

# 水槽構造物の 防水・防蝕 工事用 유기·무기 소재 및 섬유보강형 바탕處理材의 性能評價에 關한 研究

## A Study on Waterproofing and Anticorrosive Performance Evaluation of Surface treatment material used with Glass Fiber, Inorganic and Organic Material for Water Tank

오 상 근\*      박 봉 규\*\*      주 용 일\*\*\*      박 성 진\*\*\*\*  
Oh, Sang-Keun      Park, Bong-Gyu      Ju, ung-il      Park, Sung-Jin

### Abstract

There is a problem to be solved for improvement of durability and safety for concrete. When the waterproofing and anticorrosive work of main concrete are design, the material of construction need to be correctly applied to appropriate circumstance conditions. Epoxy mostly been used for concrete water tank structure. Lately, lots of subjects on adaption resin mortar for waterproofing and anticorrosive are under discussion.

Then, we attempt to approach by evaluating and comparing every capabilities with waterproofing materials in this experiment. Capability evaluation items include the bond age and curing conditions, the bond strength after accelerated weathering test and free impact resistance, a mount of water, seepage quan

Through the experiment analysis, we found that waterproofing with drinking water chemicals resistance, and anticorrosive resin mortar used with glass fiber cloth, inorganic material is dominantly superior to other waterproofing materials.

According to this paper, we suggest the resin mortar as a new surface treatment material for water tank structure.

### 1. 서론

최근 건축물에서의 오폐수시설 및 음용수저장 시설 등의 수조용 콘크리트에 대한 방수·방식 공사의 중요성이 대두되고 있다. 지금까지 수조 구조물에 대한 방수·방식 공사는 시멘트계 혹은 에폭시계 모르타르 방수재를 사용하여 왔다. 그러나 이들 재료가 바탕콘크리트로 부터의 탈락 문제가 제기되면서 수조 구조물에 대한 방수·방식 설계 및 시공 기술의 개선이 요구되고 있다. 이러한 수조구조물에 적용되어 온 기존의 방수·방식 공사의 일반적인 문제점으로는 콘크리트 바탕처리의 불량으로 인한 부착 문제, 콘크리트의 수축·팽창 거동에 대한 방수층 파단, 황산염이나 황을 포함한 유기물이 다량 혼합된 부식성이 강한 하수나 악성폐수에 노출됨으로 인한 방수·방식층의 부식 등을 열거할 수 있다. 지금까지 수조 구조물에 적용되었던 방수·방식공법은 에폭시수지계 도장재가 주로 사용<sup>3)</sup>되고 있고, 이에 대한 1~2mm 두께의 관련품질규격(KS F 4921, KS F 9001)이 제정되어 적용되고 있다. KS F 4921은 콘크리트용 에폭시수지계 방수·방식도료의 일반적 품질기준을 규정하고 있으며, KS F 9001은 KS F 4921에 대한 시공표준을 규정하고 있다. 그러나 상기의 규격 상에 명시된 규정만으로는 다양한 환경조건의 수조 구조물에서의 완벽한 방수·

\* 정희원, 서울산업대학교 건축설계학과 부교수, 공학박사  
\*\* 정희원, 서울산업대학교 건축공학과 교수, 공학박사  
\*\*\* 정희원, 서울산업대학교 건설기술연구소 인턴연구원  
\*\*\*\* 정희원, 서울산업대학교 대학원 석사과정

식층의 파단에 대한 염려는 여전히 남아있다.

이에 본 연구에서는 콘크리트 바탕과의 부착력을 향상시키고, 콘크리트의 거동 및 균열발생에 의한 방수·방식층의 대응이 가능할 수 있도록 하며, 톱코트 층인 에폭시수지 방식층과의 부착을 강화시키는 복합형 방수·방식층을 구성하기 위하여 아크릴 수지, 유리섬유, 분말혼화재를 사용한 수지모르터계 바탕처리재(이하 바탕처리재라 함)를 이용한 시공법을 제안하고, 이에 대한 현장 적용 및 각종 성능평가를 수행하였다.

## 2. 바탕처리재의 재료구성 및 적용원리

### 2.1 재료구성

#### (1) 수지모르터 I, II (Resin Mortar)

수용성 아크릴 수지로서 아크릴 에스테르, 스티렌, 아크릴산, 마레인산, 메타크릴산, 이타콘산, 기능성 모노머, -COOH, -OH기를 가진 극성 모노머 등을 공중합체시켜 산기를 중성하여 수용화한 수지이다.

##### ① 수지모르터 I

비결정질 실리카를 혼입하여 활성흡착력과 미세분말 실리카의 볼베어링 작용이 세공과 공극에 침투 접촉하므로 누수 공극을 차단하여 강력한 방수막을 형성하고 후속공정의 수지모르터II와 콘크리트 구체와의 강력한 접착력을 증대시킬 목적으로 사용하는 재료이다.

##### ② 수지모르터 II

불용성의 내수력과 수밀성, 방수성, 내약품성, 유연성을 갖춘 아크릴 수지를 기재로한 알칼리성 수지로서 콘크리트, 시멘트, 혼화제 등과 동질의 알칼리성을 지닌 재질과의 친화성을 가지기 때문에 에폭시 수지와와의 강력한 접착력과 더불어 선시공된 수지모르터 I 과의 일체성을 갖도록 한다.

#### (2) 분말혼화재

포틀랜드 시멘트의 알칼리성과 친화적 혼합성이 있는 알칼리성 미세분말(1~7 $\mu$ m)의 플라이애쉬와 특수활성제 및 다수의 활성화합물이 복합된 재질에 정선된 하천사를 혼합한 재료이다.

#### (3) 균열방지용 유리섬유보강직포

정선된 GLASS 원료를 천 수백도의 고온하에서 미세한(5,6,7,9 $\mu$ ) 필라멘트로 용융방사하여 50~800개를 전분 또는 유기 집속제로서 접속한 것을 연사시킨 것이나 합연시킨 것 혹은 특수가공을 한 실 상태의 양(yarn)을 일정간격의 경사, 위사로 직조한 것이다. 이것은 아크릴 에멀전 수지에 함침, 압착시켜 특유의 강인한 인장력을 발휘하는 재료로서, 수지모르터 I, II 사이에 적층시켜 외부적 충격이나 온도변화에 따른 균열을 방지할 목적으로 사용한다.

### 2.2 적용 원리

바탕처리가 완료된 구체콘크리트의 표층에 수지모르터 I 을 도포한 후, 유리섬유보강 직포를 삽입하고 다시 수지모르터II를 도포한다. 이 후 공정은 각 시공환경조건에 따라 에폭시 수지도료를 설계단계로 도포한다. 본 공법의 적용원리는 그림 1과 같다.

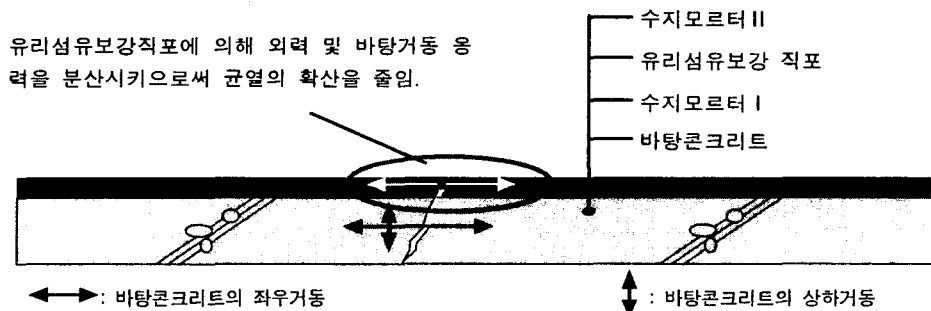


그림 1. 거동 대응 원리

### 3. 실험계획 및 방법

#### 3.1 실험 조건

바탕조정재의 성능 평가에 관한 실험연구의 흐름은 그림 2와 같으며, 실험 결과의 분석은 KS F 4921의 에폭시수지계 방수·방식공법에 관한 품질기준과 기타 타 방수재(일반액체방수모르터, 일반수지모르터, 일반시멘트모르터)의 성능을 비교·평가하였다.

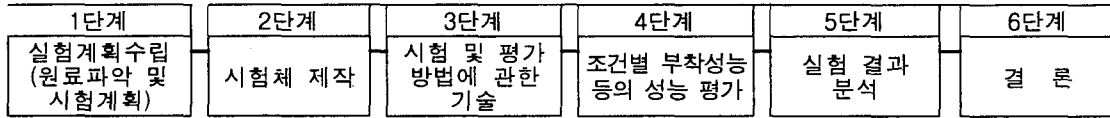


그림 2. 실험의 플로우(FLOW)

#### 3.2 시험편 제작 및 환경조건

시험편의 제작 및 시험 환경 조건은 KS F 0006의 표준상태(20±2℃, 65±20%)로 하였다. 또한 각 시험편은 제품 사양서에 따라 방수·방식재로서의 성능확보를 위한 소요두께(총 두께 7mm)를 유지하도록 제작하였다.

#### 3.3 성능평가 항목

본 연구에서는 콘크리트의 바탕조건과 다양한 시공환경조건(열, 온도, 비, 바람 등)에 대해 바탕처리재의 성능 및 안정성을 평가한다. 주요 평가항목 및 실험 내용은 표 1과 같다.

표 1. 주요 평가항목

성능평가 항목		내 용
부착성	재령 및 양생조건	· 재령(7, 14, 28, 90일)에 따른 바탕조건별(건조·습윤) 부착성능 평가 · 재령(7, 14, 28, 90일)에 따른 양생조건별(건조·습윤) 부착성능 평가
	촉진 내후열화	방수재를 자연환경(자외선, 비, 바람 등)에 촉진 노출 한 후 부착성능을 평가
	투수성	자체의 투수성 및 타방수재와의 방수성능을 비교·평가
	내충격 저항성	바탕체 순간 파단에 대한 바탕처리재의 균열 저항 성능을 평가
	내약품성	내알칼리성, 내산성, 내휘발유성, 내유성, 염수분무, 내습성을 평가
	음용수 용출 저항성	재료의 구성성분이 음용수에 용출되어 인체에 유해한 영향을 미칠 가능성이 있는지 혹은 음용수 수질 기준에 적합한지의 유·무를 평가

#### 3.4 시험방법

##### 3.4.1 부착성능 시험

###### (1) 재령 및 양생 조건별 부착성능 시험

바탕처리재를 7mm의 두께로 도포한 후 표준상태에서 충분히 기건양생시킨 시험체를 인장시험기를 사용하여 부착강도를 측정한다. 부착강도의 계산은 식(1)과 같고, 바탕조건(건조 및 습윤상태) 및 양생조건(건조 및 습윤상태)에 따라 재령 7일, 14일, 28일, 90일까지 측정하였다.

$$T_f = \frac{T_n}{16} \text{-----식(1)}$$

여기서,  $T_n$  : 부착강도(kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $T_f$  : 최대하중(kgf)

###### (2) 촉진 내후열화 후 부착성능 시험

시험편을 촉진폭로 시험장치에 의하여 촉진폭로 처리(블랙 패널 온도계의 지시온도는 63±3℃, 스프레이 사이클은 120분 중 18분, 시험시간은 250시간으로 함)한 후 상기의 식(1)에 따라 부착강도를 측정하여 촉진폭로 처리 전과 후의 부착강도를 비교·평가하였다.

##### 3.4.4 투수성 시험

KS F 2451에 근거하여 본 바탕처리재와 타방수재(일반액체방수모르터, 일반수지모르터, 일반시멘트모르터)의 투수성능을 비교·평가하였다.

##### 3.4.2 내충격 저항성능 시험

바탕체 순간 파단에 대한 바탕처리재의 내균열 성능을 평가하기 위해 유리섬유를 보강한 바탕처리재 시험편과 유리섬유를 보강하지 않은 바탕처리재 시험편을 충격시험기를 이용하여 순간충격(바탕모르터 시험체의 파괴강도)을 가한 후 바탕처리재층의 균열발생 유무를 확인하였다.

#### 3.4.5 내약품성 시험

KS M 5307에 근거하여 바탕처리재의 각종 약품에 대한 이상 유무를 평가한다.

#### 3.4.6 음용수 용출 저항성 시험

시험편을 음용수에 각각 24시간 담근 후 시료를 세척하고, 다시 24시간 음용수에 침적시킨 후 그 시료수를 분석하여 각각의 사용재료의 성분이 어느 정도 용출되었는지를 평가하였다.

### 4. 실험결과 및 고찰

#### 4.1 부착성능

##### (1) 재령 및 양생 조건에 따른 부착성능

바탕처리재의 재령에 따른 조건별 부착성능 실험결과는 표 2와 같이 나타나고 있다. 바탕조건별 시험결과는 재령 14일을 기준으로 KS F 4921의 성능기준(표준 15.3kgf/cm<sup>2</sup>, 습윤 12.2kgf/cm<sup>2</sup>)에 비해 건조바탕은 약 33%, 습윤바탕은 약 15% 높은 것으로 나타났으며, 양생조건별 시험결과는 재령 14일을 기준으로 KS F 4921의 성능기준(표준 15.3kgf/cm<sup>2</sup>, 습윤 12.2kgf/cm<sup>2</sup>)에 비해 건조양생은 약 33%, 습윤양생은 약 14% 높은 것으로 나타났다. 또한 표 3과 같이 타방수재의 품질기준과 비교할 때 본 바탕처리재의 부착성능은 월등히 높은 수치로 수조 구조물의 방수·방식재 시공에 있어서 품질관리 측면 및 방수성능의 신뢰성 확보측면에서 긍정적으로 평가할 수 있다.

표 2. 부착강도 측정결과(kgf/cm<sup>2</sup>)

유형	순번	7일	14일	28일	90일	
바탕조건별	건조바탕	①	18.1	20.4	21.5	23.5
		②	18.4	20.9	20.7	23.1
		③	22.1	19.8	22.0	23.6
		평균	19.5	20.4	21.4	23.4
	습윤바탕	①	14.0	13.4	15.0	17.5
		②	15.1	14.0	15.5	17.3
		③	15.5	14.6	16.7	17.1
		평균	12.2	14.0	15.7	17.3
양생조건별	건조양생	①	18.1	20.4	21.5	23.5
		②	18.4	20.9	20.7	23.1
		③	22.1	19.8	22.0	23.6
		평균	19.5	20.4	21.4	23.4
	습윤양생	①	11.3	14.2	15.0	17.1
		②	13.5	14.3	15.1	16.8
		③	14.3	13.1	15.7	16.7
		평균	13.0	13.9	15.3	16.9

표 3. 타방수재와의 부착성능 비교(건조, 14일 기준)

종 류		부착강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	비 고
유리섬유보강형 수지모르터계 바탕처리재		20.4	표 4
규산질계 분말형 도포방수재	무기질 단체형	10.2 이상	KS F 4918
	무기·유기 혼합형	8.2 이상	
시멘트 액체형 방수재		8.2 이상	KS F 4925
시멘트 혼입 폴리머계 방수재		8.2 이상	KS F 4919
콘크리트용 에폭시수지계		15.3 이상	KS F 4921

##### (2) 촉진 내후열화 후 부착성능

바탕처리재의 재령에 따른 촉진폭로 처리 전·후의 부착성능을 비교·평가한 결과는 표 4와 같다. 재령 14일을 기준으로 처리 후 시험편의 부착강도는 처리 전에 비해 약 85% 정도의 성능을 유지하고 있으며, KS F 4921의 성능기준(표준 15.3kgf/cm<sup>2</sup>)에 비해 약 16% 높은 것으로 나타난다. 따라서 수조 구조물의 방수·방식재 시공에 있어서 품질관리 측면 및 방수성능의 신뢰성 확보측면에서 긍정적으로 평가할 수 있다.

#### 4.2 투수 저항 성능

본 바탕처리재와 타방수재(일반액체방수모르터, 일반수지모르터, 일반시멘트모르터)의 투수 저항성능 시험결과는 표 5와 같이 나타나고 있으며, 본 바탕처리재의 투수비(0.25)가 기존의 타방수재(일반액체방수모르터 0.77, 일반수지모르터 0.57, 일반시멘트모르터 1.00)에 비해 월등히 높은 투수 저항성능을 타나내고 있다.

표 4. 축진 내후열화처리 전·후 부착강도 측정결과

유형	순번	7일	14일	28일	비고
축진폭로 처리 전	①	18.1	20.4	21.5	KS F 4921의 성능기준 - 표준상태 : 15.3kgf/cm <sup>2</sup>
	②	18.4	20.9	20.7	
	③	22.1	19.8	22.0	
	평균	19.5	20.4	21.4	
축진폭로 처리 후	①	13.9	17.5	18.2	
	②	15.1	18.2	19.1	
	③	16.6	17.4	19.4	
	평균	15.2	17.7	18.9	

표 5. 투수 저항 성능 시험결과(재령 14일)

시험체 종류	시험결과(투수비)			시험방법
	①	②	③	
바탕처리재	0.21	0.26	0.28	KS F 2451
	0.25			
일 반 수지모르터	0.80	0.78	0.73	
	0.77			
일 반 액체방수모르터	0.55	0.56	0.60	
	0.57			
일 반 시멘트모르터	1.00	1.00	1.00	
	1.00			

4.3 내충격 저항성능

바탕처리재의 내충격 저항성능 시험결과는 사진 1 및 사진 2에서 나타낸 바와 같이 유리섬유를 보강하지 않은 시험편의 바탕처리재는 완전히 파괴되었다. 유리섬유를 보강함으로써 바탕체의 순간파단에 대한 균열 저항 성능의 보강효과가 있는 것으로 나타났다.



사진 1. 내충격 저항성능시험 후 상태(유리섬유보강 없음)



사진 2. 내충격 저항성능시험 후 상태(유리섬유보강)

4.4 내약품성

바탕처리재의 사용재료인 수지모르터 I 과 수지모르터 II 에 대한 내약품성 시험결과는 표 6와 같이 모든 항목(내습성, 염수분무, 내유성, 내취발성, 내알칼리성, 내산성)에 대해 이상이 없는 것으로 나타난다. 이는 각종 약품을 처리하는 하수처리장에 대한 방수·방식재 시공에 있어서 안정하다고 평가할 수 있다.

4.5 음용수 용출 저항성

바탕처리재를 사용하여 음용수 용출 저항성 시험을 한 결과는 표 7과 같이 모든 평가항목에서 이상이 없는 것으로 나타났다. 따라서, 바탕처리재는 음용수 등을 저장하는 수조류에서도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

표 6. 내약품 성능 시험결과

시험항목	시험결과		시험방법
	수지모르터 I	수지모르터 II	
내습성	이상없음	이상없음	KS M 5307-96
염수분무	이상없음	이상없음	
내유성	이상없음	이상없음	
내취발성	이상없음	이상없음	
내알칼리성	이상없음	이상없음	
내산성	이상없음	이상없음	

표 7. 음용수 용출 시험결과

시험항목	단위	시험결과		시험방법
		수지모르터 I	수지모르터 II	
탁도	도	0.5 이하	0.5 이하	KS D 8502-99
색도	도	1 이하	1 이하	
KMnO <sub>4</sub> 소비량	mg/l	1.1	1.1	
냄새	-	이상없음	이상없음	
맛	-	이상없음	이상없음	
시안	mg/l	검출안됨	검출안됨	
페놀	mg/l	검출안됨	검출안됨	
아민류	mg/l	검출안됨	검출안됨	
잔류염소 감량	mg/l	0.5	0.5	

#### 4. 결론

건축물에 있어서 수조구조물의 방수·방식공사용 유리섬유보강 수지모르터계 바탕처리재의 방수·방식 성능평가에 관한 연구결과는 다음과 같다.

(1) 바탕처리재의 바탕조건 및 양생·재령에 따른 부착성능 측정 결과는, 바탕조건별 부착강도는 재령 14일을 기준으로 건조바탕 20.4kgf/cm<sup>2</sup>, 습윤바탕 14.0kgf/cm<sup>2</sup>로 나타나며, 양생조건별 부착강도는 재령 14일을 기준으로 건조양생 20.4kgf/cm<sup>2</sup>, 습윤양생이 13.9kgf/cm<sup>2</sup>로 나타났다. 이는 KS F 4921의 성능기준(표준 15.3kgf/cm<sup>2</sup>, 습윤 12.2kgf/cm<sup>2</sup>) 이상을 만족하고 있고, 타방수재의 품질기준에 비해서도 월등히 높은 성능을 나타내고 있어, 수조구조물의 장기적인 안정성 및 내구성 측면에서 방수·방식공사용 바탕처리재로서 충분한 품질을 가지고 있음을 알수 있다.

(2) 바탕처리재의 축진내후 열화처리 후 부착강도는 17.7kgf/cm<sup>2</sup>로서 처리 전 부착강도 20.4kgf/cm<sup>2</sup>에 비해 약 85% 정도의 부착성능을 유지하고 있다. 이는 KS F 4921의 성능기준(표준 15.3kgf/cm<sup>2</sup>) 이상을 만족하고 있어 방수·방식공사용 바탕처리재로서 충분한 품질을 확보하고 있다.

(6) 바탕처리재의 투수성은 타방수재(일반액체방수모르터, 일반수지모르터, 일반시멘트모르터)에 비해 월등히 높은 투수 저항성을 가진 것으로 나타났다. 이는 방수 및 방식 목적으로서의 기본적인 안정성을 가지고 있는 것으로서 수조 구조물에서의 사용이 적합하다.

(4) 바탕처리재의 바탕체 순간 파단에 대한 균열 저항 성능은 유리섬유를 보강하지 않은 시험편에 비하여 유리섬유를 보강함으로써 바탕처리재의 순간파단에 대한 보강효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 수조구조물에 사용되던 기존의 방수·방식재의 균열 대응성 미비에 따른 문제점(파단, 박락 등)을 보완할 수 있을 것으로 사료된다.

(7) 바탕처리재의 내약품성 시험결과는 내습성, 염수분무, 내유성, 내휘발성, 내알칼리성, 내산성의 항목에 대해 이상이 없는 것으로 나타났다. 이는 각종 약품을 처리하는 하수처리장 등의 수조구조물에 대한 방수·방식공사용 바탕처리재로서 적합하다고 판단된다.

(8) 바탕처리재의 음용수 용출성 시험결과 모든 항목의 음용수 용출성에 이상이 없는 것으로 나타나므로 음용수 저수조 콘크리트 구조물 등의 방수·방식재로서 사용이 가능할 것으로 판단된다.

#### 참 고 자 료

1. 岸谷孝一外, 「化學的 腐食」, 技報堂出版, 1986, pp. 61-86
2. 한국콘크리트학회, 「콘크리트 건설 제요령 6부 콘크리트 구조물의 보수·보강 요령」, 2000. 5, pp. 49-65
3. 서울시 상수도 사업본부, 「상수도시설 콘크리트 구조물 내부 방수·방식공사 설계·시공·품질관리 요령」, 1997. 3
4. 서울시 상수도 사업본부, 「수처리 시설 콘크리트 구조물의 방수·방식 도장공법에 관한 조사연구」, 1997. 3
5. 산업자원부 기술표준원, 「방수재 표준화 연구」, 1999. 11
6. 대한전문건설협회, 「방수공사 핸드북」, 미장방수공사협의회, 1997