

고로슬래그를 활용한 건자재 개발

Development of Building Materials by Utilizing Blast Furnace Slag



이상수*
Sang-Su Lee

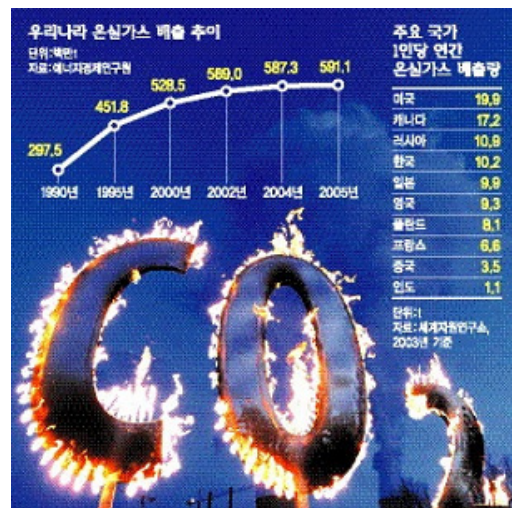


박선규**
Sun-Gyu Park

1. 서언

시멘트는 고온소성(1450°C)이 필수적이어서 많은 에너지 소비와 지구온난화의 주 원인이 되고 있는 CO₂를 다량 배출하고 있는 실정이다. 특히 우리나라는 그림 1에 나타난 바와 같이 1990년대 이후 CO₂ 배출량은 지속적으로 증가하였으며, 2010년 CO₂ 배출량은 세계 7위로 CO₂ 배출 저감을 위한 ‘저탄소 녹색성장’ 정책이 시행되었고, 지식경제부의 ‘2012년 온실가스 감축목표’에서 시멘트산업은 전 산업부문 CO₂ 감축량의 11%에 해당되고 있다.¹⁾

특히, 우리나라는 1960년대 이후 지속적인 경제발전이 이루어졌으며, 철강 산업은 계속적으로 눈부신 발전을 거듭해왔다. 철강 협회의 자료에 의하면 POSCO를 비롯한 철강 제조업체의 조강 생산 능력은 1998년 IMF 시기에 다소 주춤하였으나, 매년 꾸준히 증가하여 2008년에는 약 53,322천 톤으로 세계 6위의 조강생산량을 나타내었다. 2009년에 다소 실적이 저조한 것은 세계적인 경기 후퇴에 기인한 것이며, 앞으로도 지속적인 성장이 예상된다. 철강 슬래그의 재활용을 나타낸 표 1에서 알 수 있는 바와 같



[그림 1] 우리나라 CO₂ 배출 추이

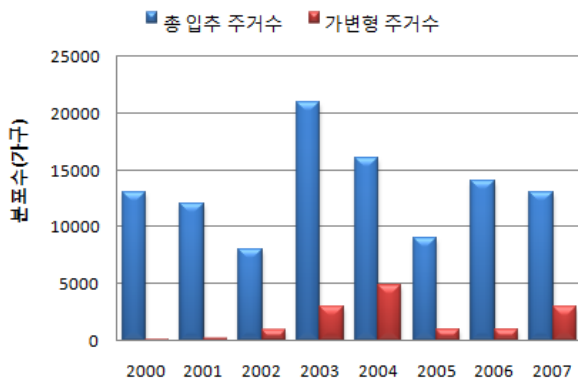
이, 재활용에 대한 다양한 연구가 진행되어 2008년도에는 72.6%의 슬래그가 시멘트 원료 및 비료용으로 사용되고, 나머지가 도로용, 성토용 등으로 활용되고 있어 비교적 부가가치가 높은 분야에 재활용되고 있음을 알 수 있다.

한편, 경량벽체 패널의 경우 1980년대와 1990년대 가변형 건설의 분포는 그림 2에 나타난 바와 같이 전체 0.2%도 못 미치는 수준이었으나 2000년부터 공사기간의 단축, 구조물의 경량화, 전문시공인력의 부족 등으로 습식공법에서 건식공법으로 경량벽체패널의 활용이 증가하고 있는 추세이다. 기존의 경량벽체패널은 경량기포콘크리트패널, 경량복합콘크리트패널, 압출성형콘크리트패널, 석고보드복

* 한밭대학교 건설환경조형대학 건축공학과 교수
Hanbat National University
E-mail : sslee111@hanbat.ac.kr
** 목원대학교 공과대학 건축학부 교수
Mokwon University
E-mail : psg@mu.ac.kr

<표 1> 철강 슬래그의 재활용

용도	2005년				2008년			
	고로		제강 (전기로)		고로		제강 (전로+전기로)	
	사용량 (천톤)	비율 (%)	사용량 (천톤)	비율 (%)	사용량 (천톤)	비율 (%)	사용량 (천톤)	비율 (%)
시멘트	5,908	69.3	5	0.2	7,098	69.4	62	0.7
도로용	2,043	24.0	590	18.4	2,628	25.7	2,874	32.0
성토용	21	0.2	2,216	63.5	69	0.7	3,878	43.0
비료	485	5.7	106	3.3	329	3.2	59	0.7
잡석용	-	-	156	4.6	-	-	267	3.0
재사용	-	-	88	2.7	-	-	1,557	17.3
벽돌용	-	-	32	1.0	-	-	16	0.2
기타	67	0.8	202	6.3	104	1.0	278	3.1
합계	8,526	100.0	3,204	100.0	10,228	100.0	8,991	100.0



[그림 2] 연도별 가변형 주거수의 분포

합패널, 압출성형시멘트패널 등 세대간 칸막이벽, 경계벽, 지하이중벽체에 사용되는 비내력 벽체로서 유기계재료나 시멘트를 주원료로 한 무기계재료가 대부분인 실정이다. 패널의 경량화를 위해 EPS, 그라스울 등 가연재료의 사용으로 고열에 취약하고, 화재 발생시 유독가스가 발생하여 인명피해를 줄 수 있는 요소가 크다고 할 수 있다.

따라서, 본 고에서는 건자재 중에서 경량벽체패널에 한정하여 국내외 경량벽체패널의 제품개발 현황을 살펴보고, 철강산업 부산물인 고로슬래그를 활용한 경량벽체패널의 제품에 대하여 기술하고자 한다.

2. 경량벽체 패널의 국내·외 제품현황

최근 건설공사(신축/리모델링 포함)에 있어서는 공사기간의 단축, 구조물의 경량화, 전문시공인력의 부족 등으로 조적 및 블록조 등의 습식공법에서 건식화된 경량벽체시스템(패널)의 활용이 지속적으로 증가되고 있는 추세이다. 이러한 경량벽체패널은 국내의 경우 표 2에 나타난 바와 같이 경량기포콘크리트패널, 경량복합콘크리트패널, 압출성형콘크리트패널, 석고보드복합패널, 압출성형시멘트패널 등이 있으며, 특성에 맞게 건축물의 비내력벽체, 지하이중벽, 지하 외장벽, 방화벽 등에 사용되고 있는 실정이다. 연간 생산량이 가장 많은 제품은 강판 복합 석고 패널이며, 이 패널은 차음성, 시공성이 우수하지만 습기에 약하고 충격에 의해 쉽게 파손이 되는 단점이 있다. 시멘트를 기초로 한 패널은 친환경적이지 못하고 고온고압에 의한 제조로 가격이 고가인 것이 단점이며, EPS시멘트복합패널의 경우 화재시 인체에 해로운 유독가스가 발생하여 인명피해를 줄 수 있는 요소가 있다.

또한, 국외의 경량벽체패널은 표 3에 나타난 바와 같이 경량 프리체브 패널, 경량기포콘크리트패널, 경량골재콘크리트패널 등이 있으며, 국내의 기술과 유사하다고 할 수 있다.

3. 고로슬래그를 활용한 경량패널 제품의 특성

표 4는 기존 건식 경량벽체시스템의 문제점 및 고로슬래그를 사용한 경량벽체의 특징을 나타낸 것이다. 여기서

〈표 2〉 국내 관련 기술개발 현황

구분	강판복합석고패널	EPS시멘트복합패널	ALC패널	중공형 콘크리트패널	압출성형 시멘트패널
제품 대표 사진					
제품 개요	다양한 재질과 색깔을 연출할 수 있어 디자인적인 성능이 요구되는 곳에 활용됨	일반적인 건식 복합패널(시멘트복합체에 EPS혼입)형식으로 공간층과 글라스울을 복합시킨 공법	경량기포모르타르를 이용한 제품으로, 오토클레이브양생을 통해 제작됨	인공경량골재, 시멘트, 모래, 물, 무기첨가재를 혼합하여 압출성형의 공정으로 제조	시멘트, 규사, 석고, 유무기섬유로 구성된 혼합물을 진공압출 성형하고 고온양생하여 제조된 패널
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 복합판으로 차음성이 우수 • 패널의 분리시공으로 현장적용성이 우수 	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트 무게의 1/3~1/4, 벽돌블록조의 1/3.5로 경량화 가능 • EPS혼입으로 단열성이 비교적 우수 	<ul style="list-style-type: none"> • 내부에 공극이 많아 항균, 탈취효과, 차음성 우수 • 무기질 소재로 불연재이며 내화성 우수 • 매우 경량임 	<ul style="list-style-type: none"> • 중공형으로 경량화도도 • 흡수율이 낮고, 내수성이 우수 • 불연재이며, 내구성이 우수 	<ul style="list-style-type: none"> • 강도, 내구성 및 내충격성이 매우 우수 • 불연재료이며, 흡수율이 낮고, 내수성이 우수
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 물이나 습기에 약해 관리가 어려움 • 충격에 약하여 모서리의 파손에 주의 	<ul style="list-style-type: none"> • 가격이 고가임 • 가연재인 EPS가 다량으로 혼입 • 시멘트를 주원료로 사용하며 친환경적이지 못함 	<ul style="list-style-type: none"> • 가격이 고가임 • 흡수율이 높으며, 내수성이 취약함 • 강도가 낮아 파손우려가 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 중량이 커서 설치작업이 어려움 • 생산성 향상을 위해 고온양생이 반드시 필요 • 시멘트제품임 	<ul style="list-style-type: none"> • 매우 중량이어서 설치작업이 어려움 • 생산공정에서 고온양생이 반드시 필요함 • 시멘트를 대량 사용한 제품임
주요 용도	모든 건축물의 내부칸막이나 기동커버에 적용	내부 비내력벽체, 방화구획 벽체, 지하이중벽 등에 적용	지하주차장, 터널, 지하철 등 외장벽에 주로 적용	주상복합, 무량판 아파트의 세대간경계벽, 공장시설의 방화벽에 적용	세대간경계벽, 차음성능이 요구되는 벽체, 지하이중벽 등
비중	약 1.2-1.3 g/cm ²	약 0.70-0.78 g/cm ²	약 0.8 g/cm ²	약 1.8 g/cm ²	약 1.8 g/cm ²
생산량	연간 300,000,000m ²	연간 3,200,000m ²	연간 3,300,000m ²	연간 1,100,000m ²	연간 550,000m ²

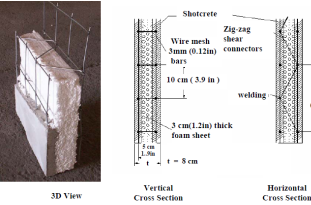
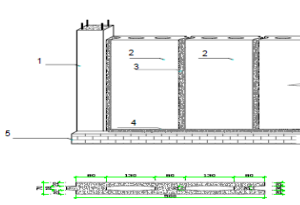

고로슬래그를 활용한 경량패널 제조 기술의 가장 큰 특징은 시멘트를 대체할 수 있는 폐자원을 활용하여 건식 경량벽체패널을 개발함으로써, 친환경적재료의 사용으로 환경오염 감소와 이산화탄소 발생을 저감시키고, 자기발포 및 독립기포에 의해 오토클레이브양생이나 고온양생을 생략하여 에너지 소비의 절감으로 단가를 줄일 수 있는 것이라 할 수 있다. 고로슬래그를 활용한 경량패널 제조 기술은 시멘트를 사용하지 않고 산업부산물인 제지애쉬와 플라이애쉬를 사용함으로써 저탄소 무기패널의 경화체를 활용한 것으로, 내화성(불연재), 내구성 및 단열성 등을 겸비하고, 별도의 발포제를 사용하지 않고 제지애쉬와 히드록시기(OH)의 반응으로 형성되는 기포로 벽체를 경량화시킨 건식벽체용 내화·단열 복합패널이라 할 수 있다.

최근 국내에서는 대형화재사태가 빈번히 발생함에 따라 국토해양부는 건축법 및 시행령 개정을 통해 건축물의 화

재안전기준을 2010년 상반기부터 시행하였으며, 2010년 12월 29일부터는 건축물의 내부마감재뿐만 아니라 외벽 마감재료까지 방화재료의 사용을 의무화하는 건축법 시행안이 시행되어 건축물의 대부분을 차지하고 있는 벽체시스템에서도 불연성 및 내화성능의 향상이 요구되고 있는 실정이다. 고로슬래그를 활용한 경량벽체는 뛰어난 불연성 및 내화성능을 가지고 있어 방화재료에 많이 사용될 것으로 예상된다.

고로슬래그를 활용한 경량패널은 시멘트를 전혀 사용하지 않는 친환경 건설자재로, 국내에서 현재 유통되고 있는 기존 건식 벽체패널의 단가는 m²당 약 23,000~52,000원으로 비교적 고가이나 고로슬래그를 활용을 통해 자재원가 및 생산원가를 절감시킴으로서 기존 기술에 비해 경제적인 건식 벽체패널의 공급이 가능할 것으로 판단된다.

<표 3> 국외 관련 기술개발 현황

구분	Lightweight Prefabricated Panel	Lightweight Foamed Concrete Panel	경량골재 콘크리트패널
제품 대표 사진			
제품 개요	표면에 쇼크리트와 폼시트를 접합하여 복합화시킨 패널로서 내부에 100mm의 스티로폼이 들어감	경량기포콘크리트 패널에 중공층을 두어 경량화시킨 패널로서 조립시공이 간단함	시멘트, 인공경량골재, 혼화재 및 각종 첨가제로 구성된 경량콘크리트를 압출 성형하여 제조한 제품
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 흡수율(12%)로 내수성이 강하고, 수축 및 팽창율이 적음 • 내부에 보강재가 삽입되어 내충격성이 우수하고, 차음능력이 우수 • 경량이어서 작업이 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> • 내수성 및 내화성능이 우수 • 제품의 규격화로 공기단축 및 인건비 절감 	<ul style="list-style-type: none"> • 강도가 높고, 내구성, 내수성이 우수 • 무기질 소재로서 불연성이며, 내화성능이 우수 • 중공형으로 경량화를 도모함
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 화재시 EPS가 쉽게 용융되어 유해가스를 발생함(내화성 부족) • 제작공정이 복잡(생산성이 낮음) 	<ul style="list-style-type: none"> • 강도가 비교적 낮아 운반/설치시 파손우려가 높음 • 시멘트를 베이스로 한 제품으로 친환경적이지 못하며, 비교적 중량임 	<ul style="list-style-type: none"> • 비교적 중량이어서 설치작업이 어려움 • 고온양생이 반드시 필요하여 생산과정에서 에너지 소모가 큼
주요 용도	내부간막이벽, 지하이중벽 등에 적용	주상복합, 무량판 아파트의 세대간경계벽, 공장시설의 방화벽에 적용	지하주차장, 지하철, 터널 등의 외장벽에 적용
비중	약 0.70-0.78 g/cm ²	약 0.8-1.2 g/cm ²	약 1.2 g/cm ²

<표 4> 기존 건식 경량벽체시스템의 문제점 및 고로슬래그를 사용한 경량벽체의 특징

종류	장점	문제점	고로슬래그를 사용한 경량벽체패널의 특징
<ul style="list-style-type: none"> • 샌드위치패널 • EPS시멘트 복합패널 	<ul style="list-style-type: none"> • EPS를 사용하여 초경량임 • 단일성능이 매우 우수함 • 초경량이어서 작업이 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> • 가연재이므로 화재에 취약하며, 화재 진압이 거의 불가능함 • 화재시 유기체에서 발생하는 유독가스에 의해 인명피해가 큼 	<ul style="list-style-type: none"> • 순수 무기체료로만 이루어져 불연성 및 내화성이 우수하며, 화재시 유독가스를 전혀 발생하지 않음
<ul style="list-style-type: none"> • ALC패널 • 석고보드 복합패널 • 석고보드부착 	<ul style="list-style-type: none"> • 무기체료로 구성되어 불연재료이며, 내화성능이 우수함 • 비교적 경량이므로 작업효율이 양호함 	<ul style="list-style-type: none"> • 강도가 매우 취약하여 운반/설치시 충격에 파손 우려가 높음 • 내수성에 약해 누수에 의한 손상발생이 우려됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 폴리시알레이트구조로 강도 및 내수성이 우수하여 파손이나 누수에 의한 손상이 문제 없음
<ul style="list-style-type: none"> • 압출성형 시멘트패널 • 중공형 콘크리트패널 	<ul style="list-style-type: none"> • 시멘트 기반이므로 강도 및 내수성이 매우 우수함 • 무기체료로 불연재이며, 화재시 유해가스를 발생하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 중량이어서 핸들링이 어려우며, 특수양생이 필요하고, 매우 고가임 • 불연체료이나 화재시 고열에 의한 손상을 받기 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> • 경량(0.8g/cm³이하)이면서 특수고온양생이 불필요하고, 원자재 및 생산원가가 비교적 저렴함
<ul style="list-style-type: none"> • 경량기포 콘크리트패널 	<ul style="list-style-type: none"> • 경량성이 우수하여 시공이 비교적 용이함 • 내수성 및 내구성이 우수함 	<ul style="list-style-type: none"> • 강도가 낮아 파손우려가 높음 • 생산성 향상을 위해 고온양생공정이 반드시 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> • 경량이면서 강도가 높으며(8MPa 이상), 양생공정이 단축되어 생산성 향상

4. 결론

이상으로 경량벽체의 국내 제품현황과 고로슬래그를 활용한 경량벽체 제품의 특징에 대하여 살펴보았다. 고로슬래그를 활용한 경량벽체 제품은 기존 건식 벽체패널의 불연성(내화성), 내수성, 친환경성, 경량성, 생산성 등의 문제점을 동시에 해결할 수 있는 기술 제품인 것으로 평가되나, 아직 연구 및 시제품 개발단계로 실용화하기 위해서는 많은 부분에 있어서 꾸준한 연구개발이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 고로슬래그를 활용한 경량벽체 제품이 실제 건축물에 적용되어지면 건축물의 화재안전기준 강화, 친환경 저탄소 건설자재의 요구, 수요자의 경제성 요구 등에 적극 대응할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, 콘크리트와 환경, 2010. 10