

표면피복재 종류에 따른 철근콘크리트의 철근 부식특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Corrosion Characteristics of Reinforcement Concrete
According to Types of Surface Covering Material

○ 김갑수*

Kim, Kab-Soo

장종호**

Jang, Jong-Ho

김재환**

Kim, Jae-Hwan

김용로**

Kim, Yong-Ro

오시덕**

Oh, Si-Duk

김무한***

Kim, Moo-Han

Abstract

Chloride ions are considered to be the major cause of steel corrosion in concrete structures exposed to seashore environments and also permeation of chloride is controlled by chloride diffusion. Therefore, the study on chloride diffusion of concrete have been done so far by many researchers. It is reported that coating material as surface covering material is effect about deterioration of salt damage and carbonation, therefore these materials are important in durability of concrete structure.

In this study, corrosion characteristics of reinforcement concrete according to types of surface covering material were evaluated by water-cement ratio, chloride penetration by age on the corrosion area rate and mass decrement of reinforcement. And it is considered that the result of this study on application of the corrosion characteristics of reinforcements under salt damage environmental will be suggested as fundamental data of control performance of salt damage. It is performed that comparison and examination of control performance of salt damage by the corrosion characteristics under salt damage environmental.

키워드 : 염해, 표면피복재, 철근부식특성, 부식면적율

Keywords : Salt damage, Surface coating material, Corrosion characteristics of reinforcement, Corrosion area rate

1. 서 론

콘크리트 내부로 침투하는 염화물이온에 의해 유발되는 철근의 부식은 철근콘크리트구조물의 성능저하를 유발하는 가장 중요한 요인으로 인식되고 있다. 철근의 부식은 철근 자체의 단면손실에 의한 구조물의 내하력 감소와 철근 리브의 손상에 의한 부착성능 감소를 유발할 뿐만 아니라 철근의 부피 팽창을 일으킴으로서 팽창균열 및 콘크리트 피복탈락을 유발하여 전반적으로 구조물의 성능을 심각하게 손상 시키게 된다. 특히 최근 들어 간척시설물이나 해안구조물 등과 같이 해수 환경에 직접 노출되는 철근콘크리트구조물의 건설이 활발해지고 있어서 염해에 의한 철근의 부식은 더욱 더 심각한 문제가 되고 있다.

한편, 콘크리트 구조물의 표면피복재는 염해 및 중성화 등의 내구성 저하요인에 대한 억제효과가 있는 것으로 기존 연

구에서 보고 되어 있어 콘크리트 구조물의 내구성능에 있어서 중요한 재료라고 말할 수 있다. 이에 표면피복재의 종류에 따른 철근의 부식특성을 명확히 연구하는 것은 철근콘크리트 구조물의 내구성을 평가하기 위한 기초적인 자료로 사용될 수 있으나, 표면피복재의 종류에 따른 철근콘크리트의 철근부식 특성을 규정하기에는 표면피복재의 종류는 다종·다양하고 시공시의 영향에 따라 편차도 크며, 사용 환경에 따라서도 크게 영향을 받기 때문에 이와 같은 조건에서 무처리에 대한 각각의 표면피복재의 성능에 관한 비교·검토가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 표면피복재 종류에 따른 철근콘크리트의 철근부식 특성을 몰시멘트비, 재령에 따라 염소이온 침투성상, 철근부식면적율 및 철근질량감소율을 평가하여 염해 억제 성능을 비교·검토함으로서 향후 표면피복재를 도포한 철근콘크리트의 염해환경 적용에 있어서의 기초 자료로서 제시하고자 한다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정

** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정

*** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공박

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

표 1. 실험계획

W/C (%)	표면피복재 종류	실험항목	측정항목	측정재령
50	• 유기계 페인트	3%NaCl용액 침지·50°C 건조실험	• 염화물이온량	15,30,45,
	• 무기계 페인트		• 부식면적율	60,75
60	• 모르터 • 무처리		• 질량감소율	사이클

* 1사이클 : 3.0% 염화나트륨수용액에서 24시간 침지 (20°C), 24시간 건조(50°C)

표 2. 콘크리트 배합

물시멘트비 (%)	슬럼프 (cm)	잔골 재율 (%)	단위중량(kg/m ³)			
			물	시멘트	잔골재	굵은 골재
50	18±1	43	185	370	769	1042
60		43	185	308	791	1072

본 연구는 내구성을 향상시키기 위해 구체 콘크리트에 사용되는 표면피복재의 종류에 따른 철근콘크리트의 철근부식 특성을 비교검토하기 위하여 물시멘트비 50%, 60%의 2수준에서 표면피복재의 종류를 무처리, 유기계 1종류, 무기계 1종류, 모르터의 4수준으로 설정하였다. 각각의 물시멘트비에 따른 시험체를 제작하여 28일 수중양생 후 표면처리를 종류별로 실시하고 3%의 염화나트륨 수용액의 침지 1일, 50°C의 온도에서의 건조 1일을 1사이클로 한 실험을 통하여 재령별 철근부식 특성을 비교검토하였다. 본 연구의 실험계획을 표 1에 나타내었다.

2.2 사용재료

시멘트는 국내 A사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 골재로서 잔골재는 조립율 3.04의 인천산 제염사, 굵은 골재는 최대치수 20mm의 퇴총산 부순자갈을 사용하였다. 혼화제는 국내산 나프탈렌계 고성능감수제를 사용하였으며, 표면피복재로는 한국의 아파트 외벽에 주로 사용되고 있는 유기계 페인트 1종류와 무기계 페인트 2종류를 선정하였으며 KS M 5310에 준하는 수성페인트 1급을 사용하였다.

2.3 배합 및 시험체 제작

1) 콘크리트 배합

표 2는 본 실험에 사용한 콘크리트 배합을 나타낸 것으로서 단위수량을 185kg/m³로 설정하고 시멘트량을 변화시키는 방법으로 물시멘트비를 50%, 60%의 2수준으로 하였다.

콘크리트의 비빔은 100ℓ 강제식 팬타입 믹서를 사용하였으며, 소요의 유동성을 확보하기 위하여 소량의 고성능감수제를 첨가 후 토출하는 방식으로 하였다.

2) 시험체 제작

철근부식 측정용 시험체 제작은 그림 1 및 사진 1에 나타낸 바와 같이 50cm×20cm×10cm의 시험체를 제작하고 피복 두께 15mm가 되도록 19mm원형 철근을 매입하여 제작하였다. 시험체 재작 후 28일간 수준양생 한 후 시험면에 대한 표면피복처리를 실시하고 시험면 이외의 면은 에폭시 코팅을 실시하였다.

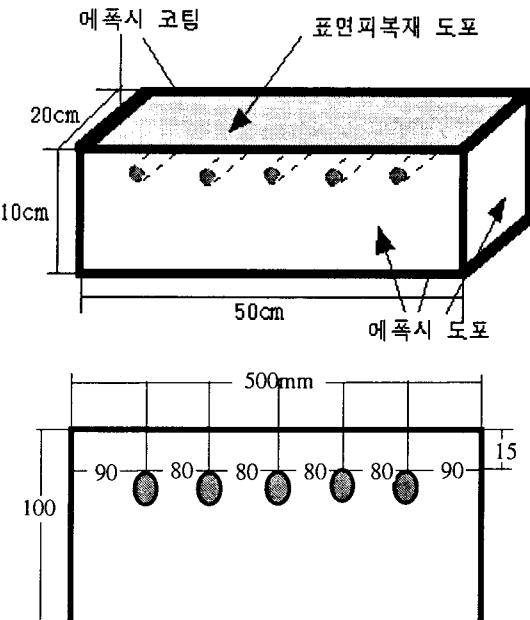


그림 1. 철근부식 시험용 시험체

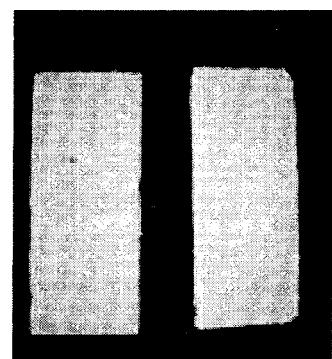


사진 1. 철근부식 시험용 시험체 전경

한편, 각각의 시험체에 도포한 표면피복재는 유기계 페인트, 무기계 페인트, 모르터 마감으로 하였으며 주택건설설비서에 준하여 도포하였다.

3. 측정항목 및 측정방법

3.1 철근의 부식면적율

시험체 중의 철근을 재하방향의 일직선상에 나날하게 일치

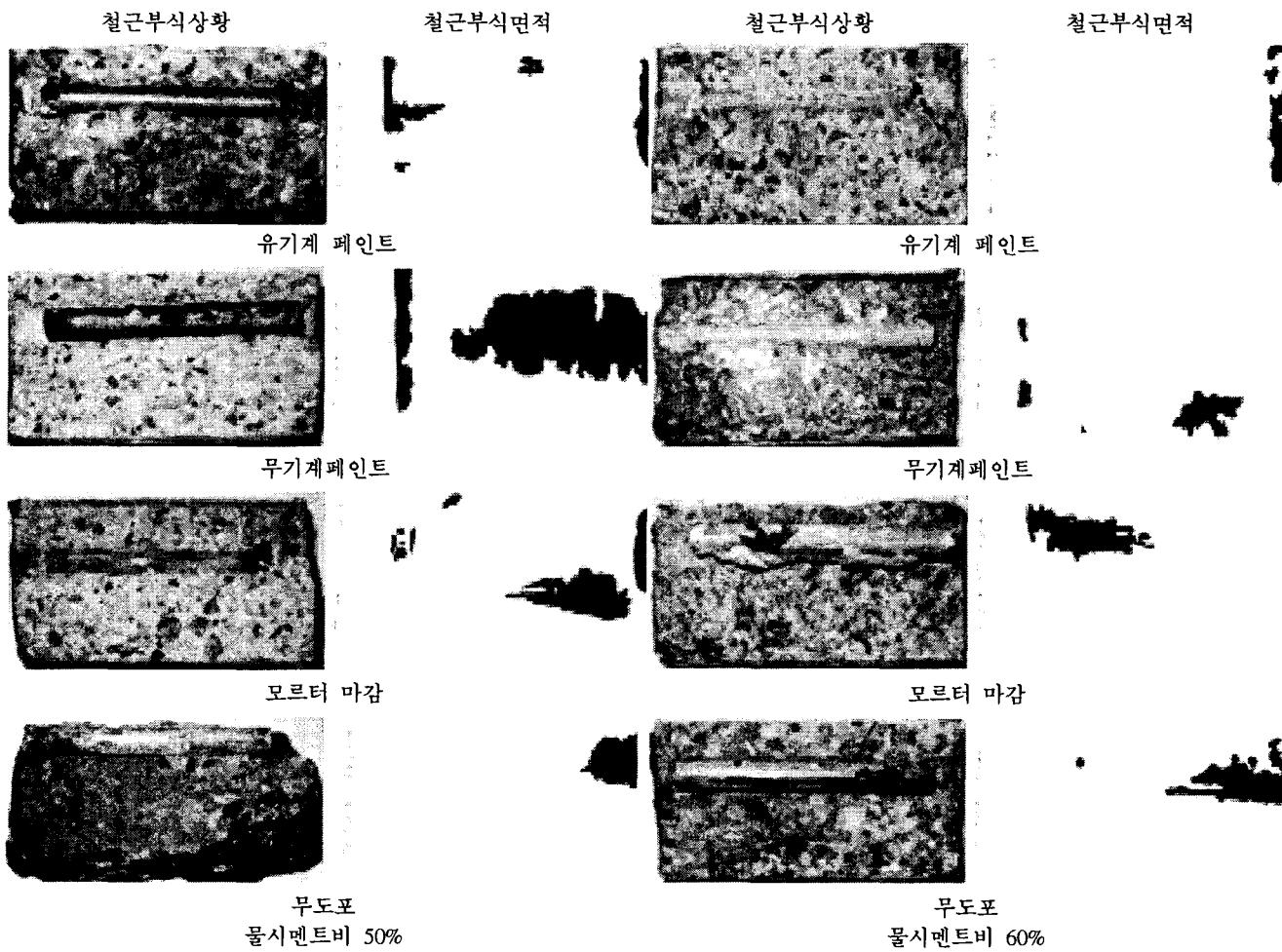


그림 2. 각 표면피복재 종류에 따른 철근의 부식상황과 부식면적

시킨 후 하중을 가하여 시험체를 할렬한 후 그림 2와 같이 철근의 부식면적율을 측정하였다. 부식면적의 측정은 트레이싱 페이퍼를 철근에 감아 부식한 부분을 그린 후 다음의 식(1)에 의해 부식면적율을 계산하였다.

$$\text{부식면적율} (\%) = \frac{\text{부면적의 점수} (n)}{\text{측정면적의 점} (N)} \quad (1)$$

3.2 철근의 질량감소율

철근의 질량감소율은 내부철근의 부식상황을 관찰하고 구연산 2암모늄 10% 수용액에 철근을 침적하여 녹제거 처리를 한 후 철근의 길이 및 중량을 측정한다. 이때 철근의 길이는 0.05mm까지, 철근의 중량은 0.1g까지의 정밀도로 측정하며, 철근의 질량감소율은 식(2)에 의해서 산정하였다.

$$R = \frac{W_D - W_R}{W_D} \times 100 \quad (2)$$

여기서, R : 철근의 질량감소율(%)

WD : 시험체 제작 전의 철근의 단위 길이 당 질량 (g/cm)

WR : 폭로 후 철근의 단위 길이 당 질량 (g/cm)

4. 실험결과의 검토 및 분석

본 연구에서 내구성을 향상시키기 위해 구체 콘크리트에 사용되는 표면피복재의 종류에 따른 철근콘크리트의 철근부식 특성을 비교·검토하기 위하여 물시멘트비 50%, 60%의 2수준에서 표면피복재의 종류를 무처리, 유기계 1종류, 무기계 1종류, 모르터의 4수준으로 설정하여 각각의 물시멘트비에 따른 시험체를 제작하여 1일 침지 1일 고온 건조를 1사이클로 설정하여 15사이클이 지난 후 시험체를 할렬한 결과 염화물이온의 침투는 어느 정도 진행되었으나 철근의 부식과 질량감소의 경향은 나타나지 않았다.

그러나 30사이클이 지난 후 그림 2와 같이 표면피복처리를 한 모든 시험체에서 철근의 부식이 나타났으며 그에 대한 철근부식면적율과 질량감소율을 표 3에 나타내었다.

그림 3은 물시멘트비 60%에서 표면피복재 종류에 따른 철근부식면적율을 나타낸 것으로 외관상 무기계페인트를 도포한 시험체가 가장 큰 부식면적율을 나타내었으며 질량감소율은 다른 표면피복재를 도포한 시험체의 철근과 비슷한 수치를 나타내었다.

표 3. 표면피복재 종류별 부식면적율과 질량감소율 (30사이클)

물시멘트비 (%)	표면피복재 종류	부식면적율 (%)	질량감소율 (%)
60	유기계페인트	8.62	1.449
	무기계페인트	44.33	1.438
	모르터마감	16.17	1.452
	무처리	6.94	1.342
50	유기계페인트	3.82	1.509
	무기계페인트	6.94	1.721
	모르터마감	11.47	1.600
	무처리	11.77	1.538

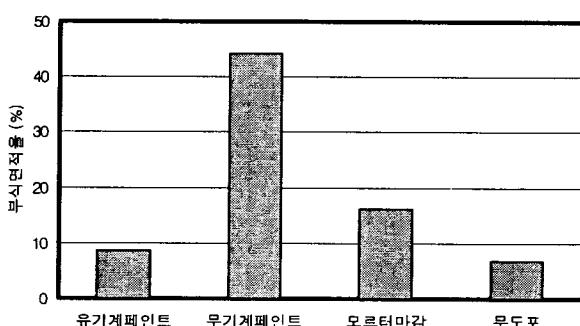


그림 3. 물시멘트비 60%에서 표면피복재 종류에 따른 철근부식면적율

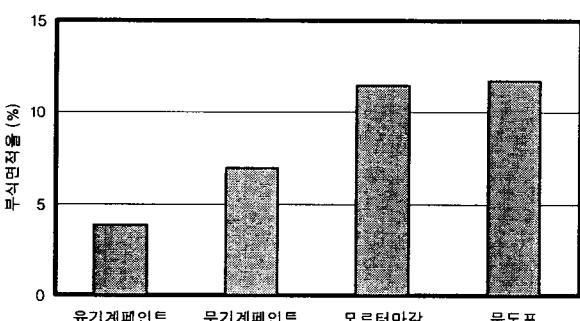


그림 4. 물시멘트비 50%에서 표면피복재 종류에 따른 부식면적율

그림 4는 물시멘트비 50%에서 표면피복재 종류에 따른 부식면적율을 나타낸 것으로 모르터마감과 무처리 시험체에서 높은 값을 나타내었다.

그림 5는 물시멘트비 60%에 대한 각 표면피복재 종류에 따른 질량감소율을 나타낸 것으로 위와 같은 결과를 나타내었다. 각 표면피복재 별로 다른 부식면적율 수치를 나타내었으나 질량감소율은 모든 시험체에서 유사한 수치를 나타내었다.

그림 6은 물시멘트비 50%에서 표면피복재 종류에 따른 질량감소율을 나타낸 것으로 철근부식면적율에서는 각 시험체마다 큰 차이를 보였으나 질량감소율에서는 모든 시험체가 유사한 수치를 나타내었다.

5. 결 론

본 연구는 내구성을 향상시키기 위해 구체 콘크리트에 사용되는 표면피복재의 종류에 따른 철근콘크리트의 철근부식 특성을 비교·검토하기 위하여 이상과 같은 실험적 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- 1) 3%NaCl용액에 1일 침지하고 50°C에서 1일 건조를 1사이클로 하여 15사이클이 되었을 때 시험체를 할렬한 결과 피복두께 까지 염화물이온이 침투했고 철근의 부식은 일어나지 않았다.
- 2) 30사이클 실험을 진행하고 시험체를 할렬한 결과 염화물이온의 침투는 시험체에 대부분 침투하였고 철근의 부식도 약간 진행된 상태였다.

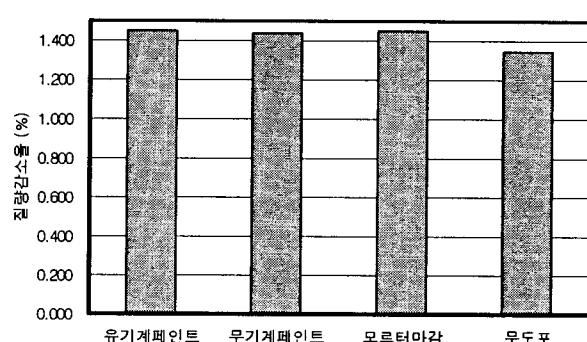


그림 5. 물시멘트비 60%에서 표면피복재 종류에 따른 질량감소율

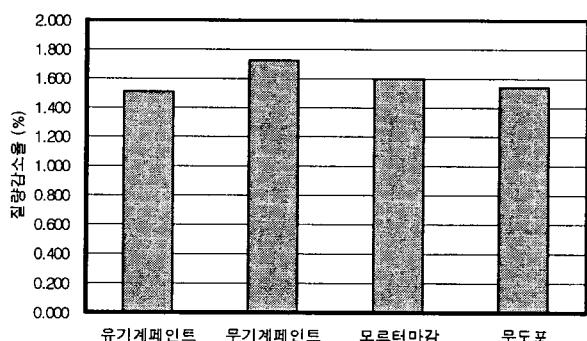


그림 6. 물시멘트비 50%에서 표면피복재 종류에 따른 질량감소율

- 3) 물시멘트비에 따른 철근의 부식면적율은 차이가 없으나 물시멘트비가 작을수록 질량감소율이 작은 결과를 나타내었다.
- 4) 물시멘트비에 상관없이 표면피복재 종류별 철근의 부식상황을 보면 대부분 부식이 되었다. 이는 50°C에서 건조시키는 과정에서 표면피복재가 온도에 영향을 받아 성능이 저하된 것으로 사료된다.

- 5) 실험을 30사이클까지 진행시키면서 온도에 대한 표면피복재의 변화에 대한 고려를 충분히 검토해야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김무한 외, 콘크리트의 밀실화에 의한 염해대책 및 방청효과에 관한 실험적 연구(제1보, 아직 굳지 않은 콘크리트의 성상 및 경화콘크리트의 공학적 특성을 중심으로), 한국콘크리트학회 봄 학술발표대회 논문집, 제 6권 1호, 1994, pp.142~147
2. 김무한 외, 페인트 종류에 따른 콘크리트의 염소이온 확산 특성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 봄학술발표대회논문집, 제22권 1호, 2002. 4, pp. 329~336
3. 김무한 외, 염해를 입은 구조물의 내구성 향상을 위한 도포형 방청재의 이용기술개발, 한국구조물진단학회 가을학술발표회논문집, 1997
4. 권영진 외, 해사사용으로 인한 콘크리트 구조물의 성능저하에 대한 무기질계 보수공법의 활용기술, 테미콘, 1996.1, pp 48~59
5. 권영진 외, 중성화 및 염해를 입은 콘크리트 구조물의 보수시공기술, 한국콘크리트학회 춘계 학술발표회논문집, 1996