

접착·팽창성 유연형 복합소재를 이용한 누수구조물의 방수층 성능복원공법에 관한 실험적 연구

An experimental study about the water leakage structure of waterproofing layer performance demobilization method using of stick expansion type complex of flexible material

장혁수*
Jang, Hyok-Soo

강호진**
Kang Hyo-Jin

송제영***
Song, Je-Young

오상근****
Oh, Sang-Keun

Abstract

In the reinforced concrete structure, Even if speak that water leakage occurrence is no problem to material, there is a lot of reasons construction factor, material damage by behavior structure, properties of matter change by years and water leakage part by environment condition. so, waterproofing technological consideration should be gone ahead.

In this research, we will study about stick performance, concrete surface adhesive, damage and blow. we will check all things and test it.

The stick expansion type complex of flexible material passed on result of standard.

It is conducive to concrete of durability by waterproofing layer performance demobilization technology on the water leakage structure for solution of problem and repair

키워드 : 접착, 누수, 방수층, 팽창, 유연형, 보수재

Keywords : stick, Water Leakage, Waterproofing layer, Expansion, Flexible, Repair Materials

1. 서론

1.1 연구의 배경

최근 주요 건설구조물(지하철, 교량, 터널, 공동구 및 상하수 처리시설 등의 토목시설, 아파트를 포함한 민간건축물과 박물관, 공항청사, 공연시설을 포함한 공공건축물)에 있어서 시공 중 또는 시공 이후 사용 중에 많은 누수 하자가 발생하여 구조물의 사용성저하, 내구수명감소, 안전성저하와 같은 문제가 사회적인 현안으로 제기되고 있다.

한편 이러한 문제에 대응하기 위한 방수 및 누수 보수의 기술에 있어서도 구조물 내부로의 물의 유입을 차단하려는 목적으로 지금까지 많은 재료와 공법을 사용하여 왔으나, 근본적 해결 방안이 되지 못하고 임시방편적 조치에 불과한 결과를 초래하고 있으며 이러한 반복적인 보수 공사와 시행착오로 지출되는 사회비용은 엄청나게 늘어나고 있는 실정이다.

1.2 연구의 목적

철근콘크리트 구조물에 있어 누수발생은 재료상으로는 문제가 없다고 하여도 결국은 다양한 시공상의 요인(재료 및 부

성의 한계), 구조체의 거동에 의한 재료적 손상, 경년변화에 의한 물성변화(물리적 및 내구성의 한계) 및 누수부위의 환경조건 따른 문제로 인하여 누수가 발생하게 되므로 시공에 있어서도 방수상의 기술적 고려가 선행되어야 한다.

그러나 지금까지는 콘크리트재료의 우수성에 모든 것을 의존하고, 후속적 유지관리차원의 조치를 취하지 않음으로서 일단 누수사고로 연결되면 그 대책을 찾기가 어려워 결국 사용상의 지장은 물론, 높은 보수비용의 소요와 함께 사회적인 문제까지 초래하게 되는 것이다.

이에 본 연구에서는 누수환경조건에서도 시공관리가 간편하며 구조체의 거동 및 경년변화에 따른 문제점들을 극복하고 접착·팽창성 유연형 복합소재를 사용하여 콘크리트 구조물의 내구성능을 향상시키고 건설시장에서의 효과적인 유지관리를 위한 활용방안을 제시하고자 한다.

1.3 연구의 범위

본 연구는 접착 팽창성 유연형의 특성을 지닌 본 조성물의 기초 물성을 파악하고 현장 적용에 있어서 물, 습기, 이물질이 고착된 기존 방수층과 콘크리트 표면과 본 소재의 부착성능(자가 부착력), 손상 및 들뜸의 복원성(자가치유 성능), 주입 시차에 따른 재료간의 계면분리여부 등을 실험을 통하여 검증하고자 한다.

* 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정회원

** 서울산업대학교 주택대학원 석사과정, 정회원

*** 울산대학교 산업대학원 석사과정, 정회원

**** 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수, 정회원

2. 기존 누수보수공법의 문제점

2.1 지하 구조체의 배면 그라우팅 보수공법의 문제점

- 주입되는 양의 측정이 곤란
- 강도저하(지하수에 희석되거나 지하수 내부로 확산)

2.2 콘크리트 누수 균열 보수공법의 문제점

- 바탕면과의 부착불량 발생
- 재료간의 계면분리 현상 발생
- 기존 방수층의 기능보완 불가능
- 거동 대응성의 한계

2.3 평면 슬래브 구조물 누수 보수 공법의 문제점

- 재료의 외부 노출로 인한 방수 수명 단축
- 방수층 보호층의 기능 저하
- 누름층 거동으로 인한 방수층의 손상

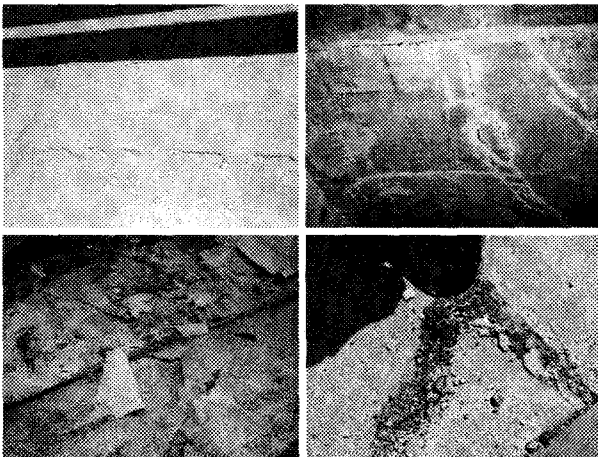


사진 1. 기존 누수보수공법의 문제점

3. 방수층 성능복원공법에 관한 매커니즘

3.1 배면주입에 의한 방수성능 복원공법

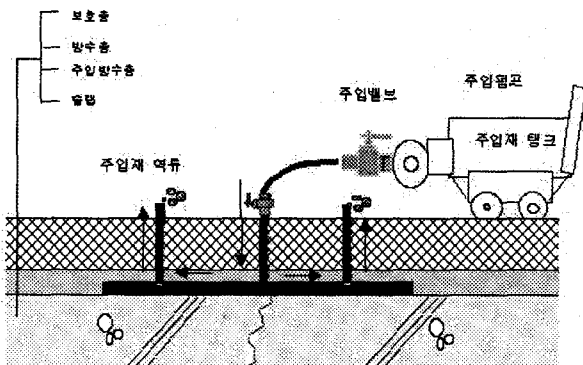


그림 1. 배면주입공법 개념도

3.2 직접주입에 의한 방수성능 복원공법

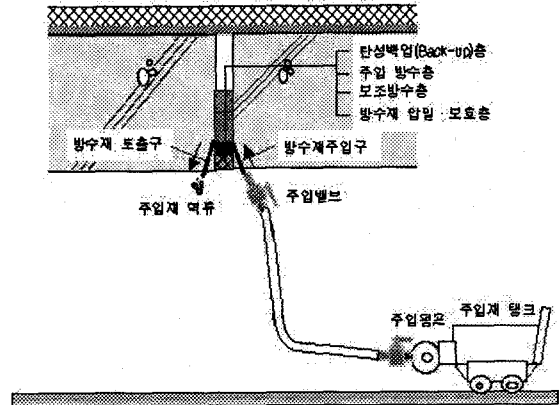


그림 2. 직접주입공법 개념도

4. 실험안 제시 및 실험방법

점착-팽창성 유연형 복합소재(이하 방수셀이라고함) 성능평가항목 및 시험방법은 표 1 과 같다.

표 1. 성능평가항목 및 방법

시험 항목		시험 방법	
방수 기본 성능	투수시험	수밀성시험	KS F 4919
		압착에 의한 수밀성시험	
	자가 복원 성능		KS F 4919
	자가 부착 성능	건조면	KS F 4919
		습윤면	
수중면			
내후성시험		KS F 2274	
거동 저항 성능		KS F 4920	
현장적용을 위한 응용실험	유실 저항성 시험		KS F 4935
	합수, 건조 후 투수시험		KS F 4919
	수팽창에 의한 방수층 복원 시험		

4.1 투수 시험

본 시험은 KS F 4919에 준한 (Out-put) 시험 방식(사진 3. 참고)을 사용하며 시험체에 방수셀을 도포한 후 0.3N/mm²의 수압을 3시간동안 가하여 시험체의 투수량으로 평가하였으며, 시험방법은 바탕시험체 위에 도포한 방수셀에 직접적으로 수압을 가한 방법(수밀성시험)과 바탕시험체와 바탕시험체 사이에 방수셀을 도포한 후 수압을 가하는 방법(압착에 의한 수밀성시험)으로 시험하였다.

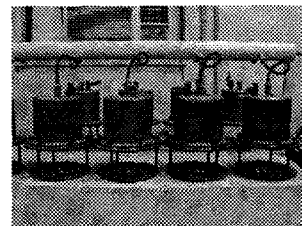


사진 2. 투수시험장치

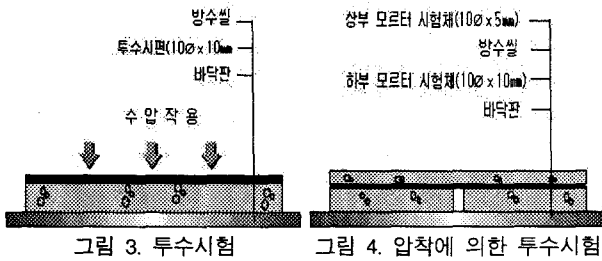


그림 3. 투수시험

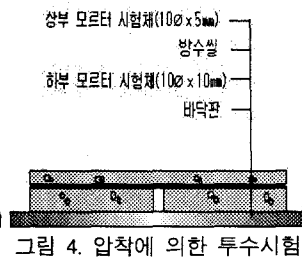


그림 4. 압착에 의한 투수시험

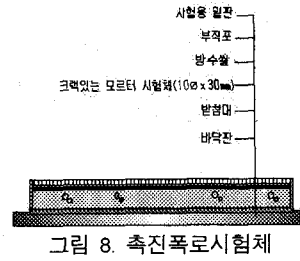


그림 8. 촉진폭로시험체

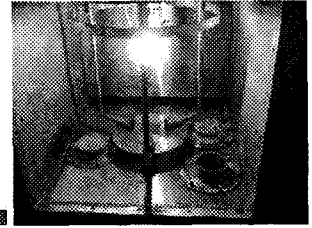


사진 4. 촉진폭로장치

4.2 자가 복원 성능

시편을 지름 2mm의 송곳으로 50차례 정도 찢어서 시편에 손상을 가한 다음(그림 5) KS F 4919에 준한 Out-Put 시험방식을 이용하여 투수저항시험을 실시하였다. 약 0.3N/mm²의 수압을 가하여 1시간 동안 시험체를 통과한 투수량을 계량하여 6시간 동안을 측정하여 투수량을 측정하였다

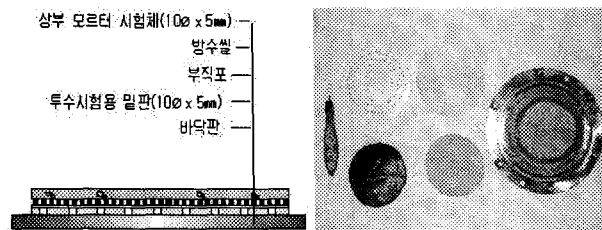


그림 5. 시험체 단면도

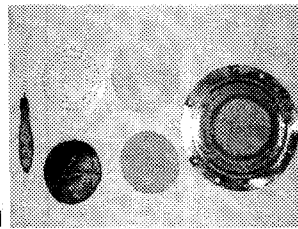


사진 3. 시험체 사진

4.5 거동 저항 성능

본 시험은 KS F 4920에 준하여 온도변화 및 역학적 거동에 대한 탄력적인 대응성(즉 유연성)을 평가하기 위한 시험으로서 -20℃, 20℃, 60℃ 온도에서 분당 5회씩 총500회동안 0.5mm~5mm의 거동을 주어 방수재가 파단되는지 대하여 시험한다.

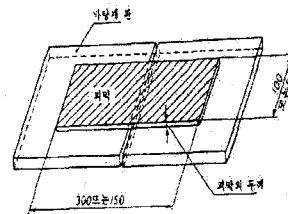


그림 9. 내피로 성능 시험체

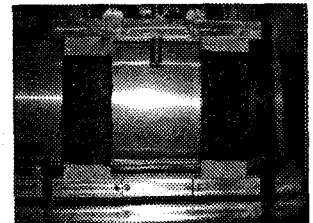


사진 5. 내피로 시험 현황

4.3 자가 부착 성능

시편의 바탕 조성을 건조, 습윤으로 나누고 임의로 바탕시편에 균열을 발생시키고 시편위에 시트, 토사(흙) 등을 올려놓아 부착을 방해하는 환경을 조성한 후에 옆면에서 수압이 작용할 수 있도록 부직포를 깔고 상하부 모르터 옆면을 쉐빙 처리한다. 또한 파손된 방수시트를 적층하여 이음부를 만들고 주입구를 통한 방수셀을 주입하여 계면형성에 의한 누수부를 평가한다. 수중부착시험은 균열을 발생시킨 시편의 옆면을 실링 후 수중에서 방수셀을 부착시킨 후 투수 시험한다.

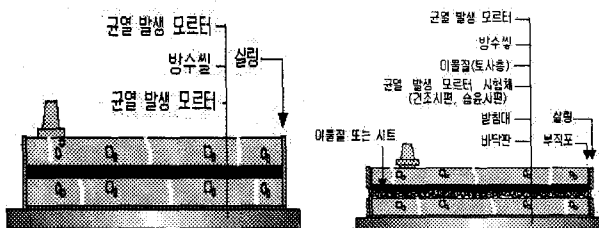


그림 6. 수중 부착력 시험체

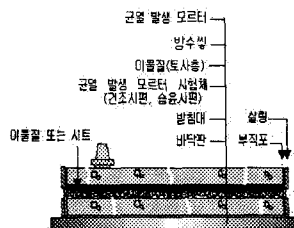


그림 7. 건조, 습윤 부착력 시험체

4.4 내후성시험

시험편은 그림 8과 같이 재료별로 1개씩 제작하여 위에 시편을 올려놓지 않는 상태에서 촉진 폭로 시험장치에 넣어 KS F 2274의 4.의 WS형 촉진폭로 시험장치에 의하여 촉진 폭로 처리한 후 크랙 난 시편을 위에 올려놓아 압박구조로 만들고 KS F 4919에서 정하는 Out-Put 방식의 투수 저항 성능시험을 한다. 스프레이 사이클은 120분, 18분으로 하고 총 촉진폭로 처리시간은 250, 500, 1000시간으로 한다.

4.6 유실 저항성 시험

본 유실저항성 시험은 그림 10과 같은 시험기를 사용하였으며 시험조건은 방수셀을 도포한 시편을 유속이 1%가 되는 펌프를 이용하여 인위적인 유속을 가한 상태로 1주일을 진행한 다음 시편에 붙어있는 방수셀의 부유되는 현상으로 유실성을 평가한다.

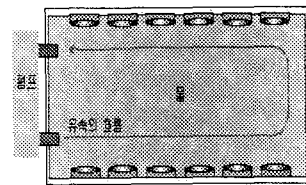


그림 10. 유실 저항 시험기

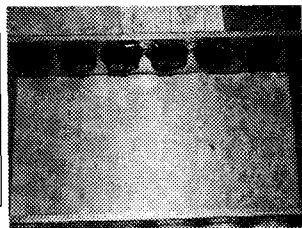


사진 6. 유실 저항 시험현황

4.7 함수 건조 후 투수시험

구조물의 경우 상시 수분의 영향을 받아 함수상태로 존재할 가능성도 있으나, 기상작용 및 지하수의 이동 등의 외적요인에 의한 수분의 존재여부에 따라서 건조 및 습윤현상이 반복적으로 일어날 수 있는 상황에 놓일 경우도 자주 발생한다. 따라서 다양한 수분환경에서 사용되는 방수의 경우 이러한 건조 및 습윤의 반복작용에서도 방수재로서의 기능을 유지하는 것이 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 본 시험은 흡수(40 ± 2℃, 24시간) 건조(20 ± 2℃, 48시간)환경을 10회 반복한 후 투수시험을 한다.

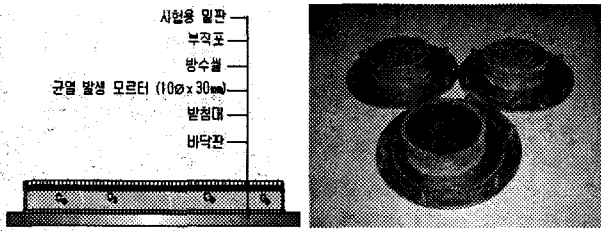


그림 11. 흡습, 건조 처리 시험체 사진 7. 탈수 건조 후 시험체

4.8 수평창에 의한 방수층 복원성능

방수층 복원성능을 정량적으로 제시하기 위하여 다양한 조건의 손상된 방수시트를 선정하여 차수성을 확보할 수 있는지에 대해 평가하였다. 방수층(아스팔트시트, EVA계 시트)을 인위적으로 파단 시킨 후에 이 부위를 제외한 다른 곳에 방수재를 시공한 후 균열시편으로 압밀시켜 계속적으로 물을 흐르게 한다.

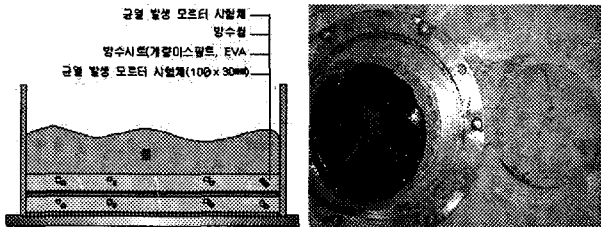


그림 12. 방수층 복원 시험 사진 8. 방수층 복원 시험체

5. 실험 결과 및 고찰

5.1 투수 시험

투수성(방수성능) 시험에서 무도포 시험체의 투수량은 12g 정도로 나타나고 있으나, 방수, 누수보수재의 투수량은 0g으로 투수저항성능을 나타낸다. 압착에 의한 투수저항성 평가 결과에서도 투수량은 0g으로 나타났다. 이러한 결과는 초기에 유입수에 의하여 방수재가 팽창하고 이음부에서는 점착력이 발생하여, 시간이 지나면서 상호간에 강한 밀착으로 인해 투수가 되는 것을 방지하는 원리에 기인한다고 판단된다.

표 2. 투수시험결과

항 목	투수량 (g)					
	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
방수셀						
무도포	1.28	2.54	1.34	2.52	2.15	2.48
수밀성평가	0	0	0	0	0	0
압착성능평가	0	0	0	0	0	0

5.2 자가 복원 성능

자가치유성능 평가를 위한 투수저항성 평가 결과 투수량은 0g으로 나타났고, 추가적으로 3kgf/cm²의 압력에서도 투수량이 0g으로 나타나는 우수한 투수저항성능을 나타내었다.

표 3. 자가복원에 따른 투수시험결과

항 목	투수량 (g)					
	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
방수셀						
자가치유성능평가	0	0	0	0	0	0

5.3 자가 부착 성능

방수셀의 자가부착성능을 평가하기 위한 투수저항성시험 결과 0.3N/mm²의 가수압에서 6시간 동안 투수현상이 관찰되지 않았다. 이는 방수셀이 이물질이 존재 할 때 물과의 반응을 통해 팽창하면서 이물질을 감싸서 모체와의 계면을 형성하지 않고 밀착, 점착되어 누수를 차단하는 효과를 보인다고 할 수 있으며, 방수층이 손상된 경우 방수셀을 주입하여 방수층을 복원하여 누수지점을 차단하여 일체화된 방수층을 형성하는 것으로 판단된다.

표 4. 자가부착에 따른 투수시험결과

시험조건	항 목	결 과
건조바탕	수중바탕	투수현상이 나타나지 않음.
	이물질 (토사)	
습윤바탕	방수시트	
습윤바탕	이물질 (토사)	
	방수시트	

5.4 내후성시험

최대 1000시간 이상 폭로조건에서도 방수재로서의 성능을 유지하였다. 여기서 폭로시간 250시간의 의미는 자연적인 대기환경에서 1년에서 1년반 이상의 기간을 의미한다. 따라서 1000시간 이상의 촉진폭로시험에서 투수가 되지 않는 것으로 나타나 촉진폭로후 투수에 대하여 저항성을 가지는 것으로 판단된다.

표 5. 촉진폭로처리후 투수시험결과

항 목	투수량 (g)					
	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
촉진폭로시간						
250 시간	0	0	0	0	0	0
500 시간	0	0	0	0	0	0
1000 시간	0	0	0	0	0	0

5.5 거동 저항 성능

방수셀의 거동 대응성의 시험결과는 표 6과 같이 본 방수재는 상온보다 -20℃의 저온에서 거동대응성이 변화가 없는 것으로 나타났으며, 거동의 폭이 큰 상태에서는 전반적으로 주름이 잡혔으나 방수재의 파단은 일어나지 않은 것으로 확인되었다.

표 6. 거동대응성 시험결과

거동 크기	0.5~1.0mm			1.0~2.0mm			3.0~5.0mm		
	20℃	60℃	-20℃	20℃	60℃	-20℃	20℃	60℃	-20℃
방수셀	이상 없음	이상 없음	이상 없음	주름 잡힘	주름 잡힘	이상 없음	주름 잡힘	주름 잡힘	이상 없음

5.6 유실 저항성 시험

유실저항성 시험결과 유속에 의해 시편에서 탈락되는 방수셀의 양은 거의 없었다. 이러한 평가로부터 본 재료는 물과의 반응을 하면서도 시편에 점착성, 재료의 점도를 유지하고 있었기 때문에 지하구조물의 외벽에 지하수가 흐르더라도 재료가 유실되지 않고 구체에 양호하게 점착(점착)되어 장기적으로 방수기능을 보유할 수 있는 성질을 가지고 있을 것으로 판단된다.

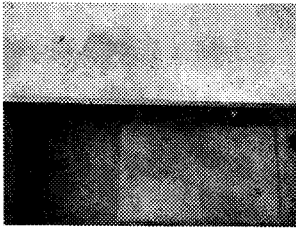


사진 9. 유실 시험 후

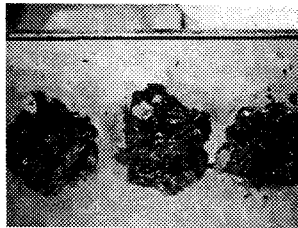


사진 10. 유실 시험 후

5.7 흡수 건조 후 투수시험

본 방수재에 대한 흡수 및 건조 반복 작용에 대한 안정성 시험결과를 표 7과 같다. 이러한 결과로부터 방수셀은 흡수 및 건조현상이 반복되더라도 방수재로서의 기능을 확보 할 수 있을 것으로 판단된다.

표 7. 흡수 건조 후 투수시험결과

항 목	투수량 (g)					
	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
방수셀	0	0	0	0	0	0

5.8 수팽창에 의한 방수층 복원성능

Ø10×3cm 원형공시체에 균열을 인위적으로 만든 후 자연 수위로 투수(8시간 간격 측정)시험을 하였다. 본 시험 결과는 표 8과 그림 13에서 보는 바와 같이 방수셀은 시간이 경과함에 따라 투수량이 감소하여 방수셀은 64시간후에 투수가 정지하였다.

표 8. 방수층 복원에 따른 투수시험결과

시험체 종류	경과시간(hr)에 따른 투수량(g/min)								
	0	8	16	24	32	40	48	56	64
방수셀	65.3	61.5	57.2	43.9	32.1	20.5	9.3	2.3	0

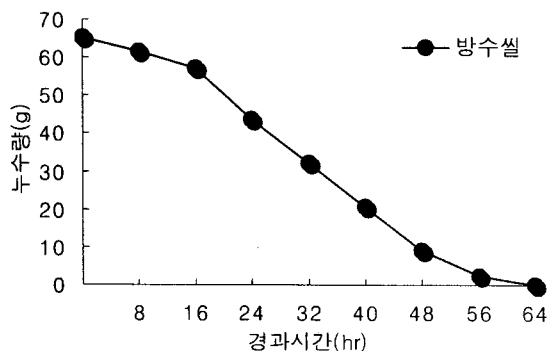


그림 13. 방수층 복원에 따른 투수시험결과

6. 결 론

방수재 및 보수재료는 기본적으로 다양한 시공환경에서의 점착 성능을 가져야 하며, 구조체의 거동 및 진동에 대응 할 수 있는 성능을 지녀야 내구성이 확보된다. 본 점착 팽창성 유연형 복합소재의 각 항목별 시험평가 결과 기준에 만족하는 것으로 나타났으며 누수보수에 발생할 수 있는 상황들에 대하여 대처할 수 있을 것으로 판단되며 누수구조물에 대한 방수층 복원기술에 대한 문제점 해결 및 보수에 따른 콘크리트 내구성능 개선에 기여를 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 한국 건설기술연구원, 건설기술 정보센터 방수시공 종합 정보집 1998.
2. 오상근 외, 방수공사 핸드북, 대한미장협회 1997
3. 오상근 외(주) 청우미디어, 건축 방수시스템의 설계와 시공
4. 오상근 외, 콘크리트 학회지, 콘크리트 구조물의 누수와 대처 방안에 대한 견해
5. 오상근 외, 한국구조물 진단학회 제3권 제2호, 콘크리트 구조물의 방수 및 누수 보수 기술의 새로운 접근 1999
7. 현대건설 기술연구소, 건설도서, 방수공사 매뉴얼 2003
8. 손순채 외, 형설출판사, 건축재료학 2002