

# 특수시멘트 혼입 에폭시 수지계 콘크리트용 바탕조정재의 기초물성에 관한연구

## A Study on Fundamental Performance of Epoxy Resin Mortar Mixed Special Cement for Concrete Surface Control

최 성 민\*  
Choi, Sung Min

김 용 현\*\*  
Kim Yong hyun

황 원 주\*\*\*  
Hwang Won Joo

오 상 근\*\*\*\*  
Oh, Sang Keun

### ABSTRACT

This study deals with the effect on performance of epoxy resin mortar mixed special cement for surface control and maintenance of aging concrete construction.

The test of main property of epoxy resin in this study are the evaluation on the adhesive strength between substrate and epoxy resin mortar under the environment of wet or concrete substrate surface

We gained the test results of good adhesive strength over 15kgf/cm<sup>2</sup> under the wet and dry condition of concrete surface

### 1. 서 론

지금까지의 수(水)처리 시설 콘크리트 구조물에 관련한 방수/방식 관련의 도(복)장재료와 공법이 다양하게 소개되고, 적용되어 왔음에도 불구하고 보호·마감성능과 내구성 차원에서 생각해 보면 박리, 들뜸, 변색, 균열, 용출 등의 문제로 그다지 큰 효과를 얻지 못한 것이 현 실정이다. 이의 주원인은 구조물이 처해 있는 환경조건, 특히 방수/방식을 필요로 하는 콘크리트 바탕의 환경조건과 일치하는 도(복)장재료 및 공법 선정보다는 재료자체의 성능만을 고려한 공법이 우선되어 왔기 때문이다. 아무리 성능이 좋은 재료라 할지라도 바탕 환경조건이 건조조건인가 습윤조건인가에 따라서, 내부 온·습도 및 환기조건에 따라서 선택과 성능 조건이 달라진다. 여기서 더욱 중요시 고려할 사항은 선정된 방수/방식재가 콘크리트 바탕에 장기간 잘 부착되어 있어야 한다는 사실이다. 지금까지의 대부분 방수/방식 등의 보호마감 설계는 외부환경으로부터 콘크리트를 보호한다는 차원에서 목표 재료선정만 중요시하였으나, 시공과정에서 콘크리트 바탕자체와의 상용성을 충분히 검토하지 않아 왔다. 이와 같은 상황하에서 본 연구에서는 콘크리트 바탕조건이 습윤환경 상태에 놓이는 사례가 많은 우리나라의 현장여건에서 콘크리트 보호를 위한 마감설계의 성능향상 방법으로 방수/방식 시공 전에 콘크리트 표면을 적절히 조정(보수·보강, 습기조절)하기 위한 도(복)장용 바탕조정재의 사용과 그 재료적 특성을 검토하고자 한다.

\* 서울산업대학교 대학원 석사과정

\*\* (주) 아해 기술2팀장

\*\*\* (주) 아해 품질보증이사

\*\*\*\* 정희원, 서울산업대학교 건축설계학과 교수

## 2. 실험 방법

### 3.1 재료 및 시험체

현재 국내에서 습윤환경 및 건조환경 콘크리트 방수/방식용 바탕조정재로 개발되고 있는 무용제 수성형의 특수시멘트 혼입 에폭시계 도(복)장재(이하 바탕조정재라 함)를 대상으로 콘크리트 표면의 방수/방식 성능향상에 관한 부착성능을 중심으로 평가하였다. 사용재료의 종류 및 특성은 <표-1>과 같다. 재령 28일간 양생 후(20±3℃, RH 85%이상)에 콘크리트 표면에 방수/방식재를 도포한 후 다시 7일간 양생(20±3℃, RH 80%이상)한 시험체를 대상으로 측정하였다.

<표-1> 사용재료의 종류 및 특성

재 료			내 용
시 멘 트			보통 포틀랜드 시멘트
도 래			표준사(주문진산)
바탕조정재	특수시멘트 혼입 에폭시계 방수/방식재	A형	특수시멘트 : 에폭시(주제) : 에폭시(경화제) : 물 6 : 1 : 2.5 : 20% * A, B형은 주제와 경화제의 구성성분이 다름
		B형	
부착성능 시험체	배합비		W/C : 50%, 시멘트:모래 = 1:2
	시험체 규격		70×70×20mm의 모르터 판

### 3.2 측정 및 평가방법

바탕조정재를 시험편에 도포한 후 KS F 4918(규산질계 분말형 도포 방수재)의 시험 방법에 준하여 어테치먼트를 부착시킨 후 만능시험기로 인장시켜 파단(탈락)되는 강도를 측정한다. 평가 방법에 있어서는 본 시험에 사용한 재료가 특수 시멘트를 사용한 수중경화형 에폭시계로서 정확한 성능기준을 평가할 수 있는 품질규격(KS, 품질시방 등)이 제정되지 않은 입장에서 성능기준을 평가하기 어려우나, 일반적으로 콘크리트용 방수/방식용 재료로서 사용되고 있는 에폭시수지 방수/방식재의 부착성능 기준과 비교 평가한다.

<표-2> 부착성능 기준(일본 수도협회 규격(JWWA-K143, 1977) 및 서울시 상수도사업본부 품질관리 규정)

구 분		에폭시 수지 방수/방식재
부착성능 (재령28일)	건조(기건)조건	15~20kgf/cm <sup>2</sup> 이상
	습윤조건	12kgf/cm <sup>2</sup> 이상

- (1) 재령별 부착성능: 일반적으로 에폭시는 대체로 7일이면 경화가 종료되지만 특수시멘트 혼입에 따른 경화특성의 변화를 확인하기 위해 부착성능을 평가한다.
- (2) 양생환경별 부착성능: 구조물이 처한 다양한 환경조건에 상응하는 조건(기건, 습윤, 수중)으로 시험체를 양생한 후 재령에 따라 부착성능의 변화를 평가한다.
- (3) 바탕조건별 부착성능: 콘크리트 바탕은 레이턴스, 거푸집 박리재, 먼지 등이 많아 이를 청소한 후 곰보, 편홀, 균열 등에 대해서는 바탕조정재로 처리(보수)하여야 한다. 또한 바탕이 습윤시에는 방수/방식재의 접착이 곤란하므로 일반 수성계 바탕조정재로 바탕을 처리한 후 방수/방식 시공을 해야한다. 이에 바탕의 조건에 따른 바탕조정재의 부착성능을 평가한다.
- (4) 현장시공에 따른 환경조건별 부착성능: 일반적으로 시험실에서 측정된 시험결과는 현장에서의 여러 가지 조건(배합, 천우, 온도, 시공방법, 바탕상태 등)에 의하여 부착력 수치 및 각종 성능이 저하된다. 이에 본시험에서는 현장에서의 시공과 상응하는 환경조건으로 시험체를 제작하고 폭로환경 및 건조, 습윤, 수중환경 조건으로 양생한 다음 부착성능을 비교 평가한다.
- (5) 온도환경별 부착성능: 구조물의 처한 온도환경 조건(저온 0℃, -20℃, 고온 90℃)에 따라 부착성능의 변화를 평가하기 위해 가열처리하는 90±2℃에서 60분 정치한 후 4시간 이상 정치하고, 냉각처리하는 시험체를 0℃ 및 -20℃에서 1시간 정치시킨 후 부착성능을 평가한다.

#### 4. 실험 결과 및 고찰

##### 4.1 결 과

##### (1) 재령별 부착성능

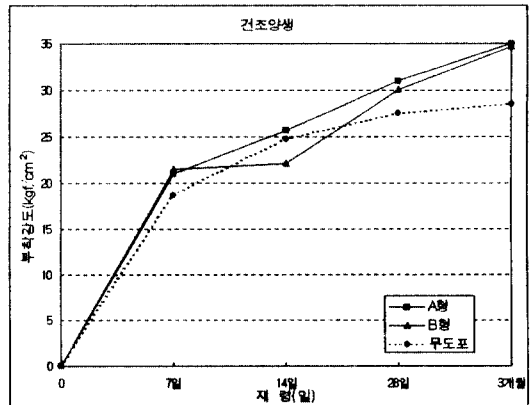
바탕조정재의 재령별 부착성능은 건조(기건)양생의 경우 A형, B형 모두 재령 7일 약 21kgf/cm<sup>2</sup>, 재령 3개월 약 35kgf/cm<sup>2</sup>(표-3, 그림-1)의 부착강도를 나타내고 있고, 무도포 시험체의 부착강도는 재령 7일 약19kgf/cm<sup>2</sup>, 재령 3개월 약 29kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나고 있다. 대체로 바탕조정재의 부착성능은 모체 바탕의 탈락강도 보다 높게 나타나고 있다.

##### (2) 양생환경별 부착성능

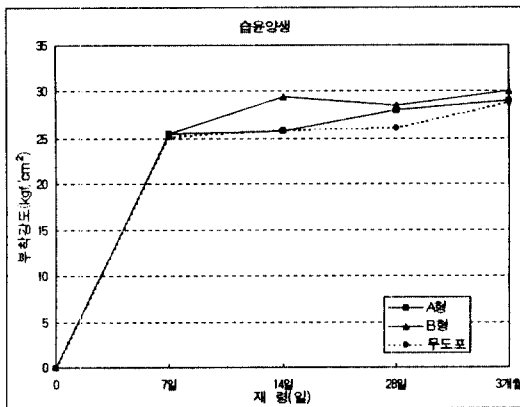
바탕조정재를 도포한 시험편의 양생조건별 부착강도는 재령 28일을 기준으로 건조양생의 경우 A형, B형 모두 약 30kg/cm<sup>2</sup>(표-3, 그림-1), 습윤양생의 경우 A형, B형 모두 약 29~30kg/cm<sup>2</sup>(그림-2), 수중양생의 경우는 A형은 약 27kg/cm<sup>2</sup>, B형은 약 30kg/cm<sup>2</sup>(그림-3)의 부착강도를 보이고 있으며, 무도포 모르티의 표층부 탈락강도는 재령 28일을 기준으로 건조, 습윤, 수중 양생조건에서 약26~29kg/cm<sup>2</sup>의 범위로 나타나고 있다

<표-3> 재령별 부착강도 실험결과

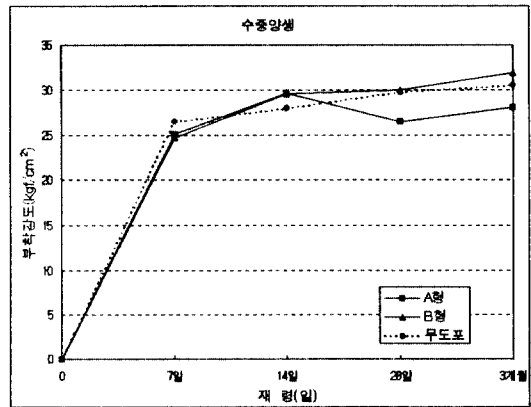
유형	배합조건	순번	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )			
			7일	14일	28일	3개월
A형	1:2.5:6 (20%)	①	16.3	25.7	31.0	36.0
		②	21.9	25.5	33.1	33.4
		③	24.8	26.0	28.9	35.7
		평균	21.0	25.7	31.0	35.0
B형	1:2.5:6 (20%)	①	23.9	22.2	30.8	31.6
		②	19.8	22.3	27.7	35.3
		③	20.8	21.9	31.8	37.1
		평균	21.5	22.1	30.1	34.7
무도포	1:2 W/C=60%	①	18.8	24.7	27.1	29.1
		②	19.4	24.7	28.2	29.8
		③	17.8	25.0	27.1	26.9
		평균	18.7	24.8	27.5	28.6



<그림-1> 재령별 부착강도 변화



<그림-2> 습윤양생 조건의 부착강도 변화



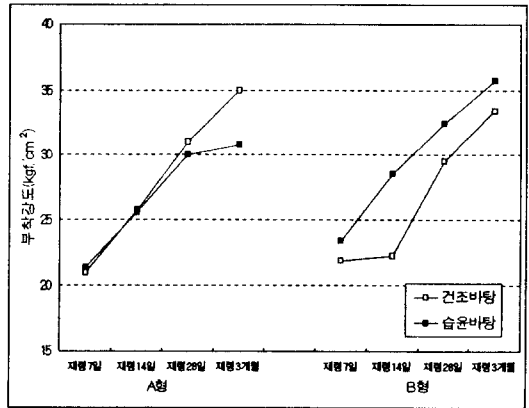
<그림-3> 수중양생 조건의 부착강도 변화

(3) 바탕조건별 부착성능

콘크리트 바탕조건별의 부착성능은 바탕조정제 A형의 경우 바탕의 건조, 습윤바탕 조건(표-4, 그림-4)에 따라 재령 28일, 3개월에서는 건조바탕조건에 대한 부착성능이 습윤바탕 조건에 비해 조금 높게 나타나고 있다. B형의 경우는 건조바탕 조건보다 습윤바탕 조건에서 우수하게 나타나고 있다. 레이턴스에 대한 부착성능(표-5, 그림-5)은 A형 B형 모두 10kgf/cm<sup>2</sup>이하의 낮은 부착력을 나타내고 있고 재령 28일에서 부착강도가 감소하는 경향을 보이고 있다. 무도포 또한 재령 28일에 약 12kgf/cm<sup>2</sup>의 낮은 탈락강도를 나타내고 있다. 따라서 바탕의 건조·습윤조건에 따른 바탕조정제의 선택과 바탕의 레이턴스 제거의 중요성이 크게 작용한다.

<표-4> 습윤바탕 조건에 따른 부착강도 변화

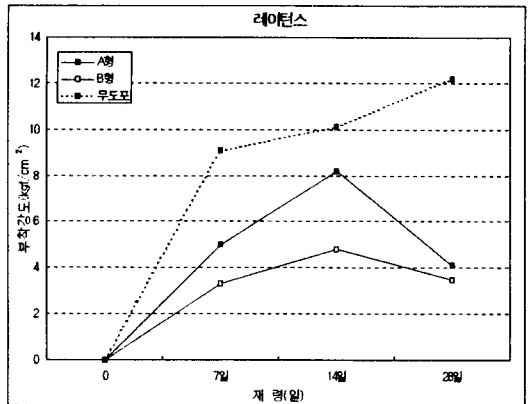
형식	순번	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )			
		7일	14일	28일	3개월
A형	①	21.5	28.7	29.1	29.8
	②	20.5	25.9	31.7	31.3
	③	22.1	22.2	29.2	31.3
	평균	21.4	25.6	30.0	30.8
B형	①	23.4	27.9	32.2	34.5
	②	23.3	29.1	32.5	36.9
	③	22.9	30.3	29.9	30.3
	평균	23.2	29.1	31.5	33.9



<그림-4> 습윤양생 조건에 따른 부착강도 변화

<표-5> 레이턴스에 따른 부착강도 변화

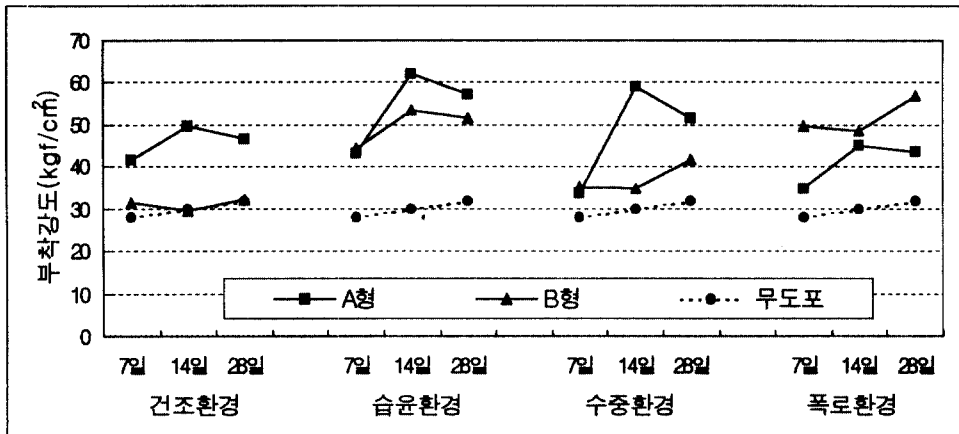
유형	순번	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )		
		7일	14일	28일
A형	①	4.6	7.2	4.1
	②	5.2	8.3	4.1
	③	5.3	9.0	4.0
	평균	5.0	8.2	4.1
B형	①	3.2	4.9	4.1
	②	3.1	4.8	3.2
	③	3.5	4.6	3.3
	평균	3.3	4.8	3.5
무도포	①	7.7	10.7	14.6
	②	7.3	9.9	11.3
	③	12.2	9.8	10.6
	평균	9.1	10.1	12.2



<그림-5> 레이턴스에 따른 부착강도 변화

(4) 현장시공에 따른 환경조건별 부착성능

부착성능(그림-6)이 전반적으로 매우 불규칙한 경향을 띠고 있으나, 모든 조건에서의 전반적인 부착강도가 30kgf/cm<sup>2</sup>를 상회하고 있고, 폭로환경의 경우 재령 28일을 기준으로 A형 약 4.4kgf/cm<sup>2</sup>, B형 약 5.7kgf/cm<sup>2</sup>으로 건조, 수중환경 조건에 비해 높은 부착강도를 나타내고 있다. 또한 본시험에서는 습윤환경 조건에서 재령 14일, 28일에 50kgf/cm<sup>2</sup>를 상회하는 부착강도를 보임으로서 부착성능이 가장 우수한 것으로 나타나고 있다.



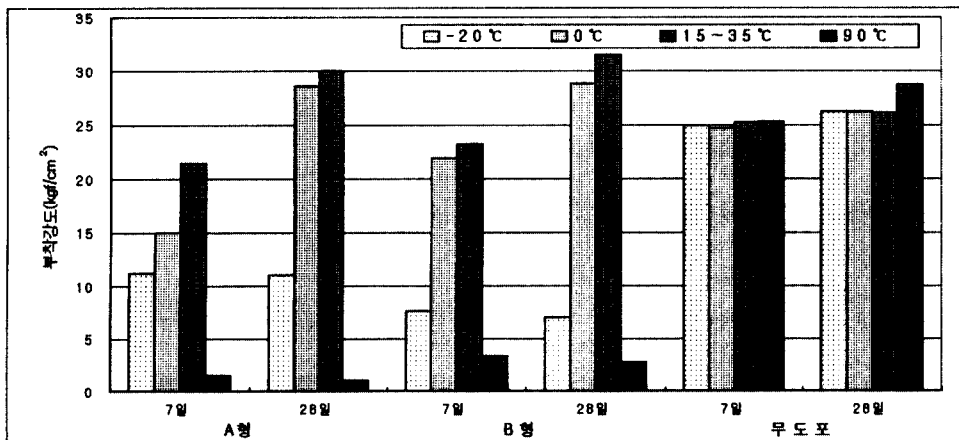
<그림-6> 현장시공에 따른 환경조건별 부착강도 변화

(5) 온도환경별 부착성능

바탕조정재는 표-6, 그림-7에 나타난 바와 같이 저온(0℃)에서는 28일 재령을 기준으로 비교 무도포 시험체 보다 부착성능이 약 9%정도 증가되었으나, 고온(90℃)에서는 A형 1.0kgf/cm<sup>2</sup>, B형 2.7kgf/cm<sup>2</sup>로 상온조건(15~35℃)에 비해 매우 낮은 부착강도를 나타내었고, 극한환경인 저온(-20℃)에서도 A형 11.0kgf/cm<sup>2</sup>, B형 7.0kgf/cm<sup>2</sup>의 부착강도를 보이고있다.

<표-6> 온도환경에 따른 부착강도 변화

온도조건	부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )					
	A형		B형		무도포	
	7일	28일	7일	28일	7일	28일
저온(-20℃)	11.2	11.0	7.6	7.0	24.9	26.2
저온(0℃)	15.0	28.6	21.9	28.8	24.7	26.2
상온(15~35℃)	21.4	30.0	23.2	31.5	25.2	26.1
고온(90℃)	1.5	1.0	3.3	2.7	25.3	28.7



<그림-7> 온도환경에 따른 부착강도 변화

## 4.2 고찰

바탕조정재는 재령이 경과함에 따라 부착강도가 재령 7일에 비해 재령 3개월에서 약 40%의 높은 증가를 보이고 있으며, 무도포 시험체의 부착강도(재령 3개월)에 비해 약 19%정도 증가하는 우수한 부착성능을 보이고 있는데, 이러한 현상은 혼입된 특수 시멘트가 재료 배합시 물과의 수화반응을 통한 겔의 형성에 의해 콘크리트 및 모르타르의 표면과 완전 일체화에 가까운 부착성능을 나타내는 것으로 보이며, 재령에 따라 지속적인 경화현상 및 바탕콘크리트(모르타르)의 강도증가 등의 복합적인 요인으로 인해 장기 부착성능이 계속적으로 증가하는 것으로 판단된다.

양생 및 바탕조건에 따른 부착성능에서는 대부분 건조조건과 습윤조건 모두에서 우수한 부착성능을 보이고 있어 바탕조건의 건·습에 관계없이 사용해도 무방하며, 특히 지하구조물 및 터널 구조물의 방수/방식재료로서 우수한 성능을 발휘할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 이물질(레이턴스, 먼지 등)에 대해서는 고압수 세척 등의 바탕처리가 반드시 필요한 것으로 판단된다.

옥의 폭로 환경에 대한 부착강도는 전반적으로 매우 불규칙한 경향을 띠고 있는데 이러한 현상은 여러 가지 결합요인(내부공극 및 바탕면 결합) 및 외기환경(온도, 천우, 일사)에 의해 불규칙한 부착력을 보이는 것으로 판단되며, 본 시험에서는 대부분의 환경조건에서 30kgf/cm<sup>2</sup>이상의 높은 부착강도를 나타내고 있어 외기환경에 대한 저항력이 우수한 것으로 판단되고, 본 시험에서의 탈락상태는 Cohesion이므로 콘크리트 자체의 탈락강도로 보아도 무방할 것이다. 또한 여러 가지 결합요인과 관계없이 기준치(15kgf/cm<sup>2</sup>)의 2배~4배의 매우 높은 부착성능을 보이고 있으므로 이러한 수치는 실제 현장에서의 시공 및 품질관리에 있어 유용성을 부여할 수 있을 것으로 판단된다.

온도환경에 따른 부착성능 평가에서는 저온(0℃)에서는 28일 재령을 기준으로 비교 무도포 시험체 보다 약 9%정도 증가되었으나 고온(90℃)에서 1.0~2.7kgf/cm<sup>2</sup>, 극한환경인 저온(-20℃)에서 7~11kgf/cm<sup>2</sup>의 낮은 부착성능을 보임으로서 시공시 적절한 조치를 취해야 할 것으로 판단된다.

## 5. 결론

콘크리트 및 모르타르 바탕면에 특수시멘트 혼입 에폭시계 도(복)장재를 도포한 방수/방식층이 어느 정도의 물리적 성능(부착성능)을 나타내는지를 평가한 결과는 다음과 같다.

- (1) 바탕조정재는 재령이 경과함에 따라 재령 7일에 비해 재령 3개월에서 약 40%의 높은 증가를 보이고 있으며, 무도포 시험체의 재령 3개월에 비해 약 19%정도 증가하는 우수한 부착성능을 보이고 있다.
- (2) 바탕조정재는 습윤양생 및 수중양생에서 무도포 시험체에 비해 약 17%의 강도증가 양상을 보이고 있다.
- (3) 바탕조정재는 습윤바탕 및 건조바탕 조건에서 표-2 범위 이상의 부착성능을 나타내고 있어 바탕조건의 건·습에 관계없이 사용할 수 있으나, 사용재료의 구성조건에 따라 바탕의 습윤 및 건조조건에 따라 재료선택을 고려할 필요가 있다. 또한 바탕면의 이물질(레이턴스, 먼지, 박리재)에 대해서는 반드시 적절한 바탕처리(세척)가 필요하다.
- (4) 바탕조정재는 저온(0℃)에서는 28일 재령을 기준으로 비교 무도포 시험체 보다 약 9%정도 증가되었으나 고온(90℃) 및 극한환경인 저온(-20℃)에서 기준치 15kgf/cm<sup>2</sup>이하의 낮은 부착성능을 나타내고 있어 사용온도 조건에 따른 성능강화에 대한 지속적인 연구가 필요한 것으로 사려된다.

## 참고문헌

1. 상수도시설 콘크리트 구조물 내부 방수·방식재료 시험평가 및 적정시공방법 비교연구, 1997. 3.
2. 일본 수도협회 규격(JWWA-K143), 1977