

# 전기로슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구

## The Experimental Study on the Properties on Concrete to use the Electric Arc Furnance Slag as Fine Aggregate

최 성 우\*      김 정 식\*\*      전 준 영\*\*\*      김 은 겸\*\*\*\*      류 득 현\*\*\*\*\*  
Choi, Sung Woo      Kim, Jeong Sik      Jeun, Jun Young      Kim, Eun Kyum      Ryu, Deuk Hyun

### ABSTRACT

Electric-furnace-slag has the expansion, due to the reaction with water and free Cao. So compared with the blast-furnace-slag, the recycling range of EFS is subject to restriction. But the expansive reaction of EFS is removed, the it is possible to use aggregate for concrete.

This study is the basic properties of concrete to used stabilized EFS(oxidized EFS). The EFS is used fine aggregate in concrete, and replaced by sea-sand(natural sand). The replacement ratio are 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. The result of study, to used oxidized EFS-sand, the flowability and the compressive strength is increased. Also it is possible to reduce the Bleeding. It is necessary more study about using the EFS aggregate, like the durability, the mechanical property for concrete

### 요 약

철강 산업에서 발생하는 슬래그 부산물 중 전기로슬래그는 슬래그 자체의 팽창반응성으로 인해 콘크리트용 원자재로서 활용이 불가능하지만, 슬래그의 팽창반응성을 제거한 전기로산화슬래그는 콘크리트용 골재로서 활용이 가능하다. 본 연구에서는 산화 전기로슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 기초 품질 특성을 검토한 것으로서, 산화 전기로슬래그 잔골재는 입형이 둥근 풍쇄전기로슬래그 및 입형이 부순모래와 유사한 파쇄 전기로슬래그 잔골재가 있으며, 본 실험에서는 파쇄 전기로슬래그 잔골재를 사용하였다. 잔골재에 대해 용적 대체한 경우에서의 콘크리트의 품질 특성을 검토 결과, 전기로슬래그 잔골재는 골재 자체의 밀도가 일반 천연골재에 비해 매우 높고, 흡수율이 매우 낮기 때문에 전기로슬래그 잔골재 대체율이 증가할수록 동일 유동성을 확보하는 단위수량은 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 동일 단위수량 적용시에도 콘크리트의 강도 발현 특성은 증가하는 경향을 나타내고 있다.

\*정회원, 유진기업(주) 기술연구소, 연구원

\*\*정회원, 유진기업(주) 품질지원팀, 친환경소재제품인력양성센터(EMEC)

\*\*\*정회원, 유진기업(주) 연구개발팀

\*\*\*\*정회원, 서울산업대학교 토목공학과 교수, 친환경소재제품인력양성센터(EMEC)

\*\*\*\*\*정회원, 유진기업(주) 기술연구소, 소장

## 1. 서 론

전기로슬래그는 제강과정에서 전기로에 의해 발생하는 슬래그로서 슬래그 자체에 Free CaO, MgO 등을 함유하고 있기 때문에 그 자체의 팽창반응성을 갖고 있다. 따라서 이러한 슬래그의 팽창반응성으로 인해, 전기로슬래그는 고로슬래그와 같이 콘크리트 원재료로서 사용이 곤란하며, 일반적으로 노반재로 활용되고 있는 실정이다. 그러나, 전기로슬래그의 팽창반응성을 제거한 산화 전기로슬래그의 경우에는 콘크리트용 골재로서 활용이 가능하며, 전기로슬래그의 콘크리트용 골재로 활용시 산업부산물의 유효자원화를 통해 높은 부가가치가 발생될 것으로 예상된다<sup>1),2)</sup>.

따라서 본 연구는 산화된 전기로슬래그 잔골재의 콘크리트용 골재로 활용을 위한 기초자료의 축적 및 활용 방안 제시를 목적으로, 천연잔골재에 대한 전기로슬래그 잔골재를 용적 대체하여 콘크리트의 기초물질 특성을 검토하였으며, 향후 전기로슬래그 잔골재를 사용한 콘크리트의 다양한 연구 수행을 위한 기반을 제공하고자 한다.

## 2. 실 험

### 2.1 실험계획 및 사용배합

본 실험의 실험 계획을 표 1에, 콘크리트 배합을 표 2에 나타내었다. 산화 전기로슬래그 잔골재는 잔골재 용적 대체하였으며, 콘크리트 배합은 물결합재비 52.9% 잔골재율 48.5%의 배합에 대해 실험을 진행하였다. 콘크리트의 품질 특성은 산화 전기로슬래그 잔골재를 사용하지 않은 배합을 기준 배합으로, 기준배합에 대한 동일 단위수량 적용시에 콘크리트의 품질 특성 변화와 동일 유동성 확보시의 단위수량 및 콘크리트 품질 특성의 변화를 동시에 검토하였다. 기준배합의 콘크리트 품질 수준은 목표 슬럼프 180mm, 목표 공기량은 4.5±1.5%로 하였으며, 동일 유동성을 고려할 경우에는 기준 배합에 대한 슬럼프 오차 범위는 ±10mm로 하여 수량 변화를 검토하였으며, AE제 사용량을 조절하여 기준배합에 대한 공기량 ±1.0%의 오차범위로 공기량 관리를 실시하였다.

### 2.2 사용재료

본 연구에 사용된 잔골재의 기초물성을 표 3에, 입도분포를 그림 1에 나타내었다. 천연골재인 세척사에 비해 산화 전기로슬래그잔골재(ES)는 밀도가 매우 높은 것으로 나타났으며, 흡수율은 상대적으로 매우 낮은 수준으로 나타났다.

표 1. 실험계획

실험 요인	산화 전기로슬래그 잔골재의 대체율별 ⇒ 0, 25%, 50%, 75%, 100%
평가 요인	1) 동일 단위수량 2) 동일 유동성
시험 항목	1) 굳지않은 콘크리트 특성 : 단위수량 변동량 슬럼프, 공기량, 경시변화 블리딩 특성 2) 경화 콘크리트 특성 : 3, 7, 14, 28일 압축강도

표 2. 콘크리트 배합

배합	W/B (%)	S/a (%)	단 위 질 량 (kg/m <sup>3</sup> )						
			W	OPC	FA*1	S1*2	S2*3	G	AD
기준	52.8	48.5	177	285	50	845	-	910	1.68

주) 1)FA:Fly-ash, 2)S1:Sea sand, 3)S2:ES(Electric-furnace-slag Sand)

표 3. 사용 잔골재의 기초물성

세척사	밀도 2.60, 조립률 2.65, 흡수율 0.84
ES	밀도 3.80, 조립률 2.92, 흡수율 0.25

### 3. 실험결과 및 분석

콘크리트의 기초물성 측정 결과를 표 4에 나타내었다.

#### 3.1 굳지않은 성상

그림 2에 제조 직후에서의 슬럼프 및 공기량의 변화를, 그림 3에 배합에 따른 블리딩량을 나타내었다.

산화 전기로슬래그 잔골재(ES)를 사용한 경우에 있어서 콘크리트의 유동성 변화는 ES의 사용량이 증가할수록 콘크리트의 유동성은 증가하는 경향을 나타내고 있다. 특히 기준 배합 대비 잔골재를 전부 ES로 대체한 경우에는 슬럼프가 약 45mm 증가하는 것으로 나타나고 있다. 이러한 경향은 동일 슬럼프를 확보하는 단위수량의 변화에서도 나타나고 있으며, ES100-1의 경우 기준배합에 비해 단위수량을 최대  $14\text{kg/m}^3$  감소시킬 수 있는 것으로 나타나고 있다.

또한 공기량의 변화에 있어서는 ES사용량이 증가할수록 공기량 발현특성은 저하하는 것으로 나타났다.

경과시간에 따른 유지성능에 있어서는 ES사용량과 관계없이 거의 유사한 수준을 나타내고 있으며, 공기량 발현 유지성능에 있어서는 ES를 사용하는 경우가 다소 유지성능이 향상되는 것으로 나타났다.

ES 대체율에 따른 블리딩특성에 있어서는, 동일 수량에서는 ES대체율이 증가할수록 블리딩 발생량이 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 동일 유동성을 확보하는 단위수량의

변화에 있어서는 상대적으로 단위수량이 감소하는 만큼 ES 대체율이 증가할수록 블리딩 발생량도 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 ES의 높은 밀도 특성에 의해 시간이 경과함에 따라 콘크리트 자

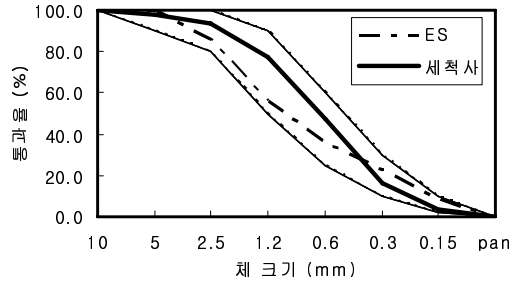


그림 1. 잔골재의 입도 분포

표 4. 콘크리트의 기초물성 측정 결과

평가 구분	배합	단위수량 변동량 ( $\text{kg/m}^3$ )	슬럼프 (mm)		공기량 (%)		압축강도 (MPa)			
			직후	60분	직후	60분	3	7	14	28
	기준	177	175	115	5.5	3.6	16.0	21.9	25.5	28.8
동일 수량	ES25	177	185	130	4.8	3.3	16.5	23.9	27.7	31.8
	ES50		190	140	4.2	3.0	18.5	25.9	31.4	36.2
	ES75		200	145	3.7	2.6	20.1	28.2	33.7	38.3
	ES100		210	155	3.6	2.5	21.0	29.0	34.2	38.8
동일 유동성	ES25-1	174	185	155	5.2	4.0	18.5	24.9	28.4	33.1
	ES50-1	170	180	145	5.0	3.7	20.2	26.6	32.0	37.6
	ES75-1	166	180	130	5.4	4.0	21.1	29.0	33.9	38.5
	ES100-1	163	175	120	5.2	3.7	22.1	30.8	35.8	39.8

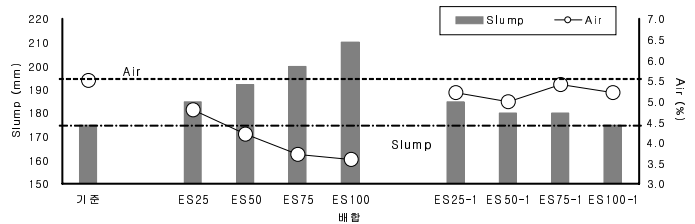


그림 2. 제조 직후 슬럼프 및 공기량의 변화

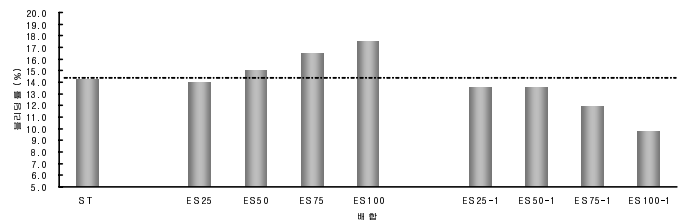


그림 3. 콘크리트의 블리딩률

중에 의한 침하로 인해 블리딩 발생이 증가하며, 동일 유동성 확보를 위한 단위수량 조절시에는 ES대체율이 증가할수록 단위수량은 감소하기 때문에 이에 의한 블리딩 발생량이 감소하는 것으로 판단된다.

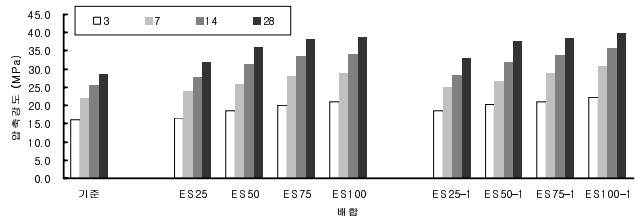


그림 4. 재령별 압축강도

### 3.2 강도발현특성

그림 4에 배합에 따른 재령별 압축강도를 나타내었다.

ES 대체율이 증가할수록 압축강도는 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 기존의 동일 유동성을 고려한 경우에 있어서는 이러한 경향이 더욱 뚜렷이 나타나고 이는 기존의 연구결과<sup>1)</sup>와 다소 상이한 것으로서 기존의 에이징처리 전기로슬래그와 금번에 검토한 제강공정에서 분급되어 생산된 산화 전기로슬래그의 품질 차이에 기인하는 것으로 판단되며, 제강공정에서 분급된 산화 전기로슬래그를 골재자원화할 경우 밀도 등 골재 자체의 품질 특성에 의해 콘크리트의 품질을 개선시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결론

산화 전기로슬래그 잔골재를 콘크리트용 골재로 활용할 경우 콘크리트의 기초 품질 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 산화 전기로슬래그 잔골재는 일반 천연골재에 비해 밀도는 매우 높고 흡수율이 낮은 것으로 나타났다.
- 2) 산화 전기로슬래그 잔골재 자체의 품질 특성에 기인하여 콘크리트 제조시 천연골재를 사용한 경우에 비해 유동성이 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 공기량 발현에 있어서는 천연골재에 비해 다소 저하하는 특성을 나타내었다.
- 3) 경과시간에 따른 품질 변화에 있어서는 천연골재와 유사한 수준을 나타내고 있다.
- 4) 블리딩 특성에 있어서는 골재의 밀도차에 의해 블리딩 발생량이 천연골재에 비해 다소 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 동일 유동성을 확보한 경우에는 단위수량의 감소로 인해 오히려 블리딩 발생량은 감소하는 경향을 나타내고 있다.
- 5) 콘크리트 강도발현특성에 있어서는 골재의 밀도가 매우 높은 영향으로 인해 천연골재에 비해 강도발현이 증가하는 경향을 나타내고 있다.

### 감사의 글

이 논문은 환경부의 환경기술 인력양성 지원사업으로 지원되었습니다.

### 참고문헌

1. 문한영 외, “콘크리트용 골재로서 전기로슬래그의 적용성에 관한 연구”, 콘크리트학회 논문집, 제11권 3호, 1999.6
2. 김길희 외, “전기로 산화슬래그의 국내외 이용 사례”, 콘크리트학회 학회지, 제19권 6호, 2007.11