

저발열시멘트 모르타의 화학저항성에 대한 실험적 연구

An Experimental Study on the Resistance of Low-Heat Cement Mortar in Chemical Attack

문한영* 신화철** 김성수*** 강석화****
Moon, Han-Young Shin, Hwa-Cheol Kim, Seong-Soo Kang, Suck-Hwa

ABSTRACT

This paper deals with 28, 56, 91days age compressive strength and ratio of weight when OPC and Low-Heat cement mortar immersed in chemical solution.

As a result of experiment, the resistance of Low-Heat cement mortar in chemical attack is more effective than that of OPC, because of lower C₃A content and Pozzolanic reactions.

Especially in long term age compressive strength, Low-Heat cement mortar shows higher strength in all kind of chemical solution compared with compressive strength of OPC mortar.

1. 서론

콘크리트 구조물이 해수, 온천수 및 각종 오,폐수중에 노출되는 환경하에서 축조될 경우 화학적인 작용에 의하여 침식을 받게되므로 구조물의 내구성이 크게 떨어지는 문제점이 종종 발생한다. 이때 콘크리트의 화학적 침식은 주로 염소이온, 황산염이온, 나트륨이온 및 마그네슘이온 등의 염류와 시멘트 수화물과 반응, 진행된다고 한다.

최근 이러한 침식에 의한 콘크리트 구조물의 내구성이 저하되는 문제점을 해결하기 위한 방안으로 혼합형인 저발열시멘트의 사용에 대한 연구가 진행되고 있다. 저발열시멘트는 포틀랜드시멘트에 포졸란계 미분말을 혼합하여 실리카의 함유량을 높임으로써 포졸란 반응에 의한 시멘트 경화체의 밀실화 및 C₃A량을 감소시킴으로서 콘크리트의 화학약품에 대한 저항성을 향상시키는 효과가 있다고 한다.

본 연구에서는 저발열시멘트의 화학약품에 대한 저항성을 알아보기 위하여 보통포틀랜드시멘트와 저발열시멘트를 사용하여 제조한 모르타를 담수 및 5종류의 약품에 침지한 후 재령별로 증량변화, 압축강도 및 염분확산시험에 의한 염분농도를 측정된 실험결과에 대하여 고찰하였다.

* 정희원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정희원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 정희원, 대전대학교 이공대학 토목공학과 교수

**** 정희원, 동양시멘트(주) 중앙연구소 건설재료연구실 실장

2. 사용재료

(1) 시멘트 : 보통포틀랜드시멘트 (이하 OPC로 약함) 및 저발열시멘트 (이하 LHC로 약함)를 사용하였으며 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1. 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

항 목 종 류	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	비중	강열감량 (%)	분말도 (㎎/g)
OPC	20.68	5.16	3.02	62.42	4.71	2.42	3.15	1.36	3438
LHC	35.67	12.38	3.31	39.77	4.42	2.41	2.77	1.10	4080

(2) 시험용 시약 : 실험에 사용된 화학약품의 종류는 5% H₂SO₄, 10% Na₂SO₄, 10% CaCl₂ 및 MgCl₂이며, 인공해수용액은 ASTM D 1141에 의하여 2배농도로 제조하였으며, 그 조성은 다음 표 2와 같다.

표 2. 인공해수의 조성

성분	NaCl	MgCl ₂ · 6H ₂ O	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	KCl
함유량 (g/ℓ)	24.53	10.40	4.09	1.16	0.695

3 실험방법

(1) 모르터의 압축강도 및 중량실험 : 5cm입방체 모르터 공시체를 제조하여 7일간 수중에서 표준양생한 후 담수 및 5종류의 약품에 침지하여 재령 28, 56 및 91일까지의 압축강도를 KS L 5105에 의하여 측정하였다. 모르터의 중량변화를 알아보기 위하여 수중에서 7일간 양생한 후 중량을 측정한 다음 시험용액에 침지하여 재령별로 중량변화를 측정하였다.

(2) 염분확산실험 : 2종류의 시멘트로 콘크리트공시체를 제조하여 28일간 수중양생한 후 Dhir의 염분확산 시험방법에 의해 직류전압 10V를 통전, 시간별 염분농도를 Salt meter로 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 2배농도 인공해수에 대한 모르터의 저항성

2배농도 인공해수에 침지한 모르터의 침지재령별 압축강도와 중량변화율을 나타낸 것이 그림 1이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 OPC 모르터의 재령 91일 압축강도는 28일에 비해 약 14%정도 감소되는 반면 LHC 모르터는 24%정도 증가하는 결과를 나타내었다. 한편 2종류 모르터의 중량변화를 알아보기 위하여 수중에서 7일간 양생한 후 중량(이하 표준양생이라 약함) 100에 대한 모르터공시체의 중량변화율을 비교해 본 결과 침지재령 91일까지 중량변화율의 차이는 거의 없었다.

4.2 황산염용액에 대한 모르터의 저항성

그림 2는 10% 황산나트륨용액에 침지한 2종류 모르터의 압축강도를 나타낸 것으로서 그림 1의 경향과는 달리 재령 56일 까지는 압축강도가 증가하였으나 재령 91일에서는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. LHC 모르터의 황산나트륨용액에 대한 저항성은 OPC 모르터에 약간 못미치는 결과를 나타내었다. 한편 중량변화율에서도 2종류의 모르터는 표준양생 모르터의 중량비보다 다소 떨어지는 결과를 나타내어 황산나트륨용액에 대한 저항성은 오히려 LHC 모르터 보다 OPC 모르터가 좋았다.

4.3 염화물용액에 대한 모르터의 저항성

10% 염화칼슘 및 염화마그네슘용액에 2종류의 시멘트모르터를 침지하여 재령에 따른 압축강도와 중량변화를 나타낸 것이 그림 3 및 그림 4이다. 이들 그림에서 2종류의 용액에 침지한 모르터는 침지 재령이 증가하는데 따라 OPC 모르터는 압축강도가 감소하는데 반해 LHC 모르터는 재령과 더불어 압축강도가 증가하는 정반대의 좋은 결과를 나타내어 염화물용액에 대한 저항성이 우수함을 알 수 있다. 그러나 2종류 모르터의 중량변화율을 비교해보면 명확한 차이를 알 수 없었다.

4.4 황산용액에 대한 모르터의 저항성

OPC 및 LHC 모르터를 5% 황산용액에 침지한 결과, 침지재령 28일정도에서 2종류 모르터의 압축강도 측정이 어려울 정도로 열화가 심하였다.

그러나 침지재령 28, 56 및 91일에서 중량변화율을 정리한 것이 그림 5이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 OPC 모르터의 경우 재령 91일의 중량감소율이 표준양생 모르터에 비해 28%정도의 심한 열화를 나타내었으나, LHC 모르터는 재령 91일에서도 중량의 변화가 거의 없는 좋은 결과를 나타내었다.

4.5 콘크리트중의 염분침투 저항성

2종류의 시멘트콘크리트로 $\varnothing 10 \times 20$ cm 원주형 공시체를 제조하여 28일간 수중양생한 후 두께 2cm의 확산셀을 만들어 시험용액에 침지하여 24시간마다 염분농도를 측정하여 정리한 것이 그림 6이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 경과시간 100시간정도까지는 2종류의 시멘트콘크리트가 염분농도가 거의 같았으나, 이후 경과시간에 따른 2종류 시멘트콘크리트의 염분농도 기울기는 현저한 차이를 나타내었다. 그래서 경과시간 8일에서 2종류 시멘트콘크리트의 염분농도를 비교해 보면 LHC 콘크리트가 0.2% 정도임에 비해 OPC 콘크리트는 0.5%정도로 큰 차이의 염분농도를 나타내었다. 다시말해서 이는 저발열시멘트에 포함된 포졸란성분에 의한 활성으로 OPC 콘크리트보다 내부가 밀실화 되어 염분이온의 침투를 효과적으로 억제한 결과로 생각된다.

이러한 결과는 그림 2의 황산나트륨용액에 침지한 모르터의 압축강도 결과를 제외한 4종류 약품용액에 대한 저항성과 잘 일치하는 경향으로 생각되어 진다.

5. 결 론

- (1) 인공해수에 침지한 OPC 모르터의 91일 압축강도는 28일에 비해 약 14%정도 감소되는 반면 LHC 모르터는 오히려 24%정도 증가하는 결과를 나타내었다. 한편 2종류 염화물용액에 대한 OPC 모르터의 압축강도가 감소하는데 반해 LHC 모르터는 재령에 따라 증가하는 좋은 결과였다.
- (2) 황산나트륨용액에 침지한 LHC 모르터는 56일까지 압축강도가 증가하였으나 91일에서는 오히려 감소하는 경향을 나타내므로서 저항성은 OPC 모르터에 약간 못미치는 결과를 나타내었다. 이번에는 황산용액에 침지한 결과 28일정도에서 모르터의 압축강도 측정이 어려울 정도로 열화가 심하였다.
- (3) 시멘트콘크리트 확산셀 시험편을 시험용액에 8일간 침지한 염분농도는 LHC 콘크리트가 0.2%정도 임에 비해 OPC콘크리트는 0.5%정도로 큰 차이를 나타내었다. 이때 저발열시멘트에 포함된 포졸란성분에 의한 활성으로 내부가 밀실화 되어 염분이온의 침투를 억제한 결과로 생각된다.

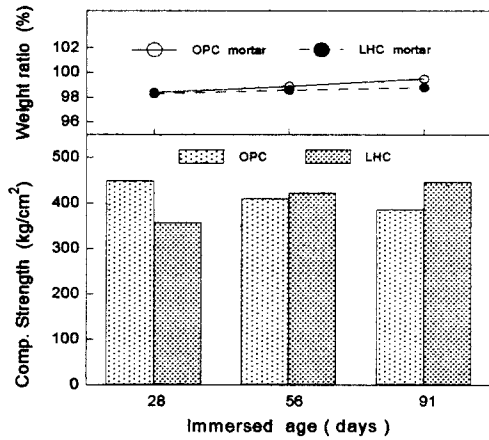


그림 1. 인공해수침지 모르터의 압축강도 및 중량변화율

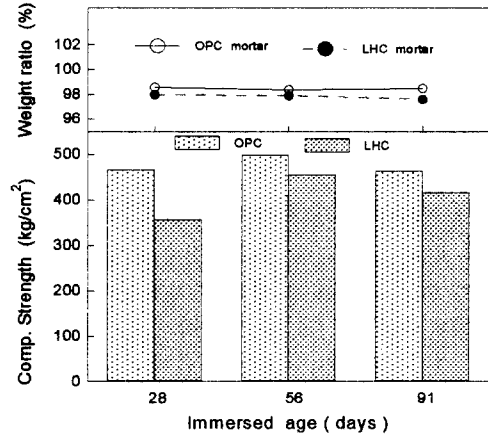


그림 2. 10% Na₂SO₄ 침지 모르터의 압축강도 및 중량변화율

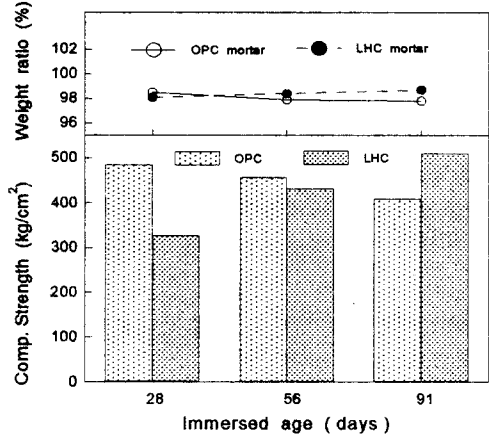


그림 3. 10% CaCl₂ 침지 모르터의 압축강도 및 중량변화율

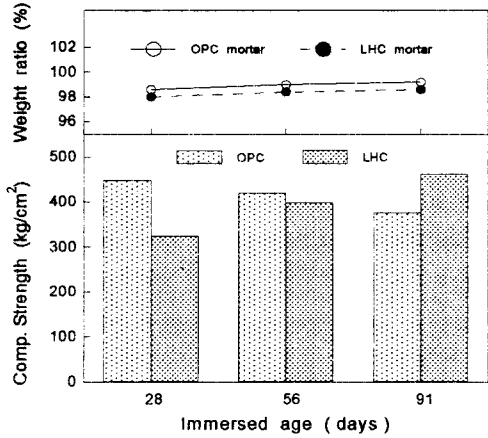


그림 4. 10% MgCl₂ 침지 모르터의 압축강도 및 중량변화율

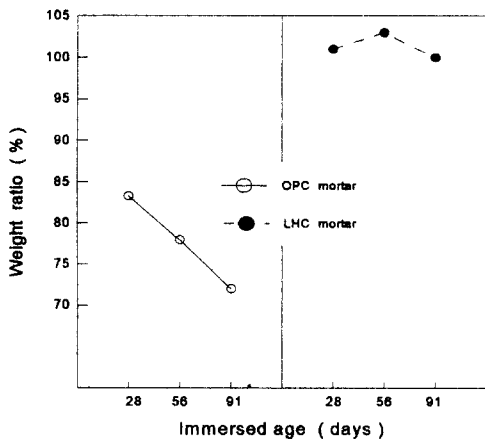


그림 5. 5% H₂SO₄ 용액 침지 모르터와 중량변화율

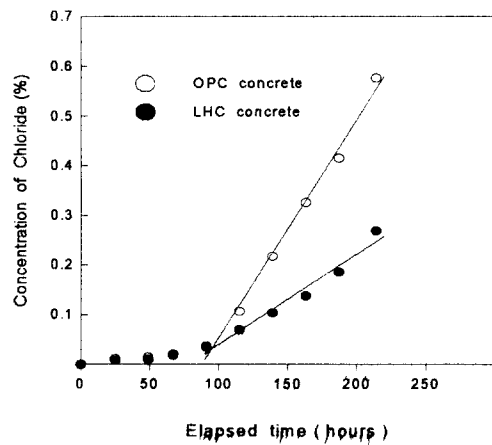


그림 6. 경과시간에 따른 확산셀내부의 염분농도