

## 폴리머 시멘트 슬러리로 코팅한 도장철근의 내식성 평가

조영국<sup>1)\*</sup> · 김영집<sup>2)</sup> · 소양섭<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>청운대학교 건축공학과 <sup>2)</sup>전북대학교 건축·도시공학부

(2002년 8월 29일 원고접수, 2002년 12월 17일 심사완료)

### Evaluations of Corrosion Resistance of Coated Steel Using Polymer Cement Slurry

Young-Kug Jo<sup>1)</sup>, Young-Jib Kim<sup>2)</sup>, and Yang-Seob Soh<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Architectural Engineering, Chungwoon University, Hongsung, 350-701, Korea

<sup>2)</sup>Faculty of Architecture and Urban Engineering, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea

(Received August 29, 2002, Accepted December 17, 2002)

#### ABSTRACT

Reinforced concrete structures under sever conditions such as marine structures, bridges and structures constructed with aggregates(dredged from sea), can be deteriorated from corrosion of the reinforcing bars.

The purpose of this study is to evaluate the anti-corrosive performance of coated steel using polymer cement slurry. Polymer cement slurry with various polymer dispersions and corrosion inhibiting agent were coated to the surface of bars, and tested for accelerated corrosion tests. Tests include immersion in NaCl 10 % solution, chloride ion spray, autoclave cure, autoclave cure after carbonation, penetration of NaCl 10 % solution, carbonation after penetration of NaCl 10 % solution.

Test results, show that the anti-corrosive performance is considerably improved by using polymer cement slurry at surface of steel. And this trend is marked by adding of corrosion inhibiting agent.

This difference of the anti-corrosive properties is hardly recognized according to types of polymer dispersions. The coated steel using polymer cement slurry will be improved to a great extent compared to those of plain steel when increasing content of chloride ion in cement concrete.

**Keywords :** polymer cement slurry, polymer cement ratio, carbonation, autoclave cure, corrosion

#### 1. 서 론

철근 콘크리트 구조물은 외부에 존재하는 각종 유해 물질들(염화물이온, 산소, 이산화탄소, 황산염)로부터 장기간에 걸쳐 부분적인 침투나, 혹은 확산, 흡수, 모세관작용, 다양한 메커니즘에 의해 열화되고, 결국에는 철근의 부식을 일으켜 붕괴하게 된다. 최근 건설산업의 발달로 골재들의 사용이 급격히 증가되면서, 골재부족으로 인한 바닷모래의 사용, 동절기 염화칼슘 등 방동제로 인하여 염화물 이온의 침투가 증가하고 있으며, 차량이 내뿜는 아황산 가스나 대기중의 이산화탄소가 콘크리트중의 수산화칼슘과 반응하여 중성화(탄산염화)의 원인이 되어 철근의 부동태 피막을 파괴시켜 철근부식 속도를 가속시키고 있다. 이러한 이유로 유해환경에 노출된 철근 콘크리트 구조물의 철근부식방지에 대한 인식이 높아지면서 많은 연구개발이 진행되고 있다<sup>1~3)</sup>. 또한 강모래의 부족 현상으로 해사 사용이 급증함에 따라 염화물

에 의한 철근부식에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이와 같은 철근부식 방지를 위한 방지책으로 염분 피해가 클 수 있는 해안가의 중요구조물에는 에폭시 도장철근을 일부 사용하고 있으나, 경제성 문제로 널리 보급되고 있지 못하고 있으며, 내굴곡성, 콘크리트와의 부착성 문제와 도장부분의 취성으로 말미암아 시공상의 문제점이 제기되고 있다<sup>4~5)</sup>.

시멘트 혼화용 폴리머는 시멘트 수화와 폴리머의 필름형성이 동시에 진행되어 망상구조를 갖는 Co-matrix를 형성하고 시멘트 입자 계면에 유효하게 작용하여 작업성을 우수하게 하며, 폴리머 필름의 인성으로 시멘트 매트릭스 안에서 취성을 보완해준다.

폴리머 시멘트 슬러리는 시멘트 페이스트에 폴리머를 혼합한 것으로서 보통 시멘트 페이스트에 비해 점성이 크며, 경화시 철근에 부착성이 좋고 휨굴곡에 대한 풍부한 인성으로 철근으로 부터 탈락되지 않는다<sup>4)</sup>. 따라서 이러한 폴리머 시멘트 슬러리로 철근을 도장처리 한다면, 염분에 의한 철근의 부식을 억제 할 수 있을 것으로 판단할 수 있다.

본 연구는 경제적으로 유리한 폴리머 시멘트 슬러리를 이용한 철근의 도장처리 방법을 개발하여 직접 시멘트 콘크리트

\* Corresponding author

Tel : 041-630-3284 Fax : 041-630-3284

Email : ykjo@chungwoon.ac.kr

구조물에 적용하기 위한 기초적 연구로서, 철근에 대한 각종 부식조건을 설정하여 도장하지 않은 철근과 도장 철근과의 내부식 성능을 평가하였다.

## 2. 실험계획 방법

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 국내산으로 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

#### 2.1.2 시멘트 혼화용 폴리머

시멘트 혼화용 폴리머는 스틸렌·아크릴산 부틸(이하 St/BA라 함) 및 아크릴계(이하 PA라 함) 에멀전을 사용하였으며 그 성질은 Table 1과 같다.

#### 2.1.3 소포제

시멘트에 폴리머를 혼입할 때 진행되는 기포를 제거하기 위하여 수성 폴리머 분산계에 실리콘계 에멀전(고형분 30%)을 폴리머 중량에 대하여 0.7% 첨가하였다.

#### 2.1.4 철근

철근은 KS D 3504(철근 콘크리트용 봉강)에 규정된 D13 및 D22을 사용하였다.

#### 2.1.5 방청제

방청제는 국내 S사 제품으로서 폴리머 시멘트 슬러리에 4 kg/m<sup>3</sup>를 첨가하였다.

#### 2.1.6 염화나트륨

부식 촉진시험을 위하여 시약용 염화나트륨(순도 99%)을 사용하여 10%의 염화나트륨용액을 제조하였다.

### 2.2 폴리머 시멘트 슬러리 제작

폴리머 시멘트 슬러리 도장철근을 제작하기 위하여 3종류의 폴리머를 사용하여 폴리머 시멘트 비를 100%로 고정하고, 250±50μm결정하기 위하여 물시멘트비를 결정한 결과 Table 2와 같다. 도장두께 측정은 D22 철근을 100mm로 잘라 도장된 철근을 ASTM규격에 따라 하나의 철근당 일정한 간격으로 15회이상 마디와 마디 사이, 마디위, 리브위를 측정하여(HI8601 : 휴대용 Analogue Coating 두께측정기) 15개 값에서 평균한 값을 도장두께로 정하였다. 3종류의 폴리머에 대하여 도장두께를 검토한 2회 도장으로 적정두께인 250±50 μm를 결정된 배합을 가지고 철근을 도장한 다음 28일 양생(20℃, 80%RH) 후, 내식성을 평가하였다.

## 2.3 실험방법

### 2.3.1 염화나트륨 수용액 침지 시험

3종류의 폴리머 종류에 따라 폴리머 시멘트 슬러리를 제작하여 철근에 도장한 다음, 28일간 양생을 마친 철근에 대하여 10% 염화나트륨 수용액에 28일간 침지 후, 철근의 부식정도를 육안으로 관찰하였으며, 부식면적율을 다음과 같은 식에 의해 구하였다.

$$\text{부식면적율(\%)} = \frac{\text{부식면적}}{\text{측정면적}} \times 100$$

### 2.3.2 염화나트륨 수용액의 분무시험

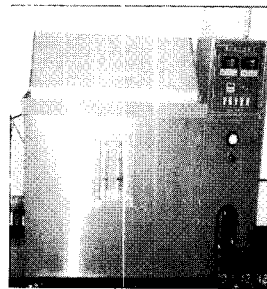
폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근과 보통철근을 Fig. 1과 같은 염화나트륨 수용액 분무시험장치(압력 1.0 kg/cm<sup>2</sup>, 챔버온도 35℃, 분무용액온도 47℃)를 사용하여 10% 염화나트륨 수용액을 24시간과 48시간 동안 분무한 후, 철근의 부식면적율을 측정하였다.

Table 1 Properties of polymer dispersions

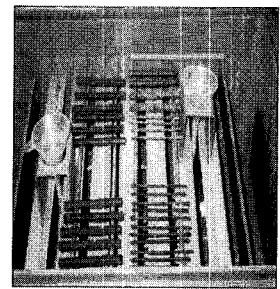
Type of Slurry	Specific Gravity (20℃)	PH (20℃)	Viscosity (20℃, mPa·s)	Total solids (%)
Acrylic emulsion	1.09	5.0	900	53
St/BA-1 emulsion	1.04	7.8	850	57
St/BA-2 emulsion	1.04	6.8	146	56

Table 2 Mix proportions of polymer cement slurry

Type of Slurry	Polymer-cement ratio, P/C(%)	W/C (%)	Coating thickness (μm)	Antifoaming agent(%)
St/BA-1	100	100	250±50μm	0.7
St/BA-2		100		
PA		214		



(Outside)



(Inside)

Fig. 1 NaCl solution spray tester

### 2.3.3 오토클레이브에 의한 철근부식 촉진시험

철근부식 촉진시험을 실시하기 위하여 공시체(Ø10×20 cm)에 Fig. 2와 같이 철근을 2본 평행하게 매립한 후, 철근의 피복두께는 각각 20 mm가 되도록 하여 원주체 1직경상에 배치하고, 철근표면은 원주체 단면에서 25 mm정도 내부에 위치하도록 설치하였다. 철근부식을 촉진 시키기 위하여 Table 3과 같은 배합에 염소이온을 0%, 0.02%, 0.04% 및 0.1%, 0.135%, 0.27%를 첨가하여 제작한 후, 28일간 수중양생을 실시한 다음, Fig. 3과 같은 오토클레이브 시험장치에 넣은 후, Fig. 4와 같이 용기내의 온도를 180 °C, 10 kg/cm<sup>2</sup>까지 상승시켜, 8시간 동안 유지시킨 후, 상승시 보다 낮은 속도로 실온까지 온도를 낮춰 6시간 동안 수중에 침지시켰다. 이러한 과정을 8번 반복 실시한 후, 공시체를 할열과 피 하여 철근의 부식면적을 측정하였다.

### 2.3.4 중성화 촉진시험

중성화 촉진시험은 오토클레이브에 의한 철근 부식 촉진 시험과 동일한 방법으로 피복두께가 10 mm 되도록 2본의 철근을 매립하여 공시체를 제작한 후, 촉진 중성화시험(30 °C, 60 %RH, CO<sub>2</sub> 농도 5 %)장치를 사용하여 철근의 중앙까지 중성화가 도달된 방치재령 14일까지 실시하였다. 시험 후, 공시체를 할열 파괴하여 철근의 부식면적을 측정하였다.

### 2.3.5 중성화 촉진시험 후, 오토클레이브에 의한 철근부식 촉진시험

중성화 촉진 시험과 동일한 방법으로 공시체를 제작하여 14일간 중성화 촉진 시험을 실시한 공시체를 오토클레이브에 의한 철근부식 촉진시험과 동일한 방법으로 실시하였다.

### 2.3.6 염화나트륨 수용액 침투시험

물시멘트비 50%, 시멘트 : 표준사 = 1 : 3 (중량비)의 배합으로 40x40x160 mm의 시멘트 모르타르를 제작한 후, 그 중앙에 1본의 도장철근을 넣어 시험용 공시체를 제작하였다. 제작된 시험용 공시체를 28일간 양생한 후, 염분침투 시험기 속에 넣고 용기내 압력 10 kg/cm<sup>2</sup>에서 24시간 동안 염화나트륨 10% 수용액을 침투시켰다. 그 다음 침투시킨 공시체를 꺼내어 60 °C에서 24시간 건조시키는 과정을 5회, 10회 반복 실시한 후, 철근의 부식정도를 측정하였다.

### 2.3.7 염화나트륨 수용액 침투 시험 후, 중성화 촉진시험

염화나트륨 침투시험을 마친 공시체를 30 °C, 60 %RH, CO<sub>2</sub> 농도 5%의 중성화 시험장치에 방치하여 재령 14일간 시험을 실시하였다. 시험 후, 철근을 빼내 철근의 부식면적을 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 염화나트륨 수용액 침지 시험

각종 폴리머 종류에 따라 폴리머 시멘트 슬러리를 만들어 철근에 도포한 다음 양생을 마친 철근에 대하여 염화나트륨 수용액에 7일, 14일 및 28일간 침지 후, 철근의 부식발생 정도를 확인하였다. Fig. 5에서 알 수 있는 바와 같이 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 3일만에 54% 정도의 부식이 발생되기 시작하여 14일에 전면에 부식이 일어

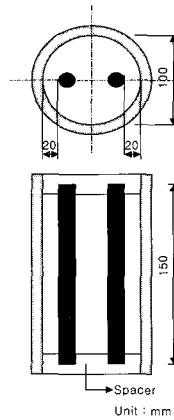


Fig. 2 Specimen for test

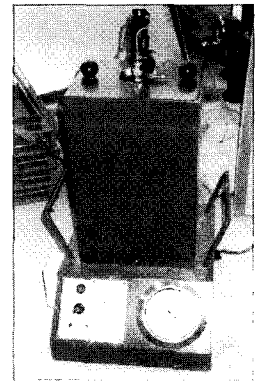


Fig. 3 Autoclave curing chamber

Table 3 Mix proportions of concrete

Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )				NaCl content(by weight of fine agg.) 0%, 0.02%, 0.04%, 0.1%, 0.135%, 0.27%
Cement	Fine agg.	Coarse agg.	Water	
300	738	1148	165	

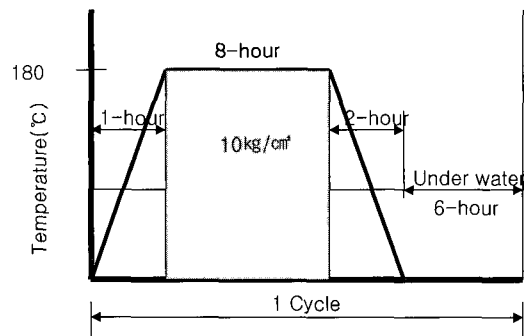


Fig. 4 Autoclave curing condition

났으며, 28일 이후에는 단면결손까지 보였다. 그러나 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근은 부식이 전혀 발생되지 않았으며 표면의 변화도 전혀 없었다.

보통 시멘트 페이스트는 철근에 도포하면 시멘트의 경화와 함께 균열이 발생되면서 철근으로 부터 탈락하게 된다. 본 연구에서는 시멘트 페이스트에 인성을 부여하면서 폴리머 필름에 의한 방수성능을 이용하여 철근에 도포하였기 때문에 철근에 도포도 양호하게 되며, 철근과의 부착성이 우수해 시멘트 페이스트가 탈락되지 않았다. 염화나트륨 수용액에 침지시켰을 경우에도 폴리머 시멘트 슬러리 내부의 폴리머 필름에 의해 용액의 침투가 차단되었기 때문이다.

### 3.2 염화나트륨 수용액 분무시험

Fig. 6은 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근의 부식정도를 나타낸 것이다. 본 실험에서의 철근의 부식촉진실험은 시험기 내부에 설치된 히터로 수용액의 온도를 높여 사용함으로써 부식을 보다 더 촉진시켰다. 실험결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 24시간 분무시 80%, 48시간에는 완전부식이 일어난 반면, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 철근은 부식면적율이 2% 이내로 도장부분의 미세한 공극으로 염화나트륨 수용액이 약간 침투되어 부식이 발생되었지만, 보통철근 보다 매우 우수한 방식효과를 나타냈으며, 이것은 도장면의 도장두께와 코팅횟수로 개선이 가능할 것으로 사료된다. 또한 사용 폴리머의 종류에 따라서는 약간의 차이가 있으나 모두 우수한 방식효과를 나타냈다.

### 3.3 오토클레이브에 의한 부식촉진 시험

Fig. 7은 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 철근을 염소이온을 함유시킨 콘크리트속에 매립한 후, 부식촉진 양생인 오토클레이브 양생을 실시하여 철근의 부식정도를 철근 전체면적에 대한 부식 면적비로 산출한 결과이다. 이미 발표된 연구자료에 의하면 해사의 경우 보통 잔골재의 절건중량의 0.27%(NaCl)정도가 최대치로서 보고되고 있어<sup>6)</sup>, 본 연구에서도 최대치로 설정하였다. 실험결과에서 알 수 있는 바와 같이, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 염분의 함유량이 증가할수록 부식발생 정도가 현저하게 증가하여 철근의 모든 면에 현격한 녹이 발생하였으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 철근은 염소이온의 농도가 증가하여도 크게 부식면적율이 증가되지는 않았으며, 염소이온농도가 0.1% 이상에서 영향을 크게 받는 것을 알 수

있었다.

시멘트 콘크리트 속에서 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근에 있어서도 부식이 약간 발생한 것은 오토클레이브에 의한 부식촉진실험이 180℃의 고온에서 실시되기 때문에, 철근 도장용 폴리머 시멘트 슬러리의 폴리머 필름이 열에 대해 저항성능이 떨어지기 때문으로 볼 수 있다. 그러나 실제현장 조건에서는 이 결과보다 훨씬 우수한 방식효과를 발휘할 수 있을 것으로 생각할 수 있다.

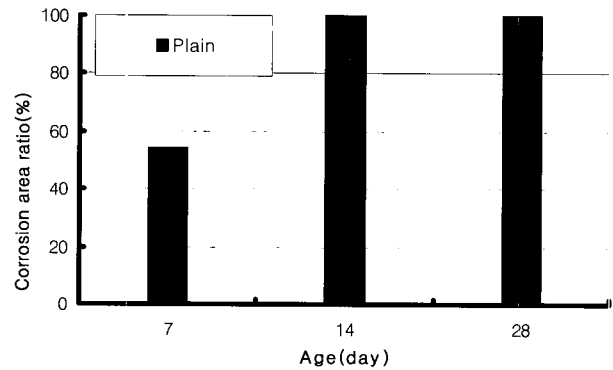


Fig. 5 Corrosion area ratio of coated steel by NaCl solution immersion test

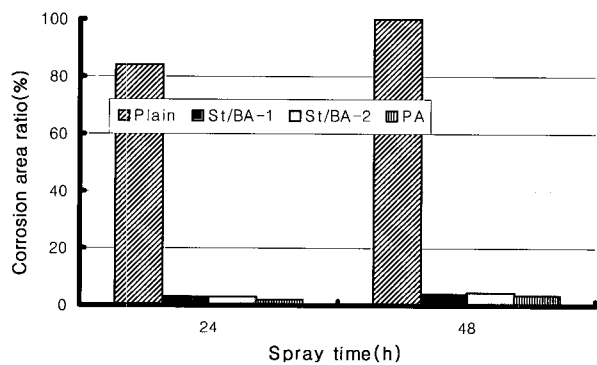


Fig. 6 Corrosion area ratio of coated steel by NaCl solution spray test

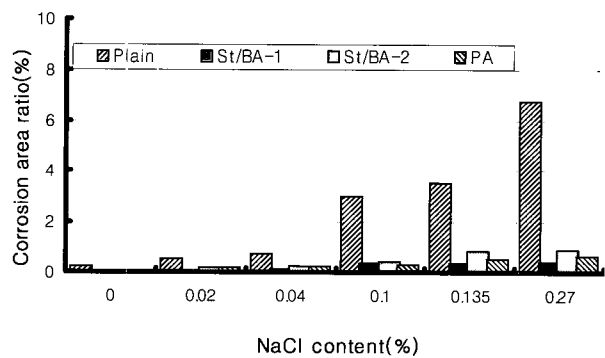


Fig. 7 Corrosion area ratio of coated steel by accelerated Autoclave cure

Fig. 8은 폴리머 시멘트 슬러리에 방청제를 첨가하여 도장한 도장철근의 오토클레이브에 의한 부식촉진 시험의 결과를 나타낸 것이다. 방청제를 첨가한 도장철근이 방청제를 첨가하지 않은 도장철근 보다 방식효과가 약간 우수하게 나타났다. 방식효과는 시멘트 콘크리트속의 염화물이온이 0.1 % 이상의 높은 조건에서 크게 개선됨을 알 수 있었다.

### 3.4 촉진 중성화 시험

촉진 중성화 시험을 실시한 결과, Fig. 9와 같이 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근은 폴리머의 종류에 관계없이 부식이 발생되지 않았지만, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근의 경우에는 부식이 발생되기 시작하여 최대 8.3 %의 부식율을 나타내었다. 또한 시멘트 콘크리트속에 함유된 염분의 함유량이 증가할수록 부식면적도 증가하였으며, 특히 염분 함유량이 0.1 % 이상부터는 부식율이 크게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 전술한 결과와 비교해 보면, 오토클레이브에 의한 부식촉진시험 결과 보다 시멘트 콘크리트 속에 염분이 존재하는 조건에서는 촉진 중성화에 의해 철근의 부식이 크게 증진됨을 알 수 있었다.

Fig. 10은 촉진 중성화 시험후 공시체를 할열과파괴하여 중성화 정도를 페놀프탈레인 용액을 사용하여 중성화 깊이를 검토한 사진이다. 시멘트 콘크리트속의 철근의 중앙까지만 중성화가 되도록 조절한 후, 중성화된 부분과 중성화 되지 않은 도장하지 않은 철근 부분의 부식정도를 관찰한 결과, 중성화가 되지 않은 철근 부분은 전혀 부식이 발생되지 않았다. 즉, 보통철근의 경우 염분의 존재하에서 중성화가 일어나면 부식을 현격하게 촉진한다는 사실을 알 수 있었다.

### 3.5 중성화 촉진시험 후, 오토클레이브에 의한 철근 부식 촉진시험

Fig. 11은 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근과 도장하지 않은 철근을 매립한 시멘트 콘크리트를 먼저 중성화 시험기를 통하여 중성화 촉진시험을 실시한 후, 더욱더 부식을 촉진하기 위해 다시 오토클레이브 촉진양생을 실시하여 철근의 부식정도를 평가한 결과를 나타낸 것이다. 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 철근은 Fig. 9의 결과와 비교해 볼 때, 매우 심한 부식을 발생하였으며, 부식의 정도가 염분의 함유량이 증가할수록 크게 증가하여 염분 함유율이 0.27%인 경우 90%를 초과하는 부식면적을 나타냈다. 그러나 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근의 경우에는 염분 함유량이 0.04% 이상에서만 부식이 발생하였으며 0.27%에

서도 폴리머 종류에 따라 약간의 차이는 있으나 1.5% 정도의 미세한 부식을 발생하였다.

여기에서도 알 수 있는 바와 같이 염분의 존재하에서 중성화에 의해 부식이 촉진될 수 있으며, 여기에 고온고압의 양생조건과 수중반복양생(오토클레이브 양생)등의 복합적인 부식촉진 조건이 가해지면, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 전면에 부식이 발생하였으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근은 열악한 조건에서도 미세한 부식이 발생하였다.

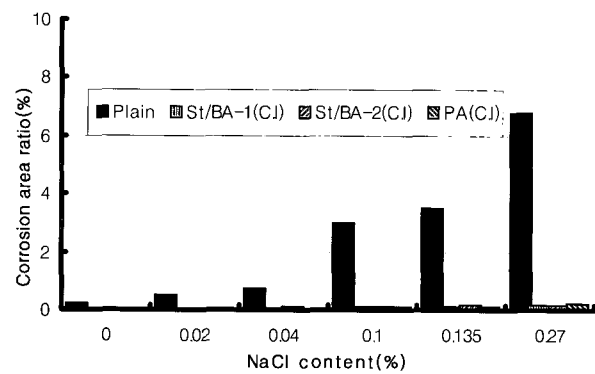


Fig. 8 Corrosion area ratio of coated steel using corrosion inhibiting agent by accelerated autoclave cure(C.I : Corrosion Inhibitor)

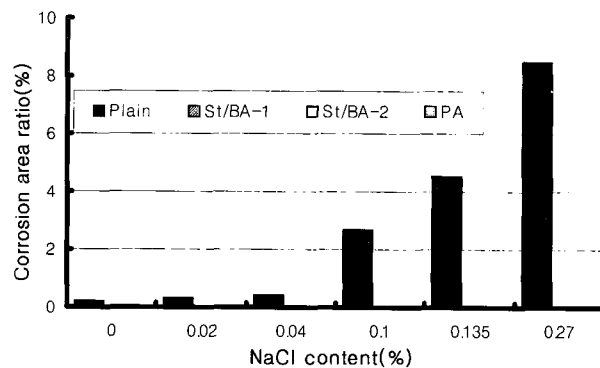


Fig. 9 Corrosion area ratio of coated steel by accelerated carbonation test

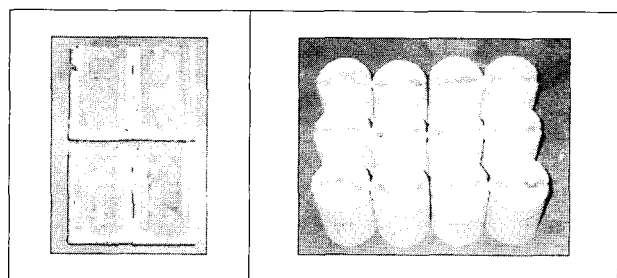


Fig. 10 Crosssections of cement concrete after accelerated carbonation test

### 3.6 염화나트륨 수용액 침투시험

Fig. 12는 보통철근과 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 도장철근이 매립된 시멘트 모르타르에 염화나트륨 10% 수용액을 강제로 침투시킨 후, 부식발생 정도를 측정된 결과이다. 결과에서 알 수 있는 바와 같이, 염화나트륨 수용액 침투 후, 건조양생의 반복 5사이클 및 10사이클에서 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 부식이 현격하게 발생하였다. 그러나 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근은 부식발생 면적율이 1% 미만으로 아주 미세하였으며 폴리머 종류에 따라서는 St/BA-2가 약간 우수하게 나타났다. 염화나트륨 수용액의 침투압력이 10 kgf/cm<sup>2</sup>이기 때문에 보통 시멘트 모르타르의 내부까지 침투하는데는 2-3시간이면 충분하였다. 또한 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 철근은 폴리머 필름이 막을 형성하여 높은 압력하에서도 염화나트륨 수용액의 침입을 막을 수 있었으며, 그 정도는 폴리머의 종류에 따라 약간의 차이는 있으나, 효과는 아주 우수하였다.

### 3.7 염화나트륨 수용액 침투 후, 중성화 촉진시험

Fig. 13는 염화나트륨 수용액 침투시험 후, 다시 중성화의 영향을 평가하기 위하여 중성화 촉진 시험장치를 사용하여 시험을 실시한 결과를 나타냈다. 보통철근의 부식면적율이 5사이클에서 25%, 10사이클에서 33%로 Fig. 12에서 나타난 결과보다 5%-7% 정도 증가되었다. 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근의 경우에도 약간의 부식면적율이 나타났으나, 그 정도는 아주 미세하였다. 실험에서 추정할 수 있는 바와 같이, 외부에서 비교적 높은 농도의 염화물이 침투하여 건조조건이 반복된 후, 중성화가 일어나면 보다더 심한 철근의 부식이 발생할 수 있으며, 잔 골재에 함유되어 시멘트 콘크리트에 침투되는 염화물보다, 해안가에서 직접 높은 농도의 염분입자가 철근의 부식을 더욱 촉진시킨다는 것을 알 수 있었다.

### 3.8 부식 촉진시험에 의한 영향인자 평가

Fig. 14는 보통철근과 도장철근의 부식촉진 시험 결과 부식의 정도와 부식속도를 도식화한 것이다. 일반적으로 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 경우의 일반 철근은 공기중에서 염화물 이온의 존재하에 바로 부식이 시작되지만 시멘트 콘크리트 안에서는 부식을 촉진하지 않으면 부식의 속도가 매우 느리다는 것을 알 수 있었다. 실제로 염화물 이온이 함유된 시멘트 콘크리트속에서 도장하지 않은 철

근을 매립하여 수중양생 후 1년이 경과한 후에도 육안으로 관찰할 수 있는 부식이 발견되지 않았다. 보통철근의 부식에는 염소이온과 산소가 충분히 공급되어야 한다. 그러나 일반철근을 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하면 염화물이온의 침입을 차단하는 효과가 있어 방식에 유리하다.

시멘트 콘크리트속에서의 철근의 부식촉진은 Fig. 14의 E와 같이 시멘트 콘크리트 속에 염화물이온이 존재하는 상태

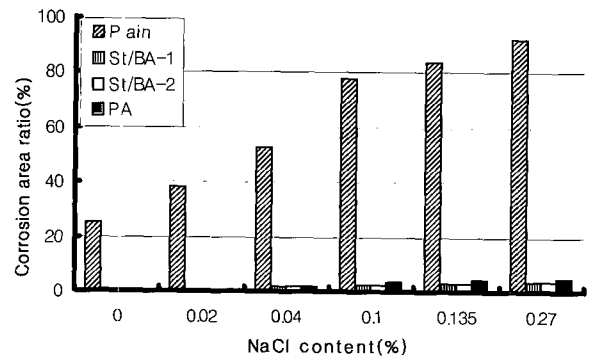


Fig. 11 Corrosion area ratio of coated steel in condition of autoclave cure after accelerated carbonation test

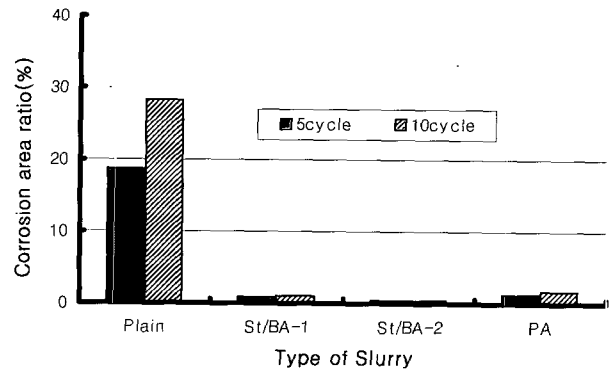


Fig. 12 Corrosion area ratio of coated steel by chloride ion penetration test

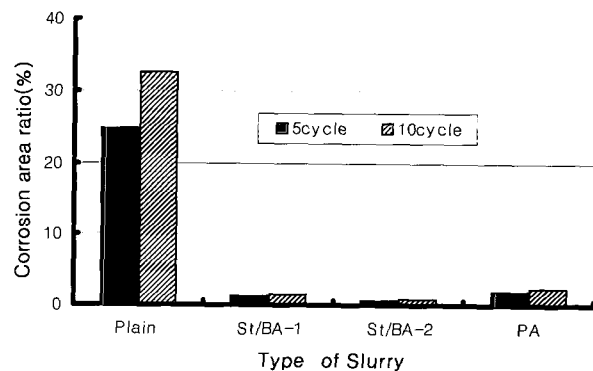


Fig. 13 Corrosion area ratio of coated steel by accelerated carbonation test after chloride ion penetration

에서 중성화가 일어나고, 여기에 오토클레이브에 의한 고온 고압 양생을 실시하면 부식이 심하게 발생하였으며, 부식의 속도도 매우 빨랐다. 또한 실험 F 및 G와 같이 농도가 높은 염화나트륨 수용액을 철근까지 침투시킨 후 건조하는 반복양생으로 부식이 심하게 발생되었다. 여기에 중성화까지 진행된다면 보다더 부식이 촉진됨을 알 수 있었다. 그러나 오토클레이브 양생 및 중성화와 같이 단독시험은 철근의 부식 촉진이 아주 느렸다. 이와 같이 철근의 부식에는 염화물 이온과 중성화, 고온고압양생, 건습반복등의 복합적인 요인으로 부식을 촉진시킨다는 것을 알 수 있었다. 그러나 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근은 Fig. 15와 같은 폴리머

필름에 의해 시멘트 슬러리 매트릭스를 형성하기 때문에 염화물 이온의 침투에 저항성이 커 내부부식성이 크게 향상되었다. 폴리머 필름은 폴리머의 종류에 따라 형성상태 및 치밀성, 내열성등에 차이가 있으나 사용한 폴리머는 모두 시멘트 슬러리 속에서 균일한 형태로 존재하고 있었다. 시멘트 콘크리트 속의 도장철근은 실험 G가 가장 심한 부식이 진행되었으나, 그 정도는 면적으로 2.0% 이하이며, 다른 조건과 거의 비슷한 결과를 얻었다.

또한 염화물 이온의 함유량에 따라 부식에 커다란 영향을 미침을 알 수 있었으며, 그 정도는 보통철근의 경우가 도장 철근에 비해 컸다.

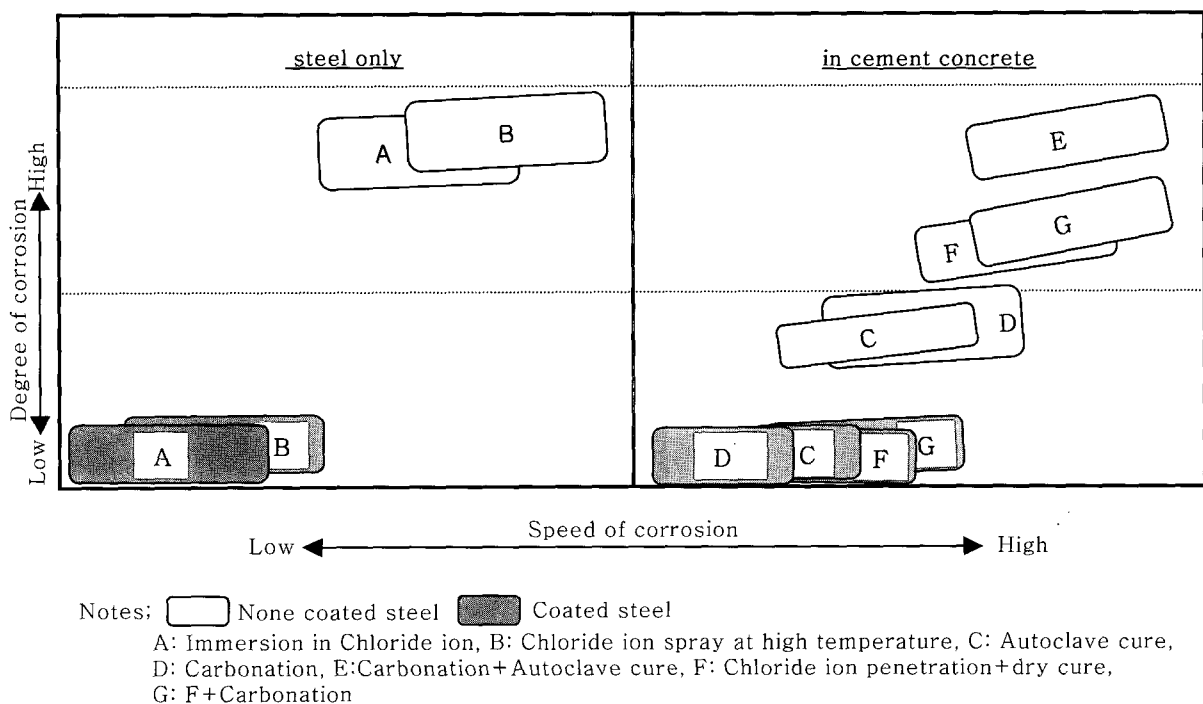


Fig. 14 Corrosion degree of coated steel in various accelerated conditions

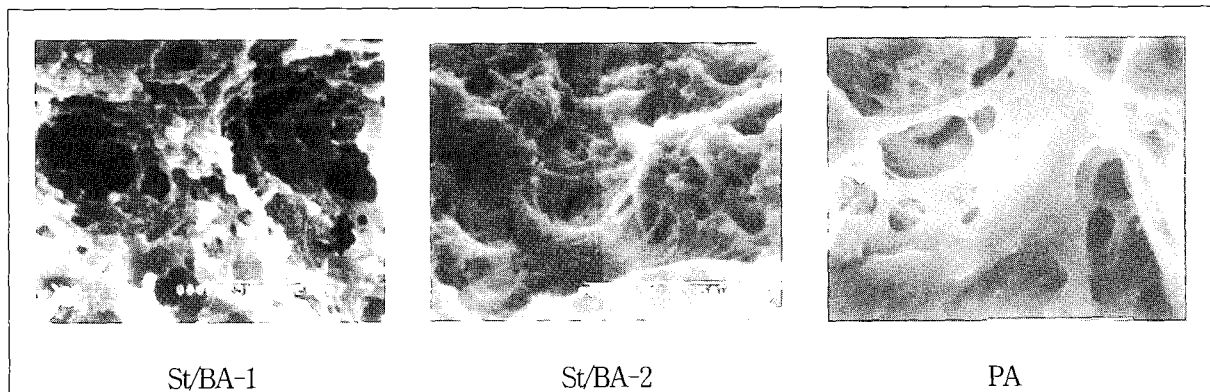


Fig. 15 Microstructures of polymer films in polymer cement slurry

#### 4. 결 론

폴리머 시멘트 슬러리로 코팅한 도장철근의 내식성에 관한 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 염화나트륨 수용액 10%에 침지한 결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 28일에 단면결손을 보였으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 도장철근은 전혀 부식을 발견할 수 없었다.
- 2) 염화나트륨 수용액 10%를 분무시, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 24시간에는 약 80%, 48시간에는 완전부식이 발생한 반면, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 도장철근은 도장시 발생된 미세한 공극으로 염분이 침투되어 소량이 부식이 발생되었다.
- 3) 오토클레이브에 의한 부식촉진 시험결과, 염분혼입량의 증가에 따라 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 부식율의 증가하였으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 도장철근은 그 부식율이 매우 미세하였다. 또한 중성화 촉진시험 후, 오토클레이브에 의한 부식촉진 시험 결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 도장철근은 중성화 및 촉진 부식 실험에서도 저항성이 크게 나타났다.
- 4) 중성화 촉진시험을 실시한 결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장된 도장철근은 염분량이 증가하여도 부식이 발생되지 않았지만, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 염분량의 증가와 더불어 부식율이 크게 증가하였다. 중성화 촉진시험에 의한 염해 받은 콘크리트의 내구성 저하현상을 확인할 수 있었다.
- 5) 염분 침투시험 후, 중성화 촉진시험결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장하지 않은 보통철근은 염분 침투시험만 마

친 시험체 보다 약 5%이상 더욱 부식율이 증가함을 확인할 수 있었으나, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 도장철근은 매우 우수한 방식효과를 확인할 수 있었다.

- 6) 이상의 다양한 부식촉진 실험결과, 철근의 부식은 염분, 중성화 및 촉진양생에 의해 크게 영향을 받으며, 복합적인 인자가 작용될 때, 더욱더 심한 부식이 발생하였다. 이러한 부식을 폴리머 시멘트 슬러리로 도장함으로써 철근의 부식을 크게 억제할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 목적기초 연구(2000-1-3100-004-3) 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분에게 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. 오병환, 엄주용, 권지훈, "에폭시 도포철근의 내부식성에 관한 실험적 연구," 한국콘크리트학회 논문집, 1992. 12, pp.161~170.
2. 최완철, "에폭시 피막된 철근의 부착에 관한 연구," 대한건축학회 학술발표 논문집, 1990.10, pp.539~542.
3. Gonzalez, J. A., Algaba, A., and Andrade, C., "Corrosion of Reinforcing Bars in Carbonated Concrete," *British Corrosion Journal*(London), Vol.15, 1980.
4. 소양섭 외 3인 "폴리머 시멘트 슬러리로 도장철근의 내굴곡성," 한국콘크리트학회 봄학술발표대회 논문집, 2001.5, pp.1017~1022.
5. 신영수와 2인 "에폭시 피막된 철근의 부착에 관한 연구," 한국콘크리트학회 논문집, 1994. 12, pp.173~179.
6. 시설안전기술공단, "경화콘크리트 염화물 함유량 측정 방법 규준(안) 설정에 관한 연구," 1999, pp.10~20.

#### 요 약

최근 강모래의 고갈로 인하여 해사의 사용이 증대되고 있는 실정에 있다. 그러나 해사는 철저히 제염처리 하여 사용하지 않으면 철근 콘크리트 구조물의 철근에 막대한 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 제염처리하지 않은 해사를 시멘트 콘크리트에 직접 사용하여도 철근의 부식을 억제할 수 있는 방청재료를 개발하기 위한 연구의 일환으로서, 기존의 에폭시 철근과 비교하여 경제적이고 방식 성능면에서 우수한 재료로서 폴리머 시멘트 슬러리를 이용하고자 하였다. 각종 폴리머를 사용하고 여러 가지 부식촉진 실험을 통하여 도장하지 않은 철근과 도장한 철근과의 성능을 비교평가하였다.

연구결과, 폴리머 시멘트 슬러리로 도장한 철근은 도장하지 않은 철근에 비해 염화나트륨 수용액에 대한 침지 및 분무시험과 시멘트 콘크리트 속에서의 부식에 관한 실험에 있어서도 매우 우수한 방식성능을 발휘하였다. 다양한 부식촉진 실험결과, 철근의 부식은 염분, 중성화 및 촉진양생에 의해 크게 영향을 받으며, 복합적인 인자가 작용될 때, 더욱더 심한 부식이 발생하였다. 이러한 부식을 폴리머 시멘트 슬러리에 의한 도장으로 억제할 수 있는데, 폴리머 시멘트 슬러리의 매트릭스에 존재하는 폴리머 필름의 연속된 막에 의해 염화물 이온의 침투가 차단되었기 때문이며, 폴리머 시멘트 슬러리의 완벽한 방식효과는 도장두께로 조절할 수 있을 것이다.

**핵심용어 :** 폴리머 시멘트 슬러리, 폴리머 시멘트 비, 중성화, 오토클레이브 양생, 부식