

屋上 防水에 있어서 폴리우레탄 도막방수의 瑕疵發生 유형에 관한 研究

A Study on the Defect Causes Type for Poly-Urethane Waterproofing in Roof

신 형 존*

Shin, Hyung John

요 약

방수공사의 중요성에 의해 그간 다양한 방수 재료 및 공법이 개발되었고 옥상바닥 방수공법으로 현재 합성고분자의 신장성, 탄성, 내구성 등이 뛰어난 폴리우레탄 도막방수재가 많이 보편화되어 성능이 높아지면서 시장점유율도 급증하게 되었다. 이에 방수성은 향상되었지만 이것 또한 방수결함이 빈번히 발생되고 있어 하자발생률이 감소되지는 않고 있는 실정이다. 이러한 측면에서 본 연구는 옥상방수에 있어서 폴리우레탄 도막방수를 중심으로 방수결함 유형 및 하자원인을 분석함으로써 향후 하자 재발방지를 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

순천지역을 대상으로한 13개 현장 조사 결과 바탕의 평면불량으로 인한 물고임 현상이 25%로 가장 많이 나타났고, 바탕의 건조불량으로 인한 부풀음, 박리 현상이 15% 순으로 나타났으며 들뜸 14%, 파단 11%, 기타 순으로 결함이 발생되었다.

키워드 : 폴리우레탄 도막방수, 옥상방수공사

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

방수공사의 목적은 콘크리트의 내구성을 장기간 확보, 유지하여 콘크리트의 부식을 막고, 콘크리트 균열 발생시 직접적인 누수를 차단하기 위함이다.

그러나 대부분 방수공사에서 사용되는 재료는 콘크리트의 균열 발생 및 물리적 거동에 의해 파단되거나, 손상을 입어 방수의 기능을 점차 잃어가고 있다. 이러한 문제점들을 개선하며 방수 시공의 하자발생률을 감소시키기 위해서 고성능의 방수재가 계속 개발되어 방수성은 보다 향상되었으며 이에 추가하여 간편하고 용이한 공사가 가능케 되었다.

하지만 현장 요구사항에 부합하는 적정방수 재료와 공법을 선택하기는 어려운 실정이다. 특히 우수에 의해 직접적이고 가장 큰 영향을 받는 옥상부위의 경우 보다 확실한 수밀성과 내구성이 보장되고 시공 및 유지관리가 용이한 폴리우레탄계(이하 우레탄) 도막방수재의 사용이 보편화되어 가고 있는 상황이다.

그러나 방수재료의 품질향상에도 불구하고 우레탄계 도막방

수의 방수결함이 빈번히 발생되고 있어 하자발생률이 감소되어 지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 옥상방수 시공적인 측면에서 현재 보편화 되어 있는 우레탄방수공사에 대해서 하자유형들을 조사하고 이를 토대로 원인을 분석하여 향후 우레탄 도막방수 하자 재발방지 대책에 대한 기초 자료로 활용하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 내용

본 연구의 범위는 건축물에 있어서 방수에 따른 하자범위가 각 부위별로 광범위하므로 옥상 방수 중 우레탄 도막방수에 국한하였다. 순천시 지역을 중심으로 최근 6년이 경과된 우레탄 방수공사 및 현재 시공 중인 현장들에 대해서 하자가 발생된 13개 현장을 조사대상으로 하였다. 연구내용은 다음과 같다.

- (1) 우레탄 도막방수의 하자유형 조사
- (2) 우레탄 도막방수의 하자발생 원인 분석

2. 우레탄 도막방수 품질저하 및 하자유형

2.1 방수층의 품질저하

* 종신회원, 순천대학교 건축학부 부교수, 공학박사

일반적인 방수층의 품질저하는 다음 4가지 측면에 기인 한다.

(1) 구조체의 측면

- ① 신축공사의 측면 : 신축건물인 경우에는 충분한 양생이 이루어져야 하나 그렇지 못한 경우 구조체에 균열이 진행되는 경우가 많기 때문에 방수공사 완료하고 난 후 콘크리트 바탕에 균열이 발생하여 바탕과 밀착되어 있는 방수층은 파단이 우려된다.
또한 구조체의 이어치기 부분, 고펜(골재분리)부분, 균열 부분등의 초기에 누수가 우려되는 부분이 많을 경우 이러한 부위를 모두 적절한 처리를 해주어야하나 처리방법, 사용재료등의 선정에 어려움이 많다.
- ② 보수 공사의 경우 : 방수의 개, 보수 공사인 경우는 건물이 이미 오래 경과된 것이 많기 때문에 구조체가 여러 가지 요인에 의해 열화되어 있는 경우가 많다. 따라서 이러한 구조체의 열화상태에서는 바로 방수시공을 하기 어렵기 때문에 적절한 방법에 의해 조치를 취한 후 방수공사를 하여야 하는 어려움이 있다.

(2) 재료적인 측면

- 방수공사에 사용되는 방수재는 그 종류가 매우 많고 각각 장·단점이 있다.
이중 특히 단점이 되는 부분이 방수공사를 하는데 상당한 어려움을 주고 있다. 그 예를 간략히 들면 다음과 같다.
- ① 아스팔트 방수공법 : 아스팔트 방수공법의 경우에는 아스팔트를 녹여서 시공해야 하는데 이때 유독성 냄새가 많이 나고 높은 온도로 인해 화재의 위험성이 많고, 누름물탈에 의한 보호가 필수적인데 이러한 누름 물탈이 균열이 발생할 경우 방수재가 동시에 파단되는 경우가 많다.
 - ② 도막방수 : 우레탄, 시멘트혼입폴리머계 등과 같은 도막 방수재는 정확한 배합에 따라 시공하지 않았을 경우의 물성변화를 일으킬 수 있어 그에 따른 환경대응성능이 저하되며, 일정한 도막두께 유지가 어렵다.
 - ③ 시트방수재 : 시트방수재의 경우에는 시트자체의 투수성 및 흡수성은 우수하나 조인트 처리가 어렵다. 또한 코너 부위, 설치물 주변, 드레인 주변 등의 복잡한 구조물의 형상에 맞추어 시공하기가 어렵고, 그 부위의 수밀성 확보에 어려운 점이 많다.

(3) 시공적인 측면

작업자들이 방수공사의 중요성을 충분히 인식하고 정밀시

공을 하여야 하나 시공품질에 대한 인식부족으로 인해 부실시공의 우려가 높다. 또한 현실적으로 높은 숙련도를 가진 기능공의 부족으로 인해 정밀시공이 이루어지지 않는 점 등의 어려움이 있다.

(4) 환경적인 측면

- ① 공사기간이 긴 경우에는 정밀시공 및 충분한 양생으로 인하여 요구되는 품질을 얻을 수 있으나 공사기간이 촉박한 경우에는 이러한 것이 제대로 이루어지지 않음으로 인해 하자 발생요인이 많으며, 방수공의 낮은 단가로 인해 우수한 성능의 재료사용이 어렵기 때문에 고품질 시공 및 기능공 확보에 어려움이 따르고 있다.
- ② 방수공사 기간 중 기후조건에 따라 바탕체 양생에 영향을 미쳐 하자발생 우려가 있다. 특히 동절기 공사시에는 방수재의 동파문제 등이 있어 적절한 보양 대책을 세워 주어야 하는 어려움이 있다.

이상 일반적인 방수층의 품질저하 내용을 정리하면 그림 1과 같다.

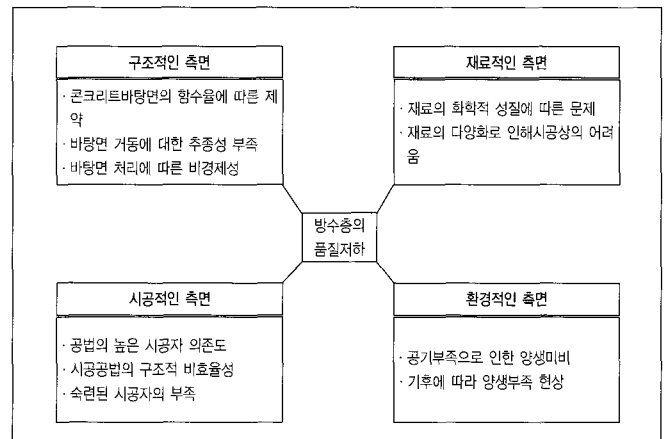


그림 1. 방수층의 품질저하

2.2 일반적인 하자유형 및 원인

우레탄 도막방수에서 육안으로 관찰되는 가장 일반적인 하자 유형 및 그에 따른 원인은 다음과 같은 9가지 유형으로 정리할 수 있다. 이는 재료적인 관점에서보다는 시공적인 측면에 기인 하는 하자들이다.

(1) 옥상바닥의 물고임

물고임은 평면상태 불량으로 옥상 층의 경우 우수에 직접적으로 노출되어 있기 때문에 물 흐름 경사가 크지 않을 경우 상시적으로 물고임이 발생하게 되는 것은 기본적인이다. 어떤 원인에 의

해서든 평면상태 불량에 따른 물고임 현상은 직접적으로 누수와 연결되지는 않으나 장기적으로 방수층의 노후화(변색, 탈색, 동결 융해등)의 원인을 제공 할 수 있다.

주요 원인으로서는

- 평지붕 루프드레인의 높이가 마감레벨 보다 높아서 비가 온 후 옥상바닥에 물고임.
- 드레인이 보, 슬래브의 철근과의 간섭으로 소정의 높이에 묻히지 않음.
- 콘크리트의 침하현상으로 인하여 슬래브가 처짐.
- 옥상 슬래브의 물매 및 바탕의 평활도에 기인.

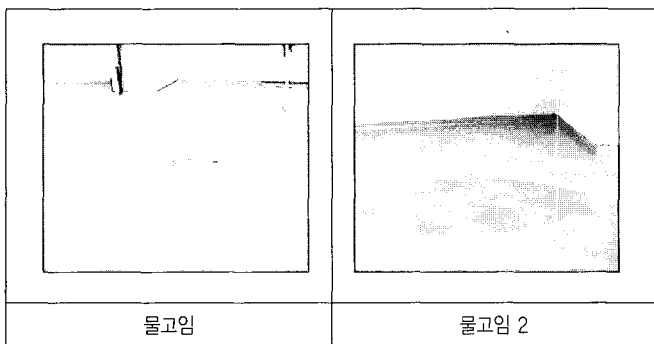


사진 1. 물고임

(2) 파단

방수층의 파단은 도포한 방수재의 도막 두께가 얇은 경우 콘크리트의 거동에 의하여 대부분 파단하는 경우를 볼 수 있다. 주요 원인으로는 삼입한 보강재의 접합부의 처리 불량, 도포한 도막재에 두꺼움의 차가 되어 있는 경우, 나온 모서리 부분의 도막 두께가 얇은 경우등이다.

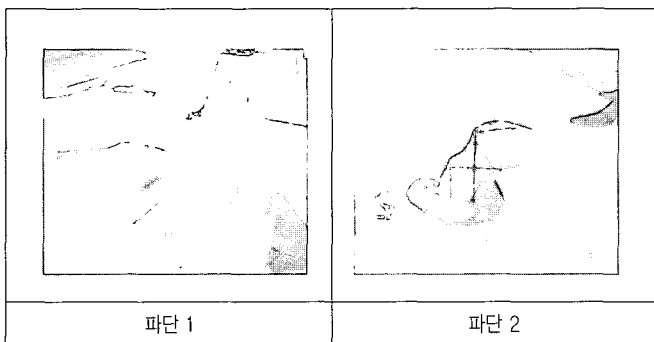


사진 2. 파 단

(3) 들뜸발생

바탕면에 우레탄 프라이머를 균일하게 도포하지 않았을 때 공극 발생으로 인하여 들뜸현상이 발생하거나 수증기를 배출 할 수 있는 탈기반 처리를 안했을 경우 그리고 보강재의 접착 불비, 보강재의 수축에 의해서도 방수재가 분리되어 들뜰 수 있다.

주된 발생부위는 이질재와의 바탕이 만나는 부위, 서로 다른

방향의 응력이 교차하는 경우, 충격력이 집중하는 곳, 콘크리트 바탕에 생기는 균열 부위, 동해를 받은 부위 등이다.

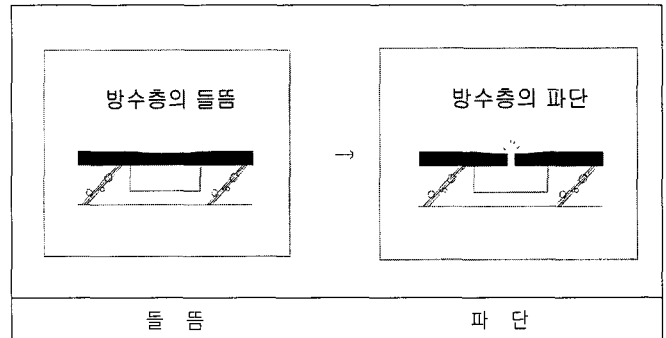


그림 2. 들 뜸

(4) 부풀음, 박리

부풀음 그 자체는 누수와 직접적인 관련은 없으나 추후 외부적 충격(보행, 중량, 물이동등)에 의해 박리 되어 누수로 연결될 가능성이 높고 외관상으로도 좋지 않다. 일반적으로 우레탄 방수층과 모체인 콘크리트 바탕면의 요철 및 미세한 모세관 사이에 존재하는 공기층에 의하거나 방수재 자체의 휘발성분 등이 원인이 되어 발생하는 경우가 많다고 알려져 있다.

주요 원인으로는 바탕의 건조가 충분치 않아 수증기압에 의해 방수재가 불룩해져 파손, 청소미비, 바탕표면의 정밀도 부족(레이턴스, 핀홀 및 요철등의 처리 불량)에 기인할 수 있다. 또한 부직포를 사용하였을 때 충분한 부착 미비에 따른 부풀음이 발생할 수도 있다.

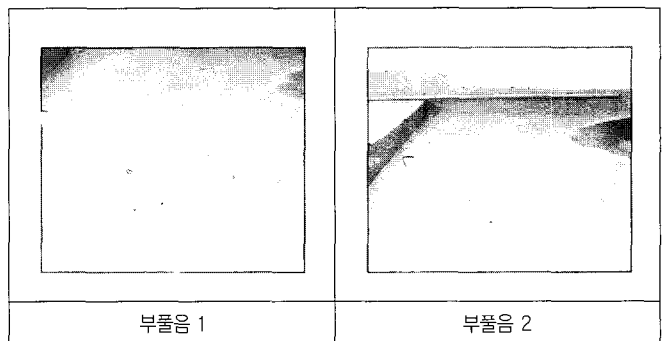


사진 3. 부풀음,박리

(5) 방수재의 경화불량

경화불량은 대부분이 숙련공의 부족이나 기능공의 전문지식의 결여에서 발생되고 있는 실정이며 방수재를 정확한 비율로 배합하지 못했을 경우 지속적인 경화가 되지 않아 주위 방수재에 영향을 미쳐 들뜸과 박리를 유발시킬 수 있다.

(6) 방수재의 균열발생

방수재의 두께가 불균일하고 규정이하 얇게 시공되어 있을 경

우 콘크리트 층의 거동에 의하여 파단하거나 미세한 균열이 발생할 수 있다. 주요 원인으로서는 요철, 조인트 등의 바탕 면 미흡, 재료의 수축 팽창에 의한 균열, 동결 융해에 따른 균열, 햇볕, 비, 바람에 의한 훼손에 의한 노화로 인한 균열, 보강포 미삽입 등이다.

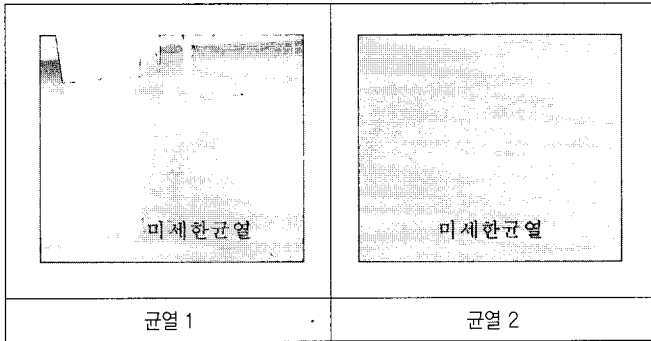


사진 4. 균열발생

(7) 드레인 부위에서의 누수

바탕 면과 드레인의 이질재료가 만나는 조인트 부위에서 균열 및 들뜸 현상이 발생하여 누수의 원인이 되고 있다.

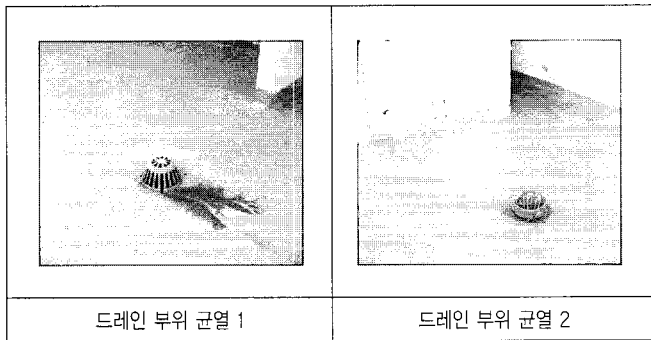


사진 5. 드레인 부위 결함

(8) 노화

방수층 보호를 위하여 탑코트를 도포하지만 탑코트의 수명은 주변의 환경, 재료의 성능, 시공시 및 시공후의 상황에 따라서 크게 영향을 받는데 수명은 보통 4~6년 정도라고 알려져 있다. 탑코트가 수명이 다했을 때는 변퇴색, 균열, 박리 또한 오염, 먼지부착 등에 기인하여 방수층의 노화를 가져올 수 있다. 단기적으로는 직접적 보수를 필요로 하지는 않지만 방수층이 노화에 의해 장기적 내구성이 저하될 경우가 있다.

(9) 신축줄눈 누수

신축줄눈에 충전한 실란트가 완전 경화되기 전 또는 경화된 후에 실란트 표면의 끈적거림으로 인해 먼지가 흡착되어 발생하는 먼지에 의한 오염과 실란트 내부에 미반응한 실리콘 오일이 다공성 자재의 기공 속으로 침투하여 발생하는 실리콘 오일에 의한 오

염으로 방수재의 부착을 떨어뜨려 들뜨기 쉽다. 또한 실란트의 밀려나온 부분의 굴곡으로 인하여 방수층이 파단 될 수 있다.

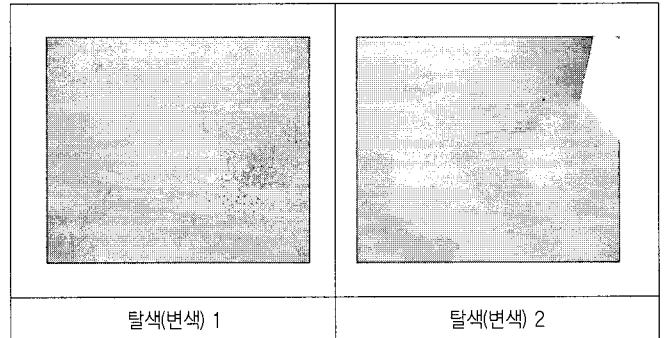


사진 6. 노화

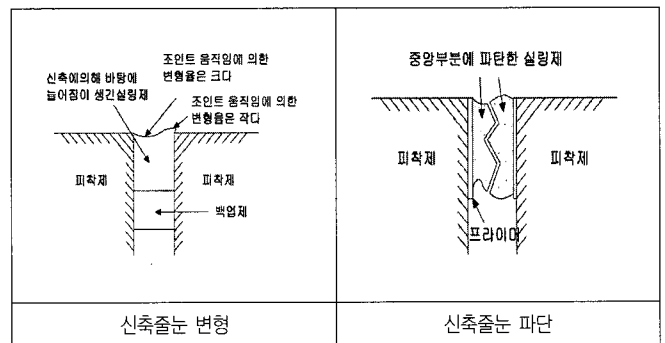


그림 3. 신축줄눈 부위 결함

3. 현장조사를 통한 하자유형 분석

3.1 조사대상 현장개요

· 조사대상 현장개요 - 순천시 지역을 중심으로 최근 6년이 경과된 우레탄 방수공사 및 현재 시공 중인 현장들에 대해서 하자가 발생된 13개 현장을 조사대상으로 하였다. 조사대상 현장개요는 표 1과 같다.

표 1. 조사대상 현장개요

구분	현장명	시공면적(㎡)	시공년/월
1	문화예술회관	370	2001. 07.
2	한경로얄파크	310	1998. 05.
3	미주아파트	300	1998. 06.
4	삼풍그린파크	297	2003. 05.
5	00 주택	83	2000. 04.
6	농업기술센터	520	2001. 05.
7	순천서면사무소	490	2000. 12.
8	순천남부신용협동조합	350	1999. 03.
9	옥천정수장관사	135	2001. 02.
10	순천직업전문학교 취사장	216	2002. 11.
11	가곡시영아파트	1,700	2002. 04.
12	순천경찰서	670	1999. 05.
13	해룡면사무소	150	2000. 08.

· 현장 조사 및 분석방법 - 현장방문을 통한 실측, 육안관측으로 조사 및 분석을 하였다. 방수재료적인 측면보다는 방수시공적인 측면에 기인하는 하자들에 대하여 조사하였다.

· 사용 폴리우레탄 도막방수제 - 조사대상 현장에 사용한 방수제는 KS.F 3211(지붕용 도막방수제)에 따라 이소시아네이트기를 갖는 화합물을 주된 원료로 하는 주제와 가교제, 충전제 등을 주성분으로 하는 경화제의 2성분형 우레탄계 방수제이다.

표 2. 하자유형별 조사 내용

순번	결함유형조사	내용	비고
1	물고임	· 전체적 구배불량의 유무 · 부분적 현상 유무 · 우레탄층의 변형 유무	전체적 누수 유무 확인
2	파단	· 조인트 부위 파단의 유무 · 부직포 사용부위 파단의 유무	
3	들뜸	· 바탕면과 방수제의 들뜸 유무	
4	부풀음, 박리	· 조인트 부위에 부풀음 발생 유무 · 방수층과 바탕면 사이의 부풀음 발생 유무 · 물고임에 의한 부풀음 발생 유무 · 코킹부위 V-Cut 부위 상태 · 방수제의 박리 유무	
5	방수제 경화불량	· 바탕면과 방수층 사이의 경화불량 유무	
6	방수제의 균열발생	· 방수제의 두께 미비로 인한 균열의 유무	
7	드레인 주위	· 우레탄 방수제와 드레인 주변 균열 유무 · 방수제의 박리 유무	
8	노화	· 우레탄 방수제의 색상의 변화 유무 · 방수층의 부식발생 유무 · 화학적 변화의 유무 · 동결융해 발생 유무	
9	신축줄눈 부위	· 신축줄눈부위 파단 및 들뜸의 유무	

3.2 하자유형별 조사내용

조사대상 13개 현장에서 1개의 현장은 시공 중인 현장이었으므로 시공 현황적 측면에서 참고가 되었고, 하자유형을 9가지 유형으로 조사한 결과의 내용은 표 2와 같다.

3.3 하자 유형별 발생 빈도수 조사

빈도수조사는 현장방문을 통한 실측, 육안관측으로 조사가 이루어졌으며, 현장별 하자유형 발생 빈도 조사 결과는 표 3과 같다.

3.4 분석 결과

표 3 과 같이 우레탄 방수공사의 적용현장을 대상으로 한 조사에서 나타난 결과에 따르면 전체적으로 물고임 현상이 25%, 들뜸 17%, 부풀음, 박리 18% 순으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 위와 같이 현장조사를 통해 분석한 하자유형 발생빈도를 비교한 결과는 그림 4와 같다.

또한 표 3과 같이 현장조사 결과 현장별 결함 발생빈도수를 비교하면 A, B, C 현장이 하자가 가장 많이 발생함을 알 수 있었다. 주된 하자내용들은 부풀음, 박리, 파단 등이다. 하자 발생빈도가 가장 많은 A, B, C 현장에 대해서 하자발생 원인을 고찰하면, A현장의 경우, 부풀음, 박리, 파단등의 하자가 많이 발생되었는데 이는 기존 바탕에 레미콘 타설 후 충분한 양생기간이 부족한 상태에서 방수공사가 이루어졌으며, 시공당시 콘크리트면의 지속적인 습기발생으로 인해 바탕의 건조가 불충분한 상태였고, 또한 바닥의 건조 상태를 고려하지 않은 발주자의 무리한 공

표 3. 하자 유형별 발생빈도수 조사결과

현장명	구분	하자 결함 유형(육상바닥)									누계 발생 빈도수(개소)
		물고임	파단	들뜸	부풀음 박리	방수제 경화 불량	방수제의 균열발생	드레인 부위	노화	신축줄눈 부위	
A	문화예술회관	3	5	3	4	0	1	1	1	1	19
B	한경로일파크	4	2	2	1	0	4	0	6	1	20
C	미주아파트	1	2	3	2	0	1	0	1	2	12
D	삼풍그린파크	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
E	00주택	1	0	0	1	1	0	1	0	0	4
F	농업기술센터	2	0	1	1	0	2	1	0	1	8
G	순천서면사무소	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
H	순천남부신용협동조합	2	0	2	1	0	0	0	0	0	5
I	옥천정수장 관사	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
J	순천직업전문학교 취사장	2	1	1	2	1	0	0	0	0	7
K	가곡시영아파트	4	0	0	2	1	0	0	0	1	8
L	순천경찰서	2	0	1	0	0	0	0	1	0	4
M	해룡면사무소	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
누계발생		25	11	14	15	5	9	3	9	6	97
빈도수(%)		25	10	17	18	5	8	2	8	7	100

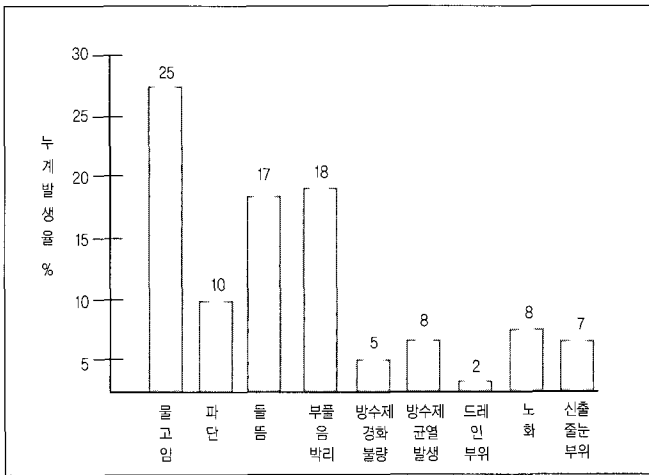


그림 4. 하자유형 발생빈도 비교

기단축도 원인이 되었다.

따라서 이와 같은 하자가 재발되지 않기 위해서는 바탕면 슬라브가 완전 건조되지 않은 상태에서 공사를 행할 경우 시공 후 우레탄 도막방수와 슬라브 표면 사이에 분리현상이 일어나므로 완전 건조 후 바탕처리, 방수재의 부착을 위한 프라이머의 균일한 도포가 이루어져야만 한다.

또한 레미콘 타설시 평활한 두께미비로 인한 물고임도 발생하였다. 물고임 현상이 발생한 현장의 대부분은 옥상바닥 상태가 평탄하지 못하거나 바탕 면에 물 흐름 경사의 잘못된 시공으로 부분적으로 물고임이 발생하였으며, 이는 장기적인 차원에서 방수층의 노후화까지 영향을 끼친다.

B, C 현장의 경우 바탕면의 대부분이 방수층의 균일한 도막두께의 미비로 인한 균열과 파단이 일어났고, B의 경우 방수층의 우레탄 탑코팅재의 노후화로 인해 변색이 되고 균열 및 편흔의 발생이 많았다. 따라서 우레탄 도막방수의 내구성을 위하여 탑코트재를 도포하여 보호해 주지만 탑코트재의 노후로 인한 변색은 재료적인 문제로 인해 3~4년 경과 후 탑코트재를 재도장해야 하는 한계가 있는 것으로 조사되었다. 이는 직사광선에 의해 우레탄 도막방수의 수명을 단축시킬 수 있으므로 향후 내구성이 우수한 탑코트 재료의 개발에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

다른 건물의 경우도 A, B, C 경우보다는 다소 결함이 작았지만 부분적으로 여러 가지 유형의 하자가 발생함을 알 수 있었다. 이는 발주자의 무리한 공기단축 및 공사 시방을 무시한 시공자의 시공불량으로 인한 하자가 발생되었으며, 이는 추후에 파단으로까지 직결됨을 알 수 있었다.

현장별 하자빈도수 비교분석을 정리하면 그림 5와 같다.

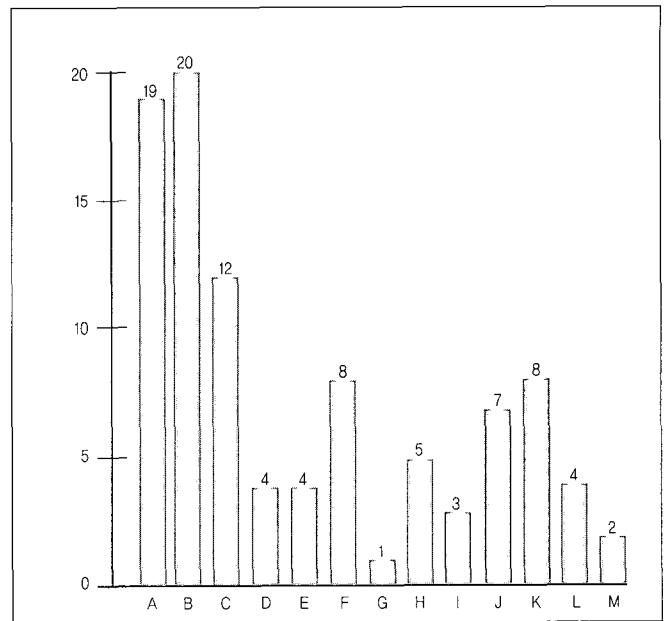


그림 5. 현장별 하자빈도수 비교

4. 결론

본 연구에서 옥상 방수에 있어서 우레탄 도막방수를 중심으로 한 하자유형을 13개 현장을 대상으로 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 우레탄 도막방수에 대한 하자 유형을 보면 물고임이 25%로 가장 많이 나타났으며, 부풀음·박리 18%, 들뜸 17%, 파단 10% 및 기타 30%의 순으로 나타났다.
2. 가장 빈번히 발생된 하자는 물고임 현상으로 주된 원인은 바탕면에 물 흐름 경사의 잘못된 시공으로 부분적으로 물고임이 발생하였으며, 이는 장기적인 차원에서 방수층의 노후화까지 영향을 끼친다.
3. 부풀음·박리 및 들뜸 현상은 바탕 타설 후 충분한 양생기간이 부족한 상태에서 방수공사가 이루어짐에 따라 발생된 것으로 추정되며, 바닥의 건조 상태를 고려하지 않은 발주자의 무리한 공기단축도 원인이 되었다.

따라서 우레탄 방수공사에 있어서 시공적인 측면에서의 가장 주된 하자유형은 물고임현상, 부풀음·박리 및 들뜸현상으로서 시공시 이들에 대한 각별한 품질관리가 요구된다.

참고문헌

1. (주)대우, 도막방수재 성능평가에 관한 연구(Ⅱ), 2003
2. 미방회보, “무기질 탄성 도막 방수재 연구(1)”, 통권 42호, 2003. 4.
3. 미방회보, “옥상방수의 누름층과 보호층에 관한 누수대책”, 2003. 2
4. 고기성, “방수에 관련된 하자의 요인 Ⅱ”, 미방회보 통권 40호, 2002. 10
5. 고기성, “방수에 관련된 하자의 요인” 미방회보 통권 38호, 2002. 4
6. 한국도로공사 도로연구소, “콘크리트 교면 방수재의 설계. 시공 및 품질관리 지침”, 2002. 9.
7. 김덕현, “건축공사의 방수재료 종류에 따른 공사비 비교 분석”, 미방회보, 2002. 2
8. 이민석, “PE개량 EVA시트와 무기질 탄성도막 방수재를 이용한 복합 방수공법”, 현대건설기술연구소, 1998
9. 건축기술정보, “도막방수층의 고장의 원인과 그 대책”, 1994. 11.
10. 민경을, “옥상방수 하자 보수공법 시공사례” 대우건설기술, 1989. 10

논문제출일 : 2005.04.26

심사완료일 : 2005.06.21

Abstract

Up to now, the various water proofing methods and materials have been developed. For the water proofing methods, poly-urethane membrane method is one of the commonly used and increase market share in water proofing industry due to it's many advantages. However, in spite of it's many advantages over other water proofing methods, water proofing defect occurs frequently. With this respect, the study investigate water proofing defect causes in roof water proofing. The study investigate 13 water proofing construction site in Suncheon city in order to find urethane membrane defection causes and their type. As a results of the study, the followings are founded.

1) Among various water proofing defection causes, problems of water remain phenomenon due to surface horizontal level defect which occupy 25 % of total defect causes is the most commonly occur.

2) The second defect cause which occupy 15 % of total defect causes is the swell up phenomenon due to surface dry problem.

For the prevention of water proofing defection in roof using urethane membrane, the followings are recommended.

- 1) Faultless surface treatment before using urethane membrane
- 2) Develop improved urethane membrane material
- 3) Improve urethane membrane construction technique

Keywords : poly-urethane membrane, roof water proofing