

# 친환경 기능성 무기질계와 고무아스팔트를 혼합한 내진방수 보강공법에 대한 실험적 평가

## Experimental assessment for friendly-environment functional Inorganic mixed rubber asphalt Seismic waterproof strengthening method

백종명\*  
Baek, Jong-Myeong

황영호\*\*  
Hwang, Young-Ho

손정철\*\*\*  
Shon, Jung-Chul

### ABSTRACT

Recent interest in the construction sector, rising about the environment and eco-friendly recycled material resources, and increase the development of method But despite these efforts, and the diverse functional and structural changes in the structure can not be an appropriate response to the functional waterproof structural changes in the structures and appropriate response Diversification does not waterproof and functional issues such as durability, and which are occurring due to the structure to secure stability and durability, never sees the conservative economic losses due to import constructability reinforcement situation.

Therefore, this study applies to structure the existing waterproof method (hereinafter referred to as structures water-resistant method), and to review recent issues of environmental pollution and resource waste, and taking on environmental issues, such as Revelation and functional Inorganic mixed in a way to leverage the manufacturing water-resistant material 『 Re Inorganic, functional and environmentally friendly high-viscosity mix asphalt waterproof rubber reinforcements, and taking conservative』 for the characterization and performance assessment to the issues raised by the structure and whether the judge would respond

### 1. 서론

최근 건설분야에서는 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 자원재활용 및 친환경 재료, 공법개발이 증가하고 있다. 하지만 이런 노력에도 불구하고 기능적, 구조적으로 다양화 되고 있는 구조물 변화에 적절한 대응을 하지못해 방수 기능성과 내구성과 같은 문제들이 발생되고 있으며, 이로 인하여 구조물의 안정성과 내구성을 확보하지 못하여 보수·보강, 시공성 등으로 인한 경제적 손실을 가져오는 실정이다. 그중 특히 지하구조물 및 공동구, 상수도 시설, 지하 외벽, 주차장, 도로포장 등의 구조물에 적용되는 노출 및 비 노출 방수공법에서 많은 문제점이 노출되었다

따라서 본 연구에서는 구조물에 적용되는 기존 방수공법(이하, “구조물 방수 공법” 이라고 한다)들의 문제점을 검토하고, 최근내진 및 환경오염과 자원낭비 등의 문제점 등을 친환경 기능성 무기질계를 활용하여 방수재에 혼합하는 방식으로 제조 『고점착 친환경 기능성 무기질재와 고무 아스팔트를 혼합한 방수 및 내진, 보수·보강재』에 대한 특성분석 및 성능평가를 실시하여 구조물에 발생될 수 있는 문제점 등에 대응가능 여부를 판단하고자 한다.

\* 서울메트로, 공사팀 회원

\*\* 서울메트로, 기술연구센터, 비회원

E-mail : young11@seoulmetro.co.kr

TEL : (02)6110-5831 FAX : (02)6110-5839

\*\*\* 서울메트로, 기술연구센터, 회원

## 2. 고점착 친환경기능성 무기질재와 고무아스팔트를 혼합한 방수 및 내진보수. 보강재의 구성 및 특징

### 2.1 구조물 방수 및 내진 보수.보강재의 성분 구성

고점착 친환경 기능성 무기질재와 고무아스팔트를 혼합한 방수 및 내진보수.보강재는 개질재 (아스팔트 + 고무분말 + 점도 조정재) + 기능성 무기질재 + 탄성 보강재 등을 으로 구성된 구조물방수 및 내진 보수.보강재이다.

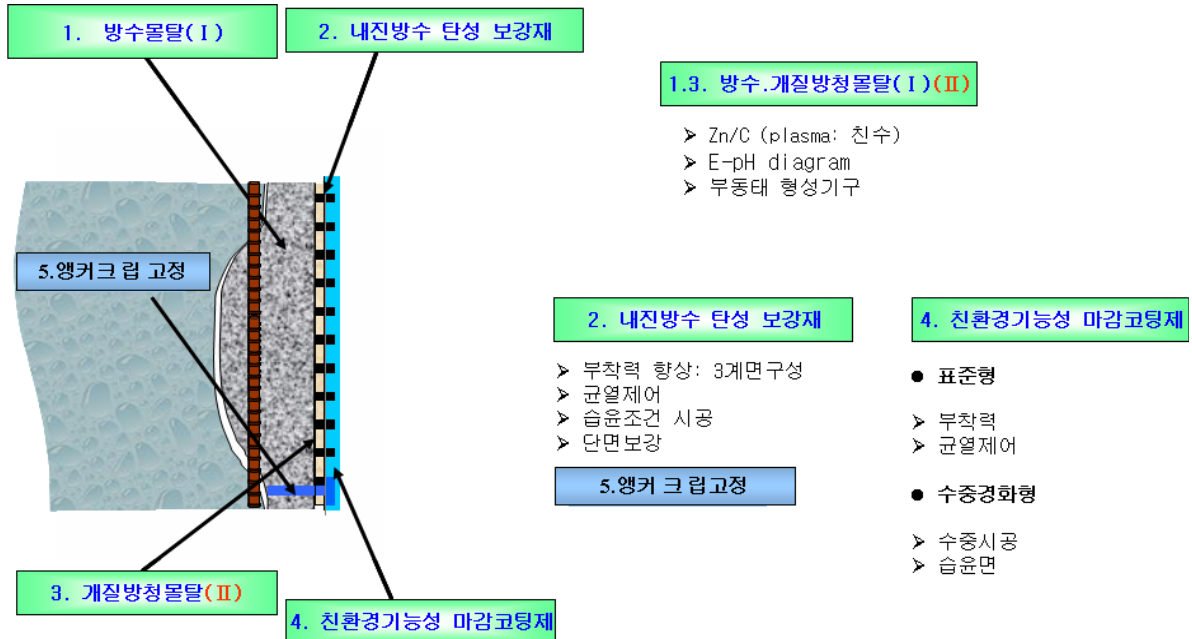


그림1. 구조물방수 및 내진 보수.보강재 구성요소

고무분말은 페타이어의 합성고무로 원유에서 만들리지며, 강도를 증가시키기 위해 사용된 고무 혼합물인 카본 블랙은 주로 용광로에서 가열된 원유에서 생산된다. 본 방수재는 페타이어 성분 중 합성 고무부분을 개질로 추출하여 아스팔트와 화학 결합을 이루게 하여 아스팔트에 고무성질인 점성을 부여하며, 산화되기 쉬운 아스팔트는 타이어의 성분중 하나인 선화방지제로 산화를 지연시키는 역할을 한다.

### 2.2 페타이어 재활용에 따른 친환경성

최근 페타이어 대부분을 부가가치 창출이 부족한 토목공사용으로 이용하거나 수출 하고 있어 사회적 으로는 폐기물처리 비용 절감효과는 있으나 산업경쟁력 강화 및 새로운 부가가치 창출에는 그 성과가 미진하다. 이에 본방수재에 환경 공해물로 그 처리에 한계점을 드러내고 있는 페타이어를 재활용함으로써 보다 친환경적 가치를 높이고, 원가절감 이라는 경제적 효과를 기대할 수 있다.

### 2.3 고점도에 따른 유연성과 부착력

본 방수재는 시공후에도 경화되지 않는 겔타입의 점성을 가지고 있어 구조물 거동시 유연성으로 구조물의 균열 및 진동에 대해 대응 가능할 것으로 기대 되어지며, 고무 및 아스팔트 특유의 점착 성분으로 이질재와의 부착력 또한 우수 하여 기존 공법의 문제점이었던 바탕층과 방수층의 동시파단에 대한 문제점을 보완할 수 있다고 판단된다.



사진1. 방수재 점착 유연성

## 2.4 시공성 및 경제성

기존의 로울러나 흡손 시공이 아닌 스프레이식(뿔어붙이기식) 시공으로 수직면 및 급경사, 곡면과 같이 시공조건이 어려운부위의 시공이 가능하며, 약간의 기능적 숙련도만으로도 쉽게 시공이 가능하며 기능공의 숙련도에 따른 품질편차가 크지 않아 품질의 균일성을 확보할 수 있으며, 인력감소에 따른 인건비를 절약할 수 있어 경제적 효과도 기대되다.

방수재의 숙경화 성질로 고온으로 용융된 방수재는 노즐에서 스프레이 되어 바탕면에 닿는 순간 빠르게 방수층을 형성하여 벽면이나 천장 시공 시 흘러내림 현상이 없어 시공 시 내진 방수재층 두께 확보가 가능하며, 균질한 단면의 두께에 대한 방수재의 품질확보가 높을 것으로 판단된다.

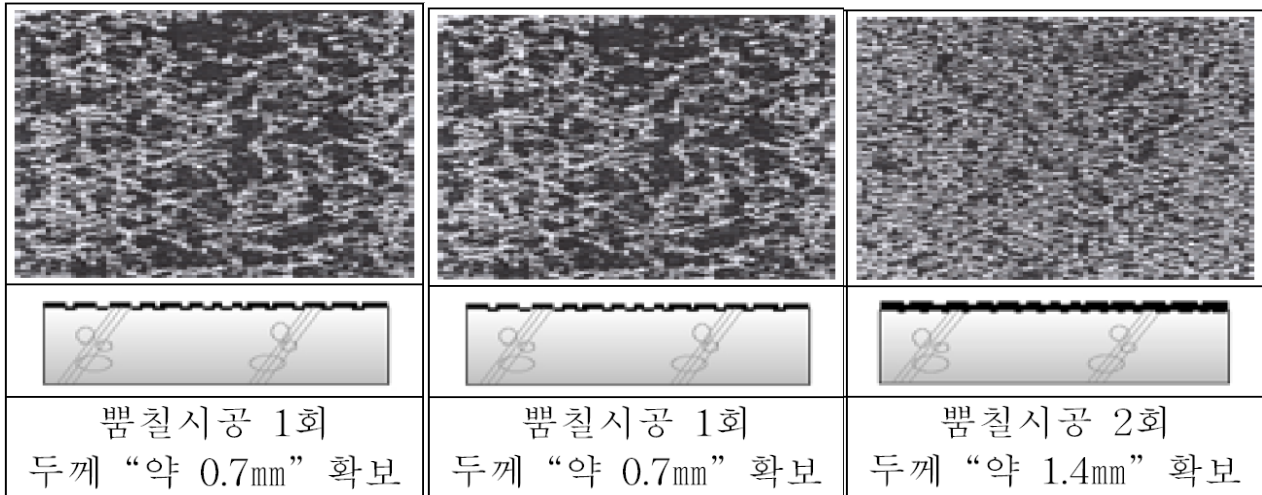


그림1. 방수재 도포 형성 과정

## 3. 시험 방법 및 결과

### 3.1 시험 항목 및 방법

본 방수재가 구조물 적용에 있어 시공성 및 성능을 평가하기 위해 표1과 같은 항목을 선정하였으며, 관련규격KS F 3211, 4935, 4930, 2405,2408에 의하여 시험하였다.

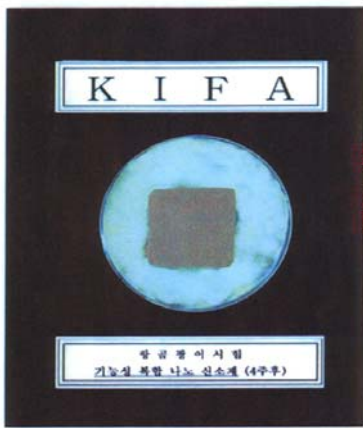
표1, 시험 항목 및 방법

구 분	시험 항목	시 험 방 법	관련규격
시공성	고형분 측정	눈금병에 시료를 채우고 105-110℃ 건조기에 3시간 정치 후 측정	KS F 3211
	온도별 흘러내림 저항성능	온도 40, 60, 80℃에서 24시간 정치 후 흘러내림 여부 관찰	KS F 4955
지하 구조물 적용성	수중유실 저항성능	0.2m/s의 유속으로 48시간 동안정지후 측정	KS F 4935
	내화학성능	황산, 염산, 질산, 염화나트륨, 알칼리에 168시간 침적 후 중량변화 측정	
	투수저항성능	∅ 100×30mm의 원형 시험체에 0.3N/mm <sup>2</sup> 의 수압을 1시간 동안 가한 후 관찰	
	음용수용출	시험편을 음용수에 24시간 담금 후 기준수와 비교하여 음용수질 기준에 적합한지를 평가	KS F 4930

### 3.2 친환경 기능성 무기질 신소재(BMS)의 특성

본 연구에 따른 친환경 기능성 신소재 광물의 항 곰팡이 시험사진을 도시한 것으로, 본 연구의 기능성 신소재 광물은 4주후까지 시료에서 균의 성장을 인지할 수 없을 정도로 우수한 항 곰팡이성을 구비하고 있음을 알 수 있다.

원적외선 방사시험에 대한 시험 성적서를, 원적외선 방사에 대한 열화상 사진을 도시한 것으로, 기능성 신소재 광물은 방사율 0.917, 방사에너지  $3.54 \times 10^2$  (W/  $m^2 \cdot \mu m$ ,  $37^\circ C$ )을 구비하고 있음을 알 수 있다.



<사 진>

그림1) 기능성신소재 광물 4주후 항곰팡이

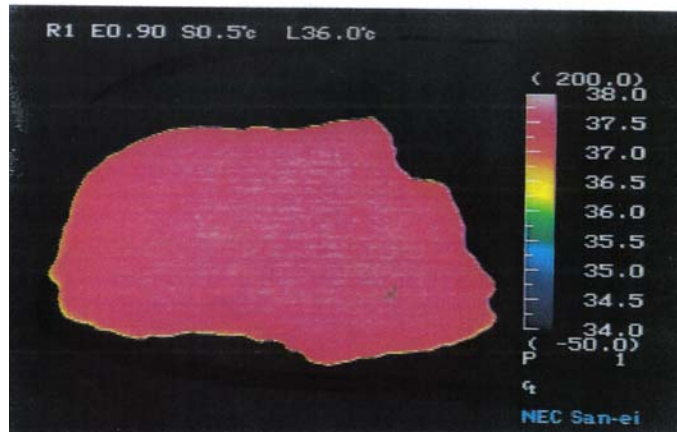


그림2)원적외선 방사에 대한 열화상 시험사진

### 3.3 고형분 측정

KS F 3211의 시험 방법과 같은 눈금병 60mm에 시료를 밀실하게 채운 후 온도 105-110 $^\circ C$ 로 유지한 열풍 건조기에 넣어 3시간 가열한 다음 데시케이터(실리카겔 또는 염화칼슘을 넣은 것)속에서 실온까지 냉각 후 다시 질량을 측정하여 눈금병 속의 잔량을 구해 시험전의 중량과 시험후의 중량을 비교하여 산출 한다.



사진4. 고형분 측정 시험 현황

시험결과 99.89%라는 높은 고형분을 나타 내었으며, 이는 시공 시 한번의 시공으로도 소정의 두께 확보가 가능한 것으로 나타난다.

### 3.4 온도별 흘러내림 저항성능

KS F 3211, 4935를 준용하여 두께 5mm의 플렉시 블판을 400 $\times$ 200mm로 절단 후 그 위에 340 $\times$  180mm로 시료를 밀실하게 도포하여 1시간 정치 후 형틀을 제거하고 시험체를 수직으로 하여 시험온도 40, 60, 80 $^\circ C$ 에서 24시간 정치한 후 시료의 흘러내린 길이를 길이 측정기를 사용하여 측정하고 방수재의 이상 유.무를 관찰한다.



사진5 . 온도별 흘러내림 저항성능 시험 현황

시험결과 온도 40, 60, 80℃에서 이상이 없었으며, 90℃에서 20시간 정치시 방수재 표면에 미세한 주름과 부풀음이 발생되었고, 110℃에서 22시간 정치 시 방수재에서 아스팔트 유분이 흘러내렸다. 110℃에서 아스팔트 유분이 흘러내렸지만 KS F 4935 기준인 60℃ 온도에서 이상이 없어 재료들 간의 응집력이 큰 것으로 나타나, 외벽 시공에 유리할 것으로 판단된다.

### 3.5 수중유실 저항성능

대기 중에서  $\phi 100 \times 10\text{mm}$ 의 플라스틱 샤알레에 윗면까지 평평하고 내부에 완전하게 방수재를 주입한 시험편으로 0.2m/s의 유속으로 48시간 동안 정치 후 유실정도를 중량으로 측정하여 확인한다.



사진6. 수중유실 저항성능 시험 현황

시험 결과 방수재의 중량 변화는 거의 없었으며, 이는 방수재가 지하수 등 물에 대한 마찰 저항력이 큰 것으로 지하수 접촉 시에도 유실되지 않는 성능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다.

표2. 수중유실 저항성능 시험 결과

구 분	시험전(g)	시험후(g)	질량 차(g)	중량변화율(%)
1	82.04	82.06	0.02	0.02
2	70.67	70.69	0.02	0.03
3	77.16	77.19	0.03	0.03
4	88.67	88.69	0.02	0.02
5	84.84	84.85	0.01	0.02
6	80.58	80.60	0.02	0.03
평 균	80.44	80.46	0.02	0.03

※ 유실 저항성 성능기준은 중량 변화율이 -0.1 이내 일 것



### 3.6 내화학 성능

KS F 4935의 시험방법과 같이  $\phi 65 \times 10\text{mm}$ 의 샤알레에 방수재를 주입하여 온도  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , 상대습도 제작  $65 \pm 5\%$ 의 상태에서 3일간 정치한 후 시험체를 황산(2%), 염산(2%), 질산(2%), 염화나트륨(10%), 알칼리용액 속에 168시간 침적시켜 중량변화를 확인하고 그 상태의 이상 유.무를 관찰한다.



사진 7. 내화학성능 시험 현황

시험결과 황산(0.021%), 염산(0.028%), 질산(0.028%), 염화나트륨(0.025%), 알칼리(0.047%)로 방수재의 중량변화는 거의 없었으며, KS 성능기준인 중량변화율  $-0.1\%$  이내를 만족하는 것으로 나타나, 이는 구조물 적용에 있어 화학적 침식에 대응 가능 할 것으로 판단된다.

표3. 내화학성능 시험 결과

구 분	시험회수	시험 전	시험 후	중량변화율(%)
산	①	34.231	34.238	0.020
	②	34.531	34.538	0.020
	③	34.131	35.139	0.023
	평 균	34.631	34.638	0.021
처	①	34.271	34.280	0.026
	②	34.307	34.317	0.029
	③	34.322	34.330	0.028
	평 균	34.300	34.309	0.028
리	①	34.844	34.855	0.031
	②	34.791	34.801	0.029
	③	34.820	34.829	0.026
	평 균	34.818	34.828	0.028
염화나트륨	①	36.271	36.279	0.023
	②	35.254	35.263	0.027
	③	35.555	35.564	0.025
	평 균	35.693	35.702	0.025
알칼리	①	38.204	38.219	0.040
	②	37.941	37.960	0.049
	③	38.001	38.020	0.051
	평 균	38.049	38.067	0.047

### 3.7 투수 저항성능

시험체 하부에 지름 3mm 구멍을 9개 뚫고, 하부 투수시험편 위에 구멍이 뚫리지 않은  $\phi 100 \times 30\text{mm}$ 의 모르타르판(상부 투수 시험편)을 올려놓을 수 있도록  $15 \times 10\text{mm}$ 의 강제 간격체를 에폭시 수지 접착제를 사용하여 3개소에 설치한 후 온도  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , 대기 중에서 투수 시험편에 실링재를 주입하여 24시간 정치 후 수조를 띄워  $0.3\text{N}/\text{mm}^2$ 의 수압을 1시간 동안 가한 후 재료에 대한 투수 유.무를 확인한다.

■ 배면투수시험(KS F 4919-'03)

▶ 시험조건: 수압 0.3N/mm<sup>2</sup> 120시간

시험 항목	배면투수 후 계면부착상태	
	#1	#2
결과	이상없음	이상없음



사진8. 투수저항성능 시험 현황

투수성은 방수제가 가져야할 가장 기본적인 성능규정이며 시험결과 모든 시험체가 투수 되지 않았다. 이는 재료의 고점착 특성에 따라 재료 상호간에 응집력이 커 물이 구조체로 침투하는 것을 방지하는 것으로 판단된다.

3.8 음용수 용출 시험

방수재를 도포한 시험편을 음용수에 24시간 담근 후 시료를 세척하고, 다시 24시간 음용수에 침적 항온. 항습기 내에 보관시킨다. 그 시료를 분석하고 방수재의 구성성분이 어느 정도 용출되어 있는가를 기준 수와 비교 평가하여 음용수질 기준에 적합한 지를 평가한다.

아래시험 결과 표4.와 같이 음용수 기준에 적합하며, 지하구조물. 상수도 시설 등의 지하층 외벽방수 목적으로 현장 적용이 가능할 것으로 판단된다.

표4. 음용수 용출 시험 결과

시험 항목	단 위	결 과	성능 기준
냄새	-	적	이상 없을것
맛	-	적	이상 없을것
탁도	NUT	1.68	2도 이하
색도	도	1	5도 이하
중금속	mg/L	불검출	0.1ml/L이하
PH, 25℃	-	6.5	5.8-8.6
페놀	mg/L	불검출	0.005ml/L이하
증발잔류분	mg/L	36	30ml/L이하
잔류염소	mg/L	불검출	0.2ml/L이하

4. 결 론

친환경 기능성 무기질계와 고무아스팔트를 사용한 고점착 고무 아스팔트 방수 및 내진 보수.보강공법에 대한 특징 분석과 성능평가를 진행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 본 재료가 가지고 있는 고점착. 유연성에 의해 구조물 환경하에서의 부착 성능이 양호하게 나타남을 알 수 있었다.
- (2) 뿔칠형 공법으로서 한번의 시공으로도 소정의 두께를 형성하는 것을 알 수 있었다. 또한 이러한 간단한 시공법으로 공기단축 및 재료의 손실량을 줄일 수 있어 경제적 효과도 기대된다.
- (3) 사회적으로 친환경이 지향되고 있는 시대적 흐름에 맞추어 환경 공해물로 그 처리에 한계점을 드러내고 있는 고무분말과 친환경 기능성 재료를 사용함으로써 친환경적 가치와 원가절감이라는 경제적 효과가 기대된다.

따라서 고무분말를 재 활용한 고점착 고무아스팔트 방수 및 내진 보수.보강공법은 지하구조물. 도로포장 등에 적용되는 기존 방수공법 및 내진에 대한 문제점들을 해소할 수 있는 구조적 및 역학적 물성시험을 통한 기술로의 발전을 위해 지속적 연구가 필요하겠다.