

건축물의 단열방수의 최적 공법 및 구법 선정 방법론에 관한 연구

A study on the choice of the best method of construction for building insulation and waterproof

이 성 구* 박 태 근**
Lee, Sung-goo Park, Tae-keun

요 약

옥상방수의 기존 습식공법에서 나타나는 문제점을 해결하기 위하여 옥상마감 누름층을 기성 콘트리트 블럭으로 대체하여 시공함으로써 방수하자에 따른 과잉비용을 줄이고 중축이나 개보수시 자재의 재활용을 유도할 수 있는 방안의 필요성이 대두되고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 제안된 옥상 외단열방수 건식화 공법에 대한 성능평가 항목 중 단열성능을 중심으로 실험을 통하여 종합적인 정량평가 및 분석을 실시함으로써 향후 건식화 공법의 시공 및 활용을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

그리고 건축물의 옥상단열방수에 있어서 발생되고 있는 하자의 원인분석 및 이에 따른 개선방안을 제시하고 수많은 단열방수재료와 다양한 공법 가운데서 건축물의 요구 성능에 가장 적합한 선정방법을 단계별 주요인자의 중요도에 따라 분류함으로써 건축물의 용도, 특성 및 중요도에 따른 공법, 구법 선정이 가능하도록 하였다.

키워드: 단열방수, 건식공법, 옥상방수

1. 서 론

1.1 연구의 배경

건축물의 하자요인은 건축물의 누수, 균열, 침하 등의 다양한 형태로 나타나고 있으며, 그 중에서도 누수에 의한 하자문제가 가장 심각하게 대두 되고 있음.

방수는 누수 차단은 기본이 되며 옥상 슬래브 층을 보호하여 건축물의 수명을 연장시키는 효과까지 극대화 시켜야 한다. 또한 방수공사와 단열공사는 서로 연관성이 많은데, 방수공사에서 단열의 중요성을 인식하고 방수와 함께 단열공사를 진행할 수 있는 시스템의 개발이 요구됨

1.2 연구의 목적

본 연구에서는 기존 방수공법에서 드러난 문제점을 분석하여 하자발생을 줄일 수 있는 공법의 개발과 더불어 방수공사에서 단열재의 위치에 따른 실내온도의 영향과 방수층의 방수효과 등을 실험을 통하여 알아보고 단열공사를 동시에 함으로써 공기를 단축하고 공사비를 저렴하게 할 수 있으며, 궁극적으로 구조체의 내구성을 향상시킬 수 있는 단열방수 공법의 연구와 건축물의 방수하자를 줄이기 위한 최적의 방수공법을 제시하여 다양한 조건 중에서 올바른

공법적용과 방수하자의 결함을 최소화하여 쾌적한 주거환경을 창출하는데 목적이 있다.

1.3 연구의 범위 및 방법

1) 연구의 내용 및 범위

본 연구의 범위는 건축물에 있어서 방수에 따른 하자범위가 각 부위별로 광범위하므로 단열을 고려한 옥상단열방수에 국한하였다. 연구방법은 전반적인 방수의 이론적 고찰을 한 다음 현장에서의 공법실험모델을 제작하고 측정하였으며 그 결과를 분석하였다. 연구내용은 다음과 같다

- (1) 방수공사의 하자 특징 및 대책 분석
- (2) 방수공사와 단열공사를 동시에 시공할 수 있는 공법에 관한 연구
- (3) 옥상단열방수의 공법실험모델 제작 및 측정
- (4) 단열방수의 공법 및 구법 등 선정방법에 관한 연구

2) 연구체계의 흐름도

- 단열방수의 이론적 고찰
- 단열방수의 하자원인 분석
- 옥상단열방수의 공법실험모델 제작 및 측정
- 성능평가 현장적용실험
- 단열방수의 공법 및 구법 선정

2. 이론적 고찰

2.1. 단열방수의 필요성

* 일반회원, 목원대학교 대학원 박사과정
input365@naver.com

** 종신회원, 목원대학교 건축학부 교수, 공학박사

1) 단열의 필요성

*실내 환경적 측면

- 표면 결로 발생을 방지하여 마감재의 훼손을 방지
- 실내측 표면 온도를 상대적으로 높게(동계) 혹은 낮게(하계) 유지되게하여 열쾌적을 향상

*경제적 측면

- 열의 획득과 손실을 감소시켜 에너지와 초기 설비비용감소
- 방화재로서의 가치
- 표면 마감의 용이성 제공
- 침기와 투습을 방지
- 소음이나 진동을 저감
- 화재 혹은 동해로부터 구조체의 피해를 막거나 줄여줌

2) 방수의 필요성

바탕면의 종류 및 성능에 따라서 방수 성능은 달라지지만 방수는 구조체의 내구성능을 최대한 보호할 수 있어야 하므로, 바탕 면을 제공하는 구조체의 재료에 상관없이 최대 방수성능을 가질 수 있는 방수재료 및 시공 기술을 필요로 한다.

2.2. 단열방수 기술의 변천

표 1. 국내 방수공법의 변천

도입 시기	공법	도입 배경	향 후 동향
1910년대	아스팔트 방수	일본, 대만에서의 수입 · 서울역사, 한국은행 본점 최초 시공 · 1955년부터 국산루핑 생산 · 80년의 시공역사	· 열공법은 급감 · 상온공법(냉공법)으로 개량되어 서서히 증가 추세
1930년대	시멘트 액체방수	· 일본에서 수입 · 처음에는 직접 비누를 녹인 액체를 원료로 사용 · 생산업체 영세성으로 품질의 차이가 큼	· 내구성이 약해 감소 추세 · 대체공법으로 무기질 탄성방수, 침투성방수 수요 증가 · 선진국에서는 거의 사용 안함
1970년초	SHEET 방수	· 미국, 일본에서 수입 · 최초 서울 지하철 2호선 대량사용	· 조인트 결합 등의 문제 해결 · 노출용, 토목용 공법 개발 · 건축 토목분야에 증가 추세
1970년말	도막방수	· 석유화학 산업 발달로 고분자화학 연구 활발 · 우레탄계, 아크릴계, 고무아스팔트계가 주종	· 신축성이 있어 수요 급속도로 증가 구조가 복잡한 현대 건축에 적합 · 우리나라 고무아스팔트계가 주종을 이룸
1980년대	침투성 방수	· 원재료는 외국에서 거의 수입에 의존 · 액체방수 대체공법	· 액체방수 대체 공법으로 수요 증가 추세
1990년대 ~ 현재 까지	· 복합화 공법 연구 · 개량공법 개발단계	· 건물의 고층화, 심층화 및 디자인의 다양화 추세에 따라 방수기능이 크게 요구됨.	· 각종 단일방수의 결점을 보완시켜 개발이 추진되고 있음 · 공해가 없는 방수제 개발 · 생력화된 공법개발로 전환

2.3. 방수층의 요구조건 및 선택시 고려사항

1) 요구조건

(1) 요구되는 성능

- ① 수밀성
- ② 내기계적 열화성
- ③ 내화학적 열화성
- ④ 내물리적 열화성
- ⑤ 시공성
- ⑥ 경제성
- ⑦ 사회성

(2) 방수층의 일반적인 결함발생 원인과 요구되는 성능 건축물의 방수층에 생기는 일반적인 결함과 발생원인을 조사하여 정리하면 다음의 <표 2>와 같다. 따라서 이와 같은 성능에 대하여는 반드시 확인을 하고 방수재의 선정 또는 시공하여야 할 필요가 있다.

(3) 바탕재의 거동과 방수재료

바탕재료는 목재, 철근 콘크리트, PC판, ALC 판넬, 금속판 등이 다양하게 사용된다. 방수층에 대한 바탕재의 영향으로 중요하게 고려해야 할 사항이 바탕재의 거동이다, 방수재료에는 바탕재의 거동에 대해 소성변형을 하는 재료와 탄성변형을 하는 재료가 있다.

표 2. 방수층에 생기는 일반적인 결함과 발생원인

결함발생항목	원 인	요구되는 성능
피막자체의 결함	가. 바탕의 균열이나 조인트 부위의 거동에 의한 방수층의 파손 나. 시공이나 사용중의 충격에 의한 방수층의 파손 다. 국부하중에 의한 방수층의 파손 라. 기타 화학적, 생물적 요인에 의한 파손	-점착성, 피로에 대한 저항성 -방수층의 충격에 대한 저항성 -폐임에 대한 저항성 -화학적 열화에 대한 저항성
결합부의 결함	가. 시공시의 과도 또는 과소한 인장 나. 기온의 변동에 따른 온도 응력의 차에 의한 연속성 미확보	-조인트 부위에서의 방수층의 연속성 유지
바탕과의 점착성	가. 치켜 올림 부위에서의 방수층의 처짐, 흘러내림 나. 코너부에서의 방수층의 들뜸 다. 강풍시에 생기는 지붕면의 부압에 의한 방수층의 유실 라. 바탕과의 점착 면에서의 수증기압에 의한 방수층의 부풀음 등	-치켜 올림 부위의 단말부에서의 처짐 또는 흘러내림. 저항 -코너부에서의 안전성 -부압에 대한 저항성 -압력에 대한 부풀음 저항
기타 결함	결함 발생에 직결되는 사항은 아니나 상기한 결함등을 촉진시키는 역할을 함	-자외선, 오존, 알칼리, 물 등에 대한 저항성

2) 선택시 고려사항

(1) 설계자 입장에서의 고려사항

표 3. 지붕 재료의 요구 성능

전체적으로 확보해야할 성능	외부 조건에 관해 필요한 성능
1. 단열성 2. 내화, 방화성 3. 내진성 4. 차음성 5. 통기성 6. 미관성 7. 시공성 8. 경제성	1. 내화, 방화성 2. 내풍압성 3. 내압성 4. 내충격성 5. 내마모성 6. 내자외선 7. 내오존성 8. 내산, 내알칼리성
방수층 자체에 요구된 성능	바탕재에 관한 성능
1. 방수성 2. 시공성 3. 무공해성 4. 경제성	1. 내화, 방화성 2. 내풍압성(접착) 3. 바탕재 거동 추종성 4. 내진성 5. 내습성 6. 통기성

(2) 시공자 입장에서의 고려사항

- ① 현장에서의 고려사항 ② 현장 환경과 방수
- ③ 현장에서의 문제점 ④ 현장에서의 방수공법선택

2.4. 옥상 단열방수의 특성

1) 재료 및 공법에 따른 분류

- (1) 재료에 따라
 - 아스팔트 방수, SHEET방수, 도막방수, 시멘트 액체 방수
- (2) 방수층 보호 여부에 따라
 - 노출공법, 비노출공법
- (3) 방수층 수에 따라
 - 단층공법, 복층공법
- (4) 시공시 가열여부에 따라
 - 열공법, 상온(냉)공법
- (5) 방수층 위치에 따라
 - 내방수, 외방수
- (6) 모체와 방수층의 접착 정도에 따라
 - 접착공법, 절연공법 등으로 구분할 수 있다.

2) 공법별 특성

아스팔트 방수, SHEET방수, 도막방수, 시멘트 액체 방수

3) 단열재의 위치에 따른 분류

UP-SIDE DOWN형은 단열재의 아래에 방수층을 설계하는 것이고, 노출 방수형은 단열재 위에 방수층을 설계하는 것이다.

2.5. 하자사례유형

1) 하자요인고찰

방수층의 하자 원인으로는 첫째로 구조체의 균열, 골재분리 부분 등의 원인으로 발생하는 구조적 측면이 있다. 둘째

로 구조체에 적합하지 않은 방수재료를 사용함으로써 발생하는 재료적인 측면이 있다. 셋째로 현실적이지 못한 낮은 공사단가로 인해 고품질의 재료를 사용하지 못하고 숙련된 기능공의 확보도 어려워 부실시공되어지는 시공적 측면이 있다. 마지막으로 공사기간이 충분하지 못하여 발생하는 하자과 방수공사에 적합하지 않은 날씨와 온도 등이 원인이 되는 환경적 측면이 있다.

2) 하자경로 추정 및 대책

- (1) 아스팔트방수 (2) 시트방수 (3) 도막방수
- (4) 액체방수 (5) 단열방수

3. 옥상단열방수의 공법실험모델 제작 및 측정

3.1개요

경질시트 마감 건식화 공법의 열적 성능을 보다 정확하게 판단하고 정량화 하기 위하여 기존 습식공법인 USD 공법과의 비교평가를 식물 실험모델을 대상으로 실시하였다.

3.2. 측정내용 및 방법

1) 측정대상 실험모델의 특성

평가대상 실험모델은 지붕 슬래브 위 단열 및 방수층의 구성에 따라 좌우에 각각 지붕 슬래브 위 USD 방수공법(실험체 A)과 노출단열 경질 시트방수 공법(실험체 B)으로 된 2가지 유형으로 구분하여 제작함

2) 측정내용 및 방법

(1) 측정점의 설정

실험체 각 구성층마다 각 4개씩의 C-C 열전대(Cu-Constantan Thermo couple) 센서를 설치하여 오류 가능성을 최소화 하였으며 설치된 센서의 총수는 65 개임

(2) 측정장비

KAYE사의 Digistrip 4 Plus 데이터 로거(Data Logger)와 Data 기록용 PC, 온수공급용 항온수조 등을 이용함

(3) 측정 및 분석 방법

데이터 에러에 의한 보정을 위하여 10분 간격으로 측정하였다. 같은 층에서의 온도 측정은 방위별로 4 지점을 설정하여 평균값을 구하였으며, T-type 열전대를 이용하여 실내 바닥면 온도, 실내 공기층 온도(+600, +1200), 천장면 온도, 슬래브 상부온도, 단열재 및 방수층 상하부온도, 외표면 온도, 내외부 벽체 온도, 외기온도 등 총 65개 지점의 온도를 동시에 측정하였다.

측정된 데이터는 DG-Call 양식으로 데이터 로거에서 PC로 전송되며 전송된 데이터를 Excel 파일로 변환하여 통계 처리하였다.

난방기 측정은 2006년 1월 21일 부터 1월 24일 까지 예비측정을 통해 미비점을 보완한 후 2006년 1월 26일 부터 2006년 2월 28일 까지 약 30일간에 걸쳐 실시하였다

3.3. 열적 성능 분석 및 평가

1) 식물실험모델 측정

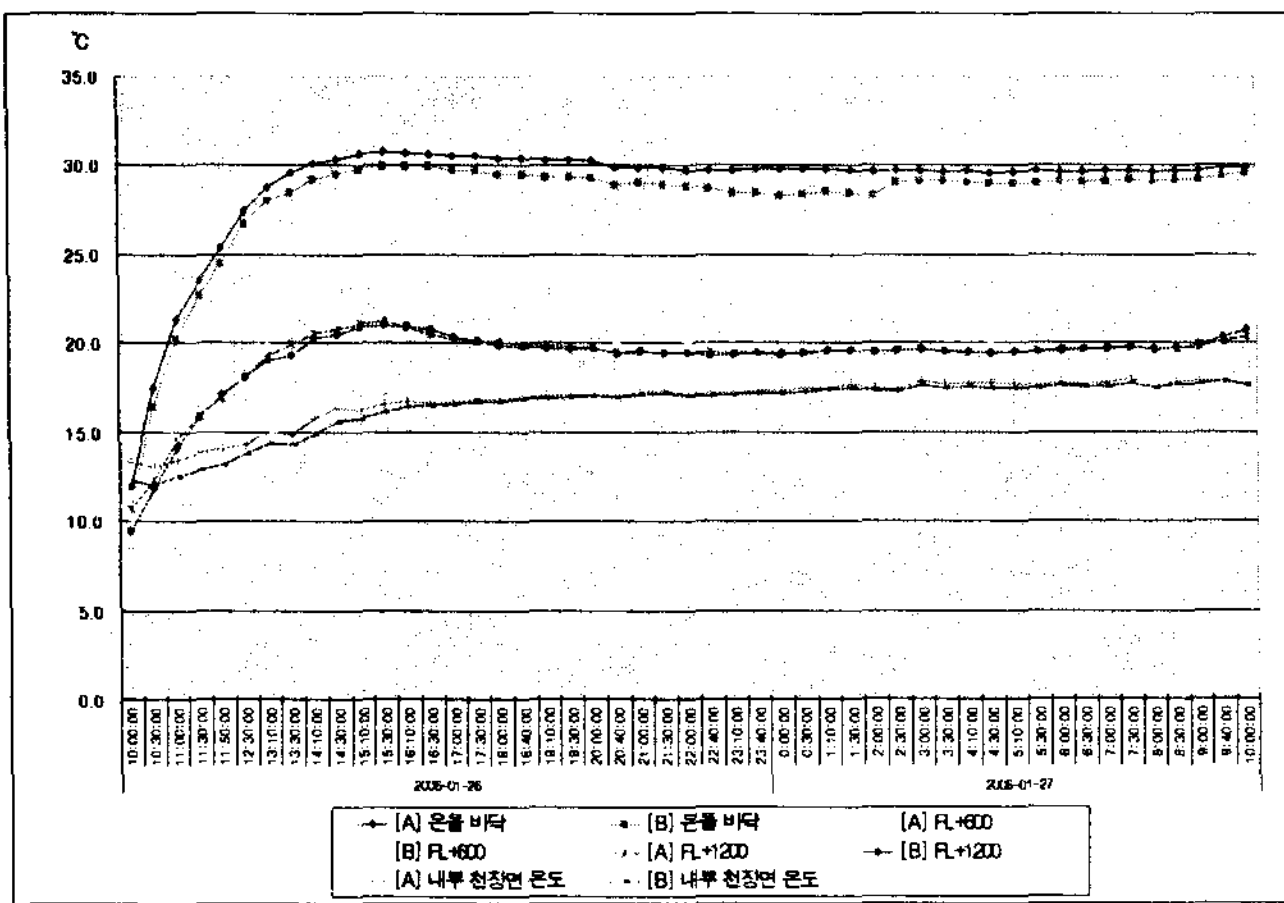
본 연구에서는 2개의 각기 다른 유형에 대해 각 구성 재료의 층별 온도분포상태와 이를 토대로 한 상대적인 비교

평가와 정량적 분석 및 평가로 진행되었다. 2006년 1월 26일 부터 2월 7일(1차), 2월 12일부터 2월 28일(2차)까지 약 30일간에 걸쳐 측정을 실시하였다.

① 전 측정기간의 열적 특성 분석

	실험체 A (USD 방수공법)		실험체 B (경질시트 방수공법)	
	평균	표준 편차	평균	표준 편차
일평균 외부기온	-0.2 (편차 5.34)			
지붕외부표면	0.7	7.7	1.5	11.3
단열재상부	1.0	7.1	2.4	10.8
슬래브상부 (단열재하부)	19.1	1.7	19.4	2.2
천 장	19.9	1.7	20.5	2.0
FL + 1200	21.5	1.8	22.0	2.1
FL + 600	22.4	1.8	23.0	2.1
온돌 바닥	29.8	1.5	29.9	1.7

② 난방 개시시의 열적 특성 분석



③ 시간대별 열적 특성 분석

	실험체 A (USD 방수공법)		실험체 B (경질시트 방수공법)	
	평균	표준 편차	평균	표준 편차
일평균외부기온	-10.2 (표준 편차 3.2)			
지붕 외부 표면	-9.9	7.1	-9.4	11.0
단 열 재 상 부	-9.4	6.6	-8.2	10.3
슬래브상부(단열재하부)	17.1	1.1	16.8	1.1
천 장	18.0	0.9	18.1	1.0
FL + 1200	19.4	1.3	19.4	1.5
FL + 600	20.3	1.4	20.4	1.5
온 돌 바 닷	28.7	0.8	28.2	0.9

2) 실험결과 분석

* 외기온 변동 폭의 표준 편차에 비하여 실내기온 변동 폭의 표준 편차가 매우 낮았으며, 이는 실내기온이 외기에 의한 영향을 극히 미미하게 받고 있음을 의미한다.

* 노출단열 경질시트 공법으로 시공된 실험체 B의 경우 낮 동안 일사의 영향을 받아 외표면 온도가 급격히 상승하는 것을 알 수 있다. 실험체 B의 경우, 경질시트 바로 아래에 단열재가 위치함으로, 단열재 상부 온도 역시 외표면의 온도 변화와 거의 동일한 양상을 나타내었다.

외기온과 실험체 A의 외표면 및 단열재 상부온도는 가장 높을 때의 시간대가 거의 비슷하였으나, 실험체 B의 경우는 1-2 시간 빠르게 최고 온도에 도달하는 것을 알 수 있으며 이 또한 일사의 영향으로 판단된다.

그러나 야간 천공복사에 의한 냉각 현상의 경우 A, B 두 실험체 모두 비슷한 값을 보여 차이가 크지 않음을 알 수 있었다.

* 옥상 외표면 및 단열재 상부 온도 변화는 옥상 구조체와 방수 공법의 차이에 따라 급격한 변화를 보였으나 단열재 하부 온도의 변화는 비교적 일정하며 두 실험체 모두 거의 비슷함을 알 수 있다. 이는 난방기 옥상 구조체에 미치는 일사의 영향이 미미하며, 구성 재료의 열전도율 및 열관류율로 대변되는 두 실험체 옥상의 단열성능이 실내의 온도 변화를 좌우한다는 것을 의미하는 것으로 해석할 수 있다.

4. 단열방수의 공법 및 구법 선정방법

4.1. 개요

최적 방수공법을 선정하기 위해서는 우선적으로 대상 건물의 기능 및 경제성 등을 종합적으로 고려해야 한다. 그리고 방수설계 진행절차 뿐 아니라 시공방법의 선정을 초기 단계부터 검토함으로써 공기 및 공사비 단축의 효과를 가져올 수 있다.

4.2. 선정의 절차 및 방법

- 1) 1단계- 전제조건 검토
최적 공법 및 구법 선정에 있어 전제조건으로 결정해야 하는 필수
요건인 바탕 구조체의 종류, 건물용도, 옥상규모, 지역구분, 직하층의 용도, 방수층의 보호 노출 여부 등으로 구분할 수 있다.
- 2) 2단계- 신뢰성(안전성)검토
(1)시공실적 (2) 보수성 (3) 방수재의 내용연한
(4) 단열재의 설치위치 (5)인자간의 상관성
- 3) 3단계- 환경조건 검토
환경적 요인 중 일사량은 방수재의 노화를 촉진하고 기온은 방수층의 신축을 유발한다.
- 4) 4단계- 시공 및 경제성 검토

표 4. 현장실정에서 본 바람직한 방수공법의 선택조건

방수공법의 선택조건
- 바탕재의 함유수분이 큰 문제가 되지 않는 공법
- 1.0mm~2.0mm정도의 바탕재 요철은 문제없이 시공이 가능한 공법
- 바탕재의 움직임(거동)에 대하여 충분히 대응 가능한 공법
- 판넬류에 단차가 있다 해도 충분히 대응할 수 있는 공법
- 여러 종류의 바탕형상에 대하여 대응성이 좋은 공법
- 여러 종류의 바탕재의 재질에 대응하는 공법
- 방수시공 후에 긴 양생 기간을 필요로 하지 않는 공법
- 시공순서 중에 많은 시간을 기다릴 필요가 없는 공법
- 들뜸 등의 결함이 발생하지 않는 공법
- 눈으로 관찰해서도 충분히 품질관리가 가능한 공법
- 작업 시에 위험성(작업원 자신)이 없는 공법
- 타 직종의 작업원 등에 대하여 위험성이 없는 공법
- 외기온도에 좌우되지 않고 시공 가능한 공법
- 날씨가 급격히 변해도 커다란 문제가 되지 않는 공법
- 바탕재의 수분에 크게 좌우되지 않고 시공 가능한 공법
- 방수층의 표면에 상처가 잘 나지 않는 공법
- 잘못된 부분이 생겨도 보수가 가능한 공법
- 방수시공 후 유지관리 및 하자부분에 대해 보수하기 쉬운 공법

5. 결 론

본연구에서는 노출단열 방수공법이 일사 및 열에 의한 열화 및 경화현상 등으로 방수층의 균열 및 파손에 대한 대책으로 경질시트 마감 건식화공법의 실물모델을 만들어 실시한 결과는 다음과 같다.

난방기의 경우 기존의 USD 공법으로 시공된 실험체 A와 노출단열 경질시트 공법으로 시공된 실험체 B의 열적 성능은 유의할 수준의 차이를 나타내지 않는 것으로 분석되었

다.

따라서 USD 공법에 비해 누름층이 생략되어 건물을 경량화 할 수 있어 경제적이며, 시공이 간편하고 장스팬의 경량 옥상에 적당한 이점이 있는 노출단열 방수 공법의 사용에 대한 타당성을 검증하였다. 또한 단열재가 외기와 우수에 노출되기 때문에 습윤 상태가 되어 구조체와 실내의 열적 성능이 저하되는 USD 공법의 단점을 분석할 수 없었으므로 장기적인 기간에서의 실제 상황에서는 노출단열 경질시트 공법의 열적 성능이 상대적으로 우수하다고 평가할 수 있다. 즉, 외단열방수가 완벽하면 공법별 열성능의 차이는 거의 없다고 할 수 있다.

이론적 고찰과 실험을 통하여 옥상단열방수 공법 선정방법을 위한 수단으로, 각 단계별로 선정인자를 분류하여 결론을 제시하면 다음과 같다.

1단계 전제조건에서는 선정인자를 구조체의 종류, 옥상용도, 옥상규모, 지역구분, 직하층의 용도, 방수층의 보호노출여부 등으로 분류하였고

2단계 신뢰성(안전성)검토에서는 선정인자를 시공실적, 보수성, 내구연한, 단열재 위치 등으로 분류하였고,

3단계 환경조건에서는 선정인자를 기온, 일사량 등으로 분류하였고,

4단계 시공 및 경제성 조건에서는 먼저 시공조건은 누름공법과 노출공법으로 구분하여 건축현장의 제 실정에 맞는 공법선정 검토가 가능하도록 하였다.

참고문헌

- 1) 송승영, "공동주택 외피 접합부 열교부위의 최적 단열상세 결정 방법에 관한 연구", 박사학위 논문, 서울대학교 대학원, 1998.2
- 2) 김승규, "방수공사시 시공부위별 적용방법", SK건축기술정보, 제2호, 2005.9
- 3) 장성주, "경질금속시트를 이용한 복합방수공법의 개발 및 적용에 관한 연구", 전북대학교 대학원 박사학위 논문, 2002.2

Abstract

To solve some problems that reveals in the existing stickiness problem of the housetop, the housetop finishing impact layer can be displaced by the existing concrete block. By doing in this way, this need is rising that the excess cost should be reduced and the materials should be recycled in repairing.

According to the above, this study is going to suggest the basic data on building and using of the dry process method by estimating and analyzing a overall determinate quantity through the experiment on the insulation performance among the capacity items on the outside insulation waterproof dry process suggested.

In addition, choosing the building method according to the use, the peculiar property and the importance of the building can be possible by analyzing the defect causes happening in the rooftop insulation and waterproof, suggesting the better method and classifying the most proper choosing methods for the need of the building according to the importance of the main factors.

keyword : Insulation Waterproof, Dry Process, Rooftop Waterproof