

# 약품용액에 침지한 전기로슬래그 잔골재 사용 모르터의 기초 물성

## The Fundamental Properties of Mortar Using the Electric Arc Furnace Slag in Chemical Solutions

문 한 영\*                      서 정 우\*\*                      윤 희 경\*\*\*                      문 재 흠\*\*\*  
Moon, Han-Young              Seo, Joung-Woo              Yun, Hee-Kyoung              Moon, Jae-Heum

### ABSTRACT

In this paper, we carried out the fundamental experiments on the resistance of chemical attack of mortar using the electric arc furnace slag as fine aggregate.

The mortar specimens made from the EAF slag as fine aggregate were immersed in four sorts of chemical solutions, and measured to investigate the change of compressive strength and weight.

As the results of this study, it was found that compressive strength and weight were increased with increasing replacement ratio of the EAF slag

### 1. 서 론

전기로슬래그는 고로슬래그와 비교하여 실리카분이 적고 석회분과 철분이 많아 비중이 크며, 불안정한 광물상으로 구성되어 있으며, 또한 유리석회가 물과 반응하면 팽창성 붕괴를 나타내는 경향이 있기 때문에 콘크리트표준시방서에서는 콘크리트용 골재로 사용해서는 안 된다고 되어있다.

그러나 전기로슬래그의 재활용에 장애가 되던 팽창성 붕괴를 저감시키는 기술, 즉 에이징처리 방법이 개발됨으로써 외국에서는 전기로슬래그의 재활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이지만 우리나라에서는 전기로슬래그를 콘크리트용 골재로 사용한 실적이나 연구성과가 거의 없는 현실이므로 콘크리트용 골재로 활용하기 위한 연구의 일환으로 기초적 실험을 실시하였다.

본 연구에서는 전기로슬래그 잔골재를 강모래와 4단계로 대체하여 제조한 모르터의 약품저항성을 알아보기 위하여 4종류의 약품용액에 각각 7, 28 및 56일 동안 침지한 후 모르터의 압축강도 및 중량 변화를 측정하여 각각 약품용액에 대한 저항성을 비교 고찰하였다.

\* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\* 정회원, 광주대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\*\* 정회원, 한양대학교 대학원 석사과정

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

(1) 시멘트는 고로슬래그시멘트를 사용하였으며 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1. 고로슬래그시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

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> (%)	강열감량 (%)	비중	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)
25.22	8.33	2.01	54.15	5.08	3.15	0.75	3.07	3,928

(2) 잔골재는 한강산 강모래를 사용하였으며, 전기로슬래그는 촉진에이장을 실시하여 KS F 2559(콘크리트용 고로슬래그 잔골재)의 표준입도 범위 내에서 강모래와 같은 압도로 조정하여 전기로슬래그 잔골재로 사용하였다. 강모래와 전기로슬래그의 물리적 성질은 표 2와 같으며 전기로슬래그의 화학 성분은 표 3과 같다.

표 2. 잔골재 및 전기로슬래그 잔골재의 물리적 성질

종 류 항 목	비중	흡수율 (%)	조립률	유기불순물	단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> )	실적률 (%)
강모래	2.52	0.86	3.00	무색	1,679	66.6
전기로슬래그	3.32	2.98	3.00	무색	2,134	63.4

표 3. 전기로슬래그의 화학 성분

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> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
19.23	7.26	26.81	31.37	8.45	0.38	0.15	1.04	0.22

(3) 실험에 사용된 용액은 5% MgSO<sub>4</sub>, 5% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 5% CaCl<sub>2</sub> 및 2배농도 인공해수 4종류이며 인공해수용액의 조성은 ASTM D 1141에 의해 제조하였으며 표 4와 같다.

표 4. 인공해수의 조성 (g/l)

NaCl	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KCl
24.53	10.4	4.09	1.16	0.695

### 2.2 실험방법

- (1) 촉진에이징 방법 : 전기로슬래그를 80±3℃ 온수 중에서 24시간 침지시켜 대기 중에 7일간 방치
- (2) 압축강도 측정 : 물-시멘트 비 50%, 전기로슬래그 잔골재를 4단계로 대체하여 KS L 5105에 준하여 모르터를 제조하였으며(용적배합), 재령 1일 후 탈형하여 20±1℃의 수중에서 양생하여 ASTM 1012에 준하여 공시체의 압축강도가 200kg/cm<sup>2</sup> 이상 되었을 때 약품용액에 침지시켜 각 침지재령별 압축강도를 측정하였다.
- (3) 중량측정 : 중량변화용 모르터 공시체를 제조하여 침지재령별 표건상태의 중량을 측정하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

강모래를 전기로슬래그 잔골재로 0, 30, 60 및 100%로 대체하여 제조한 모르터의약품 저항성을 알아보기 위하여 수중과 5%  $MgSO_4$ , 5%  $Na_2SO_4$ , 5%  $CaCl_2$  및 2배농도 인공해수용액에 침지한 후 재령 7, 28 및 56일 압축강도와 중량을 측정하여 정리한 것이 표 5이다. 이 표에서 모르터 공시체를 56일 동안 수중과 4종류 약품용액에 침지하여 전기로슬래그 잔골재의 대체율별로 압축강도와 중량으로 정리한 것이 각각 그림 1 및 그림 2이다.

그림 1의 침지재령 56일에서 5%  $MgSO_4$  용액에 침지한 모르터를 제외하고는 수중양생한 모르터의 압축강도와 거의 차이가 없었으며, 약품용액의 종류에 관계없이 전기로슬래그의 대체율이 증가할수록 강모래만을 사용한 모르터(이하 보통모르터라 함)의 압축강도보다 오히려 약간 증가하는 좋은 경향을 나타내었다.

한편 중량의 경우도 그림 2에서 알 수 있듯이 전기로슬래그 잔골재의 대체율이 증가함에 따라 모르터의 중량이 약간씩 증가하였다. 이는 전기로슬래그 비중이 강모래보다 훨씬 크므로 대체율이 증가함에 따라 중량이 증가한 현상일 뿐만 아니라 약품용액에 대한 저항성에도 큰 좋은 결과로 생각된다.

2배 농도 인공해수용액에 침지한 모르터의 압축강도를 침지재령 28일 보통모르터의 압축강도 100에 대하여 침지재령 7일 및 56일에서 각각 대체율별로 정리한 것이 그림 3이다.

이 그림에서 전기로슬래그 잔골재로 대체한 모르터의 경우 재령에 관계없이 대체율이 증가할수록 보통모르터보다 압축강도비가 약간 큰 경향을 나타내었다. 이러한 실험결과는 표 5에서 3종류의 다른 약품용액에 침지한 모르터의 경우에도 거의 유사한 결과임을 알 수 있었다.

이번에는 4종류의 약품용액에 침지한 모르터의 압축강도를 침지재령 56일 동안 수중양생한 보통모르터의 압축강도 100에 대하여 대체율별로 정리한 것이 그림 4이다.

이 그림에서 알 수 있듯이 전기로슬래그 잔골재의 대체율이 0%인 모르터를 4종류의 약품용액에 침지한 경우 모두 수중양생한 보통모르터의 압축강도비에 못 미치는 반면 전기로슬래그 잔골재를 강모래와 대체한 모르터의 경우 대체율에 관계없이 수중양생한 모르터의 압축강도비보다 대체로 큰 값을 나타내었다. 그러나 4종류 약품용액 중에서 황산마그네슘과 황산나트륨용액에 침지한 모르터의 압축강도비가 다소 떨어지는데 비해 염화칼슘용액에서 다소 큰 저항성을 나타내었다.

### 4. 결론

(1) 수중 및 4종류의 약품용액에 재령 56일 동안 침지한 모르터의 압축강도를 대체율별로 비교해 본 결과, 보통모르터 모두 수중양생한 모르터의 압축강도비에 못 미치는 반면 전기로슬래그 잔골재로 대체한 모르터는 대체율에 관계없이 수중양생한 보통모르터의 압축강도비보다 약간 큰 값을 나타내었다.

(2) 보통모르터의 중량비가 모두 수중양생한 보통모르터의 중량비에 근접한 반면 전기로슬래그 잔골재로 대체한 모르터는 약품용액의 종류나 대체율에 따라 수중양생한 보통모르터의 중량비보다 약간 큰 값을 나타내어 4종류의 약품용액에 대한 저항성이 비교적 좋음을 알 수 있다.

표 5. 전기로슬래그로 대체한 모르터의 압축강도 (kg/cm<sup>2</sup>) 및 중량 (g)

침지재령 (일)	대체율 (%)	수 중		5% MgSO <sub>4</sub>		5% Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		5% CaCl <sub>2</sub>		2배 농도 인공해수	
		압축강도	중량	압축강도	중량	압축강도	중량	압축강도	중량	압축강도	중량
7	0	294(100)	294(100)	300(100)	284(100)	280(100)	294(100)	310(100)	287(100)	294(100)	293(100)
	30	304(104)	304(103)	306(102)	298(105)	291(104)	303(103)	324(105)	305(106)	293(100)	300(102)
	60	312(104)	310(105)	309(103)	316(113)	298(106)	315(107)	335(108)	319(111)	298(101)	313(107)
	100	314(105)	329(112)	312(104)	332(117)	316(113)	335(114)	311(100)	343(120)	301(102)	328(112)
28	0	380(100)	297(100)	380(100)	287(100)	400(100)	295(100)	375(100)	288(100)	374(100)	295(100)
	30	393(103)	306(103)	389(102)	301(105)	406(102)	304(103)	384(102)	306(106)	387(104)	301(102)
	60	400(105)	311(105)	394(104)	319(111)	421(105)	317(108)	390(104)	320(111)	405(108)	314(106)
	100	413(109)	329(111)	403(106)	334(116)	426(107)	336(114)	410(109)	343(119)	413(110)	329(112)
56	0	455(100)	298(100)	432(100)	288(100)	440(100)	295(100)	451(100)	289(100)	448(100)	296(100)
	30	463(102)	307(103)	448(104)	301(105)	459(104)	305(103)	455(101)	307(106)	459(102)	302(102)
	60	472(104)	311(104)	458(106)	319(111)	466(106)	317(107)	463(103)	321(111)	463(103)	316(107)
	100	486(107)	329(110)	463(107)	335(116)	464(106)	336(114)	475(105)	344(119)	471(105)	331(112)

(\*)는 보통모르터의 약품용역별 및 재령별 100에 대한 압축강도비 및 중량비.

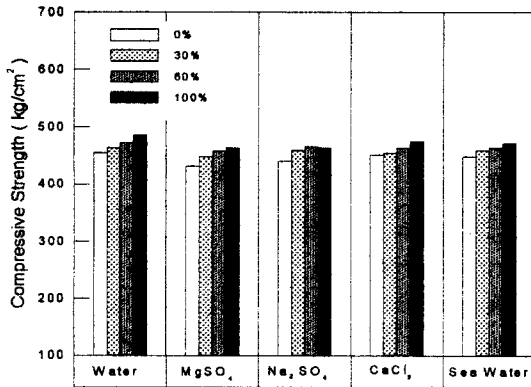


그림 1. 약품용액에 침지한 모르터의 압축강도

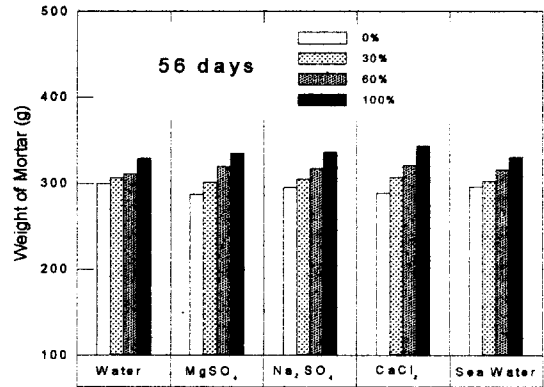


그림 2. 약품용액에 침지한 모르터의 중량

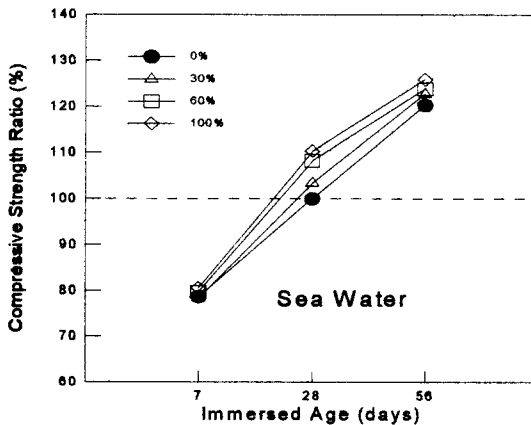


그림 3. 인공해수용액에 침지한 모르터의 압축강도비

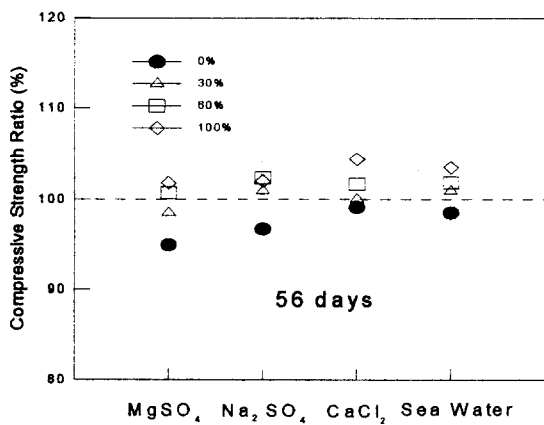


그림 4. 약품용액에 침지한 모르터의 압축강도비