

저탄소 방청 보수모르타르 개발을 위한 기초연구

A Fundamental Study for Development of Corrosion Inhibitor Repair Mortar

정재은^{1*} · 양근혁² · 고정완³ · 윤인구⁴
Jae-Eun Jung^{1*} · Keun-Hyeok Yang² · Jeung-Wan Go³ · In-Gu Yun⁴

(Received March 11, 2014 / Revised June 18, 2014 / Accepted June 20, 2014)

The present study prepared 13 mixes to examine fundamental mixture proportions of corrosion inhibitor repair mortars. The mortar mixes were classified into three groups according to the selected test variables which are the substitution level of polymer for Group 1, ground granulated blast-furnace slag (GGBS) and fly ash (FA) for Group 2, and corrosion inhibitor for Group 3. Based on the test results, the optimum substitution levels of GGBS and FA could be recommended as 10% and 20%, respectively, though 1-day strength of mortar significantly decreased with their substitution. Furthermore, the appropriate substitution level of corrosion inhibitor was considered to be less than 1.5%. The flexural strength of mortar tested was higher than the predictions obtained from ACI 318-11 equation. The shrinkage strain of mortar was also conservative after an age of around 10 days compared with the predictions of ACI 209.

키워드 : 폴리머, 보수 모르타르, 고로슬래그, 플라이애쉬, 방청제

Keywords : Polymer, Repair Mortar, Ground granulated blast-furnace slag, Fly ash, Corrosion inhibitor

1. 서론

폴리머 혼입 시멘트 모르타르는 보통 시멘트 모르타르에 폴리머 혼화제를 혼입한 모르타르로서 시멘트 수화물과 폴리머 필름이 형성되어 기존의 모르타르에 비해 휨강도, 수밀성 및 내구성이 우수하다 (Ohama, 1994). 이로 인해 폴리머 모르타르는 해양 및 항만 시설과 같은 구조물의 보수, 보강 및 방청재료로 부각되고 있다. 하지만 기존의 시멘트 기반의 폴리머 혼입 모르타르는 방청성능이 다소 부족하여 시공 시 철근의 방청을 위해 별도의 방청재를 도포하는 공정이 추가되어 시공측면에서 많은 비용과 시간이 소요되는 문제점이 있다. 이로 인해 혼화제인 방청제는 공기단축으로 인한 경제적 이익과 철근의 부식을 방지효과등의 장점을 가지고 있어 구조체로의 적용이 점차 증가하고 있다(Kardon, 1997). 하지만 방청제를 혼입한 모르타르의 현장적용을 위해서는 목표성능에 대한

합리적인 배합설계 및 기초적 특성에 대한 충분한 검토가 이루어져야 한다.

폴리머 모르타르에 사용되는 결합재인 보통포틀랜드시멘트 (ordinary portland cement, OPC)는 1톤 생산 시 약 0.9톤의 이산화탄소가 배출되는데, 이는 우리나라의 전체 이산화탄소 발생량의 약 7%에 해당한다. 이에 따라 콘크리트 산업에서도 이산화탄소를 저감하기 위해 시멘트를 대체할 수 있는 고로슬래그, 플라이애쉬, 실리카 흙 등의 포졸란 혼화재료의 다량혼입이 큰 관심을 끌고 있다. 또한 이들 재료들의 적절한 혼입은 산업 부산물들의 재활용 효과 및 콘크리트의 성능 향상, 경제적 이익 등의 장점을 기대할 수 있다. 하지만 혼화재료(supplementary cementitious materials, SCMs)를 혼입한 폴리머 모르타르의 성능에 대한 자료는 매우 미미한 실정이다.

이 연구는 플라이애쉬와 고로슬래그를 치환한 방청 폴리머 보

* Corresponding author E-mail: jung6301@kgu.ac.kr

¹경기대학교 일반대학원 건축공학과 (Department of Architectural Engineering, Kyonggi University Graduate School, Kyonggi-do, 443-760, Korea)

²경기대학교 플랜트·건축공학과 (Department of Plant-Architectural Engineering, Kyonggi University, Kyonggi-do, 443-760, Korea)

³4M(주) 대표이사 (4M Co., LTD, Jeollanam-do, 520-714, Korea)

⁴GL기술(주) 대표이사 (GL tech Co., LTD, Gwangju-gwangyeoksi, 500-859, Korea)

수모르타르의 개발을 위한 기초실험이다. 폴리머가 혼입된 보수모르타르의 방청성능 향상을 위하여 방청제를 첨가하였다. 굳지 않은 모르타르에서는 초기플로우를 측정하였다. 경화된 모르타르에 폴리머가 혼입된 보수모르타르의 방청성능 향상을 위하여 방청제를 첨가하였다. 굳지 않은 모르타르에서는 초기플로우를 측정하였다. 경화된 모르타르에서는 압축강도, 파괴계수, 건조수축 변형률을 평가하였다. 측정된 재령별 압축강도와 휨강도 및 건조수축변형률은 설계기준과 비교하였다.

2. 실험

2.1 재료특성

주 결합재로서 보통포틀랜드시멘트, 고로슬래그, 플라이애쉬가 이용되었다. 시멘트는 비중 3.15, 분말도 3,800cm²/g 보통포틀랜드 시멘트가 이용되었다. 혼화재료인 고로슬래그(ground granulated blast-furnace slag, GGBS)의 주요 성분은 45%의 CaO, 31.5%의 SiO₂ 및 13.8%의 Al₂O₃인 반면, 플라이애쉬(fly ash, FA)의 주요 성분은 57.7%의 SiO₂와 28.6%의 Al₂O₃이다(Table 1). GGBS와 FA의 비중은 각각 2.9와 2.2이며, 이들 재료의 비표면적은 각각 4,400cm²/g과 4,200cm²/g이다. 보수모르타르의 방수성 향상을 위하여 내수성인 아크릭계 폴리머와 방수성을 갖는 하이브리드 폴리머가 첨가되었다. Table 2에 나타난 바와 같이 아크릭계 폴리머와 하이브리드 폴리머는 98% 이상의 고형분으로 비중은 각각 0.54, 0.45이며, 이들 재료의 pH는 각각 6.5~8.5, 6~8이다. 또한 방청성능 향상을 위하여 방청제가 첨가되었다. 방청제는 Table 3에 나타난 바와 같이 pH가 6~9이며 수분 함유량은 2% 이하인 분말형 트리 에폭시 실란계 재료이다.

배합에 사용된 잔골재는 모르타르의 내부 치밀성을 향상시키기 위해 최대 직경이 2.5mm 이하인 4호사골재를 중량 대비 8%, 최대 직경 1.5mm인 5호사골재를 중량대비 25%, 최대 직경이 0.4mm 이하인 6호사골재를 43%, 최대 직경이 0.2mm 이하인 7호사골재를 24%를 혼합하여 사용하였다. 잔골재는 비중 2.11, 최대직경 2.5mm, 조립률이 2.88이며 KS F 2534 기준에서 제시하는 표준 입도분포곡선을 만족하였다(Fig. 1).

2.2 배합설계

산업부산물인 GGBS와 FA를 활용한 저탄소 방청 보수모르타르 개발을 위해 시험체는 Table 4에 나타난 바와 같이 세그룹으로 분류하여 진행하였다. 모든 시험체는 물-결합재비(W/B)와 잔골

Table 1. Chemical composition of selected source materials (% by volume)

Materials	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	LOI*
FA	57.70	28.60	5.08	4.70	0.67	0.57	1.53	0.68	0.1
GGBS	34.70	13.80	0.11	44.60	4.38	0.48	0.74	0.95	0.24

* Loss on ignition.

Table 2. Physical properties of polymer

Type of Polymer	Appearance	Solids content (%)	Bulk density (kg/ l)	pH
Co-polymer	Brownish powder	98%	0.54	6.5-8.5
EVA-polymer	White powder	99%	0.45	6-8

Table 3. Physical properties of corrosion inhibitor

Materials	Appearance	Bulk density (kg/ l)	Residual moisture (%)	pH
corrosion inhibitor	White powder	0.45	<2	6-9

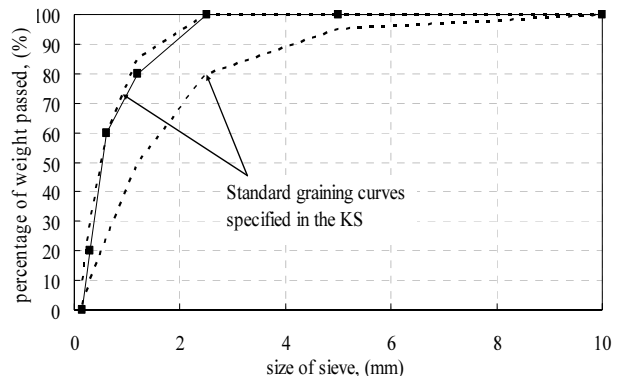


Fig. 1. Particle distribution curves of aggregates

재-결합재비(S/B)는 각각 30%, 2.5로 고정하였다. 그룹 1은 최적의 폴리머 치환율을 결정하기 위한 시비 3%, 5%로 설정하였다. 그룹 2의 주요변수는 GGBS와 FA를 선택하였다. GGBS와 FA의 치환율은 각각 40%와 20% 까지 치환하였다. 폴리머 수지 치환율은 그룹 1의 실험결과를 까지 치환하였다. 폴리머 수지 치환율은 그룹 1의 실험결과를 근거로 결합재 대비 5%로 고정하였고 방청제는 혼입하지 않았다. 그룹 3는 그룹 1, 2의 결과에 근거하여 방청성을 향상시키기 위한 목적으로 계획되었다. 이에 따라 그룹 3의 주요변수는 방청제 치환율이며 결합재 대비 0, 0.5, 1, 1.5 및 2%로 치환되었다. 일반적으로 혼화재의 정의는 결합재 양 대비 5% 이상의 혼입재료로서 정의되며, 이에 따라 전체 결합재에서 치환재료

서 설계되는 반면, 혼화제의 투입량은 전체 결합재에서 고려되지 않는다. 이 연구에서 폴리머 및 방청제의 치환율은 5% 미만으로 적용될 경우도 있다. 하지만 정확한 단위 용적 당 결합재의 설계 및 경제성 평가 측면을 고려하여 치환율 5% 미만인 경우에도 전체 결합재에서 치환율을 고려하여 OPC 양을 조절하였다.

2.3 배합 및 측정

방청 보수모르타르의 배합은 KS L 5109(수경성 시멘트 페이스트 및 모르타르의 기계적 혼합방법)의 배합절차에 따라 300 l 믹서기를 사용하여 수행하였다. 방청 보수모르타르의 초기 플로우는 KS F 5111에 따라 측정하였다.

경화된 모르타르에서는 50×50×50mm몰드를 이용하여 재령 1, 3, 7, 28, 56 및 91일에 압축강도를 측정하였다. 휨 강도는 KS F 2408 기준에서 제시하는 방법으로 재령 28일에 50×50×160mm 몰드를 이용하여 측정하였다. 건조수축변형률은 100×100×450mm 몰드에 매립된 전기저항게이지 (wire strain gage)를 이용하여 재령 28일까지 측정하였다. 모든 실험체는 온도 20±3℃, 상대습도 75±5%인 항온 항습실에서 양생하였다.

3. 실험결과 및 분석

각 시험체의 초기 플로우 및 재령에 따른 압축강도는 Table 4에 나타내었다. 재령 28일 모르타르 휨 강도는 압축강도 루트승으로 무차원하여 나타내었다. 이는 콘크리트의 휨강도는 일반적으로 압축강도의 루트승 또는 1/3승에 비례하기 때문이다.

3.1 초기 플로우

배합된 방청 보수 모르타르의 초기 플로우는 그룹 1에서 폴리머 치환율이 높을수록 증가하였다. 이는 폴리머 수지에 첨가되어 있는 계면활성제로 인한 분산효과 때문이라고 판단된다. 반면 그룹 2에서 GGBS와 FA 치환율에 따른 초기 플로우에 미치는 영향은 매우 미미하였다. 초기 슬럼프는 그룹 3에서 방청제 치환율이 높을수록 증가하였다. 이는 고분자 입자인 방청제의 볼베어링 효과로 인해 유동성을 향상시키기 때문이다(Ramachandran, 1996).

3.2 28일 압축강도

Table 4에 나타난 재령 28일 압축강도는 그룹 1에서 폴리머 치환율에 상관없이 44MPa 수준을 나타내었다. 폴리머 5%(아크릴계 폴리머 2.5%와 하이브리드 폴리머 2.5%)까지는 모르타르 압축강

Table 4. Details of prepared mortar mixes and summary of test results

Group	Specimens*	W/B	S/B	Composition of binder by weight (%)						Fresh mortar Flow (mm)	Hardened mortar						
				Cement	FA	GGBS	Co-polymer	EVA polymer	Dry CIT		f_{ck} (MPa)						$f_r / \sqrt{f_{ck}}$
											1 day	3 days	7 days	28 days	56 days	91 days	
1	P3.0	30	2.5	92	0	0	1.5	1.5	0	120	22	27.7	40.8	45.0	50.1	52.1	0.63
	P5.0			89	0	0	2.5	2.5	130	15	25.5	35.5	44	49.3	52.2	0.65	
2	F10G00			80	10	0	2.5	2.5	0	140	7.3	28.7	39.7	43.1	45.8	46.5	0.66
	F20G00			70	20	0				135	5.5	26	35.9	39.4	41	43.5	0.65
	F10G20			60	10	20				140	8.6	27.7	38.3	43	45.6	47.2	0.62
	F20G20			50	20	20				130	3.3	17.1	28.5	35	37.5	38.1	0.67
	F10G40			40	10	40				140	5.2	15.6	26.5	29.4	31.3	33.7	0.64
	F20G40			30	20	40				145	2.6	12	21.1	25.2	27.4	29.8	0.74
3	C0.0			60	10	20	2.5	2.5	0	140	5.2	23.4	34	42.6	44.1	47.9	0.72
	C0.5			59.5					0.5	140	7.7	22.3	30	40.8	42.5	42.8	0.70
	C1.0			59					1.0	145	6.6	19.7	30.2	38.9	40.8	43.1	0.69
	C1.5			58.5					1.5	150	3.5	15.3	24.1	34.5	35.8	36.9	0.69
	C2.0			58					2.0	160	2.1	12.8	23.3	33.1	35.8	37.1	0.70

* In the specimen notation, letter and figure refer to the material type and its substitution level, respectively. For example, specimen P3.0 in Group 1 indicates OPC mortar with 3.0% of polymer (Co-polymer and EVA polymer of 1.5%, respectively); specimen F10G20 in Group 2 indicates mortar substituted with 10% FA and 20% GGBS; and specimen C0.5 in Group 3 indicates mortar with 0.5% of corrosion Inhibitor.

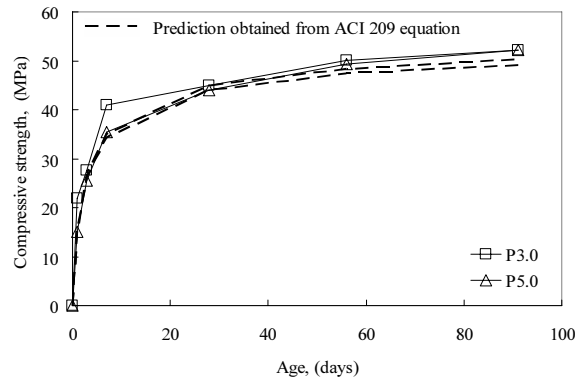
도에 영향 미미하였다. 그룹 2에서 GGBS를 무 치환한 방청 보수모르타르의 28일 압축강도는 FA치환율 증가할수록 약 20% 감소하였다. 일반적으로 보통 콘크리트 및 모르타르에서 압축강도 감소를 고려 하였을때 FA의 적정 치환율은 10%~20% 이하로 보고되고 있는데(한국콘크리트학회 2001), 폴리머를 혼입한 방청 보수모르타르에서도 압축강도 저하를 고려한다면 FA 치환율은 10%가 적절하다고 판단된다. 반면 FA를 20% 치환한 방청 보수모르타르의 28일 압축강도는 GGBS 치환율이 20%씩 증가할수록 약 16%~21% 감소하였다. 따라서 본 연구에서는 폴리머 혼입 방청 보수모르타르의 강도 저하를 고려하였을 때 FA 치환율이 10%일 때 GGBS의 적정 치환율을 20%로 결정하였다. 그룹 3에서는 FA 10%와 GGBS 20% 치환된 방청 보수모르타르의 방청제 치환율에 대한 영향을 평가하기 위한 것으로서 방청제 치환율 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 방청제 치환율이 1% 이하에서는 방청제를 무 치환한 모르타르에 비해 약 9% 감소하지만 방청제 치환율이 1.5%를 초과하면 약 23% 까지 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 방청제의 주성분인 나트륨계열의 아질산염이 내부 미세균열과 알카리골재 반응을 유도시키기 때문이다(Ramachandran 1996; Song et al., 2005). 이와 같은 결과로부터 방청 보수모르타르의 압축강도 저하를 고려한 방청제 혼입율은 1.5% 이하로 제한할 것을 권장한다.

3.3 압축강도 발현율

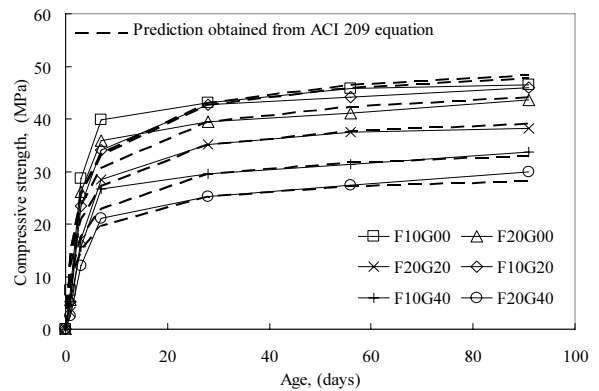
배합된 방청 보수모르타르의 압축강도 발현을 Fig. 2에 나타내었다. 동일 그림에 ACI 318-209의 예측값을 함께 나타내었다. ACI 318-209에서는 재령에 따른 압축강도 ($f_{ck}(t)$)의 기본식을 포물선 형태인 식 (1)과 같이 제시하고 있다.

$$f_{ck}(t) = \frac{t}{A_1 + B_1 t} (f_{ck})_{28} \quad (1)$$

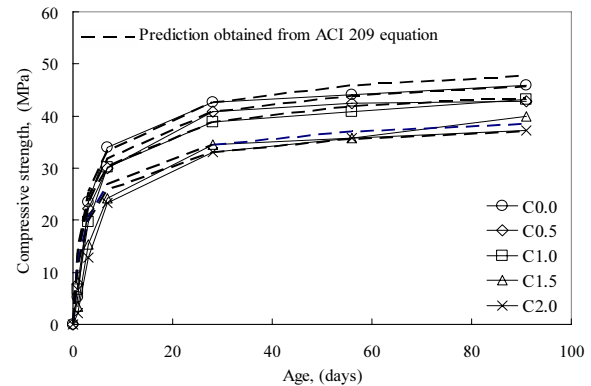
여기서 $f_{ck}(t)$ 는 재령 t (일)에서 압축강도를 나타낸다. 상수 A_1 과 B_1 는 각각 초기재령과 장기재령에서의 강도발현과 관계되는 상수이다. ACI 318-209는 OPC 콘크리트의 경우 그 값을 각각 4.0과 0.85로 제시하고 있다. 그룹 1에서 폴리머 수지 치환율은 장기재령에서보다는 초기재령에서의 강도발현에 더 큰 영향을 미쳤는데, 폴리머 수지 치환율이 증가할수록 초기재령에서의 강도발현이 낮았다. 반면 폴리머 수지 치환율에 따른 압축강도는 모든 재령에서 ACI 318-209에 의한 예측 값보다 컸다. 그룹2에서 GGBS와 FA 치환율에 따른 압축강도 발현율은 초기재령에서 별다른 영향을 미



(a) Effect of polymer ratio



(b) Effect of FA and GGBS ratio



(c) Effect of corrosion inhibitor ratio

Fig. 2. Compressive strength of mortars tested

치지 않았다. 반면 장기재령에서의 압축강도 발현율은 Fig. 3(a)에 나타낸 바와 같이 GGBS 무 혼입한 모르타르에 비해 40% 치환한 모르타르에서 약 5~10% 높은 비슷한 수준에 있었다. 일반적으로 고로슬래그가 치환되면 초기강도는 낮고 장기강도는 증진된다. 즉 잠재수경성을 갖는 고로슬래그는 폴리머가 혼입된 모르타르에 장

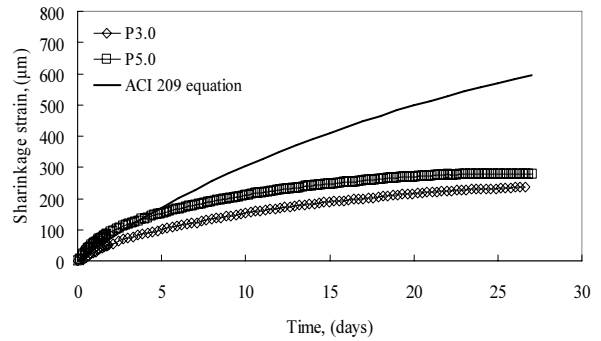
기강도 증진에 효과적이다. 또한 FA와 GGBS는 치환율에 상관없이 초기재령에서는 ACI 318-209의 예측 값보다 약 10~20% 낮게 나타났지만 장기재령에서는 예측 값과 비슷한 수준에 있었다. 그룹 3에서 초기 재령 측면에서는 방청제 치환율에 따라 비슷한 경향을 나타냈지만 장기 재령측면에서는 방청제 치환율이 증가할수록 압축강도발현율이 증가하는 경향을 나타냈다. 또한 방청제 치환율에 따른 ACI 318-209의 예측 값은 초기재령에서 약간 낮게 예측된 반면, 장기재령에서는 방청제 치환율이 낮을수록 약간 높게 나타나는 경향을 보였다. 따라서 OPC 콘크리트의 실험결과에 근거한 압축강도 발현 평가 모델은 이 연구의 방청 보수모르타르에서 수정될 필요가 있다. 방청제 치환율에 따른 모르타르의 강도발현을 평가하기 위하여 비선형 회귀분석으로부터 초기재령 계수인 A_1 과 장기재령 계수인 B_1 을 산정하였다. 산정된 A_1 과 B_1 의 최적 값은 각각 3.7, 0.85로 제시될 수 있었다. 즉, 이 연구의 방청 보수모르타르의 강도발현은 ACI 209 모델과 비교하였을 때 초기재령에서는 약간 낮지만 장기재령에서는 비슷한 수준으로 있음을 의미한다.

3.4 파괴계수

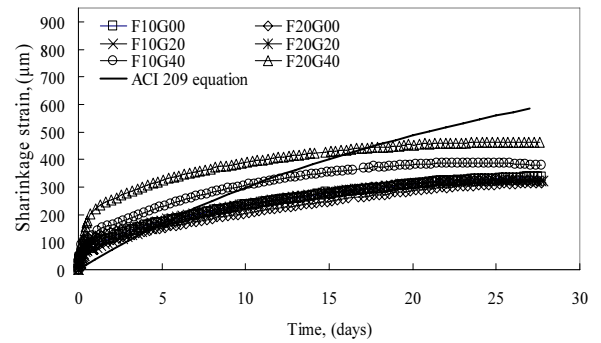
그룹 1에서 폴리머 수지가 3% 치환된 방청 보수모르타르의 휨 강도 비($f_r/\sqrt{f_{ck}}$)는 폴리머 수지가 5% 치환된 방청 보수모르타르에 비해 약 3%로 비슷한 수준을 나타내었다. Table 4에서 나타낸 바와 같이 그룹 2에서 FA가 10% 치환된 방청 보수 모르타르의 $f_r/\sqrt{f_{ck}}$ 는 GGBS 치환율의 대한 영향은 크지 않았다. 반면 GGBS가 40% 치환된 방청 모르타르의 $f_r/\sqrt{f_{ck}}$ 는 FA의 치환율이 증가할수록 약 15% 크게 증가하였다. 그룹 3에서 방청제 치환율에 따른 $f_r/\sqrt{f_{ck}}$ 는 별다른 영향을 나타내지 않았다. 한편, 모든 실험체에서 파괴계수는 ACI 318-11에서 제시하는 $0.63\sqrt{f_{ck}}$ 값보다 약 2%~15%까지 크게 나타났다.

3.5 건조수축 변형률

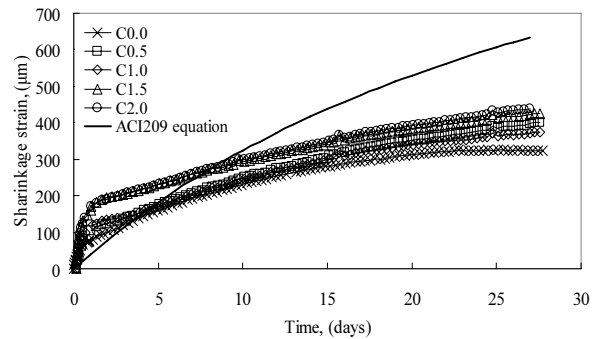
Fig. 3에는 시험한 모르타르에서 재령 28일까지의 건조수축 변형률을 나타내었다. 동일 그림에 ACI 209 기준 제안모델에 의한 건조수축 변형률 예측 값을 함께 나타내었다. ACI 209 기준의 예측 모델에서는 콘크리트 압축강도 변화가 건조수축 변형률에 미치는 영향은 미미하다. 따라서 ACI 209 예측 값은 각 그룹의 모르타르 압축강도 평균값을 적용하여 산정하였다. 그룹 1에서 건조수축 변형률은 모든 재령에서 폴리머 수지 치환율에 상관없이 비슷한 거동을 나타냈다. 반면 그룹 1에서는 초기 재령에서 폴리머 수지 치



(a) Effect of polymer ratio



(b) Effect of FA and GGBS ratio



(c) Effect of corrosion inhibitor ratio

Fig. 3. Shrinkage strain behavior of mortar specimens

환율과 상관없이 ACI 기준과 비슷한 거동을 나타냈지만 재령 28일에서는 ACI 기준에서 제시하는 건조수축 변형률 보다 약 50% 낮게 나타내었다. 이는 폴리머가 혼입된 모르타르 내부에서 폴리머 필름이 형성되면서 이로 인해 나타나는 밀봉작용 때문에 보수성이 향상되고 수분 증발이 억제되어 건조수축이 감소된 것으로 보인다 (Kardon, 1997). 그룹 2에서 GGBS와 FA가 치환된 모르타르는 재령 28일 건조수축 변형률의 약 70% 이상이 재령 10일 이전에 발생하였다. 이로 인해 ACI 209 예측 값보다 크게 나타났다. 재령 14일

이후에는 건조수축 증가기울기는 완만해지면서 ACI 209 예측 값보다 낮게 나타났다. 이들 경향은 그룹 3에서도 방청제 치환율과 상관없이 비슷하게 나타났다. 초기 재령에서 GGBS와 FA가 치환될 경우 모세관공극량이 증가하여 건조수축 변형률이 증가하는 경향이 있지만 수화가 진행됨에 따라 겔 공극양의 생성과 함께 건조수축양이 크게 증가하지 않는 것으로 판단된다(Koh et al., 2003)

4. 결론

이 연구에서는 방청 보수모르타르를 개발하기 위해 폴리머 수지 치환율, GGBS와 FA 치환율 및 방청제 치환율에 따라 3 그룹으로 분류하여 기초적 특성을 평가하였다. 이 연구에서 제시된 방청 보수 모르타르의 실용화를 위해서는 향후 모르타르의 방청효과 및 내구성에 대해 지속적인 연구가 필요하다. 실험결과 및 설계기준과의 분석으로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모르타르의 초기 플로우는 폴리머 및 방청제의 치환율이 높을수록 증가한 반면, GGBS와 FA 치환율에 대한 영향은 미미하였다.
2. 모르타르의 압축강도 발현을 고려한 FA와 GGBS의 적정 치환율은 전체결합재 대비 각각 10%와 20%로 추천된다. 모르타르의 압축강도는 방청제 치환율이 증가할수록 감소하였는데, 치환율이 1.5% 초과하면, 방청제가 첨가되지 않는 모르타르에 비해 약 23% 감소하였다.
3. ACI 209에서 제시된 압축강도 발현 평가 모델은 초기재령에서 비슷한 수준으로 예측된 반면, 장기재령에서는 방청제 치환율이 낮을수록 약간 높게 나타났다. 따라서 비선형 회귀분석으로부터 산정된 저탄소 방청 보수모르타르의 A_c과 B_c의 최적 값은 각각 3.7, 0.85로 제시될 수 있다.
4. ACI 318-11에 의해 제시된 파괴계수는 모르타르의 실험결과를 안전측으로 예측하였는데, 그 안전율은 약 102~115%이었다.
5. ACI 209에서 제시된 모델은 방청제의 치환율에 관계없이 재령 10일 이전에 GGBS와 FA가 치환된 모르타르의 건조수축변형률을 작게 예측하였지만, 그 이후의 재령에서 점차 크게 예측하였다.

감사의 글

본 연구는 2013년 (주)해평선 기술연구소의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

References

ACI 209R-92. (1994). Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures Practice Part 1: Materials and General Properties of Concrete, American Concrete Institute.

ACI Committee 318-11. (2011). Building Code Requirement for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary (ACI 318R-11), American Concrete Institute.

Jo, Y.K., Jeong, S.H., Jang, D.B. (2011). Strength of Rapidly Handening SBR Cement Mortars as Building Construction Materials According to Admixture Types and Curing Conditions, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, **11(6)**, 587-596 [in Korean].

Kardon, J.B. (1997). Polymer-Modified Concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 85-92.

Koh, K.T., Park, J.J., Kim, S.W., Lee, J.H. (2002). Prediction Model on Autogenous Shrinkage of High Performance Concrete Incorporating Mineral Admixtures, *Korean Society of Civil Engineering*, **23(6A)**, 1133-1141 [in Korean].

Korea Concrete Institute. (1996). Concrete Admixture, Korea Concrete Institute.

KS L 5109, KS F 5111, KS F 2408, KS F 2534 (2006). Korean Industrial Standard: Testing Concrete, Korea Industrial Standards.

Ohama, Y. (1994). Handbook of Polymer-Modified Concretes and Mortars, Noyes Publication, New Jersey, 45-86.

Ramachandran, V.S. Concrete Admixture Handbook, Institute for Research in Construction, Canada, 558-938.

Song, B.C., Kim, K.K., Han, D.H. (2005). Development of Alkali Recovery Agents for Renovation of Deteriorated RC Structures, *Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, **9(5)**, 20-28 [in Korean].

저탄소 방청 보수모르타르 개발을 위한 기초연구

이 연구는 플라이애쉬와 고로슬래그를 치환한 방청 폴리머 보수모르타르의 개발을 위한 기초실험이다. 주요변수는 폴리머 수치 치환율, GGBS와 FA 치환율 및 방청제 치환율이다. 주요 측정항목은 초기슬럼프, 재령별 압축강도, 재령 28일 휨 강도, 건조수축 변형률이다. 실험 결과 모르타르의 압축강도 발현을 고려하였을 때 FA와 GGBS의 적정 치환율은 각각 10%와 20%로 추천될 수 있었다. 또한 방청제 치환은 모르타르의 압축강도를 감소시키는데, 적정 방청제 치환율은 1.5% 이하가 고려될 수 있었다. 한편 모르타르의 휨 강도는 ACI 318-11에서 제시하는 값인 $0.63\sqrt{f_{ck}}$ 보다 컸으며, 건조수축 변형률도 재령 10일 이후에는 ACI 209 예측값보다 낮았다.