

수분의 함수율에 따른 공극구조의 변화와 리튬실리케이트의 침투성

Study on Performance of Lithium-Silicate Permeation and Changing Posity Structure according to Water Content

김 광 기* 문 형 재** 김 정 진*** 박 순 전**** 이 주 호***** 정 상 진*****

Kim, Kwang-Ki Moon, Hyung-Jae Kim, Jeong-Jin Park, Soon-Jeon Lee, Joo-Ho Jung, Sang-Jin

Abstract

Pores can become factors of reducing the capacity of concrete by being path of degradation factors and moisture can fill up pores inside of concrete, so evaluating the effect of unidirectional permeability due to moisture on pore structure of concrete structure is very important. Therefore, the change of pore structure in cases of 0%, 40%, 60%, 80% and 90% humidity being maintained on test specimens and in case of Lithium Silicate, which is chemical compound, being coated were evaluated. As a result, the condensation due to moisture could be confirmed since unidirectional permeability was decreased and the density of Pore Structure was improved as the percentage of water content was being increased. And, solution-type Lithium Silicate fills up pores of sizes around $1\mu\text{m}$ in the condition of carrying water and improves the density but the range of capacity improvement due to osmosis will be limited according to functional conditions.

요 약

공극은 열화인자의 이동경로가 되어 콘크리트의 성능을 저하시키는 요인으로 작용할 수 있으며 수분은 콘크리트 내부의 공극을 충전시킬 수 있기에 수분에 의한 투기성이 시멘트경화체의 공극구조에 미치는 영향을 평가하는 것은 중요하다. 이에, 본 연구에서는 공극구조와 투기성에 대하여 0%, 40%, 60%, 80%, 90%의 습도를 유지시킨 시험체와 화학조성물인 리튬실리케이트를 도포시켰을 경우의 공극구조 변화를 평가하였다. 그 결과, 함수율이 증가할수록 투기성은 저하되고 공극구조의 밀실성이 향상되어 수분에 의한 응축현상을 확인할 수 있었다. 그리고 수용액 상태의 리튬실리케이트는 수분을 함유하고 있는 상태에서 $1\mu\text{m}$ 전, 후의 공극을 충전시켜 밀실성을 향상시키나 함수조건에 따라 침투성에 의한 성능향상 범위가 제한적일 것으로 판단된다.

* 정회원, 롯데건설(주)기술연구원, 선임연구원

** 정회원, 롯데건설(주)기술연구원, 연구원

*** 정회원, 롯데건설(주)기술연구원, 책임연구원

**** 정회원, 롯데건설(주)기술연구원, 수석연구원

***** 정회원, 롯데건설(주)기술연구원, 연구팀장

***** 정회원, 단국대학교 건축공학과, 교수

1. 서론

시멘트를 결합재로 구성하는 콘크리트와 모르타르는 다공체인 관계로 기체를 투과시키는 성질이 있으며 이러한 투과성은 조직구조의 밀실성과 연속성, 그리고 세공의 함수상태에 따라 영향을 받는다. 그중에서 수분은 공극을 충전시키게 되어 기타의 인자가 내부로 진행하기 위한 이동경로를 제한하게 된다. 이러한 이유로 콘크리트의 내구성을 향상시키기 위하여 표면에 도포되어 사용하는 표면처리제는 내부의 함수상태에 따라 확산경로가 제한될 수 있으므로 이에 대한 특성을 제시하는 것은 매우 중요하다. 이에 본 연구에서는 환경습도의 영향을 받아 수분을 포함하는 시멘트경화체의 공극구조에 근거한 투기성을 명확히 하고 이때, 콘크리트의 내구성 향상을 위한 표면처리제의 침투성을 제시하였다.

2. 실험계획

콘크리트가 포함하고 있는 수분은 콘크리트 표층부로부터의 깊이에 따라 함수상태가 상이하며 수분은 공극내부를 충전시킬 수 있어 함유정도에 따라 상이한 공극구조를 나타낼 수 있다. 이에 모르타르로 제작된 시험체를 대상으로 탄산화 촉진시킨 후, 항온항습기에서 0%, 40%, 60%, 80%, 90%의 조건에서 일정한 습도가 유지될 수 있도록 정치시켜 수분이 시멘트경화체의 투기성에 기인한 공극구조에 미치는 영향을 확인하였다. 그리고 수분을 포함한 공극구조에서 노후화된 콘크리트의 성능향상을 위한 소재로서 표면에 도포된 리튬실리케이트의 침투성을 평가하였다.

표 1 실험계획

구분	C : S	W/C(%)	습도(%)	평가항목
인자	1 : 3	65	40, 60 80, 90	Porosity, 투기계수
수준	1	1	4	2

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시멘트경화체의 투기성과 세공구조

시멘트경화체가 포함하고 있는 수분량에 의한 투기성은 다르시스의 법칙에 의한 투기계수로서 유체가 다공체를 투과할 경우 단위시간에 따른 투기량을 통하여 확인하였다. 그 결과 함수율의 증가에 따라 투기계수는 3.12~4.68% 정도가 감소하여 함수율이 증가할수록 투기계수는 감소하는 경향으로 나타났다.

그리고 일반적인 상대습도가 될 수 있는 습도 60%와 절건상태의 시험체를 비교하면, 절건상태의 투기계수는 1.4E-04인 반면, 6.9E-05로 나타나 상대적으로 투기량이 큰 것으로 나타났으며 수분의 함수정도에 따른 투기계수는 전체적으로 7.4E-05~6.4E-05로 나타났다.

이상의 결과로서 동일재령에서의 투기계수는 함수율의 영향을 크게 받으며 함수율이 크면 미세 공극을 수분이 충전시키게 되어 공기를 투과시키는 공극의 양을 감소시키며 이는 조직구조의 밀실성에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

표 2 배합계획

C : S	W/C(%)	중량배합 (kg/m ³)		
		W	C	S
1 : 3	65	284	438	1313

표 3 모르타르의 강도

W/C (%)	플로우 (cm)	압축강도(MPa)			휨강도(MPa)		
		7일	14일	28일	7일	14일	28일
65	18	21	31	33	3.4	5.0	5.7

표 4 탄산화 촉진 깊이 (단위 : mm)

W/C (%)	탄산화 촉진 재령 (주)				
	1	2	4	6	8
65	2.5	3	16.2	18	22

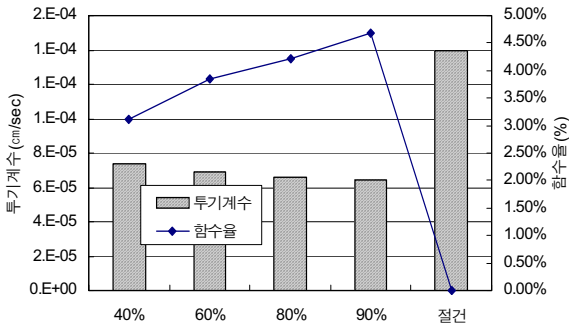


그림 1 함수율에 따른 투기계수

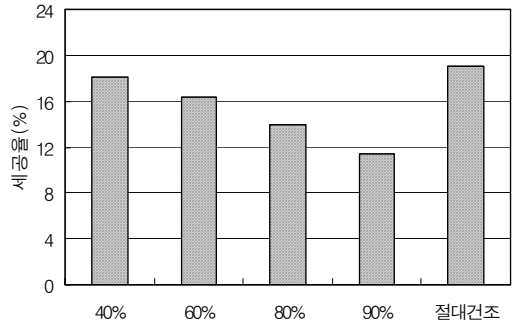


그림 2 함수율에 따른 세공률

또한, 수분에 의한 공극구조는 [그림 2]와 같이 절대건조 상태가 19.04%를 차지하고 있으나, 습도 90%에서 약 7% 정도를 감소시키고 있어 함수조건이 증가할수록 세공경의 부피와 면적이 감소하는 경향으로 나타나 수분은 세공율과 공극의 직경에도 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 그리고 [그림 3]을 통하여 확인하면, 함수 조건이 클수록 세공량을 감소시켜 습도 조건 40%는 0.008ml/g, 60%는 0.0097ml/g, 80%는 0.0045ml/g, 90%는 0.0034ml/g을 나타내어 함수조건이 증가할수록 세공량이 감소되어 투기계수와 비례하여 세공구조의 밀실성이 향상되는 것으로 판단된다. 이는 수분을 포함하는 경우 시험체 내부에 존재하는 수분이 응축하기 때문에 세공량이 감소된 것으로 판단되며, 이를 통하여 세공구조의 밀실성이 증가할수록 투기성은 감소하고 시멘트경화체의 내부에 존재하는 수분은 조직구조의 밀실성 효과에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

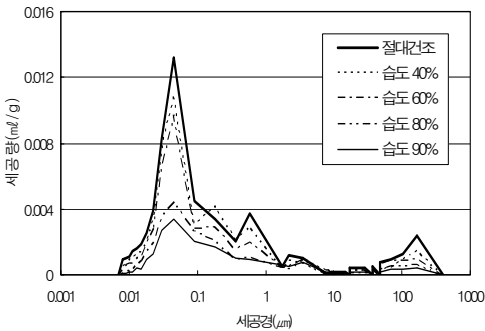


그림 3 수분함유에 따른 세공량의 변화

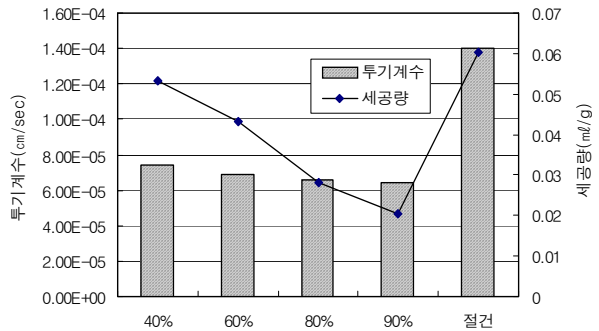


그림 4 투기계수와 세공량의 관계

3.2 리튬실리케이트의 침투성

노후화된 콘크리트의 표면에서 적용하여 표층부로부터 침투성에 기인하여 내부의 성능을 향상시키기 위한 표면처리제로서 리튬실리케이트의 침투성을 확인한 결과, [그림 5]와 같이 수분의 함수상태가 침투성에 영향을 미쳐 건조 상태일수록 침투성이 큰 것으로 나타났다. 수분을 함유한 상태에서의 리튬실리케이트는 0.1 μ m 전·후의 세공범위에서 가장 큰 영향을 미쳐 저습도에서는 0.5 μ m의 범위, 고습도에서는 1 μ m 전·후의 범위에서 세공량을 감소시키는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통하여 함수정도에 따른 세공량 감소의 차이가 있으며 수분이 시멘트경화체내에 존재하는 정도에 따라 리튬실리케이트의 침투성에 영향을 미치는 제한요소로서 작용하는 것으로 판단된다.

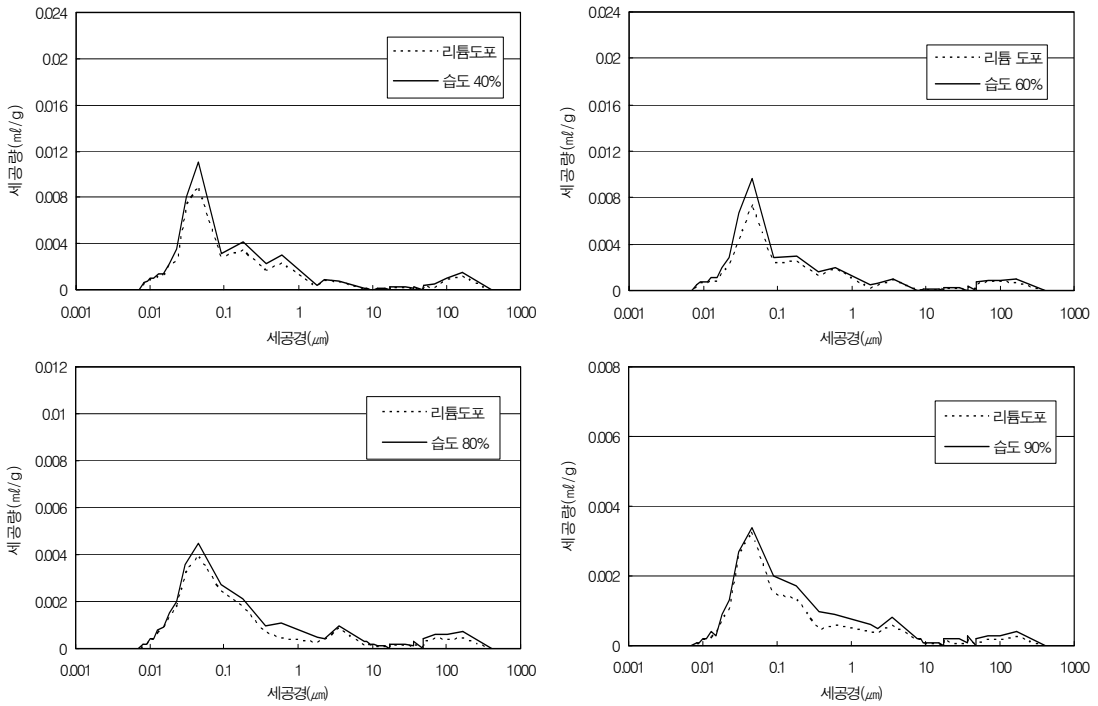


그림 5 리튬실리케이트 도포에 따른 모르타르의 세공구조
(상부 좌: 40%, 우: 60%, 하부 좌: 80%, 우: 90%)

4. 결론

콘크리트구조물의 내부에 포함되는 수분은 투기성을 감소시키고 세공범위 0.01~1 μ m범위의 공극구조에 영향을 미쳐 밀실성을 향상시키는 것으로 판단되며 이러한 수분에 의한 공극구조의 밀실성 효과는 콘크리트 표면에 도포되어 성능을 향상시키기 위한 리튬실리케이트 또는 수용액 상태의 표면처리제는 시멘트경화체 내부에 포함되는 수분의 함유정도에 따라 침투성능에 의한 성능향상의 범위가 제한적일 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김광기, 노후화된 콘크리트 구조물에 적용되는 알칼리회복제의 성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 구조계 19권 2호, 2003.
2. 山本雅人 外 1人, “微細な細孔をもつアルミノシリケート系硬化体の耐凍害性と凍結現象”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2001.