Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection
Vol. 19, No. 1, January 2015, pp.035-044
http://dx.doi.org/10.11112/jksmi.2015.19.1.035

pISSN 2234-6937
eISSN 2287-6979

CSA를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 성능평가

Evaluation of Properties of Polymer-Modified Mortar with CSA

주 명 기[1)] 노 병 철[2)*]
Myung-Ki Joo Byeong-Cheol Lho

Abstract

Two main parameters were examined such as CSA content and polymer-binder ratio to find effects on the strength, water absorption, chloride ion penetration depth, carbonation depth, length change and chemical resistance of polymer-modified mortar with CSA and EVA polymer powder (EVAPP). As results, compressive, flexural, tensile, adhesive strengths, and length change of the polymer-modified mortar with CSA and EVAPP increases with increasing CSA content and polymer-binder ratio, although the water absorption, chloride ion penetration depth, and carbonation depth decrease with increasing polymer-binder ratio and CSA content, and also the chemical resistance decreases. Such strength and durability development is attributed to the high tensile strength of EVA polymer and the improved bond between cement hydrates and aggregates because of the addition of EVAPP and CSA.

Keywords : CSA, Polymer-binder ratio, Strength, Water absorption, Durability

1. 서 론

해양 환경 하에 노출된 철근콘크리트 구조물에 있어서 염화물의 침투성은, 피복 콘크리트의 품질에 의해서 크게 영향을 받기 때문에, 콘크리트의 배합 및 양생의 조건을 적절히 선택하여 염소이온이 침투하기 어려운 조직을 가진 콘크리트를 제조하는 것이 염분에 의한 철근부식을 억제하는 방법 중 가장 기본이 된다. 기존 연구에 의하면 시멘트 및 결합재의 종류에 따라 수화반응의 과정에서 밀실한 조직의 형성과 염소이온의 고정화현상에 의해 염화물의 확산·투과성이 크게 다르다는 것이 보고되어 있다 (Kwon et al., 2014). 그러나 고로슬래그 시멘트나 플라이애시 시멘트를 해양 콘크리트에 사용하는 경우 고로슬래그 미분말이나 플라이애시가 보통 포틀랜드 시멘트보다 초기 반응성이 떨어지기 때문에 시멘트가 충분히 수화하기 전까지는 오히려 시멘트만을 사용하는 콘크리트보다 염화물 이온의 침투저항성이 떨어지는 것으로 알려져 있다.

칼슘설포알루미네이트 (이하 CSA라 함)를 혼입할 경우 초기 반응성이 우수하다. 또한 보통콘크리트에 비해 더 큰 연성과 높은 휨강도를 확보가 가능하다 (Choi et al., 2014).

따라서 본 연구에서는 CSA를 혼입한 시멘트 모르타르를 제조하여 CSA 첨가량 및 폴리머-결합재비가 강도, 흡수율, 길이변화, 염화물 이온 침투저항성, 중성화 및 내약품성에 미치는 영향에 대하여 실험적으로 구명하고자 한다.

2. CSA를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르 성능평가

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 연구에서 사용된 시멘트는 국내 S사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

1) 정회원, 상지대학교 건설시스템공학과 연구교수
2) 정회원, 상지대학교 건설시스템공학과 교수, 교신저자

* Corresponding author : bclho@sangji.ac.kr
• 본 논문에 대한 토의를 2015년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 2015년 3월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

Copyright ⓒ 2015 by The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1 Physical properties of fine aggregates

Number	Size (mm)	Density (g/cm^3)	Absorption (%)	Organic impurities
6	≤0.6	2.62	≤0.3	Nil

Table 2 Chemical properties of CSA

ig. loss	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3
1.3	61.0	20.4	6.3	5.2	2.4	2.3

Table 3 Physical and chemical compositions of ground granulated blast-furnace slag (GBFS)

Density (g/cm^3)	Blaine fineness (m^2/kg)	Percent flow (%)	Activity index (%)		
			7d	28d	91d
2.91	400	87	128	115	106
Chemical compositions (%)					
MgO	SO_3	SiO_2	ig. loss	Cl-	
5.58	0.12	33.5	<0.05	0.003	

Table 4 Physical and chemical compositions of fly ash (FA)

Density (g/cm^3)	Blaine fineness (m^2/kg)	Unit water ratio (%)	Compressive strength ratio (%)	Center of size (㎛)	over 44㎛	over 88㎛
2.2	340	100	97	29.92	23.8	6.1
Chemical compositions (%)						
ig. loss	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	TiO_2	MgO
1.3	61.0	20.4	6.3	5.2	2.4	2.3	1.1

2.1.2 잔골재

본 연구에서 골재는 6호 규사 (Silica Sand)를 사용하였고, 그 물성은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

2.1.3 칼슘설포알루미네이트

본 연구에서 사용된 CSA는 중국산 클링커를 이용하여 국내 H사에서 제조한 CSA Clinker+$CaSO_4$ type을 사용하였으며 분말도 465 m^2/kg, 습분 0.5% 이하고 비중은 2.9 이다. 칼슘 설포 알루미네이트의 화학 조성은 Table 2에 나타낸 바와 같다.

2.1.4 혼화재

본 연구에 사용된 혼화재로서는 고로슬래그 미분말 및 플라이애시를 사용하였으며, 물리적 성질 및 화학조성은 Table 3 및 Table 4와 같다.

Table 5 Physical properties of EVA

Type of polymer	Appearance	Average particle size (㎛)	Class transition point (℃)	pH [10% water dispersion] (20℃)
EVA	White powder	350	0	9.1

Table 6 Mixture proportions of polymer-modified mortars with CSA

Mass ratio (by mass)				CSA (by cement, wt%)	Polymer-binder ratio (by cement, wt%)
Binder			Sand		
OPC	GBFS	FA			
70%	20%	10%			
1			1.5	0, 5, 10 and 15	0, 2, 4 and 6

2.1.5 시멘트 혼화용 재유화형 분말수지

시멘트 혼화용 재유화형 분말수지로서는 에틸렌 초산비닐 (Ethylene-Vinyl Acetate, EVA) 재유화형 분말수지를 사용하였다. 소포제는 실리콘계 소포제를 EVA 분말수지에 대해 2%를 첨가하였다. EVA 분말수지의 물리적 성질은 Table 5와 같다.

2.1.6 고성능 감수제

분말 고성능 감수제는 유동성이 우수한 폴리 칼본산계 감수제를 사용하였다.

2.2 CSA를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 배합 설계

Table 6은 공시체 제작을 위한 배합설계를 나타낸 것으로 결합재 : 잔골재를 1 : 1.5 (질량비) 비율로, 결합재에 대하여 CSA를 0, 5, 10 및 15%로 치환하고, 폴리머-결합재비를 0, 2, 4 및 6%, 소포제 첨가량 2% 및 고성능 감수제 첨가량 0.7%로 첨가하여 KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 준하여 시험체를 제작하였고, 이때, 물-결합재 비는 플로가 170±5mm의 범위가 되도록 결정하였다. 완성된 공시체는 온도 20±2℃, 습도 60±10%에서 28일간 기건양생을 실시하였다. 예비 실험에 의하여 고로슬래그 및 플라이애시를 시멘트에 대하여 각각 20% 및 10% 치환하여 사용하였다.

2.3 시험방법

2.3.1 슬럼프 및 공기량 시험

슬럼프 및 공기량 시험은 각각 KS F 2476 (폴리머 시멘트

모르타르의 시험 방법) 및 KS F 2421 (굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법 (공기실 압력방법)에 의하여 플로값 및 공기량을 측정하였다.

2.3.2 세공용적 및 세공분포 시험

크기 40×40×160 mm의 시험체 내부로부터 시료를 채취한 후, 입경 약 3 mm로 파쇄하고 에탄올로 세정한 후, D-dry 처리하고 수은 압입식 포로시 메타를 이용하여 세공반경 3.75~7500 nm의 범위에서 세공용적을 측정하고 전세공 용적 (TPV)를 측정하였다.

2.3.3 강도 시험

압축, 휨 및 부착강도시험은 KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 의하여 실시하였고, 인장강도 시험은 KS L 5104 (수경성 시멘트 모르타르의 인장강도 시험방법)에 의하여 실시하였다. 시험체를 온도 20±2℃, 습도 60±10%에서 28일간 기건양생을 실시하였다.

2.3.4 흡수율 시험

KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)의 흡수율 시험 방법에 따라서 건조양생 후, 80±2℃의 건조로에서 48시간 건조시킨 공시체를 20±2℃의 정수 중에 침적하여 흡수시험을 하였다. 공시체의 흡수율은 다음의 식 (1)에 의해 산출하였다.

$$\text{흡수율} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

여기서, M_1 : 건조 후 공시체 무게 (g)

여기서, M_2 : 수분을 포함한 무게 (g)

2.3.5 길이변화 시험

길이변화 시험은 KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 의하여 실시하였고, 시험체 크기는 40×40×160 mm로 성형하여 온도 20±2℃, 습도 60±10%에서 28 일간 기건양생을 실시하였다.

2.3.6 염화물 이온 침투 시험

KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 의하여 공시체를 28일간 20℃의 2.5%염화나트륨 수용액 중에 침전한 후 공시체를 2분할하여 그 단면에 0.1% 프롤로세인 나트륨 수용액 및 0.1N 초산은 용액을 분무하여 형광을 발하는 부분을 염화물 이온 (Cl^-) 침투 부분으로 하여 염화물 이온 침투 깊이를 측정하였다.

2.3.7 중성화 깊이

KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 의하여 공시체를 28일간 촉진 중성화 시험장치[30±2℃, 60±10% (RH), CO_2농도 5.0%] 내에 정치한 후 공시체를 2분할하여 그 단면에 페놀프탈레인 1%의 알코올을 분무하여 중성화 깊이를 측정하였다.

2.3.8 내약품성시험

내약품성 시험은 일본공법규격원안 (콘크리트의 용액침지에 의한 내약품성 시험방법)에 의하여 실시하였다. 28일 재령의 공시체를 H_2SO_4 5% 및 NaOH 2.5% 수용액에 침지하였다. 내약품성 평가는 일정한 기간 동안 침지시킨 시편을 꺼내어 흐르는 물속에서 부드러운 솔로 표면을 닦아 냄으로써 훼손된 표면부분을 제거한 후 강도감소율을 측정하였다. 이 때 강도감소율은 다음 식 (2)와 같이 구하였다.

$$\text{강도감소율}(\%) = \frac{(\sigma_1 - \sigma_0)}{\sigma_0} \times 100 \quad (2)$$

여기서, σ_0 : 약품침지 전 공시체의 강도 (MPa)

σ_1 : 약품침지 후 공시체의 강도 (MPa)

3. 시험결과 및 고찰

3.1 물-결합재비

Fig. 1은 폴리머 시멘트 모르타르의 물-결합재비와 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머 시멘트 모르타르의 물-결합재비는 CSA 첨가량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 분말도가 높은 CSA의 첨가에 따른 볼베어링에 의해 분산성이 좋아지기 때문이라 판단된다. 한편, CSA 첨가량에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 물-결합재비는 폴리머-결합재비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 EVA 분말수지 중의 계면활성제의 작용에 의해서 연행되는 공기 기포와 폴리머 입자의 볼베어링 효과 및 계면활성제에 의한 시멘트 입자의 분산작용에 기인하여 컨시스턴시가 개선되기 때문이라 판단된다 (Innami, 2002).

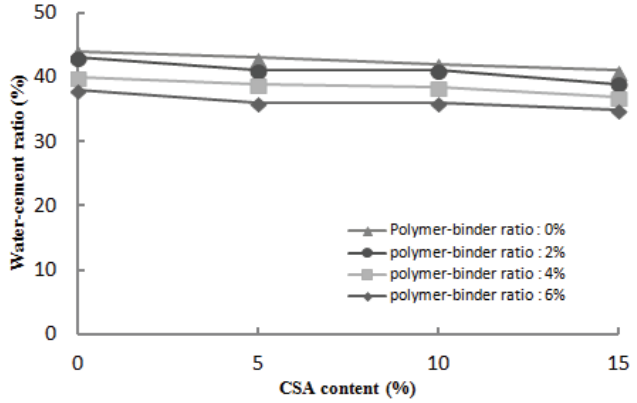


Fig. 1 CSA contents versus water-binder ratio of polymer-modified mortars

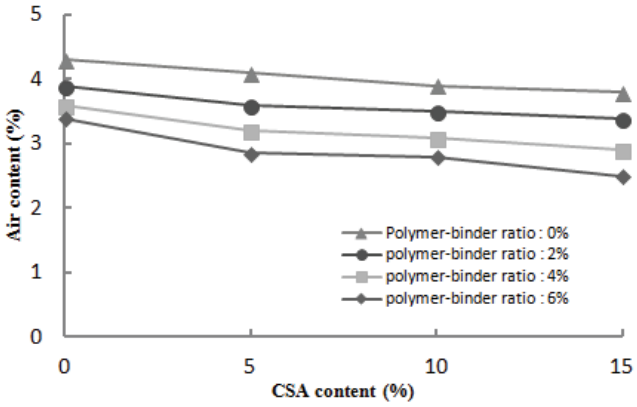


Fig. 2 CSA contents versus Air content of polymer-modified mortars

3.2 공기량

Fig. 2는 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량과 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머-결합재비에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 CSA 첨가량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 분말도가 높은 CSA의 첨가에 따라 분산성이 좋아져 치밀한 조직이 형성되기 때문이라 판단된다. 한편, 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 CSA 첨가량에 관계없이, 폴리머-결합재비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 분말 소포제를 재유화형 분말수지의 유효 고형분에 대하여 첨가하고 있으므로 분말 소포제 첨가율이 일정하더라도 폴리머-결합재비가 증가하면 폴리머 시멘트 모르타르의 단위용적 중의 소포제 첨가량이 증가하기 때문에 공기량이 감소되는 것이라 판단된다 (Joo et al., 2005).

3.3 세공용적 및 세공반경 분포

Fig. 3은 폴리머 시멘트 모르타르의 세공반경 분포를 나타낸 것이다. 폴리머 시멘트 모르타르의 세공반경 분포는 CSA 첨가량 및 폴리머-결합재비의 증가에 따라 세공반경이 큰 것으로부터 작은 것으로 이동하는 것을 알 수 있었다. 이는 CSA 첨가량 및 폴리머-결합재비의 증가에 따라 폴리머 시멘트 모르타르 내부 조직이 치밀하게 형성되기 때문이라 판단된다 (Joo et al., 2002). 또한, 폴리머 시멘트 모르타르의 전세공

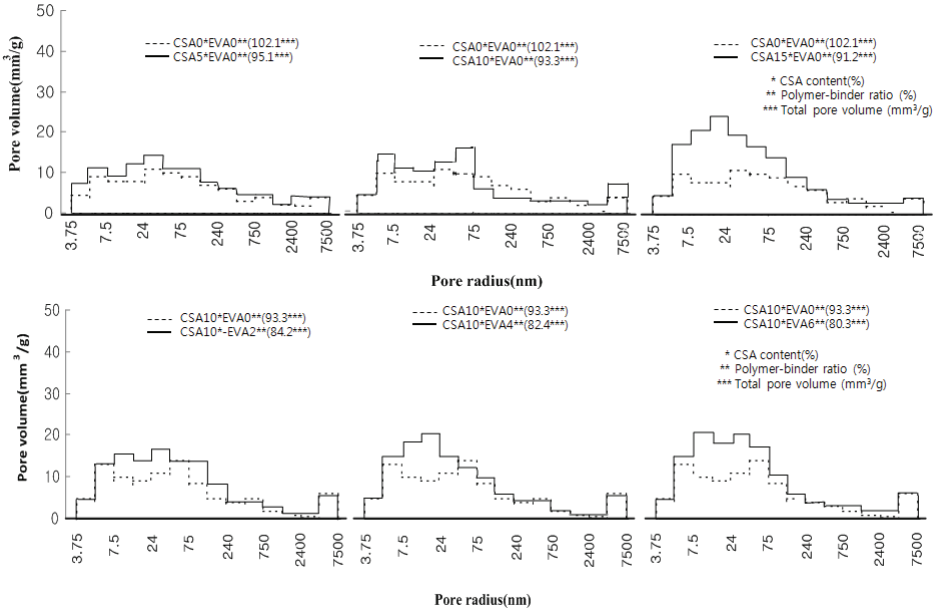


Fig. 3 Pore size distribution of polymer-modified mortars

용적은 CSA 첨가량 및 폴리머-결합재비의 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다.

3.4 강도

Fig. 4는 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도와 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머-결합재비에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도는 CSA 첨가량의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이것은 CSA의 혼입으로 인하여 초기에 다량의 에트린자이트를 생성하고 시멘트 중의 C_3S의 활성화를 촉진시켜 초기 강도가 증가하고 (Pei et al., 2005), Fig. 3에서 보이는 바와 같이 폴리머 시멘트 모르타르 내부 세공반경이 큰 것으로부터 작은 것으로 이동함과 동시에 전세공 용적이 감소되어 폴리머 시멘트 모르타르의 내부조직이 치밀하게 형성되기 때문이라 판단된다.

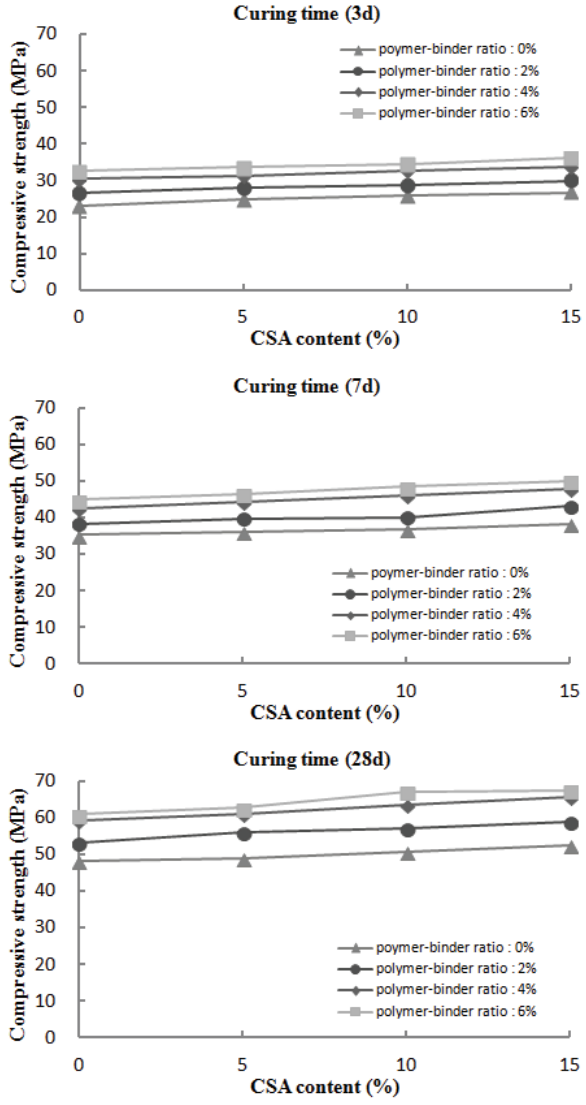
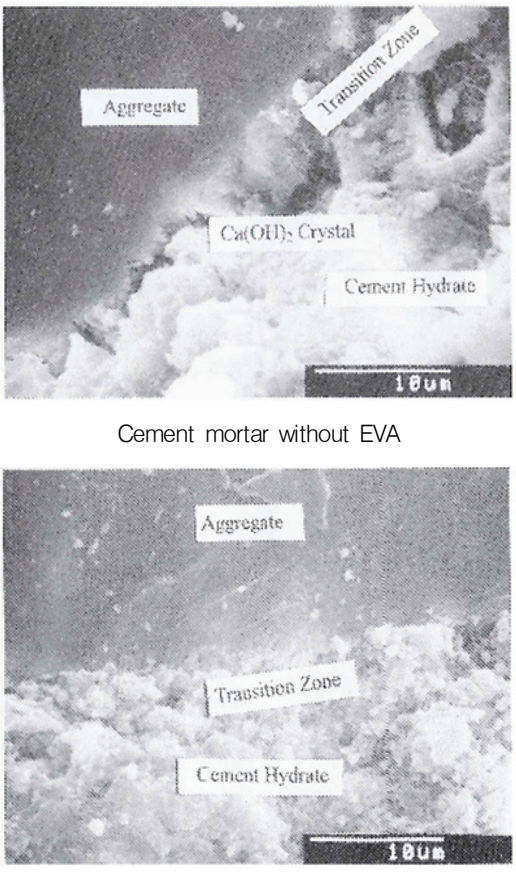


Fig. 4 CSA contents versus compressive strength of polymer-modified mortars

한편, 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도는 CSA 첨가량에 관계없이, 폴리머-결합재비의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이것은 Photo 1에서 보이는 바와 같이 폴리머를 혼입하지 않은 시멘트 모르타르에서는 골재와 시멘트 수화물 사이에 전이대가 발생되어 부착계면에서의 골재 빠짐 현상이 발생되어 강도 및 내구성 저하요인이 되나, 폴리머 시멘트 모르타르에서는 이와 같은 전이대가 형성되지 않아 골재 빠짐 현상이 발생하지 않고 폴리머 필름이 형성되어 보수성을 향상시켜 수화 반응에 필요한 결합수량의 증가함에 따라 폴리머 시멘트 모르타르 내부 조직이 치밀하게 형성되어 강도 증진 효과를 나타내는 것이라 판단된다 (Joo et al., 2002).

Fig. 5 및 Fig. 6은 폴리머 시멘트 모르타르의 휨 및 인장강도와 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머-결합재비에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 휨 및 인장강도는



Cement mortar without EVA

Cement mortar with EVA

Photo 1 Microstructures of cement mortars

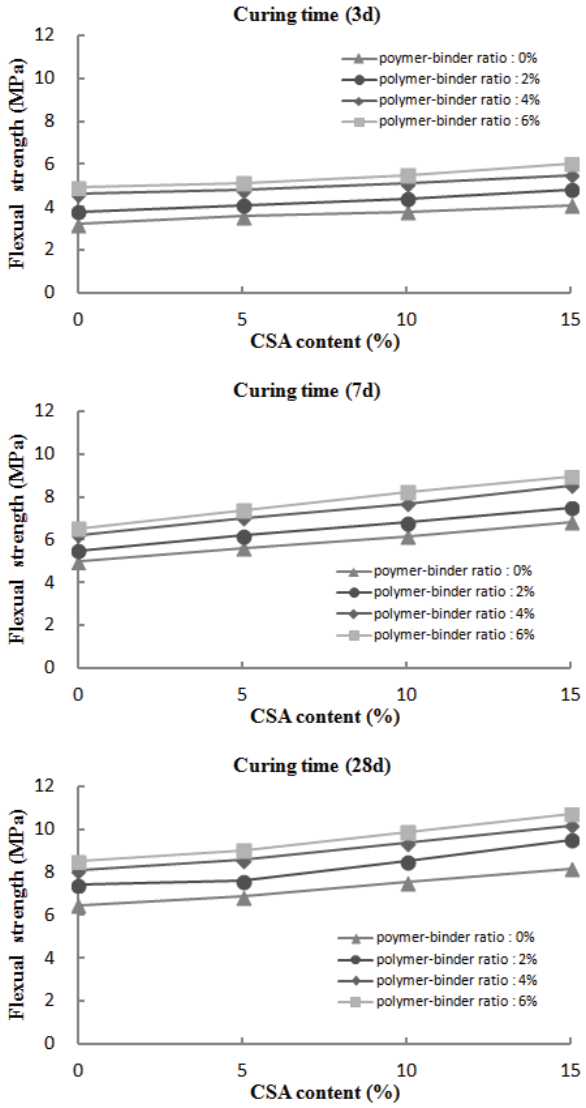


Fig. 5 CSA contents versus Flexural strength of polymer-modified mortars

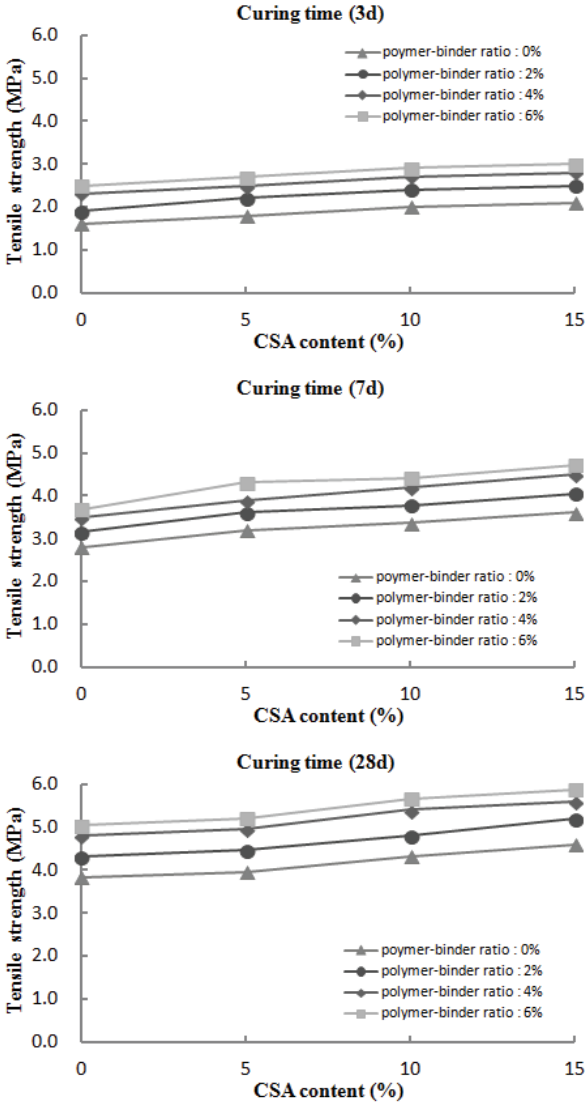


Fig. 6 CSA contents versus tensile strength of polymer-modified mortars

CSA 첨가량의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이것은 분말도가 높은 CSA의 첨가에 따라 분산성이 좋아지고, 초기에 다량의 에트린자이트를 생성하고 시멘트 중의 C_3S의 활성화를 촉진시켜 초기 강도가 증가함 (Pei et al., 2005)과 동시에 폴리머 시멘트 모르타르 내부 조직이 치밀하게 형성되기 때문이라 판단된다 (Joo and Lee, 2003).

한편, CSA 첨가량에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 휨 및 인장강도는 폴리머-결합재비의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이것은 Photo 2에서 보이는 바와 같이 폴리머 시멘트 모르타르 중에 형성되는 폴리머 필름에 의한 폴리머의 인장강도의 부여 및 시멘트 수화물과 골재간의 부착이 현저히 개선되었기 때문이라 사료된다 (Ohama et al., 1990).

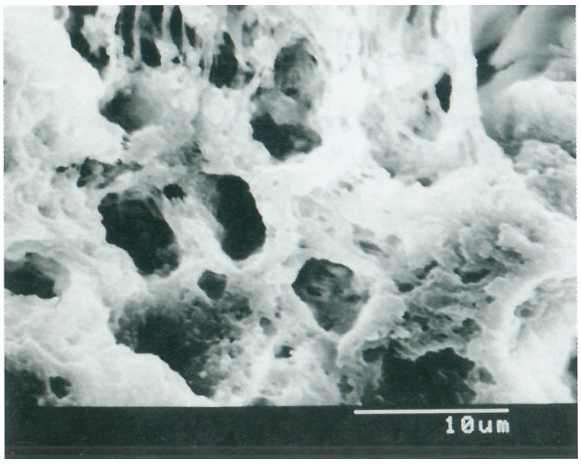


Photo 2 Microstructures of polymer-modified mortars

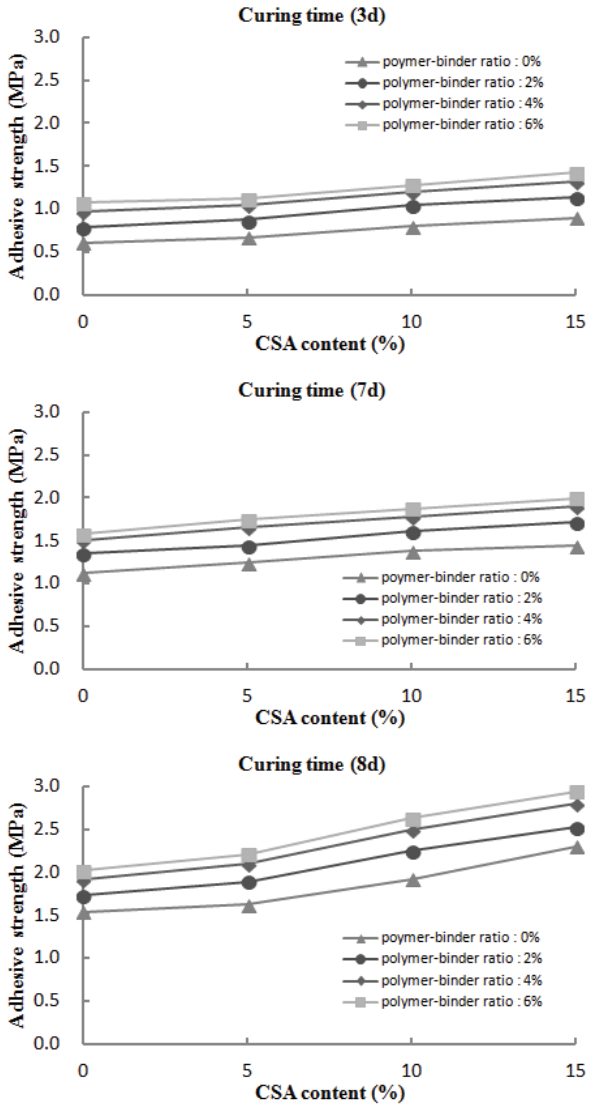


Fig. 7 CSA contents versus adhesive strength of polymer-modified mortars

Fig. 7은 폴리머 시멘트 모르타르의 부착강도와 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머-결합재비에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 부착강도는 CSA 첨가량의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이것은 분말도가 높은 CSA의 첨가에 따라 부착면적이 커짐과 동시에 폴리머 시멘트 모르타르 내부 조직이 치밀하게 형성되기 때문이라 판단된다 (Han et al., 2006). 한편, CSA 첨가량에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 부착강도는 폴리머-결합재비의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이것은 접착계면에 형성된 폴리머 필름에 의해 바탕 모르타르 피착체와 폴리머 시멘트 모르타르 사이에 치밀한 조직이 형성됨과 동시에 폴리머 필름의 양호한 보수성에 의해 바탕 모르타르에의 흡수가 감소되어 드라이

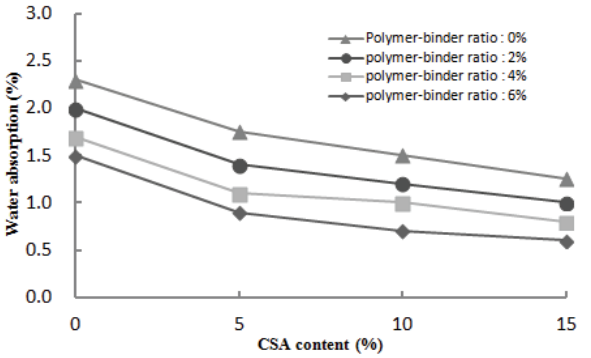


Fig. 8 CSA contents versus water absorption of polymer-modified mortars

아웃을 방지하기 때문이라 판단된다 (Ohama et al., 1990).

3.5 흡수율

Fig. 8은 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율과 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머-결합재비에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율은 CSA 첨가량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 CSA의 첨가에 따라 초기에 다량의 에트린자이트를 생성하여 내부 조직이 치밀하게 형성되기 때문이라 판단된다. 한편, CSA 첨가량에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율은 폴리머-결합재비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 Photo 1에서 보인 바와 같이 폴리머의 혼입으로 인하여 전이대가 발생하지 않아 물의 침투를 저하되고 모르타르 내부에 형성되는 불투수성 폴리머 필름에 의하여 물의 침투를 방지시키기 때문이라 판단된다 (Ohama et al., 1986).

3.6 염화물 이온 침투 깊이

Fig. 9는 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투 깊이와 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머-결합재비에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투 깊이는 CSA 첨가량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 CSA의 첨가에 따라 초기에 다량의 에트린자이트를 생성하여 내부 조직이 치밀하게 형성되기 때문이라 판단된다. 한편, CSA 첨가량에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투 깊이는 폴리머-결합재비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 Photo 1에서 보인 바와 같이 폴리머의 혼입으로 인하여 전이대가 발생되지 않는 것과 폴리머 필름 형성에 의해 보수성이 개선되어 폴리머 시멘트

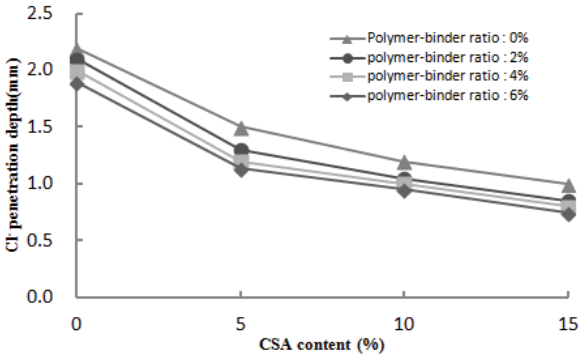


Fig. 9 CSA contents versus Cl^-penetration depth polymer-modified mortars

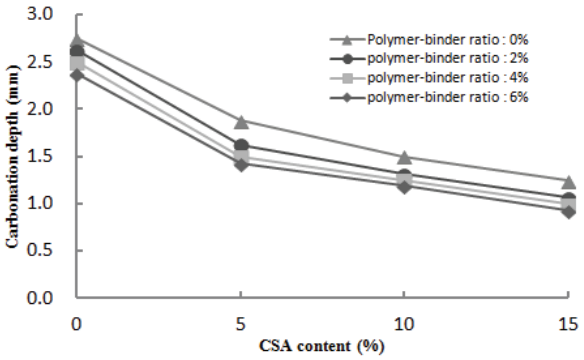


Fig. 10 CSA contents versus carbonation depth polymer-modified mortars

모르타르 내부 조직이 치밀하게 형성되는 것과 필름에 의하여 염소이온의 침투를 저하시키기 때문이라 판단된다 (Ohama et al., 1986).

3.7 중성화 깊이

Fig. 10은 폴리머 시멘트 모르타르의 중성화 깊이와 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머 시멘트 모르타르의 중성화 깊이는 CSA 첨가량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 CSA의 첨가에 따라 초기에 다량의 에트린자이트를 생성하여 내부 조직이 치밀하게 형성되기 때문이라 판단된다. 한편, CSA 첨가량에 관계없이, 폴리머 시멘트 모르타르의 중성화 깊이는 폴리머-결합재비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 Photo 2에서 보인 바와 같이 폴리머의 혼입으로 인하여 형성된 불투기성의 폴리머 필름량이 증가하여 이산화탄소의 침투 및 확산이 억제되기 때문이라 판단된다 (Ohama, 1988; Ohama, 1988; Schneider, 1993).

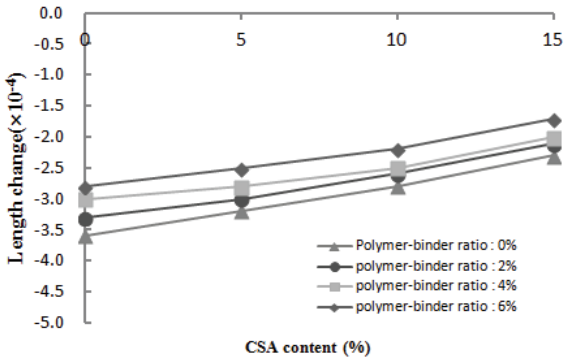


Fig. 11 CSA contents versus length change of polymer-modified mortars

3.8 길이변화

Fig. 11은 폴리머 시멘트 모르타르의 길이변화율과 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머 시멘트 모르타르의 길이변화율은 CSA 첨가량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 CSA의 첨가에 따라 초기에 다량의 에트린자이트를 생성하여 내부 조직이 치밀하게 형성됨과 동시에 시멘트 중의 C_3S의 활성화를 촉진시켜 팽창성을 가지기 때문이라 판단된다 (Joeng et al., 1986). 한편, 폴리머 시멘트 모르타르의 길이변화율은 폴리머-결합재비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 폴리머-결합재비의 증가에 따라 폴리머 시멘트 모르타르의 내부에 폴리머 필름의 형성에 의한 보수성 향상으로 증발수량이 감소하기 때문이라 판단된다. 일반적으로 모르타르의 건조수축은 단위수량이 적을수록 적어지는 경향이 있다 (Okada, 1981).

일반적으로 건조수축은 화학결합수의 이탈, 층간수의 이탈, 고체상의 표면장력의 변화, 물리적 흡착수의 분리압, 농축수의 표면장력, 정수압 크리프와 같은 기구가 복합적으로 이루어져 발생하게 된다 (Powers, 1965). 특히, 철근 콘크리트 구조물에서 문제가 되는 40~100% (RH)의 중고습도역에서의 건조수축의 주요인은 포함되는 수분의 표면장력에 기인하는 모세관 장력에 의해 발생된다 (Smith and Mills, 1968).

따라서, 길이변화율이 저하하는 것은 분말소포제 및 분말수축저감제 첨가에 의해 모세관 중에 존재하는 물의 표면장력이 저하됨과 더불어 물의 주곡률 반경이 크게 되어 모세관에 발생하는 압력이 저하되어 수축이 저감되기 때문이라 판단된다 (Ohama et al., 1985; Tomida, 1988).

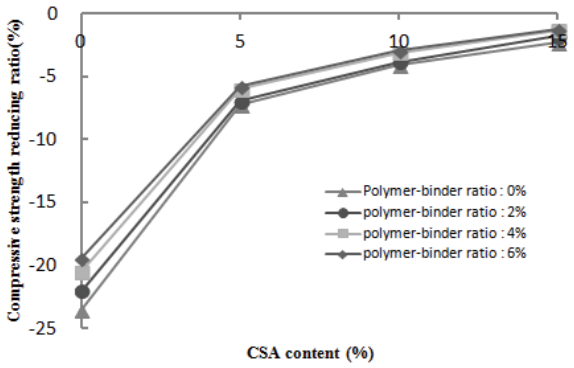


Fig. 12 CSA contents versus compressive strength reducing ratio of polymer-modified mortars in H_2SO_4

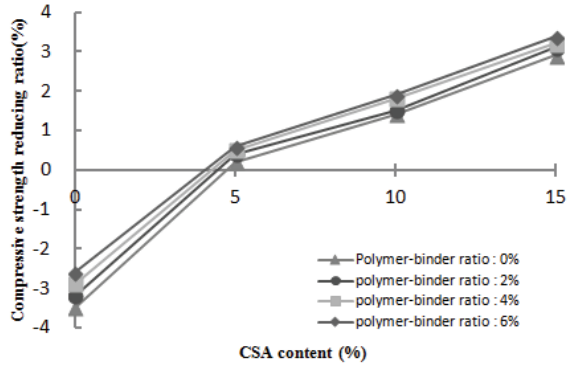


Fig. 13 CSA contents versus compressive strength reducing ratio of polymer-modified mortars in NaOH

3.9 내약품성

Fig. 12 및 Fig. 13은 황산염 및 수산화나트륨에 침지한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도 감소율과 CSA 첨가량의 관계를 나타낸 것이다. 황산염 및 수산화나트륨 수용액에 침지한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도 감소율은 CSA 첨가량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 CSA의 첨가에 따라 초기에 다량의 에트린자이트를 생성하여 내부 조직이 치밀하게 형성됨과 동시에 고로슬래그 및 플라이애시에 의하여 내약품성이 강한 프리델염을 생성하기 때문이라 판단된다 (Moon et al., 1988). 한편, 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도 감소율은 폴리머-결합재비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이것은 폴리머의 혼입으로 인하여 형성된 불투기성의 폴리머 필름량이 증가하여 황산염 및 수산화나트륨의 침투 및 확산이 억제되기 때문이라 판단된다. Photo 3은 황산염 수용액 침지 후의 공시체의 표면 형상을 나타낸 것이다. CSA 및 EVA가 혼입된 폴리머 시멘트 모르타르의 공시체는 표면 부식이 발생되지 않았으나, CSA 및 EVA가 혼입되지 않은 시멘트 모르타르에서는 표면이 부식된 것을 알 수 있었다.

Photo 3 Chemical resistance of polymer-modified mortars

4. 결 론

본 연구는 CSA를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 및 내구성을 개선할 목적으로 시도된 실험연구로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) CSA 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 압축, 휨, 인장 및 부착강도는 CSA 첨가량 및 폴리머-결합재비의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다.
(2) CSA 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 내구성은 CSA 첨가량 및 폴리머-결합재비가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다.
(3) 시험결과를 토대로 도출된 CSA 혼입 폴리머 시멘트 모르타르는 강도 및 내구성능이 개선됨을 알 수 있었다. 해양 콘크리트 구조물과 같은 열악한 환경하의 콘크리트 구조물에 적용한다면 유지관리비용 절감효과를 얻을 수 있으리라 판단된다. 따라서 차후 폭로시험을 통하여 현장 적용성을 평가할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 2012년 상지대학교 교내연구에 의해 수행되었으며, 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

References

1. Choi, S. J., Park, K. T., Kwon, S. J., (2014), Evaluation of Mechanical Properties and Crack Resistant Performance in Concrete with Steel Fiber Reinforcement and CSA Expansive Admixture, *Journal of the Korea Institute for Structural*

Maintenance and Inspection, 18(1), 75-83.
2. Han, C. C., Lee, M. H., Park, J. M., Pei, C. C. (2006), Early quality improvement of concrete incorporating CSA admixture, *Journal of Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 22(4), 127-134.
3. Innami, T. (2000), Effects of standard sand and mixing method on properties of polymer-modified mortars, *master thesis nihon university*, 103-118.
4. Joeng, S. C., Song, M. S., Lee, K. H., Han, C. G. (2002), Hydration of expansive materials with CSA-system, *Journal of KCI*, 14(5), 631-637.
5. Joo, M. K., Jin, N. J., Yeon, K. S. (2002), Strength and durability of polymer-modified mortars using ground granulated blast-furance slag, *Journal of Korea Concrete Institute*, 14(2), 164-170.
6. Joo, M. K., Lee, Y. S., Youn, D. Y., Jung, I. S. (2005), Durability of high-fluidity polymer-modified mortar using redispersible polymer powder, *Journal of Korea Concrete Institute*, 17(5), 703-708.
7. Kwon, S. O., Bae, S. H., Lee, H. J., Jung, S. H. (2014), Durability of high volume fly ash concrete, *Proceedings of tee Korea Concrete Institute*, 26(1), 173-174.
8. Lee, Y. S., Joo, M. K. (2003), Drying shrinkage and strength properties of ultrarapid-hardening polymer-modified mortar using redispersible polymer powder, *Journal of Korea Concrete Institute*, 15(3), 703-708.
9. Moon, H. Y., Sea, J. W., Son, H. H. (1988), A study on the chemical resistance of concrete substituting fly ash, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, 8(1) 103-112.
10. Ohama, Y. (1973), A study on the properties and mix propotions design of polymer-modified mortars for building construction, *Construction research report*, (65), 194-198.
11. Ohama, Y., Demura, K., Lin, Z. (1990), Effects of mix propotions and curing conditions on strength properties of superhigh-strength mortars, *CAJ proceedings of cement & concrete*, (44), 674-679.
12. Ohama, Y., Demura, K., Miyake, M. (1986), Diffusion of chloride ion in polymer-modified mortars and concretes, *cement technology annual report*, (40), 87-90.
13. Ohama, Y., Miyara, M., Endo, M. (1985), Drying shrinkage and strength of steel fiber reinforced mortars containing shrinkage-reducing agent, *The society of materials science*, 34(376), 14-18.
14. Ohama, Y., Shiroishida, K. (1983), Temperature dependency of strength of polymer-modified mortars, *Proceedings of the Twenty-sixth Japan Congress on Material Research*, The Society of Materials Science, Japan, Kyoto, 195-199.
15. Ohama, Y., Shiroishida, K., Miyake, T. (1982), Thermal resistance of polymer modified mortars, *Proceedings of the Twenty-fifth Japan Congress on Material Research*, The Society of Materials Science, Japan, Kyoto, Mar, 234-238.
16. Okada, S. (1981), Handbook of concrete structures, *asakura bookstore*, 568-572.
17. Pei, C. C., Lee, G. C., Park, J. M., Lee, S. H., Han, C. G. (2005), A study on early quality improvement of concrete incorporating CSA admixture, *Journal of Korea Institute of Building Construction*, 5(1), 25-28.
18. Powers, T. C. (1965), Mechanisms of shrinkage and reversible creep of hardened cement paste, *International Conference on the /structure of Concrete*, Paper Gl, London, 319-344.
19. Schneider, S. I., DeWacker, D. R., Palmer, J. G. (1993), Redispersible polymer powders for tough, flexible cement mortars, Polymer-Modified Hydraulic-Cement Mixtures, STP 1176, *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, 76-89.
20. Smith, R. H., Mills, R. H. (1968), Variations in shrinkage of concrete resulting from the use of additives, *proceedings of the RILEM/CEMBUREAU International Colloquium on the Shrinkage of Hydraulic Concrete*, Vol. l, Instituo Eduardo Torroja, II-G.0-IIG.15.
21. Tomida, R. (1988), Shrinkage-reducing agent, *Journal of JCI*, 26(3), 55-60.

Received : 09/25/2014
Revised : 10/28/2014
Accepted : 11/05/2014

요 지

본 연구에서는 CSA를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 강도, 흡수율, 염화 이온 침투 깊이, 중성화 깊이, 길이변화 및 내약품성에 미치는 영향에 대하여 실험적으로 구명하였다. 그 결과, CSA를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축, 휨, 인장 및 부착강도는 CSA 첨가량 및 폴리머-시멘트비가 증가함에 따라 증가하였다. 흡수율은 CSA 첨가량 및 폴리머-시멘트비가 증가함에 따라 감소하였다. 길이변화는 CSA 첨가량 및 폴리머-시멘트비가 증가함에 따라 감소하였다. 염화 이온 침투깊이 및 중성화 깊이는 CSA 첨가량 및 폴리머-시멘트비가 증가함에 따라 감소하였다. 또한, 내약품성은 CSA 첨가량 및 폴리머-시멘트비가 증가함에 따라 감소하였다. 이와 같은 강도 및 내구성 개선은 EVA 폴리머의 높은 인장강도에 기인하며, EVA 폴리머 및 CSA 혼입에 의하여 시멘트 수화물과 골재사이의 부착력이 개선되기 때문이라 판단된다.

핵심 용어 : CSA, 폴리머-결합재비, 강도, 흡수율, 내구성