

前處理方法的變化에 따라 製作된 電氣爐슬래그콘크리트의 特性 研究[†]

[†]金南旭 · 田峻鴻* · 裴主星**

淸州大學校 理工大學 土木環境工學科, *(주)BNG컨설턴트 工事팀,
**全北大學校 工科學科 土木工學科, 工業技術研究센터

A Study on the Characteristics of Electric Arc Furnace Slag Concrete According to the Changing of the Pretreatment Method[†]

[†]Nam-wook Kim, Jun-hong Jeon* and Ju-seong Bae**

Department of Civil and Environmental Engineering, Cheongju University, Full-time Lecturer

*BNG Consultant Co. LTD, Engineer, M.E

**Department of Civil Engineering, Chonbuk National University, RCIT, Professor

요 약

본 연구의 목적은 기존 전처리 방법과 본 연구에서 도출한 표면처리 방법으로 전처리한 전기로슬래그의 물성을 분석하고 전처리 방법을 달리한 각각의 전기로슬래그의 대체율을 변화시켜 제작한 콘크리트의 특성을 비교 고찰하여 산업부산물인 전기로슬래그를 콘크리트용 굵은골재의 대체재로 활용하는데 있다. 한편, 표면처리 방법은 무기계의 실리카 용액을 사용하여 1일 함침 후 6시간 자연 건조하는 방법을 이용하였는데, 결과로부터, 기존의 온수처리방법에 비해 본 연구에서 사용한 표면처리방법이 더욱 효과적이었으며, 표면처리방법이 전기로슬래그의 팽창성 감소와 콘크리트용 굵은 골재로 활용하는데 효과적이라고 판단된다.

주제어 : 전처리방법, 전기로슬래그, 표면처리, 온수처리, 팽창성

Abstract

Purpose of this research is deducing optimum pretreatment method of electric arc furnace slag from comparing and investigating the properties of electric arc furnace slag and electric arc furnace slag concrete by existing pretreatment method and surface pretreatment method being used by this research. Besides, as the surface pretreatment method, the method of naturally drying for 6 hours after impregnating with an inorganic type silica solution for 1 day was used. From the results, comparing the hot water treatment method, surface treatment method being used by this research is more effective. Therefore, it is judged that surface treatment method is more effective in the decrease of expansibility of electric arc furnace slag and practical use.

Key words : Pretreatment method, electric arc furnace slag, surface treatment, hot water treatment, expansibility

1. 서 론

콘크리트 용적의 약 70% 이상을 차지하는 천연골재는 부존량이 거의 고갈된 상태로 현재 암석을 부수어서 생산되는 쇄석이나 폐콘크리트에서 재활용하는 순환골재

등의 대체골재가 활용되고 있다. 그러나 쇄석의 경우 채취로 인한 자연훼손 등 환경문제가 야기될 수 있으며, 순환골재는 품질이 아직 구조용 골재로서의 기준을 만족하지 못하여 그 사용이 제한적인 점 등이 문제점으로 지적되고 있다. 이러한 배경에 따라 최근 들어 철강 생산 과정에서 대량으로 발생되는 부산물의 한 종류인 전기로슬래그 골재(Electric arc furnace slag as aggregate : EAFSA)를 대체골재로 활용하려는 연구가 진행되어 왔

[†] 2009년 2월 24일 접수, 2009년 4월 28일 1차수정,

2009년 7월 10일 2차수정, 2009년 7월 22일 수리

*E-mail: asahi00@naver.com

다. 그러나 전기로슬래그는 물성이 비교적 안정적인 고로슬래그와는 달리 유리석회(Free CaO)를 0.1%~20%까지 광범위하게 함유하고 있으며, 유리석회의 함유량이 1.0% 이상일 경우 콘크리트 타설 시 혼합수와 반응하여 Ca(OH)₂를 생성하는데, 이렇게 생성된 Ca(OH)₂는 콘크리트의 체적팽창을 유발하여 균열발생 및 파괴를 초래할 수도 있으므로 전기로슬래그를 콘크리트용 골재로 활용하기 위해서는 전기로슬래그의 전처리(pretreatment)가 필요하다.¹⁾

그간 전기로슬래그에 함유된 유리석회의 함유량을 감소시키기 위한 방법이 개발되어 왔는데, 이는 크게 공기 중 에이징처리 및 촉진처리방법으로 나눌 수 있다. 공기 중 에이징 처리방법은 제강슬래그를 서냉시킨 후, 약 6개월에서 1년간 방치한 후 도로용 노반재 등으로 사용하는 것으로 처리방법은 간단하나 처리시간의 과다 및 수용부지 확보 등 비용이 요구된다. 따라서 전처리 시간을 단축하면서 효과도 우수한 공법의 도출이 필요하여 그간 온수, 증기 및 오토클레이브 등을 이용한 촉진처리방법이 연구 개발되어왔으나 아직 만족할만한 결과는 도출되지 않고 있다.²⁾

이에 본 연구에서는 전기로슬래그의 새로운 촉진처리 방법을 도출하기 위하여 전기로슬래그를 콘크리트 침투 강화형 혼화제(이하 표면처리제)에 함침 하여 사용하는 방법을 도출하고자 하였다. 표면처리제는 혼화재료의 한 종류로서 콘크리트 표면을 코팅 처리하여 연속적인 막을 형성하거나 혹은 콘크리트의 공극을 감소시키는 효과가 있는데, 이러한 혼화재료를 사용하여 콘크리트 표면에 코팅을 하면 표면이 평활해져서 유해물질이 접착이 어렵고, 우수 등에 의해 쉽게 세척되어 나가기 때문에 콘크리트 내부로 유해물질의 침투가 어려워 철근의 부식방지 및 콘크리트의 내구성 증진 향상 등의 장점이 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 기존 전처리방법과 본 연구에서 사용된 표면처리제로 전처리(이하 표면처리)한 전기로슬래그의 물성과 전처리방법을 달리한 전기로슬래그의 대체율을 변화시켜 제조한 콘크리트의 특성을 비교 고찰하여 적정 전처리방법을 도출하는데 있다.

2. 사용재료 및 시험방법

2.1. 주요 사용재료 및 배합설계

2.1.1. 골재

본 연구에서 사용한 굵은골재는 최대치수가 25 mm, 밀도가 2.64인 쇄석이며, 잔골재는 밀도가 2.53인 하천사를 사용하였는데, 각 사용골재의 물리적 특성은 Table 1과 같다.

2.1.2. 전기로슬래그

본 연구에서 사용한 전기로슬래그는 국내 K제철소에서 생산된 제강슬래그의 일종이며, 전기로슬래그는 제조상의 공법에 따라 산화슬래그 및 환원슬래그로 구분되는데 그 중 산화슬래그는 유리석회의 함유량이 상대적으로 적고 염기도가 낮기 때문에 다른 제강슬래그들에 비해 화학적으로 안정하다고 볼 수 있으며, 본 연구에서는 전기로 산화슬래그를 사용하였다. 한편, 본 연구에서 사용된 전기로 산화슬래그의 유리석회 함유량은 0.4~0.6%, 염기도는 1.45 정도로 나타났으며, 화학적 성분 및 그 형상은 각각 Table 2 및 Fig. 1과 같다.

2.1.3. 표면처리제

본 연구에서 사용한 표면처리제는 국내 S사의 제품으로 형태는 Fig. 2와 같고, 물리적 성질과 화학적 성분은 각각 Table 3 및 Table 4와 같다.

Table 1. Physical properties of used aggregates

Kinds	Density (g/cm ³)	Absorption (%)	Max. size (mm)	FM
Fine aggregate	2.53	1.31	-	2.80
Coarse aggregate	2.64	0.63	25	6.66

Table 2. Chemical compositions of electric arc furnace slag

Composition (% by weight)									Basicity	Free CaO (%)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	T-Fe	CaO	MgO	MnO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅		
21.65	2.22	24.27	31.34	6.56	2.26	10.80	0.65	0.25	1.45	0.4~0.6

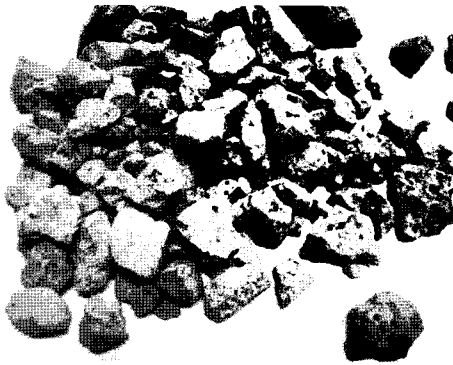


Fig. 1. Shape of electric arc furnace slag.

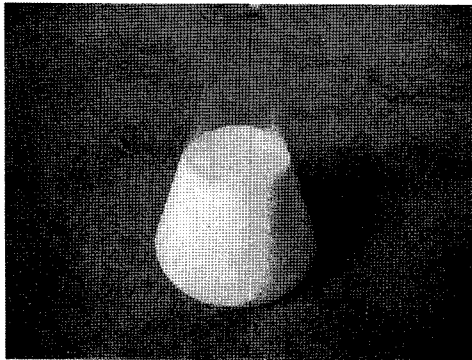


Fig. 2. View of surface treatment agent.

2.1.4 배합 설계

본 연구에서는 일반적으로 보통 콘크리트의 배합에서 사용되는 물-시멘트비 40% 및 잔골재를 42%를 이용하여 미처리, 온수처리 및 본 연구에서 제시한 표면처리 방법을 이용하여 제작된 전기로슬래그의 대체율을 0%, 25%, 50%, 75% 및 100%로 변화시킨 콘크리트를 제작하였다. 또한 공기량은 5±1%, 목표 슬럼프는 15±2 cm이었으며 이를 확보하기 위하여 고성능 AE 감수제를 혼입하였다. 한편, 본 연구에서 사용한 배합표는 Table 5와 같다.

2.2. 주요 시험방법

2.2.1. 전처리

본 연구에서는 제강슬래그의 단점인 팽창성을 저감시키기 위하여 기존의 대표적인 전처리방법인 온수처리 및 본 연구에서 제시한 표면처리방법을 이용하여 전기로슬래그 골재를 제작하였다. 온수처리방법은 전기로슬래그 골재를 80°C의 온수조에 3일 침지시킨 후 7일간 대기 중에 방치하여 팽창성을 감소시키는 방법을 이용하였으며, 표면처리방법은 골재의 성능향상을 위하여 사용되는 무기계의 실리카 용액을 사용하였는데 이 경우 적정 함침 시간 및 건조시간 등이 변수이며, 본 연구에서는 기존연구 결과³⁾를 고려하여 시험을 실시한 결과 용액에 1일 함침 후 6시간 자연 건조하는 방법이 적정으로 도출되었다.

Table 3. Physical properties of surface treatment agent

Kinds	Main components	Color	Specific gravity
Surface treatment agent	Sodium alumino silicate	Milky white	1.15±0.015

Table 4. Chemical contents of surface treatment agent

SiO ₂	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Moisture content
30%	7.5%	2.5%	60%

Table 5. Design of mix proportion

Kinds	Replacement ratio of EAFSA* (%)	G _{max}	W/C (%)	S/a (%)	Slump (cm)	Air (%)	unit weight(kg/)					
							W	C	S	G	EAFSA	SP
OPCC	0	25	40	42	15±2	5±1	172	430	682	982	0	2.58
NEC	25									737	318	2.58
	50									491	636	2.58
	75									246	954	2.58
	100									0	1272	2.37

Table 5. Continued

Kinds	Replacement ratio of EAFSA* (%)	G _{max}	W/C (%)	S/a (%)	Slump (cm)	Air (%)	unit weight(kg/)					
							W	C	S	G	EAFSA	SP
HEC	25	25	40	42	15±2	5±1	172	430	682	737	315	2.58
	50									491	631	2.58
	75									246	946	2.58
	100									0	1261	2.37
SEC	25	25	40	42	15±2	5±1	172	430	682	737	316	2.58
	50									491	633	2.58
	75									246	949	2.58
	100									0	1265	2.37

For here,

NEC-25

- Non treatment electric arc furnace slag concrete
- Substitution ratio of electric arc furnace slag

NEC : Non treatment electric arc furnace slag concrete
 HEC : Hot water treatment electric arc furnace slag concrete
 SEC : Surface treatment electric arc furnace slag concrete

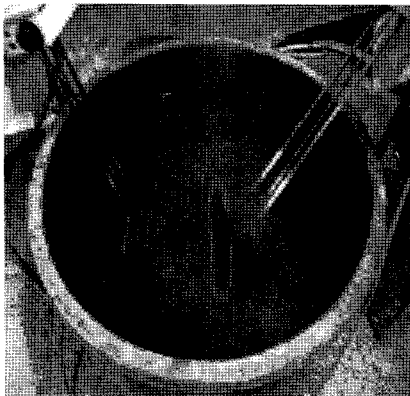


Fig. 3. View of hot water treatment.

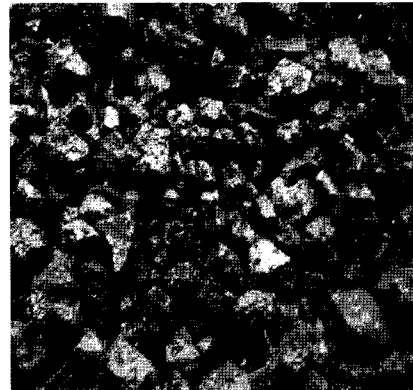


Fig. 4. View of surface treatment.

2.2.2. 80°C 수침팽창성 시험

전기로슬래그를 골재로서 사용 시 가장 큰 문제점인 팽창성을 평가하기 위해서 KS F 2580 철강슬래그의 80°C 수침팽창성 시험방법에 의거 실시하였으며 다음의 식(1)로 수침팽창비를 구하였다.

$$r_e = \frac{D_F - D_S}{H} \times 100(\%) \quad (1)$$

여기서, r_e : 수침팽창비(%)

D_F : 다이얼게이지의 최종 눈금

D_S : 다이얼게이지의 최초 눈금

H : 시험체의 최초 높이

2.2.3. SEM 및 XRD 평가

본 연구에서는 먼저 전처리 방법의 변화에 따른 전기로슬래그의 내부형상을 관찰하기 위하여 SEM(Scanning

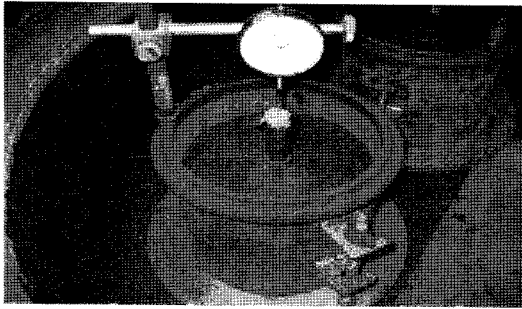


Fig. 5. View of 80°C immersion expansion test.

Electron Microscope)을 사용하여 측정하였다.

또한 전기로슬래그를 골재로 사용하였을 경우 시멘트와의 수화반응을 검토하기 위하여 전처리 방법 및 전기로슬래그의 대체율을 달리하여 제작한 5x5x5 cm의 시멘트 페이스트를 제작하여 20±2°C 온도의 수중에서 양생한 후 재령28일에 XRD(X-Ray Diffractometer)시험을 수행한 후 그 결과를 분석하였다.

2.2.4. 염소이온 침투저항성

본 연구에서는 전처리 방법 및 전기로슬래그의 대체율에 따라 제작된 콘크리트의 공극 특성을 정량적으로 파악하기 위하여 염소이온 침투저항성 시험을 ASTM C 1202에 의거 실시하였다. ASTM C 1202 시험방법은 콘크리트 양단에 60V의 직류전압을 6시간 동안 가하여 염소이온의 이동을 촉진시키는 방법으로 시험 장치는 Fig. 6과 같다.

시험방법은 콘크리트의 공극이 증류수로 포화된 시험체를 두께 50 mm로 절단하여 양극 셀에서 0.3M의 NaOH 수용액을, 음극 셀에는 3%의 NaCl 수용액을 채우고 DC 60V의 전위차로 6시간 동안 통전시키면서 시

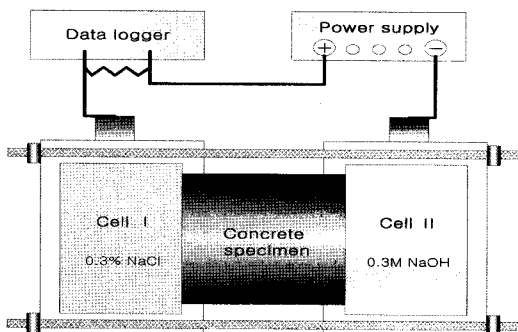


Fig. 6. View of chloride ion penetration test apparatus.

간대별 전류 값을 측정하여 통과전하량을 산정한다. 통과전하량은 측정된 전류 값을 식 (2)에 의하여 6시간 동안의 총통과전하량으로 산정한다.

$$Q_{total} = 900(I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + 2I_{360}) \quad (2)$$

여기서, Q_{total} : 총통과전하량(Coulomb), I_x : x분에서의 전류값(A)

3. 시험결과 및 고찰

3.1. 골재 특성시험

3.1.1. 80°C 수침팽창성 시험

전기로슬래그를 콘크리트용 골재로 사용하지 못하는 가장 큰 이유는 골재 내부에 다량으로 존재하는 유리석회 때문이며 전처리 하지 않은 제강슬래그의 사용은 콘크리트의 팽창성을 유발한다. KS F 2535 도로용 철강슬래그의 기준에 의하면 슬래그 내에 유리석회의 함유량이 1% 이상 함유하면 콘크리트의 팽창성을 급격히 증가시킨다고 규정하고 있어 전처리를 통한 제강슬래그의 팽창 위험성 감소 및 이에 대한 정확한 평가가 필요하다. 본 연구에서는 KS F 2580 철강슬래그의 80 수침팽창성 시험방법에 의거 실시하였는데, 시험 결과 미처리 전기로슬래그의 수침팽창비는 10일 경과 후 약 0.17% 정도로 나타났다. 이는 제강슬래그의 다른 종류인 전로슬래그에 비해서 상당히 낮은 수치를 나타내고 있는 것으로 나타나 전기로슬래그는 전로슬래그에 비해서 비교적 안정적인 것으로 보이며 콘크리트용 골재로서의 활용 가능성이 더 높은 것으로 판단된다.

한편, 전기로슬래그에 전처리를 실시한 경우 수침팽창비는 급격히 감소하였는데, 온수처리의 경우 10일 경과 후 약 0.04% 정도였으며 표면처리의 경우 약 0.015% 정도를 나타내어 표면처리 방법이 전기로슬래그의 팽창성 감소에 더욱 효과적임을 알았다. 이는 표면처리제가 전기로슬래그의 표면을 코팅하여 내부에 잔존해 있는 유리석회의 팽창 반응성을 차단하여 나타난 결과로 판단된다. 80°C 수침팽창성 시험 측정 결과는 Fig. 7과 같다.

3.1.2. SEM 촬영

SEM에 의해 촬영된 미처리, 온수처리 및 표면처리 전기로슬래그의 표면은 각각 Fig. 8~Fig. 10과 같다. SEM촬영 결과로부터, 먼저 온수처리 전기로슬래그는 미처리 전기로슬래그와 비교해 볼 때 표면이 달라진 것

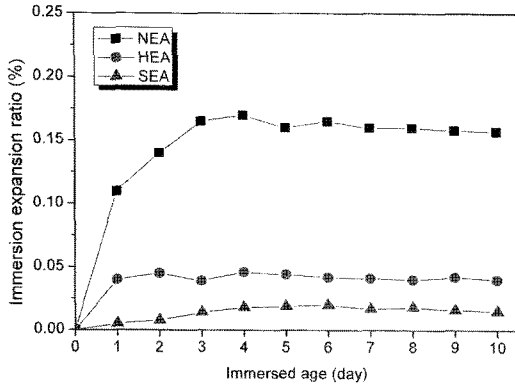


Fig. 7. Results of 80°C immersion expansion test.

For here,

NEA : Non treatment electric arc furnace slag aggregate

HEA : Hot water treatment electric arc furnace slag aggregate

SEA : Surface treatment electric arc furnace slag aggregate



Fig. 8. SEM image of non treatment slag (×5000).

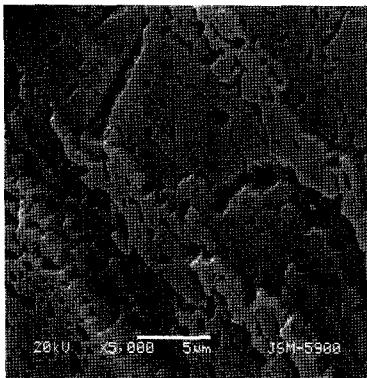


Fig. 9. SEM image of hot water treatment slag (×5000).

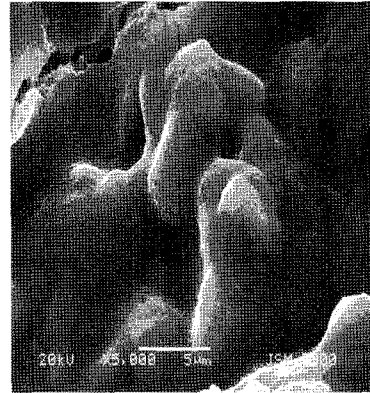


Fig. 10. SEM image of surface treatment slag (×5000).

을 볼 수 있는데 이는 전처리 과정 중에서 잔존해 있던 유리석회가 반응하여 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 로 변한 것으로 판단된다. 한편, 표면처리 전기로슬래그의 경우는 표면처리체의 주성분인 실리카성분이 반응하여 C-S-H겔을 형성한 후 전기로슬래그의 표면을 코팅한 것을 볼 수 있는데, 이러한 현상의 원인은 시멘트의 주요 성분 중 하나인 Ca^{2+} 와 전기로슬래그의 CaO 성분이 H_2O 와 반응하여 C-H를 생성한 후, 이 C-H는 표면처리의 주성분인 SiO_2 및 Al_2O_3 와 반응하여 C-S-H를 생성하므로써 전기로슬래그의 팽창성 감소 및 콘크리트 내부조직의 치밀화를 유도하는 것으로 판단된다.

3.2. 콘크리트 특성 시험

3.2.1. XRD 분석

전처리방법 및 전기로슬래그의 대체율에 따라 제작된 콘크리트 시험체중 각 방법의 대표적인 특징을 가장 잘 나타내는 전기로슬래그의 대체율 100%인 경우에 대한 XRD 분석결과를 Fig. 11에 나타내었다. XRD분석의 목적은 전기로슬래그를 콘크리트용 굵은골재로 사용하였을 경우 각 종 전처리방법에 따라 제작된 전기로슬래그와 시멘트 사이의 수화 생성물을 확인하고자 한 것으로, 분석결과 보통골재를 사용한 OPC콘크리트에 비해 전기로슬래그를 사용한 콘크리트가 C-H의 결정피크는 낮고 C-S-H의 결정피크는 높았는데 그 이유는 수화반응 초기에 생성된 C-H를 전기로슬래그의 주성분 중의 하나인 SiO_2 등과 반응하여 C-H를 소비하고 C-S-H를 형성한 것 때문으로 판단된다. 한편, 그 중에서 표면처리 전기로슬래그 콘크리트의 C-S-H 결정피크가 가장 높았는데 사용된 표면처리체의 주성분이 Si이며 이 때

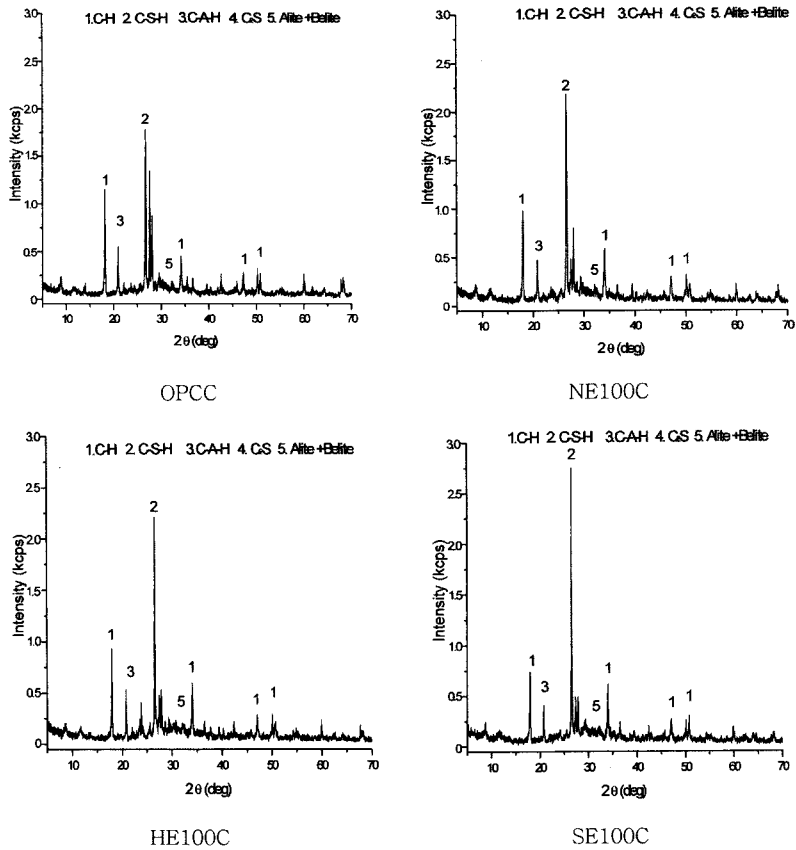


Fig. 11. Results of XRD analysis (substitution ratio : 100%).

문에 더욱 활발히 반응한 것으로 판단된다.

3.2.2. 압축강도

전처리방법 및 전기로슬래그 대체율의 변화에 따라 제작된 콘크리트에 대하여 재령 7, 28, 56 및 91일에서 측정된 압축강도 결과를 Table 6 및 Fig. 12~Fig. 14에 나타내었다. 시험 결과, 미처리 및 온수처리에 비해서 표면처리를 이용한 전처리방법이 강도증진에 효과적이었으며, 쇄석콘크리트(OPCC)와 표면처리전기로슬래그 100%(SE100C)를 대체한 콘크리트를 비교하면 최대 약 26% 정도 증가함을 알 수 있었다.

한편, 전기로슬래그의 대체율에 따른 결과를 살펴보면 미처리 및 온수처리의 경우는 대체율 50%까지는 증가하였으나 그 이상의 대체율에서 재령 28일 이후에는 강도의 증가율이 감소하였다. 이는 전기로슬래그의 밀도가 쇄석보다 높아 일정 대체율까지는 강도가 증진 하지만 대체율이 50%를 초과하면 전기로슬래그내에 잔존

해 있는 팽창성의 증가로 인하여 오히려 강도 증진율은 저하되었다. 그러나 표면처리의 경우는 나노 크기의 표

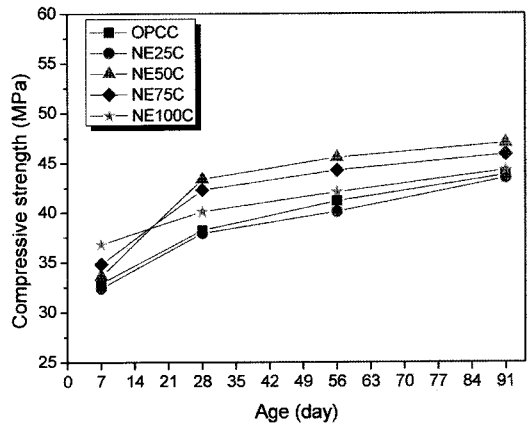


Fig. 12. Compressive strength of concrete by non treatment method.

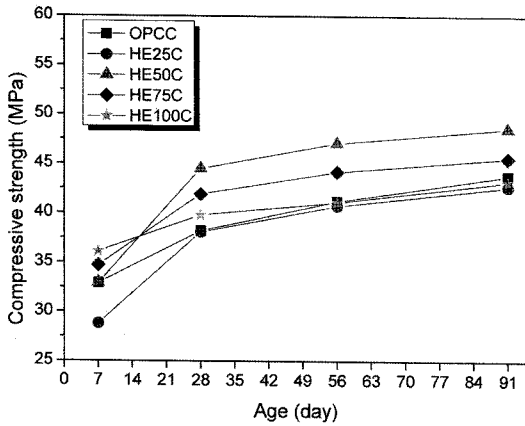


Fig. 13. Compressive strength of concrete by hot water treatment method.

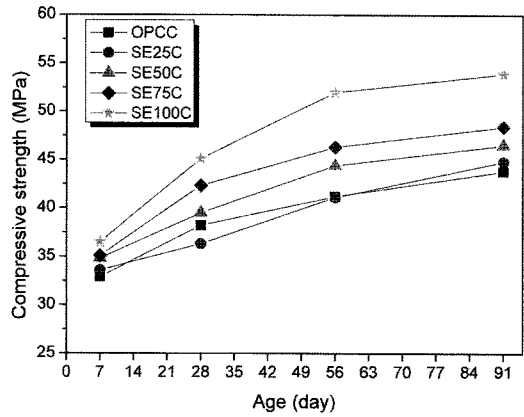


Fig. 14. Compressive strength of concrete by surface treatment method.

Table 6. Results of compressive strength

Type	Replacement ratio of EAFSA (%)	Compressive strength (MPa)			
		7days	28days	56days	91days
OPCC	0	32.9(100.0)	38.2(100.0)	41.2(100.0)	43.8(100.0)
NEC	25	32.4(98.5)	37.9(99.2)	40.1(97.3)	43.5(99.3)
	50	33.6(102.1)	43.4(113.6)	45.6(110.7)	47.0(107.3)
	75	34.8(105.8)	42.3(110.4)	44.3(107.5)	45.9(104.8)
	100	36.8(111.9)	40.1(105.0)	42.1(102.2)	44.3(101.1)
HEC	25	28.8(87.5)	38.1(99.7)	40.7(98.8)	42.7(94.5)
	50	32.9(100.0)	44.5(116.5)	47.1(114.3)	48.6(111.0)
	75	34.7(105.5)	41.9(109.7)	44.2(107.3)	45.6(104.1)
	100	36.1(109.7)	39.8(104.2)	41.1(99.8)	43.2(98.6)
SEC	25	33.6(102.1)	36.3(95.0)	41.1(99.8)	44.8(102.3)
	50	34.8(105.8)	39.5(103.4)	44.4(107.8)	46.5(106.2)
	75	35.1(106.7)	42.3(110.7)	46.3(112.4)	48.4(110.5)
	100	36.5(110.9)	45.1(118.1)	52.0(126.2)	53.9(123.1)

면처리제 용액이 전기로슬래그 공극에 침투하여 메웠으며, 용액의 주성분인 실리카 성분이 콘크리트 내부의 수화물인 수산화칼슘(CaOH₂) 및 산화칼슘(CaO)과 반응하여 불용성 화합물인 규산칼슘수화물(C-S-H) 등을 생성하므로써 내부구조가 밀실해지는 효과 때문에 강도가 증진된 것으로 판단된다.

3.2.3. 염소이온 침투저항성 시험결과

최근 들어 해양 건설에 대한 관심이 높아지면서 해양

구조물의 축조가 활발히 진행되고 있다. 해양환경 하에 놓인 철근콘크리트 구조물은 여건 상 염분, 즉 염소이온의 침투에 대한 영향을 주로 받으며 콘크리트 내부에 염소이온 농도가 기준량 이상 초과하게 되면 결국 철근이 부식하게 되어 콘크리트 구조물의 내구성 저하는 물론 붕괴에 까지 이르게 된다.

따라서 염소이온 침투에 따른 철근 부식을 방지하기 위해서는 내염 처리를 통한 철근 자체의 내구성 확보와 콘크리트 매트릭스의 저항성을 향상시키는 방법으로 나

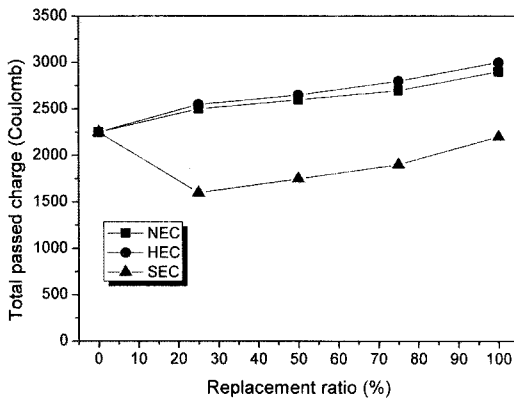


Fig. 15. Results of chloride ion penetration test.

눌 수 있는데, 결국 염소이온의 침투는 콘크리트 매트릭스 속에 존재하는 공극을 통하여 이루어지므로 시멘트 경화체 내부에 발생한 공극의 크기를 감소시키거나 공극의 연속성을 방지한다면 염소이온에 대한 침투저항성의 향상을 이룰 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 전처리방법 및 전기로슬래그 대체율의 변화가 콘크리트의 염소이온 침투저항성에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 염소이온 침투저항성의 평가는 일반적으로 전기적 방법을 이용한 촉진시험 방법을 이용하고 있는데 이중 가장 많이 이용되고 있는 방법은 ASTM C 1202에 의한 방법 및 Tang and Nilsson 방법이 대표적이다. 본 연구에서는 ASTM C 1202에 의한 방법을 이용하였는데 이는 60V의 전압을 이용하여 콘크리트 공극 내에 존재하는 이온들의 이동을 평가하는 방법으로서 이 과정에서 통과된 염소이온을 측정하여 저항성을 평가한다.

본 연구에서 제작된 각 콘크리트에 대하여 재령 28일에서 염소이온 침투저항성을 평가하였으며 이 결과를 Fig. 15에 나타내었다. 결과로부터, 미처리 및 온수처리에 비해 표면처리를 이용한 전처리방법이 총 통과량이 감소되어 염소이온 침투저항성이 향상되었는데 이는 SEM분석 결과에서 알 수 있듯이 표면처리가 전기로슬래그의 공극을 줄여주며, C-S-H계의 증가로 내부조직이 치밀해졌기 때문으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 전기로슬래그를 콘크리트용 굵은골재로 활용시 문제점으로 지적되고 있는 팽창성을 감소시키기

위하여 기존의 온수처리방법과 본 연구에서 제시한 표면처리방법으로 전처리한 전기로슬래그의 품질을 평가하고 이를 활용한 콘크리트의 특성을 비교 고찰한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. SEM 분석결과, 전처리 여부 및 방법에 따라 전기로슬래그 표면의 상태가 달라짐을 알 수 있었는데, 특히 표면처리한 경우 표면처리제의 실리카 성분이 전기로슬래그의 표면에 코팅막을 형성하고 있음을 알 수 있었다.

2. 80°C 수침팽창성 시험 결과, 전처리한 전기로슬래그의 팽창성이 미처리한 경우보다 저하되었다. 또한 전처리방법에 따라 차이가 있었는데 기존의 온수처리방법에 비해 본 연구에서 제시한 표면처리방법이 더 효과적이었다. 이는 표면처리제가 전기로슬래그의 표면을 코팅함으로써 전기로슬래그의 팽창성을 감소시킨 것 때문으로 판단된다.

3. 전처리여부에 관계없이 전기로슬래그 콘크리트의 압축강도가 쉐석콘크리트에 비해 최대 26% 정도 증가되었다. 이는 전기로슬래그의 밀도가 쉐석보다 크기 때문이라고 판단된다.

한편, 미처리 및 온수처리 전기로슬래그 콘크리트는 전기로슬래그의 대체율 50% 이상일 경우 압축강도의 증가율이 크게 감소되었으나, 표면처리한 경우는 대체율이 증가함에 따라 압축강도가 계속 증가하였다. 이러한 결과로부터, 표면처리방법이 전기로슬래그의 팽창성 감소와 활용에 효과적이라고 판단된다.

4. 표면처리한 전기로슬래그 콘크리트의 염소이온 총 통과량이 미처리 및 온수처리한 전기로슬래그 콘크리트보다 작게 나타나 내구성이 우수함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 김남욱, 박민욱, 배주성, 2008: 전골재를 굵은골재슬래그로 대체한 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 대한리사이클링학회논문집, 제17권 1호, pp. 73-79.
2. 김진만, 조성현, 오상운, 박은구, 2007: 아토타이징 공정에 의한 굵은골재슬래그의 특성, 콘크리트학회지, 제19권 6호, pp. 39-45.
3. 박래선, 배주성, 2007: 코팅처리방법을 이용한 순환골재의 품질향상에 관한 실험적 연구, 대한토목학회 논문집, 제27권 제3-A호, pp. 421-426.
4. 문한영, 유정훈, 2002: 콘크리트용 골재로서 에이징 처리한 제강슬래그의 활용, 한국콘크리트학회 논문집, 제14권 4호, pp. 597-607.
5. 문한영, 유정훈, 천승환, 백우열, 2001: 에이징 처리한 콘

크리트용 제강슬래그골재의 품질, 한국콘크리트학회 학술 발표회 논문집, 제13권 2호, pp. 105-108.

6. 박민욱, 2008: 잔골재를 변화에 따른 급냉제강슬래그 콘크리트의 특성에 관한 연구, 전북대학교 공학석사 학위논문, pp. 13-74.

7. 조성현, 김진만, 한기석, 김무한, 2005: 급냉제강슬래그 대체율에 따른 모르타르의 유동성 및 압축강도 특성, 한국콘크리트학회논문집, 제17권 1호, pp. 77-84.

8. 건설교통부, 2005: 2004년 골재 수급현황, pp. 1-15.

9. 철강협회, 2005: 2004년 조강생산현황, pp. 5-16.

金 南 旭

- 일본 북해도대학 대학원 공학박사
- 현재 청주대학교 이공대학 토목환경공학과 교수
- 당 학회지 제17권 1호 참조

裴 主 星

- 전북대학교 대학원 공학박사
- 현재 전북대학교 공과대학 토목공학과 교수
- 당 학회지 제17권 1호 참조

田 峻 鴻



- 전북대학교 대학원 토목공학과 공학석사
- 현재 (주)BNG 컨설턴트 공사팀 엔지니어