0.5clo))																										
		겨울 (20~24°C (착의량-1.0clo))	26.6	20.3	27.4	20.6	28.2	20.9	28.4	21.2	28.2	21.4	27.4	21.4	27.2	21.3	26.8	21.1	26.2	22.1	26.4	20.9	26.4	20.8	26	20.8	26	20.5
	MRT	27.1	20.9	27.7	21.3	28.2	21.6	28.5	21.8	28.1	21.9	27.6	21.9	27.2	21.8	26.8	21.6	26.2	22.1	26.2	22.1	26.4	26.1	20.9	25.8	20.8	25.7	20.4
	습도	40~70% (상대습도)범위	49.6	61.8	47.8	60.2	47.6	61.1	48.6	61.9	48.8	61.9	50.6	61.8	51.4	62.2	53.2	63.4										
	기류 속도 (m/s)	여름 (0.15m/s 이하)																										
		겨울 (0.25m/s 이하)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
	착의량 (clo)		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	대사량(met)		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	PMV	-0.5~+0.5	1	-0.7	1.1	-0.6	1.3	-0.5	1.4	-0.4	1.3	-0.4	1.1	-0.4	1.1	-0.4	1	-0.5	0.8	-0.4	0.9	-0.5	0.9	-0.5	0.8	-0.6	0.7	-0.6

나) 전체 비교 및 그래프

- 전통한옥 성능테스트동(온고재)과 시공 및 성능테스트동(지신재)의 PMV 수치

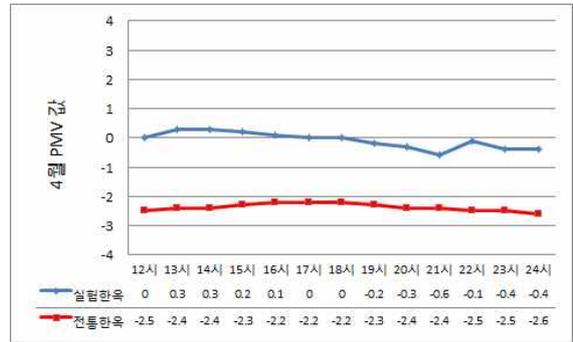
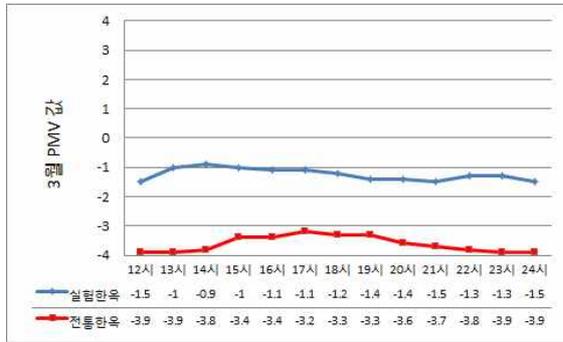
1/2월 PMV 분포 그래프



측정결과

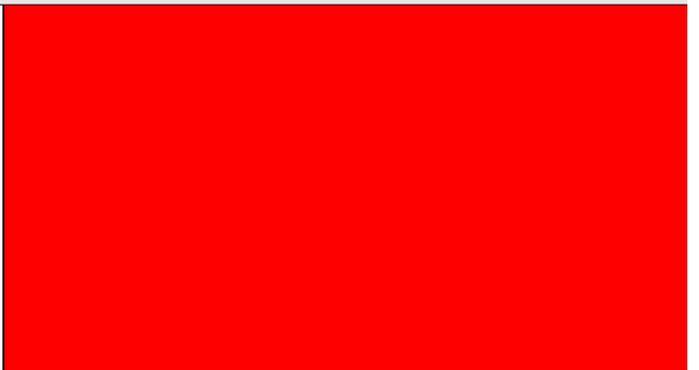
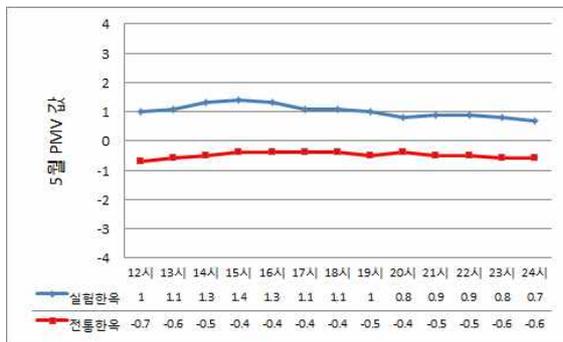
PMV 측정값을 통해 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 물리적 환경에 대한 쾌적도를 비교해 볼 수 있다. 1월의 PMV분포를 보면 -0.6 ~ -1.1의 분포를 보이고 있다. 가장 쾌적한 환경이라고 여겨지는 분포(PMV-0.5~+0.5)에는 들어가지 못하지만 한옥이라는 측면과 겨울임을 고려할 때 쾌적한 실내 환경을 유지하고 있다고 할 수 있다. 전통한옥 성능테스트동(온고재)을 보게 되면 PMV의 분포가 -0.7 ~ -1.7까지의 분포를 보여주고 있다. 환경외적으로 거주자의 착의량이나 대사량은 시공 및 성능테스트동(지신재)과 동일한 값을 적용했기 때문에 이러한 분포는 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 실내 온도를 유지하는 방안이나 창이나 문등의 기밀성능이 시공 및 성능테스트동(지신재)에 비해 떨어지기 때문일 것으로 여겨진다.

3/4월 PMV그래프

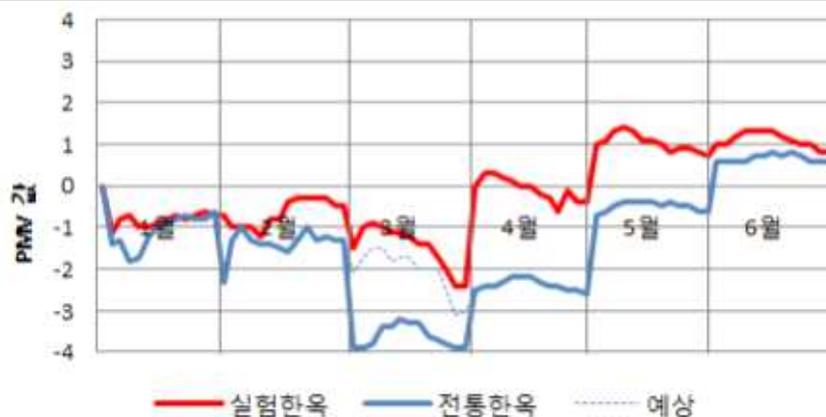


3월과 4월의 PMV분포에 있어서 가장 큰 특징은 전통한옥 성능테스트동(온고재)과 시공 및 성능테스트동(지신재)의 PMV 분포에 큰 차이가 발생하고 있다는 점이다. 3월 시공 및 성능테스트동(지신재)의 PMV는-0.5~+0.5 사이에 들어가지는 못하지만-1.5~-0.9 사이의 분포를 보여주고 있는 반면에 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 PMV는-3.2~-3.9 사이를 보여주고 있다. 이러한 분포는 거주자가 느끼기에 매우 불편한 수준인 'COLD'를 나타내는데 이는 위에서 제시된 각 환경 측정 데이터(온도, 습도, 기류속도)등이 기준에 훨씬 미치지 못하는 값들로 이루어져 있기 때문이다. 특히 3월의 실내 온도는 실외온도 분포와 거의 비슷한 추이를 보이고 있는데 이러한 점은 실내 온도를 유지하는 방식이 거주자가 직접 열원을 공급해야 하는 방식으로 당시 야궁이에서 연기가 새어나와 실내에 유입되는 문제로 인해 거주자들이 전통한옥 성능테스트동(온고재)에서 생활하지 못하고 있었고 이로 인한 것으로 여겨진다.

5/6월 PMV 그래프



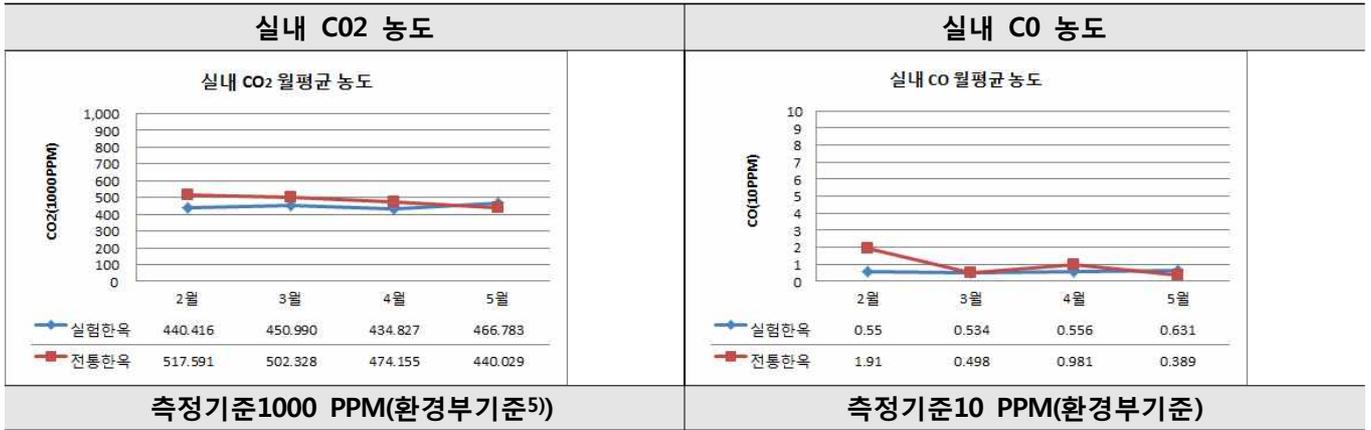
PMV 월별 종합 비교



PMV의 월별 변화량을 보면 시공 및 성능테스트동(지신재)은 1~4월까지는 -1~0사이의 범위에 분포하고 있음을 볼 수 있는데 5월 들어 PMV값이 양(+)의 분포를 보여주고 있다. 이에 반해 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 PMV값은 -3.8~-0.4까지 매우 큰 폭의 변화를 보이고 있는데 특히 3월의 PMV 분포가 매우 열악한 것으로 나타나고 있다. 이러한 PMV 수치의 차이는 이를 구성하는 환경 요소들 간의 차이로부터 발생한 것으로

로 이러한 요소들은 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 부재별 성능의 차이나 구법 또는 열원공급 방식 등의 복합적인 영향에 의해 나타난 것으로 여겨진다. 점선으로 표시된 예상 수치는 실내 온도가 일정하게 유지된다는 가정 하에 나타난 PMV 지수의 변화 양상이다.

(5) 실내 CO2/CO농도 비교



시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 실내 이산화탄소와 일산화탄소의 측정량 비교 그래프이다. 우선 실내 공기 질에 큰 영향을 미치는 이산화탄소 측정치를 보게 되면 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 모두 400~600PPM사이를 나타내고 있다. 이는 인체에 미치는 불쾌한 영향이 없는 레벨 정도로 기준치인 1000PPM의 절반 정도를 나타내고 있다. 실내 일산화탄소 농도역시 기준치인 10PPM보다 훨씬 낮은 정도의 수치를 나타내고 있다. 이를 통해 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥은 이 가지 측면에서 매우 양호한 실내 환경을 가지고 있음을 알 수 있다.

■ 공간 심리적 요소분석

기간	총 거주자 설문 응답 수
1월 ~ 5월	227

(1) 공간 심리적 요소 분석 프로세스



5) 환경부 다중이용시설등의 실내공기질관리법 시행규칙 제 3조

(2) 한옥의 특징이 고려된 30항목 도출

일련번호	평가항목	일련번호	평가항목
1	평면 구조에 따른 햇빛 유입이 주는 시각적 편안함	16	기둥, 벽과 창 의 조화가 가져다 주는 시각적 쾌감
2	평면 구조에 따른 통기 성능이 주는 상쾌함	17	합리적 개구부 배치로 인한 이동의 편리함
3	배치 동선을 따라 발생하는 운동 쾌감	18	적절한 자연 채광을 통한 심리적 안정감
4	프라이버시 확보가 주는 심적 안정감	19	충분한 환기 성능 발휘가 주는 상쾌함
5	충간 소음 및 옥내 거주자 소음으로 인한 불쾌감	20	차경 요소가 제공하는 시각적 쾌감과 심리적 안정감
6	바람 유입에 의한 통기 성능이 주는 상쾌함	21	창문의 의장미가 주는 시각적 쾌감
7	이웃 소통이 가능한 공간이 주는 사회적 연대감	22	가변형 공간구조 제공으로 인한 편의성
8	가족간 커뮤니티 공간으로서 증대되는 친밀감	23	짓곳은 기후와 차단된 공간이 주는 편안함
9	인접한 자연 환경으로부터 누리는 계절감	24	처마의 조형미가 전달하는 시각적 쾌감
10	실내 공간과의 상호관입이 주는 시청각적 개방감	25	가족간 커뮤니티 공간으로서 제공하는 친화감
11	보안 및 방범 기능이 확보된 심적 안정감	26	외부 환경과의 상호관입이 주는 시청각적 쾌감
12	보호 및 프라이버시 확보가 주는 심적 안정감	27	높은 마루의 천장이 주는 개방감
13	이웃과의 소통 경로로서 제공하는 유대감	28	낮은 방의 천장이 가져다 주는 안정감
14	견고한 구조체 지지 요소로서의 시각적 안정감	29	외부 공간과 분리된 특별한 개방적 구성이 주는 즐거움
15	벽체의 자연적 탈취 성능이 주는 상쾌함	30	적정 온도가 유지된 공간이 제공하는 쾌적함

(3) 대표 항목 설정(통기에 의한 쾌감/시청각적 쾌감/심리적 쾌감)

공간 심리적 측면		
번호	영역	한옥이 주는 심리적 요소
①	통기에 의한 쾌감 (Air flow Comfort)	외부에서 마당으로 바람이 잘 통하고 신선한 공기가 유입되어 상쾌합니다.
		벽체의 통기성능에 의해 실내의 안 좋은 냄새 배출을 잘 해주고 상쾌합니다.
		문과 창을 통해 환기가 충분히 되어 실내가 상쾌합니다.
②	시청각적 쾌감 (Video-Audial Comfort)	마당과 안채가 연결된 개방적 구조로서 자연환경을 잘 보고 느낄 수 있어 즐겁습니다.
		문과 창문을 통해 자연 채광이 적절히 잘 되어 심리적으로 안정감을 줍니다.
		문과 창을 통해 좋은 경치가 잘 보여서 시각적 쾌감이 있고 기분도 좋아집니다.
		충간/실간 소음 발생이 적어서 소음으로 인한 불쾌감이 없습니다.
③	심리적 쾌감 (Psychological Comfort)	담장을 통해 프라이버시 확보가 잘 되고 보호 기능도 좋아 마음이 안정됩니다.
		처마가 햇빛과 비로부터 보호해주어 편안합니다.
		너무 춥거나 덥지 않고 쾌적하게 느껴집니다.

(4) 설문 항목의 상대적 가중치 설정

	영역	가중치	항목별 상대적 중요도		
①	통기에 의한 쾌감 (Air flow Comfort)	0.415	통기	시청각	공간 심리
②	시청각적 쾌감 (Video-Audial Comfort)	0.268			
③	심리적 쾌감 (Psychological Comfort)	0.316			

(5) 설문응답결과

전통한옥 성능테스트동(온고재)		거주자 월별 설문 응답 평균					
영역별 평균	월평균	1월	2월	3월	4월	5월	
통기	5.776	6.524	7.769	6.636	5.714	5.000	7.500
		5.133	5.769	5.182	4.714	4.000	6.000
		5.672	6.462	6.091	4.714	4.429	6.667
시청각	4.921	6.097	7.154	5.545	5.429	5.857	6.500
		5.346	7.385	5.273	5.000	4.571	4.500
		6.100	7.462	5.455	5.429	5.571	6.583
		2.142	1.308	2.000	1.286	2.286	3.833
심리	4.135	3.480	5.308	4.091	2.429	2.571	3.000
		5.228	7.077	5.182	5.571	3.143	5.167
		3.696	2.000	4.182	4.000	2.714	5.583

시공 및 성능테스트동(지신재)		거주자 월별 설문 응답 평균					
영역별 평균	월평균	1월	2월	3월	4월	5월	
통기	5.837	6.800	6.538	6.379	6.389	7.222	7.469
		3.833	4.415	3.793	3.833	2.778	4.347
		6.877	6.492	6.414	6.333	7.667	7.479
시청각	5.840	6.546	6.446	5.862	6.167	7.111	7.143
		6.421	6.062	5.759	6.556	6.444	7.286
		6.542	6.446	6.138	6.389	6.778	6.959
		3.851	4.692	4.172	3.444	3.111	3.837
심리	5.773	5.017	4.846	4.897	4.944	5.889	4.510
		6.057	5.969	6.276	6.278	5.556	6.204
		6.244	4.246	5.931	6.444	7.333	7.265

AHP 가중치에 의한 거주자 설문 분석

거주자 설문	영역	영역별 평균	AHP 가중치	AHP 적용 결과값
신 한옥	a	5.78	0.415	2.397
	b	4.92	0.268	1.319
	c	4.14	0.316	1.307
합 계		-		5.023
전통 한옥	a	5.84	0.415	2.422
	b	5.84	0.268	1.565
	c	5.77	0.316	1.824
합 계		-		5.812

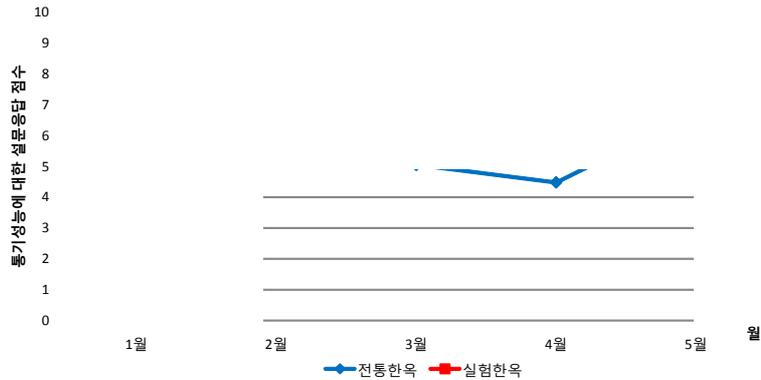
(6) 가중치 적용 응답 결과 도출을 위한 구성식

대표식	$\emptyset \times M[R_n]$	
구성 요소	기성능 결과값 P_2 : 시청각적 결과값 P_3 : 심리적 결과값 \emptyset : 각 항목 가중치 M : 평균값	R_1 : 통기성에 대한 거주자 설문값 R_2 : 시청각적 쾌감에 대한 거주자 설문값 R_3 : 심리적 쾌감에 대한 거주자 설문값 $P_1 + P_2 + P_3 = 1$

(7) 설문응답결과

가) 상대적 가중치가 적용된 요소별 설문응답 결과

A.통기에 의한 쾌감 비교



그래프 분석

통기적 쾌감에 대한 거주자 설문 결과의 월별 비교 그래프이다. 통기적 쾌감은 공간심리적 측면 가운데 상대적으로 가장 중요하다고 인식되는 요소로 위의 그래프를 통해 응답결과에 대한 변화를 볼 수 있다. 먼저 전체적인 그래프의 추이를 살펴보면 시공 및 성능테스트동(지신재)의 응답이 매월 일정한 만족도를 보여 준다는 것을 알 수 있다. 반면 전통한옥은 시공 및 성능테스트동(지신재)에 비해 변화의 폭이 큰 편이다. 5점을 기준으로 그 이상이면 통기적 쾌감이 느껴진다는 것에 비추어 전통과 시공 및 성능테스트동(지신재) 모두 전반적으로 한옥의 장점으로 여겨지는 통기적 쾌감이 느껴지는 것을 볼 수 있다. 특이한 점으로 5월의 통기적 쾌감의 만족도가 다른 기간에 비해 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 모두 높아진 것을 볼 수 있다.

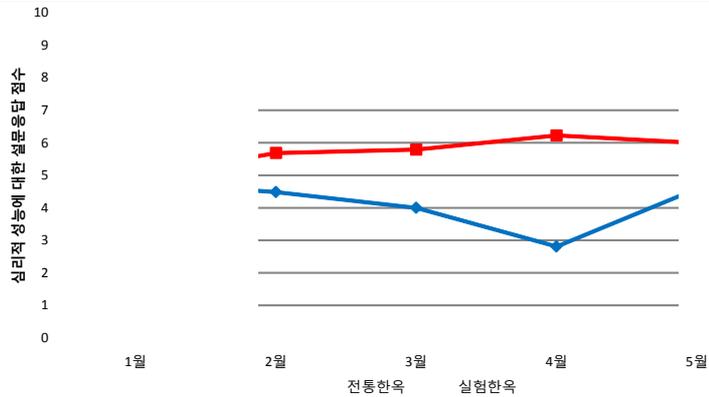
B.시청각적 쾌감 비교



그래프 분석

시청각적 쾌감에 대한 거주자 설문 결과의 월별 비교 그래프이다. 시청각적 쾌감은 한옥의 장점 가운데 내외부 공간간의 관계, 재료가 주는 만족감에 의한 요소로 위의 그래프를 통해 응답결과에 대한 변화를 볼 수 있다. 먼저 전체적인 그래프의 추이를 살펴보면 시공 및 성능테스트동(지신재)의 만족도가 전통한옥에 비해 높은 경향이 있다. 이러한 응답결과를 통해 시공 및 성능테스트동(지신재)은 기능적인 면에서 한옥의 단점을 극복하면서도 한옥의 장점을 유지하고 있다는 것을 알 수 있다.

C.심리적 쾌감 비교



그래프 분석

심리적 쾌감에 대한 거주자 설문도의 그래프이다. 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥은 설문도의 평균값은 중간인 5점을 기준으로 결과가 나뉘고 있다. 상대적으로 전통한옥에 거주하고 있는 거주자에 비해 시공 및 성능테스트동(지신재) 거주자들이 한옥의 심리적 쾌감에 대해 만족도가 높다는 것을 볼 수 있다.

나) 가중치가 적용된 전체 공간 심리적 만족도

월별	전통한옥 성능테스트동(온고재)	시공 및 성능테스트동(지신재)
1월	5.84	5.58
2월	5.12	5.57
3월	4.51	5.66
4월	3.97	5.99
5월	5.67	6.25

월별 공간 심리적 쾌감비교



전통한옥 성능테스트동(온고재)과 시공 및 성능테스트동(지신재)의 공간 심리적 요소에 대한 설문도의 평균값을 월별로 비교해 보여주고 있다. 우선 전체적으로 전통한옥과 시공 및 성능테스트동(지신재)간의 공간 심리적 만족도에 대한 차이는 4월을 제외하고는 크지 않다는 것을 볼 수 있다. 거주 초반 1월에는 전통한옥 거주자의 공간 심리적 만족도가 시공 및 성능테스트동(지신재)에 비해 높은 편이었으나 만족도가 점점 감소하고 있다. 이에 비해 시공 및 성능테스트동(지신재)은 전통한옥과 반대로 공간 심리적 만족도가 매월 조금씩 꾸준히 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과를 통해 시공 및 성능테스트동(지신재)이 성능적 측면에서 향상됨과 동시에 한옥의 장점으로 여겨지는 공간 심리적 요소의 장점도 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

3) 통합화 과정

■ 물리 환경적 요인의 수치화 프로세스

PMV 그래프	프로세스
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 물리 환경적 요소 측정 - 온도, 습도, 기류, MRT 2. 기간별 데이터 종합 - 시공 및 성능테스트동(지신재)/전통한옥 3. PMV적용 및 결과값도출 4. PMV 범위에 의한 수치 적용

번호	PMV범위	측정 점수	PPD(예상 불만족도)
1	-0.5~0.5	10	10% 이하
2	-1.0~1.0	8	25% 이하
3	-1.5~1.5	6	50% 이하
4	-2.0~2.0	4	75% 이하
5	2.0미만/초과	2	100% 이하

■ 공간 심리적 요인의 수치화 프로세스

공간 심리적 만족도 그래프	프로세스
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 항목별로 분류 - 통기적 쾌감 - 시청각적 쾌감 - 심리적 쾌감 2. 기간별 설문 종합 - 시공 및 성능테스트동(지신재)(11월~5월) - 전통한옥 (12월~5월) 3. 항목별 설문 평균 값 및 누적 퍼센트 계산 4. 항목별 상대적 중요도 가중치 부여

번호	공간 심리적 만족 범위	측정 점수	공간 심리적 만족도
1	6.8 이상	10	상위 20%이내
2	6.1 ≤ 만족도 < 6.8	8	상위 40%이내
3	5.8 ≤ 만족도 < 6.1	6	상위 60%이내
4	4.6 ≤ 만족도 < 5.8	4	상위 80%이내
5	4.6 미만	2	상위 100%이내

■ 물리 환경적 요인과 공간 심리적 요인의 통합화 과정

(1) 전문가 설문을 통한 두 요소간의 상대적 중요도 결정

	영역	가중치	항목별 상대적 중요도
1	물리 환경적 요소	0.420	0.420 0.580 물리 환경적 요소 공간 심리적 요소
2	공간 심리적 요소	0.580	

물리 환경적 쾌적과 공간 심리적 쾌적의 통합을 위해 전문가 42명의 설문을 통해 가중치를 설정하는 과정을 거쳤다. 이를 통해 물리 환경적 요소 (0.42)와 공간 심리적 요소 (0.58) 간의 상대적 가중치가 도출되었다. 이러한 결과를 통해 한옥에 대한 쾌적은 한옥의 특징이 반영된 공간 심리적 요소에 상대적으로 좀 더 중요한 가치를 가지고 있다는 점을 나타내고 있으며 이는 한옥의 단점으로 제기된 성능적 측면의 부족함을 최소화할 수 있는 방안으로 쓰일 수 있을 것으로 본다.

(2) 물리환경과 공간심리 측정 점수의 상대적 중요도 적용

시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥에서 얻어진 PMV 값과 공간심리 설문 값을 기준에 의해 점수화시킨 후 상대적 가중치를 곱하여 결과 값을 도출한다.

가) 시공 및 성능테스트동(지신재)

월	PMV	측정기준에 의한 점수	점수평균	상대적 가중치 적용 점수	결과값
1월	-0.79	8	8.0	8.0*0.42	3.36/4.2
2월	-0.65	8			
3월	-1.25	6			
4월	-0.08	10			
5월	1.03	8			

월	공간심리 만족도	측정기준에 의한 점수	점수평균	상대적 가중치 적용 점수	결과값
1월	5.58	6	6.4	6.4*0.58	3.71/5.8
2월	5.57	6			
3월	5.66	6			
4월	5.99	6			
5월	6.25	8			

나) 전통한옥 성능테스트동(온고재)

월	PMV	측정기준에 의한 점수	점수평균	상대적 가중치 적용 점수	결과값
1월	-1.15	6	5.2	5.26*0.42	2.18/4.2
2월	-1.30	6			
3월	-3.62	2			
4월	-2.38	2			
5월	-0.50	10			

월	공간심리 만족도	측정기준에 의한 점수	점수평균	상대적 가중치 적용 점수	결과값
1월	5.84	6	4.0	4*0.58	2.32/5.8
2월	5.12	4			
3월	4.51	4			
4월	3.97	2			
5월	5.67	4			

(3) DIC(통합쾌적성)평가 기준

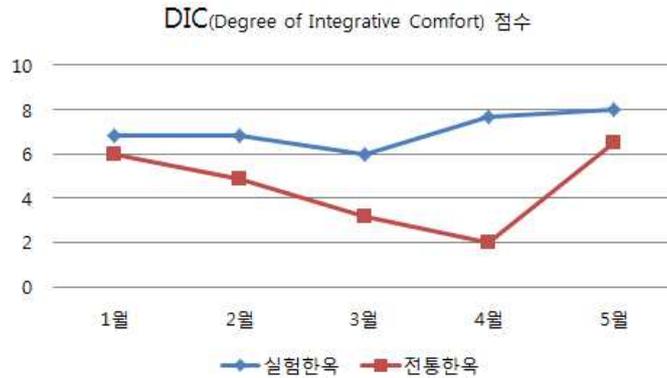
DIC 척도	DIC SCORE	DIC MEAN		Degree of Integrative Comfort
VERY COMFORT	MAX 10	물리 환경적 측면	PMV± 0.5 (PPD10%)	Comfort Zone
		공간 심리적 측면	공간 심리적 만족도 6.5 이상	
COMFORT	5.8	물리 환경적 측면	PMV± 1.0 (PPD25%)	
		공간 심리적 측면	공간 심리적 만족도 6.0 이상	
DISCOMFORT	MIN 0	물리 환경적 측면	PMV± 1.0 (PPD25%) 초과	
		공간 심리적 측면	공간 심리적 만족도 5.0 이하	

(4) 월별 DIC(통합쾌적성)비교

요소	가중치 점수	구분									
		시공 및 성능테스트동(지신재)					전통한옥 성능테스트동(온고재)				
		1월	2월	3월	4월	5월	1월	2월	3월	4월	5월
PMV 측정	4.2	3.36	3.36	2.52	4.2	3.36	2.52	2.52	0.84	0.84	4.2
공간 심리 만족도	5.8	3.48	3.48	3.48	3.48	4.64	3.48	2.32	2.32	1.16	2.32
통합스코어	10.0	6.84	6.84	6	7.68	8	6	4.84	3.16	2	6.52

DIC(통합쾌적도)는 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)의 물리 환경적 요소와 공간 심리적 요소가 통합적으로 적용된 쾌적에 대해 나타내고 있다. 이는 상대적 가중치가 고려된 두 요소간의 관계를 설정함으로 한옥의 특징이 반영된 새로운 관점의 쾌적성에 대해 연구한 것이다. 이러한 과정은 현장 측정을 통해 얻어진 실내 환경 데이터와 거주자 및 전문가 설문을 통해 얻어진 데이터를 기반으로 하여 점수화 된 것이다.

월별 통합 쾌적 점수



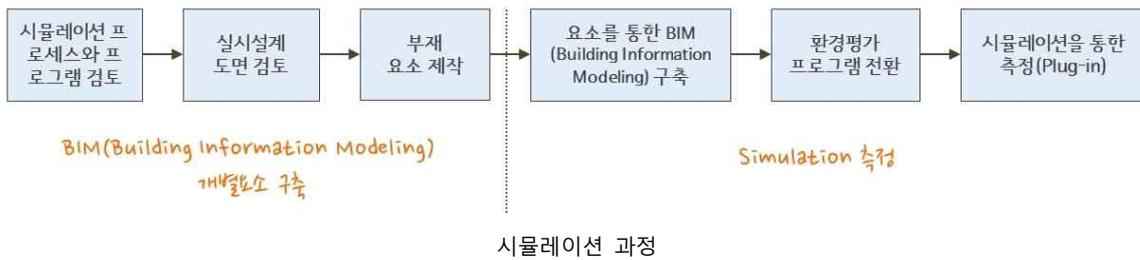
이러한 과정을 거쳐 도출된 값들의 월별 통합 쾌적 그래프를 통해 통합적 쾌적의 관점에서 시공 및 성능테스트동(지신재)과 전통한옥 성능테스트동(온고재)을 비교를 할 수 있다. 우선 전체적으로 시공 및 성능테스트동(지신재)이 전통한옥 성능테스트동(온고재)에 비해 상대적으로 높은 통합 쾌적 점수를 보이고 있으며 이러한 차이는 이를 구성하고 있는 각각 요소들에 결정된다. 이러한 통합적 관점은 한옥의 물리적 환경적 측면에서 단점이 공간 심리적 측면의 장점으로 보완될 수 있다는 가능성을 내포하게 된다. 이를 통해 연구의 범위를 확장시켜나가면 한옥간의 관계 뿐 아니라 현대 주거와의 쾌적 비교에 대해서도 충분히 설득력 있는 쾌적성 비교를 수행 할 수 있을 것으로 본다. 한옥의 특징에 맞추어진 공간 심리적 설문 의 내용이 현대주거와 전통주거에 모두 적용할 수 있는 요소들로 구성된다면 상대적으로 현대 주거에 비해 장점으로 여겨지는 심리적 측면이 반영되어 한옥의 경쟁력을 극대화 할 수 있는 방안으로 사용될 수 있을 것으로 본다.

4.5. 시뮬레이션 평가

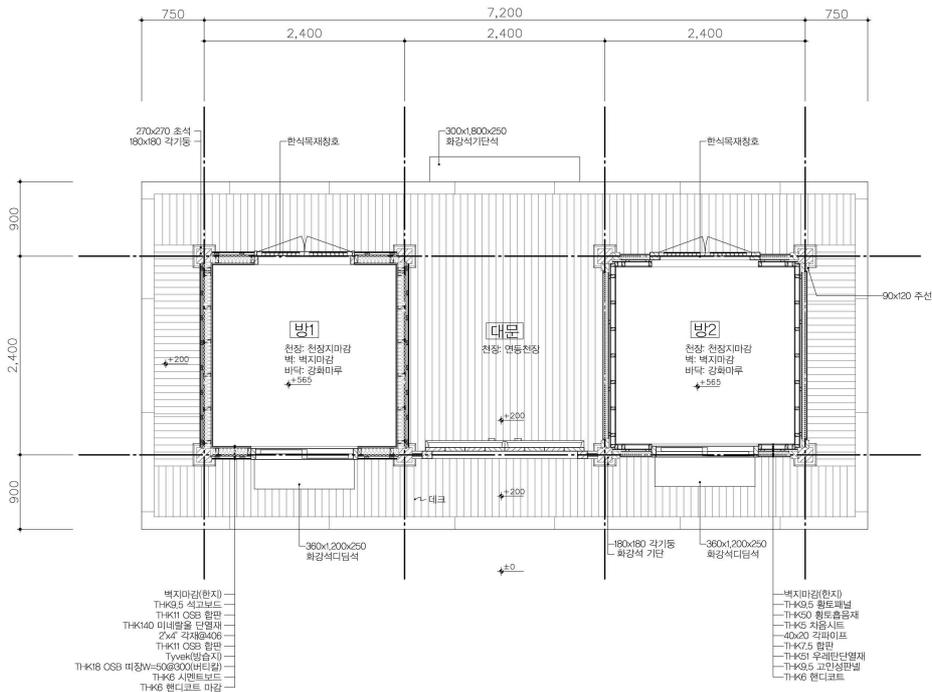
4.5.1. 부위별 성능테스트동(일휴당)

1) 에너지 부하측정용 시뮬레이션

실험한옥(Mock-up I , 명지정사)의 부위별 성능테스트동(일휴당)을 시뮬레이션 측정 가능한 파일로 변환하는 과정을 거침. 시뮬레이션 프로그램으로 전환하는 범용 파일인 gbXML 파일로 변환하는 과정을 거쳐야 하며 이를 통해 에너지 사용 시뮬레이션을 시행함.



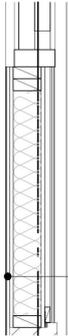
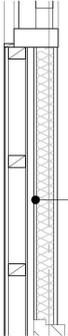
2) 부위별 성능테스트동(일휴당) 도면 분석



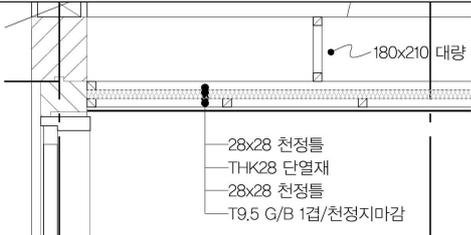
부위별 성능테스트동(일휴당) 평면

부위별 성능테스트동(일휴당)의 방1과 방2는 각각 다른 종류의 벽체로 계획되어 있다. 각 방의 벽에 주요 재료로는 방1-미네랄 울 단열재, 방2-황토판넬과 흡음재로서 각각의 방은 에너지 부하 성능의 차이를 보일 것으로 예상되며, 그 이외의 부위 (바닥, 천장, 창호)는 각 방이 동일한 건축 재료로 구성되어 있어 동일한 에너지 성능을 가질 것으로 판단된다. 결국 부위별 성능테스트동(일휴당)은 벽체의 재료구성의 차이를 통하여 성능이 나타날 것으로 판단됨.

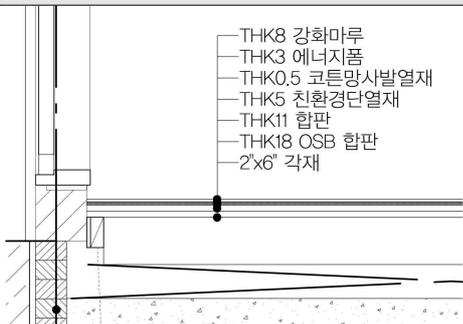
벽체 재료 상세

방1		방2	
 <ul style="list-style-type: none"> 벽지마감(한지) THK9.5 석고보드 THK11 OSB 합판 THK140 미네랄울 단열재 2"x4" 각재@406 THK11 OSB 합판 Tyvek(방습지) THK18 OSB 띠장W=50@300(버티칼) THK6 시멘트보드 THK6 핸디코트 마감 	상세	 <ul style="list-style-type: none"> 벽지마감(한지) THK9.5 황토판넬 THK50 황토흡음재 THK5 차음시트 40x20 각파이프 THK7.5 합판 THK51 우레탄단열재 THK9.5 고인성판넬 THK6 핸디코트 마감 	상세
내부		내부	
외부		외부	

천장 재료 상세

천 장 (방1/방2)	
28x28 천장틀	 <ul style="list-style-type: none"> 28x28 천장틀 THK28 단열재 28x28 천장틀 T9.5 G/B 1겹/천장지마감
THK 28 단열재	
28x28 천장틀	
T9.5 G/B 1겹/천장지마감	

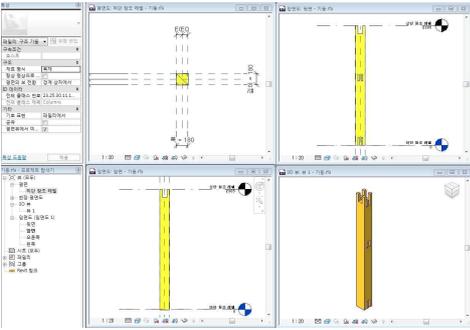
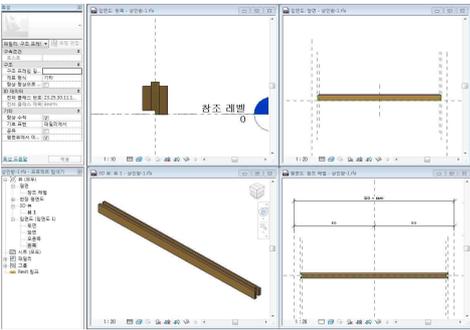
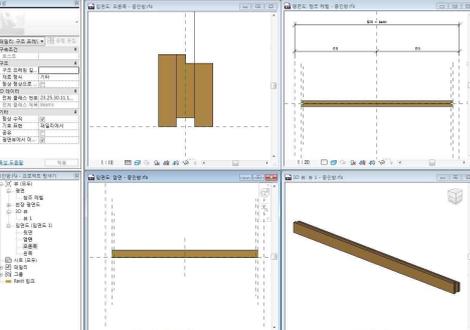
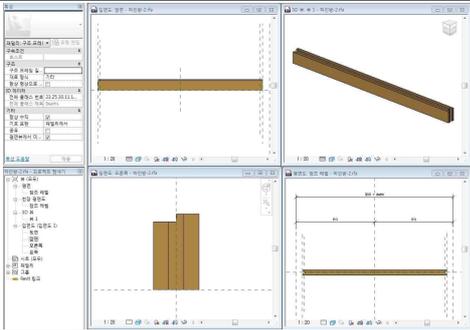
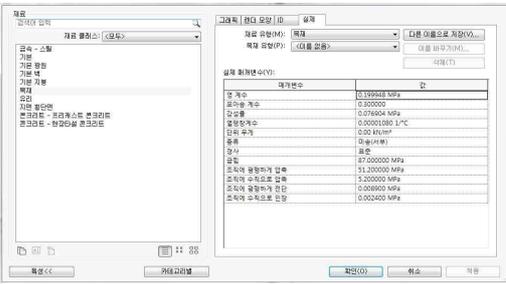
바닥 재료 상세

바 닥 (방1/방2)	
THK 8 강화마루	 <ul style="list-style-type: none"> THK8 강화마루 THK3 에너지폼 THK0.5 코튼망사발열재 THK5 친환경단열재 THK11 합판 THK18 OSB 합판 2"x6" 각재
THK 3 에너지폼	
THK 0.5 코튼망사발열재	
THK 5 친환경단열재	
THK 11 합판	
THK 18 OSB 합판	
2" x 6" 각재	

3) 파라메트릭 패밀리 구축 (구조, 벽-외피, 지붕, 창호)

실험한옥(Mock-up I, 명지정사)의 부위별 성능테스트동(일휴당)의 에너지 부하 시뮬레이션을 실시하기 위해 실험한옥(Mock-up I, 명지정사)에 적용된 신재료의 상세 디테일 구축이 필요하며 이러한 디테일을 파라메트릭 패밀리로 적용하기 위한 작업을 시행. (Autodesk Revit 2011 기준)

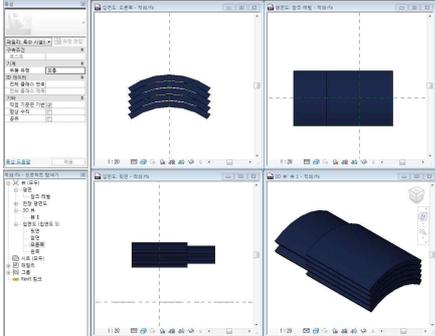
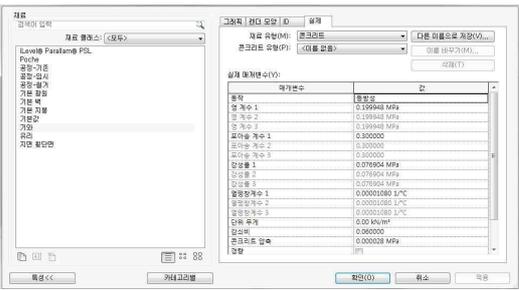
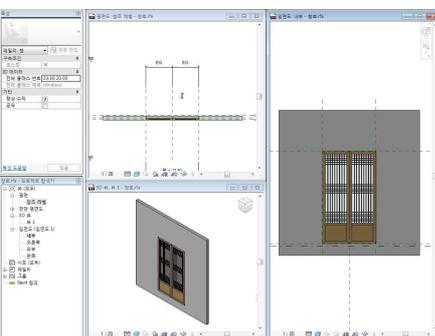
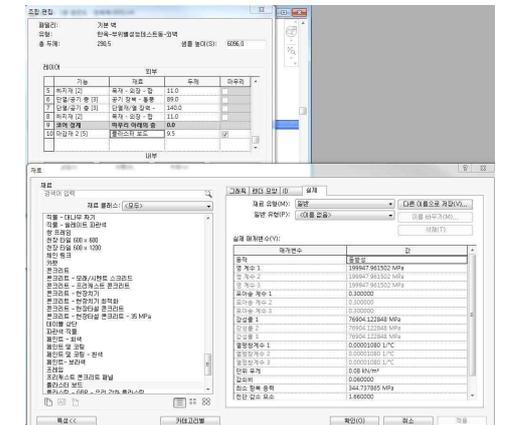
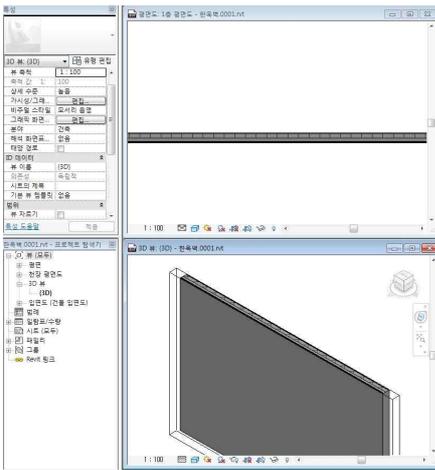
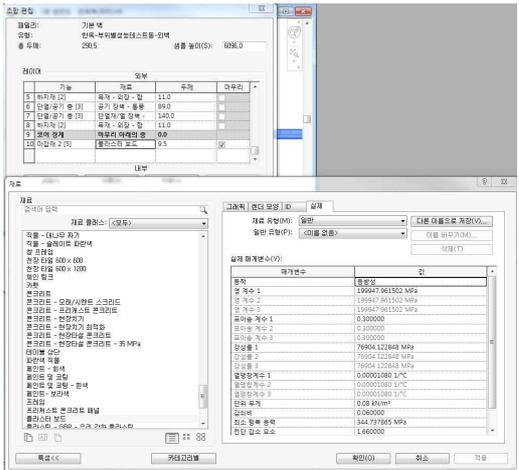
한옥부재 파라메트릭 패밀리-1

	부재 상세	매개변수 입력
기둥 (1-6)		
상인방 (1-2)		
중인방		
하인방 (1-2)		

	부재 상세	매개변수 입력
대량		
주심도리 (1-4)		
판대공		
서까래		
연목		

	부재 상세	매개변수 입력
암기와		
숫기와		
암막새		
숫막새		
착고		

한옥부재 파라메트릭 패밀리-4

	부재 상세	매개변수 입력
적새		
창호		
벽체		

주요 부재인 목재, 벽체, 기와, 천정, 바닥의 재료는 실제 사용 자료에 가장 근접하게 적용되었으며 적용된 재료의 매개변수는 실제 재료에 가장 근접한 매개변수로 변환시켜 입력하였다. 연구의 특성상 새롭게 개발된 재료들이 다수이기 때문에 재료의 매개변수를 근접하게 입력하는 작업을 필요로 함.

부재의 재료 매개변수 (육송기준)

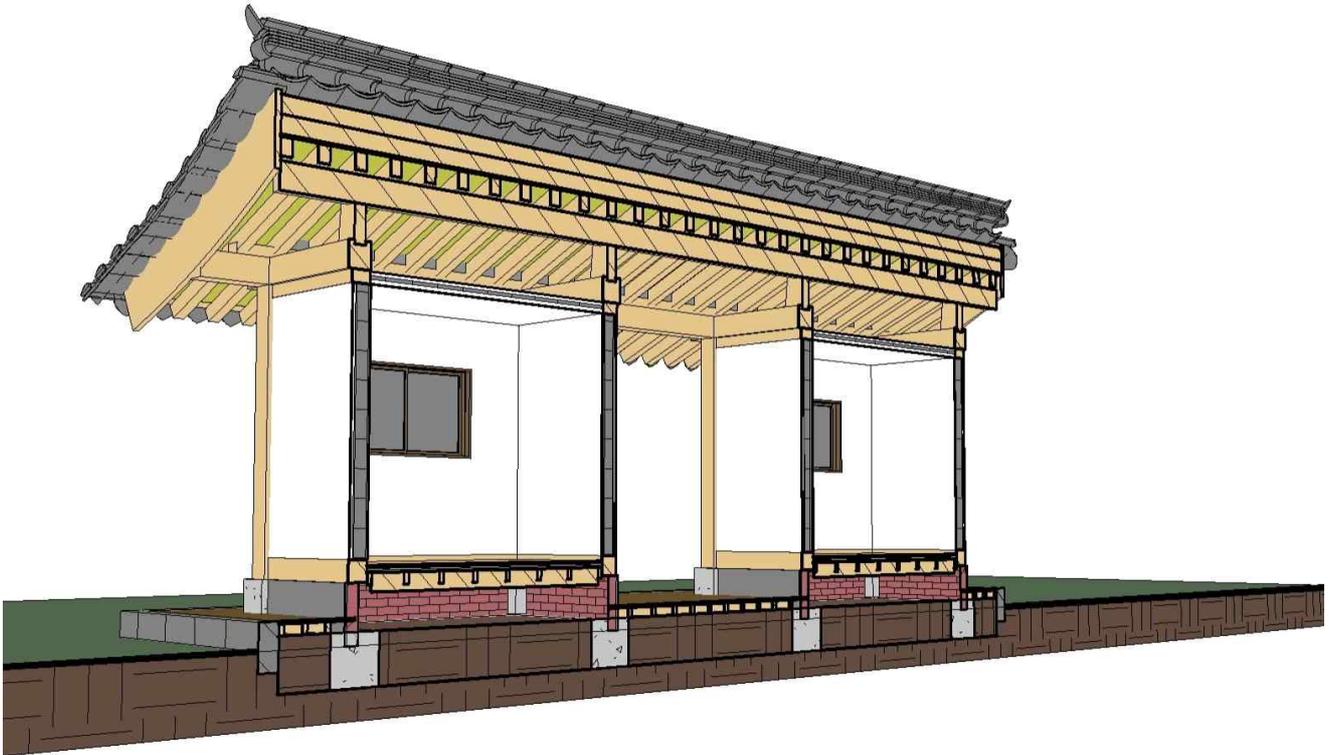
매개변수	데이터
영계수(Mpa)	0.199948
포아송 계수	0.3
강성률(Mpa)	0.076904
열팽창계수 (1/°C)	0.00001080
단위무게 (KN/m ²)	-
종류	육송
경사	표준
굽힘(Mpa)	87.00000
수평 압축력(Mpa)	51.20000
수직압축력(Mpa)	5.200000
전단력(Mpa)	0.008900
인장력(Mpa)	0.002400

4) 부위별 성능테스트동(일휴당) 시뮬레이션 구축

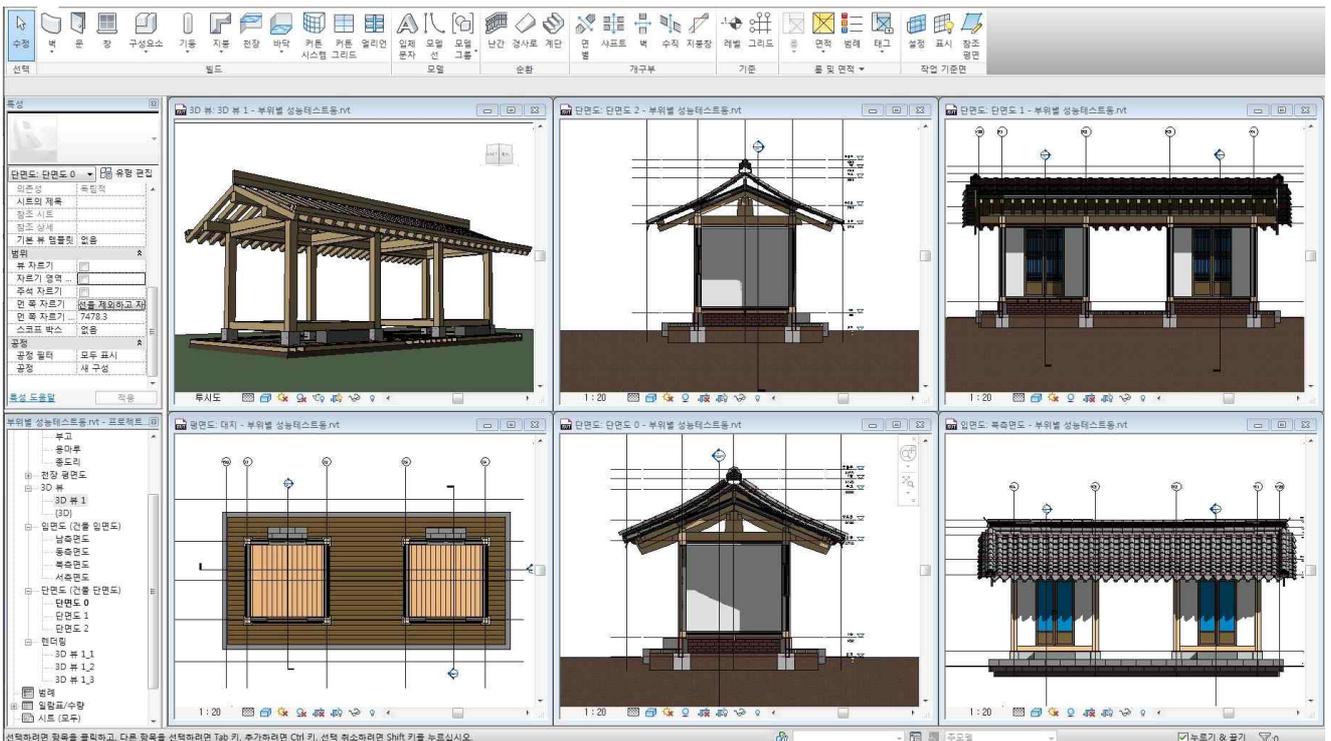


부위별 성능테스트동(일휴당)

실험한옥(Mock-up I , 명지정사)의 부위별 성능테스트동(일휴당)의 시뮬레이션을 위한 건축부재의 파라메트릭을 구축한 후에 이를 바탕으로 건축물의 각 부재를 접합하여 부위별 성능테스트동(일휴당)을 구축하게 되며 구축된 건축물은 환경 시뮬레이션 프로그램으로 성능테스트를 하기 위한 범용 파일인 gbXML 파일로 변환하는 과정을 거침.



부위별 성능테스트동(일휴당)-단면



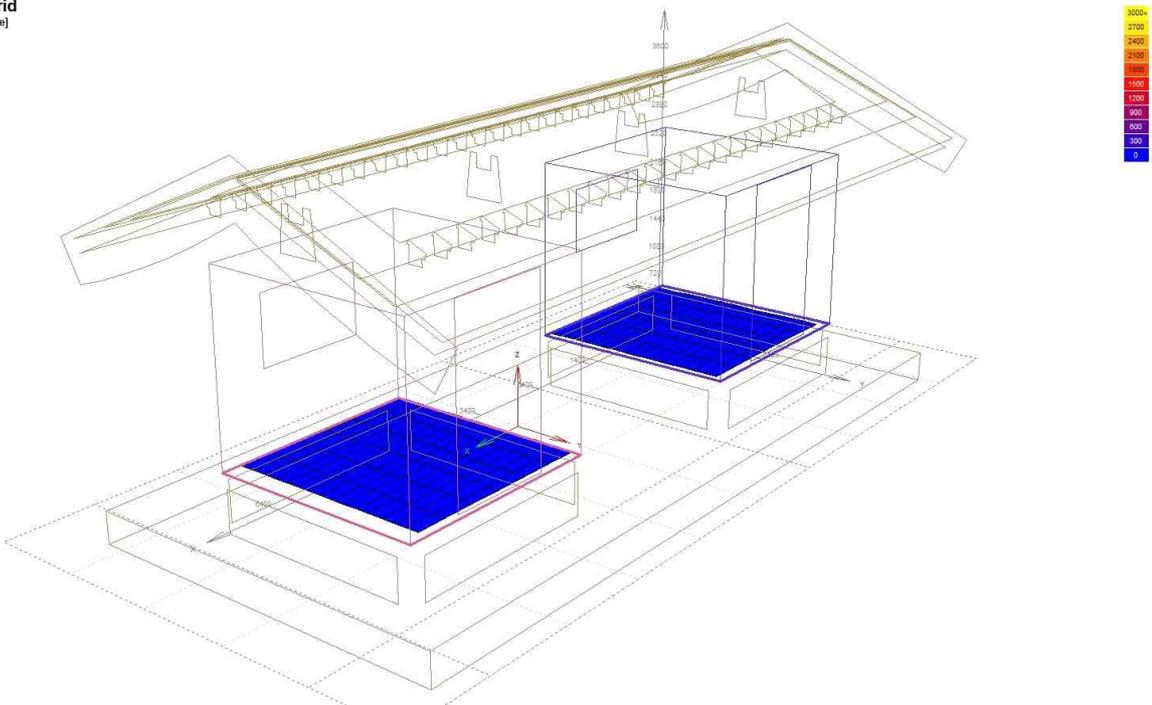
Revit 부위별 성능테스트동(일휴당) 작업



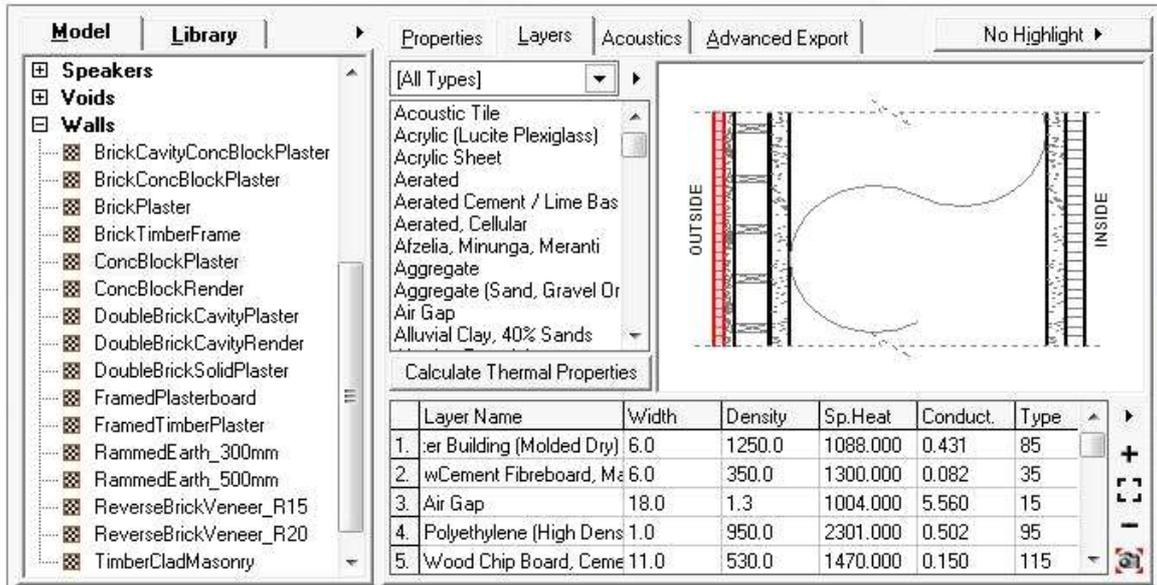
Revit 부위별 성능테스트동(일휴당) 작업

부위별 성능테스트동(일휴당)의 우측 실을 기준으로 방-1과 좌측의 방-2의 벽 재료를 분류하며 계획되었으며 도면상 각 실의 바닥과 천장은 동일한 재료로 계획되었다. 시뮬레이션 프로그램의 특성상 재료는 기존 건축 재료를 기준으로 하기 때문에 새롭게 개발된 건축 재료는 유사한 건축 재료를 선택하여 재료의 매개변수를 근사 값으로 입력하여 재료속성을 유지하였음. (Ecotect 2011 기준)

Analysis Grid
[No Data Available]
Value Range: 0 - 3000
ECOTECT 11



부위별 성 테스트동(일휴당) gbXML 파일변환



부위별 성능테스트동(일휴당) 외부마감재료 입력

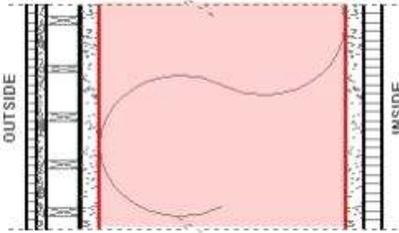
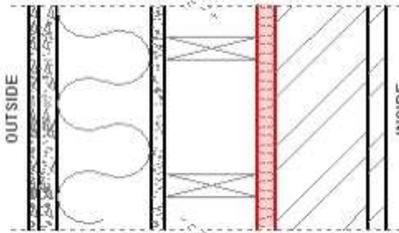
천장 재료 입력

천 장		
Air Gap (Stud Work)	THK 28	
Insulation - Glass Fibre Quilt	THK 28	
Air Gap (Stud Work)	THK 28	
Plaster Ceiling Tiles	THK 9.5	

바닥 재료 입력

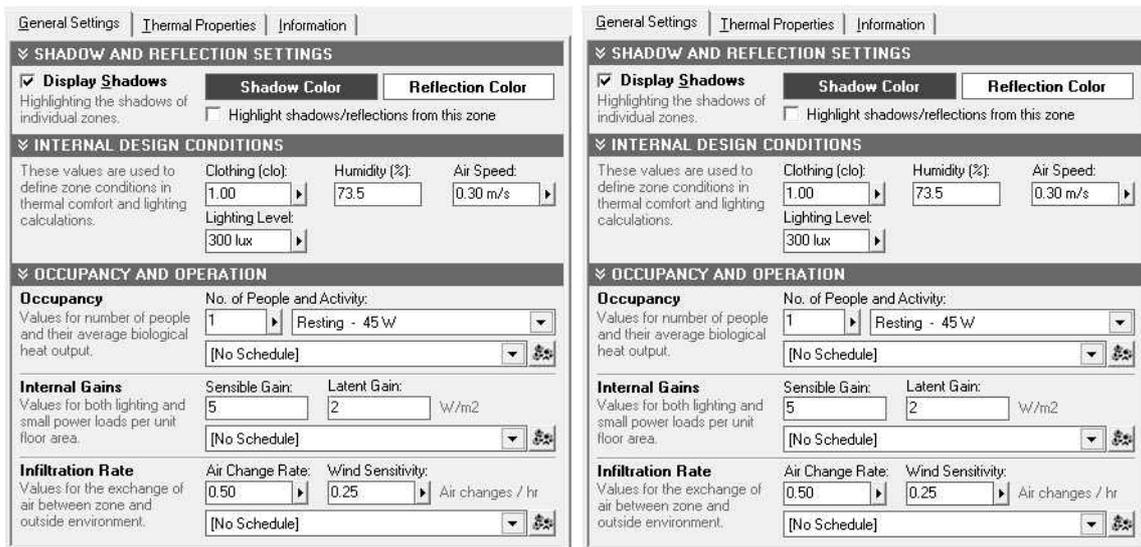
바 닥		
Wood Pine (With Grain)	THK 8	
Stone Chippings For Roofs	THK 3	
Wool, Resin Bonded	THK 0.5	
Polystyrene Foam (High Density)	THK 5	
Wood Fibres, Compressed	THK 11	
Wood Chip Board, Cement Bonded	THK 18	
Air Gap (Stud Work)	THK 140	

벽체 재료 입력

방1			방2	
		상세		
Plaster Building (Molded Dry)	THK 6		Plaster, Lightweight Aggregate	THK 6
Cement Fibreboard, Magnesium	THK 6	내부	Cement Panels, Wood Fibres	THK 9.5
Air Gap (Stud Work)	THK 18		Polyurethane Foam Flexible	THK 51
Polyethylene (High Density)	THK 1.0		Wood Chip Board, Cement Bonded	THK 7.5
Wood Chip Board, Cement Bonded	THK 11	외부	Air Gap (Stud Work)	THK 50
Stone Chippings For Roofs	THK 140		Wool, Resin Bonded	THK 10
Wood Chip Board, Cement Bonded	THK 11		Clay Tile, Hollow, 32.5	THK 50
Plaster Building (Molded Dry)	THK 10		Earth, Common	THK 10

5) 시뮬레이션 내부 조건설정 (Zone Property / Management)

실 내부의 성능을 측정하기 위한 시뮬레이션을 실시하기 위하여 내부 생활조건과 내부 조건과 관계된 모든 사항들을 설정해줘야 한다. 이 설정 조건에 따라서 시뮬레이션 성능은 달라지기 때문에 이러한 조건들을 바르게 설정하여야 하며 지역은 용인지역의 기상데이터가 없는 관계로 인천을 기준으로 설정하였음.



부위별 성능테스트동(일휴당) qbXML 파일변환

시뮬레이션 외부조건

		연간 평가 기준	
공통기준		Latitude : 37.5 / Longitude :126.6/ Altitude 70.0 / Time Zone : +9.0 hrs	
1.기준일		6월 21일 (하지)	12월 22일 (동지)
2. 기준시간		14:00	14:00
3. 태양고도		78도 37분 69초	31도 40분 36초
4. 온도		27.2 °C	- 1.2 °C
5. 풍속		2.1 m/s	2.0 m/s
7. 지중온도	0.2m	23.0 °C	5.8 °C
	0.5m	21.5 °C	8.7 °C
	1.0m	19.3 °C	11.5 °C
8. 상대습도		75.1%	71.7%
9. 환기회수		0.5회	0.5회
10. Solar Intensity (W/m ²)		902.1490	794.6274
11. Clo (의복)		0.054 m ² k/w	0.133 m ² k/w

시뮬레이션 내조건

Humidity	72.5%		
Air Speed	0.50 m/s (Pleasant Breeze)		
Light Level	300 lux		
Clothing	Trousers and T-shirts		
Occupancy	2 People, Resting (45W)		
Internal Gains (lighting and power loads)	Sensible Gain (5 w/m ²) Latent Gain (2 w/m ²)		
Infiltration Rate	Air change Rate	Well Sealed (0.50 ac/h),	
	Wind Sensitivity	Reasonable Protected (0.25 ac/h)	
Type of System	Heating Only (Efficiency 95%)		
	Comfort Band		18.0 C – 26.0 C
Hours of Operation	Weekdays	21:00 – 06:00	Weekend
			22:00 – 08:00

6) 시뮬레이션 평가 (Thermal Analysis / 열 분석)

■ 실내 온도 분포 (Hourly Temperature)

지정한 날짜에 대한 매 시간 온도 변화를 그래프로 알려주며 기후 데이터에 제시된 외기 온도에 대한 모델의 내부 온도를 표시하고, 매시간 온도차를 계산하여 그래프로 나타냄. 외기온도, 일사, 기류 등 외부기후에 관한 정보가 동시 표현되며 지정한 Zone에 대한 열환경을 온도 변화로 알아볼 수 있음

방1/2 의 시간당 온도 측정파일로서 1년 측정을 춘분, 하지, 추분, 동지를 기준일인 21일을 기준으로 측정하였다. (녹색선-1번방, 보라색선-2번방)

All Visible Thermal Zones

Total Surface Area: 60.756 m² (545.4% flr area).

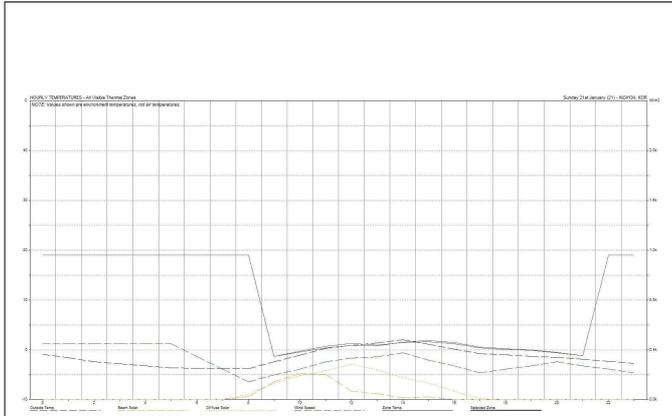
Total Exposed Area: 60.756 m² (545.4% flr area).

Total South Window: 1.837 m² (16.5% flr area).

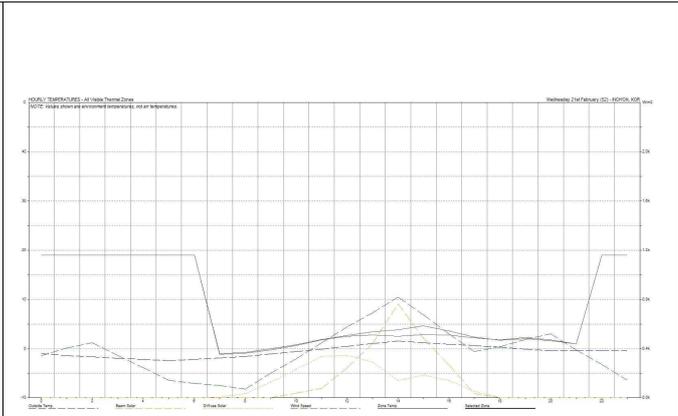
Total Window Area: 6.375 m² (57.2% flr area).

Total Conductance (AU): 116 W/h

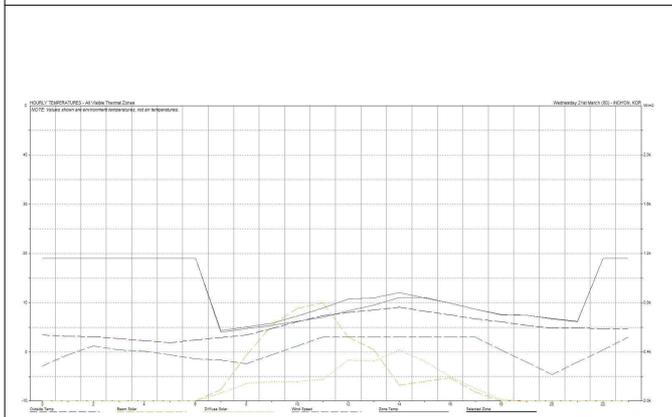
Total Admittance (AY): 168 W/h



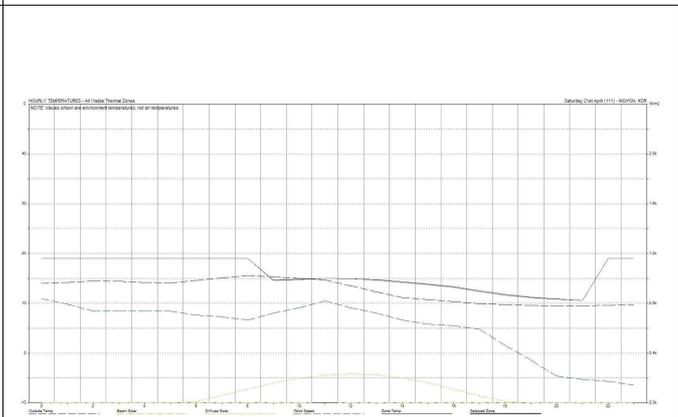
Hourly Temperature- 1월 21일 기준



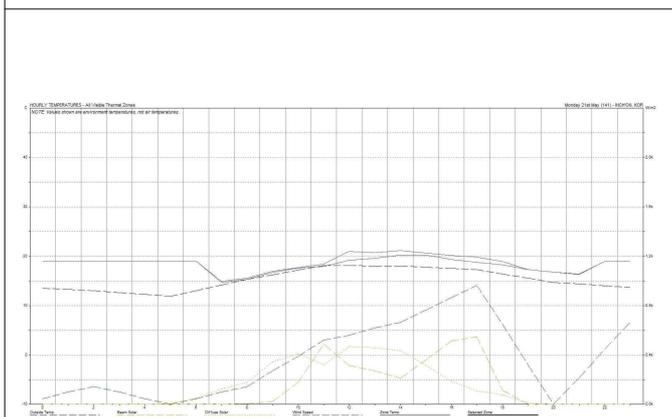
Hourly Temperature- 2월 21일 기준



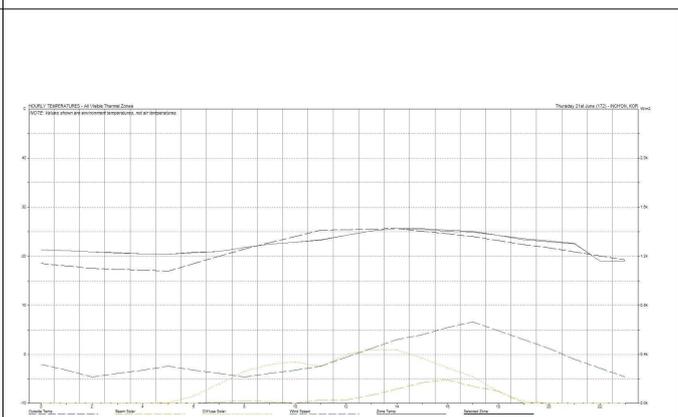
Hourly Temperature- 3월 21일 기준



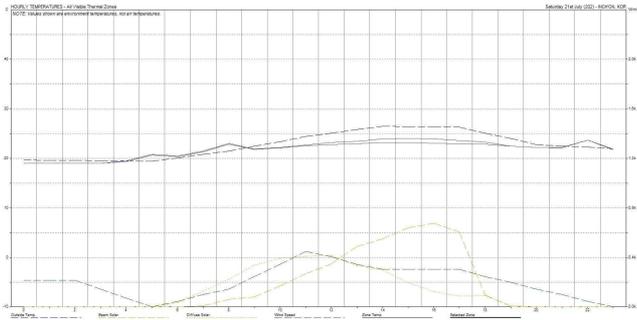
Hourly Temperature- 4월 21일 기준



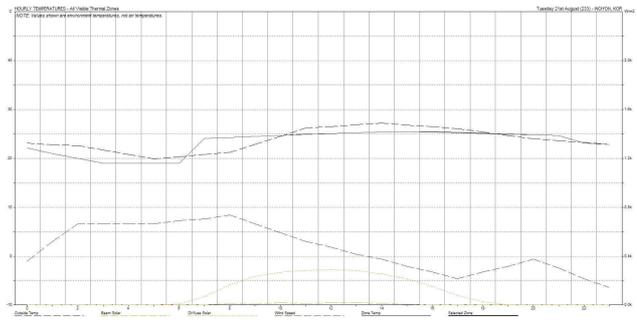
Hourly Temperature- 5월 21일 기준



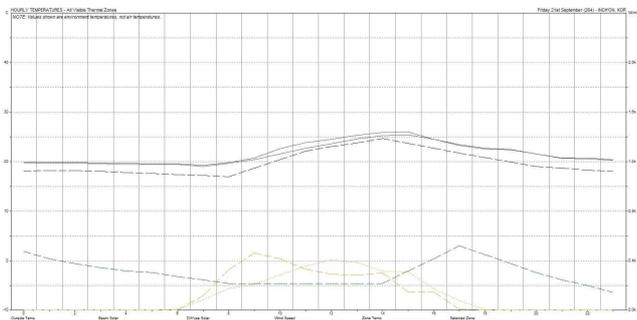
Hourly Temperature- 6월 21일 기준



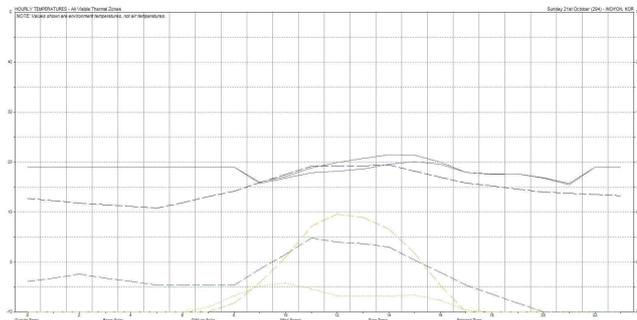
Hourly Temperature- 7월 21일 기준



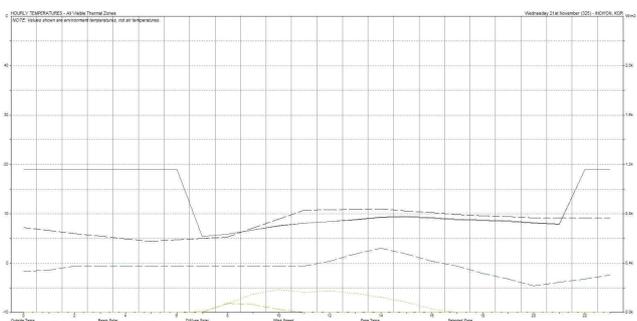
Hourly Temperature- 8월 21일 기준



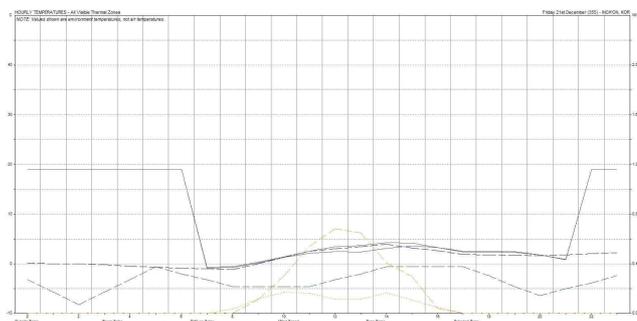
Hourly Temperature- 9월 21일 기준



Hourly Temperature- 10월 21일 기준



Hourly Temperature- 11월 21일 기준



Hourly Temperature- 12월 21일 기준

- 1번방



층분의 시간별 온도 (3월 21일 기준) - 1번방

HOURLY TEMPERATURES (3월 21일 기준) - 1번방

Zone: 1번방

Avg.Temperature : 4.4 C (Ground 11.9 C)

Total Surface Area : 30.378 m2 (545.4% flr area).

Total Exposed Area: 30.378 m2 (545.4% flr area).

Total South Window: 0.919 m2 (16.5% flr area).

Total Window Area: 3.187 m2 (57.2% flr area).

Total Conductance(AU): 58 W/켈

Total Admittance(AY): 84 W/켈

Response Factor: 1.44

HOUR	INSIDE (°C)	OUTSIDE (°C)	TEMP.DIF (°C)
0	19	3.4	15.6
1	19	3.2	15.8
2	19	3.1	15.9
3	19	2.7	16.3
4	19	2.3	16.7
5	19	1.9	17.1
6	19	2.4	16.6
7	19	2.9	16.1
8	5.2	3.4	1.8
9	5.9	4.7	1.2
10	7.4	6.1	1.3
11	9	7.4	1.6
12	10.9	8	2.9
13	11.1	8.5	2.6
14	12.2	9.1	3.1
15	11.1	8.3	2.8
16	10.1	7.5	2.6
17	8.8	6.7	2.1
18	7.7	6.1	1.6
19	7.6	5.4	2.2
20	6.9	4.8	2.1
21	19	4.8	14.2
22	19	4.7	14.3
23	19	4.7	14.3

- 2번방



춘분의 시간별 온도 (3월 21일 기준) - 2번방

HOURLY TEMPERATURES (3월 21일 기준) - 2번방

Zone: 2 번방
 Avg.Temperature: 4.4 C (Ground 11.9 C)
 Total Surface Area: 30.378 m2 (545.4% flr area).
 Total Exposed Area: 30.378 m2 (545.4% flr area).
 Total South Window: 0.919 m2 (16.5% flr area).
 Total Window Area: 3.187 m2 (57.2% flr area).
 Total Conductance(AU): 58 W/켈
 Total Admittance(AY): 84 W/켈
 Response Factor: 1.42

HOUR	INSIDE (°C)	OUTSIDE (°C)	TEMP.DIF (°C)
0	19	3.4	15.6
1	19	3.2	15.8
2	19	3.1	15.9
3	19	2.7	16.3
4	19	2.3	16.7
5	19	1.9	17.1
6	19	2.4	16.6
7	19	2.9	16.1
8	4.8	3.4	1.4
9	5.5	4.7	0.8
10	6.2	6.1	0.1
11	7.1	7.4	-0.3
12	8.4	8	0.4
13	9.5	8.5	1
14	11.1	9.1	2
15	11.1	8.3	2.8
16	10	7.5	2.5
17	8.7	6.7	2
18	7.6	6.1	1.5
19	7.4	5.4	2
20	6.7	4.8	1.9
21	19	4.8	14.2
22	19	4.7	14.3
23	19	4.7	14.3

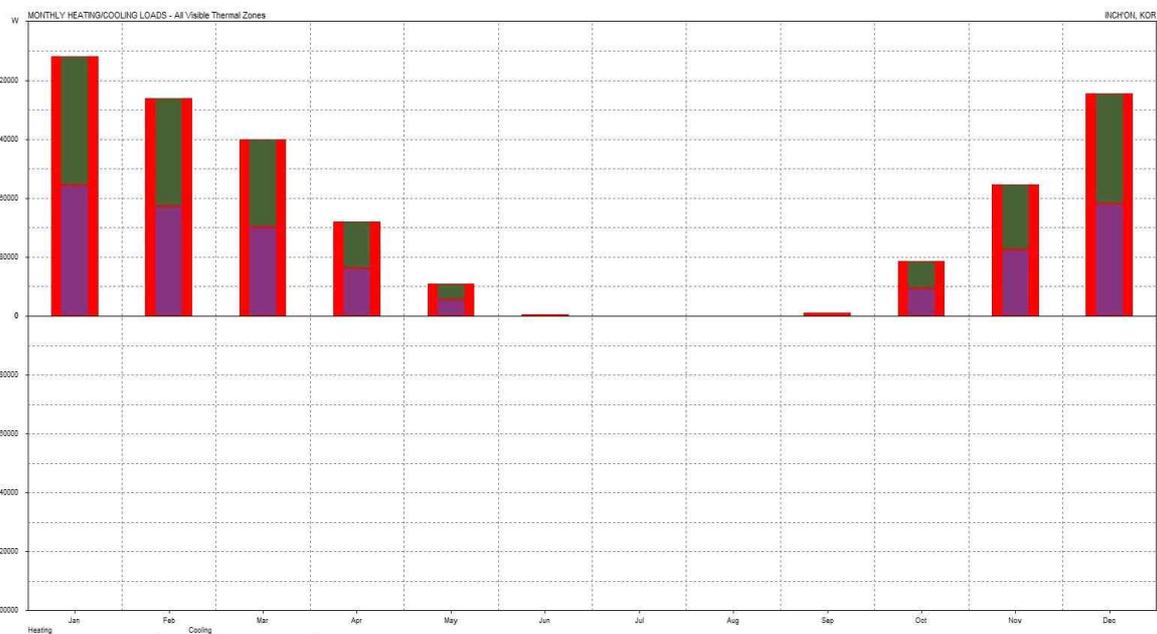
1년을 단위로 측정해 보았을 때 부위별 성능테스트동(일휴당)은 1번방이 2번방에 비해 온도가 높게 측정되고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 1번방과 2번방의 벽 재료의 차이로 생기는 온도차로 보이며 이는 벽 성능을 통하여 벽 재료 선택을 추정할 수 있다. 1번방이 동계에 유리하고 2번방은 하계에 유리하게 측정됨.

■ 월별 에너지 사용량 (Monthly Heating/Cooling Loads)

직접/간접 일사 획득량, 음영, 내부발열량, 건물 사용량 등에 대한 정보와 기후 데이터를 바탕으로 선택한 공간에 대한 냉·난방 부하량을 계산하여 HVAC에 대한 데이터를 파악할 수 있음.

월별 에너지 사용량을 통한 연간 에너지 사용량을 측정함으로써 건축물의 냉·난방 에너지량과 사용전기 에너지량을 측정하게 된다. 프로그램의 특성상 냉·난방 에너지량은 전기에너지로 환산하여 측정하였음.

월별 에너지 사용량 측정으로 부위별 성능테스트동(일휴당)은 겨울철 난방 설비를 사용하며 여름철은 냉방장치를 사용하지 않는 것으로 판단하여 측정하였다. 부위별 성능테스트동(일휴당)은 전체 건물의 에너지 사용량과 방1/방2의 에너지 사용량을 개별적으로 측정하였음.



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - All Visible Thermal Zone

HOURLY TEMPERATURES (3월 21일 기준) - All Visible Thermal Zone

All Visible Thermal Zones
 Comfort: Zonal Bands
 MaxHeating: 3160 W at 07:00 on 16th December
 MaxCooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	793090	0	793090
Feb	665157	0	665157
Mar	538656	0	538656
Apr	288147	0	288147
May	97557	0	97557
Jun	4831	0	4831
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	10829	0	10829
Oct	167374	0	167374
Nov	402523	0	402523
Dec	678799	0	678799
TOTAL	3646964	0	3646964
PER m²	327399	0	327399
Floor Area:	11.139 m²		

부위별 성능테스트동(일휴당)의 방1/방2의 전체 에너지 사용량은 3,646 KWh (3,646,964 Wh)로 나타났으며, 이는 생활에 사용되는 전열기, 전등 등을 사용한 에너지량과 난방에 사용되는 기름/가스를 전기량으로 환산한 에너지량을 뜻하는 것으로 실제 사용 에너지량과 다소 차이가 있음.

- 1번방



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - 1번 방

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - 1번 방

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS
 Zone: 1번방
 Operation: Weekdays 20-07, Weekends 19-09.
 ThermostatSettings: 19.0 - 27.0 C
 MaxHeating: 1570 W at 07:00 on 16th December
 MaxCooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	394217	0	394217
Feb	330833	0	330833
Mar	268047	0	268047
Apr	143441	0	143441
May	48542	0	48542
Jun	1969	0	1969
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	5348	0	5348
Oct	83215	0	83215
Nov	200057	0	200057
Dec	337310	0	337310
TOTAL	1812979	0	1812979
PER m²	325513	0	325513
Floor Area:	5.570 m²		

- 2번방



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - 2번 방

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS - 2번 방

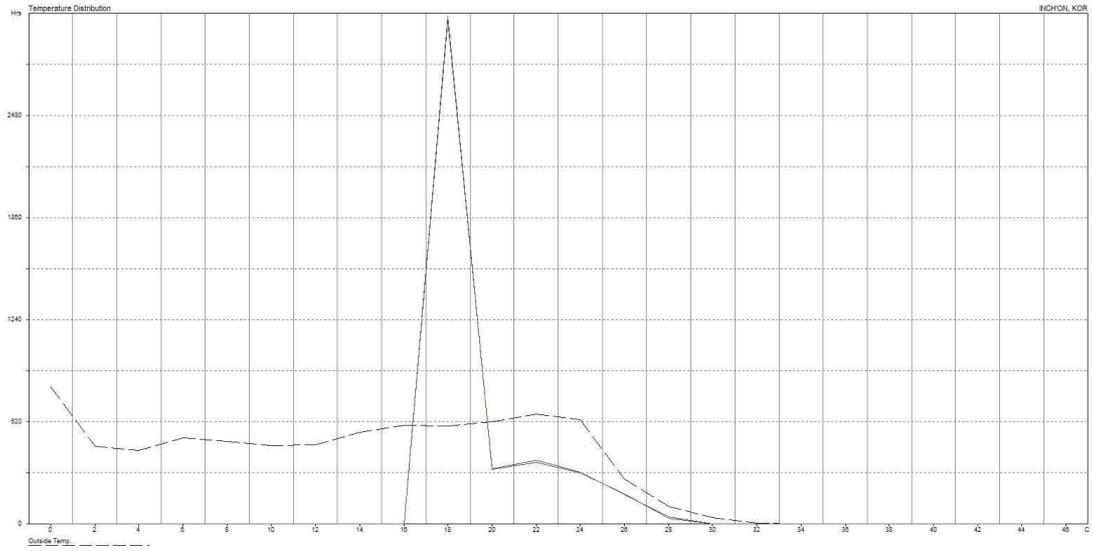
MONTHLY HEATING/COOLING LOADS			
Zone: 2 번방			
Operation: Weekdays 20-07, Weekends 19-09.			
ThermostatSettings: 19.0 - 27.0 C			
MaxHeating: 1590 W at 07:00 on 16th December			
MaxCooling: 0.0 C - No Cooling.			
MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	398874	0	398874
Feb	334324	0	334324
Mar	270609	0	270609
Apr	144706	0	144706
May	49015	0	49015
Jun	2862	0	2862
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	5480	0	5480
Oct	84158	0	84158
Nov	202466	0	202466
Dec	341490	0	341490
TOTAL	1833984	0	1833984
PER m²	329285	0	329285
Floor Area:	5.570 m²		

에너지 사용량 측정 결과 1번방은 1,812 Kwh (1,812,979 Wh)로 측정됐으며 2번방은 1,833 Kwh (1,833,984 Wh)로 2번방이 에너지 소비량이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 2번방의 벽 재료로 주용 사용되었던 황토사용 재료들이 1번방의 벽 주요 재료로 사용된 미네랄 울보다 성능이 낮은 것으로 나타남.

■ 연간 온도 분포 누적시간 (Annual Temperature Distribution)

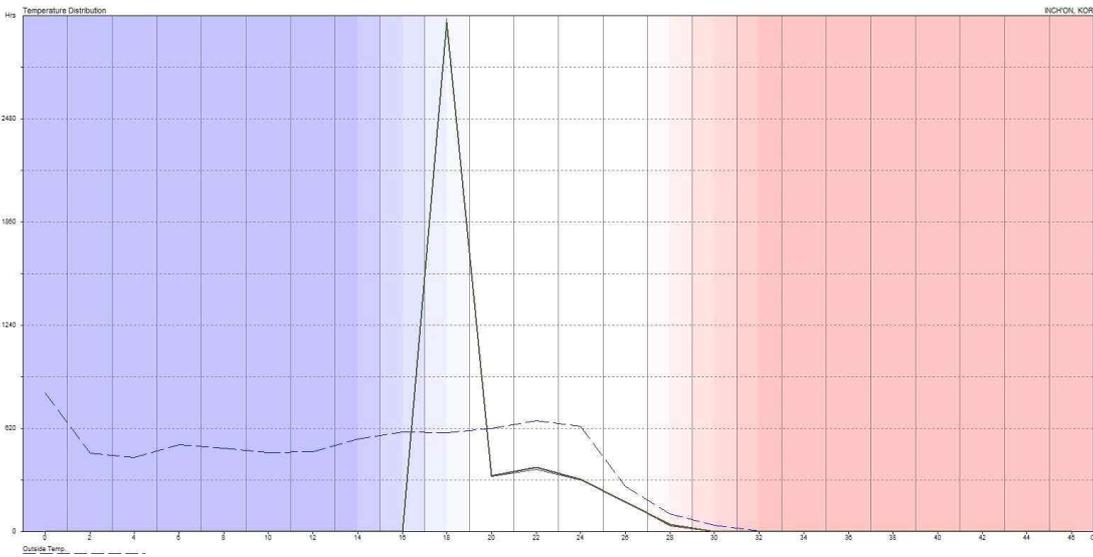
단열 요구량 및 축열 효과 등 Passive System에 관한 정보를 통계분석으로 표현하며 연간 기준으로 온도별 해당 시간을 누적하여 그래프로 표시, 각 온도의 시간 비중을 나타낸 것이며, 연간 건물 사용 시간 동안 쾌적 범위에 몇 시간 정도 분포하는지 알 수 있음.

실내의 연간 온도 분포 온도가 1 번방과 2 번방의 실내에 일정량의 온도와 분포로 존재하는지 확인할 수 있음.



Annual Temperature Distribution - All Visible Thermal Zone

- 1번방

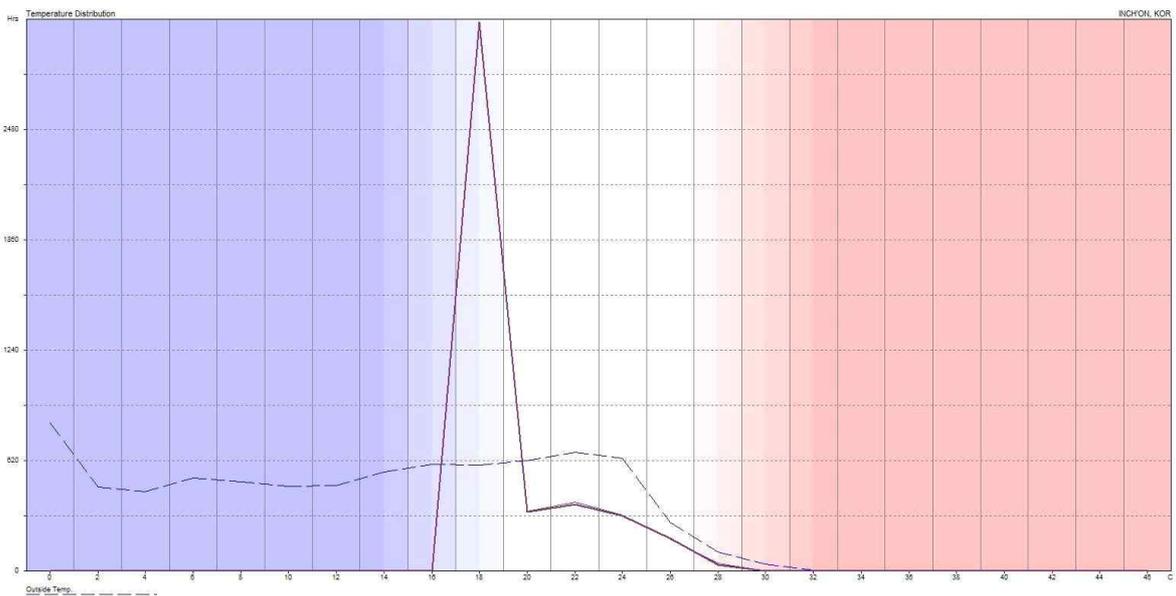


Annual Temperature Distribution - 1번방

Annual Temperature Distribution chart - 1번방

ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION 1번방 Operation: Weekdays 20-07, Weekends 19-09. Comfort Band: 19.0 - 27.0 C In Comfort: 1224 Hrs (28.3%)		
TEMP.	HOURS	PERCENT
0	0	0.00%
2	0	0.00%
4	0	0.00%
6	0	0.00%
8	0	0.00%
10	0	0.00%
12	0	0.00%
14	0	0.00%
16	0	0.00%
18	3,054	70.60%
20	339	7.80%
22	389	9.00%
24	316	7.30%
26	180	4.20%
28	45	1.00%
30	4	0.10%
32	0	0.00%
34	0	0.00%
36	0	0.00%
38	0	0.00%
40	0	0.00%
42	0	0.00%
44	0	0.00%
46	0	0.00%
COMFORT	1,224	28.30%

- 2번방



Annual Temperature Distribution - 2번방

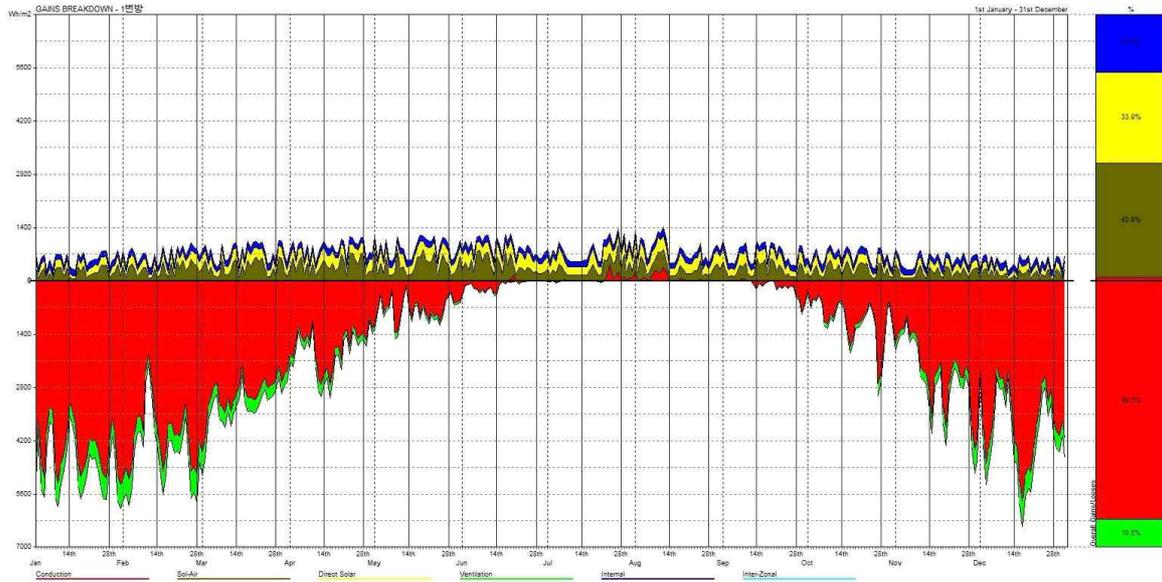
Annual Temperature Distribution chart – 2번방

ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION		
2 번방		
Operation: Weekdays 20-07, Weekends 19-09.		
ComfortBand: 19.0 - 27.0 C		
In Comfort: 1207 Hrs (27.9%)		
TEMP.	HOURS	PERCENT
0	0	0.00%
2	0	0.00%
4	0	0.00%
6	0	0.00%
8	0	0.00%
10	0	0.00%
12	0	0.00%
14	0	0.00%
16	0	0.00%
18	3,080	71.20%
20	333	7.70%
22	376	8.70%
24	313	7.20%
26	185	4.30%
28	38	0.90%
30	2	0.00%
32	0	0.00%
34	0	0.00%
36	0	0.00%
38	0	0.00%
40	0	0.00%
42	0	0.00%
44	0	0.00%
46	0	0.00%
COMFORT	1,207	27.90%

■ 열손실 및 획득경로 (Passive Gains Breakdown)

건축물에서 발생한 에너지 손실/획득량과 발생 부위를 전체적으로 검토할 수 있으며 대안에 대해 에너지 분석을 수행하면서 변경되는 사항들을 체크하여야 한다. 에너지 손실 및 획득 비율(%)을 부위별로 계산하여 보여준다. 분석결과 열전도(Conduction)에 의한 에너지 손실이 큰 것으로 분석된다면, 단열재 보강, 벽체 두께 증가 등을 통해 보강하고, 창호 위치 및 크기 변경을 통해 환기(Ventilation)에 의한 열손실을 보완할 수 있음.

- 1번방



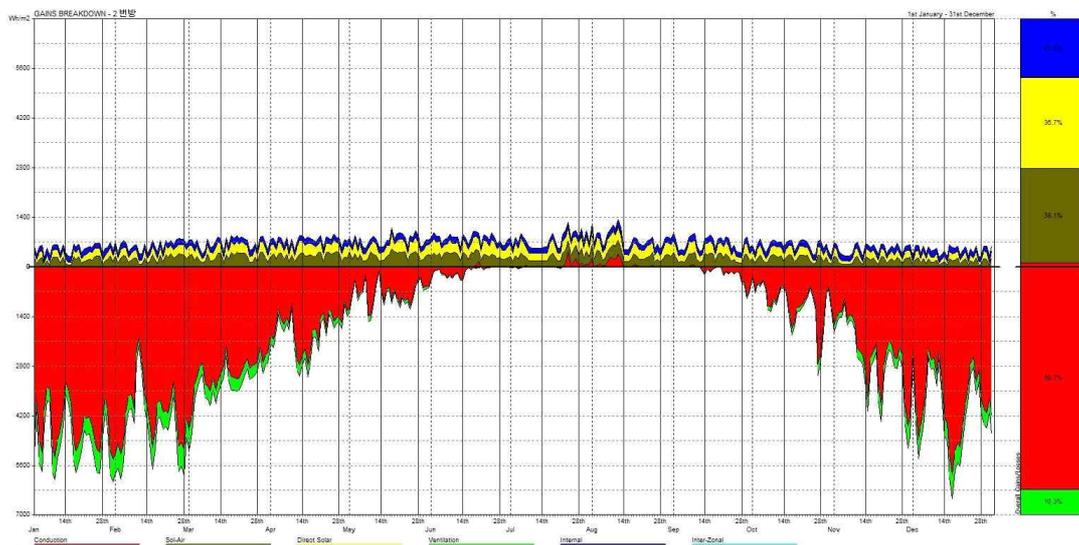
Passive Gains Breakdown - 1 번방

Passive Gains Breakdown Chart - 1 번방

GAINS BREAKDOWN - 1 번방
FROM: 1st January to 31st December

CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	89.50%	1.40%
SOL-AIR	0.00%	40.9%
SOLAR	0.00%	33.90%
VENTILATION	10.50%	0.20%
INTERNAL	0.00%	21.70%
INTER-ZONAL	0.00%	0.00%

- 2번방



Passive Gains Breakdown - 2 번방

Passive Gains Breakdown Chart – 2 번방

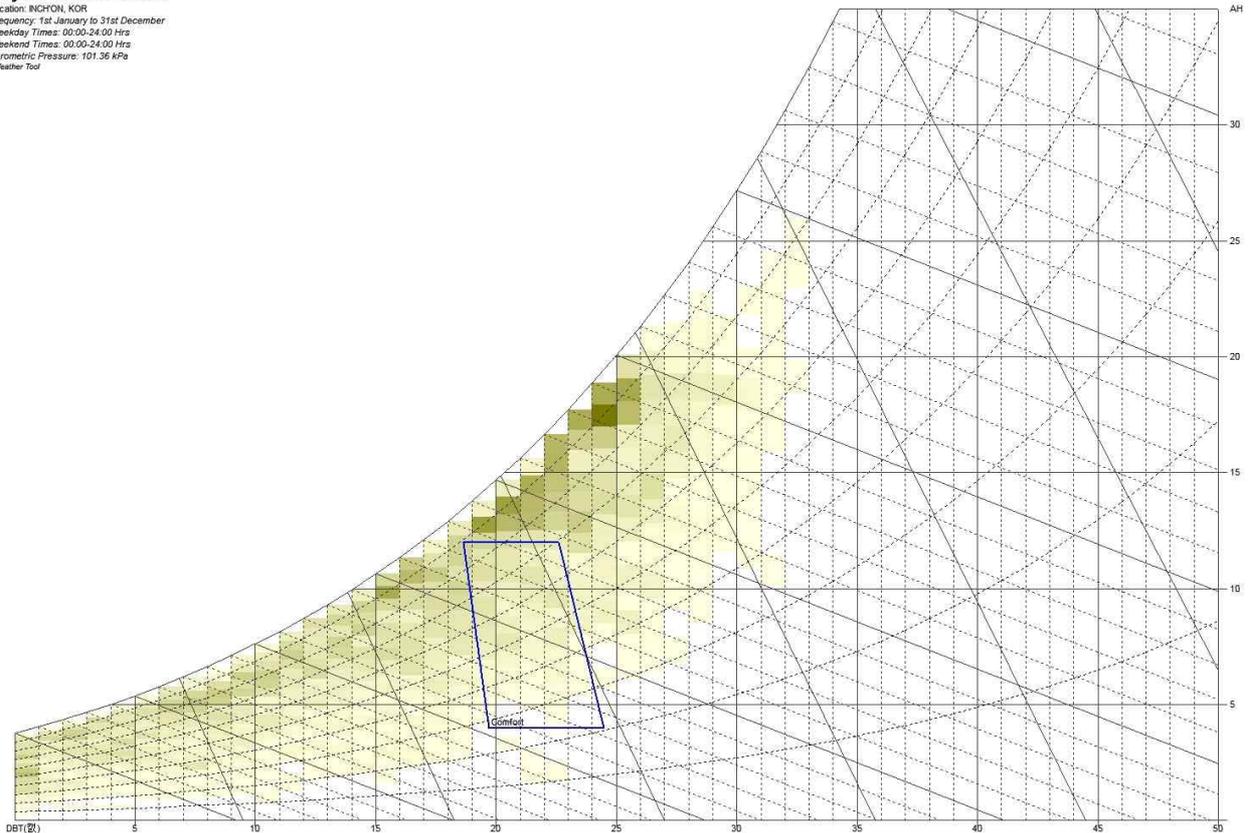
GAINS BREAKDOWN – 2 번방		
FROM: 1st January to 31st December		
CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	89.70%	1.50%
SOL-AIR	0.00%	38.10%
SOLAR	0.00%	36.70%
VENTILATION	10.30%	0.20%
INTERNAL	0.00%	23.50%
INTER-ZONAL	0.00%	0.00%

에너지 손실 및 획득 비율(%)을 부위별로 살펴보면 Fabric 즉, 건물의 기본구조에서 90% 대에 달하는 손실을 보이고 있으며 Ventilation(환기) 부분에서 10 %대의 손실을 보이고 있음
 대기중 공기에 의한 획득량은 40% 대에 이르고 있으며, 태양에 의한 획득률은 40% 대, 환기에 의한 획득은 1%대의 미비한 수준에 이르고 있으며, 내부공간에 의해 생기는 획득량은 30%대의 수준에 이르고 있음
 방1-2 사이에서 생기는 공간간의 획득량과 손실량은 전혀 없는 것으로 나타남
 건축 구조자체에서의 열 손실이 많이 발생하는 것을 알 수 있음

■ 패시브 디자인 지수 (Passive Adaptivity Index)

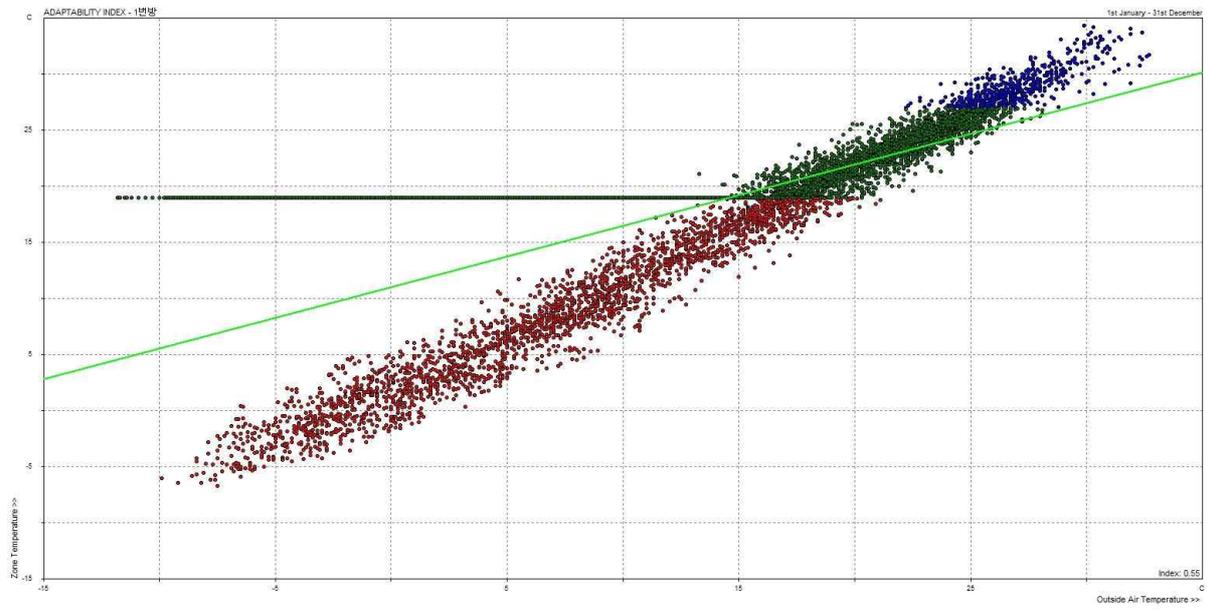
프로젝트 기후조건 범위에서 Psychrometric 도표를 이용하여 외기 온도와 쾌적 안에 들 수 있는 면적 비율을 계산하는 것임

Psychrometric Chart
 Location: INGHON, KOR
 Frequency: 1st January to 31st December
 Weekday Times: 00:00-24:00 Hrs
 Weekend Times: 00:00-24:00 Hrs
 Barometric Pressure: 101.36 kPa
 Weather Tool



Psychrometric Chart - Incheon

- 1번방



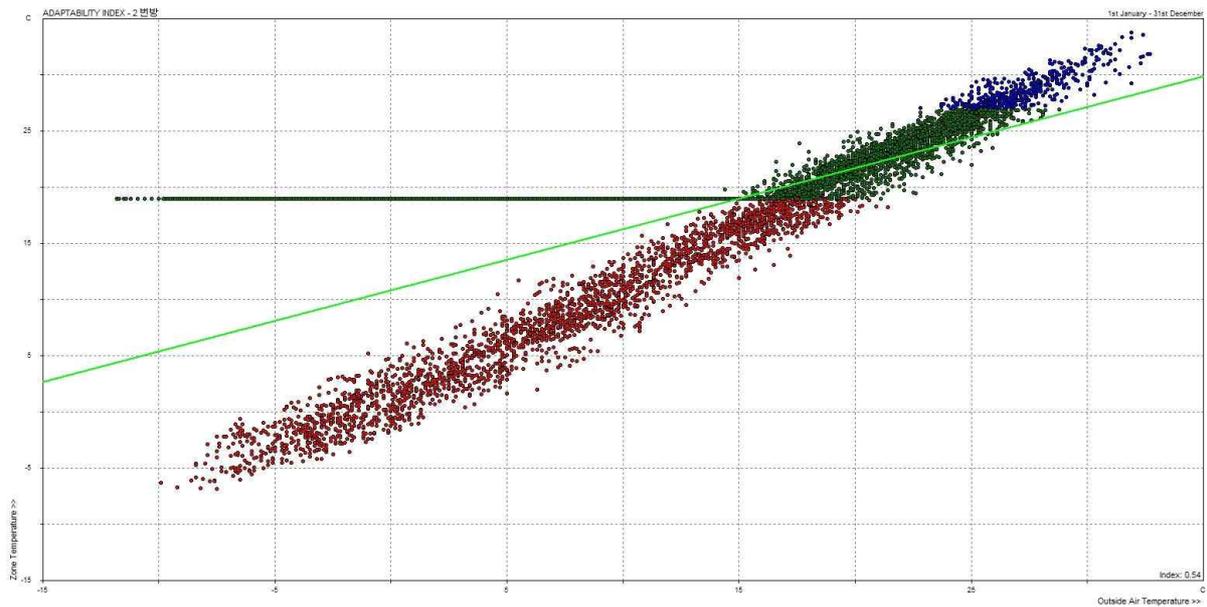
Passive Adaptivity Index - 1 번방

Passive Gains Breakdown Chart - 1 번방

ADAPTABILITY INDEX - 1 번방
FROM: 1st January to 31st December

Adaptability Index : 0.55

- 2번방



Passive Adaptivity Index - 2 번방

ADAPTABILITY INDEX - 1 번방
FROM: 1st January to 31st December

Adaptability Index : 0.54

분포된 Sample Point에서 내부 온도를 계산하고 계산된 내부 온도와 기후 데이터를 포함한 외기 온도를 그래프 상에 좌표로 표현하여, 평균 기울기를 산출하여 계산됨.

각 점들은 Sample Point를 의미하고 붉은색 부분은 난방부하가 걸리는 부분, 파란색 부분은 냉방부하가 요구되는 부분, 초록색은 쾌적온도 범위에 포함되는 부분임.

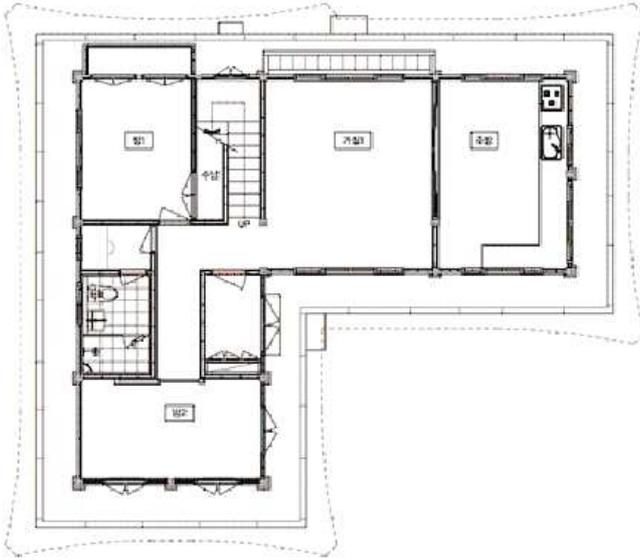
외기온도 변화에도 내부 온도가 일정하게 쾌적 범위 안에 있을수록 에너지 성능이 우수하다고 할 수 있으므로, 그래프의 기울기가 0에 가까우며, 초록색 점의 개수가 많을수록 패시브 디자인이 잘 된 것이라 평가할 수 있음.

일반적인 건물의 경우 냉·난방에 취약하여 외기 온도에 따라 내부 온도가 변하므로 Index는 1의 값에 가까우며, 0.85~1.0의 범위를 갖는 것이 일정한 값으로 볼 수 있음.

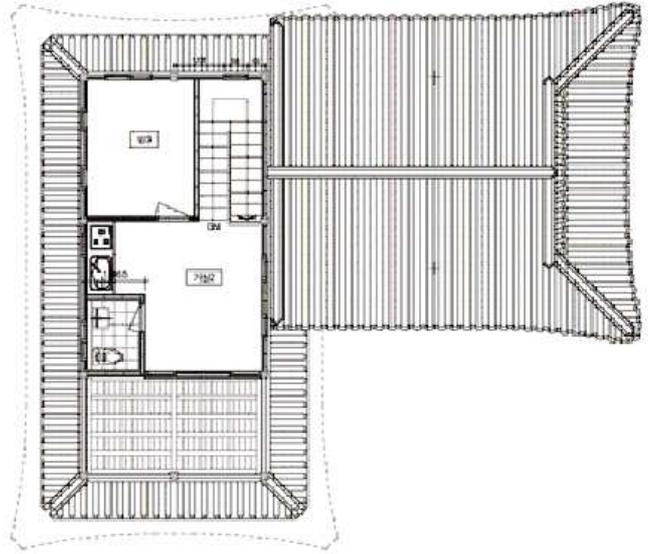
부위별 테스트동(일휴당)의 경우 적정한 기울기를 벗어나고 있으며 초록색 점 부분이 전체 부분에서 작은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. Index의 경우 방 1은 0.55, 방 2는 0.54로 적정한 패시브 범위인 0.85-1.0 보다 낮은 수치를 보이고 있으며 패시브 디자인의 정정이 요구됨.

4.5.2. 시공 및 성능테스트동

1) 시공 및 성능테스트동 도면 분석



시공 및 성능테스트동 1층



시공 및 성능테스트동 2층

시공 및 성능테스트동은 2층으로 구성되어 있으며 1층은 방1/방2, 거실1, 주방, 화장실, 현관으로 구성되어 있으며 2층은 방2, 거실2, 화장실로 구성되어 있다. 시공 및 성능테스트동은 전통적인 한옥 구성방식이 아닌 신한옥의 현대적인 결구방식과 재료로 구성되어있음.

벽체 재료 상세

외벽		내벽
<ul style="list-style-type: none"> 벽지마감(한지) THK9.5 석고보드 THK11 OSB 합판 THK140 미네랄울 단열재 2"x4" 각재@406 THK11 OSB 합판 Tyvek(방습지) THK18 OSB 띠장W=50@300(버티칼) THK6 시멘트보드 THK6 핸디코트 마감 	상세 도면	<ul style="list-style-type: none"> 벽지마감(한지) THK9.5 석고보드 THK9.5 석고보드 40x20 각파이프 THK9.5 석고보드 THK9.5 석고보드 벽지마감(한지)
<ul style="list-style-type: none"> 벽지마감(한지) THK9.5 석고보드 THK11 OSB 합판 THK140 미네랄울 단열재 2"x4" 각재@406 THK11 OSB 합판 Tyvek(방습지) THK18 OSB 띠장W=50@300(버티칼) THK6 시멘트보드 THK6 핸디코트 마감 		상세 재료

천정 재료 상세

천 정 (방1/방2)	
28×28 천정틀	
THK 28 단열재	
28×28 천정틀	
T9.5 G/B 1겹/천정지마감	

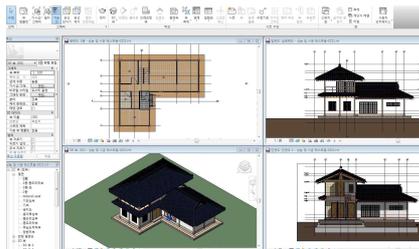
바닥 재료 상세

바 닥 (방1/방2)	
THK 8 강화마루	
THK 3 에너지폼	
THK 0.5 코튼망사발열재	
THK 5 친환경단열재	
THK 11 합판	
THK 18 OSB 합판	
2"×6"각재	

2) 시공 및 성능테스트동 시뮬레이션 구축



시공 및 성능테스트동

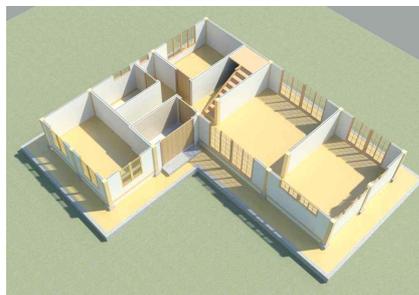


Revit 시공 및 성능테스트동 작업

신한옥 Mok-Up의 시공 및 성능테스트동의 시뮬레이션을 위한 건축부재의 파라메트릭을 구축한 후에 이를 바탕으로 건축물의 각 부재를 접합하여 부위별 성능 테스트동을 구축하게 되며 구축된 건축물은 환경 시뮬레이션 프로그램으로 성능테스트를 하기 위한 범용 파일인 gbXML 파일로 변환하는 과정을 거침.

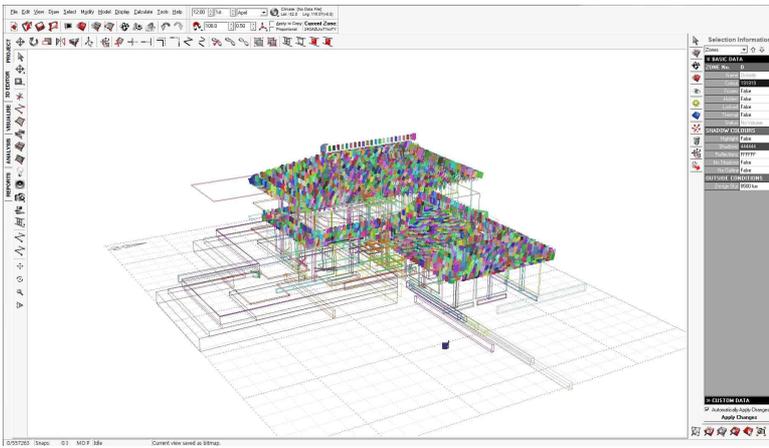


Revit 시공 및 성능테스트동 단면작업

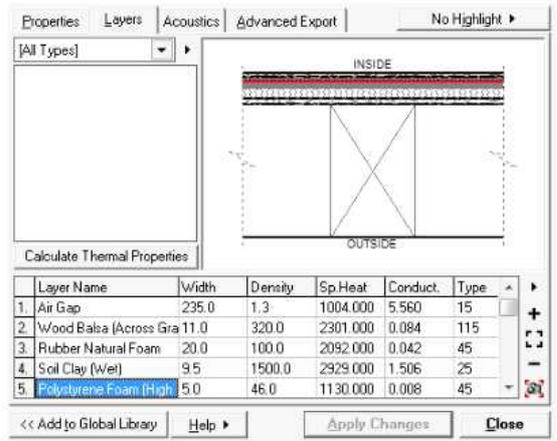


Revit 시공 및 성능테스트동 평면 작업

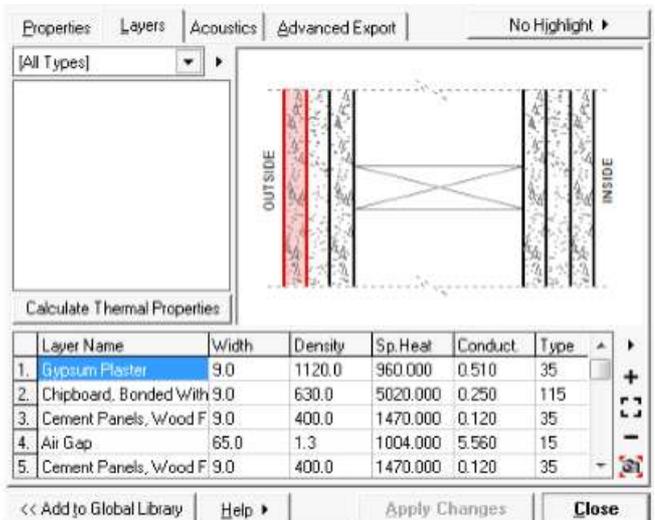
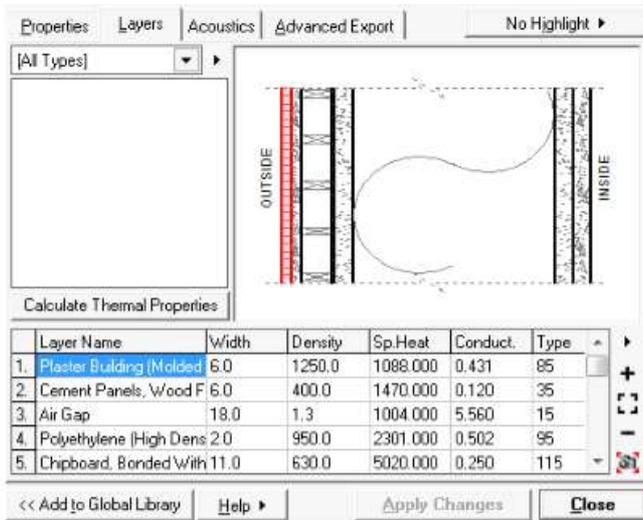
시공 및 성능테스트동의 재료는 실제 재료와 근사한 재료로 계획되었다. 시뮬레이션 프로그램의 특성 상 재료는 기존 건축 재료를 기준으로 하기 때문에 새롭게 개발된 건축 재료는 유사한 건축 재료를 선택하여 재료의 매개변수를 근사 값으로 입력하여 재료속성을 유지하였음. (Ecotect 2011 기준)



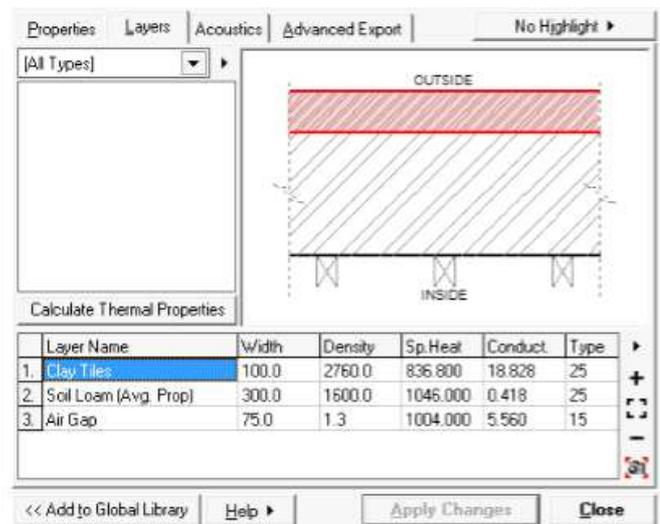
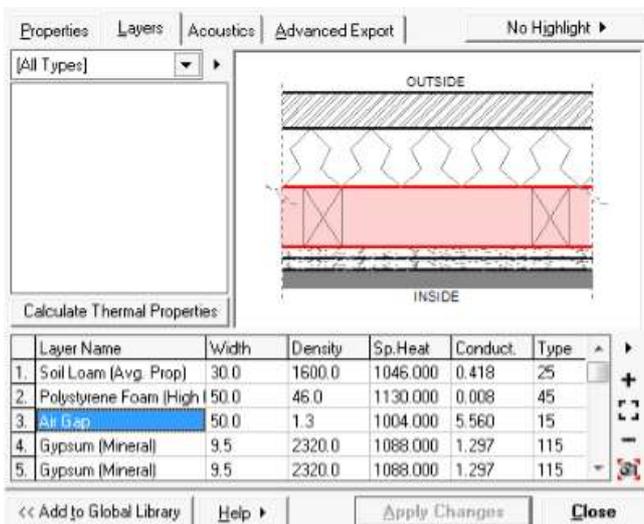
Revit 시공 및 성능테스트용 gbXML 파일변환



천정재료

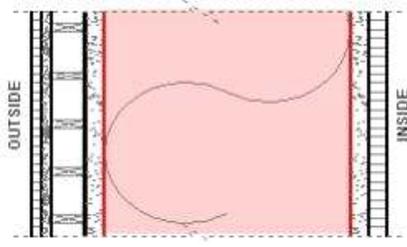
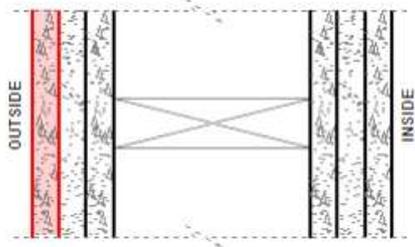


외벽 및 내벽재료

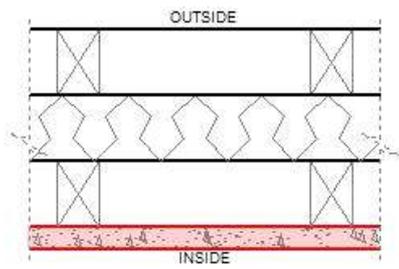


바닥 및 지붕재료

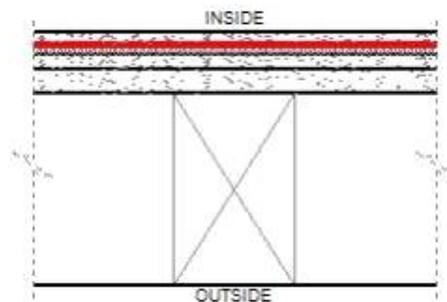
벽체 재료 입력

외벽			내벽	
		상세		
Plaster Building (Molded Dry)	THK 6		Plaster, Lightweight Aggregate	THK 6
Cement Fibreboard, Magnesium	THK 6	내부	Cement Panels, Wood Fibres	THK 9.5
Air Gap (Stud Work)	THK 18		Cement Panels, Wood Fibres	THK 9.5
Polyethylene (High Density)	THK 1.0		Air Gap (Stud Work)	THK 50
Wood Chip Board, Cement Bonded	THK 11		Cement Panels, Wood Fibres	THK 9.5
Stone Chippings For Roofs	THK 140	외부	Cement Panels, Wood Fibres	THK 9.5
Wood Chip Board, Cement Bonded	THK 11		Plaster, Lightweight Aggregate	THK 6
Plaster Building (Molded Dry)	THK 10			

천정 재료 입력

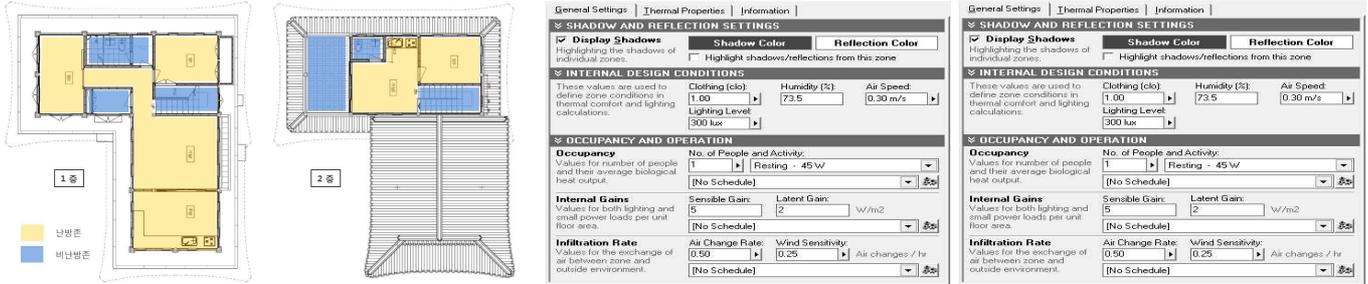
천 정		
Air Gap (Stud Work)	THK 28	
Insulation - Glass Fibre Quilt	THK 28	
Air Gap (Stud Work)	THK 28	
Plaster Ceiling Tiles	THK 9.5	

바닥 재료 입력

바 닥		
Wood Pine (With Grain)	THK 8	
Stone Chippings For Roofs	THK 3	
Wool, Resin Bonded	THK 0.5	
Polystyrene Foam (High Density)	THK 5	
Wood Fibres, Compressed	THK 11	
Wood Chip Board, Cement Bonded	THK 18	
Air Gap (Stud Work)	THK 140	

3) 시뮬레이션 내부 조건설정 (Zone Property / Management)

실 내부의 성능을 측정하기 위한 시뮬레이션을 실시하기 위하여 내부 생활조건과 내부 조건과 관계된 모든 사항들을 설정해줘야 한다. 이 설정 조건에 따라서 시뮬레이션 성능은 달라지기 때문에 이러한 조건들을 바르게 설정하여야 하며 지역은 용인지역의 기상데이터가 없는 관계로 인천을 기준으로 설정하였음.



난방존과 비난방존

부위별 성능 테스트용 gbXML 파일변환

시뮬레이션 외부조건

		연간 평가 기준	
공통기준		Latitude : 37.5 / Longitude :126.6/ Altitude 70.0 / Time Zone : +9.0 hrs	
1. 기준일		6월 21일 (하지)	12월 22일 (동지)
2. 기준시간		14:00	14:00
3. 태양고도		78도 37분 69초	31도 40분 36초
4. 온도		27.2 °C	- 1.2 °C
5. 풍속		2.1 m/s	2.0 m/s
7. 지중온도	0.2m	23.0 °C	5.8 °C
	0.5m	21.5 °C	8.7 °C
	1.0m	19.3 °C	11.5 °C
8. 상대습도		75.1%	71.7%
9. 환기회수		0.5회	0.5회
10. Solar Intensity (W/m ²)		902.1490	794.6274
11. Clo (의복)		0.054 m ² k/w	0.133 m ² k/w

시뮬레이션 내부조건

Humidity	72.5%		
Air Speed	0.50 m/s (Pleasant Breeze)		
Light Level	300 lux		
Clothing	Trousers and T-shirts		
Occupancy	2 People, Resting (45W)		
Internal Gains (lighting and power loads)	Sensible Gain (5 w/m2)		
	Latent Gain (2 w/m2)		
Infiltration Rate	Air change Rate	Well Sealed (0.50 ac/h),	
	Wind Sensitivity	Reasonable Protected (0.25 ac/h)	
Type of System	Heating Only (Efficiency 95%)		
	Comfort Band		18.0 C – 26.0 C
Hours of Operation	Weekdays	21:00 – 06:00	Weekend
			22:00 – 08:00

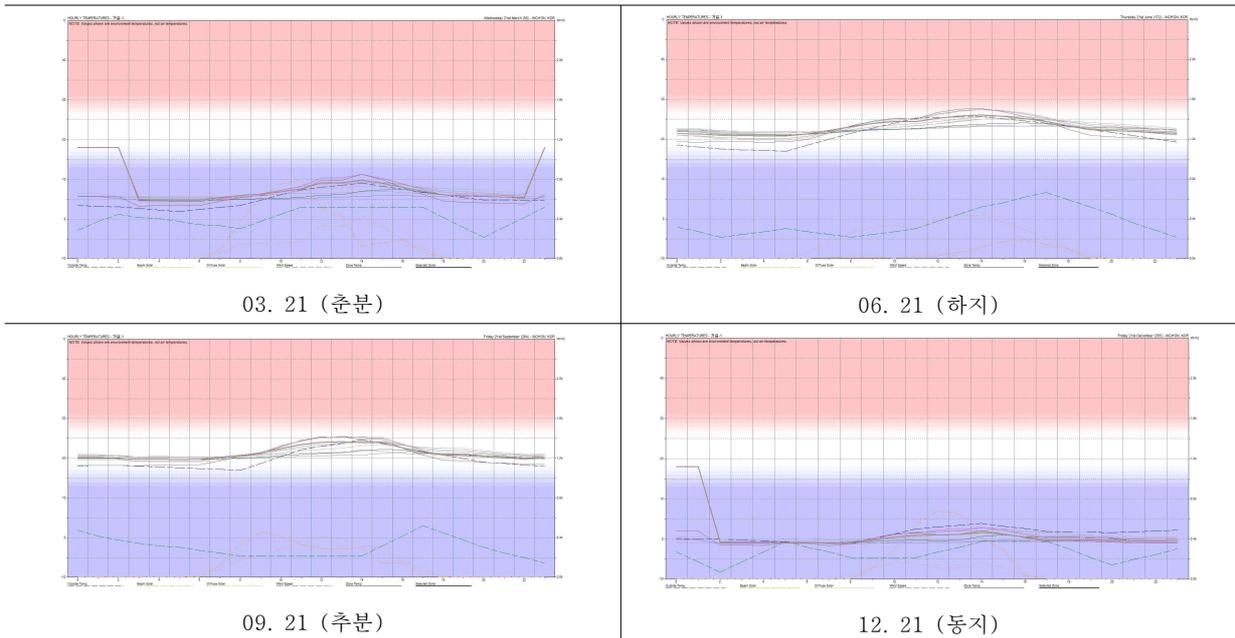
4) 시뮬레이션 평가 (Thermal Analysis/열 분석)

■ 실내 온도 분포 (Hourly Temperature)

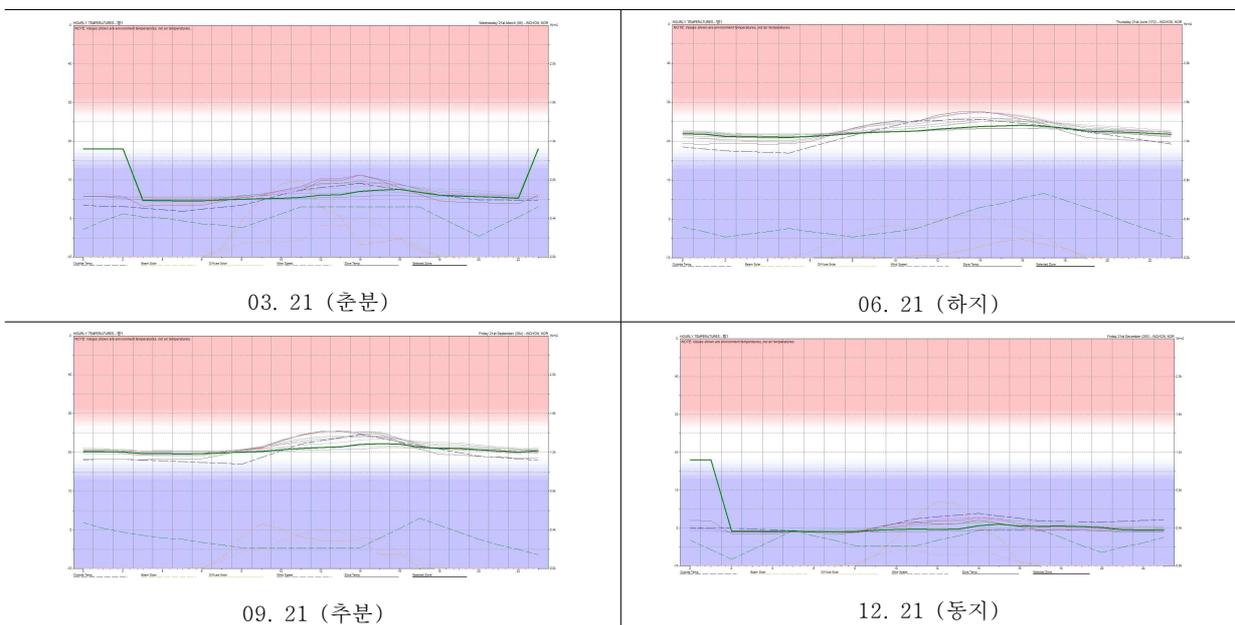
지정한 날짜에 대한 매 시간 온도 변화를 그래프로 알려주며 기후 데이터에 제시된 외기 온도에 대한 모델의 내부 온도를 표시하고, 매시간 온도차를 계산하여 그래프로 나타냄. 외기온도, 일사, 기류 등 외부기후에 관한 정보가 동시 표현되며 지정한 Zone에 대한 열환경을 온도 변화로 알아볼 수 있음

각 실의 시간당 온도 측정파일로서 1년 측정을 춘분, 하지, 추분, 동지를 기준일인 21일을 기준으로 측정하였음.

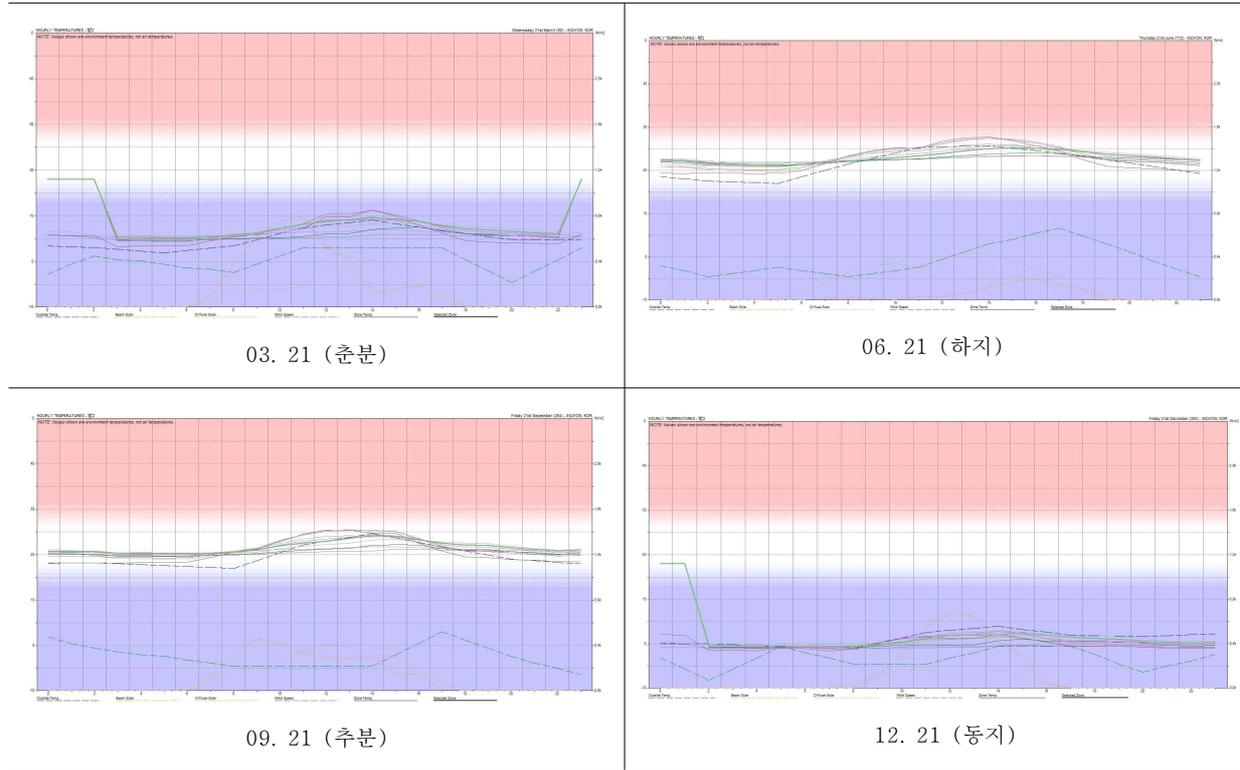
거실1



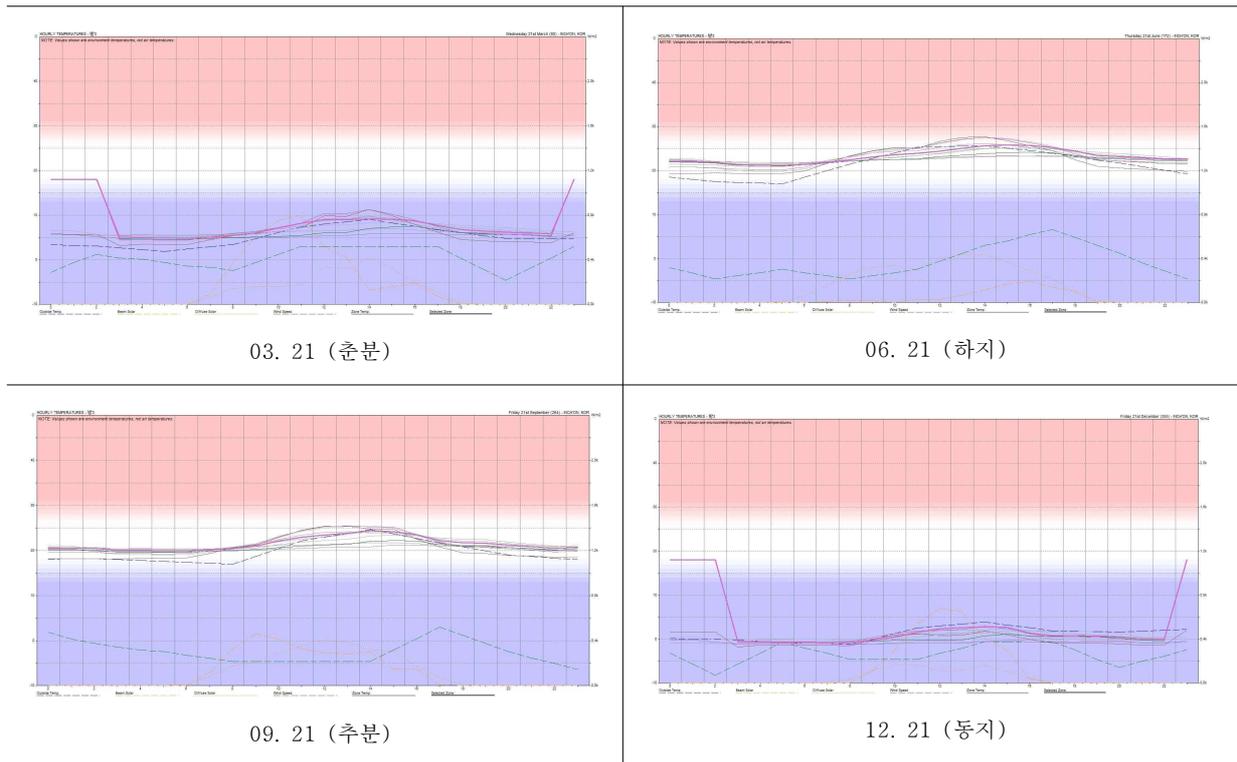
방1



방2



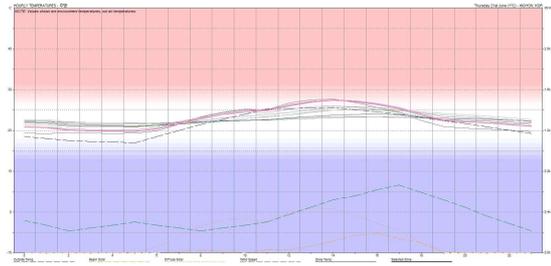
방3



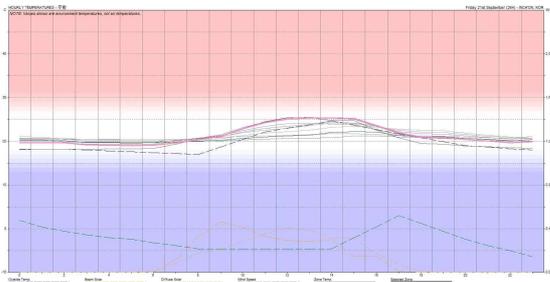
주방



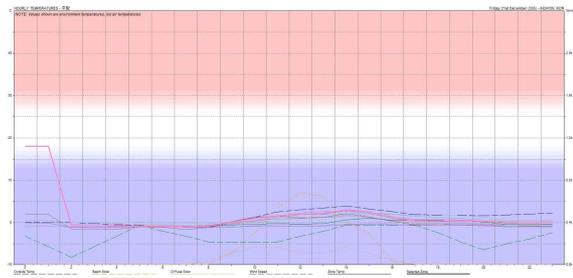
03. 21 (춘분)



06. 21 (하지)

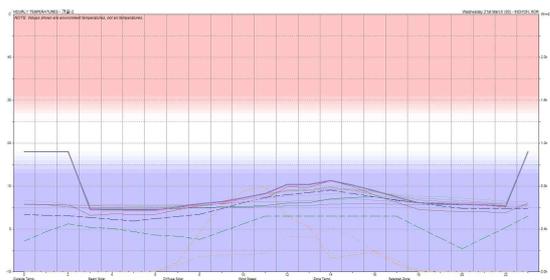


09. 21 (추분)

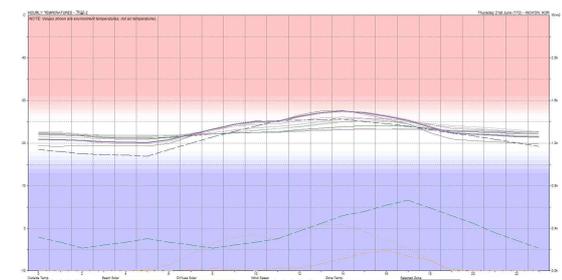


12. 21 (동지)

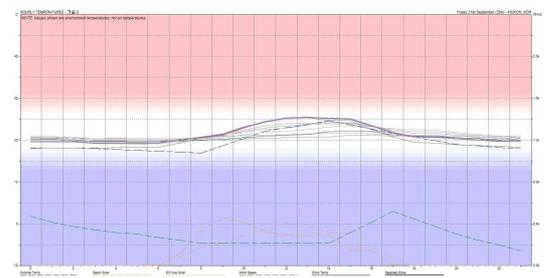
거실2



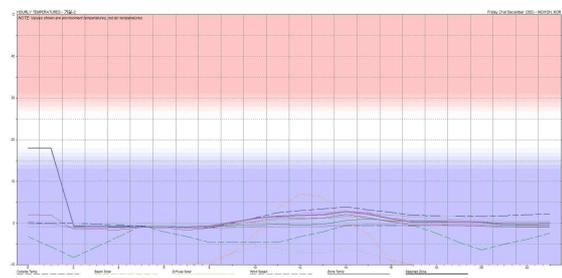
03. 21 (춘분)



06. 21 (하지)

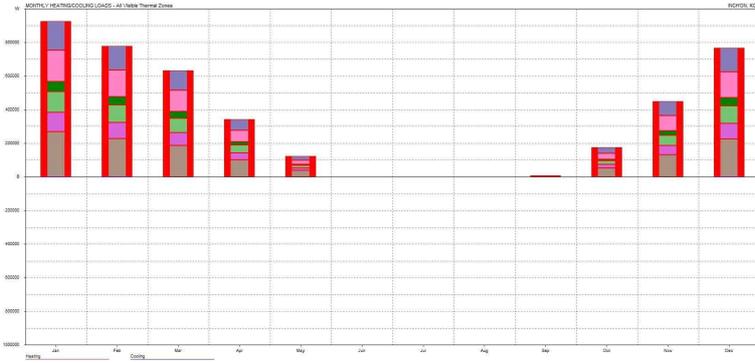


09. 21 (추분)



12. 21 (동지)

■ 월별 에너지 사용량 (Monthly Heating/Cooling Loads)

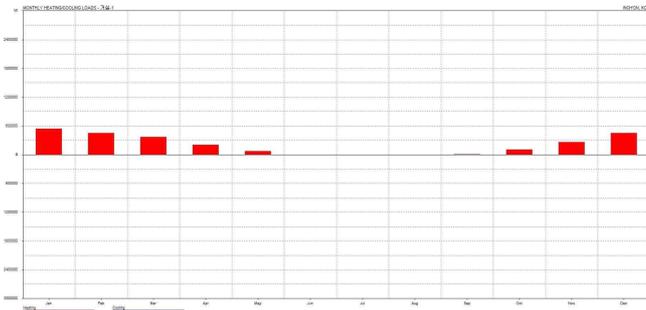


월별 에너지사용량

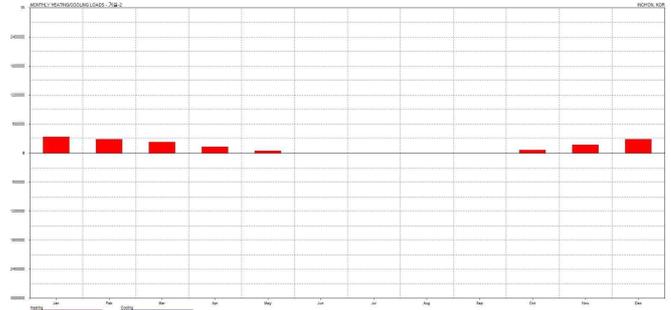
월별 에너지 사용량 측정으로 부위별 성능 테스트 동은 겨울철 난방 설비를 사용하며 여름철은 냉방장치를 사용하지 않는 것으로 판단하여 측정하였음.

진적/간접 일사 획득량, 음영, 내부발열량, 건물 사용량 등에 대한 정보와 기후 데이터를 바탕으로 선택한 공간에 대한 냉·난방 부하량을 계산하여 HVAC에 대한 데이터를 파악할 수 있음.

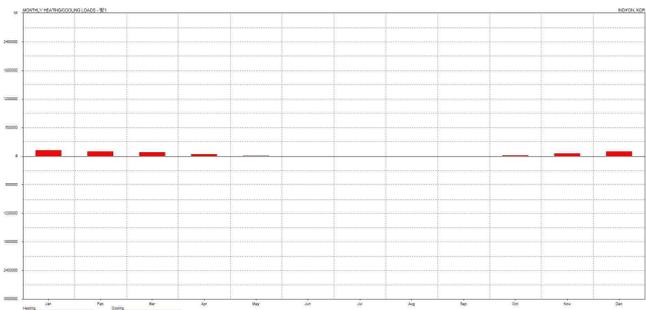
월별 에너지 사용량을 통한 연간 에너지 사용량을 측정함으로써 건축물의 냉·난방 에너지량과 사용전기 에너지량을 측정하게 된다. 프로그램의 특성상 냉·난방 에너지량은 전기에너지로 환산하여 측정하였음.



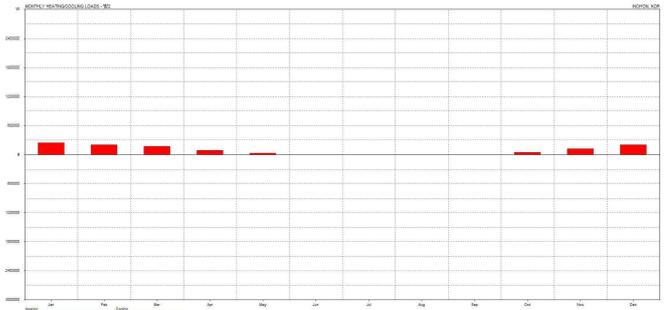
거실1-에너지사용량



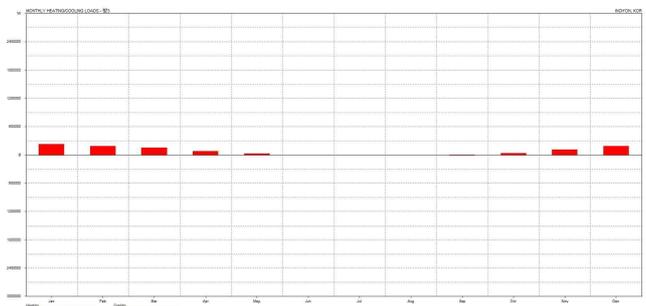
거실2-에너지사용량



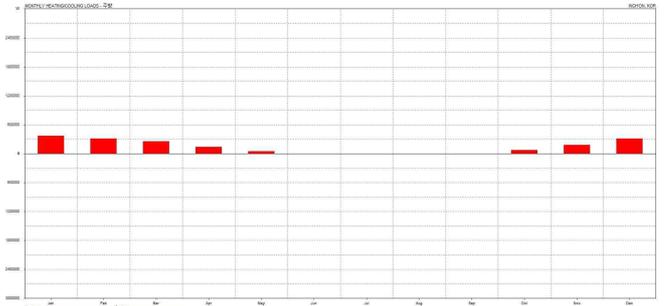
방1-에너지사용량



방2-에너지사용량



방3-에너지사용량



주방-에너지사용량

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

All Visible Thermal Zones
Comfort: Zonal Bands

Max Heating: 20792 W at 02:00 on 16th December
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	1847439	1906	1849345
Feb	1547937	1535	1549473
Mar	1252847	1156	1254002
Apr	676410	484	676893
May	231061	61	231122
Jun	1974	0	1974
Jul	84	0	84
Aug	148	0	148
Sep	13799	0	13799
Oct	346779	154	346933
Nov	900504	805	901309
Dec	1534304	1501	1535805
TOTAL	8353286	7603	8360888
PER M?	79560	72	79632
Floor Area:	104.994 m2		

월별 에너지사용량

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: 거실-1
Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
Thermostat Settings: 18.0 - 26.0 C

Max Heating: 5968 W at 02:00 on 16th December
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	538829	0	538829
Feb	452358	0	452358
Mar	367662	0	367662
Apr	201701	0	201701
May	71846	0	71846
Jun	752	0	752
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	4547	0	4547
Oct	104676	0	104676
Nov	264795	0	264795
Dec	448242	0	448242
TOTAL	2455398	0	2455398
PER M?	84692	0	84692
Floor Area:	28.992 m2		

거실1-에너지사용량

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: 거실-2
Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
Thermostat Settings: 18.0 - 26.0 C

Max Heating: 3788 W at 02:00 on 16th December
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	340487	0	340487
Feb	285681	0	285681
Mar	233231	0	233231
Apr	128492	0	128492
May	46704	0	46704
Jun	603	0	603
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	3007	0	3007
Oct	68035	0	68035
Nov	168441	0	168441
Dec	284028	0	284028
TOTAL	1558710	0	1558710
PER M?	112754	0	112754
Floor Area:	13.824 m2		

거실2-에너지사용량

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: 방1
Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
Thermostat Settings: 18.0 - 26.0 C

Max Heating: 1379 W at 02:00 on 16th December
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	120234	0	120234
Feb	100042	0	100042
Mar	78955	0	78955
Apr	38925	0	38925
May	9736	0	9736
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	404	0	404
Oct	16805	0	16805
Nov	54917	0	54917
Dec	98881	0	98881
TOTAL	518899	0	518899
PER M?	51478	0	51478
Floor Area:	10.080 m2		

방1-에너지사용량

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: 방2
Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
Thermostat Settings: 18.0 - 26.0 C

Max Heating: 2839 W at 02:00 on 16th December
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	249332	0	249332
Feb	209042	0	209042
Mar	168390	0	168390
Apr	89788	0	89788
May	30110	0	30110
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	1539	0	1539
Oct	45151	0	45151
Nov	121032	0	121032
Dec	206898	0	206898
TOTAL	1121282	0	1121282
PER M?	96579	0	96579
Floor Area:	11.610 m2		

방2-에너지사용량

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

Zone: 방3
Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
Thermostat Settings: 18.0 - 26.0 C

Max Heating: 2567 W at 02:00 on 16th December
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	225417	0	225417
Feb	188656	0	188656
Mar	152338	0	152338
Apr	81834	0	81834
May	27087	0	27087
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	1508	0	1508
Oct	42054	0	42054
Nov	109680	0	109680
Dec	186847	0	186847
TOTAL	1015421	0	1015421
PER M?	100736	0	100736
Floor Area:	10.080 m2		

방3-에너지사용량

MONTHLY HEATING/COOLING LOADS

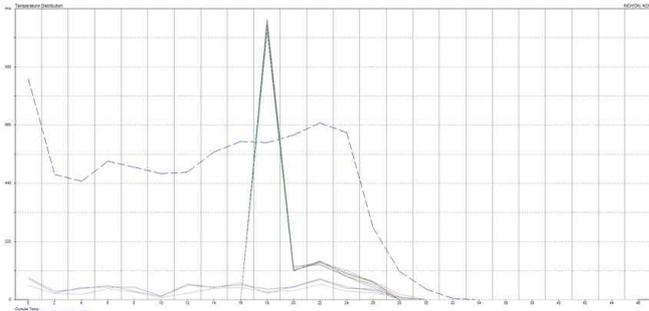
Zone: 주방
Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
Thermostat Settings: 18.0 - 26.0 C

Max Heating: 4250 W at 02:00 on 16th December
Max Cooling: 0.0 C - No Cooling.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	373140	0	373140
Feb	312156	0	312156
Mar	252272	0	252272
Apr	135669	0	135669
May	45576	0	45576
Jun	619	0	619
Jul	0	0	0
Aug	0	0	0
Sep	2790	0	2790
Oct	70058	0	70058
Nov	181648	0	181648
Dec	309408	0	309408
TOTAL	1683338	0	1683338
PER M?	106271	0	106271
Floor Area:	15.840 m2		

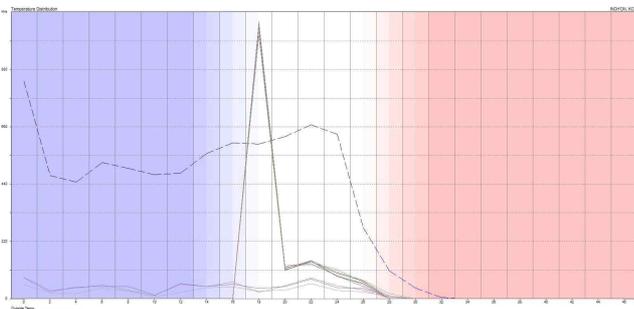
주방-에너지사용량

■ 연간 온도 분포 누적시간 (Annual Temperature Distribution)

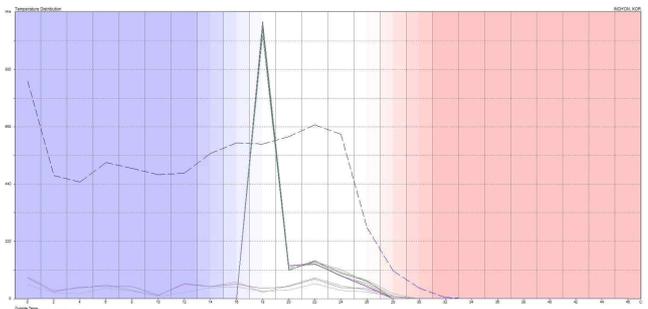


단열 요구량 및 축열 효과등 Passive System에 관한 정보를 통계분석으로 표현하며 연간 기준으로 온도별 해당 시간을 누적하여 그래프로 표시, 각 온도의 시간 비중을 나타낸 것이며, 연간 건물 사용 시간 동안 쾌적 범위에 몇 시간 정도 분포하는지 알 수 있음.

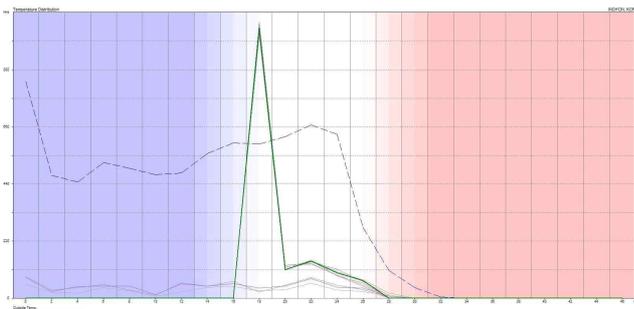
연간 온도 분포 누적시간



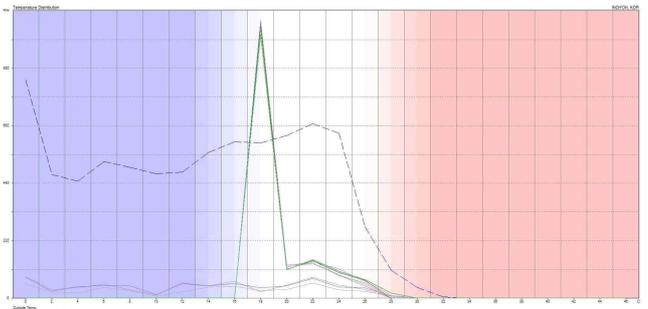
거실1



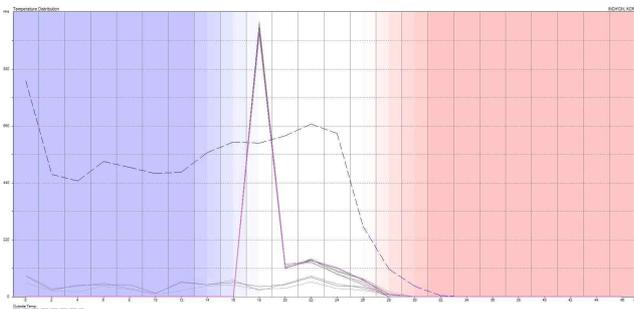
거실2



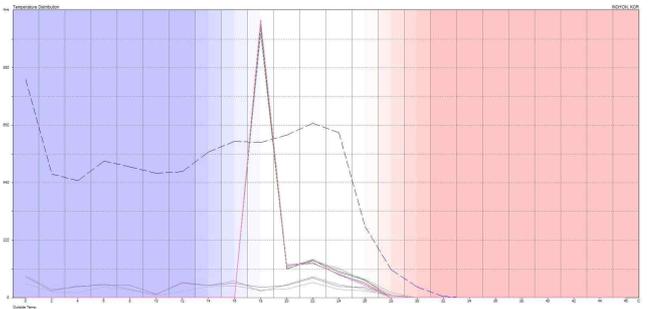
방1



방2



방3



주방

거실-1
 Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
 Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
 In Comfort: 1460 Hrs (100.0%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	0	0.0%
6.0	0	0.0%
8.0	0	0.0%
10.0	0	0.0%
12.0	0	0.0%
14.0	0	0.0%
16.0	0	0.0%
18.0	1051	72.0%
20.0	118	8.1%
22.0	145	9.9%
24.0	87	6.0%
26.0	59	4.0%
28.0	0	0.0%
30.0	0	0.0%
32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1460	100.0%

거실1-온도분포

거실-2
 Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
 Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
 In Comfort: 1460 Hrs (100.0%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	0	0.0%
6.0	0	0.0%
8.0	0	0.0%
10.0	0	0.0%
12.0	0	0.0%
14.0	0	0.0%
16.0	0	0.0%
18.0	1063	72.8%
20.0	127	8.7%
22.0	135	9.2%
24.0	88	6.0%
26.0	47	3.2%
28.0	0	0.0%
30.0	0	0.0%
32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1460	100.0%

거실2-온도분포

방1
 Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
 Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
 In Comfort: 1460 Hrs (100.0%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	0	0.0%
6.0	0	0.0%
8.0	0	0.0%
10.0	0	0.0%
12.0	0	0.0%
14.0	0	0.0%
16.0	0	0.0%
18.0	1040	71.2%
20.0	110	7.5%
22.0	144	9.9%
24.0	98	6.7%
26.0	68	4.7%
28.0	0	0.0%
30.0	0	0.0%
32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1460	100.0%

방1-온도분포

방2
 Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
 Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
 In Comfort: 1439 Hrs (98.6%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	0	0.0%
6.0	0	0.0%
8.0	0	0.0%
10.0	0	0.0%
12.0	0	0.0%
14.0	0	0.0%
16.0	0	0.0%
18.0	1008	69.0%
20.0	109	7.5%
22.0	148	10.1%
24.0	103	7.1%
26.0	71	4.9%
28.0	21	1.4%
30.0	0	0.0%
32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1439	98.6%

방2-온도분포

방3
 Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
 Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
 In Comfort: 1448 Hrs (99.2%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	0	0.0%
6.0	0	0.0%
8.0	0	0.0%
10.0	0	0.0%
12.0	0	0.0%
14.0	0	0.0%
16.0	0	0.0%
18.0	1019	69.8%
20.0	112	7.7%
22.0	140	9.6%
24.0	112	7.7%
26.0	65	4.5%
28.0	12	0.8%
30.0	0	0.0%
32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1448	99.2%

방3-온도분포

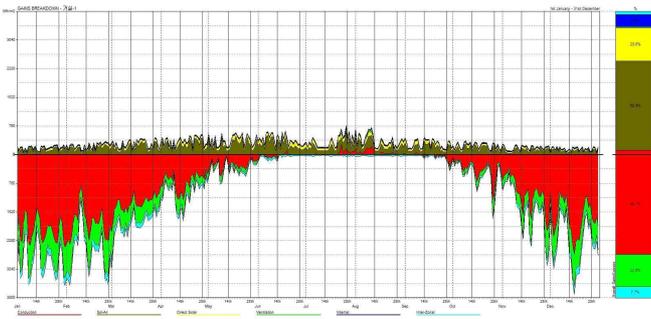
주방
 Operation: Weekdays 22-02, Weekends 22-02.
 Comfort Band: 18.0 - 26.0 C
 In Comfort: 1460 Hrs (100.0%)

TEMP.	HOURS	PERCENT
0.0	0	0.0%
2.0	0	0.0%
4.0	0	0.0%
6.0	0	0.0%
8.0	0	0.0%
10.0	0	0.0%
12.0	0	0.0%
14.0	0	0.0%
16.0	0	0.0%
18.0	1061	72.7%
20.0	123	8.4%
22.0	131	9.0%
24.0	91	6.2%
26.0	54	3.7%
28.0	0	0.0%
30.0	0	0.0%
32.0	0	0.0%
34.0	0	0.0%
36.0	0	0.0%
38.0	0	0.0%
40.0	0	0.0%
42.0	0	0.0%
44.0	0	0.0%
46.0	0	0.0%
COMFORT	1460	100.0%

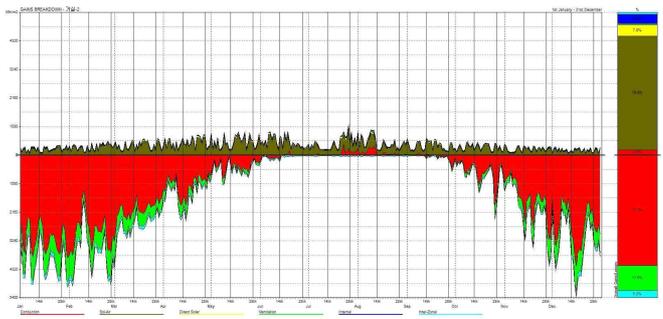
주방-온도분포

■ 열손실 및 획득경로 (Passive Gains Breakdown)

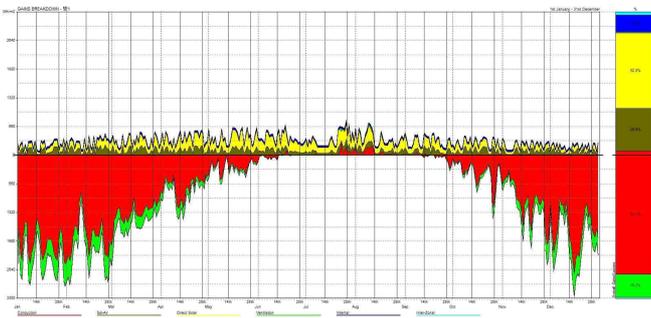
건축물에서 발생한 에너지 손실/획득량과 발생 부위를 전체적으로 검토할 수 있으며 대안에 대해 에너지 분석을 수행하면서 변경되는 사항들을 체크하여야 한다. 에너지 손실 및 획득 비율(%)을 부위별로 계산하여 보여준다. 분석결과 열전도(Conduction)dp 의한 에너지 손실이 큰 것으로 분석된다면, 단열재 보강, 벽체 두께 증가 등을 통해 보강하고, 창호 위치 및 크기 변경을 통해 환기(Ventilation)에 의한 열손실을 보완할 수 있음.



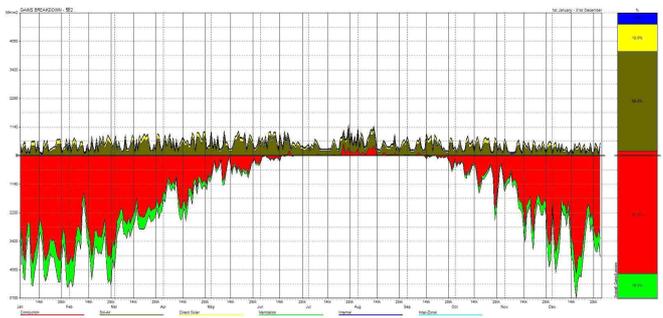
거실1



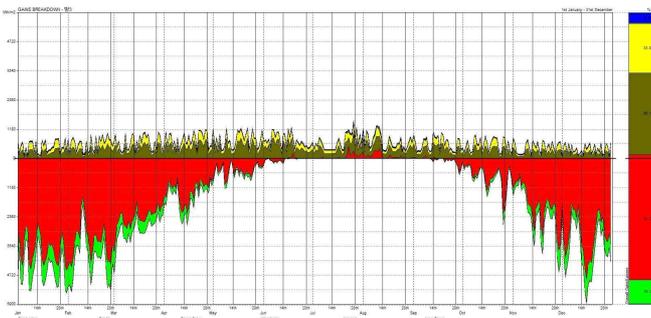
거실2



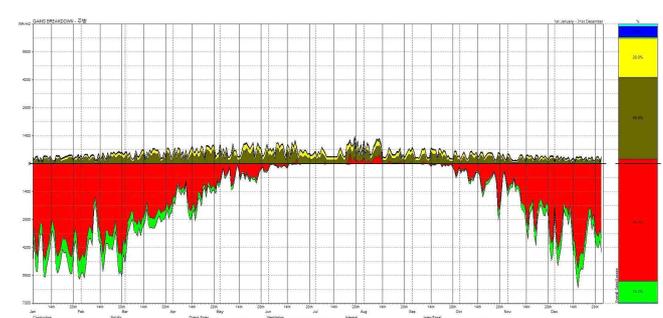
방1



방2



방3



주방

GAINS BREAKDOWN - 거실-1
FROM: 1st January to 31st December

CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	69.7%	2.9%
SOL-AIR	0.0%	62.4%
SOLAR	0.0%	23.0%
VENTILATION	22.6%	1.0%
INTERNAL	0.0%	8.4%
INTER-ZONAL	7.7%	2.4%

GAINS BREAKDOWN - 거실-2
FROM: 1st January to 31st December

CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	77.3%	3.6%
SOL-AIR	0.0%	79.9%
SOLAR	0.0%	7.8%
VENTILATION	17.6%	0.8%
INTERNAL	0.0%	6.6%
INTER-ZONAL	5.2%	1.3%

GAINS BREAKDOWN - 방1
FROM: 1st January to 31st December

CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	83.1%	2.6%
SOL-AIR	0.0%	29.9%
SOLAR	0.0%	52.8%
VENTILATION	16.2%	0.5%
INTERNAL	0.0%	11.9%
INTER-ZONAL	0.7%	2.2%

GAINS BREAKDOWN - 방2
FROM: 1st January to 31st December

CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	82.8%	3.1%
SOL-AIR	0.0%	69.8%
SOLAR	0.0%	18.9%
VENTILATION	16.8%	0.6%
INTERNAL	0.0%	7.3%
INTER-ZONAL	0.4%	0.3%

GAINS BREAKDOWN - 방3
FROM: 1st January to 31st December

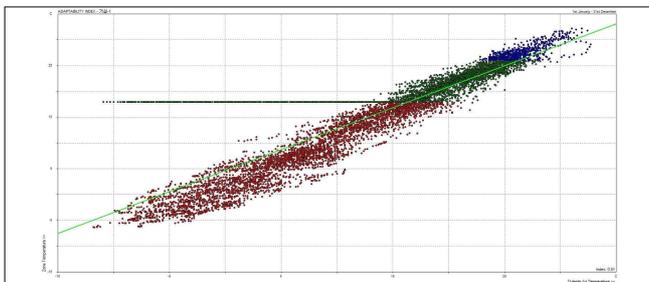
CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	83.2%	2.5%
SOL-AIR	0.0%	56.1%
SOLAR	0.0%	33.8%
VENTILATION	16.3%	0.5%
INTERNAL	0.0%	6.4%
INTER-ZONAL	0.5%	0.6%

GAINS BREAKDOWN - 주방
FROM: 1st January to 31st December

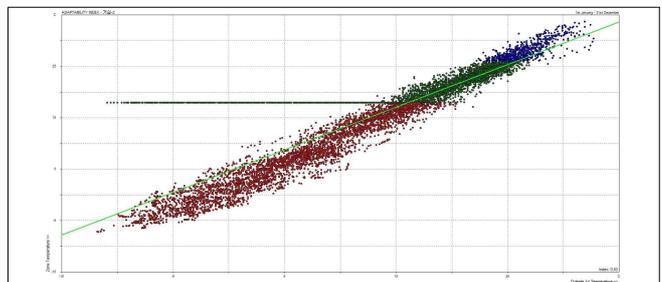
CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	84.1%	3.2%
SOL-AIR	0.0%	58.8%
SOLAR	0.0%	28.0%
VENTILATION	15.3%	0.6%
INTERNAL	0.0%	7.7%
INTER-ZONAL	0.7%	1.7%

■ 패시브 디자인 지수 (Passive Adaptivity Index)

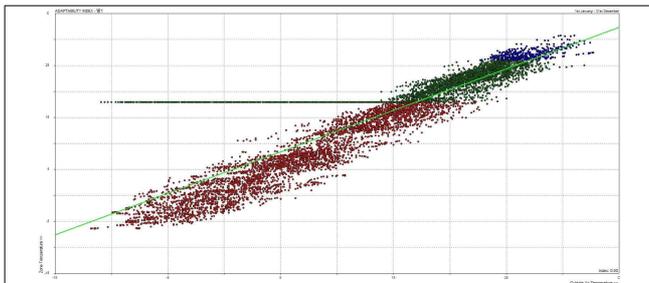
프로젝트 기후조건 범위에서 Psychrometric 도표를 이용하여 외기 온도와 쾌적범위 안에 들수 있는 면적 비율을 계산하는 것임



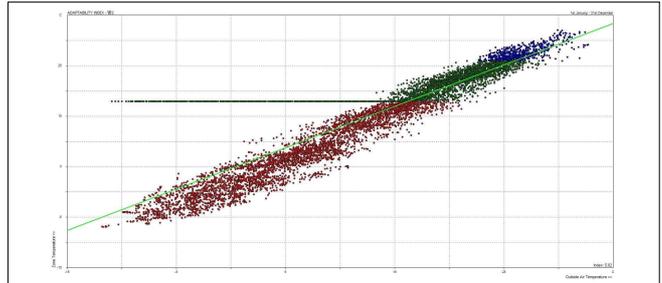
ADAPTABILITY INDEX - 거실1
FROM: 1st January to 31st December
Adaptability Index : 0.81



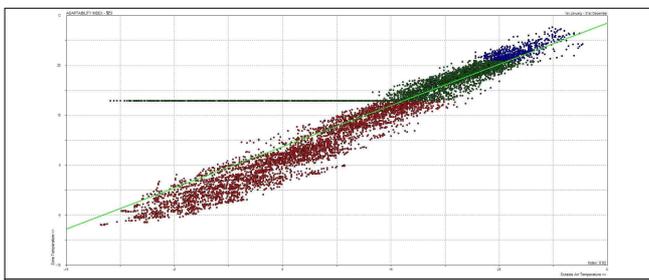
ADAPTABILITY INDEX - 거실2
FROM: 1st January to 31st December
Adaptability Index : 0.83



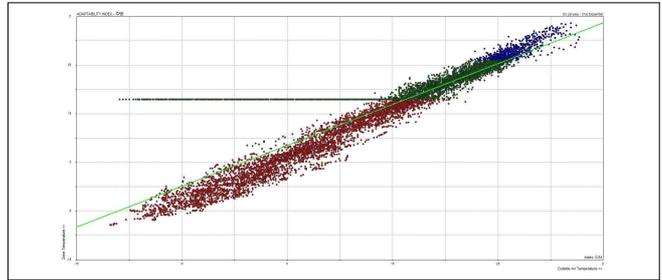
ADAPTABILITY INDEX - 방1
FROM: 1st January to 31st December
Adaptability Index : 0.83



ADAPTABILITY INDEX - 방2
FROM: 1st January to 31st December
Adaptability Index : 0.82



ADAPTABILITY INDEX - 방3
FROM: 1st January to 31st December
Adaptability Index : 0.82



ADAPTABILITY INDEX - 주방
FROM: 1st January to 31st December
Adaptability Index : 0.84

4.6. 한옥의 성능기준 제안

(1) 연구 목표 및 내용

가) 연구 목표

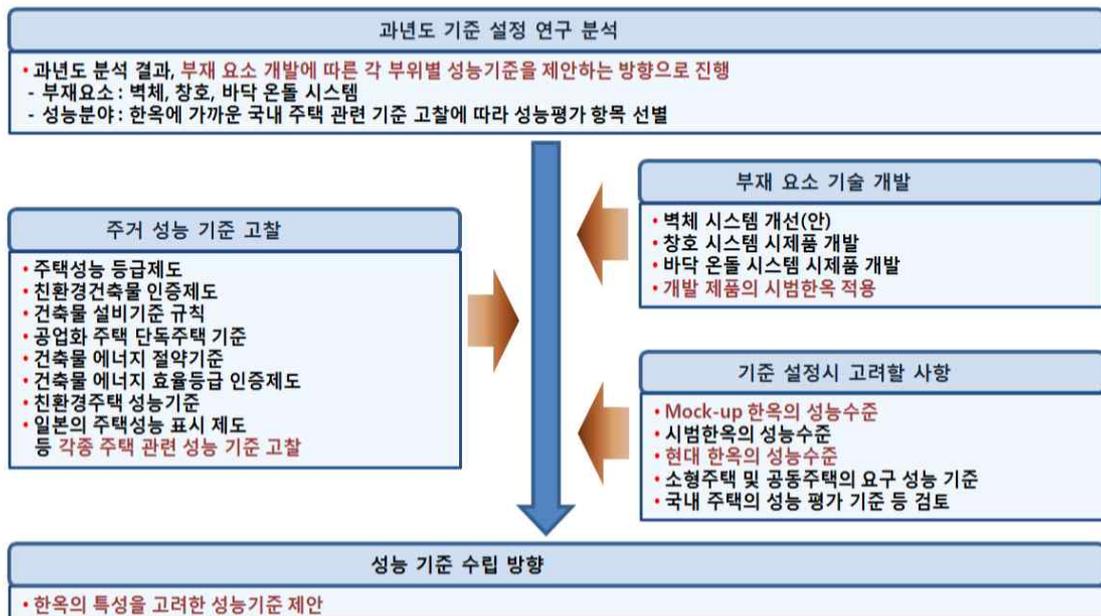
- ① 한옥의 전통적 시공방법과 재료의 한계 극복
- ② 전통 한옥의 가치 계승 및 현대 주택 수준의 성능 확보
- ③ 한옥 보급 확산과 시공기술 및 생산성 확보를 위해 단열·차음·기밀성이 보완된 부재 개발
⇒ 최종목표 : 한옥 특성이 고려된 성능 기준 제안

나) 연구의 필요성

- ① 보급형 한옥의 목적은 전통 한옥의 친환경성 등 장점을 유지하면서도 거주자의 거주환경을 향상시킬 수 있도록 한옥의 성능수준을 현대 주택의 성능수준과 가까워지도록 하는 데 있음
- ② 그러나, 부재 개발시 에너지 효율성과 방풍·방음성능을 확보할 수 있는 기술 및 시스템이 부족하며, 시공 과정에서 습식 건축시공으로 인한 고질적인 문제점을 해소할 수 있도록 관련 건축시공·설비·생산시설이 구축되어야 하나 관련 기준의 부재로 한옥의 성능을 향상시키는데 어려움이 있음
- ③ 또한, 한옥이 기후특성의 영향을 받는다는 점을 고려할 때 각 지역(중부, 남부, 제주 등)에서 현대 신한옥 건립 시 설계실무에 이용할 수 있는 에너지 관련 성능기준과 한옥의 부재요소인 창호, 벽체, 지붕 및 온돌 등에 대해서는 적합한 성능기준 없이 건축되고 있는 실정
- ④ 따라서, 보급형 한옥의 성능 향상을 위해서는 한옥의 특성이 고려된 기준을 제시하여 설계목표 및 권장 기준으로 삼을 필요가 있음

다) 연구 내용

목표 실현을 위한 연구 진행 과정은 다음과 같음



(1) 성능기준 평가 요소 고찰

가) 주거 성능 기준 고찰

- 소형주택 관련 성능기준 현황⁶⁾

· 친환경 건축물 인증기준

- ① 국내 주택의 성능 관련 기준은 주택성능 인증제도와 친환경 건축물 인증제도가 시행되어 왔으며, 2012년부터 일원화
- ② 현재 신한옥에 가장 가까운 주택 유형으로는 친환경 건축물 소형주택 인증심사기준을 검토하였음 (2012.7.1 추가 기준)

구분	범 주	평가 항목	세부평가기준	구분	배점
1. 토지 이용	1.1 생태적가치	1.1.1 기존대지의 생태학적 가치	기존 대지의 생태학적 가치, 토지이용 현황, 용도지역 등을 근거로 점수 부여	평가 항목	
	1.2 인접대지 영향	1.2.1 일조권 간섭방지 대책의 타당성	인접대지 경계선으로부터 대상 건축물 정북방향의 각 부분의 높이를 전 최대 양각	평가 항목	
2. 교통	2.1 교통부하 저감	2.1.1 대중교통과의 근접성	대중교통시설(철도역, 지하철역, 버스터미널, 버스정류소)과의 도보거리	평가 항목	
		2.1.2 자전거 보관장소 설치 및 자전거 도로와 연계 여부	자전거 보관장소 설치 및 자전거 도로와의 연계성	평가 항목	
		2.1.3 근린생활시설과 대자경계선과의 거리	근린생활시설 조성 및 접근성 여부	평가 항목	3
3. 에너지	3.1 에너지절약	3.1.1 에너지 효율향상	건축물 각 부위의 성능기준을 근거로 평가	필수 항목	12
	3.2 지속가능한 에너지원 사용	3.2.1 신·재생에너지 이용	신·재생에너지 시설의 설치 비율에 따라 점수를 부여	평가 항목	3
4. 재료 및 자원	4.1 생활 폐기물 분리수거	4.1.1 재활용 가능자원의 분리수거	재활용 생활폐기물 보관시설 설치 및분리종류 종류에 의해 평가	필수 항목	2
		4.1.2 음식물 쓰레기 저감	음식물 쓰레기 분리수거를 위한 시설 및 재활용 계획 수립 여부 평가	평가 항목	2
	4.2 지속가능한 자원 활용	4.2.1 유휴자원 재활용을 위한 친환경 인증제품 사용여부	환경표지인증제품 또는 GR마크 인증제품의 사용 여부를 평가	필수 항목	3
		4.2.2 재료의 탄소배출량 정보표시	사용된 재료 및 자재의 탄소성적표시 인증 여부를 평가	평가 항목	2
리모델링시에만 평가	4.2.3 기존 건축물의 주요구조부 재사용으로 재료 및 자원의 절약	전면 리모델링 건축물에 대하여 주요구조부의 재사용에 따라 평가	가산 항목	7	
	4.2.4 기존 건축물의 비내력벽 재사용으로 재료 및 자원의 절약	전면 리모델링 건축물에 대하여 비내력벽의 재사용에 따라 평가	가산 항목	2	
5. 수자원	5.1 수자원 절약	5.1.1 생활용 상수 절감 대책의 타당성	환경표지인증을 받은 제품의 적용 여부에 따라 평가	필수 항목	3
		5.1.2 우수이용	우수저수조 설치로 살수용수, 조경용수 등으로 이용 여부에 따라 평가	평가 항목	3
6. 온실가스 방지	6.1 지구온난화 방지	6.1.1 이산화탄소 배출 저감	이산화탄소 배출을 저감시킬 수 있는 시스템의 적용여부 평가	평가 항목	4
		6.1.2 오존층 보호를 위하여 특정물질의 사용 금지	지구 온난화 방지를 위한 오존층 파괴물질 기준에 따라 평가	평가 항목	3
7. 유지관리	7.1 효율적인 세대관리	7.1.1 사용자 매뉴얼 제공	입주자에게 사용자 유지관리 매뉴얼(문서 또는 전자 문서)을 제공하는지에 따라 평가	평가 항목	2
8. 생태적 가치	8.1 대지의 녹지 공간 조성	8.1.1 생태면적률	생태적 가치를 달리하는 공간유형을 구분하고, 각 공간유형에 해당하는 가중치를 곱하여 구한 관산면적의 합과 전체 대지 면적의 비율도 평가	필수 항목	10
9. 실내 환경	9.1 공기환경	9.1.1 실내공기오염물질 저방출 자재의 사용	유해화학물질 저방출자재의 적용정도에 대해 평가	필수 항목	6
		9.1.2 자연 환기성능 확보 여부	거주자가 직접 외기를 도입할 수 있도록 자연통풍이 가능한 환기장의 설치 여부를 평가	평가 항목	3
		9.1.3 건축자재로부터 배출되는 그 밖의 유해물질 억제	건축물내에서 석면이 포함된 자재를 사용하는지를 평가	평가 항목	1
	9.2 열환경	9.2.1 각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부	각 실별 또는 난방존별로 시간제어온정기능이 있거나 온도모니터시스템 등과 연동이 가능한 자동 온도조절장치 적용 비율	평가 항목	2
		9.2.2 일조 확보를 위한 건물배치	일조 확보를 위한 건축물의 방위배치계획을 평가	평가 항목	2

주택의 성능과 관련된 기준은 에너지 절약 범주에 해당

- ③ 현대 주택에 비해 열적 성능 면에서 다소 취약한 한옥의 성능을 향상시키고, 각 부재 요소 개발을 독려

6) 친환경건축물 인증기준, 국토해양부 고시 제2011-851(2011.30)

하기 위해서는 주택의 열적 성능 수준을 우선적으로 평가할 수 있는 지표의 선택이 필요함

- ④ 현대 소형주택 인증기준에 따르면, 주택의 열적 성능을 평가하는 필수항목으로 「3. 에너지 절약 범주」의 「에너지 효율 향상」이 전체적으로 가장 높은 배점(12/100)을 갖는 항목으로 분석되고 있음

· 「에너지 효율 향상」 항목에 대한 세부 평가 기준

- ① 소형주택의 인증기준 배점 산출기준
 - ㉠ 전체 배점 12점(필수항목 : 최소평점 4.8점)
 - ㉡ 평점 = (가중치) × (배점)
 - ㉢ 산출기준 : 창호, 문, 벽체, 지붕, 바닥의 열관류율은 최소값을 기준으로 평가
- ② 에너지 효율 향상 기준은 대체로 건물 부위 또는 부재의 성능에 대한 평가로 설계의 목표가 되며, 공간에 대한 종합적인 평가와는 큰 차이가 있음

등급	부위별 기준								가중치
	창호의 열관류율 (W/m ² K)	문의 열관류율 (W/m ² K)	창호 및 문면적 / 난방면적 비(%)	벽체의 열관류율 (W/m ² K)	지붕의 열관류율 (W/m ² K)	바닥의 열관류율 (W/m ² K)	단열 형태	기밀성 (50 Pascal)	
1급	1.0	1.6	20%이하	0.15	0.15	0.15	외단열	0.6회/시간	1.0
2급	1.4	2.0	20%이하	0.20	0.16	0.19	외단열	-	0.85
3급	1.8	2.4	25%이하	0.25	0.17	0.23	-	-	0.70
4급	2.1	2.8	25%이하	0.30	0.18	0.27	-	-	0.55
5급	2.4	3.2	25%이하	0.36	0.20	0.30	-	-	0.40

※ 소형주택은 건축법시행령 별표1 제1호의 단독주택 및 제2호의 공동주택 중 20세대 미만의 주택

- 공동주택 성능관련 평가 기준 현황)

- ① 국내의 대표적인 주거형태인 공동주택 기준 검토를 통해 성능 향상 범주 도출
- ② 주택의 성능을 표현하는 항목 분석

일원화 된 주택성능등급 및 친환경건축물 성능 인증 항목을 분석하여 실 공간 부재 개발 분야인 벽체, 창호, 바닥 관련 건축환경(에너지 관련) 성능분야를 정리하면 다음과 같음.

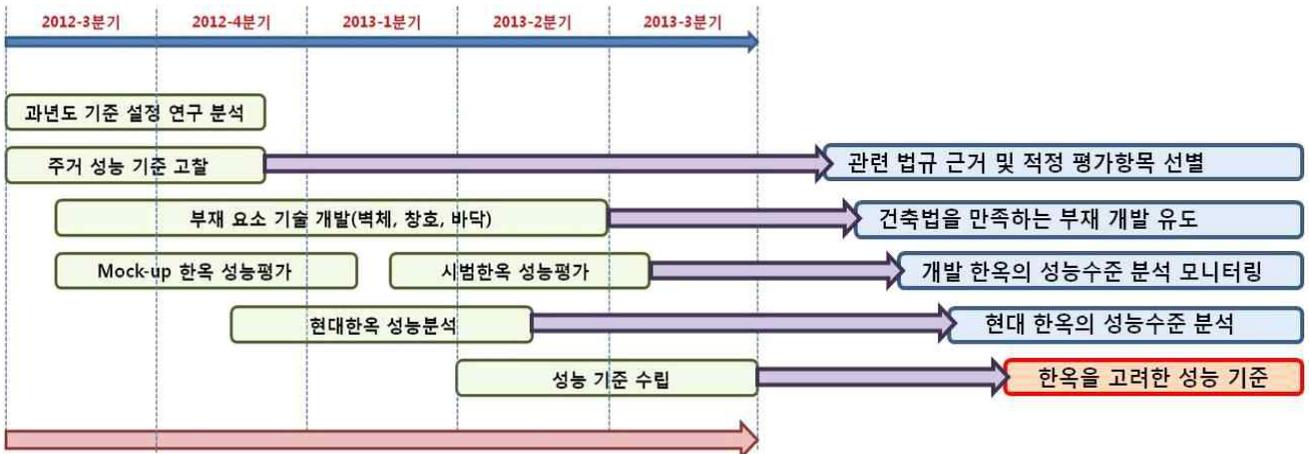
성능 범주	세부 성능항목	관련 성능분야	배당 점수	제품 개발 분야 해당유무
음환경	경량충격을 차단성능	차음성능	8/100	바닥(온돌)
	중량충격을 차단성능			바닥(온돌)
	교통소음에 대한 실내.외 소음도			벽체, 창호
에너지절약	에너지성능	단열성능	12/100	벽체, 창호, 바닥(온돌)
공기환경	단위세대의 환기성능 확보여부	환기 또는 기밀성능	6/100	벽체, 창호
	자연통풍 확보 여부			벽체, 창호
소계	실내환경 관련 분야	-	26/100	-

- ③ 에너지 절약 항목의 경우 소형주택과 동일하게 각 부재단위별로 열관류율 단열성능으로 평가
- ④ 음환경은 실내외 소음도와 층간소음 문제를 고려한 차음성능 평가 기준이 있음
- ⑤ 공기환경의 경우 현대주택은 환기를 요구하는 기준으로 한옥의 경우 접합부 틈새를 고려할 경우 오히려 기밀성이 확보되어야 하는 반대의 경우에 해당하므로 오히려 에너지 절약 항목에 해당
- ⑥ 성능 요소 개발로 진행되는 벽체, 창호, 바닥에 해당하는 항목의 평가 배점은 차음분야 8점, 단열분야 12점, 기밀분야 6점으로 전체의 26점에 해당함

7) 친환경건축물 인증기준, 국토해양부 고시 제2011-851(2011.30)

나) 기준 제안의 범위

- ① 성능기준 제안의 출발점은 한옥 거주자의 거주환경 수준을 현대 주택의 성능수준과 가까워지도록 하는데 있으므로, 열적 성능을 우선적으로 향상시킬 수 있는 기준을 모색해야 함
- ② 현 시점에서 개발하고 있는 신한옥은 현대 주택의 성능 평가에 적용되는 통합성능평가 기준으로서 친환경 건축물 인증기준을 적용할 경우 적절한 평가가 이루어질 수 없음
- ③ 소형주택의 기준을 그대로 적용할 경우, 한옥의 특성이 전혀 반영되지 못하는 단점이 발생
- ④ 특히, 한옥의 경우 주요 구법이 현대 건축과는 상이하고, 각종 부재요소의 접합부가 건축의 성능을 결정하므로 이 부분을 고려한 기준 설정 필요
- ⑤ 동시에 사회적 및 기술적 현실 여건을 감안한 기준으로서 다소 상반될 수 있는 수요자와 공급자를 동시에 고려해야 하는 운용상의 타협점을 모색하여 기준을 제시할 필요가 있음
- ⑥ 그만큼 기준은 매우 신중해야 하며 충분한 시간을 두고 제시될 필요가 있음
- ⑦ 한옥이 갖고 있는 특이인 친환경성, 건강성, 문화성, 전통적인 멋, 자연과의 조화, 심리적 안정감, 현대 건축과는 다른 쾌적성 등의 장점을 부각시키기에 앞서 한옥의 약점을 보완할 수 있는 방향으로 기준 연구를 진행할 필요가 있음
- ⑧ 따라서, 본 연구에서는 추후 제시할 성능 평가 항목으로 한옥의 성능 확보를 위해 우선적으로 필요한 건축환경 성능분야인 기밀성능, 단열성능, 차음성능을 범위로 하였음
- ⑨ 제시하는 기준은 기술 개선 등에 의해 달성 또는 유지되어야 하는 의미의 권장치(가이드라인)로서의 기준이며, 성능 목표로서의 역할을 부여하고자 함
- ⑩ 또한, 이 기준은 행정상의 목표가 될 수 있으며, 한옥에 있어 최소한의 주거성능을 확보하기 위해 필요한 수준으로서 제시하였음
- ⑪ 일정에 따른 연구 범위⁸⁾



8) 시범한옥 성능평가 - 은평구 시범한옥 구축에 따른 평가를 진행할 계획이었으나, 연구기간 내 평가가 불가하여, 시범한옥 결과 보고서에 추후 평가 일정을 수록

다) 부재 요소 기술 개발 분야 성능 기준

- 벽체 관련 성능기준 분석

· 단열기준

- ① 중부지방 열관류율 최소값 0.36(W/m²·K) 이하를 기준으로 적용하고 있음
- ② 이 기준에 대한 성적은 벽체 부재에 대한 평가로서 본인증을 위해서는 에너지효율등급 인증서 또는 관련 근거자료(단열재 물성 및 열관류율 계산서 등)를 통해 인증이 이루어짐
- ③ 부재단위에 대한 성능기준은 시험성적으로 평가가 가능하지만, 현장단위 평가를 위한 기준은 부재

· 차음기준

- ① 소형주택은 별도의 차음기준이 없음
- ② 공동주택의 경우 세대간 경계벽 부재 차음성능 기준이 있으나 단독형 한옥 적용 불가(현재 외부소음 및 내부소음 기준 수준 있음)

각종 기준 명	단열분야		결로방지 성능	차음분야
	열관류율(W/m ² ·K)			차음성능(공동주택 적용)
건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 ¹⁾	중부 : 0.36이하 남부 : 0.45이하 제주 : 0.58이하	-	-	-
주택성능 인증제도 (친환경 건축물 인증 제도) ²⁾	공동주택	소형주택	-	<세대간 경계벽 대상> 차음성능에 의한 평가시 최소기준 48dB≤Rw+C < 53dB 또는 경계벽 구조에 의한 평가 <실외소음과 실내소음> 실외 60 ≤ L < 65 실내 40 < L ≤ 45
	건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 적용 중부 : 0.36이하 남부 : 0.45이하 제주 : 0.58이하	0.36이하		
주택건설기준 등에 관한 규칙 공업화주택 성능 및 생산기준 ³⁾	건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 적용 중부 : 0.36이하 남부 : 0.45이하 제주 : 0.58이하	-	접합부TDR 0.2 이하	내화구조로서 각 구조별 최소 두께 또는 대역별 음향투과손실
친환경 주택 성능 기준 ⁴⁾	중부 : 0.47이하 남부 : 0.58이하 제주 : 0.76이하	-	-	-

<지역구분>

- 중부지역:서울특별시, 인천광역시, 경기도, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군 제외), 충청북도(영동군 제외), 충청남도(천안시), 경상북도(청송군)
- 남부지역:부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군), 충청북도(영동군), 충청남도(천안시 제외), 전라북도, 전라남도, 경상북도(청송군 제외), 경상남도

※ 관련 기준 근거

- 1) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 : 2012년 4월 30일(국토해양부령 제458호, 2012.4.30 일부개정) 지역별 건축물 구조체의 열관류율 기준 또는 단열재 등급별, 두께 기준
- 2) 친환경 건축물 인증제도 : (국토해양부 고시 제2011-851호(2011.12.30), 환경부 고시 제2011-181호) 건축물의 에너지 절약 설계기준
- 3) 공업화주택 성능 및 생산기준 : (국토해양부 공고 제2011-936호(2011.10.17) 「주택건설기준 등에 관한 규칙」제13조
- 4) 친환경 주택 성능 기준 : (국토해양부 고시 제2012-661호(2012.09.27) 「주택건설기준 등에 관한 규정」

- 창호 관련 성능기준 분석

· 단열기준

- ① 중부지방 열관류율 최소값 2.4(W/m²·K) 이하를 기준으로 적용하고 있음
- ② 부재단위에 대한 성능기준은 시험성적으로 평가가 가능하지만, 현장단위 평가를 위한 단열성능 기준은 부재

· 차음기준

- ① 소형주택은 별도의 차음기준이 없음
- ② 공동주택의 경우 외부소음에 대한 내외부소음 기준 있음

· 기밀성능

- ① 현장 평가방법으로 친환경건축물 인증기준에 의한 시간당 환기회수 0.6회/h를 기준으로 제시
- ② 부재 평가방법으로 친환경 주택 성능 기준, 창호에너지소비효율 등급제, 에너지절약설계기준 등은 KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법(시험실 실험 조건)에 의한 평가치로 압력차에 대한 통기량(m³/h·m²)으로 등급을 제시하고 있음
- ③ 창호 부재단위의 성능은 시험실 조건에서 제시하는 기준을 만족하도록 기준 설정이 필요하므로 에너지소비효율 등급제의 2등급 수준 이상 확보가 필요함

각종 기준 명	단열분야		결로방지 성능	차음분야	기밀분야
	열관류율(W/m ² ·K)			차음성능	기밀성능
건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 ¹⁾	중부 : 2.40이하 남부 : 2.70이하 제주 : 3.40이하	-	-	-	-
주택성능 인증제도 (친환경 건축물 인증 제도) ²⁾	공동주택	소형주택	-	공동주택	소형주택
	건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 적용 중부 : 2.40이하 남부 : 2.70이하 제주 : 3.40이하	2.40이하		<실외소음과 실내소음> 5층이하 실외 65dB(A)미만 6층이상 실외 65dB(A)미만 또는 실내 45dB(A)이하	압력차 50Pa 0.6회/h(1등급)
주택건설기준 등에 관한 규칙 공업화주택 성능 및 생산기준 ³⁾	건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 적용 중부 : 2.40이하 남부 : 2.70이하 제주 : 3.40이하	-	접합부 TDR 0.2 이하	-	압력차 50Pa 1.5회/h
친환경 주택 성능 기준 ⁴⁾	(평균 열관류율) 중부 : 1.4이하 남부 : 1.6이하 제주 : 2.0이하	-	-	-	외기에 직접 면한 창 KS F 2292에 따라 2등급 이상
창호에너지소비효율 등급제 ⁵⁾	1급 1.0 이하 2급 1.4 이하 3급 2.1 이하 4급 2.8 이하 5급 3.4 이하	-	-	-	1급 기밀성능 1급 2급 기밀성능 1급 3급 기밀성능 1~2급 4급 언급 없음 5급 언급 없음
건축물 에너지절약설계기준 ⁶⁾	창과 문에 대한 기준표 제시	-	접합부, 틈 코킹과 가스켓 밀실처리	-	통기량 10m ³ /h·m ² (2등급) 이하

※ 관련 기준 근거

- 1) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 : 2012년 4월 30일(국토해양부령 제458호, 2012.4.30 일부개정) 지역별 건축물 구조체의 열관류율 기준 또는 단열재 등급별, 두께 기준
- 2) 친환경 건축물 인증제도 : (국토해양부 고시 제2011-851호(2011.12.30), 환경부 고시 제2011-181호) 건축물의 에너지 절약 설계기준
- 3) 공업화주택 성능 및 생산기준 : (국토해양부 공고 제2011-936호(2011.10.17) 「주택건설기준 등에 관한 규칙」제13조
- 4) 친환경 주택 성능 기준 : (국토해양부 고시 제2012-661호(2012.09.27) 「주택건설기준 등에 관한 규정」
- 5) 창호에너지소비효율등급제 : 「에너지 이용 합리화법」 제15조, (지식경제부 고시 제2012-227호) 효율관리 기자재 운용 규정
- 6) 건축물 에너지절약설계기준 : (국토해양부 고시 제2012-69호(2012.02.23) 「건축법」제66조제2항「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」제21조 및 제22조에 따른 건축물의 에너지절약설계기준

- 바닥 관련 성능기준 분석

· 단열기준

중부지방 열관류율 최소값 0.3(W/m²·K) 이하를 기준으로 적용하고 있음

· 차음기준

- ① 소형주택은 별도의 층간소음 기준이 없음
- ② 공동주택의 경우 경량충격음 및 중량충격음 기준으로 구분

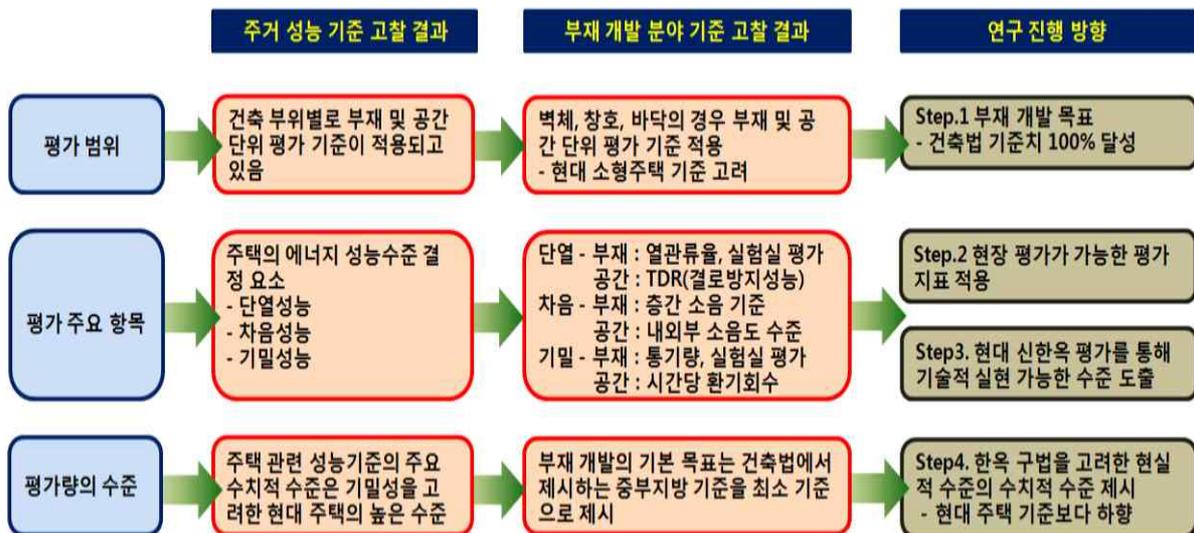
각종 기준 명	단열분야		결로방지 성능	차음분야 차음성능
	열관류율(W/m ² ·K)			
건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 ¹⁾	중부 : 0.30이하 남부 : 0.35이하 제주 : 0.35이하		-	-
주택성능 인증제도 (친환경 건축물 인증제도) ²⁾	공동주택	소형주택	-	역A특성 가중 표준화 바닥충격음레벨 경량충격음 53 < L'n,AW ≤ 58 중량충격음 47 < L'i,Fmax,AW ≤ 50
	건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 적용 중부 : 0.30이하 남부 : 0.35이하 제주 : 0.35이하	0.30 이하		
주택건설기준 등에 관한 규칙 공업화주택 성능 및 생산기준 ³⁾	건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 적용 중부 : 0.30이하 남부 : 0.35이하 제주 : 0.35이하		집합부 TDR 0.2 이하	-

※ 관련 기준 근거

- 1) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 : 2012년 4월 30일(국토해양부령 제458호, 2012.4.30 일부개정) 지역별 건축물 구조체의 열관류율 기준 또는 단열재 등급별, 두께 기준
- 2) 친환경 건축물 인증제도 : (국토해양부 고시 제2011-851호(2011.12.30), 환경부 고시 제2011-181호) 건축물의 에너지 절약 설계기준
- 3) 공업화주택 성능 및 생산기준 : (국토해양부 공고 제2011-936호(2011.10.17) 「주택건설기준 등에 관한 규칙」 제13조

라) 기준 검토에 따른 기준 설정 고려 요소 도출

주거 관련 성능 기준(소형주택, 공동주택)과 부재 개발 분야(벽체, 창호, 바닥) 기준 고찰 결과를 평가에 필요한 범위, 항목, 수준으로 범주를 나누어 정리하고, 향후 연구 진행 방향을 설정



- Step1. 부재 개발 목표

- 주요 기준은 건축 부위별로 평가 항목에 따라 부재 및 공간단위로 평가 기준이 적용
- 성능 요소 기술 개발로 진행되는 벽체, 창호, 바닥 부재 개발 목표는 건축법 기준치를 100% 만족시키는 부재 개발

- 단열성능 : 중부지방 기준치 적용, 벽체 0.36W/m²·K, 창호 2.4W/m²·K, 바닥 0.3W/m²·K
- 차음성능 : 공기전달음의 경우 내부소음도 수준을 45dB 확보가 가능한 차음구조, 층간소음은 한옥의 구법을 고려할 때 현행 층간소음 기준(경량, 중량)을 충족하기에는 어려우므로 이를 고려한 기준 수립 필요
- 기밀성능 : 창호 부재단위의 성능은 에너지소비효율 등급제의 2등급 (통기량 10m³/hm² @50 Pa) 수준 확보 필요 (기밀성 창호)

- Step2. 현장 평가가 가능한 평가 지표

· 단열성능

- ① 열관류율을 현장에서 평가할 수 없음
- ② 현장 평가가 가능한 평가방법으로서 적외선 촬영법에 의한 건축물 단열성능 평가방법(KS F 2829)을 적용하여 결로 발생확률에 대한 평가로 TDR(내표면 온도차 비율)에 의한 평가 적용
- ③ 산출된 TDR에 의해 열관류율의 범위를 간접적으로 유추

· 차음성능

- ① 공기전달음에 대한 평가 : 한옥 외부에서 소음이 발생하였을 경우를 고려하여 건물 외벽 부재인 벽체와 창호를 동시에 고려한 내외부간 소음레벨차 분석을 통한 평가(KS F 2862, 가중 표준화 음압레벨차) 적용
- ② 고체전달음(층간소음)에 대한 평가 : 현행 층간소음 측정 및 평가방법(KS F 2810-1,2, KS F 2863-1,2)을 적용한 평가로 역A특성 가중 규준화 바닥충격음레벨(경량충격음), 역A특성 가중 바닥충격음레벨(중량충격음) 평가 적용

· 기밀성능

현장 조건의 기밀성 평가방법(KS L ISO 9972)을 적용하여 단일 구역 건물 외피의 기밀성 평가 수준을 성능 수준으로 만족할 수 있는 방법으로 시간당 환기회수(ACH)법을 적용

- Step3. 현대 신한옥 평가를 통해 기술적 실현 가능한 수준 도출

- 국내에 시공된 현대 신한옥에 대한 성능평가를 통해 현행 기술적 수준 조사
- 본 연구를 위해 구축된 실험한옥에 대한 성능평가를 통해 기술적 수준의 향상 가능성 검토
- Step2에서 제시한 각종 평가 지표의 적용 가능성 검토

- Step4. 한옥 구법을 고려한 현실적 수준의 수치적 수준

· 공통 고려사항

- ① 다양한 이질 부재의 접합으로 구축되는 한옥의 구법을 고려할 때 현대 주택의 성능기준을 만족하는 것을 현실적으로 불가능함
- ② 현대 주택 기준보다는 하향된 기준 설정 필요

· 단열성능

- ① 부재단위는 건축법에서 제시하는 중부지방 기준을 최소 기준치로 적용
- ② 적외선 촬영에 의한 평가는 건축 주요 구성 부재의 접합부를 중심으로 한 열교 발생 가능 부위에 대한 평가이므로 현대 신한옥 평가에서 도출된 결과를 최대한 반영한 평가

· 차음성능

한옥의 차음성능 현장 평가시 창호 구조가 비교적 성능 수준을 확보할 것으로 예상되나, 실제 측정결과 높은 성능을 보이지 않는 것은 창호 자체의 문제보다는 타 출입문이나 창호구조 등을 통한 우회전달음의 영향이므로 이를 고려한 성능 수준 적용 필요

· 기밀성능

- ① 현행 주거 관련 성능기준은 기밀성을 고려한 현대 주택의 높은 수준으로 한옥의 구법을 고려할 때 이 기준을 100% 달성하기에는 현실적 한계가 있음
- ② 부재 자체의 성능수준 확보를 전제로 실의 기밀성능은 창호 부재 요소 뿐만 아니라 실의 타 부위의 기밀성을 동시에 평가하는 방향으로 기준 설정 필요

(3) 현대 한옥의 성능 수준

가) 실험한옥 성능평가 모니터링

① 실험한옥 성능평가 모니터링 주요 프로세스와 물리량 분석 결과는 본 보고서 4.1 기밀성능 평가, 4.2 단열성능 평가, 4.3 차음성능 평가에서 언급하고 있으므로 본 절에서는 간략하게 정리하였음(평가 항목은 보고서 목차에 따라 정리하였음)

② 평가 목적

- ㉠ 한옥에 적용 가능한 성능 기준 정립 근거
- ㉡ 3차년도 구축된 Mock-up 한옥 성능 시험을 통한 실현 가능성 분석
- ㉢ 현대 주거 성능 기준과 현대 신한옥 조성 수준 비교 평가

- 기밀성능

· 평가 방법 및 내용

- 시공 및 성능테스트동 방1,2,3 구조와 전통한옥 방1,2 구조에 대한 기밀성능 평가 시행
- 실내 외 압력차를 50Pa 또는 그 이상의 압력차를 가압(Pressurization)하거나 감압(Depressurization)하여 팬 풍량을 5Pa 간격으로 압력차를 낮추면서 침기량 또는 누기량 측정(각 1회 시행 후 평균치 적용)
- 시간당 환기회수법(ACH) 평가

$$ACH = \frac{CFM50 \times 60}{Volume(m^3)}$$

※ ACH : 건물의 밀폐도가 50Pa 압력이 가해질 때 시간당 건물 전체의 기류 부피가 몇 번 교체되는지 알려주는 회수

- 스모그 발생장치를 활용한 육안조사



<가압법(좌)과 감압법(우)>



<시공 및 성능테스트동>



<전통 한옥 등>



<스모그 발생장치>

· 평가 결과

① 적용 평가지표

- ㉠ 국내 기준은 시간당 환기회수 방법(ACH, 친환경건축물 인증기준)과 압력차에 의한 통기량(m³/hm², 친환경 주택 성능 기준, 창호에너지소비효율 등급제, 건축물 에너지절약설계기준) 방법을 적용토록 되어 있음
- ㉡ 압력차에 의한 통기량 적용 기준은 KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법에 따라 평가하는 실험실 시험 평가시 적용가능한 기준으로 개발 중인 시제품의 부재 평가에 적합
- ㉢ Mock-up 한옥의 기밀성 측정 결과는 부재에 대한 평가가 아닌 실 전반에 관한 평가로 외기에 면한 부위를 고려한 공간단위 기밀성 평가 결과로 현장 측정 평가에 적합한 시간당 환기회수 ACH50으로 평가 실시

② 측정 공간별 결과(예)9)

시공 및 성능테스트동(방1, 1F)

① 결과 Report	② 육안 조사 결과																																																
<div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: small;">BUILDING LEAKAGE TEST</div> <hr/> <div style="font-size: x-small;"> Date of Test: 2012-11-25 Technician: J.V.Lee Test File: 12-11-1-2 Project Number: 12-11-1 Customer: Building Address: 서울 영등포구 신길동 영지교 복합주택 </div> <hr/> <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Test Results at 50 Pascals:</th> <th style="text-align: center;">Depressurization</th> <th style="text-align: center;">Pressurization</th> <th style="text-align: center;">Average</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mHSD airflow:</td> <td style="text-align: center;">715 (+/- 0.2 %)</td> <td style="text-align: center;">973 (+/- 0.1 %)</td> <td style="text-align: center;">844</td> </tr> <tr> <td>ACH50</td> <td style="text-align: center;">25.72</td> <td style="text-align: center;">35.00</td> <td style="text-align: center;">30.36</td> </tr> <tr> <td>mHSD/m² Floor Area</td> <td style="text-align: center;">70.7876</td> <td style="text-align: center;">96.3403</td> <td style="text-align: center;">83.5640</td> </tr> <tr> <td>mHSD/m² Surface Area</td> <td style="text-align: center;">72.2177</td> <td style="text-align: center;">96.2668</td> <td style="text-align: center;">85.2521</td> </tr> </tbody> </table> <hr/> <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Leakage Areas:</th> <th style="text-align: center;">Canadian Eq.A @ 10 Pa (cm²)</th> <th style="text-align: center;">428.0 (+/- 0.5 %)</th> <th style="text-align: center;">367.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cm²/m² Surface Area</td> <td style="text-align: center;">31.00</td> <td style="text-align: center;">43.23</td> <td style="text-align: center;">37.12</td> </tr> <tr> <td>LBU, ELA @ 4 Pa (cm²)</td> <td style="text-align: center;">172.1 (+/- 1.5 %)</td> <td style="text-align: center;">243.4 (+/- 0.9 %)</td> <td style="text-align: center;">207.8</td> </tr> <tr> <td>cm²/m² Surface Area</td> <td style="text-align: center;">17.39</td> <td style="text-align: center;">24.58</td> <td style="text-align: center;">20.99</td> </tr> </tbody> </table> <hr/> <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Building Leakage Curve:</th> <th style="text-align: center;">70.2 (+/- 2.4 %)</th> <th style="text-align: center;">101.3 (+/- 1.4 %)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flow Coefficient (C)</td> <td style="text-align: center;">0.593 (+/- 0.008)</td> <td style="text-align: center;">0.578 (+/- 0.004)</td> </tr> <tr> <td>Exponent (n)</td> <td style="text-align: center;">0.99965</td> <td style="text-align: center;">0.99988</td> </tr> <tr> <td>Correlation Coefficient</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: x-small;">Test Standard: C1058 Test Mode: Depressurization and Pressurization</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>	Test Results at 50 Pascals:	Depressurization	Pressurization	Average	mHSD airflow:	715 (+/- 0.2 %)	973 (+/- 0.1 %)	844	ACH50	25.72	35.00	30.36	mHSD/m ² Floor Area	70.7876	96.3403	83.5640	mHSD/m ² Surface Area	72.2177	96.2668	85.2521	Leakage Areas:	Canadian Eq.A @ 10 Pa (cm ²)	428.0 (+/- 0.5 %)	367.5	cm ² /m ² Surface Area	31.00	43.23	37.12	LBU, ELA @ 4 Pa (cm ²)	172.1 (+/- 1.5 %)	243.4 (+/- 0.9 %)	207.8	cm ² /m ² Surface Area	17.39	24.58	20.99	Building Leakage Curve:	70.2 (+/- 2.4 %)	101.3 (+/- 1.4 %)	Flow Coefficient (C)	0.593 (+/- 0.008)	0.578 (+/- 0.004)	Exponent (n)	0.99965	0.99988	Correlation Coefficient			<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>③ 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 22mm 복층유리 창호의 물고임 방지 구멍 및 창문과 창틀 사이 레일 부위를 통해 스모그가 누출 육안으로 확인 - 실의 수납공간을 통한 외부 누출은 없는 것으로 확인 되었음 </div>
Test Results at 50 Pascals:	Depressurization	Pressurization	Average																																														
mHSD airflow:	715 (+/- 0.2 %)	973 (+/- 0.1 %)	844																																														
ACH50	25.72	35.00	30.36																																														
mHSD/m ² Floor Area	70.7876	96.3403	83.5640																																														
mHSD/m ² Surface Area	72.2177	96.2668	85.2521																																														
Leakage Areas:	Canadian Eq.A @ 10 Pa (cm ²)	428.0 (+/- 0.5 %)	367.5																																														
cm ² /m ² Surface Area	31.00	43.23	37.12																																														
LBU, ELA @ 4 Pa (cm ²)	172.1 (+/- 1.5 %)	243.4 (+/- 0.9 %)	207.8																																														
cm ² /m ² Surface Area	17.39	24.58	20.99																																														
Building Leakage Curve:	70.2 (+/- 2.4 %)	101.3 (+/- 1.4 %)																																															
Flow Coefficient (C)	0.593 (+/- 0.008)	0.578 (+/- 0.004)																																															
Exponent (n)	0.99965	0.99988																																															
Correlation Coefficient																																																	

③ Mock-up한옥 물리량 분석

- ㉠ 50Pa 압력에 대한 시간당 환기회수는 시공 및 성능테스트동지신재의 경우 25.77 ~ 37.25 ACH, 전통한옥 성능테스트동의 경우 67.71, 177.13 ACH 수치를 나타냄
- ㉡ 개발 중인 신한옥에 비해 전통한옥의 경우 기밀성에 있어 매우 취약함을 확인
- ㉢ 시공 및 성능테스트동의 스모그 유출 육안조사 결과, 창호 자체(유리와 창호 실링재), 창호의 구조(물고임 방지 구멍, 창문과 창틀 사이 레일 부위), 목재 창호의 변형과 수축, 기둥과 벽체 접합부, 창틀과 벽체 접합부 틈새를 통한 누기 확인
- ㉣ 전통한옥 성능테스트동의 경우 육안으로 실내에서 실외 공간이 확인이 가능한 상태로 매우 많은 틈새가 확인되며 주요 목조 부재의 노출과 목재 창호로 인해 실의 전체적인 기밀성능이 취약한 것으로 확인됨
- ㉤ 현행 친환경건축물 인증기준 중 한옥에 가장 근접한 주거형태인 소형주택 관련 기준에 따르면 시간당 환기회수는 0.6회로 제시하고 있으나, 측정결과는 한옥주택의 유형과 구조 및 공법 등이 현대 소형주택과 상이하기 때문에 직접적인 비교는 불가능하나 이 기준치로 수치상 간접 검토하였을 경우 매우 부족한 결과이며, 이 기준을 한옥 성능기준으로 적용하기에는 무리가 있음

평가항목	구분	시공 및 성능테스트동			전통한옥 성능테스트동	
		방1	방2	방3	방1	방2
ACH50 (시간당환기회수) 회/h	감압	25.72	36.17	15.77	65.78	125.46
	가압	35.00	38.33	35.78	69.63	228.77
	평균	30.36	37.25	25.77	67.71	177.13

9) 각 측정 공간별 측정 데이터와 육안조사 결과 및 분석 내용은 3세부 보고서 전체본에 정리하였음

- 단열성능
- 평가 방법 및 내용

- 한옥 건축 주요 구성 부재 접합부를 중심으로 한 단열성능 측정 평가
- 열화상(적외선) 촬영에 의한 건축물 내부 표면의 온도 측정이 목적(난방을 하는 동절기 시행)
- 측정 부위 : 외피(건축물의 내부 공간을 둘러싸고 있는 벽, 지붕, 바닥, 창 및 문 등으로서 외기에 면하는 부위)
- 적용 평가 지수 : TDRi(내표면 온도차 비율, Temperature Difference Ratio inside)

$$TDR_i = \frac{T_i - T_o}{T_i - T_o} \quad (T_i : \text{실내온도}, T_o : \text{외기온도}, T_{is} : \text{외피의 내표면 온도})$$

- Spot 분석 실시 : 1 Scene 당 5개 Spot, 최저온도 분석(본 분석은 열교 발생 가능성이 높은 부위로 5개 Spot을 임의로 설정하였기 때문에 Spot 설정 여부에 따라 평가 결과가 달라질 수 있음)
 - 시공 및 성능테스트동 : 총 8개 유닛 공간 196 scene 측정, 980개 Spot 분석
 - 전통한옥 성능테스트동 : 총 1개 유닛 공간 37 scene 측정, 185개 Spot 분석
 - 부위별 성능테스트동 : 총 2개 유닛 공간 11 scene 측정, 55개 Spot 분석
 - 유닛모델 성능테스트동 : 총 1개 유닛 공간 5 scene 측정, 25개 Spot 분석

<KS F 2829에 제시된 단열성능(TDR) 평가기준>
- 결로 발생 확률에 대한 평가

열적 성능	열교 발생 범위	TDR	결로발생확률	해당사례
우수	무시	<0.15	실내온도 20°C, 실외온도 -10°C 기준으로 할 때 최소한 상대 습도 85%이하에서는 결로가 발생하지 않는 성능	- 표면벽의 U값이 1.2W/m²K 이하 - 외벽모서리 U값이 0.6W/m²K 이하 - 단열시공된 인방
양호	적당	0.15~0.2	실내온도 20°C, 실외온도 -10°C 기준으로 할 때 상대습도 80%이하에서는 결로가 발생하지 않으나, 85%이상에서는 결로 발생	- 표면벽의 U값이 1.2W/m²K 이상 - 외벽모서리 U값이 0.6W/m²K 이상
불량	심함	0.2~0.3	실내온도 20°C, 실외온도 -10°C 기준으로 할 때 상대습도 70% 이하에서는 결로가 발생하지 않으나 80%이상에서는 결로 발생	- 외벽모서리 U값이 0.9~1.5W/m²K - 단열시공 안된 콘크리트 벽 및 바닥
매우 불량	매우 심함	>0.3	실내온도 20°C, 실외온도 -10°C 기준으로 할 때 상대습도 70%미만에서도 결로가 발생할 수 있는 경우	- 2D모서리 U값이 1.5W/m²K 이상 - 3D모서리 U값이 1.0W/m²K 이상인 바닥 및 단열벽

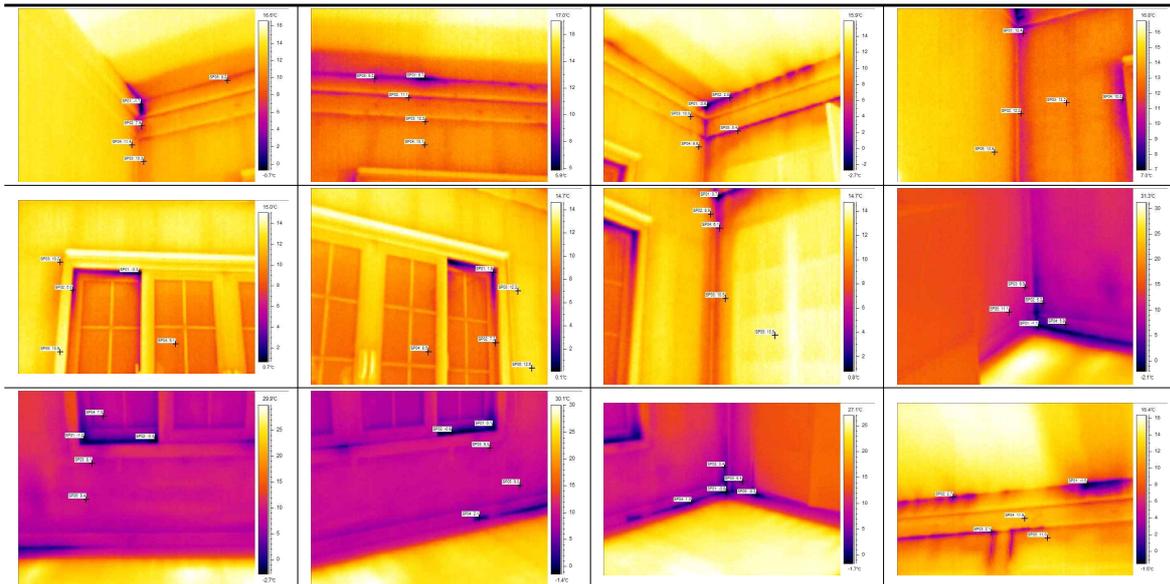
- 평가 결과

① 적용 평가 지표

내표면 온도차 비율(TDRi) 평가

② 열화상 분석 결과(예)10)

시공 및 성능테스트동(방1, 1F)



10) 각 측정 공간별 열화상 분석 내용은 3세부 보고서 전체본에 정리하였음

③ Mock-up한옥 물리량 분석

⑦ 최저온도점과 5개 Spot을 동시에 TDRi(내표면 온도차 비율)로 평가

대상	공간구분	분석항목			판정기준			
					우수	양호	불량	매우불량
시공 및 성능테스트동 1F	방1	벽	SPOT분석	100	18	9	21	52
			최저온도	20	0	0	1	19
		바닥	SPOT분석	15	3	0	2	10
			최저온도	3	0	0	0	3
	방2	벽	SPOT분석	135	48	22	39	26
			최저온도	27	0	0	4	23
		바닥	SPOT분석	25	2	1	3	19
			최저온도	5	0	0	0	5
		천장	SPOT분석	25	12	9	2	2
			최저온도	5	1	0	2	2
	거실1	벽	SPOT분석	85	27	8	14	36
			최저온도	17	0	0	3	14
		바닥	SPOT분석	20	10	0	5	5
			최저온도	4	0	0	1	3
		천장	SPOT분석	90	43	9	15	23
			최저온도	18	1	0	0	17
	주방	벽	SPOT분석	105	2	3	8	92
			최저온도	21	0	0	0	21
		바닥	SPOT분석	10	0	0	1	9
			최저온도	2	0	0	0	2
		천장	SPOT분석	40	0	0	5	35
			최저온도	8	0	0	0	8
	현관출입구	벽	SPOT분석	10	3	2	2	3
			최저온도	2	0	0	0	2
계단실	벽	SPOT분석	20	3	3	7	7	
		최저온도	4	0	0	2	2	
시공 및 성능테스트동 2F	방3	벽	SPOT분석	75	5	8	24	38
			최저온도	15	0	0	1	14
		바닥	SPOT분석	20	4	1	2	13
			최저온도	4	0	0	0	4
		천장	SPOT분석	20	8	5	7	0
			최저온도	4	0	0	3	1
	거실2	벽	SPOT분석	85	30	20	14	21
			최저온도	17	0	0	3	14
		바닥	SPOT분석	15	8	2	4	1
			최저온도	3	0	0	0	3
천장	SPOT분석	40	39	1	0	0		
	최저온도	8	5	3	0	0		
전통한옥 성능테스트동 1F	방3	벽	SPOT분석	125	2	4	23	96
			최저온도	25	0	0	0	25
		바닥	SPOT분석	15	10	2	2	1
			최저온도	3	0	0	0	3
		천장	SPOT분석	40	13	7	15	5
			최저온도	8	0	0	2	6
부위별 성능테스트동 1F	방1	벽,천장	SPOT분석	25	0	0	0	25
			최저온도	5	0	0	1	4
	방2	벽,천장	SPOT분석	30	0	0	0	30
			최저온도	6	0	0	0	6
유닛모델동	방1	벽,천장	SPOT분석	25	2	6	12	5
			최저온도	5	0	0	2	3

- ㉠ 측정 공간별로 촬영된 Scene 마다 최저온도점과 5개 Spot을 동시에 TDRi(내표면 온도차 비율)로 평가하였음
- ㉡ 각 Scene에 기록된 최저온도점의 경우에는 대부분이 “불량”, “매우불량”으로 판정되는 것으로 나타남.
- ㉢ Spot 분석 결과, 벽체 중심부와 천장 부위는 “양호”, “우수” 판정을 내릴 수 있는 부위가 확인되었음. 상대적으로 복사 난방과 지붕 단열성능의 영향으로 천장 부위가 벽체보다 높은 단열성능을 보이는 것으로 분석됨
- ㉣ 단열성능의 경우, TDR로 인한 판정을 적용할 수 있는 현실적인 기준치는 한옥 적용 사례는 없으므로 직접적인 기준 비교는 불가능하나, 판정 결과로는 상당히 많은 부위가 결로 발생 가능성이 높음을 보여주고 있음
- ㉤ 기둥과 벽체 접합부, 벽과 벽, 벽과 바닥 접합부 등은 전체적으로 내표면 온도가 낮게 나타나는 열교 부위로 결로 발생 가능성이 높은 것으로 분석됨
- ㉥ 공간별로 방위로 인한 일사의 영향으로 동일 용도의 공간이라 할지라도 내표면 온도차 비율에서는 큰 차이를 보이는 것으로 나타남. 주간 일사가 많은 실의 경우 일사가 적은 실보다 전체적으로 높은 온도 분포를 보이는 것으로 분석됨
- ㉦ 전통한옥의 바닥은 측정 당시 매우 높은 표면온도(온돌 조건)를 보이고 있으므로, 바닥의 온도 자체로는 사람이 거주할 수 있는 환경은 아님. 그러나, 측정 당시 실내 온도는 19.6°C로서 겨울철 쾌적함을 요구하는 온도 수준임을 고려할 때 이 정도의 온도분포를 위해서 거주자는 바닥 표면의 온도 상승이 필요하였으며, 이 공간의 경우 벽체를 통한 열손실이 매우 많다는 것을 보여주는 사례임
- ㉧ 아래 표는 TDR 판정기준에 따른 각 측정장면에 대한 비율 분석 결과임

대상 구분	Spot 분석 결과	최저온도점 분석 결과
시공 및 성능테스트동		
전통한옥 성능테스트동		
부위별 성능테스트동		
유닛모델동		

- 차음성능
- 평가 방법 및 내용

▪ 한옥 내외부간 공기전달음 차단성능 평가

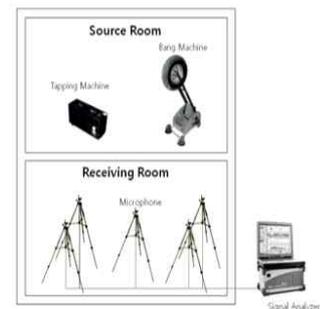
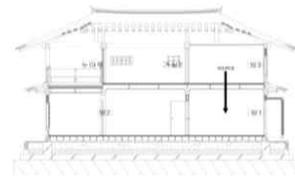
- 벽체 및 창호를 중심으로 한 건물 내외부간 공기전달음 차단성능
 - : KS F 2235(외벽 및 외벽 부재의 공기전달음 차단성능 현장 측정 방법(스피커를 이용한 전체법))
 - : KS F 2862(건물 및 건물 부재의 공기전달음 차단성능 평가방법) **가중 표준화 음압레벨차 평가**
- 총 23개 구조 평가
 - : 공기전달음 - 시공 및 성능테스트동(11개), 전통한옥동(7개), 유닛모델 성능테스트동(4개)
- 시공 및 성능테스트동 벽체 구조 : 벽지마감(한지)+석고보드(9.5T)+OSB합판(11T)+미네랄을 단열재(140T)+각재@406+ OSB합판(11T)+방습지+(OSB 락(18T)=50@300버티칼)+시멘트보드(6T)+핸디코트마감(6T)



▪ 층간소음(경량충격음) 차단성능 평가

- 층간소음(경량충격음) 차음성능 평가
 - : KS F 2810-1,2(바닥충격음 차단성능 현장 측정방법-1,2(표준 경량-중량 충격원))
 - : KS F 2863-1,2(건물 및 건물 부재의 바닥 충격음 차단성능 평가방법-1,2(표준 경량-중량충격원))
- 현재 국내 소형주택에서는 바닥충격음 기준이 없으므로, 공동주택 바닥충격음 관련 기준과 비교한 결과 최저기준치(경량 58dB, 중량 50dB)를 만족지 못함

구분	평가 척도	레벨	바닥 구조
방3 바닥	중량(Bang)	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	강화마루(8T) + 에너지폼(3T) + 코튼 망사발열체(0.5T) + 친화경단열재(5T) + 황토판넬(9.5T) + 판넬(50T) + 합판(18T)
	중량(Ball)	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	
	경량(Tapping)	역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$	
누마루 바닥	중량(Bang)	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	열처리목재(21T) + 2"×4" 각재 + 방수시트 + 합판(12T) + 판넬(50T) + 방음시트(30T) + 판넬(50T) + 합판(18T)
	중량(Ball)	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	
	경량(Tapping)	역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$	



<중량(Bang Machine)>



<중량(Rubber Ball)>



<경량(Tapping Machine)>

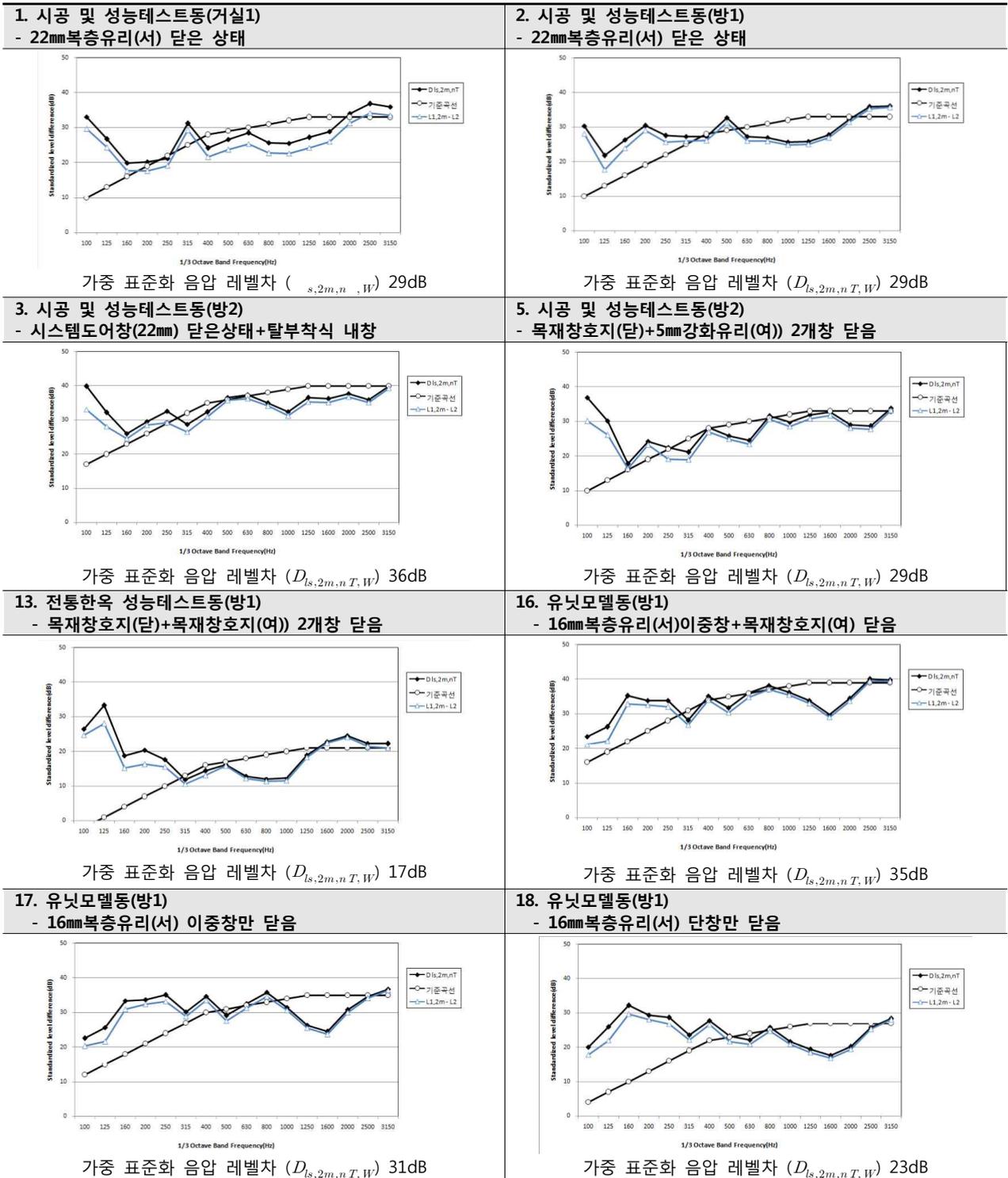
<시공 및 성능테스트동>

· 평가 결과

① 적용 평가 지표

- ㉠ 공기전달음 : 가중 표준화 음압레벨차($D_{ls, 2m, nT, W}$)
- ㉡ 바닥충격음 : 경량 - 역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨($L'_{n, AW}$)
중량 - 역A특성 가중 바닥충격음 레벨($L_{i, Fmax, AW}$)

② 단일 수치 평가량 분석(예)11)
 건물 내외부간 공기전달음 차단성능



11) 각 측정 외벽 부재 및 창호에 대한 주파수 대역별 분석 내용 및 단일 수치 평가량 결과는 3세부 보고서 전체본에 정리하였음

③ Mock-up한옥 물리량 분석

㉞ Mock-up 한옥 창호의 차음성능은 창호 구조의 종류에 따라 편차를 보임

22mm 복층유리 미서기 이중창 구조, 시스템 창호에서 비교적 높은 차음성능

복층유리 단창구조에 목재 창호지 바름 창을 추가할 경우 차음성능 개선 효과 미미

복층유리 2중창에 목재 창호지 바름 창이 추가될 경우, 고주파수 대역의 차음성능이 향상되면서 비교적 높은 차음성능

㉟ 목재 여닫이 창의 차음성능이 미닫이 창에 비해 높게 나타나고 있음.

전통한옥 미닫이 방식인 두겹닫이 안으로 미닫이 문짝이 들어가는 구조는 높은 차음성능을 기대하기 힘들
목재창이 아닌 내구성 있는 창 구조 및 재질로 제작시 지금의 기술력으로 보완이 가능

㊱ 다음 표는 단일 수치평가량으로 정리한 것임

건물 구분	실	창호종류 (내창에서 외창순)	복층 여부	개폐 유형	개폐 여부	가중 표준화 음압레벨차
시공 및 성능 테스트동	거실1	PVC 복층유리(22mm)	단창	미서기	닫음	29
	방1	PVC 복층유리(22mm)	단창	미서기	닫음	29
	방2	시스템창(22mm) +한지 창	이중창	여닫이(외) +내창(내)	2개창 닫음	36
					시스템 창 닫음	37
		목재창호지창 +5mm 강화유리	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	29
	거실2	목재창호지창 +목재창호지창	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	강화유리 닫음	28
					창호지 창 닫음	11
2개창 닫음					12	
전통한옥 성능 테스트동	대청	창호지 바름 창	단창	여닫이	닫음	10
		45mm 판문 널	단창	여닫이	닫음	28
	방1	목재창호지창 +목재창호지창	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	17
					창호지 창(외) 닫음	16
					창호지 창(내) 닫음	13
	유닛 모델동	방1	PVC 복층유리(16mm) +PVC 복층유리(16mm) +목재창호지창	삼중창	미서기(내) +여닫이(외)	3개창 닫음
복층유리 이중창 닫음						31
복층유리 단창 닫음						23
창호지 창(외) 닫음						11

④ 고체전달음(층간소음)

㉞ 공동주택 바닥충격음 기준과 비교시, 최저 기준치(경량 58dB, 중량 50dB)를 만족치 못함

㉟ 경량충격원의 경우, 방3에서 가진하여 방1에서 받은 경우가 누마루에서 가진하여 방2에서 받은 경우에 비해 높은 평가량을 보이고 있음

㊱ 중량충격원의 경우, Bang Machine으로 가진한 경우 방3, 누마루 바닥 모두 67dB로 나타남

㊲ 비교적 충격력이 Bang Machine보다 약한 Impact Ball 가진시 방3 바닥구조가 누마루 바닥 구조보다 상대적으로 높게 나타나고 있음

구분	평가 척도	레벨	바닥 구조
방3 바닥	중량(Bang)	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	67
	중량(Ball)	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	68
	경량(Tapping)	역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$	66
누마루 바닥	중량(Bang)	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	67
	중량(Ball)	역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i,Fmax,AW}$	63
	경량(Tapping)	역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n,AW}$	60

나) 현대 신한옥 성능평가¹²⁾

- 성능평가 대상 한옥 선정

· 목적 및 필요성

- ① 한옥에 적합한 성능기준 수립의 근거
- ② 현대 신한옥의 성능수준 분석을 통한 수치적 성능 기준 설정 가능성 검토
- ③ 한옥에 적합한 성능기준 항목 및 적정 평가 척도의 검증
- ④ 현대 주택 관련 기준과의 비교 검토를 통한 한옥 성능 수준 판별
- ⑤ 거주자 만족도 조사를 통한 한옥 성능개선 요구 항목 조사

· 현대 신한옥 성능평가 프로세스

① Step.1 성능평가 대상군 결정

- ㉠ 전라남도 신한옥 행복마을로 조성된 한옥을 대상으로 선별 평가기로 함
- ㉡ 전라남도 행복마을 한옥 조성 추진현황(2012.08.30, 전라남도청 자료 기준)
기존마을 정비형 1,361동(완공 739동, 추진중 677동)
신규마을 조성형 98동(완공 50동, 추진중 48동)
한옥보존시범마을 53동(완공 46동, 추진중 7동)

② Step.2 한옥 관련 자료(도면 및 주요 벽체 재료 리스트) 수집

- ㉠ 1차 : 한옥 평면도 및 벽체 구성 내역 확인 작업
한옥의 특성상 한옥의 열적 성능에 영향을 미칠 수 있는 요소는 구조재 이외에 벽체 재료와 창호의 성능에 의해 결정
창호의 형식은 거주자의 성향에 따라 매우 다양하게 시공되어 있으므로 유형을 구분하는데 어려움이 있기 때문에 벽체를 중심으로 조사를 진행
- ㉡ 2차 : 성능평가 세대 선별을 위한 현장 방문 조사
우선 도면을 검토하여 전통한옥에 가까운 유형으로 구축된 한옥보다는 현대인의 생활환경을 고려한(거실 중심의 생활) 한옥 유형의 한옥마을을 방문
한옥을 직접 방문하여 거주자와 면담하는 방식으로 조사 진행

③ Step.3 한옥 벽체 재료별 구분

- ㉠ 조사 대상 517동 중 미확인된 133동을 제외한 384동에 대한 자료 조사 실시
- ㉡ 신한옥 벽체 자료 조사 내역

	마을명	벽체 주요 재료 구분 현황									
		지정	황토 블럭	황토 벽돌	외벽회벽 (전통/특허)	구운벽돌 (흙벽돌)	시멘트 벽돌	그 외	재료 중복	확인 불가	소계
순천시	소라 상관	2009		2	10					0	12
	돌산 봉림	2010	10							2	12
	승주 괴목	2010			5					3	8
	월등 외동	2010			2					3	5
담양군	대덕 무월	2008			17						17
	수북 황덕	2008			8						8
	수북 나산	2010		2	4					5	11

12) 현대 신한옥 성능평가 주요 프로세스와 물리량 분석 결과는 3세부 보고서 전체본에서 자체하게 언급하고 있으므로 본 절에서는 결과 중심으로 수록하였음

	옥과 금의	2009		18						18	
	오곡 창동	2010							4	4	
구례군	마산 상사	2008							16	16	
	토지 오미	2008							23	23	
	수락	2007							5	5	
보성군	조성 삼정	2008		8		9				17	
	미력 춘정	2009		8						8	
	웅치 대은	2009		3	7					10	
화순군	남면 남방	2009		10						10	
	이서 야사	2009		14	1					15	
	도곡 모산	2010		9						9	
장흥군	이서 산사	2010		9	2					11	
	유치 봉덕	2010	7						3	10	
강진군	관산 옥촌	2011							8	8	
	도암 골동	2009							9	9	
	군동 안풍	2009		2	8					10	
해남군	도암 덕룡산	2010		8	8			-8		8	
	성전 월남	2010	1	10	3	1		-2	11	24	
	삼산 매정	2007							2	2	
영암군	황산 기성	2010	11		7			-7	4	15	
	군서 동계	2008		3	2	2	1	-3	2	7	
	신북 산정	2009		10						10	
	학산 영흥	2010	18	18				-18		18	
	군서 모정	2010		3	8					11	
무안군	군서 구림	2007		6	4	16		-1	12	37	
	청계 월선	2009		1						1	
함평군	일로 신정	2010		12						12	
	해보 상모	2008	10		3					13	
영광군	해보 오두	2008	2	10				4		16	
	법성 법성포	2010		3					7	10	
장성군	법성 발막	2011							3	3	
	남면 자풍	2010			5					5	
	서삼 한실	2010	8						2	10	
완도군	서삼 괴정	2010	3						8	11	
	군외 남선	2010			11					11	
진도군	조도 신전	2008		6	4					10	
신안군	비금 우산	2010			10		3		1	14	
나주시	다시 신광	2009		13						13	
계			70	188	129	28	4	4	-39	133	517

㉔ 주된 벽체 재료는 황토벽돌(44.4%), 외벽고회벽(전통/특허(왕겨숯), 30.5%), 황토블럭(16.6%), 구운벽돌(6.6%) 등의 순으로 나타났으며, 그 비율은 아래 표와 같음

	황토 블럭	황토 벽돌	외벽고회벽 (전통/특허)	구운벽돌 (흙벽돌)	시멘트 벽돌	그 외	재료 중복	합계
조사 동수	70	188	129	28	4	4	-39	423
비율(%)	16.6	44.4	30.5	6.6	0.95	0.95	-	100

④ Step.4 성능평가 대상 한옥 선정

㉕ 성능평가 대상 한옥을 선정한 원칙은 다음과 같음

기준 1 - 거실 중심의 생활 공간 구성 평면 형태

. 현대인의 생활은 거실을 중심으로 이루어짐(가장 선호하는 공간은 거실임)

기준 2 - 거주인이 지속적으로 거주하는 한옥

. 단열성능 평가는 동절기 난방이 필수 요소

기준 3 - 이중창 이상의 창호 구조 시공 한옥

. 창호의 성능이 취약할 경우 모든 평가 요소에 영향

기준 4 - 현관 출입구를 두는 한옥

. 전통한옥의 주거 유형보다 신한옥에 가까운 주거 유형 선택

기준 5 - 바닥 구조체 복사 난방 방식 한옥

· 바닥 구조체 가열에 의한 복사 난방 방식 선택

㉠ 선정된 한옥의 내역과 선정 배경

전라남도 행복마을 한옥은 전라남도청에서 시공업체를 지정하여 운영하므로 마을별로 일관성 있는 구조 형식으로 대표성이 있음

벽체 구조의 기본적 구성은 「주재료+단열재+주재료」의 형식

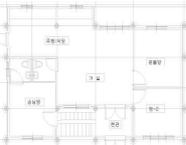
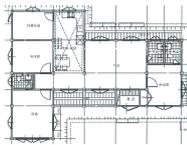
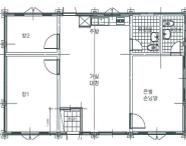
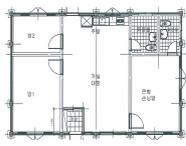
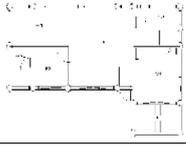
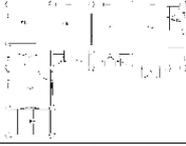
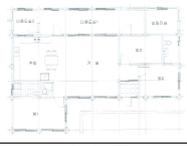
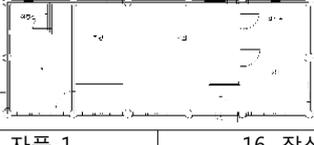
황토벽돌 구조는 이중벽 벽돌 외부에 황토미장하는 방식과 단일벽으로 하되 내단열 방식

외벽은 왕겨숯을 넣어 외벽은 구조 외부에 황토미장이나 회바름 하는 방식

황토블럭 구조는 중단열 형식으로 황토벽돌과 함께 시공되는 경우로 선정

벽체 구분	연번	측정 대상 마을	벽체 구조
			(좌에서 우로 실내측부터 실외측으로)
황토 블럭	1	여수 봉림	황토미장(내)+황토블럭+단열재+황토벽돌+황토미장(외)
	2	여수 봉림	황토미장(내)+황토블럭+단열재+황토벽돌+황토미장(외)
황토 벽돌 (적벽돌 1구조 포함)	3	곡성 금의	황토벽돌+단열재+황토벽돌
	4	보성 삼정	황토미장(내)+황토벽돌+단열재+황토벽돌+황토미장(외)
	5	강진 월남	황토미장(내)+황토벽돌+단열재+적벽돌+황토미장(외)
	6	강진 월남	황토미장(내)+적벽돌+단열재+적벽돌+황토미장(외)
	7	강진 안풍	황토미장(내)+황토벽돌+공간쌓기+황토벽돌+황토미장(외)
	8	영암 산정	합판(내)+단열재+황토벽돌+황토미장+회바름(외)
	9	영암 산정	합판(내)+단열재+황토벽돌+황토미장+회바름(외)
외벽회벽 (특허품/전통) 왕겨숯 활용	10	보성 대은	황토미장(내)+외벽고(왕겨숯) 황토미장(외)
	11	보성 대은	황토미장(내)+외벽고(왕겨숯) 황토미장(외)
	12	영암 모정	회바름(내)+외벽고(왕겨숯)+회바름(외)
	13	영암 모정	회바름(내)+외벽고(왕겨숯)+회바름(외)
	14	강진 안풍	황토미장(내)+외벽고(왕겨숯)+황토미장+회바름(외)
	15	장성 자풍	황토미장(내)+외벽고(왕겨숯)+황토미장+회바름(외)
	16	장성 자풍	황토미장(내)+외벽고(왕겨숯)+황토미장+회바름(외)

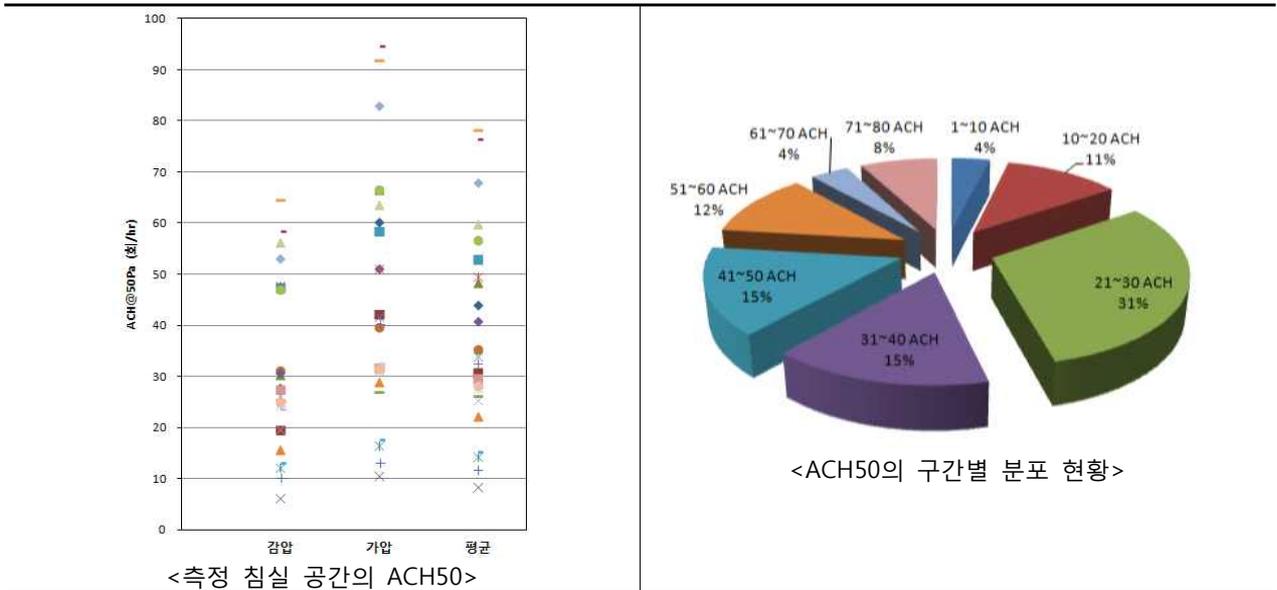
· 평가 대상 한옥 평면

			
1. 곡성 금의-1	2. 여수 봉림-1	3. 여수 봉림-1	4. 보성 삼정-1
			
5. 보성 대은-1	6. 보성 대은-2	7. 영암 산정-1	8. 영암 산정-2
			
9. 영암 모정-1	10. 영암 모정-2	11. 강진 월남-1	12. 강진 월남-2
			
13. 강진 안풍-1	14. 강진 안풍-2	15. 장성 자풍-1	16. 장성 자풍-2

- 기밀성능 평가 결과

현대 신한옥 16동의 침실 26개 공간에 대한 기밀성능 평가 실시한 결과임¹³⁾

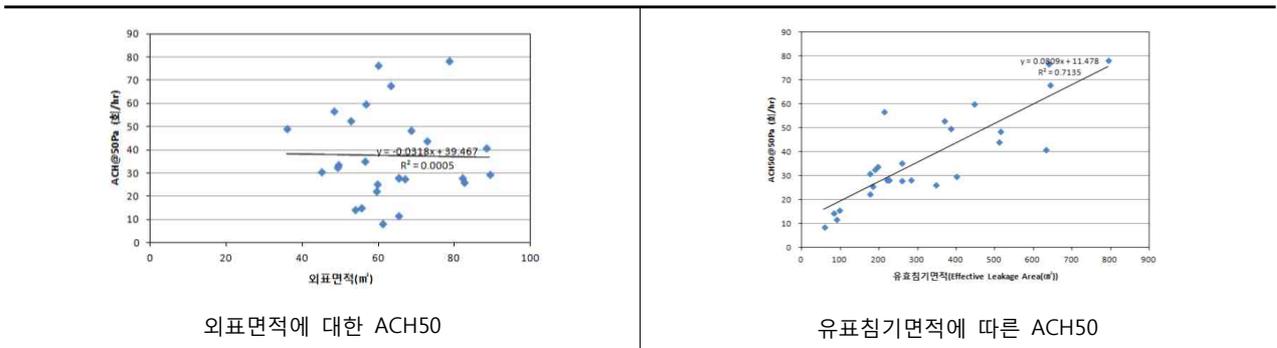
· 시간당 환기회수(ACH50@50Pa(회/hr)) 분석



<분석 결과>

- 감압시 6.3~64.7 ACH50, 가압시 10.6~94.8 ACH50, 평균값 8.42~78.38 ACH50로서 매우 넓은 범위에서 환기회수 분포 값이 확인
- 구간별로 21~30 ACH50(31%), 31~40 ACH50(15%), 41~50 ACH50(15%) 순
- 상대적으로 기밀하다고 판단할 수 있는 10 ACH50 이하(4%), 10~20 ACH50(11%)로 확인
- 주요 목구조부에 이질재료로 시공되는 한옥 벽체 건축의 특성상 온열환경 조건에서 높은 기밀성을 요하는 침실 공간이라 할지라도 비교적 낮은 기밀성능을 보이는 결과

· 외표면적, 바닥면적, 체적 요인 분석



<분석 결과>

- 측정 대상 공간의 기밀성능에 영향을 미칠 수 있는 요소를 분석하기 위해 외표면적, 바닥면적, 체적 등의 변수와의 상관관계 분석을 진행
 - 외표면적에 면적 크기에 대해 전체 ACH50는 특별한 상관관계를 보이지 않는 것으로 나타남
 - 현재 측정 대상이 된 한옥의 침실은 한옥마다 각기 다른 실내 마감 조건으로 외표면적, 체적, 바닥면적과 같은 변수 조건은 한옥침실의 기밀성능과의 상관관계에서 높은 설명력을 보이지 못함
- 각 침실 공간의 전체적인 ELA(유효침기면적)에 따른 ACH50의 상관관계를 분석
 - 전체적으로 실의 유효침기면적이 증가할수록 ACH50이 선형적으로 증가($R^2=0.7135$)
 - 이는 실의 유효침기면적에 영향을 미치는 요소가 있음을 의미하므로 실의 경계면 조건에 해당하는 변수에 대한 분석의 필요성을 의미

13) 침실만 대상으로 평가를 실시한 이유 : 거실을 측정하는 경우 주요 건축부재인 목재와 지붕 하부의 서까래, 높은 목조 천장, 회벽 마감 등에서 톱밥, 회반죽 가루가 실내를 메우는 현상이 발생하여 대상이 된 신한옥의 경우 모두 살림집으로 측정을 거부하는 상황이 발생하여 침실로 한정하였음

· 실내마감 조건에 따른 기밀성능 분석¹⁴⁾

<실내 마감 조건에 따른 ACH50 비교>					
ACH50	노출여부	부속실	창호구분	창호수	순위
8.42			3	1	R4
11.77		○	3	2	R7
14.36			3	1	R5
15.45		○	1	3	R17
22.28			4	2	R12
25.46		○	1	2	R22
26.24	○		4	1	R9
27.84			1	2	R23
28.12	○		1	2	R26
28.23	○	○	1	3	R25
28.32	○		1	2	R24
29.64	○	○	2	4	R20
30.83		○	3	3	R2
32.63	○		3	3	R16
33.90		○	4	4	R13
35.40	○		3	1	R6
40.89	○	○	3	3	R10
44.01	○		3	2	R1
48.53	○	○	3	2	R3
49.54	○		3	2	R14
52.93	○	○	4	4	R11
56.84	○	○	3	3	R15
59.85	○	○	2	3	R21
67.95	○	○	5	3	R19
76.63	○	○	3	4	R8
78.38	○	○	5	4	R18

<조건 설명>

- 노출여부 : 주요 구조부인(보, 기둥, 도리 등)의 부재가 실내로 노출된 경우와 노출하지 않고 천장재와 벽지 등으로 마감하여 비노출한 경우로 구분
- 부속실 : 화장실 출입문, 천장 다락 출입구, 옷장으로 활용되는 반침(블박이장)이 있는 경우를 부속실이 있는 경우로 간주
- 창호구분 : 선행연구 결과를 고려하여 비교적 차음성능이 우수하다고 판단되는 복층유리 미서기창, 목재 여닫이창, 목재 미닫이창 순으로 창호 구분 번호를 결정
 - 1구조 : pvc 판유리(서)+pvc복층유리(서) 이중창 구조
 - 2구조 : 목재 판유리(서)+pvc 복층유리(서)
 - 3구조 : pvc 복층유리(서)+목재(창호지+판유리)(여)
 - 4구조 : 목재 창호지(서)+pvc 복층유리(서)
 - 5구조 : 목재 창호지(담)+목재(창호지+판유리)(여) 구조로 순번을 부여
- 개구부수 : 침실에 면한 모든 요소의 수
 - 출입문(화장실), 창호, 반침, 다락 등의 모든 수를 합산
 - 침실 출입문은 블로어 도어를 설치하는 위치로 제외

<분석 결과>

- 한옥 구조의 특성인 목구조부가 육안으로 노출되는 경우 노출되지 않은 경우에 비해 ACH50이 증가
- 부속실과 창호수의 관계를 검토한 결과, 부속실과 창호수가 많은 침실일수록 ACH50이 증가
- 창호를 종류별로 구분한 경우에는 1~4구조가 모두 pvc 복층유리를 포함하고 있는 구조이므로 고르게 순위가 랭크되었으나, 목재 여닫이 창과 미닫이 창이 사용된 구조는 가장 취약한 것으로 분석됨
- 전체적으로는 침실의 기밀성능은 실내 마감 조건에 따라 목구조부가 노출될수록, 부속실이 많을수록, 목재 여닫이와 미닫이 이중창구조 시공될수록, 창호수가 많을수록 기밀성능이 저하
- 한옥의 구조미를 실내공간에 남기는 방법(목구조부가 육안으로 확인되도록 드러나게 하는 방법)은 실의 기밀성에 취약하므로 기밀성 향상을 원하는 경우에는 한옥의 구조미를 실내에서 드러내지 않는 방향으로 시공하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

· 기밀성능 기준과의 비교

① 국내 기준과 비교 평가

- ㉠ 현행 친환경건축물 인증기준 중 한옥에 가장 근접한 주거형태인 소형주택 관련 기준에 따르면 시간당 환기회수는 0.6회로 제시하고 있음
- ㉡ 측정결과는 한옥주택의 유형과 구조 및 공법 등이 현대 소형주택과 상이하기 때문에 직접적인 비교는 불가능하나 이 기준치로 수치상 간접 검토하였을 경우 비교적 기밀성능이 가장 우수한 경우에도 8.42ACH이므로 친환경건축물 인증기준에서 제시하는 0.6회와는 큰 차이를 보임
- ㉢ 이 기준을 한옥 성능기준으로 적용하기에는 무리가 있으며, 현실적인 수치가 고려된 기준이 필요

② 국외 기준과 비교 평가¹⁵⁾

14) 본 분석 내용은 논문으로 게재되었음. 이주엽외4, 신한옥 침실 공간의 기밀성능 평가 연구, 한국생태환경공학회는문집, Vol.13, No.3, 2013.6

15) Max H. Sherman, The Use of Blower Door Data, LBL Report No. 35173, 1998.03

- ㉠ ASHRAE에서 언급하는 침기등급에 대한 환기 필요 여부와 비교 검토
- ㉡ 이 기준에 따르면, H등급 위로는 비용 대비 효율이 높은 기밀성 향상이 필요함을 언급
- ㉢ ASHRAE에서는 각 등급별로 A(airtight, 매우 기밀), B&C(quite tight, 상당히 기밀), D&E(leaky, 공기 누설이 있는), F&G(sufficiently leaky, 상당히 누설이 있는) 수준으로 판단하고 있으며, H등급 위로는 비용 대비 효율이 높은(cost-effective) 기밀성 향상이 필요한 등급으로 제시
- ㉣ 대상 한옥 침실은 전체적으로 기밀성능 향상이 필요한 공간이라고 할 수 있음
- ㉤ 한옥의 특성을 고려할 때 침실보다 체적이 훨씬 크고 지붕 하부 서까래를 비롯한 당골막이, 목재와 창호 등 주요 구조부의 노출이 심한 거실을 포함하는 단위 세대 공간의 기밀성능을 평가 결과를 예상한다면 침실의 기밀성능보다 더 저하할 것으로 판단되며, 침기등급 F~H인 경우도 단위 세대에서는 더욱 저하할 것으로 예상됨

ASHRAE Standard 119-1988 침기등급

침기등급	최소 NL	최대 NL	ACH50	의미 및 환기 필요 여부
A	0	0.10	1	매우 기밀, 전반적인 기계 환기가 필요
B	0.10	0.14	2	상당히 기밀, 환기시스템 필요
C	0.14	0.20	3	
D	0.20	0.28	5	
E	0.28	0.40	7	공기 누설이 있는 상태, 약간 환기가 필요
F	0.40	0.57	10	상당히 공기 누설이 있는 상태, 기계 환기 불필요
G	0.57	0.80	14	
H	0.80	1.13	20	환기 필요 없음, 고효율 기밀성 향상 필요
I	1.13	1.60	27	너무 기밀하지 않으므로 기밀화가 필요
J	1.60	-	-	-

※ 출처 : Max H. Sherman, The Use of Blower Door Data, LBL Report No. 35173, 1998.03

현대 신한옥 26개 침실에 대한 기밀성능 침기등급 평가 결과

구분	ACH50 (회/h)	유효침기면적 ELA(㎡)	표준침기(LN) ACH50/20	침기 등급	분석
R1	44.01	509.0	2.20	J	<p><침기등급 분포></p> <p><결과 분석></p> <ul style="list-style-type: none"> - 표준침기 LN은 0.42~3.92까지 매우 넓은 범위의 값이 도출 - 등급별로 F등급(4%), G등급(11%), H등급(4%), I등급(31%), J등급(50%) - 과반에 해당하는 13곳이 최하위 J등급 이상으로 분류
R2	30.83	174.1	1.54	I	
R3	48.53	513.4	2.43	J	
R4	8.42	56.4	0.42	F	
R5	14.36	82.1	0.72	G	
R6	35.40	256.7	1.77	J	
R7	11.77	88.9	0.59	G	
R8	76.63	638.8	3.83	J	
R9	26.24	346.5	1.31	I	
R10	40.89	629.8	2.04	J	
R11	52.93	367.6	2.65	J	
R12	22.28	175.2	1.11	H	
R13	33.90	195.6	1.70	J	
R14	49.54	383.6	2.48	J	
R15	56.84	211.3	2.84	J	
R16	32.63	187.9	1.63	J	
R17	15.45	95.8	0.77	G	
R18	78.38	793.0	3.92	J	
R19	67.95	640.7	3.40	J	
R20	29.64	399.2	1.48	I	
R21	59.85	445.2	2.99	J	
R22	25.46	181.6	1.27	I	
R23	27.84	256.8	1.39	I	
R24	28.32	223.9	1.42	I	
R25	28.23	281.8	1.41	I	
R26	28.12	219.5	1.41	I	
평균	37.48	321.3	1.87	J	

· 실험한옥과 현대 신한옥 성능평가 결과 비교 분석

- ① 실험한옥 시공 및 성능테스트동 방1,2,3 공간의 기밀성능 수준을 현대 신한옥 기밀성능 평가 결과와 비교 분석(전통한옥은 비교 대상에서 제외)
- ② 주요 목구조부가 노출되지 않고, 부속실이 없는 방3 공간이 상대적으로 상위에 랭크

시공 및 성능테스트동	시간당 환기회수 ACH50(회/h)	현대 신한옥 대비 비교 수준(%)	공간 특징
방1	30.36	상위 46.2%	- 목구조(수평부재) 노출 - 반침 부속실 2곳 - PVC 복층유리 1개소 - 외피면수 1
방2	37.25	상위 61.5%	- 목구조(수평부재) 노출 - 시스템 창 1개소 - 목재 여닫이+미닫이 창 2개소 - 외피 면수 3
방3	25.77	상위 23.1%	- 목구조 비노출 - PVC 복층유리 2개소 - 외피면수 2

- 단열성능 평가 결과

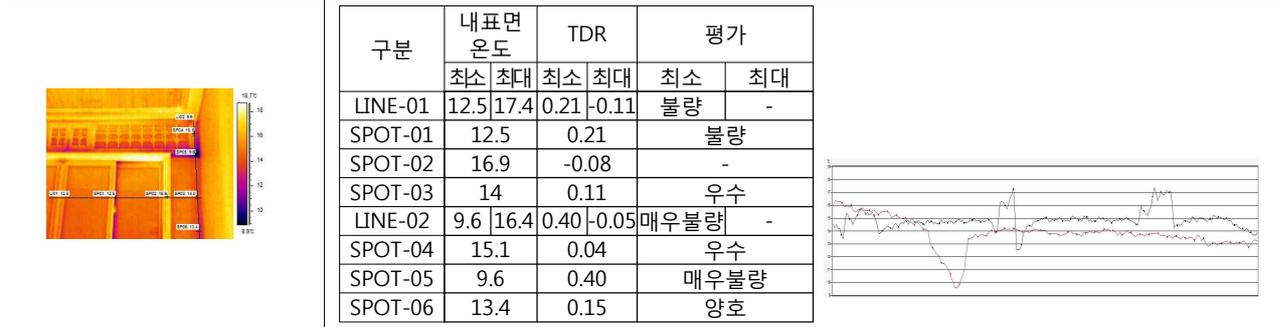
· 내표면 온도차 비율 평가(TDRi)

- ① 현대 신한옥 15동에 대한 최저온도점과 Spot분석을 실시한 결과는 다음 표와 같음
- ② 대부분의 한옥에서 최저온도점은 “매우불량”으로 판정되는 것으로 나타남
- ③ 비교적 높은 내표면 온도를 보이는 부위는 천장 부위로 “우수”, “양호”, “불량” 범위 내 분포

번호	측정 한옥	분석항목	우수	양호	불량	매우불량	
1	곡성 금의마을-1	SPOT분석	225	18	21	68	118
		최저온도	45	0	0	8	37
2	여수 봉림마을-1	SPOT분석	140	18	15	23	84
		최저온도	28	0	0	3	25
3	여수 봉림마을-2	SPOT분석	115	38	3	18	56
		최저온도	23	0	5	3	15
4	보성 삼정마을-1	SPOT분석	155	13	14	44	84
		최저온도	31	0	0	5	26
5	보성 대은마을-1	SPOT분석	80	4	0	6	70
		최저온도	16	0	0	0	16
6	보성 대은마을-2	SPOT분석	90	6	2	14	68
		최저온도	18	1	0	0	17
7	영암 산정마을-1	SPOT분석	70	0	0	0	70
		최저온도	14	0	0	0	14
8	영암 산정마을-2	SPOT분석	95	13	2	13	67
		최저온도	19	0	0	1	18
9	영암 모정마을-1	SPOT분석	30	0	0	3	27
		최저온도	6	0	0	0	6
10	영암 모정마을-2	SPOT분석	65	2	5	10	48
		최저온도	13	0	0	0	13
11	강진 월남마을-1	SPOT분석	75	30	16	24	5
		최저온도	15	2	1	5	7
12	강진 월남마을-2	SPOT분석	85	9	4	17	55
		최저온도	17	1	0	1	15
13	강진 안풍마을-1	SPOT분석	105	5	26	56	18
		최저온도	21	0	2	10	9
14	강진 안풍마을-2	SPOT분석	60	20	6	21	13
		최저온도	12	1	0	6	5
15	장성 자풍마을-1	SPOT분석	65	1	0	2	62
		최저온도	13	0	0	0	13

- 측정 한옥별 열화상 분석 및 접합부 온도 히스토그램¹⁶⁾
- 벽체와 창호, 목조 부재 등의 접합부 온도 분석을 위해 Spot&Line 분석 실시
- 편의상 측정 공간별로 2 Scene 씩 보고서로 수록함
- ① 곡성 금의(벽체 구성 : 황토벽돌+단열재+황토벽돌)

방(실내온도: 15.7°C, 3일간 외기평균기온: 0.4°C)



- 벽체(황토벽돌) 중심부 "우수", 천장 실내온도보다 천장 온도가 높음. 벽체와 창호 접합부에서 최저온도 존재 "매우불량 판정"

거실(실내온도: 20.4°C, 3일간 외기평균기온: 0.4°C)



- 당글막이 부위와 소로 사이 방막이 부위에서 "매우불량" 판정, 서가래와 부위는 "양호", "우수" 판정

16) 열화상 및 접합부 온도 히스토그램 분석 결과는 3세부 보고서 전체본에 정리하였음

② 여수 봉림-1(벽체 구성 : 황토미장(내)+황토블럭+단열재+황토벽돌+황토미장(외))

방(실내온도: 23.1°C, 3일간 외기평균기온: 9.3°C)



- 벽체 중심부 및 천장 "불량", 벽체와 천장 접합부 "매우불량" 판정

거실(실내온도: 23.8°C, 3일간 외기평균기온: 9.3°C)



- 벽체(황토블럭) 중심부 "우수" "양호", 천장 "우수". 소로 사이 방막이 부위에서 "매우불량" 판정

③ 여수 봉림-2(벽체 구성 : 황토미장(내)+황토블럭+단열재+황토벽돌+황토미장(외))

방(실내온도: 18.8°C, 3일간 외기평균기온: 9.2°C)



- 벽체 모서리 부위 "매우불량", 창호부위가 주간 일사로 인해 "우수", 벽체보다 창호 주위가 높은 내표면 온도 분포(일사 영향)
- 천장은 중심부는 "양호" 벽체와 만나는 모서리 "불량"

거실(실내온도: 19.4°C, 3일간 외기평균기온: 9.2°C)



- 주간 일사로 인해 창호, 천장 모두 "우수"

④ 보성 삼정-1(벽체 구성 : 황토미장(내)+황토벽돌+단열재+황토벽돌+황토미장(외))

방(실내온도: 17.1°C, 3일간 외기평균기온: 7.8°C)

	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	12.8	15.5	0.46	0.17	매우불량	양호	
	SPOT-01	13.2		0.42		매우불량		
	SPOT-02	13.1		0.43		매우불량		
	SPOT-03	14.3		0.30		매우불량		
	LINE-02	12.5	14.5	0.49	0.28	매우불량	불량	
SPOT-04	13.6		0.38		매우불량			
SPOT-05	12.6		0.48		매우불량			
SPOT-06	13		0.44		매우불량			

	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	16.1	18.8	0.22	0.04	불량	-	
	SPOT-01	17.6		0.08		우수		
	SPOT-02	17.6		0.08		우수		
	SPOT-03	18.3		0.01		우수		
	LINE-02	15.8	18.9	0.25	0.05	불량	-	
SPOT-04	18.4		0.00		우수			
SPOT-05	18.4		0.00		우수			
SPOT-06	16.1		0.22		불량			

- 주간 난방을 하고 있음에도 불구하고 벽체 내표면 온도가 창호보다 낮음
- 벽체 중앙, 모서리 등 모든 부위에서 "매우 불량", 천장은 중앙 "우수" 목재와 만나는 모서리 "불량"

거실(실내온도: 18.7°C, 3일간 외기평균기온: 7.8°C)

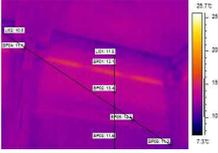
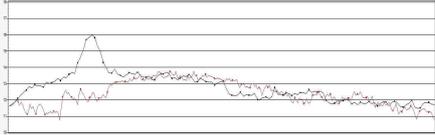
	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	14.8	16.9	0.36	0.17	매우불량	양호	
	SPOT-01	14.9		0.35		매우불량		
	SPOT-02	15.5		0.29		불량		
	SPOT-03	16.9		0.17		양호		
	LINE-02	14.4	17.1	0.39	0.15	매우불량	우수	
SPOT-04	15.9		0.26		불량			
SPOT-05	15		0.34		매우불량			
SPOT-06	15		0.34		매우불량			

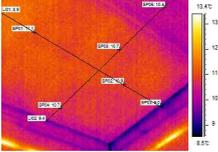
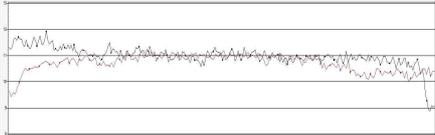
	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	13.1	17.5	0.51	0.11	매우불량	우수	
	SPOT-01	17.3		0.13		우수		
	SPOT-02	16		0.25		불량		
	SPOT-03	13.2		0.50		매우불량		
	LINE-02	13.9	17.6	0.44	0.10	매우불량	우수	
SPOT-04	17.1		0.15		우수			
SPOT-05	15.2		0.32		매우불량			
SPOT-06	16.4		0.21		불량			

- 전체적으로 목조 부재 노출 부위가 많은 한옥으로 벽체 주요 평가량이 "불량", "매우불량" 판정
- 서까재를 비롯한 천장 부위 "우수", 당골막이 부위 "매우불량"

⑤ 보성 대은-1(벽체 구성 : 황토미장(내)+외벽고(왕겨숯)+황토미장(외))

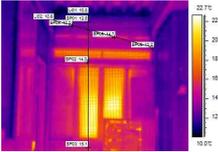
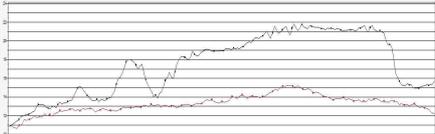
방(실내온도: 15.3°C, 3일간 외기평균기온: 7.2°C)

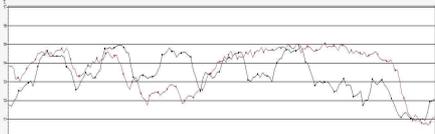
	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	11.5	16	0.47	-0.09	매우불량	-	
	SPOT-01	13.1		0.27		불량		
	SPOT-02	13.4		0.23		불량		
	SPOT-03	11.6		0.46		매우불량		
	LINE-02	10.8	13.8	0.56	0.19	매우불량	양호	
SPOT-04	11.1		0.52		매우불량			
SPOT-05	12.4		0.36		매우불량			
SPOT-06	11.3		0.49		매우불량			

	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	8.9	11.9	0.77	0.36	매우불량	매우불량	
	SPOT-01	11.1		0.47		매우불량		
	SPOT-02	10.9		0.50		매우불량		
	SPOT-03	9		0.76		매우불량		
	LINE-02	9.4	11.3	0.70	0.45	매우불량	매우불량	
SPOT-04	10.7		0.53		매우불량			
SPOT-05	10.7		0.53		매우불량			
SPOT-06	10.4		0.57		매우불량			

- 측정 당일 비교적 짧은 난방시간으로 인해 전체적이 실내온도 및 내표면 온도가 낮은 상황임
- 벽체 및 천장 주요 부재 평가량 "매우불량"

거실(실내온도: 15.3°C, 3일간 외기평균기온: 7.2°C)

	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	10.8	21.8	0.56	-0.80	매우불량	-	
	SPOT-01	12.5		0.35		매우불량		
	SPOT-02	14.3		0.12		우수		
	SPOT-03	15.1		0.02		우수		
	LINE-02	10.6	15.3	0.58	0.00	매우불량	우수	
SPOT-04	12.2		0.38		매우불량			
SPOT-05	14.7		0.07		우수			
SPOT-06	12.2		0.38		매우불량			

	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	10.9	15	0.54	0.04	매우불량	우수	
	SPOT-01	13.5		0.22		불량		
	SPOT-02	14.6		0.09		우수		
	SPOT-03	11		0.53		매우불량		
	LINE-02	10.7	15	0.57	0.04	매우불량	우수	
SPOT-04	13.5		0.22		불량			
SPOT-05	12.1		0.40		매우불량			
SPOT-06	10.7		0.57		매우불량			

- 주간 일사로 인해 벽체 및 창호 온도 상승
- 천장 및 서까재 부위는 "우수" "불량" 존재, 당골막이 부위 "매우불량"

⑥ 보성 대은-2(벽체 구성 : 황토미장(내)+외벽고(왕겨숯)+황토미장(외))

방(실내온도: 19.8°C, 3일간 외기평균기온: 6.6°C)



- 주요 벽면은 "우수" "불량", 미닫이 창호 접합부에서 내표면 온도가 감소하여 "매우불량"
- 천장 부위가 대부분 "매우불량"

거실(실내온도: 19°C, 3일간 외기평균기온: 6.6°C)



- 목조부재, 창호 부위는 비교적 "양호" "우수" 판정 가능, 창호와 목조 부재 접합부는 "매우불량"
- 거실 천장은 당골막이를 제외한 부위는 비교적 "양호" "우수"

⑦ 영암 산정-1(벽체 구성 : 합판위 벽지바름(내)+단열재+황토벽돌+황토미장+회바름(외))

방(실내온도: 16.9°C, 3일간 외기평균기온: 7.9°C)



- 벽체 중심부와 접합부 대부분의 위치에서 "매우불량"
- 천장 부위도 대부분의 위치에서 "매우불량", 난방 시간이 짧음

거실(실내온도: 16.1°C, 3일간 외기평균기온: 7.9°C)



- 비교적 난방 가동 시간이 짧아 벽체, 천장, 목조부재 등 대부분의 부위에서 "매우불량" 판정

⑧ 영암 산정-2(벽체 구성 : 합판위 벽지바름(내)+단열재+황토벽돌+황토미장+회바름(외))

방(실내온도: 18.9°C, 3일간 외기평균기온: 7.9°C)



- 벽체 중심부는 "불량", 접합부는 "매우불량"
- 천장 모서리는 "매우불량" 모서리에서 이격될수록 "불량" "양호" "우수" 판정

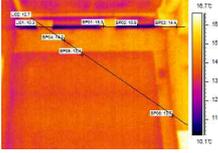
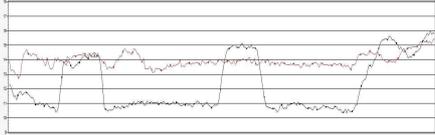
거실(실내온도: 16°C, 3일간 외기평균기온: 7.9°C)

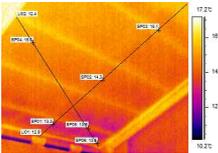
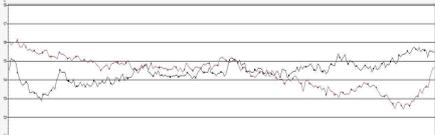


- 목조 주요 부재 접합부 부위에서 "매우불량"
- 천장 서까래 부위는 "우수", 당골막이와 가까운 부위 "매우불량"

⑨ 영암 모정-1(벽체 구성 : 회바름(내)+외벽고(왕겨숫)+회바름(외))

방(실내온도: 17.9°C, 3일간 외기평균기온: 6.4°C)

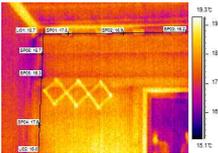
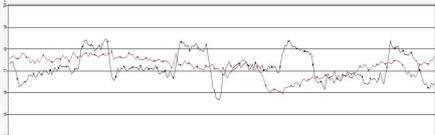
	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	10.3	16	0.66	0.17	매우불량	양호	
	SPOT-01	15.3		0.23		불량		
	SPOT-02	10.8		0.62		매우불량		
	SPOT-03	14.4		0.30		매우불량		
	LINE-02	12.7	15.5	0.45	0.21	매우불량	불량	
	SPOT-04	14.2		0.32		매우불량		
	SPOT-05	13.4		0.39		매우불량		
	SPOT-06	13.7		0.37		매우불량		

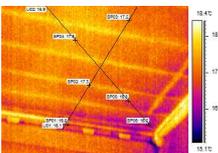
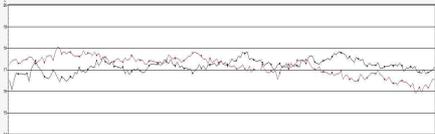
	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	12.9	15.7	0.43	0.19	매우불량	양호	
	SPOT-01	13.3		0.40		매우불량		
	SPOT-02	14.3		0.31		매우불량		
	SPOT-03	15.1		0.24		불량		
	LINE-02	12.4	16.1	0.48	0.16	매우불량	양호	
	SPOT-04	15		0.25		불량		
	SPOT-05	13.9		0.35		매우불량		
	SPOT-06	13.5		0.38		매우불량		

- 창방 상부 소로 사이의 방막이 부위에서 "매우불량", 벽체 주요 부위에서도 "불량", "매우불량"
- 천장 모서리에 가까울수록 "매우불량", 멀어질수록 "불량" "양호"

⑩ 영암 모정-2(벽체 구성 : 회바름(내)+외벽고(왕겨숫)+회바름(외))

방(실내온도: 19°C, 3일간 외기평균기온: 7.6°C)

	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	15.7	18.5	0.29	0.04	불량	우수	
	SPOT-01	17.8		0.11		우수		
	SPOT-02	16.9		0.18		양호		
	SPOT-03	16.2		0.25		불량		
	LINE-02	16	17.9	0.26	0.10	불량	우수	
	SPOT-04	17.6		0.12		우수		
	SPOT-05	16.3		0.24		불량		
	SPOT-06	16.7		0.20		불량		

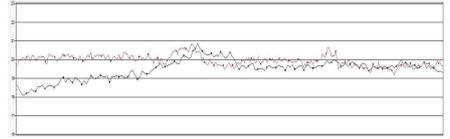
	구분	내표면 온도		TDR		평가		
		최소	최대	최소	최대	최소	최대	
	LINE-01	16.1	17.8	0.25	0.11	불량	우수	
	SPOT-01	16.8		0.19		양호		
	SPOT-02	17.3		0.15		우수		
	SPOT-03	17.2		0.16		양호		
	LINE-02	15.9	18.1	0.27	0.08	불량	우수	
	SPOT-04	17.5		0.13		우수		
	SPOT-05	16.8		0.19		양호		
	SPOT-06	16.2		0.25		불량		

- 창방 상부 소로 사이의 방막이 부위에 단열재를 내부 부착한 부위가 있음 "양호" 판정
- 천장 주요 부위는 "양호" "우수", 모서리 부위 "불량"

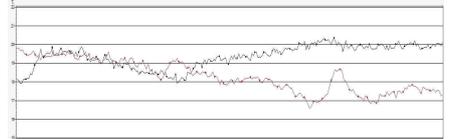
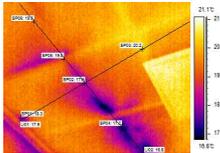
⑪ 강진 월남-1(벽체 구성 : 황토미장(내)+황토벽돌+단열재+적벽돌+황토미장(외))

방(실내온도: 20.6°C, 3일간 외기평균기온: 6°C)

구분	내표면 온도		TDR		평가	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
LINE-01	18.1	20.9	0.17	-0.02	양호	-
SPOT-01	18		0.18		양호	
SPOT-02	19.8		0.05		우수	
SPOT-03	20.2		0.03		우수	
LINE-02	19.2	20.8	0.10	-0.01	우수	-
SPOT-04	20		0.04		우수	
SPOT-05	20		0.04		우수	
SPOT-06	20.6		0.00		우수	



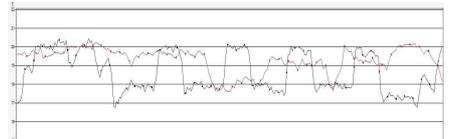
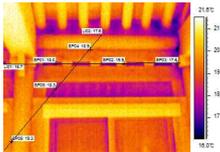
구분	내표면 온도		TDR		평가	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
LINE-01	17.9	20.4	0.18	0.01	양호	우수
SPOT-01	18.4		0.15		양호	
SPOT-02	17.9		0.18		양호	
SPOT-03	20.2		0.03		우수	
LINE-02	16.6	19.8	0.27	0.05	불량	우수
SPOT-04	17.2		0.23		불량	
SPOT-05	19		0.11		우수	
SPOT-06	19.5		0.08		우수	



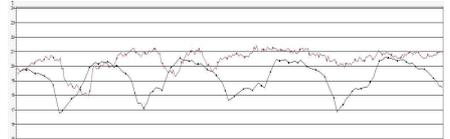
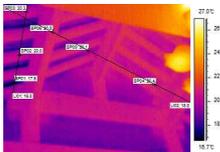
- 비교적 대부분의 벽체 부위에서 "양호" "우수" 판정 가능
- 천장은 "양호" "우수", 일부 부위(천장반사판을 통한 열교 가능 부위)에서 "불량"

거실(실내온도: 20.2°C, 3일간 외기평균기온: 6°C)

구분	내표면 온도		TDR		평가	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
LINE-01	16.7	20.4	0.25	-0.01	불량	-
SPOT-01	18		0.15		양호	
SPOT-02	19.9		0.02		우수	
SPOT-03	17.6		0.18		양호	
LINE-02	17.6	20.2	0.18	0.00	양호	우수
SPOT-04	18.9		0.09		우수	
SPOT-05	18.3		0.13		우수	
SPOT-06	19.3		0.06		우수	



구분	내표면 온도		TDR		평가	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
LINE-01	16.8	20.6	0.24	-0.03	불량	-
SPOT-01	17.5		0.19		양호	
SPOT-02	20		0.01		우수	
SPOT-03	20.3		-0.01		-	
LINE-02	18	21.4	0.15	-0.08	양호	-
SPOT-04	20.4		-0.01		-	
SPOT-05	20.1		0.01		우수	
SPOT-06	20.8		-0.04		-	



- 벽체 구성하는 목조 부재 대부분의 부위에서 "양호" "우수", 천장 부위는 대부분 "양호" "우수"

⑫ 강진 월남-2(벽체 구성 : 황토미장(내)+적벽돌+단열재+적벽돌+황토미장(외))

방(실내온도: 17°C, 3일간 외기평균기온: 6.2°C)



- 벽체 부위 "양호" "우수" 판정, 창호 부위에서 "불량"
- 천장 모서리 부위 "불량" 모서리에서 이격될수록 "양호"

거실(실내온도: 18.7°C, 3일간 외기평균기온: 6.2°C)



- 창방 상부 소로 사이의 방막이 부위에서 "불량", 미닫이창호 벽면 부위 "매우불량"
- 천장 대부분 부위에서 "우수"

⑬ 강진 안풍-1(벽체 구성 : 황토미장(내)+외벽고(왕겨숯)+황토미장+회바름(외))

방(실내온도: 19.4°C, 3일간 외기평균기온: 4.1°C)



- 벽체 부위 "불량" 창호 "우수"(일사 영향)
- 천장 대부분의 부위에서 "양호" "우수"

거실(실내온도: 20.1°C, 3일간 외기평균기온: 4.1°C)



- 벽체를 이루는 목조 부재 "불량" "양호"
- 천장 대부분의 부위에서 "양호" "우수"

⑭ 강진 안풍-2(벽체 구성 : 황토미장(내)+황토벽돌+공간쌓기+황토벽돌+황토미장(외))

방(실내온도: 17°C, 3일간 외기평균기온: 4°C)



- 벽체 중심부는 "불량" "우수" 판정 가능, 모서리 부분 "매우 불량", 창호와 접합부 부위 "양호"
 - 천장 대부분의 부위에서 "양호" "우수"

거실(실내온도: 16°C, 3일간 외기평균기온: 4°C)



- 천장은 목조 부재에 따라 "불량" "양호" "우수"

⑮ 장성 자풍-1(벽체 구성 : 황토미장(내)+외엮고(왕겨숫)+황토미장+회바름(외))

방(실내온도: 18°C, 3일간 외기평균기온: 7.3°C)



- 벽체 대부분의 부위에서 "매우불량", 창호 부위가 일사 영향으로 상대적으로 표면온도가 높음
- 비교적 짧은 난방시간으로 인해 천장 "매우불량" 판정

거실(실내온도: 15°C, 3일간 외기평균기온: 7.3°C)



- 주요 벽체 및 목조 부재 "매우불량"
- 천장은 부위에 따라 "매우불량" "불량" "양호" "우수" 판정
- 당골막이 부위와 박공벽이 상대적으로 낮은 표면 온도 분포

<분석 결과>

- 황토벽돌 구조가 외벽고회벽 구조에 비해 벽체 부위의 내표면 온도가 높게 나타나고 있음
- 한옥 가구별로 난방 상태(연속난방, 간헐난방, 공간별 선택난방 등) 시간의 차이가 있으므로 상대적인 비교가 불가능하나, 전반적으로 천장 부위는 비교적 “양호” “우수” 판정을 받고 있음(이는 바닥 복사 난방과 지붕의 단열 효과의 영향으로 사료됨)
- 두껍달이가 있는 미달이창 부위는 “매우불량” 판정으로 단열에 취약한 부위로 분석됨
- 벽체 및 천장은 모서리에서 이격될수록 표면 온도가 상승하고 있으며, 모서리(2D, 3D) 부분은 “매우불량” 판정으로 열적으로 취약한 부위임을 확인할 수 있음
- 특히, 천장 부위 중 서까래와 벽체가 만나는 당골막이 부분은 측정 한옥 대부분의 경우 “매우불량”으로 열적으로 가장 취약한 부위로 확인됨
- 또한 벽체 창방 상부 소로 사이 방막이 부위도 열적으로 취약한 부위로 확인됨

· 실험한옥과 현대 신한옥 성능평가 결과 비교 분석

① 명지대학교 실험한옥과 현대 신한옥 성능평가 결과를 비교 분석하였음

② 분석 내용

- ㉠ 측정 한옥의 벽체, 창호, 천장 등을 포함하는 내표면 열화상 Scene별 최저온도값에 대한 TDRi
- ㉡ 대상 공간 : 침실, 거실, 주방 등 측정된 모든 열화상의 최저온도점 결과
- ㉢ TDRi 평가를 활용하여 KS F 2829로부터 간접적으로 외벽모서리 열관류율 해당 사례로 유추

③ TDRi(내표면 온도차 비율) 평가등급별 의미(결로 발생 확률)

- ㉠ ‘우수’ 등급일 경우 모서리 부위의 열교현상이 극히 적음을 의미
- ㉡ ‘양호’ 이상은 열적으로 양호한 상태로서 접합부위의 내표면에서 결로가 발생 가능성 적음
- ㉢ ‘불량’ 이하의 등급에서는 접합부 내표면에서 결로 등의 열적 결함 발생 가능성이 높음

측정 한옥		최저온도점에 대한 TDR ¹⁾		간접적으로 유추된 열관류율 ²⁾ (W/m ² .K)		전체 범위 (W/m ² .K)
		최소	최대	최소	최대	
현대 신한옥	1	0.22	0.63	0.9 이상	1.5 이상	최소값의 경우 열관류율 0.6이하 가능 최대값이 모두 1.5 이상
	2	0.24	0.85	0.9 이상	1.5 이상	
	3	0.16	0.64	0.6 이상	1.5 이상	
	4	0.24	0.56	0.9 이상	1.5 이상	
	5	0.53	0.99	1.5 이상	1.5 이상	
	6	0.11	0.61	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	7	0.71	1.10	1.5 이상	1.5 이상	
	8	0.25	1.01	0.9 이상	1.5 이상	
	9	0.58	0.71	1.5 이상	1.5 이상	
	10	0.34	1.06	1.5 이상	1.5 이상	
	11	0.12	0.43	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	12	0.15	0.74	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	13	0.18	0.42	0.6 이상	1.5 이상	
	14	0.08	0.45	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	15	0.45	0.81	1.5 이상	1.5 이상	
실험 한옥	시공 및 성능테스트동	0.05	0.88	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	부위별 성능테스트동	0.26	0.75	0.9 이상	1.5 이상	
	유닛모델동	0.22	0.35	0.9 이상	1.5 이상	
	부위별 성능테스트동	0.54	0.85	1.5 이상	1.5 이상	

1) TDRi 평가량에 따른 벽체의 내표면 결로 판정 지표의 열관류율 해당사례(KS F 2829 해설서 내용)
 우수 (TDR<0.15, 외벽모서리 0.6W/m².K이하)
 양호 (0.15<TDR<0.20, 외벽모서리 0.6~0.9W/m².K)
 불량 (0.20<TDR<0.30, 외벽모서리 0.9~1.5W/m².K)
 매우 불량(0.30<TDR, 2D 모서리 1.5W/m².K이상, 3D 모서리 1.0W/m².K이상인 바닥 및 단열벽)

2) 1)의 TDR 분석에 따라 결로 발생 가능성 해당사례로 간접적으로 유추한 결과임

- ④ 현대 신한옥의 경우 “우수”에서 “매우불량”까지 매우 넓은 범위의 열관류율 값으로 유추
- ⑦ 구축 한옥에 따라 최저온도점에 대한 최소TDR값이 “우수”로 판정이 가능한 한옥이 4동 확인되었으며, 측정 Scene의 최소TDR값이 “매우불량” 범위를 넘어서는 한옥이 5동 확인됨
- ⑩ 열관류율 범위는 0.6 W/m².K 이하가 가능한 수준에서부터 1.5 W/m².K 이상의 범위 확인
- ⑤ 명지대학교 내에 구축된 실험한옥의 경우에도 “우수”에서 “매우불량”까지 매우 넓은 범위의 열관류율 값으로 유추되고 있음
- 열관류율 범위는 0.6 W/m².K 이하가 가능한 수준에서부터 1.5 W/m².K 이상의 범위 확인

· 3세부 제안 개발 구조의 열관류율

- ① 벽체의 경우 과년도 개발 구조는 관련 국내 기준(건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 친환경건축물 인증기준 등)을 만족할 수 있는 구조를 제안
- ② 동시에 『목구조물의 단열성능 유지를 위한 단열재 시공방법 및 구조물』에 대한 특허 출원(출원번호 10-2013-0040273)
- ③ TDR 평가는 주요 접합부의 결로 발생가능성에 대한 평가이므로 한옥의 단열성능 수준 평가를 위해서는 반드시 부재단위의 열적 성능 기준 충족이 우선시되어야 할 것으로 사료됨

벽체 열관류율 기준	현대 신한옥 TDR분석 결과로부터 유추한 열관류율	명지대 신한옥 TDR분석 결과로부터 유추한 열관류율	3세부 개발 제안 구조 열관류율 ²⁾
0.36 ¹⁾	0.60이하~1.5이상	0.60이하~1.5이상	1구조 0.26 2구조 0.17
기준	현장 실측치	현장 실측치	시험성적서 및 계산치

1) 친환경건축물인증기준 소형주택 벽체 열관류율 기준(최저 5급), 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에 따른 중부지방 열관류율 기준

2) 1구조 계산치임(2013.06.28 시험 완료, 시험성적 미비)(황토벽돌0.5B+단열재(슈퍼온도리) 42T+황토벽돌0.5B)

2구조 시험성적서값(구조 : 방수석고보드 9.5T 2겹 + 단열재 42T + 석고보드 9.5T + 차음시트 + 석고보드9.5T

- 차음성능 평가 결과

한옥 내외부간 소음레벨차 분석 결과임

· 단일 수치 평가량 분석(가중 표준화 음압 레벨차, $D_{ls, 2m,n,T,W}$)

건물 구분	실	벽체 구조	창호종류	복층 여부	개폐 유형	개폐 여부	가중 표준화 음압레벨차	스펙트럼 조정항	
								C	Ctr
공성 금의마을 (검○○)	방1	황토벽돌 + 단열재 + 황토벽돌	내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+유리(외) / 고정창 + 3mm단판유리/여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 닫음	21	-1	-4
	방3		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+유리(외) / 고정창 + 창호지바름문/여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 닫음	18	0	-2
	거실		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지 바름창/목재,미서기 마루: 창호지 바름창/목재,여닫이 현관: 출입문(마루상 level)	이중창 +마루	미서기(내)+미서기(외)+여닫이(마루)	3개창 닫음 2개창 닫음	34 29	-1 0	-3 -2
여수 봉림마을 (정○○)	방2	황토미장(내)+황토벽돌+단열재+황토벽돌+황토미장(외)	내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 닫음	27	-1	-2
	거실 전면		내창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이 마루: 16mm복층유리/PVC,미서기 현관: 출입문(마루상 level)	단창 +마루	여닫이(내)+미서기(마루)	2개창 닫음	28	-1	-3
여수 봉림마을 (박○○)	방1	황토미장(내)+황토벽돌+단열재+황토벽돌+황토미장(외)	내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 닫음	22	0	-2
	방3		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 닫음	25	-1	-3
보성 삼정마을 (임○○)	방1	황토미장(내)+황토벽돌+단열재+황토벽돌+황토미장(외)	창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이 현관: 출입문(마루 밑)+유리문,미서기	단창 구조	여닫이	1개창 닫음	10	-1	0
	방1		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 닫음	25	-1	-3
	방3		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 닫음	18	-1	-2
거실 후면	내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 닫음	19	-1	-2		

보성대인마을 (정인○○)	방1		내창: 창호지 바른창/목재,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	10	0	-1
	방3	+외벽고(왕겨숲) +황토미장(외)	내창: 창호지 바른창/목재,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	11	-1	-2
	거실		내창: 창호지 바른창/목재,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이 추가: 주창 상부 5mm단판유리,고정창 현관: 출입문(거실창 level)+유리문,미서기	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	13	0	-2
보성대인마을 (김○○)	방1		내창: 창호지 바른창/목재,미닫이 외창: 창호지(내)+띠살+투명플라스틱판(외)/목재	이중창 구조	미닫이(내)+여닫이(외)	2개창 달음	11	0	-1
	방3	+외벽고(왕겨숲) +황토미장(외)	내창: 창호지 바른창/목재,미닫이 외창: 창호지(내)+띠살+투명플라스틱판(외)/목재	이중창 구조	미닫이(내)+여닫이(외)	2개창 달음	12	-1	-1
	거실		내창: 창호지 바른창/목재,미닫이 외창: 창호지(내)+띠살+투명플라스틱판(외)/목재 현관: 출입문(거실창 level)+유리문,여닫이	이중창 구조	미닫이(내)+여닫이(외)	2개창 달음	10	-1	-2
귀산영암마을 (○○○-1)	방1		정면내창: 창호지 바른창/목재,미서기 정면외창: 22mm복층유리/PVC,중앙고정창 미서기 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+유리(외)/고정창	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	19	0	-2
	방2	합판(내) +단열재 +외벽고(왕겨숲) +황토미장(외) +회바름(외)	내창: 창호지 바른창/목재,미서기 외창: 22mm복층유리/PVC,중앙고정창 미서기 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+유리(외)/고정창	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	15	-1	-3
	거실		내창: 창호지 바른창/목재,미서기 외창: 22mm복층유리/PVC,미서기 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+유리(외)/고정창 현관: 출입문(철제)+유리문,미서기	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	15	0	-2
산영암마을 (류○○-2)	방1		정면내창: 창호지 바른창/목재,미서기 정면외창: 22mm복층유리/PVC,중앙고정창 미서기	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	17	-1	-2
	방2	합판(내) +단열재 +외벽고(왕겨숲) +황토미장(외) +회바름(외)	정면내창: 창호지 바른창/목재,미서기 정면외창: 22mm복층유리/PVC,중앙고정창 미서기	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	14	0	-2
	거실		내창: 창호지 바른창/목재,미서기 외창: 22mm복층유리/PVC,미서기	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	10	-1	-1
모영암마을 (김○○-1)	방1		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	22	0	-2
	방2	회바름(내) +외벽고(왕겨숲) +회바름(외)	내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	19	-2	-3
	거실		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이 현관: 출입문(목재)+유리문,미서기	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	19	-1	-3
모영암마을 (김○○-2)	방1	회바름(내) +외벽고(왕겨숲) +회바름(외)	내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	19	-1	-2
	방2		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지(내)+띠살+유리(외)/목재,여닫이	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	21	-1	-4
강진월남마을 (이○○)	방1	황토미장(내) +단열재 +외벽고(왕겨숲) +회바름(외)	내창: 3mm불투명유리/PVC,미서기 외창: 16mm복층유리/PVC,미서기	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	24	-1	-2
	거실		내창: 22mm복층유리/PVC 추가: 주창 상부 유리+띠살+유리/고정창 현관: 출입문(거실창 level)+유리문,미서기	단창 구조	미서기	1개창 달음	15	0	-1
강진월남마을 (김○○)	방1		정면내창: 창호지 바른창/목재,미닫이 정면외창: 창호지 바른창/목재,여닫이 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+투명플라스틱/고정창	이중창 구조	미닫이(내)+여닫이(외)	2개창 달음	12	0	-1
	방2	황토미장(내) +단열재 +외벽고(왕겨숲) +회바름(외)	내창: 창호지 바른창/목재,미닫이 외창: 단판유리/목재,여닫이 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+투명플라스틱/고정창	이중창 구조	미닫이(내)+여닫이(외)	2개창 달음	16	-1	-2
	거실		내창: 창호지 바른창/목재,미닫이 외창: 단판유리/목재,여닫이 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+투명플라스틱/고정창 현관: 출입문(거실창 level)+유리문,미서기	이중창 구조	미닫이(내)+여닫이(외)	2개창 달음	14	0	-2
강진인풍마을 (김○○-1)	방1	황토미장(내) +외벽고(왕겨숲) +회바름(외)	측면내창: 불투명유리/목재,미서기 측면외창: 16mm복층유리/PVC,미서기 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+투명플라스틱/고정창	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	15	0	-1
	거실		정면내창: 불투명유리/목재,미서기 정면외창: 16mm복층유리/PVC,미서기 추가: 주창 상부 창호지(내)+띠살+투명플라스틱/고정창	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	16	-1	-2
강진인풍마을 (김○○-2)	방1	황토미장(내) +단열재 +외벽고(왕겨숲) +회바름(외)	내창: 불투명유리/PVC,미서기 외창: 16mm복층유리/PVC,미서기	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	18	-1	-1
	방2		내창: 불투명유리/PVC,미서기 외창: 16mm복층유리/PVC,미서기	이중창 구조	미서기(내)+미서기(외)	2개창 달음	19	0	-1
장성자흥마을 (한○○)	방1	황토미장(내) +외벽고(왕겨숲) +회바름(외)	내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지바른창/목재,여닫이 추가: 주창 상부 복층유리 고정창	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	11	-1	-2
	거실		내창: 16mm복층유리/PVC,미서기 외창: 창호지바른창/목재,여닫이 추가: 주창 상부 복층유리 고정창 현관: 출입문(목재)+불투명유리문,미서기	이중창 구조	미서기(내)+여닫이(외)	2개창 달음	13	0	0

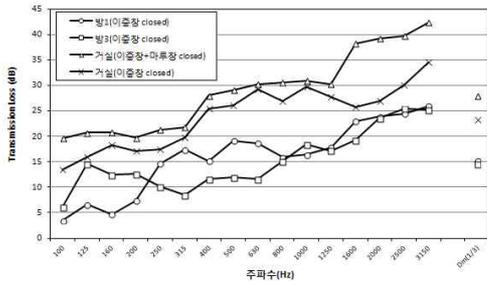
<분석 결과>

- 한옥의 구법(이질 부재의 접합부가 많음)상 창호의 차음성능이 한옥 내외부간 외피의 차음성능에 영향을 미치기는 하지만, 전체적인 차음성능을 결정짓지는 못함
- 가중 표준화 음압레벨차가 전체적으로 10~34dB 범위로 매우 넓은 범위의 값을 보여줌
- 침실의 경우 10~27dB 범위에서 평균값이 18dB 수준임
- 거실의 경우 10~34dB 범위에서 평균값이 17dB 수준임
- 스펙트럼 조정항 분석 결과 평균적으로 C1은 -1, C2는 -2로 분석됨

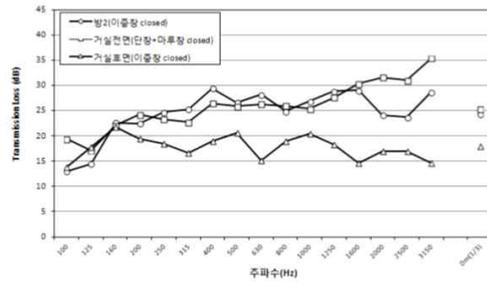
· 측정 한옥 공간별 주파수 특성

대상 한옥별로 각 공간의 주파수 대역별 음압레벨차를 정리하였음

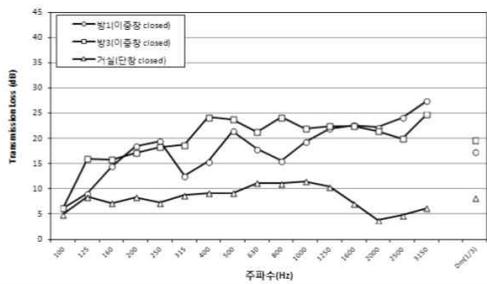
1. 곡성 금의-1



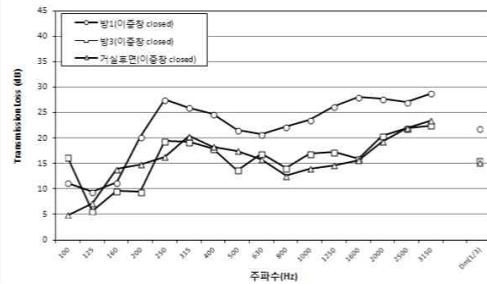
2. 여수 봉림-1



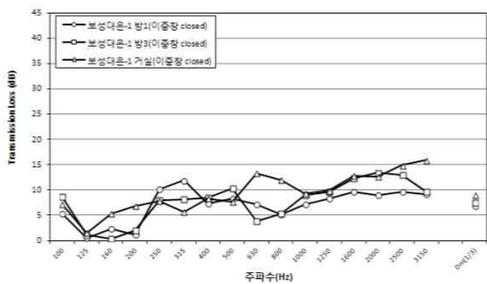
3. 여수 봉림-3



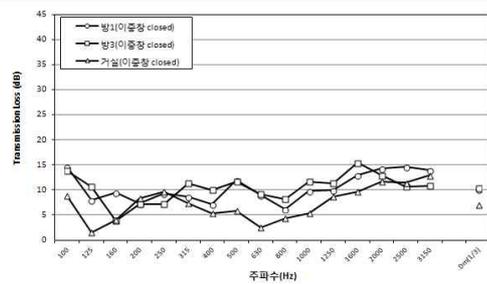
4. 보성 삼정-1



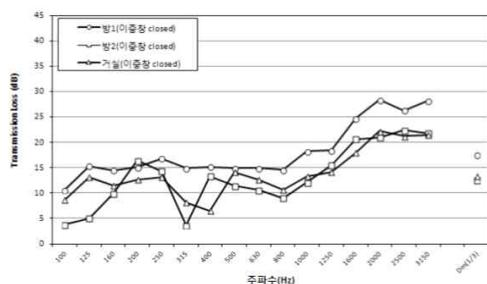
5. 보성 대은-1



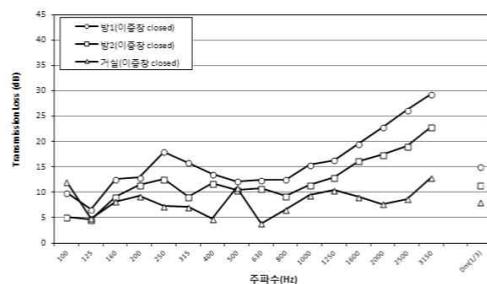
6. 보성 대은-2



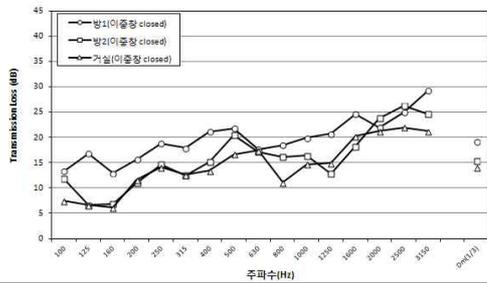
7. 영암 산정-1



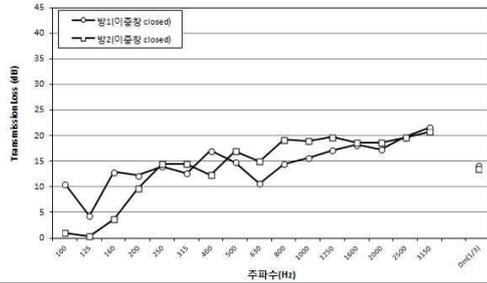
8. 영암 산정-2



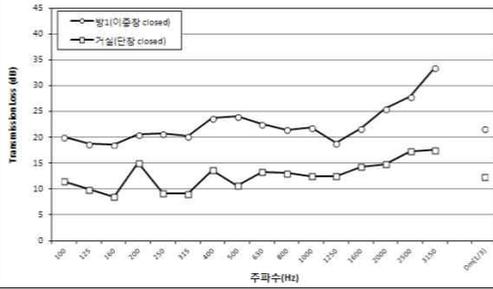
9. 영암 모정-1



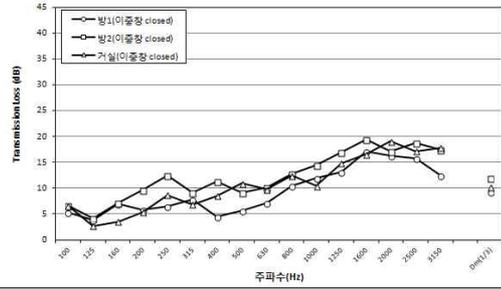
10. 영암 모정-2



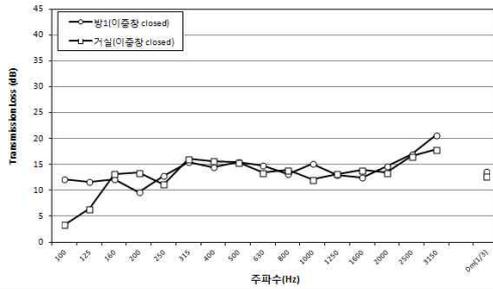
11. 강진 월남-1



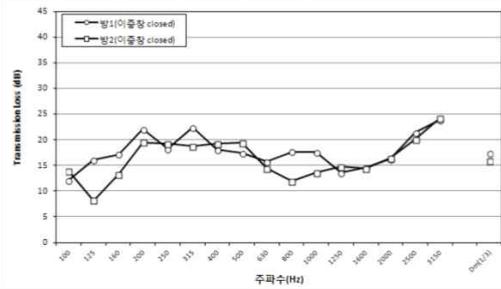
12. 강진 월남-2



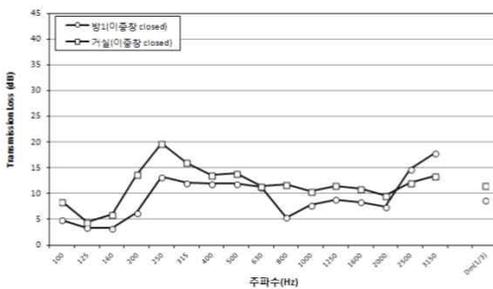
13. 강진 안풍-1



14. 강진 안풍-2



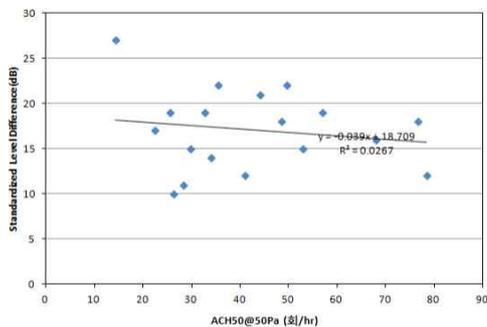
15. 장성 자풍-1



<분석 결과>

- 각 한옥별로 침실과 거실 창호 유형은 전반적으로 동일한 창호가 사용하고 있음
- 침실 공간과 거실 공간 외벽 부재의 차음성을 비교한 결과, 전반적으로 침실 외벽 부재의 차음성이 거실 외벽 부재의 차음성보다 높게 측정되었음
- 거실의 경우 외기에 면하는 부위의 면적이 넓고, 현관 출입문을 비롯한 타 개구부의 요소가 많으므로 침실에 비해 차음성이 다소 낮게 나타나고 있음
- 주파수 대역 차음 특성은 저주파수 대역에서 고주파수 대역으로 이동하면서 서서히 상승하는 것으로 분석됨

· 기밀성능 분석결과와의 상관관계 분석



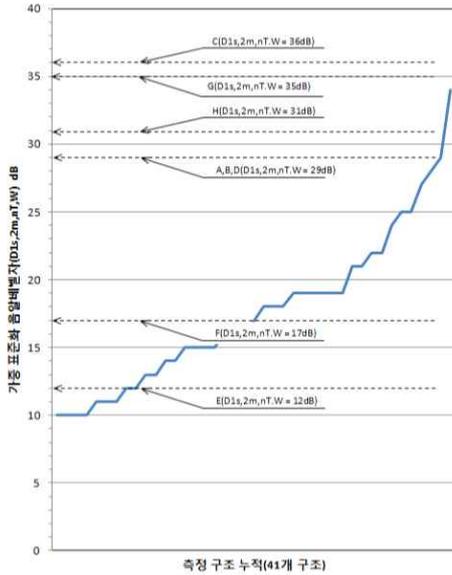
시간당 환기회수와 가중표준화 음압레벨차

<분석 결과>

- 기 실시된 기밀성능 분석 결과를 토대로 차음성능 시험이 실시된 침실에 한하여 시간당 환기회수 (ACH@50Pa)와 가중 표준화 음압레벨차($D_{ls,2m,n,T,W}$) 간의 상관관계 분석을 실시
- 분석 결과, 두 물리적 측정치 사이에는 유의미한 상관관계를 보이지 않은 것으로 분석되었음

· 실험한옥과 현대 신한옥 성능평가 결과 비교 분석

건물 내외부간 공기전달음 차단성능



현대 신한옥 측정 구조 대비
실험한옥 측정 구조 성능 수준 비교

<분석 결과>

- 현대 신한옥 차음성능 측정 결과, 가중 표준화 음압 레벨차는 10~34dB 범위에 분포
- 실험한옥의 시공 및 성능테스트동 방2 시스템 창호가 있는 구조가 가장 높은 36dB, 유닛모델동의 3개창 닫은 구조와 복층유리 2중창을 닫은 구조에서 35dB, 31dB로 측정됨
- 시공 및 성능테스트동 거실1, 방1의 PVC 복층유리 22mm 단창 구조가 29dB로서 현대 신한옥 이중창 구조에 비해 상당히 우수한 것으로 확인되었음
- 목재 창호지창 이중창 구조(여닫이+미닫이) 구조는 현대 신한옥 수준과 비교하여 하위 수준에 분포하는 것으로 분석됨
- 한옥의 구법상 이질 부재의 접합부로 인해 건물 전체의 차음성능 저하 요소가 있으나, 비교적 차음성능이 높은 창호를 적용하여 실 전체의 차음성능 향상에 기여할 수 있음
- 현재 실험한옥의 차음성능 수준은 현대 신한옥에 비하여 비교적 차음성능이 높은 것으로 분석되었음

건물 구분	실	창호종류 (내창에서 외창순)	복층 여부	개폐 유형	개폐 여부	가중 표준화 음압레벨차	영문 이니셜 부여
시공 및 성능테스트동	거실1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)	단창	미서기	닫음	29	A
	방1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)	단창	미서기	닫음	29	B
	방2	시스템창(22mm) +한지 창	이중창	여닫이(외) +내창(내)	2개창 닫음	36	C
		목재창호지창 +5mm 강화유리	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	29	D
	거실2	목재창호지창 +목재창호지창	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	12	E
전통한옥 성능테스트동	방1	목재창호지창 +목재창호지창	이중창	미닫이(내) +여닫이(외)	2개창 닫음	17	F
유닛모델 테스트동	방1	PVC 복층유리(16mm) +PVC 복층유리(16mm) +목재창호지창	삼중창	미서기(내) +여닫이(외)	3개창 닫음	35	G
					복층유리 이중창 닫음	31	H

<바닥충격음 차단성능>

- 2층 한옥호텔인 ○○○를 대상으로 측정 평가를 실시한 결과를 기재하였음
- 공동주택 바닥충격음 기준(중량 50dB, 경량 58dB)과 비교시, 매우 높은 레벨을 보이고 있어 최저 기준치를 만족하지 못하고 있음

구분		중량충격음, 역A특성 가중 바닥충격음 레벨, $L_{i, Fmax, AW}$		경량충격음 역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨, $L'_{n, AW}$
		Bang Machine	Impact Ball	Tapping Machine
		시공 및 성능테스트동	방3 바닥 ¹⁾	67
	누마루 바닥 ²⁾	67	63	60
○○○ 한옥호텔	○○동 누마루 바닥 ³⁾	70	63	66
	○○동 누마루 바닥	70	62	67

※ 바닥 구조

- 1) 강화마루(8T)+에너지폼(3T)+코튼망사발열체(0.5T)+친환경단열재(5T)+황토판넬(9.5T)+판넬(50T)+합판(18T)
- 2) 열처리목재(THK21T)+2"×4"각재+방수시트+합판(12T)+판넬(50T)+방음시트(30T)+판넬(50T)+합판(18T)
- 3) 마루청판(60T)+단열재(50T)+내수합판(18T)

- 한옥 성능개선 요구 항목에 대한 거주자 만족도 분석

· 만족도 조사 개요

① 대상 : 기밀, 단열, 차음성능 측정이 이루어진 한옥 거주자 12명

② 만족도 평가 문항

번호	문항	응답
1	거주하시는데 있어 가장 문제가 되는 사항은 무엇입니까?	① 추위 ② 더위 ③ 유지보수 ④ 유지비 ⑤ 방법 및 안전 ⑥ 집안 편의시설 ⑦ 기타
2	겨울철 난방 열원은 무엇입니까?	① 전기 ② 가스 ③ 기름 ④ 목재 ⑤ 태양열 ⑥ 기름+목재 ⑦ 기름+전기 ⑧ 지열
3	겨울철 한 달 동안 지출하시는 난방비는 대략 얼마입니까?	① 5만원 이내 ② 5~10만원 ③ 10~15만원 ④ 15~20만원 ⑤ 20~25만원 ⑥ 25~30만원 ⑦ 30만원 이상
4	겨울철 난방비는 부담되십니까?	① 전혀 부담되지 않음 ② 그다지 부담되지 않음 ③ 보통 ④ 조금 부담됨 ⑤ 많이 부담됨
5	추위 및 더위에 대한 창호의 성능에 대해 만족하십니까?	① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족
6	추위 및 더위에 대한 벽체의 성능에 대해 만족하십니까?	① 매우 불만족 ② 불만족 ③ 보통 ④ 만족 ⑤ 매우 만족
7	겨울철에 춥다면 신한옥 구성요소 중 가장 먼저 개선하고 싶은 부위는?	① 창문 ② 벽체 ③ 방바닥 ④ 천장 ⑤ 균열 및 틈 ⑥ 기타
8	외부에서 발생하는 소음에 대해 내부에서 인지하는 소음의 정도는?	① 매우 시끄럽다 ② 시끄럽다 ③ 보통이다 ④ 조용하다 ⑤ 매우 조용하다
9	겨울철 가습기를 사용하는가?	① 사용 ② 미사용
10	겨울철 전기장판류를 사용하는가?	① 사용 ② 미사용
11	창호의 커튼을 사용하는가?	① 사용 ② 미사용
12	다른 주거 형태로 이주할 의향이 있는가?	① 있다 ② 없다

· 만족도 조사 분석 결과

- ① 전체적으로 한옥 거주자들은 겨울철 추위(92%)가 가장 문제가 되고 있으며, 이는 난방비의 증가로 이어지고 있음.
- ② 주된 난방 열원은 기름+목재(42%), 기름(34%), 목재(8%), 기름+전기(8%), 지열(8%)의 순으로 나타남(다만, 거주 초기에는 기름을 활용하다가 난방비 증가로 인해 목재와 전기 난방을 추가로 설치한 경우가 대다수로 나타남)
- ③ 난방비는 월 30만원 이상(42%), 15~20만원(25%), 20~25만원(17%) 순으로 나타남(최대 월 50~70만원까지 나오는 세대도 있음)
- ④ 이와 같은 연유로 인해 난방을 선택난방(거실과 침실, 주간과 야간 등) 하는 세대가 증가하여 난방비 부담여부는 그다지 부담되지 않는다(42%), 많이 부담된다(33%), 조금 부담된다(17%) 순으로 나타남
- ⑤ 추위나 더위에 대해 창호나 벽체의 성능 수준에 대해서는 비교적 만족(50%, 42%)하는 것으로 나타남
- ⑥ 이러한 추위에 대해 가장 개선이 필요한 건축 부위는 바로 특정한 부재보다는 이질 부재 접합부 틈새와 균열로서 75%가 응답
- ⑦ 외부에서 발생하는 소음에 대한 인지 상태는 보통이다(42%), 조용하다(25%), 매우 조용하다(25%) 순으로 나타남(한옥마을의 경우 비교적 도심과 도로변에서 벗어난 지역에 위치하고 있으므로 비교적 외부 소음원의 영향을 덜 받는 것으로 분석)
- ⑧ 겨울철 가습기 사용 유무에 대해서는 미사용이 100%로 나타남(실제 성능평가지 습도가 50~60% 사이에 분포하므로 단열시 문제가 되는 겨울철 상대습도가 높지 않은 것으로 확인됨)

- ⑨ 겨울철 전기 장판류의 사용은 미사용(58%), 사용(42%) 순으로 나타남
- ⑩ 창호 커튼 사용 유무는 미사용(100%)로 나타남
- ⑪ 다른 주거로 이주할 의향이 있는지에 대한 결과 이주하지 않는다(100%)로 나타남
- ⑫ 종합적으로 분석한 결과, 한옥 거주자들은 겨울철 추위가 문제가 되며 주요 원인으로서는 접합부 틈새를 들고 있음. 그러나, 겨울철 습도 조건과 쾌적성을 이유로 전반적으로 만족하고 있으며 타 주거 형태로 이주는 고려하지 않는 것으로 분석됨

문항	분석 결과	문항	분석 결과
번호1	<p>유지보수 8%, 주위 92%</p>	번호2	<p>기름+전기 8%, 지열 8%, 기름 34%, 목재 8%, 기름+목재 42%</p>
번호3	<p>5-10만원 8%, 10-15만원 8%, 15-20만원 25%, 20-25만원 17%, 30만원이상 42%</p>	번호4	<p>그다지 부담되지 않는다 42%, 많이 부담된다 33%, 조금 부담된다 17%, 보통이다 8%</p>
번호5	<p>매우불만족 17%, 불만족 8%, 보통 25%, 만족 50%</p>	번호6	<p>매우불만족 8%, 불만족 17%, 보통 33%, 만족 42%</p>
번호7	<p>장문 9%, 방바닥 17%, 전장 8%, 균열 및 틈 75%</p>	번호8	<p>매우 조용하다 25%, 조용하다 25%, 보통이다 42%, 시끄럽다 8%</p>
번호9	<p>사용 0%, 미사용 100%</p>	번호10	<p>사용 42%, 미사용 58%</p>
번호11	<p>사용 0%, 미사용 100%</p>	번호12	<p>있다 0%, 없다 100%</p>

(나) 한옥의 특성을 고려한 성능기준 제안

가) 기준 설정의 의의 및 고려할 사항

- 기준 연구의 필요성

· 한옥의 성능 수준 향상 필요

- ① 한옥은 현대 주택의 성능수준과 가까워지도록 거주환경을 향상시키면서 전통 한옥의 친환경성 등 장점을 유지하여 각 부재요소의 현대적 기술을 바탕으로 전통성을 표현할 수 있어야 함.
- ② 전통의 멋과 현대의 기능을 확보한 새로운 신한옥을 위해 생산기술, 설계기술, 성능기술 및 DB구축 기술이 융합된 기술이 필요함.

· 성능 향상을 위한 기술 개발

- ① 부재개발 분야 : 에너지 효율성과 방풍, 방음성능을 확보할 수 있는 기술 및 시스템이 요구됨.
- ② 설계 분야 : 현대 신한옥에 필요한 세부적인 모델과 설계기법의 개발이 요구됨.
- ③ 생산 분야 : 시공비의 절감 등 한옥 보급 확산을 위한 대량생산 시스템과 이를 뒷받침할 수 있는 시공기술의 개발이 필요함.
- ④ 시공 분야 : 한옥의 전통적 시공방법과 재료의 한계를 극복하고, 습식 건축시공으로 인한 고질적인 문제를 해소할 수 있도록 관련 건축시공, 설비, 대량생산시설이 구축되어야 하나 관련 기준, 시방서 및 매뉴얼 등이 없는 실정

· 기준 설정의 필요성

- ① 한옥 기술 평가에 대한 성능기준을 마련하고 이를 바탕으로 효율적인 생산모듈 개발과 설계를 통한 성능향상의 도모가 절실함.
- ② 현대 신한옥 구축 과정을 고려할 때 건축행위를 위한 성능기준 및 평가방법이 마련되지 않음.
- ③ 특히, 한옥이 기후특성의 영향을 받는다는 점을 고려할 때 각 지역(중부, 남부, 제주 등)에서 현대 신한옥 건립 시 설계실무에 이용할 수 있는 에너지 관련 성능기준 및 주거환경과 구조적으로 관련 있는 창호, 벽체, 지붕 및 온돌 등 부재요소에 대해서는 적합한 성능기준 없이 건축되고 있는 실정임.

· 한옥의 특성을 고려한 성능 기준

- ① 성능테스트를 위해 구축된 실험한옥(Mock-up) 평가 결과와 현대 신한옥에 대한 다각적인 성능수준 평가 결과, 현대주택에서 요구되는 성능관련 기준의 비교를 통해 거주자에게 필요한 최소한의 성능으로서 한옥 성능기준을 제시할 필요가 있음
- ② 현대한옥의 열환경 및 에너지 효율의 개선을 위해서는 먼저, 종래 한옥에 대한 단열 및 기밀성능 평가와 분석이 선행되어야 함.
- ③ 동시에, 본 연구단에서 개발하고자 하는 각각 부재의 unit 및 Mock-up에 대해 종합적인 성능평가를 통해 기술 개발에 따른 성능개선 효과를 확인할 필요가 있음.

- 기준 설정의 의의

성능기준을 설정함으로써 갖는 기술적, 경제적, 사회적 의미는 다음과 같음

· 기술적 측면

- ① 한옥 구축에 필요한 기준을 적용 운영함으로써 한옥 외피의 성능 개선 방안의 준거를 마련
- ② 한옥에서 가장 문제가 되는 접합부 및 틈새 시공방법에 대한 개선을 통해 한옥 주택의 품질확보를 촉진하고 관련 구조, 창호, 벽체, 바닥 등 관련 기술개발의 활성화를 도모할 수 있음
- ③ 현대 신한옥의 부재를 성능별로 단계화(보급형, 표준형, 고성능형)한 기술 및 제품으로 브랜드화가 가능

· 경제적 측면

- ① 부재 생산 분야에서 시공비 절감 및 한옥 보급 확산을 위한 대량생산 시스템과 이를 뒷받침할 수 있는 시공기술 개발 수준 확보
- ② 부재의 단계화를 통해 다양한 수요자의 요구에 대응할 수 있는 한옥 건립이 가능
- ③ 현대 신한옥에 적합한 창호 및 온돌시스템의 개발로 세계화의 가능성
- ④ 부재간 접합부 결합에 대한 연구 및 대체 재료의 개발 등으로 한옥의 생애주기를 가늠하고, 유지 보수 측면에서의 정량화된 지표를 제시할 수 있음

· 사회적 측면

- ① 전통 한옥의 친환경적 요소와 자연형 환경조절 수법의 성능요소 부재개발은 현대 건축기술 융합함으로써 전통한옥의 브랜드 가치제승과 친환경 건축기술의 개발에 기여
- ② 한옥의 정체성을 유지하면서 현대 주거 문화의 핵심인 기능성, 편리성을 결합하여 새로운 한옥 주거 문화를 선도할 수 있음
- ③ 새로운 한옥마을의 조성을 통해 마을 커뮤니티 활성화와 공동체 의식의 확대 기대

- 기준 설정시 고려할 사항

· 현대 주택 관련 기준 고려

- ① 현대주택의 성능평가는 주택성능등급 및 친환경건축물 성능인증항목의 특성을 고려하여 소음, 구조, 환경, 생활, 화재 관련분야에 대한 통합성능 평가로 진행
- ② 일반적인 평가는 건물부위 또는 부재의 성능에 대한 평가로서 성능을 인증하고 있으며, 그 기준은 점수 또는 등급으로 시행하고 있음

· 한옥의 특성을 반영한 기준

- ① 신한옥은 현대주택의 성능평가에 적용되는 통합성능 평가 기준을 적용하여 평가할 경우 주택성능등급 및 친환경건축물 성능 인증 항목에 부합하는 평가가 이루어질 수 없다는 점을 고려
- ② 한옥의 경우 주요 구법이 현대 건축과는 상이하고, 각종 부재요소의 접합부가 건축의 성능을 결정하므로 현대 주택 성능 기준보다 하향된 기준 설정 필요
- ③ 국내 시공된 현대 신한옥에 대한 성능평가를 통해 실현 가능한 수준 도출
- ④ 명지대 실험한옥에 대한 성능평가를 통해 기술적 수준의 향상 가능성 검토

· 수요자와 공급자를 고려한 기준

- ① 다소 상반될 수 있는 두 대상을 동시에 고려해야 하는 운용상의 타협점을 모색
- ② 판단의 기초가 되는 수량적 한계치
- ③ 강제적 기준은 아니더라도 사회적 공인이 필요한 최소한 요구 수준

· 현재의 기술 수준 감안

- ① 사회적 및 기술적 현실 여건을 감안한 기준
- ② 수요자의 입장에서만 접근할 경우 한옥의 성능 향상에 수반되는 추가비용이 수요자에게 되돌아 올 수 있으며, 현실적인 기술상의 한계 등의 문제로 인해 현실과는 동떨어진 기준으로 작용할 수 있음
- ③ 공급자의 입장에서만 접근할 경우 기준치 설정의 의미가 퇴색되고 유명무실한 기준치가 될 수 있음

· 권장치(recommendation, guideline)로서의 기준

- ① 관련 기술 개선 등에 의해 달성 또는 유지되어야 하는 의미의 권장치로서의 기준
- ② 행정상의 목표가 될 수 있으며, 한옥에 있어 최소한의 주거성능을 확보하기 위해 필요한 수준
- ③ 따라서, 성능기준이라는 용어보다는 성능목표 내지는 성능목표기준 등과 같은 표현으로 변경하는 방법 고려할 필요가 있음

나) 한옥의 특성을 고려한 성능기준 제안

- 기밀성능

· 한옥의 기밀성능 평가 지표

- ① 시간당 환기회수(ACH50, Air Change per Hour at 50Pa, 회/hr)
- ② 건물 내부에 인위적으로 ±50Pa의 차압이 유지될 때 발생한 침기 또는 누기량에 대한 시간당 환기회수
- ③ 크기와 형태가 다른 건물이나 공간의 기밀성능을 상호 비교하기 위한 지표

$$CH = \frac{CFM50 \times 60}{Volume} \quad (\text{회/h})$$

- ④ 본 평가 지표는 부재단위가 아닌 공간단위 평가 지표

· 성능수준의 결정(침실 공간을 대상으로 하고 있음)

- ① 국내 기준 검토 결과

현행 친환경건축물 인증기준 중 한옥에 가장 근접한 주거형태인 소형주택 관련 기준에 따르면 시간당 환기회수는 0.6회로 제시하고 있음

현대 한옥 기밀성 수준 평가 결과, 이 기준을 한옥의 성능기준으로 적용하기에는 현실적으로 달성 가능성이 매우 낮아 무리가 있음

- ② 과년도(3차년도) 기밀성능 기준¹⁷⁾

제시한 기준 : 압력차 50Pa 기준 시간당 환기회수 1.5회/h(실내공간)

분석 결과

제시된 기준의 근거는 공업화 주택의 성능 및 생산기준 중 단독주택의 기준임

창호 부재의 기밀성으로 한옥 공간의 기밀성을 대표할 수 없음

제시된 기준은 한옥의 특성이 반영되지 않음

구분		시간당 환기회수(ACH@50Pa, 단위(회/hr))								
		~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	~80	
국내 기준	친환경건축물 인증기준 소형주택	0.6								
국외 기준	ASHRAE Standard 119-1988 침기등급 (ACH50)	A	~1			<침기등급의 의미>				
		B	~2							
		C	~3			등급	ACH 50	의미 및 환기 필요 여부		
		D	~5			A	1	매우 기밀, 전반적인 기계 환기가 필요		
		E	~7			B	2	상당히 기밀, 환기시스템 필요		
		F	~10			C	3	공기 누설이 있는 상태, 약간 환기가 필요		
		G		~14		D	5			
		H		~20		E	7	상당히 공기 누설이 있는 상태, 기계 환기 불필요		
		I			~27	F	10	환기 필요 없음, 고효율 기밀성 향상 필요		
		J			그 외	G	14	너무 기밀하지 않으므로 기밀화가 필요		
현대 신한옥 성능평가	26개 침실 공간 평가	비율(%)	4%	11%	31%	15%	15%	12%	4%	8%
		누적 비율(%)	4%	15%	46%	61%	76%	88%	92%	100%
실험한옥 성능평가	3개 침실 공간 기밀성 성능 평가 결과(회/hr)			25.77	30.36					
					37.25					

※ 출처 : Max H. Sherman, The Use of Blower Door Data, LBL Report No. 35173, 1998.03

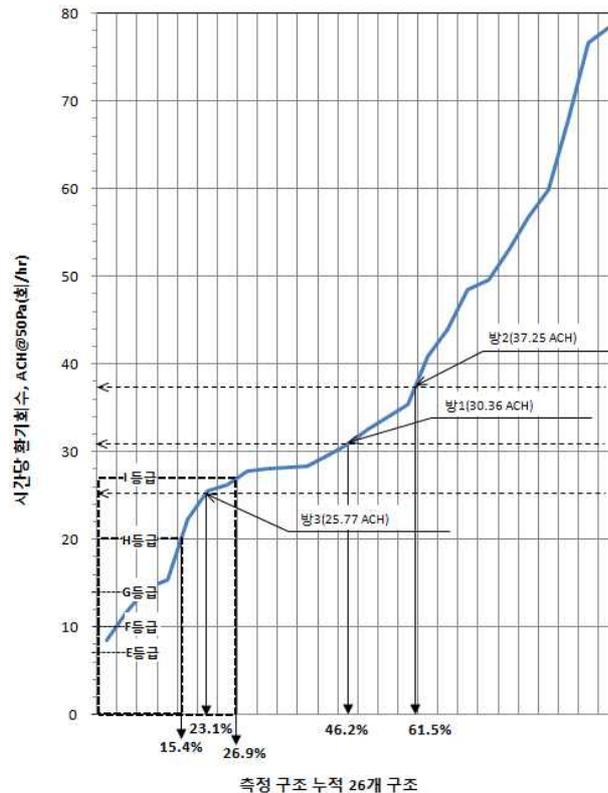
17) 첨단도시개발사업 제3차년도 연구보고서, p.132

③ 현대 신한옥 성능평가 결과

- ㉞ 평균값 8.42 ~ 78.38 ACH50로서 매우 넓은 범위에서 환기회수 분포 값이 확인
- ㉟ 구간별로 21 ~ 30 ACH50(31%), 31 ~ 40 ACH50(15%), 41 ~ 50 ACH50(15%) 순
- ㊱ 상대적으로 기밀하다고 판단할 수 있는 10 ACH50 이하(4%), 10 ~ 20 ACH50(11%)로 확인
- ㊲ 주요 목구조부에 이질재료로 시공되는 한옥 벽체 건축의 특성상 온열환경 조건에서 높은 기밀성을 요하는 침실 공간이라 할지라도 비교적 낮은 기밀성능을 보이는 결과

④ 실험한옥 성능평가 결과

방3(25.77 ACH), 방1(30.36 ACH), 방2(37.25 ACH) 순으로 현대 신한옥과 비교시 상위 23.1%, 46.2%, 61.5% 수준으로 분석됨



현대 신한옥 측정 결과 대비 실험한옥 측정결과 및 ASHRAE 침기등급 적용도표

⑤ ASHRAE Standard 침기등급 적용 평가 결과

- ㉞ 실험한옥 방1의 수준은 I등급으로 너무 기밀하지 않으므로 기밀화가 필요한 등급
- ㉟ 바로 위 등급인 H등급(20 ACH)은 현대 신한옥 성능평가 결과 대비 상위 15.4%에 해당함
- ㊱ H등급은 환기가 필요 없으나, 고효율 기밀성 향상이 필요한 등급
- ㊲ 현재 기술수준으로 F(10 ACH), G(14 ACH) 등급 달성 사례 있음
- ㊳ 따라서, 한옥 성능수준의 향상을 위해서는 G등급(14 ACH)을 확보할 필요가 있음

· 기밀성능 기준 제안

- ① 공간단위 기준
- ② 대상 공간은 침실로 한정함

- ③ 비교적 기밀성에 취약한 한옥의 특성을 고려하여 공기의 누설이 있으나 별도의 기계적 환기가 불필요한 ASHRAE G등급 확보 필요
- ④ 현재 기술 수준으로 F(10 ACH), G(14 ACH) 등급 달성 사례가 있음
- ⑤ 따라서, 현 단계에서 한옥 침실 공간의 기밀성능 향상을 위해 당분간 적용할 성능기준으로 시간당 환기회수 14 ACH를 제안하고자 함

· 기준 제안의 한계

- ① 비교적 실내 공간의 마감(천장)이 있는 침실 기준만 제시하였음
- ② 침실보다 체적이 훨씬 크고 지붕 하부 서까래를 비롯한 당골막이, 목재와 창호 등 주요 구조부의 노출이 심한 거실을 포함하는 단위 세대 공간은 기밀성능이 저하할 것으로 예상됨
- ③ 그러나, 현대인의 생활이 거실 중심이며 거주자가 중요하게 생각하는 공간임을 감안할 때 거실 공간을 포함하는 단위세대 성능기준 제시가 필요함

- 단열성능

· 한옥의 단열성능 평가지표

- ① 내표면 온도차 비율(Temperature Difference Ratio inside)
- ② 건축물 내부에서 적외선 촬영된 벽체 내부 부위의 단열성능 판정을 위한 지표

$$TDR_i = \frac{T_i - T_{is}}{T_i - T_o}$$

여기서 T_i : 실내온도, 측정되는 벽체 내표면 2m 이내의 실내온도 (°C)

T_o : 외기온도, 측정시각으로부터 이전 72시간 평균값 (°C)

T_{is} : 외피의 내표면 온도(°C)

- ③ 제 건축물은 넓은 면적에 걸쳐 다양한 외피 부위를 갖고 있으므로 건물 전체 외피를 직접 접촉식 방법으로 측정하는 것은 비용 측면에서나 시간적으로 많은 제약이 있으므로 현장 단열성 평가 방법으로 열화상 카메라 측정 방법 활용
- ④ 본 평가 지표는 부재단위가 아닌 공간단위 평가 개념으로 건축 부재 주요 접합부에 대한 결로 발생 확률을 설명해 주는 지표

· 성능수준의 결정

- ① 국내 기준 검토 결과

한옥에 가장 가까운 주택 유형인 친환경건축물 인증기준 소형주택의 경우 부재의 단열성능을 나타내는 열관류율로 중부지방 최소값을 기준치로 제시하고 있음(해당 기준은 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에도 동시 적용됨)

공간 단위로 평가할 수 있는 별도의 기준은 없으며, 내표면 온도차 비율(TDRi)로서 결로 발생 가능성에 대한 평가가 가능

현장에서 실시된 TDR평가는 개발 부재 자체의 단열성능과 직접적인 비교 대상이 아니므로 한옥의 단열성능 수준을 향상시키기 위해서는 반드시 부재단위의 열적 성능 기준 충족이 필요함

구분	과년도 개발 부재의 부위별 기준		
	창호의 열관류율 (W/m ² K)	벽체의 열관류율 (W/m ² K)	바닥의 열관류율 (W/m ² K)
기준	2.4	0.36	0.30

② 과년도(3차년도) 단열성능 기준¹⁸⁾

㉞ 제시한 기준 : 접합부 TDR 0.2이하

㉟ 분석 결과

제시된 기준은 공업화 주택의 성능 및 생산기준 중 단독주택 성능 기준임

한옥의 구법과 공업화 주택의 구법은 상이하므로 이 기준으로 평가시 한옥의 평가량은 기준을 만족하기 어려움

③ 실험한옥 및 현대 신한옥 성능평가 분석결과

㉞ TDR 분석 결과

현대 신한옥 15개 한옥에 대한 열화상 Scene별 최저온도 및 Spot, Line 분석 결과, 최저온도점에 대한 TDR 평가량의 열적성능은 “우수(TDR<0.15, 최소 0.08)”에서 “매우불량(0.3<TDR, 최대 1.10)”의 범위로 매우 넓게 나타남(아래 표 참조)

실험한옥의 경우에도 신한옥인 시공 및 성능테스트동의 경우, 최저온도점에 대한 TDR 평가량의 열적성능은 “우수(TDR<0.15, 최소 0.05)”에서 “매우불량(0.3<TDR, 최대 0.88)”의 범위로 매우 넓게 나타남

측정 한옥		최저온도점에 대한 TDR ¹⁾		간접적으로 유추된 열관류율 ²⁾ (W/m ² .K)		전체 범위 (W/m ² .K)
		최소	최대	최소	최대	
현대 신한옥 15개 한옥		0.08	1.10	0.6 이하 가능	1.5 이상	최소값의 경우 열관류율 0.6이하 가능
실험 한옥	시공 및 성능테스트동	0.05	0.88	0.6 이하 가능	1.5 이상	
	부위별 성능테스트동	0.26	0.75	0.9 이상	1.5 이상	최대값이 모두 1.5 이상
	유닛모델동	0.22	0.35	0.9 이상	1.5 이상	
	부위별 성능테스트동	0.54	0.85	1.5 이상	1.5 이상	

1) TDRi 평가량에 따른 벽체의 내표면 경로 판정 지표의 열관류율 해당사례(KS F 2829 해설서 내용)

2) 1)의 TDR 분석에 따라 경로 발생 가능성 해당사례로 간접적으로 유추한 결과임

㉟ 열화상 Scene별로 최저온도점이 나타나는 위치 분석 결과

주로 외기에 면하는 벽체와 기둥이 만나는 모서리(2D)

벽체와 기둥, 천장이 만나는 모서리(3D) 부위

일사의 영향을 받지 못하는 창호에서 확인(그러나, 창호의 경우에는 충분한 일사가 확보될 경우 실내 내 표면 온도보다 상승하는 경향이 있어 표면 온도의 변화폭이 크다고 할 수 있음)

㉞ 난방 유형의 따른 영향

. 적외선 촬영을 통해 단열성능 측정 평가시 대표적인 영향 요소로 해당 한옥의 난방 상태가 중요한 변수로 작용하고 있음.

. 동절기 난방의 기본 범위안에서 거주자의 여건에 따라 연속난방을 하는 경우(24시간 반복난방)와 간헐 난방을 하는 경우로 구분할 수 있음. 간헐 난방의 경우 시간대별 난방(주간 비난방, 야간 난방), 공간별로 선택난방을 하는 경우(침실 난방시 거실 비난방, 반대의 경우도 있음), 측정 당일 난방하는 경우 등 난방 조건이 거주하는 한옥에 따라 상이함

. 비교적 연속난방하는 경우가 간헐난방하는 경우에 비해 TDR 값이 낮아지는 것으로 분석됨

㉞ 상기 분석 결과를 바탕으로 적정 TDR 수준을 산정하기 위해 난방 유형, 침실과 거실의 공간 구분, 모서리 구분(벽&벽&천장(3D), 벽&벽(2D), 벽&천장(2D))의 변수로서 현대 신한옥 15개 동과 명지대 실험 한옥의 TDR 수치를 비교 분석하였음

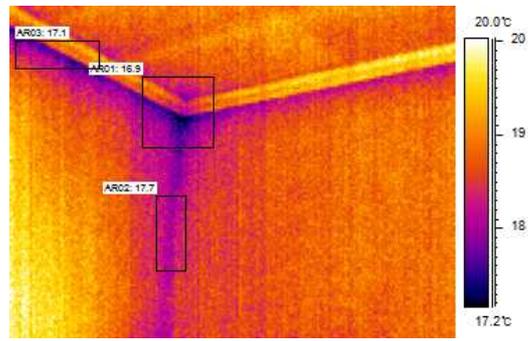
. 제시된 TDR 수치는 Area Analysis 분석을 통한 해당 한옥의 부위별 최저온도에 대한 TDR 값으로 외기에 면한 모서리 중심으로 분석된 내용임(측정 Scene에 따라 일부 오차가 있을 수 있음)

. 연속난방이 이뤄지는 경우 간헐난방에 비해 낮은 TDR 값을 보이고 있음(0.42↔0.77, 0.40↔0.80, 0.37↔0.65, 0.40↔0.79, 0.35↔0.82, 0.40↔0.76)

18) 첨단도시개발사업 제3차년도 연구보고서, p.132



㉠ 실험한옥(예시)



㉡ 현대 신한옥(예시)

실험한옥 및 현대 신한옥 모서리 TDR 분석

구분	측정대상	침실			거실		
		3D	2D	벽&벽	3D	2D	벽&벽
연속	벽&벽&천장						
	1	0.61	0.53	0.61	0.53	0.53	0.55
	2	0.45	0.39	0.43	0.41	0.26	0.57
	3	0.48	0.38	0.39	0.15	0.17	0.21
	4	0.31	0.36	0.26	0.49	0.41	0.43
	6	0.49	0.55	0.48	0.5	0.44	0.51
	10	0.37	0.41	0.29	-	-	-
	11	0.38	0.32	0.32	0.31	0.32	0.26
	12	0.49	0.43	0.45	0.41	0.32	0.34
	13	0.29	0.27	0.21	0.39	0.31	0.35
	14	0.35	0.32	0.26	-	-	-
	min	0.29	0.27	0.21	0.15	0.17	0.21
	max	0.61	0.55	0.61	0.53	0.53	0.57
	평균	0.42	0.40	0.37	0.40	0.35	0.40
	현대 신한	표준편차	0.10	0.09	0.12	0.12	0.11
5		1	0.93	0.88	0.7	0.63	0.64
7		0.81	1.08	0.71	0.95	1.05	0.96
8		0.58	0.63	0.35	0.73	0.79	0.67
9		0.7	0.65	0.69	-	-	-
15		0.78	0.71	0.64	-	-	-
min		0.58	0.63	0.35	0.7	0.63	0.64
max		1	1.08	0.88	0.95	1.05	0.96
평균		0.77	0.80	0.65	0.79	0.82	0.76
표준편차		0.23	0.25	0.21	0.24	0.27	0.23
실험 한옥	전체평균	0.54	0.53	0.46	0.53	0.48	0.50
	시공	0.46	0.26	0.27	0.65	0.33	0.44
	연속	0.47	0.56	0.34	-	-	-
	유닛	0.37	0.27	0.26	-	-	-
간헐	부위별	0.76	0.74	0.72	-	-	-

<분석1>
연속난방이 간헐난방에 비해 낮은 TDR 수치
→ 단열성능 평가를 위해서는 난방시 고려 평가 바람직

<분석3>
구조적으로 3면 모서리 부위가 높은 TDR 수치를 나타냄
→ 거실 3면 모서리 부위 성능 확보 필요

<분석2>
신한옥의 평면 구조상 외기에 2면이 접하는 부위는 침실의 벽&벽 부위
→ 침실 2면 모서리 성능 확보 필요

거실 TDR 수치 벽&벽 < 벽&천장 당골막이의 영향

- ▶ Key1. 한옥의 구조적 특성상 천장고가 높고, 창호(개구부)가 많으며, 기밀성능에 취약하므로 난방을 통해 내부 온도 상승이 이루어져야 비교적 내표면 온도가 상승한다는 것을 고려할 때 단열성능을 평가하기 위한 적정 난방 상태는 연속난방을 적용하여 평가하는 것이 바람직하다고 판단됨
현대 신한옥의 침실 공간 모서리 유형별로 벽&천장(0.37), 벽&벽(0.40), 벽&벽&천장(0.42)의 순으로 나타나 3면이 만나는 모서리일수록 단열성능이 저하하는 것으로 나타남
현대 신한옥의 거실 공간 모서리 유형별로 벽&벽(0.35), 벽&천장(0.40), 벽&벽&천장(0.40)의 순으로 나타나 침실의 경우와는 다르게 벽&벽이 단열성능이 벽&천장에 비해 나은 걸로 나타남. 이는 거실의 경우 침실과는 달리 벽과 천장이 만나는 지점 즉, 서까래가 벽으로 통하는 지점(당골막이)의 단열성능이 낮아지기 때문으로 판단됨
실험한옥 시공 및 성능테스트동의 경우, 침실은 벽&벽(0.26), 벽&천장(0.27), 벽&벽&천장(0.46), 거실은 벽&벽(0.33), 벽&천장(0.44), 벽&벽&천장(0.65) 수준으로 분석됨.
- ▶ Key2. 2면이 접하는 벽&벽 부위를 분석한 결과, 현대 신한옥의 구조상 침실은 2면이 외기에 면하는데 반하여 거실은 세대의 중심에 위치하는 경우가 일반적이므로 벽&벽의 수준은 침실을 고려하는

것이 바람직함

- ▶ Key3. 침실과 거실 공간 구분의 경우 현대 신한옥의 성능평가 결과에 비해 실험한옥의 벽&벽&천장 부위의 수치가 높게 나타나고 있는데 이는 실험한옥의 경우 2층 구조에 따른 계단실 위치(계단실은 비난방 공간) 등으로 인해 거실 외벽 단열성능에 영향을 주는 결과로 판단됨
- ▶ Key4. 전체적인 수치 비교 분석 결과, 침실 거실 공간에 대한 구분없이 3D 모서리 부위에 대한 단열시공성을 확보한다면 TDR 수준은 0.4 이하가 되도록 시공하는 것이 바람직하다고 판단됨

· 단열성능 기준 제안

- ① 단열성능 기준은 부재단위와 공간단위로 구분하여 제안
- ② 부재(벽체, 창호, 바닥) 단위 평가의 경우, 한옥의 최소한의 단열수준을 향상시키기 위해서는 친환경건축물 인증기준 소형주택 부재의 단열성능 최소기준인 중부지방 열관류율(벽체 0.36, 창호 2.4, 바닥 3.0W/m²k)을 기준치로 제시하고자 함
- ③ 현장 평가에 의한 TDR 평가시 연속난방을 통해 실내 온도 상승이 확인되는 조건에서 외기에 면하는 외벽 2면 모서리(벽&벽, 벽&천장) 3면 모서리(벽&벽&천장) TDR 0.4 이하를 공간단위 성능기준으로 제시하고자 함

· 기준 제안의 한계

- ① 현대 신한옥 벽체 부재 단위의 열관류율을 이론적으로 계산하여 기준치 만족여부를 판단해보고자 하였으나, 상세도면의 미비 및 시공과정에서의 변경 등으로 인해 부재단위의 기준 만족 여부를 판단하지 못함
- ② 향후 구축될 한옥의 경우 상세도면을 통해 부재단위 기준을 만족하는지 시공에 앞서 사전에 검토할 필요가 있음
- ③ 제안된 공간단위 내표면 온도차 비율(TDRi)은 외벽 모서리 중심으로 기준을 제시
- ④ 한옥의 경우 매우 많은 부재의 접합으로 구축되므로, 접합부 중심으로 기준이 세분화할 필요가 있음
벽체와 창호 접합부
당골막이 및 방막이 부위
거실 천장의 박공 등
이를 통해 단열성 향상을 위한 접합부 시공법 연구가 지속되어야 함

- 차음성능

· 한옥의 차음성능 평가 지표

- ① 가중 표준화 음압레벨차(Weighted standardized sound level difference, $D_{1s,2m,n,T}$ dB)
- ② $D_{1s,2m,n,T} = D_{2m} + 10 \log \frac{T}{T_0}$
 $D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ ($L_{1,2m}$: 외벽 전방 2m에서의 음압 레벨, L_2 : 수음실의 음압레벨)
T : 수음실의 잔향시간(초)
 T_0 : 기준 잔향시간(주택 거실 0.5 적용)
- ③ 기준 곡선에 하회하는 측정치(표준화 음압 레벨, $D_{1s,2m,n,T}$)의 총합이 32dB을 상회하지 않은 범위의 500Hz 대역의 값, 단일 수치 평가량(1/3옥타브 대역 평가시)
- ④ 본 평가 지표는 부재단위가 아닌 공간단위 평가 지표

· 성능수준의 결정

- ① 국내 기준 검토 결과
- ② 현행 친환경건축물 인증기준 중 한옥에 가장 근접한 주거형태인 소형주택의 경우 별도의 차음기준은 없음
- ③ 공동주택은 5층 이하에서는 외부소음도를 65dB(A) 미만으로 하고, 6층 이상인 경우 외부소음도

65dB(A) 미만이나 내부소음도 45dB(A) 이하로 제시하고 있음

- ㉔ 이 기준은 공동주택 소음측정기준¹⁹⁾에 의한 기준으로 실내소음도 기준으로 제시되어 있음.
- ㉕ 평가 단위는 등가소음도(Leq)²⁰⁾이며, 전체 주파수 대역에 대한 Overall 값임
- ㉖ 현대 신한옥의 배경소음레벨을 측정한 결과 비교적 도로변에 면하지 않고 있다는 배치상의 특성으로 인해 40dB(A) 이하 수준임
- ㉗ 그러나, 한옥의 보급을 고려할 경우 도로변에 면한 지역의 특성을 고려한 수치가 45dB(A) 이하이므로 한옥의 경우에도 실내소음도 수준을 목표 소음도로 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

구분			소음도 dB(A)					
			40	45	50	55	60	65
국내 기준	친환경건축물 인증기준	소형주택	-					
		공동주택		내부 45이하				외부 65미만
현대 신한옥 성능평가	15개 한옥의 실내 배경소음도		40이하					

② 과년도(3차년도) 차음성능 기준²¹⁾

- ㉘ 제시한 기준 : 벽체 음향감쇠계수 Rw+C 43dB 이상 48dB 미만
- ㉙ 분석 결과

제시된 기준은 주택성능 등급 및 친환경 건축물 인증기준의 세대간 경계벽 차음성능 최저 기준인 48dB 보다 낮은 수준

그러나, 한옥은 세대간 경계벽을 공유하는 형태가 아닌 단독주택으로 외부소음에 대한 내부소음도를 만족시킬 수 있는 기준이 필요함

또한, 제시된 기준인 Rw+C 43 dB 이상은 현행 한옥 구조가 갖고 있는 차음성능 결과를 고려할 때 달성 가능성이 매우 낮은 수치로 분석됨

③ 현대 신한옥 성능평가 결과

- ㉚ 한옥에 적합한 차음성능을 수준을 설명할 수 있는 지표 조사

단일 수치 평가량인 가중 표준화 음압레벨차, KS F 2862 부속서4의 건물 및 건물 부재의 공기음 차단 성능의 평균값(Dm(1/3)) 및 실내외에서 측정된 소음도 overall dB(A)값의 실내외간 레벨차이 간의 상관관계 분석을 진행

가중 표준화 음압레벨차와 건물의 공기음 차단성능 평균값 사이에 높은 상관성을 보여줌 (R2=0.9156)

가중 표준화 음압레벨차와 실내외 Overall dB(A) 편차 사이에 높은 상관성을 보여줌 (R2=0.9389)

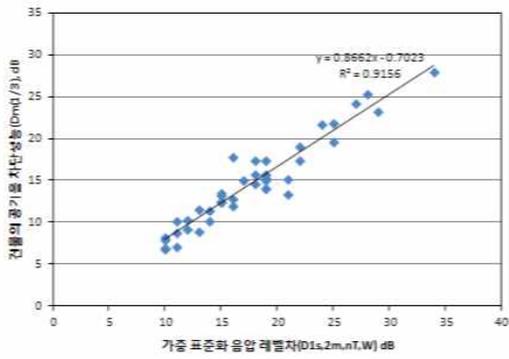
19) 공동주택 소음측정기준, 국토해양부 고시 제2009-655호(2009.08.24)

20) 등가소음도(Equivalent sound level), 변동하는 소음의 에너지 평균레벨로서 임의의 측정시간 동안의 변동소음 에너지를 시간적으로 평균하여 상용대수를 취해 10을 곱한 값으로 정의됨

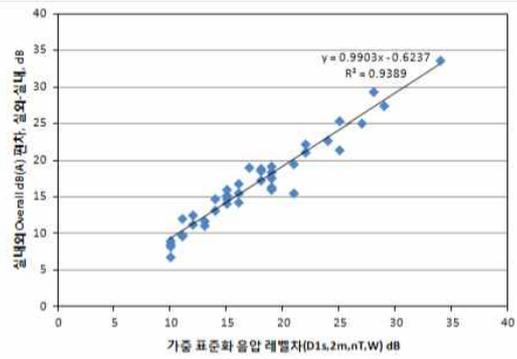
$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \sum_{i=1}^n f_i \times 10^{L_i/10} dt \right) \quad (\text{여기서 } f_1, f_2, \dots, f_n \text{는 일정 소음레벨 } L_i \text{의 지속시간률, } L_i \text{는 } i \text{번째 소음레벨}) \text{ 또는,}$$

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L/10} dt \right) \quad (\text{여기서, } T: \text{총 측정시간, } L: \text{단위시간당 A-보정 음압레벨})$$

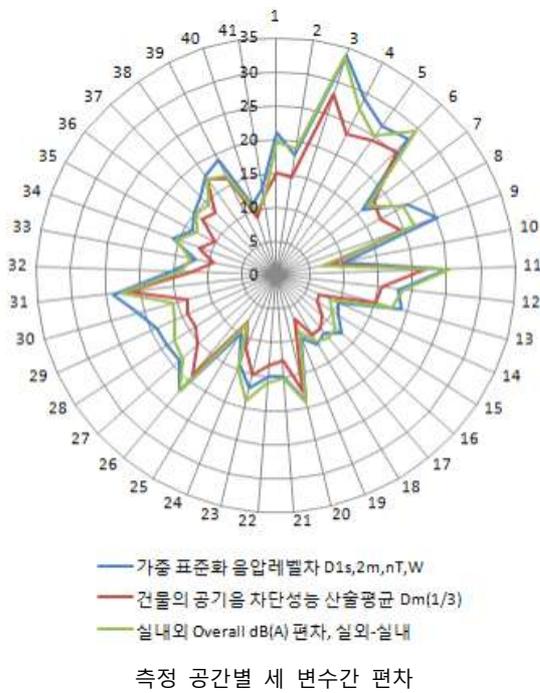
21) 첨단도시개발사업 제3차년도 연구보고서, p.132



가중 표준화 음압레벨차 & 건물의 공기음 차단성능 평균값



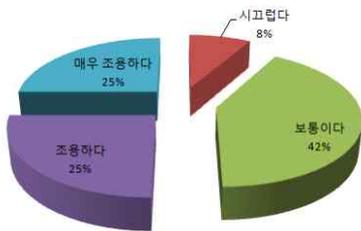
가중 표준화 음압레벨차 & 실내외 Overall dB(A) 편차, 실외-실내



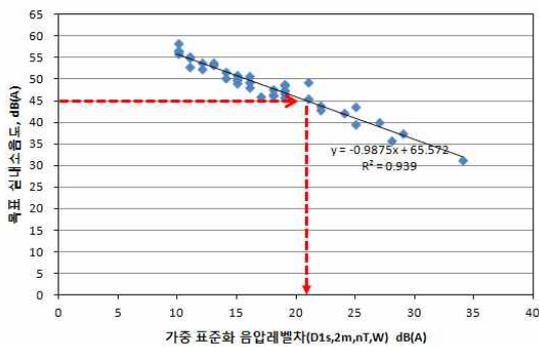
가중 표준화 음압레벨차 D1s,2m,nT,W	건물의 공기음 차단성능 산술평균 Dm(1/3)	실내외 Overall dB(A) 편차, 실외-실내	편차	
A	B	C	A-B	A-C
21	15	20	5.8	1.4
18	15	19	3.4	-0.9
34	28	34	6	0.3
29	23	28	5.7	1.5
27	24	25	2.7	1.9
28	25	29	2.7	-1.4
16	18	17	-1.9	-0.8
22	17	21	4.6	0.8
25	20	22	5.4	3.5
10	8	7	1.8	3.2
25	22	25	3.1	-0.4
18	16	19	2.3	-0.6
19	15	18	3.9	1.4
10	7	9	3.2	1.4
11	7	10	3.8	1.3
13	9	12	4	1.3
11	10	12	0.8	-1.1
12	10	11	1.7	0.7
10	7	9	3	1
19	18	19	1.5	-0.3
15	13	15	2.4	-0.3
15	13	16	1.7	-1
17	15	19	1.9	-2.1
14	12	15	2.5	-0.8
10	8	8	2	1.7
22	19	22	2.9	-0.2
19	15	18	3.7	0.6
19	14	18	4.9	1.3
19	14	16	4.9	2.9
21	13	16	7.6	5.4
24	22	23	2.2	1.2
15	12	14	2.6	0.9
12	9	13	2.8	-0.6
16	12	16	4	0.4
14	10	13	3.8	0.8
15	14	15	1.4	0.2
16	13	14	3.2	1.7
18	17	17	0.6	0.7
19	16	16	3.2	2.6
11	9	10	2.2	1.2
13	12	11	1.4	1.8
표준편차			1.7	1.5

- ㉠ 세 변수가 서로 높은 상관성을 보임에 따라, 단일 수치 평가량과의 편차 분석을 통해 보다 상관성이 높은 변수를 분석 실시
- ㉡ 평가량 대소 관계는 가중 표준화 음압레벨차, 실내외 Overall 소음도간의 편차, 건물의 공기음 차단성능 산술평균의 순으로 나타남
- ㉢ 대부분의 위치에서 측정시 실내외 Overall 소음도간의 편차 변수가 건물의 공기음 차단성능 산술평균 Dm(1/3)에 비해 상대적으로 가중 표준화 음압레벨차에 가까운 값을 보이고 있음
- ㉣ 현장 여건에서 한옥 구조의 차음성능 수준을 설명할 수 있는 지표로 판단됨
- ㉤ 적정 차음수준

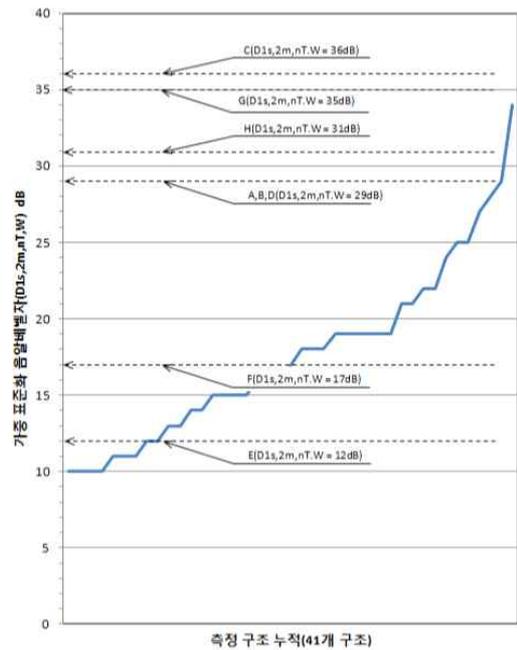
- ㉠ 한옥의 차음성능 현장 평가시 창호 구조가 비교적 성능 수준을 확보할 것으로 예상되나, 실제 측정결과 높은 성능을 보이지 않는 것은 창호 자체의 문제보다는 타 출입문이나 창호구조 등을 통한 우회전달음의 영향이므로 이를 고려한 성능 수준 적용 필요
- ㉡ 기준 검토 결과 공동주택은 외부 소음 발생시 실내소음 수준은 45 dB(A) 이하 수준을 요구
- ㉢ 현대 신한옥 배경소음레벨 측정결과 40dB(A) 이하
- ㉣ 현대 신한옥 거주자를 대상으로 한 만족도 조사 결과, 외부에서 발생하는 소음에 대해 '조용하다' 50%, '보통이다' 42%, '시끄럽다' 8% 수준으로 실내 소음 수준에 대해 비교적 불만이 없는 것으로 나타남
- ㉤ 이와 같은 응답과 배경소음수준, 기준을 고려할 때 내부소음도 40dB(A) 수준을 만족하는 것이 바람직하나 한옥이 현대 건축에 비해 비교적 기밀성능이 취약함을 고려하여 다소 유예된 내부소음도 수준(45dB(A))을 만족하는 방향으로 기준을 설정할 필요가 있음
- ㉥ 따라서, 한옥 외벽체를 통한 공기전달음 차단성능 수준은 내부소음도 45dB(A)를 만족할 수 있는 수준의 차음 구조가 필요
- ㉦ 현대 신한옥 차음성능 측정시 실외소음도 수준이 65dB(A)일 경우 내부소음도 45dB(A) 이하 수준을 만족할 수 있는 차음수준을 계산하기 위해 실내외 Overall dB(A) 값을 이용하여 산출한 실내소음도와 가중 표준화 음압레벨차의 상관관계 분석을 실시하였음
- ㉧ 분석결과, 회귀식 $y = -0.9875x + 65.572$ 도출($R^2=0.939$)
- ㉨ 실내소음도 45dB(A)를 만족하기 위한 가중 표준화 음압레벨차는 21 dB 이상으로 도출되었음



외부에서 발생하는 소음에 대해 인지하는 정도



목표 실내소음도 45dB(A)를 만족하기 위한 차음수준 상관관계 분석



현대 신한옥 대비 실험한옥 측정 구조 성능 수준 비교

⑤ 실험한옥 성능수준

- ⑦ 실험한옥의 경우 A,B,C,D,G,H 구조 등으로 충분한 차음성을 갖는 것으로 확인되었음
- ㉠ 목재 창호지 미서기 내창과 여닫이 외창의 조합은 21dB을 만족하지 못하는 것으로 확인됨

건물 구분	실	창호종류 (내창에서 외창순)	가중 표준화 음압레벨차	영문 이니셜 부여
시공 및 성능 테스트동	거실1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)	29	A
	방1	PVC 복층유리 (22mm LOW-E)	29	B
	방2	시스템창(22mm)+한지 창	36	C
		목재창호지창+5mm 강화유리	29	D
	거실2	목재창호지창+목재창호지창	12	E
전통한옥 성능 테스트동	방1	목재창호지창+목재창호지창	17	F
유닛모델 테스트동	방1	PVC 복층유리(16mm)+PVC 복층유리(16mm)+목재창호지창	35	G
			31	H

⑥ 특정 주파수 대역의 영향 고려²²⁾

- ⑦ 차음능성의 경우 단일 수치 평가량으로 평가하는 경우 특정 주파수 대역의 특성에 의해 영향을 받는 경우가 있으므로 이를 보정해 주는 작업이 필요함
- ㉠ 스펙트럼 조정항 C 및 Ctr은 다양한 소음원 스펙트럼을 감안하여 1개 주파수 대역에서 매우 낮은 값을 갖는 차음 성능 곡선을 평가하기 위한 것임(기준 곡선에만 근거하여 구한 평가값은 신뢰도가 떨어짐)
- ㉡ 분석 결과 스펙트럼 조정항 C는 -1, Ctr은 -2 수준으로 분석됨²³⁾
- ㉢ 가중 표준화 음압 레벨차와 함께 사용하여야 하며 표현 방법은 다음과 같음

$$D_{1s, 2m, nT, W}(C: Ctr) = 21(-1, -2) \text{ dB}$$

· 차음성능 기준 제안

- ① 차음성능 기준은 공기전달음 차단성능의 경우 공간단위 기준 제안
- ② 현 단계에서 제안하는 차음성능 기준은 한옥의 구법을 고려할 경우 창호가 외벽 부재의 차음성능에 영향을 미치고는 있으나, 부재 전체의 차음성능을 결정하지 못하므로 외벽 단일 부재에 대한 평가보다는 외부 소음도 대비 내부 소음도 차감되는 양을 차음수준을 결정하는 것이 바람직함
- ③ 따라서, 내외부간 외벽체 차음성능 수준은 외부소음도가 65dB(A) 이상일 경우 내부소음도 45dB(A) 이하 수준을 만족할 수 있는 차음기준으로 가중 표준화 음압 레벨차 21dB 수준을 성능기준으로 제시하고자 함
- ④ 다만, 외부소음도가 올라갈 경우, 가중 표준화 음압 레벨차 성능기준도 65dB(A)에서 올라간 수치만큼 상향하여 적용할 것을 동시에 제안함

· 기준 제안의 한계

- ① 제안된 공기전달음 차단성능 기준은 외벽 전체에 대한 차음성능 수준으로 되어 있으나, 부재 단위로 차음성능을 확보하지 않으면 전체적인 성능수준을 확보하기 어려움. 따라서, 벽체 및 창호에 대한 부재단위의 차음성능 기준도 제시할 필요가 있음
- ② 한옥 구조에 대한 바닥충격음 차단 성능 기준 연구를 진행한 결과, 실험한옥 및 복층 한옥 구조 시험 결과 현행 유일한 기준치(공동주택 중량 50dB, 경량 58dB)를 만족치 못하고 있으며, 그 사례수가 매우 적으므로 현재 단계에서 바닥충격음 기준을 제시하기에는 다소 어려움이 있음. 사례 조사를 전국적으로 확대하여 다양한 구조 평가를 통해 기준 제시 필요

22) KS F 2862:2002 건물 및 건물 부재의 공기 전달음 차단 성능 평가 방법, 부속서 1(참고) 스펙트럼 조정항의 사용

23) 스펙트럼 조정항 분석 결과는 3세부 보고서 전체본에 수록하였음

4.7. 결론

가) 성능기준 제안 목표

- 성능기준 제안의 출발점은 한옥 거주자의 거주환경 수준을 현대 주택의 성능수준과 가까워지도록 하는데 있으므로, 열적 성능을 우선적으로 향상시킬 수 있는 기준을 설정하고자 하였음
- 현 시점에서 개발하고 있는 신한옥은 현대 주택의 성능 평가에 적용되는 통합성능평가 기준으로서 친환경 건축물 인증기준을 적용할 경우 적절한 평가가 이루어질 수 없다는 점과 소형주택의 기준을 그대로 적용할 경우, 한옥의 특성이 전혀 반영되지 못하는 단점을 고려하여 기준 설정을 진행하였음
- 한옥의 경우 주요 구법이 현대 건축과는 상이하고, 각종 부재요소의 접합부가 건축의 성능을 결정하므로 접합부 성능 향상을 고려한 기준 설정을 하였음
- 동시에 사회적 및 기술적 현실 여건을 감안한 기준으로서 다소 상반될 수 있는 수요자와 공급자를 동시에 고려해야 하는 운용상의 타협점을 모색하여 수치적 수준을 제시하였음
- 한옥이 갖고 있는 특징인 친환경성, 건강성, 문화성, 전통적인 멋, 자연과의 조화, 심리적 안정감, 현대 건축과는 다른 쾌적성 등의 장점을 부각시키기에 앞서 한옥의 약점을 보완할 수 있는 방향으로 기준 연구를 진행하였음

나) 성능기준 제안

- 본 연구에서는 제시한 성능 평가 항목으로 한옥의 성능 확보를 위해 우선적으로 필요한 건축환경 성능분야인 기밀성능, 단열성능, 차음성능을 그 범위로 하였음
- 제시하는 기준은 기술 개선 등에 의해 달성 또는 유지되어야 하는 의미의 권장치(가이드라인)로서의 기준이며, 성능 목표로서의 역할을 부여하고자 함
- 또한, 이 기준은 행정상의 목표가 될 수 있으며, 한옥에 있어 최소한의 주거성능을 확보하기 위해 필요한 수준으로서 제시하였음
- 제안된 부재단위 평가지표의 경우에는 설계목표 기준이 되며, 공간단위 평가지표는 성능목표로서 진단기준의 성격을 갖는다고 할 수 있음

- 연구 결과를 바탕으로 다음과 같이 성능기준을 제안함

항목	구분	평가지표	수준		의미
기밀 성능	공간 단위	시간당 환기회수 (ACH@50Pa, 회/hr)	침실 ACH 14		<ul style="list-style-type: none"> - Air Change per Hour at 50Pa - 건물 내부에 인위적으로 ±50Pa의 차압이 유지될 때 발생한 침기 또는 누기량에 대한 시간당 환기회수 - $ACH = \frac{CFM_{50} \times 60}{Volume}$ () - 상당히 공기의 누설이 있으나 별도의 기계적 환기가 불필요한 G등급(ASHRAE Standard)
			부재 단위	열관류율 (W/m²k)	벽체
창호	2.4 이하				
바닥	0.30 이하				
단열 성능	공간 단위	내표면 온도차 비율 (TDRi)	연속난방시 외기에 면한 외벽체 2면 모서리 (벽&벽, 벽&천장) 3면 모서리 (벽&벽&천장)		<ul style="list-style-type: none"> - Temperature Difference Ratio inside - 건축물 내부에서 적외선 촬영된 벽체 내부 부위의 단열성능 판정을 위한 지표 - $TDR_i = \frac{T_i - T_{is}}{T_i - T_o}$ - 연속난방을 통해 실내 온도 상승이 확인되는 조건에서 TDR 0.4 이하를 공간단위 성능기준으로 제시하고자 함
			0.4 이하		
차음 성능 1)	공간 단위	등가소음도 (Leq)	내부소음도 45dB(A) 이하		<ul style="list-style-type: none"> - Equivalent Sound Level - $L_q = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n f_i \times 10^{i/10} \right)$ - 한옥 내부에서 측정된 등가소음도가 목표 소음도로서 45dB(A) 이하가 되어야 함
		가중 표준화 음압레벨차 D1s,2m,nT,W(C;Ctr)	외부소음도가 65dB(A) 일 경우 21(-1;-2) dB 이상		<ul style="list-style-type: none"> - Weighted standardized sound level difference - $D_{1s,2m,nT} = D_{2m} + 10 \log \frac{T}{T_0}$ - 한옥 외벽체를 통한 공기전달음 차단성능 수준으로 내부소음도 45dB(A)를 만족할 수 있는 수준의 최소 차음 수준(벽체와 창호를 포함하는 외벽)

1) 차음성능은 내부소음도 45dB(A) 이하를 무조건 만족하되, 외벽의 차음성능 최소 수준은 가중 표준화 음압레벨차 21(-1;-2)dB 이상으로 두 기준 모두 만족해야 함을 의미함

다) 향후 과제

- 이질 부재 접합부 시공성 개선 연구
 - 한옥의 특성이 고려된 성능 기준을 제안함으로써 한옥 외피 성능 개선의 준거를 마련하고 성능 향상을 위한 가이드라인이 제시되었음
 - 그러나, 제시된 성능 기준은 한옥이 안고 있는 본질적인 문제 즉, 이질재 접합부의 영향으로 현대 주택의 성능기준에는 미치지 못하는 기준으로 제시되어 있음
 - 각 부재단위의 건축재료 벽체, 창호, 바닥 등의 구조가 건축법을 만족시킬 수는 있지만, 접합부의 시공성 향상이 이루어지지 않고서는 현재 제시한 성능기준을 만족시킬 수 없는 실정임
 - 따라서, 현재 각 부재간 접합부 시공법 개선에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 함

- 단위세대 기밀성능 기준 필요
 - 실의 전체적인 특성으로 표현되는 기밀성능의 경우에는 침실을 대상으로 기준을 제시하였음
 - 현대인의 생활이 거실 중심이며 거주자가 매우 중요하게 생각하는 공간임을 감안할 때 거실 공간을 포함하는 단위세대의 성능기준을 추가적으로 제시함으로써 실내 공간 전체의 기밀성능을 확보할 필요가 있음

- 단열성능 향상을 위한 천장재 개발 필요
 - 단열성능의 경우 벽과 벽, 벽과 천장과 같은 주요 구조부 모서리에 대한 기준을 제시하였음
 - 향후 실의 기밀, 단열, 차음성능에 많은 영향을 미치는 창호와 벽 접합부에 대한 연구를 지속하여 단열성능 기준을 제시할 필요가 있음
 - 또한, 한옥에서 단열성능이 가장 취약한 부위로 확인된 당골막이와 소로 사이의 방막이 부분에 대한 성능 개선을 위해 천장부의 단열향상을 위한 천장재의 개발 및 내부 단열처리에 대한 연구가 지속될 필요가 있음

- 층간소음 기준 필요
 - 바닥충격음 차단성능 기준의 경우 2층 구조의 한옥 사례가 적어 적절한 성능기준을 제시하지 못하였음
 - 다층 한옥 건물 사례 조사를 전국적으로 확대하여 다양한 구조에 대한 평가를 실시하여 기준을 제시할 필요가 있으며, 그 기준을 만족하기 위한 바닥 구조에 대한 연구도 지속시킬 필요가 있음

- 등급화의 필요성
 - 현재의 성능기준은 관련 기술에 의해 달성 또는 유지되어야 하는 권장치로서의 기준이므로 행정상의 목표가 되며 한옥에 있어 최소한의 주거성능을 확보하기 위해 필요한 수준이라고 할 수 있음
 - 그러나, 이러한 최소 기준과는 별도로 주택 수요자의 다양한 요구에 대응할 수 있도록 등급화하는 방안도 필요함
 - 다양한 품질에 따른 선택의 기회를 제공함으로써 보급형, 표준형, 고급형 등과 같은 브랜드화가 가능한 한옥을 공급할 수 있는 근거를 마련할 필요가 있음

Part 5. 실험한옥 유지관리

5.1. 실험한옥 유지관리를 위한 조사

5.1.1. 조사 기간

- 1) 2012년 10월 25일 ~ 2013년 2월 28일(월 4 회)
- 2) 2013년 3월 21 ~ 2013년 6월 21일(월 2회)
- 3) 측정 차수 별 측정 월일

측정 차수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
측정 월일	'12 10.25	11.02	11.08	11.15	11.22	11.29	12.06	12.14	12.20	12.27
측정 차수	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
측정 월일	'13 01.03	01.10	01.17	01.24	01.31	02.07	02.14	02.21	02.28	03.21
측정 차수	21	22	23	24	25					
측정 월일	04.11	04.25	05.10	05.24	06.07					

5.1.1. 조사 내용

1) 목재기둥의 시기 별 재온(온도) 변화 조사

실내외에서 목재 부재에 가해지는 열에 의하여 목재의 온도가 변화한다. 재온은 목재 함수율과 깊은 관계에 있기 때문에 신한옥과 전통한옥 목재 부재 중에서 실내와 실외의 대표적인 기둥을 방위 별로 선정하여 정기적으로 목재의 재온 변화를 조사하였다. 온도는 적외선 방사 온도측정기를 사용하여 측정하였다.

2) 목재부재의 시기 별 함수율 변화 조사

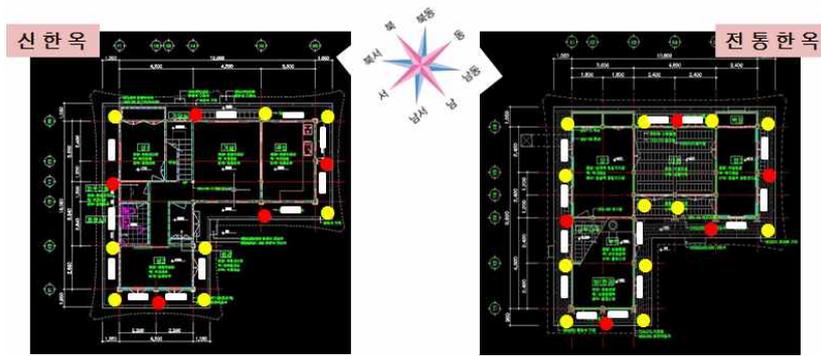
목재의 함수율 변화는 목재에 발생하는 건조 결함인 할렬의 진행과 밀접한 관계에 있다. 실험 한옥 목재부재들의 실내외의 상대습도의 변화에 따른 함수율 변화를 조사하였다. 재온 조사와 함께 동일한 기둥을 대상으로 전기저항식 함수율 측정기를 사용하여 측정하였다.

3) 목재부재의 할렬 발생 및 진행 상태 조사

주요 목재 구조부재에서 발생한 할렬(갈라짐)을 육안으로 관찰한 후 부재 별로 대표적인 할렬을 선정하여 일정 기간 별로 할렬의 길이와 폭의 진행 상태를 버어니어캘리퍼스를 사용하여 실측하였다. 목재 부재에 발행한 할렬의 보수는 더 이상 할렬이 진행되지 않는 시점에 실시해야지만 추가적인 피해를 방지할 수 있다. 따라서 정기적으로 할렬의 진행 상태를 조사하는 것은 중요하다.

4) 기타 결함 조사

목재부재 뿐만 아니라, 벽체, 담장, 기와, 벽지 등에서 발생하는 결함을 육안으로 관찰하며 사진을 촬영하여 유지관리를 위한 사례로 활용하였다.



한옥과 전통한옥의 함수율 및 재온 조사 대상 기둥-붉은 색 표기

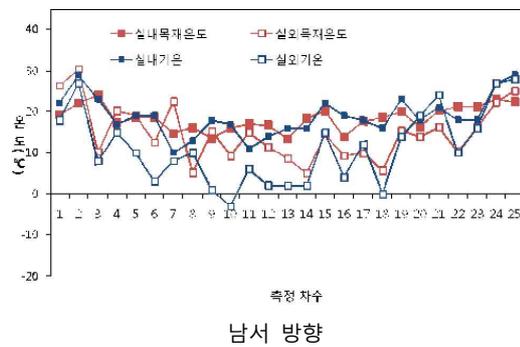
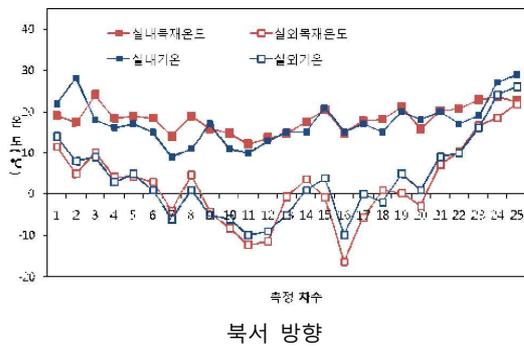
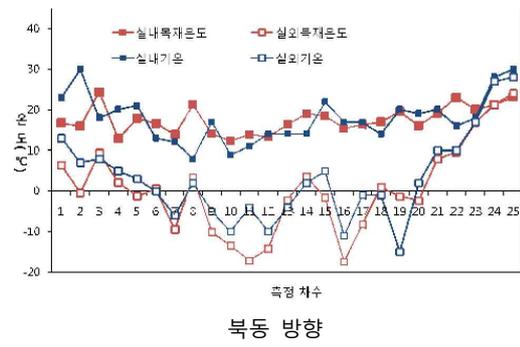
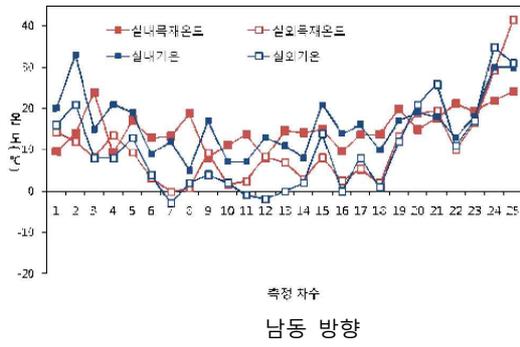


실내의 목재 부재의 함수율과 온도 측정

5.1.3. 조사 결과

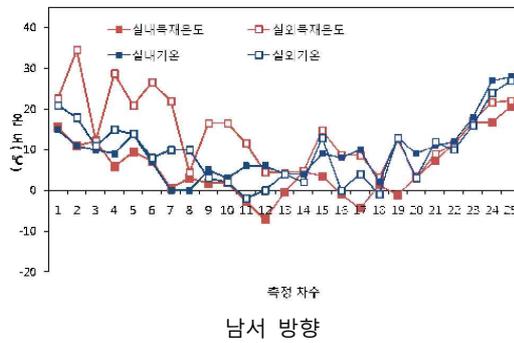
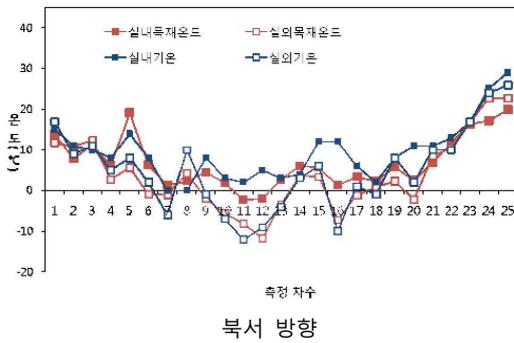
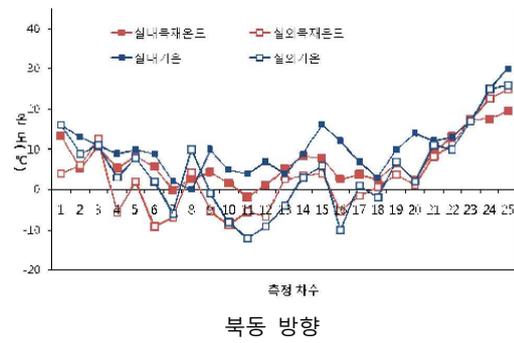
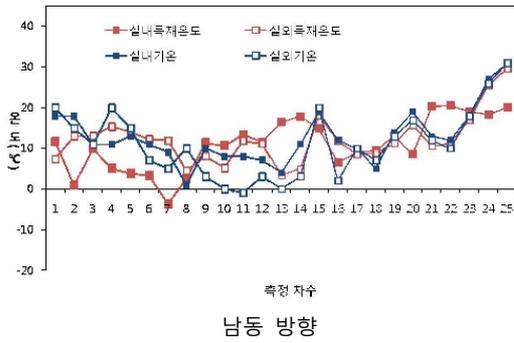
1) 방위 별 기둥의 재온 변화

- 신한옥의 실내외 기온과 기둥의 재온 변화를 아래 그래프에 나타냈으며, 목재 기둥에서 방위 별로 현저하게 다른 온도 변화 경향을 나타냈다.
- 모든 방위 별 목재 기둥은 외부 기온 변화에 직접적으로 영향을 받았으며, 북동과 북서 방향에 위치한 기둥은 남동과 남서 방향의 기둥과는 달리 기온과 함께 겨울철에는 영하로 내려갔다. 그러나 남동과 남서 방향의 기둥은 햇볕이 쬐는 시간이 긴 탓인지 외기와 함께 한 겨울에도 영하로 내려가지는 않았다.
- 기온과 목재 온도 간의 차이를 살펴보면, 북동과 북서 방향에서는 기온과 목재 온도 간의 차이가 크게 벌어지지 않는 않았다. 그러나 남동과 남서 방향에서는 그 차이가 크게 나타났다. 이들 방향에서는 전체적으로 기온에 비하여 목재의 온도가 높은 경향을 보였다.
- 실내에서도 기온과 목재 온도 간에는 동일한 경향을 보여 기온의 고저와 재온의 고저가 거의 일치하였다. 그러나 변화의 차이는 다소 다른 경향을 보였다. 기온의 변화 폭 보다는 목재 온도의 변화 폭이 작았다.
- 동일한 기둥에 대하여 실내 측과 실외 측의 온도 변화를 조사하였기 때문에 이들 경향이 향후 목재 부재에서 발생할 수 있는 재질 변화를 예측하는데 중요한 판단 자료로 활용할 수 있다.



신한옥의 방위 별 목재 기둥의 온도 변화

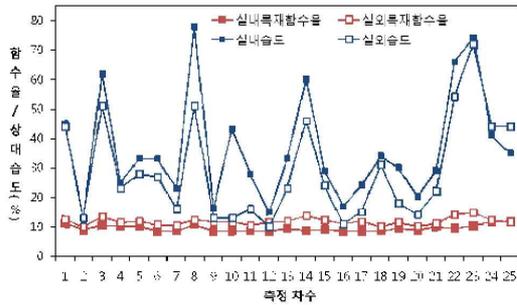
- 북동과 북서 방향에 위치한 목재 기둥에서는 실내와 실외 측의 온도 차이가 매우 심하게 나타났다. 특히 겨울철에는 10°C 이상의 온도 차이를 보였다. 이것은 신한옥의 경우 기밀성의 향상으로 겨울철 단열효과가 매우 우수하다는 것을 간접적으로 입증하는 것으로 해석할 수 있다.
- 한편, 이러한 심한 온도 차이는 결함 발생으로도 이어질 수 있어 일상생활에서의 유지관리 시에 주의 깊게 살펴 볼 필요가 있다.
- 신한옥에서와 동일하게 전통 한옥에 대해서도 실내외 기온과 목재 온도와의 변화 관계를 조사하였다.
- 전통 한옥에서도 방위 별로 기온 변화외 재온의 변화는 거의 일치하는 경향을 보였다. 북동과 북서 방향에 위치한 목재 기둥은 겨울철에 기온과 함께 영하의 재온을 나타냈다.
- 한편 겨울철 난방시기에도 실내의 기온과 목재 온도는 신한옥에 비하여 평균 5°C 이상의 차이를 보여 전통 한옥이 신한옥에 비하여 특히, 겨울철에 매우 낮은 내부 기온과 목재 온도를 나타냈다. 이것은 신한옥에 비하여 기밀성이 열악하여 난방 효과가 매우 낮기 때문인 것으로 판단할 수 있다.
- 10월에서 11월에 걸쳐 나타난 실내 기온과 목재 온도를 살펴보면, 신한옥에 비하여 전통한옥에서 전체적으로 낮은 경향을 보였다. 이것은 전통한옥이 통풍성이 양호한 것으로 해석할 수 있으나 겨울철에는 오히려 기밀성의 부족으로 이어져 실내 거주에 매우 불리하게 작용하는 전통한옥의 단점이라고도 할 수 있다.



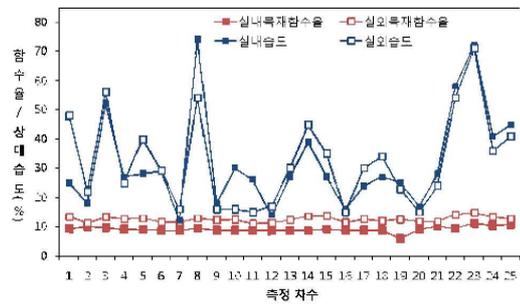
전통한옥의 방위 별 목재 기둥의 온도 변화

2) 방위 별 기둥의 함수율 변화

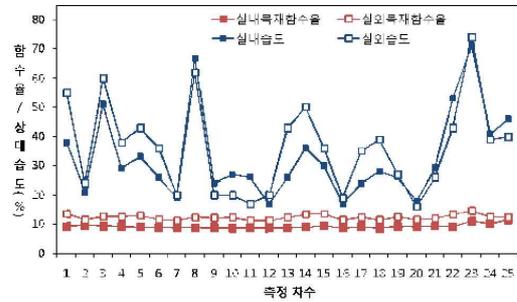
- 신한옥과 전통한옥의 실내외 상대습도와 기둥의 함수율 변화를 조사하였다. 전체적으로 실내외 상대 습도 보다 목재 함수율은 낮은 경향을 보였다. 또한 측정 차수 별로 실내외 상대습도의 변화는 매우 심한 차이를 보였으나 목재 함수율은 전 측정 기간에 걸쳐 10~11% 전후의 일정한 함수율을 나타냈다.
- 신한옥과 전통한옥 모두에서 방위 별로 목재 함수율의 차이는 크게 나타나지 않았다. 특히 기온과 목재 온도 차이가 심하게 나타난 신한옥의 북동과 북서 방향에 위치한 목재 기둥의 경우 다른 방향에 위치한 목재 기둥의 함수율과 큰 차이를 보이지 않았다.
- 신한옥의 남서방향에 위치한 기둥에서는 다른 방향에 위치한 기둥에서와는 달리 외측 목재 함수율이 내측 목재 함수율과 거의 동일한 시기가 많았다. 이것은 남서방향의 경우 햇볕에 노출되는 시간이 길기 때문에 건조가 진행되었기 때문으로 해석할 수 있다.
- 전체적으로 실내 측 목재 기둥 부위에서 실외 측 부위에 비하여 낮은 목재 함수율을 나타냈으며 그 차이는 평균 1~2% 수준이었다. 그러나 신한옥에 비하여 전통한옥에서는 실내외측 간의 함수율의 차이가 작았다.
- 실내 측 함수율에 비하여 실외 측 함수율이 높은 이유는 외측 목재 부위의 경우 직접 외기에 노출되기 때문에 대기 중의 수분 흡착이 많기 때문이다.
- 신한옥과 전통한옥 모두에서 겨울철 난방 시작과 함께 실내 측 기둥의 목재 함수율이 감소하였다가 난방 중지와 함께 외측 부위의 함수율에 근접하는 경향을 보였다. 난방과 함께 실내 기온 상승으로 목재 건조 효과를 나타냈기 때문이다.



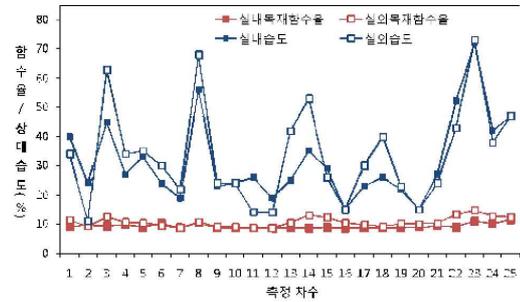
남동 방향



북동 방향

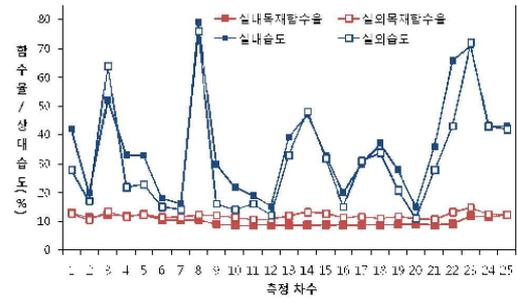


북서 방향

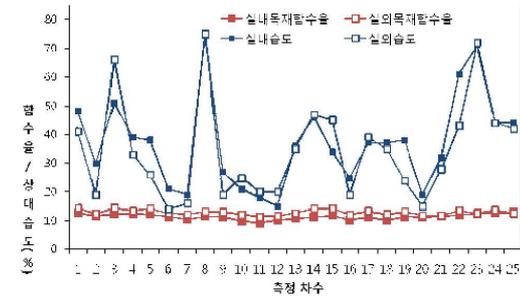


남서 방향

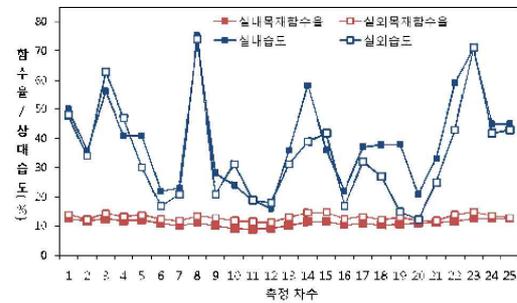
신한옥의 방위 별 목재 기둥의 함수율 변화



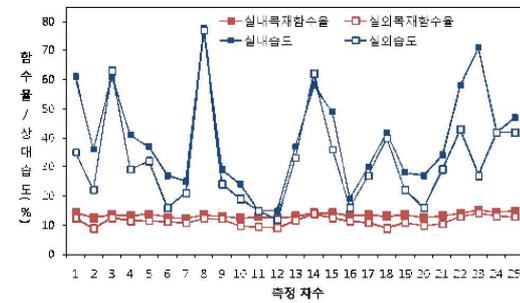
남동 방향



북동 방향



북서 방향

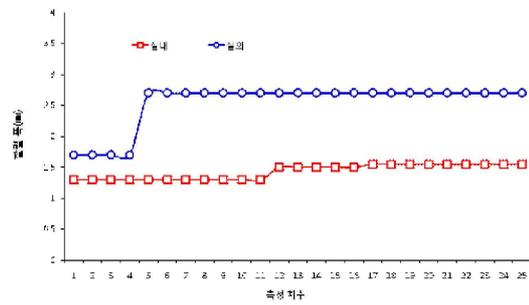
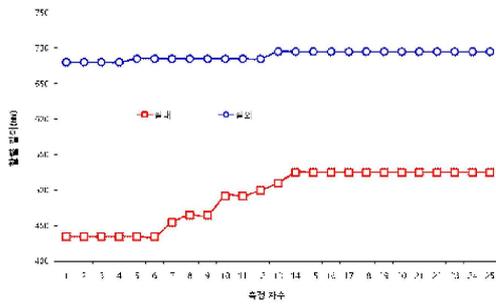


남서 방향

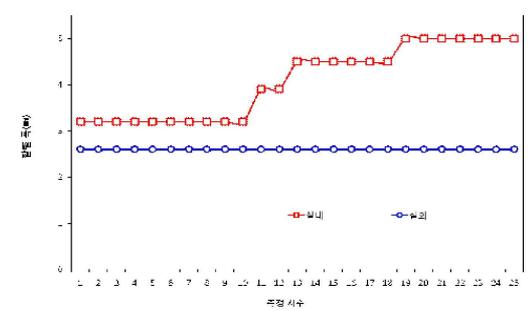
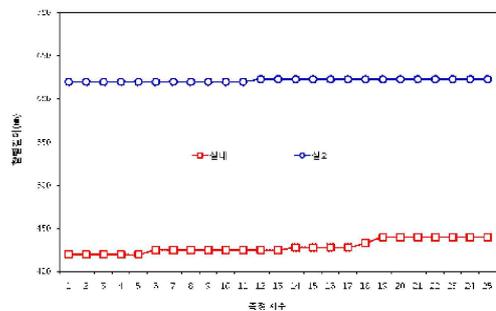
<전통한옥의 방위 별 목재 기둥의 함수율 변화>

3) 목재 부재의 할렬 크기의 발달

- 신한옥과 전통한옥에서 내부와 외부의 목재 기둥에 발생한 할렬을 선정해서 할렬의 길이와 폭의 진행(크기의 확대) 경향을 조사하였다. 조사 대상 할렬은 실험 한옥 신축 후에 발생한 것이 아니고 신축 전에 기둥 부재에 이미 발생해 존재했던 것이다.
- 할렬 크기의 변화에 신한옥과 전통한옥에서의 차이는 나타나지 않았으며 크기의 변화는 시간의 흐름과 함께 서서히 진행되었다.
- 할렬 길이와 폭은 모두 실외 보다는 실내에서 크기의 진행 정도가 심하였다. 즉 내부 목재 기둥에 발생한 할렬의 길이와 폭의 발달이 심하게 나타났다. 특히 겨울철 난방의 시작과 함께 그 경향이 뚜렷하게 나타나는 경향을 보였다. 이것은 난방으로 인하여 실내 공기가 건조해짐에 따라 목재 부재의 건조도 급격하게 진행되기 때문이다.
- 목재에서 발생하는 할렬은 건조의 진행과 함께 나타나는 건조 결함 중에 하나이다. 한옥 목재 부재에서 할렬이 심하게 나타나고 진행되는 이유는 목재 부재를 충분히 건조하여 사용하지 않기 때문에 나타나는 현상이다. 기둥이나 대들보와 같이 대단면 부재의 경우에는 완전 건조가 거의 불가능하기 때문에 할렬 발생을 완벽하게 방지할 수는 없지만, 최대한 기건함수율에 가깝게 건조하여 부재로 사용해야지만 할렬 발생과 크기의 확대를 최대한 방지할 수가 있다.



신한옥에서 목재 부재의 할렬 크기 변화



전통 한옥에서 목재 부재의 할렬 크기 변화

4) 기타 결함 발생 조사

- 신한옥과 전통한옥에서 발생한 대표적인 결함들은 아래와 같다.

신한옥 내부에서 발생한 주요 결함들

내부 대들보 할렬	내부 기둥 송진 발생	내부 기둥 할렬에 의한 벽지 갈라짐
내부 벽지 오염	실내 벽체 갈라짐	내부 부재 간 결합부 벌어짐

신한옥 외부에서 발생한 주요 결함들

외부 인방의 할렬	곰팡이 발생	철 오염(녹 발생)
머름판 송진 발생	벽체 갈라짐	실외 기둥과 벽 간 갈라짐
당골막이 벌어짐	벽체와 기와 이음부 벌어짐	기와 색상 벗겨짐
외부 기둥 벌집 형성	잡초 발생	강우에 의한 젖음

전통한옥 내부에서 발생한 주요 결함들

		
<p>내부 기둥 할렬</p>	<p>실내 기둥과 벽체 간 벌어짐</p>	<p>내부 인방 할렬</p>
		
<p>실내 기둥 곰팡이 발생</p>	<p>장판 오염</p>	

전통한옥 외부에서 발생한 주요 결함들

		
<p>외부 인방 할렬</p>	<p>실외 기둥, 벽체, 인방 간 갈라짐</p>	<p>곰팡이 발생</p>
		
<p>머름판 승진 발생</p>	<p>철 오염 발생</p>	<p>담장벽 갈라짐</p>
		
<p>잡초 발생</p>	<p>그을음 발생</p>	

5.2. 실험 한옥 유지관리 요령

5.2.1. 한옥의 부위 별 점검 및 검사

1) 기단

	점검 개요	점검 방법	점검 항목
	<ul style="list-style-type: none"> - 한옥의 초석 아래에 단을 형성한 것으로 돌로 쌓은 단의 입면과 위면으로 구성된다. 주로 돌쌓기 상태와 바닥면의 상태를 점검한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 주로 육안으로 관찰하여 석재의 표면상태와 이동, 변형을 살펴본다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 기단 모서리의 석재 균열, 기단석의 배부름, 기단석 표면의 박리, 기단석 이끼류 발생, 바닥 침하, 기단 침하 등

2) 주초석

	점검 개요	점검 방법	점검 항목
	<ul style="list-style-type: none"> - 초석은 구조 및 의장의 역할을 하는 부재로 이동, 변형, 파손을 확인하고 표면의 오염 및 변색을 점검한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 주로 육안으로 관찰한다. - 초석과 닿거나 연계된 부위의 상태를 점검하여 초석의 변형 및 이동을 확인한다. - 기둥의 내려 앉음, 인방재의 처짐, 기단 바닥면과 초석 사이의 벌어짐, 고막이 표면 탈락 등을 확인한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 초석의 변형 및 파손 - 이동 침하 - 표면 오염 및 변색

3) 벽체(외부)

	점검 개요	점검 방법	점검 항목
	<ul style="list-style-type: none"> - 벽체 마감면의 흠집, 오염 침 변색을 육안으로 점검한다 - 단열 성능을 결정할 수 있는 요소들을 점검한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 흠집이나 오염과 같은 결함은 시각과 촉각 또는 후각으로 점검한다. - 변형이나 굴곡은 시각에 의하여 파악할 수 없을 때는 실뜨는 줄을 팽팽하게 당긴 채로 대어 본다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 표면 오염 : 빗물에 의한 오염, 햇빛에 의한 열화와 변색, 조류의 배설물의 부착, 곰팡이 발생 등 - 변형 및 파손 : 기둥의 기울음, 인방재의 건조 수축, 창호의 처짐, 표면 굴곡, 고정부 파손 부재 층 탈락 등

4) 처마

	점검 개요 - 처마는 목재 부재가 노출되도록 구성되어 점검은 재료의 특징과 관련이 깊다. - 목재에서 관찰되는 문제점들이 그대로 드러난다. - 목재 표면의 청변, 곰팡이 발생, 건조수축에 의한 결합의 이완, 부재의 이동 및 변형 등을 점검한다.	점검 방법 - 흠집이나 오염과 같은 결함은 시각과 촉각 또는 후각으로 점검한다. - 변형이나 굴곡은 시각에 의하여 파악할 수 없을 때는 실뜨는 줄을 팽팽하게 당긴 채로 대어 본다.	점검 항목 - 표면 오염 : 빗물에 의한 오염, 햇빛에 의한 열화와 변색, 조류의 배설물의 부착, 곰팡이 발생 등 - 변형 및 파손 : 기둥의 기울음, 인방재의 건조수축, 창호의 처짐, 표면 굴곡, 고정부 파손 부재 총탈락 등
---	--	---	---

5) 지붕

	점검 개요 - 기와의 상태를 점검하여 파악할 수 있다. - 청결상태, 기와의 탈락여부, 기와이기 상태 등을 점검한다.	점검 방법 - 대부분 육안으로 점검한다. - 기와 표면의 박리현상으로 동해 여부와 기와 수명을 가늠한다. - 수키와 연강 부분의 노출여부로 기와 골의 이완 상태를 점검한다. - 기와 골 간의 겹침 라인의 일정한 상태로 기와의 부분적 쏠려 내림을 판별한다. - 처마 낙수 자리로 지붕 형태 변화 여부로서 지붕 구조의 변형을 유추한다.	점검 항목 - 오염: 토사 침적, 낙엽 퇴적 - 기와 상태: 기와 깨짐, 동파, 막새 파손 등 - 기와이기: 기와 골 이완, 기와 탈락 및 유실, 와구토 및 층잠 파손, 홍두께 흠흘러내림 등 - 생물서식: 외생초 자생, 이끼 부착, 조류 서식 등 - 누수 : 처마 목부재, 천장 마감재 등의 오염(물자국) - 지붕가구 변형 : 지붕골곡, 형태 쏠림 지붕 마루 파손 등
--	--	---	--

6) 목구조

	점검 개요 - 한옥에서 목구조는 상당부분 노출되어 골조미를 형성함으로써 노출 비중이 높은 만큼 오염과 재료 자체의 문제점이 드러날 수 있다. - 한옥에서 발생하는 제반 문제점 중 변형 및 파손의 근본적인 원인은 목구조에서 찾을 수 있다.	점검 방법 - 오염과 자체 변색 및 부후는 육안으로 쉽게 구분할 수 있다. - 기울음, 뒤틀림 등과 같이 구조체의 변형 정도에 따라 결속부의 결합 정도를 유추한다. - 목구조의 각 부재는 수직수평으로 결속되므로 인접하여 결속된 부재 간의 직각 여부를 점검한다.	점검 항목 - 표면 : 오염물질 부착, 청변, 부분적 흠결 - 이동 : 부재의 변위, 구조체의 기울음, 결속부의 벌어짐 - 변형 : 부재의 건조수축, 장부의 파손, 부재의 처짐 - 생물 피해 : 흰개미 피해, 부후 등
---	---	---	--

7) 바닥

	점검 개요	점검 방법	점검 항목
	<ul style="list-style-type: none"> - 오염 및 파손 상태를 육안으로 점검한다. - 바닥으로부터의 습기 유입 여부를 집중적으로 점검한다. - 바닥 재료의 기계적 파손과 열화 여부를 살피고 바닥의 구배 및 굴곡과 관련된 변형 여부를 점검한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 손으로 누르거나 발로 딛어 바닥면이 흔들리거나 움푹 꺼지는 등의 현상으로 파악한다. - 습기 유입 여부는 바닥 마감재 아래에 신문지를 깔아서 종이가 젖어 색이나 감촉이 현하는 정도를 살펴 판단한다. - 방의 경사나 굴곡은 방의 중앙부에 공을 올려놓은 후 이동 여부로 점검한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 표면 : 마감재 상태, 생활 유기물의 오염, 곰팡이 번식 - 바닥 구조재 : 바닥 구배, 균열, 부분 침하, 바닥 미장 강도 - 하자 및 결함 : 열교 및 결로, 습기, 방수 - 실내 환경 : 마감 접착용재, 냄새 흡착 여부

8) 내벽, 천장

	점검 개요	점검 방법	점검 항목
	<ul style="list-style-type: none"> - 벽과 천장의 도배지로 마감된 표면의 오염과 변색, 곰팡이 번식 등을 점검한다. - 벽에 부착된 옷걸이, 액자, 표구 등의 부착 상태를 점검한다. - 벽체의 손상 범위를 살피고 창틀 가까이 또는 모서리에 열교에 의한 결로 발생과 곰팡이 번식 여부를 점검한다. - 콘센트, 등기구 등 각종 생활 기구가 부착 설치되므로 작동 여부와 함께 설치 상태를 살핀다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 내벽과 천장의 단열 상태, 열교 및 습한 정도를 온도계와 촉각을 이용해 점검한다. - 천장의 굴곡, 처짐, 조배지의 변색, 얼룩, 곰팡이 등의 상태 변화로 지붕 누수를 점검한다. - 내벽과 천장면의 변형 및 굴곡은 도배지가 울거나 들뜨는 것으로 살핀다. - 몰딩 및 걸레받이의 변형을 통해 내벽과 천장면의 변형을 점검한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 표면 : 마감재 상태, 생활 유기물 오염, 곰팡이 번식 - 바닥 구조재 : 천장 구배, 도배지 상태, 부분 함몰, 설비기구 상태 - 하자 및 결함 : 열교 및 결로, 습기, 방수 - 실내 환경 : 부위 내부 공간 생물 서식 여부, 마감 접착용재, 냄새 흡착 여부

9) 마당, 조경

	점검 개요	점검 방법	점검 항목
	<ul style="list-style-type: none"> - 담장, 대문, 연못, 배수시설, 장독대, 화간, 석축 등 다양한 구성물로 이루어져 있다. - 야외에 노출되어 있으므로 햇볕에 의한 열화, 빗물에 의한 침식 및 부식, 동식물의 서식 등의 다양한 문제점들이 발생할 수 있다. - 마당의 습기는 목조 건축물에 큰 영향을 주기 때문에 주요한 점검 사항이다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 마당 면의 요철과 구배 및 배수시설의 막힘, 퇴적물 쌓임 여부를 점검한다. - 조경시설풀, 기단 하부의 이끼류 분포 상황을 통해 지면의 습기 이동 상태를 점검한다. - 담장기와 솟마루장 기와 선의 굴곡 여부를 통해 담장의 기울음 및 기초 부동침하 여부를 점검한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 청소 : 마당노면 고르기, 연못 물 청결, 낙엽 퇴적 상태 - 식생 : 잡초, 유입 식생, 가지 뺄, 말라죽은 가지 - 시설물 : 담장 상태, 석축 등 상태, 야외 조명기구 - 습기 및 배수 : 시설물, 기단이끼, 배수로 막힘, 퇴적

5.2.2. 실험 한옥의 유지관리 및 보수

1) 기단

구분		점검 항목	점검 결과	보수 방법
신한옥		- 기단 모서리 돌 균열, 기단석 배부름, 표면 박리, 이끼류 서식 기단 바닥 침하, 기단 침하	- 눈에 띄는 결함은 발생하지 않았음	- 바닥재 목재 데크재, 더구나 방부처리를 하지 않은 상태로 사용하였다. - 향후 부후 발생 우려가 매우 높기 때문에 과 같은 주의 깊게 관찰 할 필요가 있다. - 부후 발생으로 교체 시에는 반드시 방부처리 설치해야 한다.
전통한옥		- 기단 모서리 돌 균열, 기단석 배부름, 표면 박리, 이끼류 서식 기단 바닥 침하, 기단 침하	- 눈에 띄는 결함은 발생하지 않았음	

2) 주초석

구분		점검 항목	점검 결과	보수 방법
신한옥		- 초석의 파손 - 이동 침하 - 표면 오염 및 변색	- 눈에 띄는 결함은 발생하지 않았음	
전통한옥		- 초석의 파손 - 이동 침하 - 표면 오염 및 변색	- 눈에 띄는 결함은 발생하지 않았음	

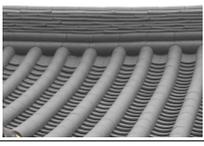
3) 벽체(외부)

구분		점검 항목	점검 결과	보수 방법
신한옥		- 표면 오염 - 변형 및 파손	- 기단과 하인방 사이의 외벽에서 습기에 의한 것으로 추정되는 얼룩이 발생하였음	- 자연 건조시켜 얼룩이 없어지는 것을 확인한다. - 건조 후에도 얼룩이 남아 있으면 형견에 물을 축여 닦아낸다. 마른 후에 투명한 방수도료를 분사하여 건조시킨다.
			- 벽체의 가로와 세로 방향으로 갈라짐이 발생하였음	- 벽체 내부 재료로사용한 ECC패널 간 접합부의 분리가 원인으로 추정됨에 따라 외벽 미장부분을 제거하고 패널 접합부를 고정하거나 다른 재료로 교체한다.
전통한옥		- 표면 오염 - 변형 및 파손	- 아궁이의 윗 벽면에 그을음이 발생하였음	- 그을음을 물이나 알콜 등 유기용제로 닦아낸 후 백색 도료를 도포해 준다 - 그을음 발생의 재발을 방지할 수 있도록 아궁이의 입구의 구조를 보완한다. - 연기가 쉽게 굴뚝을 통하여 밖으로 유출되는지 굴뚝의 상태를 점검한다.

4) 처마

구분		점검 항목	점검 결과	보수 방법
신한우		- 표면 오염 - 변형 및 파손	- 처마 일부 서까래에 검은 곰팡이가 발생하였음	- 수세미 등으로 곰팡이 포자를 제거(이때 포자를 흡입하지 않도록 마스크 등을 착용)하고 곰팡이 제거 약제 A액(무수탄산나트륨 10g을 온수 60g 녹인 용액)을 붓으로 발라준다. 이어서 표면으로 배어나오는 액체를 마른 걸레로 닦아내고 용액 B(35% 과산화수소 용액 80g과 물 20g을 혼합)를 골고루 발라준다. 잠시 후 젖은 걸레로 골고루 닦아 낸다.
			- 당골막이와 서까래 사이에 틈이 발생하였음	- 미장 바탕의 이물질 제거한다. 바탕에 물을 분사하여 충전재의 접착력을 높여준다. 벽체와 연목이 접촉되는 부위에 모르타르를 채워준다. 이어서 미장을 바른다.
전통한우		- 표면 오염 - 변형 및 파손	- 처마 일부 서까래의 청변 부위에서 곰팡이가 발생하였음	- 수세미 등으로 곰팡이 포자를 제거(이때 포자를 흡입하지 않도록 마스크 등을 착용)하고 곰팡이 제거 약제 A액(무수탄산나트륨 10g을 온수 60g 녹인 용액)을 붓으로 발라준다. 이어서 표면으로 배어나오는 액체를 마른 걸레로 닦아내고 용액 B(35% 과산화수소 용액 80g과 물 20g을 혼합)를 골고루 발라준다. 잠시 후 젖은 걸레로 골고루 닦아 낸다.
			- 서까래의 곰팡이 오염이나 당골막이 등에 눈에 띄는 결함은 발생하지 않았음	

5) 지붕

구분		점검 항목	점검 결과	보수 방법
신한우		- 오염 - 기와 상태 - 생물서식 - 누수 - 지붕가구 변형	- 일부 기와에서 표면 색상이 벗겨져 백색의 바탕이 노출되었음	- 기와 표면의 이물질을 제거한다. 동일한 색상의 외장용 내수성 도료를 발라준다. - 부분적으로 도장하면 미관을 해칠 수 있기 때문에 가능하면 넓은 부위에 걸쳐 발라 준다.
			- 2층 벽체 목재 부재와 1층 지붕 기와 간의 접합부 사이에 벌어짐이 발생하였음	- 틈새의 이물질을 제거한다. 이어서 모르타르를 채워 충전해 준다.
			- 2층 처마 밑의 기와층 위에 흘러내린 토사가 쌓여 있음	- 기와이기 후에 기와 층과 층 사이에 남아있던 흙이 흘러내렸는지 수키와와 암키와를 들어내어 확인한다. 암키와와 수키와의 고정과 결합 부위의 이상 유무를 확인한다.
전통한우		- 오염 - 기와 상태 - 생물서식 - 누수 - 지붕가구 변형	- 눈에 띄는 결함은 발생하지 않았음	

6) 목구조

구분	점검 항목	점검 결과	보수 방법
기둥에	 <ul style="list-style-type: none"> - 표면 오염 - 이종 - 변형 - 생물 피해 	<ul style="list-style-type: none"> - 대들보에 할렬이 발생하였음 - 다양한 목구조 부재에 많은 할렬 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 갈라짐이 더 이상 진행(할렬의 길이와 폭) 되지 않는 것을 확인한다. 고운 목분과 목공용 본드를 혼합하여 잘 섞어준다. 혼합한 재료로 할렬 틈 사이를 채워준다. 주위에 묻어있는 재료를 마른 걸레로 닦아 제거하고 굳힌다. - 미세한 할렬의 경우에는 가구 보수용 크레용을 문질러 메워주고 주변에 묻은 여분의 크레용은 제거해 준다.
	 <ul style="list-style-type: none"> - 기둥과 도리의 결속부에 벌어짐과 도리 부분에 갈라짐이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 기둥과 벽체 사이에 갈라짐이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 벌어짐과 갈라짐이 더 이상 진행되지 않는 것을 확인한다. - 벌어진 내부에 이물질들을 제거한다. 벌어진 틈을 우레탄 폼으로 충전해 준다(틈이 클 경우에는 졸대 등을 밀어 넣어 끼운 후에 우레탄 폼으로 충전). - 갈라짐은 할렬의 보수 방법에 따른다.
	 <ul style="list-style-type: none"> - 기둥과 벽체 사이에 갈라짐이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 기둥 내측 부위에 송진이 발생하여 흘러 내림 	<ul style="list-style-type: none"> - 미장부분의 탈락이 진행 또는 예상되는 부위를 제거한다. 가능하면 넓은 부위에 걸쳐 제거한다. 내부 벽체 재료와 기둥 간에 벌어짐이 발생하였다면 졸대 등을 끼워 넣는다. 틈 사이를 모르타르로 채워 넣고 마른 후에 미장을 발라준다.
		<ul style="list-style-type: none"> - 기둥 내측 부위에 송진이 발생하여 흘러 내림 	<ul style="list-style-type: none"> - 단단하게 굳은 송진 덩어리는 칼날 등으로 조심스럽게 떼어 낸다. 연료용 등유를 형검에 묻혀 송진 잔여물을 훌쩍 적셔준다. 딱딱한 송진이 끈적끈적하게 녹으면 등유를 묻힌 형검으로 닦아 낸다. 이 작업을 반복하여 실시하고 송진이 완전히 제거된 후에는 등유가 날라 가 완전히 건조된 것을 확인한다. 송진이 녹아나온 부위에 투명한 셀락니스를 뿌려 주거나 발라 건조시킨다. 굳지 않고 끈적거리는 송진은 바로 연료용 등유를 마른 형검에 묻혀 닦아내고 이후의 작업은 동일하다.
천장면에	 <ul style="list-style-type: none"> - 표면 오염 - 이종 - 변형 - 생물 피해 	<ul style="list-style-type: none"> - 기둥에 할렬이 발생하였음 - 기둥뿐만 아니라 많은 목재부재에서 할렬이 다량 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 갈라짐이 더 이상 진행(할렬의 길이와 폭) 되지 않는 것을 확인한다. 고운 목분과 목공용 본드를 혼합하여 잘 섞어준다. 혼합한 재료로 할렬 틈 사이를 채워준다. 주위에 묻어있는 재료를 마른 걸레로 닦아 제거하고 굳힌다. - 미세한 할렬의 경우에는 가구 보수용 크레용을 문질러 메워주고 주변에 묻은 여분의 크레용은 제거해 준다.
	 <ul style="list-style-type: none"> - 기둥과 벽체 사이에 벌어짐이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 내부 기둥 일부에 곰팡이가 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 벌어짐이 더 이상 진행되지 않는 것을 확인한다. - 벌어진 내부에 이물질들을 제거한다. 벌어진 틈을 우레탄 폼으로 충전해 준다(틈이 클 경우에는 졸대 등을 밀어 넣어 끼운 후에 우레탄 폼으로 충전).
		<ul style="list-style-type: none"> - 기둥과 도리 및 외부 벽체 간에 심한 갈라짐과 파손이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 수세미 등으로 곰팡이 포자를 제거(이때 포자를 흡입하지 않도록 마스크 등을 착용)하고 곰팡이 제거 약제 A액(무수탄산 나트륨 10g을 온수 60g 녹인 용액)을 붓으로 발라준다. 이어서 표면으로 배어나오는 액체를 마른 걸레로 닦아 내고 용액 B(35% 과산화수소 용액 80g과 물 20g을 혼합)를 골고루 발라준다. 잠시 후 젖은 걸레로 골고루 닦아 낸다.
		<ul style="list-style-type: none"> - 미장부분의 탈락이 진행 또는 예상되는 부위를 제거한다. 가능하면 넓은 부위에 걸쳐 제거한다. - 벽체와 기둥 간의 벌어진 틈 사이에는 졸대 등을 끼워 넣는다. 이어서 모르타르로 채워 넣고 마른 후에 미장을 발라준다. - 기둥과 도리 간 결속부의 파손은 구조부재의 내력에 영향을 미치기 때문에 전문가의 도움을 받아 원인을 제거한 후 보수한다. 	

7) 바닥

구분		점검 항목	점검 결과	보수 방법
신 한 옥		<ul style="list-style-type: none"> - 표면 오염 - 바닥의 구배, 균열 발생, 부분 침하, 미장 강도 - 열교, 결로, 습기 	<ul style="list-style-type: none"> - 강화 마루판을 사용하였으며 눈에 띄는 결함은 발생하지 않았음 	<ul style="list-style-type: none"> - 강화 마루판은 특히 수분과 습기에 매우 약한 결점을 가지고 있기 때문에 바닥에 물을 흘리거나 쏟았을 경우에는 바로 닦아내 주어야 한다. - 마루판 결합부 사이에 물이 스며들어가면 부풀어 올라 들뜨는 현상이 나타난다. 이때는 전문가의 도움을 받아 보수 교체해야 한다.
		<ul style="list-style-type: none"> - 표면 오염 - 바닥의 구배, 균열 발생, 부분 침하, 미장 강도 - 열교, 결로, 습기 	<ul style="list-style-type: none"> - 한지 장판지를 사용하였으며 일부에서 검은색으로 오염이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 오염 부위를 알콜이나 등유를 적신 헝겊으로 닦아내고 건조시킨다. 건조된 후에는 공법을 발라 마무리한다.

8) 내벽, 천장

구분		점검 항목	점검 결과	보수 방법
신 한 옥		<ul style="list-style-type: none"> - 표면 오염 - 도배지 상태 - 결로, 습기 	<ul style="list-style-type: none"> - 벽지가 누렇게 오염되었음 	<ul style="list-style-type: none"> - 실크 벽지일 경우에는 중성 세제나 치약을 물에 풀어 헝겊에 적셔 가볍게 문질러 닦아낸다. - 종이 벽지일 경우에는 시판의 얼룩제거용 제품을 구입하여 제거한다. - 얼룩이 제거되지 않고 오히려 심해질 경우에는 그 부분을 제거하고 부분적으로 도배해 준다.
			<ul style="list-style-type: none"> - 기둥 위에 도배한 벽지에 가는 선 모양으로 찢김이 발생하였음 - 기둥에 발생한 미세한 할렬이 원인인 것으로 파악되었음 	<ul style="list-style-type: none"> - 기둥에 발생한 갈라짐이 더 이상 진행되지 않는 것을 확인한다. - 찢어진 부위의 도배지를 제거하고 기둥의 미세한 할렬 부위를 가구 보수용 크레용으로 문질러 메워준다. 주위의 여분을 닦아 제거하고 그 위에 동일한 도배지로 부분 도배한다.
			<ul style="list-style-type: none"> - 내부 벽면에 미세한 균열이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 벽면의 균열이 더 이상 진행되지 않는 것을 확인한다. - 균열에 의해 찢긴 도배지를 제거하고 모르타르 등으로 균열을 메우고 굳힌다. 완전히 굳은 것을 확인하고 부분 도배를 한다.

9) 마당, 조경

구분	점검 항목	점검 결과	보수 방법
신한유	<ul style="list-style-type: none"> - 청소 - 식생 - 시설물(담장, 석축) - 배수 	<ul style="list-style-type: none"> - 마당을 비롯하여 주변에 잡초가 발생하였음 - 비온 후에 물웅덩이가 생김 	<ul style="list-style-type: none"> - 번거롭지만 직접 뽑아 제거하는 것이 바람직하다. - 제초제를 사용하면 누렇게 죽은 후에도 미관을 해치기 때문에 다시 뽑아 내야 하기 때문이다. 또한 제초제는 사람과 주변 환경이나 조경수에도 좋지 않기 때문에 가능하면 사용을 피한다. - 잡초가 너무 많이 발생하여 뽑기가 어려울 때는 예초기로 지상부위를 제거한 후 위에 제초제를 뿌려 준다. - 고인 물을 제거하고 웅덩이 주변의 표토를 걷어낸 다음 기층에 자갈이나 낙엽 등으로 부설한 다음 걷어낸 표토를 덮어 다진다.
	<ul style="list-style-type: none"> - 청소 - 식생 - 시설물(담장, 석축) - 배수  	<ul style="list-style-type: none"> - 기단을 비롯한 마당 주변에 잡초가 발생하였음 - 비온 후에 물웅덩이가 생김 - 담장 벽면에 균열이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 번거롭지만 하나하나 직접 뽑아 제거하는 것이 바람직하다. - 고인 물을 제거하고 웅덩이 주변의 표토를 걷어낸 다음 기층에 자갈이나 낙엽 등으로 부설한 다음 걷어낸 표토를 덮어 다진다. - 균열이 더 이상 진행되지 않는 것을 확인한다. - 주변의 이물질 제거하고 물을 뿌려 접착력을 높여준다. - 균열 부위를 모르타르로 메워주고 여분을 제거한다. - 모르타르가 굳은 후에 미장을 한다.

10) 기타

구분	점검 항목	점검 결과	보수 방법
신한유	<ul style="list-style-type: none"> - 표면 오염 - 생물 서식 - 비 들이침 	<ul style="list-style-type: none"> - 목재 부재를 고정하기 위해 사용한 못 주변에서 녹이 발생하였음 	<ul style="list-style-type: none"> - 2% 수산화나트륨 수용액을 녹이 스며든 목재 부위에 도포한다. 스며 나온 녹물을 젖은 헝겊으로 닦아내고 건조시킨다. - 녹 발생을 재차 방지하기 위해서 철물 주변에 투명 방수도료를 도포하여 수분과의 접촉을 막아준다.
		<ul style="list-style-type: none"> - 머름판에 송진이 녹아 나왔음 	<ul style="list-style-type: none"> - 단단하게 굳은 송진 덩어리는 칼날 등으로 조심스럽게 떼어 낸다. 연료용 등유를 헝겊에 묻혀 송진 잔여물을 흠뻑 적셔준다. 딱딱한 송진이 끈적끈적하게 녹으면 등유를 묻힌 헝겊으로 닦아 낸다. 이 작업을 반복하여 실시하고 송진이 완전히 제거된 후에는 등유가 날라 가 완전히 건조된 것을 확인한다. 송진이 녹아나온 부위에 투명한 셀락니스를 뿌려주거나 발라 건조시킨다.

			- 비가 들어 쳐서 마루가 젖음	- 비가 들어치지 않도록 처마 를 개수한다.
			- 외벽과 기둥 사이에 벌집이 형성되었음	- 살충제를 뿌려 벌을 죽이거나 접근을 막는다. - 벌집을 조심스럽게 떼어내어 폐기한다. - 벌에 쓰이지 않도록 망사 주머니를 머리에 쓰고 두꺼운 옷과 장갑으로 무장한 후 작업하도록 한다.
전통한옥		- 표면 오염 - 생물 서식 - 비 들이침	- 곰팡이가 심하게 발생하였음	- 수세미 등으로 곰팡이 포자를 제거(이때 포자를 흡입하지 않도록 마스크 등을 착용)하고 곰팡이 제거 약제 A액(무수탄산나트륨 10g을 온수 60g 녹인 용액)을 붓으로 발라준다. 이어서 표면으로 배어나오는 액체를 마른 걸레로 닦아 내고 용액 B(35% 과산화수소 용액 80g과 물 20g을 혼합)를 골고루 발라준다. 잠시 후 젖은 걸레로 골고루 닦아 낸다.
			- 철물에 의해 녹이 심하게 발생하였음	- 2% 수산화나트륨 수용액을 녹이 스며든 목재 부위에 도포한다. 스며 나온 녹물을 젖은 헝겊으로 닦아내고 건조시킨다. - 녹 발생을 재차 방지하기 위해서 철물 주변에 투명 방수도료를 도포하여 수분과의 접촉을 막아준다.
			- 머름판에 송진이 녹아 나왔음	- 단단하게 굳은 송진 덩어리는 칼날 등으로 조심스럽게 떼어 낸다. 연료용 등유를 헝겊에 묻혀 송진 잔여물을 흠뻑 적셔준다. 딱딱한 송진이 끈적끈적하게 녹으면 등유를 묻힌 헝겊으로 닦아 낸다. 이 작업을 반복하여 실시하고 송진이 완전히 제거된 후에는 등유가 날라 가 완전히 건조된 것을 확인한다. 송진이 녹아나온 부위에 투명한 셀락니스를 뿌려주거나 발라 건조시킨다.

5.3. 연구 성과

- 남서 방향의 목재 부재가 햇볕에 노출되는 시간이 길기 때문에 다른 방향에 위치한 목재 부재에 비하여 목재의 온도가 높았다. 이로 인하여 목재 내부 세포조직에 함유되어 있던 송진이 용해되어 흘러 나오는 경우가 많았다. 특히 신한옥, 전통한옥 모두에서 남서 쪽에 배치된 머름판에서 송진의 용출이 뚜렷하였다. 실험 한옥 모니터링에 의하여 한옥의 일상 유지관리에 있어서 방위 별 목재 부재의 점검에 참고할 내용이 파악되었다.
- 목재 부재에 발생한 할렬은 크기(특히 길이)가 계속 커지는 것이 확인되었다. 앞으로 지속적으로 관찰이 필요하며 이것은 할렬의 보수 시기와도 밀접한 관계가 있다.
- 실내외의 상대습도가 심하게 변화해도 목재 함수율은 10~11%의 꾸준한 범위를 나타내 목재의 재질 특성이 잘 나타났으며 실내외 상대습도 변화는 목재 부재의 결함 발생과 무관함을 알 수 있었다.
- 모니터링 기간 중에 측정된 신한옥과 전통한옥에서의 실내외 기온과 목재 온도와의 관계에 의해서 신한옥의 전통한옥에 비하여 기밀성이 우수함을 확인할 수 있었다. 즉, 겨울철 실내와 실외 간의 기온과 목재 온도차이가 신한옥에서는 크게 나타났으나 전통한옥에서는 상대적으로 작았다.
- 모니터링 기간 중에 신한옥 집성재 기둥에서는 할렬 발생이 거의 나타나지 않아 재료의 우수성이 입증되었다. 그러나 일부 기둥의 실내 측 부위에서는 겨울철 난방에 의해 재온 상승으로 송진이 용출되는 현상을 보였다.

5.4. 결론

- 조가 덜된 목재의 사용으로 구조재나 수장재에서 할렬이 심하게 발생하여 미관이나 구조 측면에서 우려되는 부분이 많았다. 대단면의 구조부재의 경우에는 인공 건조가 어려운 측면이 있어 부득이한 면이 있으나, 단면이 작은 서까래와 같은 부재를 비롯하여 수장재의 경우에는 인공건조를 하여 기건 함수율까지 건조한 후에 사용하는 것이 바람직하다.
- 기둥이나 들보, 인방 목부재의 경우에는 건축비용 측면에서는 부정적일 수 있으나 한옥의 안전성 측면에서 할렬이나 뒤틀림, 접합부 벌어짐 등을 방지하기 위하여 집성재의 사용을 검토할 필요가 있다.
- 연구 종료 후에도 지속적으로 실험한옥에 대한 결함 발생을 모니터링하고 현장에서 보수, 교체 등을 실시하며 개발된 한옥 유지관리매뉴얼의 업데이트를 통해 실용화를 높여야 할 것이다.
- 신한옥 건축에 사용하는 목재 부재의 함수율에 제한을 두지 않으면 지붕과 벽체, 벽체와 창틀 또는 문틀 간의 기밀성 확보는 불가능하다. 목재의 건조 수축에 의해 발생하는 부재 요소 간의 틈은 다른 부재의 재료나 공법 개선을 통해서도 달성되지 않는다. 따라서 반드시 신한옥에 사용하는 목재의 함수율에 대한 규정을 도입해야 할 것이다.

<실험한옥 목부재 온도 변화 조사표>

○ 신한옥

(단위 : °C)

부재		조사일				
		'12. 10. 25	'12. 11. 02	'12. 11. 08	'12. 11. 15	'12. 11. 22
기둥 2 (실내)	온도	9.6	14.0	23.93	9.33	17.2
	기온	20	33	15	21	19
기둥 5 (실내)	온도	16.7	15.93	24.3	12.87	17.9
	기온	23	30	18	20	21
기둥 7 (실내)	온도	19.0	17.33	24.07	18.37	18.9
	기온	22	28	18	16	17
기둥 10 (실내)	온도	19.1	22.07	24.03	17.17	18.6
	기온	22	29	23	17	19
기둥 13 (실내)	온도	15.5	18.6	24.97	14.07	18.3
	기온	23	30	18	20	21
기둥 14 (실내)	온도					
	기온					
대들보 (실내)	온도	18.83	18.23	24.17	17.03	20.1
	기온	23	30	20	20	20
기둥2 (실외)	온도	14.4	12.03	8.13	13.6	9.4
	기온	16	21	8	8	13
기둥 5 (실외)	온도	6.4	-0.47	9.4	2.1	-1.17
	기온	13	7	8	5	3
기둥 7 (실외)	온도	11.5	5.0	10.13	4.17	4.33
	기온	14	8	9	3	5
기둥 10 (실외)	온도	26.3	30.47	10.23	20.13	19.07
	기온	18	27	8	15	10
기둥 13 (실외)	온도	13.2	27.9	11.0	24.2	21.63
	기온	25	17	9	13	14
인방-1 (실외)	온도	16.1	21.8	8.8	19.33	10.87
	기온	16	21	8	8	13
인방-2 (실외)	온도	16.0	17.1	8.6	20.10	12.33
	기온	16	21	8	8	13
인방-3 (실외)	온도	6.8	-0.8	10.67	2.2	0.3
	기온	13	7	8	5	3
인방-4 (실외)	온도	7.3	-1.0	10.6	0.53	-0.43
	기온	13	7	8	5	3
기둥 1 (2층)	온도	14.3	6.27	8.4	3.1	6.4
	기온	17	13	11	6	8
기둥 2 (2층)	온도	14.0	4.83	8.33	2.03	6.1
	기온	17	13	11	6	8
기둥 3 (2층)	온도	13.9	4.17	7.33	1.87	5.87
	기온	17	13	11	6	8

부재		조사일				
		'12. 11.29	'12. 12.06	'12. 12.14	'12. 12.20	'12. 12.27
기동 2 (실내)	온도	12.93	13.33	18.77	8.13	11.1
	기온	9	12	5	17	7
기동 5 (실내)	온도	16.63	13.9	21.17	13.93	12.27
	기온	13	12	8	17	9
기동 7 (실내)	온도	18.37	14.1	18.87	15.8	14.77
	기온	15	9	11	17	11
기동 10 (실내)	온도	18.67	14.8	16.23	13.6	16.13
	기온	19	10	13	18	17
기동 13 (실내)	온도	16.83	14.83	20.2	15.67	12.37
	기온	13	12	8	17	9
기동 14 (실내)	온도				18.87	14.77
	기온				17	9
대들보 (실내)	온도	19.2	14.13	17.67	16.6	14.57
	기온	14	12	14	17	13
기동2 (실외)	온도	3.3	-0.13	0.7	9.25	1.63
	기온	4	-3	2	4	2
기동 5 (실외)	온도	0.57	-9.4	3.47	-10.1	-13.4
	기온	0	-6	2	-5	-10
기동 7 (실외)	온도	3.07	-4.07	4.67	-4.2	-8.23
	기온	1	-6	1	-5	-9
기동 10 (실외)	온도	12.6	22.43	5.13	15.33	9.27
	기온	3	8	10	1	-3
기동 13 (실외)	온도	11.5	22.6	5.23	14.3	12.73
	기온	6	15	10	7	-2
인방-1 (실외)	온도	4.47	4.63	0.47		
	기온	4	-3	2		
인방-2 (실외)	온도	4.73	-0.63	0.43		
	기온	4	-3	2		
인방-3 (실외)	온도	0.43	-8.6	3.6		
	기온	0	-6	2		
인방-4 (실외)	온도	2.1	-10.0	3.5		
	기온	0	-6	2		
기동 1 (2층)	온도	3.9	-0.6	2.0		
	기온	5	-1	5		
기동 2 (2층)	온도	3.5	-1.47	1.6		
	기온	5	-1	5		
기동 3 (2층)	온도	1.63	-0.63	1.33		
	기온	5	-1	5		

부재		조사일				
		'13. 1.03	'13.1.10	'13. 1.17	'13. 1.24	'13. 1.31
기동 2 (실내)	온도	13.77	7.97	14.7	14.2	14.97
	기온	7	13	11	8	21
기동 5 (실내)	온도	13.83	13.27	16.27	19.03	18.43
	기온	11	14	14	14	22
기동 7 (실내)	온도	12.23	13.63	14.63	17.43	20.6
	기온	10	13	15	15	21
기동 10 (실내)	온도	17.03	16.83	13.37	18.33	20.23
	기온	11	14	16	16	22
기동 13 (실내)	온도	14.7	15.27	17.0	20.07	18.63
	기온	11	14	14	14	22
기동 14 (실내)	온도	17.97	18.03	19.73	21.73	18.53
	기온	11	14	14	14	22
대들보 (실내)	온도	14.43	14.97	17.67	20.83	20.37
	기온	10	13	15	15	21
기동2 (실외)	온도	2.43	8.33	6.93	2.93	8.13
	기온	-1	-2	0	2	14
기동 5 (실외)	온도	-17.1	-14.23	-2.17	3.63	-1.6
	기온	-4	-10	-4	2	5
기동 7 (실외)	온도	-12.27	-11.37	-0.73	3.7	-0.87
	기온	-10	-9	-5	1	4
기동 10 (실외)	온도	15.03	11.47	8.6	4.93	14.6
	기온	6	2	2	2	15
기동 13 (실외)	온도	15.13	10.13	6.57	5.5	17.27
	기온	2	2	3	1	18
인방-1 (실외)	온도					
	기온					
인방-2 (실외)	온도					
	기온					
인방-3 (실외)	온도					
	기온					
인방-4 (실외)	온도					
	기온					
기동 1 (2층)	온도					
	기온					
기동 2 (2층)	온도					
	기온					
기동 3 (2층)	온도					
	기온					

부재		조사일				
		'13. 2.07	'13.2. 14	'13. 2.21	'13. 2.28	'13. 3.21
기동 2 (실내)	온도	9.57	13.7	13.8	19.87	14.97
	기온	14	16	10	17	19
기동 5 (실내)	온도	15.43	16.27	16.97	19.47	16.1
	기온	17	17	14	20	19
기동 7 (실내)	온도	14.7	17.67	18.07	21.2	15.7
	기온	15	17	15	20	18
기동 10 (실내)	온도	14.0	17.7	18.6	19.9	16.5
	기온	19	18	16	23	18
기동 13 (실내)	온도	16.97	16.53	18.27	20.73	16.67
	기온	17	17	14	20	19
기동 14 (실내)	온도	19.9	15.97	20.9	21.5	16.23
	기온	17	17	14	20	19
대들보 (실내)	온도	17.43	18.27	18.87	19.63	16.03
	기온	15	16	14	19	18
기동2 (실외)	온도	2.53	5.33	1.97	13.37	18.87
	기온	0	8	1	12	21
기동 5 (실외)	온도	-17.47	-8.17	1.0	-1.27	-2.3
	기온	-11	-1	-1	5	2
기동 7 (실외)	온도	-16.43	-5.63	0.93	0.17	-2.83
	기온	-10	0	-2	5	1
기동 10 (실외)	온도	9.27	9.93	5.57	15.43	14
	기온	4	12	0	14	19
기동 13 (실외)	온도	12.53	11.63	7.6	11.83	4.67
	기온	12	9	8	17	13
인방-1 (실외)	온도					
	기온					
인방-2 (실외)	온도					
	기온					
인방-3 (실외)	온도					
	기온					
인방-4 (실외)	온도					
	기온					
기동 1 (2층)	온도					
	기온					
기동 2 (2층)	온도					
	기온					
기동 3 (2층)	온도					
	기온					

부재		조사일				
		'13. 4.11	'13. 4.25	'13. 5.10	'13. 5.24	'13. 6.07
기동 2 (실내)	온도	17.6	21.17	19.27	22.0	24.27
	기온	18	13	18	30	30
기동 5 (실내)	온도	19.1	23.03	20.03	21.2	23.13
	기온	20	16	18	28	30
기동 7 (실내)	온도	20.2	20.8	22.83	23.63	22.43
	기온	20	17	19	27	29
기동 10 (실내)	온도	20.15	21.17	21.2	22.97	22.3
	기온	21	18	18	27	29
기동 13 (실내)	온도	20.45	23.7	20.27	21.83	23.4
	기온	20	16	18	28	30
기동 14 (실내)	온도	21.95	23.43	19.3	22.1	23.03
	기온	20	16	18	28	30
대들보 (실내)	온도	20.18	22.2	17.2	22.27	23.33
	기온	20	16	18	27	30
기동2 (실외)	온도	19.37	9.97	16.53	29.3	41.57
	기온	26	11	17	35	31
기동 5 (실외)	온도	7.9	9.63	16.77	21.23	24.03
	기온	10	10	17	27	28
기동 7 (실외)	온도	7.2	10.2	16.57	18.53	21.9
	기온	9	10	16	24	26
기동 10 (실외)	온도	16.3	10.37	16.27	22.23	25.1
	기온	24	10	16	27	28
기동 13 (실외)	온도	8.47	8.53	16.53	22.3	26.53
	기온	13	10	17	28	26
인방-1 (실외)	온도					
	기온					
인방-2 (실외)	온도					
	기온					
인방-3 (실외)	온도					
	기온					
인방-4 (실외)	온도					
	기온					
기동 1 (2층)	온도					
	기온					
기동 2 (2층)	온도					
	기온					
기동 3 (2층)	온도					
	기온					

<실험한옥 목부재 온도 변화 조사표>

○전통한옥

(단위 :°C)

부재		조사일				
		'12. 10. 25	'12. 11. 02	'12. 11. 08	'12. 11. 15	'12. 11. 22
기둥 2 (실내)	온도	11.73	0.8	9.87	5.0	3.8
	기온	18	18	11	11	13
기둥 5 (실내)	온도	13.27	5.33	10.77	5.4	8.4
	기온	16	13	11	9	10
기둥 9 (실내)	온도	13.83	7.8	11.23	6.17	19.17
	기온	15	11	10	8	14
기둥 12 (실내)	온도	15.5	11.07	12.13	5.87	9.43
	기온	15	11	10	9	14
기둥 17 (실내)	온도	11.73	0.47	9.53	4.8	6.83
	기온	18	18	11	11	13
기둥 18 (실내)	온도					
	기온					
인방-1 (실내)	온도	13.43	2.6	10.2	7.4	6.3
	기온	18	18	11	11	13
인방-2 (실내)	온도	13.27	1.4	10.13	7.37	6.53
	기온	18	18	11	11	13
인방-3 (실내)	온도	13.57	5.67	12.27	6.6	7.77
	기온	16	13	11	9	10
인방-4 (실내)	온도	13.8	5.7	12.23	6.53	7.9
	기온	16	13	11	9	10
기둥2 (실외)	온도	7.27	13.1	13.03	15.43	14.13
	기온	20	15	11	20	15
기둥 5 (실외)	온도	4.07	6.1	12.6	-5.7	2.07
	기온	16	9	11	3	8
기둥 9 (실외)	온도	11.83	10.83	12.43	2.73	5.67
	기온	17	9	11	5	8
기둥 12 (실외)	온도	22.63	34.57	12.23	28.73	20.9.
	기온	21	18	11	15	14
기둥 17 (실외)	온도	18.23	14.03	12.2	6.33	9.8
	기온	20	25	11	10	12
인방-1 (실외)	온도	9.07	22.33	13.03	17.8	13.3
	기온	20	24	11	20	15
인방-2 (실외)	온도	10.2	12.9	13.07	17.97	14.43
	기온	20	15	11	20	15
인방-3 (실외)	온도	4.07	6.0	12.43	-5.03	1.37
	기온	16	9	11	3	8
인방-4 (실외)	온도	4.03	5.8	12.57	-5.1	1.53
	기온	16	9	11	3	8

부재		조사일				
		'12. 11.29	'12. 12. 0.6	'12. 12.14	'12.12.20	'12. 12.27
기동 2 (실내)	온도	3.23	-3.7	2.53	11.43	10.63
	기온	11	9	1	10	8
기동 5 (실내)	온도	5.7	-0.2	2.67	4.5	1.63
	기온	9	2	0	10	5
기동 9 (실내)	온도	6.27	1.27	2.23	4.5	1.83
	기온	8	0	0	8	3
기동 12 (실내)	온도	7.2	0.53	3.07	1.73	1.97
	기온	7	0	0	5	3
기동 17 (실내)	온도	3.4	-4.33	2.77	10.23	7.07
	기온	11	9	1	10	8
기동 18 (실내)	온도				6.07	3.07
	기온				10	5
인방-1 (실내)	온도	5.33	-2.27	3.03		
	기온	11	9	1		
인방-2 (실내)	온도	5.5	-1.93	2.47		
	기온	11	9	1		
인방-3 (실내)	온도	5.27	-0.73	2.13		
	기온	9	2	0		
인방-4 (실내)	온도	5.27	-0.77	2.17		
	기온	9	2	0		
기동2 (실외)	온도	12.27	11.97	4.43	8.07	5.17
	기온	7	5	10	3	0
기동 5 (실외)	온도	-9.1	-6.8	4.33	-5.27	-8.67
	기온	2	-6	10	-1	-8
기동 9 (실외)	온도	-0.9	-1.1	4.2	-1.93	-5.57
	기온	2	-6	10	-1	-7
기동 12 (실외)	온도	26.57	22.03	4.37	16.63	16.63
	기온	8	10	10	3	2
기동 17 (실외)	온도	7.4	3.03	4.07	7.53	-2.63
	기온	7	3	1	5	0
인방-1 (실외)	온도	12.77	11.6	4.63		
	기온	7	5	10		
인방-2 (실외)	온도	15.67	12.3	4.6		
	기온	7	5	10		
인방-3 (실외)	온도	-11.03	-6.8	4.37		
	기온	2	-6	10		
인방-4 (실외)	온도	-10.3	-6.63	4.43		
	기온	2	-6	10		

부재		조사일				
		'13. 1. 03	'13. 1. 10	'13. 1. 17	'13. 1. 24	'13. 1. 31
기동 2 (실내)	온도	13.4	11.6	16.4	17.9	14.9
	기온	8	7	4	11	19
기동 5 (실내)	온도	-1.9	1.07	5.1	8.4	7.77
	기온	4	7	4	9	16
기동 9 (실내)	온도	-2.4	-1.93	2.67	6.0	5.57
	기온	2	5	3	4	12
기동 12 (실내)	온도	-2.7	-7.13	-0.4	4.57	3.47
	기온	6	6	4	4	9
기동 17 (실내)	온도	8.53	5.97	10.93	14.57	11.77
	기온	8	7	4	11	19
기동 18 (실내)	온도	-0.83	1.8	5.83	8.83	18.27
	기온	4	7	4	9	16
인방-1 (실내)	온도					
	기온					
인방-2 (실내)	온도					
	기온					
인방-3 (실내)	온도					
	기온					
인방-4 (실내)	온도					
	기온					
기동2 (실외)	온도	11.93	11.17	3.33	4.9	18.1
	기온	-1	3	0	3	20
기동 5 (실외)	온도	-5.93	-6.67	-2.5	3.6	4.1
	기온	-12	-9	-4	3	6
기동 9 (실외)	온도	-8.2	-11.77	-3.37	3.53	3.37
	기온	-12	-9	-4	3	6
기동 12 (실외)	온도	11.67	4.43	4.4	4.7	14.83
	기온	-2	0	4	2	13
기동 17 (실외)	온도	-2.2	-2.73	1.47	4.53	9.13
	기온	-7	-4	-1	3	12
인방-1 (실외)	온도					
	기온					
인방-2 (실외)	온도					
	기온					
인방-3 (실외)	온도					
	기온					
인방-4 (실외)	온도					
	기온					

부재		조사일				
		'13. 2. 07	'13. 2. 14	'13. 2. 21	'13. 2. 28	'13. 3. 21
기동 2 (실내)	온도	6.5	8.97	9.43	13.2	8.5
	기온	12	10	5	14	19
기동 5 (실내)	온도	2.53	3.8	2.5	6.47	2.47
	기온	12	7	3	10	14
기동 9 (실내)	온도	1.2	3.33	2.3	5.77	2.4
	기온	12	6	2	8	11
기동 12 (실내)	온도	-0.97	-4.4	1.33	-1.17	3.3
	기온	8	10	2	13	9
기동 17 (실내)	온도	4.43	7.7	7.27	11.87	7.03
	기온	12	10	5	14	19
기동 18 (실내)	온도	2.63	4.63	3.93	7.97	3.83
	기온	12	7	3	10	14
인방-1 (실내)	온도					
	기온					
인방-2 (실내)	온도					
	기온					
인방-3 (실내)	온도					
	기온					
인방-4 (실내)	온도					
	기온					
기동2 (실외)	온도	11.9	8.4	8.83	11.27	15.83
	기온	2	10	7	13	17
기동 5 (실외)	온도	-5.37	-1.63	0.57	3.83	1.13
	기온	-10	1	-2	7	2
기동 9 (실외)	온도	-7.2	-1.17	0.9	2.27	-2.2
	기온	-10	1	-1	8	2
기동 12 (실외)	온도	8.77	8.63	3.17	12.63	2.9
	기온	0	4	-1	13	3
기동 17 (실외)	온도	-0.13	2.87	1.63	8.17	3.67
	기온	-5	3	1	9	7
인방-1 (실외)	온도					
	기온					
인방-2 (실외)	온도					
	기온					
인방-3 (실외)	온도					
	기온					
인방-4 (실외)	온도					
	기온					

부재		조사일				
		'13. 4. 11	'13. 4. 25	'13.5. 10	'13. 5. 24	'13. 6. 07
기동 2 (실내)	온도	20.4	20.5	19.07	18.37	20.13
	기온	13	12	18	27	31
기동 5 (실내)	온도	9.33	13.13	17.37	17.53	19.47
	기온	12	13	17	25	30
기동 9 (실내)	온도	6.87	11.77	16.4	17.23	19.93
	기온	11	13	17	25	29
기동 12 (실내)	온도	7.3	11.4	16.77	16.83	20.63
	기온	11	12	18	27	28
기동 17 (실내)	온도	17.77	18.83	18.83	17.83	19.63
	기온	13	12	18	27	31
기동 18 (실내)	온도	10.23	13.47	17.53	18.17	20.17
	기온	12	13	17	25	30
인방-1 (실내)	온도					
	기온					
인방-2 (실내)	온도					
	기온					
인방-3 (실내)	온도					
	기온					
인방-4 (실내)	온도					
	기온					
기동2 (실외)	온도	10.53	11.33	17.07	25.53	29.63
	기온	12	10	18	26	31
기동 5 (실외)	온도	8.27	11.2	17.27	22.73	24.93
	기온	11	10	17	25	26
기동 9 (실외)	온도	8.4	10.5	16.83	22.7	22.73
	기온	10	10	17	24	26
기동 12 (실외)	온도	9.03	11.2	17.03	21.77	22.1
	기온	12	10	16	24	27
기동 17 (실외)	온도	9.53	11.73	17.7	20.8	23.5
	기온	10	10	16	25	27
인방-1 (실외)	온도					
	기온					
인방-2 (실외)	온도					
	기온					
인방-3 (실외)	온도					
	기온					
인방-4 (실외)	온도					
	기온					

<실험한옥 목부재 함수율 변화 조사표>

○신한옥

(단위 : %)

부재		조사일				
		'12. 10. 25	'12. 11. 02	'12. 11. 08	'12. 11. 15	'12. 11. 22
기둥 2 (실내)	함수율	11.2	9.03	10.53	10.17	10.2
	습도	45	12	62	25	33
기둥 5 (실내)	함수율	9.2	9.97	9.47	8.93	8.93
	습도	25	18	52	27	28
기둥 7 (실내)	함수율	9.03	9.57	9.23	9.07	8.83
	습도	38	21	51	29	33
기둥 10 (실내)	함수율	9.03	9.43	9.23	9.63	8.9
	습도	40	24	45	27	33
기둥 13 (실내)	함수율	9.8	10.07	9.9	8.97	8.93
	습도	25	18	52	27	28
기둥 14 (실내)	함수율					
	습도					
대들보 (실내)	함수율	9.13	9.23	9.07	8.87	9.03
	습도	25	18	48	25	30
기둥2 (실외)	함수율	12.4	10.03	13.33	11.5	11.9
	습도	44	13	51	23	28
기둥 5 (실외)	함수율	13.4	11.1	13.3	12.6	12.87
	습도	48	22	56	25	40
기둥 7 (실외)	함수율	13.5	11.43	12.6	12.47	12.93
	습도	55	24	60	38	43
기둥 10 (실외)	함수율	11.33	9.17	12.43	10.57	10.33
	습도	34	11	63	34	35
기둥 13 (실외)	함수율	11.7	9.5	12.53	10.5	10.6
	습도	26	9	64	22	28
인방-1 (실외)	함수율	13.27	10.73	14.0	12.03	12.4
	습도	44	13	51	23	28
인방-2 (실외)	함수율	13.17	10.67	14.1	12.13	12.87
	습도	44	13	51	23	28
인방-3 (실외)	함수율	14.73	12.6	15.2	14.27	14.63
	습도	48	22	56	25	40
인방-4 (실외)	함수율	14.6	13.27	15.13	14.27	15.2
	습도	48	22	56	25	40
기둥 1 (2층)	함수율	13.17	11.5	13.47	11.93	12.53
	습도	45	14	47	27	29
기둥 2 (2층)	함수율	12.97	10.4	13.5	12.13	11.73
	습도	45	14	47	27	29
기둥 3 (2층)	함수율	13.2	12.17	13.3	12.4	13.0
	습도	45	14	47	27	29

부재		조사일				
		'12. 11.29	'12. 12.06	'12. 12.14	'12. 12.20	'12. 12.27
기동 2 (실내)	함수율	8.6	8.57	10.83	8.5	8.63
	습도	33	23	78	16	43
기동 5 (실내)	함수율	8.53	8.57	9.3	8.6	8.6
	습도	29	12	74	18	30
기동 7 (실내)	함수율	8.67	8.57	8.7	8.57	8.5
	습도	26	19	67	24	27
기동 10 (실내)	함수율	10.0	8.57	10.27	8.53	8.53
	습도	24	19	56	23	24
기동 13 (실내)	함수율	8.57	8.67	9.8	8.6	8.53
	습도	29	12	74	16	30
기동 14 (실내)	함수율				9.83	8.6
	습도				16	30
대들보 (실내)	함수율	8.57	8.53	8.6	9.07	8.63
	습도	28	20	51	21	20
기동2 (실외)	함수율	10.73	10.53	12.3	11.73	11.6
	습도	27	16	51	13	13
기동 5 (실외)	함수율	11.53	11.5	12.73	12.17	12.4
	습도	29	16	54	16	16
기동 7 (실외)	함수율	11.47	11.13	12.33	12.0	12.2
	습도	36	20	62	20	20
기동 10 (실외)	함수율	9.4	8.57	10.7	9.0	9.0
	습도	30	22	68	24	24
기동 13 (실외)	함수율	9.03	8.97	10.5	9.53	9.6
	습도	28	18	73	19	19
인방-1 (실외)	함수율	12.57	11.53	12.4		
	습도	27	16	51		
인방-2 (실외)	함수율	12.6	11.67	12.47		
	습도	27	16	51		
인방-3 (실외)	함수율	13.37	12.97	13.83		
	습도	29	16	54		
인방-4 (실외)	함수율	13.57	13.33	14.07		
	습도	29	16	54		
기동 1 (2층)	함수율	11.73	11.13	13.63		
	습도	20	16	47		
기동 2 (2층)	함수율	11.4	10.67	12.8		
	습도	20	16	47		
기동 3 (2층)	함수율	11.77	11.6	14.1		
	습도	20	16	47		

부재		조사일				
		'13. 1.03	'13. 1.10	'13. 1.17	'13. 1.24	'13. 1.31
기동 2 (실내)	함수율	8.57	8.5	9.5	8.67	9.17
	습도	28	15	33	60	29
기동 5 (실내)	함수율	8.6	8.5	8.5	8.53	9.07
	습도	26	14	27	39	27
기동 7 (실내)	함수율	8.6	8.53	8.53	8.77	9.33
	습도	26	17	26	36	30
기동 10 (실내)	함수율	8.53	8.5	8.57	8.5	8.7
	습도	26	19	25	35	29
기동 13 (실내)	함수율	8.57	8.53	8.5	8.53	8.97
	습도	26	14	27	39	27
기동 14 (실내)	함수율	8.77	8.5	9.1	8.8	9.23
	습도	26	14	27	39	27
대들보 (실내)	함수율	8.6	8.5	8.63	8.6	8.9
	습도	26	15	27	37	26
기동2 (실외)	함수율	10.5	11.53	11.8	13.67	12.27
	습도	16	10	23	46	24
기동 5 (실외)	함수율	10.9	11.23	12.17	13.57	13.67
	습도	15	17	30	45	35
기동 7 (실외)	함수율	11.17	11.13	12.23	13.3	13.53
	습도	17	20	43	50	36
기동 10 (실외)	함수율	8.7	8.53	10.3	13.03	12.17
	습도	14	14	42	53	26
기동 13 (실외)	함수율	8.87	8.63	10.5	12.73	12.27
	습도	12	13	34	64	24
인방-1 (실외)	함수율					
	습도					
인방-2 (실외)	함수율					
	습도					
인방-3 (실외)	함수율					
	습도					
인방-4 (실외)	함수율					
	습도					
기동 1 (2층)	함수율					
	습도					
기동 2 (2층)	함수율					
	습도					
기동 3 (2층)	함수율					
	습도					

부재		조사일				
		'13. 2.07	'13. 2.14	'13. 2.21	'13. 2.28	'13. 3.21
기동 2 (실내)	함수율	8.63	8.6	8.57	9.43	8.97
	습도	17	24	34	30	20
기동 5 (실내)	함수율	8.57	8.63	8.57	8.5	8.87
	습도	16	24	27	25	17
기동 7 (실내)	함수율	8.63	8.97	8.5	9.07	8.93
	습도	17	24	28	26	18
기동 10 (실내)	함수율	8.5	8.57	8.5	8.5	8.83
	습도	15	23	26	22	15
기동 13 (실내)	함수율	8.53	8.6	8.53	8.53	8.87
	습도	16	24	27	20	17
기동 14 (실내)	함수율	9.47	9.17	8.53	8.8	8.97
	습도	16	24	14	20	17
대들보 (실내)	함수율	8.6	8.57	8.57	8.5	8.9
	습도	17	24	14	24	18
기동2 (실외)	함수율	11.03	11.77	10.07	11.5	10.27
	습도	11	15	31	18	14
기동 5 (실외)	함수율	11.33	12.53	11.8	12.47	11.67
	습도	15	30	34	23	15
기동 7 (실외)	함수율	11.33	12.3	11.27	12.43	11.5
	습도	19	35	39	27	16
기동 10 (실외)	함수율	10.33	9.73	9.07	10.07	9.97
	습도	15	30	40	23	15
기동 13 (실외)	함수율	10.97	10.27	8.93	10.97	10.23
	습도	14	23	39	19	12
인방-1 (실외)	함수율					
	습도					
인방-2 (실외)	함수율					
	습도					
인방-3 (실외)	함수율					
	습도					
인방-4 (실외)	함수율					
	습도					
기동 1 (2층)	함수율					
	습도					
기동 2 (2층)	함수율					
	습도					
기동 3 (2층)	함수율					
	습도					

부재		조사일				
		'13. 4.11	'13. 4. 25	'13 5.10	'13. 5.24	'13. 6.07
기동 2 (실내)	함수율	10.1	9.47	10.33	11.9	11.63
	습도	29	66	74	41	35
기동 5 (실내)	함수율	10.03	9.23	11.03	10.23	10.67
	습도	28	58	72	41	45
기동 7 (실내)	함수율	9.2	8.9	11.23	10.13	11.27
	습도	29	53	71	41	46
기동 10 (실내)	함수율	9.13	8.9	10.87	10.1	11.4
	습도	27	52	72	42	47
기동 13 (실내)	함수율	10.03	9.27	11.1	10.33	10.63
	습도	28	58	72	41	45
기동 14 (실내)	함수율	10.07	9.17	10.57	10.7	11.03
	습도	28	58	72	41	45
대들보 (실내)	함수율	9.07	8.67	10.87	10.7	9.53
	습도	29	56	72	41	46
기동2 (실외)	함수율	11.17	14.13	14.77	12.17	11.7
	습도	22	54	72	44	44
기동 5 (실외)	함수율	11.67	14.13	14.77	13.27	12.6
	습도	24	54	71	36	41
기동 7 (실외)	함수율	11.87	13.33	14.6	12.37	12.3
	습도	26	43	74	39	40
기동 10 (실외)	함수율	10.13	13.33	14.73	12.67	12.33
	습도	24	43	73	38	39
기동 13 (실외)	함수율	11.4	13.17	14.5	12.9	12.77
	습도	24	52	71	39	47
인방-1 (실외)	함수율					
	습도					
인방-2 (실외)	함수율					
	습도					
인방-3 (실외)	함수율					
	습도					
인방-4 (실외)	함수율					
	습도					
기동 1 (2층)	함수율					
	습도					
기동 2 (2층)	함수율					
	습도					
기동 3 (2층)	함수율					
	습도					

<실험한옥 목부재 함수율 변화 조사표>

○전통한옥

(단위 : %)

부재		조사일				
		'12. 10. 25	'12. 11. 02	'12. 11. 08	'12. 11. 15	'12. 11. 22
기둥 2 (실내)	함수율	12.77	11.37	12.27	11.83	12.17
	습도	42	20	52	33	33
기둥 5 (실내)	함수율	12.77	11.67	12.37	12.5	12.23
	습도	48	30	51	39	38
기둥 9 (실내)	함수율	12.47	11.6	12.33	11.67	12.07
	습도	50	36	56	41	41
기둥 12 (실내)	함수율	14.43	12.7	13.63	13.3	13.97
	습도	61	36	61	41	37
기둥 17 (실내)	함수율	12.83	11.17	13.2	12.3	12.67
	습도	42	20	52	33	33
기둥 18 (실내)	함수율					
	습도					
인방-1 (실내)	함수율	12.47	11.2	12.2	12.07	11.57
	습도	42	20	52	33	33
인방-2 (실내)	함수율	12.0	11.1	11.73	11.57	11.3
	습도	42	20	52	33	33
인방-3 (실내)	함수율	12.77	12.4	13.47	12.67	12.9
	습도	48	30	51	39	38
인방-4 (실내)	함수율	12.77	12.07	13.37	12.47	12.73
	습도	48	30	51	39	38
기둥2 (실외)	함수율	12.53	10.37	13.27	11.5	12.33
	습도	28	17	64	22	23
기둥 5 (실외)	함수율	14.37	12.43	14.4	13.4	14.23
	습도	41	19	66	33	26
기둥 9 (실외)	함수율	13.97	12.13	14.33	13.13	13.77
	습도	48	34	63	47	30
기둥 12 (실외)	함수율	12.63	9.0	12.7	11.57	11.5
	습도	35	22	63	29	32
기둥 17 (실외)	함수율	12.37	11.73	13.6	12.33	12.47
	습도	35	10	67	15	31
인방-1 (실외)	함수율	12.13	10.13	13.3	11.33	11.57
	습도	28	19	64	22	23
인방-2 (실외)	함수율	11.9	10.43	13.27	10.27	12.2
	습도	28	19	64	22	23
인방-3 (실외)	함수율	14.53	12.53	14.4	13.5	14.57
	습도	41	27	66	33	26
인방-4 (실외)	함수율	14.23	12.37	14.33	13.47	14.47
	습도	41	27	66	33	26

부재		조사일				
		'12. 11.29	'12. 12. 06	'12. 12. 14	'12. 12. 20	'12. 12. 27
기동 2 (실내)	함수율	10.63	10.4	10.63	9.0	8.6
	습도	18	16	79	30	22
기동 5 (실내)	함수율	11.4	10.6	11.47	11.4	10.1
	습도	21	19	75	27	21
기동 9 (실내)	함수율	10.73	10.07	10.97	10.07	8.95
	습도	22	23	75	28	24
기동 12 (실내)	함수율	12.87	12.4	13.67	13.03	12.53
	습도	27	25	78	29	24
기동 17 (실내)	함수율	11.6	10.57	11.1	10.57	8.93
	습도	18	16	79	30	22
기동 18 (실내)	함수율				11.57	10.1
	습도				27	21
인방-1 (실내)	함수율	10.8	10.07	10.43		
	습도	18	16	79		
인방-2 (실내)	함수율	10.33	11.17	10.47		
	습도	18	16	79		
인방-3 (실내)	함수율	12.33	11.33	12.2		
	습도	21	19	75		
인방-4 (실내)	함수율	12.23	11.3	11.9		
	습도	21	19	75		
기동2 (실외)	함수율	11.37	11.43	12.23	12.07	11.33
	습도	15	14	76	16	14
기동 5 (실외)	함수율	12.6	12.33	13.17	13.03	12.1
	습도	14	16	75	19	25
기동 9 (실외)	함수율	12.3	11.73	13.37	12.8	11.63
	습도	17	21	74	21	31
기동 12 (실외)	함수율	11.33	10.83	12.37	12.2	9.73
	습도	16	21	77	24	19
기동 17 (실외)	함수율	12.03	11.13	12.33	5	10.5
	습도	16	18	76	27	20
인방-1 (실외)	함수율	11.37	11.47	12.13		
	습도	15	14	76		
인방-2 (실외)	함수율	11.57	11.13	11.9		
	습도	15	14	76		
인방-3 (실외)	함수율	12.73	12.53	13.23		
	습도	14	16	75		
인방-4 (실외)	함수율	12.53	12.3	13.17		
	습도	14	16	75		

부재		조사일				
		'13. 1. 03	'13. 1. 10	'13. 1. 17	'13. 1. 24	'13. 1. 31
기동 2 (실내)	함수율	8.53	8.7	8.6	8.63	8.8
	습도	19	15	39	47	33
기동 5 (실내)	함수율	9.33	10.33	10.73	11.35	11.8
	습도	18	15	36	46	34
기동 9 (실내)	함수율	8.83	9.17	10.07	11.27	11.57
	습도	19	16	36	58	36
기동 12 (실내)	함수율	12.93	12.47	13.07	14.17	14.3
	습도	15	15	37	58	49
기동 17 (실내)	함수율	8.87	8.7	8.57	10.1	9.73
	습도	19	15	39	47	33
기동 18 (실내)	함수율	9.67	10.43	10.77	12.1	11.6
	습도	18	15	36	46	34
인방-1 (실내)	함수율					
	습도					
인방-2 (실내)	함수율					
	습도					
인방-3 (실내)	함수율					
	습도					
인방-4 (실내)	함수율					
	습도					
기동2 (실외)	함수율	10.63	10.33	11.9	13.23	12.67
	습도	16	12	33	48	32
기동 5 (실외)	함수율	11.43	11.7	12.7	14.2	14.2
	습도	20	20	35	47	45
기동 9 (실외)	함수율	11.33	11.13	12.9	14.67	14.83
	습도	19	18	31	39	42
기동 12 (실외)	함수율	9.5	9.13	11.7	14.07	12.6
	습도	15	12	33	62	36
기동 17 (실외)	함수율	9.83	9.93	11.97	13.27	13.13
	습도	16	14	34	50	37
인방-1 (실외)	함수율					
	습도					
인방-2 (실외)	함수율					
	습도					
인방-3 (실외)	함수율					
	습도					
인방-4 (실외)	함수율					
	습도					

부재		조사일				
		'13. 2. 07	'13. 2. 14	'13. 2. 21	'13. 2. 28	'13. 3. 21
기동 2 (실내)	함수율	8.6	8.57	8.67	8.83	9.03
	습도	20	30	37	28	15
기동 5 (실내)	함수율	10.33	11.3	10.2	11.53	11.37
	습도	25	37	37	38	19
기동 9 (실내)	함수율	10.3	10.83	10.23	10.47	11.03
	습도	22	37	38	38	21
기동 12 (실내)	함수율	13.33	13.57	13.07	13.7	12.7
	습도	19	30	42	28	27
기동 17 (실내)	함수율	8.57	8.97	8.63	9.03	10.0
	습도	20	30	37	28	15
기동 18 (실내)	함수율	10.17	11.43	10.23	11.73	11.7
	습도	25	37	37	38	19
인방-1 (실내)	함수율					
	습도					
인방-2 (실내)	함수율					
	습도					
인방-3 (실내)	함수율					
	습도					
인방-4 (실내)	함수율					
	습도					
기동2 (실외)	함수율	11.27	11.6	10.9	11.7	10.87
	습도	15	31	34	21	11
기동 5 (실외)	함수율	12.13	13.33	12.23	13.17	11.93
	습도	19	39	35	24	15
기동 9 (실외)	함수율	12.27	13.23	12.1	13.03	11.63
	습도	17	32	27	15	12
기동 12 (실외)	함수율	11.47	10.9	9.03	10.93	9.87
	습도	16	27	40	22	16
기동 17 (실외)	함수율	11.43	11.63	10.03	11.63	10.2
	습도	16	33	35	22	15
인방-1 (실외)	함수율					
	습도					
인방-2 (실외)	함수율					
	습도					
인방-3 (실외)	함수율					
	습도					
인방-4 (실외)	함수율					
	습도					

부재		조사일				
		'13. 4. 11	'13. 4. 25	'13.5. 10	'13. 5. 24	'13. 6. 07
기동 2 (실내)	함수율	8.67	9.03	11.87	11.6	12.03
	습도	36	66	71	43	43
기동 5 (실내)	함수율	11.47	12.0	12.47	12.77	12.77
	습도	32	61	71	44	44
기동 9 (실내)	함수율	11.23	11.53	12.37	12.37	12.5
	습도	33	59	71	45	45
기동 12 (실내)	함수율	13.33	14.13	15.23	14.6	15.0
	습도	34	58	71	42	47
기동 17 (실내)	함수율	10.13	10.47	12.3	12.37	12.97
	습도	36	66	71	43	43
기동 18 (실내)	함수율	11.53	12.17	13.13	13.27	13.17
	습도	32	61	71	44	44
인방-1 (실내)	함수율					
	습도					
인방-2 (실내)	함수율					
	습도					
인방-3 (실내)	함수율					
	습도					
인방-4 (실내)	함수율					
	습도					
기동2 (실외)	함수율	10.6	13.07	14.73	12.4	12.23
	습도	28	43	72	43	42
기동 5 (실외)	함수율	11.87	13.53	12.57	13.63	12.57
	습도	28	43	72	44	42
기동 9 (실외)	함수율	11.7	13.87	14.87	13.53	12.73
	습도	25	43	71	42	43
기동 12 (실외)	함수율	10.5	13.03	14.27	13.23	13.0
	습도	29	43	72	42	42
기동 17 (실외)	함수율	10.67	12.77	13.87	13.53	13.23
	습도	29	43	71	42	43
인방-1 (실외)	함수율					
	습도					
인방-2 (실외)	함수율					
	습도					
인방-3 (실외)	함수율					
	습도					
인방-4 (실외)	함수율					
	습도					

실험한옥 목부재 할렬 진행 조사표

○신한옥

(단위 : mm)

부재		조사일				
		'12. 10. 25	'12. 11. 02	'12. 11. 08	'12. 11. 15	'12. 11. 22
기둥 2 (실내)	길이	155	155	155	155	155
	폭	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
기둥 5 (실내)	길이	27	27	27	27	27
	폭	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
기둥 7 (실내)	길이	46	46	46	46	46
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
기둥 10 (실내)	길이	87	87	87	87	87
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기둥 13 (실내)	길이	113	113	113	113	113
	폭	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
기둥 14 (실내)	길이	307	307	307	307	307
	폭	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
대들보 (실내)	길이	435	435	435	435	435
	폭	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
기둥2 (실외)	길이	212	212	212	212	212
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
기둥 5 (실외)	길이	320	320	320	320	320
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기둥 7 (실외)	길이	180	180	180	180	180
	폭	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
기둥 10 (실외)	길이	275	275	275	275	275
	폭	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
기둥 13 (실외)	길이	223	223	223	223	223
	폭	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
인방-1 (실외)	길이	1075	1075	1075	1075	1082
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
인방-2 (실외)	길이	955	955	955	955	985
	폭	1	1	1	1	1
인방-3 (실외)	길이	1290	1290	1290	1290	1290
	폭	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
인방-4 (실외)	길이	570	570	570	570	570
	폭	1	1	1	1	1
인방-5 (대문방)	길이	640	640	640	640	645
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
인방-6 (대문방)	길이	680	680	680	680	685
	폭	1.7	1.7	1.7	1.7	2.7
기둥 (대문방)	길이	610	610	610	610	690
	폭	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5

부재		조사일				
		'12. 11.29	'12.12.06	'12.12.14	'12.12.20	'12.12.27
기동 2 (실내)	길이	155	155	155	155	155
	폭	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
기동 5 (실내)	길이	27	27	27	27	27
	폭	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
기동 7 (실내)	길이	46	46	46	46	46
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
기동 10 (실내)	길이	87	87	87	87	87
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동 13 (실내)	길이	113	113	113	113	113
	폭	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
기동 14 (실내)	길이	307	307	307	307	307
	폭	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
대들보 (실내)	길이	435	455	465	465	492
	폭	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
기동2 (실외)	길이	212	212	212	212	212
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
기동 5 (실외)	길이	320	320	320	320	320
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동 7 (실외)	길이	180	180	180	180	180
	폭	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
기동 10 (실외)	길이	275	275	275	275	275
	폭	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
기동 13 (실외)	길이	223	223	223	223	223
	폭	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
인방-1 (실외)	길이	1082	1082	1082	1082	1082
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
인방-2 (실외)	길이	985	985	985	985	985
	폭	1	1	1	1	1
인방-3 (실외)	길이	1290	1290	1290	1290	1290
	폭	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
인방-4 (실외)	길이	570	570	570	570	570
	폭	1	1	1	1	1
인방-5 (대문방)	길이	655	6556	655	655	655
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
인방-6 (대문방)	길이	685	685	685	685	685
	폭	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
기동 (대문방)	길이	690	690	690	690	690
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

부재		조사일				
		'13.03	'13.1.10	'13.1.17	'13.1.24	'13.1.31
기동 2 (실내)	길이	155	155	155	155	155
	폭	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
기동 5 (실내)	길이	27	27.5	27.5	27.5	27.5
	폭	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
기동 7 (실내)	길이	46	46	46	46	46
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
기동 10 (실내)	길이	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동 13 (실내)	길이	113	113	113	113	113.5
	폭	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
기동 14 (실내)	길이	307	307	307	307	307
	폭	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
대들보 (실내)	길이	492	500	510	525	525
	폭	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5
기동2 (실외)	길이	212	212	212	212	212
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
기동 5 (실외)	길이	320	320	320	320	320
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동 7 (실외)	길이	180	180	180	180	180
	폭	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
기동 10 (실외)	길이	275	275	275	275	275
	폭	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
기동 13 (실외)	길이	223	231	231	231	231
	폭	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
인방-1 (실외)	길이	1082	1082	1082	1082	1082
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
인방-2 (실외)	길이	985	985	985	985	985
	폭	1	1	1	1	1
인방-3 (실외)	길이	1290	1290	1290	1290	1290
	폭	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
인방-4 (실외)	길이	570	570	570	570	570
	폭	1	1	1	1	1
인방-5 (대문방)	길이	655	655	655	655	655
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
인방-6 (대문방)	길이	685	685	695	695	695
	폭	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
기동 (대문방)	길이	690	690	695	695	695
	폭	1.5	1.8	1.8	1.8	1.8

부재		조사일				
		'13.2.07	'13.2.14	'13.2.21	'13.2.28	'13.3.21
기동 2 (실내)	길이	155	155	155	165	165
	폭	0.4	0.4	0.4	0.45	0.45
기동 5 (실내)	길이	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
	폭	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
기동 7 (실내)	길이	46	46	46	46	46
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
기동 10 (실내)	길이	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동 13 (실내)	길이	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5
	폭	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
기동 14 (실내)	길이	307	307	307	307	307
	폭	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
대들보 (실내)	길이	525	500	510	525	525
	폭	1.5	1.55	1.55	1.55	1.55
기동2 (실외)	길이	212	212	212	212	212
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
기동 5 (실외)	길이	320	320	320	320	320
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동 7 (실외)	길이	180	180	180	180	180
	폭	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
기동 10 (실외)	길이	275	275	275	275	275
	폭	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
기동 13 (실외)	길이	231	235	235	235	235
	폭	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
인방-1 (실외)	길이	1082	1082	1082	1082	1082
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
인방-2 (실외)	길이	985	985	985	985	985
	폭	1	1	1	1	1
인방-3 (실외)	길이	1290	1290	1290	1290	1290
	폭	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
인방-4 (실외)	길이	570	570	570	570	570
	폭	1	1	1	1	1
인방-5 (대문방)	길이	655	655	655	655	655
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
인방-6 (대문방)	길이	695	685	695	695	695
	폭	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
기동 (대문방)	길이	695	690	695	700	750
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8

부재		조사일				
		'13. 4.11	'13.4.25	'13.5.10	'13.5.24	'13.6.07
기동 2 (실내)	길이	165	165	165	165	165
	폭	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
기동 5 (실내)	길이	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
	폭	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
기동 7 (실내)	길이	46	46	46	46	46
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
기동 10 (실내)	길이	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동 13 (실내)	길이	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5
	폭	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
기동 14 (실내)	길이	307	307	307	307	307
	폭	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
대들보 (실내)	길이	530	525	525	525	525
	폭	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
기동2 (실외)	길이	212	212	212	212	212
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
기동 5 (실외)	길이	320	320	320	320	320
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동 7 (실외)	길이	180	180	180	180	180
	폭	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
기동 10 (실외)	길이	275	275	275	275	275
	폭	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
기동 13 (실외)	길이	235	235	235	235	235
	폭	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
인방-1 (실외)	길이	1082	1082	1082	1082	1082
	폭	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
인방-2 (실외)	길이	985	985	985	985	985
	폭	1	1	1	1	1
인방-3 (실외)	길이	1290	1290	1290	1290	1290
	폭	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
인방-4 (실외)	길이	570	570	570	570	570
	폭	1	1	1	1	1
인방-5 (대문방)	길이	665	655	655	655	655
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
인방-6 (대문방)	길이	695	695	695	695	695
	폭	2.85	2.7	2.7	2.7	2.7
기동 (대문방)	길이	750	695	695	695	695
	폭	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5

실험한옥 목부재 할렬 진행 조사표

○전통한옥

(단위 : mm)

부재		조사일				
		'12. 10. 25	'12. 11. 02	'12. 11. 08	'12. 11. 15	'12. 11. 22
기둥 2 (실내)	길이	420	420	420	420	420
	폭	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
기둥 5 (실내)	길이	440	440	440	440	440
	폭	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
기둥 8 (실내)	길이	480	480	480	480	485
	폭	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
기둥 9 (실내)	길이	32.6	32.6	32.6	32.6	32.6
	폭	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
기둥 12 (실내)	길이	114	114	114	114	114
	폭	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
기둥 17 (실내)	길이	482	482	482	482	482
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기둥18 (실내)	길이	203	203	203	203	203
	폭	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
인방-1 (실내)	길이	470	470	470	470	475
	폭	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
인방-2 (실내)	길이	340	340	340	340	350
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
인방-3 (실내)	길이	480	480	480	480	480
	폭	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
기둥 2 (실외)	길이			300	300	300
	폭			1.6	1.6	1.6
기둥 5 (실외)	길이			240	240	240
	폭			1.35	1.35	1.35
기둥9 (실외)	길이	620	620	620	620	620
	폭	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
기둥12 (실외)	길이					
	폭					
기둥17 (실외)	길이	120	120	120	120	120
	폭	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
인방-1 (실외)	길이	680	680	680	680	685
	폭	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
인방-2 (실외)	길이	550	550	550	550	560
	폭	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
인방-3 (실외)	길이	590	590	590	590	590
	폭	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
인방-4 (실외)	길이	540	540	540	540	540
	폭	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

부재		조사일				
		'12. 11.29	'12. 12.06	'12. 12.14	'12. 12.20	'12. 12.27
기동 2 (실내)	길이	425	425	425	425	425
	폭	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
기동 5 (실내)	길이	440	440	440	450	450
	폭	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
기동 8 (실내)	길이	485	485	485	485	485
	폭	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
기동 9 (실내)	길이	32.6	32.6	32.9	32.9	32.9
	폭	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5
기동 12 (실내)	길이	114	114	114	114	114
	폭	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
기동 17 (실내)	길이	482	482	482	482	482
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동18 (실내)	길이	203	203	203	203	203
	폭	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
인방-1 (실내)	길이	475	475	475	475	475
	폭	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
인방-2 (실내)	길이	350	350	350	350	350
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
인방-3 (실내)	길이	490	490	490	490	490
	폭	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
기동 2 (실외)	길이	300	300	300	300	300
	폭	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
기동 5 (실외)	길이	240	240	240	240	240
	폭	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
기동9 (실외)	길이	620	620	620	620	620
	폭	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
기동12 (실외)	길이				113	113
	폭				0.7	0.85
기동17 (실외)	길이	120	120	120	1200	1200
	폭	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
인방-1 (실외)	길이	685	685	685	685	685
	폭	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
인방-2 (실외)	길이	560	560	560	560	560
	폭	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
인방-3 (실외)	길이	590	590	590	590	590
	폭	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
인방-4 (실외)	길이	540	540	540	540	540
	폭	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

부재		조사일				
		'13. 1.03	'13. 1.10	'13. 1.17	'13. 1.24	'13. 1.31
기동 2 (실내)	길이	425	425	425	428	428
	폭	3.9	3.9	4.5	4.5	4.5
기동 5 (실내)	길이	450	450	450	450	450
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
기동 8 (실내)	길이	485	485	485	485	485
	폭	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
기동 9 (실내)	길이	32.9	32.9	32.9	32.9	32.9
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
기동 12 (실내)	길이	114	114	114	114	114
	폭	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
기동 17 (실내)	길이	482	482	482	482	482
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동18 (실내)	길이	203	203	203	203	203
	폭	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
인방-1 (실내)	길이	475	475	475	475	475
	폭	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
인방-2 (실내)	길이	350	350	350	350	350
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
인방-3 (실내)	길이	490	490	490	490	490
	폭	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
기동 2 (실외)	길이	300	300	300	300	300
	폭	1.6	1.85	1.85	1.85	1.85
기동 5 (실외)	길이	240	240	240	240	240
	폭	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
기동9 (실외)	길이	620	623	623	623	623
	폭	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
기동12 (실외)	길이	113	113	113	113	113
	폭	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
기동17 (실외)	길이	1200	1200	1200	1200	1200
	폭	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
인방-1 (실외)	길이	685	685	690	690	690
	폭	2.5	2.5	2.7	2.7	2.7
인방-2 (실외)	길이	560	560	560	560	560
	폭	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
인방-3 (실외)	길이	590	590	590	590	590
	폭	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
인방-4 (실외)	길이	540	540	540	545	545
	폭	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

부재		조사일				
		'13. 2.07	'13.2.14	'13. 2.21	'13. 2.28	'13. 3.21
기동 2 (실내)	길이	428	428	433	440	440
	폭	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0
기동 5 (실내)	길이	450	450	450	450	450
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
기동 8 (실내)	길이	485	485	485	485	485
	폭	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
기동 9 (실내)	길이	32.9	32.9	32.9	32.9	32.9
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
기동 12 (실내)	길이	114	114	114	114	114
	폭	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
기동 17 (실내)	길이	482	482	482	482	482
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동18 (실내)	길이	203	203	208	208	208
	폭	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
인방-1 (실내)	길이	475	475	475	475	475
	폭	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
인방-2 (실내)	길이	350	350	350	350	350
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
인방-3 (실내)	길이	490	490	490	490	490
	폭	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
기동 2 (실외)	길이	300	300	300	300	300
	폭	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
기동 5 (실외)	길이	240	240	240	240	240
	폭	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
기동9 (실외)	길이	623	623	623	623	623
	폭	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
기동12 (실외)	길이	113	113	113	113	113
	폭	0.85	0.85	1.0	1.0	1.0
기동17 (실외)	길이	1200	1200	1200	1200	1200
	폭	5.5	5.5	6.2	6.2	6.2
인방-1 (실외)	길이	690	690	690	690	690
	폭	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
인방-2 (실외)	길이	560	560	560	560	560
	폭	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
인방-3 (실외)	길이	590	590	590	590	590
	폭	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
인방-4 (실외)	길이	545	545	545	545	545
	폭	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

부재		조사일				
		'13. 4.11	'13.4.25	'13. 5.10	'13. 5.24	'13. 6.7
기동 2 (실내)	길이	440	440	440	440	428
	폭	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5
기동 5 (실내)	길이	450	450	450	450	450
	폭	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
기동 8 (실내)	길이	485	485	485	490	490
	폭	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
기동 9 (실내)	길이	32.9	32.9	32.9	32.9	32.9
	폭	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
기동 12 (실내)	길이	114	114	114	114	114
	폭	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
기동 17 (실내)	길이	482	482	482	482	482
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
기동18 (실내)	길이	208	208	208	208	208
	폭	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
인방-1 (실내)	길이	475	475	475	475	475
	폭	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
인방-2 (실내)	길이	350	350	350	350	350
	폭	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
인방-3 (실내)	길이	490	490	490	490	490
	폭	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
기동 2 (실외)	길이	300	300	300	300	300
	폭	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
기동 5 (실외)	길이	240	240	240	240	240
	폭	1.35	1.35	1.45	1.45	1.45
기동9 (실외)	길이	623	623	623	623	623
	폭	2.6	2.6	3.0	2.6	2.6
기동12 (실외)	길이	113	113	113	113	113
	폭	1.0	1.0	1.0	0.85	0.85
기동17 (실외)	길이	1200	1200	1200	1200	1200
	폭	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
인방-1 (실외)	길이	690	693	693	693	693
	폭	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
인방-2 (실외)	길이	560	565	565	565	565
	폭	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
인방-3 (실외)	길이	590	590	590	590	590
	폭	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
인방-4 (실외)	길이	545	545	545	545	545
	폭	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

Part 6. 결론

실험한옥 모니터링은 1-1세세부(명지대학교), 1-3세세부(명지대학교), 3-1 세세부(전남대학교), 3-2세세부(충남대학교), 3-위탁(주, 바이오하우징)에서 담당하였다. 1-1세세부는 육안조사와 모니터링 총괄 관리를, 1-3세세부는 구조 모니터링을, 3-1세세부는 성능평가를, 3-위탁은 시뮬레이션평가를, 3-2세세부는 유지관리를 주제로 하였다.

1-1세세부에서 실험한옥 환경측정장비를 통해 로우데이터만을 분석하였을 때는 개발한 시공 및 성능테스트 동은 권장 환경 범위에 근접한 것으로 나타났다. 반면 3-1세세부 성능평가 결과는 조금 다른 양상이었다. 기밀성능은 환기횟수를 살펴본 결과 전통한옥이 개발된 한옥인 시공 및 성능테스트동에 비해 매우 취약한 것으로 나타났다. 국내외 기준과 비교하였을 때 부족한 수치를 보였다. 단, 환기횟수와 관련하여서는 측정당시의 실험 환경을 자세히 기술하여 오차범위의 가능성 유추를 정리하고 분석할 필요가 있는데 이 부분에 대한 언급이 뚜렷하지 않았다. 열관류율은 매우불량부터 우수까지 광범위 하게 나타나는데 다양한 창호 사용과 건물의 좌향, 시공기법의 균등성 등과 상관관계가 있었을 것으로 유추 할 수 있다. 차음성능도 시스템창호를 사용한 경우 높게 나타나 창호의 종류 등 부재 구성요소에 따라 공간별로 상이하게 나타난 것을 알 수 있었다. 쾌적성 모니터링은 객관적인 환경측정자료와 주관적인 거주자 의견을 동시에 반영하여 진행하였다. 시공 및 성능테스트동은 월별 쾌적지수가 0~10을 기준으로 했을 때 7전후로 나타났으나, 전통한옥 성능테스트동은 2~7정도로 나타났다. 특히 4월에 전통한옥 성능테스트동의 쾌적 점수가 낮았는데 당시 전통한옥 성능테스트동에 난방시설 하자, 위생(해충) 등의 문제가 있어 이러한 주거환경이 거주자의 쾌적성 평가에 많은 영향을 주었을 것으로 판단한다. 시뮬레이션은 3차년도 실험한옥 구축 이전에 선행되었어야 했으나 연구진행 기간 중 너무 늦게 평가된 한계가 있다.

3-1세세부는 이러한 연구결과를 토대로 한옥의 성능기준 중 가장 시급하다고 판단한 기밀성능, 단열성능, 차음성능을 우선적으로 제시하였다. 여기에 향후과제로 이질 부재 접합부 시공성 개선연구, 단위세대 기밀성능 기준필요, 단열성능 향상을 위한 천장재 개발필요, 층간소음 기준필요, 등급화의 필요성을 제시했다. 그러나 한옥의 성능은 앞서 살펴본 기밀, 단열, 차음도 거주자를 위한 기본적인 고려사항으로 중요하지만, 이번 모니터링에서 고찰되었던 쾌적성 내지는 이에 버금가는 한옥의 친인간, 친자연, 친환경적인 측면에서 주거 만족도를 측정할 수 있는 새로운 성능평가 분야도 향후 과제에 포함되어야 할 것이다. 국내외 어디에도 그 기준이 없어 매우 어려운 연구 분야이나 한옥이 한국 특유의 건축인 만큼 성능기준 역시 연구진의 국내외 어디에도 없는 참신한 아이디어와 타당성이 뒷받침 될 때 향후 한옥이 전 세계에서 인정받을 수 있는 성능이 보장된 건축으로 재탄생 가능할 것이다.

3세부 한옥 성능기준 제시안

항목	구분	평가지표	수준	
기밀 성능	공간 단위	시간당 환기회수 (ACH@50Pa, 회/hr)	침실 ACH 14	
			벽체	0.36 이하
단열 성능	공간 단위	내표면 온도차 비율 (TDRi)	창호	2.4 이하
			바닥	0.30 이하
			연속난방시 외기에 면한 외벽체 2면 모서리 (벽&벽, 벽&천장) 3면 모서리 (벽&벽&천장0.4 이하)	
차음 성능	공간 단위	등가소음도 (Leq)	내부소음도 45dB(A) 이하	
		가중 표준화 음압레벨차 D1s,2m,nT,W(C;Ctr)	외부소음도가 65dB(A) 일 경우 21(-1:-2) dB 이상	

1-3세세부에서 담당했던 구조 성능평가는 집성재로 지은 시공 및 성능테스트동이 원목으로 지은 전통한옥 성능테스트동 보다 변형이 적었다. 그러나 실험한옥은 준공 후 1년 남짓부터 2년이 되는 기간의 구조 성능평가가 실행되어 사실상 구조적으로 큰 변형이 일어나지는 않았다. 현재까지 축적된 데이터에 향후 중장기적 측정이 수행된다면 보다 확연한 결과치로 분석이 가능할 것이다.

3-2세세부에서 정리한 유지관리 분야는 검증위원회 결과를 바탕으로 건물 전체의 유지관리에 관한 대안이 보완되었다. 그러나 여전히 종합적인 유지관리 매커니즘과 매뉴얼 제안 기초자료가 아닌 목재 중심 유지관리에 머무는 부분이 많은 한계가 있다.

실험한옥 모니터링은 이상과 같이 종합할 수 있으며, 실험한옥 모니터링 내용이 시범한옥 구축에 반영된 부분은 다음 표(실험한옥 모니터링을 통한 시범한옥 구축 반영내용)와 같다. 향후에도 실험한옥과 시범한옥을 대상으로 모니터링을 진행한다면 장래의 한옥개발의 많은 부분에 동일한 시행착오를 거치지 않고 개선해 나아갈 수 있을 것이다.

실험한옥 모니터링을 통한 시범한옥 구축 반영내용

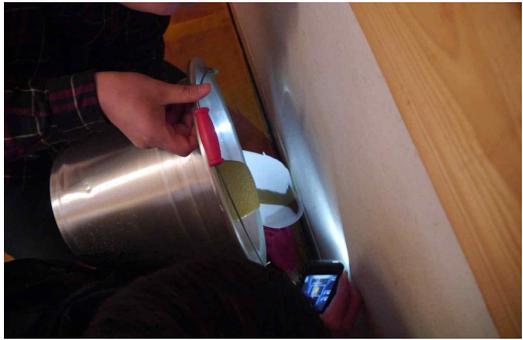
연번	구분	내용	관련세세부
1	벽체 도장	- 실험한옥에서는 벽체도장재로 핸디코트를 사용하였는데 벽체판넬의 연결부위에서 갈라짐이 나타났다. - 이를 개선하기 위해 시범한옥에서는 도장재로 테라코드를 사용하고 수사를 섞음. 시공을 보다 정밀하게 하여 갈라짐 발생을 방지.	1-2세세부 1-5세세부
2	벽체 재료 및 시공법	- 친환경적이면서도 기밀성을 확보하도록 벽체재료 및 공법 개선 - 시범한옥에서는 OK WALL(황토 일체형 벽체)과 셀룰로즈단열재 및 숯가루를 응용한 벽체로 개선 적용, 기밀테이프 시공 - 실제 기밀성 관련 부분의 결과는 향후 모니터링에서 확인 가능	1-2세세부 1-5세세부
3	창호의 색깔과 철물	- 창호는 시스템 목재창호로 통일하고, 한국 전통창호 철물과 같이 검은색으로 통일 - 가격이 저렴하면서도 안전성을 필요로 하는 대청여닫이는 PVC창호에 색을 입히고 유리는 불투명유리로 하여 프라이버시 보호	1-2세세부 1-5세세부 3세부
4	당골막이	- 열손실이 가장 많은 부위로 실험한옥 시공법과 동일하나 시공의 정밀도를 높이도록 조정	1-2세세부 1-5세세부
5	기와	- 실험한옥 기와중 가장 저렴하고 내구성이 좋은 화산재 기와로 통일하여 시범한옥 적용 - 시멘트기와는 저렴하고 토제기와와 유사한 느낌이 있으나 준공 1년 후 착색이 박락됨	1-5세세부 3세부
6	담장	- 3세부 개발 담장 적용	3세부
7	수납, 인테리어	- 실험한옥은 불박이장은 구획활용도가 적어 2-위탁에서 불박이 장의 내부 지원 - 2-2세세부 한식개발조명 및 가구 일부 진열	2-2세세부 2-위탁 1-5세세부
8	1+2층 결합부위	- 시공 및 성능테스트동 1,2층 결합부위의 구조적 결함요인을 줄이기 위해 시범한옥은 통 2층으로 올려 계획	연구단 전체 (시범한옥 구축회의에서 결정)

부록 1. 실험한옥 모니터링 사진

■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 활용프로그램 운영



■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 거주환경조성



■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 거주자 관리



■ 환경측정장비 구축



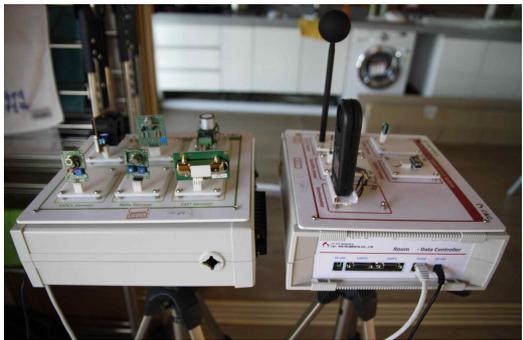
■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 육안조사



■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 부분모형 실험



■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 모니터링 관리



■ 실험한옥(Mock-up I, 명지정사) 모니터링 및 성능평가 검증위원회



■ 2012.09.12 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.09.19 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.09.26 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.10.05 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



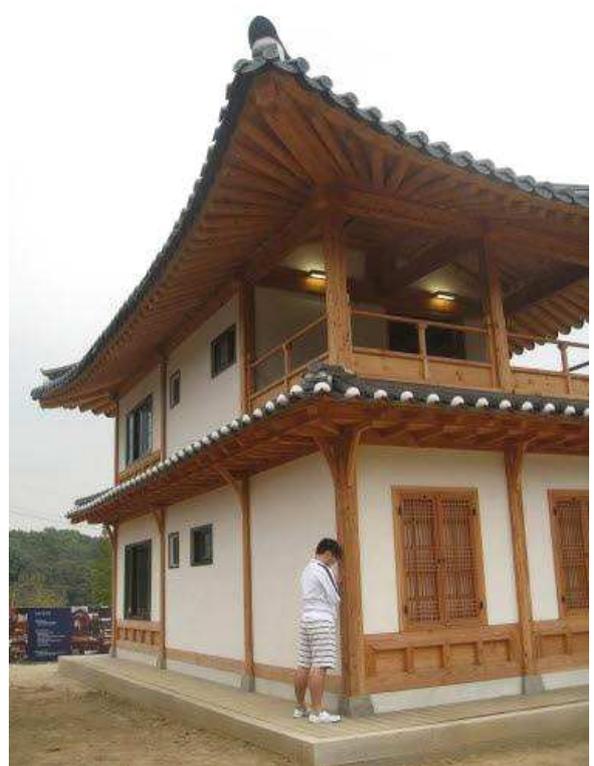
시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.10.10 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



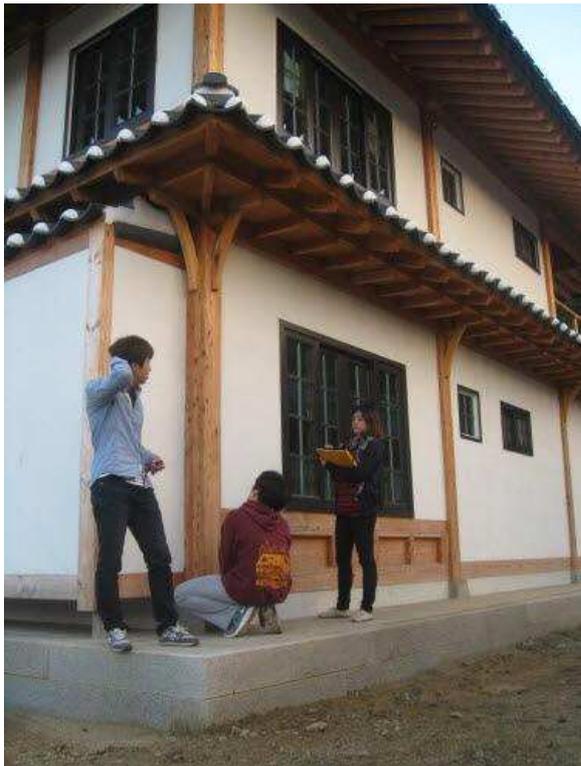
시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2012.10.17 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



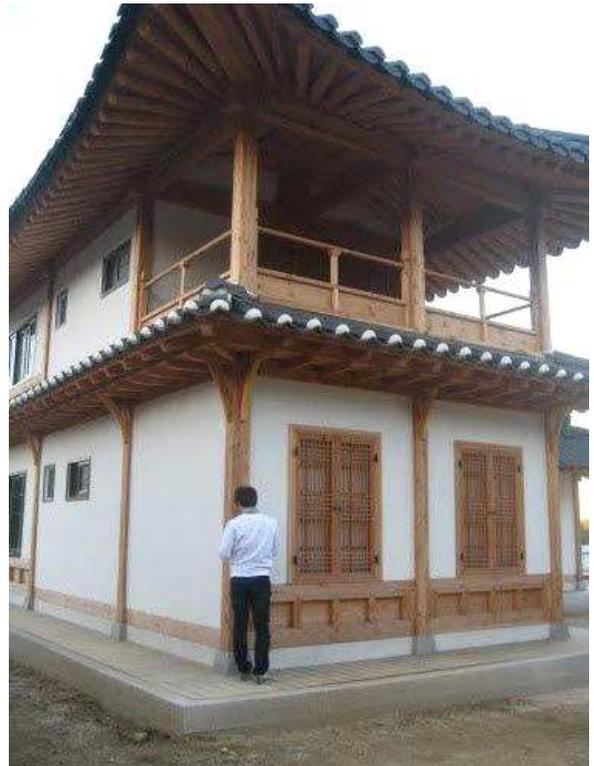
시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2012.10.24 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수울 측정

■ 2012.10.31 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정

■ 2012.11.07 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정

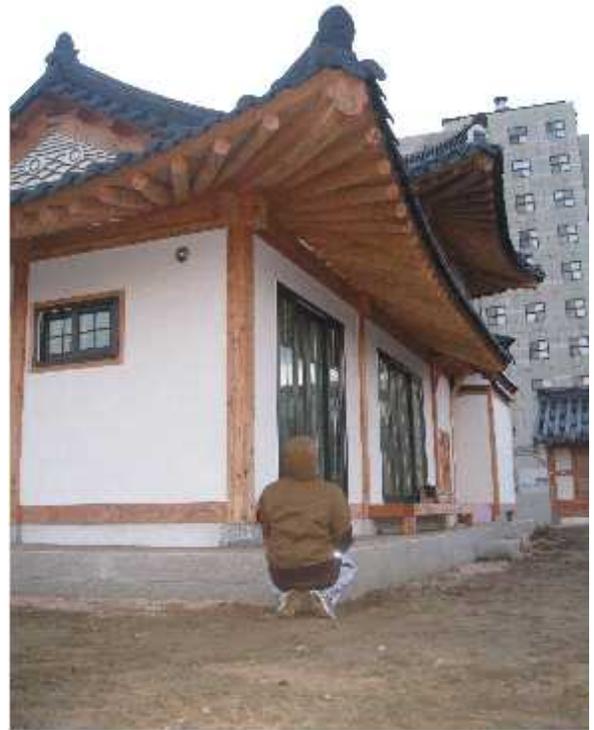


시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.11.14 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2012.11.21 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



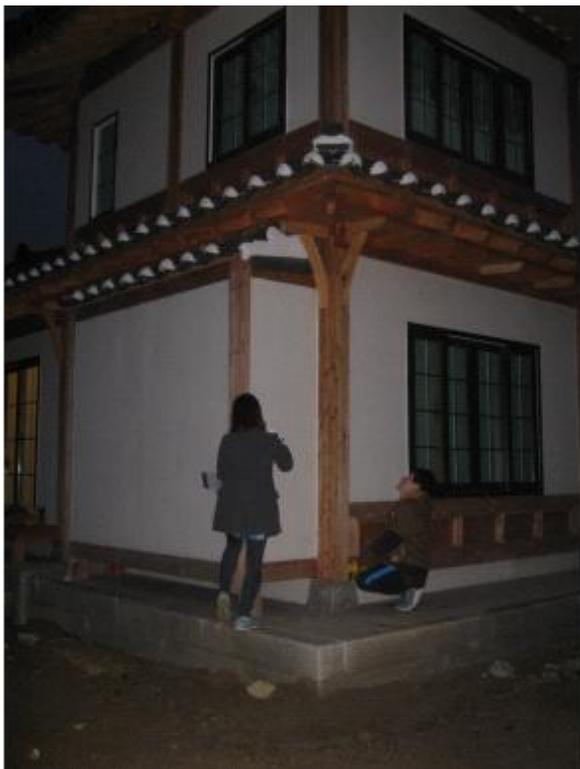
시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정

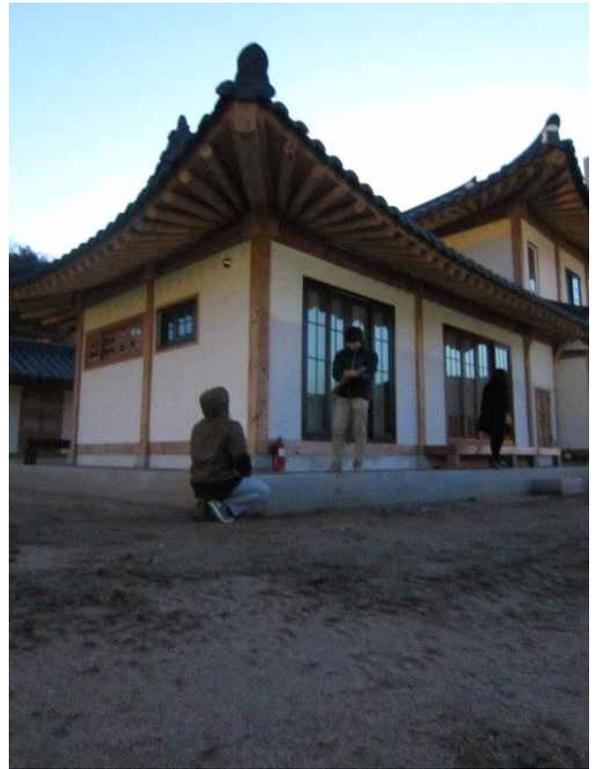


시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.11.28 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2012.12.05 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



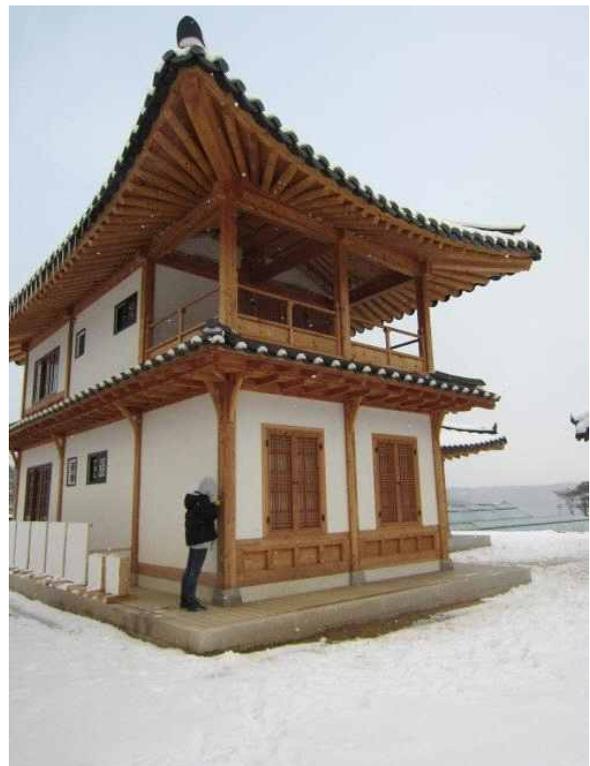
시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2012.12.13 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정

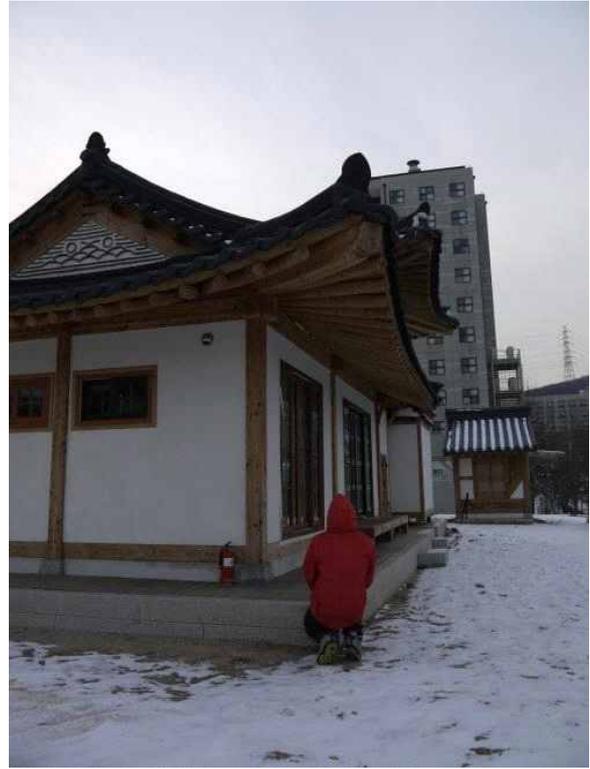


시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2012.12.27 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.01.02 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

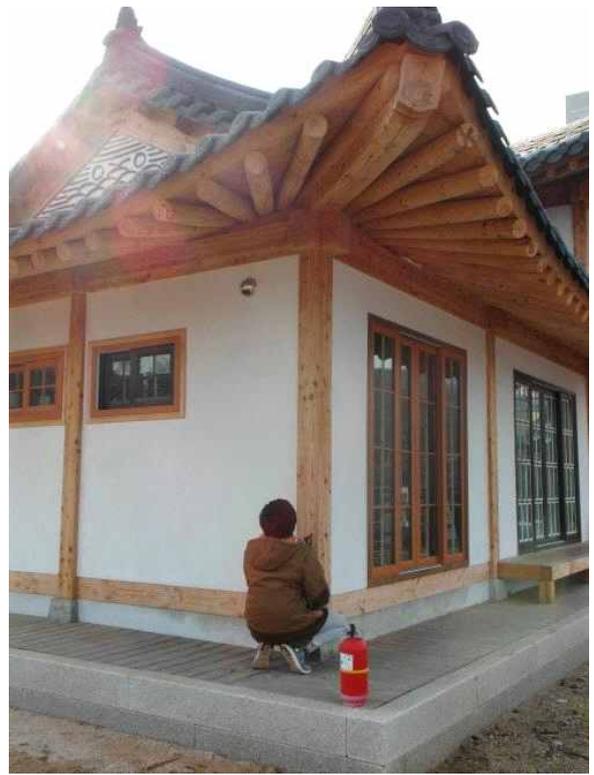
■ 2013.01.31 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



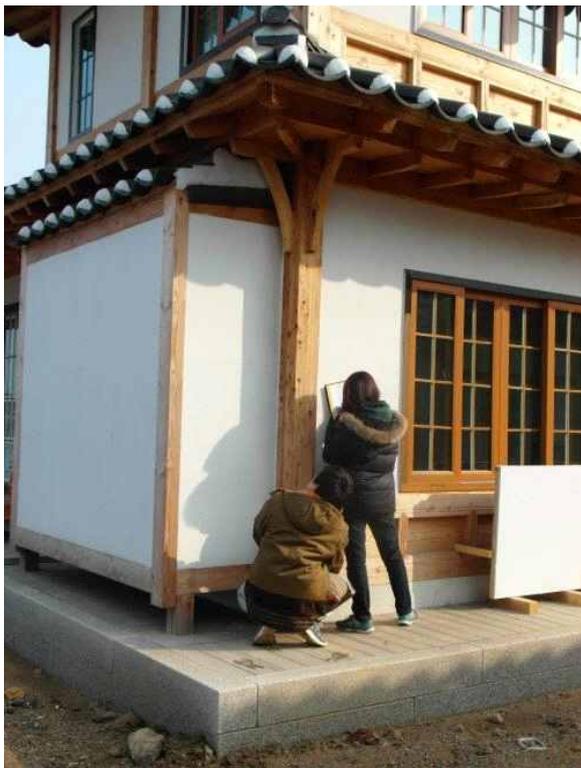
시공 및 성능테스트동(지신재)



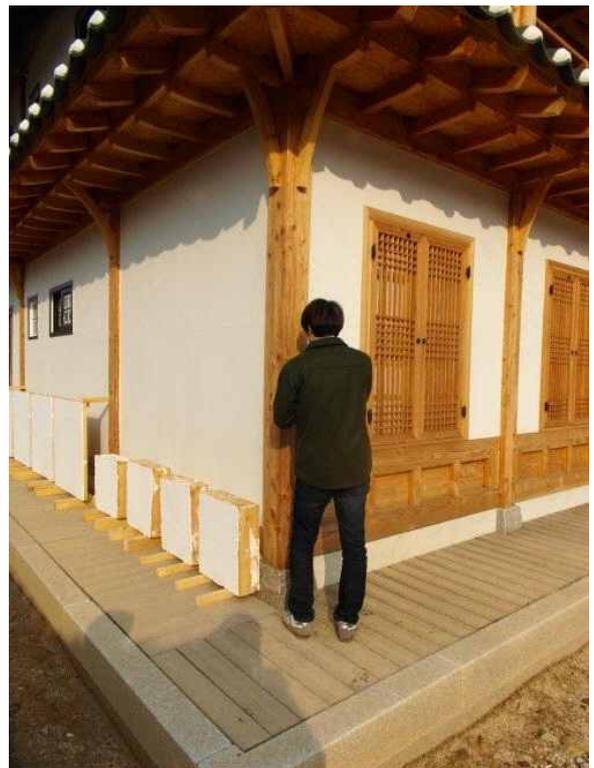
시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정

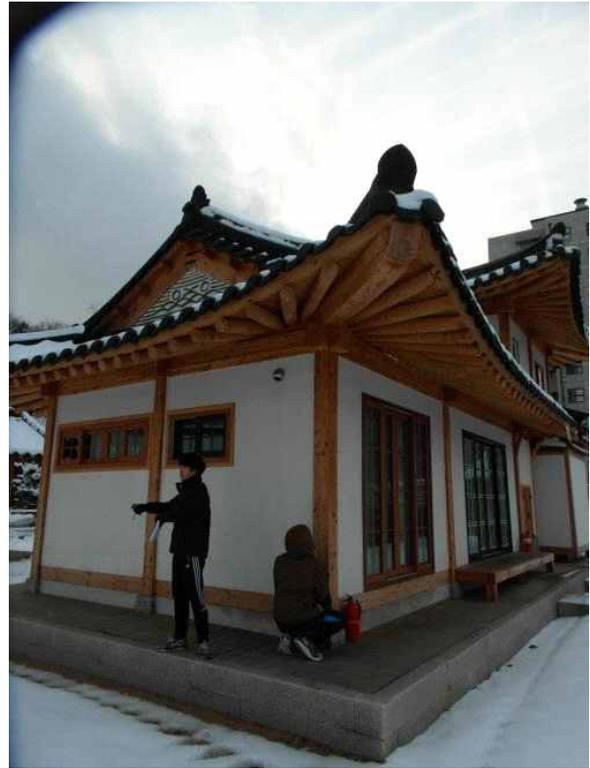


시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2013.02.06 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정

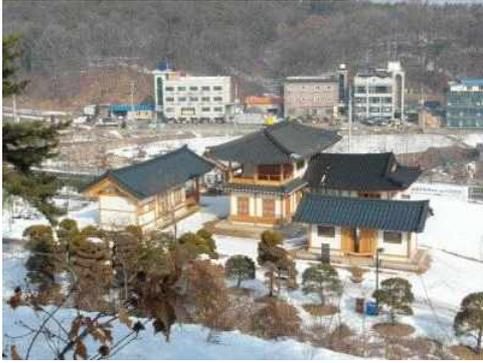


시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

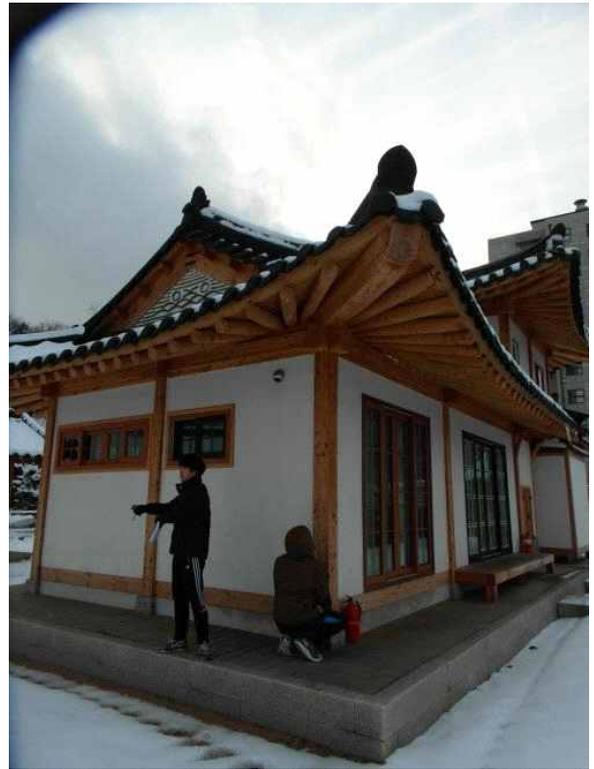
■ 2013.02.14 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.02.27 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



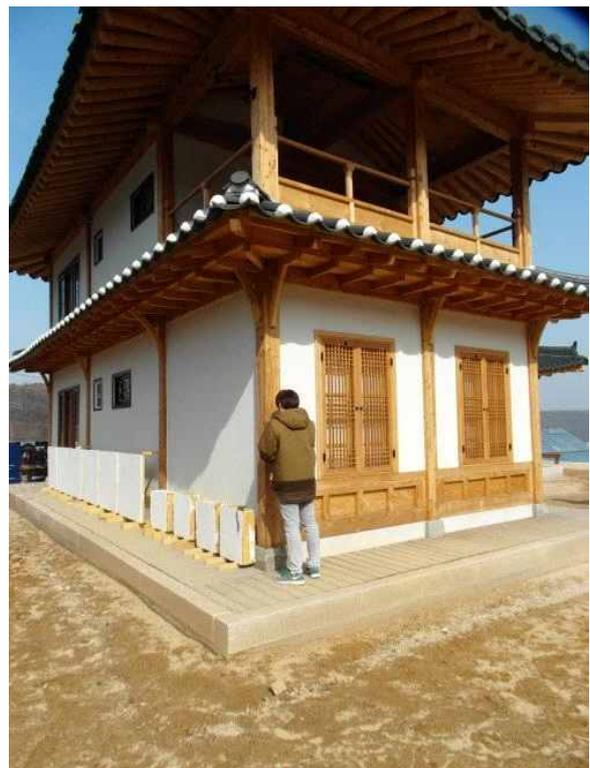
시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

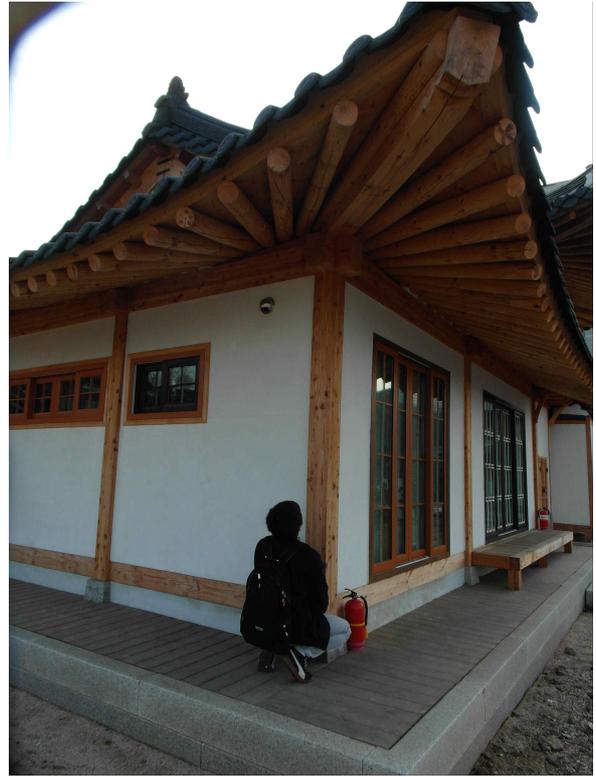
■ 2013.03.14 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



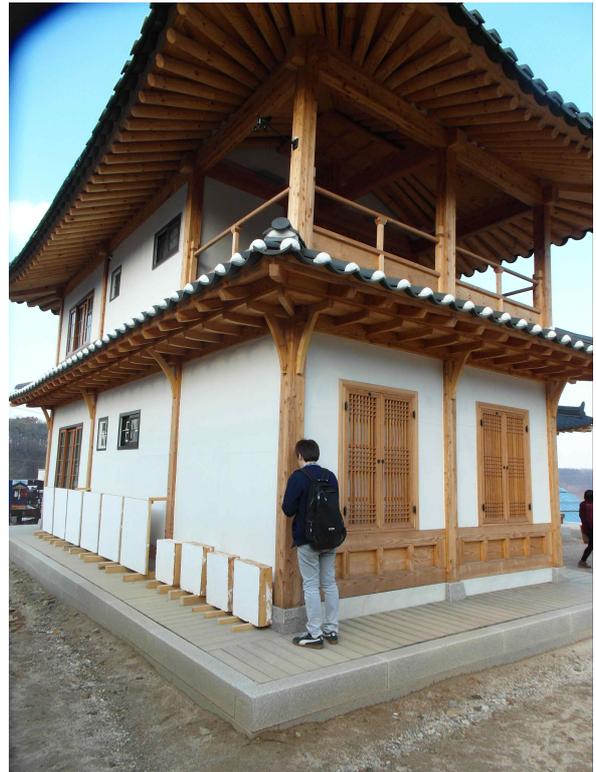
시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

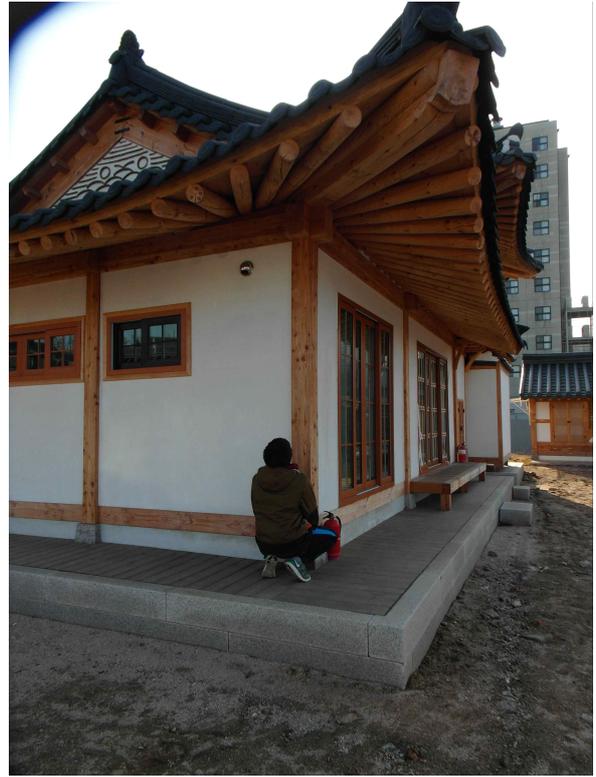
■ 2013.03.21 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2013.03.28 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수를 측정

■ 2013.04.11 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



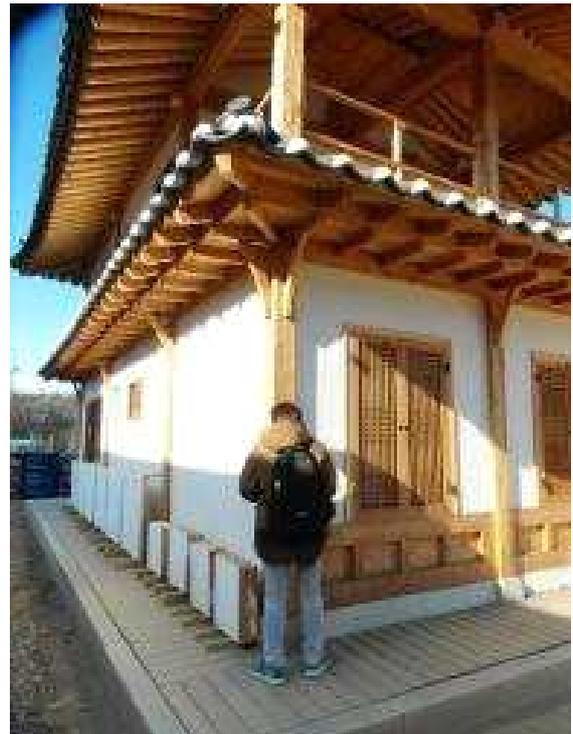
시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
보 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.04.19 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



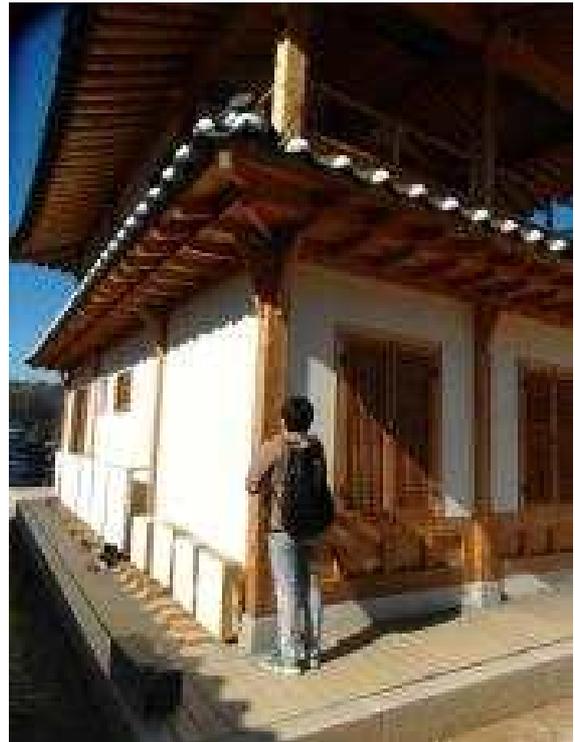
시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
보 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 흡수율 측정

■ 2013.04.26 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



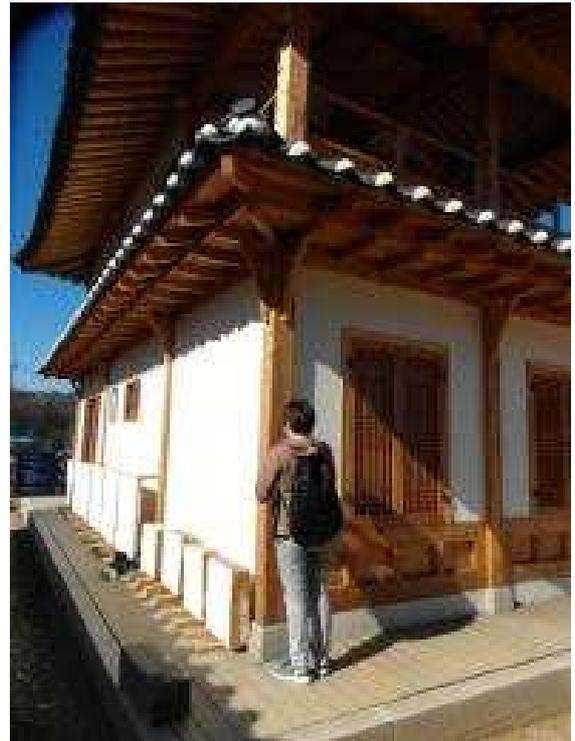
시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
보 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.05.03 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
보 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수울 측정

■ 2013.05.09 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



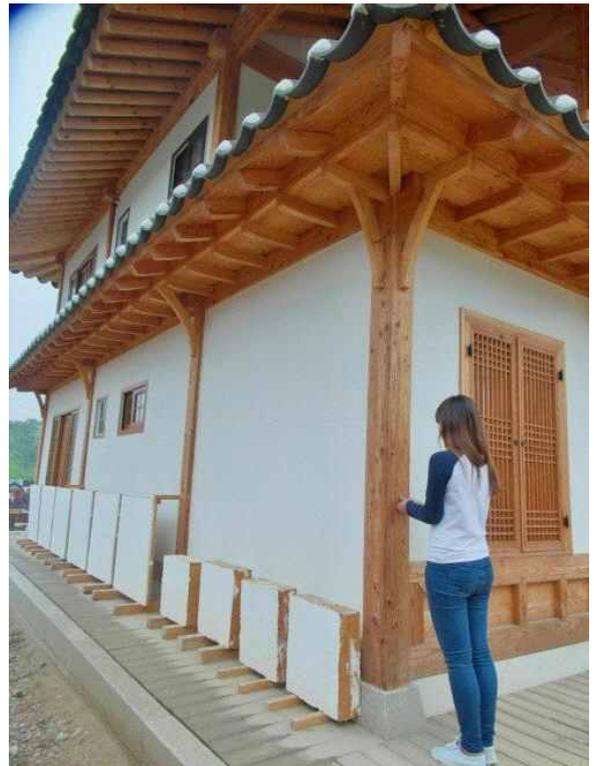
시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
보 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.05.16 실험한옥(시공 및 성능테스트동(지신재)) 측정사진



시공 및 성능테스트동(지신재)



시공 및 성능테스트동(지신재)
추녀 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
서까래 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
보 처짐 측정



시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 길이 측정



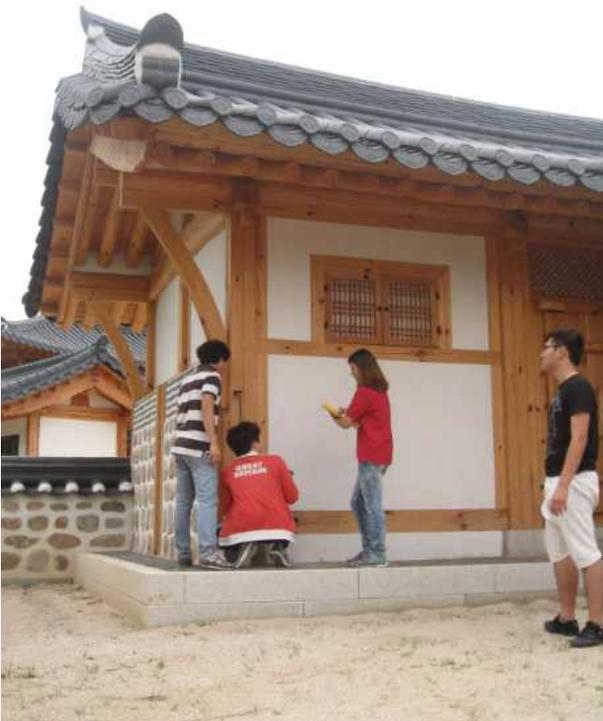
시공 및 성능테스트동(지신재)
기둥 함수율 측정

1.1.2. 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재))

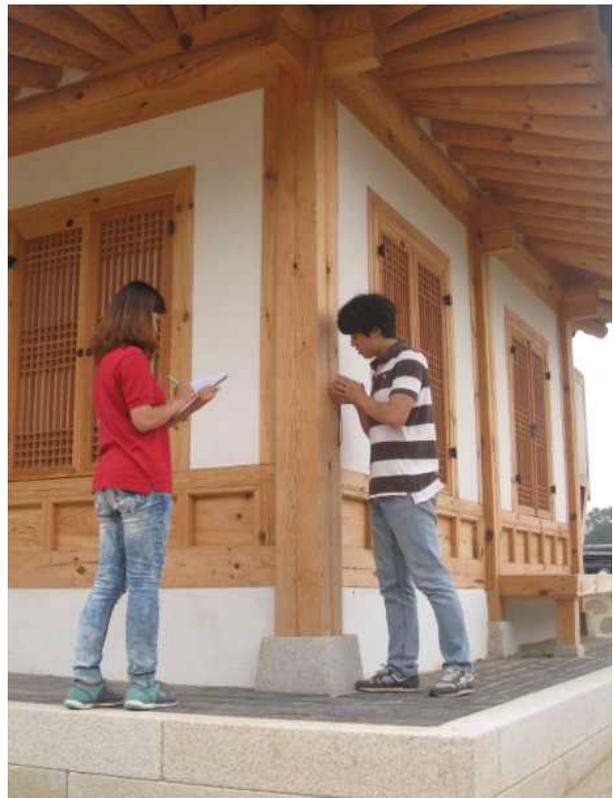
■ 2012.09.12 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정

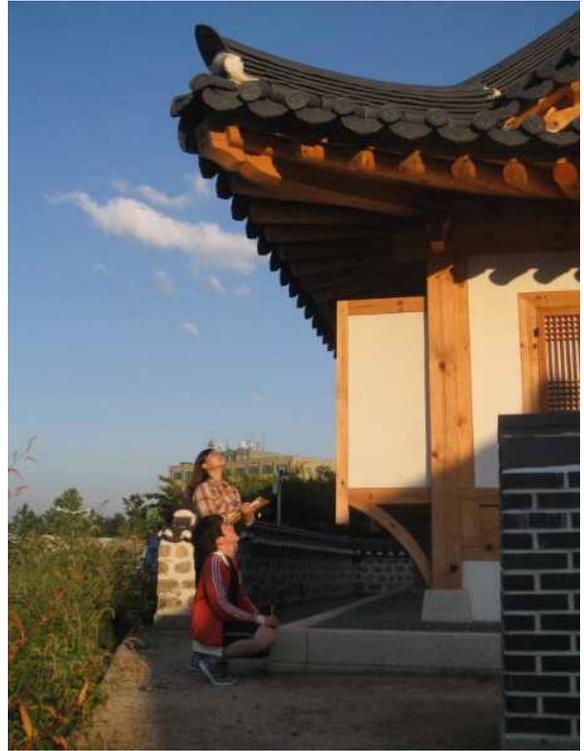


전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.09.19 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.09.26 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.10.05 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.10.10 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



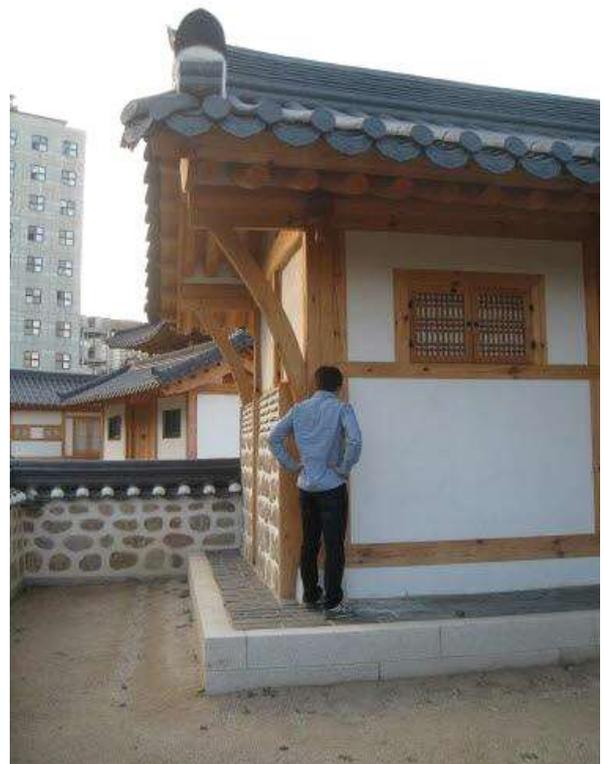
전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.10.17 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



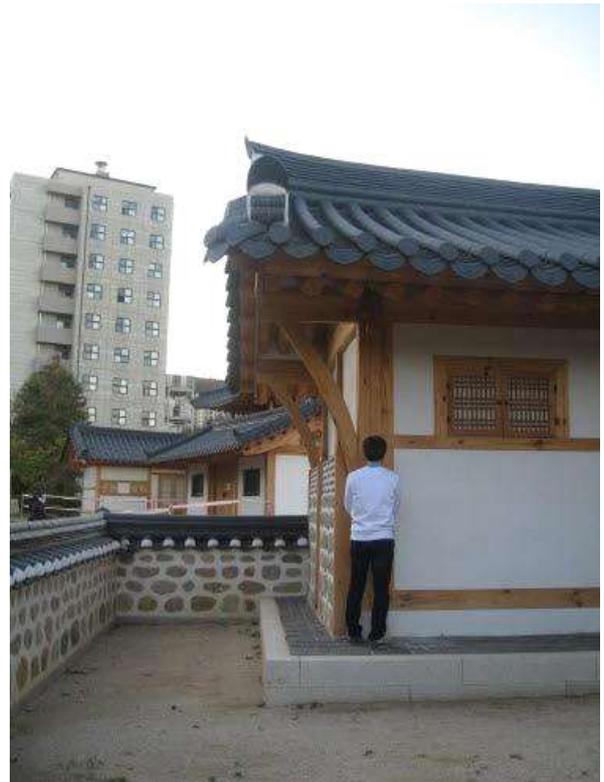
전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.10.24 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수를 측정

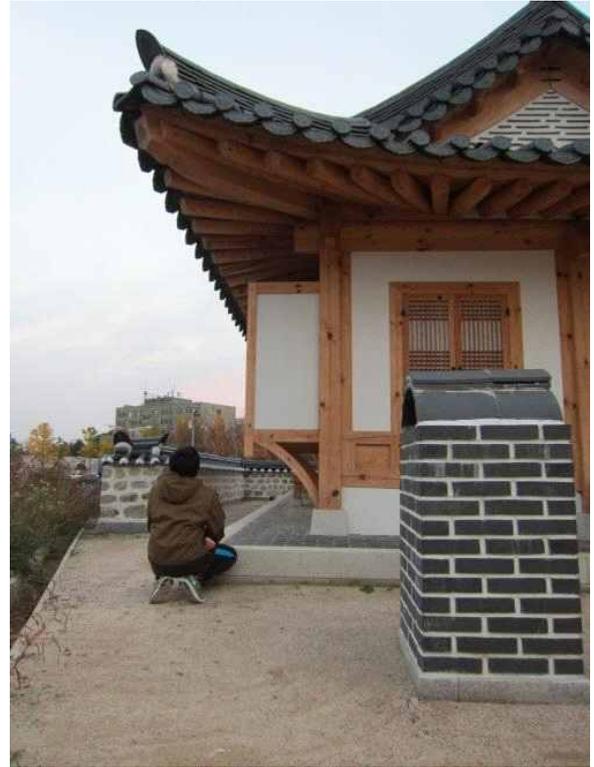
■ 2012.10.31 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정

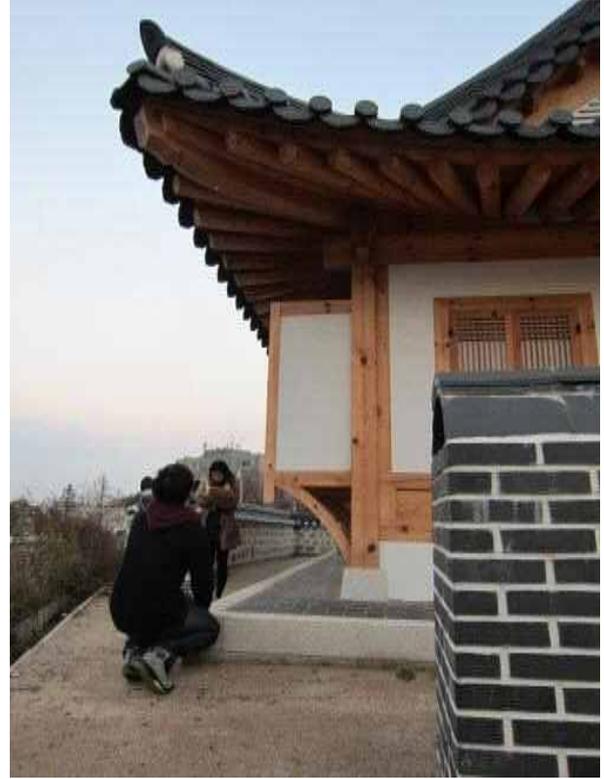


전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.11.07 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 흡수율 측정

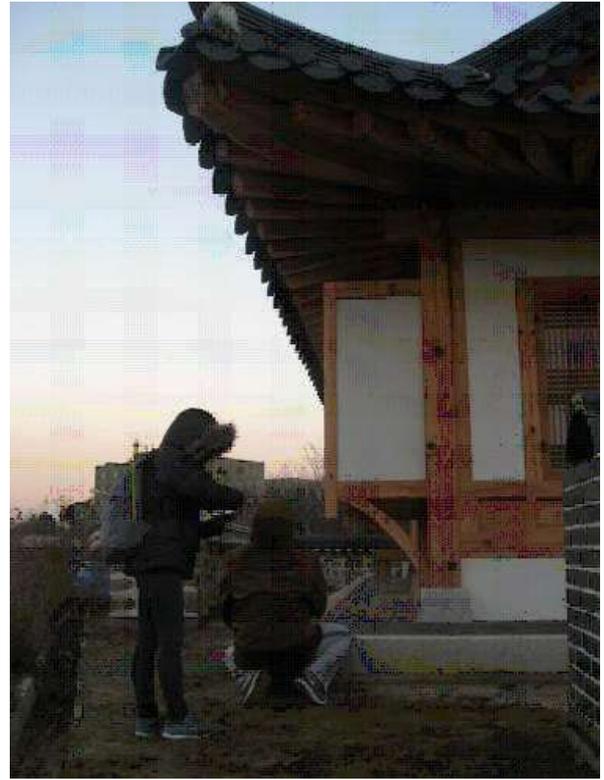
■ 2012.11.14 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

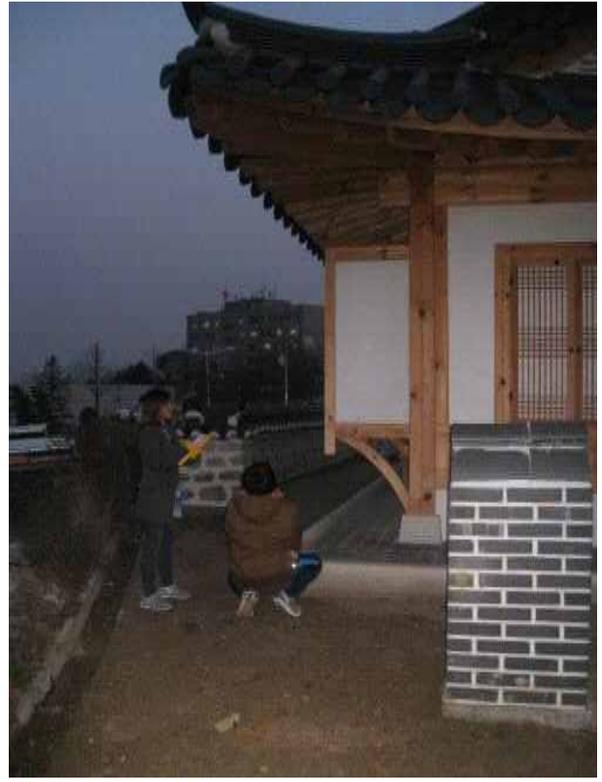
■ 2012.11.21 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



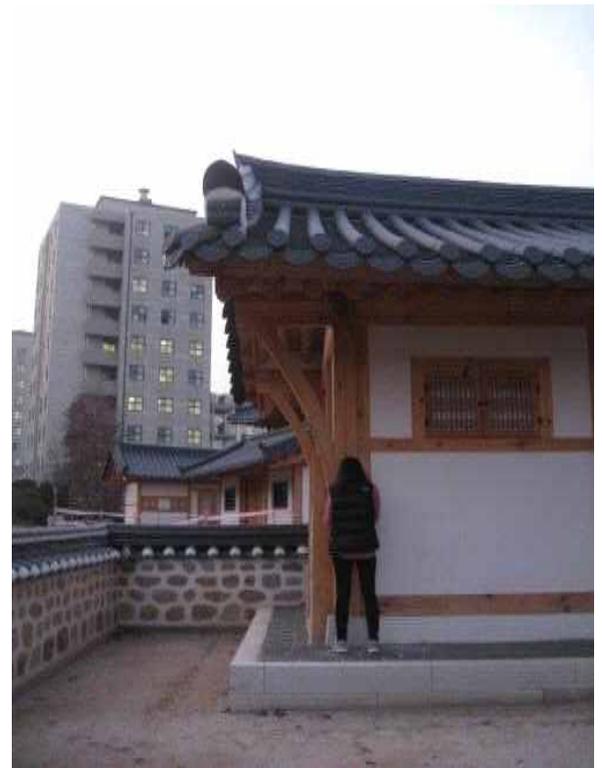
전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.11.28 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



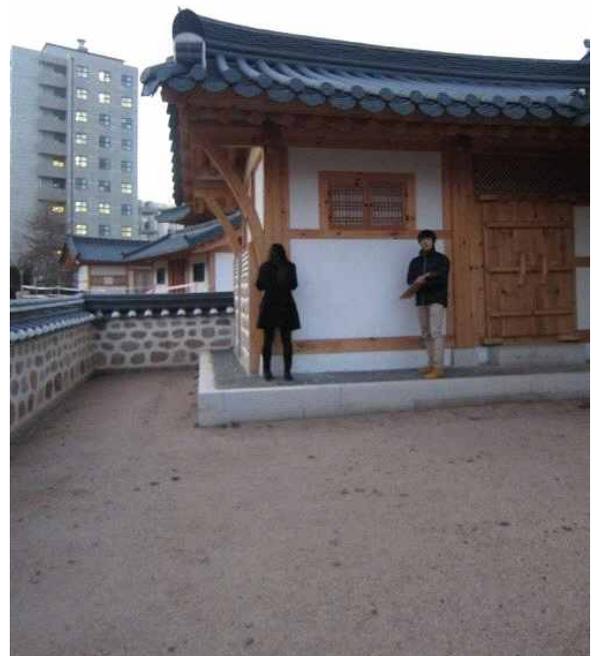
전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.12.05 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



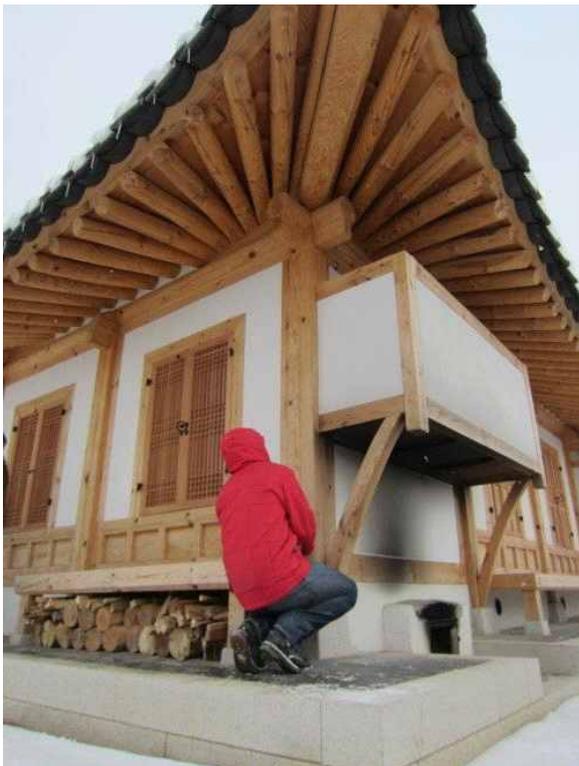
전통한옥 성능테스트동(온고재)



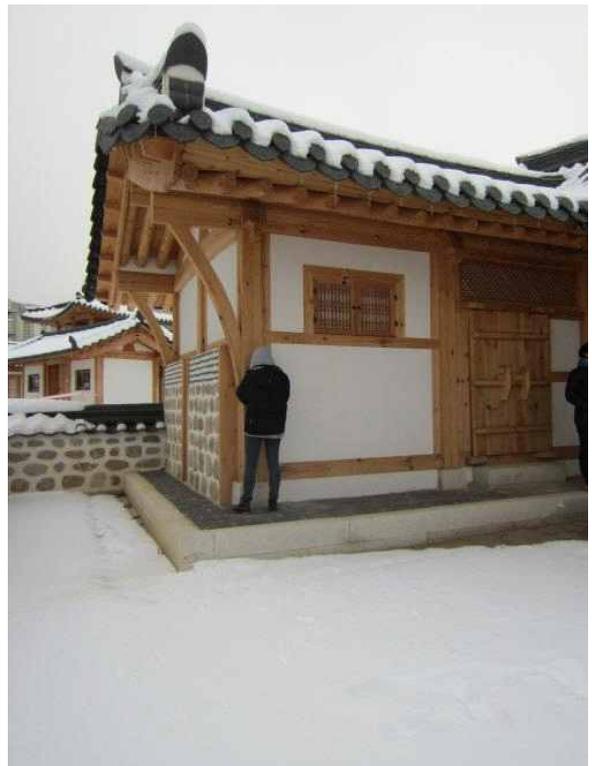
전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.12.13 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2012.12.27 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 흡수율 측정

■ 2013.01.02 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정

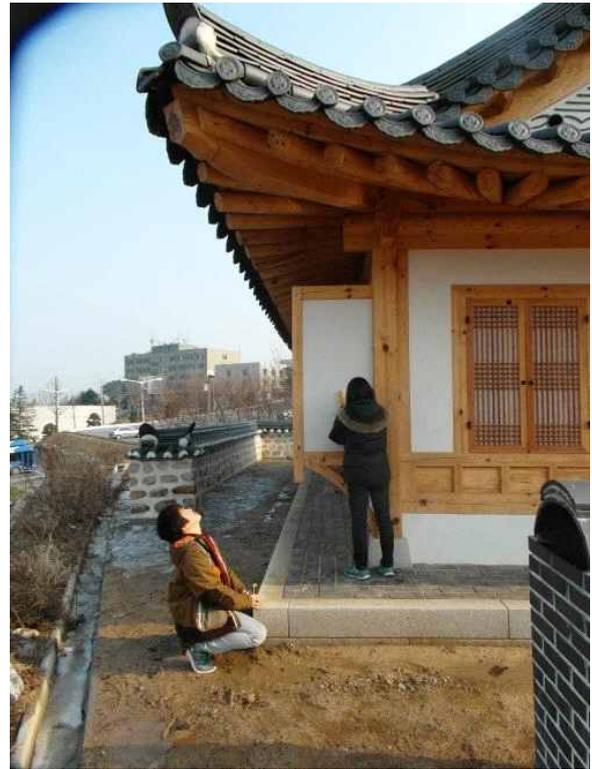


전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.01.31 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



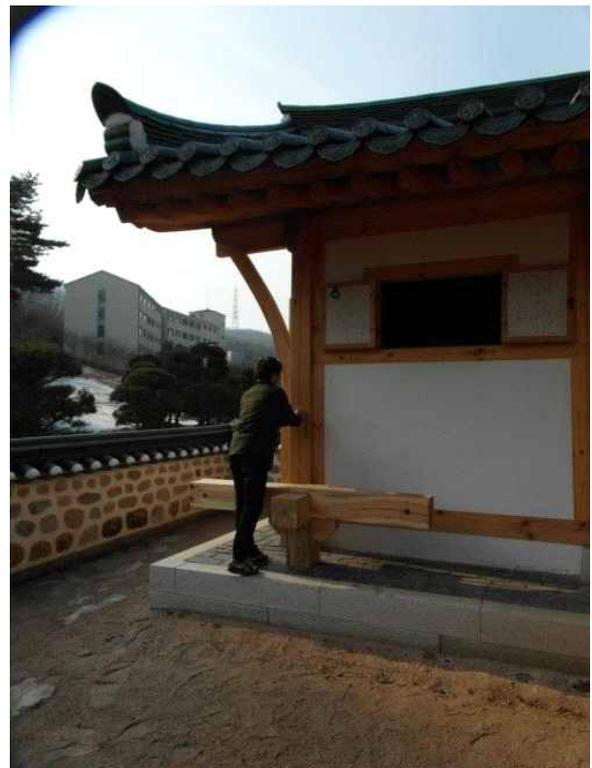
전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수울 측정

■ 2013.02.06 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.02.14 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.02.27 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.03.14 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.03.21 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



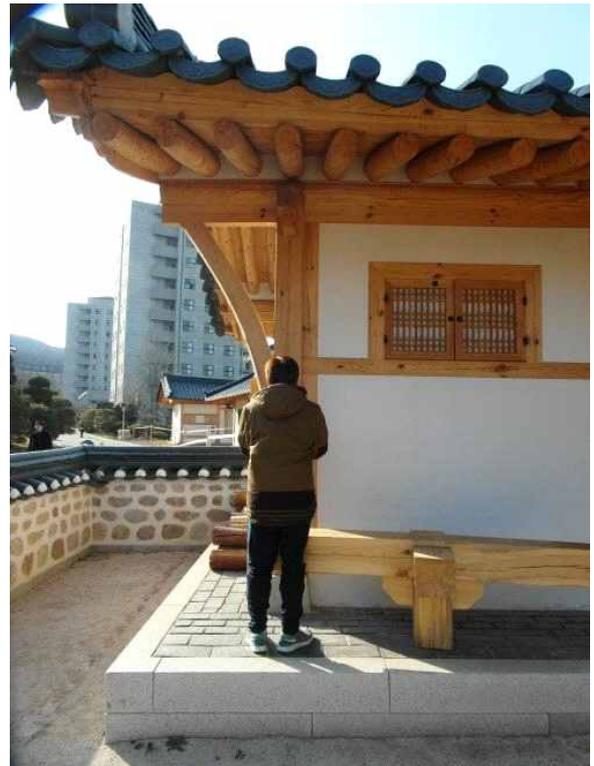
전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수울 측정

■ 2013.03.28 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



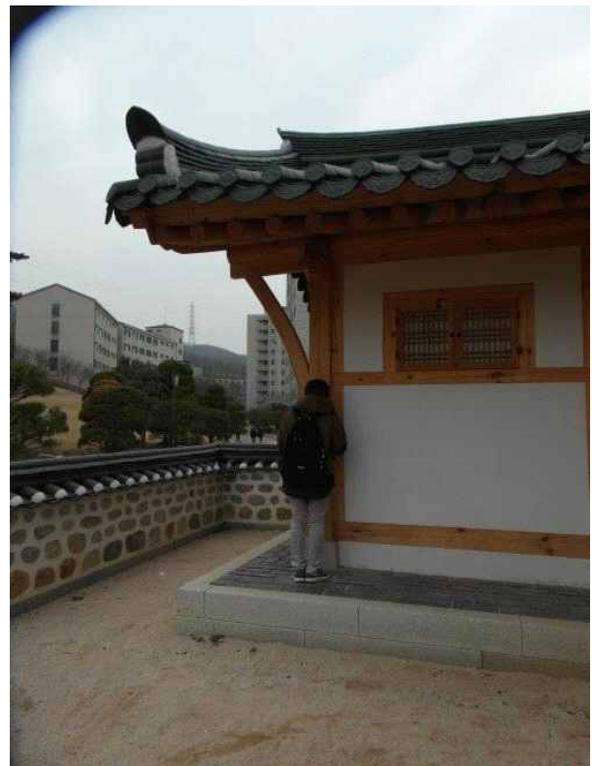
전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.04.11 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.04.19 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
보 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.04.26 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



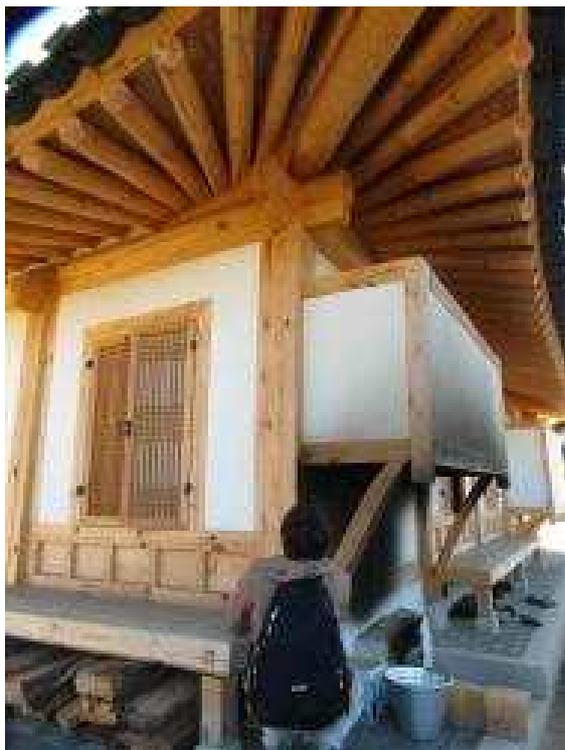
전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



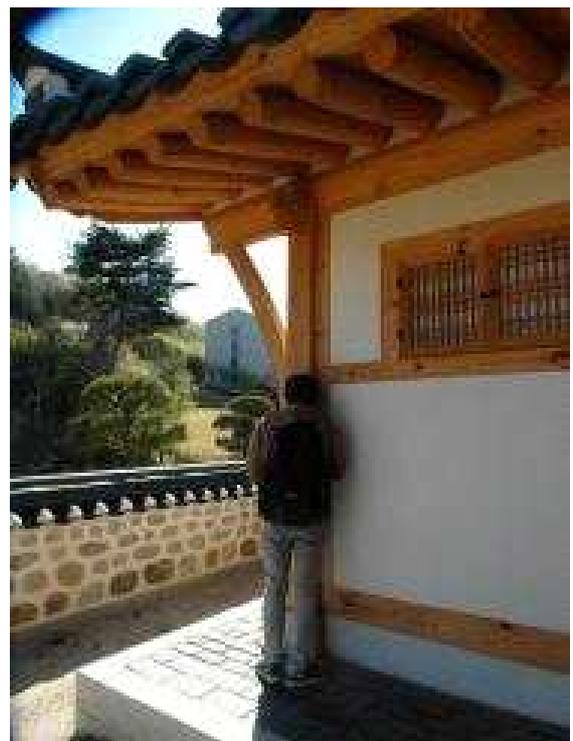
전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
보 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.05.03 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
보 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.05.09 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
보 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

■ 2013.05.16 실험한옥(전통한옥 성능테스트동(온고재)) 측정사진



전통한옥 성능테스트동(온고재)



전통한옥 성능테스트동(온고재)
추녀 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
서까래 처짐 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
보 처짐 측정



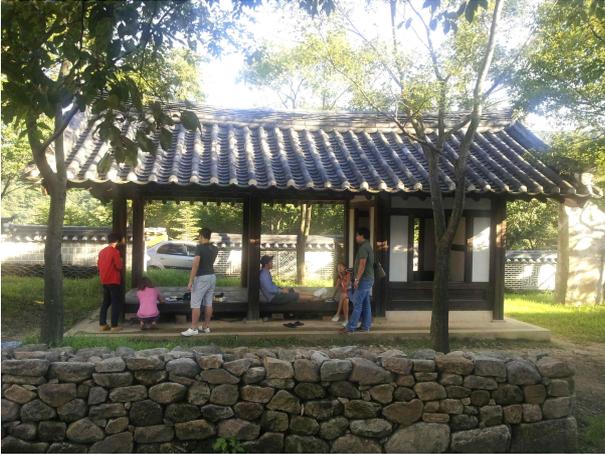
전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 길이 측정



전통한옥 성능테스트동(온고재)
기둥 함수율 측정

1.1.3. 예제한옥(명지대 무루정)

■ 2012.09.05 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수울 측정

■ 2012.09.12 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

■ 2012.09.19 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

■ 2012.09.26 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

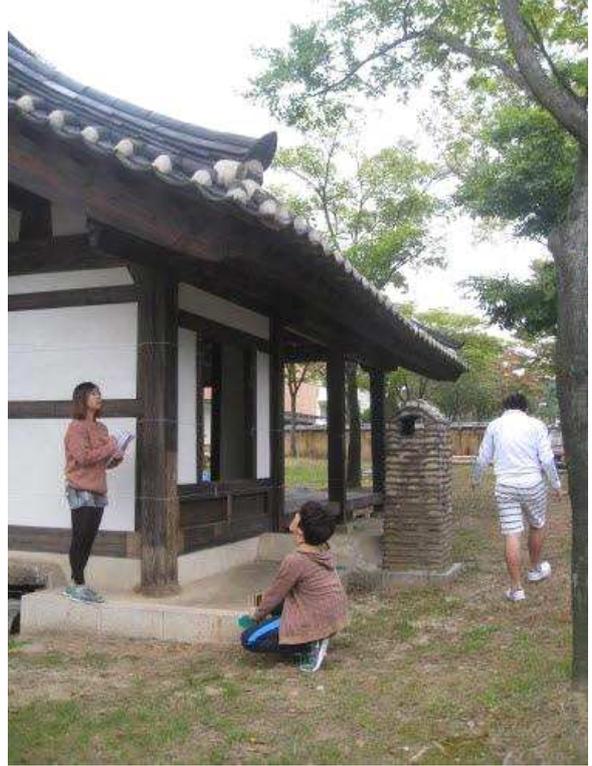
■ 2012.10.05 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



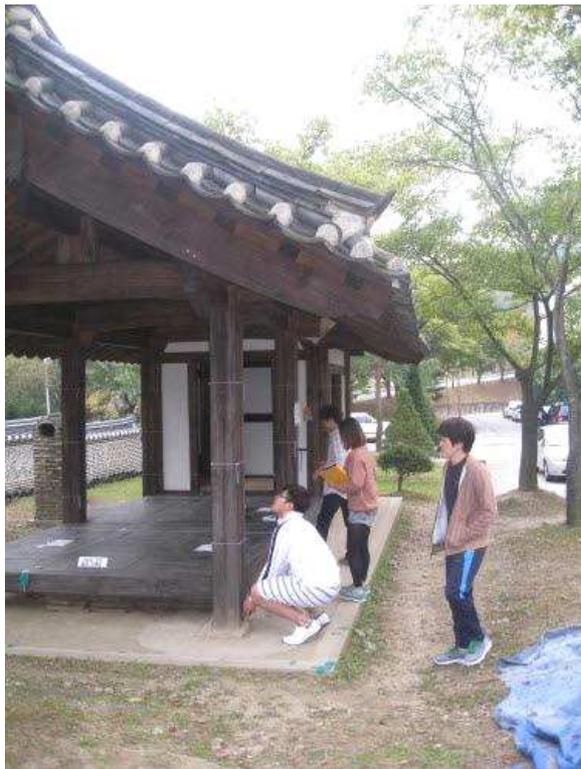
무루정 전체사진



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

■ 2012.10.10 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서가래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

■ 2012.10.17 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수를 측정

■ 2012.10.24 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서가래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수울 측정

■ 2012.10.31 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수울 측정

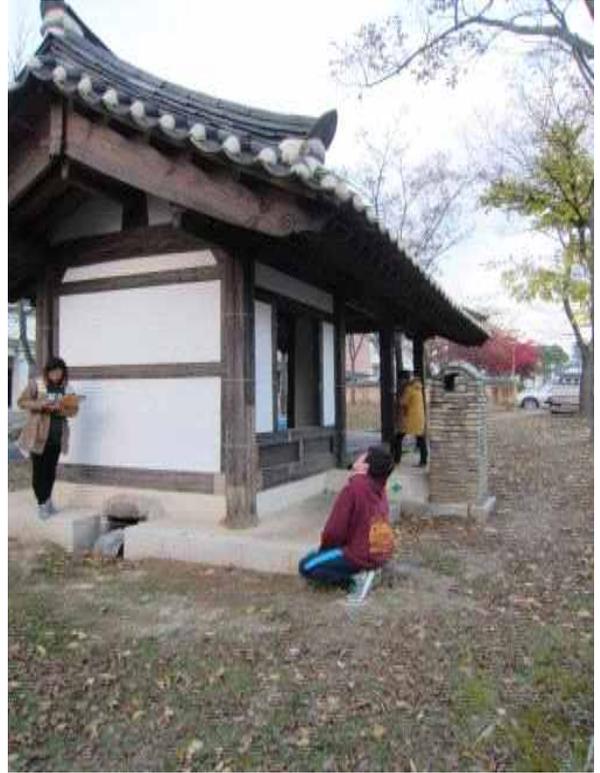
■ 2012.11.07 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



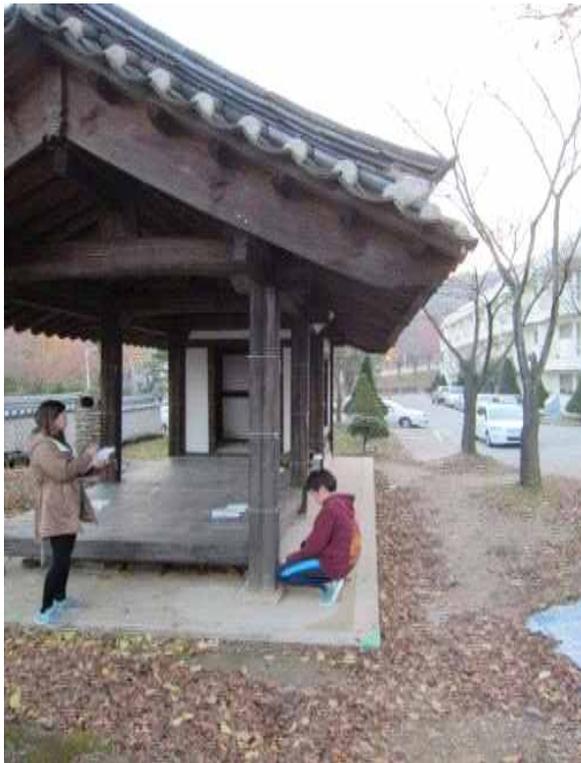
무루정 전체사진



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수울 측정

■ 2012.11.14 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 서가래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

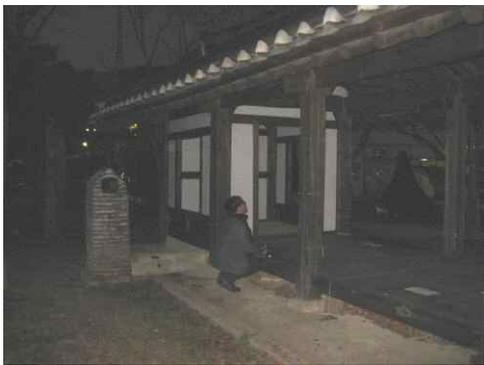
■ 2012.11.21 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



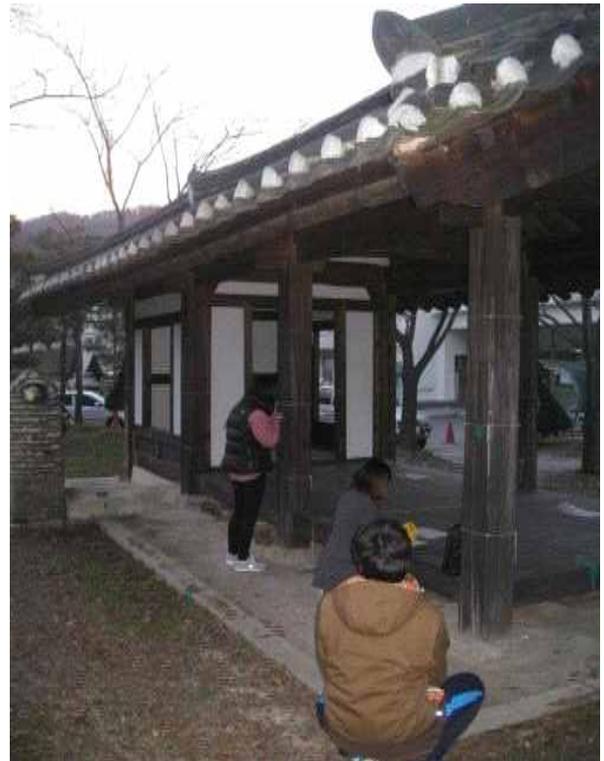
무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정

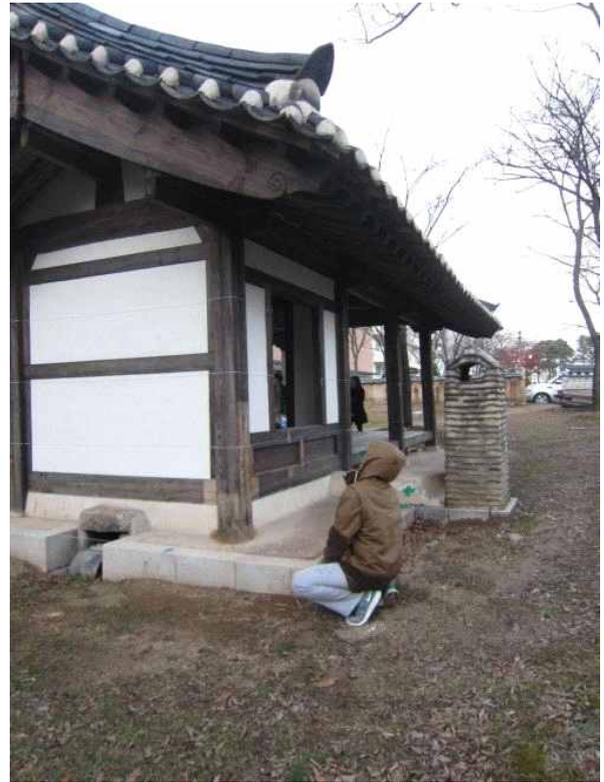


무루정 기둥 함수울 측정

■ 2012.11.28 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

■ 2012.12.05 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



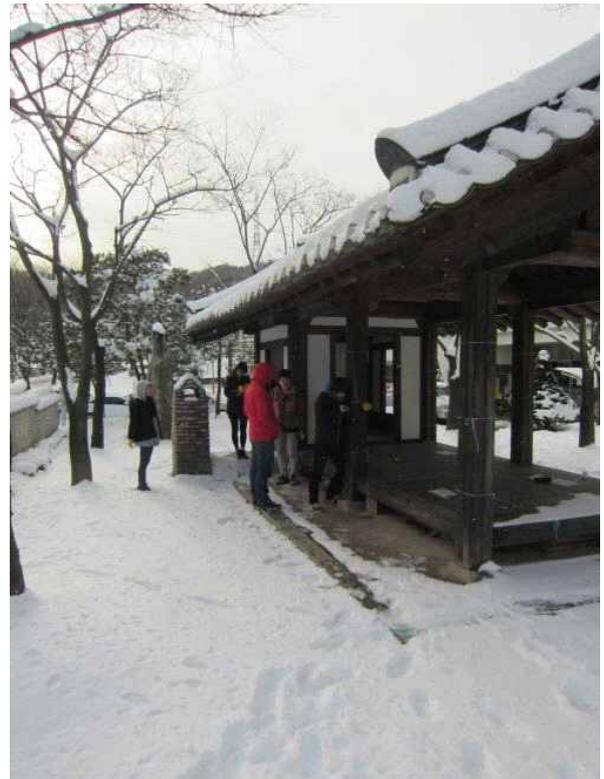
무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 처짐 측정

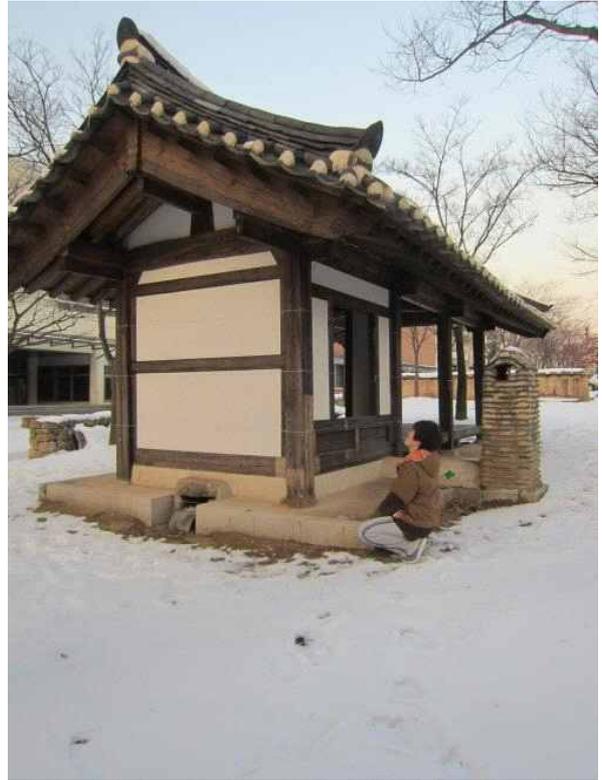


무루정 기둥 함수율 측정

■ 2012.12.13 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



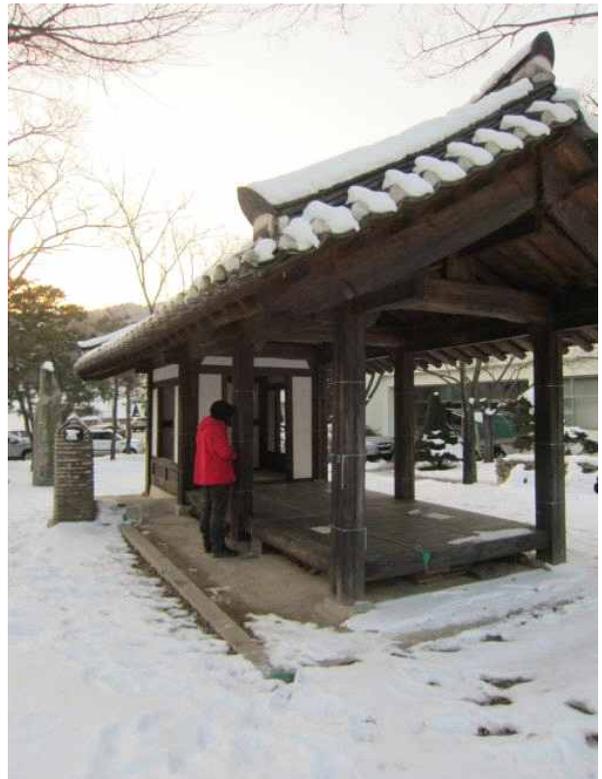
무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 처짐 측정

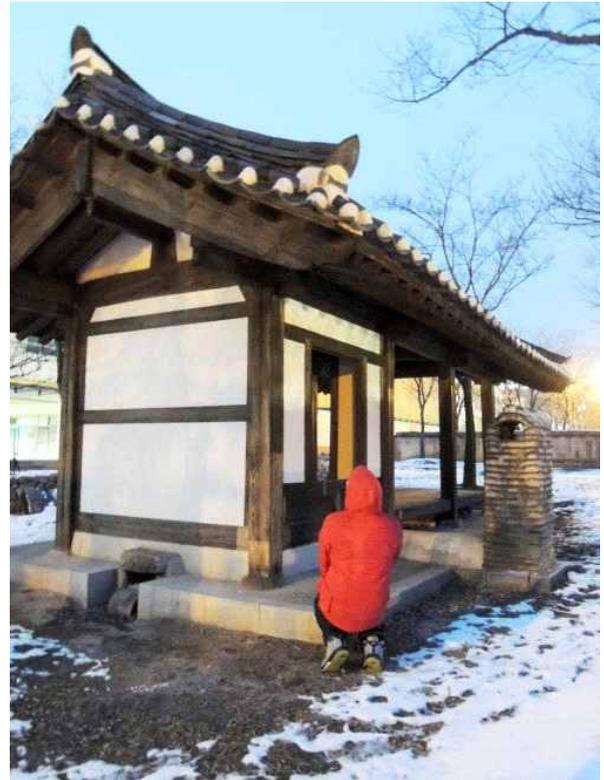


무루정 기둥 함수율 측정

■ 2012.12.27 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



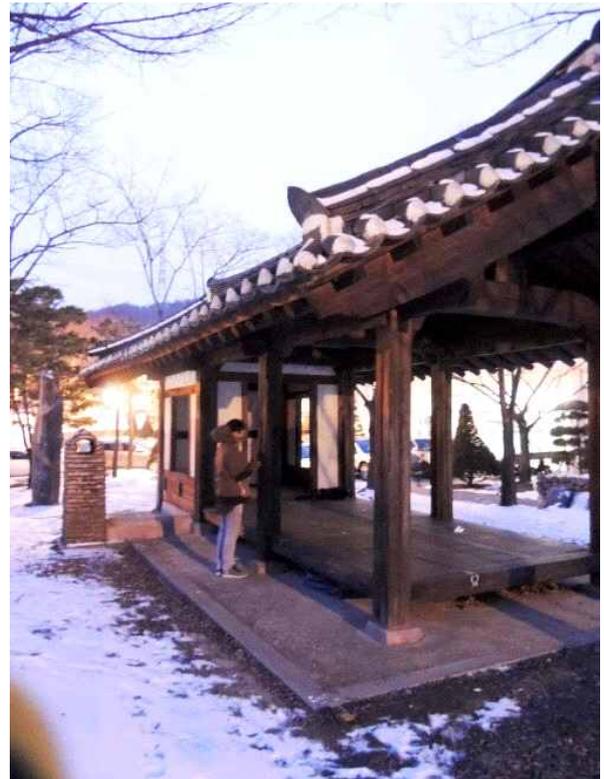
무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐



무루정 기둥 처짐 측정



무루정 기둥 함수율 측정

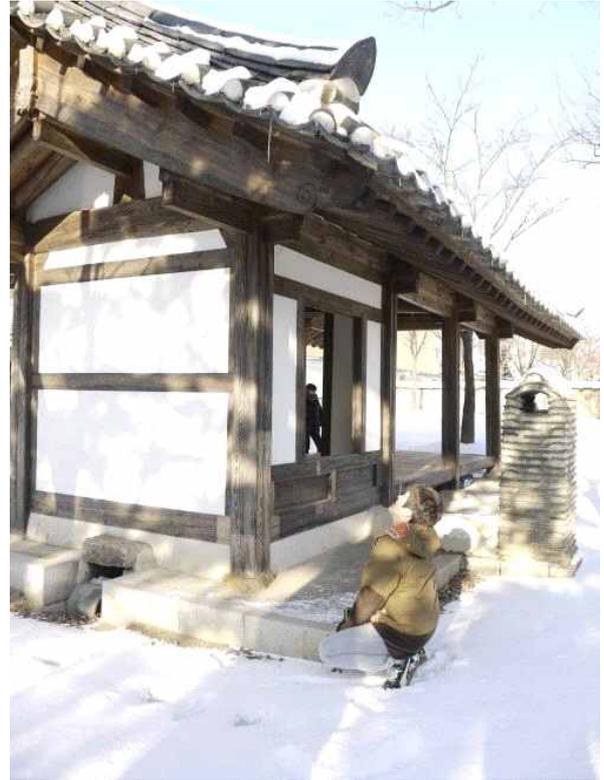
■ 2013.01.02 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 주심도리 처짐



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정

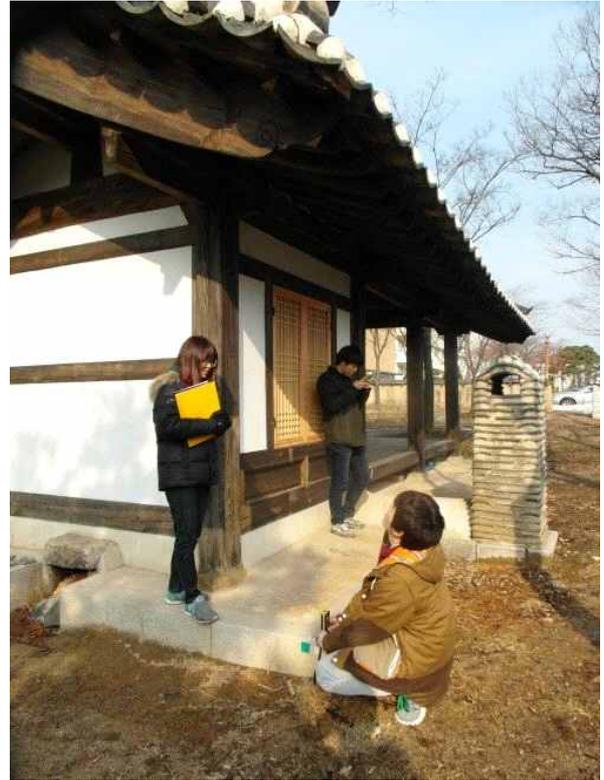


무루정 기둥 함수울 측정

■ 2013.01.31 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정

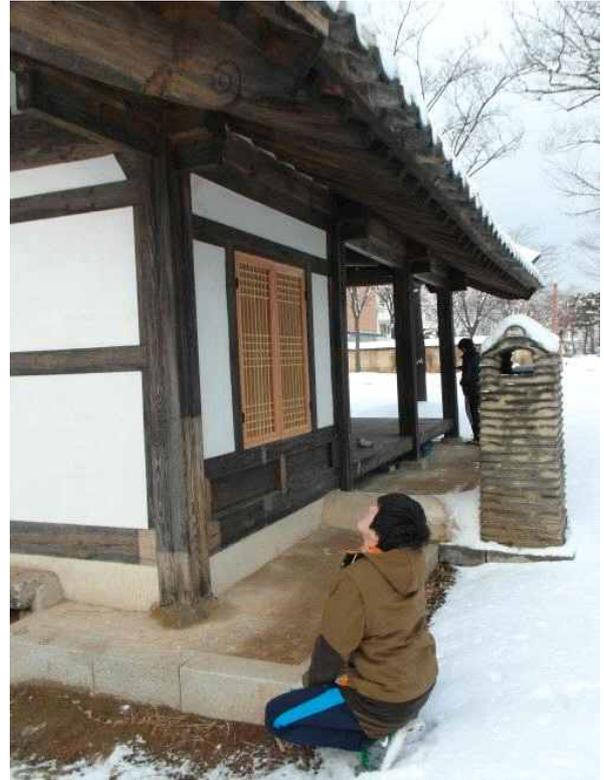


무루정 기둥 함수율 측정

■ 2013.02.06 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



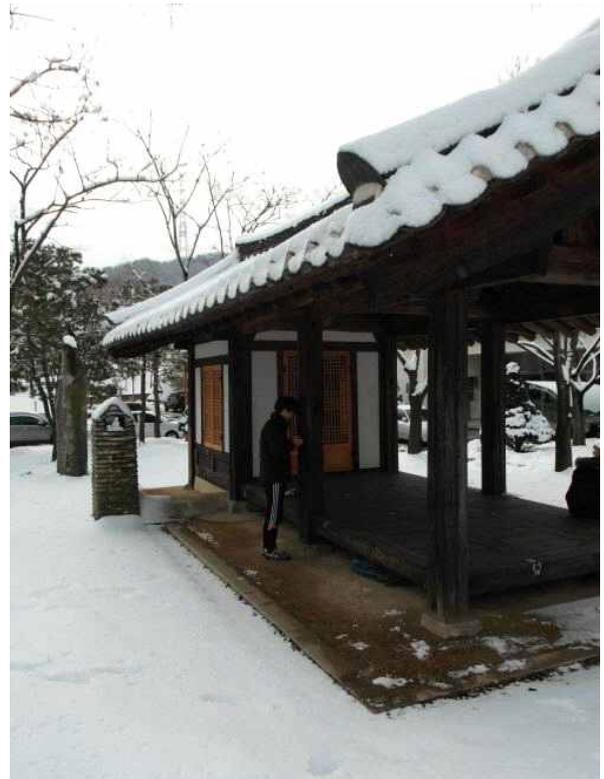
무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

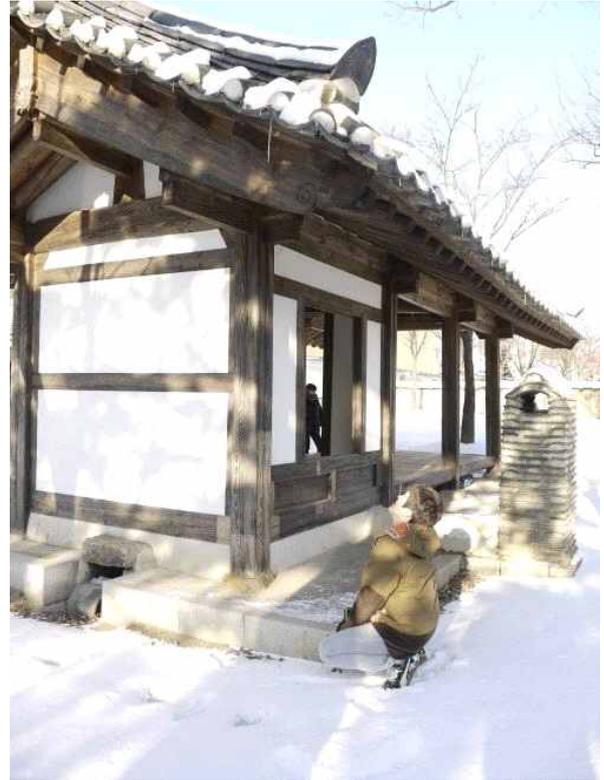
■ 2013.01.02 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 주심도리 처짐



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정

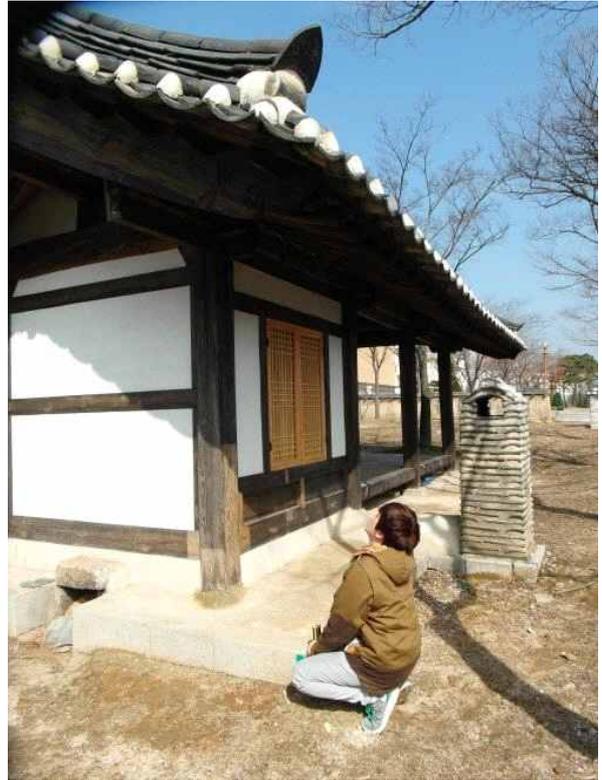


무루정 기둥 함수율 측정

■ 2013.02.27 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



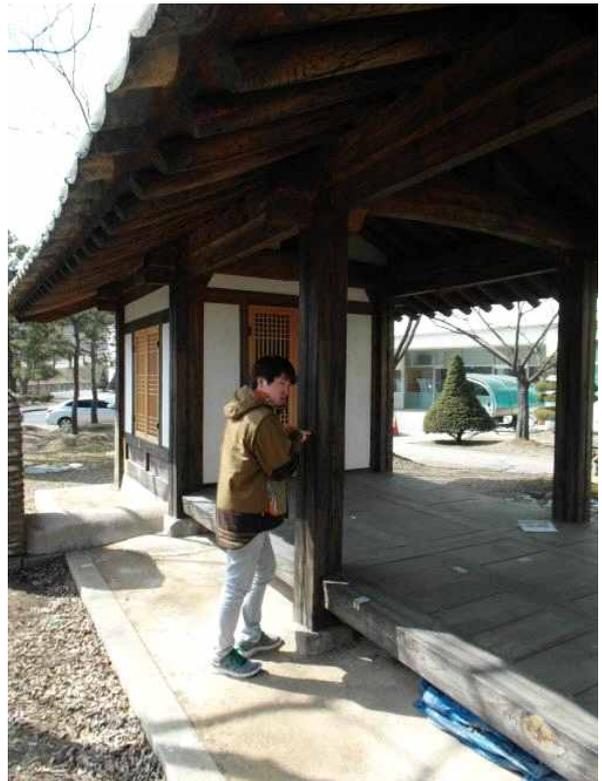
무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정

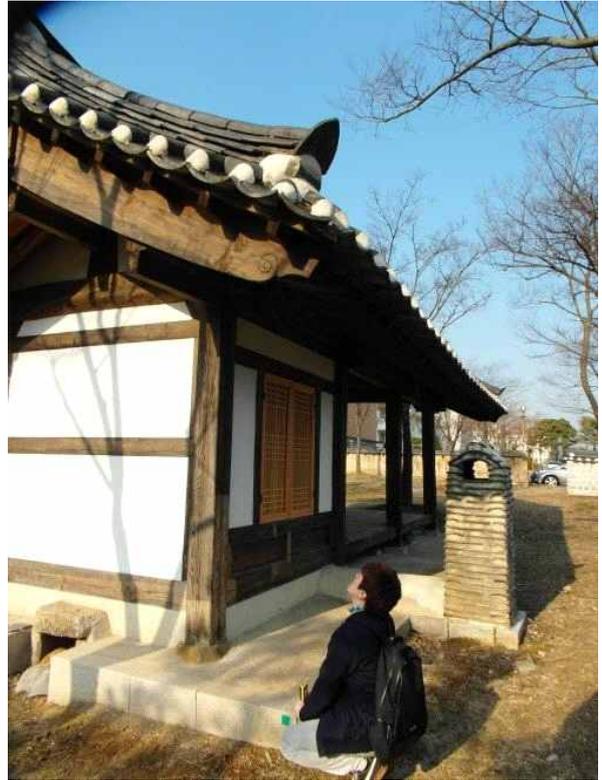


무루정 기둥 함수율 측정

■ 2013.03.14 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정

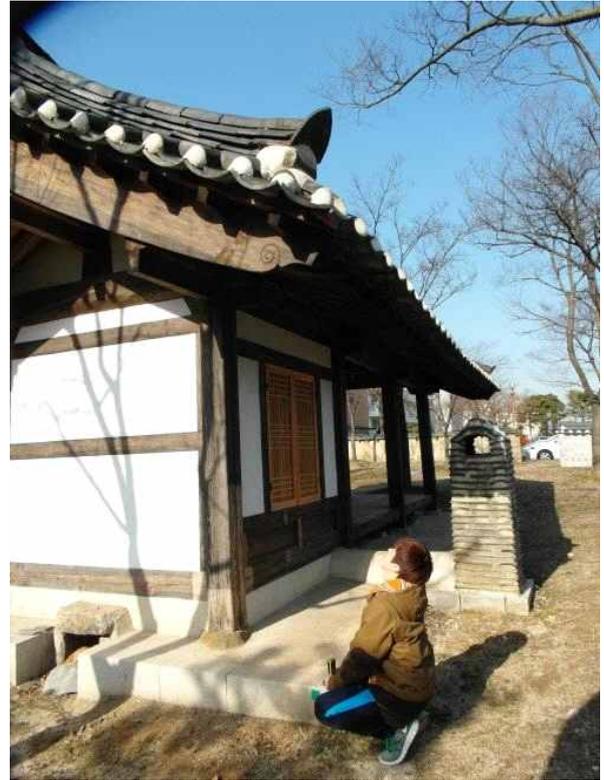


무루정 기둥 함수울 측정

■ 2013.03.21 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



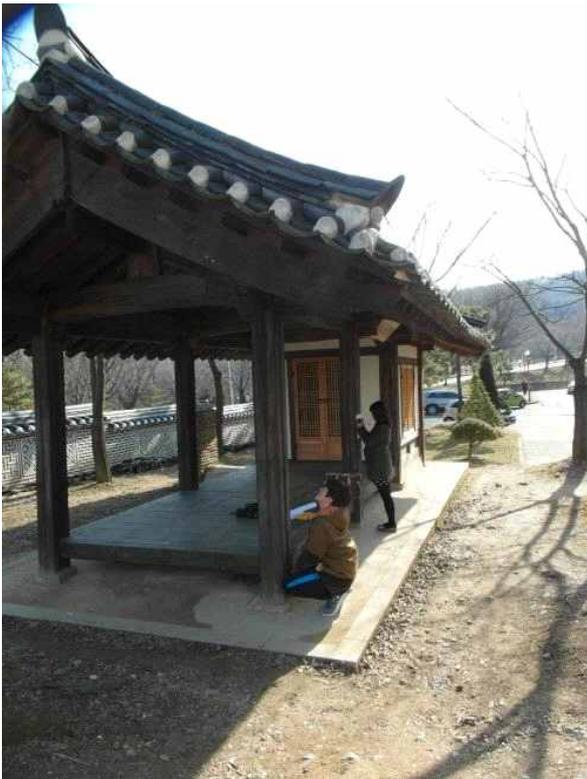
무루정 전체사진



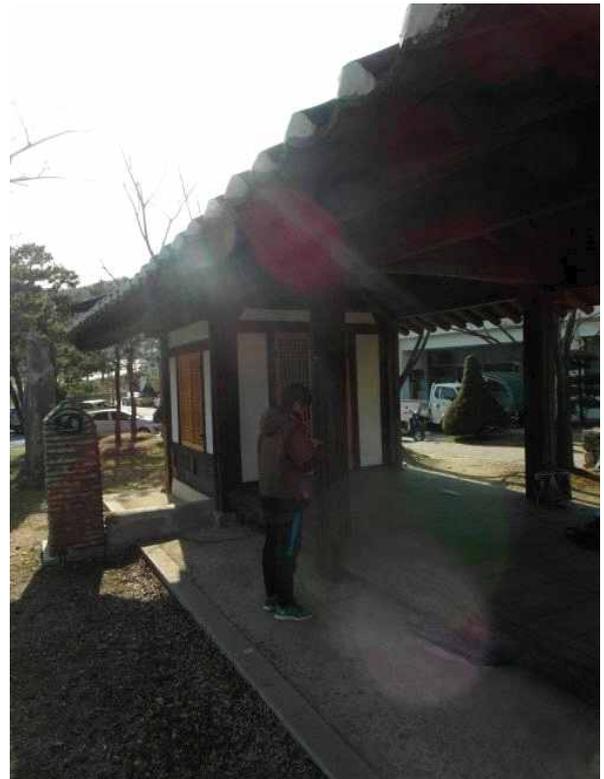
무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수울 측정

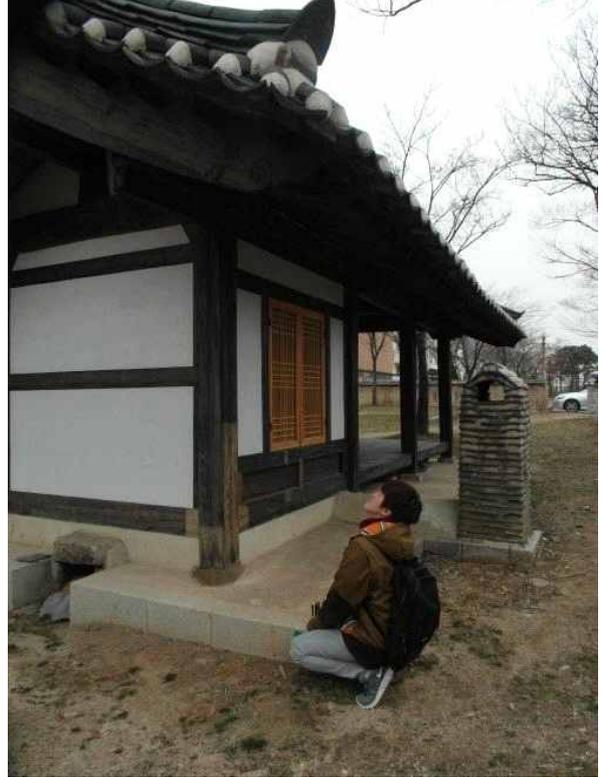
■ 2013.03.28 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



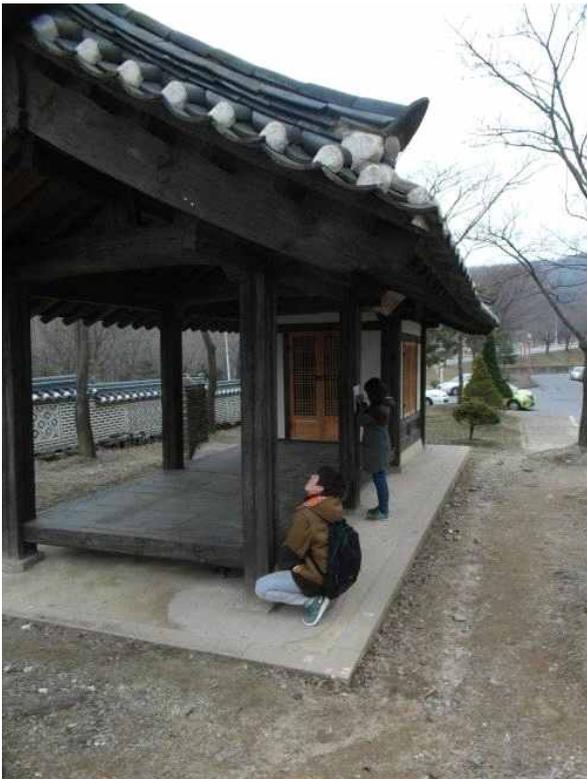
무루정 전체사진



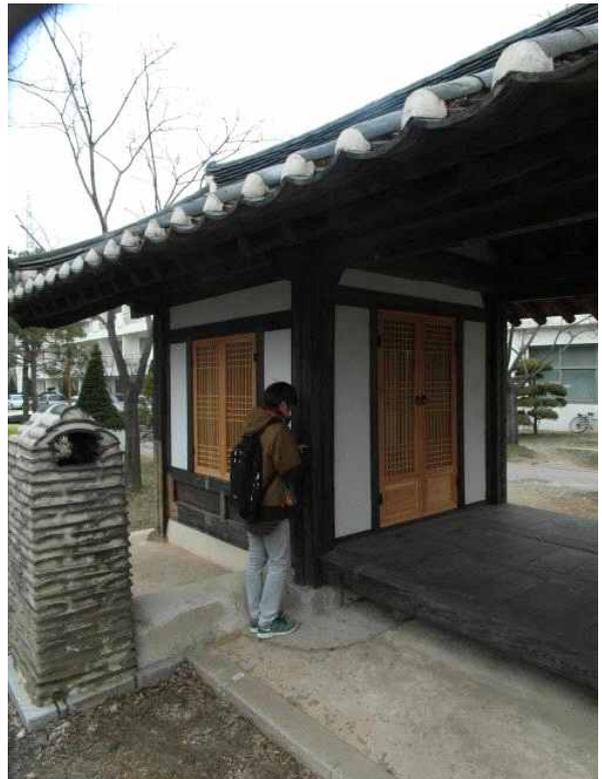
무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정

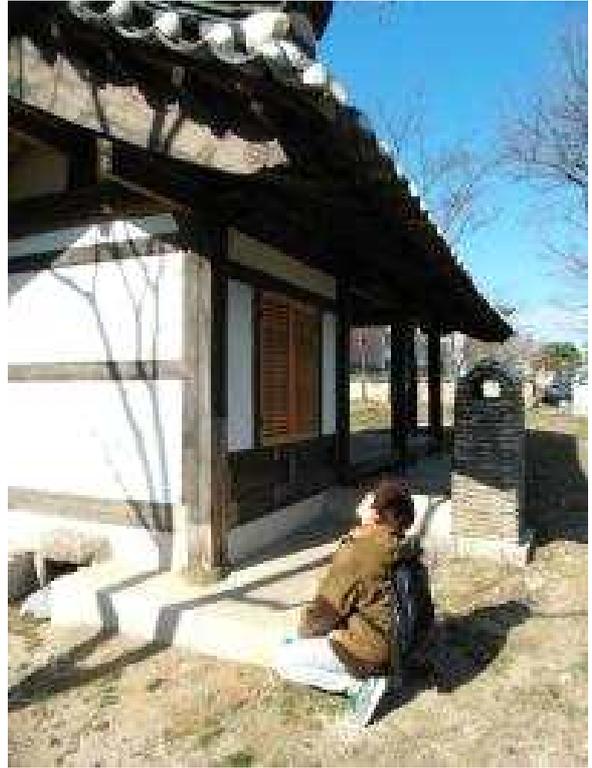


무루정 기둥 함수율 측정

■ 2013.04.11 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

■ 2013.04.19 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 중심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수울 측정

■ 2013.04.26 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정

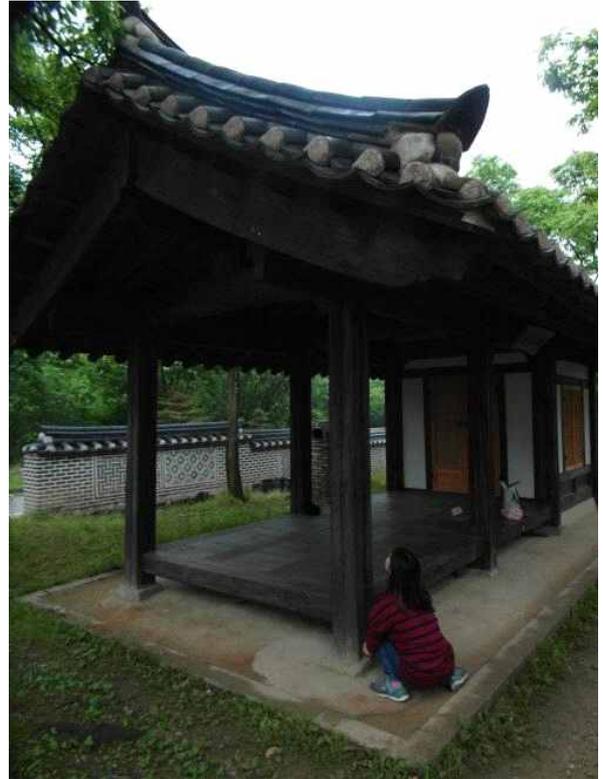


무루정 기둥 함수율 측정

■ 2013.05.03 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



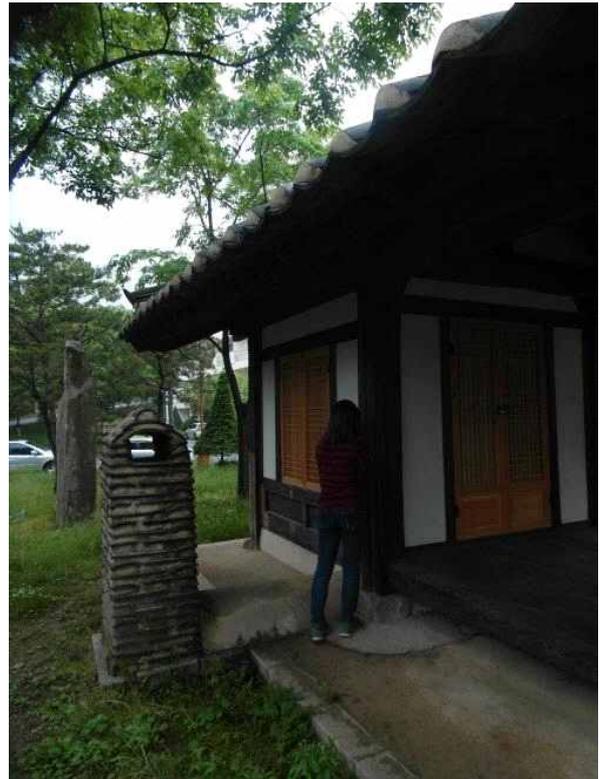
무루정 서까래 처짐 측정



무루정 주심도리 처짐 7측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수율 측정

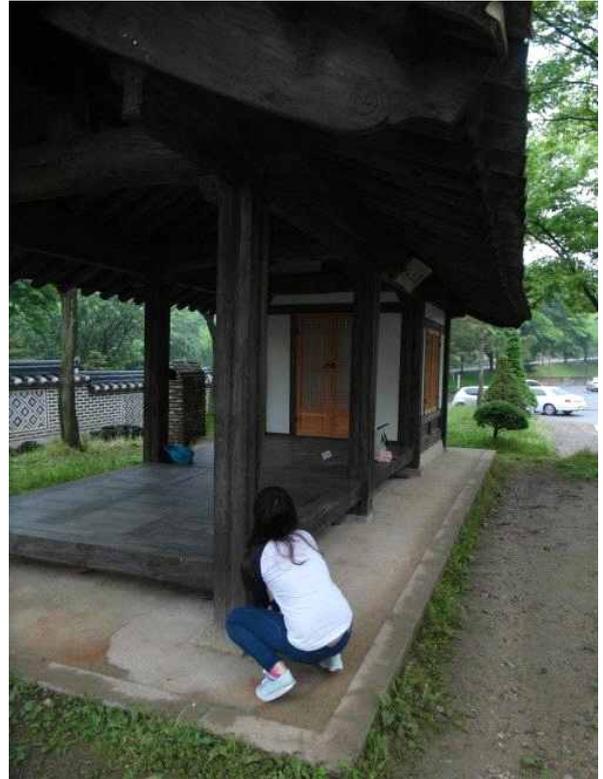
■ 2013.05.09 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



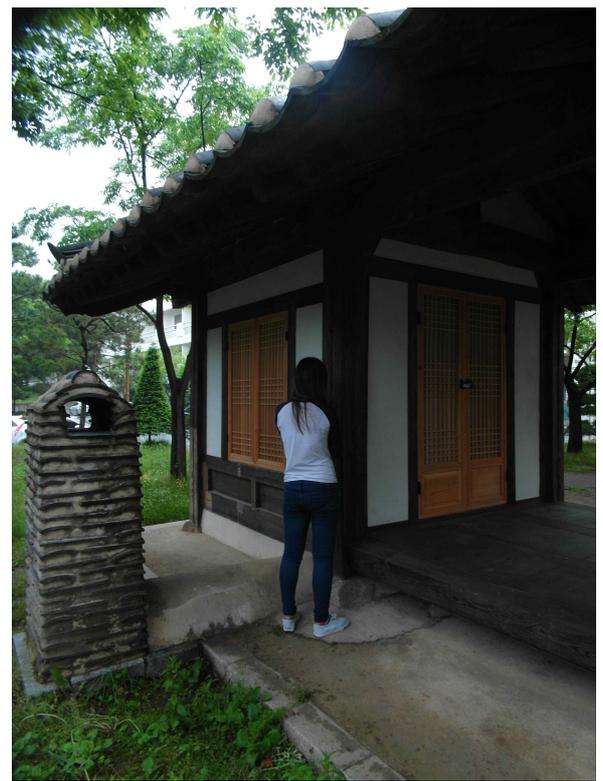
무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 서까래 처짐 측정



무루정 기둥 길이 측정



무루정 기둥 함수울 측정

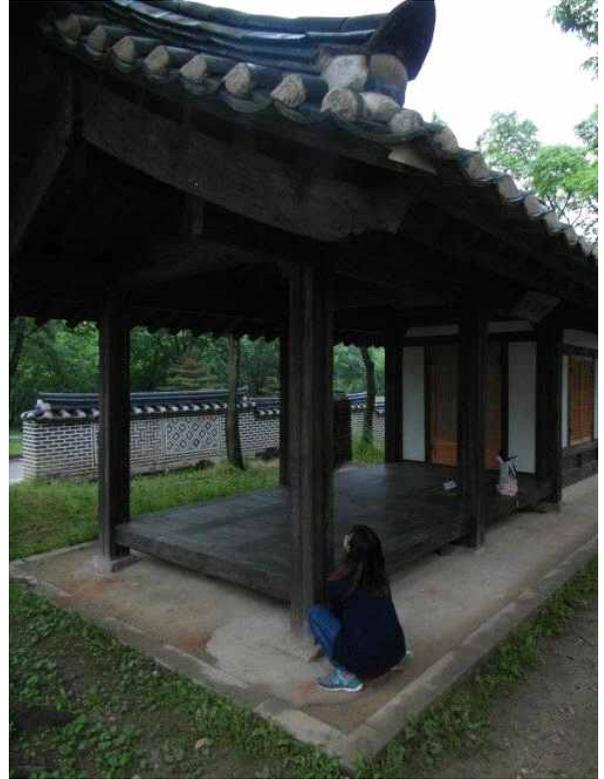
■ 2013.05.16 예제한옥(명지대 무루정) 측정사진



무루정 전체사진



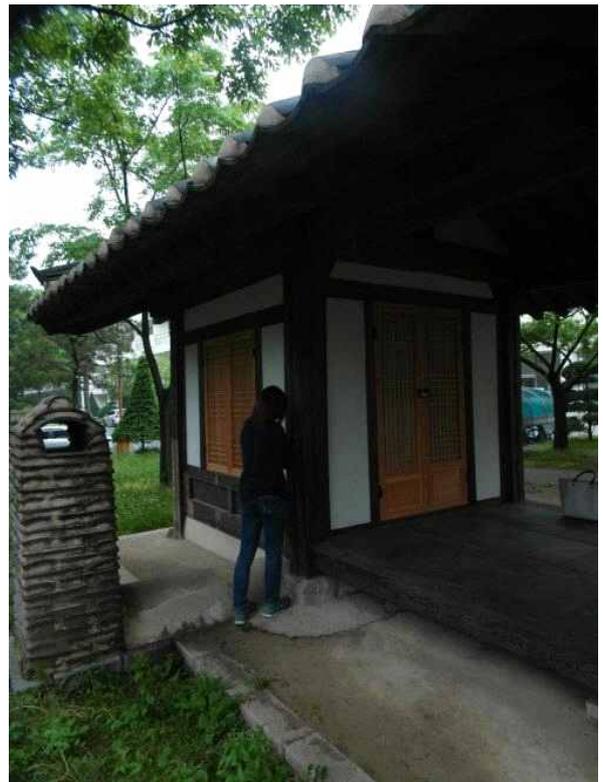
무루정 주심도리 처짐 측정



무루정 서까래 처짐 측정

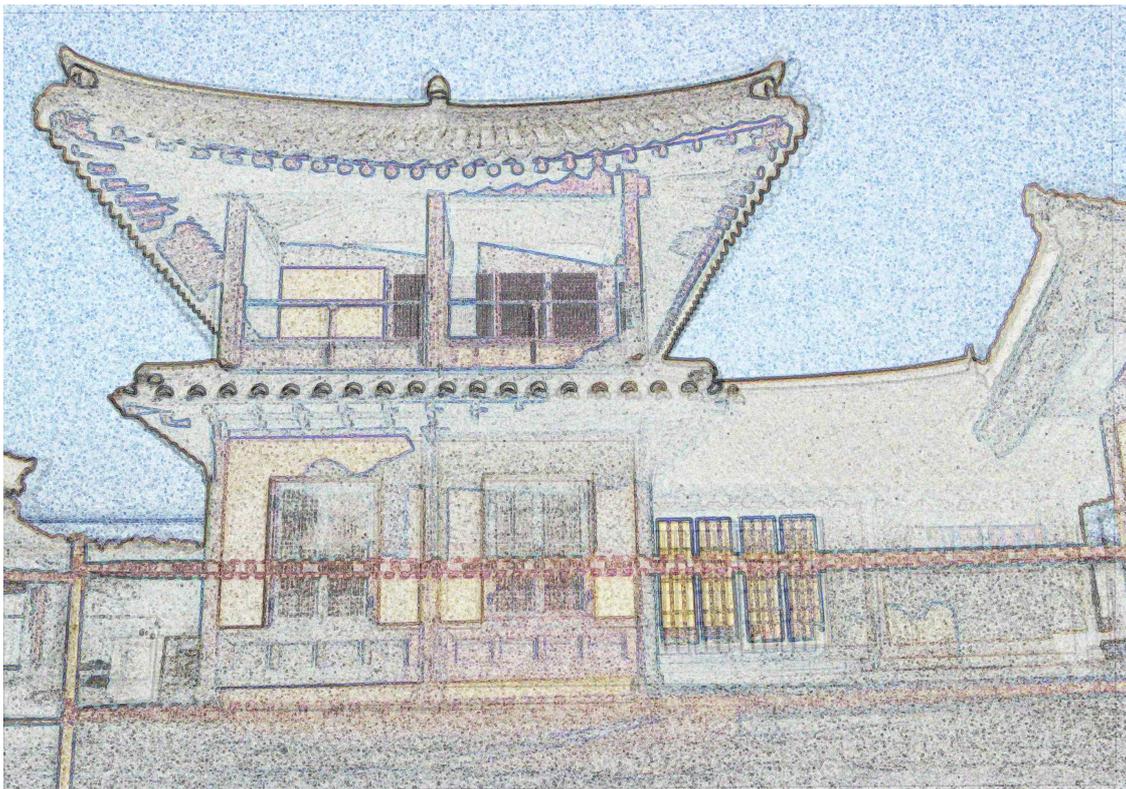
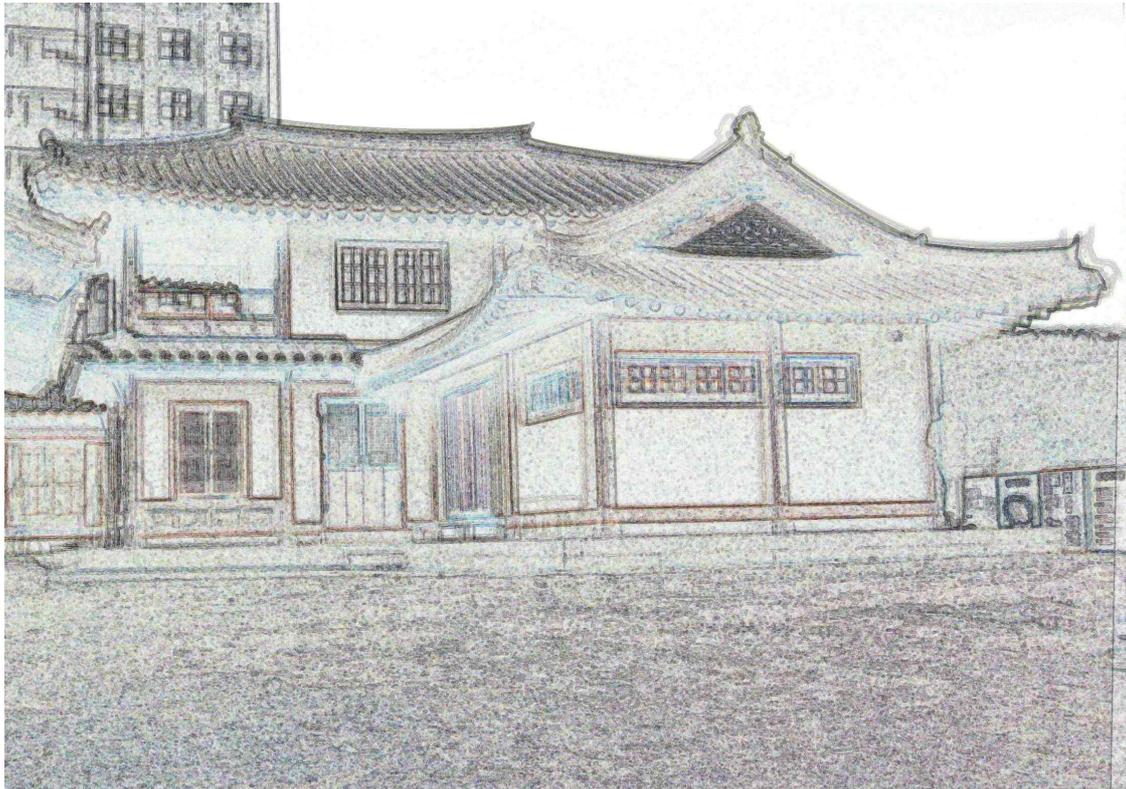


무루정 기둥 길이 측정

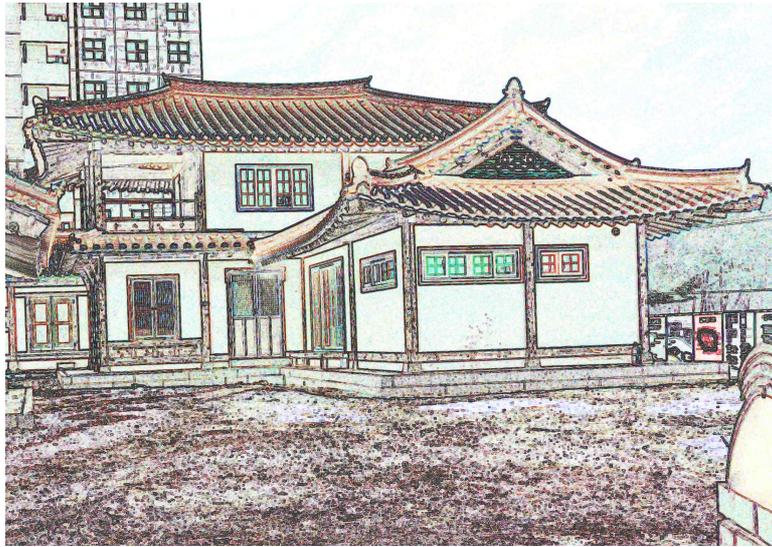


무루정 기둥 함수율 측정

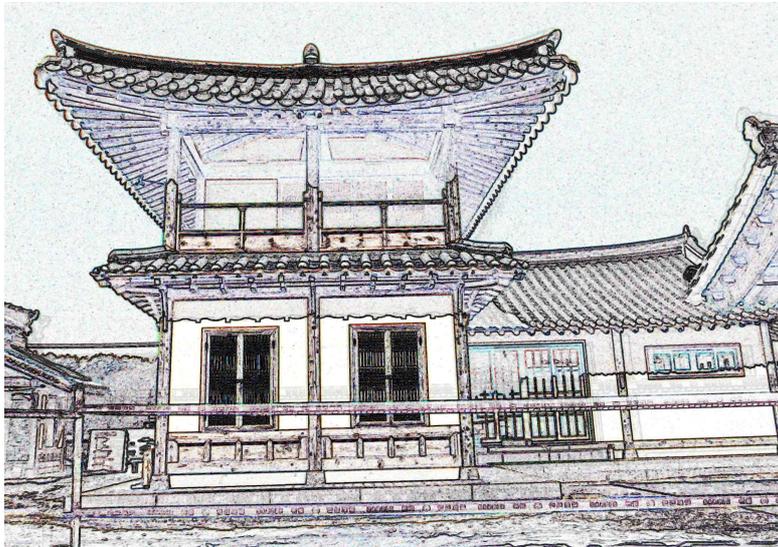
■ 디지털 영상 합성 변형 측정 (지신재) - 2012년 11월 평균정지영상



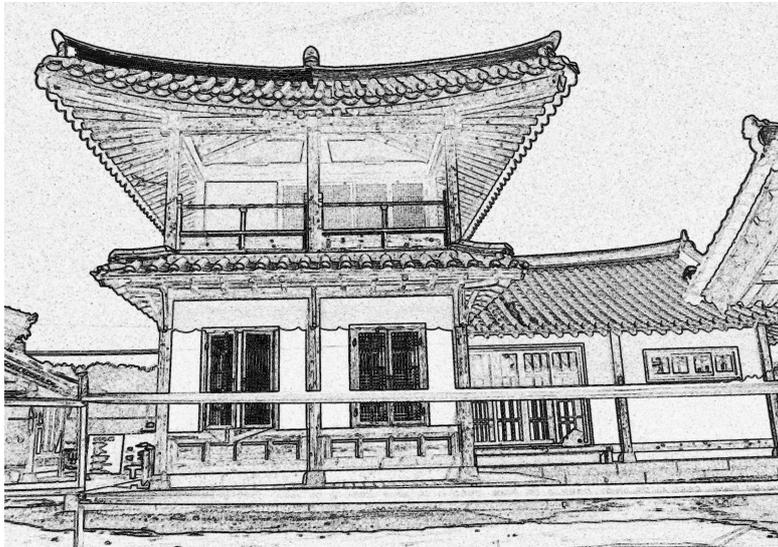
■ 2012년 12월 평균정지영상



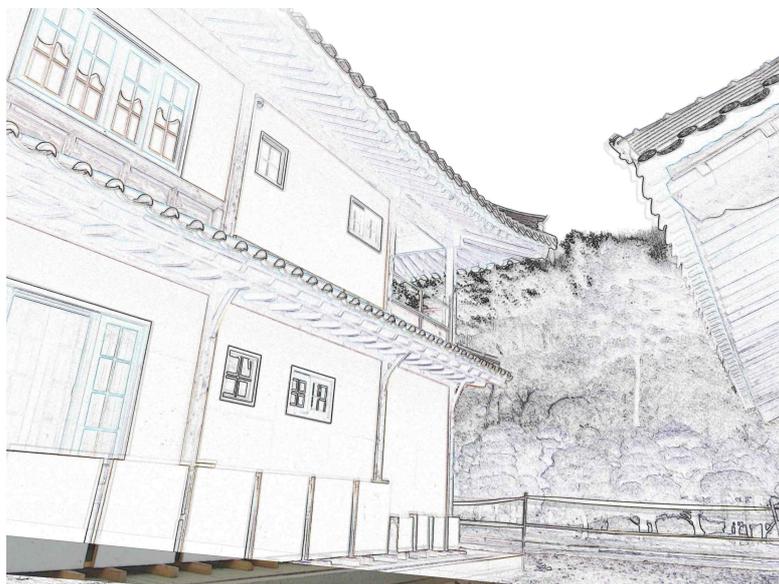
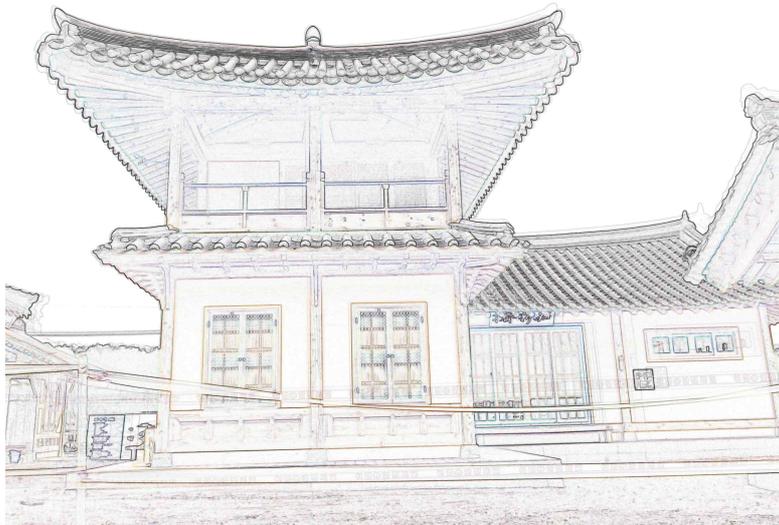
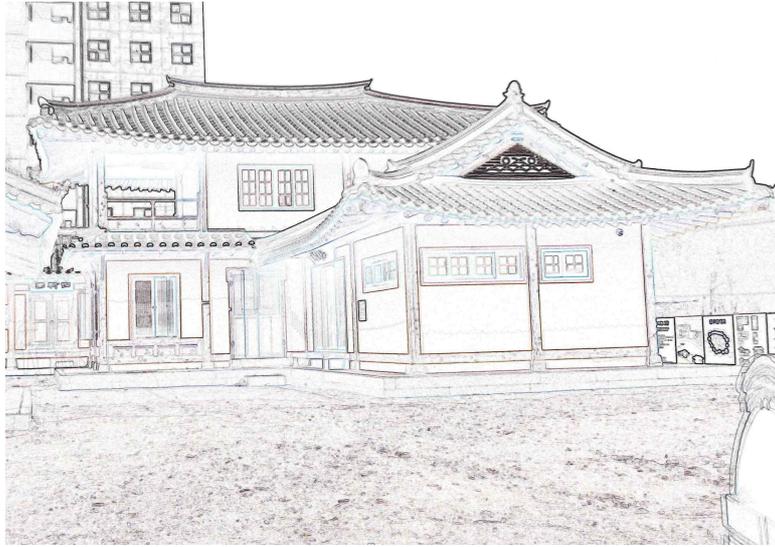
■ 2013년 01월 평균정지영상



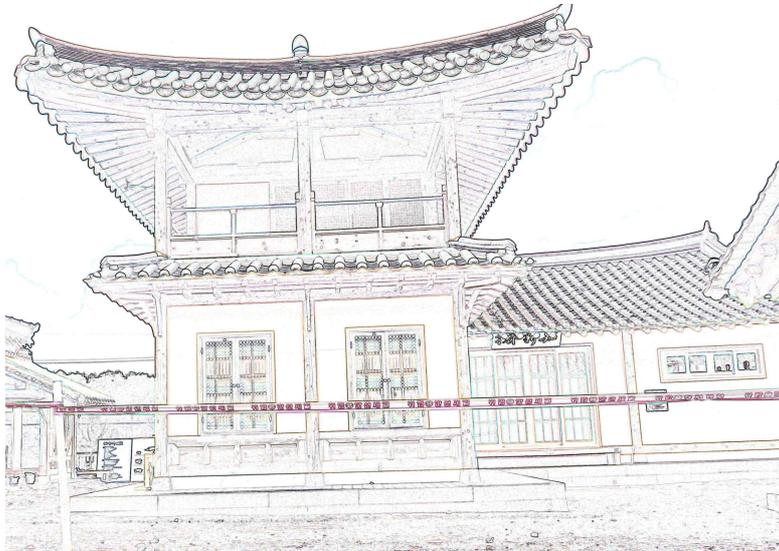
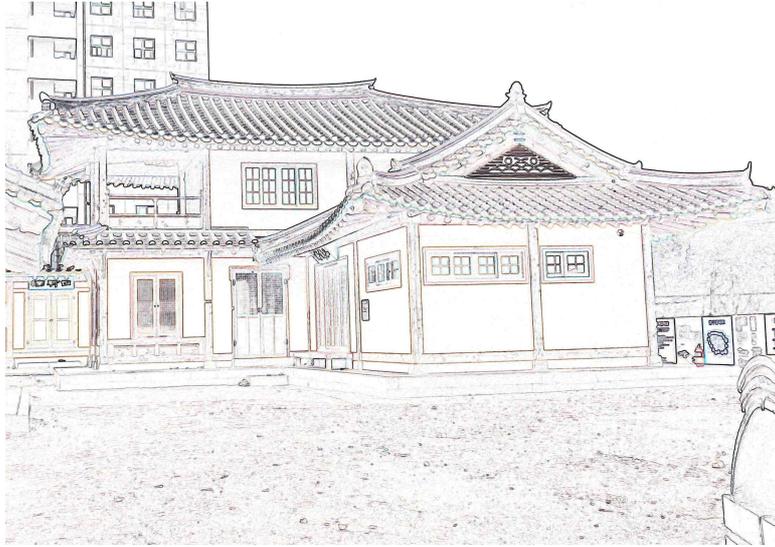
■ 2013년 02월 평균정지영상



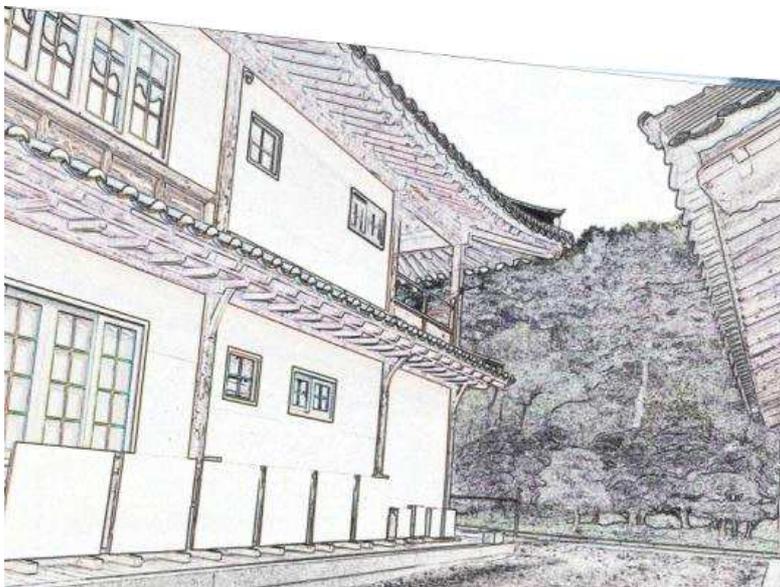
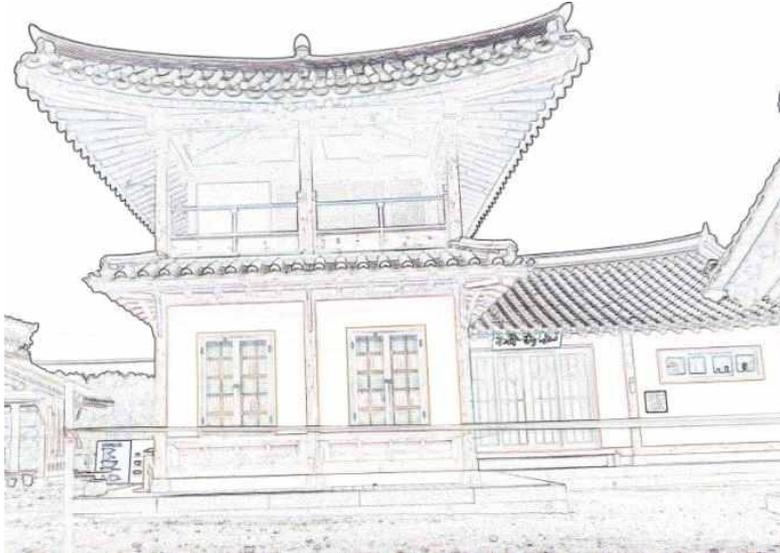
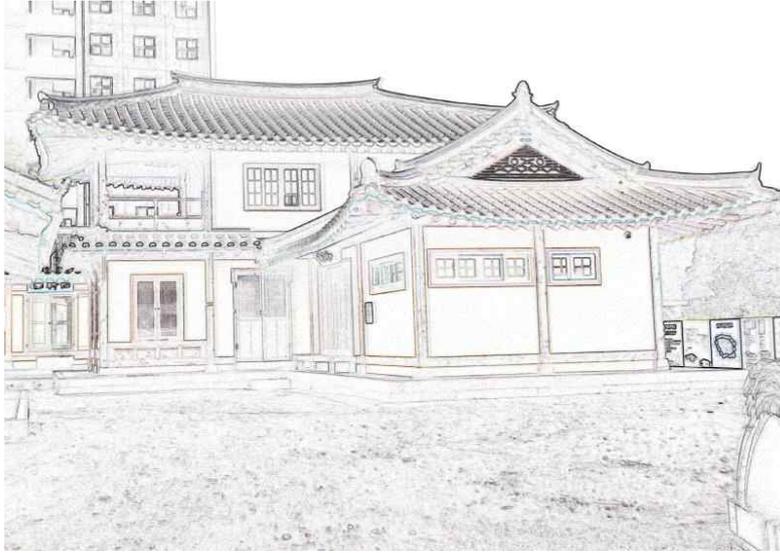
■ 2013년 03월 평균정지영상



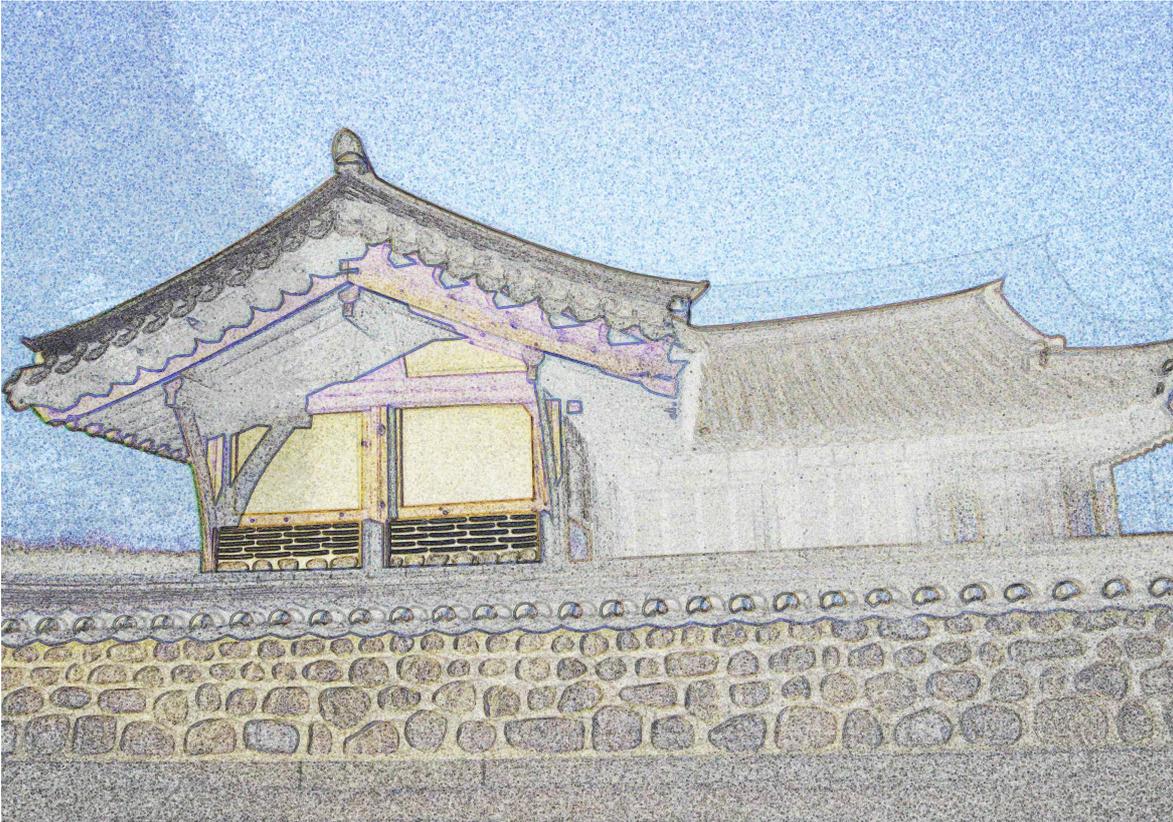
■ 2013년 04월 평균정지영상



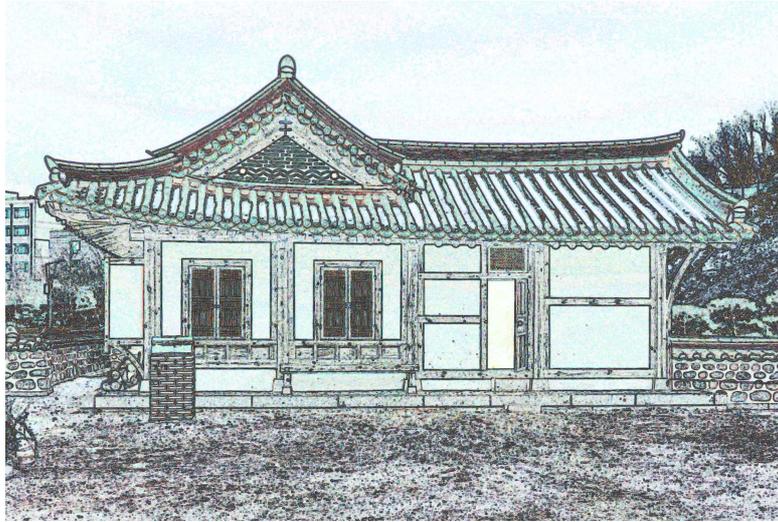
■ 2013년 05월 평균정지영상



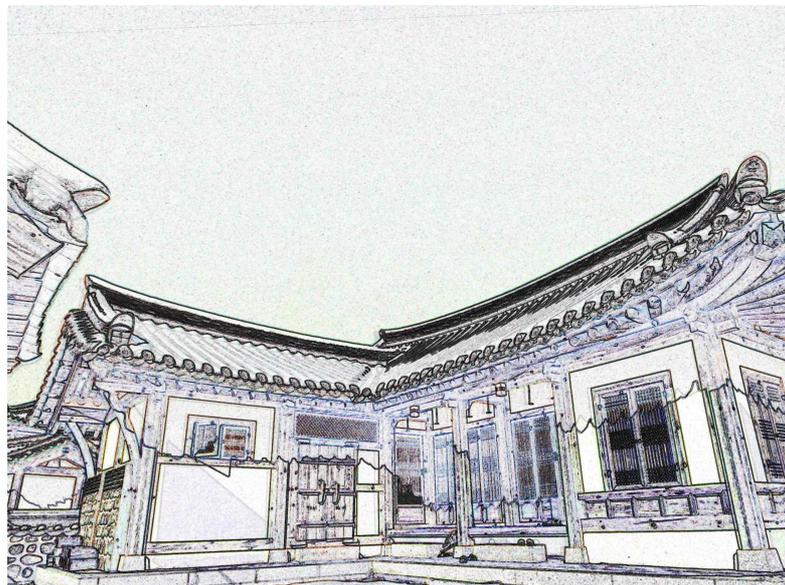
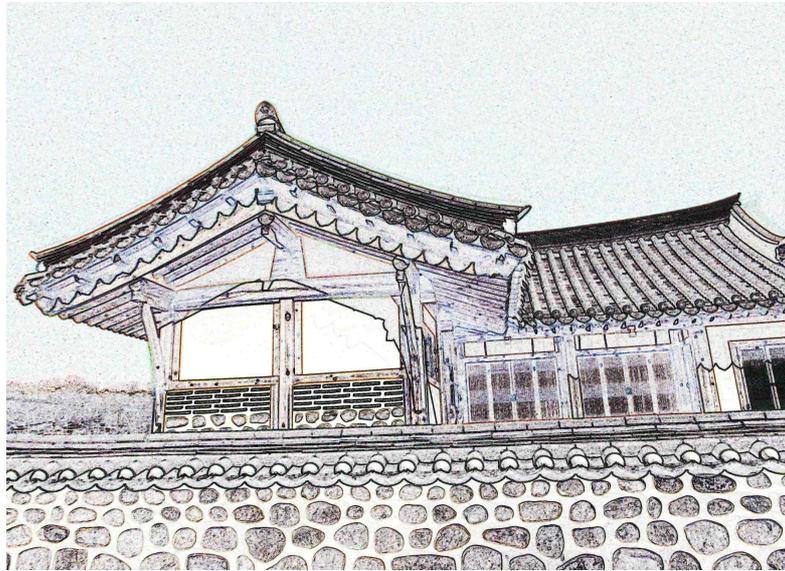
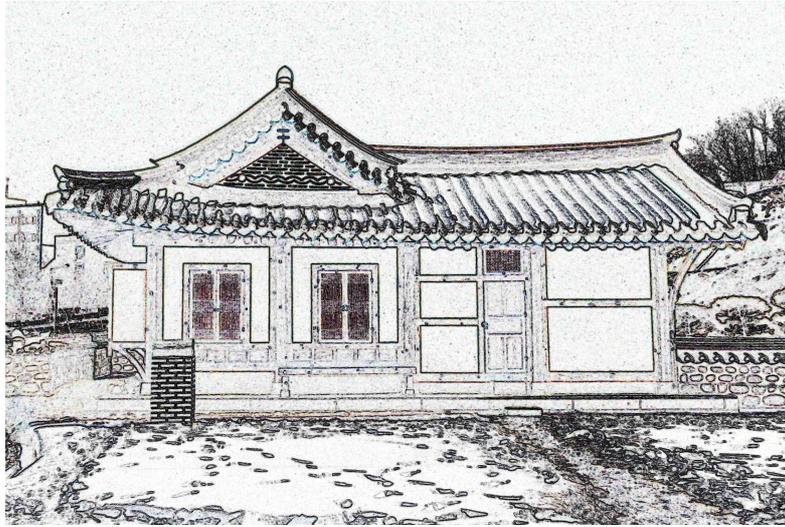
■ 디지털 영상 합성 변형 측정 (온고재)2012년 11월 평균정지영상



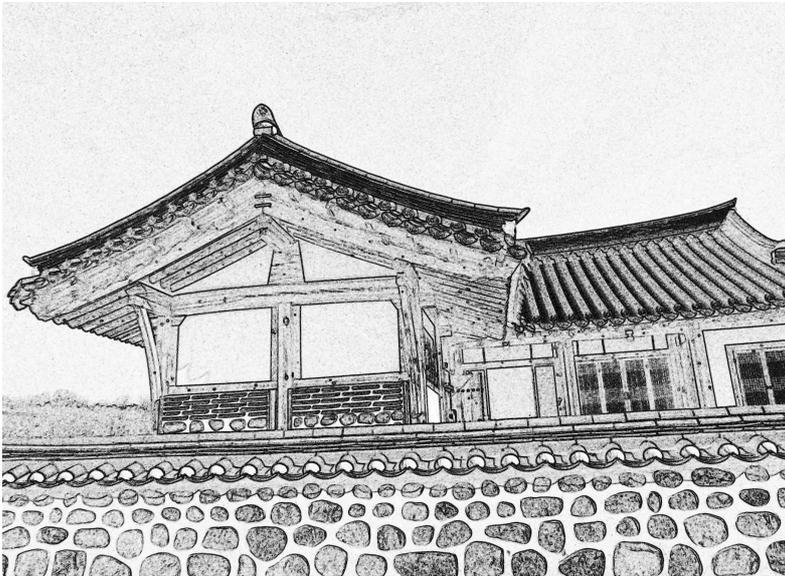
■ 2012년 12월 평균정지영상



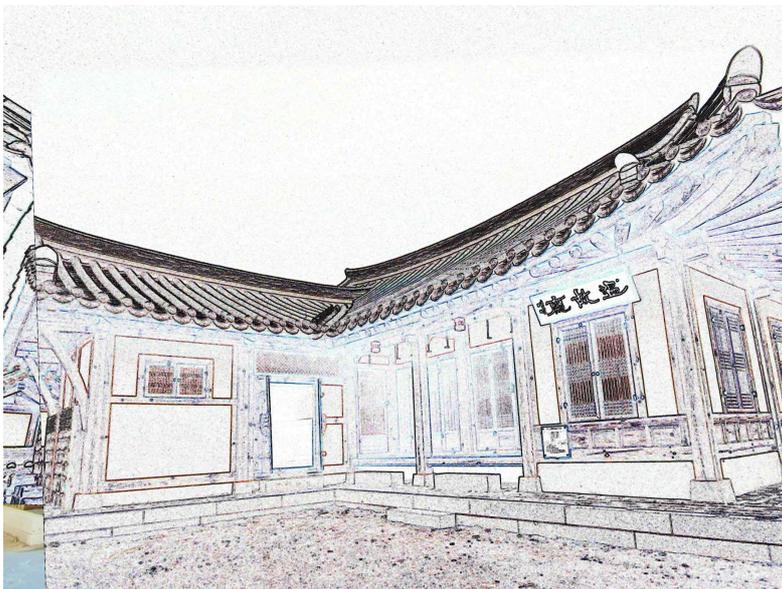
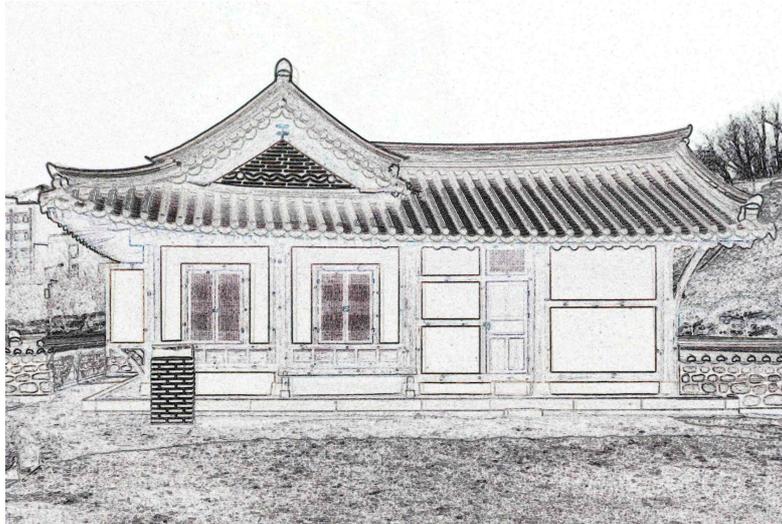
■ 2013년 01월 평균정지영상



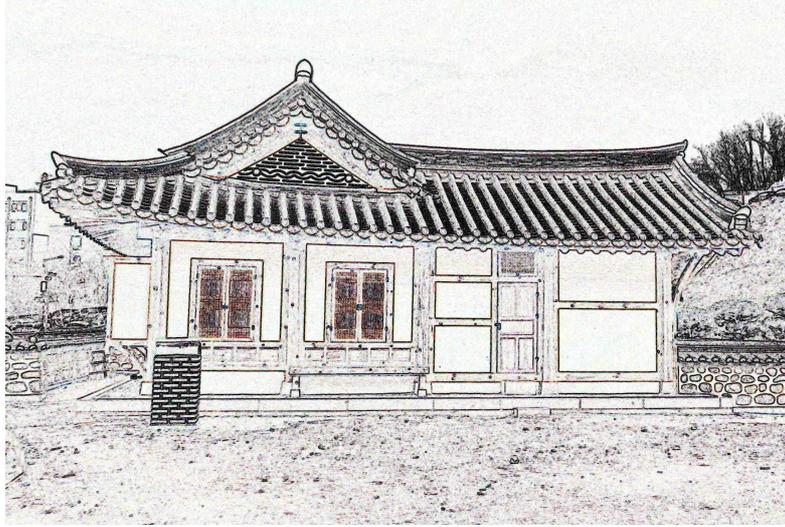
■ 2013년 02월 평균정지영상



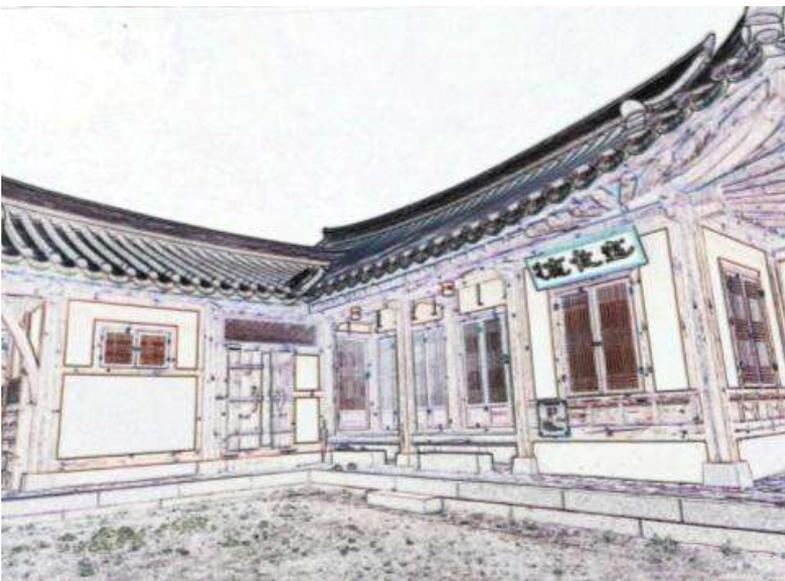
■ 2013년 03월 평균정지영상



■ 2013년 04월 평균정지영상



■ 2013년 05월 평균정지영상

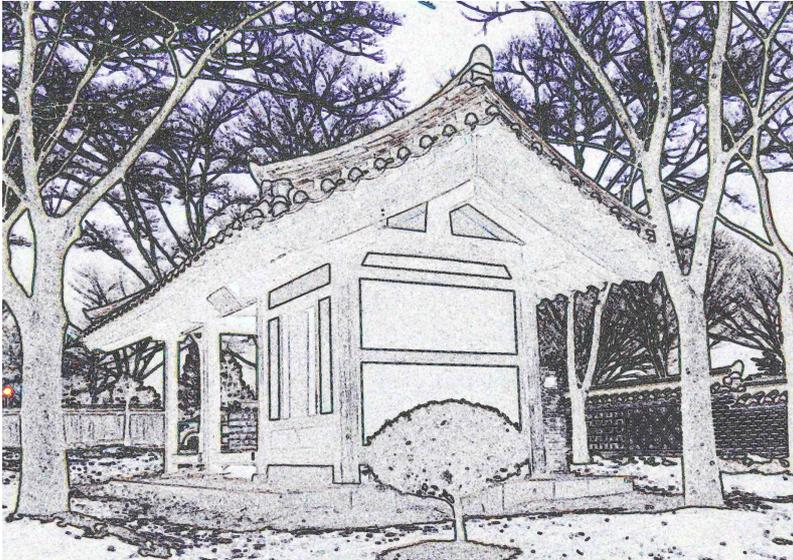
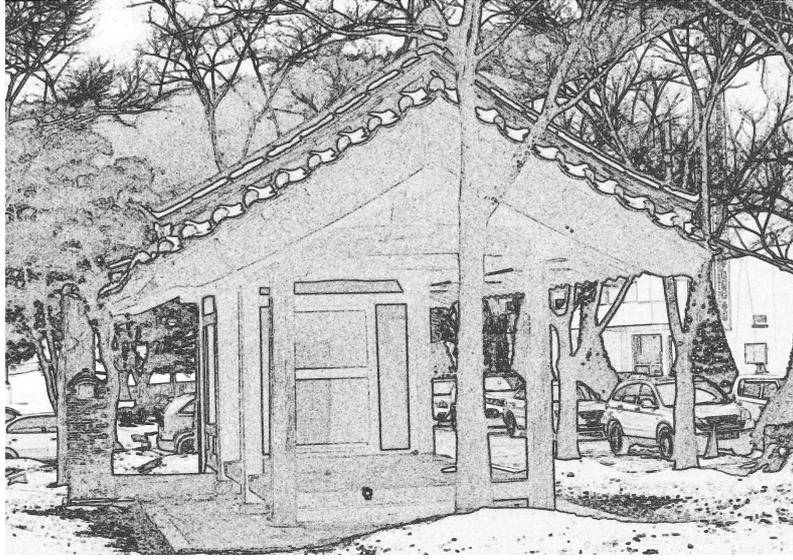


1.2.3 예제한옥(명지대 무루정)

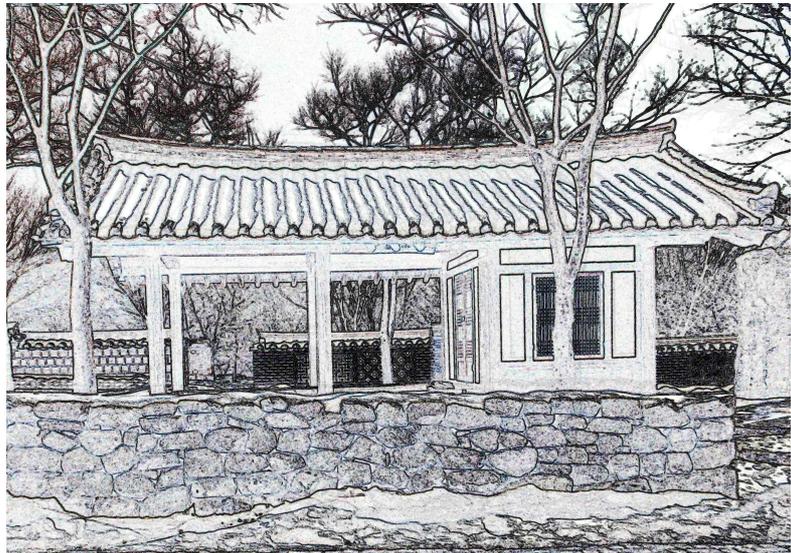
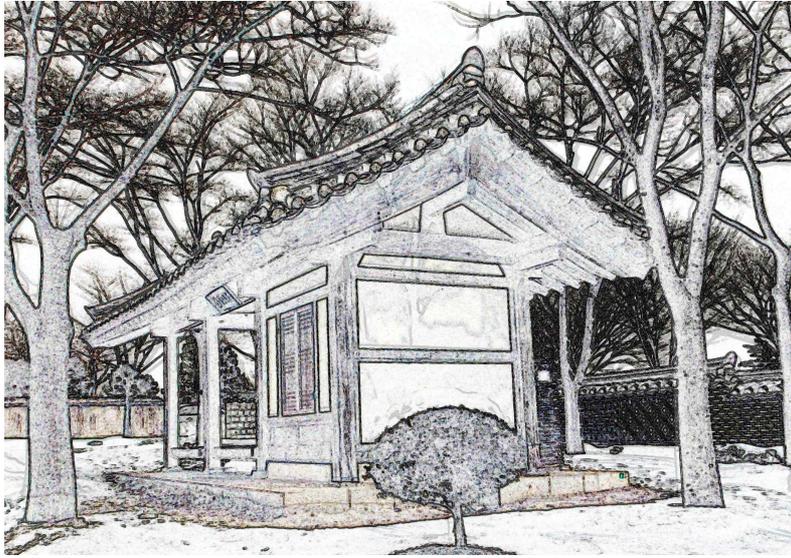
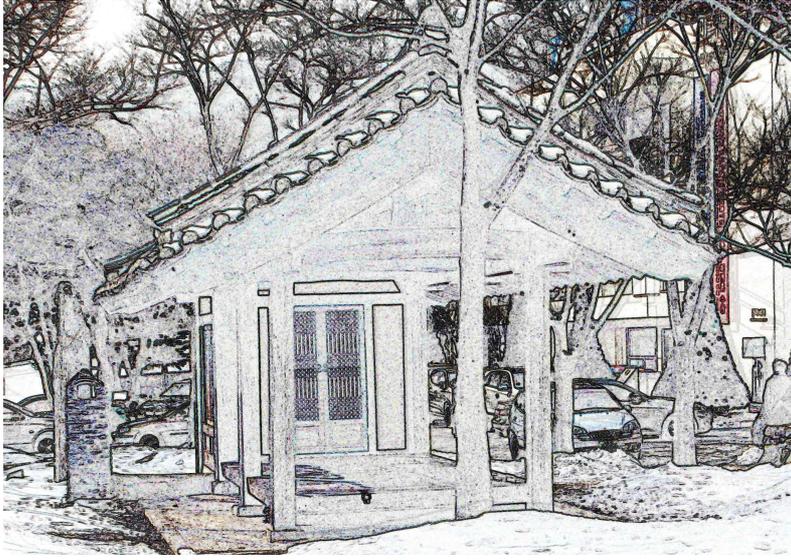
■ 2012년 11월 평균정지영상



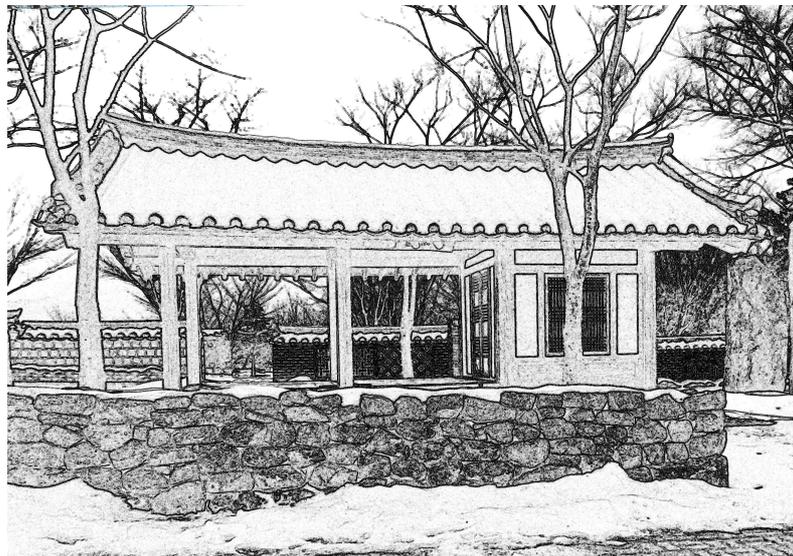
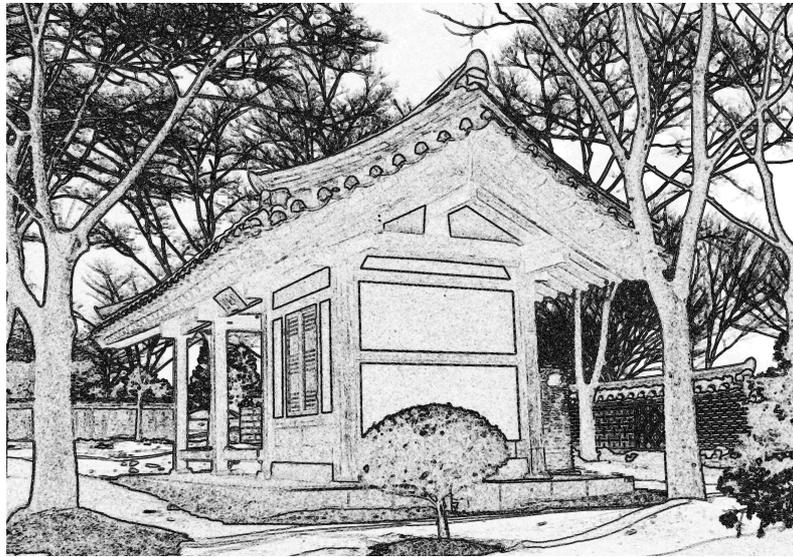
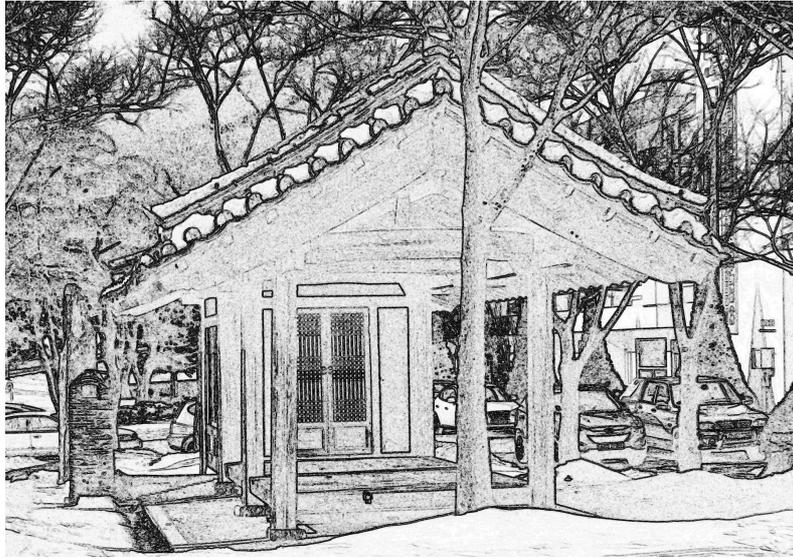
■ 2012년 12월 평균정지영상



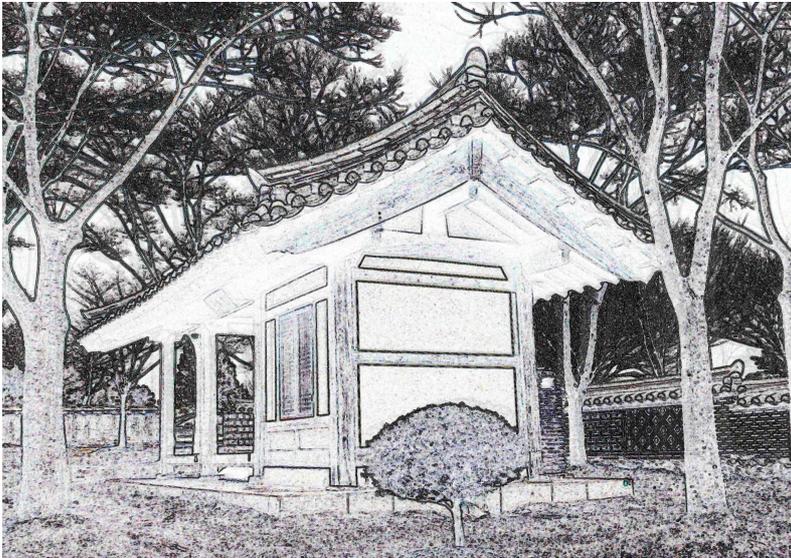
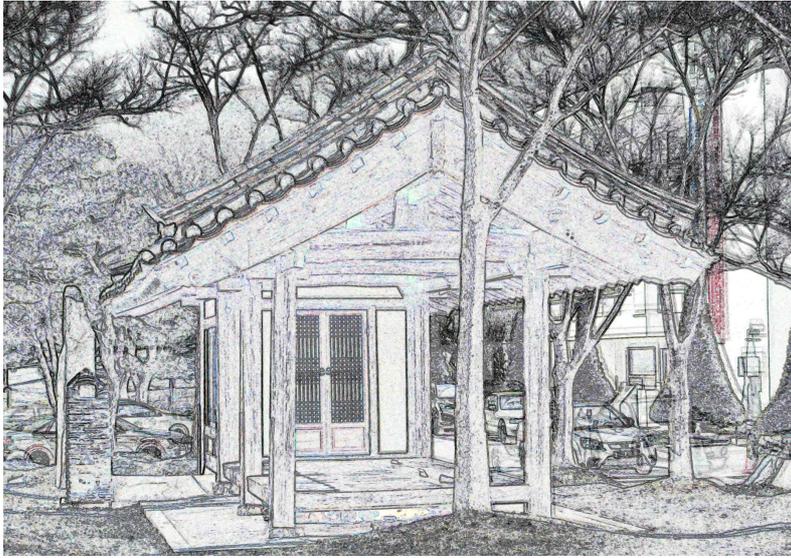
■ 2013년 01월 평균정지영상



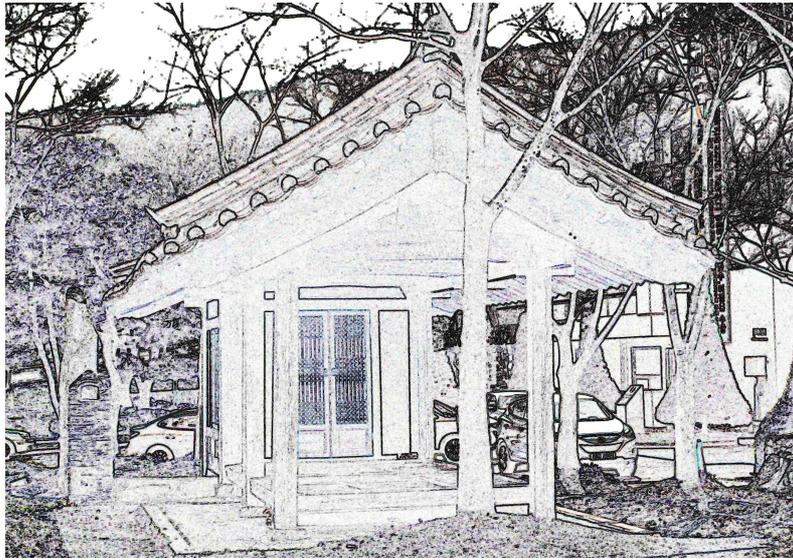
■ 2013년 02월 평균정지영상



■ 2013년 03월 평균정지영상



■ 2013년 04월 평균정지영상



■ 2013년 05월 평균정지영상

