

폐 콘크리트 미분을 혼입한 시멘트 압출성형 패널의 열적특성

Thermal Properties of the Cement Extruding Panel with Waste concrete Powder

최 덕 진* 홍 성 록** 이 민 재** 김 장 업*** 김 진 만****
 Choi, Duck-Jin Hong, Sung-Rog Lee, Min-Jae Kim, Jang-Yup Kim, Jin-Man

Abstract

According to increase of the waste concrete occurrence, recycling has being important more and more. This study is to recycle the waste concrete powder, which is occurred in dry-process during recycling of construction waste. We have tried the waste concrete powder to apply as the replacement of the silica powder in cement extruding product. As a result, it is satisfied that the autoclave cured pannel of 50% replacement ratio of waste concrete powder staisty the level of the flexural strength of 14MPa stipulated by "KS F 4735 Extruding concrete panel" was the same thermal properties as base specimen.

키 워 드 : 폐 콘크리트 미립분, 시멘트 압출패널, 내화성능
 Keywords : waste concrete powder, cement extruding panel, fire resistive performance

1. 서 론

폐기물의 발생을 억제하기 위한 각종 정책 및 기술개발에 의해 산업폐기물의 발생량은 증가하지 않고 있지만, 건설폐기물은 그동안 건설되었던 구조물의 노후에 의해 지속적으로 증가하여 전체 폐기물 발생량 증가의 원인이 되고 있다. 이에 따라 건설폐기물의 재활용의 중요성은 이전보다 더 증가하고 있으며, 저부가가치용의 재활용으로만 사용되던 것을 고부가가치화 하기 위한 연구도 많이 진행되고 있다.

건설폐기물중 60%이상을 차지하고 있는 폐 콘크리트를 재활용하여 생산하는 순환골재의 경우 골재에 붙어있는 구 페이스트를 제거하여 천연골재 품질에 가까운 고품위 순환골재를 생산하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 순환골재의 품위가 높아 질수록 골재에서 분리된 폐 콘크리트 미분(Waste Concrete Powder; WCP)의 발생량이 증가하게 되므로 재생골재의 고품위 화와 함께 미분말의 용도 개발도 요구되고 있다. 한편 시멘트 압출패널의 경우 높은 강도가 요구되지 않는 용도로는 고압증기양생을 하지 않고, 시멘트의 상온 수화반응만을 이용하여 제품을 생산하고 있으나, 여전히 고가의 규사를 필러로 사용하고 있어 생산단가의 상승, 천연자원의 사용에 따른 환경문제 등을 야기하고 있다.

이에 본 연구는 순환골재 생산시 발생하는 폐콘크리트 미분을 고순도의 SiO₂가 필요하지 않는 무기필러재로서의 사용가능성을 검토하고자 하였으며, 우선 시멘트 압출패널의 원료인 규사미분의 대체재로서의 활용가능성을 알아보기 위해 강도특성과 열적특성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 실험의 계획은 표 1.에 나타낸 바와 같이 규사미분만 사용한 시험체와 규사미분 대신 폐 콘크리트 미분(WCP)를 50, 75, 100w% 대체한 시험체를 진공압출기를 이용하여 압출한 후 각각 기건양생, 상압증기양생, 고압증기양생을 실시하여 휨강도, 열전도율, 내화성능을 측정하였다.

표 1. 실험 계획

실험 요인		시험 항목
폐콘크리트 대체율	양생 방법	
0, 50, 75, 100	기건양생	압축강도 휨강도 열전도율 내화성능
	상압증기양생	
	고압증기양생	

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 준하는 보통 포틀랜드

* 공주대학교 건축공학과 박사과정, 교신저자 (duckjini@kongju.ac.kr)
 ** 공주대학교 건축공학과 석사과정
 *** 익성텍(주) 부설연구소, 연구원
 **** 공주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

드 시멘트를 사용하였고 규사 미분과 페콘크리트 미분의 물리적 특성 및 화학적 조성은 표 2, 3과 같다. 그의 압축성 및 강도를 증진을 위해 보강섬유와 무기질계 섬유인 규회석을 사용하였다.

표 2. 규사 미분과 페 콘크리트 미분의 물리적 특성

	밀도 (g/cm ³)	비표면적 (cm ² /g)	평균입자크기 (μ m)
SP*	2.66	3,790	18
WCP**	2.54	4300	13

*SP : 규사미분

**WCP : 페콘크리트 미분

표 3. 규사 미분과 페 콘크리트 미분의 화학적 조성 (wt%)

	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	lg.loss	Total
SP	95.5	-	0.76	1.95	-	-	1.79	100
WCP	31.86	39.05	10.59	7.49	4.70	3.50	2.81	100

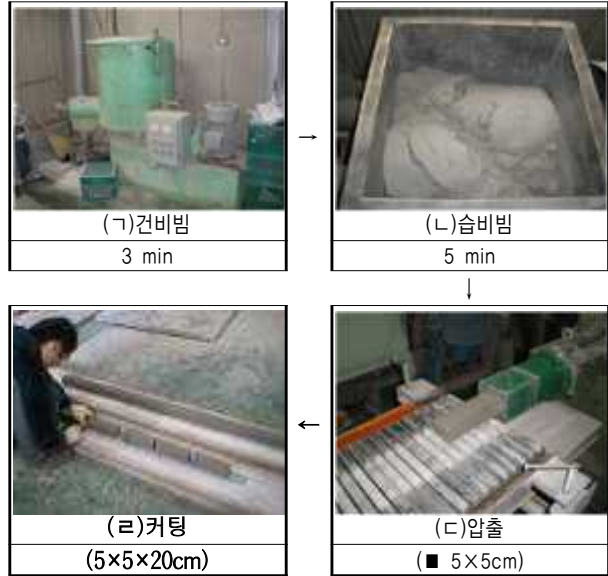


그림 1. 압출 및 강도 시험체 제조 방법

2.3 실험방법

재료의 혼합은 그림 1. (ㄱ)(ㄴ)과 같이 3분간 건비빔 후, 배합수를 투입하여 5분간 습비빔을 실시하여 진공압출기를 이용하여 압출하였다.

강도측정시료의 경우 그림 1. (ㄷ)(ㄹ)과 같이 5x5cm 단면으로 압출하여 UTM(30ton)을 이용하여 측정하였고, 열전도율과 내화시험은 휨강도가 가장 높았던 대체율 50%시험체를 대상으로 실시하였다. 열전도율의 경우 그림 2,와 같이 60x5cm크기의 패널을 15x3cm로 가공하여 각각 6개의 시료를 대상으로 'KS L 3808발포 폴리스티렌 단열재'에 준하여 측정하였고, 내화시험 시료의 경우 60x5cm 단면의 중공 패널을 100x100cm로 가공하여 'KS L2257-8:2009 건축부재의 내화시험 방법-수직 비내력 구획 부재의 성능'에 준하여 그림 4.와 같이 6개소에 열전대를 설치하여 배면온도를 측정하였다.



그림 2. 열전도율 시험기 및 시험편

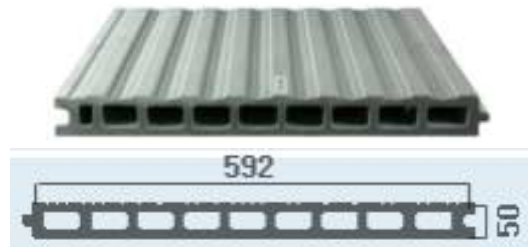


그림 3. 내화시험 시험체의 외관 및 단면 형상

3. 실험결과

3.1 휨강도

휨강도 측정결과 표 5., 그림 5.에 나타낸바와 같이 대체율이 증가할수록 강도가 저하하는 경향을 나타내었으며 상압증기양생의 경우 재령7일 강도보다 28일 강도가 떨어지는 경향을 나타내었다. 규사만 100% 사용한 시험체(0%)의 경우 재령28일에 모든 양생조건에서 KS 기준강도인 14MPa를 만족하는 것으로 나타났으며, 페콘크리트 미분을 대체한 시험체의 경우 50% 대체하여 고압증기양생한 시험체만 KS 기준강도를 만족하는 것으로 나타났다.

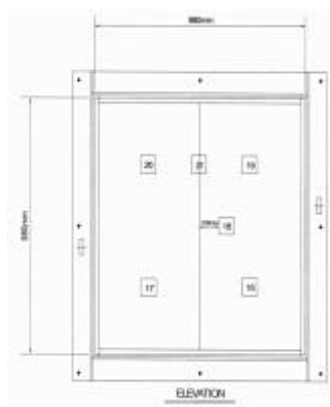


그림 4.열전대 설치위치

표 4. 휨강도와 열전도율 측정 Data

휨강도 (MPa)	재령	WCP 0%			WCP 50%			WCP 75%			WCP 100%		
		기건	상압증기	고압증기	기건	상압증기	고압증기	기건	상압증기	고압증기	기건	상압증기	고압증기
3		1.3	13.1	19.6	5.1	7.5	15.6	5.8	7.2	11.1	5.3	6.6	7.4
7		3.0	18.7	21.8	8.0	8.7	18.1	8.7	7.6	14.9	8.3	8.0	13.4
28		19.4	19.6	20.8	15.6	10.8	14.5	11.7	9.2	11.8	11.1	9.8	10.2

열전도율 (W/m·k)	WCP 0%(Base)						WCP 50%					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	0.3020	0.3021	0.3022	0.3243	0.3225	0.3217	0.3344	0.3327	0.3320	0.2973	0.2956	0.2949

3.2 열전도율

휨강도 측정결과를 고려하여 열전도율 시험은 규사미분을 100%사용한 시험체와 폐 콘크리트 미분을 50% 대체한 시험체 각각 6개를 대상으로 측정해본 결과 표 5.와 그림 6.에 나타낸바와 같이 각각 0.3125, 0.3145(W/m·k)의 유사한 열전도율 값을 나타내었으며 평균 열전도율값 차이가 0.002(W/m·k)로 나타났다.

이는 보통콘크리트, 경량콘크리트, 발포콘크리트의 열전도율이 각각 1.64, 0.52, 0.35(W/m·k)인 것에 비해 최대 5배정도 낮은 것을 알 수 있었다.

3.3 내화성능

열전도율측정 시험체와 동일한 배합의 시험체로 내화시험을 실시한 결과 그림 7.에 나타낸바와 같이 유사한 비가열면면 온도 곡선을 나타내었으며 두 시험체 모두 31~32분의 내화성능을 가지고 있는 것으로 나타나 내화성능차이가 없었다.

표 5. WCP 0%와 WCP 50% 시험체의 차열·차열 성능

성능기준		시험결과 Base/(WCP50)	
차열 성능	균열 게이지 관통되지 않을 것	관통되지 않음 (관통되지 않음)	120 분 (120분)
	면 패드 점화되지 않을 것	점화되지 않음 (점화되지 않음)	120분 (120분)
	화염발생 없을 것 (10초 이상)	발생되지 않음 (발생되지 않음)	120분 (120분)
차열 성능	비가열면 평균온도	161°C (162°C)	163°C (162°C) 33분 (35분)
	비가열면 최고온도	201°C (202°C)	206°C (209°C) 42분 (43분)

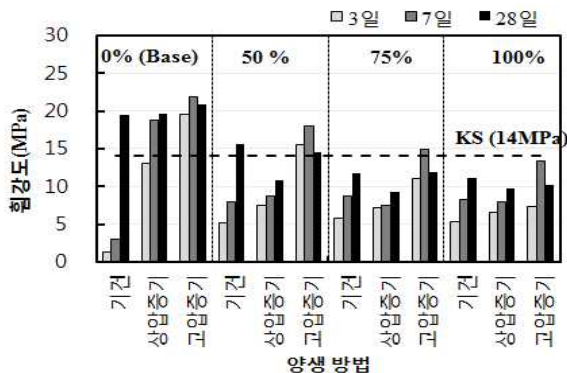


그림 5. 폐콘크리트 미분 대체율 및 양생방법에 따른 휨강도

또한 차열차열성능도 두 시험체 모두 KS 기준에 만족하는 것으로 나타났다.

4. 결론

폐콘크리트 미립분을 규사미분의 대체재로 일부 사용한 제품과 규사미분만을 사용한 제품의 휨강도, 열전도율, 내화성능을 검토해 본 결과 다음과 같다.

- 1) 휨강도 측정결과 폐콘크리트 미분 50%를 대체하여 고압증기양생한 시험체의 경우 KS기준강도 14MPa를 만족하는 것으로 나타났다.
- 2) 단열성능시험에서 Base 시험체는 0.30~0.32W/m·K, WCP50 시험체는 0.29~0.33W/m·K로 유사한 결과가 나타났다.
- 3) 내화성능은 유사하게 나타났으며, WCP 0%(Base) 시험체보다 WCP 50% 시험체 2분가량의 내화성능을 더 갖는 것으로 나타났다. 또한 차열차열성능도 두 시험체 모두 KS기준에 만족하는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과로 볼 때 폐 콘크리트 미립분은 시멘트 압출 패널의 규사미분 대체로 50wt%까지 사용되더라도 기존 패널과 유사한 성능을 발휘하는 것으로 나타났으며 이는 폐 콘크리트 미분을 규사 대체 재료로서 충분히 재활용하는 것이 가능할 것으로 판단된다. 이는 기존 규사 미분 사용처 중 높은 실리카 함유량을 필요로 하지 않는 분야에 폐 콘크리트 미분이 적용 가능할 것으로 보이며, 생산단가 절감 및 환경부하 저감에도 이로온 영향을 줄 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2010년도 산학연공동기술개발사업(No. 00044371)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고 문헌

1. 김세운, 황마를 혼입한 압출성형 시멘트복합 패널의 물리적 특성에

- 관한 실험적 연구, 건국대학교 대학원, 국내박사, 2007
2. 이대근, 한상일, 박효진, 강철, 강기웅, 김진만, 폐 콘크리트 미분말 대체율 변화와 입도 변화에 따른 경량기포 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회 2009년도 추계 학술논문 발표대회 논문집 제9권 2호 pp.121~125, 2009
 3. 정은혜 시멘트 압출 성형 패널의 품질 향상에 관한 연구, 공주대학교 대학원, 국내석사, 2007
 4. 최훈국, 김재원, 서정필, 이정구, 강철, 김진만, 폐 콘크리트 미분을 사용한 경량기포 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회 2007년도 춘계 학술논문 발표대회 논문집 제7권 제1호, pp.75~78, 2007
 5. 최훈국, 석분 슬러지를 이용한 압출성형 콘크리트 패널의 휨강도 특성, 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집 제6권 제1호, 2006
 6. 서경호, 박차원, 안재철, 강병희, 폐 콘크리트 부산 미분말을 이용한 재생시멘트의 수화특성, 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집 제5권 제1호 pp.69~72