

# 無機質 폴리머계 吸水防止材를 塗布한 모르터의 發水性能 評價에 關한 實驗的 研究

## An Experimental Study on the Water Repellent Property of Mortar Applied Water Repellent Agent of Inorganic Polymer Type

○ 김 영 삼\*                      양 승 도\*                      유 재 강\*\*                      오 상 근\*\*\*  
Kim, Young-Sam              Yang, Seung-Do              Yoo, Jae-Kang              Oh, Sang-Keun

### Abstract

Recently, more interests in surface treatment of structure with water repellent agent are steadily increased, But, investigation of its properties such as protection, durability, morphology of micro structure is not sufficient.

Therefore, This paper is aimed for the investigation of water repellent property and change of morphology of micro pores in mortar that is treated by water repellent agent(inorganic polymer based material). Water repellent property, water absorption coefficient, air permeability, porosity and the observation of micro structure was investigated in different water repellent agent type.

The test results indicated that water repellent treated mortar showed low absorption coefficient and air permeability(breathing effect). This is why inorganic polymer is coated at the wall of capillary and micro pores, also, the volume of micro pore is reduced without the change of morphology in micro structure.

키워드 : 흡수방지재, 발수성능, 투기성, 세공용적, 미세구조

Keywords : Water Repellent Agent, Water Repellent Property, Air Permeability, Porosity, Micro Structure

### 1. 서론

철근콘크리트는 반영구적인 재료임에도 불구하고 다양한 성능저하 요인에 의해 지속적인 침식을 받기 때문에, 최근 철근콘크리트 구조물의 내구성능을 확보하기 위한 재료·시공 측면의 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>1,2,3)</sup> 이러한, 대부분의 성능저하 요인에 있어 우수 및 수분은 필수적으로 개재된 요소<sup>4)</sup>로서, 수분 및 우수의 차단에 관한 연구는 철근콘크리트 구조물의 내구성 확보 차원에서 반드시 필요한 부분으로 고려되고 있다.

한편, 철근콘크리트 구조물의 내구성 확보에 관한 연구는 콘크리트의 강도이론을 중심으로 연구가 진행되어 왔으나, 급변하는 지구환경 및 수질의 오염, 탄산가스 농도의 증가 등은 철근콘크리트 구조물 표층부의 부식 및 침식을 유발시키고 있어, 구조물의 표면 보호 및 유지관리에 대한 필요성이 증대되고 있다.<sup>5,6)</sup>

지금까지 외벽의 마감은 미관을 고려한 도료의 도장마감 및 타일부착 등이 주로 사용되어져 왔으나, 최근들어 노출콘크리트 및 조적조 등에 대하여 표층부의 흡수방지 및 피복콘크리트의 보호를 목적으로 흡수방지재의 적용

이 증가되고 있는 추세에 있다.

이러한, 흡수방지재는 콘크리트 표층부에 함침되어 흡수 방지층을 형성함으로써 외부로부터의 물의 침입을 방지하며, 콘크리트 내부의 습기를 방출함으로써 콘크리트 표면을 보호하는 특성<sup>4)</sup>이 있어 건축 및 토목구조물의 신축 및 유지보수에 있어서도 장기적인 내구성 확보의 측면에서 콘크리트 구체마감재, 발수·방수재로서 적용되고 있다. 그러나, 흡수방지재가 표층부에 침투하여 어떤 공극 구조의 변화를 주어 발수·방수 성능을 발현하는지에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 실란 화합물을 주 재료로 한 무기질 폴리머계 흡수방지재 도포에 따른 모르터 표층부의 발수성능 및 특성변화를 검토함으로써, 흡수방지재의 현장 적용에 있어서 흡수방지재에 관한 이해 도모 및 적용성 평가에 관한 기초자료로 제시하고자 한다.

### 2. 무기질 흡수방지재에 관한 이론적 고찰

그림 1은 콘크리트 표면과 물의 접촉각에 관한 개념도를 나타낸 것이다. 무기질 폴리머계 흡수방지재는 시공바탕의 표층부에 침투하여 공극 및 모세관 벽면을 박막형태로 코팅함으로써 표층부의 도포 전 공극 구조를 유지하면서 물과의 접촉각을 크게하여 공극을 통한 물의 흡수를 방지하는 특성을 갖는 재료이다.

\* 정회원, 서울산업대 건축설계학과 대학원 석사과정

\*\* 정회원, 서울산업대 건설기술연구소 연구원

\*\*\* 정회원, 서울산업대 건축설계학과 교수, 공학박사

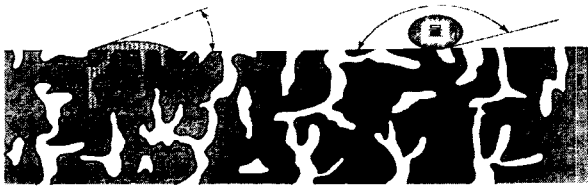


그림 1. 콘크리트 표면과 물의 접촉각 개념도<sup>4)</sup>

발수 메카니즘은 (1)식에 나타낸 바와 같이 액체의 모세관 침투 및 흡수 성능은 모세관 직경, 액체의 밀도에 반비례하고 표면장력, 접촉각의 cos값에 비례하게 된다.

여기서 흡수방지제는 접촉각 $\theta$ 를 크게 함으로서  $\cos\theta$ 를 작게하여 흡수성능을 저하시키는 메카니즘을 갖는 것으로 보고<sup>4)</sup>되고 있다.

$$H = \frac{2\alpha \cos\theta}{\gamma \rho g} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 H : 모세관 침투 깊이 : 모세관 직경  
 : 액체의 표면장력 p : 액체의 밀도  
 $\theta$  : 접촉각 g : 중력 가속도

그림 2는 본 실험에 사용한 흡수방지제의 화학적 구성 및 발수 메카니즘을 나타낸 것으로 화학구조는 무기질 3차원 망목구조를 취하고 있으며 콘크리트 표층부의 모세공극 벽면에 코팅되어 메틸기가 생성됨으로써 발수 성능을 발현하게 된다.

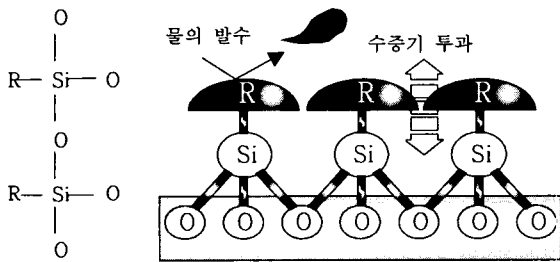


그림 2. 무기질 흡수방지제의 화학적 구성과 발수 메카니즘

### 3. 실험 계획 및 방법

#### 3.1 실험 계획

표 1은 본 연구의 실험계획을 나타낸 것으로서 수중양생 재령 28일이 경과한 모르타 시험체에 투명타입의 무기질 흡수방지제(A Type)와 안료가 첨가된 무기질 흡수방지제(B Type)를 각각 도포한 시험체를 대상으로 무도포 시험체와 비교 검토하였다.

표 1. 실험계획

시험체 종류	평가항목	평가방법
·무도포	발수성	육안관찰, 사진촬영
	물 흡수계수	KS F 2609
·투명타입 흡수방지제 도포 (A Type)	투기계수*	일본콘크리트 시험방법론
	세공경**	포로시메터
·칼라타입 흡수방지제 도포 (B Type)	SEM**	전자주사현미경

\*투기계수 평가는 도포 전, 후 도포면 및 배면에 대해 평가함  
 \*\*세공경, SEM 평가는 9주 재령의 A Type 시험체에 대해 평가함

흡수방지제 도포 후 평가항목으로서 발수성 시험은 재령 4주, 물흡수계수는 재령 1, 4, 8주에 실시하였고, 투기 성능에 대한 검토로서 무도포 상태인 시험체의 초기 투기계수를 평가한 후 흡수방지제 도포에 따른 투기계수 저하를 검토하였다.

또한 미세구조 평가로서 A Type 흡수방지제 도포 시험체를 대상으로 도포 전, 후의 세공경 변화를 수은압입식 포로시메터를 사용하여 실시하였으며, 표층부 및 단면 부위에 대해 전자주사현미경(SEM) 관찰을 실시하였다.

#### 3.2 시험체 제작 및 사용 재료

##### 1) 시험체 제작

바탕 시험체는 물시멘트비 50%, 시멘트:모래의 중량비를 1:2로 하여 제작하였으며, 탈형 후 28일간 수중양생을 시킨 시험체로 하였다. 시험체를 온도 20±5%, 습도 60±5%의 실에서 7일간 방치한 후 A, B Type의 흡수방지제를 표준 시공량인 200±50g/m<sup>2</sup>를 도포하여 일반대기 조건에서 양생을 하였다.

##### 2) 사용재료

본 실험에 사용한 흡수방지제의 물리적 성질은 표 2에 나타낸 바와 같다.

표 2. 흡수방지제의 물리적 성질

구분	투명형 (A Type)	칼라형 (B Type)
외관	투명/1액형	칼라/1액형
성분	실란화합물	
비중	1±0.2	
점도 (Ford Cup#4)	13	20±3
고형분	10~14	40~50
건조 조건	지속	2시간이상/상온
	완전	48시간이상/상온

#### 3.3 실험 방법

##### 1) 발수성 평가

흡수방지제 도포에 따른 발수 성능을 평가하기 위하여 무처리 시험체와 흡수방지제를 도포한 후 1주, 4주, 8주 재령의 시험체에 잉크를 떨어뜨림에 따른 잉크의 응집 정도를 사진촬영을 통해 평가하였다.

##### 2) 물흡수계수 평가

물 흡수계수 평가는 KS F 2609 건축재료의 물 흡수계수 측정방법에 준해 시험체 침지 후 10분, 30분, 1시간, 2시간, 6시간, 24시간의 중량변화를 측정하였으며, 면적당 물 흡수량이 시간의 제곱근에 비례함에 따라 실험을 종료하였다. 한편 측정결과를 바탕으로 물 흡수계수는 다음 (2)식에 의해 산출하였다.

$$m = w \cdot \sqrt{t} \dots\dots\dots (2)$$

여기서 m : 면적당 물 흡수량 (kg/m<sup>2</sup>)  
 w : 물흡수계수 (kg/(m<sup>2</sup>h<sup>0.5</sup>))  
 t : 시간 (h)

3) 투기계수 평가

그림 3에 나타난 투기 시험 장치를 사용해 A, B Type의 흡수방지재 도포에 따른 투기성능 저하를 평가하였다. 투기량 측정은 에어컴프레서를 사용해 2kg/cm<sup>2</sup>의 공기압을 작용하였을 때 투과되어 나오는 공기를 수중에서 메스실린더를 사용해 물과 치환하는 방법으로 평가하였으며, 단위시간당 투기량, 재하압력, 대기압, 시험체두께, 투기면적 및 기체의 단위용적중량의 관계로부터 투기계수는 Darcy의 법칙에 준한 (3)식에 의해 산출하였다.

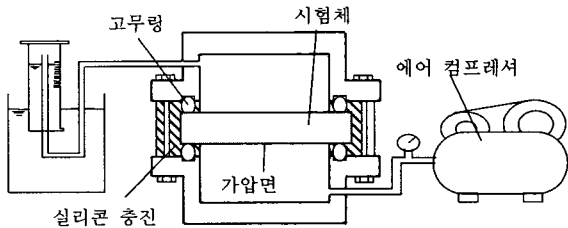


그림 3. 투기 시험 장치

$$K = \frac{2 P_2 hr}{P_1^2 - P_2^2} \cdot \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (3)$$

여기서 K : 투기계수 (cm/sec) : 시험체두께 (cm)  
 : 재하압력 (kgf/cm<sup>2</sup>) Q : 투기량 (cm<sup>3</sup>/sec)  
 P<sub>2</sub> : 대기압 (1.0332kgf/cm<sup>2</sup>) A : 투기면적 (cm<sup>2</sup>)  
 r : 기체의 단위용적중량 (공기:1.205×10<sup>-6</sup>kg/cm<sup>3</sup>)

그림 4와 사진 1은 투기시험에 대한 측정방향 모식 및 투기 시험 장치를 나타낸 것으로 외부에서의 가스 침투 성능과 내부에서 외부로의 가스 이동성능을 각각 검토하기 위하여 흡수방지재 도포면에서 가압한 경우와 도포하지 않은 배면에서 가압한 경우의 투기량에 대해 각각 검토하였으며, 또한 측정 결과를 바탕으로 흡수방지재를 초과 도포한 후의 투기성능평가를 실시하였다.

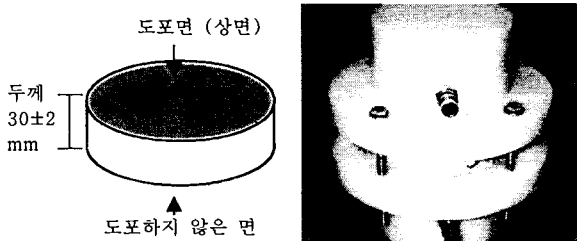


그림 4. 측정방향 모식도

사진 1. 투기 시험 장치

4) 세공용적 평가

흡수방지재를 도포함에 따른 미세공극 직경 및 세공량의 변화를 평가하기 위하여 수은압입식 포로시메터를 사용해 무도포 시험체와 A Type 흡수방지재 도포 시험체 표층부의 시편을 채취하여 세공용적을 측정하였다.

사진 2는 본 실험에 사용된 수은압입식 포로시메터를 나타낸 것이다.

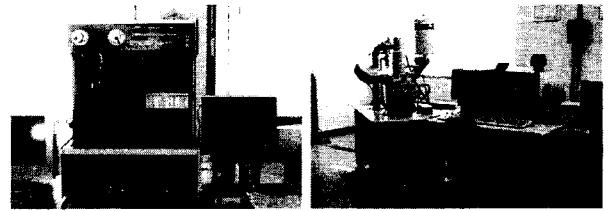


사진 2. 수은압입식 포로시메터 사진 3. 전자주사현미경 (SEM)

5) 전자주사현미경(SEM) 관찰

사진 3은 미세구조 관찰에 사용한 전자주사현미경을 나타냈다.

A Type의 흡수방지재 도포에 따른 조직 변화를 평가하기 위해 무도포 시험체와 흡수방지재 도포 시험체에 대하여 전자주사현미경 관찰을 실시하였으며, 평가부위로서 도포면인 표면에 대하여 500배율로 관찰하였고, 침투 부위에 대한 평가로서 도포면에 수직인 면으로 할렬하여 단면부의 조직변화를 500배 및 5000배율로 관찰하였다.

3.4 측정결과

1) 발수성 평가

흡수방지재의 도포에 따른 발수성능을 육안관찰 및 사진 촬영하여 결과를 사진 4에 나타냈다. 무처리 시험체의 경우 잉크 낙하 직후 잉크가 모르타 시험체에 흡수되는 경향을 나타내고 있으나, A, B Type의 흡수방지재를 도포한 시험체는 잉크가 흡수되지 않고 큰 발수각을 가지며 원형의 형태를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

이는 A, B Type의 흡수방지재를 도포함에 따라 모르타 표층부에 발수성능이 부여되어 모세관 및 미세기공으로의 흡수를 저하시킨 것으로 사료된다.

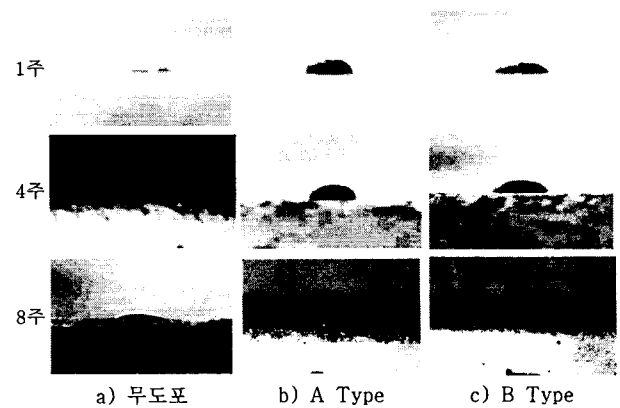


사진 4. 흡수방지재 도포에 따른 재령별 잉크의 발수성상

2) 물 흡수계수 평가

무처리 시험체와 A, B Type의 흡수방지재 도포 시험체의 물 흡수계수 시험결과를 그림 5에 나타냈다.

무도포 시험체의 경우 재령에 따른 물 흡수계수는 0.039, 0.051, 0.077로 다소 증가하는 경향으로 나타나고 있으나 A, B Type의 흡수방지재를 도포한 시험체의 경우 0.002~0.006의 범위로 나타나 흡수방지재 도포에 따라 물 흡수성능을 현저히 저하시킨 것으로 나타났다.

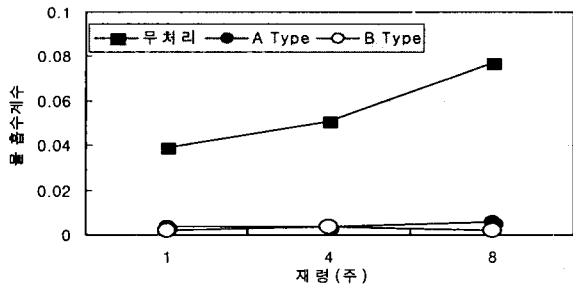


그림 5. 흡수시험 결과

한편, A Type에 비하여 B Type의 물 흡수계수가 다소 낮게 나타나고 있는데, 이는 B Type의 경우 안료가 첨가되어 표층부의 치밀성이 A Type에 비해 다소 높아졌기 때문인 것으로 사료된다.

### 3) 투기성능 평가

투기시험 결과는 그림 6에 나타난 바와 같다. 흡수방지재 도포 전, 후의 투기계수는  $4 \times 10^{-9}$  cm/sec ~  $5 \times 10^{-10}$  cm/sec의 영역으로 나타났으며, 도포 전 및 도포 후의 투기계수 저하는 크게 나타나지 않았다.

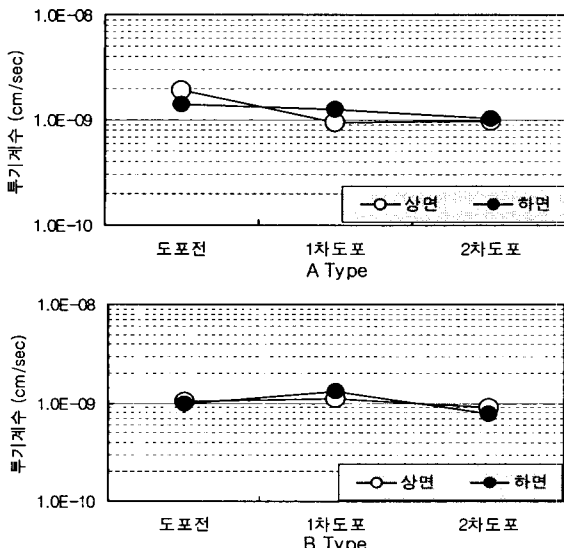


그림 6. 흡수방지재 도포 시험체의 투기계수 측정결과

한편 흡수방지재를 도포한 면 및 도포하지 않은 배면에 대한 투기시험 결과, 양측 모두 유사한 값을 보이고 있다. 발수성능 및 흡수시험 결과, 흡수방지재를 도포한 면에 있어 물의 흡수가 현저하게 저하되었으며 투기시험 결과 기체의 투과성에는 큰 영향이 없는 것으로 나타나 흡수방지재 도포에 의해 선택적인 일방투과성 확보가 가능할 것으로 사료된다.

### 4) 세공구조 평가

그림 7은 무도포 시험체 및 A Type 흡수방지재 도포 시험체 표층부의 세공용적 측정결과를 나타낸 것으로서 무도포 시험체에 비하여 흡수방지재 도포 시험체의 경우  $0.3 \mu\text{m}$  이상의 공극과  $0.1 \mu\text{m}$  이하의 공극 영역에서는 공극량이 감소하는 경향을 보이고 있으며,  $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$  영역의 공극은 다소 증가하는 경향을 보였다. 이는 흡수방지재 도포에 따라  $0.3 \mu\text{m}$  이상의 공극 영역은 체적이 감소되었고,

$0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 의 작은 공극의 경우  $0.3 \mu\text{m}$  이상의 공극이 흡수방지재 도포에 의해 충전, 코팅되어 공극의 체적이 감소함에 따라 상대적으로 공극의 크기가 유사하게 되어 균일한 분포를 나타내는 것으로 사료된다. 한편,  $0.1 \mu\text{m}$  이하 영역의 공극도 감소되는 경향을 보이고 있어 흡수방지재 도포에 따른 영향이 미세한 모세관 공극까지 작용하는 것으로 사료된다.

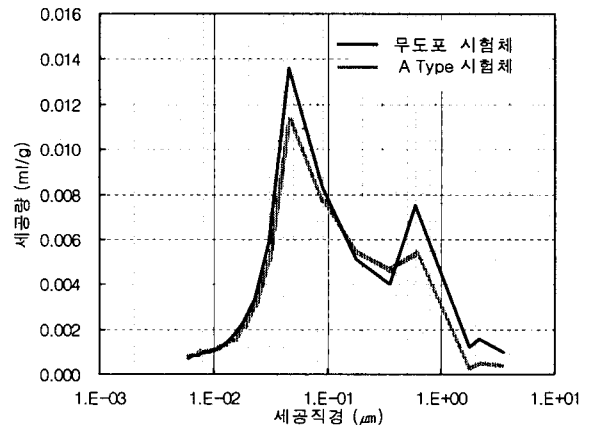


그림 7. 무처리 시험체 및 A Type 흡수방지재 도포 시험체의 세공경 측정결과

### 5) SEM 분석

사진 5는 무도포 및 A Type 흡수방지재 도포 시험체의 SEM 관찰 결과를 나타낸 것이다.

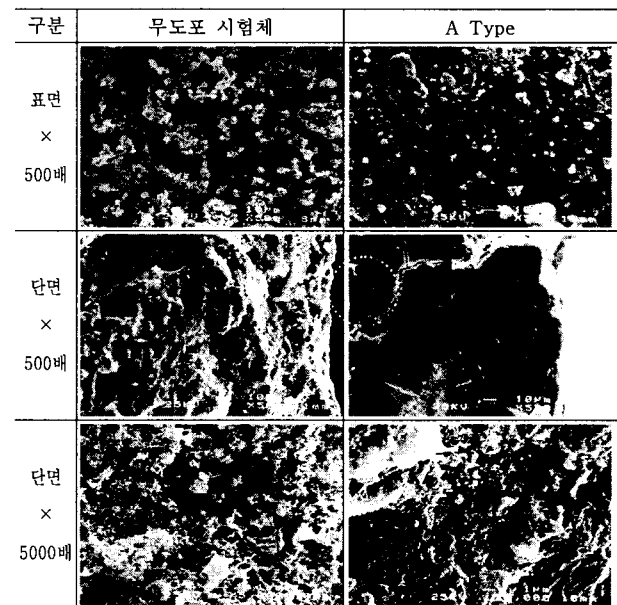


사진 5. SEM 관찰 결과

무도포 시험체의 표면은 미세한 요철이 많이 관찰되고 있으나, 흡수방지재 도포 시험체의 경우 표면 요철이 비교적 적게 나타나고 있으며, 표면에 박막이 형성되어 있음을 알 수 있다.

500배 확대한 단면의 경우 무도포 시험체는 표면과 마찬가지로 많은 요철과 공극이 관찰되고 있으나, 흡수방지

재를 도포한 시험체의 경우 매끈한 면이 관찰되고 있으며, 사진 왼쪽에서와 같이 미세한 공극 내부에 박막층이 형성되어 있음을 알 수 있다.

한편, 모세관 공극과 같은 미세 구조를 5000배 확대하여 관찰한 경우 무도포 시험체의 경우 수화결정들이 치밀하게 형성되어 있었으며, 조직층 사이로 수많은 공극이 형성되어 있음을 확인할 수 있었다. 그러나, 흡수방지재를 도포한 시험체의 경우 수화조직층이 비교적 많이 관찰되지 않았으며, 흡수방지재 도포에 따라 수화생성물이 불용성의 박막으로 코팅되어 있는 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

무기질 폴리머계 흡수방지재를 도포한 모르터의 발수 성능 평가에 관한 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 발수성 평가 및 물 흡수계수 평가 결과 흡수방지재를 도포한 모르터 시험체는 흡수성능을 현저히 저하시키고 외부로부터 물의 침투를 억제하는 효과를 갖는 것으로 나타났다.
- 2) 흡수방지재는 모르터에 도포할 경우 물의 침투 및 흡수 성능을 현저히 저하시킬 수 있으며 투기성능을 유지할 수 있는 특성을 갖고 있어 물질의 일방투과성을 확보할 수 있는 재료로 사료된다.
- 3) 미세조직 관찰을 통해 흡수방지재의 침투는 모세관 공극 영역까지 침투 가능한 것으로 나타났으며, 모르터 표층부 공극 및 수화조직을 충전 또는 코팅함으로써 소요의 성능을 갖는 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 서울산업대학교와 (주)세라켄의 공동연구에 의해 수행된 연구내용 중 일부임을 밝히며 본 연구를 위해 협조해주신 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 日本建築学会. 콘크리트構造物の表面保護工 便覽(案)·同解説, 1991
2. 日本建築研究振興協會. 外壁複合補修工法の実用化に関する研究, 1994
3. 한국콘크리트학회. 중성화 및 염해를 입은 철근콘크리트 구조물의 리해빌리테이션, 2002
4. 堀長生. 浸透性吸水防止材の基礎知識と今後の課題, 防水ジャーナル, 2000, 45
5. J.Kropp et al. Performance Criteria for Concrete Durability, Rilem Report 12, 1995, 1~3
6. R.T.L. Allen et al. The repair of concrete structures