

# 세라믹계 나노물질을 이용한 침투식 방수제의 내구성능 개선효과 연구

## A Study on improving Effect of Durability Performance Using Penetration waterproofing Agent of Ceramic nano materials

류금성\* 박정준\* 고경택\*\* 김도겸\*\*\* 이장화\*\*\*\*

Ryu, Gum-Sung Park, Jung-Jun Koh, Kyoung-Taek Kim, Do-Gyeum Lee, Jang-Hwa

### ABSTRACT

The latest concrete structure has showed that the deterioration of durability has been increased by the damage from salt, carbonization, freezing & thawing and the others. Therefore, the measures for the concrete which has deteriorated durability have been taken. Among them, it has been often used that surface treatment which cuts off the deterioration factors of durability by protecting the surface of concrete. This study was evaluated the surface improving agent for permeability, watertightness, air-permeability, chemical resistance and elution resistance.

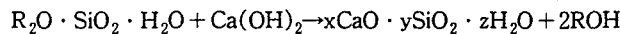
#### 1. 서론

콘크리트는 내부에 모세관공극, 젤공극 등을 갖는 다공질의 재료라는 특성을 지니고 있어 다양한 성능저하 요인에 의해 지속적인 침식을 받기 때문에, 철근콘크리트 구조물의 내구성능을 확보하기 위한 재료·시공 측면의 연구<sup>3,4)</sup>가 최근 들어 활발히 진행되고 있다. 다공성을 지닌 콘크리트의 장기 내구성 확보를 주목적으로 하는 공법들의 기본 개념은 외부환경과 기공을 경계로 하여 콘크리트의 내부까지 유해물질이 미치지 못하게 하는 것이어야 한다<sup>2)</sup>. 따라서, 콘크리트 구조물의 열화방지를 위하여 신속하고 편리한 시공이 가능하며 환경 친화적인 세라믹계 나노물질을 이용한 침투식 방수제를 개발하였다.

본 연구에서는 개발된 침투식 방수제의 흡수율, 투수성, 투기성 및 공극률 시험에 대하여 성능검증 분석을 하였다.

#### 2. 침투식 방수제의 성능 메카니즘

콘크리트의 침투식 방수제를 적용한 콘크리트의 반응 메카니즘<sup>1,3)</sup>을 정리하면 아래의 식과 같다.



(R = 알칼리금속, Na<sup>2+</sup>, K<sup>2+</sup>, Li<sup>2+</sup> 등)

R<sub>2</sub>O계 실리케이트는 콘크리트 중의 칼슘이온(Ca<sup>+</sup>)과의 반응에 의해 칼슘실리케이트 수화물을 형성하여

- \* 정회원 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원
- \*\* 정회원 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원
- \*\*\* 정회원 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원((주) 콘텍 대표이사)
- \*\*\*\* 정회원 한국건설기술연구원 기획조정부 부장

공극 및 비구조적 균열 등의 취약조직을 겔상의 반응 생성물로 충전하고, 해조류 추출물인 sodium alginate와 R<sub>2</sub>O계 실리케이트는 졸-겔(Sol-Gel)결합을 이루어 가교망상 결합을 형성하며, R<sub>2</sub>O계 실리케이트와 이온화된 리튬폴리케이트는 Si-O-Si형태의 사슬결합을 이룸으로써 콘크리트 자체에 이물질 차단 성능을 증가시킨다. 또한 콘크리트 내부의 모세관 공극에 침투하여 화학적 구조상 3차원 망목구조를 형성하여 0.5~1nm 크기의 미세기공이 형성되기 때문에 직경 0.28nm의 수증기 입자가 통과할 수 있는 통기성을 갖는다<sup>1)</sup>.

### 3. 성능검증 시험

#### 3.1 개요

본 연구에서는 설계기준강도(18, 24, 35 MPa)가 다른 콘크리트에 대해 침투식 방수제를 도포하여 흡수율, 투수성, 투기성 및 공극률 시험에 대한 성능을 검토하였다. Table 1은 표면 성능 개선제의 기본 물성이고, Table 2는 강도 수준별 콘크리트의 배합이다.

표 1 표면 성능 개선제의 물성

components	gravity	viscosity (cP)	surface tension (dyne/cm)	pH	solid (%)
composite of R <sub>2</sub> O Silicate & PolySilica	1.20	4.7	31	12.1	25.3

표 2 콘크리트 배합

Design Strengths (MPa)	W/C (%)	S/a (%)	Unit Content(kg/m <sup>3</sup> )			
			W	C	S	G
18	62	45	165	265	826	1041
24	48	46	178	370	771	891
35	42	46	169	401	754	891

#### 3.2 시험방법

본 연구에서 콘크리트 조직의 치밀함을 나타내는 특성으로서 흡수율, 투수성, 투기성 및 공극률시험을 검토하였다. 흡수율 시험은 KS F 4930(콘크리트 표면도포용 액상형 흡수방지제) 및 KS F 2609(건축재료의 물흡수계수 측정방법)에 준하여 시험을 실시하였다. 투수성 시험은 독일 G사 제품의 GWT-4000kit 시험장치에 의해 투수성 시험을 실시하였다. 투기성 시험은 Torrent가 제안한 이론적 모델에 의하여 투기성 계수를 구하였다. 공극률 시험은 ASTM C 642(Standard Test Method of Density, Absorption, and Voids in Harden Concrete)에 의해 측정하였다.

### 4. 실험결과 및 고찰

#### 4.2 흡수율 시험

그림 1은 콘크리트 강도에 따른 흡수비 시험을 실시한 결과이다. 그 결과, 도포한 콘크리트는 도포하지 않은 Plain 콘크리트에 비해 물의 흡수가 30%전후 정도임을 알 수 있고, 설계기준강도가 낮을수록 그 효과가 큰 경향이 있으나, 설계기준강도 24MPa 이상부터 그 효과가 거의 동일한 것으로 나타났다.

#### 4.3 투수성 시험

그림 2는 도포 유무에 따른 투수시험을 실시한 결과가

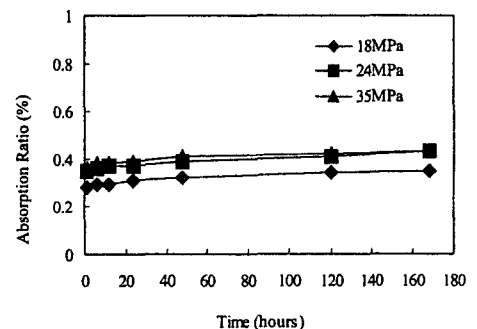


그림 1. 콘크리트 강도별 흡수율 시험결과

다. 도포한 콘크리트는 도포하지 않은 Plain 비해 2.7~3.7 배 정도 수밀성이 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 설계기준강도가 작을수록 그 효과가 뛰어난 것으로 분석되었다.

#### 4.4 투기성 시험

그림 3은 도포 유무에 따른 투기성 시험결과이다. 콘크리트 강도에 따라 투기계수가 3.1~4.3배 정도로 감소하는 것으로 나타났다.

#### 4.5 공극률 시험

그림 4는 도포 유무에 따른 공극률 시험결과이다. 도포한 콘크리트의 공극률은 Plain에 비해 1.9~2.5배 정도 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 설계기준강도 18MPa 콘크리트에 적용한 경우에는 공극률 감소 효과가 뛰어난 것으로 나타났다.

이처럼 침투식 방수제를 도포함으로써 시멘트 수화생성물인 수산화칼슘 등과 반응하여 규산칼슘 수화물을 생성하여 흡수율, 투수성, 투기성 및 공극률에 대해 분석한 결과 콘크리트 내부의 공극을 메워 조직이 치밀하게 되어 수밀 성능이 향상된 결과로 분석된다.

### 5. 침투식 방수제의 침투깊이에 따른 기공률 분석

침투식 방수제를 콘크리트 표면에 도포한 경우, 콘크리트 조직을 어느 깊이까지 어느 정도 치밀하게 하는가를 검토하기 위해 침투식 방수제를 콘크리트 표면에 도포하여 7일간 양생 후 콘크리트 깊이별로 시료를 채취하여 5mm정도 크기로 시료를 만들어 수은압입법(MIP)에 의해 세공구조(기공률, 기공분포)를 측정하였다. 그림 5와 그림 6은 각각 성능 개선제의 도포 유무에 따른 콘크리트 깊이별 전체 기공용적과 기공용적분포의 결과이다.

침투식 방수제를 도포한 결과, 콘크리트 표면으로부터 5mm까지 기공률이 50%로 감소하고 있으며, 0.05 $\mu$ m 이상의 비교적 큰 기공이 감소하고 0.05 $\mu$ m이하의 작은 기공이 증가하여 콘크리트 조직이 상당히 치밀해지고 있음을 알 수 있다. 그리고 5mm 이상부터 성능 개선제의 영향이 감소하고 있으며, 10mm 이상부터 거의 효과가 없는 것으로 나타났다. 따라서 침투식 방수제는 콘크리트 표면으로부터 10mm 이상 침투가 되며, 특히 5mm까지는 콘크리트 조직을 상당히 치밀하게 하는 것으로 판명되었다.

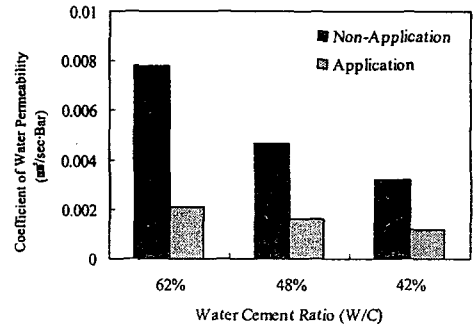


그림 2. 투수성 시험 결과

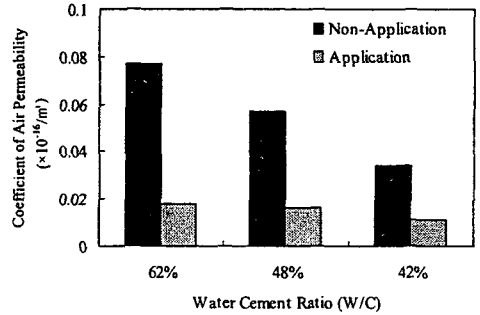


그림 3. 투기성 시험결과

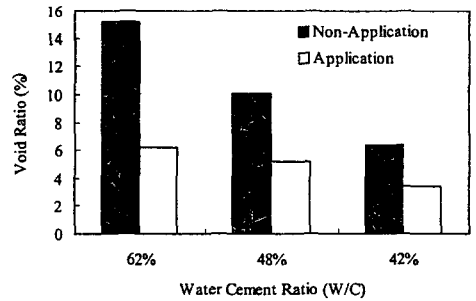


그림 4. 공극률 시험결과

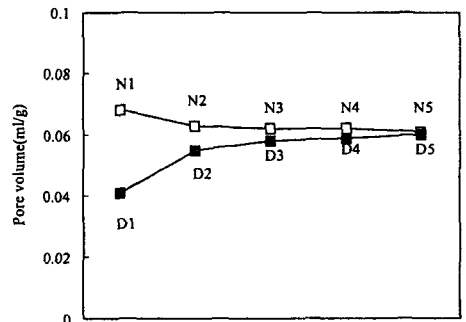


그림 5. 전체 기공용적

그리고 일반적으로 기공크기  $0.05\mu\text{m}$  이상의 비교적 큰 공극은  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  생성량과 천이대가 풍부하게 형성되는 경우에 많이 존재하여 콘크리트 강도, 수밀성, 이온투과성 및 동결융해 저항성에 나쁜 영향을 미치는 것으로 알려져 있고<sup>5)</sup>, 본 연구에서 사용된 침투식 방수제를 도포하면 콘크리트 표면으로부터 10mm까지의 기공률과  $0.05\mu\text{m}$  이상의 공극을 감소시켜 수밀성능을 향상시킨 것으로 판단된다.

이상의 콘크리트 침투식 방수제의 메카니즘을 정리하면, 실리케이트는 콘크리트의 수화생성물인  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 반응하여 규산염을 만들고, 또한 해조류 추출물 S는  $\text{Na}^+$  성분과

콘크리트 내의  $\text{Ca}^{2+}$  과 교차결합에 의해 안정된 겔을 형성하고 또한 연속적으로 반응을 한다. 이로서 콘크리트의 조직이 치밀해져 강도 증진과 방수성능 및 염화물 이온, 이산화탄소, 물과 같은 이물질의 차단성능이 향상된다. 그리고 침투식 방수제를 콘크리트 도포하면 콘크리트 표면으로부터 약 10mm까지 침투가 되며, 특히 5mm까지의 콘크리트 조직을 치밀하게 만드는 효과가 두러지게 나타났다.

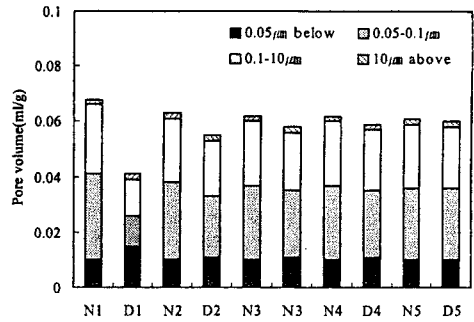


그림 6. 공극 분포

## 5. 결 론

본 연구에서 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 콘크리트 침투성 방수제의 흡수율의 경우 침투식 방수제를 도포한 경우 도포하지 않은 경우에 비해 물의 흡수가 약 30%로 도포함으로써 물의 침투깊이가 1/6정도로 감소하는 것으로 나타났다. 또한 투수성의 경우 수밀 정도가 2.5배 정도 이상 증가하였고, 투기성의 경우 투기계수가 3배 이상 감소 및 공극률의 경우 1.9~2.5배 정도 감소하였다.
- 2) 본 연구에서 개발된 침투식 방수제를 콘크리트 표면에 도포하면 콘크리트 표면의 조직이 치밀해져 강도 증진과 방수성능 및 염화물 이온, 이산화탄소 가스, 수분과 같은 이물질의 차단성능 향상에 크게 기여할 것으로 판단된다.
- 3) 본 연구에서 콘크리트의 침투식 방수제를 실제 콘크리트 구조물에 안정적으로 적용하기 위해 장기적인 성능검증 및 다양한 콘크리트에 적용성을 검토할 예정이다.

## 참고문헌

1. 김도겸, 고경택 외, "철근콘크리트 구조물의 침투강화형 방수제 조성물 및 그의 제조방법과 이를 이용한 복합방수 시공방법" 특허 10-2003-0011617
2. 고경택, 김성욱, "도포형 표면강화제 적용 콘크리트의 성능 검증법에 관한 연구", 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 2000.
3. Kagi, D. A. and Ren, K. B, "Reduction of water absorption in silicate treated concrete by post-treatment with cationic surfactants", Building and Environment, Vol. 30, No. 2, 1995.
4. Kagi, D. A. and Ren, K. B, "Reduction of water absorption in silicate treated concrete by post-treatment with cationic surfactants", Building and Environment, Vol. 30, No. 2, 1995.
5. 鈴木一孝, "コンクリートの組織構造の診断", 森北出版株式會社, 1993.