

규산질계 액상형 바탕강화제의 콘크리트 표층부 보강특성에 관한 기초적 연구

A Foundational Study on Effect of Siliceous Sealer for Reinforcement of Concrete Surface Layer

최 성 민^{*} 곽 규 성^{**} 윤 우 옥^{***} 김 상 갑^{***} 오 상 근^{****} 안 상 덕^{*****}
Choi, Sung Min Kwak, Kyu Sung Yoon, Woo Ok Kim Sang Gap Oh, Sang Keun An, Sang Duck

ABSTRACT

This study deals with the effect on penetration properties of siliceous ion through the mortar applicated by the waterproofing coating materials of siliceous seler liquid type.

The tests of properties for reinforcing effect in mortar substrate surface layer are five kinds of water permeability, absorption, compressive strength, surface layer strength, pH content and chemical attack effect.

Water permeability of mortar coated siliceous sealer in very than that of plane mortar. compressive strength of mortar coated siliceous sealer in larger than that of plane mortar about 10%

1. 서 론

최근 규산질계 액상형 바탕강화제가 콘크리트 구조물의 표층부 성능개선을 목적으로 많이 사용되고 있다. 이 재료의 표층부성능 개선 메카니즘은 주성분의 활성실리카와 콘크리트 조직내의 가용성 수산화칼슘이 반응하여 불용성의 규산칼슘수화물 및 에트링케이트 등의 결정체를 생성시킴으로써 조직을 치밀하게 만들어 수밀(방수)성을 향상시키는 효과를 나타내고 있다고 한다.

본 연구는 규산질계 액상형 바탕강화제를 콘크리트 표면에 분사 시공하였을 때 표층부의 수밀성능 및 강도 증가효과, 내부식 성능 등을 검토하여 실무적 사용상의 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 콘크리트용 액상형 바탕 강화제에 대한 사용 특성을 평가하기 위하여 액상형 침투 방수제를 도포했을 때, 콘크리트 표면의 강도향상 측면에서 탈락강도 및 압축강도를 측정하고, 수밀성(투수), 흡수성의 방수메카니즘 및 방수성능을 분석하여 방수성능 및 콘크리트 성능향상에 대한 물리적 특성을 상대적으로 평가한다. 또한 음용수 용출(pH측정) 및 내화학적 시험을 통해 음용수용 수조 구조물 및 하수 시설물에서의 사용성과 시공성을 검토하여, 보수/보강 또는 방수/방식용 재료로서의 입지적 조건을 명확히 하고자 한다.

* 서울산업대학교 건설산업과학연구소 연구원

** 서울산업대학교 대학원 석사과정

*** 삼성물산(주) 건설부문 건축기술팀

**** 서울산업대학교 건축설계학과 조교수

***** 서울산업대학교 건축공학과 교수

3. 실험 방법

3.1 재료 및 시험체

현재 국내에서 콘크리트 방수용으로 사용되고 있는 규산질계 액상형 바탕 강화재(시중에서는 규산질계 액상형 침투 방수제라함)를 대상으로 콘크리트 표면의 성능향상에 관한 물리적 특성을 평가하였다. 사용재료의 종류는 <표-1>과 같다. 각 시험 항목별 공시체 크기는 <표-2>와 같다. 재령 28일간 양생 후(20±3℃, RH 85%이상)에 한쪽면에 침투 방수제를 도포한 후 다시 14일간 양생(20±3℃, RH 90%이상)한 시험체를 대상으로 측정하였다.

<표-1> 사용재료의 종류 및 특성

재 료			내 용	
시 멘 트			보통 포오톨랜드 시멘트	
모 래			표준사(주문진산)	
방수제	규산질계 침투성 방수제	액상형	A	비정질 규산질계 + 물의 혼합
			B	
			C	
배합비	압축강도, 탈락강도		W/C : 50% 시멘트:모래=1:2	
	투수비, 흡수비,		W/C : 65%	
	음용수용출성, 내화학성		시멘트:모래=1:3	

<표-2> 시험 항목별 공시체 크기

측 정 항 목	공 시 체 규 격
탈락강도	20×7×2.5cm
압축강도	5×5cm
투수성능	직경=10cm, 두께=1cm
흡수성능	직경=10cm, 두께=3cm
음용수용출성	직경=10cm, 두께=1cm
내 화학성	직경=10cm, 두께=1cm

3.2 측정 및 평가방법

- (1) 탈락강도 : 침투 방수제를 도포한 모르터 시편에 KS F 4918(규산질계 분말형 도포 방수제)의 시험 방법에 준하여 어테치먼트를 부착시킨 후 만능시험기로 인장시켜 파단(탈락)되는 강도를 측정한다.
- (2) 압축강도 : 재령 28일 압축강도(배합설계 25-240-10)가 평균적으로 275kg/cm²인 공시체에 대해 타설 후 약 28일 경과한 시점에서 침투 방수제를 분사 도포 하여 침투시킨 후 재령별로 압축강도를 측정하였다. 그 비교 대상으로 침투 방수제를 도포하지 않은 시험체에 대해서도 압축강도를 측정하였다.
- (3) 투수비 : 투수시험은 KS F 2451에 준한 아웃-풋(Out-put) 시험방식을 이용하며 모르터 시험체에 침투 방수제를 도포한 후 14일 경과 후 투수시험장치에 시험체를 설치하고, 약 1kgf/cm²의 수압을 24시간동안 가하여 시험체를 통과해 나온 물의 양을 측정하여 투수량을 측정하고, 투수계수 및 투수비를 구한다.
- (4) 흡수비 : KS F 2451에 의거 침투 방수제를 도포한 시험체의 방수층을 24시간 물속에 침적시켜 흡수량을 측정한 다음, 무도포 시험체와 흡수비를 비교한다.
- (5) 음용수용출성 : 침투 방수제를 도포한 시험편을 세척하여 음용수에 담근 후 24시간 경과된 다음 시료를 세척하고, 다시 음용수에 침적시킨다. 24시간 후 그 시료수를 분석하여 방수제의 구성성분이 어느 정도 용출되어 있는가를 기준수와 비교하여 음용수질 기준에 적합한지를 평가한다.
- (6) 내화학성 : 1% 염소수용액, 5% 염산, 황산, 질산 수용액에 시료를 담근 후 무게변화를 측정하고 모양 및 색의 변화를 관찰한다.

4. 실험 결과 및 고찰

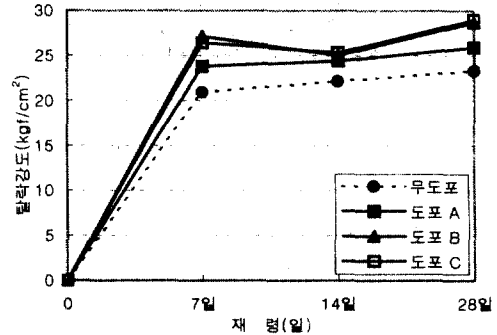
4.1 결과

(1) 탈락강도

침투 방수재의 표층부 강도는 약 25~28kg/cm², 무도포는 약 20~24kg/cm² 범위로 약 15% 정도의 바탕강화 효과를 얻고 있으며, 이러한 표층부의 강도 향상은 후속 공정으로 이어지는 바탕조정재의 부착 강도 향상에 기여할 수 있는 것으로 판단된다.

<표-3> 탈락강도 실험결과

시편	재령	재령 7일	재령 21일	재령 28일
		탈락강도 (kgf/cm ²)	탈락강도 (kgf/cm ²)	탈락강도 (kgf/cm ²)
무도포 시험체	A	19.569	23.094	23.587
	B	22.490	22.625	23.300
	C	20.670	20.685	23.040
	평균	20.900	22.130	23.300
도포 시험체	A	23.800	24.400	25.900
	B	27.130	25.010	28.660
	C	26.420	25.310	28.960



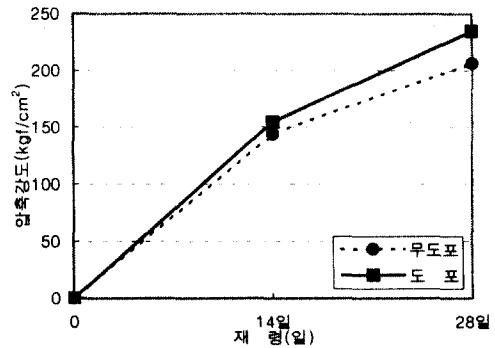
<그림-1> 재령별 탈락강도 변화

(2) 압축강도

침투 방수재를 도포하지 않은 시험체에서는 약 206kg/cm² (14일강도 : 144kg/cm²)를 나타내고 있고, 침투 방수재를 도포한 시험체에서는 약 235kg/cm² (14일강도 : 155kg/cm²)의 값을 나타내어 약 12% 정도의 강도가 증가함을 알 수 있었다.

<표-4> 압축강도 실험결과

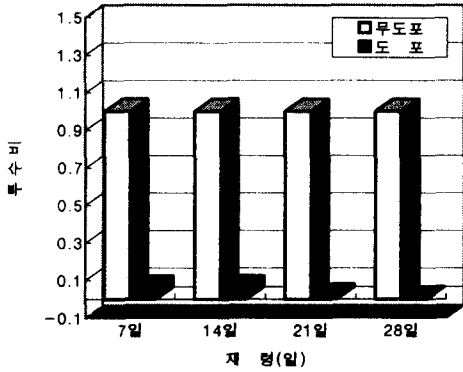
재령 비교	재령 14일		재령 28일	
	측정 강도 (kgf)	압축 강도 (kgf/cm ²)	측정 강도 (kgf)	압축 강도 (kgf/cm ²)
무도포 시험체	11,350	144.59	13,450	171.33
	12,000	152.87	15,850	201.91
	10,550	134.40	19,300	245.86
평균	11,300	143.95	16,200	206.37
도포 시험체	12,100	154.14	16,500	210.19
	12,000	152.87	19,050	242.68
	12,300	156.69	19,750	251.59
평균	12133	154.56	18433	234.82



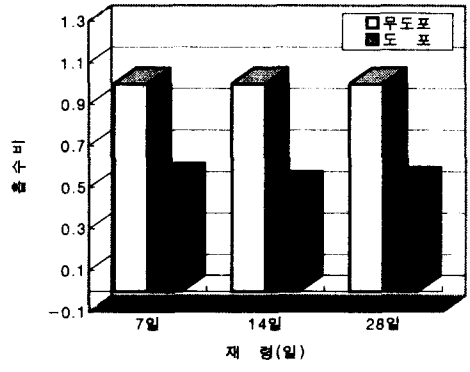
<그림-2> 재령별 압축강도 변화

(3) 투수 및 흡수성능

본 시험조건에서의 침투 방수재를 도포한 시험체의 투수비는 재령에 따라 7일 0.06, 14일 0.06, 21일 0.015, 28일 0으로 상당히 수밀하게 나타나고 있으며, 비교용 무도포 시편의 투수계수보다 훨씬 작게 나타나고 있어 방수재료의 사용성이 적합하다. 침투 방수재의 흡수비는 무도포 시험체 1을 기준으로 평균적으로 약 0.52를 나타내고 있고, 비교 무도포 시편의 흡수성보다 약 50%정도 낮게 나타나고 있다.



<그림-3> 투수 실험결과



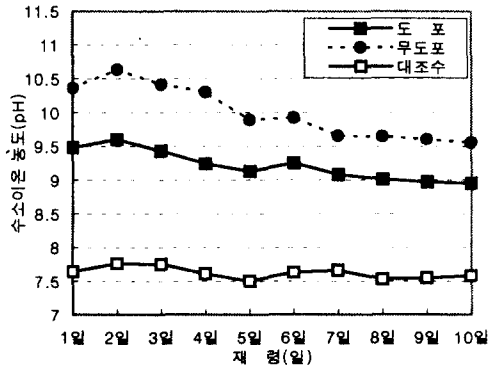
<그림-4> 흡수 실험결과

(4) 음용수 용출성 및 알칼리도 억제특성

<표-5>의 수질분석에서 수소이온 농도의 초기치는 기준치 이상을 나타내고 있고, 철 성분에서 일부 이상이 나타나고 있으며 다른 항목에는 이상이 없다. 알칼리도는 무도포 시험체와 비교<그림-5> 결과 침투 방수재를 도포한 모르타르 시험체는 무도포 시험체의 pH수치에 비하여 약 1정도 낮은 알칼리도를 나타내고 있어, 현 단계에서는 침투 방수재를 도포함에 따라 도포하지 않은 모르타르에서 용출되는 알칼리를 어느 정도 억제시킬 수 있는 효과를 보이고 있다.

<표-5> 음용수 용출성의 수질분석

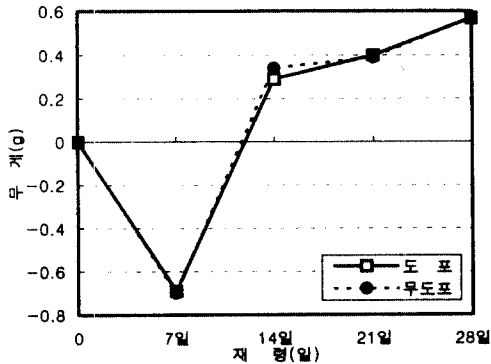
항목 및 기준치	제품명	기준수	역상형		
			A	B	C
pH(20℃)-5.8~8.5		7.1	10.92	10.78	10.22
중발잔류물-500이하(mg/l)		108	400	136	140
과망간산칼륨소비량-10이하(mg/l)		2.0	4.7	-	1.4
철(Fe)-0.3이하(mg/l)		0.14	0.18	0.40	0.42
알루미늄(Al)-0.2이하(mg/l)		0.10	0.07	0.05	0.03
비 고					



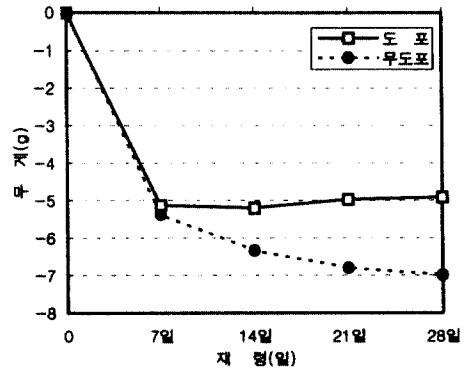
<그림-5> 알칼리도 억제특성 측정 결과

(5) 내화학적

염소수 환경에서는 규산질계 셀러(본 연구는 C재료를 대상으로 함)를 도포한 시험체에서는 전반적으로 무도포 시험체와 유사한 경향을 나타내고 있으나 <그림-10>, <그림-11>, <그림-12>의 염산 및 질산환경에서는 무도포 보다 다소 강한 내부식성 효과를 나타내고 있다. 그러나, 장기 내구성 측면에서 하수 시설물의 수조 내부 등에서의 사용은 재고할 필요가 있고, 이와같은 환경 속에 사용할 경우에는 장기내구성 확보 차원에서 별도의 방식코팅(에폭시수지계, 세라믹메탈계 등)으로 처리하는 것이 바람직하다.



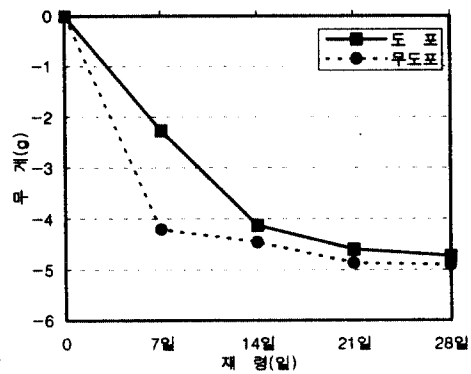
<그림-6> 염산침적 후 무게변화



<그림-7> 질산침적 후 무게변화

4.2 고찰

액체(상)형 침투 방수재의 모체 강도 강화특성은 침투 방수재가 모체 표층부에 침투하여 규산칼슘수화물($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)의 결정체를 만들어 주기 때문에 표면강화의 효과로서 평균적으로 약 15% 정도의 강도증가가 나타나는 것으로 추정된다. 또한 모체 표층부의 강도 향상은 후속 공정으로 이어지는 바탕조정재의 부착강도 향상에 기여할 수 있는 것으로 판단된다. 투수비는 재령 28일에서 투수계수가 0에 가까운 수밀성을 나타내고 있어 콘크리트 표층부의 방수성 개선 목적으로 충분히 사용 가능하다. 이는 침투 방수재 성분의 침투로 인해 모르타르 시편 내부 및 표면의 공극이 수화 결정체로 채워져 있기 때문에 투수성이 낮게 나타나는 것으로 판단된다.



<그림-8> 염산침적 후 무게변화

침투 방수재를 도포한 시험체의 흡수비는 무도포 시험체 1을 기준으로 약 0.52 정도 나타나고 있다. 흡수성이 작으면 구체 표층부의 화학적 침식을 막을 수 있기 때문에 이는 장기내구성 유지에 큰 효과를 주는 요인이다. 그러나, 현 단계에서는 흡수성 때문에 장기내구성 확보 차원에서 화학환경하 및 음용수용 수조 구조물에서는 방식 마감 처리 공법을 병행하는 공법의 개발이 필요하다.

5. 결론

콘크리트 구조체에 액상형 침투 방수재를 도포한 방수층이 콘크리트 표층부에 어느 정도의 물리적 성능을 향상시키는가를 기초적으로 평가한 결과는 다음과 같다.

- (1) 침투 방수재의 도포에 의한 공시체의 표층부 강도증진 효과는 도포하지 않은 경우보다 약 15% 정도 높게 나타나고 있고, 압축강도 또한 약 10% 정도의 강도증진 효과가 있다.

- (2) 침투 방수재의 투수저항성은 본 시험에 사용한 무도포시험체 보다 우수한 특성을 나타내고 있으므로 수압이 작용하는 부위에서의 사용도 가능하다고 판단된다.
- (3) 침투 방수재를 도포한 시험체는 비교 무도포 시험체의 흡수성보다 낮게 나타나고 있다.
- (4) 침투 방수재는 심각한 화학환경 하에서는 보호방식 조치를 추가해야 한다.
- (5) 침투 방수재를 콘크리트 구체에 도포 함으로써 침투 방수재를 도포하지 않은 콘크리트 구체의 알칼리도 수치를 약 1정도 낮출 수 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 서울시 상수도 사업본부 : 상수도시설 콘크리트 구조물 내부 방수·방식재료 시험평가 및 적정 시공방법 비교연구, 1997. 3.