

모르터 및 콘크리트의 중성화에 영향을 미치는 투기계수에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Air Permeability Effect on the Carbonation of Mortar and Concrete

○유재강*	이강우*	심재형*
Yoo, Jae Kang	Lee, Kang Woo	Shim, Jae Hyung
강석표**	권영진***	김무한****
Kang, Suk Pyo	Kwon, Young Jin	Kim, Moo Han

ABSTRACT

With respect to durability, the importance of carbonation lies in the fact that it reduces the pH on the pore water in hardened concrete. However, the carbonation velocity is effected by the water/cement ratio, materials, unit cement weight, porosity, kinds of finishing materials, accuracy of constructing, environmental factors and so on. And the air permeability is closely related to the carbonation velocity because it represents the properties of concrete.

This paper presents an experimental investigation on the carbonation effected by air permeability in mortar and concrete. As a result, it was found that the carbonation velocity of concrete is faster than that of mortar and it is possible to predict the carbonation velocity using air permeability.

1. 서론

콘크리트의 중성화속도는 사용재료, 물시멘트비, 단위시멘트량, 포로시티, 시공정도, 마감재의 유무 및 종류, 환경조건 등에 의하여 영향을 받으며, 탄산가스의 침투·확산속도는 중성화속도와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다.^{1,2)} 이에, 최근 들어 모르터 및 콘크리트의 중성화속도를 평가하기 위하여 투기계수를 인자로 한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구는 물시멘트비별 모르터 및 콘크리트의 촉진중성화시험을 실시한 후 제령에 따른 중성화깊이 및 투기량을 측정하고, 촉진중성화 전의 세공용적을 측정하여 투기계수와의 관계를 검토함으로써 모르터 및 콘크리트의 중성화에 영향을 미치는 투기계수에 관해 실험적으로 분석·검토하였다

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1에서 보는 바와 같이 물시멘트비 47, 55, 60%의 모르터 및 콘크리트 시험체를 제작하여 촉진중성화시험을 실시하고, 중성화깊이, 투기량, 세공용적을 측정하였다. 본 실험의

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정

** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정

*** 정회원, 쌍용엔지니어링 안전기술부, 이사·공박

**** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

모르터 및 콘크리트 배합은 각각 표 2 및 표 3에 나타내었다.

2.2 사용재료 및 시험체 제작

본 실험에 사용된 사용재료의 물리적 성질은 표 4와 같다.

모르터의 중성화깊이 측정용으로 5×5×5cm의 시험체를 제작하였고, 투기계수 측정용 시험체는 지름10cm, 높이 3cm의 플라스틱 관을 사용하여 제작하였다.

콘크리트의 중성화깊이 측정용으로 7.5×10×40cm의 시험체를 제작하여 측정면을 선정한 후 나머지 면은 에폭시코팅을 하여 탄산가스의 침투를 억제하였다. 콘크리트의 투기계수 측정용 시험체는 Ø10×20cm의 원주형 시험체의 일정 부위를 선정하여 두께 3cm로 절단한 후 측면을 에폭시로 코팅하였다.

2.3 실험방법

시험체 제작 1일 후에 탈형하여 4주간 표준양생을 실시하였으며, 커팅에 따른 영향을 고려하여 표준양생 직후 콘크리트의 투기계수 측정용 시험체를 제작하였다. 또한 함수율의 영향을 고려하여 시험체의 중량이 일정해질 때까지 축진 중성화시험의 전양생으로서 1주간 기건양생을 실시하였다. 축진중성화시험은 온도 20℃, 상대습도 50%, CO₂농도 5%의 조건에서 실시하였다. 중성화깊이 측정용 시험체는 모르터의 경우 전면, 콘크리트의 경우 선정면만을 탄산가스에 노출시켰으며, 투기계수 측정용 시험체는 모르터 및 콘크리트 모두 한쪽 면만 탄산가스에 노출시키기 위하여 나머지 면은 그림 1에서 보는 바와 같이 탄산가스의 침투를 억제하기 위한 처리를 하였다.

중성화깊이 측정은 1%의 페놀프탈레인 용액을 이용한 알콜용액법으로 실시하였으며, 재령별 중성화깊이 측정결과를 바탕으로 기존의 제안식인 岸谷式³⁾을 통해 중성화 속도 계수를 산출하였다.

투기계수는 그림 2에서 보는 바와 같이 직경 7cm의 실린더에 시험체를 고정시켜 실링을 한 후 2kgf/cm²의 압력을 가하여 투과되는 공기를 수중에서 메스실린더를 사용해 투기량을 측정하였으며, 측정된 투기량 측정결과로부터 기존의 제안식⁴⁾인 식(1)에 준하여 투기계수를 구하였다.

$$K = \frac{2 P_2 h r}{P_1^2 - P_2^2} \cdot \frac{Q}{A} \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

여기서 K 투기계수 (cm/sec)
 P₁ 재하압력 (kgf/cm²) P₂ 대기압 (1.0332kgf/cm²)

표 1. 실험계획

시험체	W/C (%)	측정 항목
모르터	47	· 중성화깊이 (축진 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8주) · 투기계수 (축진 전, 1, 4, 8주) · 세공용적 (축진 전, 1, 4주)
콘크리트	55	
	60	

표 2. 모르터의 배합

W/C (%)	중량 (g)*		
	물	시멘트	모래
47	401	853	2560
55	451	820	2459
60	488	813	2438

* 시멘트 모래 - 1 3

표 3. 콘크리트의 배합

W/C (%)	s/a (%)	단위중량 (kg/m ³)			
		물	시멘트	잔골재	굵은골재
47	46.4	193	412	792	919
55	48.1	193	349	846	916
60	49.0	193	323	873	912

표 4. 사용재료의 물리적성질

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

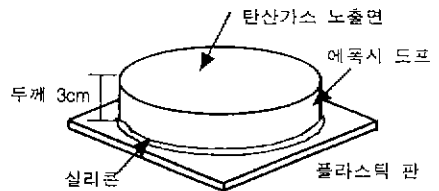


그림 1. 축진중성화 시험시의 투기계수 시험체

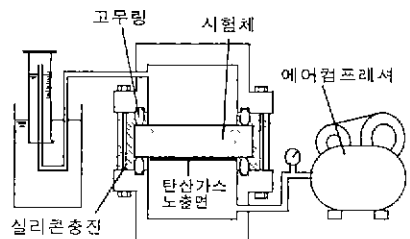
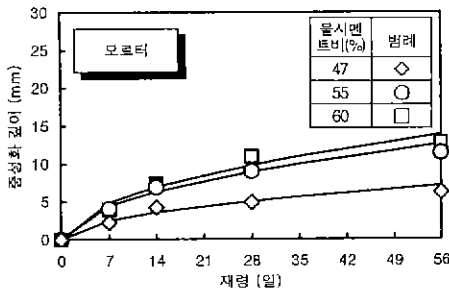


그림 2 투기계수 측정장치

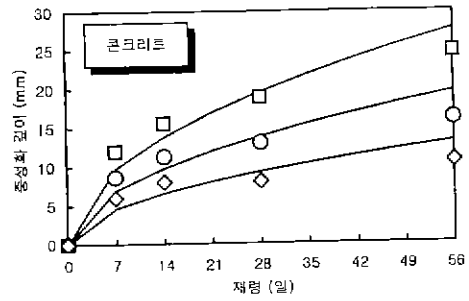
h 시험체의 두께 (cm) Q : 투기량 (cm³/sec)

A : 투기면적 (38.465cm²) γ : 기체의 단위용적중량 (공기 : 1.205×10⁻⁶kgf/cm³)

세공용적 측정용 시료는 촉진중성화 전에 시료(콘크리트의 경우 굵은골재를 제거한 시료)를 채취하여 100℃의 건조기에서 24시간 건조시킨 후 수은압입식 포로시메타를 이용하여 세공용적을 측정하였다.



(a) 모르터 시험체



(b) 콘크리트 시험체

그림 3 재령에 따른 중성화깊이

3. 실험결과 분석 및 검토

3.1 중성화속도 분석 및 검토

그림 3은 물시멘트비별 모르터 및 콘크리트의 재령에 따른 중성화깊이 측정결과를 나타낸 것으로, 동일 재령에 있어서 모르터에 비하여 콘크리트의 중성화깊이가 크다는 것을 알 수 있으며, 촉진재령 28일의 중성화 속도계수 산출결과 물시멘트비에 따라 다소 차이는 나타났으나 콘크리트가 모르터에 비하여 약 1.4~1.7배정도 중성화가 빠르게 진행하고 있는 것으로 나타났다. 이는 모르터에 비하여 콘크리트가 단위용적당 차지하는 시멘트량의 작기 때문에 수화시 발생하는 수산화칼슘의 양이 적고, 골재-페이스트간의 내부경계면적이 증가하였기 때문인 것으로 사료된다.

3.2 투기계수 분석 및 검토

그림 4는 중성화 촉진재령 1주 및 8주에서의 물시멘트비에 따른 모르터 및 콘크리트의 투기계수를 나타낸 것으로 모르터와 콘크리트 모두 물시멘트비가 낮아질수록 투기계수도 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나 콘크리트의 투기계수는 동일 물시멘트비의 모르터 투기계수와 비교하여 상대적으로 높게 나타나고 있는데 그 차이는 물시멘트비가 높을수록 크게 나타나고 있다. 재령 8주에 있어서 물시멘트비 47%의 경우 모르터와 콘크리트의 투기계수는 각각 3.16×10⁻¹⁰cm/sec와 3.63×10⁻¹⁰cm/sec로 유사한 값을 나타내고 있으나, 물시멘트비 55% 및 60%에서는 모르터와 콘크리트의 투기계수는 큰 차이를 보이고 있다.

한편 재령에 따른 투기계수는 모르터와 콘크리트 모두 중성화 촉진 1주 및 8주에서 유사한 값을 나타내고 있어 재령에 따른 투기계수의 변화는 적은 것으로 판단된다.

3.3 세공량과 투기계수의 관계 분석 및 검토

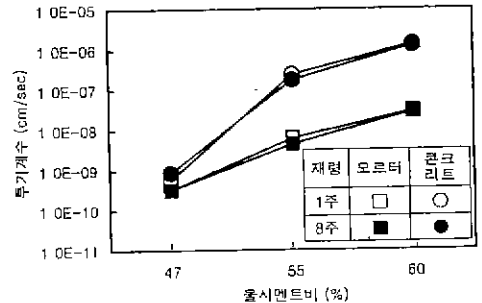


그림 4 중성화 촉진재령 1주 및 8주의 투기계수

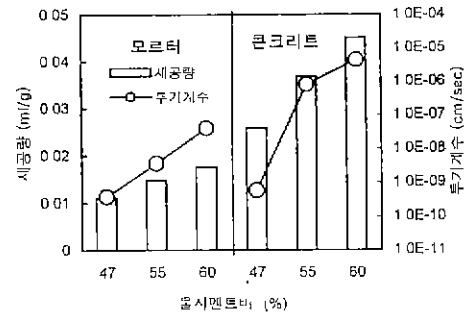


그림 5. 세공직경 75~7500nm 사이의 세공량과 투기계수의 관계

그림 5는 몰시멘트비별 모르타르 및 콘크리트의 세공직경 75~7500nm사이의 세공량과 투기계수의 관계를 나타낸 것으로서, 3~35000nm의 총세공량중 중성화속도와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고⁵⁾되고 있는 세공직경 75~7500nm 사이의 세공량은 모르타르의 경우 몰시멘트비에 따른 변화는 거의 나타나고 있지 않으나, 콘크리트의 경우 몰시멘트비가 낮아질수록 감소하고 있다.

이와 같은 몰시멘트비에 따른 세공직경 75~7500nm 사이의 총세공량의 변화는 몰시멘트비에 따른 투기계수의 변화와 유사하게 나타나고 있어 모르타르 및 콘크리트의 투기계수는 공극을 뿐만 아니라 공극의 직경에 밀접한 관계가 있다는 기존보고⁵⁾와 일치하고 있다.

3.4 투기계수와 중성화속도의 관계 분석 및 검토

그림 6은 몰시멘트비에 따른 모르타르 및 콘크리트의 투기계수와 중성화속도의 관계를 나타낸 것으로서, 투기계수가 증가할수록 중성화 속도계수도 증가하고 있는 것으로 나타났으며, 모르타르가 콘크리트보다 상관성이 양호하게 나타나고 있다. 그러나, 모르타르와 콘크리트에 있어서 투기계수와 중성화속도계수는 모두 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 나타나, 향후 투기계수를 요인으로 하여 중성화속도의 추정이 가능할 것으로 사료된다.

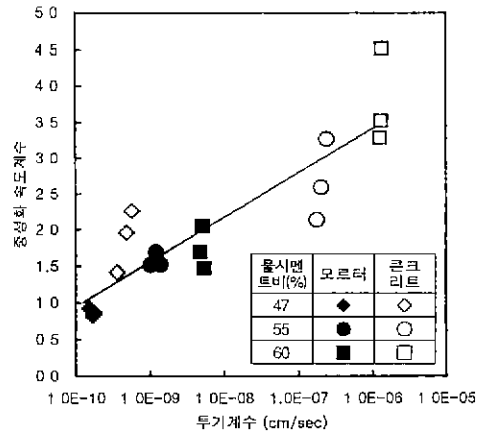


그림 6. 투기계수와 중성화속도계수의 관계

4. 결론

모르타르 및 콘크리트의 중성화에 영향을 미치는 투기계수에 관한 연구를 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 중성화 속도계수 산출결과 동일 몰시멘트비의 모르타르에 비해 콘크리트의 중성화 속도가 빠르게 진행하고 있는 것으로 나타났으며, 투기계수 측정결과에 있어서도 몰시멘트비에 따라 약간의 차이는 보이고 있으나 콘크리트의 투기계수가 모르타르에 비해 크게 나타났다. 이는 모르타르에 비하여 콘크리트의 경우가 단위용적당 시멘트량이 작고 골재-페이스트 계면의 증가로 인한 조직의 치밀성에 기인한 것으로 사료된다.
- 2) 모르타르와 콘크리트의 중성화 속도계수, 투기계수 및 총세공량은 다소 차이를 보이고 있지만 투기계수와 중성화속도계수는 밀접한 관계를 나타내고 있어, 중성화속도 추정에 있어 투기계수를 고려한 접근이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 笠井芳夫外, モルタルの透氣性に関する試験, セメント・コンクリート No 436, 1983. pp.8~15
2. 田中享二外, 水分を含む状態でのセメントモルタルの透氣性, 日本建築学, Vol 469, No.9-15, 1995 pp.9~15
3. 岸谷孝一外, 콘크리트構造물의耐久性 시리즈 -중성화-, 技報堂出版, 1988. pp.21~40
4. 千葉一雄外, 모르타르콘크리트의透氣性と透氣性が중성화에及ぼす影響, 七技年報 41, 昭和62年 pp.347~350
5. 鄭載東外, 中酸化速度に及ぼす콘크리트の調合及び細孔構造の影響に関する実験的研究, 日本콘크리트工学論文集, 第1巻第1号, 1990. pp.61~73
6. 塚山隆一, 中酸化した콘크리트のポロシチー, セメント・コンクリート, No.274, 1969. pp 28~33
7. 김무한의, 중성화에 영향을 미치는 몰시멘트비와 마감재 종류에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 가을학술 발표대회, Vol 11, No 2, 1999 11 pp 667~670
8. 김무한의, 알칼리성 부여제 도포에 의한 중성화된 콘크리트의 알칼리성 회복기능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회, Vol.19, No 2, 1999. 5 pp.473~476