

돌기 시스템을 이용한 입체보강형시트의 옥상노출복합방수공법 적용에 관한 재료 및 공법적 연구

Study on the Application of Site for Exposure Type of Complex Waterproofing Method with Liquefied Waterproof using of Vertical Type Reinforcing Sheet Material Reinforced Sheet Rising System in the Roof Tops.

오 상 근*
Oh, Sang-Keun

손 문 세**
Son Mum Se

김 진 성***
Kim Jin Seong

여 인 수****
Yeo In Soo

Abstract

It often happen water leakage that roof membrane have a poor condition such as direct exposed to rain, ultraviolet rays, temperature change compare with other part of waterproofing. There are difficult to maintain the quality of waterproofing and durability due to use only few waterproofing materials in practical in spite of development and use the various waterproofing material as solution of these poor condition.

Therefore, in this thesis, I would like to know the property to apply field and suggest other method to develop for this waterproofing method to adopt various field condition for roof tops, as searching exposed and complex waterproofing technology for roof tops which is reinforced sheet using rising system have a regular pitch, depth, space.

키 워 드 : 돌기입체보강시트, 경량 무기계 탄성형 액상도막방수재, 옥상노출복합방수공법

Keywords : Reinforced Sheet Rising System, Inorganic Elastic Liquid Membrane, Exposed Complex Construction Method.

1. 서 론

일반적으로 콘크리트 구조물은 시간이 경과함에 따라 노후화가 촉진되어 내구성이 약화되고, 누수 및 결로 현상이 발생하게 된다. 이를 방지하고 그 원인을 제거하기 위해서 건축물의 옥상, 바닥, 내·외벽 등에 방수 시공 작업이 수행 되어져야만 한다.

그러나 이러한 방수 시공 작업에도 불구하고, 많은 하자가 발생하는 원인은 방수시공과정 혹은 방수시공 후의 유지관리에 있어 방수재료나, 주변 환경, 온도 등에 따라 다양한 누수 하자가 발생되기 때문이다.

특히, 옥상방수공사는 타 방수공사에 비해 외부 환경(태양열, 눈, 비, 물건의 낙하, 보행 등)에 직접 노출되어 있기 때문에 가장 열악한 환경 조건으로 누수하자 사례가 빈번히 발생되고 있다. 이에 본 연구에서는 돌기 시스템을 적용한 입체형 보강 시트의 재료 및 공법적 연구를 통하여 다양한 환경의 급속한 변화에 따른 방수품질의 향상을 실현시키고자 한다.

2. 기존 옥상방수공법 및 재료의 문제점 분석

옥상방수공사의 문제점은 열악한 환경조건(태양열, 눈, 비 등)에 의하여 다양한 문제점이 발생한다.

방수시공불량으로 인한 불균질한 도막두께(방수층의 파단, 찢김, 물고임 현상 등)와 바탕면의 건조가 불충분할 경우 습기에 의해 방수층이 부풀어 오르는 Air Pocket 현상, 접합부 시공 불량으로 인한 하자 등 다양한 하자가 누수의 원인으로 작용하게 된다.

2.1 불균질한 도막 두께 형성으로 인한 방수층 파손 현상

옥상방수공사 시공시 도막 두께가 균질하지 못하여 방수층이 얇게 도포된 경우 사진 1.과 같이 파단 되거나, 작은 충격에도 찢겨져 방수성능을 유지할 수 없게 된다. 또한 지속적인 보행으로 인한 마모, 물체의 낙하 등에 의하여 방수층이 손상될 경우, 누수의 주요 원인으로 작용한다.

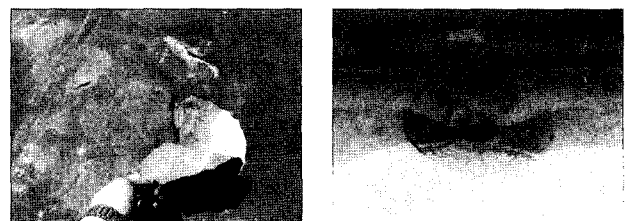


사진 1. 방수층의 찢김, 파단 현상

* 정희원, 서울산업대학교 건축학부 교수, 공학박사

** 정희원, 네오건설(주) 품질관리부 차장

*** 정희원, 서울산업대학교 주택대학원

**** 정희원, 서울산업대학교 산업대학원

또한 구조물의 옥상층은 자연환경에 항상 노출되어 있기 때문에 균질하지 못한 도막층이 시공 되었을 경우 그림 1.과 같이 동결융해 또는 화학적 침식 등 내구성 저하의 원인으로 작용하게 된다.

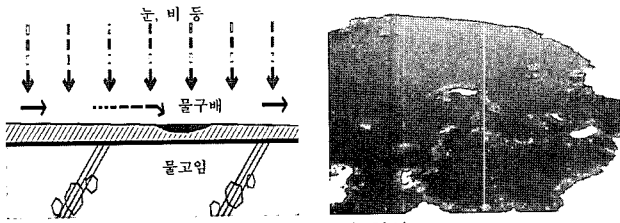


그림 1. 물고임 현상

2.2 습기에 의한 방수층의 부풀음(Air Pocket) 현상

옥상방수공사에 있어서 바탕의 건조가 불충분한 경우 바탕층으로부터 습기에 의해 방수층 경계면에 수분이 존재하게 된다.

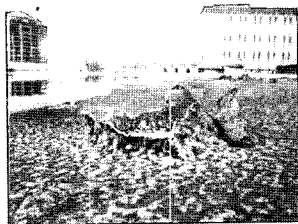


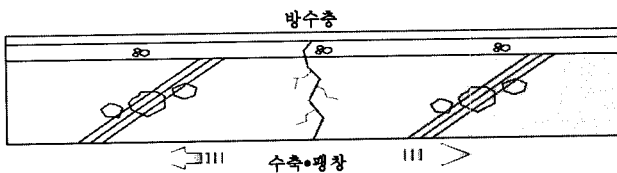
사진 2. 에어포켓 현상

이러한 수분으로 바탕면과 방수층 사이에 공기층이 형성되어 사진 2.와 같이 방수층이 부풀어 오르는 현상(Air Pocket)이 발생한다.

2.3 방수층의 파단

방수층 파단의 주 원인은 그림 2.와 같이 외기에 항상 노출되어 있는 옥상층의 특성으로 계절의 변화가 뚜렷한 우리나라의 경우 많이 발생하게 된다. 겨울철의 경우 동결 융해로 인한 콘크리트의 건조수축과 열팽창이 장기간 반복되어 바탕면이나, 방수층이 파단되는 현상이 발생된다. 이와같은 현상이 장기간 지속될 경우 균열 폭이 넓어져 방수층 파단의 주요 원인으로 작용한다.

1단계 : 미세균열 발생



2단계 : 파단(누수발생)

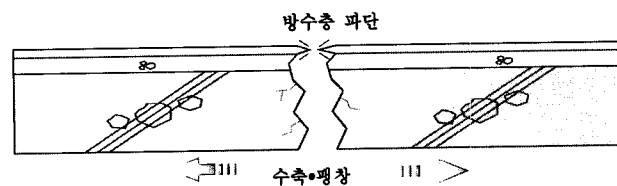


그림 2. 방수층 파단 모식도

3. 돌기 시스템의 과학적·공학적 원리 및 이론적 배경

본 장에서는 돌기 시스템을 이용한 입체보강형 시트의 과학적·공학적 원리 분석에 따른 이론적 배경을 분석한다.

3.1 돌기시스템의 구성 개념

본 연구의 돌기시스템 구성은 크게 3부분으로 나누어진다.

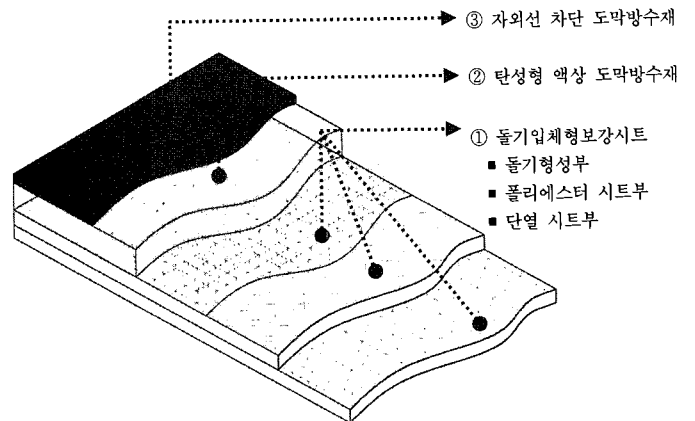


그림 3. 돌기시스템 구성 개념도

3.2 돌기 입체형 보강 시트

돌기 입체형 보강 시트의 구성재료는 돌기형성부, 폴리에스터 시트부, 단열 시트부로 구성된다.

3.2.1 돌기 형성부

경량 무기계 탄성 도막 방수재 하단부에 그림 4.와 같이 균일한 높이, 굵기, 간격으로 성형 제작되어 액상 도막방수재 충전 시 균질한 방수층 형성에 있어서 핵심적인 돌기 시스템의 기능을 제공한다.

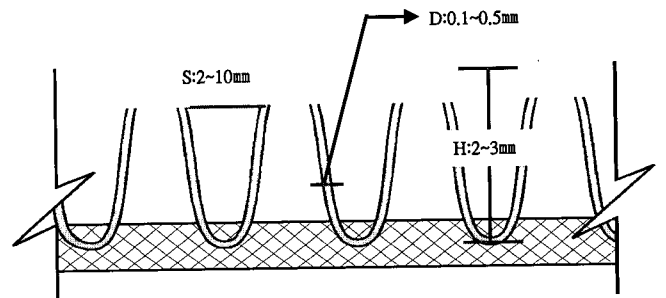


그림 4. 돌기입체형상

돌기 형성부의 재료적 구성 성분은 교차 결합된 분자(중합체)로 이루어진 유기화합물인 폴리에스터(Polyester)로 형성된다. 폴리에스터의 화학적 구조는 가교구조를 가진 공간 그물모양으로 고분자 열경화성 불포화 폴리에스터 수지로 화학 구조식은 그림 5.와 같이 폴리글리콜말레이트(Poly-Glicol-Maleate)와 스티렌(Stryene)이 중합반응 하여 공간그물 모양 구조의 폴리에스터(Polyester)가 생성되는 화학적 메카니즘을 갖고 있다.

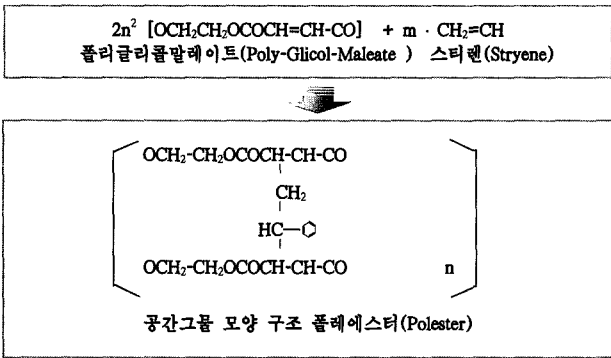


그림 5. 폴리에스터 화학구조식

이러한 재료적 구성 성분에 따른 돌기의 굵기, 간격에 대한 연구 과정에서 다양한 문제점을 분석한 결과 굵기가 0.1mm 미만일 경우, 그림 6.과 같이 방수 시공에 따른 액상 도막방수재의 충전 시 돌기의 수직 지지 강도가 약해서 방수층의 두께 확보가 어렵다는 문제점이 발생되고, 굵기가 0.5mm 이상일 경우, 돌기의 수직지지 강도는 양호한 반면 시트재의 유연성이 저하 및 방수재의 충전 불량 등 문제점이 발생될 수 있다.

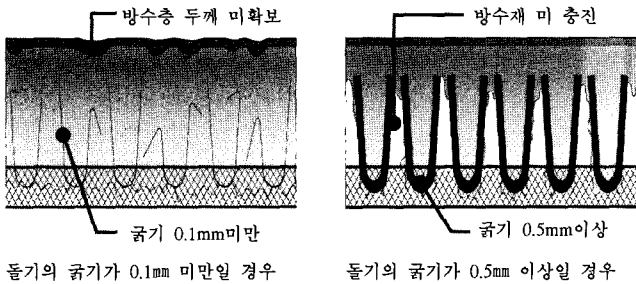


그림 6. 돌기의 굵기에 따른 문제점

또한 이웃하는 돌기의 간격이 2mm 미만일 경우 방수층의 내구성, 내잔갈림성 등이 양호한 반면에 방수 시공에 따른 액상 도막방수재의 도포 시 돌기들 사이로 원활한 충전이 어렵다는 문제점이 있다. 간격이 10mm 이상일 경우 액상 도막방수재의 충전은 이상적인 반면에 방수층의 내구성, 내잔갈림성 등에 있어서 양호하지 못한 문제점이 발생된다.

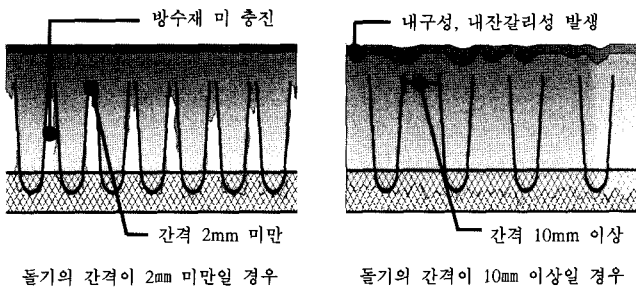


그림 7. 돌기의 간격에 따른 문제점

돌기형성부의 미세형상을 살펴보면 사진 3.과 같이 액상 도막방수재가 다수의 돌기들 사이사이에 원활하게 충전되도록 할 뿐만 아니라, 다수의 돌기 상호 간의 영김형태로 견고하게

결속되어 방수층의 부착성, 수축성, 내잔갈림성, 내균열성 등에 대응할 수 있는 방수층을 형성한다.

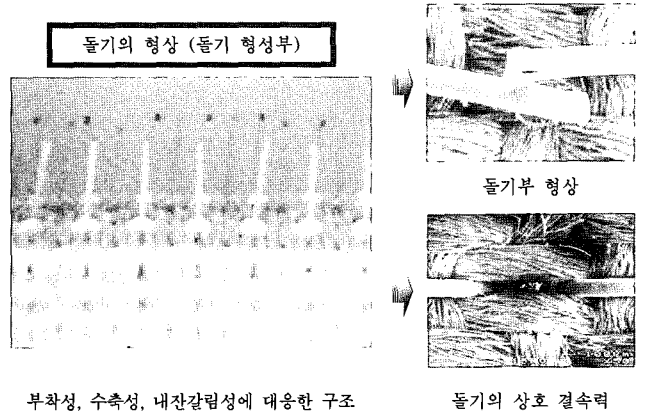


사진 3. 돌기형상에 따른 구조적 안정성 분석

따라서 이러한 다수의 돌기로 인하여 방수층의 구조적 안정성을 가질 수 있으며, 사진 4.와 같이 방수층 시공시 액상 도막방수재와 돌기 상호간의 함침성으로 인하여 사용 재료간의 결속력을 가질 수 있다.

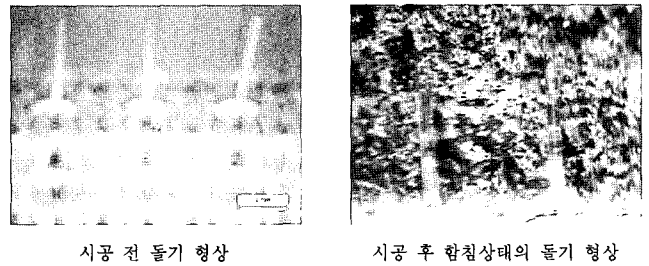


사진 4. 돌기의 함침성

3.2.2 폴리에스터 시트부

폴리에스터 시트부는 사진 5.와 같이 다수의 돌기가 단단하게 고정하는 지지대의 기능을 부여하고, 액상 도막방수재의 함침성을 높여 결속력을 향상 시키는 기능성 소재이다.

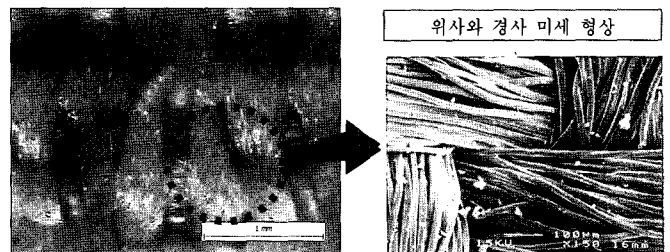


사진 5. 폴리에스터 시트의 미세분석

또한 폴리에스터 시트의 형상은 위사와 경사로 구분되어 사진 6.과 같이 단단한 폴리에스터 직포의 크로스(cross) 형태로 성형됨에 따라 콘크리트 바탕면의 반복적인 수축과 팽창(좌우)으로 인한 하자 발생의 문제점을 완화 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

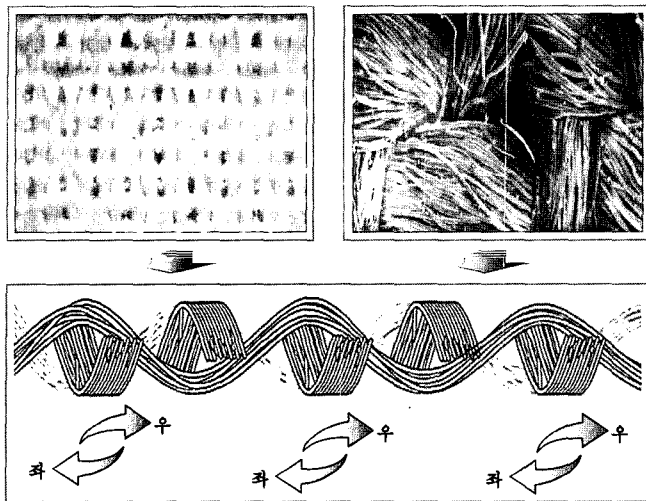


사진 6. 폴리에스터 시트의 수축과 팽창의 완충작용

액상 도막방수제 충전 시 폴리에스터 시트 내부(경사와 위사)로 충분히 액상 도막방수제가 흡착되기 때문에 사용 재료(액상 도막방수제층과 폴리에스터 시트 층) 간의 강한 밀착 상태의 방수층이 형성된다.

3.2.3 단열시트부(열차단용 특수 알루미늄 박판)

일반적으로 구조물의 내부의 많은 열이 외부로 소실됨에 따라 옥상 방수공법에 있어서 이러한 열을 차단하는 기능이 부가적으로 필요하게 된다. 이러한 열손실을 최소화 하기 위하여 단열보완기능을 갖는 알루미늄 박판을 특수 압연한 얇은 평판형 시트로 구성된 단열 시트부는 폴리에스터 시트의 하단에 접착 구비되어 그림 8.과 같이 단열 보완 기능을 부가한다.

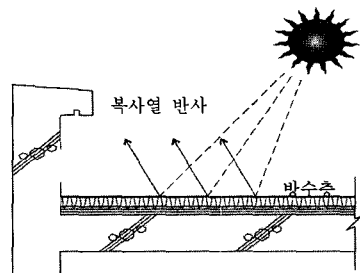
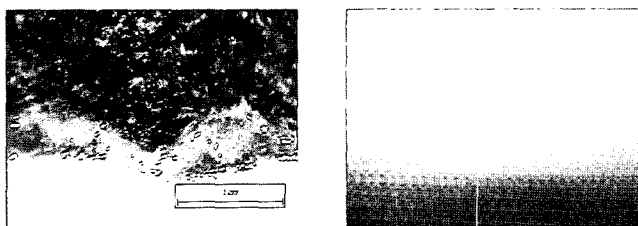


그림 8. 단열보완기능 개념도

단열 보완층은 사진 7.과 같이 폴리에스터 하단부에 위치하며, 특수 알루미늄 판을 10~15 μ m로 얇게 압연하여 성형한다.

알루미늄 판은 전성·연성이 풍부하고, 비중이 철의 1/3정도로 경량이며, 역학적 성질과 열·전기 전도성이 동(銅)다음으로 크기 때문에 반사율이 높아 열차단 효과가 있을 것으로 판단된다.

즉, 단열층의 열차단용 특수 알루미늄 박판은 방수성능과 단열 보완 성능의 이중적인 효과를 기대할 수 있다.



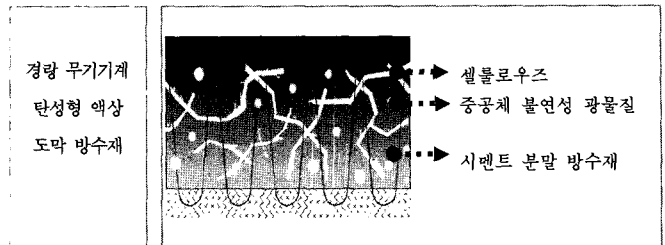
액상 도막방수제 시공 후

압연된 알루미늄 박판

사진 7. 압연된 알루미늄 박판의 단열보완층

3.3 액상 도막방수제

액상 도막방수제는 그림 9. 와 같이 강도보강 기능의 셀룰로우스, 단열보완기능의 중공체 불연성 광물질, 이질 재교간의 상호결속력 증대를 위한 시멘트 무기계 분말 방수제로 구성되어 방수성능은 물론 단열 보완 성능을 확보한다.



셀룰로우스

중공체 불연성 광물질

시멘트 분말 방수제

그림 9. 액상 도막방수제 구성도

액상 도막방수제는 사진 8.과 같이 고분자 아크릴 에멀전 수지 결합제와 섬유강화 셀룰로우스 및 중공체 불연성 광물질을 포함한 경량 무기질계 충전제가 혼합되어 이루어지는 액상 방수제이다. 액상 도막방수제의 특징은 탄성력이 우수하고, 강도가 뛰어나 돌기 입체형 보강 시트의 돌기 부분과의 결속력이 있는 장점을 갖는다.

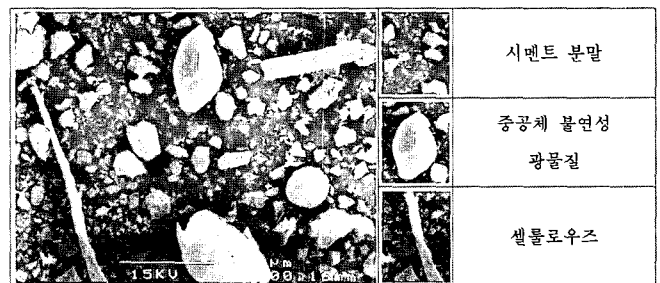


사진 8. 액상형 도막 방수제의 구성 성분

액상 도막방수제 내의 셀룰로우스(Cellulose)는 천연섬유로 식물 속에서 이산화탄소와 물로부터 광합성에 의해 생성된다. 셀룰로우스의 화학구조는 그림 10.과 같이 (C₆H₁₀O₅)_n으로 식물 세포벽의 주요 구성성분으로 되어 있는 섬유소라고도 하며, 화학적으로 매우 안정적이고, 인체에는 자극이나, 독성이 없어 친환경적 소재이다.

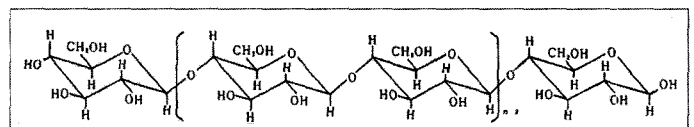


그림 10. 셀룰로우스의 화학 구조

셀룰로우스의 주요 생산자원은 천연자원인 목재로서, 동결저항성이 뛰어나며, 강도, 인성 및 강성 등이 우수한 특징을 가지

고 있다. 셀룰로우스의 강도에 있어서는 그림 11.과 같이 목재 한 조각의 인장강도가 690kgf/cm²의 강도를 가지며, 이러한 목재로부터 추출된 각각의 단 섬유는 6,900kgf/cm²이상의 인장강도를 가진다. 따라서 이러한 목질섬유의 화학적 주요 구성분의 인장 강도는 약 69,000kgf/cm²의 강도가 측정되고, 대부분의 섬유의 평균길이는 2.1mm~5mm로, 두께는 30~45microns 정도이다.

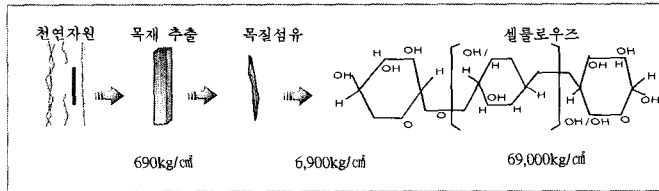


그림 11. 셀룰로우스의 강도 변화 과정

셀룰로우스의 구성성분은 사진 9.와 같이 미세 분석 자료와 같이 무수히 많은 섬유소로 구성되어 있기 때문에 이러한 섬유소가 서로 엉기어 있어 방수층 시공시 찢김 혹은 미세균열 등에 대한 방수하자의 원인을 현저히 줄 일 수 있으며, 방수성능 향상과 방수층의 강도증진에 있어서 탁월한 효과를 얻을 수 있다. 또한 셀룰로우스는 굵어지거나 물결 모양의 섬유 독특한 구조적 특징으로 액상 도막방수재 시공시 발생 되는 미세 공극을 메워 주어 공극으로 인한 방수재 내의 균열 발생을 억제한다.

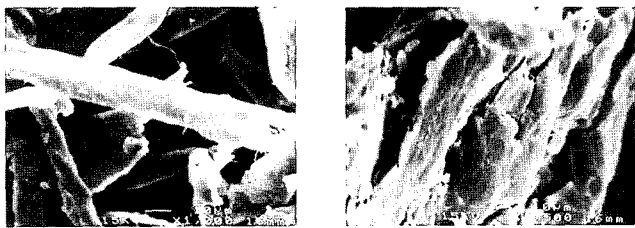


사진 9. 셀룰로우스의 미세 분석 관찰(SEM관찰)

즉, 셀룰로우스는 그림 12.와 같이 시멘트와의 역학적 성질을 증대시켜 돌기와 돌기 사이의 방수재 내의 미세균열을 억제하고, 안정화하여, 인장강도 및 충격에 저항할 수 있는 성능을 높여주는 작용을 한다.

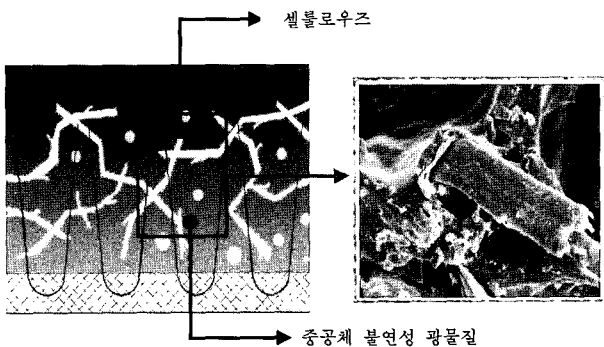


그림 12. 방수재료 구성성분 모식도

중공체 불연성 광물질은 화성암 제통의 원석을 분쇄하여 일

정 조건하에서 건조, 가열(약 1,000℃ 이상)하면 약 30배 정도의 크기로 팽창하게 되어 사진 10.과 같이 가벼운 다공성 입자가 생성된다.

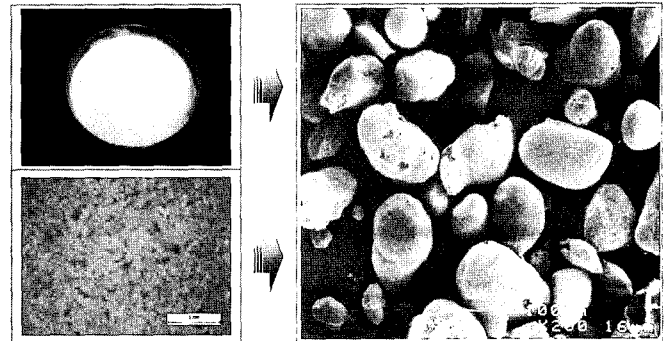


사진 10. 중공체 불연성 광물질의 형상

이러한 다공입자가 기화하면서 그 내부에 수많은 미세 기공을 형성하게 되어 속이 빈 상태나 세포상의 가벼운 팽창물이 생성된다. 이와 같이 생성된 다공성 팽창물에 각종 첨가물과 혼합하여 특수제조 공법 과정 거쳐 중공체 불연성 광물질로 제조된다.

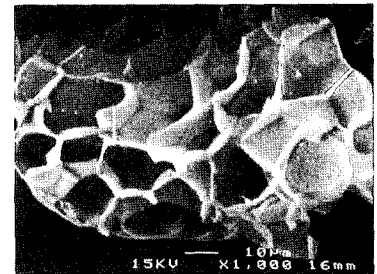


사진 11. 중공체 불연성 광물질의 단면

중공체 불연성 광물질의 단위 용적 중량이 0.03~0.25g/l로 체적 대비 중량이 작은 초경량으로 사진 11.과 같이 무수한 다공질로 형성되어 있으며, 분체간 점접촉으로 연결되어 중공체 불연성 광물질 자체의 고체 전도는 매우 적다. 입자의 형상은 백색으로 태양의 복사열에 대한 단열 보완 효과가 뛰어나고, 섬세한 다공성 기포체로서 독특한 보온단열의 성능을 가진다.

중공체 불연성 광물질의 특징은 재료 자체가 불연성 무기질로만 형성되어 있기 때문에 화재 발생시 유독가스의 발생위험이 전혀 없고, 재료적으로 식품 첨가물로 허가 승인된 친환경적 메카니즘을 갖고 있다. 또한 중공체 불연성 광물질의 산도는 중성(pH=6.5~7.5)으로 표 1.과 같이 많은 재료적 특징을 가진다.

표 1. 돌기입체형보강시트와 액상형도막방수재 성능 시험결과

구분	범위	비고
① 사용영역	250℃~1,000℃의 보온·보냉재로서 광범위한 사용 온도	
② 보온·단열성	섬세한 다공성 기포체로 독특한 보온단열 성능	
③ 불연성	불연의 무기질 재료 사용	
④ 발수성	광물질의 외피가 고체상태의 다공질이므로 뛰어난 발수성능	
⑤ 방식성	규산나트륨 성분의 함유로 응력부식, 균열방지 및 부식 보호에 뛰어난 효과	
⑥ 변형	안전 사용 온도 범위 내에서 수축이 전혀 없고, 오히려 약간의 신장 경향을 가지며, 냉각되면 다시 원상태로 복원되어 열 신장에 대응	

따라서 액상 도막방수재 내에서 중공체 불연성 광물질의 단열 보완 기능에 대한 단열 모식도를 살펴보면, 그림 13과 같이 외기와 직접적으로 접하는 옥상 방수층 슬래브에 기존의 옥상 방수공법과 본 신청기술 옥상 노출복합방수 공법을 비교 하였을 때, 기존의 옥상 방수공법은 중간 여과 과정 없이 외부공기가 곧 바로 실내로 유입되는 현상이 나타난다. 그러나 본 신청 기술인 옥상 노출복합방수공법은 액상 도막방수재 내에 무수히 많은 공기층을 갖고 있는 다공성 팽창물(중공체 불연성 광물질)의 단열 보완 작용으로 외부 공기 유입량이 현저히 줄어들기 때문에 에너지 절감 차원에서 효과가 있을 것으로 판단된다.

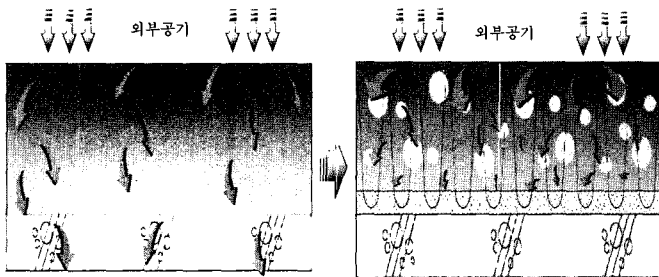


그림 13. 중공체 불연성 광물질의 단열 모식도

또한 중공체 불연성 광물질의 시공성에 있어서 광물질과 광물질 사이의 상호 결속력 증대를 위하여 사진 12와 같이 시멘트 무기계 분말 방수재를 사용하였다.

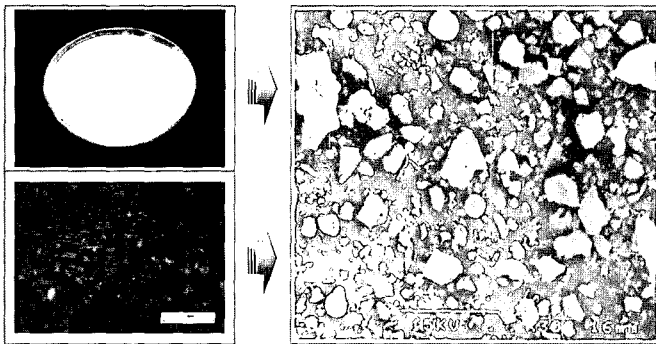


사진 12. 시멘트 무기계 분말 방수재의 형상

즉, 시멘트 무기계 분말 방수재는 중공체 불연성 광물질 및 셀룰로오즈의 결속력을 증대시키기 위한 분말형 재료로 사진 13과 같이 방수층 시공에 있어서 사용 재료의 상호 집착력 및 결속력을 강화시킨다.

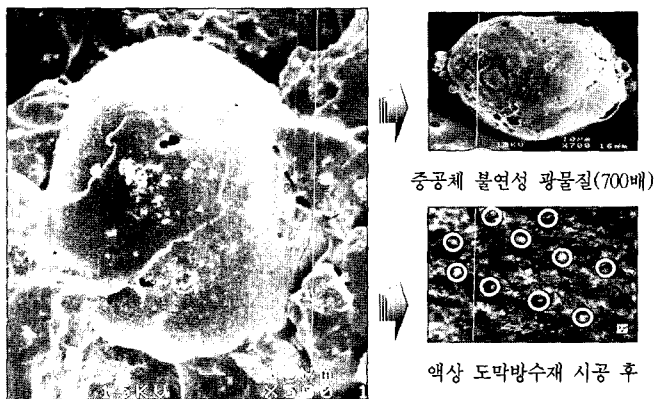


사진 13. 사용 재료간의 상호 부착 형상(SEM)관찰

따라서 액상 도막방수재는 시멘트 무기계 분말 방수재의 사용으로 각 재료간의 제면접착을 증대시킬 뿐만 아니라 중공체 불연성 광물질, 셀룰로오즈 등 방수재 내의 함침성을 강화시켜 액상 도막방수재 내에 적용되었을 때 옥상 방수의 시공성을 향상시키고, 단열 보완 효과를 기대할 수 있다.

4. 돌기시스템을 이용한 입체 보강형 시트의 성능평가

돌기시스템을 이용한 입체보강형시트와 경량 무기계 액상형 도막방수재의 복합시트를 KS규정에 의거하여 시험한 결과 표 2, 표 3, 표 4와 같이 각각의 재료 성능을 시험한 결과 기준에 만족 하는 것으로 측정되었다.

표 2. 돌기입체형보강시트와 액상형도막방수재 성능 시험결과

시험항목		시험결과		성능기준	시험결과	비고	
인장강도 N/cm	길이	240 이상	550				
	나비(폭)		784				
신장률 %	길이	15 이상	34				
	나비(폭)		23				
인열강도 N/cm	길이	50 이상	151				
	나비(폭)		125				
온도 의존성	-20℃	신장률 %	길이	7.5 이상	27		
			나비(폭)		20		
	60℃	인장강도 N/cm	길이	100 이상	469		
			나비(폭)		492		
가열 신축 성상	신축량 mm	신장 2 이하 수축 4 이하	길이	-2.3	-2.3		
			나비(폭)		-2.0		
열화처리 후의 인장성능	인장 강도비 %	가열 처리	길이	80 이상	101	KS F 4911	
			나비(폭)		97		
		축진 노출 처리	길이	80 이상	96		
	나비(폭)		94				
	알칼리 처리	가열 처리	신장률 비 %	길이	80 이상		97
				나비(폭)			96
축진 노출 처리		길이	70 이상	98			
	나비(폭)	97					
신장률 비 %	가열 처리	축진 노출 처리	길이	80 이상	98		
			나비(폭)		100		
	알칼리 처리	길이	80 이상	101			
나비(폭)		103					
신장시의 열화성상	가열 처리	어느 시험편에도 잔금이 없을 것	이상없음				
	축진 노출 처리		이상없음				
	오존 처리		이상없음				
접합인장강도 (N/cm)	무 처리	240 이상	253				
	가열 처리	190 이상	215				
	알칼리 처리	190 이상	233				
내 충격성	20℃	-	충격 저항성 4	-	KS F 2622		
접합부 방수성	0.3 N/mm ² , 3시간	투수 되지 않을 것	이상없음	-	KS F 4919		
열전도율 (W/m-K)	평균온도 20℃	-	0.143	-	KS L 9016		

표 3. 경량 무기계 액상도막 방수재 성능 시험결과

시험항목	시험결과	시험기준	시험결과	비 고
내잔갈림성		방수층 표면에 잔갈림이 없을 것	이상없음	KS F 4919
흡수량 (g)		2.0 이하	0.7	
인장성능	인장강도 N/mm ²	1.0 이상	2.2	
	신장률 %	50 이상	61	
내투수성		0.3 N/mm ² 수압에서 투수되지 않을 것	이상없음	
습기투과성 S _d (m)		4 이하	3.6	
내알칼리성		이상 없을 것	이상없음	

표 4. 돌기입체형보강시트의 성능 시험결과

시험항목	시험결과	시험기준	시험결과	비 고
인장강도 N/cm ²	길이	240 이상	470	KS F 4911
	나비		580	
신장률 %	길이	15 이상	36	
	나비		43	
인열강도 N/cm	길이	50 이상	137	
	나비		99	

참 고 문 헌

1. (사)대한건축학회 2003년 1월 “ 건축재료 ” 강병희(동아대 건축공학과 교수) 외
2. 건축대학교 2000.6 “ 콘크리트 보강재로서 셀룰로오스섬유 제조방법 개발 및 적용성에 관한 연구 : (주)에스에스산업 : 원종필(건국대학교 공학박사)
3. 건축환경계획 (사)대한건축학회 1995.10 구재오(강원대 건축공학과 교수)외
4. 플라스틱 재료 두본(讀本) 기전연구사 플라스틱재료연구회 저
5. 대한전문건설협회, 방수공사 핸드북, 1997
6. (株)建設研究社, 建設標準品集, 全仁植, 2002
7. U.S. EPA, Summary of drinking Water Regulations Since SDWA Amendments of 1986, 1991
8. U.S. EPA, Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities, 1990
9. 日本水道協會, 高度淨水施設導入ガイドライン, 1998

5. 결 론

옥상방수공사는 타 방수공사에 비해 외부 환경에 직접 노출되어 있기 때문에 가장 열악한 환경 조건으로 누수 하자 사례가 빈번히 발생되고 있다. 이러한 열악한 환경 조건의 대응 방안으로 다양한 방수재료가 개발·사용되고 있음에도 불구하고 실질적으로 옥상방수에 적용되는 방수공법 및 재료는 일부분으로 국한되어 있어 내구성 및 방수 품질의 지속성에 많은 어려움을 갖고 있다.

따라서 본 연구에서는 높이, 굵기, 간격이 일률적인 돌기 시스템을 이용한 입체보강형시트의 옥상노출복합방수공법 적용에 관한 재료 및 공법적 연구를 통하여 현장 적용성 여부를 확인하고, 다양한 환경의 급속한 변화에 따른 방수품질의 향상을 실현시키고자 한다.