

우레팔트 접착제를 사용한 개량형 우레시트 일체식 공기단축형 기계화 시공 비노출 방수공법

The Automatic equipments Non-Exposure waterproofing method of reduced construction hours integrated with the improved URE-Sheet and UREPALT adhesives

민 성 우* 오 창 원** 양 재 봉***
Min, Sung-Woo Oh, Chang-won Yang, Jae-Bong

Abstract

This technology is able to construct with hardening UREPALT adhesives and TPO URE-Sheet simultaneously using automatic equipments, the benefit of this construction method is that The layer of waterproofing is uniform and defect of construction would be reduced because of no construction joints between UREPALT adhesives and TPO URE-Sheet. Furthermore, this new method could accomplish shortening of construction period, quality control and saving of labor costs. Also the non-exposure waterproofing method would be protected from fire and safe for workers without using a torch.

키 워 드 : 비노출 방수공법, 기계화 시공, 우레팔트 접착제, TPO우레시트
Keywords : Non-Exposure waterproofing method, Automatic equipments, UREPALT adhesives, TPO URE-Sheet

1. 서 론

최근의 건축 방수기술은 건축구조물이 대형화되고 토지사용의 효율화를 극대화하고자 하는 건설사의 요구에 대응하기 위하여 여러 가지 방안이 검토되고 있다. 즉, 건축물의 옥상 및 지하주차장 상부를 공원화하거나 체육시설 등을 설치하는 등 삶의 질 향상에 많은 관심을 기울이고 있음에 따라 방수기술에 있어서도 기존 우레탄 방수 등의 노출방수에서 비노출 방수의 요구가 점차 많아지고 있는 추세이다.

현재 비노출 방수공법으로 적용되고 있는 시트 방수재의 경우 균질한 품질 확보와 방수층의 안정성이 우수하다는 장점을 가지고 있음에도 불구하고 방수시트 시공 후 외관상의 미관이 좋지 않아 비노출 공법으로 주로 시공되어지고 있다.

이러한 비노출 시트 방수 공법은 토치에 의한 시트 접착이 주로 적용되고 있으며 일부의 경우 유기 접착제에 의한 방법으로 시트를 접착하기도 한다. 특히 토치에 의한 접착은 개량 아스팔트 시트의 일부인 컴파운드 층을 약 1,100~1,300℃ 토치 화염으로 용융시켜 방수시트를 접착시키는데 이 경우 방수공사 시공 기술자의 숙련도 및 토치화염을 가하는 온도와

시간에 따라 방수시트의 품질저하와 열화의 원인을 제공할 수도 있으며, 또한 화재의 위험성과 숙련된 시공 기술자의 확보에 어려움이 제기되기도 한다.



사진 1. 기존시트방수재 시공모습(좌)과 본 개발기술시공모습(우)

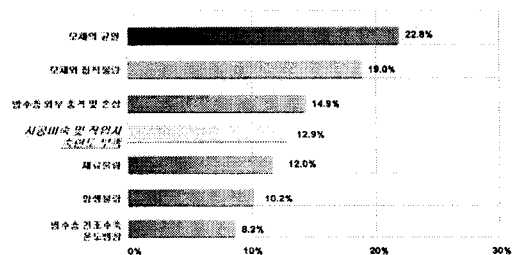


그림 1. 방수층 하자 발생 원인별 비율
⇒ 방수공사 하자분석에 의한 현장품질관리 개선방안(부경대학교, 건축공학과, 안광욱 2005.2)

* 현대산업개발(주) 기술연구소 과장
** 현대산업개발(주) 기술연구소 부장
*** 한국석유공업(주) 연구개발센터 책임연구원

특히 건축물 옥상방수에 있어 하자 발생 원인에 대하여 부경대학교 안광욱에 의하면 모체의 균열, 모체와 접착불량, 방수층 외부 충격 및 손상, 시공미숙 및 작업자 숙련 부족, 재료 불량, 양생불량, 방수층 건조수축 온도 팽창으로 분류하고 있으며, 이중 시공과 관련된 모체와의 접착불량(19.0%)과 시공 미숙 및 작업자 숙련 부족(12.9%)으로 발생하는 하자는 전체 방수공정 하자 중 약 31.9%로 높은 하자 원인을 제공하는 것으로 보고하였다.

따라서 건축물의 비노출 방수 기술에 있어 방수재의 재료적 측면에서는 장기간 동안 방수층이 파괴 없이 유지될 수 있는 내구성을 확보하며 방수 시공에 있어서는 기계화 및 공정의 단순화로 시공기술의 개선이 필요한 시점인데, 본 개발기술은 시트 방수재의 장점을 극대화하고 기존의 방수시트 접착기술에 대한 발상의 전환으로 열에 의한 접착이 아닌 화학 반응에 의해 상온에서 반응 경화하는 우레팔트 접착제를 사용하며, 또한 TPO 개질 우레시트의 시공을 기계화함으로써 시공성 및 방수층의 품질을 향상시킨 기술이다.

2. 개발기술의 구성 및 특징

2.1 공법 개요

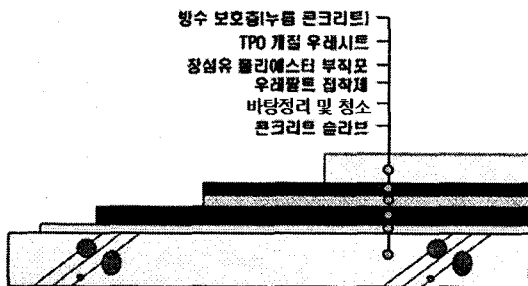


그림 2. 본 개발기술의 방수층 단면도

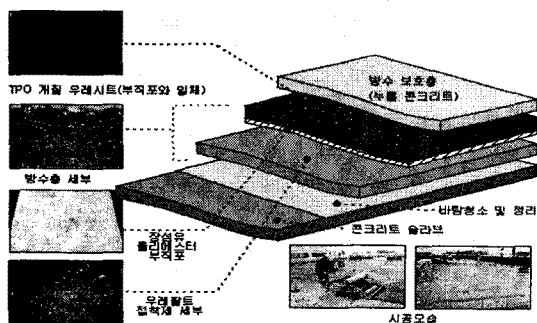


그림 3. 본 개발기술의 구성도

본 개발기술의 핵심기술은 방수성능을 가지는 상온 반응 경화형 우레팔트와 TPO 개질 우레시트를 시공장비에 의해 동시에 시공하는 기술이다. 즉, 상온에서 반응 경화하는 우레팔트

접착제가 바탕체와 TPO 개질 우레시트를 접착하며, 또한 우레팔트 접착제가 방수성능을 가지고 있어 시트 상호간의 이음을 접착시킴으로서 시트의 이음부가 겹침 없이 맞닿으로 시공되고 방수층이 균일하게 연속적으로 형성되는 방수기술이다.

따라서, 방수층의 하자발생을 최소화 할 수 있으며, 또한 기계화 시공으로 공사기간의 단축 및 인건비 절감 등의 효과를 기대할 수 있는 비노출 방수시공 기술이다.

2.2 공법 및 재료의 특징

1) 우레팔트 방수접착제(특허 10-0758382 ;도막방수제)

본 개발기술의 접착재료인 우레팔트 방수접착제는 “우레탄 프리폴리머를 주로 함유한 제1성분과 유화아스팔트를 주로 함유한 제2성분 및 시멘트나 석회의 3성분”으로 구성되며, 이들을 배합하면, 우레탄 프리폴리머가 유화아스팔트 중의 물과 반응하여 가교폴리우레탄 수지가 되며, 이 수지가 유화아스팔트 중의 아스팔트 등과 일체화되어 가교성이 풍부한 방수성을 지닌 접착제가 형성된다. 이때 이산화탄소가 발생하여 발포하게 되는데 이를 막기 위하여 이산화탄소 스케빈저를 유화아스팔트에 함유하여 이산화탄소에 의한 발포현상을 막게 된다.

2) TPO개질우레시트(특허 10-0757501 ; TPO개질아스팔트방수시트 및 이를 이용한 복합방수공법, 특허 10-0609716 ; 아스팔트 조성물 및 제조방법)

본 개발기술의 주요 방수재료인 TPO(Thermoplastic Polyolefins) 우레시트는 기존에 개발되어 판매되고 있는 APP(Atadtic Polypropylene)개질아스팔트시트의 내한성 문제와 SBS(Styrene Butadiene Styrene)개질아스팔트시트의 노화, 내열성 문제를 해결한 개질아스팔트시트이다.

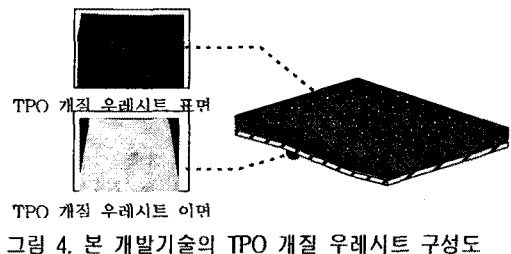


그림 4. 본 개발기술의 TPO 개질 우레시트 구성도

TPO 개질 우레시트는 용융스트레이트 아스팔트와 TPO 합성수지를 혼합하여 장섬유 폴리에스터 부직포위에 부착하여 공장에서 생산되는 방수재료로 일정한 두께로 생산되므로 품질의 변화가 없는 우수한 방수시트이다.

또한 우레팔트 접착제와 TPO 개질 우레시트와의 일체화를 위해 니들 편칭이된 장섬유 폴리에스터 부직포를 사용하여 현장 시공 시 우레팔트 접착제가 부직포 내부로 스며들어 일체

화를 도와주는 역할을 한다.

3) 시공 장비(특히 10-0757495 ; 방수시공장치)

본 개발기술의 시공장비는 방수공사 시 인력위주의 작업을 탈피하여 숙련자가 아니어도 완벽한 품질의 시공이 가능하도록 고안된 시공 장비로 우레팔트 접착제와 TPO 개질 우레시트의 시공을 한꺼번에 시공할 수 있으며, 우레팔트 접착제가 저장되는 저장용기와 저장용기 하부에 배출량을 조절할 수 있는 배출밸브가 설치되어 있고, 이를 정속모터를 사용하여 이동시 균일한 양의 접착제를 배출함과 동시에 균일한 두께로 펼칠 수 있는 2중의 스크레퍼로 콘크리트 바닥 슬라브에 균일하게 접착제를 도포한 후 그 위에 TPO 개질 우레시트가 부착되도록 시트를 공급하는 시트 공급부와 TPO 개질 우레시트가 콘크리트 바닥 슬라브에 밀착 되도록 구조물의 바닥 쪽으로 가압하는 롤러가 있는 특징이 있다.



그림 5. 본 개발기술의 시공순서

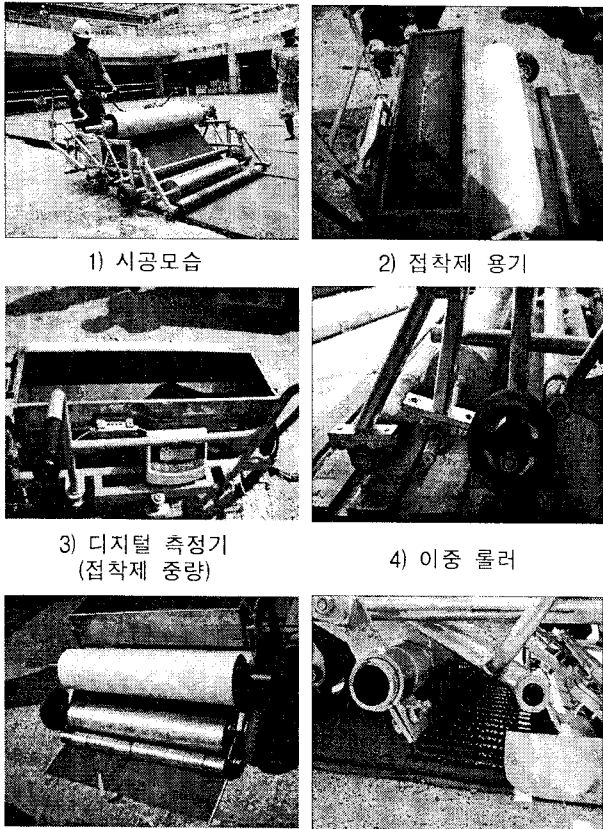


사진 2. 본 개발기술의 시공 장비

4) 시공 공정순서

본 개발기술의 시공순서는 바탕정리 및 프라이머 도포, 시공장비를 이용한 기계화 시공(우레팔트 접착제와 TPO개질 우레시트), 맞담부 보강, 파라펫 등 시공의 순서로 진행되며, 시공시간은 기존의 인력위주의 시공보다 약 3배정도 빠른 속도로 시공이 가능하다.(당사 측정치)

3. 시험기준 및 결과

3.1 기본물성 평가

TPO개질아스팔트시트를 KS F 4917 : 2007 개량아스팔트 방수시트 규격에 의하여 시험하였으며, 성능기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

표 1. 본 개발기술의 TPO 개질 우레시트 성능 시험 결과

검증 항목		검증 기준 (KS F 4917 : 2007)	검증 결과	분석내용		
인장 성능	인장강도 N/mm	무처리	길이	5.0 이상	16.1	
			나비	5.0 이상	14.0	
		가열 후	길이	무처리의 80%이상	14.1(88%)	
			나비	무처리의 80%이상	12.5(89%)	
	신장률 %	무처리	길이	무처리의 80%이상	13.2(82%)	
			나비	무처리의 80%이상	11.5(82%)	
		가열 후	길이	무처리의 80%이상	44(110%)	
			나비	무처리의 80%이상	52(100%)	
	함장적 N·%/ mm	무처리	길이	무처리의 80%이상	644	
			나비	200이상	728	
		인열 성능 N	길이	20 이상	49	TPO 개질 우레시트 시험결과 KS F 4917 : 2007 기준에 모두 만족하는 것으로 나타났으며, 옥상 비노출 방수시 적용 시 방수성능을 발휘 할 수 있을 것으로 사료된다.
			나비	20 이상	49	
내열 성능	홀러내림 길이 mm	5 이하	1			

	겉모양		출러내리거나 발포가 되지 않을 것	이상 없음
내피로 성능		잔금, 찢김, 파단이 생기지 않을 것		이상 없음
치수 안정성	치수 변화율(%)	길이	0.0±1.0	0.7
		나비	0.0±1.0	0.4
	겉모양	길이	이상한 주름, 찢, 층간의 박리가 생기지 않을 것	이상 없음
		나비	이상한 주름, 찢, 층간의 박리가 생기지 않을 것	이상 없음
접합성능 N/mm	일반 접합부	5.0N/mm 이상 또는 나비방향 무처리 인장강도의 70% 이상	9.9	
	맞댐 접합부	5.0N/mm 이상 또는 나비방향 무처리 인장강도의 70% 이상	10.3	
	맞댐 접합부 (10mm 이격)	5.0N/mm 이상 또는 나비방향 무처리 인장강도의 70% 이상	9.6	
내음폭페임 성능		구멍이 생기지 않을 것		이상 없음
굴곡 성능	무처리 (길이방향) -15 ℃	표면	-15 ℃에서 잔금이나 층간 박리가 일어나지 않을 것	이상 없음
		이면	이상 없음	이상 없음
	가열 후 (나비방향) -5 ℃	표면	-5 ℃에서 잔금이나 층간 박리가 일어나지 않을 것	이상 없음
		이면	이상 없음	이상 없음

3.2 우레팔트 접착제와 TPO개질아스팔트시트 복합체 내구성 시험

3.2.1 투수성능

방수성능을 가지는 우레팔트 접착제만 도포한 시험체와 우레팔트 접착제+TPO 개질 우레시트, 일반 접합부 시험체, 맞댐부 시험체 및 맞댐부 10mm 이격 시험체를 각각 0.1MPa의 압력으로 1시간동안 투수시험을 하는 것으로 하여 투수성능을 평가하였다.

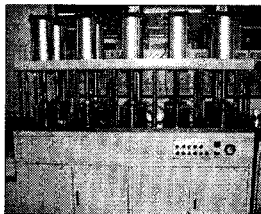


사진 3. 투수시험기

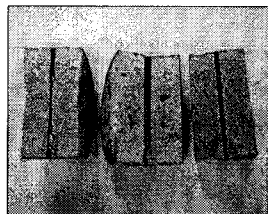


사진 4. 투수 시험 후 시험체 모습(투수안됨)

투수 시험결과 모든 시험체에서 투수되지 않는 것으로 나타났다. 특히 방수성능을 가지는 우레팔트 접착제만으로도 투수되지 않아 방수성능이 우수한 것으로 나타났다.

표 2. 본 개발기술의 투수성능 시험 결과

검증 항목 (투수성능)	검증 기준	검증 결과	분석 내용
우레팔트 접착제	0.1MPa, 60분 투수되지 않을 것	투수 안됨	우레팔트 접착제 자체와 우레팔트 접착제와 TPO 개질 우레시트 복합체 및 맞댐 접합부 10mm 이격 한 맞댐 접합부에 대하여 투수성능 실험을 실시한 결과 투수되지 않는 것으로 나타났다.
우레팔트 접착제와 TPO 개질 우레시트	0.1MPa, 60분 투수되지 않을 것	투수 안됨	
맞댐 접합부	0.1MPa, 60분 투수되지 않을 것	투수 안됨	
맞댐 접합부 10mm 이격	0.1MPa, 60분 투수되지 않을 것	투수 안됨	

3.2.2 열화처리 후 접합성능

본 시험에서는 열화처리 후 일반접합부 접합강도 시험과 맞댐접합부의 접합강도 및 10mm 이격 한 맞댐 접합부의 접합강도 시험을 실시하였으며, 시험체를 물림 간격 100 mm가 되도록 인장 시험기에 걸어 인장 속도 100mm/min으로 시험체가 파단 될 때 까지 인장하여 최대 하중을 구하였다. 열화처리방법은 가열처리(60℃, 240시간) 알칼리 침지(Ca(OH)₂ 포화수용액, 20℃, 240시간), 냉온반복(20℃ 물 18시간 침지, 기중 -20℃ 3시간, 기중 50℃ 3시간을 1cycle) 10cycle로 전처리한 시험편으로 시험하였다.

시험결과 열화처리한 모든 시험체에서 KS F 4917 : 2007 접합성능 기준(무처리) 5.0N/mm 보다 성능이 우수한 것으로 나타났다.

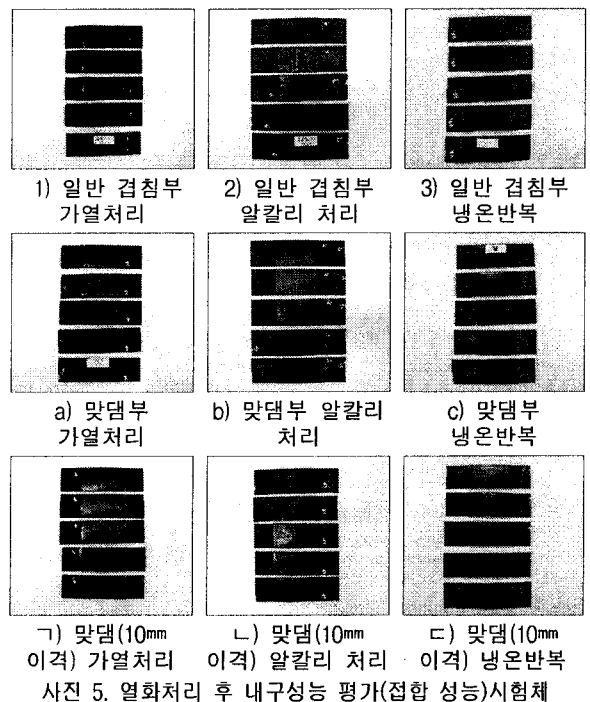


사진 5. 열화처리 후 내구성능 평가(접합 성능)시험체

표 3. 열화처리 후 접합 성능 시험 결과

검증 항목 열화처리 후 접합성능(N/mm)		검증 기준 KS F 4917 : 20 07	검증 결과 (N/mm)	분석 내용
일반 접합부 (50mm 겹침)	가열처리 후 (60℃, 240시간)	5.0N/mm 이상 또는 나비방향 무처리 인장강도 의 70% 이상	14.1	열화처리 후 접합성능을 실험한 결과 일반 접합부에서 KS F 4917 : 2007에 만족하는 것으로 나타났으며, 맞댐 접합부 및 10mm 이격맞댐 접합부 역시 KS기준인 5.0N/mm 이상으로 성능기준을 만족하는 것으로 나타났다.
	알칼리 처리 후 (Ca(OH) ₂ 포화, 20℃, 240시간)		10.2	
	냉온반복 후 (10cycle)		13.4	
맞댐 접합부 (10mm 이격)	가열처리 후 (60℃, 240시간)		15.7	
	알칼리 처리 후 (Ca(OH) ₂ 포화, 20℃, 240시간)		10.6	
	냉온반복 후 (10cycle)		12.5	
맞댐 접합부 (10mm 이격)	가열처리 후 (60℃, 240시간)		13.4	
	알칼리 처리 후 (Ca(OH) ₂ 포화, 20℃, 240시간)		9.5	
	냉온반복 후 (10cycle)		11.0	

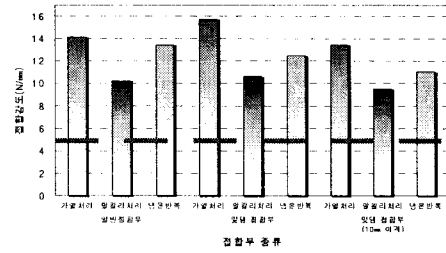


그림 3-1. 열화처리 후 접합 성능 시험 결과

표 4. 열화처리 후 인장접착성능 시험 결과

검증 항목 열화처리 후 인장접착성능(N/mm ²)	검증 결과 (N/mm ²)	분석 내용	
무처리	1.00	무처리 인장접착시험 결과를 100%로 보았을 때 열화처리 후 인장접착강도는 91~118% 정도로 나타나 열화처리 후에도 인장접착강도를 유지하는 것으로 나타났다.	
가열처리 후 (60℃)	240 시간		1.14
	480 시간		1.14
	720 시간		1.18
알칼리 침지 후 (Ca(OH) ₂ 포화수용액 ,20℃)	240 시간		1.04
	480 시간		0.92
	720 시간		0.91
냉온반복 후	10 cycle		1.13
	20 cycle		1.08
	30 cycle	0.97	

3.2.3 열화처리 후 우레팜트 접착제와 TPO 개질 우레시트의 인장접착성능 시험

우레팜트 접착제와 TPO 개질 우레시트의 두 재료간 일체화 정도를 알아볼 수 있는 인장접착성능을 시험하였다. 무처리, 가열처리(60℃, 240시간, 480시간, 720시간), 알칼리 침지 (Ca(OH)₂ 포화수용액, 20℃, 240시간, 480시간, 720시간), 냉온반복(20℃ 물 18시간 침지, 기중 -20℃ 3시간, 기중 50℃ 3시간을 1cycle) 10cycle, 20cycle, 30cycle) 후 시험하는 것으로 하였다.

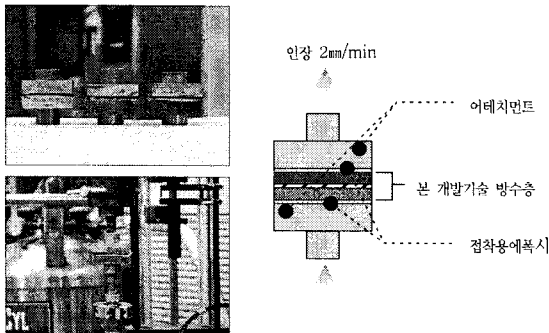


사진 6. 열화처리 후 인장접착성능 실험모습(좌) 및 실험 모식도(우)

무처리 인장접착성능 결과를 100%로 보았을 때 열화처리 후 인장접착성능은 91~118%정도로 나타나 열화처리 후에도 인장접착성능을 유지하는 것으로 나타났다.

4. Mock Up 시험

4.1 부착강도 시험

본 개발기술의 현장 적용성을 평가하기 위하여 한국석유화학공업공장(충북옥천)에 2009년 3월 17일에 Mock-Up을 실시하였다. Mock-Up 시험은 성능을 평가하기 위해 비노출 방식이 아닌 노출공법으로 시공하여 성능을 평가하였다.

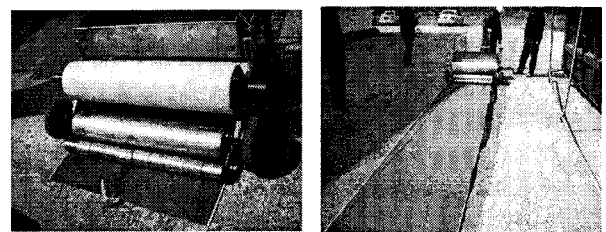


사진 7. 시공장비(좌)와 Mock-Up 시공 모습(우)

사진 7은 Mock-Up 시공 모습으로 시험은 본 개발기술의 특징 중 하나인 프라이머 미시공시의 부착강도를 우레팜트 프라이머와 아스팔트프라이머 시공시와 비교하기 위해 시공 1주 후와 2주후에 부착강도 시험을 실시하였다.

프라이머 미시공시의 부착강도가 1주후 0.69N/mm², 2주후

0.78N/mm²로 KS F 4917:1994의 기준을 만족하고, 우레팔트 프라이머 시공시와 유사하게 나타나 프라이머 미시공이 가능한 것으로 나타났다.

표 5. Mock-Up 부착강도 시험 결과

시험 항목		시험결과		KS F 4917 : 1994
		1주 후	2주 후	
부착 강도 (N/mm ²)	Primer 미시공	0.69	0.78	0.1
	Urephalt Primer	0.70	0.75	0.1
	Asphalt Primer	0.86	0.69	0.1

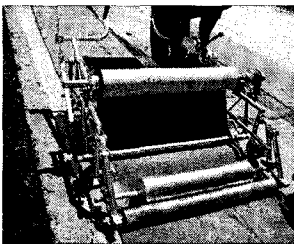
5. 현장 적용 사례

5.1 강릉아산병원

2007년 10월 27일 강릉아산병원 압센터 증축공사 중 방수 공사로 면적 1,480m²를 현대산업개발(주)에서 시공하였다.



1) 바탕면 정리



2) Urephalt 복합방수시공(장비)



3) 벽체부 시공



4) 맞댐부 보강 시공

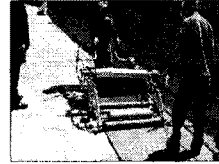
사진 8. 강릉아산병원 방수 시공 모습

5.2 당진 교육문화 스포츠센터 민간투자시설사업

2008년 4월 3일 당진 교육문화 스포츠센터 민간투자시설사업 중 방수면적 1,300m²를 계통건설에서 시공하였다.



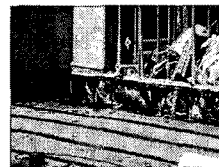
1) 방수시공 현장



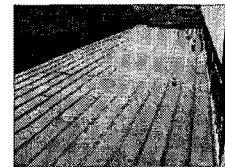
2) Urephalt 복합방수 시공(장비)



3) 맞댐부 보강



4) 벽체부 시공



5) 비노출 방수 완료

사진 9. 당진교육문화 스포츠센터 민간투자시설사업 방수 시공모습

6. 결 론

본 기술은 방수성능을 가지는 상온 반응 경화형 우레팔트와 TPO 개질 우레시트를 시공장비에 의해 동시에 시공하는 기술로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 본 기술의 TPO개질우레시트의 시험결과 모든부분에서 KS F 4917에 만족하는 것으로 판단된다.

둘째, 우레팔트 접착제와 TPO개질우레시트의 복합체의 투수시험결과 우레팔트 접착제만으로도 투수되지 않은 것으로 나타나 방수성능을 가지는 것으로 판단된다.

셋째, 우레팔트 접착제와 TPO개질우레시트의 복합체의 열화처리 후 접합성능 시험결과 겹침부, 맞댐 및 10mm이하의 맞댐, 모두 KS F 4917의 접합성능 기준을 약 2~3배 정도 우수하게 나타나 내구성능이 우수한 것으로 판단된다.

넷째, 우레팔트 접착제와 TPO개질우레시트의 복합체의 열화처리 후 접합성능 시험결과 무처리 접착성능 약 90~120% 정도로 나타났다. 이는 방수성능에 영향을 줄 수 있는 접착제와 시트의 일체화 성능이 열화처리 후에도 접착성능을 유지하는 것으로 판단된다.

다섯째, Mock-Up에 의한 부착강도 시험결과 프라이머 미시공 공법과 우레팔트 및 아스팔트프라이머 시공시와 유사하고 KS F 4917:1994의 기준을 상회하여 프라이머 시공 없이 우레팔트 접착제의 시공이 가능하다고 판단된다.

본 기술은 상온에서 경화하는 우레팔트 접착제와 TPO 개질 우레시트를 시공 장비에 의해 한번에 시공 가능한 기계화 공법으로 방수층이 균일하게 형성되고 겹침부가 없어 겹침부의 하자 발생이 최소화되며, 또한 프라이머 공정 생략과 기계화 시공으로 공사기간이 단축되는 등 현장 적용 시 시공품질 확보와 인건비 절감 등의 효과를 기대할 수 있는 기계화 비노출 옥상방수 시공공법이다. 아울러 토치를 이용한 열공법이 아닌 냉공법으로 화재발생 및 작업자의 안전상의 위험이 적은 안정성과 시공성이 우수한 방수공법이다. 우레팔트의 우수한 접착력을 이용하여 프라이머 공정이 생략 가능하고 우레팔트 접착제와 TPO개질 우레시트를 시공 장비에 의해 한번에 시공이 가능한 기계화 공법으로 공사기간의 단축이 가능하며, 겹침부가 없는 맞댐 공법으로 물고임 등 하자 발생을 없앨 수 있는 우수한 시공공법으로 현장 적용시 시공품질 확보와 인건비 절감 등의 효과를 기대할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 건축 복합방수공법의 최적성능 도출에 관한 연구, 우송대학교, 지정배, 2002.
2. 건축기술핸드북시리즈 방수공사, 오상근 역, 기문당, 2008
3. 건축시공실무자료집 9방수공사, 정학사
4. 미장(단열)·방수·타일·조적공사 하자사례집, 대한전문건설협회 미장방수조적공사협회, 2005.
5. 방수공사 하자분석에 의한 현장품질관리 개선방안. 부경대학교, 안광욱, 2005.02
6. 한국산업규격 KS F 4917-‘97 : 개량 아스팔트 방수 시트