

비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 이용한 지하 외방수 공법에 관한 연구

A Study on the Outside Waterproof Method of Ground using Wire-mesh and Non-hardening Viscosity Waterproof Business

문 유 석*
Moon, You-Seok

이 신 춘**
Lee, Sin-Chun

권 기 주***
Gwon, Gi-Ju

오 상 근****
Oh, Sang-Keun

Abstract

Underground structures are built into concrete like a architecture and public works. Concrete has watertightness as such. But buildings are leaking from the cracks. Recently, construction method do a lot of close construction in the downtown area. So architects are using the method for the outer layer of a two-layer wall to save spaces. They have been using Top-down method and waterproof agent method and others to outer layer of a two-layer wall method. But, There are many leakage in underground structure from lack on requirements performance of materials.

Therefore, I hope to test the outside Waterproof Method of Ground using Wire-mesh and Non-hardening Viscosity Waterproof. In addition to, I wish to apply as outside waterproof method for the section for the outer layer of a two-layer wall in underground structure.

키워드 : 지하 구조물, 합벽 공법, 보강메쉬

Keywords : Underground structure, Method for the outer layer of a two-layer wall, Wire-mesh

1. 서 론

1.1 배 경

최근 국가적 차원의 지원에 힘입은 사회간접시설의 확충과 IT 산업의 급속도의 발전으로 통신구 등과 같은 지하 구조물의 건설이 많아지고 있는 추세이다. 뿐만 아니라 도심지와 같은 밀집지역 시공으로 인해 건축공간의 부족으로 건축공법의 합벽공법이 활성화되고 있다. 이에 따라 건축구조물의 안전과 내구성을 확보하기 위해 역타설 공법, 구체방수 공법 등이 적용되고 있으나, 사용재료의 요구 성능 부족으로 박리, 파손 등의 결함이 발생하여 누수하자 문제로 이어지고 있다.

건축 구조물 혹은 토목시설물 등의 지하 구조물은 대체로 콘크리트로 건설되어 있다. 콘크리트 구조물은 완전한 수밀성을 갖고 있지는 않지만 난(難) 투수성(透水性) 재료로서 콘크리트 구조물은 어느 정도의 물을 흡수하지만 물을 통과시키지는 않는다. 그러나 온도환경 및 사용조건에 따라 구조물에 발생하는 균열과 시공과정 및 환경조건에 따라 어쩔 수 없이 나타나는 결함부를 통해 지하수가 침투하게 된다. 이는 콘크리트

의 안정성 및 내구성을 저하시키고, 실내의 설비, 장치, 거주성 등을 악화시켜 왔다.

따라서 본 연구에서는 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 이용한 지하 외방수 공법의 시험체를 대상으로 다양한 성능 평가를 실시하여 재료의 현장 적용에 있어서의 적정성 여부를 비교 분석하여, 이를 통해 지하 구조물에서 합벽 구간의 외방수 공법으로 활용하고자 한다.

1.2 지하 외방수 선행공법의 요구 성능

지하 외방수 공법은 지하 합벽구간에 시공되어 다음과 같은 재료 및 시공적 성능이 요구된다.

- (1) 콘크리트 구조체와 일체화 시공 : 합벽구간(숏크리트면, 토류판)에 복합방수공법을 전시공 후 콘크리트를 타설하여 벽체를 구성하는 지하 외방수 공법으로써 타설 후 방수제가 타설 콘크리트에 의해 긴밀하게 일체화된 방수층이 형성되어야 한다.
- (2) 습윤바탕면 시공 : 지하 합벽구간에 지하수의 물이 유입되어도 시트 고정 후 방수제의 친수적(hydrophilic) 성질과 높은 점착 성질에 의해 시공이 가능하여야 한다.
- (3) 자가 치유성(self-sealing) : 구조물의 시공 및 사용 상 예외적인 악조건에 의해서 방수층이 손상되어 수분이 유입 될 경우에도 방수제의 친수적(hydrophilic)

* 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정회원
 ** 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정회원
 *** 원자력 발전 연구소, 수석연구원, 정회원
 **** 서울산업대학교 공과대학, 건축학부 교수, 공학박사, 정회원

성질과 수화팽창특성에 의해서 균열부를 밀폐(실링)시키는 자체 회복능력을 가져야 한다.

- (4) 사후 유지관리의 용이성 : 방수층 시공 후 일정 기간이 경과하여 노후 및 다양한 지하 환경조건(지하수, 구조체 거동, 온도 등)에 의해 부분적으로 손상되어도 방수제를 주입하여 방수층을 재형성하는 것이 가능하여야 한다.
- (5) 시공의 용이성 : 방수층 시공시 토치 또는 열풍기를 사용하지 않아 시공이 간편하며, 적층하여 시공함으로써 일정한 도막두께 확보가 가능하여야 한다. 또한 시공 후 별도의 양생기간이 필요없기 때문에 후속공정(콘크리트 타설)이 가능하여 공기단축의 절감효과가 있어야 한다.

2. 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 이용한 방수공법의 특성

2.1 방수층의 구성 원리

본 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 이용한 지하 외방수 공법은 고밀도 폴리에틸렌 시트에 비경화성 점착 방수제를 적층하고 보강메쉬를 결합한 복합 공법으로써 방수층을 선 시공 후 콘크리트를 타설하여 일체화시켜 벽체를 구성하는 역타설 시공 방법으로 기존 지하 외방수 공법에서의 문제점인 콘크리트와의 부착성 및 접합부의 시공불량에 따른 문제점을 보완한 지하 콘크리트 구조물의 외방수 공법이다. 공법의 구성 원리는 다음 표 1.과 같다.

표 1. 지하 역타설 방수공법의 방수층 구성 원리

시공 순서	시공 항목
1차 시공	고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 시트 시공
2차 시공	비경화성 점착 방수제 시공
3차 시공	보강메쉬 시공
4차 시공	수용성 필름 시공

2.2 방수층의 구성 재료에 대한 특징

(1) 고밀도 폴리에틸렌 시트

본 고밀도 폴리에틸렌(High-Density Polyethylene, THK 0.2) 시트는 에틸렌의 중합으로 생기는 사슬 모양의 고분자 물질로서 연결형 부틸고무의 상단부에 필름 형태로 부착되어 강도 보강 및 충격 완화 역할을 하는 소재이다. 고밀도 폴리에틸렌의 재료적 성질은 단단하고, 냄새 및 독성이 없으며, 다음 그림 1의 A와 같이 결정영역의 규칙성을 갖고 있으며, 분자

의 결정영역이 60~80%인 높은 화학적 기능을 갖는 열가소성 수지이다.

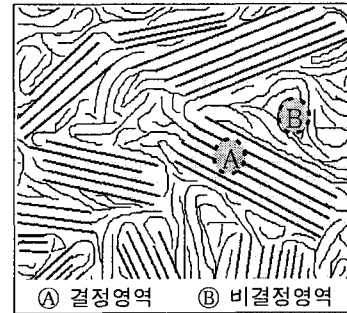


그림 1. 고밀도 폴리에틸렌의 결정화

(2) 비경화성 점착 방수제

비경화성 점착 방수제의 주요성분은 유화제 및 안정제 등을 함유한 물에 유화 분해시킨 유화아스팔트와 라텍스(SBR 합성고무와 천연생고무의 혼합물)를 사용하며, 가황제 및 가황 촉진제를 첨가하여 혼련시킴으로써 점탄성을 가지고 있다.

또한 계면 활성제, 흡수성 수지를 이용하여 습윤면에서 접착이 가능하며, 팽창성 무기분말을 이용하여 수중에서도 유실되지 않도록 팽창 특성을 갖는 재료이다.

(3) 보강메쉬

일정한 도막두께 및 콘크리트 타설시 골재에 의한 도막재의 손상 및 처짐을 방지해주는 보강메쉬는 폴리에틸렌(Polyethylene) 소재이다. 또한 상온에서 산, 알칼리에 침해되지 않아 내화학성이 우수하고, 흡수성, 내한성, 성형성이 좋은 재료이다.

(4) 수용성 필름

수용성 필름은 초산비닐수지(Polyvinyl Acetate)를 알코올에 무한팽윤 시킨 후 알칼리를 첨가하여 비누화(초산비닐 제거 정도)시킨 폴리비닐알코올(Polyvinyl Alcohol)이 주성분인 무색의 분말이며 비중은 1.21~1.31이다. 폴리비닐알코올의 제조 원리는 다음의 그림 2와 같다.

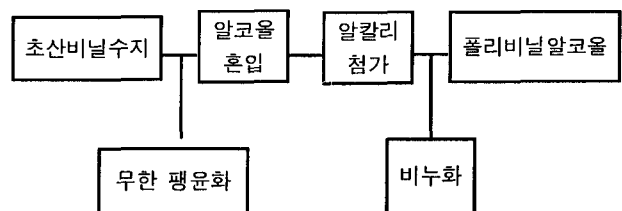


그림 2. 폴리비닐알코올의 제조 원리

수용성 필름의 특징은 인장강도가 강하고, 잘 마모되지 않는다. 또한 내유성, 유화성, 내약품성이 강하며, 기체 투과성이 작다.

2.3 방수층의 형성 과정

본 지하 외방수 공법은 합벽구간(토류판, 숏크리트면)에 고밀도 폴리에틸렌 시트(HDPE)에 비경화성 점착 방수제를 적층하고 보강메쉬와 수용성 필름을 순차적으로 시공하여 방수층을 형성하게 되며, 방수층 구성에 대한 모식도는 그림 3과 같다.

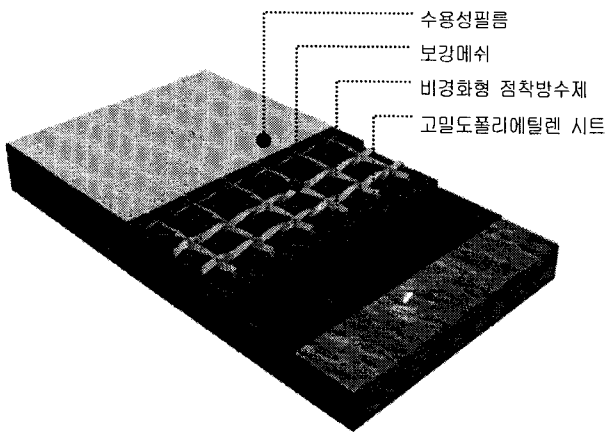


그림 3. 지하 외방수 공법의 방수층 시공 개념도

3. 시험 방법 및 결과

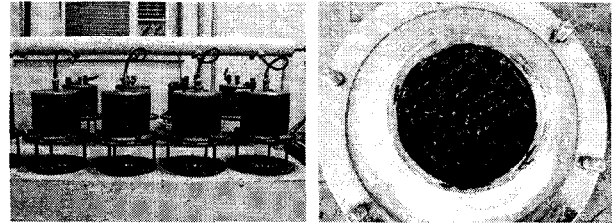
본 장에서는 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 이용한 지하 외방수 공법에 대한 성능평가로서 KS(한국산업규격)를 준용한 각각의 시험항목에 따라 시험 및 평가함으로써 방수성능을 검토하여 향후 지하 외방수 공법으로서의 가능성 및 시공성 등을 분석하였다.

3.1 투수 성능 시험

지하 구조물의 방수 성능을 발휘하기 위해서는 무엇보다도 방수제가 수밀성을 갖고 있어야 한다. 일반적인 지하 구조물에 수압이 0.2~0.3N/mm²가 작용하는 것이 우리나라의 현실로서 환경적 특성에 맞는 재료의 선정을 위해 투수 저항성을 시험하였다.

본 시험 방법은 KS F 4935를 준용하여 온도 20±2℃에서 구멍 뚫린 원형 아크릴판에 부직포를 설치하고, 시공 순서에 따라 고밀도 폴리에틸렌 시트를 시공한 후 비경화성 점착 방수제를 시공 후 보강메쉬와 수용성 필름을 순서대로 시공하였다. 완성된 시험체를 가지고 투수판 위에 실링 처리를 하였

다. 이와 같은 과정으로 총 3개의 시험체를 만든 후 실링이 경화되면 수조를 씌워 KS F 4919에서 규정하는 Out-Put 방식의 투수 시험기를 이용하여 0.3N/mm²의 수압을 24시간 동안 가한 후 본 재료에 대한 투수 유무를 확인하였다.



a) Out-Put 방식의 투수시험기 b) 투수 성능 시험체
사진 1. 투수 성능 시험 현황

본 투수성능 시험결과 표 2와 같이 24시간 동안 0.3N/mm²의 수압 조건에서도 3개의 시험체 모두 투수가 되지 않았다.

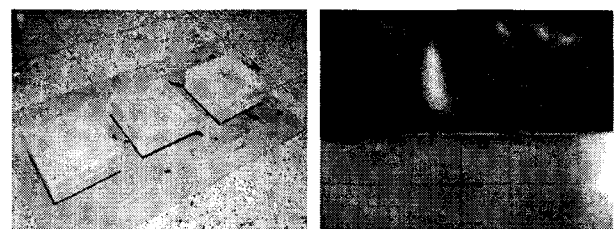
표 2. 투수 성능 시험 결과

구 분	시험 결과		
	측정치	평균	
투수 성능	①	투수되지 않음	투수되지 않음
	②	투수되지 않음	
	③	투수되지 않음	

3.2 누름 저항 성능 시험

비경화성 점착 방수제를 지하 구조물의 합벽구간에 역타설 시 콘크리트 타설 후에도 측압에 의해 방수층의 두께를 유지할 수 없을 경우 하자 문제로 이어질 수 있다. 콘크리트 타설 후 발생하는 측압에 대해 도막형성 후에도 두께유지 여부를 확인하기 위해 누름 저항 성능 시험을 하였다.

시험체는 1mm 눈금이 표시된 300×300 아크릴판 위에 시공 순서에 따라 고밀도 폴리에틸렌 시트, 비경화성 점착 방수제, 보강메쉬 및 수용성 필름을 순차적으로 적층하는 방법으로 시공 하였다. 시공된 시험체에 하중조건을 1kgf/cm²로 가압한 상태에서 24시간 정치하여 보강메쉬가 설치 시 비경화성 점착 방수제의 퍼짐 정도를 확인 하였다. 퍼짐 정도는 4면에서의 밀리는 정도(mm)를 평균값으로 계산하였다.



a) 누름 저항 성능 시험체 b) 누름 저항 성능 시험결과
사진 2. 누름 저항 성능 시험체 및 시험결과

비경화성 점착 방수제와 와이어 메쉬를 이용한 복합 방수 공법의 누름 저항 성능 시험 결과는 다음 표 3과 같이 1kgf/cm²로 가압한 상태에서 24시간 정치한 후 4면에서의 밀리는 정도는 평균 약 2.7mm로 나타났다.

표 3. 누름 저항 성능 시험 결과

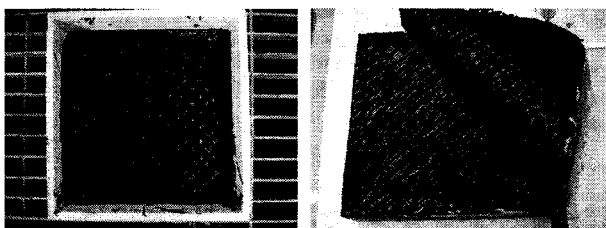
구 분		시 험 결 과	
		측정치	평균
누름 안정성(mm)	①	25	2.7
	②	3.0	
	③	3.0	
	④	2.3	

3.3 일체화 부착 성능 시험

본 공법이 지하 콘크리트 구조물의 합벽구간에 역타설 시공 시 지하 외방수 공법으로 적용하기 위해서는 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬가 콘크리트 타설 후에 긴밀한 결합으로 일체화가 되어야 한다. 만약 타설 후에 방수층이 부착되지 않을 경우 물길이가 형성되거나 들뜸 부위로 지하수가 유입되어 구조체 손상 및 누수 하자의 원인이 될 수 있다. 이에 역타설 후 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬가 콘크리트 표면과의 일체화 여부를 확인하고자 일체화 부착 성능 시험을 하였다.

본 시험은 300×300×70mm 몰드에 고밀도 폴리에틸렌 필름(HDPE), 비경화성 점착 방수제, 보강메쉬, 수용성 필름을 공정 순서로 시공한 후 모르타르를 타설하여 온도 20±3℃에서 7일간 양생 하였다. 양생된 시험체에서 몰드 해체 후 고정장치를 사용하여 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 모르타르 면에서 분리시켜 육안 관찰 하였다.

본 시험 결과 고밀도 폴리에틸렌 시트와 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬 및 수용성 필름을 순차적으로 시공한 뒤 역타설 공법으로 시공된 면에 콘크리트를 타설하고, 시험체를 상온에서 168시간(7일) 정치 후 방수층을 일부 제거한 결과 비경화성 점착 방수제가 콘크리트 면과 일체화된 것을 확인 할 수 있었다.

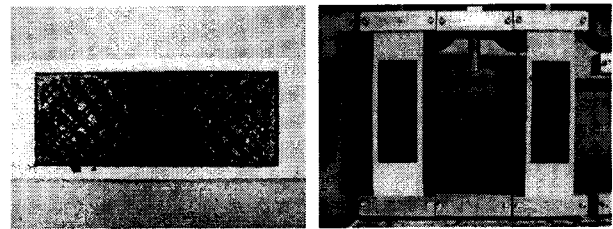


a) 일체화 부착 성능 시험체 b) 일체화 부착성능 시험결과
사진 3. 일체화 부착 성능 시험체 및 시험결과

3.4 내피로 성능 시험

지하 구조물에 시공된 방수층은 진동, 열팽창 및 수축에 의해 반복적인 거동이 발생한다. 특히 바탕의 시공이음부 및 균열 부위에 거동이 집중되며 반복적인 구조물 거동에 의해 방수층도 지속적인 피로 하중을 받게 된다. 이러한 피로 하중이 역타설 시공 된 본 방수층에 작용할 경우를 고려하여 방수층의 불연속부에서 생기는 거동에 대한 방수층의 피로 저항성을 검토함으로써 장기적인 시공 이음부 및 크랙의 거동 추정 안정성을 평가하기 위해 내피로 성능 시험을 실시 하였다.

본 시험방법은 15×10cm의 플렉시블판 2개를 긴 방향으로 마주대고 비경화성 점착 점착방수제를 부착시켰다. 이후 24시간 동안 표준 상태에 정치한 다음 거동폭 2mm, 거동 속도 2분당 1회로 -20℃ 및 20℃의 온도에서 각각 1,000회의 거동을 준 다음 시험체를 육안 관찰 하였다.



a) 내피로 시험체 b) 내피로 시험 현황
사진 4. 내피로 성능 시험체 및 시험 현황

본 내피로 성능 시험 결과는 -20℃ 및 20℃의 온도에서 각각 1000회의 거동 후에도 방수층이 파단되지 않은 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구는 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 이용한 지하 외방수 공법의 특징을 검토하고 재료의 시험 평가를 통해 본 공법이 지하 외방수 공법으로써의 적용성 여부 대해 연구한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 이용한 지하 외방수 공법의 시험체를 대상으로 투수 시험기를 사용하여 물의 투수여부를 확인하였으나 24시간 동안 0.3N/mm²의 수압 조건에서도 3개의 시험체 모두 물이 내부로 침투되지 않은 것으로 나타났다. 따라서 지하 외방수 공법으로서 현장 적용에 있어내투수성을 가지고 있다고 판단된다.
- 2) 비경화성 점착 방수제와 와이어 메쉬를 이용한 지하 외방수 공법의 누름 저항 성능 시험 결과는 시험체를 1kgf/cm²

로 가압한 상태에서 24시간 정치한 후 4면에서의 밀리는 정도는 평균 약 2.7mm로 나타났다. 그러나 실제 현장 적용 시의 밀림 정도는 현장 요건에 따라 다소 다를 것으로 판단된다.

- 3) 비경화성 점착 방수제와 보강메쉬를 이용한 지하 외방수 공법으로 시공된 면에 모르타르를 타설하고, 시험체를 168시간 정치 후 방수층을 일부 제거한 결과 비경화성 점착 방수제가 콘크리트 면과 일체화 된 것을 확인 하였다. 따라서 현장 타설 후에도 콘크리트 구조물과 방수층의 일체화를 가지고 있어 들뜸 현상으로 인한 지하수의 유입을 최소화 할 것으로 판단된다.
- 4) 비경화성 점착 방수제와 와이어 메쉬를 이용한 지하 외방수 공법의 내피로 성능 시험 결과 미세거동에 의한 방수층의 피로 파괴가 발생하지 않았다. 이는 균열의 거동에 의한 저항성을 가지는 것으로 판단된다.

이상의 결과에서 비경화성 점착성 방수제와 보강메쉬를 이용한 지하 외방수 공법은 비경화성 도막 방수제를 시공함으로써 연속적인 방수층을 형성하여 접합부가 발생되지 않음을 알 수 있었다. 특히 방수층을 형성하고 콘크리트를 후 타설하는 역타설 공법 및 습윤면 시공, 점착성, 유연성 등의 방수 특성으로 인하여 방수 바탕면의 요철 및 습기에 관계없이 방수층의 형성이 가능하다는 특징이 있다고 판단된다. 이러한 특성으로 인하여 방수층의 품질 및 안정성을 확보할 수 있어 그 활용 가능성이 크게 기대된다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 강혜정외, 콘크리트 구조물의 누수방지를 위한 점착·팽창성 유연형 도막방수제의 개발 및 적용에 관한 연구, 2002학년도 학술논문발표회 논문집, 2권, 1호, pp.65~68, 2002. 5
2. 건축재료교재 편찬위원회, 건축재료, 보성각, pp.238~269, 2005. 3
3. 광규성외, 콘크리트 구조물의 누수방지를 위한 방수층의 거동 대응성 평가방법, 구조물진단학회지, 10권, 2호, pp.3~8, 2006. 3
4. 오상근, 건축기술핸드북시리즈 방수공사, 기문당, (사)건축업협회 시공부회, pp.8~54, 2008. 1
5. 오상근외, 실무자를 위한 방수공사 매뉴얼, 도서출판 건설도서, pp.211~262, 2001. 3
6. 장혁수, 점착·팽창성 유연형 복합소재를 이용한 누수구조물의 방수층 성능복원공법개발에 관한 연구, 서울산업대학교 산업대학원 석사학위 논문, pp.16~47, 2006. 2
7. 최은규외, 피스톤 방식의 고온·고압형 뿔칠 장비를 이용하여 분사된 페고무 용융 액상 방수제 성능평가에 관한 연구, 2008년도 가을 학술발표 논문집, 12권, 2호, pp.277~281, 2008. 11.