

뿔칠형 초속경화 폴리우레아수지 도막방수제의 성능평가에 관한 연구

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

오 상 근*
Oh, Sang-Keun

김 수 련**
Kim, Su-Ryun

이 성 일**
Lee, Sung-Il

Abstract

There is a problem to be solved for improvement of durability and safety supervision. When you do the waterproofing 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 도막방수제, 부착성능, 내화학성능, 음용수 용출성능

Keywords : Polyurea resin waterproofing membrane, Adherence capability, Inner chemical capability, Drinking water eruptive capability

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건설산업의 발전으로 현재까지 많은 콘크리트 구조물이 세워졌지만 준공 후 유지관리의 부족으로 콘크리트의 부식, 누수 등의 문제로부터 그 대책 마련에 고심하고 있는 실정¹⁾이다. 특히, 대규모 구조물에서는 누수부위를 찾거나 이를 보수하기가 쉽지 않아, 막대한 경제적 손실과 피해를 초래하고 있다. 따라서, 우선적으로 해결해야 할 사안은 주요 콘크리트 구조물에 대한 방수·방식공사를 설계단계에서부터 구조물의 환경조건에 맞게 재료 및 공법이 정확히 적용되어야 한다는 것²⁾이다.

최근 들어 콘크리트 구조물의 안전관리 및 내구성 향상을 위한 설계·시공·품질관리에 대한 중요성이 부각되고 있으며, 종합적 품질 관리기법의 현장적용을 통해 내구성을 확보하기 위한 노력이 부단히 진행³⁾되고 있다.

국내 지하 구조물에 주로 사용된 방수재료는 일반 고무화 아스팔트 도막방수 또는 아스팔트계 쉬트 방수제였으나 시공상의 문제 및 유지관리의 어려움으로 최근 뿔

칠형 방수 공법 및 소재가 적용되고 있다.

우리나라에서의 폴리우레아수지 도막방수제는 소재자체의 기계적, 화학적 물성이 우수하며, 이음새없는 연속도막을 형성 할 수 있고 다양한 색상 발현이 가능하며 복잡한 부위에도 쉽게 시공할 수 있는 특성들 때문에 건축용 소재로서 방수제, 바닥재 등에 이용되며 그 사용량은 매년 증가하고 있는 추세⁴⁾이다.

이에 본 연구에서는 폴리우레아수지 도막방수제를 우리나라 건설환경과 구조물 시공조건에 비교적 적합하다고 생각하여 시공적인 측면에서 뿔칠로 인한 시공조건 개선 및 각종 물리·화학적 성능에 관한 실험적 연구를 통해 기존 도막방수제와 비교·평가하고 향후 해외시장 개방에 따른 국내 방수공사 시장의 기술 경쟁력 재고를 위한 다각적인 대응책을 마련함과 동시에 국내 콘크리트 지하 구조물의 방수제로서의 적용 타당성을 제시하고자 한다.

1.2 원료 및 제조방법

1.2.1 원료의 구성성분

초속경화 폴리우레아수지 도막방수제의 기본 구성성분은 표 1과 같이 주제로서 이소시아네이트 프리폴리머와 경화제로서 폴리아민의 2액 성분으로 99%이상의 고형분이며,

* 정희원, 서울산업대학교 건축설계학과 부교수, 공학박사

** 정희원, 서울산업대학교 대학원 석사과정

용제 또는 희석액의 사용없이 1:1의 부피비로 스프레이 시공한다.

표 1. 폴리우레아수지의 기본 구성성분

재 료	주요 용도	구 성 성분비
초속경화 폴리우레아	콘크리트 지하 구조물 방수제	이소시아네이트 프레폴리머*(주제) : 폴리아민(경화제) = 1 : 1

* 이소시아네이트 프레폴리머는 분자량이 큰 폴리 이소시아네이트로서, 이 이소시아네이트와 아민이 반응하여 화학적으로 안정한 우레아 결합을 생성하고, 방수·방식 피막층을 형성한다. 기타 첨가제는 필요시 무기안료 및 안정제 등을 사용할 수 있다.

1.2.2 제조방법

폴리우레아수지 도막방수제는 표 1의 2액을 촉매의 사용없이 고온·고압으로 충돌·혼합시켜 뿔칠형 기계(스프레이 건)를 사용하여 균질하게 분사·도포한다.(사진 1 참조) 분사·도포된 방수제는 10~20초 전후의 짧은 시간 내에 지축건조되며, 일정시간 경과 후 안정된 탄성피막체로 형성된다.



사진 1. 폴리우레아수지를 뿔칠하는 장면

었다. 또한, 측정결과를 토대로 기존 도막방수재인 우레탄 고무계와 염화비닐계의 일반적인 성능들과 비교·평가하였다.

2.2 실험환경 및 시험체 제작조건

시험편의 제작 및 시험 환경 조건은 특별한 지정이 없는 한 KS F 0006의 표준상태(20±2℃, 65±20%)로 하였다. 또한 각 시험편은 지하 구조물 방수재로서의 성능확보를 위한 최소두께의 설정을 위해 건조 후의 도막두께가 2.0±0.3mm가 되도록 하였으며, 이때 시험편 제작실은 분사 도포에 따른 재료의 비산을 대비하여 충분한 환기가 될 수 있도록 조치하였다.(사진 2 참조)



사진 2. 시험편 제작을 위한 뿔칠 장면

2.3 바탕용 시험체 및 시험편 제작

본 연구에서 실시한 폴리우레아수지 도막방수제의 성능 평가를 위한 바탕용 시험체 제작조건 및 시험편의 모양 및 개수는 표 2, 표 3과 같다. 표 3에서 나타난 바와 같이 총 6개 항목에 대한 방수성능을 평가하였으며, 각 성능별로 3개의 시험편을 준비하여 실험값 산출시 3개의 평균값으로 나타냈다.

2.4 성능평가 항목

본 연구에서는 방수·방식층의 구성을 양호하게 하기

표 2. 바탕용 시험체 제작조건

시 험 체		제 작 조 건	
바탕용 시험체 (콘크리트)	시멘트	보통 포틀랜드 시멘트	W/C : 45%, 시멘트:잔골재=(1: 3)
	잔골재	강모래	

표 3 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
축진내후성능	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
내화학성	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
음용수 용출성	KS F 8502에 따른 200x70x2mm	1

2. 실험계획 및 종류

2.1 실험조건

콘크리트 바탕에 대한 균일한 방수·방식층 형성을 위한 시공방법, 품질관리 방안의 개발을 위한 연구의 흐름은 그림 1과 같으며, 실험 결과의 분석은 현재 국내에서 폴리우레아수지 도막방수재를 생산·공급하는 5개사(이하 A, B, C, D, E사라 칭함)제품의 실험적 평가에 주안을 두

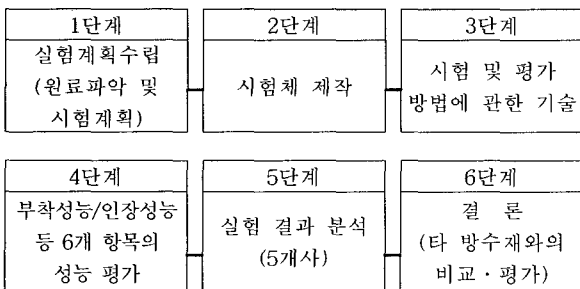


그림 1. 실험의 플로우(FLOW)

위한 초속경화 폴리우레아수지 도막방수재에 대한 물리·화학적 성능 및 안정성을 평가한다. 주요 평가항목 및 실험 평가의 목적은 표 4와 같다.

표 4. 주요 평가항목

평가항목	성능 평가
부착성능	폴리우레아수지 도막방수재는 기존의 도막방수재와는 달리 순간 경화하는 속성을 가지고 있기 때문에 현장 구조물에 대해 시공 후의 부착성이 방수층의 장기적인 방수 성능을 유지하게 하는 중요한 요소로 작용한다. 따라서 이의 부착력을 반드시 평가할 필요가 있다. 본 연구에서는 제령 7, 14, 28, 90, 180일별로 각각 부착성능을 평가하였다.
인장성능	5개사의 폴리우레아수지 도막방수재를 콘크리트 바탕에 도포하여 방수층을 형성하였을 때, 구조체의 거동성 및 균열에 의해 어느 정도의 저항성을 가지는가를 인장시험기를 이용하여 인장강도를 구하여 평가한다.
온도의존성능	5개사의 폴리우레아 도막방수재를 콘크리트 구조체의 바탕면에 도포하여 방수층을 형성하였을 때, 구조물이 처한 다양한 온도환경 조건에 대한 인장성능을 평가한다. 본 연구에서의 온도 범위는 한랭지의 외벽온도를 상정하여 20℃를 중심으로 고저 40℃의 폭으로 평가하는 것으로 하여 고온 측을 60℃로 설정하였다.
축진 내후성능	방수재를 콘크리트 구조체의 바탕면에 시공한 후 도막재가 자연환경(자외선, 비, 바람)등의 조건에 대한 인장성능을 평가한다.
내화학성능	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. 본 연구에서는 5%의 황산, 1%의 수산화나트륨 및 염화나트륨 수용액에서의 성능변화를 평가하였다.
음용수 용출성능	방수재를 음용수 구조물 콘크리트 구조체의 방수 목적으로 사용할 때 재료의 구성성분이 음용수에 용출되어 인체에 유해한 영향을 미칠 가능성이 있는지 혹은 음용수 수질 기준에 적합한지의 유·무를 평가한다.

2.5 시험방법

2.5.1 부착성능

210×70×20mm의 콘크리트 바탕용 시험편에 폴리우레아수지 도막방수재를 2±0.3mm의 두께로 도포한 후 표준 상태에서 충분히 기건양생시킨다. 양생이 완료된 방수재가 도포된 시험편에 인장용 어태치먼트(40×40mm)를 2액형 무용제 에폭시 접착제를 사용하여 부착시킨 후 충분한 경화시간(약 1시간)이 경과한 시험체(사진 3 참조)를 인장시험기를 사용하여 일정속도(2mm/min)의 인장속도로 인장하여 부착강도를 측정한다.(사진 4 참조) 부착강도의 계산은 식(1)과 같고, 수치는 시험체 3개의 평균값으로 나타내었으며, 제령 7일, 14일, 28일, 90일, 180일까지 측정하였다. 또한 부착강도의 분별력을 알아보기 위해 방수재를 도포하지 않은 무도포 시험체(바탕체 자체 강도)와 비교·평가하였다.

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

여기서, T_n : 부착강도(kgf/cm²)

T_f : 최대하중(kgf)

2.5.2 인장성능

인장시험기는 크로스 헤드 이동속도가 일정하고, 하중 및 변위의 자동 기록장치와 일정온도(20±2℃, 20+2℃, 60±2℃)를 조절할 수 있는 항온조를 구비하고, 인장속도를 일정속도로 조절할 수 있고, 시험편 눈담간 거리의 약 8배 이상으로 인장되는 인장시험기(사진 5 참조)를 사용한다. 다음으로 표준상태에서 1시간 이상 정지한 시험편을 물림간격이 60mm가 되도록 부착하고 일정속도(500mm/min)로 인장시켜 시험편이 파단될 때(사진 6 참조)의 인장강도 및 신장률을 측정한다. 인장강도 및 신장률의 계산은 식(2), 식(3)과 같으며, 실험값은 시험편 3개의 평균치로 나타낸다.

$$T_B = \frac{P}{A} \text{-----식(2)}$$

여기서, T_B : 인장강도

P : 최대하중(kgf)

A : 시험편의 단면적(cm²)

아령형 3호의 경우: $A = \frac{t}{20}$ (t=시험편의 두께)

$$E = \frac{L-20}{20} \text{-----식(3)}$$

여기서, E : 파단시의 신장률(%)

L : 파단시의 표선간 거리(mm)

2.5.3 온도의존성능

시험편을 -20℃ 및 60℃의 시험온도에 1시간 이상 방치한 후(사진 7 참조) 인장시험기에 물림 간격이 60mm가 되도록 시험편을 부착하고 일정속도(500mm/min)로 시험편이

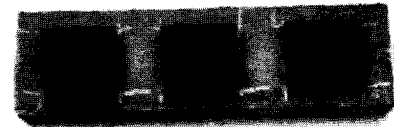


사진 3. 부착강도 시험편

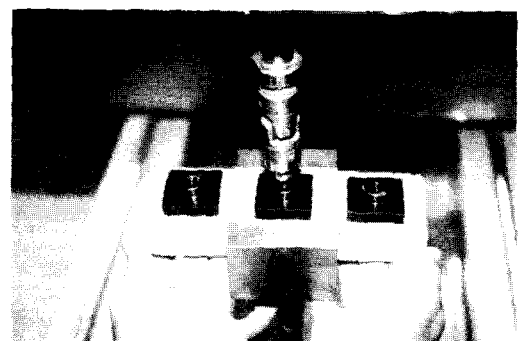


사진 4. 부착강도 측정 상황

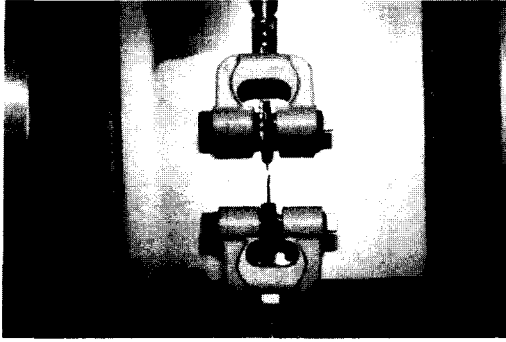


사진 5. 인장강도 측정 상황

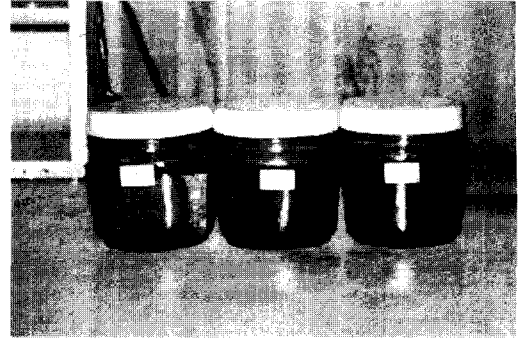


사진 9. 내화학성능 측정상황

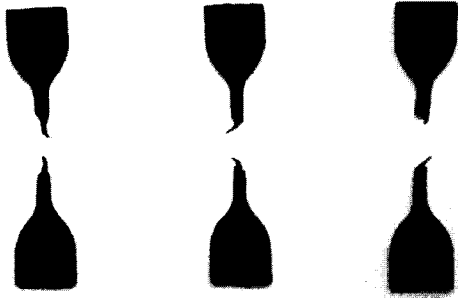


사진 6. 인장강도 측정 후 시험체 파단 형상



사진 10. 음용수 용출성 시험을 위한 시료수

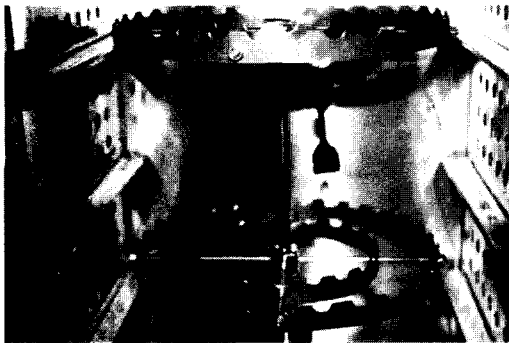


사진 7. 온도의존성실험 측정 상황

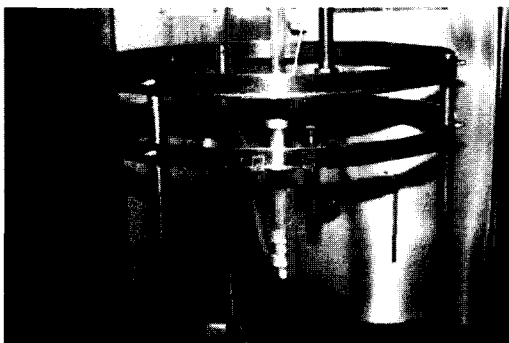


사진 8. 축진 내후성 시험 측정상황

파단될 때까지 인장한다. 다만, 시험시 온도의 정밀도는 각각 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 한다. 또한, 시험편의 인장강도 및 신장률의 산출은 2.5.1에서 서술한 방법과 동일하다.

2.5.4 축진 내후성능

시험체를 KS F 2274의 WS형 축진폭로 시험장치에 의하여 축진 폭로 처리를 한다. 다만, 블랙 패널 온도계의 지시 온도는 $63\% \pm 3^{\circ}\text{C}$, 스프레이 사이클은 120분 중 18분, 시험시간은 250시간으로 한다. 시험장치에 의하여 축진 폭로 처리한 후(사진 8 참조), 표준상태에서 4시간 이상 정지한 시험편의 인장강도 및 신장률의 산출은 2.5.1에서 서술한 방법으로 실시하였다.

2.5.5 내화학성능

폴리우레아수지 방수제를 시공한 시험체를 화학적 환경인 황산 5% 및 수산화나트륨, 염화나트륨 1%의 수용액에 각각 168시간 침적한 후(사진 9 참조) 시험편을 물로 충분히 씻어 마른 형질로 닦고, 표준상태에서 4시간 이상 가만히 놓아 둔 후 2.5.1에서 서술한 실험방법으로 인장강도 및 신장률을 산출하였다.

2.5.6 음용수 용출성능

폴리우레아수지 방수제를 시공한 시험체를 음용수(사진 10 참조)에 각각 24시간 담근 후 시료를 세척하고, 다시 24시간 음용수에 침적시킨 후 그 시료수를 분석하여 각각 시험체에서 사용재료의 성분이 어느 정도 용출되었는지를 기준수(일반 수도수)와 비교·평가하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 부착성능 평가

기건양생 후 실시한 폴리우레아수지 도막방수제의 부

착성능 실험결과는 표 5, 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 나타내 폴리우레아수지 도막방수재를 도포한 시험

표 5. 부착강도 측정결과

유형	순번	7일	14일	28일	90일	180일
바탕 표면강도 (무도포)	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

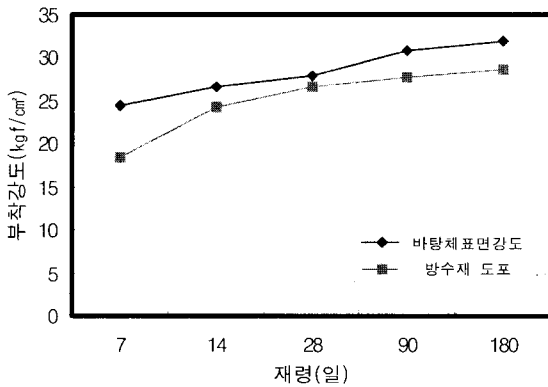


그림 2. 재령별 부착강도의 변화

표 6. 인장강도 측정결과

구 분	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

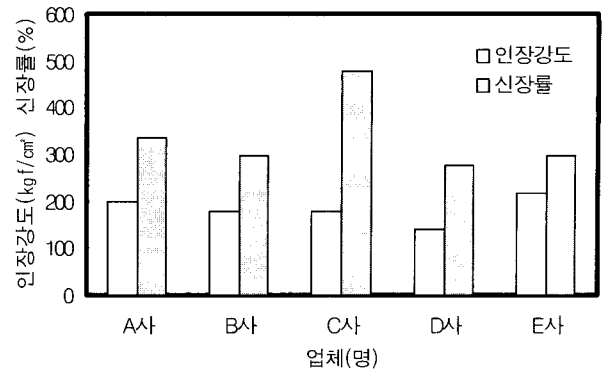


그림 3. 인장강도 측정결과

체가 무도포 시험체보다 약 4~6kgf/cm²보다 작게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 하지만 이의 측정결과는 모두 KS F 4921에서 규정하는 표준상태에서의 부착강도 합격 기준강도인 15.3kgf/cm²이상을 만족하는 수치이다.

3.2 인장성능 평가

각 시험체별 폴리우레아수지 도막방수재의 인장성능을 비교·평가한 결과는 표 6, 그림 3과 같다. 인장강도는 A사 199.3kgf/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. 대표적으로 폴리우레아수지 도막방수재의 신장률은 274~334%의 범위를 나타냈다. 5개 폴리우레아수지 도막방수재 시험체의 전체 평균은 인장강도의 경우 약 182.2kgf/cm², 신장률의 경우 약 336%로 나타났다. 또한, 인장강도의 최고치는 E사 217.2kgf/cm², 신장률의 최고치는 C사의 479%로 나타났다.

3.3 온도의존성 성능 평가

폴리우레아수지 도막방수재 시험체를 온도의존성(-20℃, 60℃)시험 후 인장성능을 평가한 결과는 표 7, 그림 4, 그림 5와 같다. 폴리우레아수지 도막방수재 시험체의 인장강도는 저온(-20℃)일 때, A사 284.8kgf/cm², B사 290.7kgf/cm², C사 293.5kgf/cm², D사 256.6kgf/cm², E사 254.9kgf/cm²로 D사와 E사가 가장 낮은 수치를 보였다. 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 126.7~159.2kgf/cm²의 범위를 나타냈다. 각 시험체별 폴리우레아수지 도막방수재의 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. 고온(60℃)의 조건에서는 A사 212.0%, B사 179.1%, C사 301.0%, D사 132.9%, E사 640.3%로 E사

가 가장 높게 나타났고, 그 외 시험체는 132.9~301.0%의 수치를 나타냈다.

폴리우레아수지 도막방수재 시험체의 인장강도는 상온(20℃)조건외의 각 시험체의 평균 인장강도 182.2kgf/cm², 평균 신장률 336%를 기준으로 하여, 저온(-20℃)조건에서의 인장강도는 평균 66% 증가한데 반해 고온(60℃)조건에서는 평균 30%감소하였다. 저온(-20℃)조건에서의 신장률은 40% 감소하였으나 고온(60℃)조건에서는 10% 감소하였다. 따라서 저온(-20)조건에서의 인장강도는 상온(20℃)조건보다 크게 증가하였고, 고온(60℃)조건은 상온(20℃)조건보다 인장강도가 낮아지는 성향을 보였으며, 신장률은 저온(-20℃)조건과 고온(60℃)조건 모두 각각 40%, 10% 감소하였다.

3.4 축진 내후성 시험 평가

축진 내후성(자외선, 비, 바람) 시험 결과는 표 8, 그림 6과 같다. 폴리우레아 수지 도막방수재 시험체의 축진 내후성 시험 후 인장강도는 A사 184.2kgf/cm², B사 181.0kgf/cm²,

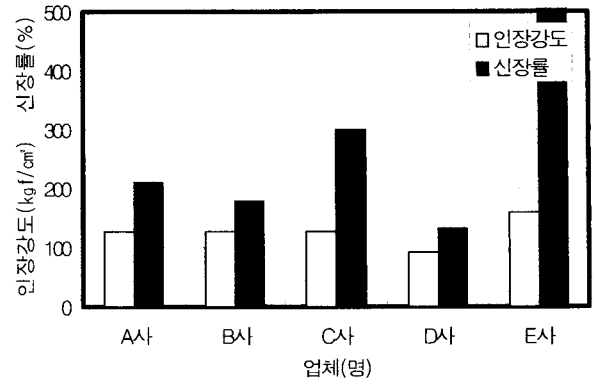


그림 5. 온도의존성(60℃)시험 측정결과

cm², C사 185.3kgf/cm², D사 162.5kgf/cm², E사 211.1kgf/cm²로 E사가 가장 높은 수치를 나타냈다. 폴리우레아수지 도막방수재의 축진 내후성 시험결과에 의한 인장강도는 대체로 162.5~185.3kgf/cm²범위를 나타냈다. 폴리우레아수지 도막방수재의 축진 내후성 시험 후 신장률은 A사 340.3%, B사 322.0%, C사 451.0%, D사 289.2%, E사 274.7%로 C사가 가장 높은 수치를 나타냈다. 폴리우레아수지 도막방수재의 축진내후성 시험 결과에 의한 신장률은 대체로 274.7~340.3%로 나타났다.

폴리우레아수지 도막방수재 시험체의 축진 내후성 시험 후 인장성능은 상온(20℃)조건외의 평균 인장강도보다 각 시험체의 인장강도와 신장률을 기준하여 인장강도는 A사 6%감소, B사 3%증가, C사 4%감소, D사 16%증가, E사 3%감소하였으며, 신장률은 A사 1%, B사 8%증가, C사 6% 감소, D사 5%증가, E사 7%감소한 것으로 나타났다.

표 7. 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
	신장률 (%)	①	112.7	124.6	210.8	133.6	148.4
		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

표 8. 축진 내후성 시험결과

시험명	시험항목	A사	B사	C사	D사	E사
시험 후	인장강도(kgf/cm ²)	184.2	181.0	185.3	162.5	211.1
	신장률(%)	340.3	322.0	451.0	289.2	274.7
시험 전	인장강도(kgf/cm ²)	199.3	176.5	177.9	140.3	217.2
	신장률(%)	334.0	298.0	479.0	274.0	295.0

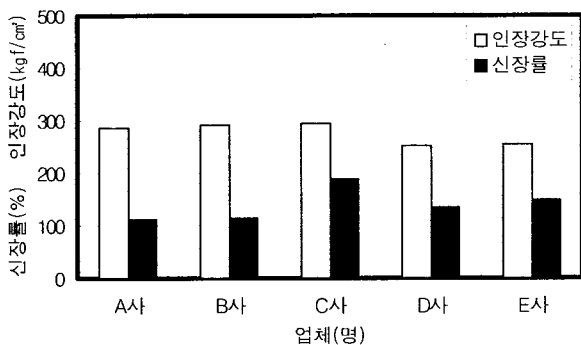


그림 4. 온도의존성(-20℃)시험 측정결과

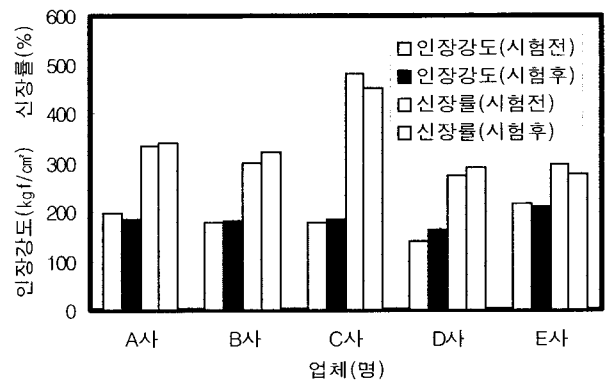


그림 6. 축진 내후성 시험결과

다. 따라서 촉진 내후성 시험 전과 그다지 큰 변화는 없는 것으로 나타났다.

3.5 내화학성 성능 평가

폴리우레아수지 도막방수제를 5%의 황산, 1%의 수산화나트륨 및 염화나트륨 수용액에 침적한 후 인장강도 및 신장률을 측정된 결과는 표 9, 그림 7, 그림 8과 같다. 폴리우레아수지 도막방수제의 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. 염화나트륨의 침적에서는 C사가 101.4kgf/cm²로 가장 낮고 그 외 시험체는 대체로 148.3~206.9kgf/cm²의 범위로 나타났다. 폴리우레아수지 도막방수제의 신장률은 황산 침적에서 D사가 259.6%로 가장 낮았고 C사가 427.8%로 가장 높은 수치를 나타냈다. 그 외 시험체는 273.9~326.1%의 범위로 나타났다. 수산화나트륨 침적에서는 D사가 277.2%로 가장 낮았으며, C사가 452.1%로 가장 높은 수치를 나타냈다. 그 외 시험체는 291.0~336.4%의 범위를 나타냈다. 염화나트륨 침적에서는 C사가 179.2%로 가장 낮은 수치를 보였으며, 그 외 시험체는 195.2~269.0%의 범위를 나타냈다.

폴리우레아수지 도막방수제 시험체의 인장강도는 황산 침적에서 평균 162.8kgf/cm²로 상온조건에 비해 10% 감소하였고, 수산화나트륨에서는 평균 8%감소하였으며, 염화나트륨에서는 평균 10%감소하였다. 신장률은 황산침적에서 5%, 수산화나트륨에서는 0.5% 감소하였으며, 염화나트륨에서는 약 30% 감소하는 현상을 나타냈다. 따라서 황산, 수산화나트륨, 염화나트륨 모두 상온 조건보다 다소 감소하는 것으로 나타났다.

표 9. 내화학성 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 (상온조건)	인장강도 (kgf/cm ²)	193.3	176.5	177.9	140.3	217.2
	신장률 (%)	639.85	564.2	1033.2	527.8	696.7

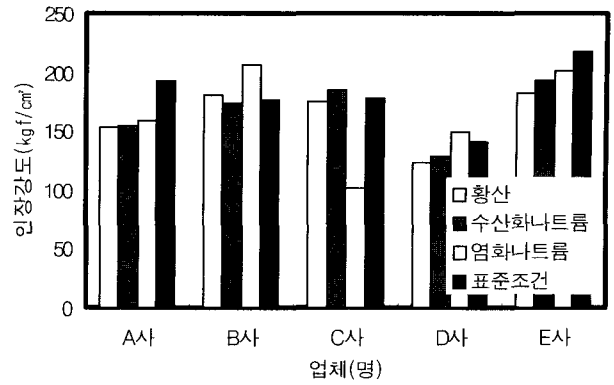


그림 7. 내화학성 시험결과(인장강도)

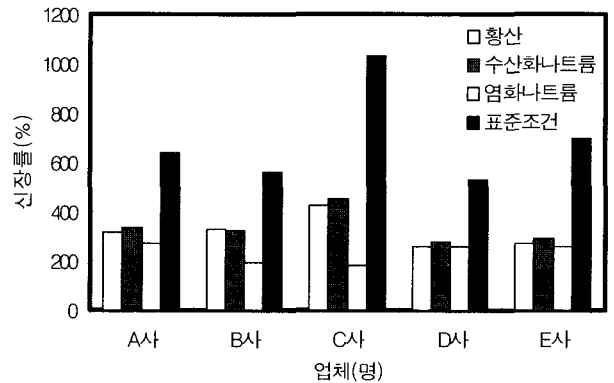


그림 8. 내화학성 시험결과(신장률)

표 10. 도막방수제의 각종 성능 비교·분석

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

3.6 기존 도막방수제의 품질현황 및 시험결과

현재 방수공사에 가장 많이 사용되는 도막방수제로서 각종 성능에 관한 품질 기준이 설정되고 있는 기존 도막방수제와의 비교·분석을 통하여 현재의 품질 현황을 살펴보면 표 10에 나타난 바와 같이 본 실험을 통해 나타난 실험치가 타 방수재료에 비해 각종 성능에서 비교적 우수함을 알 수 있었다.

3.5 음용수 용출 시험 평가

폴리우레아수지 도막방수제를 사용하여 음용수 용출성 시험을 한 결과는 표 11과 같이 모든 평가항목에서 이상이 없는 것으로 나타났다. 따라서, 폴리우레아수지 도막방수제는 음용수 등을 저장하는 수조류에서도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

표 11. 음용수 용출성 시험결과

항 목 및 기 준 치	기준수	폴리우레아수지 도막방수제
색 도	5이하(도)	1
냄새	무취	적
맛	무미	적
탁도	2이하(도)	1
잔류염소 이온	150 이하 (mg/l)	11
아민류	(mg/l)	-
페놀	0.3 이하 (mg/l)	-
시안	불검출	-

* 기준수 : 시험에 사용된 일반 수도수
 * - : 측정생략, 기준치 이하 혹은 기준범위를 나타냄

4. 결 론

초속경화 폴리우레아수지 도막방수제의 방수성능에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 내렸다.

- (1) 폴리우레아수지 도막방수제는 시공적인 측면에서 뿔칠에 의한 시공방법으로 초속 경화하는 속성을 지니고 있으므로 기존의 다른 공법과 비교하여 공사기간을 단축시킬 수 있음을 알 수 있었다.
- (2) 폴리우레아수지 도막방수제의 부착강도 측정 결과 재령 7일에서는 약 18kgf/cm²를 나타냈고 재령 180일에서는 약 28kgf/cm²의 부착강도를 나타냈다. 이는 콘크리트 수조 구조물의 방수·방식제 시공에 있어서 품질관리 측면 및 방수성능의 신뢰성 확보 측면에서 긍정적으로 평가할 수 있다.
- (3) 5개 업체의 폴리우레아수지 도막방수제 시험체의 인장강도 전체 평균은 기존 도막방수제인 우레탄 고무계나 염화비닐 수지계의 인장강도보다 월등히 높게 나타났다. 이러한 높은 인장강도와 신장률은 폴리우레아 도막방

수제가 저하게 될 환경조건 중 균열 및 신축이음부에서의 적용에 있어 매우 유리한 조건을 갖추고 있음을 알 수 있었다.

(4) 폴리우레아수지 도막방수제 시험체의 온도변화에 따른 인장강도는 상온(20℃)조건인 각 시험체의 평균 인장강도, 평균 신장률을 기준으로 하여, 저온(-20℃)조건에서 인장강도는 평균 66% 증가한데 반해 신장률은 평균 40%감소하였고, 고온(60℃)에서의 인장강도는 평균 30% 감소한데 비해 신장률은 10% 감소하였다. 이는 폴리우레아수지 도막방수제가 온도에 다소 민감한 반응을 나타내고 있음을 알 수 있었으며, 저온(-20℃) 및 고온(60℃)의 측정결과를 토대로 갑작스런 온도환경의 변화에서의 인장강도 변화를 예측할 수 있으므로 이는 유지관리 차원에서 참고할 필요성이 있다고 판단된다.

(5) 폴리우레아수지 도막방수제의 촉진 내후성 시험결과 인장강도는 상온(20℃)조건인 각 시험체의 인장강도와 신장률을 기준으로 하여 비교한 결과 각 시험체마다 다소 차이는 있었으나 크게 증가하거나 감소하는 현상은 없는 것으로 나타났으며, 기존 도막방수제인 우레탄 고무계, 염화비닐 수지계와 비교해 보았을 때 상당히 우수한 것으로 나타났다.

(6) 폴리우레아수지 도막방수제의 인장강도는 황산 침적에서 상온조건에 비해 평균 10%감소하였고, 수산화나트륨은 평균 8% 감소하였다. 신장률은 황산 침적에서 5%감소하였으며, 수산화나트륨에서는 0.5% 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 황산, 수산화나트륨 모두 상온조건보다 다소 감소하는 것으로 나타났으나 전반적인 특성으로 보아 우수한 내화학 성능을 보유하기 있는 것으로 판단되며 산 및 알칼리 등 화학수의 직접적인 영향을 받는 곳에서는 충분히 사용 가능하다고 판단된다.

(7) 폴리우레아수지 도막방수제의 음용수 용출성 시험결과 모든 항목의 음용수 용출성에 이상이 없는 것으로 나타나므로 음용수 저수조 콘크리트 구조물 등의 방수제로서 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, 「방수제 표준화 연구」, 1999. 11
5. 대한전문건설협회, 「방수공사 핸드북」, 미장방수공사협의회, 1997