

자기세정 콘크리트 표면보호재 적용에 관한 연구

Self Cleaning Hydrophilic Impregnant of Concrete Structure

송 훈* 김 영 업** 추 용 식* 이 종 규***
Song, Hun Kim, Young-Yup Chu, Yong-Sik Lee, Jong-Kyu

ABSTRACT

Normally, deterioration in the concrete structure is due to carbonation and chloride ion attack. Therefore, concrete structure is needed to surface protection for increase durability using impregnant. Impregnant classify into two large groups in polymeric and silicate materials. Silicate impregnant is included silane and alkali silicate(sodium and lithium silicate). Thus, this study is concerned with self cleaning hydrophilic property of concrete structure using silicate impregnant. From the experimental test result, TEOS and lithium silicate make good use of hydrophilic impregnant.

1. 서론

콘크리트구조물의 내구성 향상 또는 열화진행 억제를 목적으로 각종의 표면보호공법과 이와 겸용되어 단면수복공법들이 적용된다. 표면보호공법은 표면피복이나 함침재에 의한 함침층 형성, 이외에 폴리머와 FRP시트나 강판에 의한 접착방법 등이 이용되지만 시트나 강판에 의한 방법은 구조물을 보강하는 의미에서 적용된다. 이중 함침재에 의한 표면함침공법은 콘크리트표면으로부터 함침에 의해 표층부 조직의 개질과 기능성 부여 등을 통해 내구성을 향상시킨다. 표면함침공법은 콘크리트표면의 외관을 손상하지 않고 적은 공정과 단기간에 시공이 가능하며 시간의 경과에 따른 재시공시 함침재를 재함침시키는 것으로 효과를 발휘할 수 있는 특징을 지닌다.

도시에서의 콘크리트구조물의 오염원은 주로 자동차 분진이 20~43%, 토양입자 12~39%, 황산암모늄 등의 가스상 오염물질의 이차생성입자가 7~21%로 알려져 있다. 현재 오염원이 부착된 콘크리트구조물에 대하여 표면을 보호하고 이온의 침투 현상을 막아줄 수 있으며, 특히 이들 이온 및 오염 물질들을 초기 흡착상태에서 자기세정(self cleaning)에 의해 제거가 가능하면 더욱 효과적이라 할 수 있다. 현재 자기세정을 위한 물질로는 광촉매로 널리 알려진 TiO_2 가 있으나, 이는 빛이 없는 곳이나 야간에는 효과를 낼 수 없으며, 장기적으로는 촉매 작용의 저하로 오염성분의 분해 효과가 저하된다. 특히, 고가이며 콘크리트구조물의 적용에는 경제성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 그러므로 광촉매인 TiO_2 와 유사한 자기세정기능을 가지며 함침재에 기능성을 부여할 수 있으면 경제적이거나 시공성 면에서 유리하다. 이에 따라 본 연구에서는 콘크리트 표면보호재에 범용적으로 사용되는 실란계 및 규산염계의 자기세정 및 친수성의 기능성을 부여한 표면형성에 관한 기초연구로 콘크리트구조물체의 적용가능성에 대해 검토하였다.

* 요업기술원, 시멘트·콘크리트팀, 선임연구원, 공학박사

** 요업기술원, 시멘트·콘크리트팀, 연구원

*** 요업기술원, 시멘트·콘크리트팀, 책임연구원, 공학박사

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

에칠실리케이트(이하 TEOS)는 S사의 시판되는 제품을 가수분해 90%에 적합하도록 에탄올과 염산을 첨가하여 제작하였고, 규산리튬이나 실리카졸, TiO₂는 시판품을 사용하였으며 본 실험의 자기세정용 친수성용액을 제조하기 위한 원료의 구성은 표1, 2, 3, 4와 같다. 본 실험의 함침성 표면보호재에 친수성을 부여하기 위한 배합표는 표5와 같다.

표1. TEOS의 물리·화학적 성질

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

표2. 규산리튬의 물리·화학적 성질

Lithium Silicate	Symbol	Color	Silica Content (%)	Li ₂ O Content (%)	Mole Ratio	Density (g/ml)	Viscosity (cps at 20℃)
	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

표3. 실리카졸의 물리·화학적 성질

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

표4. TiO₂졸의 물리·화학적 성질

TiO ₂ Sol.	Symbol	Color	Particle size (nm)	Type	pH (25℃)	Density (g/ml)	Viscosity (cps at 25℃)
	TiO ₂	milky-white	~5	Anatase TiO ₂	1.5~2.0	0.9	4.0

표5. 배합표

단위(wt.%)

Type	LS		TEOS	SS	Ti ₂ O (%)	Hardener (SS*wt.%)
	H	L				
Plain	-	-	-	-	-	-
LS	1	100	-	-	-	-
	2	-	100	-	-	-
	3	50	-	50	-	-
ES	1	-	100	-	-	-
	2	-	70	-	30	-
	3	-	-	-	100	-
HP	1	30	-	70	-	0.7
	2	70	-	30	-	0.7

2.2 시험체 제작 및 시험방법

시험체는 시멘트모르타르의 압축강도 시험방법(KS L 5105)에 준하여 모르타르 바탕시험편을 제작하였다. 콘크리트의 접촉각은 다공질인 표면의 물의 흡수로 인해 측정할 수 없는 것이 일반적이다. 하지만 조직이 치밀한 고강도콘크리트인 경우 표면에서 접촉각이 나타나는데 본 시험에서도 도포액의 친수성을 평가하기 위한 일환의 방편으로 제작된 시험체에 표면을 다시 시멘트페이스트로 기공을 메

우는 바탕처리를 실시하였다. 또한 타일면에서의 특성도 확인하기 위해 백색타일에 모르타르 시험체와 동일하게 제조액을 도포하였다.

시험체의 친수성은 접촉각측정기를 사용하여 정적 접촉각을 측정하여 표면에서의 친수특성을 확인하였으며 성능이 우수한 일부 시험체를 택하여 시간의 경과에 따른 접촉각 특성을 비교하였다. 방오 성능의 평가는 유성오염원에 대해 표면을 오염시킨 후 살수하여 오염원의 제거정도에 따라 성능을 평가하는 간이시험법 및 시험체의 상태 변화를 표면의 오염정도를 폭로시험을 통해 평가하였다. 방오성능평가는 상대적 비교가 수월한 타일 시험체를 선택하여 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

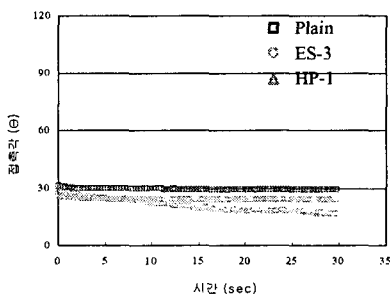
3.1 표면접촉각

모르타르 및 타일 바탕에의 접촉각 시험결과는 표6과 같다. 일반적으로 표면의 친수성 및 소수성 평가는 물에 의한 접촉각으로서 평가하는데 친수성의 경우 30°이하를 말하며 100°이상의 경우 소수성으로 평가한다. 자기세정에 따른 방오성능을 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 미세표면 요철에 의한 로터스효과(Lotus effect)를 이용한 것으로 표면접촉각 120~150° 정도의 소수성표면으로 자유표면에너지를 최소화 한 것이다.

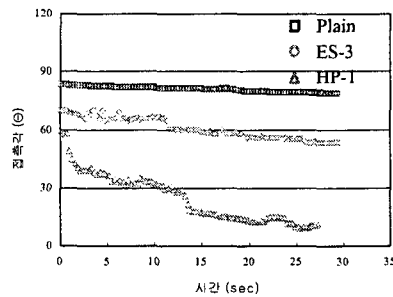
Plain시험체의 모르타르 및 백색타일 바탕면에서의 접촉각은 83.3°과 31.1°을 나타냈다. 유리나 타일의 경우 바탕면 자체가 친수성을 지니기 때문에 별도의 처리가 불필요하지만 최근 유성오염원의 증가에 따라 자기세정 효과를 높이기 위해 TiO₂를 이용한 코팅막을 형성하기도 한다. LS 시험체의 경우 접촉각은 증가하였으며 소수성을 나타내었다. 또한, 도막의 형성 불량으로 초킹이나 SiO₂ 결정의 석출과 이로 인한 백화현상이 발생하였다. 실리카졸을 혼입한 경우 접촉각이 작았으며 도막형성을 위해

표6. 접촉각 시험결과

	Plain	LS			ES			HP	
		1	2	3	1	2	3	1	2
모르타르	83.3	116.1	78.6	67.7	85.3	30.1	61.2	25.6	20 이하
타일	31.1	78.3	81.8	33.1	78.3	24.3	28.7	21.5	20 이하
비고		초킹, 백화현상, 도막형성 불량			상온경화도막, 소수성			친수성	



타 일



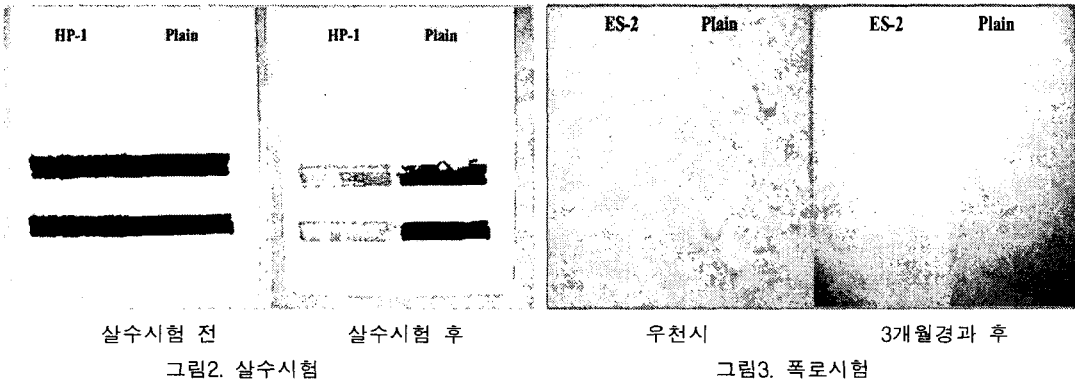
모르타르

그림1. 접촉각의 변화

열처리 등의 방법 강구가 필요하다. ES의 모르타르 시험체의 경우 축중합과 알킬기에 의해 소수성을 나타내었으며 Plain시험체에 비해 접촉각은 유사하였지만 표면이 강건하고 매끄러워 뛰어난 발수성을 보였다. HP시험체의 경우 바탕면에 관계없이 모두 30° 친수성을 나타내었다. 그림1은 시험체의 시간의 경과에 따른 접촉각 변화를 나타낸 것으로 접촉각은 조금씩 감소하는 일반적인 경향을 보인다. 모르타르 시험체에서 Plain 시험체보다는 ES나 HP시험체의 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 것으로 사료된다.

3.2 방오성능 평가

유성 오염원에 대한 살수시험 및 폭로시험 결과를 그림2, 3에 나타내었다. HP 시험체를 제외한 거의 모든 시험체에서 살수에 의한 오염원을 제거하지 못하였다. 이러한 결과는 도시에서의 오염원이 자동차 분진에 의한 유성 오염원임을 감안할 경우 실제 적용에 있어서도 효과가 있을것으로 판단된다. 또한, 폭로시험 결과에서도 ES 및 HP의 일부 시험체에서 성능을 확인할 수 있었다. 방오성능은 기존의 표면침투재에 기능성을 부여한 것으로 콘크리트 구조물에 적용될 경우 오염원의 자기세정이 가능할 것으로 판단된다. 또한 칩투깊이에 따른 구체강화 효과나 알칼리회복, 이산화탄소 및 염소이온 저항성 등의 기존 성능항목과 현장적용성에 대해서는 향후 지속된 연구를 통한 적용을 진행할 예정이다.



4. 결론

- (1). ES시험체는 도막이 강건하며 뛰어난 발수성능을 보여 여타의 내구성능에도 효과가 있을것으로 판단되며 HP시험체는 기능성을 부여함에 따라 적용범위를 확대할 수 있다.
- (2). 표면보호와 친수성을 부여하여 자기세정 효과를 높일 수 있으며 콘크리트 구조물에의 적용이 가능하다.

참고문헌

1. 일본토목학회, 표면보호공법 설계시공지침(안), 2005년
2. 일본토목학회, 표면보호공법 설계시공지침(안) - 공정별 메뉴얼편, 2005년
3. 일본건축학회, 콘크리트 폴리머복합체의 시공지침(안) 동해설, 2001년
4. 환경정화 및 Self Cleaning 기능성 건축자재 개발, 산학연 공동개발 과제보고서, RIST, 2001년
5. 노출콘크리트 표면마감 및 유지관리, 콘크리트학회지 특집기사, 2001년