

전기로슬래그 잔골재를 사용한 모르터의 약품저항성에 대한 연구

A Study on the Resistance of Chemical Attack of Mortar Using the Electric Arc Furnace Slag as Fine Aggregate

문한영*
Moon, Han-Young

유정훈**
Yoo, Jung-Hoon

윤희경**
Yun, Hee-Kyoung

이재준**
Yi, Jae-Jun

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 electric arc furnace slag(EAF slag) as fine aggregate were immersed in artificial seawater and two sorts of chemical solutions, and measured to investigate the change of compressive strength and weight.

1. 서 론

우리나라 전기로슬래그의 연간 발생량은 178만톤 정도로서 약 35만톤은 재활용 되며, 나머지 대부분은 매립재로 사용되는 실정이나, 전기로방식에 의한 설비의 신설 및 증설로 전기로슬래그의 발생량은 점차 증가될 추세이다. 제강슬래그의 부산물인 전기로슬래그를 효율적으로 재이용함으로써 양질의 천연골재가 고갈되고 있는 우리의 현실을 고려해볼 때 경제적인 면 뿐만 아니라 자원의 보호측면에서도 전기로슬래그는 콘크리트용 골재의 대체재료로서의 활용이 요망된다.

그러나 전기로슬래그가 완전히 슬래그화(滓化)되지 않고 불안정한 상태로 남은 것을 유리석회라 하며, 물과 반응하여 수산화칼슘이 생성, 체적이 팽창하여 슬래그의 팽창붕괴를 일으키는 원인이 되므로 콘크리트용 골재로 재자원화에 장애가 되어왔다. 그래서 제강슬래그 중에 유리석회를 물과 반응시켜 안정화시키는 과정인 에이징처리가 필수불가결하였다.

본 연구에서는 해양 및 하수나 공장폐수 등 오염된 환경하에 축조되는 콘크리트 구조물의 저항성을 알아보기 위한 연구의 일부로서 전기로슬래그 잔골재를 축진에이징처리하여 안정화 시킨 후 강모래와 대체한 모르터를 제조하여 2종류의 화학약품 및 인공해수 용액에 침지시킨 모르터의 압축강도와 중량 변화율을 측정하여 열화정도에 대하여 고찰하였다.

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 한양대학교 대학원 석사과정

2. 실험개요

2.1 사용재료

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

표 1. 보통포틀랜드시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	CaO (%)	강열감량 (%)	비중	비표면적 (cm ² /g)
20.3	6.2	3.2	62.4	3.0	2.0	1.9	3.14	3,265

(2) 골재는 한강산 강모래를 사용하였으며, 전기로슬래그는 5mm 체를 통과한 것을 촉진에이징을 실시하여 잔골재로 사용하였다. 한강산 및 전기로슬래그 잔골재의 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 한강산 잔골재 및 전기로슬래그 잔골재의 물리적 성질

항 목	종 류	비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	실적률 (%)
	한강산	2.52	0.86	1,679	66.6
	전기로슬래그 (촉진에이징)	3.32	2.98	2,134	63.4

(3) 본 실험에 사용된 용액은 10% MgSO₄, 10% Na₂SO₄ 및 2배 농도 인공해수를 사용하였으며, 인공해수 용액의 조성은 ASTM D 1141에 의해 제조하였으며 표 3과 같다.

표 3. 인공해수의 조성

NaCl	MgCl ₂ ·6H ₂ O	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	KCl
24.53 g/ℓ	10.4 g/ℓ	4.09 g/ℓ	1.16 g/ℓ	0.695 g/ℓ

2.2 실험방법

- (1) 촉진에이징 : 전기로슬래그 골재를 80±3℃ 온수 중에서 24시간 침지시킨 후 7일간 대기 중에 방치한 것을 촉진에이징이라 하였다.
- (2) 압축강도 : 물-시멘트비를 50%로 하여 천연골재와 전기로슬래그 잔골재(비중을 고려하여 용적 배합)를 KS L 5105에 의하여 제조하여 재령 1일 후 탈형하고 20±1℃ 수중양생 7일 후 약품에 91일간 침지시켜 재령에 따른 압축강도를 측정하였다.
- (3) 중량변화율 : 7일간 수중양생한 후 모르타의 중량을 측정하여 약품침지 전 중량으로 하고, 약품 용액에 침지시켜 각 재령별로 측정된 중량을 약품침지 전 중량에 대한 비율로 나타낸 것이다.

3. 실험결과 및 고찰

전기로슬래그 잔골재를 강모래와 5단계로 대체하여 제조한 모르타를 3종류 약품용액에 침지한 후 재령 91일까지의 압축강도와 중량변화율로 정리한 것이 표 4이다.

10% MgSO₄용액에 침지한 보통 모르타의 재령 28일 압축강도를 100으로 한 재령 및 대체율별 압축강도비로 나타낸 것이 그림 1이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 재령에 따라 큰 차이가 있으나 전기로슬래그 잔골재를 대체하는데 따라 압축강도가 떨어지는 경향을 나타내었으며, 특히 재령 28일의 압축강

도 감소가 현저함을 알 수 있다.

이번에는 10% Na_2SO_4 용액에 침지한 보통 모르터의 재령 28일 압축강도를 100으로 한 재령별 및 대체율별 압축강도비를 나타낸 것이 그림 2이다.

그림 2에서 알 수 있듯이 황산나트륨용액에 침지한 모르터의 압축강도비는 황산마그네슘용액에 침지한 모르터의 압축강도비와는 다른 경향을 나타내었으며, 침지 재령 60일과 91일에서 대체율 75%, 100%를 제외하고는 압축강도가 오히려 증가하는 결과를 나타내었다.

한편 해수 속에는 염소 및 황산염 이온을 위시한 여러 종류의 이온이 존재하며, 이들이 콘크리트 중에 침투하게 되면 콘크리트를 침식시켜 성능을 저하시키는 요인이 된다고 한다.

전기로슬래그 잔골재를 대체하여 제조한 모르터를 2배농도의 인공해수용액에 침지하여 재령 28일 압축강도를 100으로 한 재령별 및 대체율별 압축강도비를 정리한 것이 그림 3이다.

그러나 모르터의 중량변화율을 살펴보면 거의 변화가 없는 비교적 건전한 상태임을 알 수 있다.

전기로슬래그 잔골재의 대체율을 5단계로 변화시켜 제조한 모르터를 3종류 약품용액에 재령 91일간 침지한 후 압축강도를 측정하여 정리한 것이 그림 4이다.

이 그림에서 황산마그네슘용액이나 황산나트륨용액에 91일간 침지한 모르터의 압축강도가 대체로 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ 를 넘는 비교적 큰 강도를 발현하였으며, 전기로슬래그 대체율의 증가에도 불구하고 강도감소 현상은 거의 없었으며, 중량변화율도 비교적 적었다.

그러나 인공해수용액에 침지한 모르터 압축강도는 전기로슬래그 잔골재의 대체율이 증가하는데 따라 강도가 감소되는 경향을 나타내었으며, $400\text{kg}/\text{cm}^2$ 에도 못 미치는 압축강도 임을 알 수 있다. 그러나 모르터의 중량변화율에는 명확한 경향을 알 수 없었다.

이상의 실험결과를 종합해 보면 전기로슬래그 잔골재로 대체하여 제조한 모르터의 압축강도와 중량변화가 강모래를 사용한 보통 모르터와 대체적으로 큰 차이가 없는 것은 약품저항성면에서 전기로슬래그 잔골재의 사용 가능성을 시사해 주는 결과로 생각된다.

4. 결 론

- (1) 전기로슬래그 잔골재 모르터를 재령 91일간 황산마그네슘용액에 침지하여 강도와 중량을 측정해 본 결과 재령 28일에서 압축강도가 크게 감소되었으나, 재령 60일과 91일에서는 얼마간 회복되는 경향이며, 오히려 중량은 약간 큰 경향을 나타내었다.
- (2) 황산나트륨용액에 침지한 보통 모르터의 재령 28일 압축강도 100에 대한 전기로슬래그 잔골재 대체율 및 재령별 압축강도비는 재령 60일, 91일 및 대체율 25%, 50%에서 압축강도가 증가되었으나, 중량은 재령 60일에서 감소추세를 나타내었다.
- (3) 전기로슬래그 잔골재 모르터를 인공해수용액에 침지한 결과 보통 모르터는 재령과 더불어 강도가 감소되었으나, 전기로슬래그 잔골재 모르터의 재령 28일 압축강도는 보통 모르터 보다 약 20% 정도 작았으나, 재령 91일에서는 대체율에 관계없이 거의 비슷한 압축강도를 나타내었다.

본 연구를 수행함에 있어서 전기로슬래그를 위시하여 재정적인 지원을 해주신 한국철강협회와 제강업계 관계자 여러분께 이 기회를 빌어 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

표 4. 전기로슬래그 잔골재 사용 모르터의 압축강도 및 중량 변화율

재령 (일)	용액	전기로슬래그 대체율(%)				
		0	25	50	75	100
7	수중표준양생	230/1.00	223/1.00	215/1.00	227/1.00	223/1.00
	2배 인공해수	470/1.04	396/1.01	383/1.01	390/1.01	364/0.99
28	10% MgSO ₄	463/1.01	328/1.01	386/1.01	261/1.02	305/1.05
	10% Na ₂ SO ₄	445/1.02	457/1.00	420/1.01	364/1.00	358/1.01
60	2배 인공해수	431/1.04	386/1.00	362/1.00	374/0.99	363/1.00
	10% MgSO ₄	481/1.01	427/0.99	487/1.00	474/1.02	407/1.05
	10% Na ₂ SO ₄	500/0.99	477/0.99	473/0.99	374/0.98	380/0.99
91	2배 인공해수	384/1.02	478/1.00	366/1.00	373/0.98	365/1.01
	10% MgSO ₄	462/1.04	435/1.06	455/1.02	438/1.05	403/1.05
	10% Na ₂ SO ₄	464/1.00	447/1.01	466/1.02	445/0.96	460/0.99

주 : 압축강도/중량백분율,  은 중량감소율을 나타냄

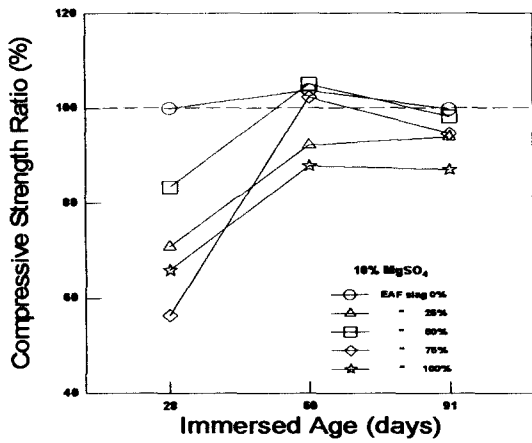


그림 1. 10% MgSO₄용액에 침지한 모르터의 압축강도비

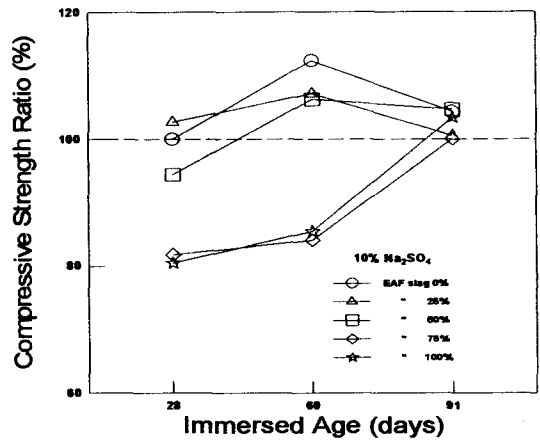


그림 2. 10% Na₂SO₄용액에 침지한 모르터의 압축강도비

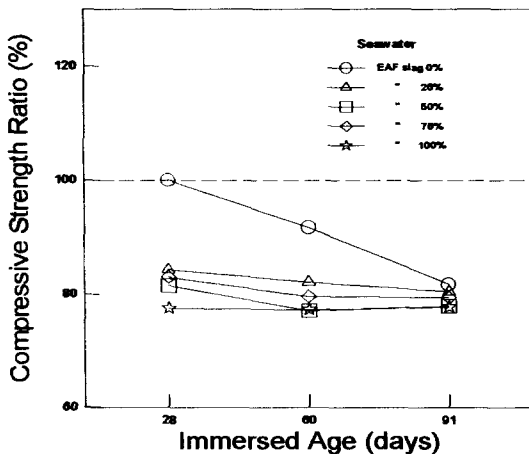


그림 3. 인공해수용액에 침지한 모르터의 압축강도비

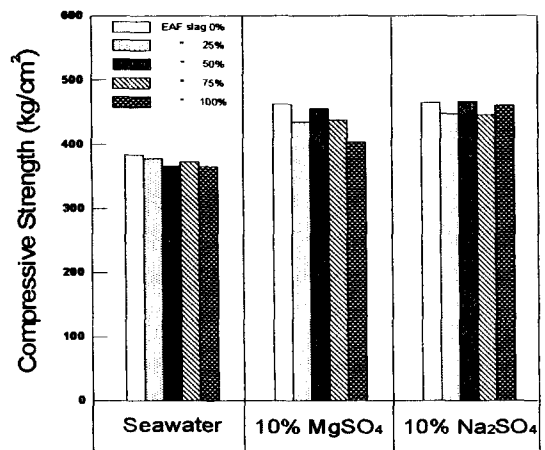


그림 4. 약품용액에 침지한 모르터의 압축강도 (재령 91일)