

페타이어와 폐유리 미분말을 소재로 한 무기질 탄성도막 방수공법에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Cement-Polymer Coatings Waterproofing Method Composed with Waste Tire Chip and Waste Glass powder.

○ 김 영 삼*
Kim, Young-Sam

양 승 도*
Yang, Seung-Do

이 성 일**
Lee, Sung-Il

김 윤 옥***
Kim, Yun-uk

오 상 군****
Oh, Sang-Keun

Abstract

This Waterproofing Material which mainly consisted of 2 components of waste tire chip powder and waste glass powder. This Study is about development of waterproofing Material, There is not tried in domestic. The most Motive of this Study wishes to recycle resources and get the economic performance for waterproofing Material

The result of this Study is as followings.

- (1) Dense waterproofing floor is formed between waste tire chip by Coupling Agent(the most effective method to encourage adhesive strength and raise cohesion of material by combination.)
- (2) Expected to bring effect to shorten construction period at spot application potentially space-time in moisture aspect. Also, shortening effect of construction period and spot work are considered to be gone efficiently selecting pre-mix construction method.
- (3) This development Waterproofing material has elasticity that nature side compatibility of cement ingredient and plastic Emulsion have when utilize and constructs waste resources (being waste tire chip and waste glass powdered).

키 워 드 : 페타이어, 폐유리 분말, 방수재, 인장강도, 신장율, 촉진내후성 시험

Keywords : Waste Tire, Waste Glass powder, Waterproof material, Tensile strength, The elongation, Promotion weathering test

1. 서론

1.1 연구의 배경

자동차 산업의 발달로 페타이어의 발생량이 매년 2백만개 이상씩 증가하고 있는데 반해, 이를 적절하게 처리 또는 재활용할 수 있는 시설이 없어 발생된 페타이어가 무단방치 및 단순소각 등으로 환경오염과 자원낭비를 가져옴으로써, 사회적인 문제로 부각되고 있는 가운데, 발생량이 증가되고 있는 페타이어의 재활용에 관한 연구는 국가 경제적으로나, 환경적으로 매우 중요한 과제이다. 산업 각 분야에서는 페타이어의 재활용이 상당수 이루어지고 있으며 건설 분야에서도 타이어의 재활용이 점차 증가하고 있는 추세이다.



사진 1. 페타이어

그 중 방수재로서의 적용을 목적으로 페타이어와 폐유리 미분말 및 시멘트를 소재로 한 탄성도막 방수재는, 습윤환경에서 적절히 대응할 수 있는 무기질계 재료와 균열에 대응할 수 있는(탄성) 유기질계 재료의 장점으로 방수공사의 품질향상을 도모함은 물론 폐자원을 효율적으로 재활용할 수 있는 방안을 모색하면서 개발되었다.

1.2 연구의 목적 및 내용

본 연구에서는 자원 재활용으로 새롭게 부각되고 있는 폐자원(페타이어, 폐유리 미분말)에 대한 국민들의 관심 제고와 이를 통한 재활용 산업의 활성화에 도움이 되고자 폐자원(페타이어, 폐유리 미분말)의 발생 및 재활용 현황과 정부의 재활용 촉진 대책보다 부가가치가 높고 효율적인 재활용기술이라고 할 수 있는 페타이어와 폐유리 미분말 및 시멘트를 도막방수 공법으로 활용한 무기질 탄성 도막방수재의 방수층 형성 메커니즘에 관하여 소개하고, 물성평가를 통한 방수재로서의 현장 적용 가능성을 평가함으로써 폐자원에 대한 건설 시장에서의 새로운 활용방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

* 정희원, 서울산업대학교 대학원 석사과정
 ** 정희원, 서울산업대학교 건설기술연구소 연구원
 *** 정희원, 일산기업(주) 대표이사
 **** 정희원, 서울산업대학교 건축설계학과 부교수, 공학박사

2. 폐자원 활용 방수재의 이론적 고찰

2.1 재료적 특성

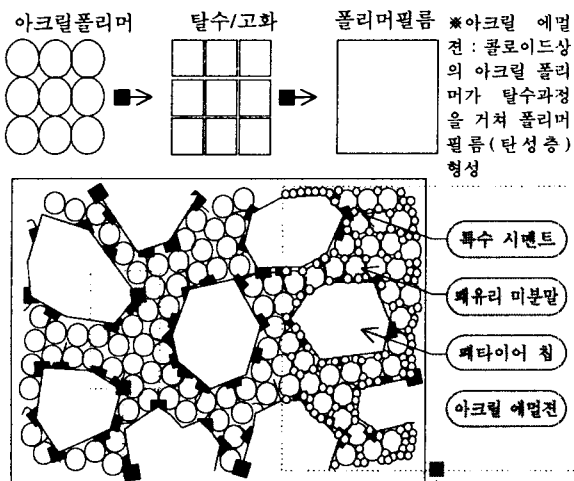
페타이어와 폐유리 미분말을 소재로 한 무기질 탄성도막 방수재(이하 폐자원 활용 방수재로 한다)는 아크릴계 에멀전(액상)에 기 조합된 수경성 특수 시멘트 및 폐자원(페타이어 및 폐유리)을 분말상으로 공장 가공처리하여 밀봉처리된 상태로 현장반입되고 액상재료와 분말상의 재료를 소정의 배합과 혼련과정을 거쳐 시공한다.

이에 방수층은 폴리머의 성막(成膜)과 수경성재료의 수화반응이 동시 진행되고 이 과정에서 페타이어 및 폐유리는 폴리머 성막(成膜)에 감싸져 물리적 결합을 이루며, 무기·유기계 복합 matrix로 형성된다. 이것 때문에 개발 방수재의 방수층 기능은 주요 구성재료인 에멀전 합성기술과 수경성 재료 및 폐자원의 가공기술(분말도, 입자의 형상, 입자의 분포 등)에 크게 의존한다.

폐자원 활용 방수재의 재료적 구성 및 페타이어 재활용 과정을 통한 제조기술은 다음과 같다

표 1. 개발 방수재의 재료 배합비

구 분	배 합 비(중량비 %)					비 고
	아크릴 (에멀전)	분 체				
		페타이어 (분말)	폐유리 (분말)	특수 시멘트	기타 첨가제	
폐자원 활용 방수재	50	20	9	20	1	소포제 0.1% 적용함
* 경우에 따라 물의 양을 5~10% 범위에서 적용 가능하다						



1. 기계적 결합

타이어 심재로 사용되어진 섬유질과 아크릴 에멀전 고화체와의 상호결합을 통한 강도 증진효과

2. 화학적 결합

무기질 분체(시멘트 성분)와 아크릴 에멀전의 가교결합을 통한 도막방수재 형성(방수성능 및 일방투과성)

그림 1. 폐자원활용 방수재의 결합원리

2.2 방수재 구성 소재의 결합원리

페타이어 분말과 유기물을 혼합하여 두 유기·무기물의 조성간의 rubbe-실리케이드, rubbe-ethylene vinyl acetate 등 가교결합으로 상호간 접착력을 증진시킨다. 또한 페타이어 분말과 시멘트계 무기물의 계면에서의 부착력 향상을 위해 첨가제의 사용으로 무기재료의 함침성을 높여 Coupling Agent에 의한 부착력이 증대되었다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 시험 평가 내용

폐자원 활용 방수재의 방수성능 및 내구성확보를 위한 관련 시험항목 및 내용은 표2와 같다.

표 2. 성능평가 항목

성능평가 항목	내 용
부착성능	콘크리트 구조체의 방수를 위해 사용되는 방수재가 바탕 콘크리트의 환경조건에 따라 어느 정도의 부착력을 보유하고 있는가를 비교·평가한다
흡수저항성능	방수층은 흡수하면 물속에 포함된 각종 화학약품 또는 여러 요인에 의하여 방수층의 내구성이 약해지고, 방수효과가 떨어진다. 따라서 흡수에 대한 저항성능의 평가로 시험을 통하여 방수재의 수밀성을 평가한다.
투수저항성능	방수층의 설치 목적은 구조체 내부로 물의 침입을 막는 것이다. 방수층은 적용 범위에 따라 높은 수압에 노출될 수도 있으므로 일정 수압 하에서 투수되지 않아야 한다. 따라서 투수시험을 통해 방수재의 수밀성을 평가한다.
인장·인열성능	방수재가 도포되는 바탕층은 재료·구조적 원인에 의해 균열이 발생하게 되며, 그 위에 형성된 방수재는 다른 시공 조건에 의해 파단되어서는 안된다. 따라서 이에 대한 적절한 인장 및 인열에 대한 저항성능을 평가한다.
내피로성능	방수재는 바탕 콘크리트 위에 도포되어지므로 모체 균열부의 거동에 따라 방수재의 피로 성능 저하가 예상되므로, 바탕재 불연속부에 생기는 거동에 의한 피로 저항성능을 평가한다.
투기성능	기존의 도막 단일 방수공법에서의 들뜸, 박리현상은 바탕의 수증기압에 의한 것으로, 바탕 콘크리트의 수분 증발 가능성에 관한 평가항목이다.
촉진내후성능	방수재를 시공한 후 계절의 변화에 따라 자연환경(자외선, 비, 바람)등에 영향을 받게 될 경우의 성능변화를 알아보기 위하여 촉진 내후성 시험 후 인장강도의 변화를 통하여 재료의 물성을 평가한다.

3.2 성능평가용 시험체 제작

본 연구에서의 성능 평가를 위한 시험편 모양 및 개수는 표 3과 같으며, 각 성능별로 3개의 시험편을 준비하여 측정하였으며 그 평균값을 측정값으로 나타냈다.

표 3 시험편의 모양 및 개수

항 목	시험편의 모양	개 수
부착성능	KS F 4919에 따른 70×70×20mm	3
흡·투수 저항성능	KS F 4919에 따른 D100×20mm	3
인장·인열성능	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
내피로성능	KS F 2620에 따른 150×50×3mm	3
투기성능	D100×20mm	3
촉진내후성능	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3

3.3 시험방법

1) 부착성능

부착성능 시험은 KS F 4919의 시험방법에 따라 시험체의 바탕조건을 습윤상태(흡수율12%)와 건조상태(흡수율8%이하)로 설정한 후 방수재를 도포하고, 기중양생과 옥외 폭로양생 조건으로 각 3,7,14,28,60일간 양생을 실시하였다. 각 재령이 경과된 시험체에 대하여 2액형 에폭시 본드를 사용하여 어테치먼트를 부착하였으며, 2시간 경과 후 그라인더를 사용해 어테치먼트의 부착 면적을 40×40mm의 각형으로 커팅하였다.

커팅 후 유압식 부착강도 측정기를 사용하여 어테치먼트 인발시 최대하중을 측정하였다. 최대 부착강도는 부착하중을 단면적으로 나눈 값으로 하였다. 부착강도의 측정식은 다음의 식(1)과 같다.

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

여기서 σ : 부착강도 (kgf/cm²)
 P : 최대 부착하중 (kgf)
 A : 단면적 (cm²)

2) 흡수 저항성능

흡수성은 방수재를 시공한 시험체를 KS F 4919의 시험방법에 준해 방수재 도포면을 물 속에 24시간 동안 침적시킨다. 흡수량의 계산은 식(2)와 같으며, 실험값의 정확도를 높이기 위해 소수점 이하 셋째 자리에서 끝맺음하였다.

$$\text{흡수량(g)} = W1 - W2 \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

여기서 W1: 침적 후 시험체의 무게
 W2: 침적 전 시험체의 무게

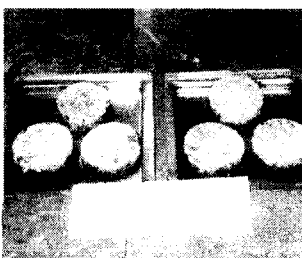


사진 2. 흡수성 측정 상황

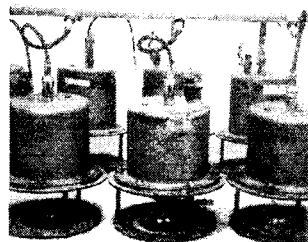


사진 3. 투수성 측정 상황

3) 투수 저항성능

투수성은 인풋(In-Put) 시험방식(사진 3 참조)으로서 3.1kgf/cm²의 수압을 1시간 동안 가하여 투수량을 측정하며, 방수재가 도포된 시험체를 대상으로 시험체를 통과하는 물의 양(투수량)을 측정함으로써 방수재의 투수저항성을 평가하였다.

4) 인장·인열성능

인장시험기는 크로스 헤드 이동속도가 일정하고, 하중 및 변위의 자동 기록장치와 일정온도(20±2℃)로 조절할 수 있는 항온조를 구비하고, 인장속도를 일정속도(200mm/min)로 조절할 수 있는 시험기를 사용하였다. 또한, 시험편 눈금간 거리의 약 8배 이상으로 인장되는 인장시험기를 사용하여 표준상태에서 1시간 이상 정지한 시험편(사진 4 참조)을 물림간격이 60mm가 되도록 고정시키고 일정속도(500mm/min)로 인장시켜 시험편이 파단될 때의 인장·인열강도 및 신장율을 측정하였다. (사진 5 참조) 인장·인열강도 및 신장율의 계산은 식(3), 식(4)와 같으며, 실험값은 시험편 3개의 평균값으로 나타냈다.

$$TB = \frac{P}{A} \dots\dots\dots \text{식(3)}$$

여기서 TB : 인장강도
 P : 최대하중(kgf)
 A : 시험편의 단면적(cm²)

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

$$E = \frac{L - 20}{20} \dots\dots\dots \text{식(4)}$$

여기서 E : 파단시의 신장율(%)
 L : 파단시의 표선간 거리(mm)

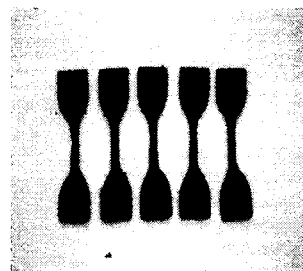


사진 4. 인장성능 시험체

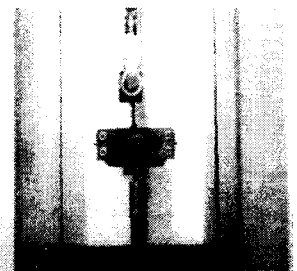


사진 5. 인장성능 시험 상황

5) 내피로성

본 시험은 KS F 2620에 따라 분리된 두개의 경질 패널을 맞붙이고, 방수재를 시공한 다음 시험체를 피로 시험장치에 부착고정하고 측정하였다. 시험 거동주기는 10분(장주기)으로 하였으며, 거동의 크기는 0.05mm~2.0mm까지 제1공정과 제2공정을 반복 시험하였다.

6) 투기성능

그림 2에 나타낸 투기 시험장치를 사용해 방수재 도포에

따른 투기성능 저하를 평가하였다. 투기량 측정은 에어컴프레셔를 사용해 2kg/cm²의 공기압을 작용하였을 때 투과되어 나오는 공기를 수중에서 메스실린더를 사용해 물과 치환하는 방법으로 평가하였으며, 단위시간당 투기량, 재하압력, 대기압, 시험체두께, 투기면적 및 기체의 단위용적중량의 관제로부터 투기계수는 Darcy의 법칙에 준한 (5)식에 의해 산출하였다. 또한 방수재료별 투기성능의 정도를 알아보기 위하여 일반 시멘트혼입 폴리머계 도막방수재를 비교 대상으로 시험하였다.

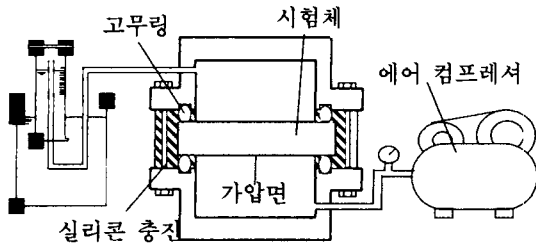


그림 2. 투기 시험장치

$$K = \frac{2 P_0 h r}{P_1^2 - P_2^2} \cdot \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (5)$$

여기서 K : 투기계수 (cm/sec) h : 시험체두께 (cm)
 P1 : 재하압력 (kgf/cm²) Q : 투기량 (cm³/sec)
 P2 : 대기압 (1.0332kgf/cm²) A : 투기면적 (cm²)
 r : 기체의 단위용적중량 (공기:1.205×10⁻⁶kg/cm³)

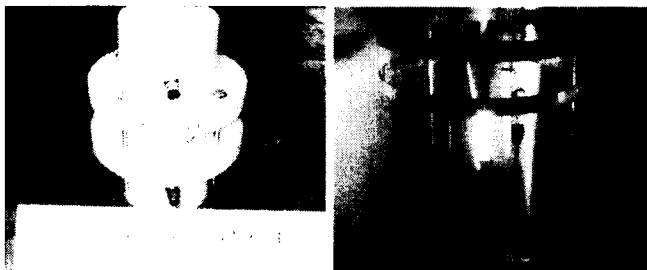


사진 6. 투기성능 시험 장치 사진 7. 축진 내후성 처리

7) 축진내후성능

시험체를 KS F 2274의 WS형 축진폭로 시험장치에 의하여 축진 폭로 처리를 하였다. 다만, 블랙 패널 온도계의 지시 온도는 63%±3℃, 스프레이 사이클은 120분 중 18분, 시험시간은 250시간으로 하였다. 시험장치에 의하여 축진 폭로 처리한 후, 표준상태에서 4시간 이상 정치한 시험편의 인장강도 및 신장율의 산출은 3.3.4에서 기술한 방법으로 실시하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 부착성능

- 1) 건조바탕면에 시공된 방수재 부착강도 - 기건양생은 평균 10.9kgf/cm², 옥외폭로양생은 평균 10.5kgf/cm²(재령28일 기준)로 측정되었다.
- 2) 습윤바탕면에 시공된 방수재 부착강도 - 기건양생은 평균 12.7kgf/cm², 옥외폭로양생은 평균 12.7kgf/cm²(재령28일 기준)로 측정되었다.
- 3) 바탕조건과 재령에 따른 부착강도 변화 - 건조바탕과 습윤바탕의 차이점은 습윤바탕에서 부착강도가 약 18% 높은(재령28일 기준) 양상을 나타냈다. 전반적으로 재령 증가에 따라 부착강도가 증가하고 있다.
- 4) 양생조건과 부착강도 변화 - 습윤양생이 부착강도 증진에 효과적인 것으로 나타났다.
- 5) 시험결과는 KS F 4919(시멘트 혼입 폴리머계 방수재) 품질기준인 부착강도 8.2kgf/cm²를 상회하는 수치로 평균 11kgf/cm²의 부착강도를 나타내고 있어 현장 적용 시, 시공 품질관리가 확보될 경우 재료 특성상 탈락 및 들뜸 발생이 없이 장기 내구성을 충분히 확보할 것으로 사료된다.

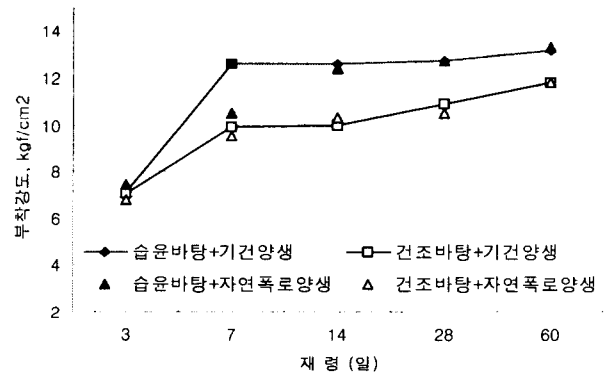


그림 3. 부착성능 시험결과

4.2 흡수성능

방수재를 도포한 시험체를 기건조건으로 양생한 후 시험체의 방수층을 대상으로 흡수비를 측정한 결과는 그림 5와 같다. 시험결과 평균 흡수량은 재령7일 0.73g, 재령14일 0.45g, 재령28일 0.28g로 재령 증가에 따라 점차 평균 흡수량은 감소하고 있다.

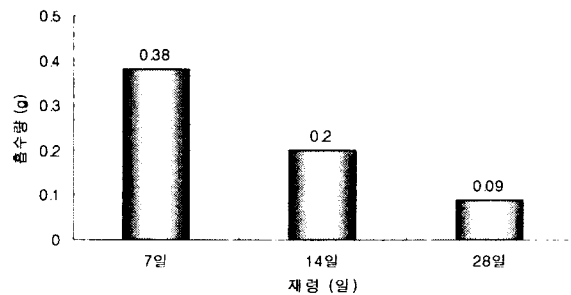


그림 4. 흡수량 시험결과

시험결과 페자원 활용 방수재는 평균 흡수량 0.45g으로 산업규격 품질기준인 2g이하를 안정적으로 만족하고 있어, 동결융해 및 방수재료의 흡수에 따른 장기적인 내구성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

4.3 투수성능

방수재를 도포한 시험체를 기건양생한 후, 시험조건(3.1kgf/cm², 수압1시간)에서의 투수량을 측정결과 방수재를 투과한 물의 양은 0g 이며, 수압에 의해 방수층에 흡수된 물의 양은 그림 5와 같다.

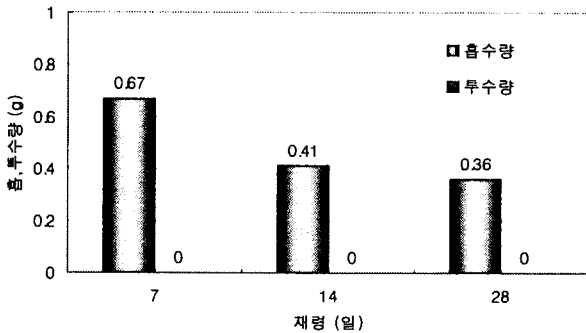


그림 5. 투수 저항성능 시험결과

평균 흡수량은 시험과정에서 수압(3.1kgf/cm² 1시간)에 의한 시험체 자체의 흡수량이며, 일반적인 구조물의 지하층 수압을 10~20m 수압으로 볼 때 최대 3.1kgf/cm²의 수압에 대한 투수 저항성은 우수하다.

4.4 인장인열성능

개발 방수재의 인장·인열강도 측정결과는 재령28일 기준으로 인장강도 16.8kgf/cm², 신장률 158%로 그림 6과 같으며, 인열강도는 28일 재령에서 8.2kgf/cm로 측정되었다.

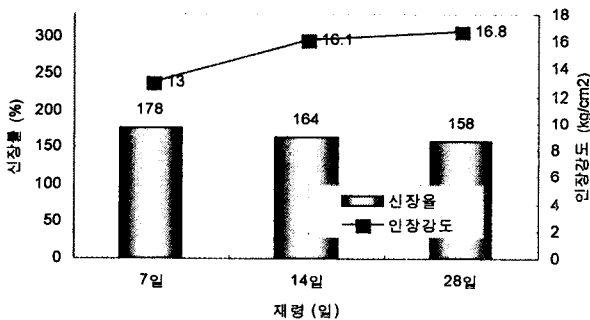


그림 6. 인장시험 결과

4.5 내피로 성능

시험결과 페자원 활용 방수재의 경우 0.05mm~2.0mm의 반복 피로 하중에서도 방수층의 파단, 핀홀, 잔균, 주름, 박리 등의 방수층의 결함이 발견되지 않았다

표 4. 페자원 활용 방수재의 내피로성 시험결과

거동크기 구분	거 동(mm)	대상이 되는 부위의 참고	내피로성 시험 후 결과	대상이 되는 바탕지의 참고 보기
0.1A	0.05~0.1(제1공정)	바닥 내벽	이상 없음	현장 타설 콘크리트
0.25A	0.1~0.2(제1공정)			
	0.25~0.5(제2공정)			
0.5A	0.25~0.5(제1공정)	바닥 내벽, 외벽	이상 없음	현장 타설 콘크리트 프리캐스트 콘크리트 부재
	0.5~1.0(제2공정)			
1.0A	0.5~1.0(제1공정)	지붕 외벽	이상 없음	
		바닥 내벽, 외벽	이상 없음	프리캐스트 콘크리트 부재 ALC패널

4.6 투기성능

페자원 활용 방수재 도포에 따른 투기성능 저하를 위해 일본 콘크리트학회의 콘크리트시험방법에 준한 투기계수 평가 결과 무도포 시험체(1.2×10⁻⁹~5.9×10⁻¹⁰)보다 약간 낮은 수치인 (5.6×10⁻¹⁰~6.2×10⁻¹¹) 정도의 투기성을 나타냈다. 또한 일반 무기질 탄성 방수재의 경우 (2.5×10⁻¹¹~5.2×10⁻¹²) 정도로 측정되어 페자원 활용 방수재를 도포한 시험체가 무기질 탄성 도막방수재보다 투기성능의 저하가 적은 것으로 나타나 페자원 활용 방수재 시공 시 일방 투과성(투기성) 효과를 기대할 수 있어 바탕면과의 장기적인 부착 안정성 및 방수 성능을 확보 할 수 있을 것으로 판단된다.

표 5. 투기성능 시험결과

종 류	투 기 계 수(cm/sec)	비 고
무도포 시험체	1.2×10 ⁻⁹ ~5.9×10 ⁻¹⁰	3회 측정값의 범위 방수재 도포두께: 1.5mm±0.2
페자원 활용 방수재	5.6×10 ⁻¹⁰ ~6.2×10 ⁻¹¹	
일반 무기질 탄성 방수재	2.5×10 ⁻¹¹ ~5.2×10 ⁻¹²	

4.7 내후성능

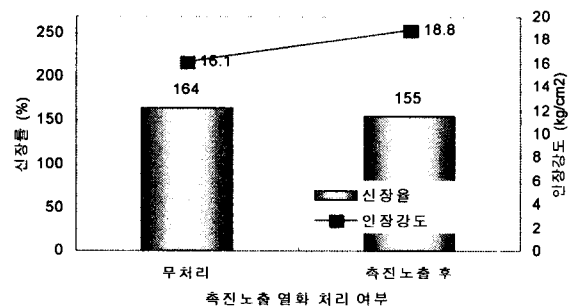


그림 7. 내후성능 시험 결과

재령14일 기건 양생한 시험체를 대상으로 축진 노후 노출 처리 후 인장인열강도 측정결과는 인장강도 18.8kgf/cm², 신장율 155%, 인열강도는 8.2kgf/cm²으로 나타나 축진 노출처리 전 시험체에 비해 인장강도와 신장율은 약간 증가 또는 감소할 뿐 성능상의 변화는 없는 것으로 판단된다.

5. 결론

페타이어와 폐유리 미분말을 소재로 한 무기질 탄성도막재의 개발과 이를 이용한 방수공법에 관한 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 폐자원 활용 방수재는 시멘트계 무기질성분과 아크릴 폴리머계 유기질성분을 화학적으로 안정화된 가교결합(rubber-실리케이드, rubber-ethylene vinyl acetate 등)으로 상호간 접착력을 증진시키고 분산된 페타이어 고무분말의 응집을 방지하여 두 조성성분간 상간접점을 증진시킨 것이다. 이러한 가교결합으로 물성상 방수재로서의 특성을 충분히 발휘할 것으로 보인다. 또한, 페타이어 분말과 시멘트계 무기물의 계면에서의 부착력을 증대시키기 위한 가장 효과적인 방법으로 Coupling Agent에 의해 페타이어 분말에 의한 무기 재료의 함침성을 높여 밀실한 방수층을 형성한 것으로 사료된다.
- 2) 본 폐자원 활용 방수재는 시멘트계 재료로써 습윤바탕면에 시공되어진 시험체의 부착강도가 기건 바탕에서의 부착강도보다 약18%(재령 28일 기준) 높은 부착강도 성능을 나타내는 것으로 측정되었다. 이는 습윤면에서의 시공 가능성과 기상조건의 제약을 적게 받아 현장 적용시 공사기간 단축 효과가 있을 것으로 판단된다.
- 3) 흡투수 저항 성능, 축진내후성능 등의 평가항목에서 방수재로써의 성능기준을 만족하는 것으로 평가되었으며, 투기성능 평가 결과 $5.6 \times 10^{-10} \sim 6.2 \times 10^{-11}$ 로 측정되어 방수재도포에 따른 투기성능 저하는 적어, 방수재의 들뜸, 박리 등의 원인인 콘크리트 내부 수분의 외부로의 발산 성능은 유지될 것으로 사료된다.
- 4) 폐자원 활용 방수재는 환경오염과 자원낭비의 주요원인이 되고 있는 폐자원(페타이어 및 폐유리 미분말)을 효과적으로 건설분야에 재활용한 측면에서 큰 의미를 가지며, 이는 곧 건설자재에 대해 환경 친화적인 소재의 개발 및 자원 재활용으로 인한 경제성 확보에 크게 기여할 것으로 기대된다. 또한 이를 토대로 폐자원에 대한 학계 및 관련 연구인들의 인식을 한층 높일 수 있을 것이며, 앞으로 이와 같은 폐자원 재활용에 대한 꾸준한 연구의 밑거름이 될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

1. 한국 건설기술원, 건설기술 정보센터, 방수시공 종합정보집 1998.
2. 오상근 외, 방수공사 핸드북, 대한미장협회, 1997.
3. 재유화형분말수지를 포함한 기초합 방수조성물의 제조 및 이를 이용한 습식 박층 방수보수공법, 쌍용양회공업주식회사, 1997.
4. 한국산업규격, KS F 4019, 「시멘트 혼입 폴리머계 방수재」
5. 한국산업규격, KS F 4920, 「외벽용 도막 방수재」
6. 오상근, 콘크리트 방수의 현황과 대책, 콘크리트학회지, 제6권 2호, 1994.4
7. 오상근 외, (주) 청우미디어, 건축 방수시스템의 설계와 시공.
8. 오상근, 구조물진단학회지, 제3권 제2호, 콘크리트 구조물의 방수 및 누수 보수 기술의 새로운 접근, p 4 ~ 16. 1994.
9. 小池迪夫, 全國塗膜防水工事業團體聯合會, 「塗膜防水ガイドブック」, 1986.
10. 건설기술연구소 방수기술지원센터, 콘크리트 구조물의 유지관리를 위한 보수보강재료의 성능 평가 및 현장 시공기술 적용에 관한 연구(II), 2000.
11. 阪神高遠道路 公団 日本材料學會, 「付録II樹脂 ノート」, p.71 ~ 78, 1988.
12. 小池迪夫, 全國塗膜防水工事業團體聯合會, 「塗膜防水ガイドブック」, 1986.
13. 栗原福次, 日刊工業新聞社, 「高分子材料 フィールツノート(ゴム, プラスチック, 纖維の素顔)」, pp 1 ~ 9
14. Michael T.Kubal, 「Waterproofing : the Building Envelope」, McGraw-Hill, p.30, 1993.
15. Waterproofing Concrete, Civil Engineering, pp. 57 ~ 71, 1978. 5