

# Ca 추출 슬래그를 실리카 원료로 사용한 압출성형시멘트 패널의 특성

## Properties of Extruding Cement Panel Using Ca-extracted Slag as Silicious Source

최 홍 범\*      김 진 만\*\*      유 재 성\*      현 지 수\*  
Choi, Hong-Beom      Kim, Jin-Man      Yu, Jae-Seong      Hyun, Ji-Soo

### Abstract

This paper evaluates properties of extruding cement panel using Ca-extracted converter slag and air-cooled blast furnace slag. Flexural strength of extruding cement panel has measured in air dry and autoclave curing as basic study for use as silicious source. As a result, when Ca-extracted converter slag replaces 25% in autoclave curing, flexural strength measures 13.1MPa better than panel control mix. In result of using air-cooled blast furnace slag, Ca-extracted air-cooled blast furnace slag dose not show increase of flexural strength.

키 워 드 : 슬래그, 광물탄산화, 실리카 원료  
Keywords : slag, mineral carbonation, silicious source

### 1. 서 론

산업발달로 인한 이산화탄소, 메탄 등의 온실가스의 농도 증가는 지구온난화의 원인이 되고 있다.<sup>1)</sup> 온실가스 중 이산화탄소는 가장 주목 받고 있으며, 이산화탄소의 농도를 줄이기 위한 노력이 지속되고있다. 이산화탄소 포집 저장 기술 중 광물탄산화는 이산화탄소를 포집하여 만들어진 탄산염 광물이 안정하여 반영구적으로 이산화탄소를 저장할 수 있다는 장점을 가지기 때문에 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

한편 대부분 슬래그의 CaO 함량이 40%이상으로 높기 때문에 광물탄산화 대상물질로 많은 연구가 진행되고 있다. 간접 탄산화 공정에서는 슬래그에서 Ca를 추출하고, Ca가 추출된 슬래그를 2차 부산물로 배출하게 된다. 이와 같은 CaO가 추출된 슬래그는 SiO<sub>2</sub> 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 주요산화물로 나타나고 있어 수열합성반응을 일으킬 수 있는 실리카질 재료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.<sup>2)</sup>

이에 본 논문에서는 간접 탄산화 공정에서 Ca 추출 후에 배출된 전로슬래그와 괴재 고로슬래그를 대상으로 실리카질 재료로 활용하기 위한 연구로 고온고압 조건에서 양생되는 압출패널 적용 특성을 평가하였다.

### 2. 실험계획

본 연구의 실험 계획은 Table 1에 나타낸 바와 같이 Ca 추출 전 후의 전로슬래그와 괴재 고로슬래그를 사용하였다. 또한 시멘트와 실리카 원료의 비율을 47.5 : 52.5로 하였으며, 실리카 원료에 대해 슬래그를 각각 0, 25, 50, 75% 대체하였고, 이를 압출성형시멘트 패널에 적용하여 기건과 오토클레이브 양생을 진행하였다.

Ca 추출 전 후의 슬래그의 산화물 조성은 Table 2에 나타낸 바와 같이 전로슬래그의 Ca 추출율이 높게 나타나 SiO<sub>2</sub> 함량이 증가하였으며, 괴재 고로슬래그는 Ca 추출율이 낮아 산화물 조성의 변화가 다소 적게 나타났다.

Table 1. Experimental plan

Type of slag	Condition of slag	Cement : silicious source ratio(wt%)	Replacement ratio of slag for silica powder(wt%)	Curing condition
CS	Raw slag	47.5: 52.5	0, 25, 50, 75	Air dry
ABFS	Ca-extracted slag			Autoclave

\* CS : Converter slag, ABFS : Air-cooled blast furnace slag

\* 공주대학교 건축공학과 대학원

\*\* 공주대학교 건축공학과 교수, 교신저자(jmkim@kongju.ac.kr)

Table 2. Oxide composition of using slag

	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>3</sub>	MnO	etc	Sum
CS	33.6	14.5	4.74	4.72	34.4	0.02	0.15	3.44	4.43	100
CS-E	21.4	19.8	5.82	4.9	38.7	0.2	0.112	3.95	5.1	100
ABFS	43	36.5	13.9	2.65	1.06	0.281	0.512	0.275	1.8	100
ABFS-E	46.9	33.2	12.5	2.45	0.96	-	1.72	0.31	2.0	100

\* E : Ca-extracted slag

### 3. 실험결과

본 실험에서는 Ca 추출 전 후의 전로 슬래그와 과제 고로슬래그를 실리카 원료로 압출성형시멘트 패널에 대체하여 실험을 진행하였으며, 수열합성반응을 일으킬 수 있는 고온·고압 조건의 오토클레이브 양생과 기건 양생에서의 휨강도를 비교 검토하였다.

그 결과 먼저 전로슬래그 대체 패널의 경우 기건 양생과 오토클레이브 양생 모두에서 Ca 추출 후의 전로슬래그 대체 패널이 우수한 결과를 나타내었고, 그 중 Ca 추출 전로슬래그 25%를 대체 패널이 오토클레이브 양생에서 Control 배합 패널보다 높은 13.1MPa 휨강도가 나타났다. 이는 Control 배합의 경우 C/S 몰비가 0.63으로 최적 C/S 몰비로 연구된 1.0~0.85보다 낮게 나타났으며, Ca 추출 전로슬래그 25%를 대체 패널의 경우 강도발현에 기여가 적은 산화물 또는 광물도 포함하고 있지만 C/S 몰비가 0.81로 최적 C/S 몰비에 근접하여 휨강도가 증가한 것으로 판단된다.

과제 고로슬래그 대체 패널의 경우 전로슬래그 대체 패널의 결과와 반대로 기건 양생과 오토클레이브 양생 모두에서 Ca 추출 전 시료를 대체 하였을 때 우수한 결과가 나타났다. 기건 양생에서는 과제 고로슬래그 대체시 모두 Control 배합에 비해 강도가 높게 나타났지만, 그 경향은 Ca 추출 전 시료에서 더 뚜렷하게 나타났다. 이는 과제 고로슬래그가 실리카 파우더에 비해 우수한 반응성을 가지고 있기 때문으로 판단되며, 또한 Ca 추출 과정에서 사용된 산성의 염화암모늄 시약이 pH를 낮추어 반응성을 저해하였기 때문으로 판단된다. 오토클레이브 양생의 경우 Ca 추출 전 슬래그 대체율이 증가하였음에도 약 12MPa로 유사한 강도가 나타난 반면 Ca 추출 후 슬래그는 대체율이 증가함에 따라 강도가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 Ca 추출시의 낮은 추출율로 SiO<sub>2</sub> 함량의 증가로 인한 수열합성반응보다 pH저하에 따른 강도 저감이 더 큰 영향이 미쳤기 때문으로 판단된다.

### 4. 결 론

Ca 추출 전 후의 전로슬래그 및 과제 고로슬래그 실리카 원료로서 압출성형시멘트 패널에 적용한 결과 Ca 추출 전로슬래그 대체시 높은 Ca 추출을 인한 SiO<sub>2</sub> 함량의 증가로 오토클레이브 양생에서 휨강도가 증가하는 경향을 보였으며, 25% 대체 패널이 가장 높은 13.1MPa의 휨강도를 보였다. Ca 추출 과제 슬래그의 대체시에는 pH 저하에 기인한 것으로 추측되는 휨강도 감소가 나타났다. 추가적인 분석을 위해 pH 변화에 따른 수열합성반응의 영향에 대한 추가 분석이 필요할 것으로 판단되며, 광물탄산화에서 발생하는 다양한 2차 부산물의 재활용 연구 또한 필요할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국지질자원연구원 주요사업인 ‘알칼리계 산업부산물의 광물탄산화 연구(GP2015-009)’ 과제와 한국지역난방공사로부터 수탁 받은 ‘광물탄산화 기술을 통한 배가스 내 CO<sub>2</sub> 제거 및 부산물 활용방안 연구’ (과제번호 : 100354-2015-S-026)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

1. Chae, S.C., Jang, Y.N., and Woo, K.W. Mineral Carbonation as a sequestration method of CO<sub>2</sub>. Journal of the Geological Society of Korea, 45, pp.527~555, 2009
2. 김진만, 시멘트 압출패널의 규사분말 대체재로서 페콘크리트 미립분의 활용, 한국건설순환자원학회논문집, 제6권 제1호, pp.88~94, 2011