

콘크리트 표층부 내구성 증진 및 성능개선을 위한 규산질계 액상형 도포 방수재의 성능 평가 연구

A Study on the Concrete Surface of Durability Advancement and Performance Improvement for the Siliceous Liquid Type of Spread Waterproofing Material

김진성*
Kim, Jin-Sung

송제영**
Song, Je-Young

박진상***
Park, Jin-Sang

오상근****
Oh, Sang-Keun

Abstract

It is recognised that a permeability waterproof agent have been extensively used for concrete, in these days. In present paper shows effective practical scheme of a permeability waterproof agent in construction market that is to develop durability of concrete structure as apply to job site through the examination physical and chemical property of a permeability waterproof agent.

It is identified that can be maintain waterproofing performance, moreover it makes satisfactory result of permeation resistance as applying siliceous waterproof agent.

키워드 : 내구성, 규산질, 침투성, 자가치유

Keywords : Durability, Siliceous Liquid Type, Permeability Waterproof Agent, Self Healing

1. 서론

1.1 연구의 배경

현대 건축 구조물들은 사용과정에서 균열과 누수문제로 인해 내력저하가 발생하였고, 이로 인한 콘크리트의 안전성을 확보하기 위한 대책방안이 시급한 실정이다.

최근에는 규산질계 액상형 도포 방수재가 콘크리트 구조물의 방수 목적으로 널리 사용되고 있다. 지금까지 주로 사용되어 온 규산질계 액상형 도포 방수재는 주성분이 시멘트, 규산질의 활성실리카, 규사로 구성된 기초합 형태의 무기질계 분말형(분체형) 재료로서, 이들 재료는 물 또는 에멀전 등과 혼합하여 사용한다. 방수 메카니즘은 주성분의 활성실리카와 콘크리트 조직내의 가용성 수산화 칼슘 및 미수화 시멘트 성분이 반응하여 불용성의 규산칼슘수화물 및 에트링카이트 등의 결정체를 생성시킴으로서 조직을 치밀하게 만들어 수밀(방수)성을 향상시키는 효과를 나타내고 있다. 그러나 기존의 분말형 재료에서 쓰이고 있는 활성실리카의 침투는 메이커가 제시하는 깊이만큼의 성능확인이 어렵고, 또한 그 시공상에 있어서 물의 사용량, 바탕콘크리트의 건조습윤 조건, 도포 후의 양생 등에 관한 품질관리에 많은 애로사항이 따르고 있다. 이와 같은 시점에서 콘크리트내 방수재의 방수성을 강화하고,

현장 시공성을 개선하며 콘크리트 내부조직을 수밀하게 만들어 주는 재료 및 공법이 필요하게 되었다. 이에 규산질계 액상형 침투성 도포방수재의 사용을 검토하게 되었다.

1.2 연구의 목적

일반적으로 콘크리트 구조물은 반영구적인 수명을 가진 것으로 인식되고 있지만 정작 구조물의 준공 후, 여러 가지 형태의 하중조건에서 시간의 경과에 따른 물리적 및 화학적인 변질, 변형으로 인한 열화 손상부가 발생하는 경우가 있다.

그 중 가장 원인이 되는 외부로부터 들어오는 물의 침투에 의한 구조물의 열화요인을 사전에 차단하여 콘크리트 표층부의 염해, 동결융해에 의한 파손 및 중성화 방지를 위해 표면에 규산질계 액상형 도포 방수재를 도포함으로써 구조물의 내구성을 향상시킬 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 규산질계 액상형 도포 방수재의 물리적, 화학적 특성을 각각 검토하여 건설현장에 적용함으로써, 콘크리트 구조물의 표층부 성능 개선에 미치는 효과를 검토하고자 한다.

2. 사용재료 및 시험조건

본 시험의 사용 재료로서, 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 시험체는 규산질계 액상형 도포 방수재와 물의 1:1 배합으로 도포한 모르타르 시험체를 사용하였다.

* 서울산업대학교 주택대학원 석사과정, 정회원

** 서울산업대학교 주택대학원 석사과정, 정회원

*** 서울산업대학교 방수기술연구센터 연구원, 정회원

**** 서울산업대학교 건축공학부 교수, 공학박사, 정회원

2.1 사용재료

- 1) 시멘트 - 보통 포틀랜드 시멘트 (국내산)
- 2) 방수재 - 규산질계 액상형 침투성 방수재 : 물 = (1:1)

2.2 성능 평가 조건

규산질계 액상형 도포 방수재의 성능항목별 시험조건은 <표 1> 과 같다.

표 1. 성능평가 조건

시험항목	조 건
모체 표층부 탈락강도 시험	재령 7, 14, 28일에 UTM을 사용하여 측정
투수 시험	∅100×30mm 원형 시험체에 0.1N/mm ² 수압을 가한 후 측정(OUT-PUT)
흡수 시험	KS F 2451에 의거 24시간 침적
염화 이온 침투 저항성	KS F 4930에 의거 7일간 침적
자가치유능력	220mm×300mm×200mm 시험체에 균열을 인위적으로 만든 후 투수여부 측정
축진중성화	온도 20±2℃, 습도 50±5%, CO ₂ 농도 5%

3. 실험계획 및 방법

3.1 시험 평가 항목

규산질계 액상형 도포 방수재에 대한 성능 평가 항목은 <표 2> 와 같다.

표 2. 성능평가 항목

시험항목	내 용
모체 표층부 탈락강도 시험	방수재를 모르타르 시험체에 도포 하였을때, 어느 정도의 표층부 강도를 향상시킬 수 있는가를 평가한다.
투수 시험	방수층의 수밀성은 구조체의 보호에 주요한 성능이므로 본 시험에서는 수압작용에 따라 규산질계 액상형 도포 방수재의 투수 저항성을 평가한다.
흡수 시험	방수층은 물을 흡수하면 각종 화학약품 또는 여러 요인에 의하여 방수효과가 떨어진다. 따라서 흡수에 대한 저항성능의 평가로 흡수시험을 통하여 방수재의 수밀성을 평가한다.
염화이온 침투성 시험	철근 콘크리트 구조물의 철근 부식현상을 막기 위하여 방수층의 염해에 대한 저항성을 평가한다.
자가치유능력	구조체의 동결융해로 인한 균열 발생 시 수화생성물과 규산질계 액상형 도포 방수재의 성분들이 반응하여 자가치유 되는지를 비교 검증한다.
축진중성화	시험체의 중성화에 미치는 영향을 검토하기 위한 시험 평가이다.

3.2 시험방법

1) 모체 표층부 탈락강도 시험

탈락강도 시험은 KS F 2451에 의거하여 소정의 양생기간을 거친 시험체를 대상으로 만능시험기(UTM)를 사용하여 도

포한 모르타르 시험체 표면에 어치트먼트를 부착시킨 후 <사진 1, 2> 와 같이 인장시켜 파단(탈락)되는 강도를 측정하여, 표층부의 강도를 평가한다. 탈락강도는 다음의 식에 따라 계산하고 시험편 3개의 평균값으로 나타낸다.

$$T1 = \frac{Tn}{1600} \quad \text{여기에서} \quad \begin{matrix} T1 : \text{탈락강도 } N/mm^2 \\ Tn : \text{최대하중 } N \end{matrix}$$

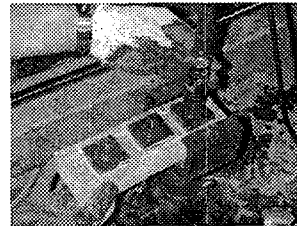


사진 1. 모체 탈락 시험 모습

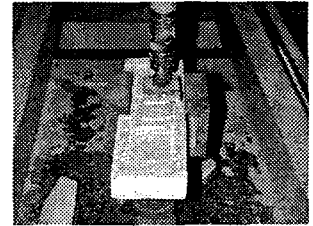


사진 2. 탈락 상태 확인

2) 투수 시험

투수 시험은 KS F 2451에 준한 아웃풋(Out-put) 시험 방식을 이용하며, 시험체에 방수재를 도포한 후, 재령 7일, 14일, 28일 후에 투수시험장치에 시험체를 설치하고, 0.1N/mm²의 수압을 1시간 동안 가한 후 투수량을 측정하여 무도포된 시험체와의 투수량을 비교하여 투수비를 구한다.

$$\text{투수비} = \frac{\text{방수재를 도포한 시험체의 투수량(g)}}{\text{방수재를 도포하지 않은 시험체의 투수량(g)}}$$

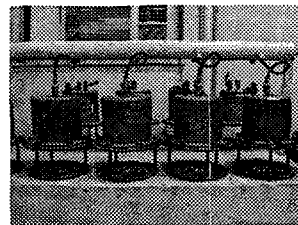


사진 3. Out-put방식의 투수시험기

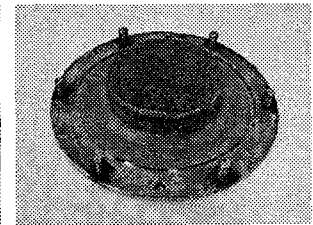


사진 4. 투수 시험용 밀판

3) 흡수 시험

본 시험은 규산질계 액상형 방수재를 도포한 시험체를 대상으로 방수재를 도포한 면을 물속에 넣어 방수층이 흡수한 물의 양을 측정하여, 무도포 시험체와의 흡수성능을 각각 비교하여 흡수비를 평가한다.

시험방법은 KS F 2451에 의거 방수재를 도포한 시험체의 방수층을 24시간 물속에 침적시켜 흡수량을 측정하여, 무도포 시험체와 흡수비를 비교한다.



사진 5. 흡수성 측정 상황

4) 염화이온 침투성 시험

본 시험은 KS F 4930에 준하여 KS M 8115에서 규정하는 염화나트륨 2.5% 수용액에(온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$) 7일간 침적 후 시험체를 꺼내어 24시간 상온에서 건조하여 2분할한 시험체의 단면에 질산은 0.1N수용액을 분무하고 연속하여 우라닌 1% 수용액을 분무하여 시험을 실시한다.

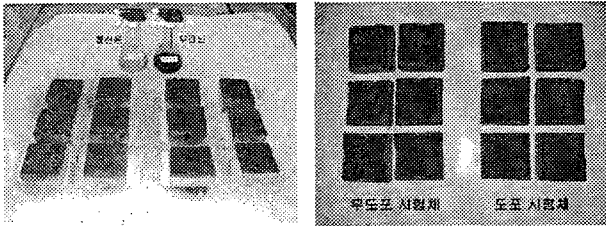


사진 6. 질산과 우라닌 분무 후 사진 7. 도포 후 24시간 경과

5) 자가치유능력

〈사진 8〉과 같이 수조에 균열을 인위적으로 만든 후 자연 수위로 누수가 멈출 때까지 시간을 측정하여 비교 시험하도록 한다.

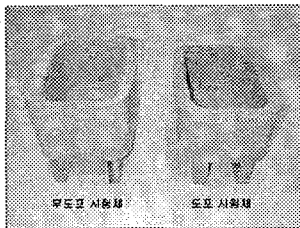


사진 8. 자가치유능력 시험체

6) 촉진중성화

온도조건은 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $50 \pm 5\%$, CO_2 농도는 5%로 하여 촉진중성화 개시 후 재령 7일, 14일, 28일에 페놀프탈렌 1% 용액을 표면에 도포하여 중성화 정도를 측정하였다.

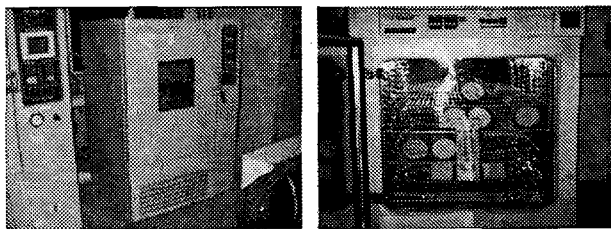


사진 9. 촉진중성화 시험기 사진 10. 촉진중성화 시험 모습

4. 실험결과 및 고찰

4.1 모체 표층부 탈락강도 시험

표층부의 강도시험 결과 〈표 3〉, 〈그림 1〉과 같이 재령 7일, 14일, 28일에서 약 20~24%정도의 강도가 증가한 것으로 나타나 규산질계 액상형 방수제를 도포한 시험체의 표층부

강도는 무도포 시험체와 비교하여 부착강도 성능이 증가한 것으로 나타났다.

표 3. 표층부의 탈락강도 측정 결과

구분	탈락강도(N/mm ²)		
	재령 7일	재령 14일	재령 28일
무도포 시험체	1.92	2.51	2.72
도포 시험체	2.29	3.12	3.33

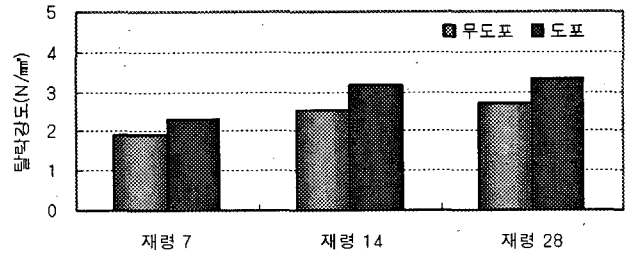


그림 1. 표층부의 탈락강도 결과

4.2 투수 및 흡수 시험

투수시험결과 규산질계 액상형 방수제를 도포한 시험체는 무도포 시험체에 비하여 상대적으로 낮은 투수비를 보여 내부의 수밀성 개선효과가 있는 것으로 나타났으며, 또한 흡수 시험에서도 재령이 증가함에 따라 물 흡수비가 낮아짐으로서 방수성능이 무도포 시험에 비해 향상되는 것으로 나타났다.

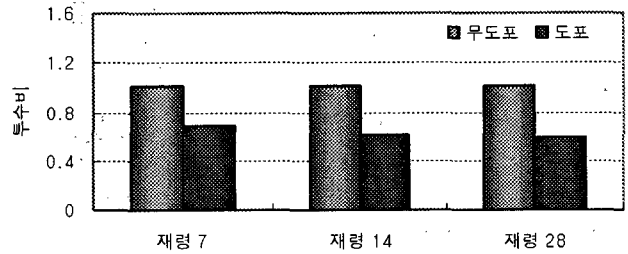


그림 2. 투수 시험 결과

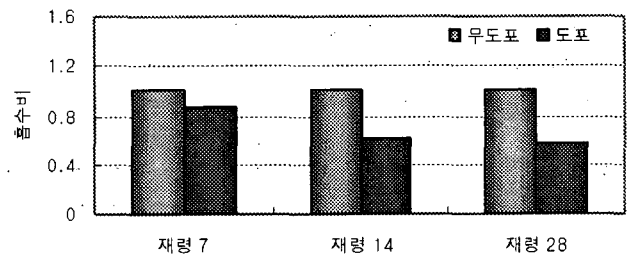


그림 3. 흡수 시험 결과

4.3 염화이온 침투 저항성 시험

염화이온 침투 저항성 시험결과 〈표 4〉와 같이 재령 28일을 기준으로 보았을 때 무도포 시험체가 6.83mm, 침투성 방수재 도포 시험체가 5.19mm로 무도포 시험체에 비해 염소의 침투가 되지 않는 것으로 나타났다.

표 4. 염화이온 침투 저항성 시험 결과

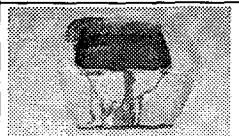

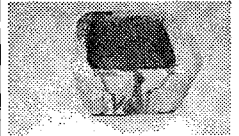
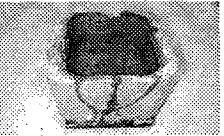

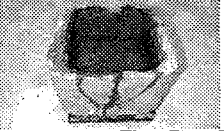
재령 종류	침투 깊이(mm)		
	7일	14일	28일
무도포 시험체	4.75	5.41	6.83
도포시험체	3.71	4.80	5.19

4.4 자가치유능력

균열 폭 1.2~1.5mm의 규산질계 액상형 방수재를 도포한 시험체인 경우 시간이 경과함에 따라 투수량이 감소하여 24시간 후에는 투수가 정지하였으나 무도포 시험체의 경우 6시간 후 완전 투수된 것으로 나타났다.

이에 따라 건설현장에서 발생할 수 있는 건조 수축에 의한 균열 또는 진동 및 기타 균열 등에 구조체 차체가 스스로 대처할 수 있을 것으로 사료된다.

표 5. 자가치유능력 결과

구 분	무도포	도포
	균열 폭 1.2 ~ 1.5(mm)	
초기		
6시간 후		
24시간 후		

4.5 촉진중성화

본 시험 결과 중성화의 깊이가 재령별로 각각 0.18mm, 0.29mm, 0.73mm로 나타났으며, 이는 전반적으로 무도포 시험체에 비해서 중성화 저항능성이 있는 것으로 나타났다.

표 6. 촉진중성화 시험 결과

재령 종류	중성화 깊이(mm)		
	7일	14일	28일
무도포 시험체	0.20	0.41	0.89
도포시험체	0.18	0.29	0.73

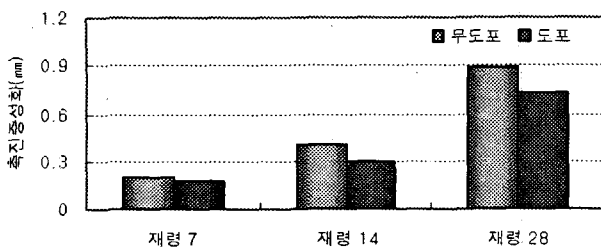
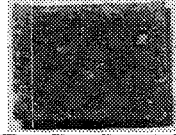
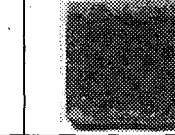
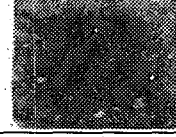
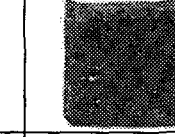




그림 4. 촉진중성화 깊이

표 7. 촉진중성화 깊이 결과

구 분	무도포 시험체	도포 시험체
재령 7일		
재령 14일		
재령 28일		

5. 결 론

본 연구결과 각 시험체마다 규산질계 액상형 방수재를 도포하였을 때 방수층 형성에 따른 물의 침투 저항성(방수성)이 양호한 것으로 측정되었다. 이는 건설 방수공사 현장에 적용되었을 때 표층부의 염해로 인한 구조물의 성능 향상, 콘크리트 및 철근 부식의 원인이 되는 중성화 침투차단 및 장기적인 내구성 유지 및 유지 보수 비용의 절감 효과 등에 기여할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 오상근 외, 방수공사 핸드북, 대한미장협회, 1997
- 오상근 외(주) 청우미디어, 건축 방수시스템의 설계와 시공.
- 오상근 외, 실무자를 위한 방수공사 매뉴얼 도서출판 건설도서.
- 지하 구조물 방수설계 및 누수보수건설신기술 보고자료, 서울산업대학교 방수기술연구센터, 2003
- 한국 건설기술연구원, 건설기술 정보센터 방수 시공 종합 정보집, 1998
- 현대건설기술연구소, 실무자를 위한 방수공사 매뉴얼 건설도서, 2003. 4