

## 건축물 리모델링을 위한 옥상방수층 보수기술



\* 배기선



\*\*곽규성

### 1. 서론

1990년대에 들어 우리나라의 경제 성장과 함께 건설산업 분야도 눈부시게 발전하여 대형국책건설산업을 비롯하여 크고 작은 민간건설사업이 추진되어오고 있다. 이에 최근 들어 정부차원에서는 건설구조물의 안전과 유지관리를 위한 관련 법규 제정 및 기관 설립을 통하여, 구조물의 붕괴를 사전에 예방하기 위한 차원에서 시설물에 대한 안전점검 및 보수보강 공사를 활발하게 시행하고 있다. 그러나 여기서 다시 한번 생각해 할 점은 이와 같은 시설물의 보수보강이 장기적 내구수명 유지와 사용상의 안전성 확보 차원에서 이루어지는 것보다는 건설 도중 또는

준공 후 불과 1~2년 사이에 하자보수입장에서 이루어지거나, 아직 내구연수가 끝나지 않은 조건에서 이루어진다는 사실이다. 이와 같이 건축물 보수보강을 통한 리모델링에 있어 가장 어려운 사항중의 하나가 누수에 대한 조치라고 판단된다. 특히, 대형 건축물의 옥상부분을 활용하려는 인식의 변화와 더불어 건설기술 관리법에서는 최근 주거용 건축물 등에서 환경 정책상 건설자재의 폐기물 발생 억제, 악취 등으로 인한 민원발생 최소화, 에너지 절약공법 등 현장의 다양한 요구사항을 충족시킬 수 있도록 변화하고 있다.

본 논고에서는 최근 활발히 진행되고 있는 건축물의 리모델링에 있어서 완벽한 방수 공사 및 누수 보수공사를 수행 하기 위한 기술자료를 검토함에 있어서 기존의 방수 및 누수보수 재료 및 공법에 대한 문제점을 지적 해보고, 이러한 보수 공법의 보완공법으로 개발된 유무기 복합소재로 조성된 점착팽창성 유연형 방수보수재를 사용한 건축물 옥상의 리모델링 기술을 소개한다.

### 2. 기존 방수공법 및 누수보수공법의 한계

#### 2.1 방수재 및 보수재의 부착원리

기존의 방수보수재의 부착원리는 균열 및 구조체 거동에 대한 손상을 최소화시키기 위해 신장률을 높이고, 들뜸 방지를 위해 부착력을 강화시켜 왔다. 그러나 신장률을 높이면 방수재의 강도저하 및 들뜸에 영향을 미치고, 들뜸 방지를 위해 부착력을 증대시키면 콘크리트 거동에 따른 손상이 쉽게 발생하는 등, 방수층 자체의 성능확보에 대한 근본적 모순을 해결하지 못하고 있는 것이 현 실정이었다. 또한 콘크리트의 거동에 따른 반복응력이 발생할 경우 방수층의 연속성을 유지한다는 것은 물리적으로 어려운 일이며 이러한 측면에서 기존의 고정형 접착방식의 방수공법(그림1 참조)은 새로운 공법 및 시스템으로 전환되어야 할 필요성이 요구되고 있다.

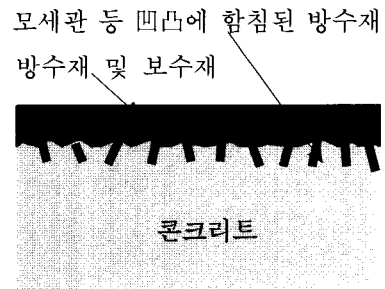


그림 1. 방수(보수)재의 부착원리

#### 2.2 기존 누수보수재의 지수원리

누수 보수를 위해 우레탄계 발포 주입재, 에폭시수지계 주입재, 시멘트계 그라우팅재 등이 많이 사용되어 왔다. 이러한 재료들의 선정에는 사용될 현장의 환경조건에서 충분한 성능을 발휘할 수 있는지를 반드시 검토하여야 한다.

즉, 우레탄계 발포 주입재는 초기 지수효과는 우수하나 장기간 물과 접촉될 때에는 물을 흡수함으로써 지속되는 수압에 의해 재 누수가 발생되고(사진1-①참조), 에폭시수지계 주입재의 경우는 습윤환경에서 경화

\* (주)리뉴시스템 기술연구소장/서울산업대 겸임교수 공학박사  
\*\* B&K방수기술연구소 소장

및 접착불량 현상에 의해 누수가 지속된다(사진1-②참조). 또한 시멘트계 그라우팅재도 습윤환경에서의 사용성 및 기존 콘크리트와의 일체성은 양호하나 구조물의 진동 및 거동에 신축적으로 대응하지 못함으로써 배면 및 누수부위에서 보수층이 파단되는 현상이 나타날 수 있다.

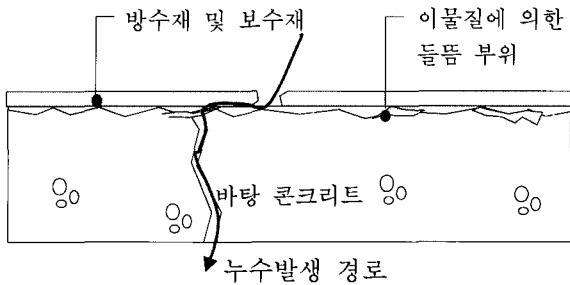


그림 2. 부착불량 및 손상에 의한 누수발생 개념도

생할 수 있는 다양한 문제에 대응할 수 있는 방수 및 누수보수에 대한 공법상의 보완 및 재료적인 접근방법을 지금까지와는 전혀 다른 새로운 측면에서의 검토가 필요할 것이다.

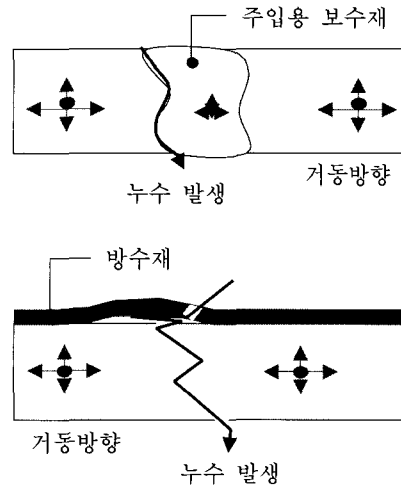
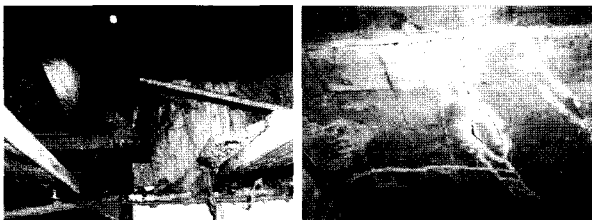
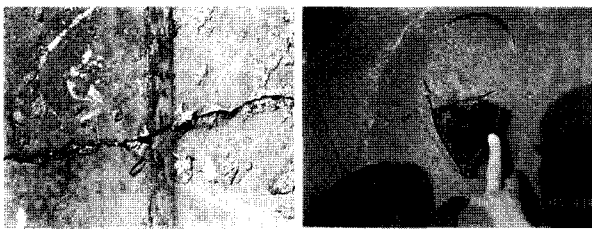


그림 3. 거동(진동)에 의한 보수재의 계면탈락 개념도



① 우레탄 주입재      ② 에폭시 주입재



③ 방수층 파단      ④ 에어포켓 후 찢김

사진 1. 방수(보수)재의 손상에 따른 누수발생 사례

### 3. 짐착-팽창성 유연형 누수 보수재의 개발

#### 3.1 이론적 배경

누수보수를 위해 방수 및 누수 보수재료가 가져야할 성능으로써는 콘크리트의 거동에 의해 방수·보수층에 외력이 가해져도 이에 순응하여 파단 및 들뜸이 발생하지 않아야 하고, 어떠한 충격이 가해져도 이에 대해 탄성적으로 유연하게 대응하며, 자가치유(Self-Sealing) 성질을 이용하여 인접한 부위에 새롭게 발생한 누수부위가 스스로 치유된다면 보수 후 재 누수는 결코 발생되지 않게 된다.

또한, 바탕면이 습윤상태이거나 이물질 등이 부착을 방해하는 조건에서도 양호한 부착성을 유지하면서 부가되는 수압에 충분한 저항성을 갖는 차수성을 보유할 수 있으며, 물과의 접촉시에 적절한 팽창성을 갖는다면 습윤환경 및 진동환경내에서 발생하는 누수에 대해서 충분히 안정된 방수층을 재형성하여 장기적으로 방수 성능을 유지할 수 있을 것이다.

#### 2.3 누수보수에 대한 근본적 대안의 필요성

건축물의 누수에 대한 보수방법은 실내환경의 쾌적성 뿐만 아니라 구조물의 안전성 및 내구성 확보차원에 있어서도 그 근본적인 해결책을 찾아야 한다. 즉, 물이 침입되는 유입지점에서 누수발생 근원지까지 완벽하게 치유가 이루어져야 한다는 것이다.

그러나 현재 대부분의 누수보수는 누수현상이 관찰되는 실내측에서만 주로 이루어지고 있어 구조체의 배면 및 30~120cm 정도 두께의 콘크리트에 있어서는 구조체 내부로 물이 침입하고 이동하는 것은 막아내기 어렵고 보수이후 진동, 거동 등에 의해 추가적으로 발생하는 균열에 대해서는 계속적으로 보수하는 방법이 외에는 특별한 방법이 없었다. 그러므로 구조물에서 발

#### 3.2 방수원리

개발된 방수·누수보수재는 유무기 복합소재로써 시공되어 있는 방수층과 구조체 사이 및 균열부위, 시공이음부 등에 방수를 목적으로 사용할 수 있으며, 기계적인 압력에 의해 누수부위에 주입하게 되면 물이 그 압력에 의해 외부로 빠져나오며, 미처 나오지 못한

물은 유무기 복합소재와 바탕면 사이에서 수증막을 형성하게 된다. 주입된 유무기 복합소재는 일정시간이 경과하면 잔존 수분과 반응하게 되는데 이때 유무기 복합소재와 바탕면 사이에 계면이 습윤환경을 유지하게 된다. 따라서 이러한 습윤환경에 의해 점착 및 팽창물질로 전환된 유무기 복합소재는 주변의 수분을 흡수하여 팽창(사진 2 참조)과 동시에 바탕면의 이물질들을 감싸면서 기존 방수층과 콘크리트 표면에 강하게 밀착되어 손상된 기존 방수층을 다시 연결시키고 콘크리트와의 들뜸을 회복시킨다.

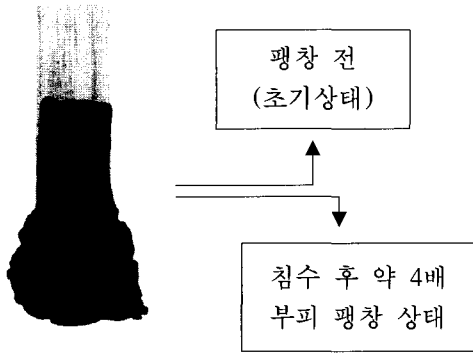


사진 2. 방수셀의 팽창성능 시험

1) 점착 특성

유무기 복합소재는 누수 부위의 방수층 형성 과정에서 백화, 토사, 수막 등과 누수보수에 실패한 기존의 주입 보수재가 존재하더라도 그러한 이물질들을 감싸면서 양호한 점접착성능을 유지하기 때문에 안정된 방수층을 형성할 수 있다.

2) 재료의 불 분리성

기존의 보수재료는 시공한 다음 일정시간이 경과한 후 재시공을 하면 콘크리트와 같이 신구 재료가 일체화되지 않기 때문에 어려움을 겪고 있다. 그러나 유무기 복합소재는 시간이 경과하여도 후 시공된 재료간의 부착이 완벽히 이루어지므로 시공기간에 관계없이 보

충의 개념으로 주입해주면 연속된 방수층을 형성할 수 있어 접착 계면에 의한 누수 발생이 없다.

3) 구조체의 거동 추종성 및 자가치유기능 (Self-Sealing)

보수 이후 재 누수가 발생하는 직접적인 원인은 구조체의 거동 및 진동에 의한 방수층의 손상 및 들뜸이다. 누수보수에 의해서 시공된 보수재의 최종 형상이 고체상(비탄성의 재료)의 물질이면, 거동 및 진동에 의해 직접적인 영향을 받게 되는 문제점이 발생한다. 그러나 유무기 복합소재는 겔(Gel) 상의 물질로 유동성을 지니므로, 구조체의 거동에 대한 대응성이 뛰어나고 진동을 흡수하므로 손상 및 들뜸의 가능성은 희박하게 된다. 특히 손상이 된다 하더라도 유입된 물과 반응하여 점착 및 팽창성능을 발휘해 손상부위를 스스로 치유하므로 연속된 방수층을 재형성하여 누수를 효과적으로 차단하게 된다.

4. 옥상 누수의 새로운 보수방안

4.1 시공방법

옥상 상부에서 누름층(단열층) 및 방수층까지 아래로 천공한 후 유무기 복합소재를 주입하여 기존 방수층을 재형성하거나 복구한다.

1) 주입구의 설치

주입구를 설치하기 위해서 구체 외부에서 구체 배면 직전까지 천공한 후 주입구(팩커)를 사용하여 설치한다. 주입관의 길이, 크기, 재질 등은 구조체의 크기(두께, 넓이 등)를 고려하여 결정할 필요가 있으므로 사전의 조사가 필요하다

- ① 주입관은 방수셀을 주입하기 위한 주입공과 충전구를 확인하기 위한 확인공이 있으나 쌍방에서 다 같이 주입확인을 겸하는 경우도 있다.

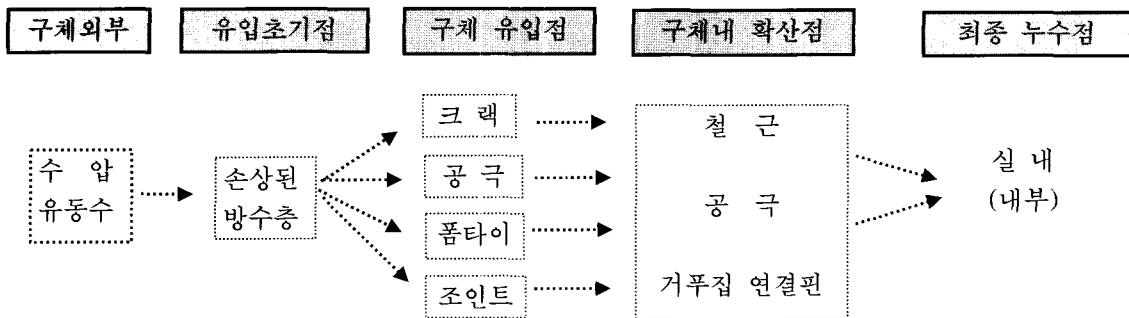


그림 4. 누수경로 개념도

- ② 주입관 설치 위치는 가능한 한 파라펫 바닥 시작 지점인 좌측부터 우측으로 1m 간격을 두고 주입구, 확인구를 설치한다(그림 5 참조)

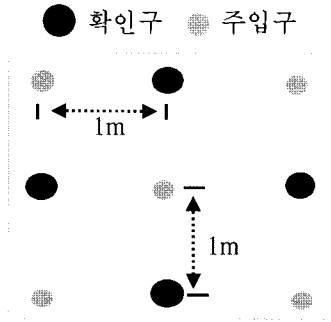


그림 5. 주입구 위치도

2) 주입공 천공

1m 간격으로 천공 후 주입하여 방수재의 역류 및 주입압력, 주입량, 퍼짐성을 확인 후 본 구조물에 적합한 주입구간의 적정거리를 산정하여 천공 주입한다.

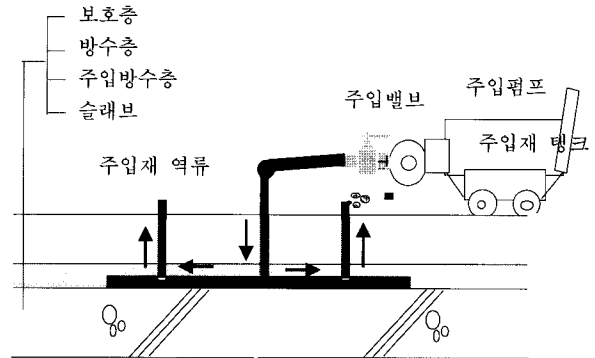


그림 7. 배면주입에 의한 방수성능 복원 개념도

<작업내용>

<유의 사항>

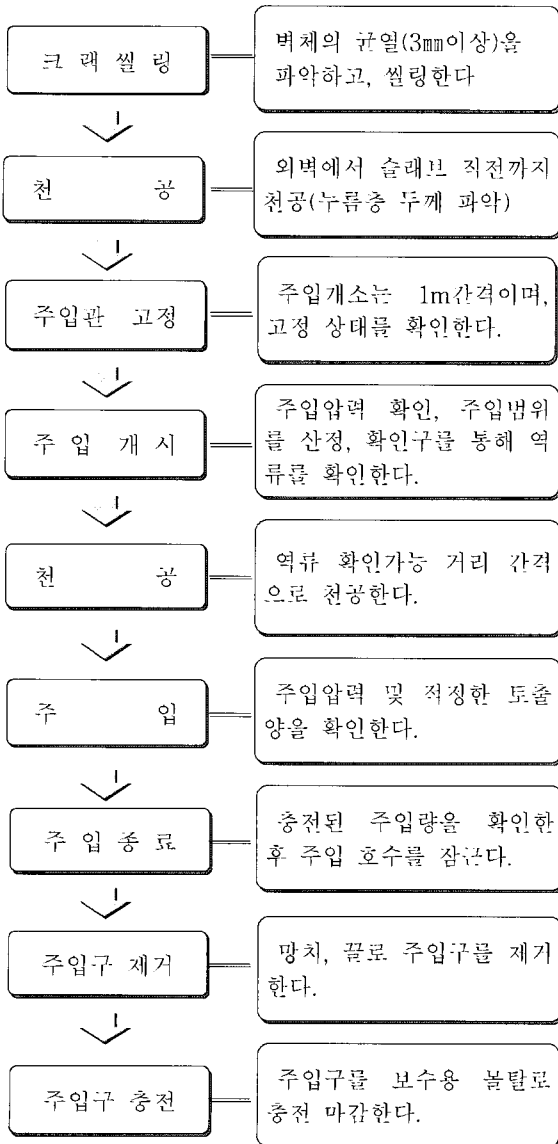


그림 6. 시공순서 및 주의사항

3) 주입관 설치(고정)

천공 후 일반 주입용 팩커를 사용하여 방수셀이 새지 않도록 바탕면에 단단히 고정시킨다.

4) 주입시공

누수보수 공법의 주입 시공 순서는 그림 6과 같으며, 배면주입에 의한 방수성능 복원 개념도는 그림 7, 8과 같다.

5) 주입압력의 관리

주입압력의 상한은 구조물의 내압상태에 의하므로 일률적으로 설정하기 어렵다. 따라서 주입압력은 토출량(시공성)에도 관계하지만 공극을 충분히 충전할 수 있는 범위내에서 구조물의 크랙이 있는 경우 주입압은 1.5~2.0kgf/cm<sup>2</sup> 정도가 적당하다. 압력 게이지에 압력이 이상하게 올라갈 경우에는 주입기를 즉시 정지하는 것과 동시에 주입공 측에서는 밸브를 개방하여 압력을 뺀다.

6) 주입 토출량 관리

주입 토출량은 10 l/min을 목표로 하지만 초기압이 높을 경우 토출량을 적게 하여 주입압력이 낮아지는 시점의 토출량으로 주입한다. 구체내 공극이 많고 주입압력이 거의 올라가지 않은 경우에는 10 l/min이상으로 주입하는 경우도 있다.

7) 충전확인 방법

- ① 주입압력은 1.5~2.0kgf/cm<sup>2</sup>가 되었을 때를 목표로 한다. 단, 예상외에 공극이 있는 경우에는 상기 조건에 이르지 않으면서도 예상 주입량을 대폭 초과한 경우에는 그 주입구에서의 주입을 중단하고 주변의 다른 주입구에서 주입을 한 후 다시 그 주입구로 돌아와서 재 주입한다.

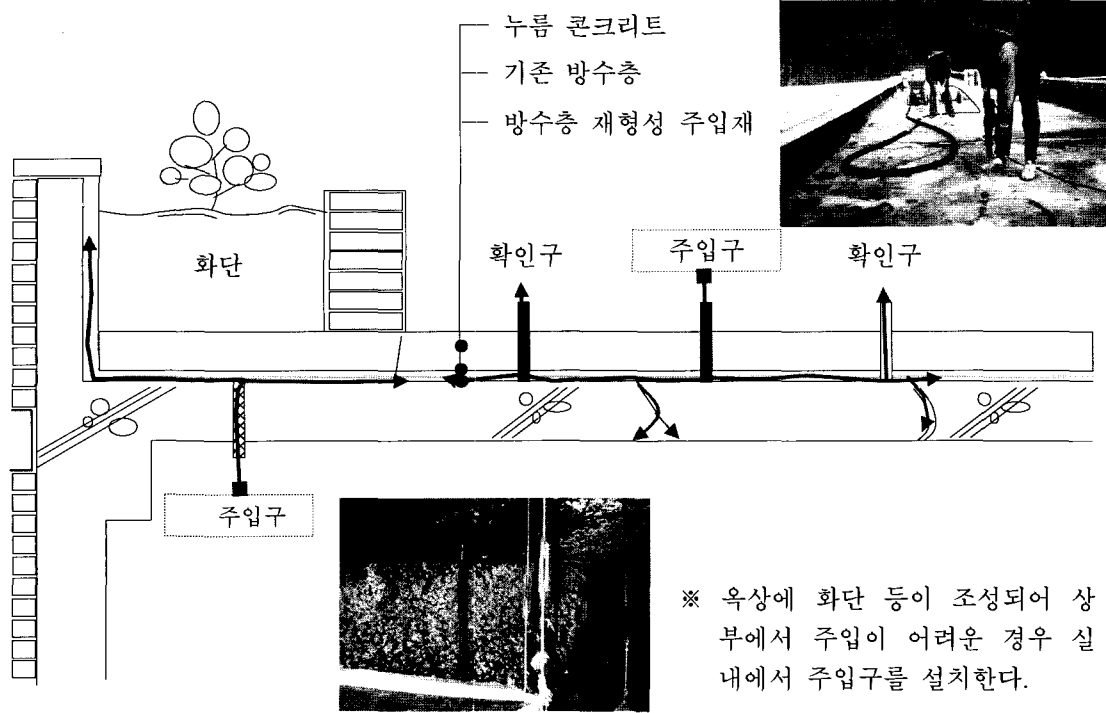


그림 8. 방수재 주입 시공 사례

- ② 선행 주입부의 끝 부분부터 주입을 시작하여 다음 확인구를 통해 역류를 확인하면서 주입한다.
- ③ 역류가 확인되면 그 확인구를 통해 주입하여 다른 확인구를 통해 역류를 확인하며 주입한다.
- ④ 확인구를 통해 재료가 역류되지 않을 경우 거리를 좁혀 다시 천공하여 그 주입구를 통해 주입하여 또 다른 확인구를 통해 역류시킨다.
- ⑤ A열의 주입이 완료되면 다음에 B열부터 주입하여 C열에서의 유출 및 주입압력으로 충전을 확인한 후 순차적으로 이행한다.
- ⑥ 선행 주입구와 마감 주입구와는 구간 나눔을 한 블럭 마다 좌우 부위를 바꾸어 주입한다.
- ⑦ 확인공을 주입공으로 사용하는 일도 있다.

으로 인한 기존 누수구조물의 자가치유시스템 방수구조로의 전환은 기존 방수 개념과 달리 독창적 기술로써 방수분야의 새로운 공법으로 정착될 것이며 이에 대한 과급효과는 매우 클 것으로 판단된다.

**4.2 적용 특성**

누름층 상부 및 보호 벽돌 표면을 천공한 후 유무기 복합소재(방수셀)를 주입하여 기존의 방수층(멤브레인 방수층 : 주로 합성고분자수지계, 개량아스팔트 방수시트)과 구조체 사이에 채워지며, 이와 동시에 균열이 발생한 부위를 충전하게 된다. 또한 유무기 복합소재는 누름층을 제거하지 않고 그 하부에서 안정적인 방수층을 형성하므로 태양열 및 온도, 비바람, 동결융해 등의 영향으로 인한 보수 방수층의 성능저하를 줄일 수 있고, 누름 콘크리트의 거동에 따른 방수층이 파단 될 가능성이 감소하게되는 특징이 있다. 또한 방수층 재형성

**4.3 적용 사례**

1) 비노출 옥상누수보수공법

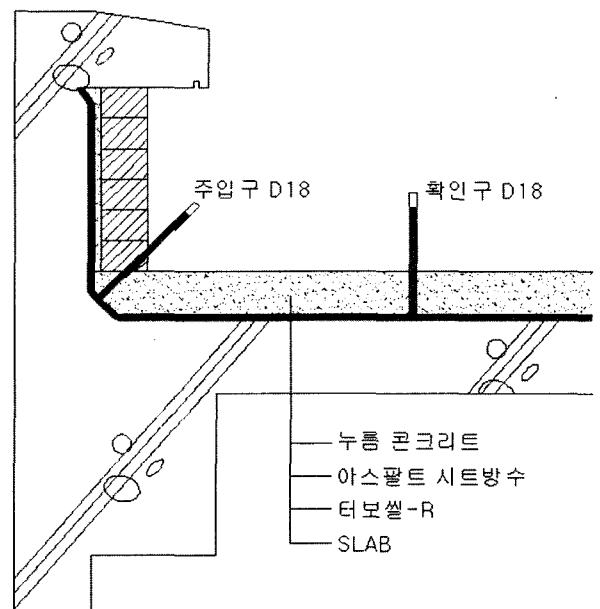


그림 9. 공법 개념도 (○○ 문화시설)

2) 석조마감 옥상텍크프라자 누수보수공법

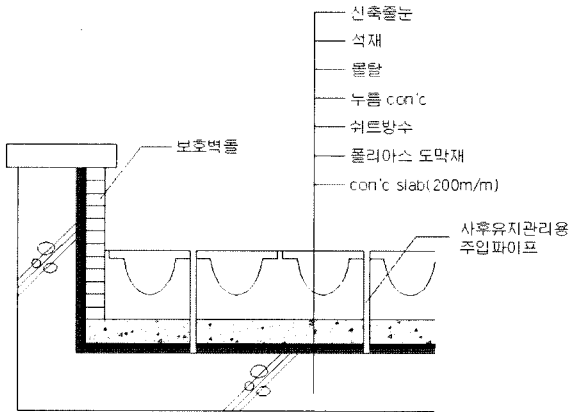


그림 10. 공법 개념도(○○ 문화시설)

3) 타일마감 옥상텍크프라자 누수보수공법

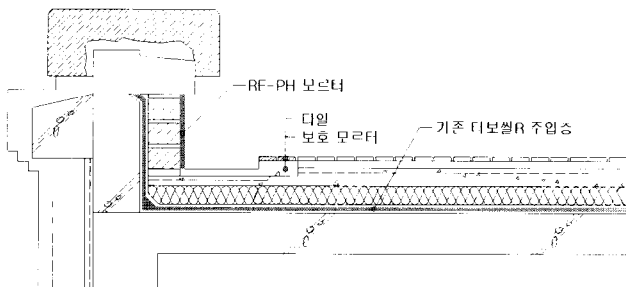


그림 11. 공법 개념도 (○○문화재 전시시설)



사진 3. 시공상황

보면 보수개념까지 포함된 방수설계는 방수성능의 확보는 물론 구조물의 장기내구성 측면, 특히 누수보수에 소요되는 막대한 보수비용을 감안할 때 필연적으로 요구되는 기술이다. 또한 옥상 방수에 대한 보강·보완 공사에 있어서 본 재료 및 공법은 폐기물 발생을 최소화할 수 있다는 점에서 그 우수성을 찾아 볼 수 있다.

따라서 이러한 기본적인 요구사항에 입각하여 개발된 누수 보수재 및 공법은 누수 발생시 천공·주입하는 간편한 시공법으로 손상부위 및 배면에 직접적으로 방수층을 재형성하여 누구나 간단히 누수부위를 치유할 수 있도록 하였고, 주입보수 완료 후 환경적인 영향 또는 인위적인 영향에 의해 보수층의 손상이 발생할 경우 해당 부위만 재충전하면 다시 일체화된 보수층을 형성할 수 있어서 기존의 보수공법에 비해 유지관리가 간편하도록 개발된 것이 특징이다.

본 재료 및 공법은 현재 다양한 시공현장에서 실제 적용되고 있으며, 방수 및 누수보수효과에 대한 지속적인 관찰과 보관을 통하여 그 성능을 계속적으로 향상시키고 있다.

참 고 문 헌

1. 오상근, 서울산업대학교 건설재해예방연구소, 상수도시설 콘크리트 구조물 내부 방수/방식재료 시험평가 및 적정시공방법 비교연구, 서울시상수도사업본부, 1997
2. 배기선, 오상근; A Water-Leakage Repair Technology for Crack Movement and Wet Environment, 제6회 일본-한국건축재료Joint Symposium 논문집, 2002.8, pp.100~107
3. 오상근, 서울산업대학교 건설재해예방연구소, 방수재표준화 연구, 국립기술품질원, 1997
4. 오상근, 방수공사 핸드북, 대한전문건설협회, 미장방수공사업협의회, 1997
5. ケイ酸質微粉末混合 セメント系塗布防水材料の濕潤環境下のコンクリートおよびモルタルにする水密性改善効果に関する研究, 吳祥根, 1992

5. 결 론

건설업에서 고질적인 문제가 되고 있는 누수 문제의 해결에 대하여 기술적으로 어려움을 겪는 주요한 이유는 방수설계 단계에서부터 방수층의 누수문제를 고려하지 않는다는 점이다. 아무리 성능이 뛰어난 방수재가 개발되었다 하더라도 제품의 생산, 취급, 시공과정에서 그 성능을 계속적으로 확보할 수 있는 별도의 관리가 필요하며 이러한 기본적인 사항에 소홀하게 되면 이는 곧 누수로 직결되는 것이다. 이와 함께 본문에서 언급된 기존방수 및 누수 보수재의 문제점에서 비추어