

피스톤 방식의 고온·고압 뿔칠장치를 이용한 방수 시공 기술 공법에 관한 연구

An Study on the Development of Waterproofing Execution Technology With high Temperature and Spray Equipments of Piston Type

문 유 석* 최 은 규** 최 성 민*** 광 규 성**** 오 상 근*****
Moon, You-Seok Choi, Eun-Gyu Choi, Sung-Min Gwak, Gyu-Sung Oh, Sang-Keun

Abstract

We constructed Seal type waterproofing with adhesive and swelling properties in the field of construction work as yet. But we have many problems of seal type waterproofing with adhesive and swelling properties for construction. Because it has high viscosity, so workers are too adhered for the work. So, we developed and applied about the high temperature and spray equipments of piston type better than before. We able to be expect that cost reduction and increase construction ability by high temperature and spray equipments of piston type.

키 워 드 : 피스톤 방식, 뿔칠장치, 역타설 공법, 점착유연형 방수셀재

Keywords : Piston type, spray equipments, Top-down method, Seal type waterproofing with adhesive and swelling properties

1. 서 론

지금까지 기존 방수공사 현장에서는 본드와 같이 달라붙는 형태의 접착 경화형 타입의 재료인 우레탄, PVC, 아크릴 등의 고분자 화합물로 조성되는 방수재를 주로 사용하고 있었으나, 이러한 재료는 재질 자체로서의 내구성은 지니고 있지만, 콘크리트의 구조체 움직임(거동)에 의한 균열 발생, 건조수축, 공기 투과성으로 인한 부풀음 발생 등의 문제점으로 인하여 점차 물리적 손상을 초래하여 결국 방수성능을 조기에 상실하게 된다.

따라서 이러한 방수재료의 손상이나 부착력 저하를 근본적으로 해결하기 위해 재료에 신장력을 높이면 들뜸의 문제가 커지고, 반대로 들뜸의 문제를 해결하기 위해 부착강도를 높이면 콘크리트의 움직임(균열거동)에 유연한 대응을 못하여 균열이 발생하는 기술적 한계에 봉착한 상황에서 이에 대한 대안으로 제시된 것이 바로 점착형의 유연한 방수재의 적용이다. 점착개념은 액상에서 경화하여 단단하게 굳으면서 붙는 것이지만 점착개념은 끈적끈적하게 달라붙으면서 굳지 않는 타입이라 할 수 있으며, 방수재가 점착형일 경우 굳지 않기 때문에 파단 및 손상에 대해 안정적이며, 콘크리트 거동에도 유연하게 대응하여 들뜸이 생기지 않기 때문에 콘크리트에 물리적으로

접착하는 기존 재료와는 달리 재료적 절연층을 형성할 수 있다. 따라서 기존 점착개념에서 탈피한 스프레이식 점착형 방수재의 개발이 시급하다.

국내의 경우에도 고무를 이용해 유화시킨 후 뿔칠 시 유화된 제품의 탈수를 촉진시켜 경화시키는 2액형 타입의 뿔칠 공법 방수재도 있으나, 폐고무가 아닌 SB 공중합수지를 활용하며, 방수 성능 측면에서도 방수층의 들뜸이 심하고, 유화처리에 의해 섞여 있는 수유(水油)가 경화제에 첨가되면서 분리가 되어 탈수현상에 의한 에어포켓이 발생하는 문제를 나타내고 있다.

이에 본 연구에서는 지금까지 시공성에 크게 제약을 받아오던 점착유연형 방수셀재의 단점을 개선한 피스톤 방식의 고온 고압 뿔칠장치를 개발 적용함으로써 넓은 면적에 대한 시공성 개선으로 공사기간의 절감은 물론 균질한 방수층 형성 및 콘크리트 거동에 대한 추종성이 우수하고, 기후 및 콘크리트 함습에 영향을 받지 않고 시공 가능한 방수공법을 완성하고자 한다. 또한 폐고무를 활용한 페타이어 용융 액상 도막방수재를 개발하여 이에 대한 성능평가를 실시함으로써 본 재료의 장비 및 공법에 대한 각각의 적용에 있어서의 안정성 확보 여부를 검토 하였다.

2. 방수 시공 기술 공법의 개요 및 목표

2.1 개 요

뿔칠형 방수재 개발을 통해 콘크리트 구조물의 안정적 점착

* 서울산업대학교 산업대학원 석사과정
** 서울산업대학교 주택대학원 석사과정,
*** 건설신소재연 연구소, 소장
**** BK 방수기술 연구소, 소장
***** 서울산업대학교 건축공학부 교수, 공학박사

형 방수층을 형성하고, 기존 수작업에 의존한 시공방법에 비해 2~3배 정도의 시공성을 보유하여 공기 절감으로 인한 경제성을 확보할 수 있고, 뿔칠 시 강한 압력으로 콘크리트 표면에 점착되고, 입자가 미세하게 분사되어 콘크리트의 굴곡부위, 모공, 단차부 등에도 안정적인 방수층을 형성할 수 있으며, 뿔칠 방수재를 중탕장비에 투입하여 일정시간 녹인 후에 방수층을 형성하고자 하는 콘크리트 바탕에 뿔어 조인트가 없는 일체화된 방수층 시공 기술 개발이 가능하다. 또한 구조체에 피착되어 있는 상태가 점착형이어서 구조체의 거동 시 점착형 재료가 표면에서 미끄러지듯이 움직여 방수성능을 장기간 유지할 수 있는 장점이 있다.

2.2 방수 시공 기술의 목표

2.2.1 스프레이형 장비 개발

- (1) 시공장비의 소형화, 경량화 할 수 있는 방안을 도출 한다.
- (2) 용융속도, 연속시공 등에 대한 시간을 체크하고 열량 및 공기량 등을 표준화 한다.
- (3) 시공작업의 표준화 사항을 기초로 장비제작 및 보완한다.
- (4) 뿔칠시 투입되는 공기공급장치에 별도의 Heating 장치를 개발한다. (유동성 및 계절 시공성을 고려해 따뜻한 공기로 뿔칠 하는 것이 필요함.)
- (5) 중탕된 재료를 이송하는 호스와 뿔칠 하는 건에 대한 열적 안정성 유지 필요가 있다.

표 1. 장비 개발 진행 단계

단 계	내 용
장비 설계	중탕시스템 및 뿔칠시스템 설계
장비 제작	중탕속도항상 및 뿔칠의 공기량 조절
장비 시험	현장적용 및 시공성 확인
제작 및 개선사항	소형화, 경량화, 경제성을 고려

2.2.2 방수 공법 개발

- (1) 본 연구에서는 1액형 타입이면서 스프레이 시 점착유연한 도막형 및 경질타입의 시트형으로 변환이 가능한 스프레이 재료를 개발하고, 중탕장치와 압출식 펌핑장비를 일체화 시킨 Hot Melting Spray 장비를 이용하여 지하구조물 합벽구간에 콘크리트 외벽체 타설전 방수시공이 가능한 역타설용 복합방수시스템을 개발하고자 한다.
- (2) 지하구조물 합벽구간 및 기초콘크리트의 외방수를 위한 시공환경상 어려움을 극복하기 위해서는 스프레이식 시공방식, 습윤바탕용 점착형 재료, 콘크리트 타설전 시공(이하 “역타설 공법”이라 함) 가능이라는 3가지 기술적 선결조건을 모두 만족할 수 있는 신개념의

방수공법의 개발이 절실하다.

- (3) 연구에서 개발하고자 하는 방수공법은 상기와 같이 개발된 스프레이 시공이 가능한 점착형 방수공법 형성기술을 활용하여 외방수 시공이 근본적으로 어려운 지하합벽구간 및 바닥부 매트콘크리트에 콘크리트 타설과 동시에 완전밀착(점착)된 복합방수층을 구성할 수 있는 응용기술개발단계의 실용화 시공기술의 개발이다.

2.2.3 방수 재료의 개발

- (1) 페고무의 열분해는 고온에서 이루어지고 있으며, 이는 온도의 상승 및 유지하는 측면에서 생산적 경제성이 떨어지고 생산시 위험성이 내재되어 있기 때문에 최소한의 온도에서 페고무의 용융이 이루어지도록 화학적, 물리적 개발이 필요하다.
- (2) 페고무의 용융을 쉽게 하기 위해서는 페고무 칩을 최대한 작게 분쇄하여 동일 중량이 투입시 표면적을 넓혀 생산적 시간을 단축시킬 수 있기 때문에 미세분쇄기술에 대한 개선이 필요하다.
- (3) 페고무는 일반적으로 열을 가하면 타는 성질이 있는 열경화성에 가까운 소재로서 이를 반복적으로 열을 가할 시에도 재료적 성능이 떨어지지 않는 열가소성 소재로의 변환이 필요하다.

표 2. 장비 개발 진행 과정

단 계	내 용
페고무의 화학적 용융	페고무의 고온 용융 단계
페고무의 물리적 용융	페고무의 분쇄 시험 단계
양산시스템 구축	페고무의 저온 용융 및 생산성 재고 단계
페고무를 이용한 방수재	품질 및 시공성 개선, 경제성 및 생산성 향상단계

3. 공법의 적용 및 평가

3.1 피스톤 방식의 고온·고압 뿔칠장비

- (1) 본 스프레이공법에 사용되는 장비는 뿔칠 시공 시 방수재의 용융온도를 약 200℃로 하여 구조물에 분사시켜 방수층을 형성하는 공법으로 기존의 인력에 의해 시공되는 방수공법에 비해 시공성 향상과 경제적인 파급 효과 등이 기대되는 공법이다.
- (2) 본 스프레이장비의 운전은 1차적으로 재료를 용융기

호퍼 내에 투입하여 약 200℃ 이상으로 재료를 용융시킨다. 그 후 용융된 재료를 2차적으로 약 100~120kgf/cm²의 유압펌프 압력으로 스프레이호스로 이송하여 최종적으로 스프레이 되는 시스템이다.



사진 1. 스프레이장비 시스템 현황(1)



사진 2. 스프레이장비 시스템 현황(2)

3.2 지하 구조물 합벽구간용 방수공법 적용

3.2.1 공법의 구성 개념

본 연구에서 개발하고자 하는 방수공법은 상기와 같이 개발된 스프레이 시공이 가능한 점착형 방수공법 형성기술을 활용하여 외방수 시공이 근본적으로 어려운 지하 합벽구간 및 바닥부 매트콘크리트에 콘크리트 타설과 동시에 완전밀착(점착)된 복합방수층을 구성할 수 있는 응용기술개발단계의 실용화 시공기술을 개발하였으며, 이를 통하여 기존 유도배수나 인력시공에 의한 내방수 시스템으로 처리하던 합벽구간을 100% 기계화 전환시공 및 이음부가 없는 균질한 복합방수층 형성이 가능한 신개념의 역타설용 외방수공법을 개발하였다. 시공순서는 그림 3과 같이 토류벽 또는 쇼크리트 타설 후 바탕용 PE시트를 설치한 뒤 스프레이 시트방수재를

시공한다. 그 위에 스프레이식 페타이어 용융 액상 도막 방수재를 시공하며, 보호용매쉬(두께유지 및 흐름성 개선용) 설치한뒤 콘크리트 타설로 마무리를 한다.

3.2.2 역타설 외방수 공법 적용 특성

- 1) 지하 합벽구간의 외벽 부분의 콘크리트 타설과 동시에 방수층이 구성될 수 있는 최상의 시공조건을 가진 방수층을 구성 할 수 있다.
- 2) 이질재와의 복합성을 향상시키고 점성과 유연성으로 진동, 충격에 의한 영향이 적은 방수층의 들뜸 및 손상을 최소화시켜 방수층의 품질과 성능을 지속시킨다.
- 3) 스프레이 시공된 점착형의 도막재가 콘크리트 외벽을 타설 및 외측의 토압에 의해 두께가 감소하거나 흐름이 생기지 않는다.
- 4) 공장에서 안정적으로 생산된 재료가 현장에 도입되고 동절기, 우기철 등에도 안정적인 시공이 가능하도록 한다.
- 5) 1차 스프레이 점착도막재와 2차 스프레이 시트형이 일체화 되어 방수층 및 보호층을 동시에 시공할 수 있다.

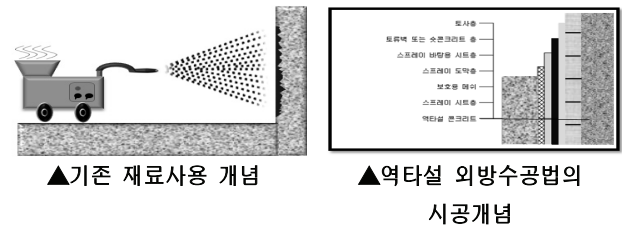


그림 1. 스프레이공법 구성 개념도

3.3 폐고무 용융 액상 방수재

3.3.1 개요

본 폐고무 용융 액상 방수재는 페타이어+아스팔트+점착 부여재+개질재+점도 조정제 등을 혼합하여 제조된 방수재로써 스프레이장비의 가열 시스템에 의해 용융하여 스프레이 되는 재료이며, 점착성 및 유연성 등이 우수한 도막 방수재이다.

3.3.2 폐고무 용융 액상 방수재의 특성

재료의 특징은 크게 방수성 및 시공성으로 크게 나눌 수 있다.

1) 방수성능 확보

본 폐고무 용융 액상 방수재는 스프레이장비의 고압을 이용하여 콘크리트 구조체 바탕면에 안정적으로 고르게 도막층을 형성하는 특징을 가지고 있다. 또한 재료 특유의 유연성과 점

작성을 가지고 있어, 방수재의 유연한 성질로 인하여 온도변화, 콘크리트와의 거동 및 충격에 대한 대응성이 우수하여 방수층의 파단 및 들뜸을 최소화함에 따라 품질 및 내구성 향상을 기대할 수 있다.

2) 시공성 확보

작업원의 숙련도에 의해 시공성이 결정되는 기존 도막 방수 공법에 비해 본 재료는 스프레이장비를 이용하여 시공하기 때문에 일정한 도막두께와 안정적인 시공을 할 수 있는 재료이다. 또한 기존 시트류 방수재는 돌출부, 곡면과 같은 구조부에 시공이 어려우나 본 방수재는 스프레이식이므로 시공조건에 상관없이 시공이 가능하며, 재료에 점도 조정재를 첨가하여 수직부나 천정부 시공 시 흘러내리지 않는 속경성 재료로써 재료 경화 후에도 고온에 의한 흐름이 발생되지 않는다.

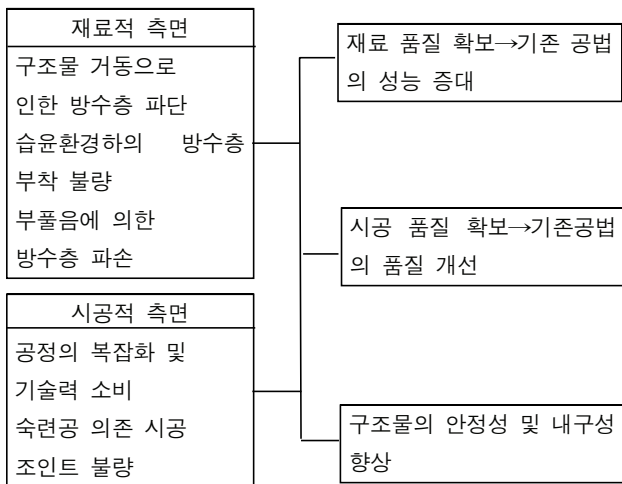


그림 2. 기존 방수공법에 대한 스프레이식 페고무 용융 액상 방수재의 대안

3.3.3 개발 재료의 성능평가

1) 개요

국내의 지하환경에 원활한 기술지원을 위한 방수재료 및 공법에 대한 적정 성능평가가 이루어지지 못한 상황에서 무분별하게 사용됨에 따라 하자 발생율이 높고, 균열저항에 대한 성능미비가 예상되고, 결국 방수 기능을 제대로 지속시키지 못하는 상황에 이를 수 있다.

이에 본 항에서는 표 1과 같이 페타이어 용융 액상 도막 방수재의 성능평가를 수행하였다.

표 3. 페타이어 용융 액상 도막방수재

시험 항목	시험 목적
거동대응성능	바탕구조체 거동에 따른 균열부위에 대한 재료의 균열거동 대응성 평가
내피로성능	온도변화에 의한 콘크리트면 균열의 수축, 팽창에 대한 내후성을 평가
내화학성능	화학물질에 대한 저항성 평가
내투수성능	뿔칠 방수재의 치밀한 방수성과 투수 저항성을 평가

2) 성능 평가

① 구조물 거동대응성능 시험

시험체는 KS F 2451에서 규정하는 모르타르를 사용하여 제작한 것으로 하며, 시험체의 형태는 그림 5와 같이 지름 180mm, 높이 260mm되는 원형으로 한다. 만능인장시험기에 원형 시험체를 설치하여 거동폭 5mm(허용오차 ± 0.2 이내), 거동속도 5mm/min로 설정하여 상온(20±3℃)에서 100회 거동, 저온(-10±2℃)에서 100회 거동한다. 그 후 방수층의 찢김 여부를 확인하기 위해 상온(20±3℃)에서 물을 채운 후 다시 100회 거동하고, 물이 투수되는지를 관찰한다. 단, 시험체는 건조 바탕면과 습윤바탕면으로 구분하고, 그 위에 방수층을 시공하는 것으로 한다. 습윤 및 건조 시험체를 대상으로 방수층을 시공한 거동시험체를 제 1 단계→제 2 단계→ 제 3단계의 과정을 진행하면서 각 단계별로 누수유무를 확인하고, 누수가 확인된 시험체는 시험을 중단한다.

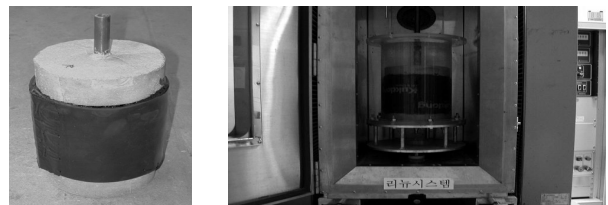


사진 3. 거동대응성능 시험현황

시험결과 총 300회의 거동과정에서 상온, 저온, 수중 모두 누수의 결과는 없는 것으로 나타났다.

② 내피로성능 시험

본 시험은 두께 8mm의 C.R.C 판(섬유강화판)을 나비 120mm, 길이 400mm로 절단하고 그 뒷면을 중앙부에서 나비 방향으로 깊이 약 4mm 정도 홈을 판 것을 사용한다. 완성된 시험판 위에 점착시트를 시공한 후 온도 0℃ 및 20℃에서 0.5mm~2.5mm의 확대 축소를 5분에 1회의 비율로 500회 반복시킨 후 방수재의 파단여부를 관찰한다.

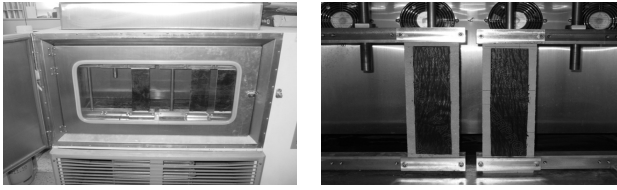


사진 4. 내피로 성능 시험 현황

본 시험결과 사진 5와 같이 뿔칠 방수재의 찢김 현상 등이 발생되지 않았으므로 현장적용 시 온도변화에 따른 수축팽창이나 거동이나 균열 등에 대한 피로에 적절히 대응 할 것으로 판단된다.

③ 내화학성능 시험

본 시험은 KS F 4935에 의거하여 직경 $\varnothing 65\text{mm} \times 10\text{mm}$ 의 실링재를 주입한 후 온도 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$, 상대 습도 $(65 \pm 5)\%$ 의 시험실에서 3일간 정치한다. 각각 성형된 시험체는 황산(2%), 염산(2%), 질산(2%) 용액 속에 7일간 침적시켜 중량변화, 변색유무를 체크하고 그 상태를 확인한다.

본 내화학성능 시험결과는 표 1과 같이 황산 -0.1 염산 -0.1, 질산 -0.1로서 이는 KS F 4935 "누수보수용 주입형 실링재"에서 규정하고 있는 -0.1%이내를 만족하는 것으로 나타났다.

표 4. 페타이어 용융 액상 도막방수재의 내화학성능 시험결과

시험 항목		품질 기준	결과	
내 화 학 성	변색 유무	황산(2%), 20±2℃	이상 없을 것	
		염산(2%), 20±2℃	이상 없을 것	
		질산(2%), 20±2℃	이상 없을 것	
	중량 변화율 (%)	황산(2%), 20±2℃	-0.1 이하	-0.1
		염산(2%), 20±2℃	-0.1 이하	-0.1
		질산(2%), 20±2℃	-0.1 이하	-0.1

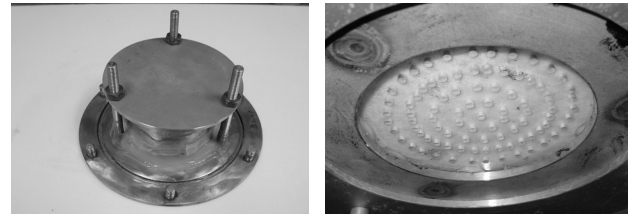
④ 내투수성능 시험

시험체는 양생이 끝난 시험체 하부에 지름 3mm 구멍을 9개 뚫고, 하부 투수시험편 위에 구멍이 뚫리지 않은 $\varnothing 100 \times 30\text{mm}$ 의 모르타르판(상부 투수 시험편)을 올려 놓을 수 있도록 15×10mm의 강재 간격재를 예폭시 수지 접착제를 사용하여 3개소에 설치한다.

온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 대기중에서 투수 시험편에 실링재를 주입하여 24시간 후 KS F 4919에서 규정하는 투수 시험장치를 이용한 시험을 할 수 있도록 수조를 씌워 $0.3\text{N}/\text{mm}^2$ 의 수압을 1시간 동안 가한 후 투수 시험을 하여 재료에 대한 투수 유무를 확인한다.



사진 5. 내화학성능 시험 현황



▲투수저항시험용 시험편 ▲투수시험 후 (1시간 경과)
사진 6. 내투수성능 시험

본 투수저항성능 시험결과 3 시험체 모두 투수가 되지 않았다.

4. 결 론

본 연구의 과정을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 지금까지 본 연구에서는 지하구조물 합벽구간 및 기초 콘크리트의 외방수를 위한 시공환경상 어려움을 극복하고 시공성에 제약을 받아오던 점착 유연형 방수 씌재를 고온(약 200°C) 고압(약 $100 \sim 120\text{kgf}/\text{cm}^2$) 뿔칠형 장치를 개발하여 현장 적용함으로써 넓은 면적에 대한 시공성 개선으로 공사기간 단축은 물론 균질한 방수층 형성으로 장기적인 내구성을 확보할 수 있는 기술적 기반을 마련할 수 있을 것으로 판단된다.
- (2) 방수 시공방법에 있어서 반응경화형 타입의 2액형 스프레이 공법이 주류였다면, 품질의 안정성, 제품의 보관성, 시공의 편리성 등이 가능한 1액형 방수재를 이용한 스프레이 공법으로 발상전환 및 기술개발이 가능할 것으로 보인다.
- (3) 뿔칠형 방수공법의 적용을 위해 고안된 페타이어 용융 액상 도막방수재의 성능평가 결과 구조물 거동대응성능, 내피로성능, 내화학성능, 내투수성능을 갖고 있으므로 시공상에 있어 적절한 방수기능을 갖고 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김은겸, 신치범, 이윤한, 콘크리트 구조물의 염화물이온 침투 거동해석, 한국콘크리트학회논문집, 제9권 6호, 1997, pp.233-241
2. 문한영, 이승태, 김홍삼, 김진철, 시멘트모르타르의 황산염 및 해수침식에 대한 저항성, 대한토목학회논문집, Vol. 20, No. 3-A, 2000, pp.43-52
3. 오상근, 점착·팽창성 유연형 방수재를 이용한 방수·누수보수 및 유지관리 기술, 서울산업대학교 건설기술연구소, 2000
4. 오상근, 지하구조물의 방수 및 누수 안전을 위한 방수시스템의 평가 방법 제안, 시설안전, 2005.가을 제19호
5. 오상근 외, 방수공사 핸드북, 대한미장협회, 1997.
6. 오상근 외, 실무자를 위한 방수공사 메뉴얼 도서출판 건설도서
7. 한국 건설기술연구원, 건설기술 정보센터 방수 시공 종합 정보집 1998.
8. 현대건설기술연구소, 실무자를 위한 방수공사메뉴얼, 건설도서, 2003.4