

표면피복종류에 따른 복합열화환경하의 철근콘크리트 부식특성에 관한 실험적 연구

An experimental study on corrosion properties of reinforcing steel under environment of complex deterioration

조 봉 석* 김 영 덕* 윤 종 기* 김 재 환** 김 용 로** 김 무 한***
Cho, Bong Suk Kim, Young Duk Yoon, Jong Kee Kim, Jae Hwan Kim, Yong Ro Kim, Moo Han

ABSTRACT

It is recognized that reinforcement corrosion is the main distress behind the present concern regarding concrete durability. In this study, to confirm corrosion of reinforced concrete affected by thickness of cover, kinds of surface coating, measured electric potential, ratio of corrosion area, weight reduction, corrosion velocity of steel bar under environment of complex deterioration. The results showed that an increase in age also increases corrosion of steel bar.

Ratio of corrosion area is largely related to ratio of weight reduction. as well, corrosion of steel bar by thickness of cover is superior to 10mm thick than 20mm thick. It showed that an increase in thickness of cover prevent steel bar from deteriorating.

The results of this study showed that corrosion velocity was affected by thickness of cover, kinds of surface coating. data on the development of corrosion velocity made with none, organic B, organic A, inorganic B, and inorganic A is shown.

1. 서 론

건설재료 중 철강재와 더불어 가장 큰 비중을 차지하는 콘크리트는 내구성이 우수하여 반영구적인 구조물 건설에 적용되어 왔으나 최근에는 구조물의 외부로부터 작용하는 복합적인 열화인자로 인하여 철근의 부식과 그로 인한 균열발생 및 구조내력 저하 등의 심각한 문제점이 발생되고 있다.

국내의 경우 이러한 철근콘크리트구조물의 유지보수관리를 위해서 건전성 평가기법을 적용하고 있으나, 주로 각 열화요인의 단독적인 요소만을 대상으로 하고 있으며, 이를 위한 실내 촉진실험의 경우에도 구조물이 실제로 위치하고 있는 복합적인 열화환경과 유사한 조건을 재현하고 있지 못한 실정이다. 또한, 열화의 진행에 의한 구조물의 성능저하현상이 발생함에 따라 체계적인 유지보수관리가 필요로 되어지고 있으나, 실용적이고 적절한 보수재료·공법의 선정 및 성능평가시스템에 관한 체계적인 연구가 미미한 상황이다.^{1,2)}

이에 본 연구에서는 증성화와 염해, 건조 및 습윤, 고온 및 저온의 반복 등을 고려하여 실제 구조물이 처한 복합적인 열화환경을 조성한 후, 국내에서 주로 사용되고 있는 보수재료로서 표면피복재를 시공한 철근콘크리트 시험체를 대상으로 열화의 진행에 따른 철근의 부식특성을 실험·실증적으로 비교·검토함으로써 국내 보수재료·공법의 선정 및 평가 시스템 확립 및 체계적인 유지보수관리확립을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 석사과정

** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 박사과정

*** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사

표 1 실험계획

표면피복 처리종류	피복 두께 (mm)	측정 항목	측정 개령 (Cycle)
· 유기계 A, B · 무기계 A, B · 무처리	10	· 철근의 자연전위 (mv)	10
		· 철근의 부식면적율 (%)	20
	20	· 철근의 중량감소율 (%)	30
		· 철근의 부식속도 (mg/cm ² year)	40
			50

표 2 복합열화요인 및 수준

열화요인	수준
중성화	· CO ₂ 15%로 촉진
염해	· NaCl 3%의 염수 분무
습도	· 30~60%의 범위로 변화
온도	· 20~60℃의 범위로 변화

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서는 중성화와 염해, 건조와 습윤 및 고온과 저온 반복 등의 열화요인을 고려한 복합열화의 진행에 따른 철근의 부식특성을 고찰하기 위하여 복합부식 시험기를 이용하였으며, 표 1 및 2와 그림 1에 나타낸 바와 같이 실험계획, 복합열화요인 및 수준, 촉진조건 및 사이클을 설정하였다.

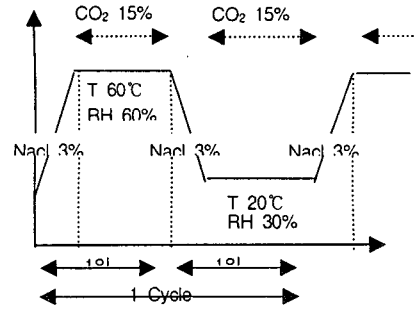


그림 1 촉진조건 및 사이클

2.2 콘크리트 배합 및 사용재료

본 실험에 사용된 재료로서 시멘트는 국내 A사의 1종 보통포틀랜드시멘트, 골재의 경우 잔골재는 비중 2.56의 인천산 제염사, 굵은골재는 비중 2.65, 최대치수 20mm의 퇴촌산 부순자갈을 사용하였으며 시험체의 형상 및 콘크리트 배합은 그림 2 및 표 3과 같다. 또한 철근은 ø19mm 원형철근, 표면피복처리재료로서는 유기계 도장재 2종류와 무기계 도장재 2종류를 선정하였으며, 유기계 피복재료는 수성페인트 1급, 2급, 무기계 피복재료는 아크릴 코폴리머 재유화형 분말수지 및 무기계 침투성 방수재를 사용하였다.

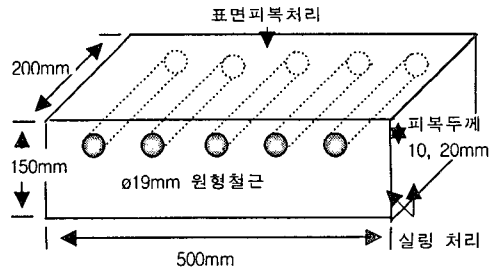


그림 2 시험체의 형상

2.3 시험방법

2.3.1 철근의 자연전위

ASTM C 876에 근거하여 철근의 자연전위를 측정하였으며 참조전극으로는 포화황산동 전극을 이용하였다. 자연전위는 콘크리트 조직내 공극의 함수상태에 따라 유동적일 수 있으므로 측정 1일 전에 시험체를 대기 중에 방치하여 기건화하였다.

2.3.2 철근의 부식면적율, 중량감소율 및 부식속도

철근의 부식발생부위를 트레이싱지로 스케치하여 부식면적을 구하였고, 철근의 중량감소율은 구연산암모늄 10% 수용액으로 녹을 제거한 후 식 (1)을 이용하여 산출하였다. 또한, 철근의 부식속도는 식 (2)와 같이 중량감소량을 이용하여 산정하였다.

표 3 시험체의 콘크리트 배합

W/C (%)	잔골재율 (%)	단위중량(kg/m ³)			
		물	시멘트	잔골재	굵은골재
60	43	185	308	778	1048

$$\text{중량감소율(\%)} = \frac{\text{시험전중량} - \text{부식후중량}}{\text{시험전중량}} \times 100 \quad \text{----- 식 (1)}$$

$$\text{부식속도(mcy)} = \frac{\text{중량감소량(mg)}}{\text{철근표면적(cm}^2\text{)} \times \text{시험기간(year)}} \quad \text{----- 식 (2)}$$

3. 실험결과 분석 및 검토

3.1 철근의 자연전위

그림 3은 피복두께 20mm 철근콘크리트시험체의 표면피복 종류별 축진 사이클에 따른 철근의 자연전위를 나타낸 것으로 축진 사이클이 경과할수록 낮아지는 경향을 보이고 있으며 동일 사이클에서의 철근의 자연전위는 무처리 시험체가 가장 낮은 것으로 나타났다.

3.2 철근의 부식면적을 및 중량감소율

그림 4 및 5는 피복두께 20mm 철근콘크리트시험체의 표면피복 종류별 축진 사이클에 따른 부식면적을 및 중량감소율을 나타낸 것으로 축진 사이클이 경과할수록 값이 증가하는 것으로 나타났으며 동일 사이클에 있어 부식면적을 및 중량감소율은 대체적으로 무처리 > 유기계 B > 유기계 A > 무기계 B > 무기계 A의 순으로 무처리 시험체가 가장 낮게 나타나 표면피복처리를 실시함으로써 철근의 부식 저감이 가능할 것으로 판단된다.

그림 6은 철근의 부식면적율과 중량감소율의 관계를 나타낸 것으로 철근의 중량감소율이 증가할수록 부식면적

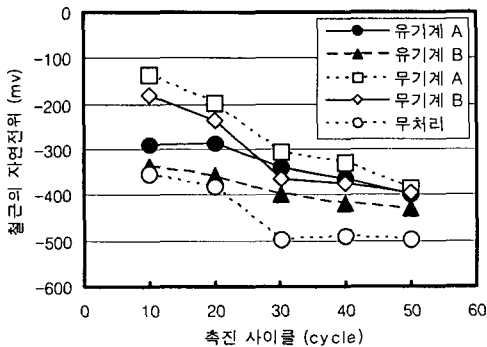


그림 3. 표면피복 종류별 축진사이클에 따른 철근의 자연전위

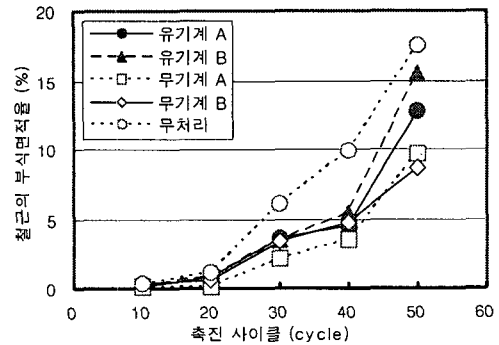


그림 4. 표면피복 종류별 축진사이클에 따른 철근의 부식면적율

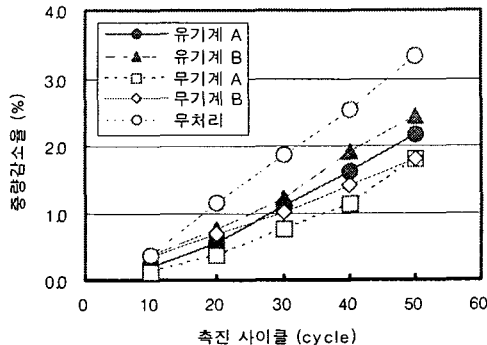


그림 5. 표면피복 종류별 축진사이클에 따른 철근의 중량감소율

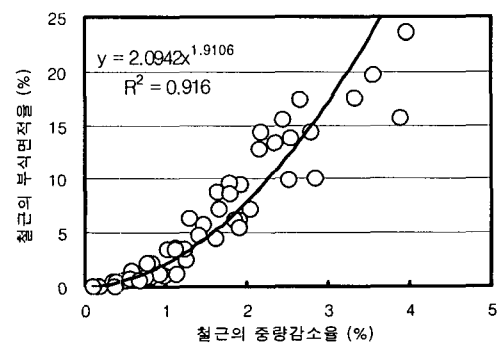


그림 6. 부식면적율과 중량감소율의 상관관계

율이 증가하는 경향을 나타내고 있으며 결정계수가 0.916으로 높은 상관성을 보이고 있다.

3.3 철근의 부식속도

그림 7은 피복두께 20mm 철근콘크리트시험체의 표면피복 종류별 철근의 부식속도를 나타낸 것으로 촉진 사이클이 경과할수록 부식속도가 증가하는 것으로 나타났으며 표면피복처리를 실시하였을 경우 무처리에 비하여 철근의 부식속도가 낮은 것으로 나타났다.

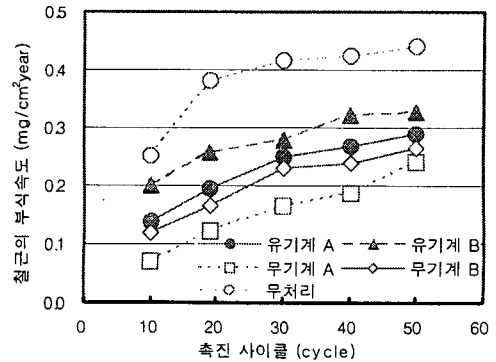


그림 7. 표면피복 처리별 촉진사이클에 따른 철근의 부식속도

3.4 표면피복 종류별 피복두께에 따른 철근의 부식속도

그림 8은 표면피복처리 종류별 피복두께에 따른 철근의 부식속도를 나타낸 것으로 피복두께 10mm 가 20mm의 경우보다 부식속도가 높은 것으로 나타나 적절한 피복두께를 확보함으로써 철근의 부식속도를 저감시킬수 있는 것으로 나타났다.

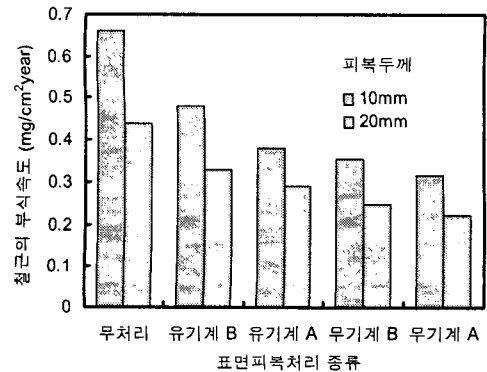


그림 8. 표면피복처리 종류별 피복두께에 따른 철근의 부식속도

4. 결 론

- (1) 철근의 자연전위는 촉진 사이클이 경과할수록 낮아지는 경향을 보이며, 동일 사이클에서는 무처리 시험체의 경우가 가장 낮게 나타났다.
- (2) 철근의 부식면적율 및 중량감소율은 재령이 지날수록 증가하는 것으로 나타났으며, 철근의 중량감소율과 부식면적율은 결정계수가 0.916으로 높은 상관성을 가지고 있는 것으로 나타났다.
- (3) 철근의 부식속도는 촉진 사이클이 경과할수록 증가하는 경향을 보이며 표면피복처리를 실시한 시험체에 비해 무처리 시험체의 경우 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 피복두께가 작을수록 부식속도는 높은 것으로 나타나, 표면피복처리와 적절한 피복두께를 확보함으로써 철근의 부식속도를 저감시켜 철근콘크리트구조물의 내구성확보가 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 2001년도 건설기술연구개발사업(E00-01) 「염해 및 중성화의 피해를 입은 콘크리트구조물의 내구성 회복을 위한 보수공법 시스템 개발 및 실용화 방안」에 관한 일련의 연구의 결과로, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

1. 日本コンクリート工學協會, 複合劣化콘크리트構造物の 評價と維持管理計劃研究委員會, 2001, 5.
2. 김무한 외, 마감재종류에 따른 염소이온 확산특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 가을 학술발표대회 논문집, 2002, pp.327~331.
3. 渡辺 豊ほか, 콘크리트의急速鹽分浸透性試験による鹽化物イオン擴散係數の算定, 콘크리트工學年次論文集, 2002, pp.663~668.