

중질탄산칼슘을 혼입한 시멘트 모르타르의 황산염침식 저항성 평가

Sulfate Attack Resistance of Cement Mortar containing Ground Calcium Carbonate

정 호 섭* 김 종 필** 이 승 태*** 김 성 수****
Jung, Ho Seop Kim, Jong Pil Lee, Seung Tae Kim, Seong Soo

ABSTRACT

This paper describes a study undertaken to determine the effect of ground calcium carbonate(GCC) cement mortar with respect to sulfate attack. It were investigated visual appearance and expansion of cement mortars with GCC immersed in artificial solution of 5% sodium sulfate during 510days. According to increasing replacement of GCC, the expansion ratio was comparatively superior to GCC0 mortar specimen. The test results indicated that cement mortars with GCC was benefit the resistance of sulfate attack due to micro filler effect.

1. 서론

시멘트 콘크리트는 건설재료 가운데 철강재와 더불어 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 경제적이고 시공성이 우수할 뿐만 아니라 내구성이 우수한 재료로 알려져 있다. 그러나 해안 및 온천지대, 산성하천유역, 화학공장 등에서 배출되는 오·폐수 및 황산염 토양환경 등에 콘크리트 구조물이 건설될 경우 각종 유해이온에 의하여 콘크리트 구조물의 성능이 크게 저하된다고 보고되고 있다.

한편 천연골재 자원의 고갈과 환경에 대한 부담저감 등의 사회적 관심이 집중되면서 산업부산물이나 산업폐기물 등을 건설재료로 활용하는 방안이 다각도로 검증되고 있다. 이와 같은 새로운 대체 재료를 콘크리트용으로 재활용함으로써 콘크리트의 물성, 내구성 및 경제성에도 기여하는 고품질의 콘크리트를 제조하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이러한 추세에 따라 석회석미분말을 습식 분쇄한 중질탄산칼슘 슬러리를 콘크리트용 혼화재료로 활용하기 위한 일련의 연구 중에서 본 연구에서는 중질탄산칼슘의 혼입율을 달리하여 각각 제조한 시멘트 모르타르의 황산염 침식 저항성에 대하여 비교·고찰하였다.

* 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원

** 정회원, 한양대학교 산업과학연구소 선임연구원

*** 정회원, 군산대학교 토목환경공학과 교수

**** 정회원, 대전대학교 건설시스템공학과 교수

2. 실험개요

2.1 사용재료

- (1) 시멘트 : 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 표 1에 나타내었다.
- (2) 중질탄산칼슘(이하 GCC) : 탄산칼슘을 수중에서 분쇄하여 폴리카르본산계의 분산제를 사용하여 슬러리상으로 제조한 것을 사용하였으며 물리적 성질은 표 2에 나타내었다.
- (3) 잔골재 : 비중 2.60, 흡수율 0.80% 및 조립률 2.80인 강모래를 사용하였다.
- (4) 고성능감수제 : 주성분이 폴리카르본산계인 Malialim A-20을 결합재 중량에 대하여 1.8% 사용하였다.

표 1 시멘트의 화학성분 및 물리적 특성

Chemical composition (%)							Physical properties	
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig.loss	Specific gravity	Specific surface area (m ² /kg)
20.2	5.8	3.0	63.3	3.4	2.1	1.2	3.15	328

표 2 중질탄산칼슘의 물리적 특성

Solid content (%)	Whiteness (%)	Viscosity (B-type, 60rpm, cps)	pH	Specific gravity
≥ 75	≥ 94	≤ 200	10±0.5	2.74

2.2 실험방법

(1) 시험용액 : 담수 및 5% 황산나트륨 용액을 제조하여 사용하였으며, 황산나트륨용액은 농도저하를 막기 위하여 매 4주마다 용액을 교체하였다.

(2) 외관조사 : 황산염 용액에 침지한 중질탄산칼슘 혼입 시멘트 모르타르의 외관평가는 Al-Amoudi 등이 제시한 황산염 성능저하 등급에 의하여 그림 1과 같이 모르타르 시험체 표면의 손상정도에 따라 0-V등급으로서 총 여섯 등급으로 나누어 구분하였다.

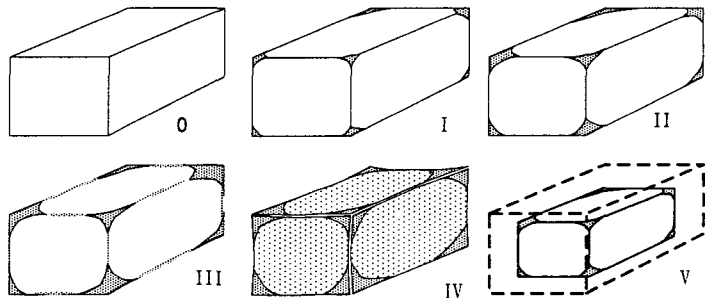


그림 1 화학적침식을 받은 시멘트 경화체의 열화등급(Al-Amoudi,1994)

(3) 모르타르의 팽창율 : 25×25×285mm의 길이변화용 모르타르 공시체를 제조하여 20MPa 이상의 압축강도가 발현될 때까지 수중양생한 후, 황산염용액에 각 침지재령까지 침지시켜 모르타르의 팽창율을 KS F 2424의 다이얼게이지 방법에 의하여 측정하여 식 (1)로 계산하였다.

$$\text{팽창율 (\%)} = \frac{l_t - l_0}{l_0} \times 100 \quad \text{----- 식 (1)}$$

여기서, l_t : 침지재령에서 모르타르의 길이, l_0 : 침지전 모르타르의 길이

2.3 모르타르의 배합

중질탄산칼슘의 혼입율에 따른 시멘트 모르타르의 황산염침식 저항성을 평가하기 위하여 물-결합재 비를 35%로 고정시켰으며, 혼입율은 시멘트 중량의 0, 5, 10 및 15%로서 4단계로 변화시켰으며, 결합재와 잔골재의 중량비는 1:2로 정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 모르타르의 팽창특성

콘크리트 구조물이 황산염용액에 노출되거나 황산염을 포함한 토양이나 지하수 및 해수 중에 위치할 경우에 콘크리트는 황산염침식에 의해 열화된다. 황산염 환경에 놓여있는 콘크리트는 공극을 통하여 침투한 황산이온과 시멘트 수화물과의 반응으로 콘크리트 조직에 유해한 반응생성물이 팽창 및 연화작용으로 인하여 콘크리트의 성능을 저하시키며 심할 경우 균열발생 및 조직 붕괴를 유발한다.

황산나트륨 용액에 침지한 중질탄산칼슘 혼합 모르타르의 재령별 팽창특성을 나타낸 것이 그림 2이다. 이 그림에서 알 수 있듯이, 중질탄산칼슘 혼입율에 따라 팽창량이 다르게 나타났으며, 전반적으로 침지재령이 증가함에 따라 팽창량도 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

또한, 중질탄산칼슘의 혼입율에 관계없이 모든 배합에서 침지재령 약 91일 이후부터 팽창이 급격하게 일어남을 알 수 있었다. 특히, 혼입율이 5%까지의 GCC0, GCC5 모르타르의 경우 침지재령 210일에서 Tuthill(1966) 및 Cohen and Mather(1991)가 제안한 시멘트 경화체의 한계 팽창량인 0.4%를 초과하는 0.510% 및 0.543%의 값을 각각 나타내었으며, 그 이후의 재령에서는 모르타르의 과도한 팽창으로 인하여 공시체가 파괴되어 측정이 불가능하였다.

한편 GCC10 모르타르의 경우 침지재령 270일에서 시멘트 경화체의 한계 팽창량을 초과한 반면 GCC15 모르타르의 경우, 침지재령 210일에서도 0.1% 미만의 적은 팽창량을 나타내므로써 팽창에 대한 저항성이 비교적 우수하게 나타났다. 이는 중질탄산칼슘의 혼입에 의한 충전효과로 인하여 황산이온이 모르타르의 내부로 침투하기가 어려워진 탓으로 판단된다.

3.2 외관평가

황산나트륨이 시멘트 경화체의 성능저하에 미치는 주요 원인은 Ettringite에 의한 팽창파괴와 gypsum에 의한 연화현상이라고 알려져 있다. 시멘트 경화체의 표면으로부터 내부로 황산이온이 침투

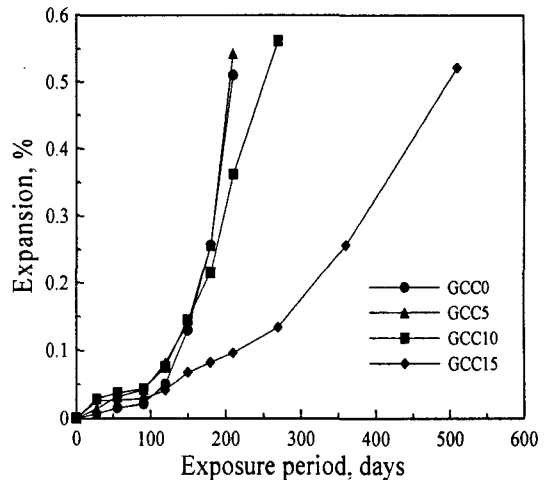


그림 2 황산나트륨용액에 침지한 모르타르의 팽창율

함에 따라 표면의 페이스트 부분이 침식되어 용해하기 시작하며 이와 같은 토포케미칼반응(Topo-chemical reaction)에 의하여 시멘트 경화체의 성능저하가 일어나며 콘크리트의 강도저하 현상 및 체적변화에 의한 팽창이 발생하여 콘크리트의 품질을 크게 떨어뜨린다.

황산염 침식을 받은 중질탄산칼슘 혼입 모르타르의 성능저하를 시각적으로 고찰하기 위하여 중질탄산칼슘 혼입율이 상이한 4종류의 모르타르를 황산염 용액에 510일간 침지한 공시체의 열화 상태를 나타낸 것이 그림 3(a)~(d)이다. 이 그림에서 시멘트 모르타르의 황산염침식에 의한 성능저하 현상은 육안으로도 명확하게 관찰할 수 있었으며, 중질탄산칼슘 혼입률이 증가함에 따라 성능저하 정도는 감소하는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다. GCC15 모르타르의 성능저하가 가장 작게 나타난 반면, GCC0, GCC5 및 GCC10 모르타르는 모서리 및 가장자리 부근에 비교적 많은 모르타르가 탈락하는 큰 성능저하 현상을 관찰할 수 있었다. 이를 그림 1에 나타낸 황산염 성능저하 등급에 의하여 모르타르 공시체 표면의 손상정도를 등급으로 평가하여 보면 혼입률별로 각각 V, V, IV 및 III 등급의 성능저하 상태를 나타냄을 알 수 있었다.

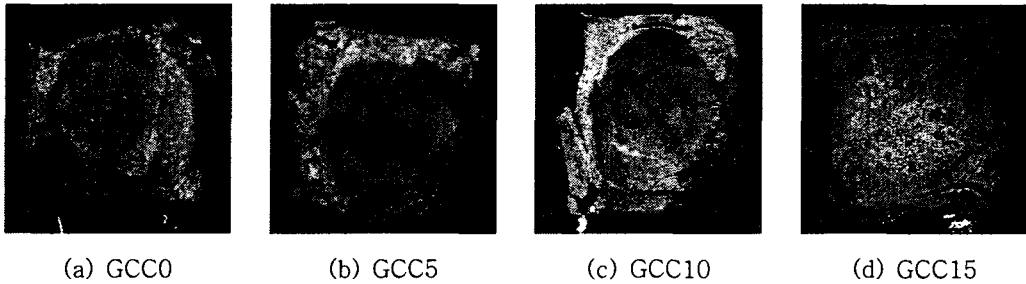


그림 3 황산나트륨용액에 침지한 시멘트 모르타르의 열화상태

4. 결론

중질탄산칼슘의 혼입율을 달리하여 제조한 시멘트 모르타르의 황산염침식에 대한 저항성을 평가하기 위하여 팽창과 외관조사를 실시한 결과, 중질탄산칼슘의 혼입율이 증가할수록 팽창율과 외관평가 등급은 감소하였다. 이와 같이 중질탄산칼슘을 혼입하여 사용함에 따라 시멘트 경화체 내부의 공극을 충전함으로써 황산염침식에 대한 저항성이 다소 향상되는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업(과제번호: 04핵심기술C02-02)의 지원을 받아 수행되었으며 관계제위께 감사드립니다.

참고문헌

1. Al-Amoudi O. S. B., et. al.(1994), Influence of Chloride Ions on Sulfate Deterioration in Plain and Blended Cements, Magazine of Concrete Research, 46(167), pp.113-123.
2. Tuthill, L. H.,(1966), ASTM Standard Testing Publications, 169-A, pp.275.
3. Cohen, M. D. and Mather, B.,(1991), Sulfate Attack on Concrete Research Needs, ACI Materials Journal, 88, pp.62-69.