

전로슬래그의 콘크리트용 골재로서 활용을 위한 팽창유발 물질 선별 연구

A Study on the Selection of Expansion-Causing Substances for the Use of Converter Slag as Aggregate for Concrete

최선미¹ · 라정민² · 강인규² · 안태윤² · 김진만^{3*}

Choi, Sun-Mi¹ · Ra, Jeong-Min² · Kang, In-Gyu² · An, Tae-Yun² · Kim, Jin-Man^{3*}

Abstract : The use of converter slag as an aggregate for concrete is limited due to the risk of expansion. This study analyzed the substances causing the expansion of converter slag and evaluated the possibility of its use as an aggregate for concrete through separation and selection. As a result of the experiment, it was confirmed that CaO and MgO were concentrated in the slag particles inducing expansion, and it was confirmed that it was possible to separate them from non-expanded particles through magnetic.

키워드 : 전로슬래그, 팝아웃, 체적안정성, 자력선별

Keywords : converter slag pop-out, volume stability, magnetic separation

1. 서론

연간 1천만톤 이상 발생되는 제강 슬래그는 대부분 골재용으로 활용되지만, 이 중 전기로와 전기로 슬래그는 그 활용 용도에서 큰 차별성을 갖는다. 특히 전기로 산화슬래그는 ‘KS F 2527, 콘크리트용 골재’에 활용을 위한 기반 규정이 마련되어 있으나, 전체 제강슬래그의 60% 이상을 차지하는 전로슬래그는 콘크리트용 골재로 활용을 위한 연구는 활발히 진행되고는 있지만, 팽창 잠재성으로 여전히 현장적용은 제한적일 수밖에 없다.

다수의 연구에서 전로슬래그의 높은 f-CaO 함량에 의한 팽창 위험성을 갖는 것으로 보고되어[1], 구조물의 적용은 지양되어져 왔고, 대부분은 에이징을 통하거나 혹은 급냉을 통해 안정화된 골재가 연구의 대상이 된다. 그러나 3개월 이상 에이징 된 슬래그라도 여전히 팽창 위험성은 잠재하며, 최근 10년 이상된 슬래그의 팽창에 의해 균열이 발생한 구조물의 사례도 보고된 바 있다[2].

따라서, 전로슬래그를 골재로 활용하기 위해서는 슬래그 내의 팽창 원인 물질의 분석과 이를 해결하기 위한 좀더 근본적인 접근이 필요하다. 본 연구에서는 전로슬래그를 모르타르용 골재로 활용하여 축진양생을 통한 팽창유발물질의 조성을 파악하고, 이의 선별 가능성을 평가하기 위한 기초 평가를 수행하였다.

2. 실험계획 및 방법

실험을 위한 슬래그는 국내 ‘H’ 철강사에서 배출되는 전로슬래그를 제공받아, 이를 조파쇄 하여 5mm 이하의 잔골재로 사용한 모르타르 시험체 제작 후 일정 재령 양생 후 210℃, 20기압의 고온고압 양생조건에서 축진 후 균열 및 팝아웃(Pop-out) 발생 부분의 조성을 SEM 및 EDS로 분석하여 팽창유발 물질을 확인하였다.

또한 전로슬래그의 고함철 슬래그 선별시 적용되던 자력선별을 역으로 활용하여 8500G의 강자력으로 T.Fe 함량이 높은 슬래그를 별도 분리 후, 분리 전후 시료의 조성차를 비교하였다.

3. 실험결과

전로 슬래그 잔골재를 이용한 시험체의 고온고압 축진 양생 후의 팝아웃 발생 부분 샘플을 10개 이상 채취하여, EDS로 분석한 결과, 그림 1의 이미지와 조성에 나타난 바와 같이 팽창 유발 물질의 주요 물질은 크게 두 가지로 MgO가 주요 원인으로 나타났다. 특히 T.Fe 산화물 함량을 25% 이상 함유하는 전로슬래그의 전체적인 매트릭스 대비, 팝아웃이 발생한 부분의 물질에서는 T.Fe 함량이 극

1) 공주대학교 친환경콘크리트연구소, 연구교수/씨에스엠테크, 대표(smchoi@kongju.ac.kr)

2) 공주대학교 건축공학과, 대학원생

3) 공주대학교 건축학부, 친환경콘크리트연구소, 정교수

이 낮아 CaO 및 MgO를 기반으로 한 물질이 국부적으로 집중되어, 이 물질이 축진양생에서 팽창을 유발한 것으로 판단된다.

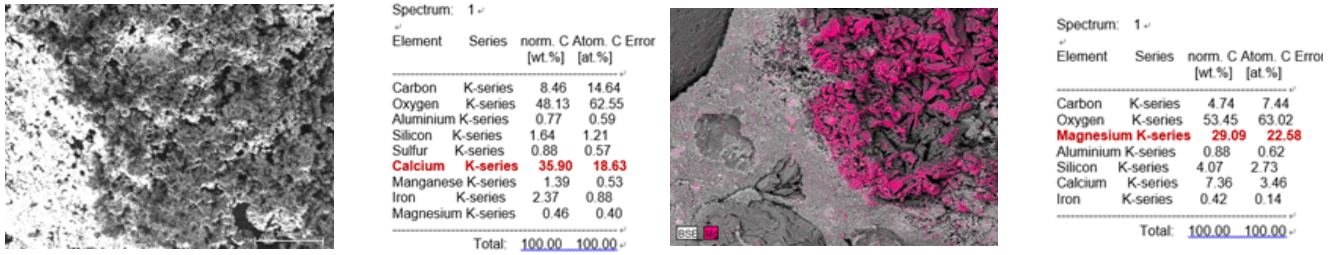


그림 1. 전로슬래그 골재를 사용한 모르타르 시험체의 Pop-out 부분의 조성분석(SEM, EDS, BSE)

따라서, 전로슬래그는 자성 광물인 FeO 함유에 따라 자력선별이 가능한 반면, 팽창 유발 물질은 비자성체로 분류하여 자성 분리 기술을 역이용하여 강자성으로 전로슬래그의 T.Fe 함량이 20% 이상인 입자를 분리 후 잔존시료를 팽창 유발 물질로서 분리하고자 하였다. 약 8500G의 강자력으로 전로슬래그를 분리한 결과 전체 전로슬래그의 90% 가량이 그림 2의 왼쪽 사진에 나타난 자착 시료이며, 나머지 10% 가량이 오른쪽의 비자착 시료이다. 사진에 나타난 바와 같이 팽아웃이 발생한 부분의 주요 부분에서 보여지는 물질의 색상과 동일한 색상의 입자가 다수 보여지며, 동일 색상의 입자를 채취하여 표 1에 나타난 바와 같이 XRF를 측정된 결과 그림 1의 팽아웃 부위의 조성구 유사한 경향을 보인다.



그림 2. 전로슬래그의 강자력에 의한 선별 전후 형상 비교

표 1. 자력선별에 의해 분리된 시료의 색차별 조성비교

	CaO	MgO	SiO2	Al2O3	T.Fe	P2O5	MnO	Etc	Sum
Black	40,3	3,9	14,9	2,9	30,6	2,9	3,0	1,6	100
White	44,2	6,1	29,1	14,4	2,2	0,2	0,3	3,4	100
Yellow	54,6	3,5	8,3	28,6	1,8	0,1	1,1	2,0	100

3. 결론

전로슬래그 내의 팽창 유발 물질을 분리 선별하여 콘크리트용 골재로서의 활용도를 개선하기 위한 기초 연구를 진행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

전로슬래그를 콘크리트용 잔골재로 활용한 시험체의 축진양생 결과 팽창이 발생한 부분에는 CaO 혹은 MgO가 집중된 것이 확인되었으며, 낮은 T.Fe 함량을 보였다. 따라서 전로슬래그의 강자력으로 고품철 슬래그를 분리하고, 잔존하는 팽창 유발 물질이 집중된 입자를 분리하여 전로슬래그의 콘크리트용 골재로서의 활용가능성을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 전로슬래그 내에 팽창 유도 조성이 집중된 입자는 색상차를 보임에 따라, 추후 연구를 통해 색차선별로서의 선별 가능성도 평가를 진행할 계획이다.

감사의 글

본 논문은 한국연구재단의 이공분야기초연구사업 중 창의도전연구기반지원의 지원(No. 2020R1I1A1A01074492)을 받아 수행한 연구로 이에 감사드립니다. 또한 본 논문은 현대제철의 ‘철강슬래그의 고부가가치적 활용 연구’ 수행을 위한 원료 제공을 통해 진행된 연구로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 류성남, 철강슬래그로부터 자력선별법에 의한 유가금속(Fe분)의 회수, 순천대학교 석사논문, 2001
2. 현대제철(세부주관기관), 예코 철강슬래그 제조를 위한 그린 프로세스 개발, 산업통상자원부, 최종보고서