

初速硬化 폴리우레아수지 塗膜防水材의 防水·防蝕 性能評價에 관한 研究

A Study on Waterproofing and Anticorrosive Performance Evaluation of Polyurea Resin Waterproofing Membrane Coating of Velocity per Second Hardening

○ 조 찬 행* 강 효 진** 오 상 근***
Cho, Chan-Haeng Kang, Hyo-Jin Oh, Sang-Keun

Abstract

There is a problem to be solved for improvement of durability and safety supervision. When you do the waterproofing and anticorrosive work of main concrete from the design stage, the material and method of construction need to be correctly applied to appropriate circumstance conditions.

Epoxy have mostly been used for concrete water tank structure. Lately, lots of subjects on adaption of polyurea resin waterproofing and anticorrosive are under discussion.

Then, we attempt to approach by evaluating and comparing every capabilities with another waterproofs in this study.

Performance evaluation items include the adherence performance, the imprint of seal performance, temperature dependence performance, promotion weatherizing ability, inner chemical performance, drinking water eruptive performance. Through the experiment analysis, we found that the polyurea resin waterproofing membrane is dominantly superior to other waterproofs.

According to this study, we suggest the polyurea resin waterproofing membrane as a new waterproofing material for concrete structure.

키 워 드 : 폴리우레아 도막방수재, 부착성능, 인장성능, 내화학성능, 음용수 용출성능

Keywords : Polyurea Resin Waterproofing Membrane, Adherence Performance, Inner Chemical Performance, Drinking Water Eruptive Performance

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근들어 콘크리트 구조물의 안전관리 및 내구성 향상을 위한 설계·시공·품질관리에 대한 중요성이 부각되고 있으며, 종합적 품질 관리기법의 현장적용을 통해 내구성을 확보하기 위한 노력이 부단히 진행되고 있다.

다양한 콘크리트 구조물 중 방수방식 개념이 가장 중요하게 적용되는 정수시설 및 배수지는 시민이 마시는 음용수 생산 및 저장, 배급하는 구조물로서 본 구조물에 이상이 발생할 시에는 각 가정에 오염된 식수가 공급되어 시민의 건강을 해칠 수 있는 원인이 된다. 따라서 올바른 재료의 선택, 철저한 시공 및 유지보수 관리에 많은 투자가 있어야 한다.

국내 정수장이나 하수처리장에서 주로 적용되었던 방수공법은 침투성 방수(규산질계 분말형 도포 방수재)였으나, 근래에는 하수처리장 및 상수도시설물에서 최초 침전지 혹은 혼화지, 농축조 등의 구조물에 대해서는 방식 측면에서 에폭시수지계 도장재가 주로 사용되고 있고, 최근 폴리우레아 수지

계 방수·방식재의 채택에 관한 많은 논의가 있다.

우리나라에서의 폴리우레아수지 도막방수재는 소재자체의 기계적, 화학적 물성이 우수하며 이음새없는 연속도막을 형성할 수 있고, 다양한 색상 발현이 가능하며 복잡한 부위에도 쉽게 시공할 수 있는 특성들 때문에 건축용 소재로서 방수재, 바닥재 등에 이용되고 있다.

이에 본 연구에서는 폴리우레아수지 도막방수재를 방수방식용 소재의 일종으로서 각종 성능에 관한 실험적 연구를 통해 기존 도막방수재와 비교·평가하고, 콘크리트 구조물의 방수방식재로서의 적용 타당성을 제시하고자 한다.

1.2 원료 및 제조방법

1) 원료의 구성성분

초속경화 폴리우레아수지 도막방수재의 기본 구성성분은 표 1과 같이 주제로서 이소시아네이트 프레폴리머와 경화제로서 폴리아민의 2액 성분으로 99%이상의 고형분이며, 용제 또는 희석액의 사용없이 1:1의 부피비로 스프레이 시공한다.

표 1. 폴리우레아수지의 기본 구성성분

재 료	주요 용도	구성 성분비
초속경화 폴리우레아	콘크리트 방수·방식재	이소시아네이트 프레폴리머(주제) : 폴리아민(경화제) = 1 : 1

* 정회원, 서울산업대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 서울산업대학교 대학원 석사과정

*** 정회원, 서울산업대학교 건축설계학과 부교수, 공학박사

2) 제조방법

폴리우레아수지 도막방수재는 표 1의 2액을 촉매의 사용없이 고온·고압으로 충출·혼합시켜 뿔칠형 기계(스프레이 건)를 사용하여 균질하게 분사·도포한다. 분사·도포된 방수재는 10~20초 전후의 짧은 시간 내에 지축건조되며, 일정시간 경과 후 안정된 탄성 피막체로 형성된다.

2. 실험계획 및 종류

2.1 실험 조건

콘크리트 바탕에 대한 방수·방식층의 부착성능 개선과 균일한 방수·방식층 형성을 위한 시공방법, 품질관리 방안의 개발을 위한 연구의 흐름은 그림 1과 같으며, 실험 결과의 분석은 현재 국내에서 폴리우레아수지 도막방수재를 생산하는 5개사(이하 A, B, C, D, E사라 칭함)제품의 실험적 평가 및 기존 도막방수재인 우레탄 고무계와 염화비닐계의 각종 성능들과 비교·평가하였다.

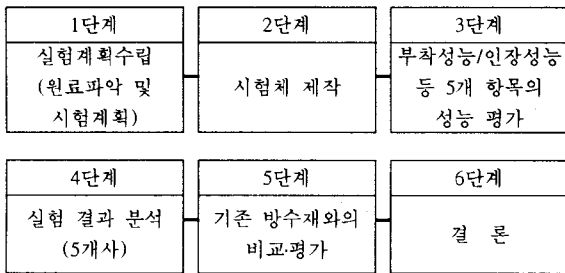


그림 1. 실험의 플로우(FLOW)

2.2 환경 및 시험체 제작조건

시험편의 제작 및 시험 환경 조건은 특별한 지정이 없는 한 표준상태(20±2℃, 65±20%)로 하였다. 또한 각 시험편은 건조 후의 도막두께가 2.0±0.3mm가 되도록 하였으며, 이때 시험편 제작실은 분사 도포에 따른 재료의 분산을 대비하여 충분한 환기가 될 수 있도록 조치하였다.

2.3 시험편 제작

본 연구에서 실시한 폴리우레아수지 도막방수재의 성능 평가를 위한 시험편의 모양 및 개수는 표 2와 같이 총 5개 항목에 대한 방수방식성능을 평가하였으며, 각 성능별로 3개의 시험편을 준비하여 실험값 산출시 3개의 평균값으로 나타내었다.

표 2. 시험편의 모양 및 개수

항 목	시험편의 모양	개 수
부착성능	KS L 5109에 따른 210x70x20mm	5
인장성능	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
온도의존성	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
내화학성	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
음용수 용출성	KS F 8502에 따른 200x70x2mm	1

2.4 성능평가 항목

본 연구에서는 콘크리트 바탕의 환경조건과 바탕면의 균일성을 유지하고, 톱코트의 방수방식층의 구성을 양호하게 하기 위한 바탕조정 방법 및 초속경화 폴리우레아수지 도막방수재에 대한 성능 및 안정성을 평가한다. 주요 평가항목 및 실험 평가 목적은 표 3과 같다.

표 3. 주요 평가항목

성능평가 항목	성 능 평 가
부착성능	부착성능은 방수층의 장기적인 방수 성능을 유지하게 하는 중요한 요소로 작용하기 때문에 반드시 평가할 필요가 있다.
인장성능	5개사의 폴리우레아수지 도막방수재를 콘크리트 바탕에 도포하여 방수층을 형성하였을 때, 구조체의 거동성 및 균열에 의해 어느 정도의 저항성을 가지는가를 평가한다.
온도의존성	5개사의 폴리우레아 도막방수재를 콘크리트 구조체의 바탕면에 도포하여 방수층을 형성하였을 때, 구조물이 처한 다양한 온도환경 조건에 대한 인장성능을 평가한다.
내화학성	방수재를 정수장, 배수지 등 염소사용 수조 및 산(酸), 해수 등의 영향을 받는 콘크리트 구조물 또는 해수의 영향을 받는 부위에 사용하였을 때 방수층이 어느 정도의 내화학성을 가지고 있는지, 어떠한 부식 및 침식현상이 나타나는가를 평가한다.
음용수 용출성	방수재를 음용수 구조물 콘크리트 구조체의 방수목적으로 사용할 때 재료의 구성성분이 음용수에 용출되어 인체에 유해한 영향을 미칠 가능성이 있는지 혹은 음용수 수질 기준에 적합한지의 유무를 평가한다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 부착성능 평가

기건양생 후 실시한 폴리우레아수지 도막방수재의 부착성능 실험결과를 표 4, 그림 2와 같이 폴리우레아수지 도막방수재를 도포한 시험체는 초기 재령 7일에서는 약 18kgf/cm², 무도포 시험체(바탕 시험체 자체)는 약 24kgf/cm²를 나타냈으며, 재령 180일에서는 각각 28kgf/cm², 32kgf/cm²를 나타냈다.

표 4. 부착강도 측정결과

유형	순번	7일	14일	28일	90일	180일
바탕체 표면강도	①	21.3	25.0	29.8	28.1	32.5
	②	25.0	27.5	29.5	31.9	28.8
	③	26.9	27.5	30.1	32.5	34.4
	평균	24.4	26.7	29.8	30.8	31.9
방수재 도포	①	18.3	23.7	26.1	27.7	28.9
	②	19.2	24.1	27.6	28.1	29.1
	③	17.8	24.8	26.5	27.3	28.2
	평균	18.4	24.2	26.7	27.7	28.7

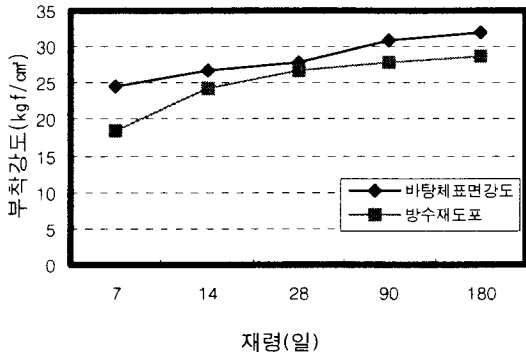


그림 2. 재령별 부착강도의 변화

3.2 인장성능 평가

각 시험체별 폴리우레아수지 도막방수재의 인장성능을 비교·평가한 결과는 표 5, 그림 3과 같다. 인장강도는 A사 199.3 kgf/cm², B사 176.5kgf/cm², C사 177.9kgf/cm², D사 140.3kgf/cm², E사 217.2kgf/cm²의 수치를 나타냈다. D사를 제외한 폴리우레아수지 도막방수재의 인장강도는 약 176.5~217.2kgf/cm²의 범위를 나타내고 있다. 또한, 신장률은 A사 334%, B사 298%, C사 479%, D사 274%, E사 295%의 범위로 나타났다.

표 5. 인장강도 측정결과

구분	인장강도(kgf/cm ²)	신장률(%)	
A사	①	194.8	330
	②	197.6	335
	③	205.6	338
	평균	199.3	334
B사	①	140.8	289
	②	209.5	310
	③	179.3	296
	평균	176.5	298
C사	①	178.6	475
	②	168.4	498
	③	186.6	465
	평균	177.9	479
D사	①	126.3	251
	②	137.8	285
	③	156.8	285
	평균	140.3	274
E사	①	218.1	306
	②	217.2	280
	③	216.2	298
	평균	217.2	295

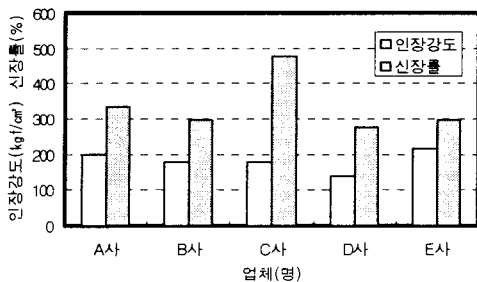


그림 3. 인장강도 측정결과

3.3 온도의존성 성능 평가

폴리우레아수지 도막방수재 시험체를 온도의존성(-20℃, 60℃)시험 후 인장성능을 평가한 결과는 표 6, 그림 4와 같다. 폴리우레아수지 도막방수재 시험체의 인장강도는 고온(60℃)의 조건에서는 A사 126.7kgf/cm², B사 128.3kgf/cm², C사 128.3kgf/cm², D사 91.3kgf/cm², E사 159.2kgf/cm²로 D사가 가장 낮은 수치를 나타냈고 그 외 시험체는 126.7~159.3kgf/cm²의 범위를 나타냈다. 각 시험체별 신장률은 저온(-20℃)일 때, A사 111.7%, B사 114.2%, C사 189.2%, D사 133.6%, E사 148.4%로 C사가 가장 높은 수치를 보였고, 그 외 시험체는 111.4~148.4%의 범위를 나타냈다.

표 6. 온도의존성 시험 측정결과

온도 조건	시험항목	A사	B사	C사	D사	E사			
저온 -20℃	인장강도 (kgf/cm ²)	①	362.7	294.7	294.3	251.3	288.8		
		②	239.8	282.9	335.1	246.9	277.9		
		③	252.0	294.4	251.1	271.7	198.0		
		평균	284.8	290.7	293.5	256.6	254.9		
		①	112.7	124.6	210.8	133.6	148.4		
	신장률 (%)	②	102.4	104.2	196.5	128.1	142.5		
		③	119.9	113.9	160.3	139.1	154.3		
		평균	111.7	114.2	189.2	133.6	148.4		
		고온 60℃	인장강도 (kgf/cm ²)	①	111.4	116.1	119.9	100.0	165.0
				②	143.3	139.6	121.2	83.7	146.3
③	125.5			129.3	143.7	90.3	166.2		
평균	126.7			128.3	128.3	91.3	159.2		
신장률 (%)	①		201.5	152.6	284.3	151.0	657.5		
②	235.8	187.7	292.8	129.4	597.0				
③	198.7	196.9	326.0	118.4	666.4				
평균	212.0	179.1	301.0	132.9	640.3				

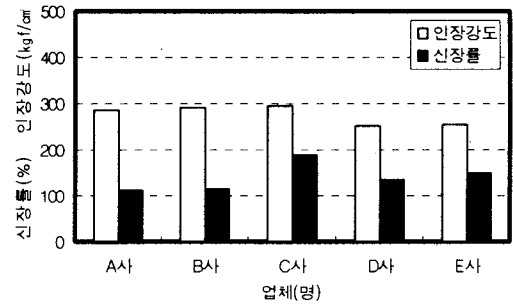


그림 4. 온도의존성 측정결과(저온:-20℃)

3.4 내화학성 성능 평가

폴리우레아수지 도막방수재를 황산, 수산화나트륨, 염화나트륨에 침적한 후 인장강도 및 신장률을 측정한 결과는 표 7, 그림 5와 같다. 폴리우레아수지 도막방수재의 인장강도는 황산에서 D사가 123.5kgf/cm²로 가장 낮은 수치를 보였고 그 외 시험체는 153.5~181.3kgf/cm²의 범위로 나타났다. 수산화나트륨의 침적에서는 D사가 128.5kgf/cm²로 가장 낮은 수치를 보였으며, 그 외 시험체는 153.9~193.2kgf/cm²의 범위로 나타났다. 신장률은 황산 침적에서 D사가 259.6%로 가장 낮았고 C사가 427.8%로 가장 높은 수치를 나타냈다. 수산화나트륨 침적에서는 D사가 277.2%로 가장 낮았으며, C사가 452.1%로 가장 높은 수치를 나타냈다.

표 7. 내화학적 시험 결과

시험명	시험항목	A사	B사	C사	D사	E사
황산	인장강도(kgf/cm ²)	153.5	180.8	175.0	123.5	181.3
	신장률(%)	313.9	326.1	427.8	259.6	273.9
수산화나트륨	인장강도(kgf/cm ²)	153.9	174.1	184.7	128.5	193.2
	신장률(%)	336.4	321.4	452.1	277.2	291.0
염화나트륨	인장강도(kgf/cm ²)	158.7	206.9	101.4	148.3	201.1
	신장률(%)	269.0	195.2	179.2	255.8	258.8
표준조건(상온)	인장강도(kgf/cm ²)	193.3	176.5	177.9	140.3	217.2
	신장률(%)	639.9	564.2	1033.2	527.8	696.7

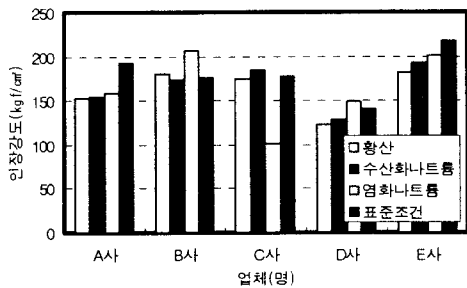


그림 5. 내화학적 시험결과(인장강도)

3.5 기존 도막방수재의 품질현황 및 시험결과

현재 방수공사에 가장 많이 사용되는 도막방수재로서 각종 성능에 관한 품질 기준이 설정되고 있는 기타 도막방수재와의 비교분석을 통하여 현재의 품질 현황을 살펴보면 표 8와 같이 본 실험을 통해 나타난 실험치가 타 방수재료에 비해 각종 성능에서 월등히 우수함을 알 수 있었다.

표 8. 도막방수재의 각종 성능 비교·분석

구분	성능	우레탄 고무계	염화비닐 수지계	폴리우레아계
인장성능	인장강도(kgf/cm ²)	25	102	180
	연신율(%)	450	200	300
온도 의존성 (-20℃)	인장강도(kgf/cm ²)	300	-	285
	연신율(%)	250	-	130
온도 의존성 (60℃)	인장강도(kgf/cm ²)	60	-	125
	연신율(%)	200	-	200
축진 내후성	인장강도(kgf/cm ²)	80~150	80이상	190
	연신율(%)	200이상	70이상	300
내화학적 (황산)	인장강도(kgf/cm ²)	80~150	80이상	170
내화학적 (수산화나트륨)	인장강도(kgf/cm ²)	60~150	80이상	170

3.6 음용수 용출 시험 평가

폴리우레아수지 도막방수재를 사용하여 음용수 용출성 시험을 한 결과는 표 9와 같이 모든 평가항목에서 이상이 없는 것으로 나타났다

표 9. 음용수 용출성 시험결과

항 목 및 기 준 치		기준수	폴리우레아수지 도막방수재
색 도	5이하(도)	1	0
냄 새	무 취	적	무향
맛	무 미	적	무미
탁 도	2이하(도)	1	0
잔류염소 이온	150 이하 (mg/l)	11	0.7
아민류	(mg/l)	-	검출안됨
페 놀	0.3 이하 (mg/l)	-	0.005
시 안	불검출	-	검출안됨

* 기준수 : 시험에 사용된 일반 수도수

* - : 측정생략, 기준치 이하 혹은 기준범위를 나타냄

4. 결 론

초속경화 폴리우레아수지 도막방수재의 방수방식 성능에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 내렸다.

- 1) 폴리우레아수지 도막방수재의 부착강도 측정 결과 재령 7일에서는 약 18.4kgf/cm²를 나타냈고 재령 180일에서는 약 28.7 kgf/cm²의 부착강도를 나타냈다. 이는 콘크리트 구조물의 방수방식재로서 가져야할 합격 기준성능인 15.3kgf/cm² 이상을 만족하고 있음을 의미하며, 구조물의 장기적인 안정성 및 내구성 측면에서 방수방식재로서 충분한 품질확보가 가능할 것으로 사료된다.
- 2) 5개 업체의 폴리우레아수지 도막방수재 시험체의 인장강도 전체 평균은 일반적으로 우레탄 고무계나 염화비닐 수지계의 인장강도보다 월등히 높게 나타났다. 이러한 높은 인장강도와 연신율은 폴리우레아 도막방수재가 처하게 될 환경 조건 중 균열 및 신축이음부와의 적용에 있어 매우 유리한 조건을 갖추고 있음을 알 수 있었다.
- 3) 폴리우레아수지 도막방수재 시험체의 온도변화에 따른 인장강도는 상온(20℃)조건의 각 시험체의 평균 인장강도, 평균 연신율을 기준으로 하여, 저온(-20℃)조건에서 인장강도는 평균 66% 증가한데 반해 연신율은 평균 36% 감소하였고, 고온(60℃)에서의 인장강도는 평균 30% 감소한데 비해 연신율은 11% 감소하였다. 이는 폴리우레아수지 도막방수재가 온도에 다소 민감한 반응을 나타내고 있음을 알 수 있었으며, 저온(-20℃) 및 고온(60℃)의 측정결과를 토대로 갑작

스런 온도환경의 변화에서의 인장강도 변화를 예측할 수 있으므로 이는 유지관리 차원에서 참고할 필요성이 있다고 판단된다.

- 4) 폴리우레아수지 도막방수재의 인장강도는 황산 침적에서 상온조건에 비해 평균 10%감소하였고, 수산화나트륨은 평균 8% 감소하였다. 연신율은 황산 침적에서 5%감소하였으며, 연신율은 0.5% 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 황산, 수산화나트륨 모두 상온조건보다 다소 감소하는 것으로 나타났으나 전반적인 특성으로 보아 우수한 내화학 성능을 보유하고 있는 것으로 판단되며 산 및 알칼리 등 화학수의 직접적인 영향을 받는 곳에서는 충분히 사용 가능하다고 판단된다.
- 5) 폴리우레아수지 도막방수재의 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. 산업자원부 기술표준원, 「방수재 표준화 연구」, 1999. 11
5. 대한전문건설협회, 「방수공사 핸드북」, 미장방수공사협의회, 1997
6. 한국산업규격, KS F 4921 「콘크리트 에폭시 수지계 방수·방식도료」
7. 한국산업규격, KS F 9001 「콘크리트용 에폭시 수지계 방수·방식도료 도포방법 시공표준」
8. 한국산업규격, KS F 3211 「지붕용 도막방수재」
9. 한국산업규격, KS F 4920 「외벽용 도막방수재」