

콘크리트 두께에 따른 질소투과계수 영향실험

A Nitrogen Permeability Experiment with the Various Thickness of Concrete

이 명 규* 정 상 화** 김 도 현***
Lee, Myung Gyu Jung, Sang Hwa Kim, Do Hyun

ABSTRACT

Using the diffusion cell, a experimental study on the nitrogen permeability was performed with the various thickness of concrete. This is important with relating to the carbonation study because the study of CO₂ diffusivity needs to use thin concrete specimen. Experimental results show that the nitrogen permeability is few affected by concrete specimen's thickness. But, specimens with 1cm thickness have a high permeability and deviation relatively. Also, specimens with w/c ratio 0.40 have a low permeability than 0.58. Consequently, the 3cm thickness is the better stable than others but the 1cm thickness specimens will be stable in case having a lot of specimens.

1. 서론

외부 이산화탄소가 콘크리트 내부로 확산되며 "탄산화 가능물질"과 반응하여 콘크리트의 pH를 낮추는 탄산화 현상에 대한 대부분의 수치해석 모델을 구성하기 위해서는 탄산화된 콘크리트를 통한 이산화탄소의 확산계수를 결정하는 것이 중요하다. 이 경우, 이산화탄소 확산계수를 탄산화된 콘크리트를 사용하여 결정하기 위해서는 합리적인 기간에 콘크리트를 탄산화 시킬 수 있는 박편 형태의 시편을 사용해야만 한다. 그러나, 콘크리트를 통한 기존의 기체확산계수 실험은 대개 3~5cm 두께의 콘크리트 시편에 대해 수행되고 있으며 두께에 따른 확산계수의 변동성에 대한 실험은 없는 실정이다. 그러므로, 본 연구에서는 본격적인 이산화탄소 확산계수 실험을 수행하기에 앞서 콘크리트를 통한 질소(N₂)투과 실험을 수행하여 확산실험에 적절한 콘크리트 시편의 두께를 결정하였다. RILEM 보고서에 따르면⁽¹⁾ 콘크리트를 통한 가스의 투과성과 가스의 확산계수는 건조한 상황에 대해 측정이 이루어지거나 측정시 습도가 유지된다면 흐름의 과정이 같은 공극시스템에 대해 발생하기 때문에 서로간에 식(1)과 같은 형태의 관련을 가지게 되므로 질소투과 시험을 통한 시편두께 영향 검토결과는 확산계수에도 동일한 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

* 정희원, 전주대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 서울대학교 토목공학과 박사수료

*** 정희원, 전주대학교 토목공학과 석사과정

$$K_g = constant \times D^b \quad (1)$$

여기서, K_g = 기체투과계수(m^2)

D = 기체확산계수 (m^2/s)

b = 실험상수

2. 실험개요

2.1 실험변수 및 실험방법

실험은 1종 시멘트를 사용하여 수행하였으며 주요 실험변수로는 물/시멘트 비 0.42, 0.50, 0.58의 3종류로 선정하였으며, 이에 따른 콘크리트의 상세배합은 표1에 나타나있다. 또한, 시편의 두께를 1, 3, 5cm의 3종류로 하여 실험을 수행하였으며, 몰탈의 경우는 물/시멘트 비 0.58인 경우 시멘트 : 잔골재 비율을 1 : 2로 하여 1cm와 3cm의 2가지 시편을 제작하였다.

표 1 배합표

| W/C (%) | Binders (kg/m^3) | Water (kg/m^3) | Fine aggregate (kg/m^3) | Coarse aggregate (kg/m^3) |
|---------|----------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 0.42 | 425 | 179 | 714 | 895 |
| 0.50 | 315 | 158 | 748 | 1076 |
| 0.58 | 277 | 161 | 726 | 1117 |

한편, 실험에 사용된 표준 실험시편은 지름 100mm의 원형시편으로 표준형 공시체 제작 후 절단하여 제작하였으며, 상대습도에 따른 영향을 최소화하기 위해 실리카겔이 들어있는 진공데시케이터 내에 향량이 될 때까지 놓아두었다.

2.2 기체 투과계수 결정방법

콘크리트의 기체투과계수는 가스의 점성과 압축성을 고려하여 식(2)에 의해 결정한다.

$$K_g = \eta \frac{Ql}{tA} \frac{2b}{(p_1 - p_2)(p_1 + p_2)} \quad (2)$$

- 여기서, η = 기체의 점성(Ns/m^2 , N_2 의 경우 $1.74 \times 10^{-5} \text{Ns/m}^2$ at 20°C)⁽²⁾
 Q = 기체 흐름의 체적(m^3)
 l = 침투단면의 길이(m)
 A = 침투단면적 (m^2)
 p = 체적 Q 가 측정되는 압력(N/m^2)
 p_1 = 기체가 들어올 때의 압력(N/m^2)
 p_2 = 기체가 나갈 때의 압력(N/m^2)
 t = 시간(s)

3. 실험결과 및 고찰

기체투과실험은 환경조건에 따른 변동성을 피하기 위해 온도 20°C , 건조상태에서 실험을 수행하였으며, 이를 위해 콘크리트 시편은 실리카겔이 놓여진 진공데시케이터 내에서 항량이 될 때까지 건조시켰다. 시편에 따른 항량 도달시간은 대략 하루에서 5일 정도가 필요하며, 시편 두께가 두꺼울수록 많은 시간이 필요했다(그림 1참조).

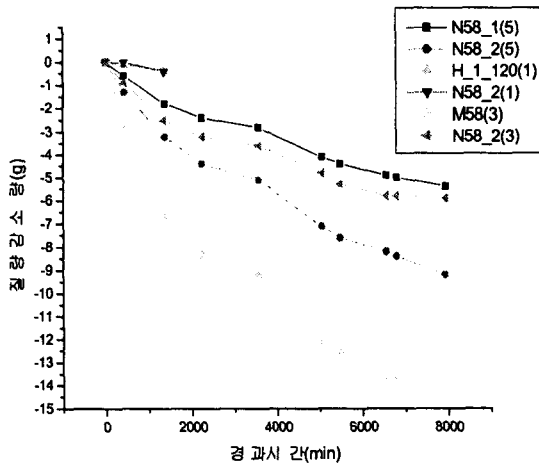


그림 1. 항량 도달시간

질소 투과실험은 주입압력(P_1) 1.5kgf/cm^2 (대기압을 더하면 2.5kgf/cm^2)에서 수행하였으며, 이것은 RILEM에서 제시하고 있는 적정압력 범위인 $0.5\sim 2.5\text{kgf/cm}^2$ 내에 포함되는 압력이다⁽³⁾. 실험결과 두께가 1cm로 얇은 경우에는 3cm와 5cm에 비해 투과계수의 변동성이 크고(그림 2 참조) 절대적인 크기도 크게 나타났다. 그러나, 콘크리트의 경우 두께 3cm 시편들이 5cm인 경우에 비해 오히려 투과계수가 작게 나왔으며 몰탈의 경우에는 시편 두께 3cm인 경우가 1cm인 경우에 비해 투과계수가 큰 결과를 나타낸 것으로 보아 두께에 따른 투과계수의 차이는 특별한 경향을 보이지는 않는 것으로 판단된다(그림 3 참조).

물/시멘트 비에 따른 영향을 살펴보면 동일한 두께에 대해 물/시멘트 비가 0.42인 경우의 시편이 0.58인 경우에 비해 작은 투과계수를 나타냈으며, 두께가 다른 경우에도 물/시멘트 비가 0.42인 경우에 더욱 작은 수치를 나타냈다(그림 4 참조). 그러나, 본 실험에 사용한 물/시멘트 비 0.42의 시편두께가 1cm로 변동성이 큰 경향을 나타내므로 이에 따른 영향은 추가적인 실험을 수행하여야 할 것으로 판단된다. 한편 몰탈의 경우 동일한 물/시멘트 비의 콘크리트와 비교하여 조금 낮은 투과계수를 가지고 있으나, 전반적으로는 콘크리트의 투과계수와 거의 같은 범위에 있다고 볼 수 있다(그림 3 참조).

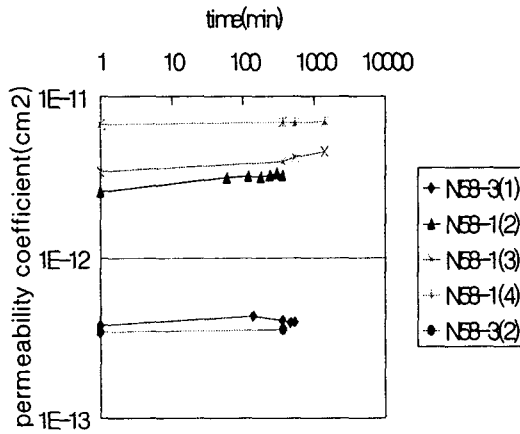


그림 2 물/시멘트 비 0.58인 콘크리트 시편의 두께 1cm, 3cm인 경우의 질소투과계수

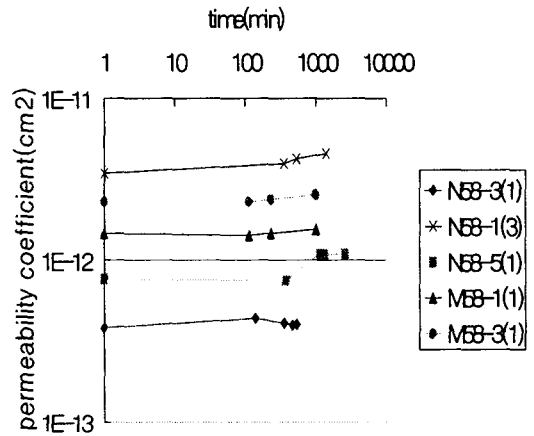


그림 3 물/시멘트 비 0.58인 콘크리트와 몰탈의 두께에 따른 질소투과계수

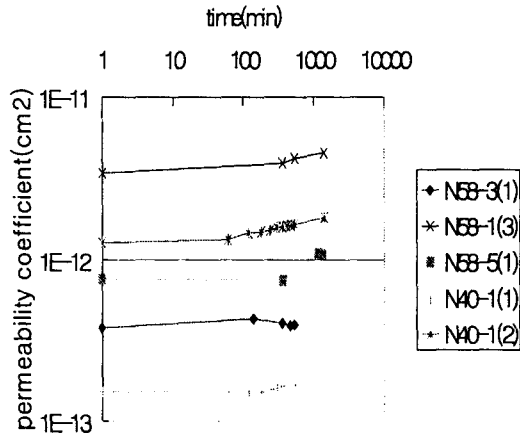


그림 4. 물/시멘트 비에 따른 질소투과계수

결론적으로 투과계수 혹은 확산계수를 실험적으로 결정하는데 있어서 가장 안정적인 콘크리트 시편의 두께는 3cm인 것으로 사료된다. 그러나, 콘크리트 중으로의 이산화탄소 확산계수는 완전히 탄산화된 부분을 통과하는 경우가 가장 중요한 의미를 가지므로 이 경우 3cm를 완전히 탄산화 시키는 경우의 소요시간을 감안하면 1cm 이하의 시편 두께에 대해 확산계수 측정실험을 수행하는 것이 불가피할 것으로 판단된다. 그러나, 이 경우 본 실험에서 나타난 결과에 따라 두께 1cm 시편의 경우 큰 변동성을 가지므로 실험시 더욱 많은 시편에 대한 실험을 수행한 후 이에 따른 신중한 분석이 요구된다고 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 콘크리트 시편의 두께를 1cm, 3cm, 5cm로 하여 각각에 대한 질소투과 실험을 실시하였으며 이로부터 기체의 확산과정을 포함한 콘크리트에 대한 기체의 투과성을 실험하는 데 가장 적절한 시편의 두께를 도출해 내고자 하였다. 실험결과 약 3cm 두께의 콘크리트 시편의 경우 합리적인 시간 내에 실험편차가 적은 안정적인 실험값을 보였으며, 탄산화된 시편에 대한 기체의 확산성을 실험하는 경우처럼 3cm 이내의 박편을 사용해야만 하는 경우에는 실험결과의 변동성을 고려하여 적절한 규모의 실험시편을 사용해야만 할 것으로 판단된다. 그밖의 세부적인 결론은 다음과 같다.

- 1) 실리카겔을 포함한 진공데시게이터 내에서 시편을 건조시키는 경우 필요한 항량 도달시간은 대략 하루에서 5일 정도이며, 시편 두께가 두꺼울수록 많은 시간이 필요하다.
- 2) 본 연구에서 수행한 결과로는 두께에 따른 질소투과계수의 차이는 특별한 경향을 보이지는 않으며, 다만 3cm 인 경우 안정적인 결과를 나타낸다.

- 3) 물/시멘트 비가 작은 경우(0.42)가 큰 경우(0.58)에 비해 작은 투과계수 값을 가진다.
- 4) 몰탈의 경우 동일한 물/시멘트 비의 콘크리트와 비교하여 조금 낮은 투과계수 값을 가지나 그 차이는 미미하다.

참고문헌

1. Kropp, J., Hilsdorf, H. K., "Performance Criteria for Concrete Durability," Rilem report 12, E & FN Spon, London, 1995.
2. Abebe Dinku and H. W. Reinhardt, "Gas permeability coefficient of cover concrete as a performance control", Materials and Structures, Vol. 30, August-September, 1997, pp387-393.
3. RILEM TC 116-PCD, "Tests for gas permeability of concrete", Materials and Structures, Vol. 32, April, 1999, pp174-179.