

콘크리트 구조체 내구성 향상을 위한 침투성 표면 보호재의 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study about Characteristics of Penetrating Surface Protection Materials to Promote Concrete Structure Durability

이정윤* 조병영** 김영근*** 오상근****
Lee, Jeoung-Yun Cho, Byoung-Young Kim, Young-Keun Oh, Sang-Keun

Abstract

Concrete has been considered as a semi-permanent structural material, because its excellent durability. Recently, durability decline of concrete construction by environmental pollution is becoming social problem. The durability of high durable structure is declined by carbonate, chloride permeation and deterioration of waterproof performance, etc.

This study of penetrating surface protection materials evaluated about carbonation, chloride permeation, waterproof performance, and durability of abrasion, etc.

It is profitable in durability that spread penetrating surface protection materials

키 워 드 : 침투성 표면 보호재, 내구성, 탄산화, Cl-이온, 내마모성

Key words : Penetrating surface protection materials, Durability, Carbonation, Chloride ion, Durability of Abrasion

1. 서 론

콘크리트는 내구성이 우수하여 반영구적인 구조재료로 인식되어 왔으나, 최근에 들어 여러 가지 물리적, 화학적 및 환경적 요인들에 의해 콘크리트 구조물의 성능이 저하됨으로써 콘크리트 내구성에 대한 문제가 사회적으로 대두되고 있다.

최근 연구되어온 보고서에 따르면 콘크리트의 표면 보호 없이 그대로 방치하게 되면 탄산화, 염해, 누수 등의 열화 요인에 의해 내구성이 저하되어 실제 구조물에 심각한 문제를 일으키는 것으로 조사되고 있다. 따라서 중성화, 염해, 누수 등 열화 요인으로부터 콘크리트를 보호하기 위한 표면 코팅제 또는 표면 보호재의 사용의 필요성이 제기 되고 있다.

현재 국내에 소개되고 있는 콘크리트 표면 보호재는 그 재료가 구조체에 막을 형성하여 구조체를 보호하는 코팅 방식과 구조체 내부로 침투하여 구조체를 보호하는 침투방식으로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 국내에서 콘크리트 보수 및 보호를 목적으로 사용되는 침투성 표면 보호재 중 실란계와 실리케이트계의 성능을 비교 실험하여 콘크리트 구조물의 내구성 향상 및 장수명화를 위해 적용되는 침투성 표면 보호재에 대한 참고 자료를 제시하는데 목적이 있다.

* 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정희원

** 한국건설자재시험연구원 연구개발부 선임연구원 공학박사, 정희원

*** 한국건설자재시험연구원 연구개발부 수석연구원 공학박사, 정희원

**** 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수, 정희원

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험 계획은 표 1과 같으며, 현재 국내에서 사용되는 실란계 2종과 실리케이트계 1종을 선택하여 각종 콘크리트의 내구성능, 물리적 성능 및 용출저항 성능을 측정 하는 것으로 하였다.

표 1. 실험계획

종 류	기 호	밀판조건	실험내용
실리케이트계	A-1	습윤상태	- 도포 후의 결모양 - 침투깊이 - 물흡수량
	A-2	건조상태	- 표준상태 알카리 침지 후 저온고온 반복 후
실란계	B	건조상태	- 내투수성 - 염화이온 침투저항성 - 중성화 저항성
	C	건조상태	- 내마모성 - 압축강도 - 용출저항성

2.2 실험방법

1) 실험체 제작

실험용 밀판은 시멘트, 모래(주문진 표준사), 물을 중량비로

1 : 2.5 : 0.65로 하여 모르타르로 제작하였다. 성형 후 온도 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 실온에서 건조되지 않도록 양생하고 24시간 후에 탈형하여 온도 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 수중에서 재령 19일까지 양생을 실시하였다. 양생이 끝난 실험용 밀판은 그 양면의 레이턴스 부분을 제거하여, 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $65 \pm 5\%$ 의 표준상태에서 항량이 될 때까지 최소 8일간 건조시킨다. 준비된 실험용 밀판에 표면 보호재를 도포하여 양생실에서 14일간 양생하였다. 도포방법은 각 제조사의 시방서에 따라 도포하는 것으로 하였다.

2.3 항목별 실험방법

1) 도포 후의 겉모양 및 침투깊이

도포후 14일간 양생한 실험체를 육안으로 관찰하여 이상이 있는지 확인한다. 이후 실험체를 2분할 하여 단면에 물을 분무하여 표면 색상차에 따라 구분되는 두께를 측정 하였다.

2) 방수성

실험재료들의 방수 성능을 알아보기 위하여 각 조건별로 시간 경과에 따른 물흡수량 과 수압이 걸리는 환경하에서의 방수 성능을 알아보기 위하여 투수시험을 실시하였다.

(1) 내흡수성능

- 표준상태

양생이 끝난 실험체를 KS F 2609의 5.에 따라 24 시간동안의 시간 경과에 따라 물흡수량을 측정하였다.

- 알칼리 침지 후

양생이 끝난 실험체를 양생실에서 KS M 8070에서 규정하는 수산화칼슘 포화 수용액에 7일간 침적시킨 후 실험체를 꺼내어 위의 “표준상태”와 동일하게 물흡수량을 측정하였다.

- 저온고온 반복 후

양생이 끝난 실험체를 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 물에 18시간 침수한다. 그 후 실험체를 $-20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 저온조에 3시간 냉각하여 다음에 $50 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 고온조 중에 3시간 가열한다. 이 24시간을 1사이클로 하고 10회 반복한다. 그 후 실험체를 꺼내어 위의 “표준상태”와 동일하게 실험하여 물흡수량을 측정하였다.

(2) 내투수성

양생이 끝난 실험체 측면을 파라핀 또는 에폭시 수지 등으로 방수 처리한 후 투수 시험 장치를 사용하여 $0.1\text{N}/\text{mm}^2$ 수압을 1시간 가한 후 단위 면적에 따른 투수량을 측정하였다.

3) 유해물질 침투저항성

(1) 염화이온침투저항성

KS M 8115에서 규정하는 염화나트륨 2.5% 수용액에 7일간 침적한다. 단, 수용액의 온도는 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 한다. 그 후, 실험체를 꺼내어 24시간 상온에서 건조하여 실험체를 2분할 하고, 2분할한 실험체의 단면에 질산은 0.1N 수용액을 분무하고 연속하여 KS M 8430에서 규정하는 우라닌 1% 수용액을 분무하여 발색부분의 깊이를 측정하였다.

(2) 중성화 저항성

도포된 시험체와 도포되지 않은 시험체를 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $65 \pm 5\%$, CO_2 농도 5%로 설정된 촉진 중성화 시험기에 28일동안 촉진시켜 중성화 깊이를 측정하였다.

4) 내마모성 및 압축강도

내마모성 실험은 KS F 2813의 2.에 규정된 시험기를 사용하여 실험을 실시하고 회전수는 500회로 하였으며 연마지의 연마재 입도는 PS-42하여 매100회마다 교환하는 것으로 하여 실험하였다. 압축강도 시험은 KS L 5105에 따라 강도시험을 하였다.

5) 용출저항성

환경적 측면에 적용되었을 때 환경오염에 대한 평가로 KS F 4930에 준하여 용출 실험을 실시하여 냄새와 맛, 탁도, 색도, 중금속(Pb로서), 과망간산칼륨 소비량, pH, 페놀, 중발 잔류분, 잔류 염소에 대하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 도포후의 겉모양 및 침투깊이

도포 후 겉모양은 사진 1과 같이 모든 재료에서 이상 없는 것으로 나타났다. 실란계인 B와 C는 평균적으로 약 5mm와 3mm로 측정되었다. 실리케이트계는 침투깊이가 보이지 않았다.

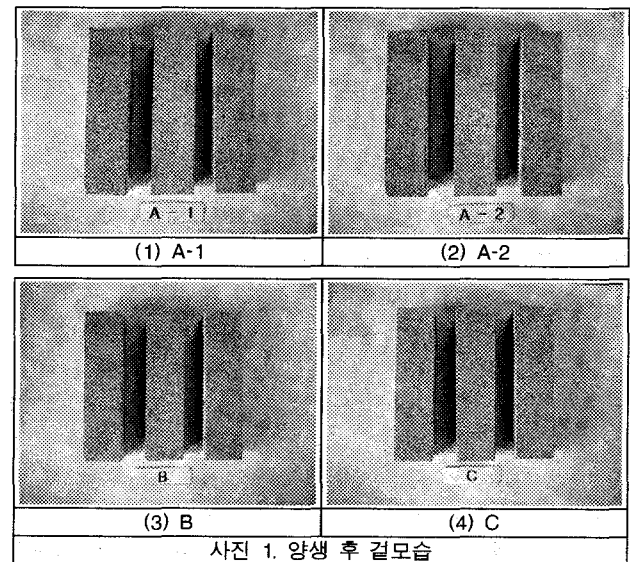


사진 1. 양생 후 겉모습

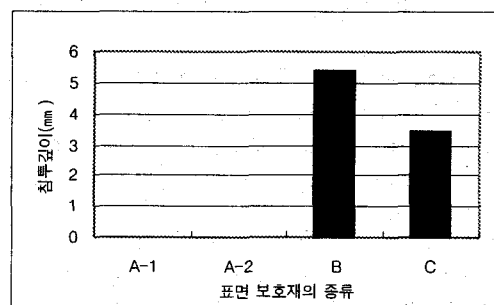


그림 1. 표면 보호재 종류에 따른 침투깊이

3.2 방수성능

실란계 재료들의 내흡수성 실험결과 실리케이트계보다 방수 성능이 우수한 것으로 나타났다. 특히 저온고온반복실험 후 실란계와 실리케이트계의 실험 결과를 보면 실리케이트계 실험체가 표준상태보다 3배~5배 정도 빠른 속도로 물을 흡수하는 것을 알 수 있었다. 내투수성 실험에서도 역시 실란계가 실리케이트계보다 내투수성이 우수한 것을 알 수 있었다. 이상의 실험 결과로 보아 방수성능은 침투 깊이의 영향이 큰 것으로 나타났다.

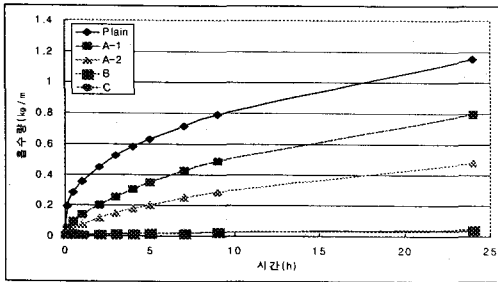


그림 2. 시간 경과에 따른 흡수량(표준상태)

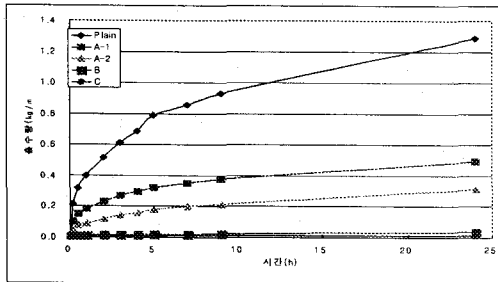


그림 3. 시간 경과에 따른 흡수량(알카리 침지)

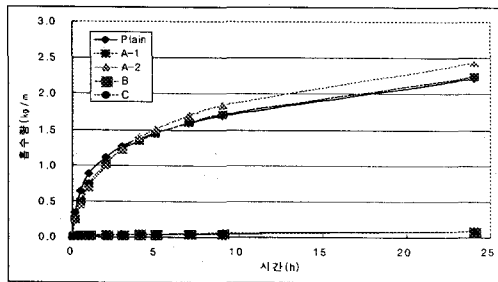


그림 4. 시간 경과에 따른 흡수량(저온 고온 반복)

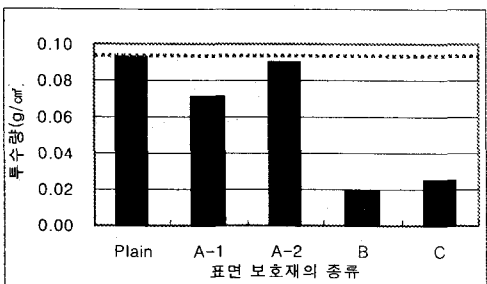


그림 5. 표면 보호재 종류에 따른 투수량

3.3 유해물질 침투 저항성능

염화이온 침투깊이 실험결과 습윤면과 건조바탕에 도포한 실리케이트계 표면 보호재에서는 약 8mm 정도 염화이온이 침투한 것을 확인할 수 있었다. 실란계는 지시약에 발색되지 않아 염화이온이 침투하지 못한 것으로 판단된다.

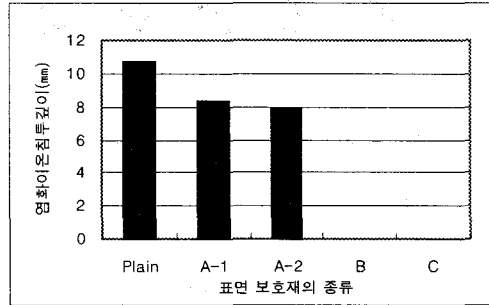


그림 4. 표면 보호재 종류에 따른 염화이온침투깊이

28일간 촉진 중성화 실험 후 중성화깊이를 측정된 결과 실리케이트계 실험체들은 실란계의 실험체들보다 중성화가 더 진행된 것을 볼 수 있었다. 표면보호재가 콘크리트 내부로 침투하여 차단 층을 형성하여 내구성을 저하시키는 유해성분(Cl⁻, CO₂), 차단하는 것으로 사료된다.

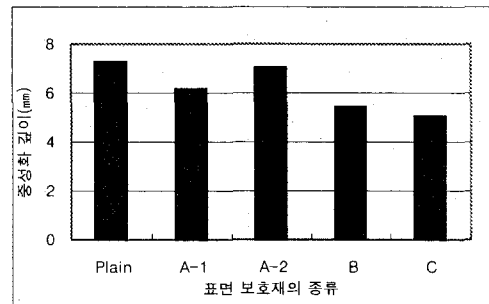


그림 5. 표면 보호재 종류에 따른 중성화 깊이

3.4 표면 강화 성능 및 압축강도

콘크리트 표면 강화성능을 나타내는 내마모성 실험결과 실리케이트계의 마모량이 다른 실험체들 보다 30~40%정도 적게 마모되는 것을 알 수 있었다. 실리케이트계 침투 표면 보호재의 내마모성이 실란계 침투성 표면 보호재의 마모성보다 우수한 것으로 나타났다. 압축강도 실험결과 약 4.0N/mm²으로 큰 차 없이 모든 시험체가 동일하게 나타난 것을 알 수 있었다.

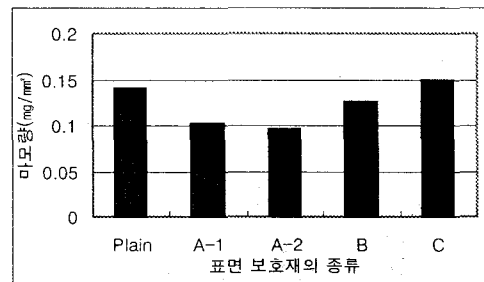


그림 6. 표면 보호재 종류에 따른 마모량

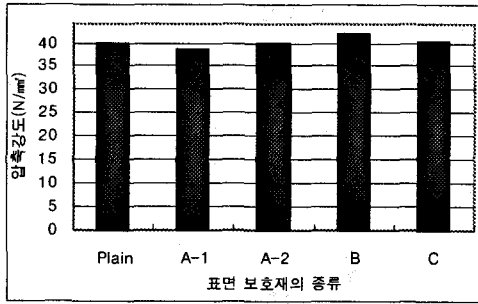


그림 7. 표면 보호재 종류에 따른 압축강도

3.5 용출저항성능

용출저항실험결과 수소이온농도를 제외한 나머지 항목에서 KS F 4930에 적합한 것으로 나타났다. 수소이온농도가 약 알칼리로 나타난 것은 시멘트 모르타르 실험체인 바탕체에서 용출되어 나온 것으로 사료된다.

표 2. 용출저항성 실험결과

실험항목	실험결과			
	실리케이트계		실란계	
	A-1	A-2	B	C
냄새	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
맛	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
색도	5이하	5이하	5이하	5이하
탁도	2이하	2이하	2이하	2이하
중금속(Pb로서)(mg/L)	검출안됨	검출안됨	검출안됨	검출안됨
과망간산칼륨소비량 (mg/L)	0.4	0.3	1.1	0.9
수소이온농도(pH(20℃))	9.7	9.7	9.0	9.7
페놀(mg/L)	검출안됨	검출안됨	검출안됨	검출안됨
중발칸유분량(mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.1
잔류염소의 감량(mg/L)	0.2	0.1	0.2	0.2

3.6 침투깊이와 흡수량과의 상관관계

침투깊이별 흡수량에 대한 상관관계로 침투깊이가 나타나지 않은 실리케이트계에서 흡수량이 많은 것을 알 수 있었으며, 반대로 실란계의 경우는 침투깊이가 깊을수록 흡수량은 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 침투 깊이가 깊을수록 방수성능이 좋은 것으로 판단된다.

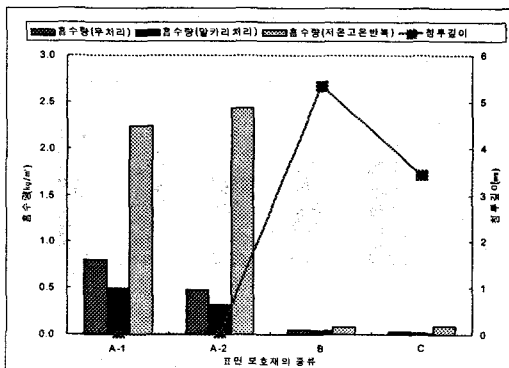


그림 8. 표면 보호재에 따른 침투깊이와 흡수량의 상관관계

4. 결 론

콘크리트 구조체의 내구성 증진을 위한 침투성 표면 보호재 종류별 콘크리트와 모르타르의 내구성, 물리적 및 화학적 특성에 관한 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 방수성능

내투수성 시험과 내흡습성 시험결과 실란계의 방수 성능이 실리케이트계보다 우수한 것으로 사료되며 표면보호재가 도포된 것들이 도포되지 않은 것보다 방수성능이 있는 것으로 사료된다. 또한 방수성능은 침투깊이와 관계가 있는 것으로 나타났다.

2) 유해물질 침투저항성능

유해물질 침투저항성능은 실란계의 성능이 실리케이트계의 성능보다 우수한 것으로 나타났다. 이는 표면보호재의 침투깊이와 연관성이 있는 것으로 판단되며 침투성 표면 보호재를 도포하지 않은 것보다 도포한 것들이 유해물질의 차단에 효과적인 것으로 사료된다.

3) 내마모성 및 압축강도

실리케이트계가 내마모성이 실란계 보다 약 30~40%정도 우수한 것으로 나타났다. 또한 압축강도에 대하여는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

4) 용출저항성능

침투성 표면 보호재의 적용시 환경오염의 문제가 될 수 있는 중금속(Pb로서), 페놀 등이 용출저항성실험 결과 검출되지 않아 환경오염에 문제가 되지 않는 것으로 판단된다.

이상을 종합하여 침투성 표면 보호재에 대한 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

콘크리트의 내구성을 저하시키는 화학적 열화인자(Cl⁻, CO₂, H₂O)차단성능은 실란계의 성능이 우수한 것으로 나타났으며, 물리적 열화인자인 내마모성능은 실리케이트계가 우수한 것으로 나타났다. 따라서 실란계의 물리적 내구성능의 증진을 위해 표면의 내마모성을 강화 할 수 있는 재료 개발 또는 마모성능을 강화 시킬 수 있는 2차 도포재의 연구와 개발이 필요하며 실리케이트계의 화학적 내구성능의 증진을 위하여 침투성능, 방수성능 및 유해물질 침투 저항 성능이 필요한 것으로 사료된다. 또한 각 재료의 특성에 따라 적용 조건과 환경에 맞게 적절히 사용되는 것이 중요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 건축공사 표준 시방서, 1999
2. 한국건설기술연구원, 건설기술정보센터, 「방수시공 종합 정보집」, 1998
3. 무기질 도료 및 표면처리 시스템을 적용한 시멘트 모르타르와 콘크리트의 내구성 평가, 「한국콘크리트학회」, 2003
4. 콘크리트 구조물의 내구성능 저하를 방지하는 침투형 성능개선제 개발, 「한국콘크리트학회」, 2005
5. KS F 4930 콘크리트 표면 도포용 액상형 흡수 방지재, 「한국표준협회」, 2002
6. KS F 2813 건축 재료 및 건축 구성 부품의 마모 시험 방법[연마지법] 「한국표준협회」, 2001