

폴리머 시멘트 슬러리에 의한 철근의 방청성능

The Anti-Corrosion Properties of Coated Reinforcing Bar Using Polymer Cement Slurry

김영집*
Kim, Young Jib

김연홍**
Kim, Yeon Hong

윤보원***
Yoon, Bo Won

조영국****
Jo, Young Kug

소양섭****
Soh, Yang Seob

ABSTRACT

The purpose of this study is to improve the anti-corrosive properties of coated reinforcing bar using polymer cement slurry. Polymer cement slurry are prepared with three types of polymer dispersions and corrosion inhibiting admixture. And tested for corrosion accelerating tests such as immersion in NaCl 10% solution, NaCl 10% solution spray, high temperature and pressure steam in condition of 8cycles, carbonation before and after, penetration of NaCl solution.

From the test results, it is concluded that the anti-corrosive properties are considerably improved by coating using polymer cement slurry at surface of reinforcing bar. And this trend is marked by adding of corrosion inhibiting admixture. The difference of the anti-corrosive properties is hardly recognized according to types of polymer dispersions. The anti-corrosive properties of coated reinforcing bar using polymer cement slurry are improved to a great extent compared to those of plain reinforcing bar according to increasing content of chloride ion in cement concrete.

1. 서론

철근콘크리트 구조물이 바닷가, 해양구조물, 교량, 폐수 처리시설 등의 열악한 환경하에 있는 구조체에 사용하는 경우에는 철근 부식으로 인해 구조물의 내구성과 사용성이 일반적인 구조물과 비교하여 크게 저하된다. 또한 콘크리트에 사용된 해사와 동결해빙 염화칼슘 등 방동제는 철근의 부식을 촉진하는 요소로 구조체의 내구성, 사용성, 구조성능 측면에서 문제를 일으킬 가능성이 높다. 이러한 부식 문제를 해결하기 위해 여러 가지 방법이 제시되고 있으나 현재까지는 철근에 에폭시 수지를 도장하는 방법으로 외국에서만 아니라 우리나라에서도 사용되고 있다. 철근에 직접 방청 성능을 부여하는 것은 시공편의성과 방청성능에 있어 대단히 우수하지만, 운반시 충격에 따른 박리와 박락, 내굴곡성, 부착성이 좋지 않으며 무엇보다 높은 제조 기술력이 요구되므로 그 가격이 아주 비싸다는 점 등이 제기되는데, 이의 개선책으로 폴리머 시멘트계 재료를 사용한 방식방법이 제안되고 있다.¹⁻⁴⁾

본 연구에서는 폴리머 시멘트 슬러리를 제작, 강재에 도장처리 함으로써 부식성에 대한 저항성능을 평가 분석하여, 현장에 직접 적용할 수 있는 기술로써 발전시키기 위한 기초적 자료를 제공하고자 하였다.

2. 사용재료

2.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 국내산으로 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

- * 전북대학교 대학원 석사과정
- ** 청운대학교 대학원 석사과정
- *** 청운대학교 건축공학과 교수, 공학박사
- **** 전북대학교 건축·도시공학부 교수, 공학박사

2.2 시멘트 혼화용 폴리머

시멘트 혼화용 폴리머는 스티렌·아크릴산 부틸(이하 St/BA라 함) 및 아크릴계(이하 PA라 함) 에멀전을 사용 하였으며 그 성질은 표 1과 같다.

표 1 시멘트 혼화용 폴리머 분사제의 성질

폴리머 종류	St/BA-1	St/BA-2	PA
비 중(℃)	1.04	1.04	1.09
PH(20℃)	7.5	6.8	4.3
점 도(20℃, mPa·s)	2470	146	1997
평균입경(μm)	0.28	0.25	0.50
고형분(%)	56	56	50

2.3 소포제

시멘트에 폴리머를 혼입할 때 진행되는 기포를 제거하기 위하여 수성 폴리머 분산계에 실리콘계 에멀전(고형분30%)을 폴리머 고형분 중량에 대하여 0.7% 첨가하였다.

2.4 철근

철근은 KS D 3504(철근 콘크리트용 봉강)에 규정된 D13을 사용하였다.

2.5 방청제

방청제는 국내 S사 제품으로서 폴리머 시멘트 슬러리에 4kg/㎡를 사용하였다.

2.6 염화나트륨 수용액

부식 촉진시험을 위하여 시약용 염화나트륨(순도 99%)을 사용하였으며, 염분분무 시험과 염분침투 시험은 10% 염화나트륨을 제조하여 사용하였다.

3. 시험방법

3.1 폴리머 시멘트 슬러리 제작

예비시험을 통하여 폴리머 시멘트 슬러리 도장의 용이성 및 양생을 고려하여 2번 도장한 두께인 250±50μm로 고정하였고, 시험용 공시체를 제작하기 위한 폴리머 시멘트 슬러리 배합표는 표 2와 같다.

표 2 폴리머 시멘트 슬러리 배합표

폴리머 종류	폴리머 시멘트 비(%)	폴시멘트비(%)	코팅두께(μm)	소포제(%)
St/BA-1	100	100	235	0.7
St/BA-2	100	100	220	
PA	100	214	240	

3.2 염화나트륨 수용액 침지 시험

각종 폴리머 종류에 따라 폴리머 시멘트 슬러리를 만들어 철근에 도포한 다음 양생을 마친 철근에 대하여 염화나트륨 수용액에 7일, 14일, 28일간 침지 후, 철근의 녹발생 정도를 확인하였다.

3.3 폴리머 시멘트 슬러리로 도장강의 염분분무시험

폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장강과 보통철근을 사진 1과 같은 염분분무시험기(압력 1.0kg/cm², 챔버온도 35℃, 분무용액 온도 47℃)를 사용하여 10% 염화나트륨 수용액을 24시간 및 48시간 동안 분무하였다. 시험 후, 철근의 부식면적을 디지털 면적계를 사용하여 측정하였다.



3.4 오토클레이브에 의한 철근부식 촉진 실험

폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 강재를 표 3과 같은 시멘트 콘크리트 배합으로 그림 1과 같이 실험용 공시체 (Ø10×20cm)를 제작 하였다. 강재는 피복두께가 각각 20mm가 되도록 2본을 매립하였으며, 그림 2와 같이 공시체는 28일간 기중양생을 실시한 후, 오토클레이브 양생(180℃, 10kg/cm²)으로 8시간 동안 유지시켰다. 그 후 상온으로 냉각하여 6시간 동안 수중에 침지시키는 시험을 8번 반복 실시 하였다. 실험 후, 만능시험기를 사용하여 공시체를 할절파괴하여 철근의 부식면적을 디지털 면적계를 사용하여 측정하였다.

3.5 중성화 촉진 시험

폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 강재를 표 3과 같은 콘크리트 배합으로 그림 1과 같이 피복두께 10mm가 되도록 2본을 매립하여 공시체를 제작하였다. 그 후, 28일간 기중양생을 실시한 후, 사진 2와 같은 중성화 촉진 시험(30℃, 60%R.H., CO₂농도 : 5%)장치를 사용하여 철근의 중앙까지 중성화가 도달된 방치 재령 14일까지 실시하였다. 시험 후, 만능시험기를 사용하여 공시체를 할절 파괴하여 철근의 부식면적을 디지털 면적계를 사용하여 측정하였다.

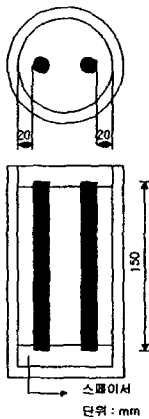


그림 1 시험용 공시체

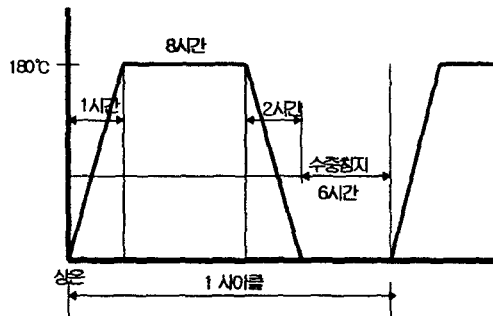


그림 4 오토클레이브 양생조건

표 3 시멘트 콘크리트 배합표

단위량(kg/m ³)				NaCl 혼입량 (잔골재 중량) 0%, 0.02%, 0.04%, 0.1% 0.135%, 0.27%
시멘트	잔골재	굵은골재	수량	
300	738	1148	165	

3.6 염화나트륨 수용액 침투시험

각종 폴리머 종류에 따라 폴리머 시멘트 슬러리를 만들어 철근에 대하여 그림 3과 같은 방법으로 W/C : 30%, 시멘트 : 표준사 = 1 : 3(중량비)의 배합으로 시멘트 모르타르를 제작한 후, 그 중앙에 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된

철근을 넣어 시험편을 제작하였다. 제작된 시험편을 28일간 양생한 후, 10kg/cm²에서 24시간 동안 염화나트륨 10% 수용액을 사진 3과 같은 염분침투시험기를 사용하여 침투시켰다. 그 다음 시험편을 꺼내어 60℃에서 24시간 건조시켰다. 이런 방법을 5회, 10회 반복시킨 후, 철근 표면의 부식정도를 측정하였다.

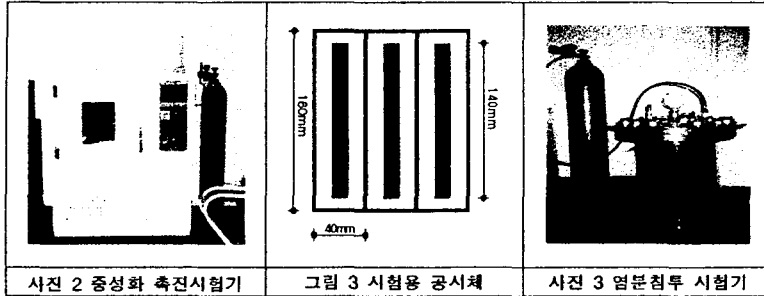


사진 2 중성화 촉진시험기

그림 3 시험용 공시체

사진 3 염분침투 시험기

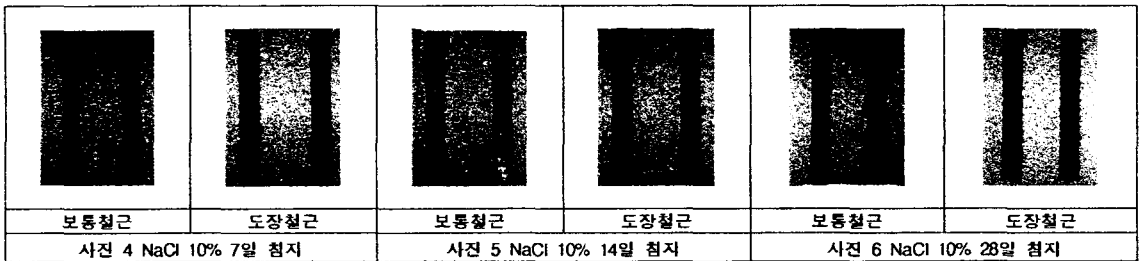
3.7 염분침투 시험 후 중성화 촉진 시험

3.6의 염분 침투시험을 마친 공시체를 중성화 시험(30℃, 60%R.H., CO₂농도 5%)장치를 사용하여 재령 14일간 실시하였다. 시험 후, 철근을 꺼내 철근의 부식면적을 디지털 면적계를 사용하여 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 염화나트륨 수용액 침지 시험

사진 4, 5, 6에서 알 수 있는 바와 같이 보통철근은 시간이 지남에 따라 철근부식이 현격하게 나타났으며, 14일 침지시 완전부식이 일어났으며, 28일 이후에는 단면결손까지 보였으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근은 부식이 발견되지 않았다.



보통철근

도장철근

보통철근

도장철근

보통철근

도장철근

사진 4 NaCl 10% 7일 침지

사진 5 NaCl 10% 14일 침지

사진 6 NaCl 10% 28일 침지

4.2 염분분부 시험

그림 4는 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 강재의 10% 염화나트륨 수용액을 24시간 및 48시간 동안 분무한 후, 강재의 부식정도를 전체면적에 대한 비로서 나타낸 것이다. 결과에 알 수 있는 바와 같이 보통철근은 24시간 분무시 85%, 48시간에는 100%의 녹이 발생하였으며, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 강재는 도장부분이 미세한 공극으로 염분이 침투되어 약간의 녹이 발생하였지만, 이것은 도장면의 도장두께로서 개선이 가능할 것으로 사료된다.

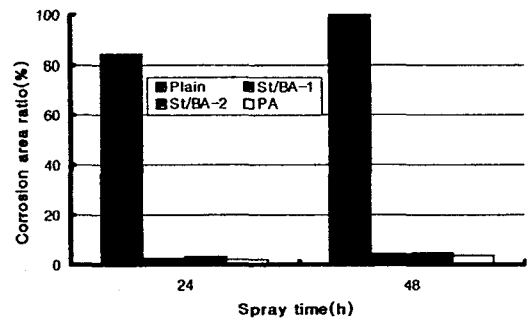


그림 4 염분분무 시험 후, 철근 녹발생 정도

4.3 오토클레이브에 의한 부식촉진 시험

그림 5는 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 강재를 염소이온을 함유시킨 콘크리트속에 매립한 후, 부식 촉진 양생인 오

도크레이브 양생을 실시하여 철근의 부식 정도를 철근 전체면적에 대한 부식 면적비를 산출한 결과이다. 그림 5에서 알 수 있는 바와 같이, 도장하지 않은 보통철근은 염분의 함유량이 증가할수록 녹의 발생정도가 심하였으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근은 약간의 녹이 발생하였으나, 그 정도는 아주 미세하였다. 이미 발표된 연구자료에 의하면 해사의 경우, 보통 잔골재 절건중량의 0.27%(NaCl)정도가 최대치로서 보고되고 있는데, 본 실험에서의 결과에서도 보통철근과 도장철근의 부식면적율에 현격한 차이를 보였다. 또한, 본 실험은 보통강재에 대한 부식속진 실험이기 때문에 폴리머 시멘트 슬러리를 사용한 경우에는, 폴리머 필름의 열에 대한 영향성이 크므로 다소 성능이 떨어진 결과로 볼 수 있다. 따라서 현장 이용시에는 완벽하게 염소이온이 차단될 수 있을 것으로 판단된다.

그림 6은 폴리머 시멘트 슬러리에 방청제를 첨가하여 도장한 도장철근의 오토크레이브에 의한 부식속진 시험의 결과이다. 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이 방청제를 첨가한 도장철근이 방청제를 첨가하지 않은 도장철근 보다 방식효과가 우수하게 나타났다.

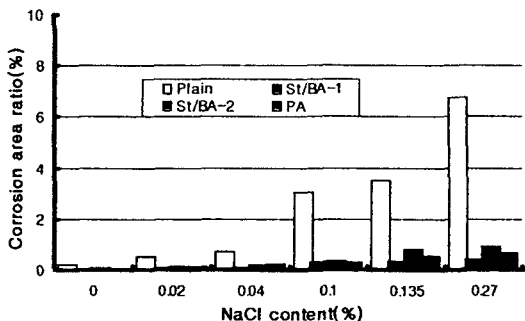


그림 5 오토크레이브 축진 양생에 의한 철근의 녹발생 정도

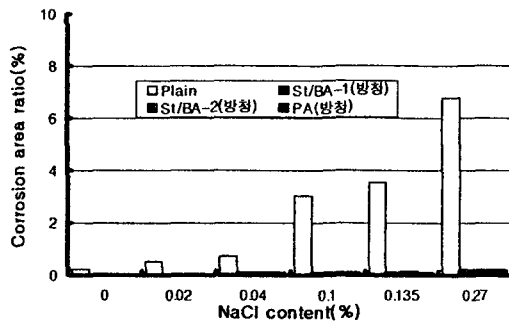


그림 6 오토크레이브 축진 양생에 의한 철근의 녹발생 정도

4.4 중성화 축진 시험

그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 축진 중성화시험을 실시한 결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 강재는 폴리머의 종류에 관계없이 녹이 슬지 않았다. 그러나 도장하지 않은 보통철근의 경우에는 녹이 발생되기 시작하여 최대 8.3%의 부식면적비를 나타냈다. 또한 콘크리트에 함유된 염분의 양이 증가할수록 부식면적도 증가하여 발생되는 면적이 컸다. 사진 7은 축진중성화 시험후의 공시체를 촬영하여 중성화 정도를 페놀프탈레인 용액을 사용하여 중성화 깊이를 검토했다.

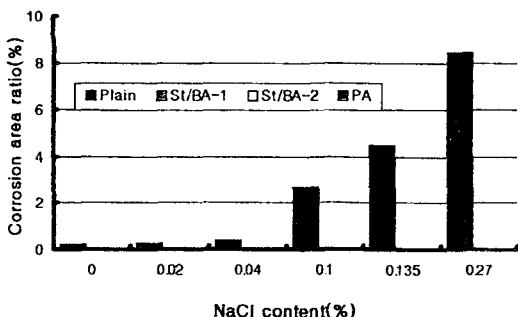


그림 7 중성화 축진 시험 후, 철근의 녹발생 정도



사진 7 축진중성화 시험후의 공시체 단면

4.5 염화나트륨 수용액 침투시험

그림 8은 보통철근 및 도장철근이 매립된 시멘트 모르타르에 염화나트륨 10% 수용액을 강제로 침투시킨 후, 녹의 발생 정도를 확인한 것이다. 그림 8의 결과에서 알 수 있는 바와 같이 5cycle 및 10cycle에서 폴리머 시멘트 슬러리로 도포하지 않은 보통철근은 철근 부식이 현격하게 나타났으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근은 녹의 발생이 아주 미세하였다.

4.6 염분침투 시험 후 중성화 촉진 시험

염분침투 시험 후, 더욱더 철근부식을 촉진하고, 중성화의 영향을 평가하기 위하여 중성화 촉진 시험장치를 사용하여 시험을 실시한 결과, 그림 9에서 알 수 있는 바와 같이 그림 8의 결과가 더욱더 진행되어 폴리머 시멘트 슬러리로 도포하지 않은 보통철근은 녹의 발생이 증가하였으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도포된 도장철근은 아주 미세한 증가를 보였다.

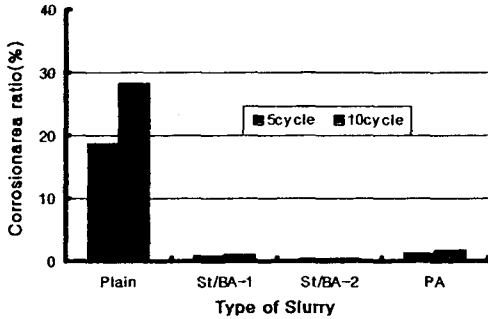


그림 8 염화나트륨 10% 수용액 침투시험 후, 녹발생 정도

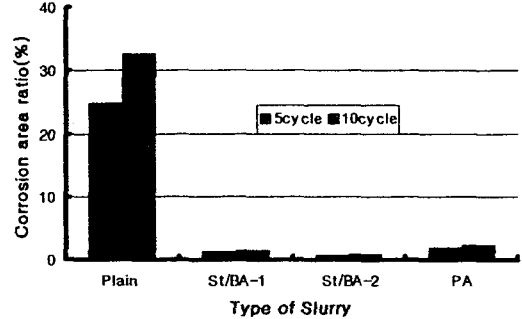


그림 9 중성화 촉진 시험 후, 철근의 녹발생 정도

5. 결 론

폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 도장철근의 방청성능에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 염화나트륨 수용액 10% 침지 결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 3일만에 부식이 발생하여 7일 침지시 완전 부식이 일어났으며, 28일에는 단면결손까지 보였으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도포된 도장철근은 전혀 부식을 발견할 수 없었다.
- 2) 염화나트륨 수용액 10%를 24시간 및 48시간 분무시, 24시간에는 약 85%, 48시간에는 완전부식이 발생된 반면, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장처리된 도장철근은 미세한 공극으로 염분이 침투되어 소량의 녹이 발견되었지만, 도장면의 도장 두께와 도장횟수로 개선이 가능할 것으로 사료된다.
- 3) 오토클레이브에 의한 부식촉진 시험결과, 염화나트륨의 증가에 따라 폴리머 시멘트로 도장하지 않은 보통철근은 부식이 증가 하였으며, 보통철근은 부식면적이 미세하였다. 또 폴리머 시멘트 슬러리에 방청제 첨가하여 도장된 도장철근은 방청제를 첨가하지 않은 도장철근보다 약 2.3배 정도 방청효과가 우수하였으며, 본 실험은 보통방청제에 대한 부식촉진 시험이기 때문에 현장 이용시에는 더욱 방청 효과가 우수 할 것으로 사료된다.
- 4) 촉진 중성화시험을 결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근은 염분양이 증가하여도 녹이 발생하지 않았지만, 보통철근은 염분양의 증가와 함께 부식면적도 증가하였다.
- 5) 염화나트륨 10% 수용액을 침투시킨 결과, 보통철근 보다 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근은 매우 우수한 방청효과를 나타냈으며, 그중에서도 St/BA-2가 가장 우수하였으며, St/BA-1, PA순으로 나타났다.
- 6) 염화나트륨 10% 수용액에 침투시킨 후, 14간 중성화 촉진시험을 실시한 결과, 보통철근은 5%이상 더욱 부식됨을 확인할 수 있었으며, 그럼에도 불구하고 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근은 매우 우수한 방청효과를 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000-1-3100-004 -3) 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김현기외3명, "폴리머 시멘트 슬러리 도장철근의 내약품성," 2000년 가을 학술발표논문집, 제12권 2호, pp.1121~1126, 2000. 11.
2. 소양섭외4명, "폴리머 시멘트 슬러리 도장철근의 내굴곡성," 2001년 봄 학술발표논문집, 제13권 1호, pp.1017~1022, 2001. 5.
3. 김현기외4명, "폴리머 시멘트 슬러리 도장철근의 인발부착 특성," 2001년 가을 학술발표논문집, 제13권 2호, pp.117~122, 2001. 11.
4. 소양섭외4명, "폴리머 시멘트 슬러리 도장철근의 내부식성," 2001년 춘계 학술발표논문집, 제21권 1호, pp.257~260, 2001. 4.