

# Self-cleaning 침투성 함침제의 적용에 따른 타일 및 콘크리트 표층부의 개질특성

Reforming Property of Tile and Concrete Surface layer Using Self-cleaning Concrete Impregnant

송 훈 | Song, Hun

정회원, 한국세라믹기술원 책임연구원, 공학박사

전 찬 수 | Jeon, Chan-Soo

정회원, 한국건설기술연구원 연구원

김 영 호 | Kim, Young-Ho

정회원, 세진특허법률사무소 기술고문, 공학박사

---

## Abstracts

Concrete structure is not the only material vulnerable to physical and chemical processes of deterioration associates with severe conditions. Deterioration of the concrete structure, however, occurs more progressively from the outside of the concrete exposed to severe conditions. Especially, Carbonation, chloride ion attack is more important factor of concrete durability. This study is interested in manufacturing the self-cleaning concrete surface impregnant including TEOS, lithium silicate for the repair of the exposed concrete surface and the color concrete requiring the advanced function in view of the concrete appearance. Form the results, TEOS and lithium silicate are very effective that increasing the concrete durability using self-cleaning concrete impregnant. Self-cleaning concrete impregnant specimens is satisfied with performance requirement of KS standard in adhesion test in tension but the reinforcement of concrete substrate is slight. So, the self-cleaning concrete impregnant of this study is more desirable for the improvement of durability rather than the reinforcement.

---

## Keywords

Self-cleaning, Concrete impregnant, Durability, Tile, Lithium silicate

## 키워드

자기세정, 침투성 함침제, 내구성, 타일, 리튬실리케이트

---

본 연구는 2013년도 한국건설기술연구원 주요사업 (인공지반 구조물의 초장수명 철근콘크리트 개발)의 연구비 지원에 의해 수행된 연구의 일부임.

## 1. 서 론

콘크리트 구조물은 물리, 화학적으로 외부의 환경에 노출되어 외관 및 내구성에 직·간접적으로 영향을 받는다. 외관에 영향을 미치는 오염원은 주로 자동차 분진이 20~43%, 토양입자 12~39%, 황산암모늄 등의 가스상 오염물질의 2차 생성입자가 7~21%로 알려져 있다. 내구성에 영향을 미치는 요인으로는 공장 지대 및 바다와 인접한 지역은 이산화탄소와 염소이온이며 과도하게 노출되는 경우 콘크리트 구조물의 열화가 촉진된다. 이의 대표적인 예로 대기 중에 존재하는 오염원의 부착에 의한 외벽 오염 혹은 산성비 등에 의한 이물질의 콘크리트 표면 부착, 대기 중에 존재하는 이산화탄소 및 염소이온의 침투에 의한 탄산화 및 염해로 인한 철근부식 현상 등을 들 수 있다<sup>1)</sup>.

콘크리트의 대표적 성능저하는 이산화탄소 및 염소이온 표면부착에 의해 콘크리트 표층부부터 발생하며 콘크리트 내부로 침투되어 더욱 악화된다. 특히, 콘크리트 표면에서 내부로 이어지는 공극을 통한 확산은 구조물의 열화를 더욱 앞당긴다. 그러므로 콘크리트 표층부를 보호하고 유해인자의 침투를 막을 수 있고 특히, 오염 및 유해인자를 초기 흡착상태에서 Self-cleaning에 의해 제거가 가능하면 더욱 효과적이다.

현재 Self-cleaning을 위한 물질로는 광촉매로 널리 알려진  $TiO_2$ 가 있으나 빛이 없는 곳이나 야간에는 효과가 떨어진다. 특히 고가의 소재로 경제성에서 단점을 가지고 있어 광범위한 적용이 어렵다. 그 외의 후보군으로 콘크리트 구조물과 유사한 성분으로 구성된 실리케이트 계열을 고려하여야 한다. 실리케이트 계열의 도포제는 내구성, 내수성 및 내열성 등이 우수하며 특히 콘크리트와 유사하여 콘크리트 계면에서의 탈락 및 분리 현상을 최소화 할 수 있다. 또한 액상으로 도포할 수 있어 콘크리트표면부터 내부로 연결되는 열린 공극을 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있다<sup>2)</sup>.

침투성 함침제는 삼투압 특성을 응용한 것으로 콘크리트 표면의 모세관을 따라 침투하여 콘크리트 내부의 수산화칼슘(Calcium hydroxide)과 반응하여 새로운 수화물을 생성하며 콘크리트 표층부 전체에서 연쇄적인 반응을 한다. 이러한 연쇄반응은 콘크리트 표층부를 치밀하게 만들지만 표층부 전체를 코팅하는 형태가 아니므로 콘크리트 자체의 통기, 팽창 및 수축성 등의 성질은 그대로 유지한다<sup>3),4),5)</sup>.

실리케이트계는 시멘트, 모르타르, 콘크리트, 칼슘실리케이트와 같은 시멘트를 바인더로하는 경화체에 적용되며 주로 콘크리트 구조물의 침투성 함침제로 주로 사용된다. 실리케이트계는 콘크리트 표면 내부로 침투하여 콘크리트의 유리 알칼리 성분들과 화학적 반응을 일으켜 콘크리트 표층부를 강화한다<sup>6)</sup>.

본 연구에서는 Self-cleaning이 가능한 침투성 함침제를 제조하고 제조된 침투성 함침제를 적용하기 위해 타일 및 콘크리트 표층부의 개질 특성에 대해 비교하였다.

## 2. 사용재료 및 실험방법

### 2.1 사용재료

에칠실리케이트는 S사의 시판되는 제품을 가수분해 90%에 적합하도록 에탄올과 염산을 첨가하여 제작하였고, 리튬실리케이트나 실리카졸,  $TiO_2$ 는 시판품을 사용하였다. 본 실험의 Self-cleaning 침투성 함침제를 제조하기 위한 원료의 구성은 표 1, 표 2, 표 3, 표 4와 같다. 또한, 침투성 함침제에 제조를 위한 배합은 표 5와 같다.

Self-cleaning 침투성 함침제의 특성을 측정하기 위한 콘크리트 바탕이 되는 콘크리트 시험체는 KS F 2403의 콘크리트 강도시험용 공시체 제작방법에 의하여 제작하였다. 시험체는 건축물에 일반적으로 적용되는 호칭강도 24MPa의 보통 콘크리트이며 잔골재는 세척사를, 굵은골재는 최대치수 20mm의 골재를 사용하였다. 콘크리트 시험체의 W/C는 54.3%이며 단위수량은  $157kg/m^3$ 이며 배합표는 표 6과 같다.

표 1. Physical-chemical properties of TEOS

Tetraethyl ortho silicate	Symbol	Color	Silica Content (%)	Hydrolysis (%)	Density (g/ml)	Viscosity (cps at 25°C)
	TEOS	milky-white	40.0	90.0	1.06	5.2

표 2. Physical-chemical properties of lithium silicates

Lithium Silicate	Sym bol	Color	Silica Content (%)	Li <sub>2</sub> O Content (%)	Mole Ratio	Density (g/ml)	Viscosity (cps at 20°C)
	LS H	Water white	21.6	1.37	7.93	1.17	12.1
	LS L	water white	20.5	2.13	4.83	1.16	10

표 3. Physical-Chemical Properties of Silica Sol.

Silica Sol.	Symbol	Color	Particle size (nm)	Silica Content (%)	pH (25°C)	Density (g/ml)	Viscosity (cps at 25°C)
	SS	Water-white	10~20	40.0	9~10	1.30	25.0

표 4. Physical-Chemical Properties of TiO2

TiO2 Sol.	Symbol	Color	Particle size (nm)	Type	pH (25°C)	Density (g/ml)	Viscosity (cps at 25°C)
	TiO2	milky-white	~5	Anatase TiO2	1.5~2.0	0.9	4.0

표 5. Mix Proportions of Self-cleaning Impregnants

Type	LS		TEOS	SS	TiO2 (%)	Hardener (Liquid wt.%)
	H	L				
Plain	-	-	-	-	-	-
ES	-	-	100	-	-	-
TE	-	-	-	-	100	-
HP-1	30	-	-	70	-	0.7
HP-2	70	-	-	30	-	0.7
HP-3	50	20	-	30	-	0.7

표 6. Mix Proportions of concrete substrate

W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m3)				AE agent (C*%)	Slump (mm)	Air content (%)	Compressive strength (MPa)
		W	C	S	G				
54.3	47.5	157	289	888	989	0.9	110	4.7	24

2.2 표면특성 측정

Self-cleaning 침투성 함침제를 적용한 시험체의 표면특성은 접촉각 측정기를 사용하여 측정하였다. 자기세정 성능은 정적 접촉각을 측정하고 시간의 경과에 따른 접촉각 특성을 비교하여 평가하였다. 접촉각 측정은 표면의 단위자층의 변화도를 정밀하게 측정할 수 있고, 분석방법이 단순하고, 짧은 시간에 원하는 정보를 재현성을 갖고 얻어 낼 수 있는 특징이 있다. 접촉각 측정기는 Self-cleaning 침투성 함침제의 표면처리 여부 와 표면의 화학적 성질을 규명할 수 있으며 표면장력을 측정하는데 널리 사용된다<sup>1)</sup>.

접촉각의 측정은 자동으로 접촉각 측정이 가능한 시험기를 사용하였으며 그림 1과 같다. 접촉각은 약 20초간 1초 간격으로 측정하였다. 자기세정 성능의 평

가는 유성 오염원에 대해 표면을 오염시킨 후 살수하여 오염원의 제거정도에 따라 성능을 평가하는 간이 시험법 및 외부 폭로에 의한 시험체 표면 오염 정도의 상태 변화를 통해 평가하였다. Self-cleaning 성능의 평가는 상대적 비교가 수월한 타일 및 모르타르 시험체를 선택하여 실시하였다. 모르타르 시험체는 배합조건이나 강도에 따라 다르지만 약 6~20%의 공극을 가지고 있기 때문에 표면에 물이 닿으면 내부로 흡수되어 측정할 수 없는 것이 일반적이다. 하지만 조직이 치밀한 고강도콘크리트나 표면처리한 바탕면의 경우 표면에서 접촉각을 측정할 수 있는데, 본 시험에서도 침투성 함침제의 표면특성을 평가하기 위해 시험체의 표면을 다시 시멘트페이스트로 공극을 메우는 바탕처리를 한 후 측정하였다.

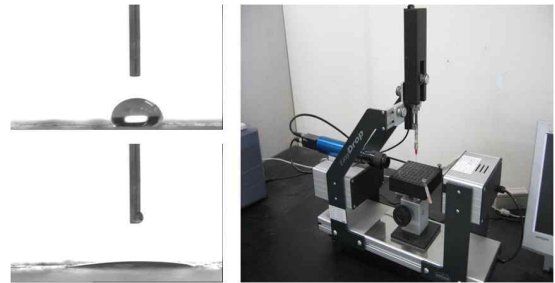


그림 1. Contact angle meter

2.3 부착성능 평가

부착성능 평가는 타일 및 모르타르 시험체에 대해 평가하였다. 타일 시험체는 타일 표면에 침투성 함침제를 도포한 후 접착강도를 측정하였다. 모르타르 시험체는 그림 2와 같이 모르타르 바탕체를 제작하여 측정하였으며 크기는 200×160×50mm이며 형상은 그림 2와 같다. 침투성 함침제 도포 후 다이아몬드 커터를 이용하여 40×40×10mm로 잘라 강제형틀에 접착하

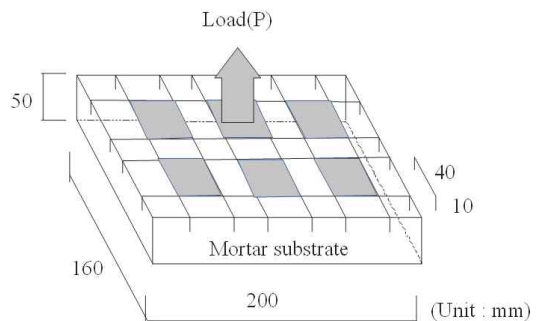


그림 2. Adhesion test in tension and shape of Specimen

여 인장 접착강도를 측정하였다. 접착강도는 침투성 함침제 도포 후 28일이 경과한 후 측정하였다.

### 2.4 공극 및 미세구조 측정

콘크리트 침투성 함침제의 공극 특성은 수은압입법에 의한 포로시미터를 이용하여 측정하였다. 공극 특성은 침투성 함침제 자체가 경화된 도막의 공극 측정과 콘크리트 내부로 침투시켜 반응한 상태의 공극을 측정하여 비교하였다. 공극구조의 측정은 침투성 함침제가 도포된 시험체를 다이아몬드 커터를 이용하여 5mm의 입방체로 절단하여 건조시켜 측정하였다. 또한 FE-SEM을 이용하여 침투성 함침제가 도포된 표면의 미세구조 특성을 관찰하였다.



그림 3. Mercury intrusion porosimeter

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 표면접촉각

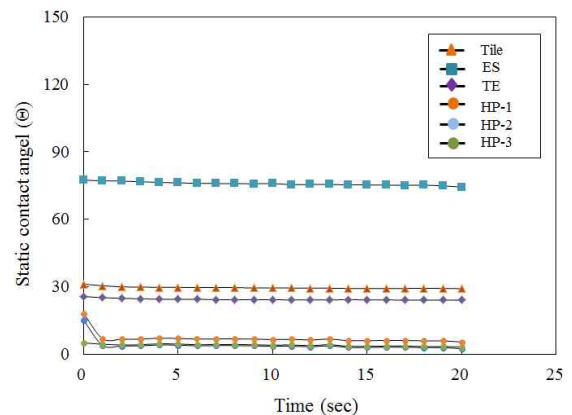
타일 및 모르타르 바탕에의 접촉각 시험결과는 표 7과 같다. 일반적으로 표면의 친수성 및 소수성 평가는 물에 의한 접촉각으로서 평가하는데 친수성의 경우 30° 이하를 말하며 소수성의 경우 100° 이상의 경우를 말한다. 자기세정 성능을 지니는 표면은 친수성 및 소수성이 모두 적용되는데 친수성의 경우 하이드록실기(-OH), 카르복시기(-COOH)에 의한 오염물 제거로 표면접촉각이 30° 이하이거나, 10° 이하의 초친수성으로 구분한다. 소수성에 의한 오염물 제거는 미세 표면 요철에 의한 로터스효과를 이용한 것으로 표면접촉각 120~150° 정도의 소수성 표면으로 자유 표면에너지를 최소화 한 것이다.

그림 4.a, b는 타일 및 모르타르 바탕에서의 시간의

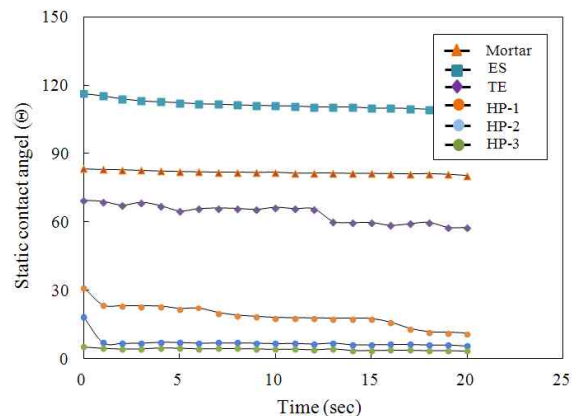
경과에 따른 접촉각 변화를 나타낸 것으로 조금씩 감소하였다. Plain 시험체인 타일 및 모르타르 바탕면의 접촉각은 83.4° 과 31.1° 이었다. 유리나 타일의 경우 바탕면 자체가 친수성을 지니기 때문에 별도의 처리가 불필요하지만 최근 유성 오염원의 증가에 따라 자기세정 효과를 높이기 위해 TiO<sub>2</sub>를 이용한 코팅을 하기도 하며 도막 형성을 위해 열처리 등의 방법을 이용하기도 한다. ES 시험체의 경우 접촉각은 Plain에 비해 크며 소수성을 나타냈다.

표 7. Result of contact angles

	Plain	ES	TE	HP-1	HP-2	HP-3
Tile	31.1	77.4	25.7	18.1	15.1	10 Below
Mortar	83.4	116.3	69.4	31.1	18.1	10 Below
	-	Chalking		Hydro philicity		



a. Tile substrates



b. Mortar substrates

그림 4. Contact angle vs. time of self-cleaning concrete Impregnants

ES 시험체의 경우 축·중합과 알킬기에 의해 소수성을 나타내며 표면이 강건하고 매끄러워 뛰어난 발수성을 보였다. 하지만, 시간이 경과한 후 도막의 형성이 불량하여 초킹(Chalking)이나 SiO<sub>2</sub> 결정의 석출과 이로 인한 백화현상이 발생하였다. TE 시험체는 Plain 시험체와 유사한 경향을 보였다. TE 시험체의 경우 타일이나 유리 등의 평활한 바탕면에서는 친수성을 보이는 것이 일반적이지만 콘크리트 표면에서는 바탕면이 평활하지 못하고 표층을 형성하는 실리카 입자의 크기가 작아 매끄러운 막을 형성하지 못한다. TE 시험체는 자기세정 특성을 지니기 때문에 별도의 처리가 불필요하지만 최근 유성 오염원의 증가에 따라 Self-cleaning 효과를 높이기 위해서는 TiO<sub>2</sub>와 실리케이트를 혼합하여 적용한 표면보호제를 개발하여 사용하기도 한다<sup>1)</sup>. HP계 시험체의 경우 바탕면에 관계없이 모두 30° 이하의 친수성 표면을 형성하였다. 모르타르 시험체에서 Plain 시험체보다는 ES나 HP 시험체의 감소폭이 컸으며 친수화 정도에 따라 접촉각의 변화도 커졌다. 타일 시험체에서의 접촉각 변화는 모르타르 시험체 보다는 작았으며 이는 표면의 거칠기, 특성에 따라 다르게 나타난 결과로 바탕면의 영향을 받은 것이다.

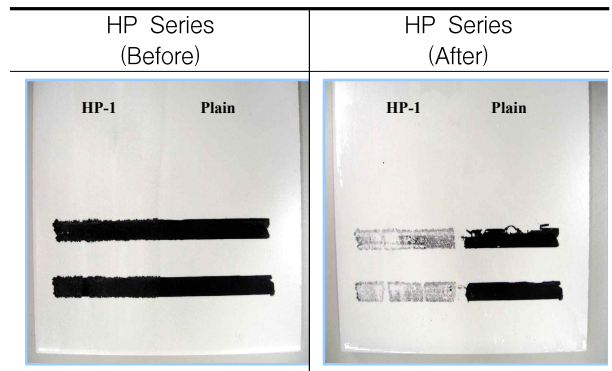
### 3.2 Self-cleaning 성능 평가

유성 오염원에 대한 타일 및 모르타르 바탕에서의 살수시험 결과를 그림 5.a, 그림 5.b에 3개월 폭로시험 결과를 그림 6에 나타내었다. 타일 및 모르타르 바탕면에 상관없이 유성 오염원의 제거는 HP계 시험체가 가장 우수하였으며 다른 시험체의 경우 오염원 제거 효과는 미미하였다. 이러한 결과로부터 도시에서의 자동차 분진에 의한 유성 오염원이 상당 수 입을 감안할 경우 실제 적용에 있어서도 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다. 또한 폭로시험 결과에서도 TE 및 HP 시험체에서 성능을 확인할 수 있었다. Self-cleaning 성능은 기존의 침투성 함침제에 Self-cleaning의 기능을 부여한 것으로 콘크리트 구조물에 적용될 경우 오염원의 제거가 가능할 것으로 판단된다. 또한 침투 깊이에 따른 구체강화 효과나 내구성능 등의 항목과 현장적용성에 대한 검토도 추후 고려해야 한다.

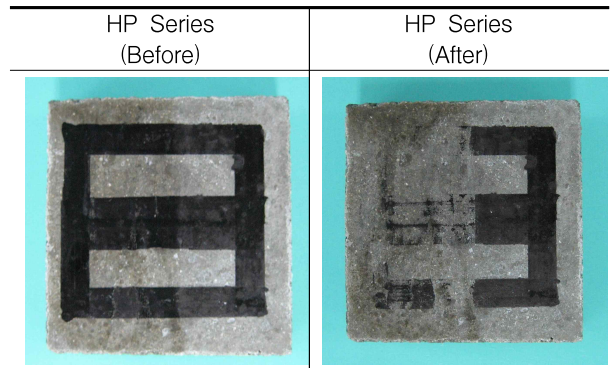
### 3.3 접착강도 평가

타일 및 모르타르 바탕면과 침투성 함침제와의 접착강도를 그림 7.a 및 그림 7.b에 나타내었다. 타일 보다는 모르타르에서 접착강도가 높게 나타났고 ES 및

TE 시험체가 HP 시험체 보다는 약간 높게 나타나는 경향을 보였다. HP 시험체를 타일 바탕에 적용한 경우 약 0.5MPa 정도의 거의 유사한 결과를 보였으며 또한, 모르타르 바탕의 HP-1 시험체는 다른 시험체보다 접착강도가 작아 KS F 4918(규산질계 분말형 도포방수제)에서 규정하고 있는 1.0 MPa 보다 작은 결과를 보였다. 하지만 원활한 접촉각 측정을 위해 표면 처리를 한 것이므로 실제의 콘크리트에 적용하는 경



a. Tile substrates



b. Mortar substrates

그림 5. Self-cleaning rain test of tile and mortar substrates

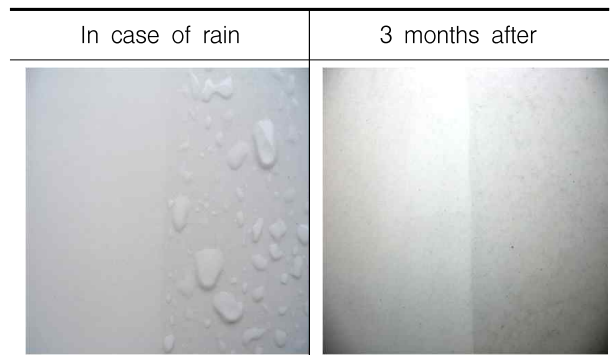


그림 6. Self-cleaning test in 3 months after

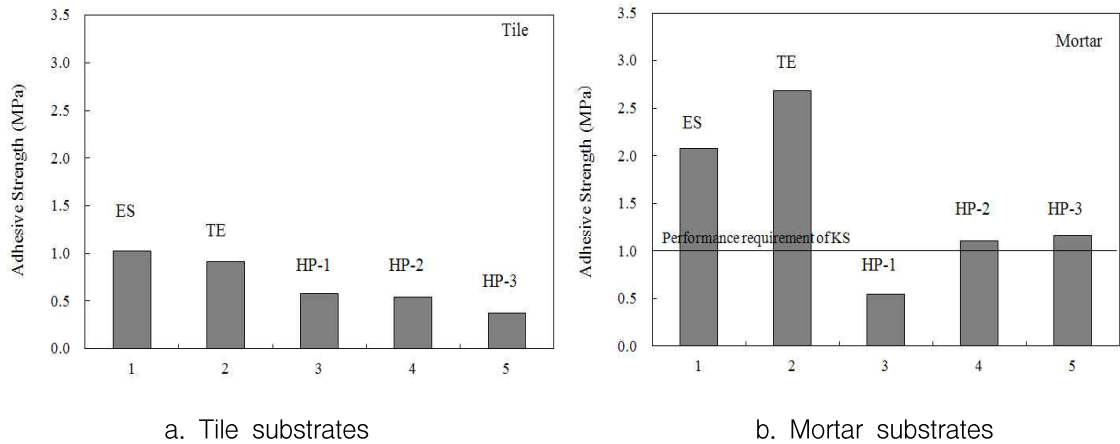


그림 7. Adhesive strength of concrete impregnant substrates

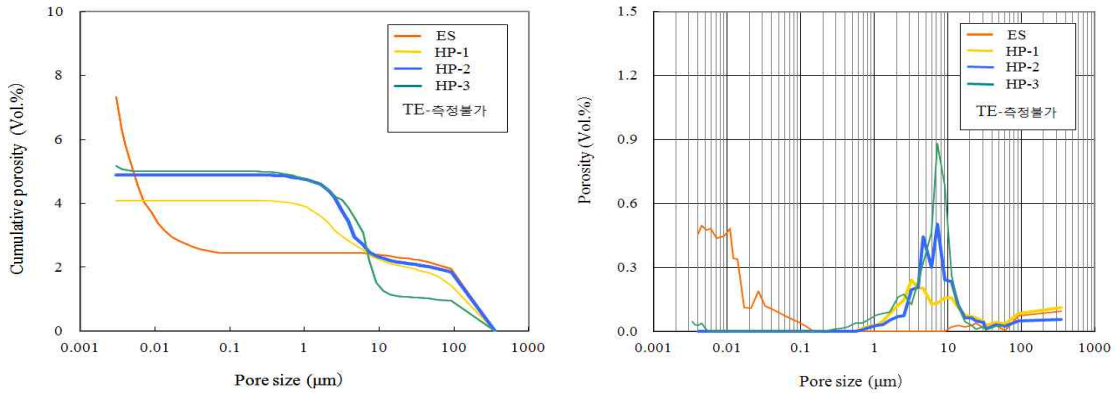


그림 8. Porosity property of concrete impregnants

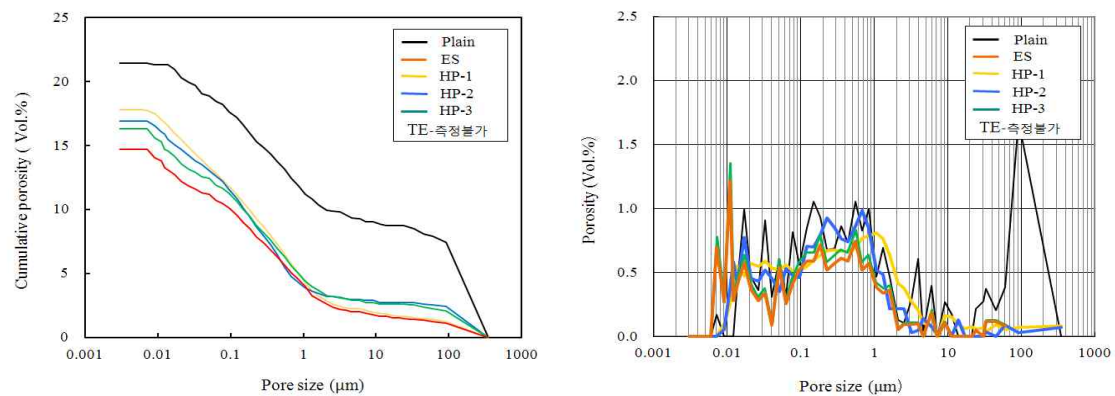


그림 9. Porosity property of concrete surface substrates

우 측정값보다는 높은 결과를 나타낼 것으로 예상된다. 또한 ES 및 TE 시험체의 경우가 HP 시험체 보다는 높은 값을 보였고 특히 TE 시험체가 높았다. 이는 콘크리트 표층부에의 함침제 적층의 유무에 따른 것으로 ES나 HP 시험체의 경우 주 성분인 실리케이

트가 표층부에서 박막 형태의 기능성 막을 형성하여 강도가 낮아지는 것에 기인한다. 시험체 모두 콘크리트 표층부에 침투하여 막을 형성하지만 적용되는 종류에 따라 콘크리트 자체의 강화 효과는 차이가 발생한다. 따라서 Self-cleaning 침투성 함침제는 콘크리트

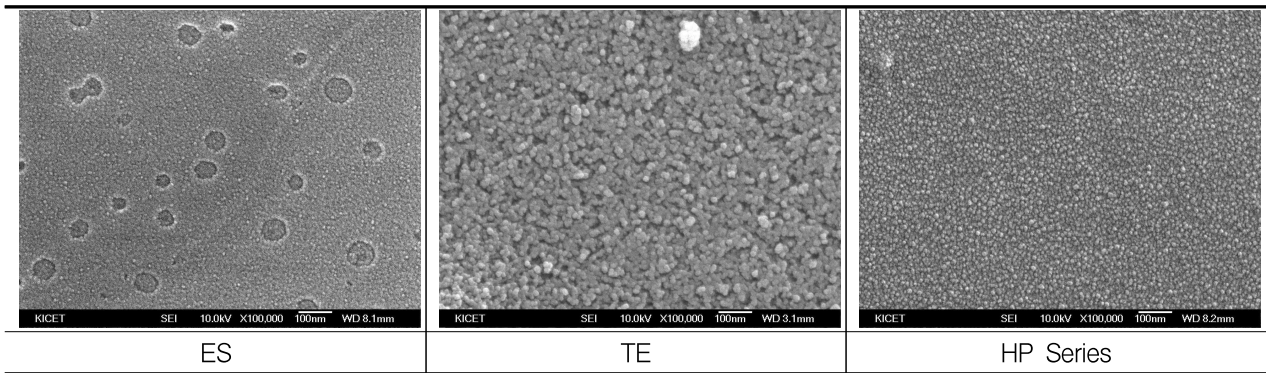


그림 10. Micro-structure of concrete surface

표층부에 얇은 막 층을 형성하지만 강도개선의 효과는 낮아 강도 향상 보다는 내구성능 향상을 목적으로 사용하는 것이 적합하다.

### 3.4 침투성 함침제의 공극구조

Self-cleaning 침투성 함침제를 적용한 박막의 누적 공극률 및 공극구조의 분포를 그림 8에 나타내었다. 침투성 함침제의 박막은 ES 시험체가 7.3 Vol.%, HP-1, HP-2, HP-3 시험체가 각각 4.0, 4.9, 5.2 Vol.% 이었다. 침투성 함침제 박막의 공극구조는 함침제의 종류에 따라 다른 특성을 보였다. ES 시험체의 경우 공극률은 다른 시험체에 비해 높았지만  $0.01\mu\text{m}$  이하의 공극이 높게 나타났고 공극의 분포도  $0.01\mu\text{m}$  이하의 공극에서 가장 많이 분포하여 조직이 치밀한 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 육안 관찰이나 미세조직 관찰에서도 볼 수 있는 결과이며, FE-SEM에 의해 표면을 100,000배 확대한 사진에서도 가장 치밀한 표면층을 형성하고 있는 것을 확인할 수 있었다. TE 시험체의 경우 박막을 형성하지 못하여 공극구조를 파악할 수 없었다. 이와 같은 결과는  $\text{TiO}_2$  침투성 함침제가 실리케이트 등의 바인더를 사용하지 않고 표면에 뿌려지는 형태로 작용되는 것으로 유추할 수 있다. 또한 직경이 실리카 입자의 직경인  $10\sim 20\text{nm}$ 보다 크기 때문에 표면의 거침이 크게 나타났다.

HP계 시험체의 경우 종류에 상관없이  $10\mu\text{m}$  전후에서 공극의 분포가 가장 높게 나타났다. 그 중 리튬 실리케이트의 비율이 가장 낮은 HP-1이  $10\mu\text{m}$  전후의 공극이나 누적공극률도 가장 낮았다. 하지만 전체적으로 HP계 시험체의 경우 누적공극률이나 공극구조의 분포에서 유사한 경향을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다.

침투성 함침제를 도포한 콘크리트 시험체의 공극률을 그림 9에 나타내었다. Plain 시험체는 설계기준강도가 21 MPa인 보통강도 콘크리트로 공극률은 약 21.3 Vol.%이었다. ES 시험체의 공극률은 14.7 Vol.%, HP계 함침제를 도포한 콘크리트 시험체의 공극률은 각각 17.8, 16.9, 16.3Vol.% 이었다. 침투성 함침제의 도포에 따라 공극률은 감소하였으며 특히  $100\mu\text{m}$ 의 공극의 감소가 현저하였다.  $100\mu\text{m}$ 의 공극은 혼화제의 의해 연행된 공극으로 기포로 분류된다. 이와 같은 결과는 콘크리트 내부의 공극 중 겔공극이나 모세관 공극에서의 변동은 없이 가장 큰 공극인 기포에서 공극의 변동이 있었으며 함침에 의해 콘크리트 내부를 침투하여 영향을 미친 것으로 판단할 수 있다. 또한, 침투성 함침제를 도포하더라도 내부의 공극을 완전히 충전하지 못하고 개기공의 형태로서 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.5 침투성 함침제의 미세조직 관찰

FE-SEM에 의한 미세조직 관찰을 그림 10에 나타내었다. 조직관찰 결과로서 실리카 층의 형성과 nm 크기의 실리카를 확인할 수 있었다. 경화된 콘크리트를 구성하는 C-S-H 및 수산화칼슘의 간극 크기는 약 1nm 및  $1\mu\text{m}$ 이며, 경화된 콘크리트의 가장 작은 공극인 모세관공극도  $0.1\mu\text{m}$  크기이므로 내부로의 침투가 용이하다. 침투성 함침제는 삼투압을 응용한 것으로 콘크리트의 모세관을 따라 침투하여 수산화칼슘과 반응하여 수화물을 생성시키며 모세관을 따라 이동하며 콘크리트 구조물의 연속적인 성장을 한다. 이러한 연속적인 성장은 콘크리트 내부를 치밀하게 만들지만 공극을 완전하게 밀봉하지는 않으므로 콘크리트 자체의 통기, 팽창 및 수축성 등의 성질은 그대로 유지한다. 콘크리트는 C-S-H 겔공극이 너무 작고 조직이 치

밀해 표면으로부터 10~20mm 정도 침투하나 입자의 크기가 작은 경우 모세관공극을 통한 침투 뿐만 아니라 gel 공극으로의 흡수에 의한 침투가 가능해 약 70mm 정도까지 침투가 가능하다.

콘크리트 균열부위나 연행공극은 100um~1mm의 크기이므로 콘크리트 표면보호제의 도포에 따라 내부로 침투하여 공극의 일부가 메워지는 효과를 발휘한다. 또한 내부로 침투된 침투성 함침제는 CaSiO<sub>3</sub>의 결정층을 생성하여 CO<sub>2</sub>나 Cl<sup>-</sup> 침입을 차단하여 구조물의 내구성을 향상시킨다.

#### 4. 결 론

본 연구는 Self-cleaning의 기능성 가진 함침제를 도포한 타일 및 콘크리트 표층부의 개질 특성을 알아보기 위한 연구로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) ES 시험체는 도막이 강건하고 매끄러워 Hydro phobic 표면을 형성하여 뛰어난 발수성이 기대된다. HP 시험체는 접촉각 20°이하의 Hydro philic 표면을 형성하고 친수성이 높아 Self-cleaning의 기능성 부여가 가능하다.

(2) 리튬실리케이트를 이용하여 제조한 HP계 침투성 함침제는 30° 이하의 접촉각을 보여 친수성 표면을 형성하였고 작업성능이 우수하다.

(3) 표면보호와 친수성을 부여하여 Self-cleaning 효과를 높이기 위해서는 집착강도나 내구성능 개선을 위한 방안이 필요하며 TiO<sub>2</sub>를 적절하게 조합하면 효과를 높일 수 있다.

(4) Self-cleaning 콘크리트 침투성 함침제는 콘크리트 표층부로부터 내부로 침투하여 내구성능의 저하가 예상되는 부위의 강화 등 성능회복을 목적으로 이용이 가능하다.

#### 참고문헌

1. 한국세라믹기술원, 콘크리트 표면보호 및 자기세정용 무기도포제 개발, 2008
2. 송 훈, 추용식, 이종규 “Silicate계 콘크리트 침투성 함침제의 탄산화 및 염해 저항성” Journal of the Korean Ceramic Society, pp.719-724, 2008
3. JSCE, Recommendation for Concrete Repair and Surface Protection of Concrete Structures; pp.10-19, Japan Society of Civil Engineering, 2005.
4. AIJ, Japanese Architectural Standard Specification;

JASS 18 Paint Work, pp.39-80, AIJ, 1998.

5. AIJ, Test Methods for Quality Control and Maintenance of Reinforced Concrete Buildings; pp. 99-141, AIJ, 2007.
6. JCI, Repair Methods of Concrete Structures(in japan.); Committee Report, pp.1~8, Japan Concrete Institute, 1996.

논문접수일 (2013. 11. 13)

심사완료일 (2013. 11. 24)

게재확정일 (2013. 11. 29)