

무기계 천연광물을 사용한 모르타르의 투수계수 특성

Permeability Coefficient Properties of Mortar using Natural Inorganic Minerals

김성배^{*} 박선규^{**} 송하원^{***} 변근주^{***} 김재영^{****}
Kim, Sung-Bae Park, Sun-Gyu Song, Ha-Won Byun, Keun-Joo Kim, Jae-Young

ABSTRACT

In this paper, waterproofing improvement of cement mortar is researched by comparing cement mixed with natural inorganic minerals with OPC under the same condition. The result shows that cement mixed with natural inorganic minerals has less permeability and absorption compared to OPC, which can be used as important data for improvements of durability and waterproofing of concrete structures.

1. 서론

최근의 교량, 댐, 항만시설 등의 국가 기반 시설물을 포함하여 고층화, 대형화되는 건축시설물에서 고내구성과 고수밀성 등 고성능화가 요구되고 있으며 이에 상응하는 재료성능 및 시공능력의 향상을 요구하고 있다.

지금까지 국내에서는 시공초기에 구조물의 방수성이나 내구성을 높이기 위한 방법보다 시공 후 방수 재료를 구조물에 재시공하는 방식을 사용하여, 경제성이나 품질면에서 많은 문제점이 제기되고 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 현재 콘크리트 자체의 수밀성을 높여 투수성과 흡수성을 현저히 낮추는 연구가 활발히 진행되고 있으나 국내 사정은 제조기술과 성능면에서 아직까지 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 방수성능을 개선시키기 위한 무기계 천연광물질(이하, RE-1이라 칭함)의 혼화 재료로서의 이용가능성을 검토하기 위하여 RE-1을 넣은 모르타르에 대하여 투수 및 압축시험을 실시한 후, 그 결과에 대하여 검토·분석하였고, 또한, 투수성능의 향상에 대한 원인규명을 위하여 시멘트페이스트를 대상으로 성분분석 실험을 실시하였다.

* 정회원, 연세대학교 토목공학과 석사과정

** 정회원, 연세대학교 토목공학과 연구교수

*** 정회원, 연세대학교 토목공학과 교수

**** 정회원, (주)대한아이엠 기술연구소 선임연구원

2. 실험개요 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트, 골재 및 혼화재

본 연구에 사용한 시멘트는 국내 S사에서 생산한 1종 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)를 사용하였으며 모래는 주문진산 표준사를 사용하였다. 혼화재는 국내 D사에서 생산한 RE-1을 실험에 사용하였다. RE-1은 천연광물질 포졸란계 재료로서 화학성분은 표 1과 같다.

표 1 RE-1의 화학성분

구분	화 학 성 분(%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	I/L	Cl (ppm)	수 분
RE-1	43.55	10.31	4.04	15.84	3.53	13.51	1.10	2.90	4.75	206	0.65

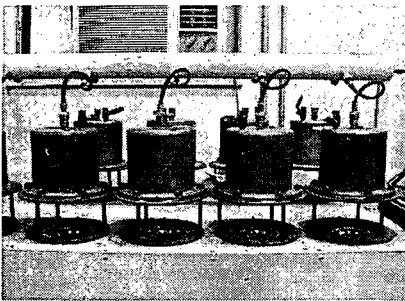
특이할만한 점은 RE-1에 사용된 천연 광물상중에 석고(무수, 반수, 이수)를 포함하는 광물상이 다량 포함되어 있기 때문에 황산염(SO₃)의 함량이 다른 혼합재 뿐만 아니라 보통 포틀랜드 시멘트보다도 높다는 점이다.

2.2 실험 방법

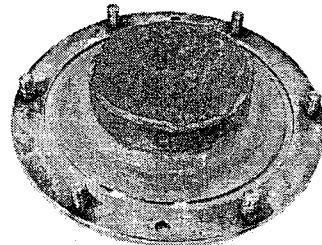
2.2.1 투수시험

투수시험은 KS F 4919에 의하여 RE-1을 혼입한 모르타르를 제작한 후, 사진 1과 같이 Out-put 시험 방식에 준하여 재령 14일에 투수시험장치에 시험체를 설치하고, 3kgf/cm²의 수압을 가하여 3시간 동안의 투수량을 측정하였다. 측정된 투수량을 가지고 RE-1을 혼입한 시험체의 투수량과 혼입하지 않은 시험체의 투수량으로 투수비를 구한 후 투수비는 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{투수비} = \frac{\text{방수재를 혼입한 시험체의 투수량}}{\text{방수재를 혼입하지 않은 시험체의 투수량}}$$



Out-put방식의 투수시험기



투수시험용 밀판

사진 1 투수시험 장치 및 시험체

2.2.2 압축강도

압축강도 시험은 KS L 5105 「수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법」에 준하여 재령 3일, 7일, 14일의 압축강도를 일반 OPC 및 RE-1을 혼입한 시험체에 대하여 측정하였다.

2.2.1 성분분석

RE-1의 구조 및 조성, 그리고 RE-1을 첨가한 시멘트 경화체의 미세구조변화 특성을 알아보기 위해서 XRD분석을 수행하였다. 또한 RE-1의 수화 생성물을 관찰하기 위해서 SEM 관찰을 병행하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 투수계수 및 압축강도

그림 1, 2는 RE-1을 혼입한 투수시험 및 압축강도의 측정결과를 나타낸 것이다. 투수시험 결과는 그림 1에서 보는 바와 같이 무혼입 시험체에 비하여 혼입한 시험체의 투수량이 낮아 혼입한 시험체가 혼입하지 않은 시험체에 비해 좀더 수밀함을 알 수 있다. 이는 RE-1의 생성물이 모르타르의 공극을 충전함으로써 방수성능이 향상된 것으로 판단된다. 또한, RE-1을 혼입한 경우, 그림 2에서 보는 바와 같이 재령 3, 7, 14일에 무혼입 시험체보다 높은 강도를 나타내는 것으로 나타났다.

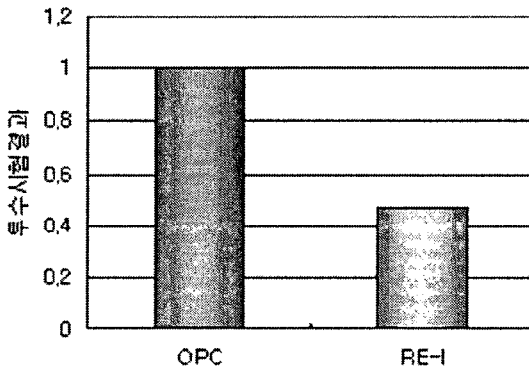


그림 1 RE-1의 투수성 시험결과

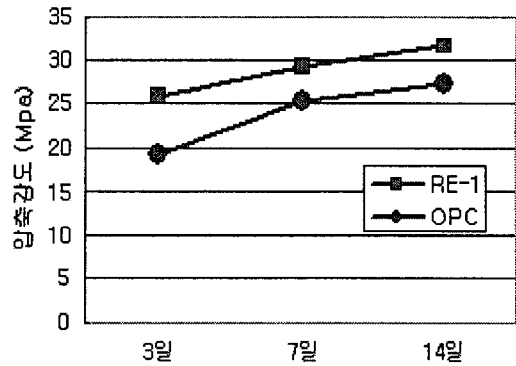


그림 2 RE-1의 압축강도 시험결과

3.2 RE-1을 혼입한 시멘트경화체의 성분분석

3.2.1 XRD 분석 결과

그림 3은 일반 OPC와 RE-1을 10%첨가한 시멘트경화체의 재령에 따른 XRD분석결과를 보여 주고 있다. 초기에는 별다른 차이가 거의 없었으나 시간이 경과함에 따라 OPC는 에트링가이트가 모노 설페이트로 전이되어 양생 28일에서는 완전 전이가 이뤄졌음을 알 수 있었다. 이에 반해 RE-1을 10% 첨가한 시멘트경화체에서는 28일이 경과한 후에도 에트링가이트가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 RE-1에 포함된 황산염이 에트링가이트의 안정성을 지속시켜주기 때문으로 판단된다.

3.2.2 SEM 분석결과

그림 4는 RE-1을 10%첨가한 시멘트경화체의 미세 경화조직을 재령별로 일반 OPC와 비교하여 관찰한 것이다. RE-1이 첨가된 경화체의 조직이 OPC에 비해 표면에 분포된 공극이 적게 형성된 것으로 확인이 되었으며, RE-1에 포함된 황산염에 의해 수화초기부터 다량의 에트링가이트가 생성되고, 활성 실리카성분과 알칼리성분의 반응에 의하여 쏘머사이트가 생성되는 것을 확인할 수 있었으며, 포졸란 반응에 의하여 판상 수화물이 생성되는 것을 확일 할 수 있었다.

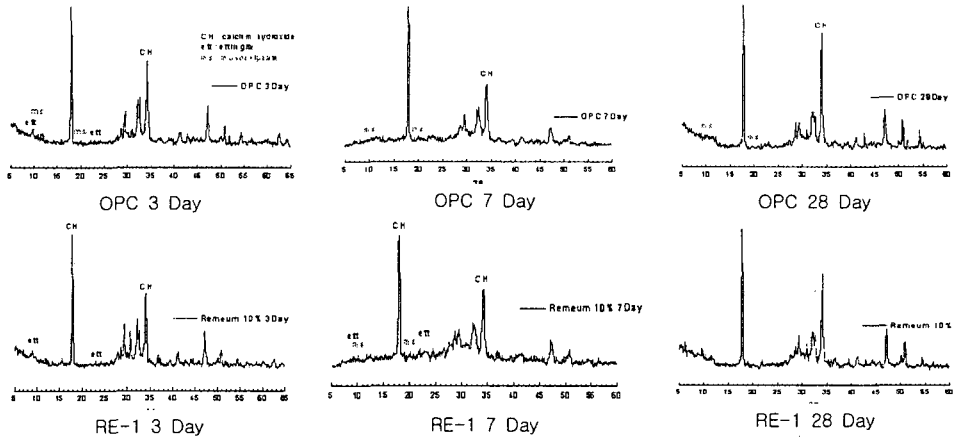


그림 3 재령에 따른 RE-1의 XRD 회절분석 결과

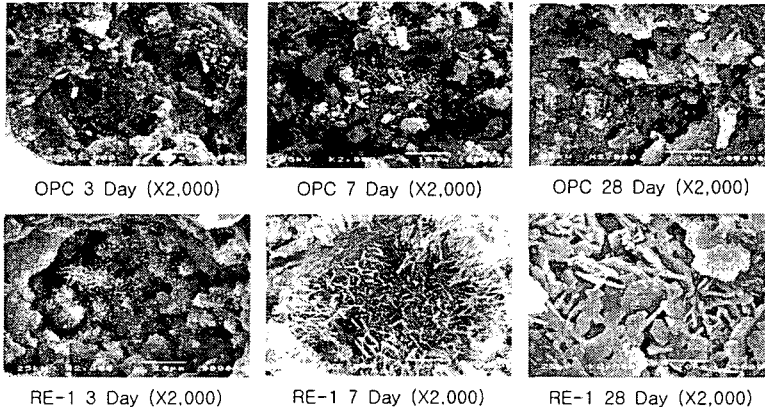


그림 4 재령에 따른 OPC와 RE-1의 미세구조 변화

4. 결론

RE-1을 첨가한 시멘트 모르타르는 OPC만을 사용한 시멘트 모르타르에 비하여 방수성능 및 압축강도 특성이 개선되는 것을 알 수 있었다. 이에 대한 원인을 규명하기 위하여 시멘트페이스트를 대상으로 검토·분석한 결과, RE-1의 수화반응에 에트링가이트 및 쏘머사이트가 생성되며, RE-1의 포졸란 반응에 의해 생성된 물질이 시멘트 경화체의 공극을 충전시키기 때문인 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 日本コンクリート工學協會, 反應モデル解析研究委員會報告書(I), 1996.5