

알칼리 활성화 고로슬래그 기반 친환경 한식기와의 성능

Properties of Eco-friendly Korean Traditional Rooftile Based on Alkali-Activated Blast Furnace Slag

송금일* 최정일** 송진규*** 천득염**** 이방연*****
Song, Keum-Il Choi, Jung-Il Song, Jin-Kyu Cheon, Deuk-Youm Lee, Bang Yeon

Abstract

The Korean smoked clay rooftile is expensive and heavy comparing to cement rooftile due to pyroprocessing while showing high strength and durability. The cement rooftile has negative image in terms of greenness and traditionality and also requires painting for implementing the traditional color. The purpose of this study is to develop an eco-friendly new Korean traditional rooftile using alkali-activated blast furnace slag with the traditional color which is similar to that of Korean smoked rooftile by incorporating carbon black and evaluate the performance of developed rooftile. A series of experiments was performed to determine the optimal dosages and types of alkali-activator and mixture proportion and then the properties of rooftile were evaluated. From the test results, it was exhibited that the alkali-activated slag based rooftile developed in this study showed higher performance than that specified in the Korean standards and showed similar color with that of Korean smoked roof tile.

키워드 : 알칼리 활성화 슬래그, 한식기와, 전통색상, 카본 블랙

Keywords : Alkali-Activated Slag, Korean Traditional Rooftile, Traditional Color, Carbon Black

1. 서론

전통 한식점토기와는 외관이 미려하고, 내수성, 내화성, 내구성 등이 우수하기 때문에 전통 건축물뿐만 아니라 현대 건축물에도 사용되고 있는 지붕재료이다. 그러나 점토기와는 고온의 소성 과정을 거치기 때문에 타 기와에 비하여 단가가 높고 무게가 많이 나갈 뿐만 아니라 제조하는 과정에서 에너지 소비가 많은 단점이 있다. 이러한 문제 때문에 저가이면서 비교적 제작이 간단한 가압 시멘트 판 기와가 많이 사용되고 있다. 가압 시멘트 판 기와는 시멘트와 경질의 세골재를 섞어 물과 혼합한 후 고압 프레스로 성형하여 제작하는데, 최근에는 시멘트 양이 많은 모르타르를 주로 사용하고 있다. 그러나 시멘트는 제조 과정에서 많은 이산화탄소를 배출하는 지구 온난화의 주원인 중 하나이다. 보

통 시멘트는 1 톤(ton)이 생산될 때 0.8 ton의 많은 양의 이산화탄소가 발생된다고 알려져 있다. 시멘트의 이산화탄소 배출 문제뿐만 아니라 우리나라 전통 건축물을 대표하는 한옥 건축물에 사용될 기와가 경제성 때문에 전통과는 거리가 멀고 환경적으로 부정적인 이미지를 갖고 있는 시멘트를 사용하게 되는 것도 사용자 입장에서는 불편한 현실이다. 따라서 이 연구에서는 시멘트 대신 친환경 재료를 이용한 기와를 개발하여 기와의 부정적 이미지를 없애고 환경부하를 줄이고자 알칼리 활성화 슬래그 결합재를 이용하고자 한다. 알칼리 활성화 슬래그 결합재는 시멘트 원료인 클링커를 전혀 사용하지 않기 때문에 제조 공정에서 탄소배출량을 현저하게 줄일 수 있고 산업부산물을 적극적으로 활용하기 때문에 환경 친화적인 재료로 인식되어 시멘트 대체 재료로써 각광받고 있다.¹⁻³⁾

또한 1,200℃에서 소성한 후, 색상을 구현하는 전통 점토기와와 달리 시멘트 판 기와는 고압 프레스로 성형하여 양생한 후 페인트 도색을 통하여 색상을 구현한다. 그러나 페인트 도색은 내구성이 낮기 때문에 기와 자체의 결합과 상관없이 변색이나, 페인트 칠 벗겨짐 등의 이유로 기와를 교체해야 하는 문제점이 있다. 이러한 기존의 가압 시멘트

* 전남대 건축공학과 박사과정

** 전남대 건축공학과 석사과정

*** 전남대 건축공학과 교수

**** 전남대 건축공학과 교수

***** 전남대 건축공학과 조교수

(교신저자, E-mail : bylee@jnu.ac.kr)

판 기와의 문제점을 해결하기 위해, 시멘트 대신 친환경 재료인 알칼리 활성 고로슬래그 결합재를 이용하고, 기존 페인트 도색 대신 기와 자체의 색상을 전통 점토기와 수준으로 재현하여 도색의 성능저하가 없는 친환경 고내구성 기와를 개발하는 것이 이 연구의 목표이다.

2. 연구 목표 및 진행 방법

2.1. 연구 목표

이 연구의 목표는 알칼리 활성 슬래그를 이용한 기와 제작과, 기존 페인트 도색이 아닌 재료의 자체적인 색상을 구현하는 것이다.

표 1은 KS F 4029에서 요구하는 가압시멘트 판 기와의 성능기준으로 이 연구에서 개발하고자 하는 기와의 성능 목표이다. KS F 4029에서 요구하는 성능은 휨파괴 하중 1.47kN 이상, 흡수율 10% 이하이다.

기와의 색상은 재료의 색상을 부여하는 카본블랙을 배합 과정에서 혼입하여 기와의 성능저하 없이 기와 자체의 색을 점토기와 유사한 수준으로 구현시키는 것이 연구의 목표이다.

표 1. 가압시멘트 판 기와의 요구 성능

항목	한식형	스페니시 S형 5호	관련규격
휨파괴 하중 (kN)	1.47 이상	1.47 이상	KS F 4029
흡수율 (%)	10 이하	10 이하	KS F 4029
색상구현	점토기와와 색상 비교		

2.2. 진행 방법

이 연구의 목표를 달성하기 위한 연구 진행 방법은 다음과 같다. 먼저 KS F 4029에 만족하는 친환경 한식기와를 제작하기 위하여 물성을 고려한 결합재를 선정하고, 기와 제작에 필요한 배합비를 결정한다. 결합재 종류와 그에 따른 모르타르 배합비가 결정되면 기와 제작용 성형기를 이용하여 파일럿(pilot) 기와를 제작하고 휨파괴 하중을 측정한다. KS 규격에서 요구하는 기와의 성능은 휨파괴 하중이고, 이 휨파괴 하중은 재료의 휨강도와 기와의 두께에 따라 달라지므로, 휨 실험을 통해 구해진 파일럿 기와의 휨파괴 하중과 두께를 통해 재료의 휨강도를 구하고, 구해진 휨강도를 이용하여 KS 규격을 만족시킬 수 있는 기와의 최소 두께를 결정한다. 위의 과정을 통해 제작된 기와는 휨파괴 하중, 흡수율 시험을 통해 KS 규격의 만족여부를 평가한다. KS 규격을 만족하면, 기와의 내동해성 시험을 수행하는데, KS 규격에서는 점토기와에 대해서만 내동해성

시험기준이 있고, 가압 시멘트 판기와의 대해서는 이에 대한 언급은 없다. 그러나 내동해성은 기와의 내구성능을 평가할 수 있는 중요한 요소이기 때문에 이 연구에서는 기와에 대한 내동해성 실험을 수행하였다. 모든 요구 성능을 만족하는 친환경 기와를 개발 후, 재료 자체의 색상을 점토기와의 색상과 동등한 수준으로 구현하고자 카본블랙을 사용하였다. 시험 방법은 혼입되는 카본블랙의 양을 조절하고 혼합 과정에서 여러가지 방법으로 배합하여 모르타르를 제작 후 점토기와 색상을 비교하였다 (표 2).

표 2. 연구 범위

친환경 한식기와 개발	자체 색상 구현
결합재 결정 배합비 결정 기와 두께 결정 KS 규정 만족 내동해성 평가	카본블랙 혼입량 결정 혼합 방법 결정 자체 색상 구현

3. 친환경 한식기와 제작

3.1. 재료 및 배합

3.1.1 재료

이 연구에서 사용한 결합재는 국내 G사의 KS F 2563에 규정된 고로슬래그 미분말 3종 분말도(4,204 cm²/g), 국내 G사의 정제 플라이애시 (3,500~4,000 cm²/g)를 사용하였으며, 성분의 조성은 표 3과 같다. 알칼리 활성화제는 Ca(OH)₂와 Na₂SO₄, Na₂SiO₃를 사용하였다.

표 3. 모재료의 구성 성분 조성비

Source Material	Composition (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
GGBS	31.57	13.58	43.26	0.38	4.86	0.18	0.41	0.04	4.53
F/A	53.70	32.90	1.84	5.50	0.92	0.37	1.76	0.15	0.46

주1) GGBS : Ground Granulated Blast-furnace Slag

주2) F/A : Fly Ash

3.2. 예비 실험

3.2.1 결합재 선정

기와를 제조할 때 시멘트를 사용하지 않고 알칼리 활성 슬래그 결합재를 이용하기 위하여 결합재를 선정하기 위한 실험을 수행하였다. 모재료인 고로슬래그 파우더(SP)와 자

극제인 알칼리제들을 중량비로 계량한 결합재들을 물-결합재 비 0.485, 잔골재-결합재 비 2.45의 모르타르를 혼합하여 시멘트 판 기와의 양생조건인 65°C에서 10시간 증기양생하고, 이 후 수증양생을 하였다. 양생 후 1일과 3일에 각각 압축강도를 측정하였으며, 결합재들에 대한 배합비와 모르타르의 압축강도는 표 4 와 같다. 시험 결과 3일 압축강도가 15 MPa 이상인 4, 7, 8, 9, 10 번 결합재들을 파일렛 기와에 쓰일 결합재로 선정하였다.

표 4. 결합재 배합비 및 모르타르 압축강도

Mix	Binder (%)				Compressive strength (MPa)	
	SP	SS	CH	SSu	1 day	3 days
1	97		3		5.8	7.4
2	95		5		8.6	11.2
3	93		7		11.1	13.9
4	90		7	3	15.4	17.7
5	98	2			11.3	12.9
6	96	4			13.3	14.3
7	94	6			16.2	18.3
8	92	8			19.6	22.8
9	90	10			22.4	25.2
10		3		6	12.8	15.2

주1) SP: slag powder, SS: sodium silicate powder, CH: calcium hydroxide powder, SSu: sodium sulphate powder

주2) Curing condition : 65°C steam curing for 10 hours (W/B 0.485, S/B 2.45)

3.2.2 플라이애시 치환율

시멘트 가압 판기와는 고압의 프레스로 가압하여 성형하는데, 시멘트만 사용한 모르타르는 표면이 매끄럽게 성형되지 못한다. 이를 해결하기 위해 현재 시멘트 가압 판 기와 제조 시 플라이애시를 결합재 총 중량의 약 30~40%를 치환하여 사용한다. 결합재 선정 시험을 통해 선정된 결합재 중 9번 결합재를 이용하여 플라이애시 치환율 20, 30, 40, 50%로 하여 그림 1과 같은 가압 성형기를 이용하여 건식으로 기와를 제작한 후 표면의 상태를 확인하였다. 플라이애시 치환율 20%와 30%에서는 표면의 상태가 다소 매끄럽지 못한 결과를 보였지만, 40, 50%에는 양호하였다(그림 2). 그러나 플라이애시 치환에 따른 강도 감소를 고려하여 치환율은 40%로 결정하였다.



그림 1 시멘트 판 기와 제작용 가압 성형기



표면 다소 거침 표면 상태 양호
(a) F/A 20% (b) F/A 30% (c) F/A 40% (d) F/A 50%

그림 2 잔골재율에 따른 기와의 표면 상태

3.2.3 잔골재율

기와용 모르타르에서 잔골재율은 기와의 단가와 연관되어 있다. 잔골재율을 높이면 단위 결합재의 양이 줄어들기 때문에 경제적이지만, 기와의 강도와 표면상태에 영향을 주기 때문에 적절한 잔골재율을 선정해야 한다. 시멘트 기와의 잔골재율은 1.5~2.0 수준이며, 보통 1.7을 사용한다. 친환경 기와의 잔골재율을 결정하기 위해 9번 결합재에 플라이애시를 40%를 치환하고, 잔골재율을 1.5, 1.75, 2.0 3가지에 대하여 기와를 제작하여 표면 상태를 확인하였다. 그림 3은 잔골재율에 따른 기와의 표면 상태를 나타낸다. 그림과 같이 잔골재율 1.5와 1.75이 표면상태가 양호하였고, 2.0은 표면이 매끄럽지 못한 것으로 나타났다. 따라서 이 연구에서 사용될 본 기와의 잔골재율은 경제성을 고려하여 1.7로 결정하였다.



표면 양호 표면 양호 표면 불량
(a) S/B 1.5 (b) S/B 1.75 (c) S/B 2.0

그림 3 잔골재율에 따른 기와의 표면 상태

3.3. 기와 제작 및 성능 시험

3.3.1 기와 제작

선정된 결합재 4, 7, 8, 9, 10번과 비교 대상인 시멘트를 이용하여 플라이애시 치환율 40%, 잔골재율 1.7을 적용하여 총 6가지 압기와의를 제작하였다 (표 5). 기와용 모르타르는 기술자에 경험에 의해 성형가능한 적절한 반죽질기를 갖도록 물을 배합하였으며, 건식공법 특성상 성형 가압할 때 배합수가 빠지게 되므로 성형 직후 모르타르의 물-결합재 비는 성형 전 비와 비교해서 달라진다. 기와용 모르타르를 배합하고 가압 성형기에 약 3.6kg의 모르타르를 넣고 가압 성형을 실시하였다. 성형된 기와는 고온증기 양생실에서 65℃에서 약 10시간 양생 후 20±2℃, 상대습도 70%의 항온항습실에서 건조 양생을 시켰다. 양생 3일 후 기와의 외관을 살펴본 바 그림 4와 같이 G1, G3, G4, OPC 4가지는 표면이나 양생 상태가 양호하였다. 그러나 G2는 표면에 다량의 백태가 발생하였는데, 이는 활성화제인 Na₂SO₄의 SO₃ 성분이 검출된 것으로 판단된다.

표 5. 기와용 모르타르 배합표

No.	Binder (%)					S/B
	SP	SS	CH	SSu	F/A	
G1	54		4.2	1.8	40	1.7
G2	54.6	1.8		3.6	40	1.7
G3	56.4	3.6			40	1.7
G4	55.2	4.8			40	1.7
G5	54	6			40	1.7
P	OPC				40	1.7

주1) SP: slag powder, SS: sodium silicate, CH: calcium hydroxide, SSu: sodium sulphate, F/A: Fly-ash, S/B: sand-binder ratio

주2) Curing condition : 65℃ steam curing for 10 hours

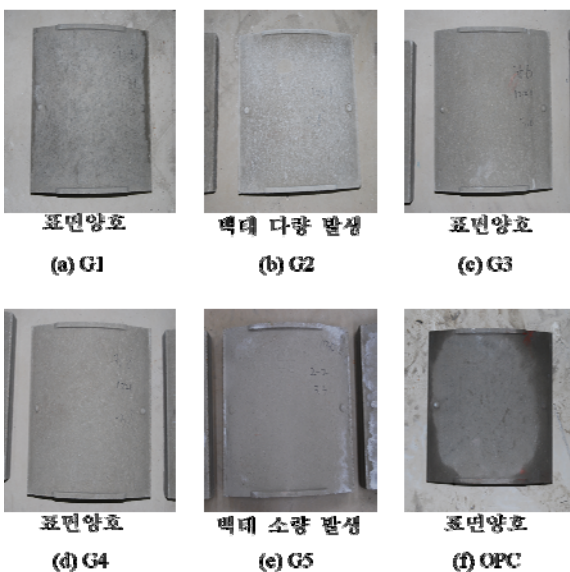


그림 4 기와의 외관 상태 평가

3.3.2 휨파괴 하중

휨파괴 하중 시험은 양생 후 14일에 실시하였다. 휨파괴 하중 시험을 할 때, 기와는 스펠 200mm의 지지봉에 밀착시키는데 이때 지지봉은 지름 약 30mm 이상의 강재로 하였다. 스펠 중앙에 지지봉과 평행하게 지름 약 30mm의 강재 환봉을 걸어 하중을 49.0N/s의 속도로 재하하였다. 그림 5는 휨파괴 하중 시험 모습을 나타낸다.

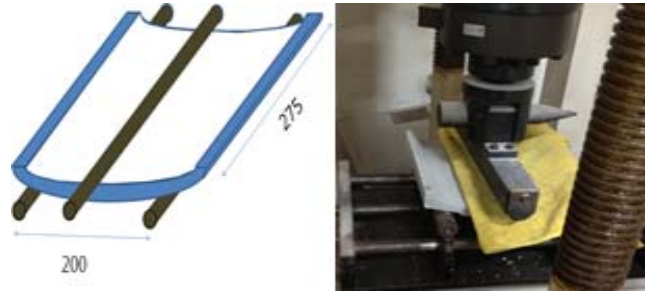


그림 5. 휨파괴 하중 시험

3.3.3 흡수율

흡수율 시험은 시험체의 절건 질량과 포건 질량을 구하고, 식 (1)에 따라 산출하였다.

$$Q = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (\text{식-1})$$

여기서 Q 는 흡수율(%), m_1 은 시험체의 포건 질량 (g), m_2 는 시험체의 절건 질량 (g)이다.

3.3.4 내동해성

내동해성 시험은 KS F 3510에 따라 실시하였다. 시험체를 20±5℃의 맑은 물속에 24시간 담근 후 꺼내어 -20±3℃의 냉동조에 넣어둔 후, 8시간 이상 경과되면 다시 20±5℃의 맑은 물속에 6시간 이상 담근다. 이 후 시험체의 균열, 유약의 들뜸 유무 등을 관찰하는 것을 1회로 하여 총 30회의 동결 융해에 관한 내동해성 시험을 실시하였다.

4. 친환경 한식기와의 자체 색상 구현

4.1. 재료 및 배합

개발되어진 알칼리 활성 슬래그 기반의 친환경 한식기와가 점토기와의 색상을 자체적으로 갖을 수 있도록 하기 위

한 실험으로 카본블랙 (직경 $1\mu m$ 이하)과 카본블랙의 분산을 위한 PC계 고성능 감수제를 사용하였다.

표 4는 실험에 사용된 배합표이다. 친환경 한식기와의 제작할 때 카본블랙의 혼입량을 다르게 투입하고, 혼합방법을 다르게 하여 색상의 변화를 조사하였다.

표 6. 배합표

Mix	Carbon Black	혼합방법
G-CB0.5%	0.5%	A
G-CB0.5%	0.5%	B
G-CB0.5%	1%	A
G-CB0.5%	1%	B
G-CB0.5%	2%	A

4.2. 혼입량 및 혼합방법

카본블랙 혼입량에 따른 색상의 변화를 평가하기 위하여 카본블랙 혼입량을 달리하였고, 혼합방법의 차이가 카본블랙의 분산성에 영향을 주는지 평가하기 위하여 혼합방법을 A, B로 나누어 실시하였다. 카본블랙은 결합재 양의 질량 비로 0.5%, 1%, 2%를 혼입하였다. 혼합방법 A는 카본블랙, 물, 감수제를 먼저 혼합한 후 결합재와 모래를 혼합하는 방식이며, 혼합방법 B는 고체를 먼저 혼합한 후 액체를 넣어 혼합하는 방식이다. 혼합시간은 카본블랙이 충분히 분산되어 색상을 나타낼 수 있도록 하였다. 혼합방법 A는 Step 1 (카본블랙, 물, 감수제) 10분, Step 2 (결합재, 모래) 5분으로 총 15분간 혼합하였고, 혼합방법 B는 Step 1 (고체) 5분, Step 2 (액체) 10분으로 총 15분간 혼합하였다.

5. 실험 결과 및 분석

5.1. 휨파괴 하중

KS F 4029에 규정되어 있는 가압 시멘트 판 기와의 휨 파괴 하중은 1.47 kN 이상이다. 표 5는 휨파괴 하중 실험 결과를 나타내고 있다. 실험 결과 G2를 제외한 모든 배합이 KS에 규정된 조건을 만족하고 기존의 시멘트 기와와 유사한 성능을 나타내었다. 특히 G1, G3, G5는 휨파괴 하중이 1.8 kN 이상을 나타냈다. G1에 사용된 알칼리 활성화제는 $Ca(OH)_2$ 와 Na_2SO_4 이고, G3과 G5에 사용된 알칼리 활성화제는 Na_2SiO_3 이다. $Ca(OH)_2$ 와 Na_2SO_4 가 같이 사용되거나 Na_2SiO_3 만 알칼리 활성화제로 사용될 경우 휨파괴 하중 및 휨강도가 높게 나타났다.

G3와 G5의 경우 동일한 알칼리 활성화제를 혼입하고 혼입량만 6%, 10%로 달리하였는데 휨파괴 하중이 G3는 1.86 kN, G5는 1.89 kN, 휨강도는 G3가 8.35 MPa, G5는 8.58 MPa로 비슷하게 나타났다. 앞서 3.2.1절의 결합재 선정 시험에서 Na_2SiO_3 의 첨가량에 비례해서 강도가 높게 나타난 것과 달리 6% 이상에서 비슷한 강도가 발현되었는데, 이는 치환재인 고로슬래그와 반응해야 하는 Na_2SiO_3 의 일부가 플라이애쉬와 반응하였고, 그 반응생성물질이 강도에 크게 기여하지 못한 것으로 판단된다. 이에 대한 자세한 원리는 추후 연구가 필요하다. 이 연구에서의 실험 결과만을 보았을 때 알칼리 활성 슬래그 결합재 중 자극제를 Na_2SiO_3 를 이용한 결합재는 기와를 제조할 때 플라이애쉬의 치환을 고려한다면, Na_2SiO_3 는 혼입량을 6%만 넣는 것이 효과적인 것으로 판단된다. G2는 휨파괴 하중이 1.30 kN으로 KS 규정을 만족시키지 못하였는데, 이는 자극제인 Na_2SiO_3 의 양이 3% 수준으로 고로슬래그와 플라이애쉬의 수화반응을 활성화시키기에는 그 양이 부족했기 때문에 수화생성물이 충분히 생성되지 못하고 활성화되지 못한 결합재들이 단순히 충전재 역할만 한 것으로 판단된다.

표 7. 휨파괴 하중 실험 결과

Mix	G1	G2	G3	G4	G5	P
휨파괴 하중 (kN)	1.84	1.30	1.86	1.58	1.89	1.51
기와 두께 (mm)	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	13.5
휨강도 (MPa)	8.35	5.90	8.45	7.14	8.58	8.98

5.2. 흡수율

가압 시멘트 판기와의 흡수율은 KS F 4029에서 10% 미만으로 규정되어 있다. 실험 결과 모든 배합에서 흡수율은 10% 이하로 나타나 KS 규정을 만족하는 것으로 나타났다. 표 6은 흡수율 실험 결과를 나타내고 있다. G1은 흡수율 8.5%로 실험 배합 중 가장 흡수율이 낮았고, Na_2SiO_3 를 알칼리 활성화제로 사용한 G3, G4, G5가 흡수율이 9.1%, 9.5%, 9.3%로 비교적 높았다. 그러나 흡수율은 알칼리 활성화제를 사용한 친환경 한식기와의 기존의 가압 시멘트 판 기와보다 약 1% 정도 높게 나타났다.

표 8. 흡수율 실험 결과

Mix	G1	G2	G3	G4	G5	P
흡수율 (%)	8.5	8.9	9.1	9.5	9.3	7.8

5.3. 내동해성

내동해성 시험은 총 30회 동결융해를 실시하였는데 모든 배합의 기와에서 외관의 균열이나 박리 등의 결점이 발생하지 않았다. KS에는 10회 이상으로 규정되어 있는데 총 30회 실시에도 결점이 발생하지 않았기에 충분한 내동해성을 가지고 있는 것으로 판단된다.

5.4. 자체 색상 구현

개발되어진 친환경 한식기와 배합에 카본블랙을 추가 혼입하여 기와 자체의 색상을 구현하는 실험은 전체적으로 점토기와의 색상과 유사하게 구현할 수 있었다. 그림 6은 카본블랙을 혼입하여 색상을 구현한 친환경 한식기와의 모습이다. 카본블랙의 혼입량이 1%인 경우 점토기와의 색상과 가장 유사한 색상을 나타냈으며, 0.5%인 경우에는 그보다 옅은 회색에 가까운 색을 나타냈다. 또한 카본블랙 혼입량이 2%인 경우 1%를 혼입하였을 때와 색상의 차이가 거의 나타나지 않았다. 따라서 카본블랙 혼입량은 1%를 넣었을 때 최적의 양으로 점토기와의 색상과 가장 유사한 색을 구현할 수 있는 것으로 나타났다.

혼합방법에 의한 차이는 식별이 불가능할 정도로 거의 차이가 발생하지 않았다. 또한 모든 시편에 카본블랙의 뭉침현상이 나타나지 않았다. 이는 카본블랙을 충분히 분산하면, 혼합방법에 관계없이 균일한 색상을 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

6. 결 론

이 연구에서는 시멘트를 사용하지 않고 알칼리 활성 슬래그를 이용하여 KS 규정을 만족하는 친환경 한식기와의 개발하고, 개발되어진 친환경 한식기와가 도색과정을 거치지 않고 제작 과정에서 자체적으로 점토기와와 유사한 색상을 갖는 제조기법을 제시하였다. 이를 위하여 KS 규정에 만족하는 휨파괴 하중 시험, 흡수율 시험, 내동해성 시험 등을 수행하였고, 카본블랙의 혼입량과 혼합방법에 따른 기와의 색상을 비교 및 조사하였다. 이를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

결합재의 종류, 알칼리 활성화제의 종류 및 혼입량 등을 최적화하여 시멘트를 사용하지 않은 친환경 한식기와의를 개발하고, 카본블랙의 혼입량 및 혼합방법 등을 최적화하여 도색 과정 없이 제작과정에서 자체적으로 점토기와의 색상을 구현할 수 있는 기와의 배합 및 제조기법을 제시하였다.

알칼리 활성화제의 종류 및 혼입량에 따른 다섯가지 배합에 대한 휨파괴 하중 및 휨강도 측정 결과 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 가 10.5% 일 때와, Na_2SiO_3 가 6% 혼입되었을 때 휨

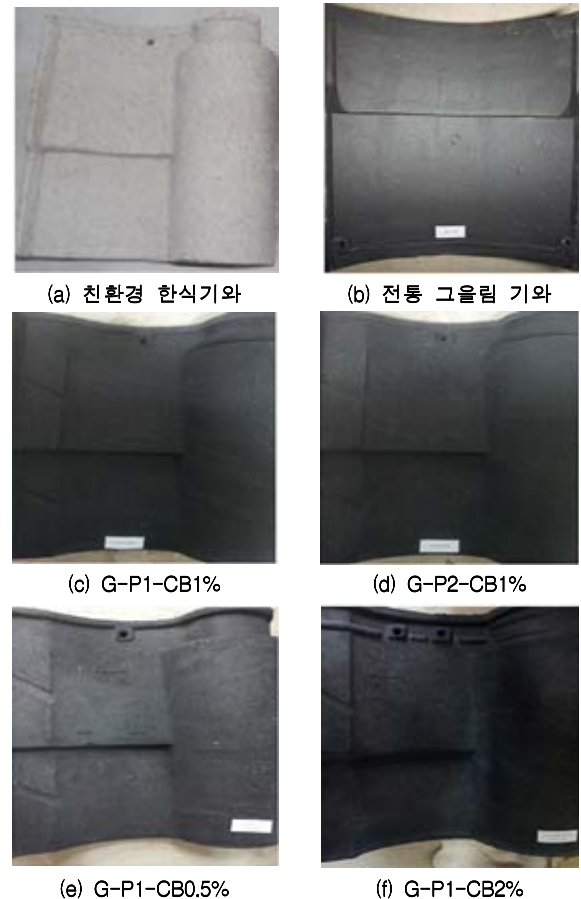


그림 6. 기와 색상 구현

파괴 하중과 휨강도가 높게 나오는 것으로 나타났다.

흡수율 시험 결과, 알칼리 활성화제의 종류 및 혼입량에 따른 다섯가지 배합은 모두 KS 규정을 만족하는 것으로 나타났다. 그 중 G1 배합이 8.5%로 가장 낮은 흡수율을 보이는 것으로 나타났다.

내동해성 시험 결과 모든 배합이 동결 융해 30회 실시에도 외관의 균열이나 박리가 발생하지 않았다. 모든 배합은 KS 규정을 충분히 만족시키며, 내동해성이 매우 뛰어난 것으로 나타났다.

카본블랙의 혼입량을 조절하여 점토기와의 색상을 구현하기 위한 실험에서, 카본블랙의 혼입량이 1%일 때 가장 유사한 색상을 구현할 수 있는 것으로 나타났다. 1% 미만으로 카본블랙을 혼입할 경우 색상의 선명도가 떨어졌고, 1% 이상을 혼입하더라도 색상의 선명도는 1%를 혼입하였을 때와 차이가 없다는 것을 확인하였다.

혼합방법을 달리하여 기와를 제작하더라도 기와의 색상에는 크게 영향이 없는 것으로 나타났다. 특히, 기와의 색상을 구현하는 카본블랙은 충분한 분산이 이루어질 경우, 혼합방법이나 순서에 상관없이 충분히 색상 발현이 가능하다는 점을 확인하였다.

별도의 제조방식 없이 기존의 시멘트 기와 제조 방식과

동일하게 친환경 한식기와의 제작이 가능하며, 카본블랙만 추가 투입해도 충분히 점토기와의 색상을 구현할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원 (10첨단도시 B01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 송진규, 양근혁, 김건우, 김병조, “고로슬래그와 나트륨 계열 활성화제를 이용한 무시멘트 모르타르의 특성”, 대한건축학회 논문집 구조계, 제26권, 제6호, 2010.6, pp. 61-68.
2. 양근혁, 심재일, 이 설, 황혜주, “알카리활성 무시멘트 경량모르타르의 유동성, 압축강도 및 내화특성”, 대한 건축학회 논문집, 제25권, 제8호, 2009.8, pp. 151-158.
3. 양근혁, 오승진, 송진규, “경량골재를 사용한 알칼리 활성 슬래그 콘크리트의 역학적 특성”, 한국콘크리트학회 논문집, 제20권, 제3호, 2008.6, pp. 405-412.

연구 논문 투 고 서(양식)

제 목	(국문) 알칼리 활성화 고로슬래그 기반 친환경 한식기와의 성능						
	(영문) Properties of Eco-friendly Korean Traditional Rooftile Based on Alkali-Activated Blast Furnace Slag						
주저자명	(국문) 송금일 (영문) Song, Keum-Il						
교신저자	성명	(국문) 이방연		E-mail	bylee@jnu.ac.kr		
		(영문) Lee, Bang Yeon		전화	062-530-1648	휴대전화	010-4183-1739
	주소	(우편번호) 500-757 (주소) 광주광역시 북구 용봉동 전남대학교 공대2호관					
	① 단독연구는 주저자가 교신저자를 겸함. ② 저자 2인 이상인 경우에도 주저자가 교신저자를 겸할 수 있음 ③ 주저자와 교신저자가 다를 경우 교신저자를 별도로 표시함						
모든 저자 (성명/소속/지위)	총 (5)인	송금일 / 전남대학교 / 박사과정 최정일 / 전남대학교 / 석사과정 송진규 / 전남대학교 / 교수 천득염 / 전남대학교 / 교수 이방연 / 전남대학교 / 조교수					
투고지 구분	연구논문집	(○)		학술발표대회논문집		()	
세 부 전 공 분 야 구 분	계획/설계	역사/의장	도시/단지	환경/설비	구조	시공/관리	재료
					○		
논문초록							
국문	한식 그을림 점토기와는 높은 강도와 내구성을 나타내지만 고온 소성과정이 필요하기 때문에 고가이며 무거운 단점을 갖고 있다. 시멘트 기와는 친환경성과 전통성 측면에서 부정적인 이미지를 갖고 있으며 색상 구현을 위하여 페인트 작업이 필요한 단점을 갖고 있다. 따라서 이 연구의 목표는 알칼리 활성화 슬래그를 이용한 기와 제작과, 기존 페인트 도색이 아닌 재료의 자체적인 색상을 구현하고 개발된 기와의 성능을 평가하는 것이다. 최적의 활성화제 종류 및 양과 배합을 결정하기 위하여 일련의 실험을 수행하였으며 개발된 기와의 성능을 평가하였다. 실험 결과 개발된 알칼리 활성화 슬래그 기반 기와는 KS에 규정된 기와의 성능을 만족하고 색상 또한 그을림 기와와 유사한 색상을 나타내었다.						
영문	The Korean smoked clay rooftile is expensive and heavy comparing to cement rooftile due to pyroprocessing while showing high strength and durability. The cement rooftile has negative image in terms of greenness and traditionality and also requires painting for implementing the traditional color. The purpose of this study is to develop an eco-friendly new Korean traditional rooftile using alkali-activated blast furnace slag with the traditional color which is similar to that of Korean smoked rooftile by incorporating carbon black and investigate the properties of developed rooftile. A series of experiments was performed to determine the optimal dosages and types of alkali-activator and mixture proportion and then the properties of rooftile were evaluated. From the test results, it was exhibited that the alkali-activated slag based rooftile developed in this study showed higher performance than that specified in the Korean standards and showed similar color with that of Korean smoked roof tile.						
원고매수	(7)쪽	별쇄본 신청	()부	제출일자		2013-05-27	