

환경부하저감형 고내구성 폴리머 시멘트계 재료를 이용한 철근 부식저감기술

Corrosion Protection of Rebars Using High Durability Polymer Cementitious Materials for Environmental Load Reduction

김 완 기*
Kim, Wan-Ki

정 승 진**
Chung, Seung-Jin

Abstract

The building industry must aim at high-durability and sustainability. A holistic life cycle based approach is recommended to reduce the environmental load. In recent years, technical innovations in the construction industry have advanced to a great extent, and caused the active research and development of high-performance and multifunctional construction materials. Nowadays, various polymer powders have been commercialized to manufacture construction materials in the form of prepackaged-type products, which have rapidly been developed for lack of skilled workmen in construction sites. Recently, terpolymer powders of improved quality have been developed and commercialized as cement modifiers. And, hydrocalumite is a material that can adsorb the chloride ions (Cl^-) causing the corrosion of reinforcing bars and liberate the nitrite ions (NO_2^-) inhibiting the corrosion in reinforced concrete, and can provide a self-corrosion inhibition function to the reinforced concrete. The purpose of this study is to ascertain the self-corrosion inhibition function of polymer-modified mortars using redispersible powders with hydrocalumite. Polymer-modified mortars using VA/E/MMA and VAE redispersible powders are prepared with various calumite contents and polymer-binder ratios, and tested for chloride ion penetration depth, corrosion inhibition. As a result, regardless of the polymer-binder ratio, the replacement of ordinary portland cement with hydrocalumite has a marked effect on the corrosion-inhibiting property of the polymer-modified mortars. Anti-corrosion effect of polymer-modified mortars using VA/E/MMA terpolymer powder with hydrocalumite is higher than that of VAE copolymer powder.

키워드 : 지속가능성, 자기방청기능, 재유화형 분말수지, 아질산형 하이드로칼루마이트

Keywords : sustainability, self-corrosion inhibition function, redispersible powder, nitrite-type hydrocalumite

1. 서 론

장수명 건축물을 실현하는 것은 지속가능한 사회 실현을 위한 지구환경보전 과제 중 하나이다. 건축물은 건축 과정에서 방대한 양의 이산화탄소를 배출하고 자원을 소비하므로 건축물의 신축에 따른 환경부하를 최대한 줄이면서 고내구성 재료의 도입을 통한 장수명화가 도모되어야 한다. 특히 철근콘크리트 구조물의 철근 부식은 물리적 수명의 단축과 함께 부식에 의한 재료 수명이 단축되면 재료 생산에 소비된 에너지 손실로 이어져 결국 지구환경보전에 악영향을 끼친다. 이를 방지하기 위해서는 철근콘크리트 구조물의 내구 수명에 직결되는 철근의 부

식 저감 기술에 대한 다양한 대책이 강구되어야 한다. 본 연구에서의 아질산형 hydrocalumite는 철근의 부식요인인 염화물 이온(Cl^-)을 흡착하고 철근의 부식억제효과가 있는 아질산 이온 (NO_2^-)을 방출하는 물질로 철근에 대한 탁월한 부식방지효과를 얻을 수 있다.¹⁾ 그리고 재유화형 분말수지는 현재 보수보강재료로 널리 활용되고 있는 폴리머 디스퍼전보다 친환경적이며, 또한 분말상태이므로 건축공사의 공기단축에 크게 기여하고 있는 프리팩키지드형(prepackaged-type) 제품의 제조에 매우 효과적인 재료이다.²⁾ 따라서 아질산형 hydrocalumite와 VAE계 재유화형 분말수지를 병용한 폴리머 시멘트계 재료의 방청성을 규명한다면 철근콘크리트 구조물의 장수명화의 실현에 크게 기여할 것으로 판단된다.³⁾

본 연구는 환경부하저감형 고내구성 폴리머 시멘트계 재료의 개발을 목적으로 먼저, VAE 코폴리머 분말수지와 신규인 VA/E/MMA 터폴리머 분말수지 폴리머 필름

* 교신저자, 협성대학교 건축공학과 부교수 (wankkim@uhs.ac.kr)

** 협성대학교 건축공학과 부교수 (csj@uhs.ac.kr)

이 연구는 2009년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (KRF-20090073361)

의 특성을 파악하고, 2종의 재유화형 분말수지와 염화물 이온 흡착기능을 갖는 아질산형 hydrocalumite를 병용한 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투에 대한 저항성을 검토함과 동시에 오토클레이브를 이용한 철근 부식 촉진 시험을 통해, 그 방청성을 평가한다. 또한 주사형 전자현미경(SEM)에 의한 조직구조 관찰과 수은압입법에 의한 공극경 분포확인을 통하여 방청성과의 상호 관련성을 검토한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

폴리머 필름은 KS M 3006(플라스틱의 인장성 측정방법)에 따라 제작하였으며, 그에 대한 인장강도 및 신장률을 파악하였다. 그리고 염화물이온 침투저항성 및 공극구조 분석용 공시체는 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 준하여 제작하였다. 표 1 및 표 2에 나타난 배합의 공시 모르타르를 그 플로 값이 170±5mm가

표 1. 실험요인 및 수준

Mix Design	Cement	Ordinary Portland Cement (OPC)
	Fine Aggregate	Jumunzin Standard Sand
	Cement Modifier	Terpolymer: VA/E/MMA Copolymer: VAE
	Admixture for Corrosion Inhibition	Nitrite-type Hydrocalumite (Calumite)
	Cement:Sand (by Weight)	1 : 3
	Polymer-Binder Ratio, P/B (%)	0, 10, 20
Test Item	Polymer Film	Tensile Strength and Elongation, Water Resistance
	Polymer Cement Mortar	Cl- Ion Penetration Depth, Corrosion Test, SEM, Pore Volume

표 2. 재유화형 분말수지 및 칼루마이트 혼입 모르타르의 배합

Type of Mortar	Cement:Sand (by Weight)	Calumite Content, C/C (%)	Polymer-Binder Ratio, P/B (%)	Water-Binder Ratio (%)	Flow (mm)
VA/E/MMA	1:3	0	0	68	171
			10	53	166
			20	50	165
		5	0	70	171
			10	53	167
			20	50	170
	10	0	71	170	
		10	53	173	
		20	51	167	
VAE	1:3	0	0	68	171
			10	53	170
			20	50	165
		5	0	65	169
			10	54	170
			20	51	171
	10	0	65	171	
		10	54	169	
		20	51	168	

되도록 물결합재비를 조정하여 비빔을 한 후, 크기 40x40x160mm 로 성형하였으며, 2일 습윤양생[20℃, 80%(R.H.)], 5일 수증양생(20℃), 21일 기증양생[20℃, 60%(R.H.)]을 실시하여 공시체로 하였다. 방청성 시험용 공시체의 제작은 그림 1에 나타난 바와 같이, 공시 모르타르 내 철근의 피복두께 15mm를 유지하기 위해 모르타르 타설 전, 몰드의 양 끝에 시멘트 모르타르로 제작한 스페이서를 설치하고 크기 40x40x160mm로 성형하여 7일간 습윤양생[20℃, 80%(RH)] 후 공시체로 하였다.

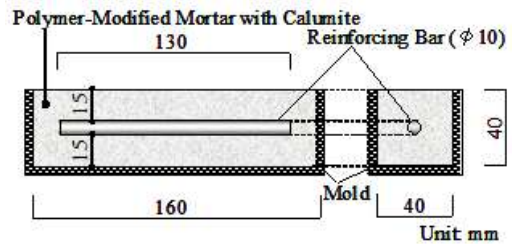


그림 1. 모르타르 내 철근 촉진 부식 시험용 공시체의 치수와 형상

2.2 사용재료

1) 시멘트 및 잔골재

시멘트는 KS L 5201 (포틀랜드 시멘트)에 규정된 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 KS L 5100 (시멘트 강도 시험용 표준사)에 규정된 주문진산 표준사를 사용하였다.

2) 방청성 혼화재

방청성 혼화제로는 아질산형 hydrocalumite(이하, 칼루마이트라 함)를 사용하였다. 칼루마이트는 수산화칼슘 [Ca(OH)₂] 중의 칼슘(Ca)의 일부를 알루미늄(Al)으로 치환하고 아질산이온(NO₂⁻)을 담지시킨 구조의 칼슘알루미늄복합수산화물이다. 이것은 콘크리트 중의 염화물이온을 흡착하는 기능을 갖는 동시에 이온교환반응에 의해 철근의 부식억제효과가 있는 아질산이온을 방출하기 때문에 시멘트 모르타르 및 콘크리트에 혼입하여 우수한 자기방청기능을 부여하는 것으로 알려져 있다. 칼루마이트에 의한 부식방지 원리는 다음과 같다.³⁾

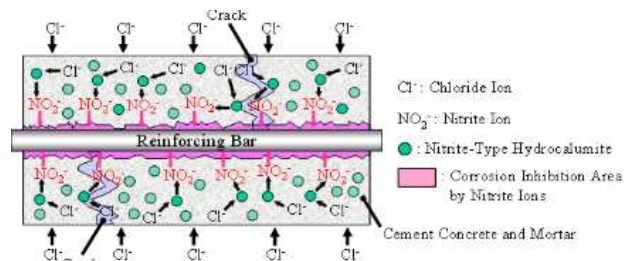
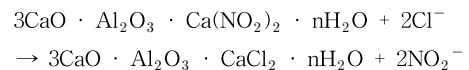


그림 2. 칼루마이트에 의한 모르타르 내 철근 부식방지 개념도

3) 폴리머 혼화제

폴리머 혼화제로는 초산비닐·에틸렌·메타크릴산메틸 (VA/E/MMA) 터폴리머 분말수지와 초산비닐·에틸렌(VAE) 코폴리머 분말수지를 사용하였다. 연행공기를 제어하기 위하여 분말소포제를 분말수지에 대하여 1.0% 첨가하였다.

표 3. 재유화형 분말수지의 성질

Type of Polymer	Appearance	Particle Size (μm)	Glass Transition Point (°C)	pH [10% Water Dispersion] (20°C)
VA/E/MMA	White Powder	400	12	4.8
VAE	White Powder	400	16	4.8

4) 방청성 시험용 철근

철근은 KS D ISO 6935-1(콘크리트 보강용 봉강 제1부: 원형봉강)에서 규정하는 재질로 크기 Ø10×130mm의 원형 봉강을 사용하였으며, 철근 표면은 KS L 6003 (연마지)에 규정하는 600번 연마지로 연마하고, 아세톤으로 불순물을 제거하였다.

2.3 시험방법

1) 폴리머 필름의 인장강도 및 신장률

VA/E/MMA 터폴리머 분말수지와 VAE 코폴리머 분말수지의 폴리머 필름의 인장강도 및 신장률은 KS M 3006 (플라스틱의 인장성 측정방법)에 따라 측정하였다.

2) 폴리머 필름의 흡수율

재유화형 분말수지의 내수성을 검토하기 위하여 터폴리머 VA/E/MMA와 코폴리머 VAE의 폴리머 필름을 제작하여 흡수율을 검토하였다.

3) 염화물 이온 침투 저항성

일본 콘크리트 공학협회의 『폴리머 시멘트 모르타르 시험방법, 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투 깊이 시험방법(안)』에 준하여, 크기 40×40×160mm의 공시체를 7일간 20°C의 2.5% 염화나트륨 용액 중에 침지시킨 후 공시체를 2분할하였다. 그 단면에 0.1% 플루오로세인 나트륨 용액 및 0.1N 질산은 용액을 분무하여 형광을 발하는 부분을 염화물 이온 침투영역으로 하여 그림 3에 나타난 8개소의 염화물 이온 침투깊이를 측정하였다.

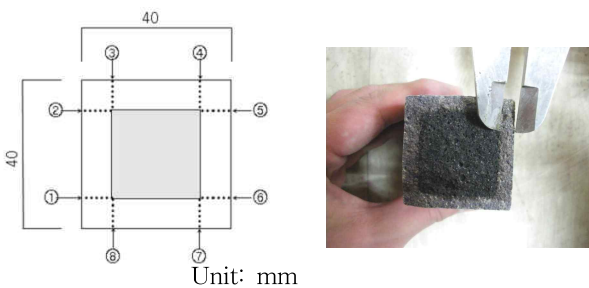


그림 3. 염화물 이온 침투 깊이 시험 후 폴리머 시멘트 모르타르의 단면도

4) 인공 염분 용액의 조성

KS F 2599-1 [철근콘크리트의 촉진부식 시험방법-제1부: 오토클레이브방법]에 준하여, 표 4에 표시하는 각 약품의 정해진 질량을 용해시켜 전량이 1L의 수용액이 되도록 인공 염분 용액을 제조한 후, 공시체 제작 시 배합수에 혼합하였다.

표 4. 인공 염분 용액의 조성

약품명	질량 (g)
염화나트륨(NaCl)	24.5
염화마그네슘(MgCl ₂ ·6H ₂ O)	11.1
황산나트륨(Na ₂ SO ₄)	4.1
염화칼슘(CaCl ₂)	1.2
염화칼륨(KCl)	0.7

5) 오토클레이브에 의한 촉진 부식 시험

공시체 제작 후 7일간 습윤양생을 실시 한 후, KS F 2599-1 [철근콘크리트의 촉진부식 시험방법-제1부: 오토클레이브 방법]에 준하여 그림 4에 나타난 촉진 부식 시험조건으로 총 8사이클까지 실시하여 부식면적을 측정하였다. 측정된 부식면적으로부터 식(1)에 의해 봉강의 부식률을 산출하였다. 봉강의 유효표면적은 봉강의 양단부에서 20mm의 부분을 제외한 내측 90mm의 부분으로 하고, 이 부분에 대하여 봉강의 부식면적을 측정하였다.

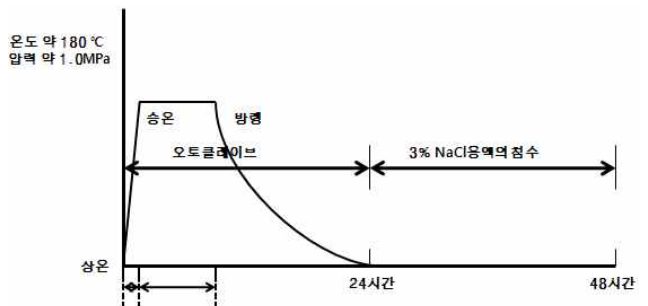


그림 4. 오토클레이브 촉진 부식 조건 1 Cycle

$$\text{봉강의 부식률(\%)} = \frac{\text{부식면적(mm}^2\text{)}}{\text{유효표면적(mm}^2\text{)}} \times 100 \quad (1)$$

6) 주사형 전자현미경에 의한 조직구조 관찰

폴리머 시멘트 모르타르의 미세조직을 관찰하기 위하여 공시체를 28일간 양생한 후, 크기 7×7×10mm의 시편을 채취하여 시멘트 및 골재를 제거하고 D-dry 처리한 후, 폴리머 시멘트 모르타르의 내부에 형성된 폴리머 필름의 성상을 주사형 전자현미경(SEM)을 이용하여 관찰하였다.

7) 세공용적 측정

크기 40×40×160mm의 공시체의 내부에서 채취한 모르타르를 입경 약 3mm로 파쇄하여 시료로 사용하였다. 시료를 에탄올로 세정한 후 D-dry처리를 하고, 수은압입식 포로시메타를 이용하여 세공경 3.75~7500nm의 범위에서 세공용적을 측정하였으며, 또한 전체 세공용적을 구하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 폴리머 필름의 인장강도 및 신장률

그림 5는 터폴리머 VA/E/MMA와 코폴리머 VAE 분말수지에 대한 폴리머 필름의 인장강도 및 신장률을 나타낸 것이다. VA/E/MMA 터폴리머 분말수지를 이용한 폴리머 필름의 인장강도 및 신장률은 $800N/cm^2$ 및 604%로 나타난 반면, VAE 코폴리머 분말수지를 이용한 폴리머 필름의 인장강도 및 신장률은 $682N/cm^2$ 및 765%로 나타났다. 인장강도에 있어서는 VA/E/MMA 터폴리머 분말수지가 약간 크게 나타났으며, 신장률에 있어서는 VAE 코폴리머 분말수지가 약간 크게 나타났다.

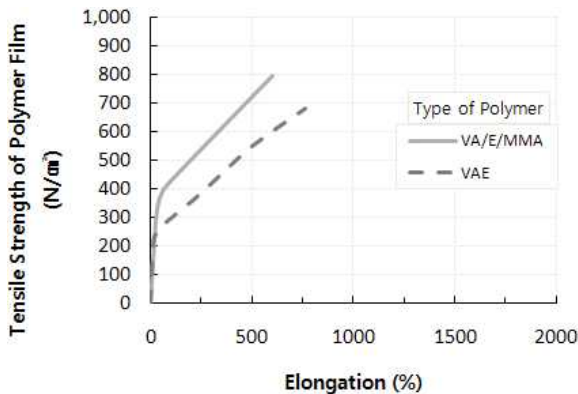


그림 5. 폴리머 필름의 인장강도 및 신장률

3.2 폴리머 필름의 흡수율 비교

폴리머 필름 중의 수용성 성분은 물과 접촉하면 필름에서 용출하는 경향이 있으며 용출한 후의 폴리머 필름은 흡수 후 부피팽창이 작아져 보다 강고해진다. 일반적으로 흡수성이 큰 폴리머를 이용한 시멘트 경화체는 흡수성이 크고, 흡수 시의 물리적 성능이나 동결융해 저항성이 떨어진다. 따라서 폴리머 필름의 흡수율은 낮은 것이 바람직하다. 그림 6은 VA/E/MMA 및 VAE 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 필름의 24시간 수중침지 후의 흡수율을 나타낸 것이다. VA/E/MMA 터폴리머 분말수지를 이용한 폴리머 필름의 흡수율은 수중침지시간이 증가할수록 증가하였으며, 수중침지시간 9시간 후에 일정해지는 것으로 나타났다. 반면 VAE 분말수지를 이용한 폴리

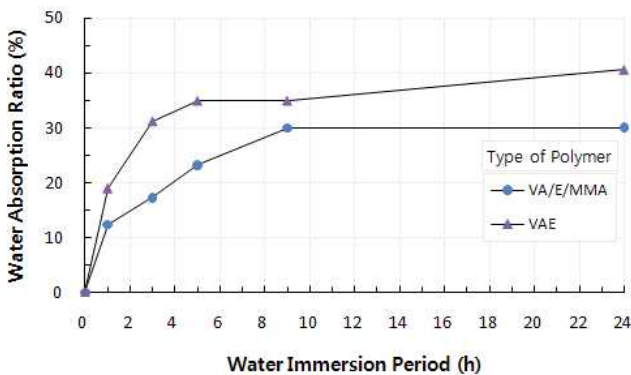


그림 6. 폴리머 필름의 흡수율 비교

머 필름의 흡수율은 수중침지시간이 증가할수록 빠르게 증가하였으며, 6시간 이후 완만한 증가율을 나타냈다. VA/E/MMA 터폴리머 분말수지의 24시간 후의 흡수율은 VAE 코폴리머 분말수지를 이용한 것보다 약 10% 작게 나타났으며, 상대적으로 흡수성이 낮은 것을 확인할 수 있었다.

3.3 염화물 이온 침투 저항성

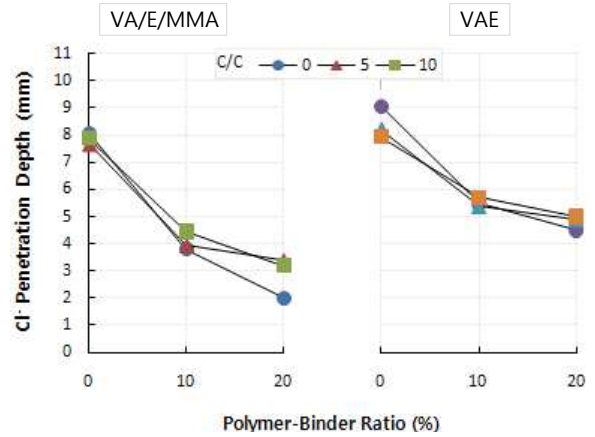


그림 7. 재유화형 분말수지 및 칼루마이트 혼입률에 따른 염화물 이온 침투 깊이

Type of Mortar	P/B (%)	Calumite Content (%)		
		0	5	10
VA/E/MMA	0			
	10			
	20			
VAE	0			
	10			
	20			

그림 8. 염화물 이온 침투시험 후 폴리머 시멘트 모르타르의 단면부

그림 7은 7일간 2.5% 염화나트륨 용액 중에 침지시킨 재유화형 분말수지 및 칼루마이트 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투 깊이를 나타낸 것이다. 그림 8의 사진을 통해 염화물 이온 침투 후의 공시체 단면부 형상을 보면, 보통 시멘트 모르타르에 비해 칼루마이트와 재유화형 분말수지가 혼입된 공시체가 염화물 이온 침투에 대하여 높은 저항성능을 보였다. 특히, 칼루마이트와 재유화형 분말수지가 병용된 공시체의 경우, 우수한 염화물 이온 침투 저항성능을 나타냈으며, 혼입률이 증가할수록 저항성능도 현저하게 우수한 경향을 보였다. 재유화형 분말수지 VA/E/MMA와 VAE의 염화물 이온 침투 저항성능을 비교해 보았을 때, VA/E/MMA가 VAE보다 더 우수한 성능을 나타냈다. 이와 같이 VA/E/MMA 터폴리머 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물 이온 침투에 대한 저항성이 우수한 것은 모르타르 내의 터폴리머 분말수지의 재유화성이 향상되고 워커빌리티가 좋아져 그 조직이 치밀해짐과 동시에 불투수성 폴리머 필름이 형성되어 방수성이 향상되기 때문이라 판단된다.⁴⁾

3.4 SEM에 의한 조직 및 공극구조 분석

그림 9는 VA/E/MMA 터폴리머 분말수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르 중에 형성된 폴리머 필름을 주사형 전자현미경을 이용하여 촬영한 것이다. 일반적으로 고품질의 시멘트 혼화용 폴리머는 습윤양생과 기중양생을 통하여 시멘트 수화물과 잔골재의 간극을 연속 폴리머 필름이 치밀하게 충전한 조직구조를 형성한다. 전자현미경 사진에 나타낸 바와 같이, 폴리머 시멘트 모르타르 내에 연속 폴리머 필름이 형성된 것을 확인할 수 있으며, 폴리머 결합재 비가 증가할수록 완전한 폴리머 필름망을 확인할 수 있다. 이와 같은 연속폴리머 필름으로 인해 염화물 이온 침투 저항성이 크게 향상한 것으로 판단된다.

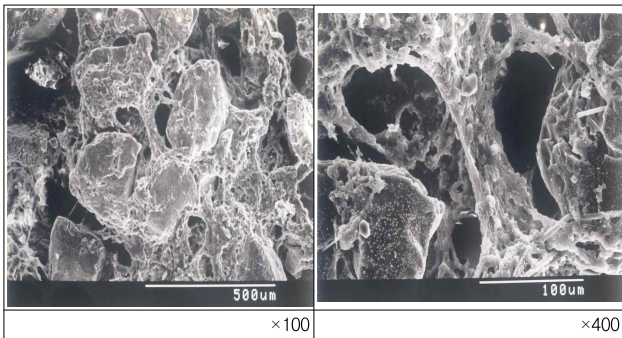
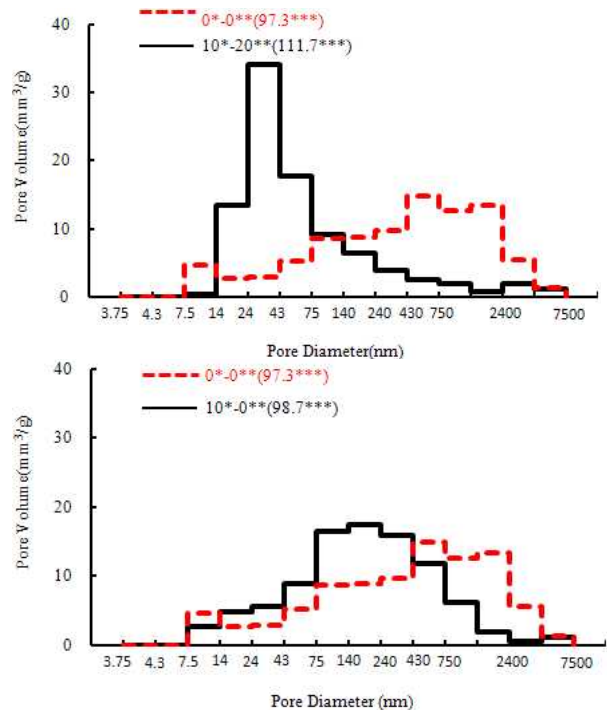


그림 9. VA/E/MMA 터폴리머 분말수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르 내에 형성된 연속 폴리머필름 (P/B=20%)

그림 10은 칼루마이트 첨가율에 따른 VA/E/MMA 터폴리머 분말수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포를 나타낸 것이다. 보통 시멘트 모르타르의 세공경분포의 피크는 세공경 430~750nm의 범위에서 세공용적 피크가 나타났다. 그리고 칼루마이트 첨가율 10%에서의 세공경분포는 보통 시멘트 모르타르보다 세공경이 작은 쪽으로 이행하는 것을 확인할 수 있으며, 140~240nm의 범위에서 세공용적의 피크가 확인되었다. 또한 칼루마이트

첨가율 10% 및 폴리머 결합재비 20%에서의 세공경분포는 세공경이 더욱 작은 쪽으로 이행하여 24~43nm에서 피크가 확인되었다. 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포의 피크가 현저하게 세공경이 작은 쪽으로 이동하는 것은 폴리머 시멘트 모르타르 내부에 형성된 불투기성의 폴리머 필름 양이 크게 증가하였기 때문이라 판단된다. 이와 같이 칼루마이트 및 VA/E/MMA 터폴리머 분말수지를 병용한 폴리머 시멘트 모르타르는 연속 폴리머 필름의 형성에 의한 모르타르 내부로의 기체 및 이온투과 저항성의 증대와, 칼루마이트에 의한 모르타르 내부에서의 염화물이온 흡착효과에 기인하여 우수한 방청성능을 발휘할 것으로 판단된다.



Note, *: 칼루마이트 첨가율, **: 폴리머 결합재비, ***: 전체 세공용적

그림 10. 칼루마이트 첨가율에 따른 VA/E/MMA 터폴리머 분말수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포

3.5 방청성능

그림 11은 칼루마이트와 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르 중에 매입한 철근의 부식률을 비교 검토한 것이다. 칼루마이트를 이용한 시멘트 모르타르의 부식률은 사이클 수의 증가와 함께 증대하는 경향을 나타냈으며, 그 경향은 칼루마이트를 첨가하지 않은 보통 시멘트 모르타르에서 현저하게 나타났다. 칼루마이트 첨가율에 따른 부식률을 살펴보면, 칼루마이트 첨가율에 관계없이 2사이클까지는 부식이 발생하지 않았으나, 그 후 사이클 수의 증가와 함께 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 칼루마이트 첨가율 10%에서의 부식률은 첨가율 5%의 1/3의 값을 나타냈으며, 보통 시멘트 모르타르의 약 1/10로 나타났다.

한편, VA/E/MMA 터폴리머 분말수지를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르의 부식률은 사이클 수가 증가하여도 거의 일정하게 나타났으며, 8사이클에서의 부식률은 폴리

머 결합재비 10%일 때, 0.1% 이하로 거의 발생하지 않았으며, 폴리머 결합재비 20%에서는 전혀 부식이 발생하지 않은 것으로 보아 폴리머 혼입률의 증가에 의한 탁월한 방청성을 확인할 수 있었다.

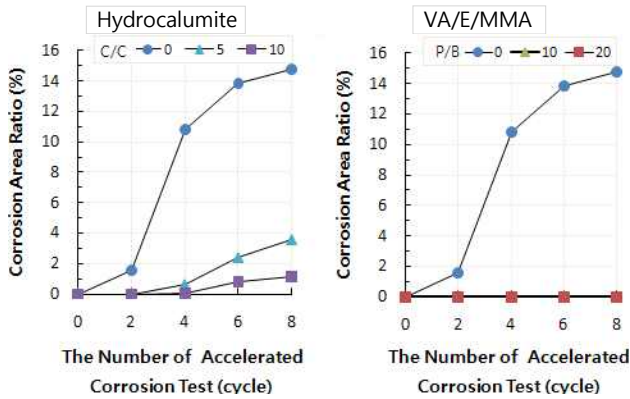


그림 11. 칼루마이트 및 터폴리머 분말수지 병용 폴리머 시멘트 혼입률에 따른 부식률

그림 12는 칼루마이트 및 터폴리머 분말수지 병용 폴리머 시멘트 모르타르 중에 매입한 봉강의 부식률을 나타낸 것이다. 칼루마이트 및 VA/E/MMA 터폴리머 분말수지 병용 폴리머 시멘트 모르타르의 부식률은 폴리머 결합재비 10% 이상에서 0%로 나타났으며, 보통 시멘트 모르타르에 비해 매우 우수한 방청성능을 나타냈다.

그림 13은 칼루마이트 첨가율에 따른 VAE 코폴리머 분말수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 8사이클 후의 부식률을 나타낸 것이다. VA/E/MMA 터폴리머 분말수지와는

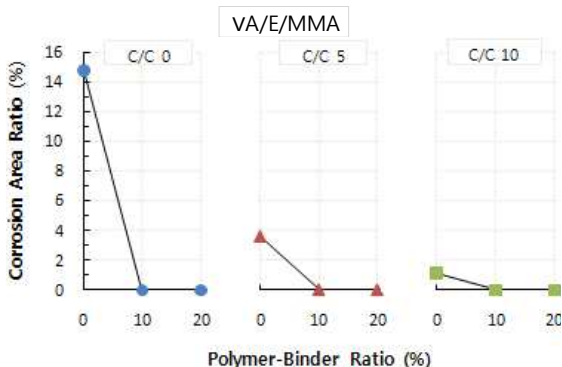


그림 12. 칼루마이트 및 터폴리머 분말수지 병용 폴리머 시멘트 모르타르의 8사이클 후의 부식률

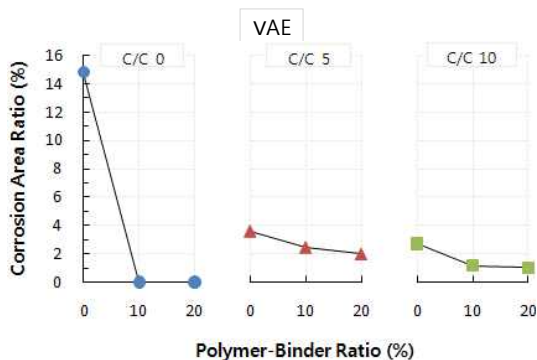


그림 13. 칼루마이트 및 코폴리머 분말수지 병용 폴리머 시멘트 모르타르의 8사이클 후의 부식률

달리, VAE 코폴리머 분말수지는 칼루마이트와 병용되었을 때보다 VAE 코폴리머 분말수지만 혼입된 시험체에서 더 우수한 방청성능을 나타냈다. 하지만, VAE 코폴리머 분말수지 역시 칼루마이트만 단독으로 사용되었을 때보다는 병용되었을 때가 좀 더 나은 방청성능을 보였다.

그림 14는 칼루마이트 및 재유화형 분말수지 병용 폴리머 시멘트 모르타르의 8사이클 후의 철근 부식형상이다. 사진에서 알 수 있듯이, 철근의 부식형상을 관찰해 보면, 상당 부위에 부식이 발생한 보통 시멘트 모르타르 내의 철근과는 달리, VA/E/MMA 터폴리머 분말수지와 칼루마이트 병용 폴리머 시멘트 모르타르 내의 철근의 형상을 통해 VA/E/MMA 터폴리머와 칼루마이트가 병용되었을 때, 가장 우수한 방청성능을 확인할 수 있었다.

Type of Mortar	C/C (%)	P/B (%)	Appearance of Reinforcing Bar
VA/E/MMA	0	0	
		10	
		20	
	5	0	
		10	
		20	
VAE	0	10	
		20	
		10	
	5	10	
		20	
		10	

그림 14. 칼루마이트 및 재유화형 분말수지 병용 폴리머 시멘트 모르타르의 8사이클 후의 철근 부식 형상

한편, VAE 코폴리머 분말수지와 칼루마이트를 병용하였을 때, 보통 시멘트 모르타르 보다 철근 부식 억제 효과가 있었지만, VA/E/MMA 터폴리머 분말수지와 칼루마이트를 병용했을 때 보다 방청성능이 우수하게 나타나지 않았다.

그림 15는 신축 후 5년 경과한 노출콘크리트의 표면 열화 및 피복두께 부족에 의한 철근 부식 상황을 나타낸 것이다. 일반적으로 노출콘크리트는 표면마감재에 의한 마감이 전부이므로 대기 중의 이산화탄소에 의하여 콘크리트가 중성화되고, 그로 인하여 철근이 부식하여 균열발생 및 녹물이 흘러내리는 경우가 있다. 또한, 해안가에 축조되는 구조물의 경우는 해염 입자가 콘크리트 내부로 침입하여 철근이 부식되는 경우도 발생하며, 극한지에서는 콘크리트의 동결융해가 진행되어 콘크리트에 균열이 발생하고, 이로 인하여 철근 부식과 함께 녹물이 흘러내려 건축물의 외관의 손상을 초래한다. 따라서, 노출콘크리트의 경우는 반드시 외적 환경 열화인자의 침입을 억제할 수 있는 표면마감재의 선택이 필요할 뿐만 아니라 콘크리트 자체의 성능 향상 및 철근 부식 억제제 등의 병용에 의해 일반 콘크리트보다 성능을 높여서 고내구성화하는 것이 필요하다.



그림 15. 노출콘크리트의 피복두께 부족에 의한 철근 부식 상황

그림 16은 신축 후 경과 년수가 25년인 공동주택의 철근부식상태를 나타낸 것이다. 이것은 공동주택 발코니 하부의 철근부식 상태가 구조체 노후화상태 E등급의 판정을 받은 것으로, 과거 이삼십년 전의 철근콘크리트 구조물은 그 사용수명이 현저히 저하하여 리모델링의 의미가 없을 정도의 심각한 상태를 나타내고 있다. 최근 이와 같이 경과년수가 30년이 되지 않은 철근콘크리트조 건축물의 조기 열화가 심각하며, 이로 인해 그 내구수명이 현저히 줄어드는 사례가 빈번하다.

향후, 환경부하를 최소화할 수 있는 고내구성 재료의 개발과 함께, 장기재령의 철근콘크리트조 건축물이 실현되어져야 할 것이다. 아질산형 hydrocalumite와 재유화형 분말수지를 병용한 고내구성 폴리머 시멘트계 재료를 이용한 일련의 연구는 향후, 건설 산업에서 철근콘크리트조 건축물의 장수명화에 크게 기여할 것으로 판단된다.



그림 16. 공동주택 발코니 하부의 철근 부식 상황

4. 결론

본 연구는 환경부하저감형 고내구성 폴리머 시멘트계 재료를 이용한 철근 부식저감기술에 관한 것으로, 2종의 VAE계 재유화형 분말수지와 칼루마이트를 병용한 폴리머 시멘트 모르타르의 방청성에 영향을 주는 요소들을

검토하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) VAE계 재유화형 분말수지를 이용한 폴리머 필름에 대해 인장강도와 내수성을 검토해 본 결과, VA/E/MMA 터폴리머 분말수지를 이용한 폴리머 필름이 VAE 코폴리머 분말수지에 비해 우수하였다.
- 2) VA/E/MMA 터폴리머 분말수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물이온 침투저항성은 폴리머 혼입률의 증가와 함께 현저히 개선되었으며, VAE 코폴리머 분말수지 및 칼루마이트 혼입 시멘트 모르타르보다 우수하였다.
- 3) 칼루마이트 혼입 시멘트 모르타르의 부식률은 사이클 수의 증가와 함께 조금씩 증가하는 경향을 나타낸 반면, VA/E/MMA 및 VAE 분말수지를 혼입한 것의 부식률은 아주 미미하게 나타났다.
- 4) 폴리머 혼입률에 관계없이, VA/E/MMA 터폴리머 분말수지와 칼루마이트를 병용한 폴리머 시멘트 모르타르의 8사이클 후의 부식률은 0%로 방청성이 매우 뛰어났으며, VAE 코폴리머 분말수지와 칼루마이트를 병용한 것보다 상대적으로 우수하였다.
- 5) VA/E/MMA 및 VAE 재유화형 분말수지와 칼루마이트를 병용한 폴리머 시멘트 모르타르는 폴리머 종류에 따라 약간의 성능차이가 있지만, 보통 시멘트 모르타르에 비해 매우 탁월한 방청성능을 보였다.
- 6) 이상의 연구결과로부터, 환경부하저감형 고내구성 폴리머 시멘트계 재료를 이용한 철근 부식의 저감책은 건설 산업분야에서 철근콘크리트조 건축물의 장수명화에 크게 기여할 것으로 판단된다. 향후, 환경부하를 최소화할 수 있는 고내구성 재료의 개발과 함께, 장기재령의 철근콘크리트조 건축물이 실현되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 立松英信, 佐々木孝彦, 高田 潤, 塩害による鐵筋腐食の診斷と抑制に關する研究, 콘크리트工學年次論文集, Vol.11, No.2, pp.11-20, 2000.5
2. 김완기, 再乳化形粉末樹脂 및 폴리머 디스퍼전 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 強度와 接着特性, 대한건축학회논문집(구조계), 제22권, 제4호, pp.119-126, 2006.4
3. Y. Ohama, Y. Miyamoto and H. Tatematsu, Effects of Mix Proportioning Factors on Properties of Epoxy-Modified Mortars without Hardner Containing Nitrite-Type Hydrocalumite, Proceedings of the Fourth International Conference on Concrete Under Severe Conditions, KCI, Seoul, pp.1473-1480, 2004.7
4. Ohama, Y., Handbook of Polymer-Modified Concretes and Mortars, Noyes Publications, New Jersey, pp.45-86, 1995.

투고(접수)일자: 2010년 7월 20일

심사일자: 2010년 10월 1일

게재확정일자: 2010년 10월 22일