

비가황 고점착·고탄성의 균질시트를 이용한 지하 외방수공법에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Outside Waterproofing Construction Method of Underground Structures Using the High-Adhesion and High-Elasticity of Unvulcanized Sheet

소 옥 동* 김 선 화** 권 기 주*** 광 규 성**** 오 상 근*****
Shao, Xu-Dong Kim, Seon-Hwa Kwon, Ki-Joo Kwak, Kyu-Sung Oh, Sang-Keun

Abstract

It has been found that existing detects at the junction between waterproofing layer as well as the material and the surfaces of the construction when waterproofing sheet is employed in the currently used unground structures waterproofing technology , causing a series of problems such as the high cost to the maintenance for leakage and the durability.

The purpose of this study is about reducing the waterproofing defects in underground structures, consequently, the homogeneous sheet which has some quality such as the unvulcanizate, high-adhesion and high-elastic was examined on physical properties. As a test result, it was confirmed to have satisfied performance about the ks. However, it must be continued to study through mock-up test for confirming of site application.

키 워 드 : 비가황, 고점착, 고탄성, 지하외방수

Keywords : unvicanized, high-adhesion, high-elasticity, unground structures waterproofing

1. 서 론

기존 지하 구조물에 시공되어진 방수층의 하자발생에 대한 주된 원인·분석 결과 방수시공 후 토사를 매립하는 과정에서 수직의 외부응력이 발생되어 보호층과 방수층은 순차적인 바탕과 부착력 저하로 박리된다. 이때 박리된 시트방수재는 지하층의 증가로 인해 동시다발적으로 처지게 되는 문제가 발생되고 있다.

또한, 시트방수재의 부착 시공에 있어 휘발성 유기용제(신너, 톨루엔, 크실렌 등) 및 아스팔트 용융, 토치의 사용으로 밀폐된 곳(지하구조물)에서 작업자의 유독성 물질에 대한 중독과 화상, 화재 위험성이 작업장 내에 항시 존재하고 있어 그 개선이 시급한 실정이다.

이에, 본 연구에서는 기존 방수공법의 시공성을 개선하고

지하구조물에서의 방수 하자발생을 저감할 수 있는 새로운 개념의 방수재에 관한 연구로 비가황 고점착·고탄성의 균질시트(이하 '2H-UN-SHEET'이라함)를 이용한 외방수재의 적용성을 평가하기 위하여 관련 KS규격 및 응용실험을 통하여 지하구조물의 장기적 내구성을 확보하고자 한다.

2. 지하 외방수시스템의 이해

2.1 기존 지하 외방수공법의 문제점

2.1.1 구조물 거동에 의한 방수층 균열·파단 형상

콘크리트 구조물의 거동은 온도변화, 부동침하, 지하수위 변화 등에 따라 발생된다. 이러한 구조물 거동은 콘크리트 구조물의 균열을 발생시키고, 그 위에 시공되어 있는 방수층에도 무절점 인장응력을 발생시켜 방수층을 파손시키는 문제점을 안고 있다. 방수층의 파손으로 인한 콘크리트 구조물의 장기적 내구성은 물론 사용자의 안전성에도 큰 위협으로 작용하고 있다.¹⁾

* 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정회원
** (주)OP, 대표이사, 정회원
*** 원자력발전연구소, 수석연구원, 정회원
**** BK방수기술연구소, 소장, 정회원
***** 서울산업대학교 공과대학 건축학부 교수, 공학박사, 정회원

2.1.2 겹침부 시공불량 및 열화현상으로 인한 누수현상
 일반적으로 시트 방수 시공시에는 반드시 시트간의 겹침부가 많이 발생하게 된다. 특히, 겹침부 시공 시 겹침부위는 시공불량에 따른 누수의 직접적인 주요 원인이 되어 주요 누수 경로를 제공할 수 있다.²⁾

2.1.3 바탕 콘크리트면과 접착 불량으로 인한 박리현상
 지하 구조물에서 방수층 시공시 수분, 습기 등에 의해서 부착성 부족으로 인한 방수층이 콘크리트 표면에서 박리 및 들뜸 현상이 일어나게 되어 침입수에 의한 누수가 발생할 수 있다.³⁾

2.2 2H-UN-SHEET를 적용한 지하 외방수시스템

2.2.1 2H-UN-SHEET 의 개념

2H-UN-SHEET는 고탄성시트(TPU)하부에 연질형 자착식 부틸고무를 부착하고 시트 상부면에 방수보호재와 박리유도재를 부착하여 일체화시킨 지하 외방수용 방수시트이며, 그 개념도는 <그림 1, 2>와 같다.

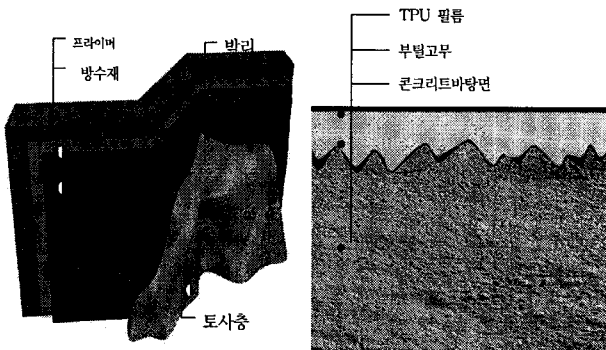


그림 1. 방수층의 시공 개념도

그림 2. 부틸고무 시트방수재 바탕면 밀착 모식도

2H-UN-SHEET의 고탄성 TPU(열가소성 폴리우레탄) 필름은 합성고무층만으로는 부족한 방수재의 인장력과 신장률을 보완하여 내균열성능을 확보하였다.

2.2.2 2H-UN-SHEET의 특징

2H-UN-SHEET 방수재의 고탄성TPU 필름 하부 연질형 부틸고무의 부착으로 바탕면의 코너부, 꺾임부, 요철면 등에 대한 내굴곡성(성형성 양호)으로 밀착시공이 가능하다. 그 밖의 방수성, 내후성, 충격에너지 흡수성, 감온성이 좋아 환경변화(동절기/하절기)에 의한 방수재의 물성변화와 시공품질 저하

- 1) 배기선 외, 콘크리트 구조물의 균열에 의한 누수문제와 안전 기술의 방향, 대한토목학회, 2006.10.
- 2) 오상근, 구조물진단학회지, 제3권 제2호, 콘크리트 구조물의 방수 및 누수 보수 기술의 새로운 접근, 1994

가 없다. 겹침부 시공시 방수층(부틸고무+TPU 필름)의 폭 보다 방수보호층 폭이 겹침부의 폭만큼 작게 되어 부직포로 인한 시공단차가 발생되지 않아 일체화된 방수층 형성으로 보다 안정적인 방수층을 형성할 수 있다.

2.2.3 2H-UN-SHEET의 구성 원리

2H-UN-SHEET 방수재는 고탄성 TPU필름 일면에 부틸고무 접착층을 부착하고 접착층의 하부에 박리지를 부착한 자착식 부틸고무 시트방수재이며, 상부에 폴리에틸렌 부직포 방수보호재와 박리유도재를 기계적으로 부착하여 일체화시킨 방수시트재이다. 또한, 겹침부에서의 일체화 시공을 위해 부틸고무시트와 방수보호재의 크기를 달리하여 겹침시 일체화 연결될 수 있도록 하였다

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험 계획

본 연구에서의 지하외방수공법은 콘크리트 구조체의 거동에 따른 소요의 정형성을 고려하여야 한다. 이를 평가하기위해 내피로성능, 구조물 거동대응성 시험을 실시할 필요가 있다. 또한, 기본적인 시트방수재의 내구성능을 평가하기 위해 열화처리 후 인장성능, 신장시 열화성상 시험을 통하여 열화현상(가열, 알칼리, 산)에 대한 저항성을 파악하여야 하며, 접합부 벗김 저항성 측정을 통해 시트방수재의 가장 취약부라고 할 수 있는 시트간 접합부의 접합 안정성을 평가하고 접합부 투수 저항성 및 내용폭패임 저항성 시험으로 수압 환경하에서의 방수 성능을 유지하고 지속적인 국부하중에도 견딜 수 있는 성능을 평가하고자 한다.

3.2 실험 방법

3.2.1 열화처리 후 인장성능 시험

- 가) 가열처리 : 챔버 속 온도는 $80 \pm 2^\circ\text{C}$, 가열시간은 16시간으로 한다. 가열 후 시험편은 표준상태에서 4시간 이상 정지한 후 인장성능 시험을 한다.
- 나) 알칼리 처리 : KS M ISO 6353-2(R34)에 규정하는 특급품(수산화나트륨) 0.1% 수용액 속에 KS M 8070에 규정하는 1급품(수산화칼슘)을 포화시킨 용액속에 시험편 5개를 168시간 침지시킨다. 침지 후 시험편을 물로 충분히 씻어 마른 형질로 닦고, 표준상태에서 4시간 이상 놓아두어 인장성능 시험을 한다.
- 다) 산 처리 : 산 처리는 KS M ISO 6353-2(R37)에 규정하는 특급품(황산) 2% 용액 400ml속에 시험편 5개를

168시간 담가 둔다. 침지 후 시험편은 물로 충분히 씻어 마른 형질로 닦고, 표준상태에서 4시간 이상 놓아 둔 후 인장성능 시험을 한다.

3.2.2 접합 성상

가열처리는 시험체를 가열 항온기에 80±2℃로 168시간 동안 유지하고 알칼리처리는 포화된 수산화칼슘 용액에 168시간 동안 침지 시킨 후 유지구에 눈금 간이 물림 간격이 되도록 시험체를 부착한다.

접침 길이 40mm인 시험체를 눈금 간 70mm가 될 때까지 신장하여 24시간 표준 상태에 놓아 둔다. 정치 후 시험편을 유지구에서 떼어내어 표준 상태에 4시간 정치한 후 기준선으로부터의 어긋남 및 박리된 길이를 측정하여 이상 유무를 조사한다.

3.2.3 벗김 저항성능(접합부) 시험

100×50mm의 방수시트의 절반을 현장에서의 시공방법과 유사하게 자착면과 TPU 필름층을 부착시키고 3kg의 톨러로 3회 압착한다. 부착되지 않은 절반의 양 끝단은 만능인장시험기(U.T.M)를 사용하여 표준상태에서 200mm/min로 인장한다. 시험 후 다음 식에 의해 계산하며, 평균치로 나타낸다.

$$T_B = \frac{P_B}{W}$$

T_B : 벗김 저항성(N/mm)
 P_B : 최대하중(N)
 W : 시험편의 폭(50mm)

3.2.4 내음폭 폐임 저항 성능 시험

300×300×60mm의 콘크리트 평판 위에 시트방수재를 평탄하게 설치하고 9kg의 음폭폐임 시험기구를 사용해 표준상태에서 48시간 동안 가압한다.

3.2.5 내피로 성능 시험

150×100mm의 CRC보드 2개를 긴방향으로 마주대고 아스팔트 프라이머를 도포한 후 중앙에 150×50mm의 방수시트를 부착시킨다. 거동 폭 2mm, 거동속도 1회/10min으로 1000회 반복한 후 표면관찰한다.

3.2.6 구조물 거동 대응성능 시험

만능재료시험기(U.T.M)에 지름 180mm, 높이 260mm되는 원형 시험체를 설치하고 <그림 3>과 같이, 거동 폭 4.5mm(허용오차 ± 0.2이내), 거동속도 5mm/min로 설정하여 상온(20±3℃)에서 물을 채운 후 300회 거동한다. 이상 없을시 물을 비워 저온(-10±2℃)에서 300회 거동하며, 방수층의 누수여부를 확인하기 위해 물을 채워 누수확인과 방수층의 들뜸, 파단

등을 평가한다.

염수 시험의 경우 시험체를 염수5%에 168시간 침적시킨 후 일반시험과 동일한 조건하에서 위와 같은 방법으로 시험한다.

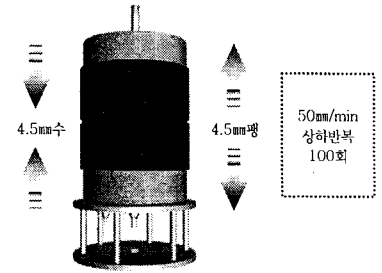


그림 3. 구조물 거동 대응성능 시험 개념도

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 열화처리 후 인장성능 시험

열화처리 후 인장성능과 무처리 인장성능 시험을 비교해본 결과 가열처리 및 알칼리처리, 산처리 모두 무처리 시험체에 비하여 다소 높거나 낮은 것으로 확인되었다.

위와 같은 시험결과로 2H-UN-SHEET 방수재의 부틸고무와 TPU필름은 여름철 외부환경에 노출되었을 때나 되메우기시 토양속의 산이나 알칼리 등의 화학적 성분에 의해 크게 영향을 받지 않는 것으로 확인되어 열악한 환경에 대한 본 재료의 내화학성 및 내열성이 확보된 것으로 판단된다.

열화처리 후 인장성능 시험결과는 다음 <그림 4>와 같다.

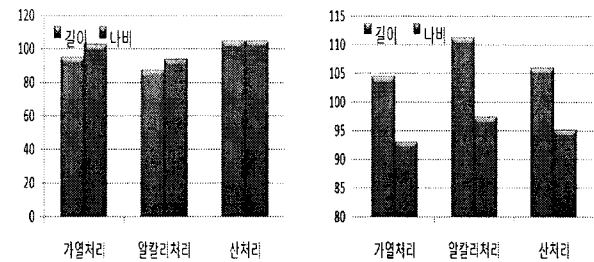


그림 4. 시트 방향별 열화처리 후 인장성능 시험결과 성능기준

4.2 접합 성상

시트방수재의 접합 성상 시험 결과는 무처리 시험체와 가열처리 및 알칼리처리 후의 모든 시험체에서 기준선으로부터 어긋남 및 박리가 발생되지 않았으며, 해로운 어긋남 등 이상한 곳이 관찰되지 않아 모든 시험체에서 관련 KS 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

시트방수재의 시험결과는 다음 <표 1>과 같다

표 1. 시트방수재의 접합 성상 시험결과

순서	시험결과(육안관찰)			비 고
	무처리	가열처리	알칼리처리	
1	이상 없음	이상 없음	이상 없음	-
2	이상 없음	이상 없음	이상 없음	
3	이상 없음	이상 없음	이상 없음	

위와 같은 시험결과로 본 2H-UN-SHEET방수재 접침부에 대한 고온 및 알칼리 환경에서의 치수안정성이 양호한 것으로 판단된다.

4.3 벗김 저항성능 (접합부) 시험

2H-UN-SHEET 방수재 자차 특성에 의한 시트상간 접합부의 선상 접합 강도인 내 벗김 저항 성능 시험을 통해 접착 강도를 평가한 결과 1.84N/mm로 측정되었다.

벗김 저항 성능 시험결과는 다음 <표 2>와 같다.

표 2. 벗김 저항 성능 시험결과

순서	시험결과 (N/mm)	성능기준	비 고
1	1.82	1.5N/mm 이상	-
2	1.98		
3	1.72		
평균	1.84		

위와 같은 시험결과로 관련 KS 규격을 만족하는 것으로 확인되어 본 시트방수재의 TPU 필름과 부틸고무간의 일체화된 접착으로 기존 시트방수재에서의 취약부인 조인트부에서의 방수 안정성을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

4.4 내음폭 패임 저항 성능 시험

방수 시트의 내 내음폭패임 저항성능을 규정하기 위한 시험이며, 추를 올려놓고 일정 시간의 경과 후 방수시트의 두께 감소량을 측정하는 시험이다. 방수재의 내음폭패임 시험 후 내정수압성능 시험결과 투수 되지 않았다.

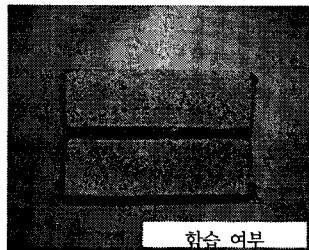


사진 1. 투수시험 결과

(수압: 0.3N/mm², 24시간 경과)

위와 같은 시험결과로 방수시공 완료 후 흡 되메 우기시 발생할 수 있는 골재에 대한 음폭패임 손상이나 지하 구조물에서의 장기간 지속적인 누름층 하중에 본 시트방수재의 TPU 필름은 일정 이상의 내구성으로 비노출공법의 방수성능에 이상이 없는 것으로 판단된다.

4.5 내피로 성능 시험

경화된 콘크리트 구조물의 바탕면 불연속부에 생기는 거동에 대한 시트방수재의 피로 저항성을 검토한 결과 본 2H-UN-SHEET 방수재의 표면에 잔갈림이나 찢김, 파단 현상은 발생되지 않았다.

이는 콘크리트 구조물이 동결융해나 진동을 유발하는 환경 등의 지속적인 거동에 의해 균열발생시 본 시트방수재료는 이에 대한 추종성을 갖는 것으로 판단될 수 있으므로 현장 적용에 있어 효과적인 것이라고 사료된다.

내피로 성능 시험 결과는 다음 <사진 2, 3>과 같다.

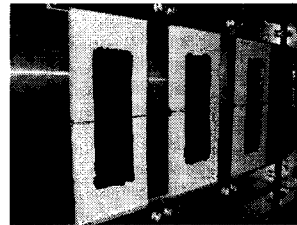


사진 2. 내피로성능 시험편

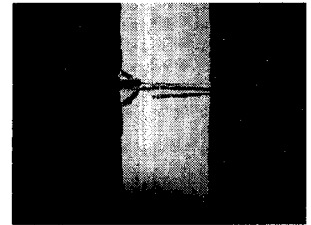


사진 3. 시험결과 확인

4.6 구조물 거동 대응성능 시험

2H-UN-SHEET 방수공법은 연결형 부틸고무의 향상된 점착력과 손쉬운 성형으로 구조물 거동 대응성 방수층 시공에 있어 접침부, 관통부 등의 방수취약부에 바탕면과 방수층간의 일체화로 구조물 거동(거동 폭 4.5±0.2mm)에 따른 들뜸이나 파단 등의 누수가 발생되지 않았다.

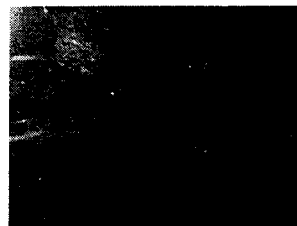


사진 4. 시험 후 방수재 파단 여부 관찰(이상없음)

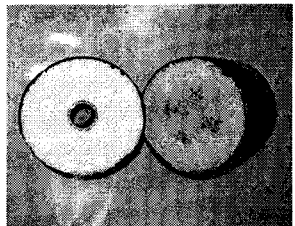


사진 5. 시험 후 2등분하여 누수확인(이상없음)

5. 결 론

본 연구에서는 부틸고무시트와 TUP필름을 적층한 균질시트 방수재의 기본적인 성능을 평가한 결과는 다음과 같다.

- 1) 비가황 고점착 고탄성의 균질시트 방수재의 재료적 물성은 KS F 4911(합성 고분자계 방수 시트)의 시험항목인 가열 신축 성상, 열화처리후의 인장성능, 접합 성상의 성능기준에 모두 만족하고 있는 것으로 확인되었다.
- 2) 또한, 인용규격으로 KS F 4934(자차식 고무화 아스팔트 방수 시트)의 시험항목인 접합부 벗김저항성능, 내음폭 패임성능, 내피로성능의 기준에도 만족하고 있어 시트방

수재로써 사용에 적합함을 확인하였다.

- 3) 물성평가에 있어서도 지하 외벽방수의 장기적인 방수안정성을 확보하는데 적합한 재료임을 확인할 수 있었다.

앞으로 본 2H-UN-SHEET를 지하 외방수 현장에 적용함에 있어 재료자체의 품질확보 뿐만 아니라 현장 품질관리 기준 마련과 현장 Mock-Up Test를 통한 지속적인 연구가 뒤따라야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 배기선 외, 콘크리트 구조물의 균열에 의한 누수문제와 안전 기술의 방향, 대한토목학회, 2006.10.
2. 오상근, 구조물진단학회회지, 제3권 제2호, 콘크리트 구조물의 방수 및 누수 보수 기술의 새로운 접근.1994
3. 오상근, 지하구조물의 방수 및 누수 안전을 위한 방수시스템의 평가방법 제안, 시설안전, 가을 제19호. 2005