

## 칼슘알루미네이트 시멘트 모르타르의 성능 평가

이승태<sup>1\*</sup>

# Evaluation on the Performance of Mortars Made with Calcium Aluminate Cement

Seung-Tae Lee<sup>1\*</sup>

**Abstract:** In this study, several properties of mortars made with calcium aluminate cement (CAC) such as hydrated products, strength characteristics, absorption, surface electric resistivity and chloride ions penetration resistance were experimentally investigated. The properties of CAC mortars were compared to those of ordinary portland cement (OPC) mortars. From the test results, it was found that the main hydrated products for CAC mortars were of  $C_2AH_8$  and  $CAH_{10}$ , while CH, ettringite and calcite for OPC mortars. The surface electric resistivity and chloride ions penetration resistance of CAC mortars were significantly beneficial compared to those of OPC mortars. However, it should be noted that the absorption properties of CAC mortars were negatively examined. Thus, it needs to have more study for the improvement of surface absorption of CAC matrices. In addition, the combined mixture of CAC and OPC were ineffective to improve some performances of mortars.

**Keywords:** Absorption, CAC, Chloride ions penetration resistance, Strength, Surface electric resistivity

## 1. 서 론

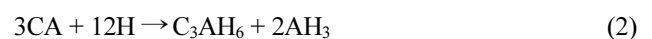
현재, 고도의 산업화로 인한 환경오염 및 유해환경에서 비롯된 콘크리트 구조물의 성능저하를 방지하기 위하여 유지보수 공법 및 재료에 대한 관심이 높아지는 추세이다. 그러나, 현재 국내에서 상용화되는 시멘트 결합재 중심의 보수재의 경우 내구성 및 내산성에 취약한 기능적 문제점이 나타나고 있다. 특히, 생화학적 침식환경에 노출된 콘크리트의 내구성 저하 문제로 인하여 환경오염, 구조물의 수명단축, 기술신뢰도 하락 등 부정적 영향이 도출되고 있으며, 이를 방지하기 위한 고기능성 보수재료의 개발이 절실한 실정이다.

이러한 이유로 인하여, 오래전부터 프랑스, 영국, 독일 등 선진외국에서는 콘크리트 구조물의 내구성 저하가 발생하는 유해환경에 적용하기 위한 보수재료로써 칼슘알루미네이트 시멘트(CAC : calcium aluminate cement)를 상용해 오고 있으며, 상당한 연구성과도 확보하고 있다. 특히, 30여년 전부터 프랑스의 Larfarge는 화학적 침식에 의하여 열화된 도심지 하수관거의 보수를 위하여 SewperCoat라는 CAC계 보수재를 적용하였으며, 영국의 GBG Ltd.도 스코틀랜드 Dalmuir Sewage Treatment Works의 하수구조물 보수를 위하여 CAC를 적용

한 실적을 보유하고 있다.

일반적으로 보통 포틀랜드시멘트(OPC : ordinary Portland cement)는 주요 산화물이 CaO 및  $SiO_2$ 이며, 주성분은 calcium silicate로 이루어진 것에 비해 CAC는 주요 산화물이 CaO 및  $Al_2O_3$ 인 monocalcium aluminate(CA)로 이루어져 있는 무기 질계 결합재이다(Scrivener et al., 1999).

CAC는 프랑스에서 최초로 개발되었으며, 보오크사이트(bauxite)와 같은 알루미나질 원료 및 석회석을 기반으로 하여 약 1450 ~ 1600°C에서 용융시켜 만들어지는 조강성 및 내화성의 특성을 갖는 결합재의 일종으로 분류할 수 있다. CAC는 급결성, 초기강도 발현특성 및 내산성은 우수하나, OPC에 비하여 경제성이 떨어지며, 상전이(phase conversion) 현상에 따른 안정된 강도발현에 문제점이 있는 탓으로 중하중을 받는 구조재료로써의 사용은 제한적인 것으로 알려져 있다(Older, 2000). 또, CAC의 수화반응은 온도에 따라 수화생성물이 다르게 나타나며, 상온 및 저온환경에서는  $CAH_{10}$ 이 주요 수화물인 반면, 고온환경에서는  $C_3AH_6$  및  $AH_3$ 가 주로 생성되며, 그 반응식은 다음과 같다(Scrivener et al., 1999).



특히, CAC를 적용한 시멘트 경화체의 미세구조 및 역학적

<sup>1</sup>정회원, 군산대학교 토목공학과 교수, 교신저자

\*Corresponding author: stlee@kunsan.ac.kr

•본 논문에 대한 토의를 2015년 12월 1일까지 학회로 보내주시면 2016년 1월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

특성에 대하여 전세계적으로 다수의 연구결과가 보고되고 있다. Xu et al.(2012), Blanco-Varela et al.(2005) 및 El-Hafiane et al.(2014)은 CAC 경화체의 미세구조에 대한 연구를 실험적으로 고찰하였다. 또한, CAC 경화체의 강도특성에 대한 연구는 Gu et al.(1997) 및 Kirca et al.(2013)에 의하여 수행되었으며, Scrivener et al.(1999)은 CAC를 적용한 콘크리트의 내산성 및 마모저항성에 대한 연구결과를 발표하기도 하였다. 한편, CAC를 적용한 모르타르 및 콘크리트의 부식저항성에 대한 연구(Ann et al., 2010; Garces et al., 2012)도 보고되고 있으며, 특히 Ann et al.(2010)은 CAC의 우수한 부식저항성에 대하여 실험적으로 규명한 반면, Garces et al.(2012)은 CAC에 탄소섬유(carbon fiber)를 적용할 경우 부식속도가 상대적으로 증가하는 것으로 보고하고 있다.

이상과 같이 외국의 경우, CAC의 미세구조, 역학적 특성 및 내구성에 대한 많은 연구가 수행되었으며, 만족할만한 연구성과도 보고되고 있으나, 국내의 CAC에 대한 연구실적은 상대적으로 많이 부족한 실정이다. 특히, CAC 경화체의 최적 배합 및 역학적 특성에 대한 연구는 국외에서도 연구자들마다 상이한 연구결과를 제시하고 있으므로, 이에 대한 실험적 검토도 필요할 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 CAC를 사용한 모르타르의 수화생성물에 대한 XRD 분석을 실시하였으며, CAC 모르타르의 압축 및 부착강도, 흡수율, 표면전기저항 및 염소이온 침투저항성을 OPC와 비교하여 평가하였다. 또, OPC 및 CAC 혼합배합의 효용성에 대한 검토도 아울러 실시하였다. 본 연구에서는 콘크리트 구조물의 보수 및 보강을 위한 재료로써 CAC의 역학적 특성을 실험적으로 고찰하였으며, 여기서 도출되는 결과는 향후 CAC의 배합선정을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 결합재

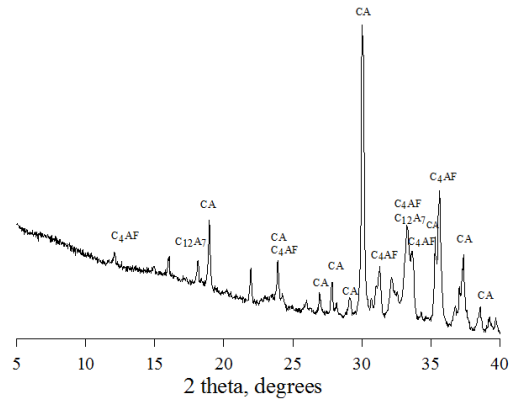
본 연구에서는 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC, fineness = 3,280 cm<sup>2</sup>/g) 및 칼슘알루미네이트 시멘트(이하 CAC, fineness = 3,310 cm<sup>2</sup>/g)를 결합재로 사용하였으며, OPC 및 CAC의 화학성분은 Table 1과 같다. 한편, 본 연구에 사용된 CAC 분말의 XRD 분석결과를 Fig. 1에 나타내었으며, CAC의 주요 성분은 CA, C<sub>4</sub>AF 및 C<sub>12</sub>A<sub>7</sub>임을 알 수 있다.

#### 2.1.2 잔골재

잔골재는 경기도 포천에서 채취한 강모래(<5 mm)를 사용

**Table 1** Chemical composition and physical properties of OPC and CAC

Chemical composition [%]	OPC	CAC
SiO <sub>2</sub>	21.7	4.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.7	39.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.2	12.5
CaO	63.1	38.0
MgO	2.8	0.5
SO <sub>3</sub>	2.2	0.2
L.O.I	1.3	1.0



**Fig. 1** XRD pattern of CAC powder

**Table 2** Physical properties of fine aggregate used in this test

Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Absorption [%]	F.M.
2.67	0.98	2.80

하였으며, 잔골재의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

### 2.2 배합 및 기초물성

본 연구에서는 CAC를 OPC에 대하여 각각 0, 60 및 100% 대체하여 모르타르 배합을 선정하였으며, C0, C6 및 C10으로 각각 명명하였다. 결합재(OPC and/or CAC)와 잔골재의 중량비를 1:2, 물-결합재비(w/cm)가 0.50인 모르타르를 제조하여 21±3°C의 포화 석회수용액(sat. Ca(OH)<sub>2</sub> solution)에 양생한 후, 소정의 재령에서 수화생성물 분석 및 역학적 특성 평가를 실시하였다. Table 3은 본 실험에서 사용한 모르타르 배합의

**Table 3** Fundamental properties of mortar mixtures

Codes	Setting time [min.]		Flow [mm]
	Initial	Final	
C0	87	285	194
C6	32	116	95
C10	66	197	222

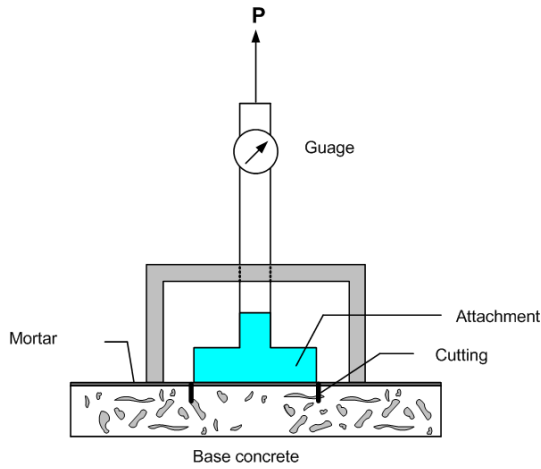


Fig. 2 Set-up for bond strength test

기초물성인 응결 및 플로우 실험을 KS L 5102 및 KS L 5105에 준하여 측정된 결과를 나타낸 것이다.

### 2.3 실험방법

#### 2.3.1 XRD(x-ray diffraction) 분석

모르타르 중 수화생성물을 평가하기 위하여 포화 석회수용액에 7일간 양생된 시편을 대상으로 XRD 분석을 실시하였다. 이 때, XRD 측정 조건은 CuK $\alpha$ (Ni filter) : 30 kV, 20 mA, scanning speed : 2°/min, 2 $\theta$  : 5~40°로 정하였다.

#### 2.3.2 강도특성

포화 석회수용액에 양생한 50 mm 큐브 모르타르 공시체의 재령별 압축강도를 KS L 5105에 의하여 측정하였다.

또, 압축강도가 약 50 MPa인 바탕콘크리트(600×600×100 mm) 시험체를 제작한 후 모르타르를 5 mm 두께로 도포하여 재령별로 40×40 mm 크기의 어태치먼트(attachment)를 각각 3개씩 부착하여 KS F 4042에 준하여 부착강도를 측정하였으며, 그 평균값을 취하였다. Fig. 2는 부착강도 실험장치를 나타낸 것이다.

#### 2.3.3 흡수율

흡수율은 ASTM C 1585에 준하여 재령 7 및 28일 모르타르 시편을 대상으로 실험을 실시하였으며, 재령별 초기흡수계수(S<sub>i</sub> : Initial absorption coefficient)을 산정하였다.

#### 2.3.4 표면전기저항성

모르타르의 표면전기저항값을 측정하기 위하여  $\varnothing$ 100×200 mm 원주형 모르타르 공시체를 대상으로 Wenner법에 근거한 four-electrode resistivity 시험을 실시하였으며(Fig. 3 및 4), 표면전기저항값( $\rho$ )은 다음의 식 (3)으로 계산하였다.



Fig. 3 Surface electric resistivity measurement

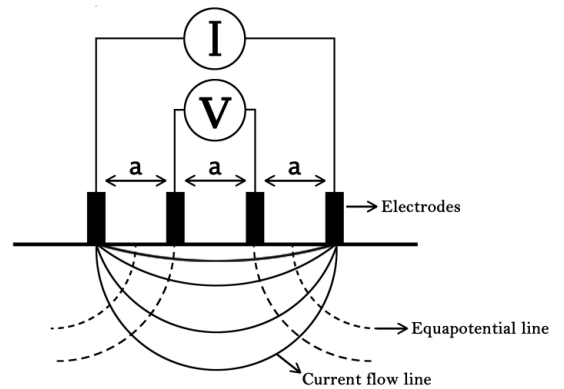


Fig. 4 Schematic representation of surface electric resistivity by Wenner method

$$\rho(\text{Kohm} \cdot \text{cm}) = \frac{2\pi a V}{I} \quad (3)$$

여기서, a = 전극간격(cm), V = 전압강하량(V), I = 전류량(A)이다.

#### 2.3.5 염소이온 침투저항성

모르타르의 통과전하량은 ASTM C 1202에 준하여 두께  $\varnothing$  100×50 mm의 시험체를 대상으로 하여 측정하였다. 시험체 양단에 60 V의 직류전압을 6시간 동안 통전시키면서 시험체에 흐르는 전류를 데이터 로거를 이용하여 30분 간격으로 측정하였으며, 측정된 전류로부터 시간에 대한 전류의 적분 값을 취하여 식 (4)로써 총 통과전하량을 산정하였다.

$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360}) \quad (4)$$

여기서, Q = 총 통과전하량(Coulomb), I<sub>x</sub> = x분에서의 전류값(A)이다.

**Table 4** Chloride ion penetrability based on total charge passed recommended in ASTM C 1202

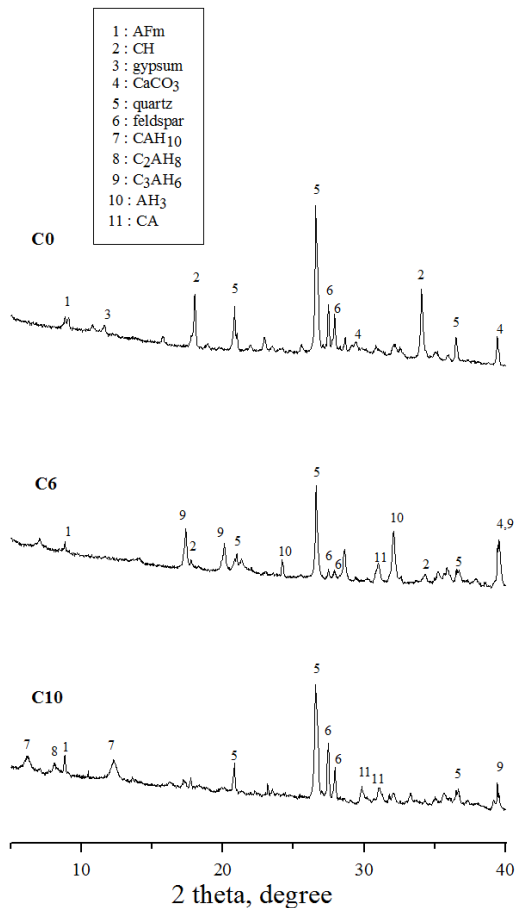
Total charge passed [coulomb]	Chloride ion penetrability
> 4,000	High
2,000 ~ 4,000	Moderate
1,000 ~ 2,000	Low
100 ~ 1,000	Very low
< 100	Negligible

식 (4)에 의해 계산된 총 통과전하량(Q)은 Table 4에 제시된 기준과 비교하여 염소이온 침투저항성을 판단할 수 있다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 XRD 분석

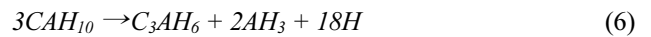
Fig. 5는 3종류 모르타르의 XRD 분석결과를 도시한 것으로, 사용한 결합재의 종류에 따라 수화생성물이 다르게 나



**Fig. 5** XRD patterns of mortar samples (7 days)

타남을 알 수 있다. 100% OPC를 사용한 C0 샘플에서는 시멘트의 주요 수화물인 portlandite(CH)가 주피크로 검출되었으며, ettringite 및 calcite의 피크도 관찰되었다. 또한, 잔골재의 영향으로 인하여 quartz 및 feldspar의 피크도 강하게 검출되는 것을 확인할 수 있다.

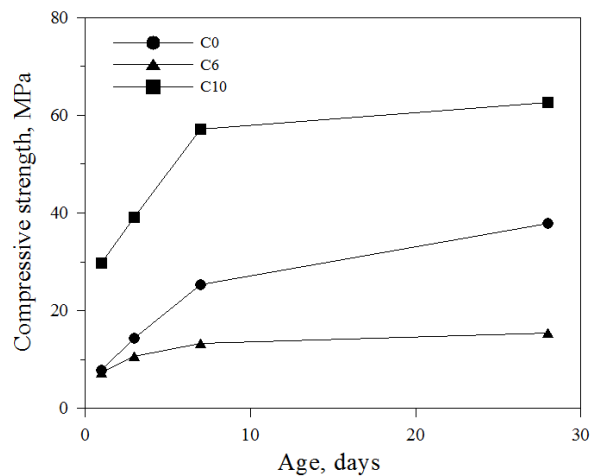
한편, CAC를 사용한 C6 및 C10 모르타르의 수화생성물은 C0와는 다르게 나타났다. 특히, C6 모르타르의 경우, 소량의 portlandite 피크 이외에도 C<sub>3</sub>AH<sub>6</sub>가 검출된 반면, C10 모르타르의 경우, C<sub>2</sub>AH<sub>8</sub> 및 CAH<sub>10</sub>이 주요 수화물로서 생성된 것을 확인할 수 있었다. 특히, Mostafa et al.(2012)의 연구결과에 따르면, CAH<sub>10</sub>는 상온에서 CAC가 수화시 생성되는 주요 수화물로 보고되고 있다. 또한, C<sub>2</sub>AH<sub>8</sub> 및 CAH<sub>10</sub>는 다음 식 (5) 및 (6)의 화학반응으로 인하여 C<sub>3</sub>AH<sub>6</sub>를 생성하게 되며, 이는 상전이(phase conversion)에 따른 CAC 경화체의 장기강도 감소의 원인으로 보고되기도 한다(Matusinovic et al., 2003).



이상과 같이, 모르타르의 주요 수화생성물이 배합에 따라 다르게 나타났으며, 이는 모르타르의 역학적 특성에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

#### 3.2 강도

Fig. 6은 CAC 함량에 따른 모르타르의 재령별 압축강도 발현특성을 나타낸 것이다. 재령 28일까지 모르타르의 압축강도를 측정한 결과, 60% CAC 및 40% OPC를 혼합한 C6 모르타르의 압축강도는 재령에 관계없이 OPC만을 사용한 C0 모



**Fig. 6** Compressive strength development of mortars

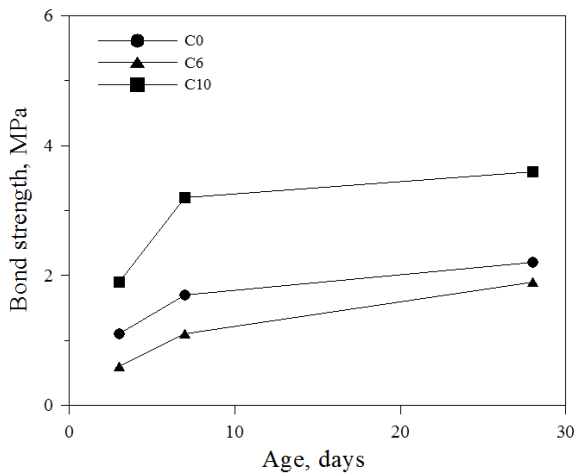


Fig. 7 Bond strength development of mortars

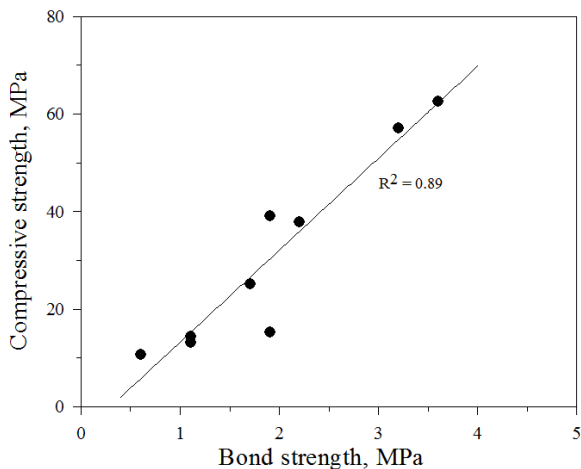


Fig. 8 Relationship between compressive and bond strength of mortars

르타르에 비하여 작게 나타났다. 이는 XRD 분석결과에 나타났듯이, C6 모르타르 중 생성되는 수화물인  $C_3AH_6$ 의 생성량과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 즉, Fig. 5의 XRD 분석결과에 나타났듯이 CAC 경화체의 강도발현을 일으키는 주요 수화물인  $CAH_{10}$  및  $C_2AH_8$ 이 C6 모르타르 중에서  $C_3AH_6$ 로 상전이됨에 따라 모르타르의 압축강도가 낮게 나타난 것으로 판단된다(Lamour et al., 2001).

한편, C10 모르타르는 초기재령부터 C0 및 C6 모르타르에 비하여 압축강도가 매우 크게 발현되는 특성을 나타내었다. 이는 C10 모르타르 중에 CAC 경화체의 강도발현에 지배적인 역할을 하는 수화물로 알려진  $CAH_{10}$  및  $C_2AH_8$ 의 생성에서 기인되는 것으로 판단된다(Scrivener et al., 1999). 예를 들면, 재령 1일에서 C10 모르타르의 압축강도는 29.7 MPa인 반면, C0 및 C6 모르타르의 압축강도는 각각 7.8 및 7.3 MPa로 나타났으며, 재령 28일에서는 C0, C6 및 C10 모르타르의 압축강

도는 각각 37.9, 15.4 및 62.6 MPa인 것으로 조사되었다. 그러나, 재령 28일의 C10 모르타르의 압축강도 발현은 재령 7일 (57.1 MPa)에 비하여 그다지 크지 않은 것으로 나타났다.

Fig. 7은 3종류 모르타르의 재령별 부착강도를 도시한 것으로서, 전체적으로 모르타르의 압축강도의 발현특성과 유사하게 나타남을 확인할 수 있다. 특히, 초기재령부터 100% CAC를 사용한 C10 모르타르의 부착강도 발현특성이 우수하였으며, 재령 7일에서 3.2 MPa로 나타나 C0 및 C6 모르타르의 1.8 ~ 2.9배 정도 큰 부착강도 값을 보였다.

한편, Fig. 8은 모르타르의 압축강도 및 부착강도와의 관계를 도식적으로 나타낸 것으로서, 모르타르의 압축강도는 부착강도와 좋은 상관관계를 나타낼 수 있다. 따라서, 모르타르 중에 생성되는 수화생성물은 압축강도 뿐만 아니라 부착강도 특성에도 영향을 미치는 것으로 판단된다.

### 3.3 흡수율

시멘트 경화체의 공극특성은 결합재의 종류, 수화물량 및 종류, 배합조건, 양생방법 등과 같은 다양한 변수에 따라 달라지게 되며, 시간 함수에 지배적인 영향을 받게 된다. 이러한, 시멘트 경화체의 공극특성은 투수성에 결정적인 영향을 미치게 된다(Zain et al., 2000).

본 연구에서는 3종류 모르타르의 표면투수 특성을 평가하기 위하여 흡수율 실험을 수행하였으며, 모르타르 종류별 재령 7일 및 28일에서 비교하여 Fig. 9와 같이 나타내었다. 이 그림에서 나타났듯이 C10 모르타르의 흡수율 값은 재령에 관계없이 나머지 모르타르에 비하여 다소 크게 나타났으며, 특히, 초기흡수율이 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 반면, CAC를 사용하지 않은 C0 모르타르의 흡수율은 재령 7일 및 28일에서 상대적으로 안정된 경향을 나타내었다.

한편, Table 5는 ASTM C 1585에 준하여 산정된 모르타르의 초기흡수계수( $S_i$ ; Initial absorption coefficient)를 비교하여 나타낸 것이다. 3종류 모르타르의  $S_i$  값은 재령의 증가와 더불어 감소하였으며, CAC 함량의 증가와 더불어 증가하는 경향을 나타내었다. 특히, C10 모르타르의  $S_i$ 는 C0 모르타르에 비하여 약 10배정도 크게 나타남을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 Fig. 6 및 Fig. 7에 나타난 강도특성과는 상반된 결과를 알 수 있다.

### 3.4 표면전기저항성

표면전기저항법을 사용하여 콘크리트의 역학적 성능, 공극 특성 및 내구성을 평가하기 위한 일련의 연구가 보고되고 있다(Gastaldini et al., 2009; Kim and Moon, 2013; Sengul & Gjorv, 2009). 특히, 4전극을 이용한 Wenner법이 일반적으로

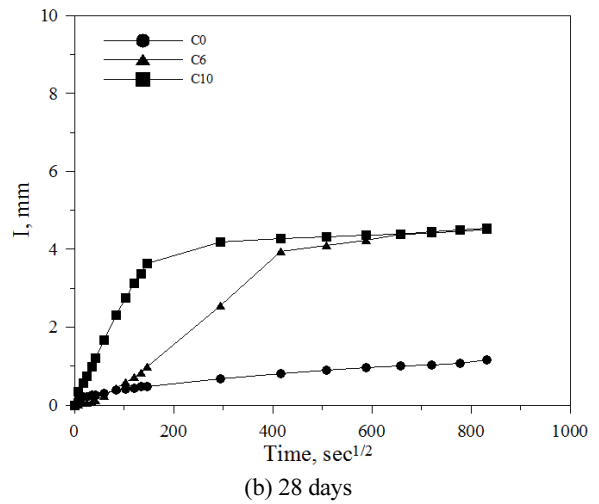
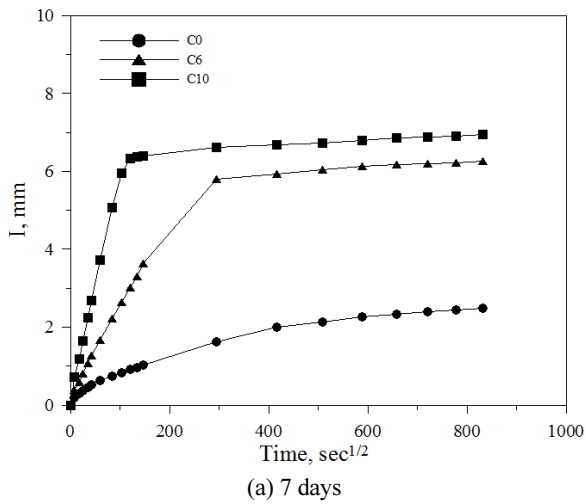


Fig. 9 Results of absorption measurement of mortars

Table 5 Initial absorption coefficient ( $S_i$ ) of mortars with ages

Codes	$S_i [\times 10^{-4} \text{ mm}\sqrt{\text{s}}]$	
	7 d.	28 d.
C0	0.62	0.27
C6	2.35	0.68
C10	4.59	2.44

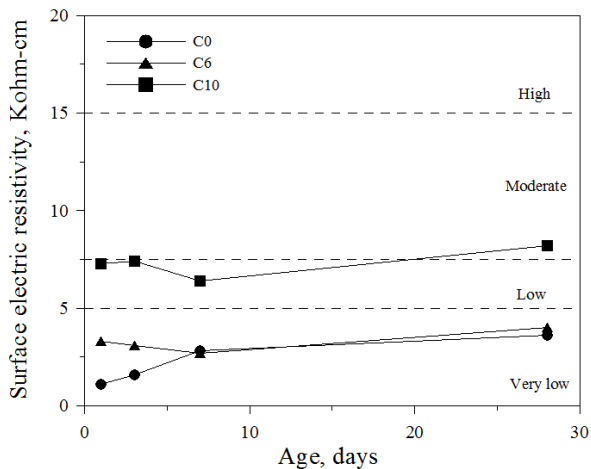


Fig. 10 Surface electric resistivity of mortars

사용되며, 4개의 전극을 동일간격으로 유지하여 외부 2개의 전극에 미소교류전류( $I$ )를 발생시켜 내부 2개의 전극에 발생하는 전위차( $V$ )를 측정하므로써, 표면전기저항값( $\rho$ )을 결정하게 된다. Ramezani-pour et al.(2011)은 콘크리트의 표면전기저항값을 이용하여 압축강도 및 염소이온침투 저항성과의 관계를 규명하였으며, Sengul(2014)은 내구성 지표로써 표면저항값의 유효성을 주장하였다. 또, Presuel-Moreno et al. (2013)은 양생조건에 따른 콘크리트의 표면전기저항 변화를

실험적으로 관찰하였다.

Fig. 10은 3종류 모르타르의 재령별 표면전기저항값을 나타낸 것이다. 재령 28일에서 C10 모르타르의 경우, ASTM C 1760에 근거한 내구성 평가기준의 ‘Moderate’ 영역으로 나타나 반면, C0 및 C6 모르타르는 ‘Very low’ 영역으로 나타남으로써, C10의 표면전기저항성이 우수하게 나타남을 알 수 있다. 또한, C6 모르타르의 표면전기저항값은 재령 7일 이후부터 C0 모르타르와 거의 유사하게 나타났다.

### 3.5 염소이온 침투저항성

Fig. 11은 ASTM C 1202 실험법에 준하여 측정한 모르타르의 총통과전하량을 나타낸 것이다. 모르타르의 총통과전하량은 결합재의 종류 및 재령에 따라 상이하게 나타났으며, C10 모르타르의 총통과전하량이 나머지 두 종류 모르타르에 비하여 상대적으로 작게 나타남을 알 수 있다. 반면, C6 모르타르는 재령 7일 및 28일에서 C0 모르타르에 비하여 다소 작은 총통과전하량 값을 나타냄으로써 Fig. 10에서 제시된 표면전기저항 경향과는 다소 다르게 나타남을 알 수 있다.

한편, Fig. 12는 본 연구에서 조사된 모르타르의 표면전기저항값과 총통과전하량과의 관계를 도식화한 것으로써, Sengul(2014)의 연구결과와 마찬가지로 지수함수( $R^2=0.92$ )의 관계를 나타냄을 확인할 수 있다.

## 4. 결론

본 연구는 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 3종류 모르타르의 수화생성물에 대한 결정학적 분석 결

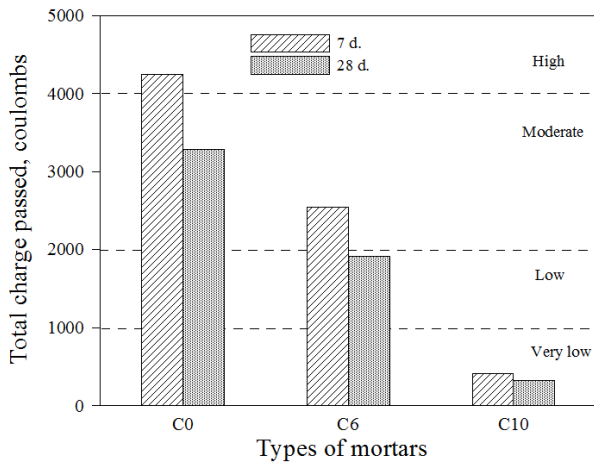


Fig. 11 Total charge passed of mortars

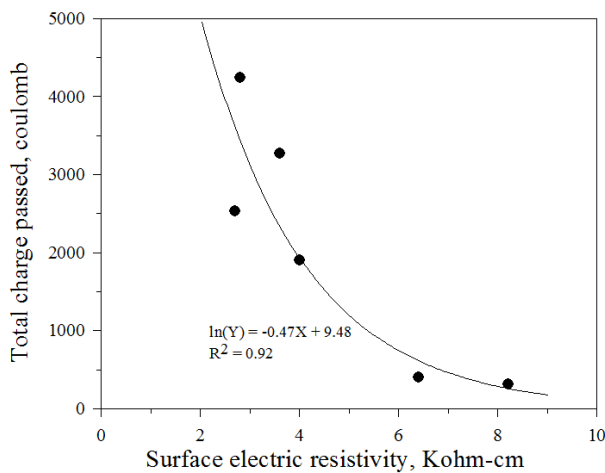


Fig. 12 Relationship between surface electric resistivity and total charge passed

과, C0 샘플에서는 CH, ettringite 및 calcite의 피크가 관찰된 반면, C6 샘플은 소량의 CH 및  $C_3AH_6$ 가 검출된 되었다. 한편,  $C_2AH_8$  및  $CAH_{10}$ 은 C10 샘플에서 나타나는 주요 수화물질임을 확인하였다.

- (2) 모르타르의 강도특성을 고찰한 결과, 100% CAC를 사용한 C10 모르타르가 압축 및 부착강도가 초기재령부터 우수한 경향을 나타낸 반면, C6 모르타르는 C0 모르타르보다 오히려 강도발현이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 상전이현상을 일으키는 수화물인  $C_3AH_6$ 의 생성에서 기인한 것으로 판단된다.
- (3) 3종류 모르타르의 역학적 특성을 평가한 결과, 모르타르의 흡수율은 강도경향과 상반된 결과를 나타냄으로써, CAC 경화체의 표면 조직구조에 대한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다. 한편, 모르타르의 표면전기저항성 및 염소이온 침투저항성은 C10 모르타르가 가장 우수한 경향

을 나타내었다.

- (4) 본 연구의 범위 내에서 종합적으로 고찰하면, OPC계 모르타르보다 CAC계 모르타르가 일부 항목을 제외하면, 역학적 성능이 대체적으로 우수한 경향을 나타내었다. 또, CAC에 OPC를 혼용하는 배합은 모르타르의 역학적 성능 향상에 부정적인 것으로 조사되었다. 따라서, 콘크리트 구조물용 보수재료로써 CAC의 활용성을 향상시키기 위하여 내구성, 미세구조 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되며, CAC의 경제성 및 역학적 성능을 고려한 최적배합 도출에 대한 검토도 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 2015년 건설교통기술촉진연구사업(과제번호: 13CTAP-066371-03)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## References

1. Ann, K. Y., Kim, T. S., Lim, J. H., and Kim, S. H. (2010), The resistance of high alumina cement against corrosion of steel in concrete, *Construction and Building Materials*, 24(8), 1502-1510.
2. Blanco-Varelar, M. T., Martinez-Ramirez, S., Vazquez, T., and Sanchez-Moral, S. (2005), Role of alkalis of aggregate origin in the deterioration of CAC concrete, *Cement and Concrete Research*, 35(9), 1698-1704.
3. El-Hafiane, Y., Smith, A., Abouliatim, Y., Chartier, T., Nibou, L., and Bonnet, J. P. (2014), Calcium aluminate cement tapes-Part. I: Structural and microstructural characterizations, *Journal of the European Ceramic Society*, 34(4), 1017-1023.
4. Garces, P., Zornoza, E., Alcocel, E. G., Galao, O., and Andion, L. G. (2012), Mechanical properties and corrosion of CAC mortars with carbon fibers, *Construction and Building Materials*, 34, 91-96.
5. Gastaldini, A. L. G., Isaia, G. C., Hoppe, T. F., Missau, F., and Saciloto, A. P. (2009), Influence of the use of rice husk ash on the electrical resistivity of concrete: A technical and economic feasibility study, *Construction and Building Materials*, 23(11), 3411-3419.
6. Gu, P., Beaudoin, J. J., Quinn, E. G., and Myers, R. E. (1997), Early strength development and hydration of ordinary portland cement / calcium aluminate cement pastes, *Advanced Cement Based Materials*, 6(2), 53-58.
7. Kim, S. D., and Moon, D. Y. (2013), Effect of steel fiber distribution on steel fiber-reinforced concrete on surface electrical resistivity, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 17(1), 106-113.
8. Kirca, O., Yaman, O., and Tokyay, M. (2013), Compressive strength

- development of calcium aluminate cement-GGBFS blends, *Cement and Concrete Composites*, 35(1), 163-170.
9. Lamour, V. H. R., Monteiro, P. J. M., and Scrivener, K. L. (2001), Mechanical properties of calcium aluminate cement concretes, *Proceedings of the International Conference on CAC*, Edinburgh, UK, 199-213.
  10. Matusinovic, T., Sipusic, J., and Vrbos, N. (2003), Porosity-strength relation in calcium aluminate cement pastes, *Cement and Concrete Research*, 33(11), 1801-1806.
  11. Mostafa, N. Y., Zaki, Z. I., and Elkader, O. H. A. (2012), Chemical activation of calcium aluminate cement composites cured at elevated temperature, *Cement and Concrete Composites*, 34(10), 1187-1193.
  12. Older, I. (2000), *Special inorganic cements*, E&FN Spon Publication, New York, 123-126.
  13. Presuel-Moreno, F., Wu, Y. Y., and Liu, Y. (2013), Effect of curing regime on concrete resistivity and aging factor over time, *Construction and Building Materials*, 48, 874-882.
  14. Ramezani-pour, A. A., Pilvar, A., Mahdikhani, M., and Moodi, F. (2011), Practical evaluation of relationship between concrete resistivity, water penetration, rapid chloride penetration and compressive strength, *Construction and Building Materials*, 25(5), 2472-2479.
  15. Scrivener, K. L., Cabiron, J. L., and Letourneux, R. (1999), High-performance concretes from calcium aluminate cements, *Cement and Concrete Research*, 29(8), 1215-1223.
  16. Sengul, O. (2014), Use of electrical resistivity as an indicator for durability, *Construction and Building Materials*, 73, 434-441.
  17. Sengul, O., and Gjør, O. E. (2009), Effect of embedded steel on electrical resistivity measurements on concrete structures, *ACI Materials Journal*, 106(1), 11-18.
  18. Xu, L., Wang, P., and Zhang, G. (2012), Formation of ettringite in Portland cement/calcium aluminate cement/calcium sulfate ternary system hydrates at lower temperatures, *Construction and Building Materials*, 31, 347-352.
  19. Zain, M. F. M., Safiuddin, Md., and Mahmud, H. (2000), Development of high performance concrete using silica fume at relatively high water-binder ratios, *Cement and Concrete Research*, 30(9), 1501-1505.

Received : 09/07/2015

Revised : 10/21/2015

Accepted : 10/30/2015

---

**요 지** : 본 연구에서는 칼슘알루미네이트 시멘트(CAC) 모르타르의 수화생성물, 강도, 흡수율, 표면전기 저항성 및 염소이온 침투저항성을 실험적으로 고찰하였다. CAC 모르타르의 성능은 보통포틀랜드 시멘트(OPC) 모르타르의 성능과 상호 비교되었다. 실험 결과에 따르면, CAC 모르타르의 주요 수화생성물은  $C_2AH_8$  및  $CAH_{10}$ 으로 조사되었으며, 압축 및 부착강도는 OPC 모르타르에 비하여 우수하게 나타났다. 뿐만 아니라, 표면전기 저항성 및 염소이온 침투저항성도 대체적으로 좋은 결과를 나타냄으로서, CAC의 우수한 성능도 확인하였다. 그러나, CAC 모르타르의 흡수율은 초기재령부터 OPC 모르타르에 비하여 다소 크게 나타남으로써, CAC 경화체의 표면흡수 성능을 개선하기 위한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다. 반면, CAC 및 OPC 혼용배합 모르타르의 역학적 성능은 CAC 모르타르에 비하여 대체적으로 다소 떨어지는 것으로 조사됨으로써, CAC계 경화체 제조시 주의가 요구된다.

**핵심용어** : 흡수율, CAC, 염소이온 침투저항성, 강도, 표면전기저항성

---