



Bottom Ash를 이용한 불연성 바닥재 개발에 관한 연구

박효석 · 오재훈 · 박선영 · 신혜웅 · 문종욱*
한국국제대학교, '소방방재학부'

A Research on Noncombustible Flooring Using the Bottom Ash

Hyo Seok Park · Jae Hoon Oh · Sun Yeong Park ·
Hae Woong Sin · Jong Wook Moon
Fire & Disaster Protection Engineering of IUK

요 약

인류의 문제점 중 하나는 환경 및 자원고갈의 문제에 직면해 있는 상황이다. 자원 고갈과 환경 문제를 조금이나마 해소하는 방법으로 폐자원을 이용하는 방법이 있으며 그 중 재활용 방안으로 화력발전소에서 사용 후 폐기물로 분류되는 석탄회를 이용하는 것이다.

국내 석탄회의 발생량은 2004년 현재 500만 톤으로, 2011년 약 700만 톤 이상일 것으로 추정되며, 이중 보일러 저부에서 채취되는 Bottom Ash가 약 20%로 100만 톤 이상 발생되는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 자원고갈과 환경오염문제를 해결하기 위해 석탄회를 재활용하여 불연성능을 가진 기능성 바닥재 개발을 연구하고자 한다.

1. 연구의 필요성

국내 연도별 석탄회 발생량은 최근 전력수요량의 증가로 인해 꾸준히 증가되고 있으며, 2000년대 이후 국내에서 연간 발생하는 석탄회는 약 500만 톤 이상으로 조사되었다. 특징적인 것은 무연탄 발전소의 용량이 유연탄 발전소의 용량에 비해 월등히 적음에도 불구하고 석탄회 발생량이 유사한 것인데, 이는 무연탄 화력발전소의 석탄회 발생량이 석탄사용량의 50%인데 비해 유연탄 발전소의 석탄회는 석탄 사용량의 15%정도이기 때문이다. 이러한 석탄회 중 바닥재인 Bottom Ash를 이용하여 기능성 바닥재를 개발함으로써 폐기되는 자원을 순환하여 자원고갈, 환경오염과 같은 문제를 해소하고 불연성능을 가진 기능성 바닥재의 개발을 목표로 한다.

2. 바닥재의 불연성능 확보 연구

국내에도 건축자재에 대한 친환경, 불연성능에 대한 인식이 확산됨에 따라 휘발성 유기화합물의 배출억제 규제가 점차 강화되고 있는 실정으로 특히 건축물의 피난 방화 구조

등의 기준에 관한 규칙에서는 건축자재를 불연 재료로 사용하도록 법규를 만든 상태이다. 하지만 사회적 관심과 정부의 규제에도 불구하고 아직 환경적으로 문제가 많은 유기출 제품인 Epoxy 및 Urethane계가 바닥재 시장의 90%이상을 차지하고 있다.

본 연구에서는 Bottom Ash를 이용한 기능성 바닥재는 조기개방이 가능한 속경형태의 세라믹 자기수평성(Self leveling)모르타르와 유·무기 복합 상온 경화형 하이브리드 코팅을 결합시킨 것으로서 불연성능 및 오염물질방출이 낮은 친환경 제품을 개발하는데 목표를 두고 있으며 이를 위해 Bottom Ash의 불연성능 시험 및 오염물질방출량시험 등을 통해 바닥재로서의 적용 가능성을 검토해 보고자 한다.

2.1 기능성 바닥재의 불연성능 시험

2.1.1 불연시험 (KS FISO 1182-'04) 의 방법

- 가열로를 750℃ 로 올린 후 시험체를 로에 넣고 20분 동안 가열한다.
- 노 내 열전대의 평균온도를 10분 동안 750℃±5℃로 유지시킨다.
- 시험체의 질량을 0.01 g 까지 측정하고 시험체홀도에 삼입 후 노 내에 투입한다.
- 20분 가열한 후 시험체 홀도를 노 내에서 제거한다.
- 데시케이터 내에서 시험체를 냉각시킨 후 질량을 측정한다.

2.1.2 가스유해성 시험 (KS F 2271-'06) 의 방법

- 회전 바구니 속에 흰쥐(ICR계 암놈, 5주, 1~22g)를 8마리 넣은 다음 가열로 속에 시험체를 넣고 6분간(프록판 3분, 전열선 3분) 가열 후, 시험체가 타면서 나온 연소가스가 교반상자를 거쳐 회전바구니상자까지 가서 흰쥐에 끼치는 영향을 평가한다.
- 피검상자 내의 온도를 30℃로 유지시킨다.
- 실험용 쥐를 1마리씩 넣은 회전바구니 8개를 피검상자 내에 투입한다.
- 시험체를 가열로 내에 투입한 후 6분간 가열한다.
- 가열 개시 후 15분간 개개의 실험용 흰 쥐의 행동정지시간을 측정한다.

2.2 기능성 바닥재의 불연성능 시험결과

국토해양부 고시 제2011-39호의 불연재료 기준에 적합한 등급에 따라 각 시험항목에 따른 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. 불연 시험 결과

시험항목		단위	시험결과			판정기준	시험방법
			1	2	3		
불연성시험	질량감소율	%	9.1	9.1	8.9	30이하	KS F ISO 1182:2004
	최고온도와 최종 평형온도의 차	℃	0.7	0.4	0.8	20을 초과하지 않을 것	
가스유해성 시험	행동정지시간	min:s	14:10	13:53	-	9:00 이상	KS F 2271:2006

불연성시험 결과 질량감소율(%)은 평균 9.03%로 나타나 판정기준인 30%를 넘지 않았

으며 최고온도와 최종 평형온도와의 온도차(℃)가 3개의 실험체 평균 0.63℃ 로 20℃를 넘지 않았다. 실험체를 연소시켜 취 8마리의 평균행동정지시간으로 측정하는 가스유해성 시험의 경우에는 2개의 실험체 모두 9분 이상을 만족한 평균시간 14분을 넘는 결과를 보여 판정기준을 만족함을 알 수 있다.

2.3 오염물질방출량 시험방법

Table 2. 총 휘발성 유기화합물(TVOC) 및 Toluene 분석조건

ATD	Temperature (℃)	Tube	Trap	Valve	Transfer Line
		295	-30~300, 40 °C/s	200	200
	Timing(min)	Sample	Trap hold	Desorb	Purge
		7	15	8	2
	Split ratio	10 : 1			
	Detector	MS			
	Column	DB-1, Column ID : 0.32mm, Length 60m			
	Carrier gas and flow	He, 1.2 mL/min			
Temperature program	Initial temperature	35 °C(5 min)			
	Temperature program	6 °C/min			
	Final temperature	280 °C(30 min)			
MS condition	Mode	EI(Electron ionization)			
	Electron energy	70 eV			
	Detection mode	TIC (Scan), m/z 35 ~ 350			

Table 3. Formaldehyde 분석조건

Column	C18, Column ID : 2.0 mm, Length : 150 mm
Flow Rate	0.4 mL/min
Mobile Phase	Acetonitrile/Water(30/70 v/v → 100/0 v/v(10 min))
Analysis Time	15 min
Injection Volume	5 µL
Column Temperature	40 °C
Detector	UV/vis detector 360 nm

2.4 오염물질방출량 시험결과

Table 4. 오염물질 방출 시험결과

시험항목	시험결과(mg/(m ² .h))	판정기준	시험방법
총 휘발성유기화합물(TVOC)	0.282	0.4 이하	실내공기질공정시험기준(환경부고시 2010-24호)
톨루엔(Toluene)	ND	1 이하	
포름알데히드(Formaldehyde)	0.024	0.21이하	

* ND - Not Detected

시험 결과 총 휘발성유기화합물(TVOC/mg/(m².h))은 0.282mg/(m².h)의 결과 값으로 기준(0.10mg/(m².h) 미만) 이하로 나왔으며, 친환경 인증인 0.4mg/(m².h) 이하의 값으로 우수한 결과를 나타냈다. 톨루엔의 결과 기준 값은 1mg/(m².h) 이하로써 검출한계인 0.0002mg/(m².h)의 이하의 수치로 인해 데이터가 나오지 않았음을 알 수 있다. 또한 포름알데히드의 0.21mg/(m².h) 이하인 0.024mg/(m².h)의 결과 값으로 인해 판정기준에 만족할 만한 결과를 냈으며 친환경 인증 수치인 0.05mg/(m².h) 이하의 결과를 만족했다.

3. 결 론

본 연구에서는 Bottom Ash를 활용하여 기능성 바닥재의 개발을 위한 1차 연구로 Bottom Ash의 불연성능 및 오염물질방출량에 대해 분석한 결과는 다음과 같다.

3.1 불연성능 결과

불연성시험 결과 질량감소율(%)은 평균 9.03%로 나타나 판정기준인 30%를 넘지 않았고, 최고온도와 최종평형온도의 차(℃)가 3개의 실험체 평균 0.63℃로 판정기준인 20℃를 초과하지 않았으며, 가스유해성시험의 경우 2개의 실험체 모두 기준치인 9분 이상을 넘어 불연 시험 결과를 모두 만족하였다.

3.2 오염물질방출량 결과

오염물질방출량 결과 TVOC의 시험은 0.282mg/(m².h)의 결과 값이 나왔고, 톨루엔은 검출이 되지 않았다. 또한 포름알데히드는 0.024mg/(m².h)의 결과 값으로 판정기준에 모두 만족할 만한 결과를 나타냈으며, 친환경 인증 수치의 값을 모두 만족하였다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 산학연공동기술개발사업의 연구비 지원에 이루어진 것으로 관련 기관들에게 감사한 마음을 전합니다.

참고문헌

1. 문종욱, “폐기물을 이용한 친환경건축 소재개발의 활용가능성에 대한 연구” 한국주거환경학회 지 제1권(2003).
2. 문종욱, “산업폐기물(Bottom Ash)를 활용한 식생용 경량블록 제조 및 관련기술개발”대한건축학회 학술발표대회 제4권 제1호
3. 문종욱, 화력발전소 Bottom Ash를 이용한 기능성 바닥재 개발, 중소기업청 산학연공동기술 개발 사업 1차년도 보고서 (2011).
4. 김귀태 외, “주차장 바닥용 표면 마감재의 안정성 평가 및 성능기준에 관한 연구”, 한국건축시공학회 기술논문발표회 논문집, pp. 125~131. (2005).
5. 폐기물 관리법, 환경부 폐기물 자원국, (2006).