

# 액상형 규산질계 침투성 방수제의 성능평가에 관한 연구

## A Study on a Performance evaluation for Quality Liquid Siliceous of waterproof agent

○ 강 호 진\*      권 시 원\*\*      오 상 근\*\*\*  
Kang, Hyo-Jin      Kwon, Shi-Won      Oh, Sang-Keun

### Abstract

There are many factors that generate the early deterioration of the concrete structure. As the one of the representative factors, we can think an invasion of the water, air and so on. The water and air invade in inside void along the capillarity and they become the cause that the durability like corrosion of layer department due to freezing and thawing, inside steel frame corrosion, and so on blacks.

Therefore with covering permeability covering waterproofing material of fluid condition in outer wall, intercepting the deterioration factor due to the infiltration of water from outside and for salt damage of concrete layer department, freezing damage and neutralization, it needs to improve durability of structure.

This study separately examined physical and chemical specific of quality liquid siliceous of waterproofing material. Therefore as this applies the construction site, it improves the durability of concrete structure. Further this presents the application plan from the construction market against the new material.

키 워 드 : 침투성, 방수제, 동결융해

Keywords : quality liquid, waterproofing material, freezing and thawing

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

침투성 도포 방수제가 콘크리트 구조물의 방수 목적으로 많이 사용되고 있다. 지금까지 주로 사용되어온 침투성 방수제는 주성분이 시멘트, 규산질의 활성실리카, 규사로 구성된 기조합 형태의 무기질계 분말형(분체형)재료로서, 이들 재료는 물 또는 에멀전 등과 혼합하여 사용한다. 또한 방수메카니즘은 주성분의 활성실리카와 콘크리트 조직내의 가용성 수산화 칼슘 및 미수화 시멘트성분이 반응하여 불용성의 규산칼슘수화물 및 에트링케이트 등의 결정체를 생성시킴으로써 조직을 치밀하게 만들어 수밀(방수)성을 향상시키는 효과를 나타내고 있다.

그러나 이들 재료에서의 활성실리카의 침투는 메이커가 제시하는 깊이만큼 확인하기 어렵고, 또한 그 시공상에 있어서 물의 사용량, 바탕콘크리트의 건조습윤조건, 도포 후의 양생 등에 관한 품질관리에 많은 어려움이 따르고 있다. 특히 이들 재료의 방수성능(부착성, 수밀성 등)은 물의 사용량에 따라 크게 좌우되며, 시공시 물의 첨가량 관리가

각별히 요구되고 있으나 실질적으로 충분히 관리되지 못하

는 문제점을 안고 있다. 이와 같은 시점에서 침투성을 강화하고, 현장시공성을 개선하며 콘크리트 내부조직을 수밀하게 만들어 주는 재료 및 공법이 필요하게 되었다. 이에 액상형과 침투성 도포방수제의 사용을 적극적으로 검토하게 되었다.

### 1.2 연구의 목적

콘크리트 구조물의 조기열화를 일으키는 요인으로는 여러 가지가 있으나 그 중에 대표적인 요인 중의 하나로 물과 공기 등의 침입을 생각해 볼 수 있다. 물과 공기는 모세관을 따라 내부의 공극을 따라 침입하여 동결융해에 의한 표층부의 침식 및 내부 철근 부식 등 구조물의 내구성을 저하시키는 주요한 원인이 된다.

따라서 외부로부터 들어오는 물의 침투에 의한 구조물의 열화요인을 사전에 차단하여 콘크리트 표층부의 열해, 동결융해에 의한 파손 및 중성화 방지를 위해 표면에 액상상태의 침투성 도포 방수제를 도포 함으로써 구조물의 내구성을 향상시킬 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 규산질계 침투성 방수제의 물리적, 화학적 특성을 각각 검토하여 건설현장에 적용함으로써, 콘크리트 구조물의 내구성을 향상시키고, 침투성 방수제에 대한 건설시장에서의 효과적인 활용방안을 제시하고자 한다.

\* 서울산업대학교 주택대학원 석사과정, 정희원

\*\* B&K 방수기술 연구소 연구원, 정희원

\*\*\* 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수, 정희원

## 2. 사용재료 및 시험조건

본 시험에 사용 재료로써, 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고 도포한 시험체는 규산질계 침투성 방수제와 물의 1:1 배합으로 도포한 시험체를 사용하였다.

규산질계 침투성 방수제의 항목별 시험조건은 표 1과 같다.

표 1. 성능평가 조건

시험항목	조 건
모체 표층부 탈락강도 시험	재령 7,14,28일에 UTM을 사용하여 측정
투수 시험	Ø10×3cm 원형시험체에 1kgf/cm <sup>2</sup> 수압을 가한 후 측정(OUT-PUT)
흡수 시험	KS F 2451에 의거 24시간 침적
음용수 용출 시험	KS F 4930에 의거 용출저항 조건분석방법에 의함
내화확성 시험	재령 7,14,28일에 중량변화 측정
압축강도	7,14,28일에 압축강도 시험기를 사용하여 측정
자가치유능력	22×30×20 시험체에 균열을 인위적으로 만든 후 투수여부 측정
축진중성화	온도 20±2℃, 습도 50±5%, CO <sub>2</sub> 농도 5%

표 2. 성능평가 항목

시험항목	내 용
모체 표층부 탈락강도 시험	무기질계 침투성 방수제를 콘크리트 구조체에 시공하였을 때 표층부 강도에 미치는 성능을 평가하고자 한다.
투수 시험	방수층의 수밀성은 구조체의 보호에 주요한 성능이므로 본 시험에서는 수압작용에 따라 규산질계 침투성 방수제의 투수 저항성을 평가한다.
흡수 시험	방수층은 흡수하면 물속에 포함된 각종 화학약품 또는 여러 요인에 의하여 방수층의 내구성이 약해지고, 방수효과가 떨어진다. 따라서 흡수에 대한 저항 성능의 평가로 시험을 통하여 방수제의 수밀성을 평가한다.
음용수 용출 시험	콘크리트 구조물의 방수 목적으로 사용되었을 때 방수제 성분이 용출되었을 때 음용수질 기준에 적합한지의 유무를 평가한다.
내화확성 시험	콘크리트 구조체가 처한 화학 환경하에서 사용한 규산질계 침투성 도포방수제가 어느 정도의 내화확성을 가지고 있는지, 어떠한 부식, 침식현상이 발생하는가를 평가한다.
압축강도	시멘트계 재료의 물리적 성능을 평가하는 가장 기본적인 시험 항목으로서 방수층의 수밀성을 간접적으로 평가 가능한 시험으로 압축강도를 평가함으로써 방수층의 수밀성을 평가하고자 한다.
자가치유능력	구조체의 팽창, 수축에 의한 물리적인 균열 발생시 수화생성물과 규산질계 침투성방수제의 성분들이 반응하여 자체적으로 균열을 메우는 자가치유능력을 무도포 시험체와 도포한 시험체와 비교 검증해 보도록 한다.
축진중성화	도포에 따라 모르타르 시험체의 중성화에 미치는 영향을 검토하기 위한 시험으로 재령에 따른 중성화의 변화를 평가한다.

## 3. 실험계획 및 방법

### 3.1 시험 평가 항목

규산질계 침투성 방수제의 방수성능 및 내구성확보를 위한 관련 시험항목은 표 2와 같다.

### 3.2 시험방법

#### 1) 모체 표층부 탈락강도 시험

탈락강도 시험은 KS F 2451에 의거하여 소정의 양생기간을 거친 시험체를 대상으로 만능시험기(UTM)를 사용하여 도포한 모르타르 시험체 표면에 어치트먼트를 부착시킨 후 사진 2과 같이 만능시험기로 인장시켜 파단(탈락)되는 강도를 측정하여, 표층부의 강도를 평가한다. 탈락강도는 다음의 식에 따라 계산하고 시험편 3개의 평균값으로 나타낸다.

$$T1 = \frac{Tn}{16}$$

여기에서 T1 : 탈락강도 N/mm<sup>2</sup>  
Tn : 최대하중 N



사진 1. 탈락강도 측정 상황

#### 2) 투수 시험

투수 시험은 KS F 2451에 준한 아웃풋(Out-put) 시험 방식을 이용한 시험방식을 이용하며, 시험체에 방수제를 도포한 후 재령 7일 14일 28일 후에 투수시험장치에 시험체를 설치하고, 1kgf/cm<sup>2</sup>의 수압을 가하여 1시간동안의 투수량을 측정한다. 측정된 투수량을 가지고 방수제를 도포한 시험체의 투수량과 도포하지 않은 시험체의 투수량의 비로 투수비를 구한다. 투수비는 다음 식에 의해 계산된다.

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



사진 2. 투수성 측정 상황

#### 3) 흡수 시험

KS F 2451에 의거 규산질계 침투성 방수제를 도포한 시험체의 방수층을 24시간 물속에 침적시켜 흡수량을 측정한다. 무도포 시험체와 흡수비를 비교한다.

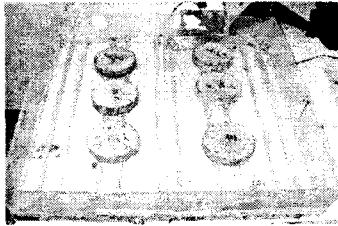


사진 3. 흡수성 측정 상황

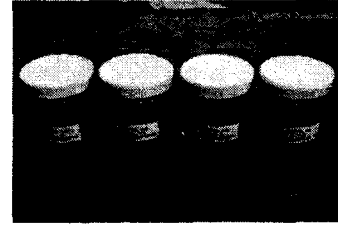


사진 5. 화학시험 측정 상황

4) 음용수 용출 시험

방수제를 도포한 시험편을 음용수에 24시간 담근 후 시료를 세척하고, 다시 24시간 음용수에 침적 항온·항습기내에 보관시킨다. 그 시료를 분석하고 방수제의 구성성분이 어느 정도 용출되어 있는가를 기준수와 비교 평가하여 음용수질 기준에 적합한지를 평가한다.



사진 4. 채취한 시료수

5) 내화학성 시험

방수제의 외력에 대한 저항능력을 측정하기 위한 내약품성 시험의 시험방법은 KS F 3007, KS M 3802의 내약품성 시험에 준하여 시험을 실시하였다. 시험에 사용한 시약은 염산과 질산을 각각 2%, 수산화칼슘 1%로 희석 하여 사용하였다.

표 3. 내약품성 시험용 시약

시 약	규 격
2% 염산 2% 질산 1% 수산화칼슘	KS M 8102[염산(시약)]을 사용

시약에 침적된 시험체의 변화를 측정하기 위하여 침적 후 각각 재령별로 (7일, 14일, 28일)에 대하여 시험을 실시하여 침적 전과의 변화를 비교하였다.

시험기간 중 실내온도는 20±2℃를 유지하였으며, 24시간 경과마다 용기에 담긴 시약을 천천히 저어 주었다. 수용액 속에 침적한 시험편의 측정방법은 시약으로부터 시험체를 꺼낸 다음 빨리 물로 행구어 내고 마른 수건으로 표면을 닦아 시험체가 표면건조 포화상태가 되도록 하여 중량변화를 측정하였다.

이와 같은 시험 방법에 따라 측정된 결과를 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\Delta W = W3 - W1$$

여기서 ΔW : 무게 변화량(g)

W1 : 담그기 전의 무게 (g)

W3 : 담근 후의 무게(g)

6) 압축강도

본 시험은 KS L 5105 「수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법」에 따라 재령 28일의 압축강도를 일반시험체와 방수제를 도포한 시험체에 대하여 사진에서 보는 바와 같이 압축강도 시험기를 사용하여 측정하였다.

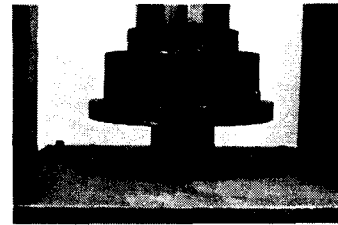


사진 6. 압축강도 시험 측정 상황

7) 자가치유능력

사진에서 보는 바와 같이 수조에 균열을 인위적으로 만든 후 자연 수위로 누수가 멈출 때까지 시간을 측정하여 비교 시험하도록 한다.

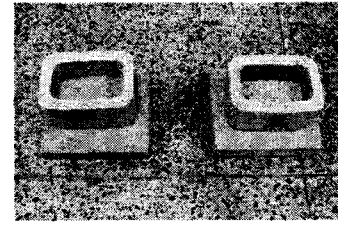


사진 7. 자가치유능력 시험체

8) 촉진중성화

온도조건은 20±2℃, 습도 50±5%, CO2 농도는 5%로 하여 촉진중성화 개시 후 재령 7일, 14일, 28일에 페놀프탈렌 1% 용액을 표면에 도포하여 중성화 정도를 측정하였다.



사진 8. 중성화 챔버

#### 4. 실험결과 및 고찰

##### 4.1 모체 표층부 탈락강도 시험

표층부의 강도시험 결과 규산질계 침투성 도포 방수재를 도포한 시험체의 각 재령별 강도를 보았을 때 무도포 시험체에 비하여 재령 7일에서는 60% 재령 14일, 28일에서는 80% 증가된 것으로 나타났다

표 4. 모르터 시험체 표층부의 탈락강도 측정 결과

시험체종류	탈락강도(N/mm <sup>2</sup> )		
	재령 7일	재령 14일	재령 28일
무도포	1.35	2.68	2.72
RCG	2.16	3.17	3.32

##### 4.2 투수·흡수 시험

투수시험결과 도포한 시험체 무도포 시험체에 비하여 상대적으로 낮은 투수비를 보여 내부의 수밀성 개선효과가 있는 것으로 나타났으며 또 흡수시험에서도 재령이 증가함에 따라 물흡수비가 낮아짐으로서 방수성능이 무도포 시험에 비해 향상되는 것으로 나타났다.

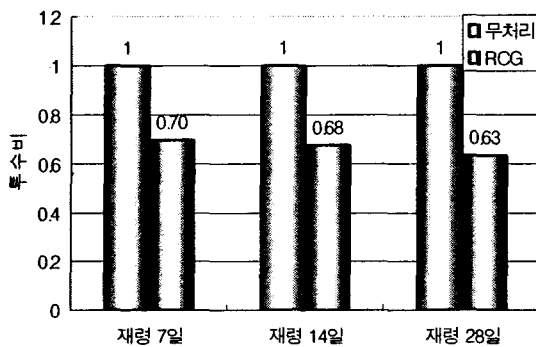


그림 1. 투수시험 결과

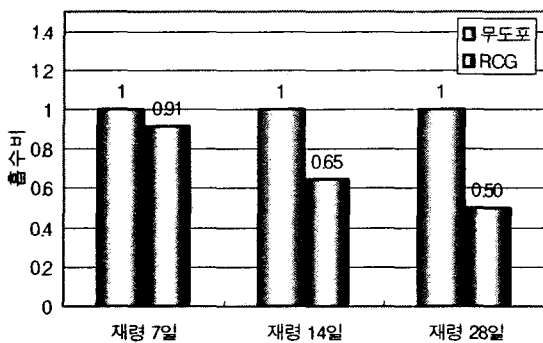


그림 2. 흡수시험 결과

##### 4.3 음용수 용출 시험

음용수 용출시험의 모든 항목이 기준치를 만족하고 있으며 특히 콘크리트 구조물의 상수도 구조물의 적용상 가장 문제가 되고 있는 PH항목도 기준치를 만족하고 있다

표 5. 음용수 용출성 시험 결과

시험항목	단위	결과치		기준치
		RCG(A)	RCG(B)	
냄새와 맛	-	이상없음	이상없음	이상 없을 것
탁도	도	2 이하	2이하	2도 이하
색도	도	5 이하	5 이하	5도 이하
중금속	mg/L	검출안됨	검출안됨	0.1ml/L 이하
과망간산칼륨소비량	mg/L	3	3	10ml/L 이하
PH, 25℃	-	7.9	7.7	5.8-8.6
페놀	mg/L	검출안됨	검출안됨	0.005ml/L 이하
중발잔류분	mg/L	8	9	30ml/L 이하
잔류 염소의 감량	mg/L	0.1	0.1	0.2ml/L 이하

##### 4.4 내화학적 시험

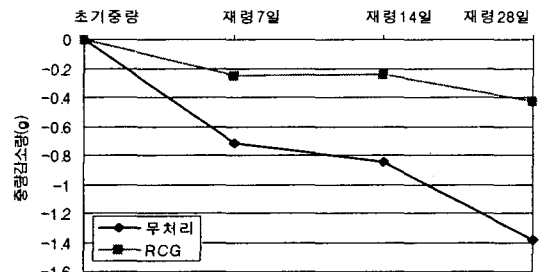


그림 3. 질산수용액 침적에 따른 무게변화

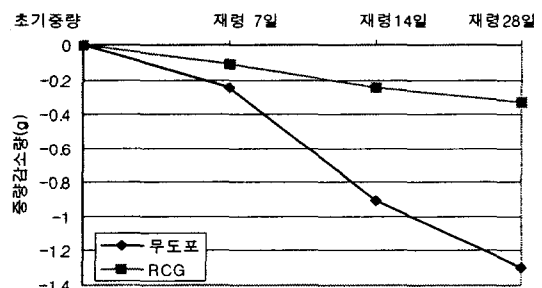


그림 4. 염산수용액 침적에 따른 무게변화

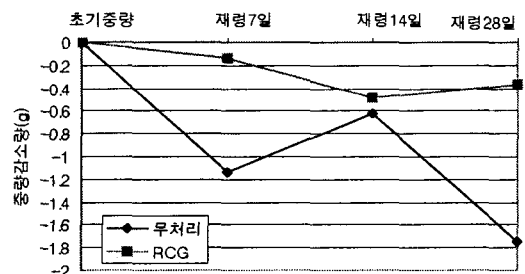


그림 5. 수산화칼슘수용액 침적에 따른 무게변화

질산 2% 수용액에 침적한 시험체는 표면이 부서져(탈락 및 손실) 중량이 감소하고 있다. 침투성 방수재를 도포 시험체가 무도포 시험체에 비해 중량 손실이 각 재령별로 60%가

감소하였다. 염산 2%에 침적한 시험체도 표면이 부스러져 중량이 감소하였고 도포 시험체가 무도포 시험체에 비해 중량 손실이 각 재령별로 70% 감소하였다. 수산화 칼슘 침적한 시험체는 산에 침적한 시험체에 비해 중량감소가 줄어들었고 재령별로 보았을 때 60%가 감소된 것으로 보아 산과 알칼리에 대한 저항성이 있는 것으로 나타났다.

#### 4.5 압축강도

압축강도시험의 표준 재령이 되는 재령 28일 강도에서 무도포 시험체는 21.23(N/mm<sup>2</sup>) 침투성 방수재를 도포한 시험체는 30.11(N/mm<sup>2</sup>)로 나타나 강도가 40%가 증가되어 내부조직이 치밀해진 것으로 사료된다.

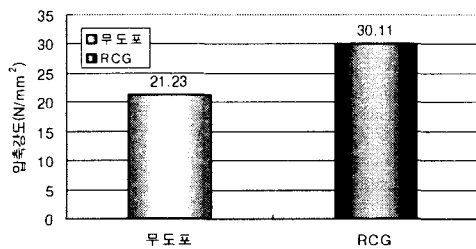


그림 6. 압축강도시험 결과

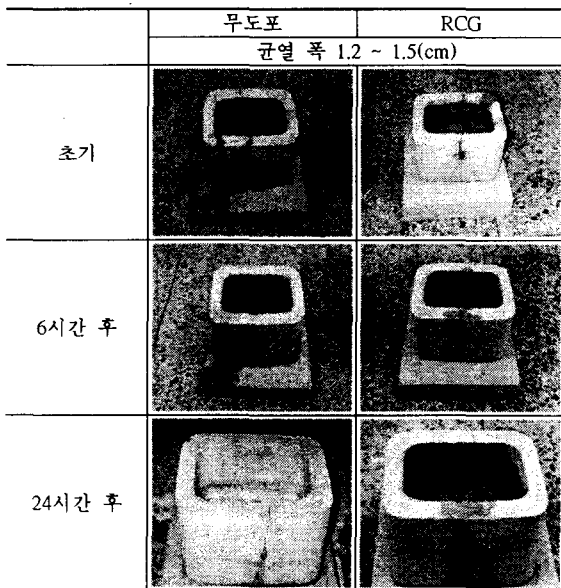


사진 9. 자가치유능력 결과

#### 4.6 자가치유능력

균열 폭 1.2~1.3mm의 침투성 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 자체가 스스로 대처할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4.7 촉진중성화

본 시험 결과 중성화의 깊이가 재령별로 각각 0.19, 0.33,

0.79로 나타났으며 이는 전반적으로 무도포 시험체에 비해서 중성화 저항성능이 있는 것으로 나타났다

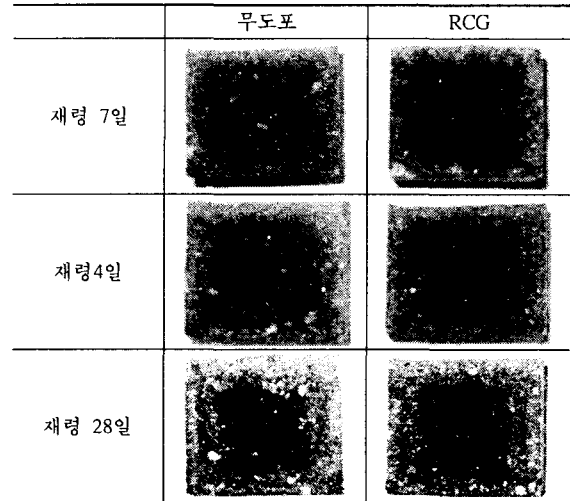


사진 10. 중성중성화 깊이 결과

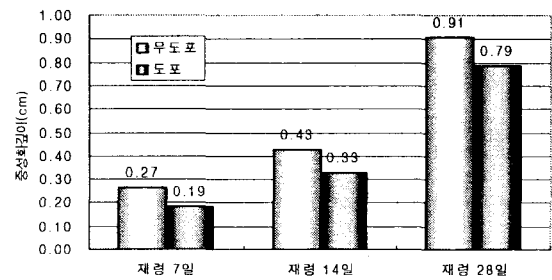


그림 7. 촉진중성화 깊이

### 5. 결 론

본 연구대상의 규산질계 침투성 방수재를 도포하였을 때 방수층 형성에 따른 물의 침투저항성(방수성)이 양호한 것으로 측정되었으며 건설 방수공사 현장에 적용되었을 때 소요의 방수성능을 유지할 수 있을 것으로 판단되며 구조물 거동에 따른 진동 및 균열등에 구조체 자체가 스스로 대처하고 침투깊이에 따른 구조체의 내구성 증진, 유지 보수비용의 절감효과에 큰 기여를 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. 한국 건설기술연구원, 건설기술 정보센터, 방수시공 종합정보집 1998.
2. 오상근 외, 방수공사 핸드북, 대한미장협회, 1997
3. 오상근 외(주) 청우미디어, 건축 방수시스템의 설계와 시공.
4. 오상근 외, 실무자를 위한 방수공사 매뉴얼, 도서출판 건설도시
5. Waterproofing Concrete, Civil Engineering, 1978. 5
6. Michael T.Kubal, 「Waterproofing : the Building Envelope」, McGraw-Hill, 1993.