

친환경 옥상방수공법 개발에 관한 연구

A study on the Development of an Eco-friendly Rooftop Waterproofing Method

오 동 식^{1*} 고 성 석²

Oh, Dong-Sik^{1*} Go, Seong-Seok²

Department of Architectural Engineering, Graduate School, Chonnam National University, Buk-Gu, Gwangju, 500-757, Korea ¹

School of Architecture, Chonnam National University, Buk-Gu, Gwangju, 500-757, Korea ²

Abstract

This research aims to make a contribution to the development of waterproofing technique for rooftops by analyzing and understanding the problems of the currently used waterproofing method and their causes. To do this, this research developed an eco-friendly waterproofing method that supplements the weaknesses of the conventionally used method by analyzing the problems of leakage resulting from design and construction work to diminish leakage, improving the quality of construction work, reducing labor required

and the period of construction, and improving environmental conditions. The characteristics of the newly developed method are comparatively analyzed with the conventional practices, and are evaluated on the site.

Keywords : Water Proof Method, Eco-friendly, Water Proof Defect

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

방수공사는 재료의 부식 및 변형 등에 따른 콘크리트의 누수를 방지하고 내구성 및 강도를 유지시켜 시설물을 유지·보호하는 공사로서, 구조물의 성능 및 내구성 저하현상과 밀접한 상관관계를 가지고 있다. 현재 사용재료 및 시공방법에 따라 다양한 공법이 개발되어 방수품질은 향상되고 있으나, 콘크리트 구조물 옥상방수의 경우 구조물의 다양화 및 적용환경의 급속한 변화와 외부 환경에 직접 노출되어 있는 유지관리시 열악한 환경조건으로 인하여 내구성 및 방수품질의 지속성에 어려움을 갖고 있다[1].

옥상방수 하자는 구조·재료·시공·환경 등 복합적 요인

에 따라 발생하게 되며, 1차적인 물리적 방수층 결함과 함께 누수로 이어지며 건축부재에 흡수되거나 투수되고, 재료조직을 통해 침입하여 동결, 용해하는 등의 반복 작용을 통하여 2차적인 구조물의 강도저하, 수축팽창, 단열성 저하, 중량증가, 동결용해 등 형태, 성능, 내구성에 악영향을 주게 된다[2]. 건물 사용자에게 대한 거주환경 피해와 함께, 건설사의 이미지에 막대한 악영향을 초래할 뿐만 아니라, 보수 공사 비용 역시 적지 않게 소요된다. 더욱이 보수공사로 손실되는 경비는 최초 시공비보다 약 3배 이상이 소요되는 등 큰 손실을 가져오고 누수발생에 따른 적절한 보수공법 선정 또한 어려워 유지관리에 많은 어려움을 겪고 있다[3,4]. 또한 시공 업무를 맡은 건설사의 신뢰성 상실, 사회간접자본으로서 건축물의 가치하락 등 사회적 문제로 부각되고 있어 방수에 대한 다각적인 관심이 요구되고 있다. 이러한 누수에 따른 문제점들을 저감시키기 위한 설계 및 시공부분의 많은 개선에도 불구하고, 누수발생이 줄지 않고 있어 이를 저감하기 위한 대책이 시급한 실정이다. 즉, 옥상방수 공사의 품질향상, 노동력의 절감, 공기단축, 환경문제 등 기존 방수공법의 문제점을 보완하기 위하여 친환경적 복합방수공법의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구는 현행의

Received : August 31, 2010

Revision received : October 4, 2010

Accepted : October 11, 2010

* Corresponding autho : Oh, Dong-Sik

[E-mail: daela21@naver.com]

©2010 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

옥상 방수공법이 가지고 있는 문제점과 그 원인을 분석·과약하고, 대체 공법을 제안하여 향후 옥상 방수공사의 발전에 기여하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 건축공종 중에 하자가 많이 발생하는 옥상방수공사에 대하여 실제 현장에서 발생하는 하자현황을 분석하여 기존의 방수공사의 문제점을 개선하고자 다음과 같은 내용으로 연구를 진행하였다.

- 1) 방수공법에 대한 이론적 고찰: 문헌연구를 통하여 기존 방수공사의 품질정보 및 하자특성, 기술현황&동향, 개선 요구성능을 고찰한다.
- 2) 방수공사 하자 관련 내용 분석: 하자사례 정보를 토대로 방수하자 관련 문제점과 이에 대한 개선방안을 고찰한다.
- 3) 복합 아스팔트 옥상 방수시공: 개선된 공법의 실제 방수공사를 실시하여 현장 적용성을 분석하고 기존 옥상 방수공법과의 특성을 비교한다.
- 4) 복합 친환경 옥상방수공법 제시: 현행 방수공법의 하자 발생을 억제하고 품질을 개선할 수 있는 복합 친환경 방수공법을 제안하고 현장적용 개선효과를 제시한다.

2. 이론적 고찰

2.1 현행 방수공법의 동향 및 요구성능

일반적으로 지붕은 바탕, 방수층, 단열층, 보호층으로 구성되어 있다. 위치상 확실한 방수가 요구되므로 멤브레인 방수로 시공하는 경우가 대부분이다. 멤브레인 방수는 얇은 피막에 의한 방수를 말하며, 아스팔트 방수, 개량 아스팔트 시트방수, 도막방수 등의 총칭으로서 최근 우수한 성능을 가진 많은 방수재와 신소재의 개발과 함께 기존의 방수재에 대한 장·단점을 상호 보완하고 재료의 성능을 배가시킬 수 있는 복합화 방수재가 많이 사용되고 있으며, 평지붕의 경우 옥상을 다양한 용도로 활용할 수 있어 용도에 따른 각종 방수공법도 고안되고 있다[5].

현재 표준화되어 있는 방수재료(KS규준)는 멤브레인방수(아스팔트 방수, 시트방수, 도막방수), 규산질계 도포방수, 이외에도 SSAP, Sky Panel공법 등 다수의 방수공법이 사용되고 있다. 이처럼 목적 및 용도에 맞는 필요성, 시공조건, 가격조건, 다양화된 조건에 적합한 각종 복합방수공법의 개발이 전개되고 있다. 즉, 방수시트와 도막방수제를 조합시키거나 바탕면에 도막방수제를 사용하고 그것을 접착제로 시트에 붙이는 방법 등이다. 아스팔트 방수와 같은 개념으로 시트를 접착하고

접합부(조인트)가 있으면 그것을 충전함과 동시에 방수층으로서 역할이 가능하도록 방수능력이 있는 접착제를 사용하는 시트 방수공법이라고 말할 수 있다. 또한 금속판을 조합한 방수공법과 금속패널을 기계적으로 고정하고 조인트만을 처리하여 마감하는 공법 및 우레탄 도막 공법으로 마감 처리하는 공법도 널리 사용되고 있다[6,7,8]. 이런 신기술 복합공법들은 바탕콘크리트 구조물의 균열에 영향을 받지 않는 절연공법 및 시트와 유기 또는 무기질계 도막과의 복합공법이 주류를 이루고 있으며, 방수공법이나 재료적인 측면, 방수업계의 위상의 진보는 가져왔으나 이 또한 시공상의 부주의, 높은 단가 등의 문제점으로 완벽한 방수공법이 정착되지 못하고 있는 실정이다. 즉, 외부조건에 따른 방수층에서는 수밀성, 내구성, 내화·방화성, 접착성, 바탕재에 대한 내충격성, 내마모성 등의 성능이 요구되고 있다(Table 1참조).

Table 1. Defects causes of waterproof course and required performance

Items of defects generation	causes	required performance
Defects of coating itself	A. Fracture of waterproof layers due to cracks or behavior of joint portions	Adhesive property , Resistance to fatigue shock resistance, Chemical resistance
	B. Damage of waterproof layers due to impact	
	C. Failure of waterproof layers due to local load	
	D. Other chemical and biological elements	
Defects of joints	A. Excessive · scanty tension in case of construction	Continuity of waterproof layers at joints
	B. Non-security of continuity in temperature stress	
Adhesive property with the basis	A. Flow-down of waterproof layers at a heave portion	Flow-down resistance of a heave portion Stability of corner portions Internal negative property Swelling resistance by pressure
	B. Elation of waterproof layers at a corner portion	
	C. Loss of waterproof layers by negative pressure of a roof surface in case of strong wind generation	
	D. Elation and swelling by vapor pressure	
Other defects	A. This is not an item directly connecting to defects generation, but the above defects play a role of promoting the above defects	Resistance to ultraviolet rays, ozone, alkali, and water, etc.

Table 2는 옥상 환경조건과 이에 따른 옥상 방수공사시 요구되는 성능을 나타낸 것이다. 외부환경적 요인과 공간의 활용성 측면에서 배수, 내약품, 미끄럼 방지, 내충격, 내하중, 내마모성 등의 성능이 요구되고 있다.

Table 2. Required performance of roof use

Use	Environmental condition	Required performance
Rooftop garden	Protection of a structure by raising water permeability of planting and installing protective layers and bar protecting layers	Drainage property, bar protecting property and chemical resistivity, etc.
Rooftop square	Floor material having durability without sliding	Sliding resistance, etc.
Sports facilities	Attention to vibration	Shock resistance, Anti-abrasion, etc.
Rooftop parking lot	Prevention of abrasion and noise by tire	Wheel load resistance, etc.
Base of fire fighting activity	Attention to a role as a base of fire fighting activity and load carrying capacity	Load carrying capacity, etc.
Installation place of equipment	Disposition and load of devices	Load carrying capacity, Shock resistance, etc.

2.2 현행 방수공법의 문제점

아스팔트 방수는 역청질의 재료의 루핑 및 펠트를 적층하여 방수층을 만들게 된다. 최근 고무아스팔트 시트의 대량생산과 인건비의 상승, 특히 친환경적인 면에서 아스팔트 시공이 줄어드는 추세에 있으며, 슬래브의 프라이머층 상부에 공기층을 형성되어 아스팔트시트가 파손될 수 있는 문제점이 있고, 아스팔트의 상부에 폴리우레탄수지를 도포하여 폴리우레탄층을 형성하였으나 상호 친화력이 낮아서 쉽게 떨어지는 문제점이 있으며, 아스팔트 시트 상부에 규사를 뿌린 후 코팅층 형성시 균일하게 뿌려지지 않아 표면이 울퉁불퉁하고, 시공 공정이 복잡하다. 종래에 사용한 고무시트 또한 유용성이라 시트사이의 이음매가 부풀거나 떨어지는 단점이 있다. 또한 이와 같은 방법은 방수층에 공기가 통하지 않으면 습도에 의한 부식이나 코팅층의 파괴를 가져온다. Table 3은 기존 방수공법의 시공성을 비교한 것이다.

현재까지의 방수공사의 품질과 하자관리는 사전관리 보다는 사후관리 방식으로 수행되어 하자발생 빈도가 높으며 이미 발생한 하자의 보수를 위해 불필요한 자원이 낭비되고 있다. 그리고 기 발생된 하자에 대한 분석과 관리가 제대로 이루어지지 않아 동일한 유형의 하자발생이 되풀이되고 있으며 이로 인하여 건설산업에서 품질확보를 위한 비용투자가 비효율적으로 이루어지고 있다.

Table 3. Comparison of Constructability of Existing Waterproof Process

Method Division	Star-poly bars	Sky panel	SSAP	Asphalt sheets	inorganic coating	Urethane coating
Bonding method	Insulation	Insulation	Partial insulation	Adhesion	-	-
Treatment of bonding parts	Simple	Difficult	Simple	Difficult	-	-
Treatment of End	Simple	Difficult	Simple	Difficult	-	-
Wet and dry conditions	Wet and dry construction	Wet and dry construction	Water content of less than 10%	Wet and dry construction	Wet and dry construction	Water content of less than 8%
Disadvantage	Few results	Difficult in handling managing materials	Gush of asphalt, fracture of film	End and joint portions	Uniform waterproof layers are difficult	High flaw generation rate according to a construction level

방수하자의 유형은 ‘방수층의 들뜸’이 가장 많으며 그 이유는 방수층 시공 시 충분한 양생과 보호 누름층의 불완전 시공으로 인해 방수층의 들뜸 현상이 생기고 그에 따라 방수층의 균열 및 박리의 하자가 연쇄적으로 발생되기 때문이다. Table 4와 Figure1은 방수공법에 따른 하자유형을 나타낸 것이며 우레탄방수를 제외한 대부분의 하자발생 원인이 부풀림에 의함을 알 수 있다. 시트 방수공법의 경우 내습성이 약하며, 공정이 복잡하고 하자보수가 용이하지 못한 단점과 함께 우레탄 방수공법과 같이 거동저항성이 낮으며, 유지·보수 측면에 어려움이 있다.

Table 4. Defect cases

Material /accident type	Swelling	Fracture	Treatment of connection and end parts
Sheet waterproof	38.7%	20.6%	40.7%
Urethane waterproof	20.3%	57.6%	22.0%
Others	40.4%	21.1%	38.2%

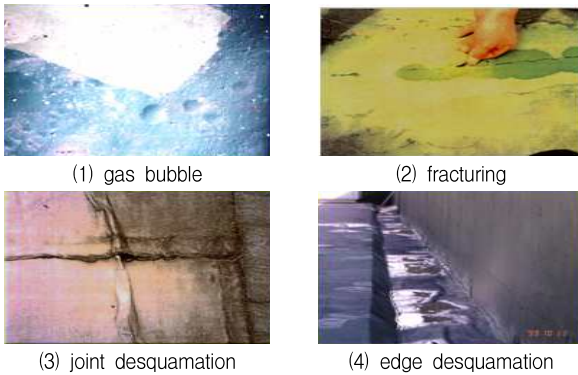


Figure 1. Waterproof defect cases

Table 5는 기존 방수공법의 종류별 대표적인 문제점을 나타낸 것이다.

Table 5. Problems of Existing Waterproof Process

Division	Problems
Urethane coating waterproof	High flaw generation rate according to a construction level
Inorganic coating waterproof	The formation of uniform waterproof layers are difficult.
Asphalt sheets	There are many accidents at end and joint portions.
SSAP	Generation of asphalt gush and coating rupture phenomena.
Sky panel	Handling and management of materials are difficult.

3. 친환경 방수공법의 개발

3.1 친환경 방수공법의 필요성

최근에는 아스팔트 시트를 이용한 방수 공법이 보편화 되어 있다. 아스팔트 시트는 단섬유부직포, 연선편필름 및 미연선편필름 등의 심재에 스트레이트 아스팔트와 APP (Atactic Polypropylene) 또는 SBS(Styrene butadiene styrene)을 함침하거나 피복한 것으로서, 현재 옥상 슬래브의 방수시공에 많이 사용되고 있다.

상기와 같은 기존 방법은 슬래브의 프라이머층 상부에 바로 아스팔트시트를 시공함으로써 프라이머층과 아스팔트시트의 사이에 공기층이 형성되어 팽창함으로써 아스팔트시트가 파손될 수 있는 문제점이 있고, 아스팔트시트의 상부에 폴리우레탄 수지를 도포하여 폴리우레탄층을 형성하였으나 용제가 포함된 폴리우레탄층과 아스팔트시트는 상호 친화력이 매우 낮아서 쉽게 떨어지는 문제점이 있으며, 아스팔트시트의 상부에 인부가 규사를 뿌린 후 코팅층을 형성함으로써 규사가 균일하게

뿌려지지 않아 표면이 울퉁불퉁하게 되고, 시공공정이 매우 복잡하다. 기존에는 시공이 쉽고 설치가 용이한 고무시트를 이용하는 방수방법을 많이 사용하였고, 상기 고무시트를 이용한 방수공법으로 바탕면에 폭 1m의 고무시트를 10m단위로 설치하나, 고무시트와 고무시트 사이에 이음매가 부풀거나 떨어지는 단점이 있다.

아스팔트시트공법¹⁾을 보면 공장에서 소정두께와 폭의 아스팔트 시트 상부면에 규사입자 일부가 아스팔트시트에 고르게 부착되게 제조된 방수시트를 이용하였고, 옥상 슬래브의 프라이머층 표면에 아스팔트시트와 같은 물성인 액상아스팔트를 도포한 뒤 방수시트를 시공함으로써 방수시트와 슬래브가 견고하게 부착되어 아스팔트시트가 쉽게 떨어지지 않도록 하였으나, 프라이머층과 시트사이에 공기층이 형성되어 팽창함으로써 시트가 파손될 수 있는 문제점이 있다. 이와 같은 방법은 방수층에 공기가 통하지 않으면 습기에 의한 부식이나 습기에 의한 코팅층의 파괴를 가져오기 때문에 장기간의 내구성을 장담할 수 없다. 또한 고무시트와 무기질을 결합한 방수공법은 고무시트 이음매의 연결부위가 좋지 않고, 시트자체가 유용성이라 무기질재료와의 접착성이 좋지 않아 정밀하게 시공하지 않으면 들뜨는 단점이 있다. 이와 같은 문제점을 해소하기 위해 본 논문에서는 슬래브에서 생기는 공기층을 배출시키기 위한 목적으로 통풍관을 설치하고 방수층의 파단 및 부풀음 현상이 없는 방수공법을 구현하고자 한다.

3.2 친환경 방수공법의 개발 요소 및 특성

본 연구에서는 아스팔트시트를 이용한 방수공법이 갖는 시트와 옥상슬래브의 밀착력저하로 아스팔트 시트가 쉽게 떨어지는 단점과 시공이 복잡한 단점을 개선하여 친환경 방수공법인 복합도막방수공법을 개발하였으며 시공방법과 절차는 Table 6과 같다(Figure 2 참조).

Table 6. Process Configuration of complex and Environment-friendly Asphalt

Division	Process Configuration
Sheet material	PE-improved EVA sheets (KS F 4911)
Joint treatment (mechanized construction)	Instant heating and melting type adhesion/adhesive agent
Double complex waterproof layers	Sheet waterproof layers(KS F 4911 complex reinforcement type) waterproof layers of cement-mixed polymer group(KS F 4911)
Introduction of performance improvement method	Insulation process, mechanical partial fixing, degaussing process

1) 특허등록 10-0522858 “아스팔트시트를 이용한 방수시공 공법” 2005.05

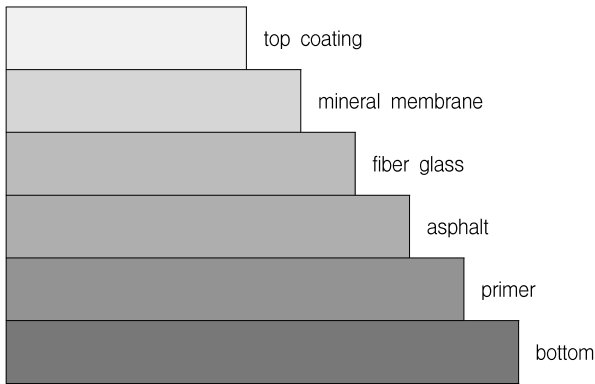


Figure 2. Section of waterproof course

친환경 복합방수공법은 단열재, 슬래브, 몰탈, 방수시트, 탄성도막 등으로 구성되어 있고, 공중이 단순하고 유지관리가 용이하며, 타기공법으로 인해 들뜸이 없고 방수층 자체의 자중이 낮다는 특징이 있다.

- (1) U-type air pipe (2) air pipe (3) coating course
- (4) asphalt (5) slab

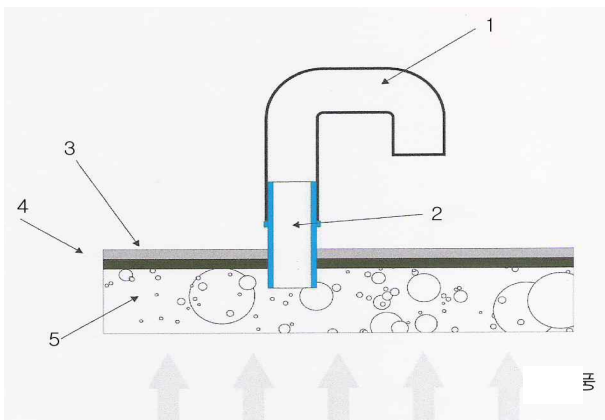


Figure 3. Air pipe structure

Figure 3은 통풍관 시스템을 나타낸 것으로, 슬래브 저면에서 생기는 열에 의한 공기층을 밖으로 배출함으로써 바닥이 들뜨지 않고, 습기에 대한 부패를 방지할 수 있다. 이 때 통풍관 내부에 생기는 공기가 밖으로 배출되도록 하되, 우천시 빗물의 침투를 방지하기 위하여 U자형 통풍관을 거꾸로 하여 통풍관의 상부에 접합시킨다. 이와 같은 구조로 슬래브에서 생기는 공기층은 상기 통풍관과 이에 연결된 U자형통풍관으로 공기가 배출된다. 다음 Figure 4는 시공후의 모습을 나타낸 것이다.

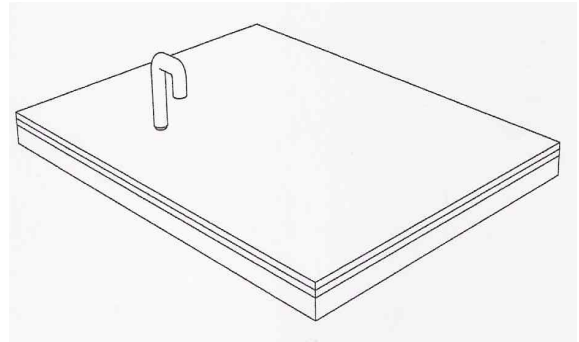


Figure 4. Total waterproof course after construction

Table 7은 기존 방수재료와 상기 6차 복합방수재료의 구성을 비교한 것이다. 기존 고무 시트 방수의 경우 시트자체가 유연성이라 무기질 재료와의 접착성이 좋지 않아 정밀하게 시공하지 않으면 들뜨는 단점이 있다. 이에, 연결 이음매 하자를 없애기 위해 도막 방수재인 아스팔트코트를 사용하고 상부층 무기질과 접착성을 좋게 하기 위해 수용성 아스팔트를 사용하였고, 중간에 유리섬유(Fiber Glass)를 첨가하여 접착성을 보강하여, 연결부위가 없는 도막방수층을 형성과 함께 통기관을 시공해 줌으로써 들뜸 현상을 없애주는 것을 특징으로 한다.

Table 7. Comparison of waterproof materials

waterproof course	6th complex wasteproo	Sky panel	Starflex	SSAP	inorganic (6 process)	Urethane (3T)
Finishing material	Aqueous	Aqueous/Oily	Aqueous/oily	Aqueous/oily	Aqueous/oily	Urethane
2nd Coating	inorganic	-	-	inorganic/silica	inorganic, 4 times	-
First coating	Fiber glass	inorganic	inorganic	inorganic/Urethane	inorganic	Urethane
Primer	inorganic	inorganic	inorganic	inorganic/Urethane	inorganic	Urethane
Reinforcement	application of waterproof agent	inorganic coating	inorganic coating	glass fiber fabric	H/G, non-woven	-
Sealing	adhesives	sealing agent	adhesives	Urethane	-	-
Joint	asphalt coat	zinc plating plate	Improved asphalt	Improved asphalt	-	-
Sheet	asphalt	-	asphalt	Urethane	epoxy/inorganic	Urethane

Table 8은 6차복합방수공법과 시트공법, 도막공법과의 방수층을 비교한 것이다. 6차복합방수공법은 바닥,벽체 일체화 방식이며 바닥면은 아스팔트 + 하이바그라스 +도막재로 구성되어 있으며, 파라펫부 바닥면과 같이 접착방식을 사용한다.

Table 8. Comparison of waterproof course

Division	6th complex waterproof	Sheet process	Coating process
Bonding of basal plane	adhesion process (bonding, application)	adhesion process (bonding, adhesion)	adhesion process (application)
Connection of between floor and wall	integrated approach	integrated approach	integrated approach
Treatment of basal plane	asphalt +fiber glass+coating material	sheet material	coating material
Treatment of parapet portion	coating material	sheet material	coating material
Bonding of parapet portion	bonding method	bonding method	application method
Treatment of material connection par	basal application surface	wall bonding portion	basal application surface
Frequency of flaw generation	-	joint, wall: 61.3%	floor surface: 57.6%

4. 방수공법 현장적용 및 사례연구

4.1 현장 개요

공사 위치는 광주 서구 쌍촌동이며 쌍촌동 주공아파트 옥상 보수공사이다. 지하2층, 지상15층, 연면적800m²의 철근 콘크리트 라멘구조 + 벽식구조의 공동주택이며 공사는 2007년 8월(15일간)에 실시하였다. 본 공사의 현장개요는 Table 9와 같다.

Table 9. Construction overview

Construction Name	Rooftop repair construction of Ssangchon-dong Jugong apartment
Site	Inside Jugong apartment of Ssangchon-dong, Seo-gu, Gwangju
Structure	Rahmen structure + wall type structure
Scale(ground/underground)	Two underground levels, fifteen stories above ground
Total building floor areas	Rooftop 800m ²
Building areas	Rooftop 800m ²
Building use	Apartment houses
Waterproof date	August 20, 2007

4.2 현장 적용

아스팔트를 이용하여 슬래브 바탕면 위에 방수층을 형성하는 공법에 있어서, 슬래브의 표면의 바탕을 정리하는 제 1단계(1)와 드릴로 슬래브 표면에 구멍을 낸 후에 통풍관을 설치하는 제 2단계, 주변을 방수보강처리한 후에 프라이머를 도포하는 제 3단계(3), 아스팔트를 도포하는 제 4단계(4), 유리섬유(Fiber Glass)를 설치하는 제 5단계(5), 무기질도막 방수제를 도포하는 제 6단계(6)와 상면에 코팅제와 방수제를 도포하는 제 7단계(7)로 구성되는 것을 특징으로 하는 통풍관이 형성된 복합 아스팔트 방수 시공공법이다.

전체 시공 공정은 Figure 5와 같으며 우선 바탕을 정리하는 제 1단계(1)로, 신축현장일 경우, 먼지나 분진이 없게 깨끗하게 하고, 요철부위는 보수처리하여 평활하게 하며, 보수현장의 경우에는 요철부위를 평활하게 하고, 크랙은 보수하며 바닥을 청소한다. 다음에는 통풍관을 설치하는 제 2단계(2)로, 매 30m² 마다 드릴로 바닥면에 구멍을 낸 후에 통풍관을 설치하고, 주변을 방수보강 처리한다. 그 다음 프라이머를 도포하는 제 3단계(3)로, 프라이머는 접착용액으로 아스팔트를 바탕면에 밀착하여 부착시키기 위한 것으로 바탕면을 건조시킨 후에 롤러, 스프레이, 붓 등으로 도포한다. 그 다음 아스팔트를 도포하는 제 4단계(4)로, 롤러, 붓 등으로 아스팔트를 1.5kg/m²로 도포하되, 상기 아스팔트는 수용성이 바람직하다. 수용성 아스팔트 방수제는 아스팔트를 끓이거나 용제에 녹여서 사용하지 않고 유화제를 사용하며 물과 혼합이 되도록 제조된 아스팔트로서 화제의 위험이나 악취가 없는 친환경적인 제품이고, 방수성능 향상을 위하여 안정제, 접착제, 증점제 등을 첨가하여 방수제로 사용하는데 적합하게 되어 있다. 다음에는 유리섬유(Fiber Glass)를 설치하는 제 5단계(5)로, 유리섬유는 유리섬유로 치수 안정성(신율 3~4%, 탄성회복율 100%)과 인장강도, 인장탄성률이 매우 좋다. 이 때 유리섬유는 상기 제 4단계의 아스팔트 도포 후 표면이 건조시 이물질에 주의하며 시공한다. 그 다음 무기질도막 방수제를 도포하는 제 6단계(6)로, 유리섬유를 시공후에 1kg/m²로 도포한다. 그 다음 상면에 코팅제와 방수제를 도포하는 제 7단계(7)로, 상기 무기질도막 방수제를 도포하는 제 6단계(6)위에 코팅제를 0.5kg/m² 도포한다. 마지막으로 상기 2단계에 시공된 통풍관의 윗부분에 U자형 통풍관을 뒤집어서 부착하며 통풍관 안쪽에는 이물질방지 망을 부착한다.

이와 같은 단계로 시공할 시에 유의점은 다음과 같다. 영하 5°C이하에서는 시공을 자제하며, 바닥이 습기가 심할 때에는 어느 정도 양생 후 시공하며, 신축건물에 시공시에는 콘크리트 양생을 확인하고, 보수 공사시에는 들뜬 모르타르를 부분 제거한 후 시공하도록 한다. 이 때 보수보강 처리하는 방법으로는 바탕면이 완전히 건조된 이후 롤러, 스프레이, 붓 등으로 도포하는 것이 바람직하다.



Figure 5. Total construction process

4.3 현장적용에 따른 개선효과

Table 10은 옥상방수공사 공법별 공사비를 나타낸 것으로써 기존의 우레탄 방수, 시트방수, 아스팔트 8층방수와 6차 복합 방수를 비교하였다.

6차 복합방수의 경우 공정이 간단하고 기존 방수층의 철거를 하지 않고 바탕정리만 하기 때문에 비교적 단가가 저렴하다. 순공사비계(Table 10 참조)를 보면 우레탄 방수의 경우 50m²당 69,125원, 시트 방수의 경우 58,810원, 아스팔트 8층방수의 경우 64,362원, 6차 복합방수의 경우 49,633원으로 나타났다. 기존 옥상방수 공법의 경우, 시공면적 50 m²당 평균 64,000원 정도인 반면 6차 복합방수의 경우 49,633원으로 공사비가 20%정도 절감되었다.

Table 10. Comparison of construction expenses by construction method

Name of goods	Process	Direct material costs	Direct labor costs	expenses	subtotal	Total of pure construction's ratio
Urethane waterproof	removal of existing waterproof layers	2,700	16,894		19,064	69,125
	waste transportation	1,394	1,377		2,771	
	waste treatment costs			5,833	5,833	
	protective concrete placing	11,533	4,924		14,457	
	exposed urethane construction	14,800	10,200		25,000	
Sheet waterproof	removal of existing waterproof layers	2,500	16,894		19,064	58,810
	waste transportation	1,400	1,377		2,771	
	waste treatment costs			5,833	5,833	
	protective concrete placing	11,533	4,924		14,457	
	sheet waterproof	5,733	8,622		14,355	
8-layered asphalt waterproof	removal of existing waterproof layers	2,800	17,500		19,064	64,362
	waste transportation	1,400	1,377		2,771	
	waste treatment costs			5,833	5,833	
	asphalt waterproof	8,037	28,327		36,364	
	basal treatment costs	1,500	1,000	2,000	4,500	
6th complex waterproof	waste treatment costs			3,833	3,833	49,633
	complex waterproof	25,000	16,300		41,300	

※ construction area : 50(m²)/person

Table 11은 옥상방수공사 공법별 시공성을 비교한 것이다. 기존 시트 방수 연결 부위 하자를 도막 처리함으로써 끊어짐을 방지하였고 시트의 신장율을 아스팔트도막 처리함으로써 탄성율을 보완시켰으며, 유리섬유(Fiber Glass)를 사용하여 아스팔트 층과 무기질 층의 접착력을 보강하여 강성을 높였고,

환기구를 설치하여 우수한 통기성을 보유하고 있으므로, 바탕면의 높은 온도로 인한 방수층의 파손 및 부풀음 현상이 없다. 또한 수용성을 사용하므로 습윤 면에서도 작업이 가능하며, 물성저하가 없고, 시공 시 무소음, 무공해, 무재해 등의 친환경적이며, 보수 시 문제발생 부위를 직접 확인 가능하여 부분보수가 가능하며 보호층의 파괴 없이도 보수가 가능하다.

Table 11. Comparison of constructability of waterproof methods

Waterproof	6th complex waterproof	sky panel	SSAP	asphalt sheet	inorganic coating	Urethane coating
Waterproof material	asphalt coating+fiber glass	improved asphalt +Urethane coating	improved asphalt +Urethane coating	improved asphalt sheet	emulsion +powder	Urethane
Thickness(mm) of waterproof layer	4~5	1	3	2~3	2	3
Bonding part	simple	difficult	simple	difficult	-	-
End part	simple	difficult	simple	difficult	-	-
Dey and wet conditions of basal plane	humidity is possible	humidity is possible	Water content of less than 10%	humidity is possible	humidity is possible	Water content of less than 8%
Characteristics	environment-friendliness	improvement of sheet material	improvement of workability	-	improvement of water-soluble workability	Superior waterproof properties
Disadvantages	insufficient construction results	handling and management of materials	asphalt gush, fracture of coating	accident of joint parts	ununiform waterproof layers	Flaw generation rate

Table 12는 방수공법의 적용성을 나타낸 것으로 기존의 시트방수, 무기질 탄성방수, 우레탄방수 등과 비교하여 균열 대응성, 습기에 대한 저항성, 방수층의 품질 균일성, 공정의 간편성 및 방수층의 장기적 수밀성 유지 등에서 우수하다고 사료되며, 현장방수시공 결과 시공성, 작업의 안정성, 하자보수의 용이성이 비교적 우수하여 공기단축이 가능하고, 내구성 및 내후성이 비교적 뛰어나다고 판단된다.

Table 12. Comparison of Applicability of Waterproof Methods

Division		6th complex waterproof	Sheet waterproof	inorganic elastic waterproof	Urethane waterproof	
Basal plane	crack responsiveness	●	△	△	△	
	humidity resistance	●	×	△	×	
	bonding property	bonding	bonding /adhesion	adhesion	adhesion	
	behavior resistance	△	△	×	×	
	smoothness	△	△	△	△	
	water content, constructability	○	×	●	△	
	quality uniformity	●	△	△	△	
	simplicity of process	●	×	●	●	
	Constructability	technology dependence	△	●	○	○
		stability of work	○	△	○	△
shortening of construction period		●	○	●	○	
easiness of flaw repair		○	○	●	○	
long-term watertightness		●	△	△	△	
Joint	durability	○	○	○	○	
	weather resistance	○	○	○	○	
	Maintenance	easiness of flaw repair	○	×	●	×
easiness of maintenance		○	×	●	×	

Good ● ○ △ × Bad(Low)

5. 결 론

본 연구는 옥상 방수공법이 가지고 있는 문제점과 원인을 분석·과약하고, 복합 친환경 방수공법을 기존 공법과 비교하여 공기단축, 유지·보수, 경제성, 시공성 등의 개선효과를 도출하고, 대체 공법을 제안하였다. 이를 바탕으로 친환경 복합 소재 방수공법을 개발하였으며, 현장적용 시공을 실시하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 방수층 결함 발생항목으로는 피막자체의 결함, 접합부 결함, 접착력 저하 등이 있으며, 이는 시공시 과도·과소한 인장, 충격에 의한 방수층 파손, 기후요소에 의한 부압, 국부하중에 의한 방수층 파괴, 기타 화학적, 생물적 요소가 일부 또는 복합적으로 작용하기 때문으로 판단된다.

- 2) 무기질 도막방수 또한 균일한 방수층 형성이 어렵고, 아스팔트시트는 끝단 및 조인트부 사고가 많으며, 시트 방수공법의 경우 내습성이 약하며, 공정이 복잡하고 하자보수가 용이하지 못하다. 또한 우레탄 방수공법은 하자발생율이 높고, 거동저항성이 낮으며, 유지·보수 측면에 어려움이 있을 것으로 판단된다.
- 3) 공법에 따른 하자발생은 액체방수가 전체의 30.5%, 시트방수 22.2%, 아스팔트방수 17.0%, 침투성방수 16.4%, 도막방수는 13.9%로 나타나, 방수공법 중 도막방수가 하자발생 빈도가 가장 낮은 공법으로 평가되었다.
- 4) 기존 옥상방수 공법의 경우, 시공면적 50m²당 평균 64,000원 정도인 반면 6차복합방수의 경우 49,633원으로 공사비가 20%정도 절감되었으며, 공사기간 또한 15일 정도로 공기단축이 가능하다.
- 5) 방수시트의 신장율을 아스팔트도막 처리함으로써 탄성율을 보완시킴으로써 강성을 높이고, 유리섬유(Fiber Glass)를 사용하여 아스팔트 층과 무기질 층의 접착력을 보강하여 증대시키는 효과가 있는 것으로 평가되었다.
- 6) 방수층에 환기구를 설치하여 바탕면의 높은 온도로 인한 방수층의 파손 및 부풀음 현상 방지와 통풍관 안쪽에 망을 설치함으로써 이물질 침투가 방지되며, 수용성 아스팔트를 사용하므로 습윤면에서도 작업이 가능하므로 시공성이 높다고 평가할 수 있다.
- 7) 시공시 무소음, 무공해, 무채해 등의 친환경적이며, 보수시 문제 발생 부위의 육안 확인이 가능하여 부분보수가 가능하며 보호층의 파괴 없이도 보수가 가능하여 유지관리 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 현행 옥상 방수공법이 가지고 있는 문제점과 그 원인을 분석·파악하고, 이에 따른 대체 공법을 제안함으로써 옥상 방수공법 발전에 기여하는데 있다. 이와 같은 측면에서 본 연구에서는 설계 및 시공상의 누수에 따른 문제점 분석을 통해 이를 저감시키고, 시공 품질향상, 노동력의 절감, 공기단축, 환경문제 개선 등 기존 방수공법의 문제점을 보완한 친환경적 복합방수공법을 개발하고 기존공법과의 분야별 성능 비교 분석 및 현장적용 시공성능 평가를 실시하여 방수공법 특성과 결론을 도출하였다.

키워드 : 방수공법, 친환경, 방수하자

Acknowledgement

This work was supported by a Korean Research Foundation Grant funded by the Korean Government (MOEHRD) (the Regional Research Universities Program/Biohousing Research Institute).

References

1. Kwon YH, A study on the development of a new construction method for the enhancement the efficiency of sheets waterproofing technology. Yeungnam University 2008
2. Kim HG, A study on the quality management method for waterproofing in apartment housing project. Seoul University 1995
3. Kim SG, A Study on the Life Cycle Cost Analysis for Waterproofing Work of Residential Building Basements. Journal of architectural Institute of Korea 2007
4. Kim SG, Suggestion of the detailed drawings for improving waterproofing performance of roof. Proceeding of Architectural Institute of Korea 2005
5. Architectural Institute of Korea. Building construction standard specification 2006
6. Song JH, A study on the apartment defect properties. Bukyong University 2001
7. An KG, Defection Analysis of the Waterproof Work for the Quality Control of Construction Site. Journal of architectural Institute of Korea 2005
8. An KG, A Study on the Development of Quality Management System by utilizing the Defects Information - With checklist in focus. Journal of architectural Institute of Korea 2002