알루미늄 판막과 유리섬유를 합지한 구리방근시트와 폐타이어 용융액상 도막방수재를 이용한 옥상녹화 복합방수공법

Compound waterproofing method of green roof using copper barrier sheet and recycled tire melting liquid waterproofing material that reinforced treatments are valve and glass fiber mesh.

김 영 찬* 조 일 규** 최 성 민*** 김 영 찬****

Kim, Young chan Cho Il Kyu choi sung min Oh, Sang Keun

Abstract

This is green roof bottom system which composed by aluminum valve and glass fiber together as major reinforcement, so the cooper sheet can have root proof, and using recycled tire gel-type membrane waterproofing system which dost not contains VOCs.

The copper sheet reduce the plants' root growing, so it helpes to maintain the waterproofing layer and stability of root proofing. Gel type membrane waterproofing system can do waterproofing, stress dispersion, and reducing leakage expansion. So those two materials can help each other to make green roof bottom layer would have the stability and durability.

키 워 드 : 구리시트,, 방근성, 내박테리아성, 내약품성, 내하중성

Keywords : Copper Sheet, Watertightness, Root Penetration Resistance, Bacterial Resistance, Chemical Resistance, Load Resistance

1. 서 론

인간의 무분별한 개발에 따른 녹지공간의 감소 및 석유계의 연료사용으로 인한 대기오염으로 지구의 온도가 상승하고, 빙하의 해빙, 해수의 온도상승 등에 따라 이상기후들이 나타나 인적·물적 피해가 심각하며, 심지어는 인간의 생존권까지 위협을 받을 지경에 이르고 있다. 우리나라의 경우에도 도심건축물의 고밀화에 따른 녹지공간의 부족으로 인해 대기오염이 상승하고 도심열섬현상에 따른 에너지 낭비가 발생하여 환경적, 경제적 피해를 받고 있는 실정이다.

이러한 측면을 개선하기 위해서는 도심지내 녹지면적을 증대시켜야 하지만, 우리나라 대부분의 대도시 지역은 콘크리트 구조물로 밀집되어 있어 자연 지반의 녹지공간 조성은 어려운 실정이므로, 지상에 확보하기 힘든 녹지면적을 보상하기 위하여 옥상 및 주차장 상부, 복개공간 등 인공지반에 대한 녹화가 필요한 실정이다.

* 서울산업대학교 공과대학 건축학부 교수, 공학박사
** BK방수기술연구소 신소재 기술 소장, 공학석사
*** 서울산업대학교 산업대학원, 석사
**** 서울산업대학교 주택대학원,석사과정

인공녹화는 이미 오래전부터 적용되어온 건축기법이였으나, 식재관리의 미비, 식물뿌리의 왕성한 발육으로 인한 구조물의 손상, 배수관리 및 청소 소홀 등 여러 가지 인공녹화 관리상의 문제점으로 인하여 보급 및 발전이 활발하지 못한 실정이며, 구조물의 안전성 및 녹화부의 지속적 유지측면에서 녹화관련 기술 중의 하나로 방수 및 방근기술이 강조되고 있다.

특히, 옥상부에 시공하는 녹화를 확대 보급하기 위해서는 옥상녹화부가 적용될 구조물에 '안전한 기반'을 구축하여 구조적 안정성 및 내구성에 영향을 미치지 않도록 처리해야 하는데, 안전한 기반의 구축이라는 것은 구조물 옥상 상부에 가장 기본적으로 시공하는 방수층과 옥상녹화부(식물, 물, 토양, 비료 등)로부터 방수층을 보호하기 위한 방근층의 형성이라 할 수 있다.

따라서 이러한 방근·방수재료의 개발 및 공법적 해결책을 모색하는 것이 현재 국내 옥상녹화 산업의 가장 시급한 과제가 되고 있다.

이에 대하여 구리방근시트와 폐타이어용융 액상 도막방수재를 이용한 옥상녹화용 하부시스템을 적용하고자 한다.

현재 옥상녹화에 사용되는 공법에서 나타는 현상과 요구되

는 성능을 종합하여 시스템화 시키면서 구리방근시트와 폐타이어 용융 액상 도막방수재를 이용하여 옥상녹화 하부시스템에 맞는 공법을 제안하고자 한다.

2. 옥상녹화 산업의 동향

2.1 적용현장 분석

표 1. 옥상녹화에 적용되고 있는 방수공법 현황[1)]

구 분	건물명	적용공법
종로구	수도사랑의 학교	시트・도막복합방수공법
	환경운동연합	우레탄도막방수공법
중 구	유네스코회관	우레탄도막방수공법
성동구	동심빌딩	PE필름시트방수
	벧엘유치원	우레탄도막방수공법
서대문구	대림통상	점・팽창성 유연형 씰재 주입공법
마포구	문산빌딩	우레탄도막방수공법
강서구	대우상가	우레탄도막방수공법
구로구	안성기계공구상가	우레탄도막방수공법
영등포구	영등포병원	우레탄도막방수공법
강남구	LCI키즈클럽	우레탄도막방수공법

옥상녹화용 방수설계는 방수 대상이 되는 상부의 옥상녹화 시스템에 따라 적합한 방수층을 선정하는 것이 가장 중요하다. 적절한 방수층을 선택하기 위해서는 건물의 용도·규모·방수대상 부위의 성상 및 방수층의 성능을 충분히 파악하는 것이 필요하다. 옥상녹화는 식재관련 전문가인 조경회사에 의해 설계 및 시공되었으며, 구조물 안전성과 방수층의 유기적 관계를 제대로 인식하지 못하고, 용도와 목적에 맞지 않는 방수공법 및 방근기술이 적용되어 구조물의 하자(방수층의 성능저하 및 누수발생 등)가 적지 않게 발생되고 있다.

옥상녹화를 확대 보급하기 위해서는, 외부에 노출되는 녹화부의 설계 및 디자인도 중요하지만, 구조물의 안전성과 직접적으로 관계되는 방근층, 방수층의 안정된 성능 발휘가 기본이 되어야 한다.

이와 관련하여 국내를 포함한 독일, 일본, 미국, 캐나다, 스위스 등지에서는 옥상녹화의 체계적 도입과 향후 보다 안정되고 고부가 가치를 창출할 수 있는 녹화기법을 개발하기 위하여 방수, 방근, 배수, 필터, 보호층, 토양, 식재부 등을 중심으로 부문별로 세분화된 기술이 연구 개발되고 있다.

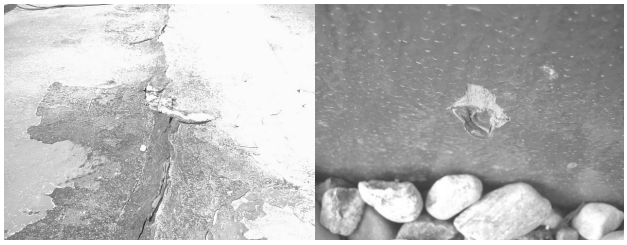
국내에서는 옥상녹화를 위한 방수 및 방근 공법의 개발이 미진한 상태에서 기존 옥상방수공법을 그대로 적용하는 경우가 있으며, 주로 80% 이상의 공법이 우레탄 도막방수이며, 최근에는 시트·도막 복합방수공법이 적용되기도 한다.

1) 서울시 옥상녹화 사업현황 보고 발췌

2.2 기존 기술의 문제점 분석

2.2.1 방수적 측면

(1) 도막계 : 습윤열화에 의한 들뜸현상
- 현장 배합시 양질의 배합 어려움
- 균일한 두께 확보 어려움
- 바탕콘크리트의 균열 거동에 대한 대응성이 없음.



(a) 거동에 의한 파단 (b) 에어포켓

사진 1. 도막계 재료의 문제점

(2) 시트계 : 조인트부의 일체화가 요구됨
- 시트 두께에 따라 조인트부 물길 형성 가능
- 코너부, 돌출부등의 시공에 방수층 안정성 유지곤란

(a) 시트의 우는 현상 (b) 접합부 들뜸

사진 2. 시트계 재료의 문제점

(3) 복합계 : 내구성이 우수한 시트재가 바탕에 먼저 시공됨
- 바탕면 부착방식의 경우 균열추종성이 없음.
- 도막재를 마감재로 사용한 경우 그 특성에 따라 품질 좌우
- 시트류만 적용한 건식형의 경우는 조인트 처리가 어려움

(a) 접합부 들뜸 (b) 거동대응성 성능 저하

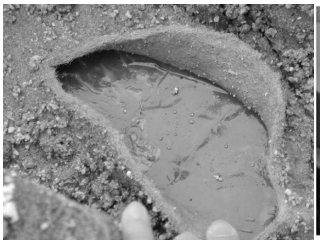
사진 3. 복합계 재료의 문제점

2.2.2 방근적 측면

구조물 상부에 식재시공을 하게 되면 식물뿌리가 성장하여 방수층을 뚫게 되며, 콘크리트의 미세한 틈(균열부 등)을 파고들어 균열폭의 확장 및 추가균열을 발생시켜 구조물의 수명을 단축시키는 큰 요인으로 작용한다. 이를 해결하기 위해 옥상녹화 시공 전에 방근층을 형성하도록 설계단계에서부터 제시하고 있으나, 조경회사에서는 녹화 설계 및 시공을 하면서 방수층이 물과 뿌리의 침투를 동시에 차단할 수 있는 것으로 간주하고 있다.

또한 방근층에 있어서 식재공사시 배수판 상부에 부직포를 적층함으로써 뿌리가 하부로 쉽게 내려가지 않도록 처리하는 방근 시공방법과 방수공사 측면에서 방수층을 보호하기 위해 합성고분자계 시트를 깔아두어 뿌리가 직접 방수층에 닿지 않도록 하는 방근 시공방법을 일반적으로 사용하고 있으나, 두가지 방법 모두 근본적인 방근에 대한 해결책이 되지 못하고 있다.

옥상녹화 시스템은 식재층, 토양층, 필터층, 보호층, 배수층, 방근층, 방수층 등 녹화형태에 따라 다양한 기능이 요구되는 복합적 시스템이다. 방근층의 계획 및 시공은 뿌리관통으로부터 방수층을 보호한다는 관점에서 방수기술 분야에서 계획 및 시공되어 방수층의 안전성을 확보해야 된다. 국내에서 일반적으로 시공된 사례로서 별도의 방근층을 두지 않고 식재층을 설치한 경우에 아래와 같이 콘크리트의 열화된 부위나 균열에 취약한 모서리부를 뿌리가 관통하여 손상을 미칠 수 있다는 것을 예측할 수 있다.



(a)방근층의 미확보

(b) 건물내부로의 뿌리 침투

(c) 방수층 손상

(d) 뿌리에 의한 구조물의 회손

사진 4. 방근재의 부재료 인한 문제점

건축물의 효율적인 옥상공간 활용과 녹지부분 확대 정책에 따라 정부기관 및 지자체의 적극적인 지원 및 시행이 따르고 있으며, 민간분야에서도 점차 옥상녹화 도입이 활성화 되고 있는 추세이다.

지금까지는 건축물의 옥상녹화부에 방수를 위해 주로 우레탄계 방수재, 아스팔트계 방수시트, 시멘트계 방수재, 시멘트 액상형 방수재 등을 주로 사용해 왔다. 그러나 기존 옥상부에 사용되던 방수공사의 시공과정, 재료상 특성에 의해 다양한 방수사고가 발생되어 구조물의 열화를 촉진시켰으며, 한번 발생된 하자는 상부에 설치된 옥상녹화 식재층으로 인해 쉽게 보수하기도 어려운 문제점을 안고 있다.

최근에는 식물 뿌리에 의한 방수층의 손상 사례가 속속 보고됨에 따라 이에 대한 대응력을 갖춘 방수공법의 개발이 시급하며, 방수층의 부착성능, 거동대응성능과 식생 뿌리의 내근성능을 동시에 확보할 수 있는 옥상녹화용 복합방수공법을 적용하고자 한다.

3. 재료의 성능

옥상녹화 및 각종 인공지반에 적용되는 녹화에는 반드시 뿌리에 대한 보호막을 설치함으로써 구조물을 안전하게 보호해야할 필요가 있다. 보호막을 설치함에 있어서 녹화환경의 특징을 파악하여 이에 대응하는 성능이 갖추어진 재료의 선택이 중요하다. 구리방근시트는 6개 시험항목을 적용하였고 폐타이어 용융 액상 도막방수재는 옥상녹화환경에 따른 8개 시험항목을 선정한 것이다.

3.1 구리방근시트의 시험방법

구리를 이용한 방근시트의 성능시험은 아래와 같다.

표 2. 구리시트 시험항목[2)]

평가 항목		시험조건			비고
1.	방근성	▸ 시험방법 : JASS-8 T 401 ▸ 식재 : 사사조릿대			
2.	내박테리아성	시험편	E. coil	S. aureus	* CFU : 세균밀도 측정 단위
		대조시편	6.6 x 10^7 *CPU/시편	6.7 x 10^6 *CPU/시편	
		시험시편	< 10 *CPU/시편	< 10 *CPU/시편	
3.	내화학성	산(황,염,질 각 2%)		168시간 정치 후 변색유무질량변화	KS F 4935
		염화나트륨			
		수산화나트륨 0.1% + 수산화 칼슘포화			
4.	하중성	▸ 50kg, 7일간 정치			
5.	내투수성	▸ 투수압 : 0.1N/㎟, 1시간			KS F 4919
6.	인장성능	인장성능 (N/mm)	길이, 나비 방향 측정		KS F 4911
		신장률(%)			
		인열성능(N)			

2) '옥상 및 인공지반녹화용 방근재료로서의 구리시트 활용에 관한 성능평가 연구' 발췌

3.2 폐타이어 도막방수재의 시험방법

폐타이어 용융 액상 도막방수재의 성능은 아래와 같다.

3.2.1 거동대응성

콘크리트 바탕면의 파라펫부, 모서리부 및 드레인부 등의 균열이나 이어치기, 익스펜션 조인트 등의 시공시 발생되는 줄눈부 등과 같이 누수 취약부분에 시공된 방수층이 구조물의 거동 및 진동으로부터 발생된 영향력에 의해 찢김 손상 혹은 들뜸이 발생되는가의 여부를 파악하기 위한 것으로, 방수 시공 이후 방수층의 성능 정도를 실질적으로 평가하기 위함이다.

(1) 시험방법

㉠ 시험체의 구성

상부 시험체와 하부 시험체로 구분하고, 각각은 습윤 시험체와 건조 시험체로 구분한다. 그리고 [그림 1-13]의 b)와 같이 하부 시험체 위에 상부시험체를 올려놓고 방수층을 시공한 것을 구조물의 거동에 대한 투수성 평가 시험체로 한다.

㉡ 시험체의 형태

상부 및 하부 시험체의 [그림 3-1]와 같이 원기둥의 형태로서, 각각의 크기는 지름 180㎜로 한다.

㉢ 시험체의 재료

시험체는 KS F 2451에서 규정하는 모르타르를 사용하여 제작한다.

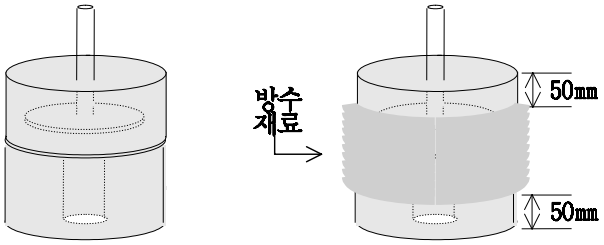


그림 1. 구조물 거동 시험체

(2) 시험 조건

㉠ 방수바탕의 상태 : 방수층의 바탕 접착특성을 평가하기 위하여 방수시험체는 건조바탕과 습윤바탕의 2가지 조건으로 한다.

㉡ 거동폭 및 속도 : 방수층을 시공한 시험체를 대상으로 거동속도는 50㎜/min로 하고, 거동 폭은 5.0㎜가 (허용오차±0.2㎜이내) 되도록 하여 상하 반복 거동을 시킨다.

3.2.2 점착성 및 부착성

콘크리트 표면에 방수층이 시공되었을 때, 상부의 시트층과 일체화가 되어 여러 가지의 외력이 가해질 경우 손상이나 찢김, 들뜸, 박락 등에 의한 방수성능을 상실하지 않도록 외부변형에 대한 저항성을 갖고 점착물질 상태를 유지하는지에 대한 성능을 평가하기 위함이다.

3.2.3 부착성능

방수재로서 방수성능을 제대로 발휘하기 위해서는 무엇보다는 방수재가 바탕콘크리트 층에 강하게 부착되어 있어야 함은 물론이고, 복합재료로 사용될 경우에 있어서도 서로 다른 이질재료간의 부착성능 또한 매우 중요하다.

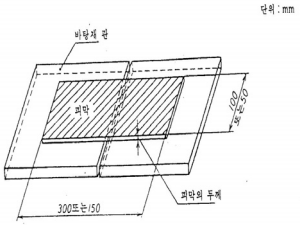
3.2.4 균열 저항성(내피로성능, 내균열성)

방수재 등의 모든 건축용 피막상 재료는 시트상 혹은 액상으로 구조물 및 콘크리트 구조물 등의 보호, 마무리 등의 목적으로 지붕 슬래브, 벽, 바닥 등에 접착하여 사용한다.

이러한 재료는 외부환경에 대하여 완전히 노출되어 있을 뿐만 아니라, 바탕재의 상태에 대하여도 큰 영향을 받게 된다.

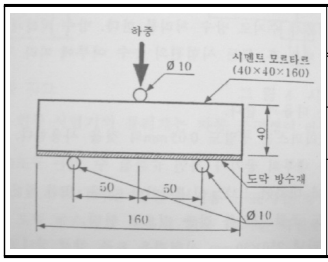
따라서 건물의 열화에 의해 발생되는 크랙 등의 결함부위에 도포되었을 경우 불연속부에 생기는 거동에 대하여도 소요의 저항성을 가지고 있어야 하며, 재료가 처하는 기후 조건 등의 환경에 대하여도 소요의 저항성을 가지고 있어야 하는 것이다.

표 3. 내피로성능 시험방법



항 목	기 준 (조 건)
시험 거동주기	5회/분
시험 온도	0℃, 20℃
거동의 크기	0.5㎜～5㎜
반복회수	500회
평가기준	방수재 파단여부

표 4. 내균열성 시험방법



항 목	기 준 (조 건)
하중속도	1㎜/min
시험온도	0℃, 20℃
성능평가	방수재 균열여부

3.2.5 환경친화성(VOCs)

옥상녹화에 사용되는 재료는 식생에 영향을 미치지않고 시공자의 환경에도 안정성을 확보할 수 있는지를 평가하는 시험방법이다.

3.2.6 내화학성

옥상녹화식생의 성장 및 병충해 방지를 위하여 비료나 농약을 사용하게 되며 이의 성분에 침식되지 않는 재료성능이 요구된다.

(1) 시험 방법

KS F 4935-'03에 준하여 온도 20±5℃, 상대습도 65±5%의 상태에서 3일간 정치한다. 각각 성형된 시험체는 황산(2%), 염산(2%), 질산(2%) 용액속에 7일간 침적시켜 중량변화, 변색유무를 체크하고 그 상태를 확인한다.

3.2.7 내투수성

방수재가 도포된 시험체에 물을 채운 후 일정수압을 가해서 투수 또는 투습되는 시험체의 무게 변화를 체크한다. 투수비가 클수록 물속에 함유된 각종의 화학성분의 흡수량이 커지기 때문에 방수층의 내구성이 약해지는 원인이 되므로, 콘크리트 구조물의 투수성을 보완하기 위한 방수재의 성능평가를 하여 사용적정 여부에 대한 판단을 하기 위함이다.

(1) 시험 및 평가 방법

시험편 3개를 대상으로 20±2 ℃, 상대습도 65±5 %의 표준상태에서 항량이 될 때까지 최소 8일간 건조시킨 시험체 측면을 파라핀으로 방수 처리한다. 그리고 방수 처리재가 완전히 경화한 상태에서 시험체를 그림 1에 나타낸 투수 시험 장치를 사용하여 0.3 N/㎟ 수압을 24시간 가한다. 그리고 수압을 가한 시험체를 투수 시험 장치에서 꺼내어 표면의 물기를 제거한 후 바탕 시험체를 할렬하여 바탕 시험체에의 물의 침투를 여부를 확인한다.

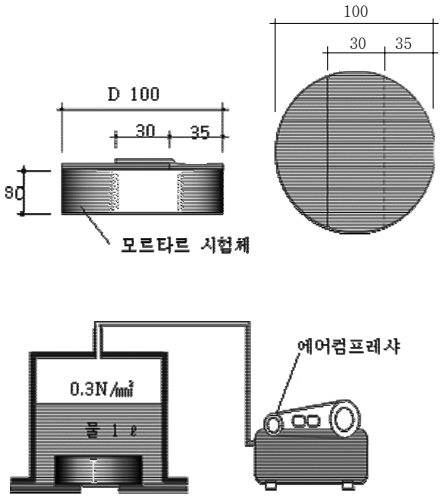


그림 2. 투수시험장비

3.2.8 점도

점탄성적 성질 도막방수재의 점도 상태를 알아보기 위한 것으로써 점도에 따른 시공방법 및 재료의 점착 및 부착유연성 등을 알아보기 위하여 KS M ISO 2555-'02에 따라서 온도 조절이 가능한 부르크필드 점도계를 사용하여 시공 시 발생하는 온도(20℃, 50℃)로 나누어 측정하는 실험방법이다.

(a) 브룩필드 점도계 (b) 항온기에 점도계 설치

사진 5. 점도 측정용 브룩필드 점도계

3.2.9 밀도

방수재의 밀도에 대한 측정법으로서 KS M ISO 2811(1)-'02 (도료와 바니시 - 제1부: 비중병법)이용하며 비중병을 채운 후 비중병에 들어있는 제품의 질량과 물을 기준으로 하는 비중병을 나누어 계산하는 시험방법이다.

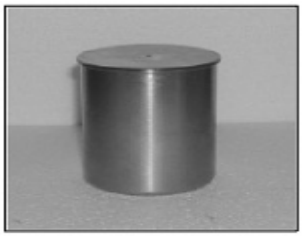


사진 6. 밀도 측정용 비중병

4. 옥상녹화 복합방수공법

4.1 옥상녹화 복합방수공법의 원리 및 시공방법

옥상녹화에 필요한 방근층 및 방수층에 대한 기술로서 경질의 방근 시트와 연질의 도막방수재가 상호 보완적으로 작용하면서 옥상녹화층의 내구성을 향상시키는 기술이다.

4.1.1 구리 방근 시트

내식성 및 뿌리의 활착 억제력이 강한 구리와 유리섬유 및 알루미늄판막을 합지시켜 기존의 동판의 재료에 비해 가공성 및 시공성, 경제성을 향상시킨 재료이다.

(1) 구리판막 : 구리판막은 두께 0.035~0.04㎜의 전해구리판막으로 구성되며, 상부에는 구리전착부, 하부는 알루미늄판막과의 부착성 강화를 위해 무 코팅 처리되어 있다.

(2) 유리섬유매쉬 : 금속계열의 판막제품은 인장성능은 우수하나, 인열성능이 부족하여 찢김이 쉽게 일어나는

문제를 보완하기 위하여 0.12~0.15㎜ 유리섬유매쉬를 합지시에 중심재로 사용하여 인열성능을 보강한다.

(3) 알루미늄판막 : 알루미늄판막은 두께가 0.1~0.12㎜이며 뿌리저항성이 강한 금속계열으로서 열전도율이 낮고, 복사열을 반사시키는 역할을 하고 있다.

4.1.2 폐타이어 용융 액상 도막 방수재

폐타이어를 용융하여 점탄성적 성질 및 구조물의 거동대응 성능이 우수한 폐타이어 용융 액상 도막방수재를 제조하여 VOCs가 거의 없는 친환경적인 재료를 이용한다.

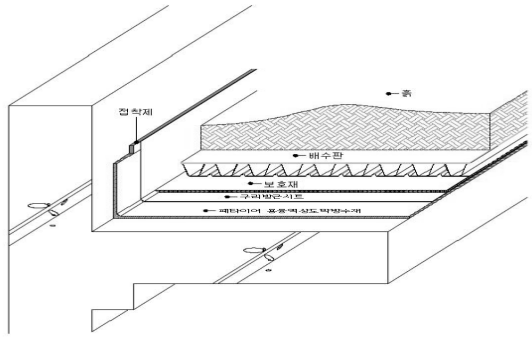


그림 3. 옥상녹화복합공법 시공모식도

4.2 옥상녹화 복합방수공법의 현장 적용

표 5. 옥상녹화 복합방수공법의 현장 적용사례

년도	공사명	공사규모
2007	목동 CBS 기독교방송국 옥상방수공사	750㎡
	목동 이대병원 옥상방수공사	1,290㎡
	중마초등학교 옥상녹화 중 방수공사	437㎡
	연신교회 옥상 녹화공사 중 방수, 방근 공사	578㎡
	시니어캐슬 클라시온 옥상 녹화공사 중 방수공사	520㎡
	2007년 공공건축물 옥상녹화사업(방수)	364.6㎡
2008	상암동 및 공덕2동주민센터 옥상방수공사	435㎡
	아이산산부인과 옥상방수공사	496㎡
	갈월종합사회복지관외 1개소 방수공사	420㎡

5. 결 론

국내를 포함한 해외의 옥상녹화 산업은 계속적인 진행을 하고 있으나 옥상녹화에 맞는 공법이 아닌 옥상노출에 사용되던 재료와 공법으로 옥상녹화를 진행해 오면서 나타나는 많은 문제점들을 보완하여 옥상녹화 하부시스템용으로 제시하여 옥상녹화에 걸 맞는 공법을 사용하므로 인해 식생에 의한 구조물의 안전성, 누수에 대한 문제점들을 해결하고 구조물의 쾌적한 환경을 만들고 유지할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 건축공사표준시방서, 11070 옥상녹화 방수공사
2. 오상근, 곽규성, 권시원 옥상 및 인공지반용 방근재의 성능기준 설정을 위한 방근성 시험방법에 관한 연구. 2007.
3. 오상근, 권시원, 옥상녹화에 적용되는 방수층의 내근성능평가 연구, 대한건축학회, 2005.
4. 옥상 및 인공지반녹화용 방근재료로서의 구리시트 활용에 관한 성능평가 연구. 2007
5. 옥상녹화 방수 및 방근 기술로서 동판재의 적합성 및 시공성에 관한 연구 2007
6. 옥상녹화 시스템의 방수재료 및 공법개발에 관한 필요성 분석 2004
7. Procedure of investigating resistance to root penetrations at green roof site, 1999 edition, with editorial changes dated, jan. 2002
8. ことよしやっき, 日本の屋上綠化技術−防水及び耐根保護に関する技術,たじまルーフィング, 한국인공지반녹화협회, 2004.8