

# 지하층 도막방수공사의 중점관리요인

## Critical Management Factors of Fluid-Applied Membrane Waterproofing Work for building basements

권 해 립\*                      유 정 호\*\*  
 Kwon, Hae-Rim              Yu, Jung-Ho

### Abstract

One role of waterproofing work is to block external moisture and water. Defects in waterproofing work in building construction brings on huge repair costs for related construction work as well as for the waterproofing layer itself. However, we don't have a quantitative probabilistic management method for waterproofing work to successfully anticipate and prevent defects. From an analysis of the literature and prior research, defects in the waterproofing work in the underground parts of buildings occur frequently. We selected Fluid-Applied Membrane waterproofing work as representing waterproofing work in the underground parts of a building, and researched the general types and causes of defects. In this study, we developed the Relative-FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) approach that merges the Matrix method and FMEA. From a survey of experts, we deduced the most important management factors for Fluid-Applied Membrane waterproofing work for the underground parts of buildings.

Keywords : Waterproofing Work, Fluid-Applied Membrane Waterproofing work, Defect, R-FMEA

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건축 구조물에 있어서 물과 방수는 구조물의 성능 및 내구성 저하 현상과 밀접한 상관관계를 가지고 있으며, 수분은 아주 작은 간극을 통해 자유롭게 이동하고 눈에 보이지 않는 수증기로 건축 재료의 조직을 통해 침투하여 동결, 용해하는 등의 반복 작용을 통하여 변형과 피해를 가져온다.<sup>1)</sup>

건축공사 중 인간에게 많은 영향을 미치는 습기와 물에 대한 피해로부터 주거 생활을 보호하는 성능을 가진 것이 방수공사인데, 방수공사의 결함은 건물 구조체의 열화, 단열 성능의 저하, 외부 미관 손상 등의 원인이 되며, 누수에 의한 보수비도 전체 건물 보수비의 40%이상을 차지하는 등 경제적으로도 문제시 되고 있다.<sup>2)</sup> 특히, 방수공사에서 결함 보수비는 신축 공사비의 200% 이상을 차지하며, 공종별 보수비 현황에서 타 공종에 비해 높은 보수비 현황을 보이고 있다.<sup>3)</sup>

건축 방수공사의 하자로 인한 보수비는 방수층 자체의 보수비용뿐만 아니라 연계공종의 피해로 인한 연계공종의 보수비용 또

한 추가되어, 방수공사의 전체적인 보수비용은 더욱 높아진다. 하지만, 방수공사의 하자를 미연에 방지할 수 있는 정량적이고 효율적인 관리방안이 부족한 실정이다. 안광욱(2005)은 그림1에서 같이 건축 구조물의 부위 중 지하층의 방수공사에서 하자가 가장 많이 발생함을 분석하였으며, 또한 표 1과 같이 사례 분석을 통하여 지하층 방수에서 사용되는 각각의 방수공법들에서 사용빈도가 높은 방수공법을 정의하였다.

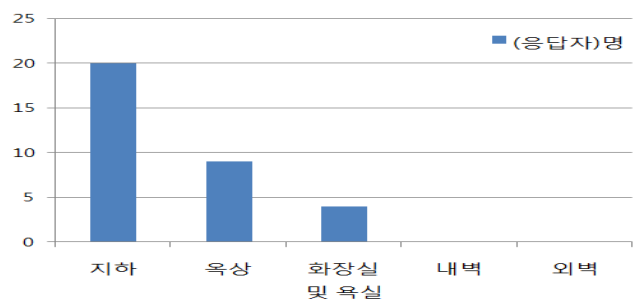


그림 1. 건축물 부위별 하자발생 빈도

\* 광운대학교 건축공학과 대학원 석사과정, (gofla@kw.ac.kr)  
 \*\* 광운대학교 건축공학과 조교수, 공학박사, (myazure@kw.ac.kr)

1) 안광욱외., 공사현장의 품질관리를 위한 방수공사의 하자분석, 대한건축학회 논문집, 제21권 제2호, pp.123~130, 2005.2  
 2) 서울대학교 건축부, 방수공사의 문제점 및 대책, pp.50~61, 1993  
 3) 장성주, 방수공사의 하자원인 및 대책, 대한전문건설협회/미장방수공사협회 방수공사기술세미나교재, pp.58~141, 1994

이에 본 연구에서는 방수하자가 가장 많이 발생하고 있는 지하층의 대표적인 방수공법인 도막방수공법을 대상으로 해당 방수공사의 기존 방수하자 사례에서 하자 유형 및 그러한 방수공사 하자를 일으키는 원인에 대하여 조사한다. 이를 FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)기법과 매트릭스(Matrix)기법을 사용하여 방수공사 하자유형 및 원인에 대한 전문가 설문으로 방수공사 하자유형의 원인별 위험수치를 산정함으로써 그 우선순위를 도출하고, 해당 항목의 유발 원인을 집중관리할 수 있도록 한다.

**1.2. 연구의 범위 및 방법**

본 연구에서는 기존 문헌 및 연구자료를 통해 지하층 도막방수공사에서 발생하는 하자의 유형을 분석하고, 매트릭스기법과 FMEA기법을 적용하여 하자유형의 위험우선순위(Risk Priority Number)를 도출하는 방법을 사용하였다. 본 연구의 연구흐름은 그림 2와 같으며 그 내용은 다음과 같다.

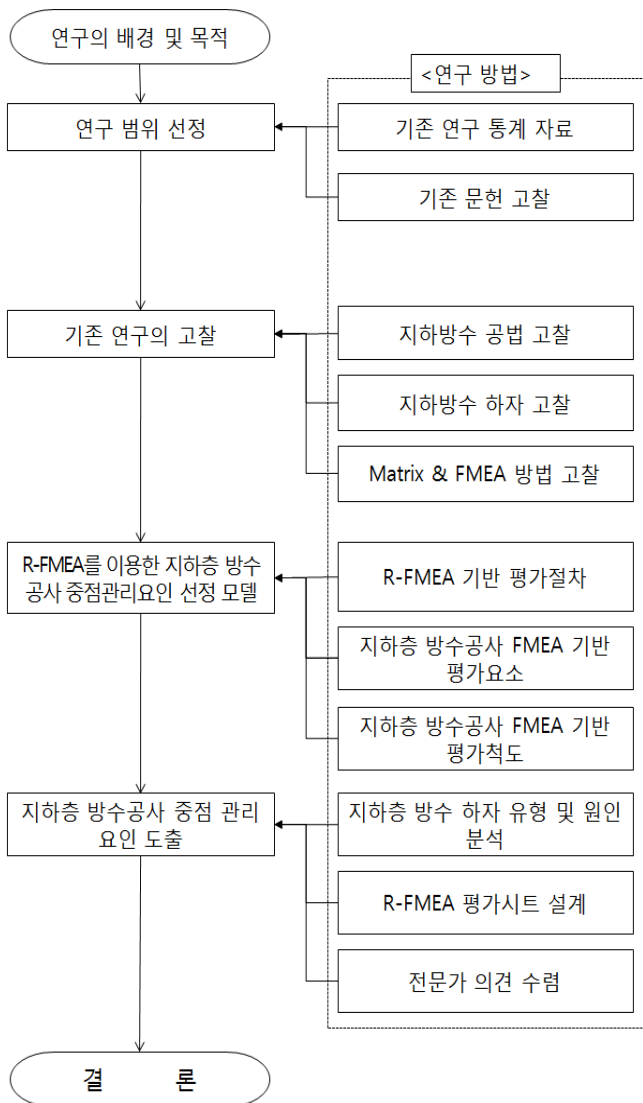


그림 2. 연구의 흐름 및 방법

- 1) 연구 범위 선정 : 기존 연구 통계자료와 문헌 고찰을 통해서 방수공사 하자 발생 빈도가 높은 지하층과 도막방수 공법을 선정한다.
- 2) 기존 연구의 고찰 : 건축구조물의 지하층에서 시공되고 있는 방수공법과 그에 따른 하자 발생 유형 및 원인에 대해서 분석한다. 또한, 사용될 평가방법인 매트릭스기법과 FMEA 기법에 대한 문헌고찰을 한다.
- 3) R-FMEA<sup>4)</sup>를 이용한 지하층 방수공사 중점관리요인 선정 모델 : R-FMEA 기반 평가절차를 수립하고, R-FMEA 평가요소 및 평가척도에 대한 정의를 내린다.
- 4) 지하층 도막방수공사 중점관리 요인 도출 : 지하층 도막방수 공법에 대한 방수공사 하자 유형 및 원인을 토대로 평가시트를 작성 후, 전문가들의 의견을 수렴하여 중점관리 대상을 도출한다.

**2. 예비적 고찰**

**2.1 지하방수공법 고찰**

건축구조물이 지반과 면해 있는 지하층에서 물의 침투를 막기 위한 방수 공법은 아래의 표 1과 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 방수층을 구체의 바깥쪽에 시공하는 방법인 외방수와 방수층을 구체의 안쪽에 시공하는 방법인 내방수, 그리고 이를 복합적으로 시공하는 외방수·내방수 복합공법이 있다.

표 1. 지하층 방수공사의 종류

외방수 공법	내방수 공법	내·외방수 복합공법

지하에서의 방수 대책은 “차수”와 “배수”라는 두 가지 개념으로 구분되는데, 차수는 구체 자체의 수밀성을 가지게 하여 결합 부분만 국부적인 대책을 실시하는 국부 방수와 구체 전체에 방수 처리를 하는 전면 방수로 구분할 수 있고, 국부방수에는 주입공법, 충전 공법, 도포 공법이 있으며, 전면 방수는 방수층의 설

4) R-FMEA(Relative-FMEA) : 매트릭스 평가법과 FMEA기법을 접목한 방법, 3장 참고

치 위치에 따라 내방수와 외방수가 있다. 이중벽 설치 등의 방법이 있다.<sup>5)</sup>

지하 방수 공법의 선정 시 지하수의 침투방지는 기본이며 입지 조건, 지하 공간에서 요구되는 방수성능 이외에도 경제성, 공사기간 등을 종합적으로 판단하여 최적 방수 공법을 선택해야 한다. 일반적으로 수압을 받는 쪽에서 방수를 하는 바깥 방수 공법을 기본으로 하고, 방수층의 접속 부분이나 끝부분의 마무리, 구체의 지수 처리에 유의하여 방수층의 수밀성을 확보하는 일이 중요하다. 또 되메우기할 때 방수층이 손상되지 않도록 적절한 보호층을 마련해야 한다. 바깥 방수 공법이 불가능하여 내방수 공법을 채택할 경우에는 만약의 누수사고에 대비하여 이중벽공법을 병용하는 것이 바람직하다.

지하부분의 방수공사는 시공 시 바탕이 젖어있는 경우가 많고, 흙막이 공사의 가설부재를 교체하는 등 다른 공사와의 관련, 수직 부분 공사의 어려움 등, 재료, 시공기술의 양면으로부터 완전한 방수공사의 수행을 저해하는 요인이 많다. 이러한 지하방수시 적용되는 일련의 공법을 정리하면 다음 표 2와 같다.<sup>6)</sup>

표 2. 방수공법별 특성

방수 공법	특 성
도막 방수	시공이 쉽고 이음이 없는 시공이 가능하기 때문에 2회 이상 뿔칠 도포하면 상당한 수밀성을 기대할 수 있다. 시트방수와 마찬가지로 손상되기 쉽기 때문에 보호층이 중요하다.
액체 방수	콘크리트, 모르타르, 기타모체 표면에 시멘트 방수제를 도포하거나 침투시키고 방수제를 혼합한 모르타르를 덧발라 모체를 수밀화 하거나, 또는 시멘트, 모르타르 콘크리트에 방수제를 혼합하여 모체에 덧면에 덧발라 수밀화 하므로써 물의 침투를 막는 공법이다.
시트 방수	시공이 간편하나 얇기 때문에 손상을 받기 쉽고, 수밀성에도 문제가 있다. 이 공법을 이용하는 경우는 일부의 메이커가 내놓고 있는 토목용의 시트를 병용하고, 보호층에 만전을 기해야 한다.
아스팔트 방수	접합부는 있지만, 3~4장의 루핑을 서로 겹쳐놓으면, 투수의 위험성은 적어진다. 두께가 있기 때문에 방수층이 손상될 우려는 적다. 높은 벽면에서는 높은 온도의 아스팔트로 불리는 시공에 위험이 따르고, 확실성을 기대할 수 없다.
침투성 방수	지하실 및 수조 등 습윤환경의 콘크리트 구체내벽 및 모르타르 마감 벽체 바탕에 시공하여 충전, 결정생성 등의 효과를 통하여 바탕재의 방수성을 향상시키며, 바탕의 표면에 형성되는 피막의 두께가 얇고, 탄력성을 보유하고 있지 않기 때문에 도막방수와 구별된다. 현장사용에 있어서 나름대로의 방수효과를 나타내고 있지만, 사용상 환경조건에 맞도록 공법을 선정해야 하며, 방수 원리에 대한 정확한 이해가 필요하다.

5) 강창희외, 공동주택 지하주차장의 방수하자 현황 및 사례분석, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제21권 제2호, pp.503~506, 2001.10  
 6) 황준, 건축물 방수결함과 대책, 시공문화사, 1996

2.2 지하층 방수공사 하자 고찰

기존 문헌에서는 방수공사의 하자 사례를 건축물의 부위 및 공법으로 분류하여 각 하자 발생 유형에 관한 원인 분석을 하였고, 그것을 위한 대책 연구가 이루어졌다. 이들에 대한 내용은 다음의 표 3과 같다.

표 3. 방수공사 하자에 관한 연구 문헌

연구자 (년도)	연구내용
강창희 외. (2001)	공동주택 지하차장의 각 부위별 방수 공법의 하자 현황 및 사례를 분석하고 있음.
안광욱 외. (2005)	방수 공법, 건축물의 부위 등에 따른 하자의 유형 및 원인을 설문을 통하여 분석하고 있음.
김종필 (2002)	방수공법 및 부위별 하자 원인 및 대책에 관하여 분석하고 있음.
오상근 외. (2007)	지하 콘크리트 구조물에서 적절한 방수공법 선정을 위한 평가시스템에 대하여 제안을 하고 있음.

기존의 건축물 또는, 지하층 방수공사에서의 방수공사 하자발생에 대한 연구와 적절한 방수공법에 대한 연구가 이루어 졌으나, 이에 대해 집중 관리를 요하는 요인들에 대한 연구는 부족하였다. 다음의 그림 3은 문헌고찰을 통한 지하층 도막방수공사의 하자 유형과 원인에 대한 관계를 도식화 한 것이다.

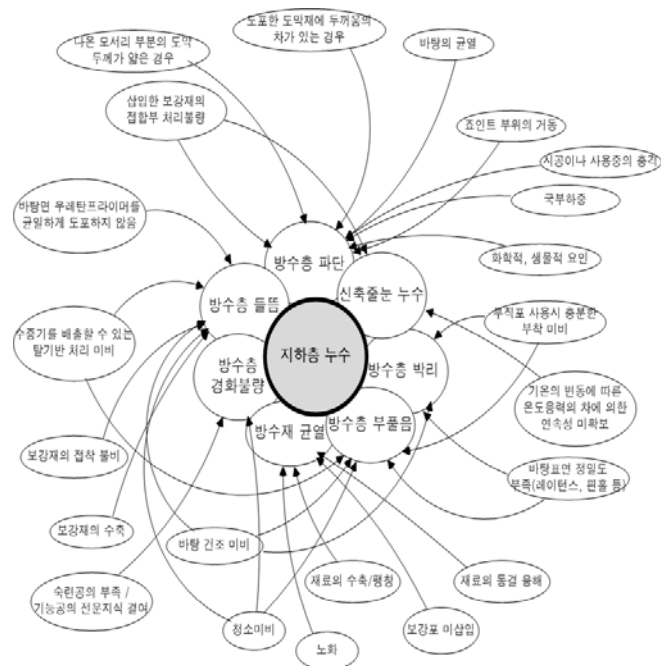


그림 3. 지하층 도막방수공사의 하자 유형 및 원인

### 2.3 FMEA 관련 연구 문헌 고찰

제조업과 관련된 분야에서 주로 품질 시스템과 제품의 고장 분석 등에서 수행되던 FMEA를 건설분야에서 적용한 연구 수행 사례를 살펴본 결과는 다음의 표 4와 같다.

표 4. FMEA에 관한 연구 문헌

연구자 (년도)	연구내용
김윤성 (2002)	시공 FMEA를 건설업에 적용하는 방안에 관하여 연구함.
홍영탁 (2004)	초고층 건축시공 시 FMEA를 이용하여 공기영향에 미치는 요인을 평가하고 있음.
송지원 (2006)	FMEA기법을 활용하여 건설공사의 중점 안전관리 항목을 도출해 보이고 있음.
김기국 (2007)	FMEA기법을 이용하여 초고층 건축시공의 원가 증가 요인을 도출하고 있음.

기존 문헌에서는 건축공사 각 분야에 대해 제조업의 FMEA를 접목하여 각종 요인들에 대한 평가를 하였다. 하지만, 방수공사의 하자 위험 요인에 대한 적절한 평가는 부족하였으며, FMEA기법 적용 시 평가항목들에 대해 절대적인 수치로 평가를 하게 되어 각 평가항목들 간의 상대적인 비교를 통한 관계가 반영되지 못하는 한계점을 지니고 있었다.

## 3. Relative-FMEA를 활용한 지하층 도막방수공사 중점 관리요인 선정 모델

### 3.1 매트릭스(Matrix) 평가법과 FMEA의 개요

매트릭스 평가법은 여러 항목들 간의 상대적인 비교를 하기 위해 이용되는 평가법이다. 각 항목들 간 관계의 정도를 측정하거나 그 관계를 보여주는 것으로 각 항목에 대해서 항목이 실행되었을 때 영향을 받을 평가항목을 결정하고 영향도에 대해 점수를 매긴다. 점수의 범위는 가장 빈약한 것은 1점에서 가장 좋은 영향을 주는 항목에 5점으로 각 항목의 합계 점수를 구해서 가장 점수가 높은 항목을 최적으로 선정하는 방법이다.

FMEA는 시스템의 구성요소인 프로세스 각각의 요소에서 실패(Failure)가 발생했을 경우 전체 시스템에 미치는 영향 또는 심각성을 평가하는 기법이다. FMEA는 프로세스 설계단계에서도 적용이 가능하여 기존의 기법이 프로세스 구축 후 생산된 제품의 검사를 통해서 프로세스의 결함을 발견하였다면 FMEA는 설계단계에서 잠재된 결함을 검사함으로써 시간 및 비용을 절감할 수 있다.<sup>7)</sup>

품질관리에 있어서 발생 가능성이 있는 하자 형태를 파악하고

고객에게 미칠 고장 발생 요인을 우선 순위별로 사전에 제거하기 위해 제조업에서 사용하는 FMEA는 잠재된 위험요인에 의해 실패가 발생할 수 있는 빈도(Occurrence), 실패가 발생했을 경우 발생하는 결과의 치명도(Severity), 고객에게 발생된 실패가 발견될 수 있는 가능성(Detection)을 평가한 후, 세 요소의 곱에 의해서 위험의 우선순위(Risk Priority Number, 이하 RPN으로 표기)를 평가한다. FMEA는 위험의 우선순위가 높은 소수의 항목(Critical Few)에 관리를 집중함으로써, 실패의 발생을 방지하고, 그 영향을 최소화한다.<sup>8)</sup>

### 3.2 R-FMEA를 이용한 지하층 도막방수공사의 중점 관리요인 선정 모델

방수공사에서도 하자 원인과 관련하여 FMEA를 적용하면 이점을 기대할 수 있다. 하지만, FMEA기법은 “각 척도의 중요도가 같다”라는 전제에서 시작하기 때문에 평가척도에 대해 절대적인 수치로 평가되어 각 평가항목들 간의 상관관계가 반영되지 못하는 점이 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 매트릭스 평가법과 FMEA기법을 접목한 Relative-FMEA 방법으로 지하층 도막방수공사의 중점관리요인을 선정하는 모델을 제안한다.

방수공사 하자의 경우 일반적으로 예전에 발생하였던 하자가 반복되는 경우가 많으며 하자를 고장으로 생각한다면, 방수공사에 적용이 용이하다. 방수공사의 하자 원인이 존재하면, 하자 발생의 확률은 당연히 높아지기 마련이다. 따라서 사전에 작업상에 잠재된 중요한 하자유형을 FMEA를 이용하여 확인 후 해당 방수 하자 유형을 발생시키는 원인을 중점 관리한다면 하자 발생의 가능성을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 기존의 단순한 항목체크만의 안전관리가 아니라 위험요소의 수치화를 통하여 위험 요소가 큰 항목에 대한 중점관리를 통하여 하자를 미연에 방지할 수 있다.

본 연구에서 제안하는 R-FMEA 기법의 평가척도는 빈도(잠재적 방수하자가 발생할 수 있는 가능성), 치명도(잠재된 방수하자 발생 시 예상되는 방수층 자체의 하자만회 가능성), 검출도(잠재된 방수공사 하자의 검출 가능성)의 세 가지를 사용하며, 이 세 가지 평가척도는 기존의 FMEA 기법의 평가척도를 방수공사 하자유형 평가에 적합하도록 수정보완한 것이다. 이 각각의 평가척도를 평가할 시, 절대적인 평가를 배제하기 위하여 매트릭스 평가법의 상대적인 비교방법을 적용하여 각 방수공사 하자 유형들에 대해 평가를 한다. 세 가지 평가척도의 각 항목들 간 상대비교에 의한 점수를 토대로 위험우선순위(RPN : Risk Priority Number)를 도출하게 된다. RPN은 기존의 방법과 동일하게 세 가지 척도의 곱으로 위험우선순위를 평가하며 값이 높을 수록 방

7) D.H.Stamatis, Failure Mode and Effect Analysis, ASQC Quality Press, pp.25~72, 1997

8) Thomas Pyzdek, The Six Sigma Handbook, McGraw-Hill, 2003

수공사 하자 유형의 위험성이 큰 요인으로 평가된다. 그림 4는 본 연구에서 제안하는 R-FMEA를 활용한 프로세스를 도식한 그림이다.

R-FMEA를 적용하는 목적은 방수공사의 하자유형별 평가를 통해, 평가한 내용의 위험도를 확인하는데 있다. R-FMEA의 활용 순서 및 방법은 다음과 같다.

- 1) 지하층 도막방수공법의 기존 하자 사례를 통한 방수 하자 유발 원인 및 하자 유형을 도출해 낸다.
- 2) 생성된 기본 자료를 바탕으로 R-FMEA 평가표를 작성한다.
- 3) 전문가 의견수렴을 통하여 각각의 하자 발생 유형별 빈도, 치명도, 검출도를 평가한다.
- 4) RPN값을 도출한 후, RPN값이 높은 하자 유형은 하자가 발생할 확률이 높은 요소이므로, 중점 관리 대상으로서의 방수공사 하자 유형을 선정한다.
- 5) 도출된 하자 발생 유형에 대하여 중점 관리해야할 원인에 대한 대책을 세운다.

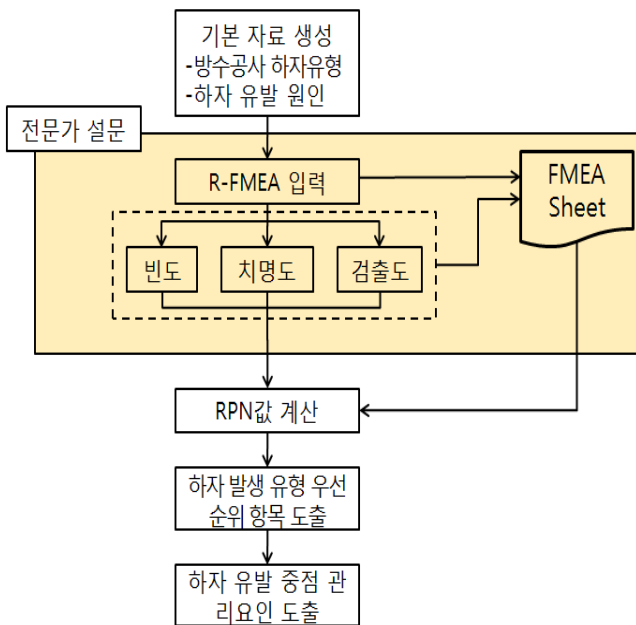


그림 4. 지하층 도막방수공사 R-FMEA 프로세스

### 3.3 평가방법 및 평가 척도

일반적으로 FMEA기법에서는 4점 척도를 사용한다. 본 연구에서의 R-FMEA기법은 지하층 도막방수공사 하자 유형에 대해 4점 척도를 적용한다.

#### 1) 평가척도

본 연구에서 발생빈도는 방수 하자가 발생할 가능성, 치명도는 방수층의 보수비용, 검출도는 방수공사 하자의 확인 가능성을 기준으로 각 방수공사 하자유형에 대하여 4점 척도로 상대적으로

평가할 것을 제안한다.

#### ① 발생빈도

발생빈도는 잠재된 방수 하자의 발생 가능성이 얼마나 높은지 평가하는 것이다. 앞서 기술한 방수공사 하자 유형 7가지에 대한 상대적인 비교를 하는 것으로, 아래의 그림 5와 같이 각 항목들 간에 비교 평가를 한다. 예를 들어, A항목과 B항목을 비교할 때, A항목의 하자 유형이 B항목의 하자유형보다 발생가능성이 매우 높을 경우, "A-4"를 기재하며, 같은 방법으로 7가지 항목에 대하여 상대적인 점수를 측정한다. 이 점수들에 대한 합산을 하여 각 항목에 대한 최종 점수를 설정하게 된다.

A. 방수층의 파단이 발생함							
B. 방수층의 들뜸이 발생함							
C. 방수층의 부풀음이 발생함							
D. 방수층의 박리가 발생함							
E. 방수재의 경화 불량 발생함							
F. 방수재의 균열 발생함							
G. 신축줄눈의 누수 발생							
평가 합계 점수	G	F	E	D	C	B	A

<b>● 측정 기준</b>
4 - 발생가능성이 매우 높음
3 - 발생가능성이 높음
2 - 발생가능성이 약간 높음
항목/항목 - 동등한 경우

그림 5. 지하층 도막방수 발생빈도 평가표

#### ② 치명도

치명도는 잠재된 방수공사 하자 발생 시, 예상되는 방수층 자체의 하자만회 가능성을 보수/교체비용과 연계하여 평가하는 것이다. 치명도의 평가 척도는 다음의 표 5와 같다.

표 5. 치명도 측정기준

점 수	기 준
4 점	방수성능을 복원하기 위한 보수/교체비용이 매우 큼
3 점	방수성능을 복원하기 위한 보수/교체비용이 큼
2 점	방수성능을 복원하기 위한 보수/교체비용이 약간 큼
1점(항목/항목)	동등한 경우

③ 검출도

검출도는 잠재된 방수공사 하자 발생 시, 하자 유형에 대한 확인 가능여부에 대한 정도를 평가한다. 방수공사 하자를 관리하기 위해서는 하자의 발견이 중요한데, 이를 가시적으로 판단할 수 있는 정도에 따라 해당 방수공사 하자의 위험성은 크게 달라질 수 있다. 검출도의 평가 척도는 다음의 표 6과 같다.

표 6. 검출도 측정기준

점 수	기 준
4 점	방수공사 하자의 확인이 매우 어려움
3 점	방수공사 하자의 확인이 어려움
2 점	방수공사 하자의 확인이 약간 어려움
1점(항목/항목)	동등한 경우

⑤ RPN

빈도, 치명도, 검출도의 곱으로 계산된 RPN값을 통해 방수공사 하자 발생 유형별 위험도 순위를 도출할 수 있고, 그에 대한 원인을 집중 관리대상으로 설정할 수 있는 기초 자료가 될 수 있다.

4. 지하층 도막방수공사 중점관리요인 도출

설계된 지하층 도막방수공사 R-FMEA를 적용하여 해당 방수공사 하자 위험도를 평가하기 위하여 국내 건설 현장의 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 현장에서 직접 방수공사를 시공해 본 경험이 있는 경력자를 대상으로 설문을 실시하였으며, 전문가들의 경력분포는 다음의 표 7과 같다.

표 7. 전문가 경력분포

전문가 경력	인 원
5~10년	2
10년~20년	3
20년~30년	4
30년 이상	1

각 현장의 전문가 10명을 대상으로 설문을 실시하였다. 설문조사에 의한 발생빈도, 치명도, 검출도의 값은 다음의 표 8, 9, 10과 같다.

표 8. 발생빈도 설문결과

	하자 유형						
	A	B	C	D	E	F	G
응답자 1	2	12	11	6	2	2	16
응답자 2	3	10	9	11	2	6	1
응답자 3	4	12	7	4	5	4	8
응답자 4	4	18	6	4	5	5	6
응답자 5	0	33	0	2	12	6	0
응답자 6	19	12	6	0	0	12	6
응답자 7	13	0	21	4	3	2	1
응답자 8	13	0	19	6	3	2	1
응답자 9	13	0	21	6	3	2	1
응답자 10	7	12	8	9	4	0	3
평균	7.8	10.9	10.8	5.2	3.9	4.1	4.3

표 9. 치명도 설문결과

	하자 유형						
	A	B	C	D	E	F	G
응답자 1	5	5	5	0	7	19	17
응답자 2	4	4	4	3	4	10	18
응답자 3	12	6	1	8	6	6	2
응답자 4	12	7	2	9	5	5	1
응답자 5	0	9	0	6	52	0	2
응답자 6	1	18	11	11	1	5	3
응답자 7	0	30	0	12	0	4	1
응답자 8	0	30	0	14	0	4	2
응답자 9	0	30	0	14	0	4	2
응답자 10	15	3	4	9	3	17	2
평균	4.9	14.2	2.7	8.6	7.8	7.4	5

표 10. 검출도 설문결과

	하자 유형						
	A	B	C	D	E	F	G
응답자 1	11	4	3	4	11	11	0
응답자 2	2	4	8	10	13	2	4
응답자 3	18	10	4	4	4	4	4
응답자 4	18	10	8	3	3	3	3
응답자 5	12	2	4	6	0	44	0
응답자 6	5	18	11	11	5	1	1
응답자 7	1	10	0	3	30	2	0
응답자 8	1	10	0	3	30	2	0
응답자 9	1	10	0	3	30	2	0
응답자 10	2	13	9	7	15	4	0
평균	7.1	9.1	4.7	5.4	14.1	7.5	1.2

설문조사에 의한 결과의 평균값을 토대로 지하층 도막방수공사 FMEA 시트에 적용 결과는 다음의 표 11과 같다.

표 11. 지하층 도막방수공사 FMEA 적용결과

방수공사 하자 유형	발생 빈도	치명도	검출도	RPN
A. 방수층의 파단이 발생함	7.8	4.9	7.1	301.9
B. 방수층의 들뜸이 발생함	10.9	14.2	9.1	1408.5
C. 방수층의 부풀음이 발생함	10.8	2.7	4.7	137.1
D. 방수층의 박리가 발생함	5.2	8.6	5.4	241.5
E. 방수재의 경화 불량 발생함	3.9	7.8	14.1	248.9
F. 방수재의 균열 발생함	4.1	7.47	7.5	229.7
G. 신축줄눈의 누수 발생	4.3	5	1.2	25.8

적용결과 지하층 도막방수의 경우 'B. 방수층의 들뜸이 발생함'의 방수공사 하자 유형의 RPN 값이 높게 도출되었으며, 이는 다음의 표 12와 같이 지하층 도막방수공사의 하자 유발 원인을 집중관리 해야만 예상되는 방수공사 하자를 줄일 수 있을 것이다.

표 12. 지하층 도막방수공사 하자 유발 원인

방수공사 하자 유형	방수공사 하자 유발 원인
B. 방수층의 들뜸이 발생함	바탕면에 우레탄 프라이머를 균일하게 도포하지 않았을 경우
	수증기를 배출할 수 있는 탈기반 처리를 안했을 경우
	보강재의 접착 불비
	보강재의 수축

## 5. 결론

본 연구에서는 Matrix평가법과 FMEA기법을 접목한 R-FMEA기법을 이용하여 지하층 도막방수공사 하자의 여러 유형들을 잠재적 위험으로 정하고, 각 위험별로 발생빈도, 치명도, 검출도를 반영한 RPN값을 구해 위험순위를 도출하였다. 이 순위에 따라 위험순위가 높게 나타난 하자유형을 발생시키는 원인들은 다른 원인들에 비해 집중 관리를 해야 할 것이며, 이것은 결과적으로 하자발생빈도를 줄이는 방법이 될 것이다.

향후연구에서는 지하층 방수공사의 다양한 방수공법에 대한 발생 가능한 하자 유형과 원인의 파악을 통한 체계적인 D/B 구축 및 하자 발생 메카니즘에 대한 연구가 요망된다.

## 감사의 글

이 논문은 2008년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

## 참고 문헌

1. 강창희, 공동주택 지하주차장의 방수하자 현황 및 사례분석, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제21권 제2호, pp.503~506, 2001
2. 김윤성, 건설업에서의 시공 FMEA적용 방안 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 제3회, pp.271~274, 2002
3. 김종필, 방수하자 원인 및 대책, 쌍용건설 건설기술지, 제25권, pp. 72~77, 쌍용건설 기술연구소, 2002
4. 대한건축학회, 건축기술지침, 공간예술사, pp.17~77, 2006
5. 박찬중 외., 중점 안전관리 항목도출을 위한 FMEA활용 방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.502~506, 2006
6. 서민우, 건축공사 하자사례/공동주택 최상층 세대누수하자, 쌍용건설 건설기술지, 제39권, pp.74~77, 쌍용건설 기술연구소, 2006
7. 서울대학교 건축부, 방수공사의 문제점 및 대책, pp.50~61, 1993
8. 신형준, 옥상 방수에 있어서 폴리우레탄 도막방수의 하자발생 유형에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, 제6권 제3호, pp.128~134, 2005
9. 안광욱외., 공사현장의 품질관리를 위한 방수공사의 하자분석, 대한건축학회 논문집, 제21권 제2호, pp.123~130, 2005.2
10. 오상근 외., 지하콘크리트 구조물의 적정 방수공법 선정을 위한 평가 시스템 제안에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집, 제7권 제1호, pp.99~106, 2007
11. 장성주, 방수공사의 하자원인 및 대책, 대한전문건설협회/미장방수공사협회 방수공사기술세미나교재, pp.58~141, 1994
12. 홍영탁 외., FMEA를 이용한 초고층 건축시공의 공기영향요인 평가, 대한건축학회 논문집(구조계), 제23권 제5호, pp.183~192, 2004
13. 황준, 건축물 방수결함과 대책, 시공문화사, 1996
14. D.H.Stamatis, Failure Mode and Effect Analysis, ASQC Quality Press, pp.25~72, 1997
15. Thomas Pyzdek, The Six Sigma Handbook, McGraw-Hill, 2003

(접수 2009. 8. 10, 심사 2009. 9. 18, 게재확정 2009. 9. 25)

## 요 약

건축공사 중 인간에게 많은 영향을 미치는 습기와 물에 대한 피해로부터 주거 생활을 보호하는 성능을 가진 것이 방수공사이다. 건축 방수공사의 하자로 인한 보수비는 방수층 자체의 보수비용뿐만 아니라 연계공종의 피해로 인한 연계공종의 보수비용 또한 추가되어, 방수공사의 전체적인 보수비용은 더욱 높아진다. 하지만, 방수공사의 하자를 미연에 방지할 수 있는 정량적이고 효율적인 관리방안이 부족한 실정이다. 기존 문헌 고찰과 사례 분석 결과, 지하층 방수공사 하자가 빈번하게 나타났으며, 여러 공법 중 도막방수가 가장 많이 사용되고 있었다. 이에 본 연구에서는 지하층 도막방수공사에 대한 하자 사례분석을 하였으며, 이를 미연에 방지하기 위한 방안으로 FMEA(Failure Mode and Effect Analysis) 기법을 변형한 R-FMEA 방법을 고안하였다. R-FMEA 쉬트에 대한 전문가 설문을 통하여 지하층 도막방수공사 하자 유형 중 가장 위험성이 큰 방수공사 하자 유형을 도출하여, 중요하게 관리되어야 하는 요인들을 도출하였다.

---

키워드 : 방수공사, 도막방수, 방수공사 하자, R-FMEA

---