

## 전기로슬래그 잔골재를 사용한 모르타의 역학적 성질

문한영 · 유정훈 · 백우열

한양대학교 공과대학 토목공학과

### I. 서 론

1999년도 우리나라에서 발생된 고로슬래그와 제강슬래그는 각각 약 799만 톤과 약 610만 톤으로 합계 1,410만 톤 정도이며, 이 중 전기로슬래그의 발생량은 연간 약 220만 톤 정도라고 한다.<sup>1)</sup>

고로슬래그는 발생량이 많을 뿐만 아니라 시멘트 원료, 도로 포장 및 콘크리트용 골재 등으로 사용할 수 있도록 한국산업규격에 제정되어 광범위하게 재활용되고 있다. 한편, 製鋼슬래그를 사용한 아스팔트鋪裝 設計施工指針<sup>2)</sup> 및 전기로슬래그를 사용한 도로포장설계·시공지침<sup>3)</sup>을 각각 1985년과 1997년에 대한토목학회에서 제정한 바 있으며, 1997년에는 도로용 철강슬래그를 제정하였다.

그러나 전기로슬래그는 고로슬래그와 비교하여 실리카분과 석회분이 적으며 철분이 많은데도 불구하고, 유리석회에 의한 팽창부피성을 나타내는 경향이 있어 건설교통부 제정 콘크리트표준시방서<sup>4)</sup>에 의하면 콘크리트용 굵은골재로 사용해서는 안 된다고 규정하는 등의 제약을 받으므로 거의 자원화하지 못하고 도로포장용 보조기층재 및 매립재 등 한정된 용도로 사용되고 있다.

그럼에도 불구하고 우리나라에서 발생하는 전로슬래그를 도로포장 및 콘크리트용 골재로 사용한 연구성과나 사용실적은 거의 찾아볼 수 없는 실정이다.

본 연구에서는 제철산업의 부산물로 다량 발생되는 전기로슬래그를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위한 연구의 일환으로 에이징의 종류 및 처리 유무에 따른 전기로슬래그 잔골재의 품질을 비교하였으며, 또한 전기로슬래그 잔골재의 에이징 효과를 모르타 강도실험결과로서 고찰하였다.

### II. 사용재료 및 실험방법

#### 1. 사용재료

##### (1) 시멘트

보통포틀랜드시멘트(OPC로 약함)의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다

Table 1. Chemical composition and physical properties of cement

SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Ig.loss (%)	Specific gravity	Specific area (cm <sup>2</sup> /g)
20.3	6.2	3.2	62.4	3.0	2.0	1.9	3.14	3,265

##### (2) 골재

강모래와 전기로슬래그 잔골재(이하 전기로골재)를 사용하였으며, 전기로골재의 화학적 성질 및 물리적 성질은 각각 표 2 및 3과 같다.

[연락처] (우)133-791 서울 성동구 행당동 17 한양대학교 공과대학 토목공학과 콘크리트재료연구실

Tel. : 02-2290-0323, Fax. : 02-2293-9977, E-mail : moon77@email.hanyang.ac.kr

Table 2. Chemical composition of EAF slag aggregate (%)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T · Fe	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
14.95	7.70	28.73	20.45	5.99	1.10	0.08	0.13	1.17	6.87	0.23

Table 3. Physical properties of EAF slag aggregate

Items Kinds	Specific gravity	Absorption (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of solids (%)
River sand	2.61	0.86	1,646	63.0
EAF slag	3.21	3.96	1,982	62.0

## 2. 실험방법

### (1) 에이징 처리

전기로골재를 3개월간 야적시킨 공기중 에이징, 20±5℃의 수중에 1개월간 침지시킨 정수중 에이징, 80℃의 온수중에서 24시간 침지시킨 온수중 에이징을 각각 실시하였다.

### (2) 전기로슬래그 골재의 물성 시험

에이징 처리 유, 무에 따라 전기로골재의 비중 및 흡수율은 KS F 2503 및 2504, 단위용적중량은 KS F 2505에 의하여 측정하였다.

### (3) 전기로슬래그 골재의 수침팽창비

수침팽창비는 KS F 2535 '도로용 철강슬래그'의 부속서인 '수침팽창비 시험방법'으로 실시하였다.

### (4) 모르타의 플로우 및 압축강도

에이징 처리한 전기로골재 사용 모르타를 제조하여 플로우 시험 및 표준양생한 모르타 공시체의 재령별 압축강도를 KS L 5105에 따라 측정하였다.

## III. 실험결과 및 고찰

### 1. 골재의 물리적 성질

전기로골재의 비중, 흡수율 및 실적률을 측정에 이징 유, 무에 따라 각각 정리한 것이 그림 1이다.

이 그림에서 알 수 있듯이 전기로골재는 에이징 처리에 관계없이 비중이 강모래보다 훨씬 큰 3.0 이상의 값을 나타내었다. 한편, 전기로골재의 흡수율은 강모래보다 훨씬 큰 값을 알 수 있다.

전기로슬래그 골재의 비중이 큰 이유는 표 2의 화학성분에서 알 수 있듯이 제강과정에서 철의 일부가 슬래그에 유입되어 비중이 크게 나타났으며, 비중이 천연골재보다 크에도 불구하고 흡수율이 큰 이유는 슬래그의 냉각과정에서 기포 등이 많이 생겨 전기로슬래그 골재 자체의 공극이 많은 구조로 형성되었기 때문이다. 또한 전기로골재의 실적률은 에이징처리 유, 무에 관계없이 천연골재의 실적률과 비슷한 60%를 상회하는 값을 나타내었다.

전기로슬래그 골재의 흡수율이 강모래보다 큰 점

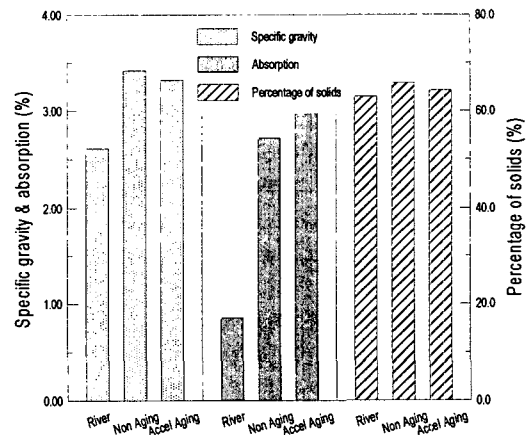


Fig 1. Specific gravity, absorption and percentage of solids of aggregate

을 고려하여 촉진에이징처리 유, 무에 따른 경과시간 24시간까지의 흡수율을 측정하여 비교, 정리한 것이 그림 2이다.

이 그림에서 전기로골재의 촉진에이징처리 유, 무에 따라 경과시간별 흡수율이 약간 상이하였으나, 경과시간 1시간에서의 흡수율이 24시간 흡수율의 약 75% 정도로 나타났으며 순간흡수율이 매우 큰 문제점을 지적할 수 있겠다.

따라서 전기로슬래그를 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위해서는 경량골재와 마찬가지로 사용 전에 살수하여 골재내부에 물을 흡수시키는 처리방법(pre-wetting)이 반드시 선행되어야 한다고 생각된다.

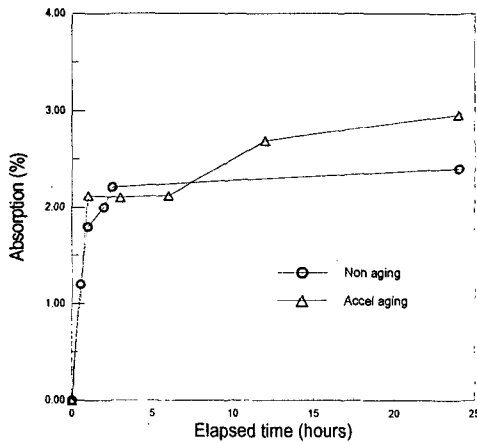


Fig 2. Absorption of EAF slag aggregate for elapsed time

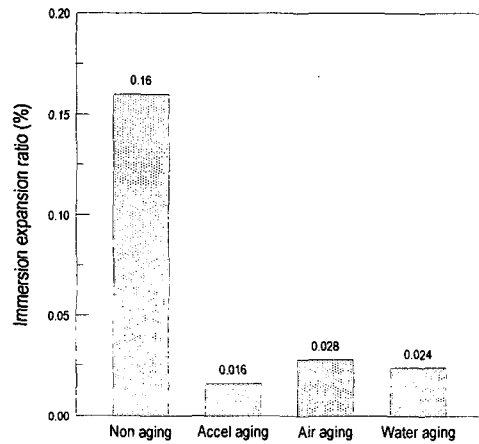


Fig 3. Immersion expansion ratio of EAF slag aggregate

## 2. 수침팽창비

전기로골재를 콘크리트용 재료로 사용할 경우 가장 큰 문제점 중의 하나인 전기로슬래그의 팽창성을 알아보기 위하여 KS F 2535의 규정에 따라 입도조정한 전기로슬래그 골재를 80℃ 수중에 침지하여 에이징처리 방법별로 수침팽창비를 측정하여 비교, 정리한 것이 그림 3이다.

이 그림에서 에이징미처리 전기로슬래그 골재의 수침팽창비가 촉진에이징처리에 의해 안정화된 전기로슬래그 골재의 수침팽창비보다 10배 정도의 큰 값을 나타내었으며, 3종류의 에이징 방법 중 공기중에이징, 살수에이징, 촉진에이징 순으로 수침팽창비가 작아지는 것을 알 수 있다.

이 실험결과에서 알 수 있듯이 에이징미처리 전기로슬래그 골재를 사용할 경우 골재의 팽창으로 인한 콘크리트의 품질저하가 크게 우려되므로 전기로슬래그 골재를 콘크리트용 골재로 사용하기 위해서는 충분한 에이징처리는 필요불가결하다고 생각된다.

## 3. 모르타의 플로우

촉진에이징처리 유, 무에 따라 전기로슬래그 잔골재의 대체율을 강모래와 0, 25, 50, 75 및 100%로 변화시키고, 물-시멘트비 50%인 모르타를 제조하여 플로우 값을 나타낸 것이 그림 4이다.

이 그림에서 촉진에이징처리한 전기로슬래그 잔골재 대체율 50%까지는 강모래만을 사용한 모르타보다 플로우 값이 크게 나타났으나 대체율 75% 이후의 플로우 값은 오히려 크게 떨어졌다. 또한 에이징미처리 전기로슬래그 잔골재 사용 모르타는 대체율이 증가할수록 플로우 값이 크게 떨어지는 경향을 나타내었다.

## 4. 모르타의 강도

촉진에이징처리 및 미처리한 전기로슬래그 잔골재를 강모래와 0, 25, 50, 75 및 100%로 대체하고, 물-시멘트비 50%인 모르터를 제조하여 재령 7일 및 28일의 압축강도를 측정하여 정리한 것이 그림 5이다.

이 그림에서 에이징처리 유, 무 및 전기로슬래그 잔골재의 대체율과 관계없이 강모래만으로 제조한 모르터의 재령 7일 압축강도와 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

그러나 재령 28일에서 모르터의 압축강도는 재령 7일과는 약간 상이하였으며, 전기로슬래그 잔골재를 대체하는데 따라 압축강도가 크게 증가되는 경향을 나타내었다.

특히, 전기로슬래그 잔골재 대체율 25%인 모르터의 압축강도가 가장 큰 값을 나타내었으나 재령 28일까지의 압축강도는 에이징처리 유, 무에 관계없이 큰 차이가 없는 경향을 나타내었다.

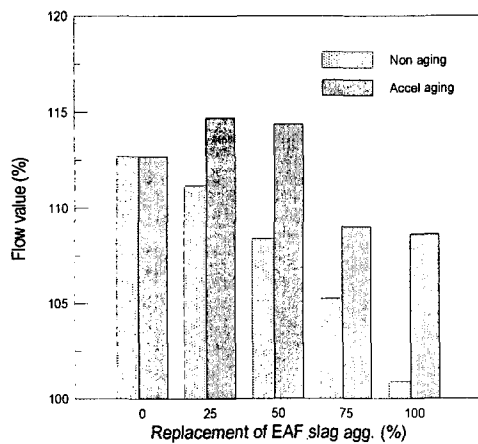


Fig 4. Flow value of mortar using EAF slag aggregate

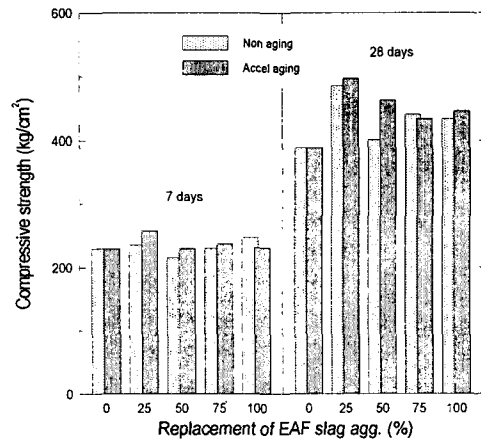


Fig 5. Compressive strength of mortar using EAF slag aggregate

#### IV. 결론

- (1) 전기로슬래그가 냉각과정에서 발생된 기포에 의한 공극으로 흡수율 및 순간흡수율이 매우 크기 때문에 콘크리트용 골재로 사용하기 위해서는 pre-wetting이 반드시 필요하다.
- (2) 전기로슬래그 골재의 80℃ 수침팽창비는 촉진 < 살수 < 공기중에이징처리한 시료의 순으로 크게 나타났으며, 촉진에이징처리한 골재가 에이징미처리 골재보다 약 10배 정도 작게 나타났다.
- (3) 촉진에이징처리한 전기로슬래그 골재를 사용한 모르터의 압축강도는 전기로슬래그 골재의 대체율과 재령에 따라 상이하였으나, 대체율 25%에서 재령에 관계없이 가장 큰 값을 나타내었다.

#### 참고문헌

1. “철강슬래그 재활용실적(’99)”, 한국철강협회, 2000.2
2. “製鋼슬래그를 사용한 아스팔트鋪裝·設計施工指針”, 社團法人 大韓土木學會, 1985.
3. “電氣爐슬래그를 사용한 道路鋪裝·設計施工指針”, 社團法人 大韓土木學會, 1997.
4. “콘크리트표준시방서”, 한국콘크리트학회, 1999.

감사의 글 : 본 연구는 2000년도 한국과학재단 목적기초연구비로 수행된 연구의 일부이며, 연구를 수행할 수 있도록 지원해주신 한국과학재단에 감사 드립니다.