

## 단열 보원형 복합방수공법의 단열성능에 관한 연구

### Thermal Insulation Performance of Composite Waterproofing Method of Thermal Supplement Type

최 성 민<sup>1)\*</sup>

Sung-Min Choi

#### Abstract

Insulation of rooftop is one of the major performance to energy-saving construction. Further, waterproofing performance is also important. For such a reason, it is need to develop waterproofing method containing thermal insulation property. This study was wanted to evaluate thermal insulation performance about the composite waterproofing method of thermal supplement type that is developed recently. As a result of waterproofing performance test, every test item was showed over the performance standards of KS (Korean (Industrial) Standards). And the result of thermal insulation performance test, the highest temperature in the styrofoam box was 25.91°C, the bubble sheet box was 17.28°C, the insulation sheet box was 15.47°C and the waterproofing sheet box of thermal supplement type was 24.11°C. In observations of thermal bridges of sheet's joint, thermal bridges was not identified at the sheet's joint. As a result, composite waterproofing method of thermal supplement type is interpreted to have thermal insulation performance.

Keywords : Composite waterproofing method, Thermal insulation supplement type, Thermal bridges

#### 1. 서론

##### 1.1 연구배경 및 목적

최근 에너지 관련 정부정책의 흐름과 관련하여 2009년 12월 5일 ‘제6차 녹색성장위원회’에서 발표된 『2020년 온실가스 감축 중기 목표』의 내용을 살펴보면, 신규 건축물의 에너지 성능기준을 강화해 주택은 2012년부터 냉난방의 50%를 절감하도록 하고, 2017년부터는 패시브 하우스 (Passive House) 수준 (에너지성능 60% 이상 개선), 2025년부터는 제로에너지하우스 수준 (외부에서 유입되는 에너지가 없는 수준)으로 건설하도록 할 계획이며, 일반건물 또한 2025년부터 제로에너지 빌딩으로 의무화한다는 계획이다.

이와 같이 정부에서는 패시브 하우스 및 제로 에너지 하우스 등의 에너지 효율을 높인 건설구조물의 실현을 촉구하고

있으며, 이와 같은 이유로 최근 단열성을 높인 신축 건설구조물들이 점차 늘어나고 있고, 기존의 건설구조물들도 리모델링 및 단열성 보완 등을 통해 이를 실현해가고 있는 추세이다.

건설구조물 상부의 단열은 에너지 절약 건설구조물에 있어서 중요한 요건 중 하나라 볼 수 있지만, 건설구조물 상부에 요구되는 성능은 단열성뿐만 아니라 방수성 (수밀성)을 비롯해 다양한 성능이 요구되어진다. 현재에는 건물의 최상부에 단열시공을 하고, 그 위에 방수시공을 하는 등 단열층과 방수층의 개별시공을 하는 것이 일반적이나 이러한 공정은 공사기간 및 공사비용의 증대를 초래하게 되며, 하자 발생 시 유지관리 비용의 과대지출을 발생시키게 된다. 또한 기존에 단열층이 설치되어 있는 건설구조물의 경우 역시 최근 개정된 단열기준을 만족하기 위해서 추가의 단열층의 설치가 요구되어, 현재 단열층이 설치된 부위에 단열층을 추가

1) 정회원, 서울과학기술대학교 건설기술연구소 수석연구원, 공학박사, 교신저자

\* Corresponding author : housedoctor@naver.com

• 본 논문에 대한 토의를 2014년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2014년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

시공하거나, 기존 방수 및 단열층을 해체한 후 보다 우수한 단열층을 시공하고 있다. 하지만 이와 같은 리모델링 및 단열성 보완 공정은 막대한 추가 공사비용을 발생시킬 뿐만 아니라 기존 방수 및 단열층 해체 시 소음, 분진 등의 발생뿐만 아니라 건설폐기물까지 발생되어 건설구조물의 사용자 및 주변 구조물에까지 다양한 직·간접적 피해를 야기할 수 있다.

이러한 이유로 방수공법으로써 방수성뿐만 아니라 단열성을 추가시킨 공법의 연구개발이 요구되어지며, 해당 공법이 개발되면 신축공사 시 방수층 시공만으로 방수성과 단열성을 동시에 확보할 수 있어, 단열층과 방수층의 개별시공이 필요 없으며, 기존 건설구조물의 보수 시에도 기존의 단열 및 방수층을 해체하지 않고도 단열성을 보완할 수 있다. 이와 같은 해당 공법의 개발은 방수성과 단열성의 이중효과를 가질 수 있어 그 건축적 활용효과는 매우 높을 것으로 예상된다.

최근 이의 일환으로 일정 단열성능을 확보한 단열 보완형의 복합방수공법이 개발되어 본 연구에서는 해당 공법의 단열성을 기존 단열성 재료들과의 단열관련 비교시험을 통해 검토하고자 하며, 이를 통해 해당 공법이 방수성은 갖추었는지, 단열적 성능은 어느 정도인지, 기존의 단열재를 대체할 수 있는지, 방수성과 단열성이 동시에 실현 가능한지, 실제 현장에 적용될 수 있는지 등의 방수성, 단열성 및 현장 적용성 등을 검토하고자한다.

더불어 국내외 단열방수공법에 대한 점진적 발전 및 패러다임 전환을 본 연구의 목적으로 한다.

## 1.2 연구의 방법

본 연구에서는 PVC발포품을 이용한 단열 보완형 복합방수공법 (이하 ‘TIW (Thermal Insulation-Waterproofing) 공법’)을 대상으로 공법의 주목적인 방수성능을 KS 표준을 통한 시험평가를 진행하여 방수 안정성의 적정 여부를 검토하고자 한다.

방수 안정성에 대한 검토 후 기존 방수재료 및 단열성 재료들과의 단열성 비교시험 (열관류율 시험, 단열성 Mock-up 시험)을 진행하여 TIW공법의 객관적인 단열성을 비교 검토하고자 한다.

또한 시트형태로 구성된 TIW공법은 시트와 시트 간 접합부가 발생하게 되며, 각 접합부의 마감이 제대로 이루어지지 못 할 경우, 접합부위를 통한 열교현상으로 단열 보완의 역

할을 상실하게 될 수 있다. 따라서 시트와 시트 간 접합부위에서 열교현상이 발생하는지에 대한 여부를 열화상측정을 통해 검토하고자 한다.

## 2. 시험체 구성 및 시험 방법

### 2.1 시험체 구성

TIW공법의 주목적인 방수성을 KS 표준을 통해 검토하고자 하였으며, 단열성을 평가하기 위해 재료의 열관류율 시험을 진행하여 재료의 순수 단열성을 확인하고, 외부환경 단열성 Mock-up 시험 (이하 ‘단열성 Mock-up’)을 통해 외부환경에서 TIW공법이 어느 정도의 단열성능을 확보할 수 있는지, 그 현장 적용성에 대해 확인하고자하였다. 이를 위한 시험체 구성은 아래와 같다.

#### 2.1.1 TIW공법의 구성

해당 공법은 PVC방수시트, PVC발포품, PE폼과 알루미늄 박판을 방수와 단열 보완의 성능을 실현하기 위해 1 : 2 : 4의 두께비율 (PVC방수시트 15%, PVC발포품 28%, PE폼 57%)로 시트층 (3.5mm)을 구성 (Fig. 1 참조)하고 있으며, 시트는 접착제를 격자형태로 바탕체에 도포한 후 부분절연으로 부착하여 시공한다. 시트의 상부에 우레탄 도막방수재 (약 1.4mm)와 Top-coat 마감으로 단열 보완형 복합방수공법을 형성하여 방수성 및 단열성을 실현하는 공법이다.

TIW공법의 접합부위는 반턱형태로 구성된 시트의 끝단부를 5mm의 간격을 두어 맞대고, 실란트로 채운 후 ‘T’자 형태의 탄성 접합부 테잎을 시트 간 맞댐 부위에 시공하며, 틈나바퀴처럼 반턱부위에 접합부 테잎을 시공함으로써 TIW공

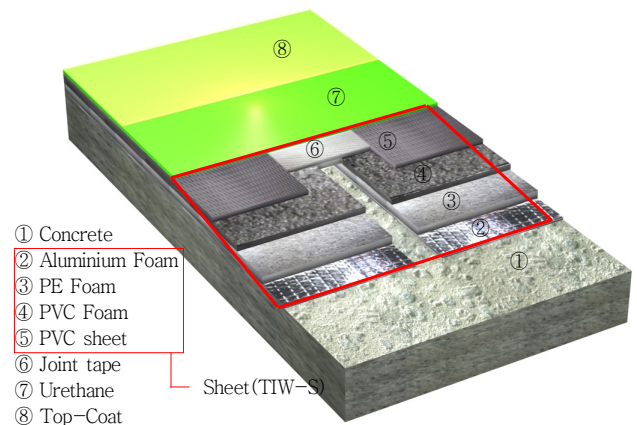


Fig. 1 Composition of TIW method

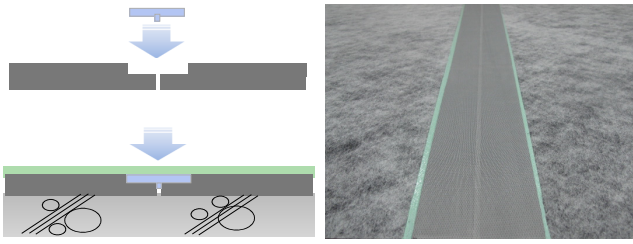


Fig. 2 Joint of TIW method Photo 1 Joint of TIW method

법의 접합 부위를 형성하게 된다 (Fig. 2, Photo 1 참조).

하지만 시공 시 시트와 시트 간 5mm의 간격을 일정하게 유지하기 어려운 시공 상의 문제점이 발생할 수 있으므로 시공 시 작업자가 5mm로 구성된 간격자를 시트 깔기 시 시트의 양 끝단부에 맞추어 놓고 다음 시트를 간격에 맞게 시공하여 5mm의 간격을 유지하게 된다. 단, 부득이하게 시트 간 5mm의 간격에 오차가 발생할 수 있으며, 이에 대한 내피로 성능 및 열교현상 등의 검토가 요구된다.

본 연구의 방수성 시험에서는 시트층만을 시험체로 구성한 단일 시험체 (TIW-S)와 시트 상부에 우레탄 도막방수재를 시공한 복합 시험체 (TIW-C)를 시험체로 구성하였으며, 단열성 시험에서는 다른 단열성 재료들과의 비교를 위해 해당 공법의 시트층만을 시험체로 구성하였다. 단, 열교현상을 검토하기 위한 시험체는 접합부를 확인하기 때문에 공법에 적용되는 접합부 테잎을 포함한다.

### 2.1.2 단열성 비교 시험체

단열성 비교 시험 중 열관류율 시험에서는 현재 국내에서 단열재로 주로 사용되고 있는 TIW-S와 유사한 두께의 스티로폼을 비롯해 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 대표적 방수재료 2종류 (아스팔트 방수시트, 우레탄 도막방수재)를 비교대상 시험체로 선정하였다.

단열성 Mock-up 시험에서는 기존 방수재료들이 대부분 단열성을 확보하고 있지 못하는 이유로 방수재료 보다 단열성이 우수한 재료들을 대상으로 비교시험체를 구성하였으며,

Table 1 Specimen composition of comparison test

Item	Comparison Specimen of Thermal Transmittance Test	Comparison Specimen of Thermal Insulation Performance Mock-up Test
①	Styrofoam (4.5mm)	Styrofoam (10mm)
②	Asphalt Waterproofing Sheet (3.5mm)	Bubble Sheet (3mm)
③	Urethane Waterproofing Membrane (3mm)	Thermal Insulation Sheet (3.5mm)

이에는 앞선 시험에서 보다 두꺼운 스티로폼과 최근 단열재로 시장성을 넓히고 있는 버블시트와 단열시트를 비교대상으로 하였다.

## 2.2 시험 방법

이 연구에서는 TIW공법 및 비교 시험을 위해 방수성과 단열성과 관련한 기초적 특성 분석 시험과 공법구성에 따른 시험으로 구분하였으며, 내용은 다음 Table 2와 같다.

### 2.2.1 공법구성 재료에 대한 기초시험

#### (1) 방수성능 시험방법

KS F 4911 (합성 고분자계 방수 시트) 중 보강 복합형 복합시트의 시험방법에 준하여 시험을 진행하는 것으로 하였으며, 이외에 KS F 4917 (개량 아스팔트 방수 시트)의 시험 중 구조물 거동에 대한 접합부의 특성을 보다 면밀히 검토하기 위해 내피로 성능 시험 (Photo 2)을 추가적으로 검토하고자 하였다. 또한 건설구조물 최상부 노출로 적용 될 경우 풍압에 대한 추가적인 검토가 요구되어 KS F 2622 (멤브레인 방수층 성능 평가 시험방법)의 시험 중 내풍압 성능 (풍압 저항성) 시험 (Photo 3)을 준용하여 시험을 진행하는 것으로 하였다.

#### (2) 열관류율 시험 방법

KS F 2277 (건축용 구성재의 단열성 측정방법- 교정 열

Table 2 Composition & method of specimen

Item	Evaluation specimen	Evaluation method		
Material property test	Waterproofing property	TIW-S, C KS F 4911 KS F 4917 KS F 2622		
	Thermal transmittance	TIW-S	KS F 2277	
		Comparison Subject		Styrofoam
Asphalt waterproofing sheet				
Urethane waterproofing membrane				
Methodological performance evaluation	Field applicability evaluation	TIW-S	Thermal insulation performance mock-up (Comparison test)	
		Comparison Subject		Styrofoam
				Bubble sheet
	Thermal insulation sheet			
Heat loss evaluation	TIW-S (Joint)	Infrared rays		

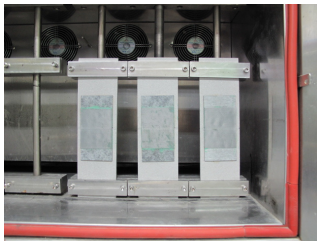


Photo 2 Fatigue resistance test

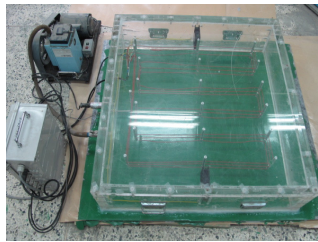


Photo 3 Wind pressure test



Photo 7 Installation of data logger



Photo 8 Specimen installation on the outside



Photo 4 Comparison specimen of thermal transmittance test

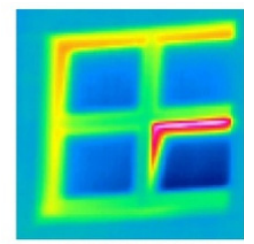
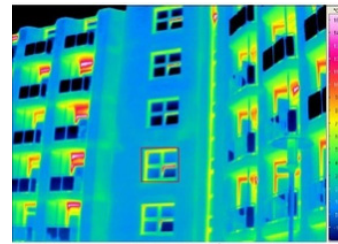


Photo 9 Example of infrared rays camera image



Photo 5 Box of thermal insulation performance mock-up test



Photo 6 Heat source of thermal insulation performance mock-up test

진행하는 것으로 계획하였다.

### (2) 접합부 열교현상 관찰 방법

상기 2.1.1항에서 기술한 바와 같이 TIW공법의 접합부는 맞댐공법을 적용함에 따라 열교현상이 발생 될 수 있기 때문에 열교현상에 대한 검토가 요구된다.

접합부에서 발생될 수 있는 열교현상에 대한 관찰은 적외선열화상측정 방법을 이용하여 관찰하고자 하였으며, 이는 박스외부에 접합부를 형성한 후 박스내부에 열매를 설치하고, 박스외부에서 방사되는 눈에 보이지 않는 원적외선 방사 에너지를 비접촉식으로 검출하여 온도와 색상분포의 열화상으로 확인하는 방식이다 (Photo 9 참조).

상자법 및 보호 열상자법)에 따라 진행하며, 비교대상 시험체가 단일재료로 구성되어 있어 TIW공법 역시 TIW-S만을 열관류율 시험체로 구성하여 시험을 진행하는 것으로 계획하였다.

## 2.2.2 공법구성에 대한 성능평가

### (1) 단열성 Mock-up 시험 방법

일정크기의 박스 (600 × 600 × 600mm) (Photo 5)를 구성하여 박스 바닥부위를 제외한 5면에 각기 다른 단열성 재료 (Table 1 참조)를 시공하여 밀봉하였다. 내부에는 겨울철 실내온도를 가정하여 발열을 위한 열매 (Photo 6)와 온도측정 센서 (Photo 7) 및 데이터로거를 설치하여 실외에 박스를 장치 (Photo 8)하고, 일정시간 동안 (48시간-30분 간격 측정) 박스 내부의 온도변화를 측정하여 재료별 단열성을 비교하고자 하였으며, 역시 TIW-S만을 시험체로 구성하여 시험을

## 3. 시험 결과

### 3.1 공법구성 재료에 대한 기초시험 결과

#### 3.1.1 방수성 시험

방수성 시험결과 다음 Table 3과 같이 시트층만을 시험체로 구성한 단일 시험체 (TIW-S)와 시트 상부에 우레탄 도막 방수재를 시공한 복합 시험체 (TIW-C) 모두 KS 표준의 성능기준 이상의 성능을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 접합부에 대한 내피로 성능 결과, TIW-S, TIW-C 시험체 모두 잔균, 찢김, 파단 등이 발생되지 않았다. 내풍압 성능 결과 역시 TIW-C 시험체는 -5.0Kpa에서도 들뜨거나 손상이



Table 3 Test result of waterproofing property

Test item (KS F 4911)		KS standard	Test result				
			TIW-S		TIW-C		
Tensile performance	Tensile strength (N/mm)	More than 24	Length	36.82	Length	51.08	
			Width	30.62	Width	42.32	
	Coefficient of extension (%)	More than 15	Length	84.34	Length	70.24	
			Width	87.73	Width	87.88	
Tear performance (N/mm)		More than 50	Length	101.50	Length	138.95	
Temperature dependent performance	60°C	Tensile strength (N/mm)	More than 10	Length	27.11	Length	41.88
				width	22.75	width	35.70
	-20°C	Coefficient of extension (%)	More than 7.5	Length	60.51	Length	24.18
				Width	38.79	Width	32.32
Calefaction expansion shape		Expansion length (mm)	+2 ~ -4	Length	-0.43	Length	-0.31
				Width	-0.67	Width	-0.49
Tensile Performance after Deterioration Treatment	Tensile Strength Ratio (%)	Heat treatment	More than 80	Length	94.47	Length	91.11
				Width	88.58	Width	86.74
		Alkali treatment	More than 80	Length	125.71	Length	118.37
				Width	111.33	Width	108.64
	Coefficient of Extension (%)	Heat treatment	More than 70	Length	102.18	Length	102.34
				Width	109.81	Width	110.26
		Alkali treatment	More than 80	Length	90.10	Length	97.46
				Width	96.68	Width	90.40
Deterioration shape then elongation		Heat treatment	No fine crack	Length	Test OK	Length	Test OK
				Width	Test OK	Width	Test OK
Tensile performance of joint	Tensile strength of joint (N/mm)	None treatment	More than 24	28.19		41.23	
		Heat treatment	More than 19	26.52		37.25	
		Alkali treatment	More than 19	27.72		39.05	
Fatigue resistance performance (KS F 4917)		No fine crack, tear and fracture	Plane part	Test OK	Plane part	Test OK	
			Joint part	Test OK	Joint part	Test OK	
Wind pressure performance (KS F 2622)		-	-		No swelling and damage at -5.0Kpa		

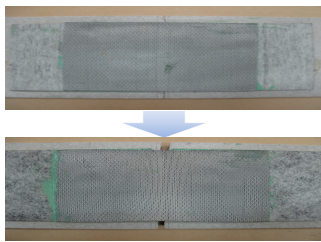


Photo 10 Fatigue resistance test result

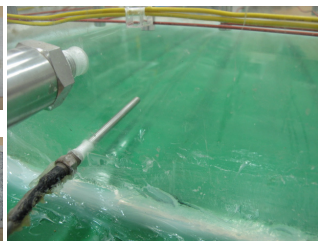


Photo 11 Wind pressure test result

발견되지 않았다 (Photo 10, 11 참조). 이와 같은 시험결과를 통해 TIW공법이 방수성을 확보하고 있음을 확인할 수 있었으며, 더 나아가 접합부에 대한 안정성 및 풍압에 대한 공법적 설계가 이루어져 방수공법으로 현장에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.1.2 열관류율 시험

열관류율 시험결과, 다음 Table 4 및 Fig. 3과 같이 스티로폼은 3.3W/m<sup>2</sup>°C, 아스팔트 방수시트가 5.2W/m<sup>2</sup>°C, 우레탄 도막방수재가 5.2W/m<sup>2</sup>°C, TIW-S가 2.3W/m<sup>2</sup>°C로 확인되었다. 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 2가지 방수재료인 아스팔트 방수시트와 우레탄 도막방수재는 두께가 각각 3.5mm, 3.0mm로 0.5mm의 두께 차이가 있었지만 동일한 열관류율로 확인되었으며, 이는 우레탄 도막방수재가 아스팔트 방수시트에 비해 단열성이 더 높다고 예상할 수 있다. TIW-S는 이 방수재료들과 유사한 두께 (3.5mm)를 형성함에도 불구하고 2.9W/m<sup>2</sup>°C의 낮은 열관류율을 보였으며, 오히려 두께가 1mm 더 두꺼운 스티로폼 보다 열관류율이 1.0W/m<sup>2</sup>°C 낮은 것으로 확인되었다.

즉, 본 열관류율 시험결과만을 토대로 재료별 단열성능을

Table 4 Test result of thermal transmittance

Item	Thermal transmittance specimen	Thermal transmittance (W/m <sup>2</sup> °C)
①	TIW-S (3.5mm)	2.3
②	Styrofoam (4.5mm)	3.3
③	Asphalt waterproofing sheet (3.5mm)	5.2
④	Urethane waterproofing membrane (3.0mm)	5.2

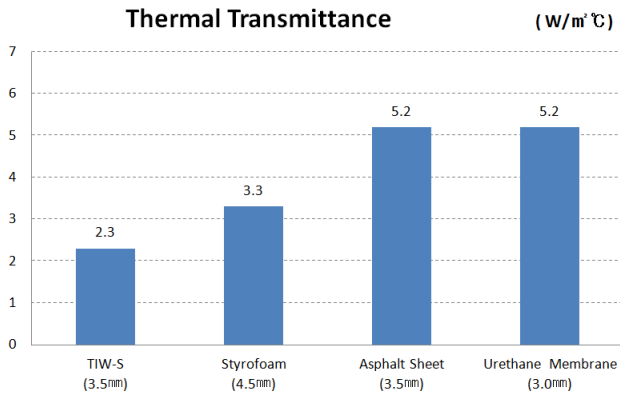


Fig. 3 Test result of thermal transmittance

비교하여 나열할 경우, TIW-S, 스티로폼, 우레탄 도막방수재, 아스팔트 방수시트의 순으로 단열성이 높다고 판단할 수 있다.

### 3.2 공법구성에 대한 성능평가 결과

#### 3.2.1 단열성 Mock-up test

상기 3.1.2절의 열관류율 시험결과, 대표적 두 방수재료 (아스팔트 방수시트, 우레탄 도막방수재)와 TIW-S 간의 열관류율 성능이 큰 차이를 보여 기존 방수재료 보다 단열성능이 우수한 점 등을 고려하여 후속적으로 진행된 단열성 Mock-up 시험은 앞선 스티로폼 (3.5mm) 보다 두꺼운 스티로폼 (10mm) 과 최근 단열재로 시장성을 넓히고 있는 버블시트와 단열시트를 비교대상으로 하여 시험을 진행하였다.

48시간 동안 진행된 단열성 Mock-up 시험결과, Table 5, Fig. 4와 같이 10mm의 스티로폼을 설치한 시험체가 가장 높은 온도인 평균 25.91°C를 보였으며, 3.0mm의 버블시트는 평균 17.28°C, 3.5mm의 단열시트는 평균 15.47°C를 유지한 것으로 확인되었다. TIW-S는 스티로폼과 유사한 평균 24.11°C (스티로폼과 1.8°C 차이)로 확인되었으며, 기타 두 단열시트에 비해 약 8°C 정도 높은 온도를 유지한 것으로 확인되었다.

Table 5 Test result of thermal insulation performance mock-up

Item	Mock-up specimen	Lowest temperature (°C)	Highest temperature (°C)	Mean temperature (°C)
1	Styrofoam (10mm)	2.4	31.3	25.91
2	TIW-S (3.5mm)	2.1	30.9	24.11
3	Thermal insulation sheet (3.5mm)	1.0	21.4	15.47
4	Bubble sheet (3.0mm)	1.8	22.5	17.29

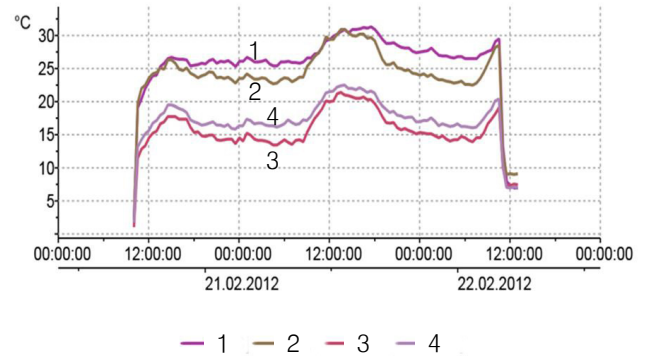


Fig. 4 Test result of thermal insulation performance mock-up

비록 TIW-S가 스티로폼에 비해 평균적으로 낮은 온도를 유지하였지만, 스티로폼의 두께가 10mm인 점을 감안한다면, 평균 24.11°C의 온도를 유지한 3.5mm TIW-S는 스티로폼이라는 단열성 재료에 비해 단열효과가 낮지 않다는 것을 예상할 수 있다. 하지만, 이와 같은 결과에도 TIW-S가 단열재를 대체할 수 있을 정도의 단열성은 부족한 것으로 판단된다. 즉, TIW-S는 방수층으로써 단열 보완의 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 3.2.2 접합부 열화상측정

TIW공법의 접합부에 대한 열교현상 발생 여부를 확인하기 위해 길이 900mm, 너비 500mm, 높이 500mm 박스내부에 열매를 두고, 외부 표면에 TIW공법의 접합부를 형성한 후 열화상 카메라를 사용하여 일반부와 접합부의 열손실 정도를 측정하였다. 측정 결과, 상기 Photo 12와 같이 TIW공법의 접합부는 초록색을 띄고 있었으며, 접합부 테일 부위는 노란색, 일반부는 주황색과 붉은색을 나타내고 있었다. Photo 12의 오른쪽 스펙트럼 (Spectrum)과 같이 푸른색에 가까울수록 저온, 붉은색에 가까울수록 고온임을 나타내는 것이며, 주로 열교현상이 발생하는 부위에서는 붉은색으로 나타나는 것이 일반적이다.

Fig. 5의 결과를 통해서도 TIW공법의 접합부는 일반부에

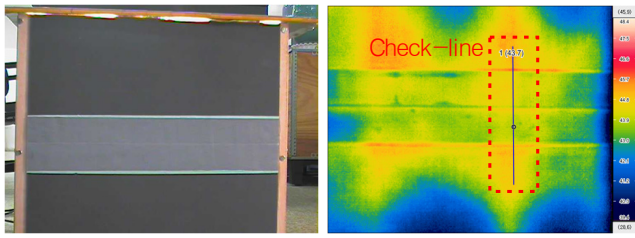


Photo 12 Before infrared rays photograph of joint part  
Photo 13 Infrared rays camera image of joint part

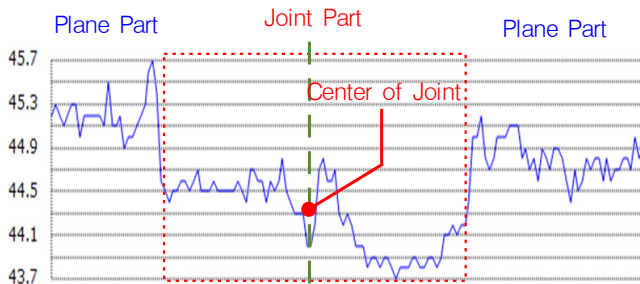


Fig. 5 Temperature (°C) of infrared rays photograph part

비해 낮은 온도를 형성하고 있는 것으로 나타났으며, 시트와 시트사이 접합부의 중심부는 오히려 가장 낮은 온도를 형성하고 있음을 알 수 있었다.

따라서 이와 같은 시험결과를 통해 TIW공법의 접합부에서는 열교현상이 발생하지 않는다는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 일정 단열성을 확보하고 있는 접합부 테잎이 시트와 시트간 접합부에 밀실하게 부착되어 내부의 따뜻한 공기를 외부로 유출하지 않기 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

TIW공법에 대한 방수성, 단열성 및 현장적용성에 대해 검토한 결과는 다음과 같다.

- (1) TIW공법은 방수재료로써 KS 표준 (KS F 4911, 4917, 2622)을 통한 시험평가 결과, 모든 항목에서 KS 기준 이상의 성능을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 특히 옥상 노출로 적용되는 방수공법의 가장 중요한 성능인 접합부 내피로 성능 및 내풍압 성능 평가 결과, TIW-S, TIW-C 시험체 모두 잔금, 찢김, 파단 등이 발생되지 않았고, TIW-C 시험체는 -5.0Kpa의 풍압에서도 들뜨거나 손상이 발견되지 않았다.

이와 같은 시험결과를 통해 TIW공법이 방수성을 확보하고 있음을 확인할 수 있었으며, 더 나아가 접합부에 대한 안정성 및 풍압에 대한 공법적 설계가 이루어져 방수공법으로 현장에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

- (2) TIW-S는 두께가 유사한 방수재료 (아스팔트 방수시트, 우레탄 도막방수재) 및 단열재인 스티로폼에 비해 열관류율이  $1.0\sim 2.9\text{W/m}^2\text{°C}$  낮은 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과를 통해 TIW-S가 기존의 방수재료에 비해 단열성이 우수하다는 것을 확인할 수 있었으며, 유사 두께의 스티로폼 (4.5mm)보다도 단열성이 높은 것으로 확인되었다.
- (3) 단열성 Mock-up 시험을 통해 유사한 두께의 단열재료들에 비해 단열성이 높은 것으로 확인되었으며, 10mm의 스티로폼과 비교하여도 단열성이 크게 낮지 않다는 것을 확인하였다. 단, 이와 같은 결과에도 TIW-S가 건축 옥상 단열재를 대체할 수 있을 정도의 단열성은 아직 부족한 것으로 판단된다. 하지만 TIW-S는 방수층으로써 단열 보완의 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.
- (4) 시트 간 0.5mm 간격으로 시트 맞댐 후 조인트 테잎을 통해 접합부를 형성하는 TIW공법의 특성상 열교현상이 발생할 수 있는 이유로 접합부에 대한 열화상측정을 진행하였으며, 측정결과 접합부에서는 열교현상이 발생하지 않는 것으로 확인되었다.
- (5) 전체적인 평가결과를 대상으로 고찰한 결과, TIW공법이 기존 방수재료들 및 유사 두께의 단열재에 비해 단열성능이 높은 것으로 확인되었으나, 기존의 옥상 단열재를 대체할 수 있을 정도의 단열성은 부족한 것으로 판단된다. 단, 방수재료로서의 성능을 확인하였고, 일정 단열성능을 확보하고 있으므로 TIW공법이 방수재료로 현장에 적용될 경우, 단열보완의 역할을 할 수 있는 방수재료로써 그 사용성이 기대된다.

향후 결과와 관련한 시험을 통해 TIW공법이 결로에 미치는 영향 등에 대한 분석이 필요할 것으로 보이며, 지속적인 연구를 통한 단열성 향상으로 기존 옥상 단열재를 대체할 수 있는 연구개발이 필요할 것으로 판단된다.

#### References

1. Choi, G. S., Jung, Y. S., Kang, J. S., Lee, S. E. (2004), Development of In-site Evaluation Method for Building Insulation Performance Using Infra-red Camera, *Annual*

- 
- conference journal of the architectural institute of Korea, 24(1), 762-765 (in Korean, with English abstract).
2. Koo, J. O. (2007), Development of Thermal Properties on the Roof Waterproof with Insulation System using the Diffused Reflection Material, *Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 7(1), 73-80 (in Korean, with English abstract).
  3. Lee, S. H., Kang, M. H., Park, J. S., Hiroyuki, M. (2011), Thermal Insulating Properties Of Waterproofing Membrane System By Thermal Reflection & Insulation Materials, *Journal of the Korea institute of building construction*, 11(6), 127 (in Korean, with English abstract).
  4. Miyauchi, H., Youn, Y. S., Koo, K. M., Miyauchi, K., Song, J. S., Kim, G. Y. (2011), Thermal Insulating Properties of Multi-Layered Waterproofing Membrane System with Thermal Reflection-Insulation Materials, *Journal of the architectural institute of Korea*, 27(10), 137-144 (in Korean, with English abstract).
- Received : 10/30/2013  
Revised : 02/10/2014  
Accepted : 02/24/2014

---

## 요 지

건설구조물 상부의 단열은 에너지 절약 건설구조물에 있어서 중요한 요건 중 하나이다. 건설구조물 최상부는 단열성뿐만 아니라 방수성 능도 중요하다. 이와 같은 이유로 단열성을 확보한 방수공법의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 최근 일정 단열성능을 확보한 단열 보완형의 복합방수공법이 개발되어 해당 공법에 대한 단열성능을 평가하고자 하였다. 방수성 시험결과, 모든 시험체는 KS 표준 이상의 성능을 보여주었다. 단열성 시험결과, 스티로폼 박스가 가장 높은 온도인 25.91℃, 버블시트 박스가 17.28℃, 단열시트 박스가 15.47℃, 단열보완형 방수시트가 24.11℃로 확인되었다. 시트 접합부의 열교현상을 관찰한 결과 열교현상은 발생하지 않았다. 단열보완형 복합방수공법은 단열성능을 확보하고 있는 것으로 판단된다.

**핵심 용어** : 복합방수공법, 단열 보완형, 열교

---