

# 표면침투보강제의 콘크리트 열화 방지 및 회복성능 평가

## Evaluation of Penetration Reinforcing Agent for Aging Preventing & Recovery Capacity of Concrete

조명석\* 송영철\*\* 김도겸\*\*\* 이장화\*\*\*\*

Cho, Myeng Suk Song, Young Chul Kim, Do Gyeum Lee, Jang Hwa

### ABSTRACT

The latest concrete has showed that the deterioration of durability has been increased by the damage from salt, carbonation, freezing & thawing and the others. Therefore, it is needed to protect durability and performance according to the appropriate materials and methods in the concrete structures. In general, several types of polymer and silicate are used as protecting deterioration agents of concrete structures, but these agents have many problems because of low durability and properties.

In this study, It developed the deterioration restraining agent using polycondensed silicate and monomer that can block a deterioration cause such as CO<sub>2</sub> gas, salt and water from the outside and enhance waterproofing ability by reinforcing the concrete surface when applying it to concrete structures. Also, it evaluated improving concrete performance using a deterioration restraining agent.

### 1. 서론

현재 국내외적으로 각종 열화요인에 대한 콘크리트 표면보호 및 열화가 발생한 구조물에 손상을 주지 않고 표면 도포를 통한 콘크리트 내구성 향상을 목적으로 하는 표면침투보강제 개발 관련 연구 수행 및 일부 제품의 사용이 이루어지고 있으나, 침투깊이의 한계성, 장기내구성능 취약 및 성능개선 기능 결여 등의 많은 해결과제를 가지고 있다. 특히 국내의 경우 주로 성능이 검증되지 않은 외국제품의 수입에만 의존하고 있는 실정으로 실제 현장 적용 시 품질측면에서의 문제점을 가지고 있어 사용의 실효성에 의문이 제기되고 있는 실정이다. 따라서 중요 산업용 콘크리트 구조물의 노후화로 인한 수명 연장과 내구성 향상 수요의 증대를 고려 할 때 이 분야에 대한 국가적 차원의 연구개발 필요성이 절실한 시점이다. 이에 본 연구에서는 실리케이트의 합성에 의해 개발된 표면침투보강제의 열화방지 및 회복성능을 평가함으로써 그 활용성 및 적용성을 분석하는 기초자료를 획득하고자 한다.

### 2. 표면침투보강제 개발

본 연구에서는 표면침투보강제를 개발하기 위하여 6종의 합성기법을 검토하였으며, 분석결과로부터 최적의 합성기법으로 용액 축합중합반응을 선정하였다.

\* 정회원, 한전전력연구원 환경구조연구소 선임연구원

\*\* 정회원, 한전전력연구원 환경구조연구소 수석연구원, 공학박사

\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원, 공학박사

\*\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구위원, 공학박사

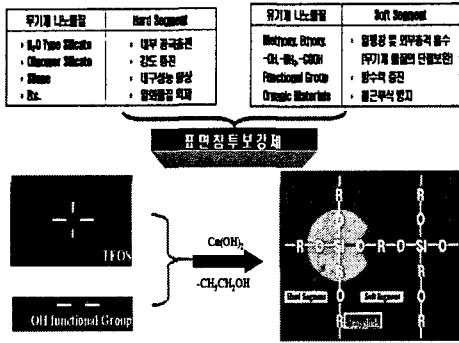


그림 1 개발 메커니즘

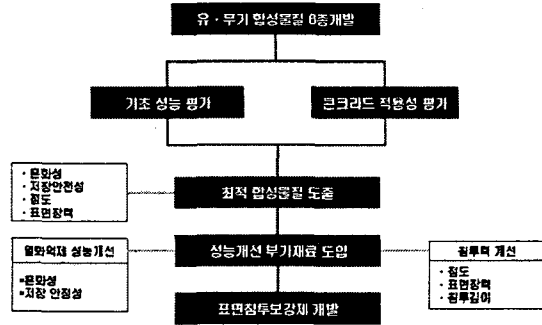


그림 2 개발 과정

표면침투보강제를 개발하기 위한 무기물질과 유기물질의 합성에 있어서는 무기계물질인 실리케이트와 유기물질에 적정량의 반응제 및 반응촉매를 사용하여 적정온도 및 적정기압에서 용액 축합중합반응이 일어나도록 유도하는 방법을 적용하였다. 합성에 적용된 무기물질은 열 및 산화에 안정적이므로 외부의 온도변화 등에 대한 저항성이 있고, 표면장력이 낮아 침투력이 좋을 것으로 판단되는 실리케이트 계열을 적용하였으며, 유기물질은 충격흡수층을 형성하여 계절변화 등의 원인에 의한 열팽창 및 수축 등을 완화시키고 외부의 충격을 완화시키는 역할을 수행할 수 있고 실리케이트의 결합력을 증대시킬수 있는 에톡시기를 지닌 모노머를 적용하였다. 표면침투보강제는 콘크리트 내부로 침투가 용이하게 하기 위해서 저점도를 유지하는 물질로 구성되어야 하며, 콘크리트 내부로 침투하고 난후에는 콘크리트의 강도를 증진시키기 위해 단단한 성질로 전환이 되고, 온도의 변화에 따른 팽창과 수축 후에도 변형을 나타내지 않으려면 고분자의 유연한 성질도 함께 지녀야 한다. 따라서, 용액 축합중합반응에 의해 개발된 표면침투보강제는 무기물질은 강도를 증진시키며 고분자부분인 유기 물질은 외부 충격에 대한 충격감쇄효과를 지닐 것으로 기대된다.

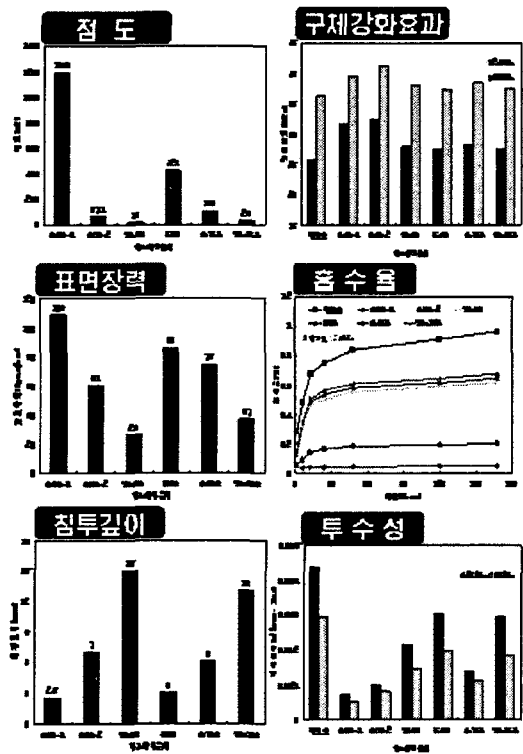


그림 3 합성물질 평가결과

표 1. 열화억제 성능 평가 항목

평가 항목	시험 방법
염해손상 억제성능	일본 콘크리트학회 기준
중성화손상 억제성능	일본 콘크리트학회 기준
동결융해 저항성능	KS F 2456
철근부식억제성능	ASTM C 876
복합열화 저항성능	ASTM C 672

### 3. 콘크리트 열화방지 및 회복성능

#### 3.1 평가개요

표면침투보강제의 열화억제성능을 평가하기 위하여 염해손상억제성능, 중성화손상억제성능, 동결융해

손상억제성능, 철근부식억제성능, 복합열화억제성능 및 장기내구성능 등에 대한 평가를 실시하였다. 본 시험에 사용된 콘크리트 공시체는 레미콘을 사용하여 동일한 배합조건하에서 제작하였으며, 콘크리트 강도 24MPa인 콘크리트에 대해 적합성능 평가를 실시하였다. 배합조건은 굵은골재의 최대치수를 15mm로 하고, 목표슬럼프를 10cm, 목표 공기량을 4.5±1.5%로 하였다.

### 3.2 평가결과

표면침투보강제의 염화손상 억제성능은 염화물 침지 시험으로 평가하였다. 염화물 함유량 측정은 콘크리트 표면으로부터 10mm 간격으로 시료 20g을 채취한 후 일본 콘크리트공학협회 기준(안) <경화 콘크리트 중의 염분량 측정방법>에 의해 염화물을 추출하여 이온전극법을 이용한 일본 K사 제품의 AG-100을 이용하여 측정하였다. 시험 결과, 무도포 공시체에 비해 표면침투보강제를 도포한 경우 깊이별 염화물 농도가 감소하는 것으로 나타났으며, 염화손상 억제성능은 97%로 나타났다. 이러한 결과는 표면침투보강제가 콘크리트 내부 깊숙이 침투하여 미세공극을 채움으로써 콘크리트의 조적이 치밀해져 염화물 농도를 감소시키는 것으로 판단된다.

중성화 억제성능은  $\phi 100 \times 100 \text{mm}$ 의 공시체에 표면침투보강제를 도포한 후 2방향의 이산화탄소 침투를 유도하기 위하여 시험체 옆면을 에폭시로 코팅한 후, 이산화탄소 10%, 온도  $30 \pm 3^\circ \text{C}$  및 습도  $60 \pm 5\%$ 로 조절되는 촉진중성화시험장치에 노출시킨 다음, 페놀프탈레인 용액에 의한 발색깊이를 측정하여 평가하였다. 시험결과, 표면침투보강제를 도포한 경우의 콘크리트에서 중성화 진행 속도가 감소하는 것으로 나타났으며, 무도포 콘크리트 대비 중성화 억제성능(차단성능)은 96%로 나타났다.

동결융해 저항성능은  $10 \times 10 \times 40 \text{cm}$  각주 공시체에 표면침투보강제를 도포하여 소정의 양생을 실시한 다음 KS F 2456[급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법]의 기중동결 수중융해시험법으로 평가하였다. 표면침투보강제를 도포한 경우 300사이클까지 상대동탄성계수가 84%로 양호한 상태를 나타내고 있으나, 표면침투보강제를 도포하지 않은 경우에는 초기 동결융해 사이클부터 상대동탄성계수가 저하되어 150사이클에서 상대동탄성계수가 60%이하로 떨어졌으며 180사이클 이후에 콘크리트가 파괴되었다. 이러한 결과는 표면침투보강제가 콘크리트

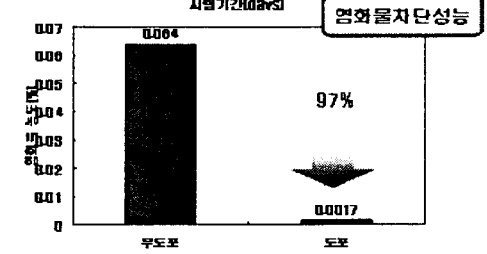
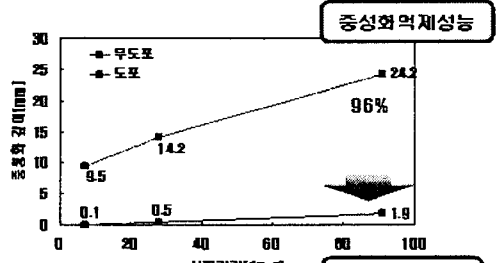
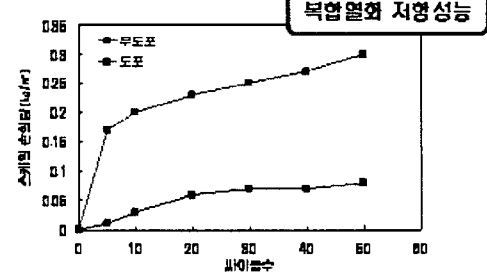
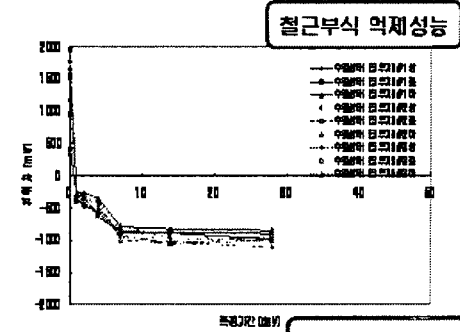
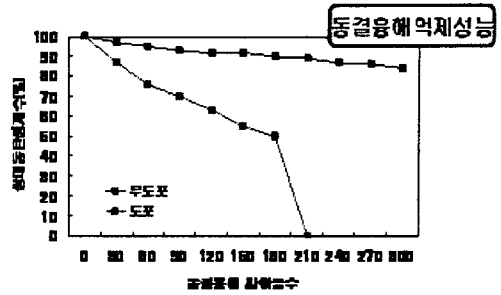


그림 4. 평가결과

트 내부 깊숙이 침투하여 미세공극을 채움으로써 콘크리트의 조직이 치밀해져 동결 가능한 수량을 감소시켰고 또한 방수층이 형성되어 동결에 필요한 수분이 콘크리트 내에 침투하기 어려워지므로 판단된다.

철근부식억제성능은 강도  $F_c=24$  MPa로 제작된  $175 \times 175 \times 450$ mm 각주 공시체를 사용하여 시험하였다. 시험체를 제작하기 전에 중앙부위의 철근부식을 집중시키기 위해 매입된 철근 중앙부위를 제외한 양단에 에폭시로 코팅을 하였다. 표면침투보강제를 도포한 후 NaCl 10% 수용액에 침지시켜 ASTM C 876[Half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete]에 준하여 자연 전위차법에 의해 철근의 부식 전위를 측정하였다. 철근콘크리트에 표면침투보강제를 도포한 결과, NaCl 10% 수용액 속에 침지시키기 전의 전위차와 침지시킨 후 약 40일 경과 후에도 철근콘크리트 시험체의 자연전위차가 큰 변화 없이  $-350$ mV 이상의 전위차를 나타내고 있다. 이상의 경향으로 보아 전위차는 거의 변화 없이  $-350$ mV 이상을 상회할 것으로 추정되며 이후 재령에 대해 계속 측정하고 있다. 이처럼 표면침투보강제를 도포한 결과 철근부식억제 효과가 뛰어난 것은 표면침투보강제가 열화물질이 계속 침입되는 환경에 노출되었더라도 표면침투보강제에 의해 열화물질의 침입을 방지하기 때문에 철근부식억제를 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

복합열화저항성능을 평가하기 위하여 PVC 관으로 만든  $\varnothing 240 \times 130$ mm 몰드에 높이 100mm 정도까지 콘크리트를 타설하여 제작한 다음 28일간의 자연 양생을 걸쳐 표면침투보강제를 도포하였다. 복합열화저항성능시험은 ASTM C 672[Scaling resistance of concrete surface exposed to deicing chemicals salts]에 준하여 실시하였으며, 온도조건은 동결  $-20^\circ\text{C}$ 에서 18시간, 융해는  $+22^\circ\text{C}$ 에서 6시간으로 하였다. 이것은 동절기에 야간에 동결하고, 낮에는 융해하는 조건을 묘사한 것이다. 시험결과, 무도포 콘크리트는 사이클수가 증가함에 따라 동결융해와 염해의 복합작용에 의해 손실량이 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 표면침투보강제를 도포한 콘크리트는 손실이 거의 발생하지 않은 것으로 분석되었다. 특히 시험 종료 시점인 50사이클에서 보면, 표면침투보강제를 도포함으로써 무도포 콘크리트에 비해 스케링 손실 억제효과가 2.7~3.5배정도 증가하는 것으로 나타났다. 시험종료 50사이클수에서 표면침투보강제를 도포하지 않은 공시체는 굵은골재가 보이는 육안등급 3이었고, 도포한 콘크리트는 모르터 부분이 약간 박리되거나 거의 없는 등급 1 또는 등급 0으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구는 실리케이트계열의 표면침투보강제를 적용한 콘크리트에 대하여 열화방지효과 및 회복성능을 분석하고자 한 연구로서, 본 연구를 통하여 실리케이트와 모노머의 용액중축합성에 의한 합성물질이 콘크리트에 적용력이 뛰어난임을 입증하였으며, 열화손상억제성능 및 복합열화저항성능 분석을 통하여 우수한 열화방지 및 회복성능을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. ACI Committee 515, "A Guide to the Use of Waterproofing, Dampproofing, Protective, and Decorative Barrier System for Concrete", ACI Manual of Concrete Practice, 1995
2. ACI Committee 546, "Concrete Repair Guide", ACI Manual of Concrete Practice, 1997
3. J.G. Cabrera et al., "Performance Properties of Concrete Repair Materials", Construction and Building Materials, Vol.11, No.5-6, pp. 283~290, 1997
4. Kim Sang Young et al., "A Kinetic Study on the Hydrolysis and condensation of TEOS in the Basic Condition by Sol-Gel Method", J. of KICE, Vol. 32, No. 4, pp. 557~565, 2001