

중성화에 영향을 미치는 물시멘트비와 마감재 종류에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Carbonation Effected by the Water Cement Ratio and Kinds of Finishing Materials

○유재강*

최성우*

김용로*

Yoo, Jae-Kang

Choi, Sung-Woo

Kim, Yong-Ro

강석표**

권영진***

김무한****

Kang, Suk-Puo

Kwon, Young-Jin

Kim, Moo-Han

ABSTRACT

There are a large number of deteriorate mechanisms on the reinforced concrete structure and it acts complexly. In case of carbonation, it effected by environmental condition as well as properties of concrete. Most of all, water cement ratio and finishing materials have a great effect on the carbonation velocity.

So, it is the aim of this study to suggest elementary data for the prediction of remaining life and the durability design by studying the relationship between carbonation velocity and permeability according to the water cement ratio and kinds of finishing materials.

1. 서론

콘크리트의 중성화는 재령에 따라 증가하는 대표적인 성능저하기구로 알려져 있으며, 재료적인 측면 뿐만 아니라 시공정도 및 환경적인 요인에 의해 크게 지배를 받게된다. 특히, 대기중 탄산가스의 침입에 의한 콘크리트의 중성화는 철근의 발청을 유발시켜 내구성능을 저하시키게 되므로, 콘크리트의 중성화속도에 대한 연구는 구조물의 잔여수명예측 및 적절한 보수시기의 산정을 통한 내구성설계의 개념으로서 그 중요성이 대두되고 있다.¹⁾

한편, 콘크리트의 중성화는 주위의 환경적인 요인과 더불어 콘크리트의 재료적인 측면의 물시멘트비와 표면마감재의 종류에 의해 크게 영향을 받게되며 콘크리트의 투기계수에 따른 탄산가스의 확산 침투속도와 큰 관계가 있는 것으로 보고되고 있다.²⁾

이에 본 논문은 콘크리트의 물시멘트비와 마감재의 종류에 따른 중성화속도를 평가하고, 투기실험을 통해 투기계수를 측정함으로써, 콘크리트의 성능과 표면마감재의 종류가 중성화와 투기성능에 미치는 영향에 관해 연구한 것으로 향후 잔여수명 예측과 내구성 설계를 위한 기초적인 자료로 제시하고자 한 것이다.

* 정회원, 충남대학교 건축공학과 대학원

** 정회원, 충남대학교 건축공학과 대학원 박사과정

*** 정회원, 쌍용엔지니어링 안전기술부 부장, 공박

**** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공박

표 1 실험계획

| 물시멘트비 (W/C) | 배합강도 (kgf/cm ²) | 단위수량 (kg/m ³) | 절대중량 (kg/m ³) | | | 마감처리 | 측정항목 |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----|-----|----------------------------------|--|
| | | | 시멘트 | 모래 | 자갈 | | |
| 0.60 | 180 | 193 | 323 | 873 | 912 | 노출 I 중페인트 II 중페인트 모르터마감 | 중성화깊이 (재령 1~8주) 투기계수 (재령 1, 3주) 세공용적, 압축강도 |
| 0.55 | 210 | 193 | 349 | 846 | 916 | | |
| 0.47 | 270 | 193 | 412 | 792 | 919 | | |

• 중성화깊이 측정용 : 9mm, 18mm 투기계수 측정용 : 3mm

2. 실험계획 및 방법

표 2. 사용재료의 물리적 성질

| | |
|------|--|
| 잔골재 | 종류 : 강모래 비중 : 2.60 |
| 굵은골재 | 종류 : 부순자갈 비중 : 2.62 최대치수 : 20mm |
| 시멘트 | 종류 : 보통포틀랜드시멘트 비중 : 3.15, 분말도 : 3,200(cm ² /g) |

2.1 실험계획

본 실험의 개요는 표 1에서 보는 바와같이 배합강도 180, 210, 270kgf/cm²의 3수준에 따른 각각의 물시멘트비 0.60, 0.55, 0.47로 설정하였으며, 목표슬럼프 18±2cm의 유동성을 확보하기 위하여 고성능감수제를 적정첨가 하였다.

표 3. 마감재료의 물리적 성질

| | 비중 | 점도 | pH | 휘발분 | 성분 |
|-------|------|----|---------|-----|--------------------|
| 1급페인트 | 1.38 | 88 | 8.8~9.5 | 41% | 아크릴 에멀전 Type |
| 2급페인트 | 1.40 | 87 | 8.8~9.5 | 46% | |

2.2 사용재료 및 시험체 제작

본 실험에 사용된 사용재료는 표 2, 표 3에서 보는 바와 같다. 중성화깊이 측정용 공시체는 7.5×10×40cm의 각형공시체를 사용하였으며, 측정면을 선정후 나머지면을 에폭시코팅을 하였다. 투기계수 측정용 공시체는 Ø10×20 실린더형 공시체의 일정부위를 선정하여 두께 3cm로 커팅한 후, 마감처리를 하였다. 페인트는 국내 아파트의 외벽마감에 주로 사용되는 1급페인트와 2급 페인트로 하였고, 중성화깊이 측정용 모르터마감은 주택건설시방서에 준해 9mm, 16mm의 2수준으로 하였으며, 투기계수 측정용 모르터마감은 3mm로 하였다.

2.3 측정항목 및 측정방법

축진중성화 조건은 온도 20℃, 습도 50%, CO₂농도 5%로 하였고, 재령에 따른 중성화깊이는 알콜용액법으로 측정하였다.

투기계수 측정은 그림 1과 같이 직경 7cm의 실린더에 시험체를 고정시켜 실리콘으로 실링을 한 후 콘크리트의 투기성능에 따라 2~4kgf/cm²의 압축공기를 주입하여 메스실린더를 이용한 수증치환법에 의해 투기량을 측정하였다. 측정된 투기량 측정결과로부터 (식 1)에 준하여 투기계수를 구하였다.

$$K = \frac{Q \cdot L \cdot P_A}{P \cdot A} \quad (1)$$

여기서 K : 투기계수 (cm/sec)

Q : 투기량(ml/sec) = $\frac{\text{투과된 공기의 용적}}{\text{투과되는데 걸린 시간}}$

L : 시험체의 두께 (cm)

P : 투기압력차 (kgf/cm²)

P_A : 1.2 × 10⁻⁶ (kg/ml) : 대기압에 상당하는 공기의 단위용적중량

A : 38.465cm² : 투기면적²⁾

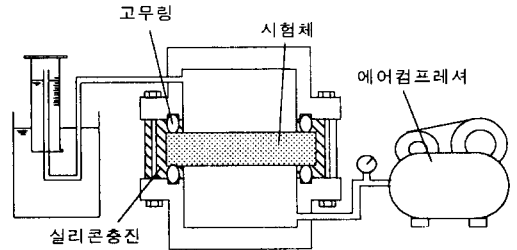


그림 1. 투기계수 측정장치

또한, 각 물시멘트비별로 중성화 부위와 중성화되지 않은 부위의 시료를 채취하여 수은압입법에 의해 세공용적을 측정하였다.

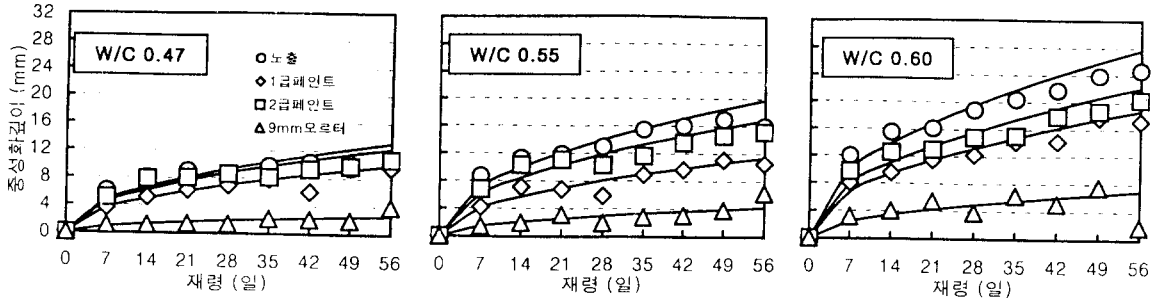


그림 1. 각 물시멘트비별 마감재의 종류에 따른 중성화깊이

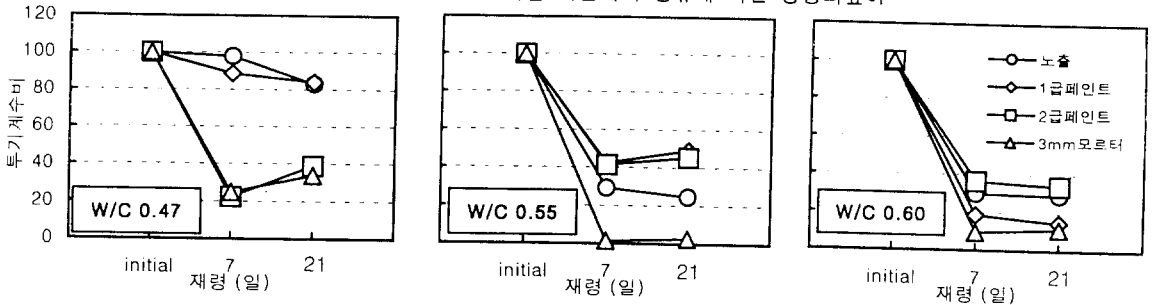


그림 2. 각 물시멘트비별 마감재의 종류에 따른 투기계수비

3. 실험결과 분석 및 검토

3.1 중성화 깊이 측정결과

중성화 깊이 측정결과와는 그림 1에서 보는 바와같이 물시멘트비가 높아질수록 동일재령에 있어서 중성화 깊이가 큰 것으로 나타났으며, 모든 물시멘트비에 있어서 마감재를 도포한 경우 재령에 따른 중성화 깊이가 작아지고 있음을 알 수 있다. 또한 물시멘트비 0.55와 0.60의 경우가 상대적으로 물시멘트비 0.47에 비해 마감재의 영향이 큰 것으로 나타났다.

중성화 속도는 모든 물시멘트비에서 노출, 2급페인트, 1급페인트, 3mm 모르터마감의 순으로 빠르게 진행하고 있으며, 모르터 마감이 중성화 억제에 효과적인 것으로 나타났다.

3.2 투기계수 측정결과

물시멘트비와 마감재의 종류에 따른 투기계수 측정결과를 그림 2에 나타내었다. 물시멘트비 0.47의 노출과 1급페인트를 도포한 시험체를 제외한 모든 시험체의 재령 1주에서의 투기계수는 크게 저하하고 있음을 알 수 있다. 그림 3은 압축강도와 투기계수와의 관계를 나타낸 것으로 압축강도가 증가할 수록 투기계수는 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 이는 물시멘트비가 낮을수록 콘크리트의 조직이 치밀해짐에 따라 투기성능이 저하된 것으로 사료된다. 한편 중성화 속도정수와 투기계수와의 상관관계를 나타낸 그림 4에서 알 수 있는 바와같이, 물시멘트비 0.55와 0.60은 투기계수가 커질수록 중성화 속도정수도 커지는 경향을 나타내

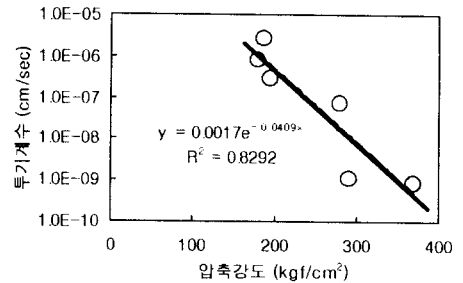


그림 3. 압축강도와 투기계수와의 관계

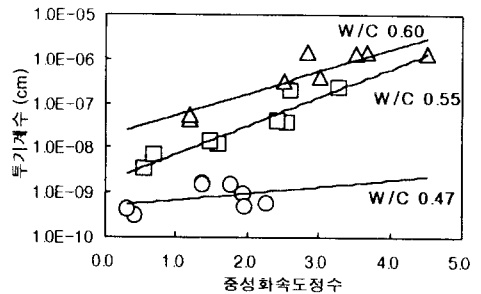


그림 4. 물시멘트비에 따른 중성화속도정수와 투기계수와의 관계

는 바와같이, 물시멘트비 0.55와 0.60은 투기계수가 커질수록 중성화 속도정수도 커지는 경향을 나타내

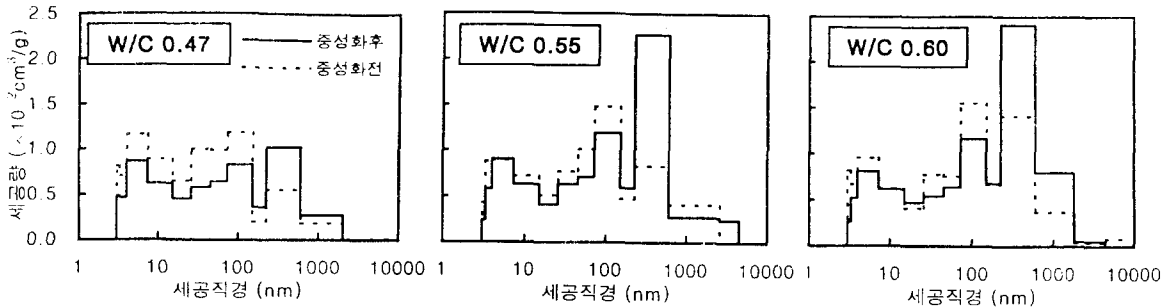


그림 5. 각 물시멘트비별 중성화 전후의 세공용적

고 있으나, 물시멘트비 0.47의 경우 중성화속도정수의 증가에 따른 투기계수의 변화는 크게 나타나지 않았다. 이는 물시멘트비 0.47의 경우 콘크리트 자체의 강도에 의해 투기성능과 중성화속도가 크게 영향을 받는 것으로 사료되며, 이에 반하여 물시멘트비 0.55와 0.60의 경우는 콘크리트의 자체강도보다 마감재에 의한 영향이 큰 것으로 사료된다.

3.3 세공용적 측정결과

그림 5는 각 물시멘트비별 중성화 전후의 세공용적을 측정결과로서, 중성화된 후의 총세공량은 물시멘트비 0.47, 0.55, 0.60별로 각각 7.59, 9.53, 10.25 ($\times 10^{-2} \text{cm}^3/\text{g}$)로 측정되었다. 또한 각 물시멘트비에 따른 중성화 전후의 세공증감량을 나타낸 그림 6에서 보는바와 같이 세공직경 3~150nm영역의 세공량은 대체적으로 감소하였으나, 150nm이상의 영역에서는 증가하고 있으며, 이와같은 세공량의 변화는 기존의 보고와 일치하고 있는 것으로 나타났다.⁶⁾

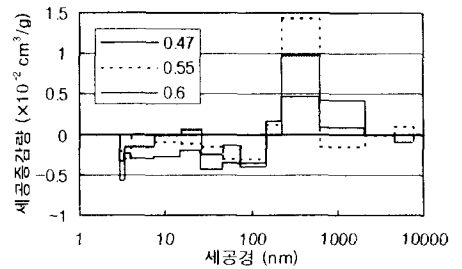


그림 6. 중성화 전후의 세공용적 증감량

4. 결론

중성화에 영향을 미치는 물시멘트비와 마감재의 종류의 영향에 관하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 물시멘트비에 따른 중성화 속도는 높은 물시멘트비 일수록 빠르게 나타났으나, 마감재를 도포함에 따라 중성화속도가 저하하였으며, 이러한 마감재의 도포가 중성화속도에 미치는 영향은 높은 물시멘트비일수록 효과적인 것으로 나타났다.
2. 중성화속도정수와 투기계수간에는 밀접한 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 중성화로 인한 콘크리트의 성능저하를 평가함에 있어 투기계수를 고려한 접근이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 콘크리트 구조물의 수명 예측과 내구성 설계에 관한 심포지움, 일본 콘크리트 공학 협회.
2. 笠井芳夫外, 세멘트 모르타르 판의 투기성 시험
3. 岸谷孝一外, 중성화, 技報堂出版
4. 김무한외, 알칼리성 부여제 도포에 의한 중성화된 콘크리트의 알칼리성 회복 성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제19권, 2호, 1999. 5 pp 473~476.
5. 김무한외, 중성화 및 철근부식을 고려한 콘크리트 구조물에 관한 수명예측기법의 활용기술 개발, 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집 제8권 2호, 1996. 11 pp. 218~224
6. 정재동, 콘크리트의 배합조건 및 미세구조가 중성화에 미치는 영향, 철근콘크리트 구조물의 내구성향상에 관한 심포지움, 대한건축학회, 1995.