

시멘트 모르타의 내약품성에 대한 고찰

A Study on the Resistance of Chemical Attack for Cement Mortar

문한영* 김성수** 유정훈*** 윤희경***
Moon, Han Young Kim, Seong Soo Yoo, Jung Hoon Yun, Hee Kyoung

Abstract

The durability of concrete structures decrease due to deterioration of concrete when they are constructed in marine or pollutional environments. In this study, the mortar specimens made from the five different types of cement were immersed in artificial seawater and four kinds of chemical solution, and were measured the change of compressive strength and weight. The results show that the longer the immersed days are, the more the compressive strength reduction is. It has been remarked that the resistance of slag cement and ground granulated blast-furnace slag is excellent in chemical attack.

1. 서 론

콘크리트는 건설재료 가운데 압축강도의 범위가 매우 다양할 뿐만 아니라 고강도화가 가능하며, 수밀성 및 내구성이 우수한 장점을 가진 경제성이 좋은 재료이다.

그러나 최근에 와서 건설경기가 활기를 띠면서 시멘트의 품귀현상과 더불어 양질의 골재를 구하기가 쉽지 않아 해사나 오염된 골재를 사용하여 콘크리트를 제조하는 경우도 종종 있다. 더구나 이러한 상황에서 콘크리트구조물을 공장폐수, 오수 및 산성토양에 접하는 장소나 해양 또는 오염된 환경하에서 건설할 경우 콘크리트의 성능이 저하되거나 철근의 부식 등을 일으키게 되면 콘크리트구조물의 내구성이 크게 떨어지는 경우가 종종 발생한다.

본 연구에서는 콘크리트구조물이 각종 유해환경하에 놓일 경우를 가정하여 황산, 황산염 및 염화물과 인공해수용액에 대한 저항성을 비교하기 위하여 결합재의 종류를 달리하여 제조한 4종류의 모르타

* 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수
** 한양대학교 공과대학 연구조교수
*** 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정

를 5종류의 화학약품용액에 91일간 침지한 후 모르터의 압축강도 및 중량변화율 등으로서 열화정도에 대하여 비교 고찰하였다

2. 실험개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 : 보통포틀랜드시멘트(C1이라 함) 내황산염시멘트(C5라 함) 고로슬래그시멘트(SC라 함)와 광양제철소에서 발생하는 고로슬래그를 미분쇄하여 얻은 회백색의 고로슬래그 미분말(SM이라 함)의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 시멘트 및 고로슬래그 미분말의 화학성분 및 물리적 성질

Type	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig. loss (%)	Specific gravity	Specific surface area (cm ² /g)
C1	20.3	6.2	3.2	62.4	3.0	2.0	1.9	3.18	3,265
C5	21.9	4.4	4.5	62.3	3.0	2.2	0.9	3.14	3,902
SC	27.4	11.1	1.5	50.4	4.6	3.5	0.7	2.94	4,200
SM	32.3	14.8	0.4	44.1	5.5	1.0	1.1	2.98	4,500

(2) 골재 : 비중 2.61, 흡수율 0.86% 및 조립율 3.21인 해사를 세척하여 염분을 제거하고 사용하였다.

(3) 시험용 시약 : 화학약품 5종류는 용액농도 5% H₂SO₄, 10% Na₂SO₄, 10% CaCl₂, 10% MgCl₂ 및 2배 농도의 인공해수 용액이며, 인공해수 용액은 표 2와 같은 ASTM D 1141에 의해 제조하였다.

표 2 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) 모르터의 압축강도 : 모르터의 물-결합재비를 변화시켜 플로우 시험을 실시한 결과를 토대로 하여 물-결합재비를 45%로 선정하였으며, 압축강도용 공시체는 KS L 5105에 의해 제조하여 재령 1일 후 탈형하고 20±1°C 수중에서 재령 91일까지 양생하여 KS F 2514에 의해 압축강도를 측정하였다.
- (2) 중량변화율 : 7일간 수중양생한 후 모르터의 중량을 측정하여 약품침지 전 중량으로 하고, 5종류의 시험용 시약에 침지시켜 각 재령별로 측정된 중량을 약품침지 전 중량에 대한 백분율로 나타낸 것이 중량변화율이다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 황산용액에 침지한 모르터의 열화

5% 황산용액에 침지한 모르터의 압축강도를 결합재 종류별로 정리한 것이 그림 1이며, 모르터의 중량변화율을 나타낸 것이 그림 2이다.

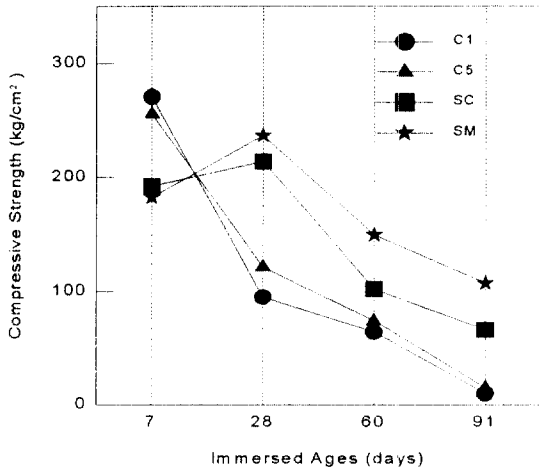


그림 1 H₂SO₄에 침지한 모르터의 압축강도

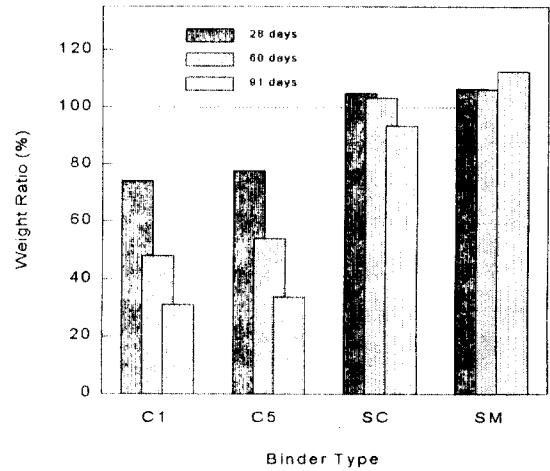


그림 2 H₂SO₄에 침지한 모르터의 중량변화율

그림 1에서 C1 및 C5모르터는 재령이 증가할수록 압축강도가 크게 감소되어 재령 91일에는 거의 0에 가까운 값을 나타내었다. 그러나 SC 및 SM모르터의 경우에는 재령 28일까지 압축강도가 얼마간 증가한 다음 감소되는 현상을 나타내었으며 SM모르터가 황산용액에 저항성이 가장 좋음을 알 수 있다. 그림 2에서 C1 및 C5모르터는 침지재령에 따라 중량이 급격히 감소하는 반면 SM모르터는 오히려 약간 증가되었다.

3.2 황산염용액에 침지한 모르터의 열화

10% 황산나트륨용액에 침지한 모르터의 압축강도를 재령별로 나타낸 것이 그림 3이며, 재령 91일까지의 중량변화율을 나타낸 것이 그림 4이다.

그림 3에서 모르터의 압축강도는 재령 28일 이후 부터는 거의 변화가 없으며 결합재의 종류에 따른 압축강도의 차이도 거의 없었다. 그림 4에서 침지재령에 관계없이 4종류의 결합재를 사용한 모르터의 중량이 수중양생한 모르터보다 약간 크게 나타났다.

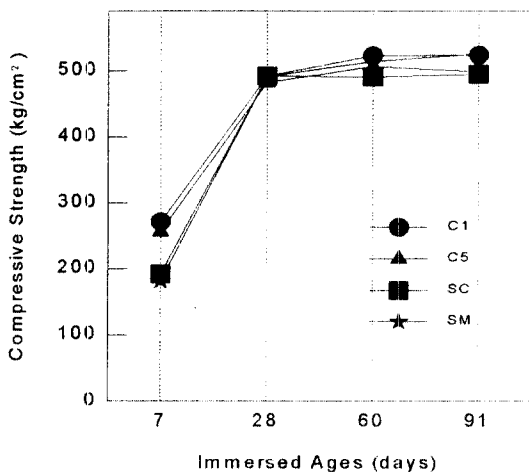


그림 3 Na₂SO₄에 침지한 모르터의 압축강도

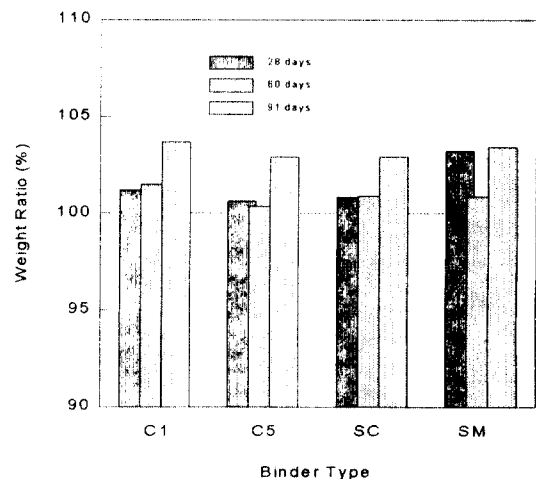


그림 4 Na₂SO₄에 침지한 모르터의 중량변화율

3.3 염화물용액에 침지한 모르터의 열화

염분의 영향을 받는 바다나 해안에 가까운 곳에 건설되는 콘크리트구조물의 경우, 바닷물 속의 Cl^- 이온과 SO_4^{2-} 이온 등이 콘크리트 속에 침투되어 콘크리트를 침식, 열화시키는 요인이 된다. 그래서 10% 염화칼슘과 10% 염화마그네슘 2종류의 용액 중에 침지한 모르터의 압축강도와 중량변화율로 정리한 것이 그림 5~그림 8이다.

그림 5에서 C1 및 C5모르터는 재령 60일까지 강도가 증진되지만 그 이후 부터는 강도가 감소되는 경향을 나타내는 반면 SC 및 SM모르터의 경우에는 재령에 따라 강도가 약간 증진됨을 알 수 있다.

그림 6에서 10% $CaCl_2$ 용액에 침지한 모르터의 중량변화율이 침지재령이 클수록 약간 크게 나타나 는 경향을 보였다.

한편 10% 염화마그네슘용액에 침지한 모르터의 압축강도와 중량변화율을 재령별로 나타낸 것이 그림 7 및 그림 8이다. 이들 그림에서 염화마그네슘용액에 침지한 모르터의 압축강도나 중량변화율이 그림 5 및 그림 6과 비슷한 경향을 나타내었다. 압축강도는 SM, SC모르터 순으로 큰 반면 재령 91일의 중량변화율에서는 C1모르터가 오히려 크게 나타났다.

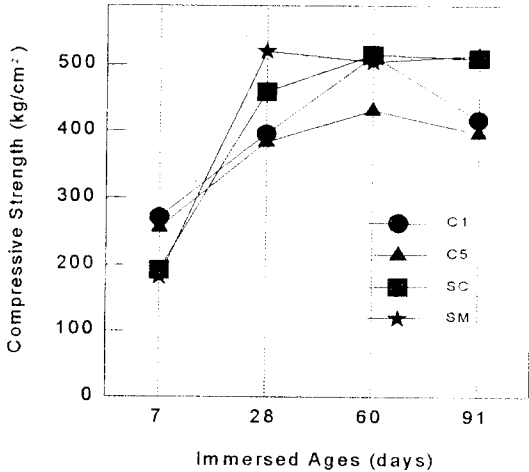


그림 5 $CaCl_2$ 에 침지한 모르터의 압축강도

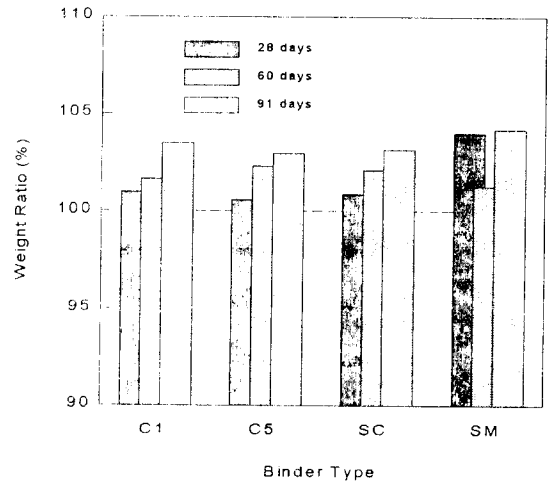


그림 6 $CaCl_2$ 에 침지한 모르터의 중량변화율

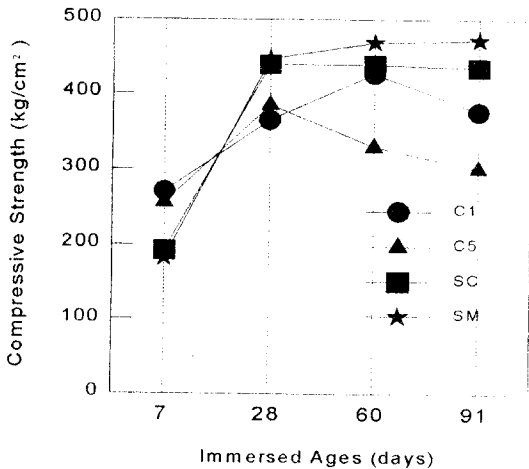


그림 7 $MgCl_2$ 에 침지한 모르터의 압축강도

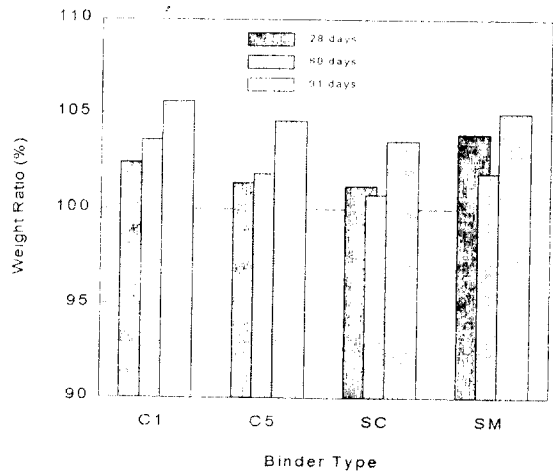


그림 8 $MgCl_2$ 에 침지한 모르터의 중량변화율

3.4 인공해수용액에 침지한 모르터의 열화

해수 중에는 염소이온 및 황산염이온을 비롯하여 여러종류의 이온들이 공존하며 콘크리트 속에 침투하여 콘크리트를 침식, 열화시키는 요인이 된다. 인공해수에 침지시킨 모르터의 압축강도와 중량변화율을 재령별로 나타낸 것이 그림 9 및 그림 10이다.

그림 9는 인공해수에 침지한 모르터의 압축강도를 나타낸 것으로서, 재령 28일 이후 C5모르터의 강도가 크게 떨어지는 반면 나머지 3종류의 모르터 중 특히 SC모르터의 압축강도는 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 한편, 그림 10의 인공해수에 침지한 모르터의 중량변화율은 침지재령이 증가할수록 중량이 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

이상의 실험결과로서 5종류의 약품용액에 대한 4종류의 결합재별로 압축강도비와 중량변화율로서 정리한 것이 그림 11 및 그림 12이다.

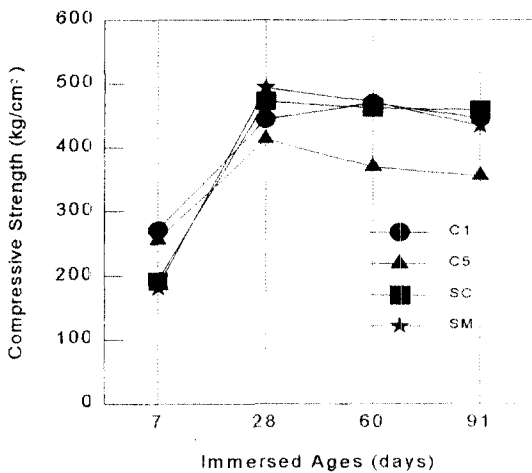


그림 9 인공해수에 침지한 모르터의 압축강도

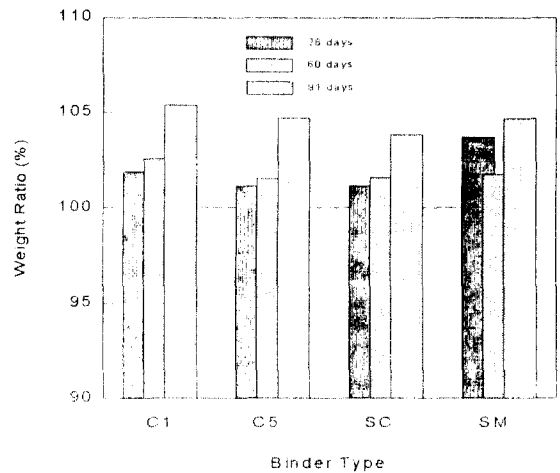


그림 10 인공해수에 침지한 모르터의 중량변화율

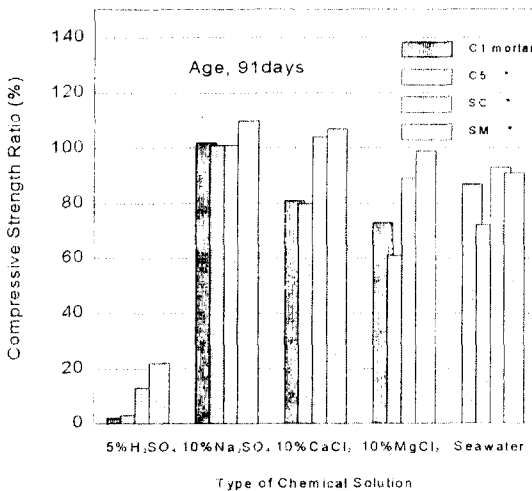


그림 11 약품용액에 침지한 모르터의 압축강도비

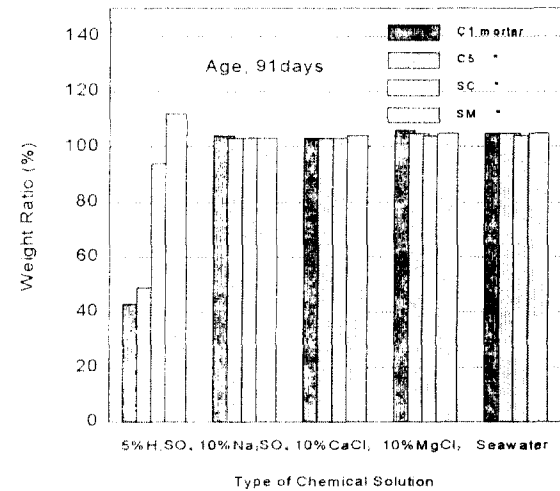


그림 12 약품용액에 침지한 모르터의 중량변화율

그림 11은 수중에서 91일간 양생한 모르터의 압축강도 100에 대한 약품용액에 침지한 모르터의 압축강도를 백분율로 나타낸 것이다. 이 그림에서 약품종류 및 결합재의 종류에 따라 압축강도비가 현저

하게 상이함을 알 수 있다. 다시 말해서 황산용액과 황산염용액에 침지한 모르터의 실험결과는 거의 반대되는 경향을 나타내었으며 결합재로서는 고로슬래그미분말(SM)과 고로슬래그시멘트(SC) 사용 모르터의 압축강도비가 가장 큰 약품저항성을 나타내었다. 그림 12의 중량변화율의 경향은 압축강도 비와 약간 상이한 결과를 나타내었다. 그러니까 황산용액에 침지한 모르터의 경우 결합재의 종류에 따라 현저한 차이를 보였다. C1, C5 시멘트를 사용한 모르터와 고로슬래그미분말인 SM을 사용한 모르터의 중량변화율과의 사이에는 전혀 다른 결과를 나타내었다.

이상의 결과 황산용액을 제외한 황산염, 염화물 및 인공해수에 91일간 침지한 모르터의 중량에는 거의 변화가 없음을 알 수 있다.

4. 결 론

- (1) 5% 황산용액에 침지한 모르터는 재령이 증가할수록 압축강도가 현저하게 감소되었으나 슬래그미분말이나 슬래그시멘트를 사용한 모르터는 상대적으로 저항성이 좋았다. 보통포틀랜드 및 내황산염시멘트 모르터의 중량변화율은 재령에 따라 급격히 감소되는 반면 슬래그시멘트 모르터는 약간 감소되었으나 슬래그미분말 사용 모르터는 오히려 증가되었다.
- (2) 염화물용액에 침지한 4종류의 모르터 중 내황산염시멘트 모르터가 압축강도감소가 크게 나타났으며 슬래그시멘트나 슬래그미분말 사용 모르터 순으로 압축강도감소가 적었다. 그리고 염화물용액 중에서는 염화칼슘용액보다는 염화마그네슘용액에서 모르터의 압축강도발현이 좋지 않았다. 그러나 중량변화율은 오히려 반대현상을 나타내었다.
- (3) 2배농도의 인공해수용액에 침지한 모르터는 재령 28일까지는 강도가 크게 증진되었으나 그 이후에는 강도가 약간 감소되는 경향을 나타내었다. 한편 인공해수에 침지한 모르터의 중량변화율은 침지재령이 증가할수록 약간 증가되는 경향을 나타내었으며 재령 91일에서는 약 5%정도 증가됨을 알 수 있다.