

# 철근콘크리트의 부식에 영향을 미치는 물질 투과성능에 관한 실험적 연구

## An experimental study on Influence of Permeability on corrosion of reinforced Concrete

김 용 로\* 김 영 덕\* 조 봉 석\* 장 종 호\*\* 권 영 진\*\*\* 김 무 한\*\*\*\*  
Kim, Yong Ro Kim, Young Duk Cho, Bong Suk Jang, Jong Ho Kown, Young Jin Kim, Moo Han

### ABSTRACT

In this study, to confirm corrosion of reinforced concrete affected by carbonation, chloride ion diffusion, absorption ratio, air permeability, measured carbonation velocity coefficient, chloride ion diffusion coefficient, absorption coefficient, air permeability coefficient. Corrosion velocity under environment of complex deterioration. And than compared corrosion velocity with these coefficients.

As the results of this study, the correlation coefficient between chloride ion diffusion coefficients and absorption coefficient was revealed that it is very high. As well, an increase in carbonation, chloride ion diffusion also increases corrosion velocity. It showed that corrosion velocity was affected by the carbonation, chloride ion diffusion, absorption ratio, air permeability. Generally, data on the development of these coefficient made with none, organic B, organic A, inorganic B, and inorganic A is shown. It showed that coating of surface prevent steel bar from deteriorating.

### 1. 서 론

콘크리트는 강알칼리성으로 내부의 철근이 부식되지 않는 것이 일반적인 사실이나 최근에는 염해 및 중성화 등의 열화요인으로 인하여 철근이 부식되어 구조물의 내구성이 저하되는 사례가 발생되고 있다. 이로 인한 철근의 부식팽창은 CO<sub>2</sub>나 염화물이온 등이 콘크리트의 내부로 침투하여 철근의 부동태 피막을 파괴하여 발생하는 현상으로 피복콘크리트의 균열로 인한 박리탈락 등의 파손을 야기하여 결국에는 구조물의 붕괴를 초래하게 된다. 이와 같은 철근의 부식인자에는 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, 염화물이온 등이 있으며, 콘크리트 표면으로부터 내부로 침투하여 진행하므로 피복콘크리트의 물질투과성능에 따라 큰 영향을 받게 된다.<sup>1),2)</sup>

따라서 본 연구에서는 실제 구조물이 처한 복합적인 열화환경을 고려하기 위하여 중성화와 염해, 건조와 습윤 및 고온과 저온 반복 등의 복합열화 환경조건을 조성한 후, 국내의 보수재료로서 표면피복을 실시한 철근콘크리트시험체를 대상으로 열화진행에 따른 콘크리트의 물질투과성능 및 이에 따른 철근의 부식특성을 실험·실증적으로 비교·검토함으로써 체계적인 국내 보수재료·공법의 평가시스템 확립 및 유지보수관리확립을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

\* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 석사과정

\*\* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 호서대학교 환경안전공학부 소방학과 교수·공학박사

\*\*\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사

표 1 실험계획

표면피복 처리종류	피복 두께 (mm)	측정 항목	측정 재령 (Cycle)
· 유기계 A · 유기계 B · 무기계 A · 무기계 B · 무처리	20	· 중성화 깊이 (mm)	10
		· 중성화속도계수 (mm/√day)	20
		· 염화물 이온 침투깊이 (mm)	30
		· 염화물 이온확산계수 (m <sup>2</sup> /sec)	40
		· 흡수계수 (kg/m <sup>2</sup> /hour)	50
		· 투기계수 (cm/sec)	50
		· 철근의 부식속도 (mg/cm <sup>2</sup> year)	

표 2 복합열화요인 및 수준

열화요인	수준
중성화	· CO <sub>2</sub> 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 콘크리트의 물질투과성능 및 철근의 부식특성을 비교·검토하기 위하여 복합부식시험기를 이용하였으며, 표 1 및 2와 그림 1에 나타난 바와 같이 실험계획, 복합열화요인 및 수준, 촉진조건 및 사이클을 설정하였다.

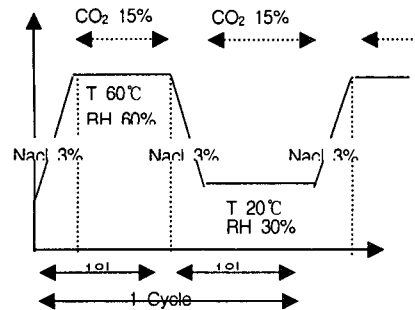


그림 1 촉진조건 및 사이클

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, 본 실험을 위한 시험체의 콘크리트 배합은 표 2에 나타난 바와 같다. 또한, 철근은 ø19mm 원형철근의 표면을 No. 800 샌드페이퍼로 연마한 후 아세톤으로 닦아 콘크리트에 매입하였다.

표 2 시험체의 콘크리트 배합

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

표면피복처리재료로서는 국내에서 주로 사용되고 있는 유기계 도장재 2종류와 무기계 도장재 2종류를 선정하였으며, 유기계 피복재료는 KS M 5310에 준하는 수성페인트 1급, 2급, 무기계 피복재료는 아크릴 코폴리머 재유화형 분말수지 및 무기계 침투성 방수재를 사용하였다.

표 3 시험체의 제작

측정항목	시험체 크기 (mm)
중성화 깊이	· 100×100×400
염화물 이온 확산 계수	· ø100×50
투기 계수	· ø100×30
흡수 계수	· ø100×30
부식 속도	· 200×500×150

2.3 시험체의 제작 및 시험방법

복합열화 환경하에서 물질투과성능 및 철근의 부식속도를 측정하기 위하여 시험체는 표 3과 같이 제작하였다. 또한, 중성화 속도계수를 구하기 위하여 철근콘크리트공시체를 할렬한 후, 1% 페놀프탈레인-알코올 용액을 분무하여 평균 중성화 깊이를 측정한 후 식 (1)을 이용하여 속도계수를 측정하였다.

$$C = A\sqrt{t} \quad \text{식 (1)} \quad \text{여기서, } C : \text{중성화 깊이 (mm)}$$

$$A : \text{중성화 속도계수 (mm/√day)}$$

$$t : \text{기간 (day)}$$

염화물이온의 침투깊이는 철근의 부식속도 측정용 시험체를 할렬한 후 0.1N AgNO<sub>3</sub>용액을 분무하여 측정하였으며, 염화물이온 확산계수는 복합열화 촉진실험 후 각 촉진 사이클에서 Tang & Nilsson<sup>3)</sup>이

제안한 전기화학적 촉진실험을 적용하여 산출하였다. 또한, 흡수계수는 KS F 2609에 준하여 측정하였으며, 투기계수의 경우 다르시(Darcy)의 법칙을 적용한 투기시험 방법을 통하여 측정하였다.

철근의 부식속도의 경우 철근의 녹을 구연산암모늄 10% 수용액으로 제거하여 중량감소량을 측정한 후 식(2)를 이용하여 산정하였다.

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

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 중성화 속도계수, 투기계수, 염화물이온 확산 계수 및 흡수계수

그림 2는 표면피복 종류별 촉진 사이클에 따른 중성화 속도계수의 변화를 나타낸 것으로 중성화 속도계수는 사이클이 경과할수록 저하하는 것으로 나타났으며, 이는 이산화탄소의 침투에 의한 중성화 반응에 의해 콘크리트의 미세 공극구조가 치밀해져 사이클이 경과할수록 중성화 진행속도가 저하하기 때문인 것으로 판단된다.

그림 3~5는 표면피복 종류별 촉진 사이클에 따른 투기계수, 염화물이온 확산계수 및 흡수계수의 변화를 나타낸 것으로 촉진사이클이 경과할수록 계수가 증가하는 것으로 나타났다.

동일재령에 있어서 물질투과성은 대체적으로 무처리 > 유기계 B > 유기계 A > 무기계 B > 무기계 A의 순으로 높게 나타났다. 또한, 무처리에 비하여 표면피복처리를 실시하였을 경우, 물질투과성을 저감시킬 수 있는 것으로 나타나 표면피복처리를 실시함으로써 철근의 부식속도를 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

#### 3.2 염화물이온 확산계수와 흡수계수

그림 6은 흡수계수와 염화물이온 확산계수의 관계를 나타낸 것으로 흡수계수가 증가할수록 염화물이온 확산계수가 증가하는 경향을 나타내고 있으며 결정계수가 0.9168로 나타나 염화물이온 확산계수와 흡수계수가 상당한 상관성이 있는 것으로 나타났다.

#### 3.3 중성화 깊이 및 염화물이온 침투깊이와 철근의 부식속도

그림 7 및 8은 피복두께 10mm 철근콘크리트시

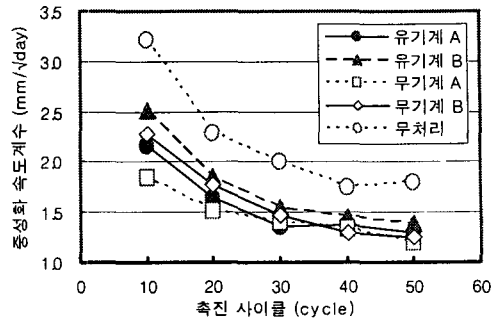


그림 2. 피면피복 종류별 촉진사이클에 따른 중성화 속도계수

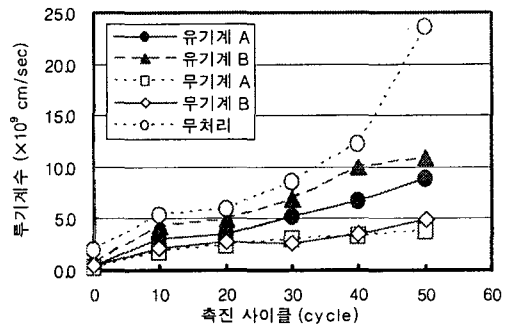


그림 3. 피면피복 종류별 촉진사이클에 따른 투기계수

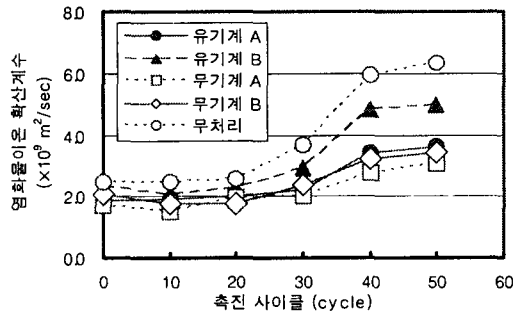


그림 4. 피면피복 종류별 촉진사이클에 따른 염화물이온 확산계수

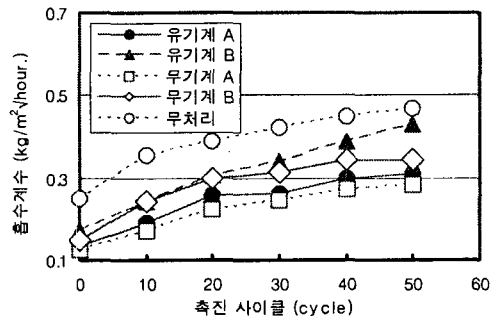


그림 5. 피면피복 종류별 촉진사이클에 따른 흡수계수

시험체에 대한 중성화 깊이와 철근 부식속도의 관계를 나타낸 것으로 중성화 및 염화물이온이 철근의 피복두께 10mm를 초과하여 진행하였을 경우 부식이 발생하기 시작하였으며, 중성화 깊이 및 염화물이온 침투깊이가 증가할수록 부식속도가 증가하는 경향이 나타내었다. 또한, 중성화 깊이와 철근의 부식속도의 경우 결정계수가 0.8452, 염화물이온 침투깊이와 철근의 부식속도의 경우 결정계수가 0.8213으로 높은 상관성을 나타내었다.

#### 4. 결론

- (1) 중성화 속도계수는 축진 사이클이 경과할수록 저하하는 것으로 나타났으며, 투기계수, 염화물이온 확산계수 및 흡수계수는 축진 사이클이 경과할수록 증가하는 것으로 나타났다.
- (2) 철근콘크리트 시험체에 표면피복처리를 실시하였을 경우, 무처리에 비교하여 열화인자에 대한 투과저항성이 우수한 것으로 나타나 표면피복처리를 실시함으로써 철근의 부식속도를 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.
- (3) 중성화 및 염화물이온의 침투깊이가 철근콘크리트 시험체의 피복두께를 초과하였을 경우 철근의 부식이 발생하기 시작하였으며 중성화 깊이 및 염화물이온의 침투깊이가 증가할수록 철근의 부식속도가 증가하는 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

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

#### 참고 문헌

1. 金武漢ほか, 콘크리트의急速鹽分浸透性試験による鹽化物イオン擴散係數の評價に關する實驗的研究, 日本建築學會 學術講演梗概集, 2003, pp.561~562.
2. 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.
3. Tang, I. and Nilsson, L.-O., Rapid Determination of the Chloride Diffusivity in Concrete by Applying an Electrical Field, ACI Materials Journal, Jan.-Feb. 1992, pp.49~53.

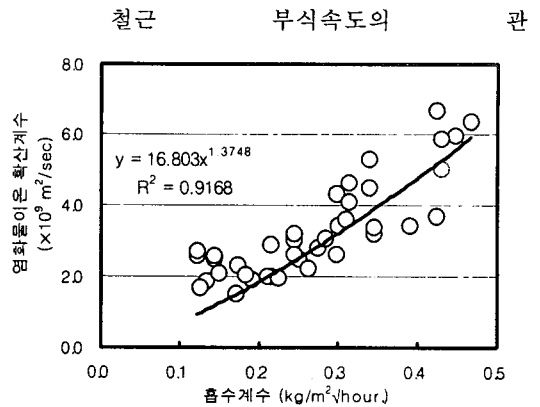


그림 6. 흡수계수와 염화물이온 확산계수의 관계

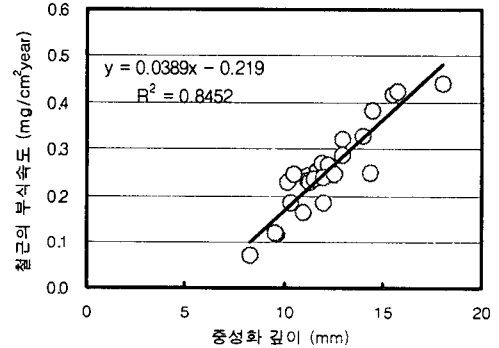


그림 7. 중성화 깊이와 철근 부식속도의 관계

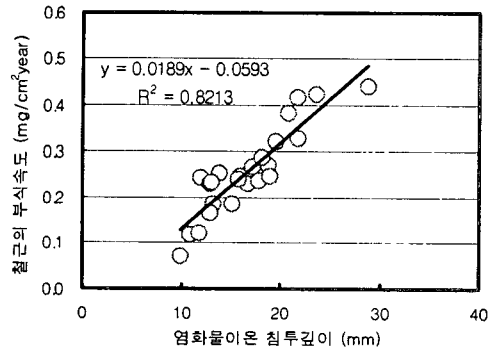


그림 8. 염화물이온 침투깊이와 철근 부식속도의 관계