

# 촉진에이징처리한 전로슬래그 골재의 기초물성

## Fundamental Properties of Converter Slag Aggregate Treated with Accelerated Aging

문한영\*, 유정훈\*\*, 천승환\*\*\*

Moon Han-Young, Yu Jung-Hoon, Cheon Seung-Hwan

### ABSTRACT

In this paper, we carried out fundamental experiments to use the steel manufacturing slag as a concrete aggregate. Generally, there are two types of slag, the blast-furnace slag and the steel manufacturing slag. The latter is classified by the difference of manufacturing method of steel into the converter slag and the electric-furnace slag.

The steel manufacturing slag mainly contains  $\text{SiO}_2$  and  $\text{CaO}$  as the chemical composition. The reaction with water and a little of free  $\text{CaO}$  in the steel manufacturing slag makes the expansion of volume change. Therefore, we primarily investigated physical properties, expansion mechanism, pH value, aging effects and aging methods in the steel manufacturing slag. Then compressive strength of concrete with steel slag aggregate is measured.

### 1. 서론

근년에 와서 양질의 강, 모래 및 하천골재의 품귀현상 등으로 인하여 콘크리트용 골재로 부순돌, 부순모래, 바다모래 및 바다자갈을 사용하는 경우가 급증하고 있을 뿐만 아니라 산업부산물인 고로슬래그, 전기로슬래그 및 페콘크리트 등을 콘크리트용 골재로 활용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있는 현실이다. 그런데 콘크리트 표준시방서 및 한국산업규격에서는 고로슬래그를 콘크리트용 골재로 사용할 수 있도록 제정하고 있으나, 전기로슬래그나 전로슬래그 등 제강슬래그는 고로슬래그 골재와는 달리 유리석회애 의한 팽창붕괴성이 있어 콘크리트용 골재로 사용해서는 안된다고 규정하는 등의 제약을 받고 있다.

본 연구에서는 제철산업의 부산물로 연간 390만톤 정도 발생하는 전로슬래그를 콘크리트용 굵은골재로 활용하기 위한 연구의 일환으로 에이징처리 유무에 따른 전로슬래그 골재의 물성 및 부순돌과 대체하여 제조한 콘크리트의 기초적 성질에 대하여 실험적으로 고찰하였다.

\* 김희원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\* 김희원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

\*\*\* 김희원, 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정

## 2. 사용재료 및 실험방법

### 2.1 사용재료

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

표 1 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

Item Type	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	Surface Area(cm <sup>2</sup> /g)
OPC	20.30	6.20	3.20	62.40	3.00	2.00	1.90	3.14	3,265

(2) 굵은골재 : 최대치수 20mm인 부순돌(NA라 약함) 및 전로슬래그 굵은골재(CA 또는 전로골재라 약함)를 동일 입도로 조정하여 사용하였으며, 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2 굵은골재의 물리적 성질

Item Type	Specific Gravity	Absorption (%)	F.M	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of Solids (%)	Abrasion Value (%)
NA	2.63	0.78	6.75	1,741	65.4	28.9
CA	3.39	1.96	6.75	1,922	55.2	16.8

### 2.2 시험방법

- (1) 에이징 : 증기에이징은 3일 동안 100℃와 1기압의 증기실에서 에이징 처리한 후 꺼내어 대기 중에 야적하는 방법이며, 온수증에이징은 80±3℃의 수중에서 24시간 침지시킨 후 대기 중에서 7일 이상 야적하는 방법으로 실시하였다.
- (2) 수침팽창비 시험 : KS F 2535의 철강슬래그의 수침팽창시험방법에 준하여 실험하였다
- (3) pH 측정 시험 : 전로골재의 입경을 5~10mm로 조정한 후 카르멜 수소이온전극을 사용하여 pH를 측정하였다
- (4) Ca(OH)<sub>2</sub> 정량 : 전로골재를 잔골재와 굵은골재로 분류하여 350℃ 및 550℃의 전기로에서 각각 10분 및 60분간 강열한 후 골재 무게의 차를 이용하여 Ca(OH)<sub>2</sub>량을 측정하였다.

## 3 콘크리트 배합

설계기준강도 280kgf/cm<sup>2</sup>, 물-시멘트비 55% 및 공기량 4±1%를 목표로 하여 에이징처리 유,무에 따른 콘크리트 배합은 표 3과 같다.

표 3 콘크리트의 배합표

Type of Cement	Type of Aggregate	Type of Aging	G <sub>max</sub> (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	Air (%)	S/a (%)	Unit Weight(kg/m <sup>3</sup> )				
								W	C	S	G	CA
OPC	NA	-	20	8	55	4	40	193	350	680	1,067	0
"	CA	Non	"	"	"	"	"	"	"	"	0	1374
"	CA	Steam	"	"	"	"	"	"	"	"	0	1368

표 4. 에이징에 따른 전로골재의 품질

Type of Aggregate	Type of Aging	Specific Gravity	Absorption (%)	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of Solids (%)	Abrasion Value (%)
NA		2.63	0.78	1,741	65.4	28.9
CA	Non	3.39	1.96	1,922	55.2	16.8
CA	Hot water	3.48	1.57	1,961	56.4	13.3
CA	Steam	3.40	1.69	1,969	58.0	13.1

## 4 실험결과 및 고찰

### 4.1 전로골재의 에이징처리 효과

#### (1) 전로골재의 물성

부순돌 및 전로골재의 에이징처리 전, 후의 물리적 성질을 측정하여 정리한 것이 표 4이다. 이 표에서 알 수 있듯이 전로골재의 비중 및 흡수율은 다같이 부순돌보다 훨씬 큰 값을 나타내었으며, 단위용적중량은 부순돌보다 큰 반면 실적률은 오히려 작은 값을 나타내었다. 한편, 전로골재의 마모율은 부순돌보다 약 1/2 정도로 작은 값을 나타내었다.

#### (2) 전로골재의 팽창

온수중 에이징처리 유,무에 따른 전로골재의 수침팽창비를 10일간 측정, 정리한 것이 그림 1이다. 이 그림에서 에이징미처리 전로골재의 수침팽창비는 재령 10일에서 온수중 에이징처리한 전로골재와 비교하여 약 6배 정도 큰 값을 나타내었다. 따라서 전로골재의 경우, 온수중 에이징처리함으로써 팽창성을 크게 억제시켜 안정화되었음을 알 수 있다.

전로골재의 에이징 종류 및 처리 유, 무에 따른  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  양을 측정하여 정리한 것이 그림 2로서, 증기에이징 > 온수중 에이징처리 > 에이징미처리의 순으로  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 생성되었음을 알 수 있다. 이는 증기에이징한 전로골재 내부의 free CaO가 에이징 과정에서 충분히 반응하여 생성된 것으로서 에이징 효과가 우수함을 알 수 있으며, 특히 잔골재의 경우 수분과 반응할 수 있는 표면적이 굽은골재보다 크기 때문에  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 많이 생성되었다고 생각된다.

이번에는 부순돌과 전로골재를 증류수에 91일간 침지하여, 경과시간별 pH값을 측정한 결과가 그림 3이다. 이때 에이징미처리 전로골재의 pH값이 에이징처리한 전로골재보다 약 1정도 높은 값을 나타내고 있다. 이는 내부에 잔존하고 있는 CaO가  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 로 변화되어 용출하므로 재령별 pH값이 높은 것으로 생각된다. 또한 에이징에 관계없이 전로골재의 pH값이 재령 2일까지는 증가하지만 재령 7일 이후에는 pH값의 감소를 나타내는 이유는  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가  $\text{CaCO}_3$ 로의 변화에 따른 결과로 생각된다.

### 4.2 전로골재 사용 콘크리트의 강도

부순돌과 증기에이징 및 에이징미처리한 전로골재를 각각 사용하여 제조한 콘크리트의 압축강도를 부순돌을 사용한 보통콘크리트 100에 대한 재령 7, 28 및 91일의 각각의 압축강도비를 나타낸 것이 그림 4이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 에이징처리 유, 무 및 재령에 관계없이 전로골재를 사용한 콘크리트의 압축강도는 부순돌을 사용한 보통콘크리트에 약간 못 미치는 결과를 나타내었다.

특히 에이징미처리 전로골재를 사용한 콘크리트의 재령 7일에서의 압축강도비는 보통콘크리트에 비해 약 30% 정도 크게 작은 결과를 나타내므로써 조기재령의 압축강도에 문제가 있음을 알 수 있었다.

## 5 결론

- (1) 에이징미처리 전로골재 굽은골재는 수침팽창비 및 pH값이 재령과 더불어서 크게 증가했으나 에이징처리한 전로골재 굽은골재의 수침팽창비는 에이징미처리한 경우의 약 1/6 정도로 안정화되므로써 팽창성을 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었다.
- (2) 전로골재의 에이징과정에서 생성되는  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 양은 증기에이징의 경우 가장 큰 값을 나타내어 온수에이징처리보다 오히려 효과가 큼을 알 수 있다.
- (3) 전로골재를 사용한 콘크리트의 압축강도는 에이징처리함에 따라 크게 향상되었으나, 보통콘크리트에 비하여도 재령에 관계없이 강도가 약 10% 선후 떨어지는 문제점이 있었다.

6. 참고문헌

1. 成田貴一, 尾上俊雄, 高田仁輔, "轉爐슬래그의風化崩壊機構について", 鐵と鋼, 10, 1978.
2. 川村滿紀와 3名 "轉爐슬래그의 콘크리트用骨材として適用性", セメント技術年報, 36, 1982.
3. 文翰英, 柳政勳, "콘크리트용 골재로서 전기로슬래그의 적용성에 대한 연구", 콘크리트학회논문집, 11권 제3호, 1999 6
4. 文翰英, 柳政勳, 鄭大燮, "전로슬래그 굵은골재를 콘크리트용으로 사용하기 위한 기초적 연구", 한국콘크리트학회 1999 가을 학술발표회 논문집, 제11권 제2호, 1999. 11

\*\* 본 연구는 1999년도 포항제철종합주식회사의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

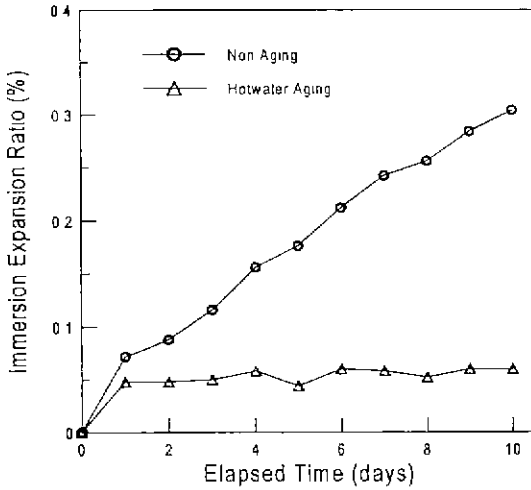


그림 1 전로골재의 수침팽창비

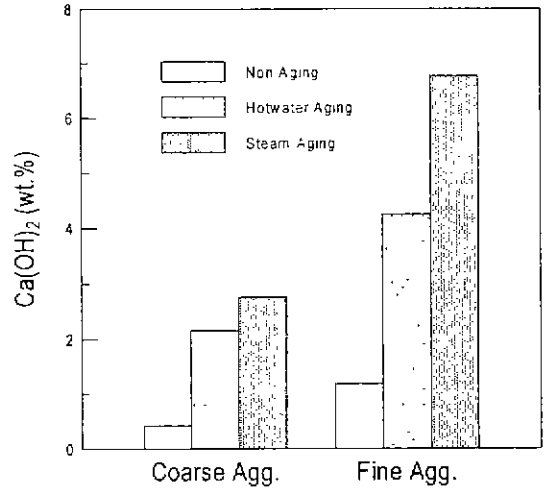


그림 2 에이징에 의해 전로골재에 생성된 Ca(OH)<sub>2</sub>량

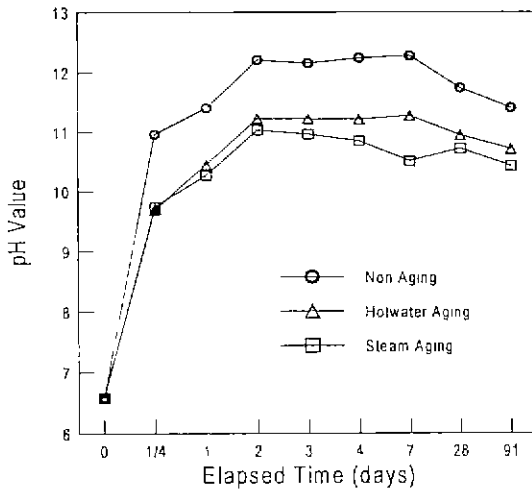


그림 3 전로골재의 pH값

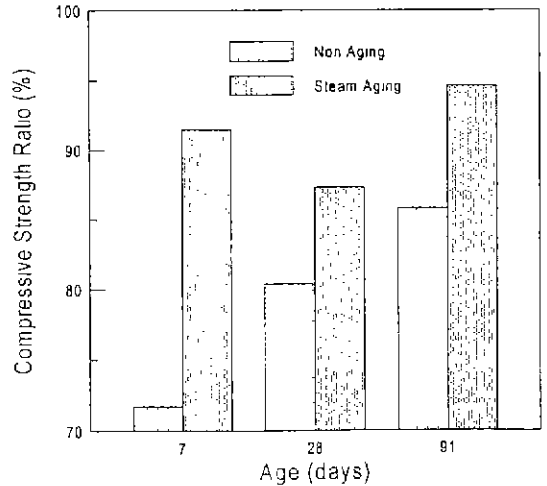


그림 4 전로골재 사용 콘크리트의 압축강도비