

중질탄산칼슘을 혼합한 시멘트 경화체의 염소이온 확산특성 평가

Evaluation on the Chloride Ion Diffusion of Cement Matrix Replaced with Ground Calcium Carbonate

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

ABSTRACT

Generally, concrete is one of the most widely used construction materials, because of its good durability to cost ratio. However, when subjected to severe environments its durability can significantly decline due to various harmful conditions. In this article, we would like to investigate a chloride ion diffusion of cement matrix with inert filler, which ground calcium carbonate(GCC). For the experimental results of the chloride ion diffusion, as the addition of GCC makes decreasing the permeability by micro-filler effect, the matrix of 5-15% ratio of replacement are superior to the GCC0 mortar matrix with respect to durability of cement matrix in this scope.

1. 서론

석회석 광물은 콘크리트를 제조하기 위한 재료로서 시멘트의 원료, 콘크리트용 잔골재 및 굵은골재 등으로 사용되었다. 그러나 최근 해외에서는 석회석 미분말을 고강도, 고유동 콘크리트 제조에 이용하거나 CO₂ 발생량이 적고 환경 친화적인 충전시멘트의 기본적인 재료로 사용하고 있다. 특히, 석회석은 국내에서 자급 가능한 자원으로 이것을 이용하여 새로운 기능을 도출한다는 것은 부존자원의 유효이용이라는 관점에서도 매우 중요하다.

따라서, 석회석을 수중에서 평균입경 1.5 μ m 정도로 미분쇄한 중질탄산칼슘 슬러리를 콘크리트용 혼화재로 활용하기 위한 연구에 착안하게 되었다. 본 연구에서는 중질탄산칼슘을 콘크리트용 혼화재로 활용하기 위한 연구의 일환으로 중질탄산칼슘을 시멘트 중량의 0, 5, 10 및 15%의 4단계로 혼합한 모르타르 경화체를 제조한 후 모르타르 경화체의 염소이온 확산특성을 평가하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

- * 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원
- ** 정회원, 군산대학교 토목공학과 교수
- *** 정회원, 한양대학교 산업과학연구소 선임연구원
- **** 정회원, 대전대학교 건설시스템공학과 박사과정
- ***** 정회원, 대전대학교 건설시스템공학과 교수

- (1) 시멘트 : 국내의 S사에서 생산되는 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1에 나타내었다.
- (2) 중질탄산칼슘 : 중질탄산칼슘(이하 GCC)은 탄산칼슘을 수중에서 분쇄하여 폴리카르본산계의 분산제를 사용하여 슬러리상으로 제조한 주성분이 칼사이트인 것을 사용하였다. 표 2에 중질탄산칼슘의 물리적 특성을 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 (cm ² /g)
20.2	5.8	3.0	63.3	3.4	2.1	1.2	3.15	3.280

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) 염소이온 침투저항성 시험 : 콘크리트의 염소이온 침투저항성을 평가하기 위하여 KS F 2711(전기전도도에 의한 콘크리트의 염소이온투과저항성시험 방법)에 의거하여 확산셀을 구성하였으며, 음극셀(Cell I) 용액은 0.5M의 NaCl, 양극셀(Cell II) 용액은 포화수산화칼슘(sat. Ca(OH)₂)을 사용하였다. 이때 전위차 DC 60V로서 6시간 동안 통전시켰으며, 데이터로거를 이용하여 시험편에 흐르는 전류를 30분 간격으로 측정하여 시간에 대한 전류의 적분값을 취하여 총 통과전하량은 식(1)로 계산하였다.

$$Q_{total} = 900 (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360}) \text{ ----- 식 (1)}$$

여기서, Q : 총통과전하량 (Coulomb), I_x : x분에서의 전류값 (A)

그리고 통과전하량을 측정한 시험편을 쪼개어 표면에 0.1N의 AgNO₃용액을 분무하면 염소이온이 없는 부위에서는 갈색으로 변화하지만, 염소이온이 침투한 부위에서는 은색의 AgCl을 침전시킴으로 콘크리트의 음극측 표면으로부터 은색으로 변하는 지점까지를 JIS A 6203(1996)에 의하여 염소이온 침투 깊이로 하였다. 염소이온의 침투깊이로부터 식(2)를 이용하여 비정상 상태의 촉진염소이온 확산계수를 구하였다.

$$D_{pd} = \frac{RTL}{zFU} \cdot \frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \text{ ----- 식 (2)}$$

여기서, R : 기체 상수(J/mol · K), L : 시편두께(m), F : 패러데이 상수(J/V · mol), X_d : 비색법에 의한 침투 깊이(m), α : 실험 상수, T : 절대 온도(K), U : 전위차(V), z : 이온 전자가, t : 전위차의 적용 시간(sec)

2.3 모르타르의 배합

중질탄산칼슘의 혼합율에 따른 염소이온 확산특성을 평가하기 위하여 물-결합재비를 35%로 고정시키고, 혼합율을 시멘트 중량에 대하여 0(GCC0), 5(GCC5), 10(GCC10) 및 15%(GCC15)의 4단계로 혼합하여 모르타르 경화체를 제조하였다.

3. 실험결과 및 고찰

중질탄산칼슘을 혼합한 모르타르 경화체의 염소이온 침투저항성을 알아보기 위하여 전위차에 의한 촉진 염소이온 침투확산 시험법에 의하여 구한 총 통과전하량과 염소이온 침투깊이를 측정 한 후 확산계수를 산정한 결과를 표 3 및 그림 1~4에 정리하여 나타내었다.

표 3 및 그림 1에서 알 수 있듯이, 중질탄산칼슘을 혼합한 모르타르 경화체의 경우 재령이 증가할수록 염소이온의 총 통과전하량은 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 중질탄산칼슘의 혼합율에 따른 총 통과전하량은 재령 28일의 경우 중질탄산칼슘의 혼합율이 증가할수록 다소 감소하는 경향이 나타났지만, 재령 91일의 경우는 중질탄산칼슘의 혼입 여부와 관계없이 모든 경화체에서 거의 동일한 결과를 나타내었다.

표 3. 모르타르 경화체의 총통과전하량 및 염소이온 확산계수

Items Types	Total passed charge (Coulomb)		Penetration depth (mm)		Diffusion coefficient ($\times 10^{-11}, m^2/sec$)	
	28 days	91 days	28 days	91 days	28 days	91 days
GCC0	3,985	2,709	17.0	14.7	1.69	1.42
GCC5	4,092	3,020	16.8	15.2	1.66	1.47
GCC10	3,987	2,958	15.5	14.6	1.51	1.41
GCC15	3,790	2,880	14.5	13.6	1.39	1.23

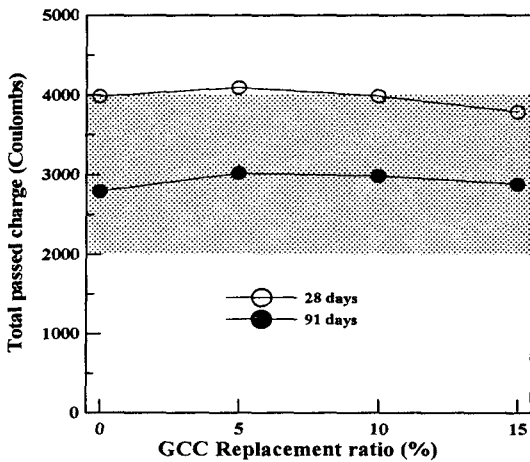


그림 1. 모르타르 경화체의 총통과전하량

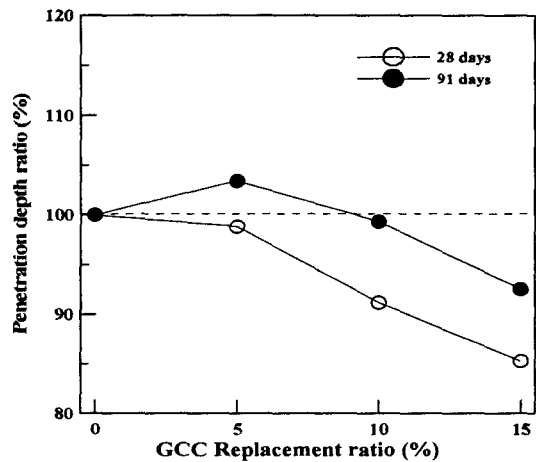


그림 2. 모르타르 경화체의 염소이온침투 깊이비

중질탄산칼슘은 다른 광물질혼화재와는 상이하게 시멘트의 수화생성물과 반응을 일으키지 않는다. 따라서 재령 28일의 초기 재령에서는 충전효과(micro-filler effect)에 의하여 중질탄산칼슘을 혼합한

모르타르의 염소이온 침투저항성이 다소 향상되었으나, 재령 91일에서는 28일의 경우와는 상이하게 중질탄산칼슘을 혼합한 모르타르의 경우는 시멘트 양의 감소로 인하여 염소이온 침투저항성이 다소 미미한 증가만을 나타내었다. ASTM C 1202의 총통과전하량에 근거한 염소이온 침투성의 평가기준에 의하여 분류하면 대부분의 시험체가 재령에 관계없이 총 통과전하량이 2,000~4,000(Coulombs) 범위에 존재(그림 1의 음영부분)하여 염소이온의 침투저항성이 보통에 해당함을 알 수 있었다.

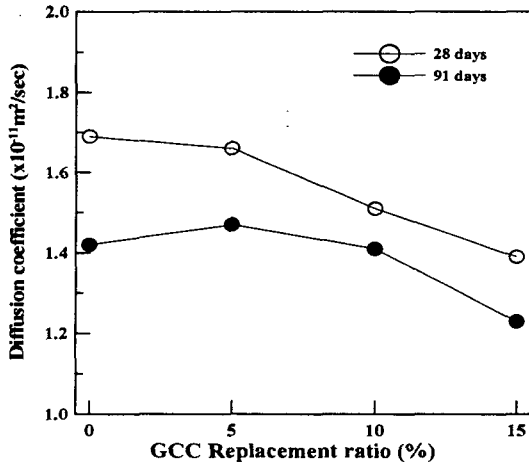


그림 3. 모르타르 경화체의 확산계수

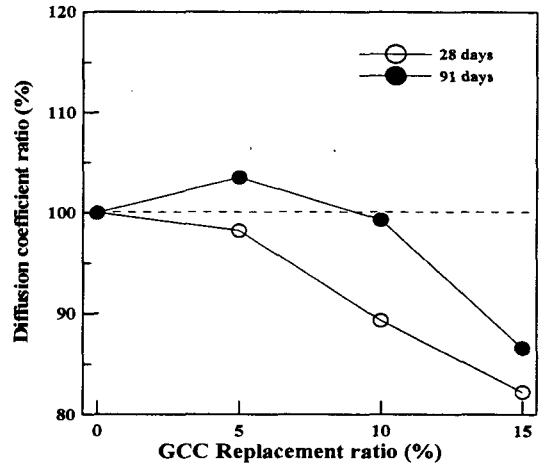


그림 4. 모르타르 경화체의 확산계수비

이번에는 중질탄산칼슘을 혼합한 모르타르 경화체의 재령 28 및 91일의 염소이온 침투깊이를 기준 모르타르(GCC0)에 대한 백분율로 나타낸 것이 그림 2이다. 중질탄산칼슘의 혼입율이 증가할수록 충전 효과에 의한 조직의 치밀함으로 인하여 염소이온침투 깊이가 줄어드는 것을 볼 수 있다.

또한, 재령 28 및 91일의 염소이온 침투깊이를 이용하여 산정한 확산계수를 나타낸 것이 그림 3이며, 각 재령에서의 GCC0의 확산계수에 대한 백분율로 나타낸 것이 그림 4이다. 이들 그림에서 중질탄산칼슘을 혼합하지 않은 시험체의 확산계수는 재령에 관계없이 중질탄산칼슘의 혼입율이 증가할수록 감소하여 혼입율 15%의 경우 재령 28일 및 91일에서 각각 18% 및 13%의 확산계수 감소효과를 나타내었다. 이런 이유는 중질탄산칼슘의 충전효과(micro-filler effect)에 의하여 중질탄산칼슘을 혼합한 시멘트 경화체의 공극구조가 중질탄산칼슘을 혼입하지 않은 시험체보다 훨씬 치밀해진 탓으로 판단된다.

4. 결론

중질탄산칼슘을 콘크리트용 혼화재로 활용하기 위하여 혼입율을 달리하여 제조한 모르타르 경화체의 염소이온 침투특성을 평가한 결과, 총 통과전하량이 2,000~4,000(Coulombs) 범위에 존재하여 염소이온의 침투저항성이 보통에 해당함을 알 수 있었다.

또한, 중질탄산칼슘의 충전효과에 의하여 중질탄산칼슘을 혼합한 모르타르 경화체의 염소이온 확산계수가 중질탄산칼슘을 혼합하지 않은 것에 비하여 다소 감소하여 염소이온 침투저항성이 다소 향상되는 것으로 나타났다.

감사의 글

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