

# 점착·팽창성 유연형 도막방수재를 이용한 콘크리트 구조물의 누수방지 기술에 관한 연구

## A Study on Technology for Leakage Prevention of Concrete Construction by Flexible Type Waterproofing with Adhesive and Swelling Properties

최성민\*  
Choi, Sung Min

김종복\*  
Kim, Jong Bock

장혁수\*  
Jang, Hyuk Soo

오상근\*\*  
Oh, Sang Keun

### ABSTRACT

This study of concrete movement confronting a scope inspects the problems about the waterproofing method and leakage/repairment at present and research the mechanism with the variety of applying examples introducing adhesion and inflation using the flexible type of waterproofing and repairment and the substitution method developed with polymer resign composite

The polymer resign transmited into adhesion or inflation materials under wet environment absorbs adjoining moisture, wraps impurities of concrete surface, get the waterproofing layer and concrete surface adhere toughly, reorganizes the impaired waterproofing layer and get over the detachment of it from concrete surface.

### 1. 서론

1990년도에 들어 우리나라의 경제성장과 함께 건설산업 분야도 눈부시게 발전하여 전국적인 지하철 건설, 고속철도, 영종도 신공항, 월드컵 경기장, 서해안 고속도로 건설 등 대형 국책 건설산업을 비롯하여 크고 작은 민간의 건설사업이 추진되어오고 있다. 그러나 건설산업의 새로운 창조적 이미지를 높이고 사회간접 자본시설의 위엄 및 진가를 발휘하기도 전에 균열과 누수문제로 인하여 구조물 안전성에 대한 사회적 우려를 끼치고 있으며, 더구나 이를 치유하기 위한 막대한 보수·보강 비용이 국민의 세금 또는 건설 관련사의 이익 부문에서 지출되고 있는 실정이다. 보수·보강시 가장 빈번히 발생하는 사안 중의 하나는 누수 균열에 대한 조치이다. 누수는 구조물의 이상 조짐을 가장 먼저 알려주는 신호임과 동시에 구조물의 철근 부식·콘크리트의 성능 저하·주거생활 및 시설물의 사용에 있어서 불편함을 주는 요인이기도 하다. 더불어 이러한 누수현상을 먼저 치유하지 않으면 후속적인 보수·보강 조치가 어려울 뿐만 아니라 그 효과도 현저히 감소되는 것이다. 또한 콘크리트 구조물은 대형화 될 수록 대기의 환경, 즉 온도, 비, 바람 등의 변화에 따른 콘크리트의 거동으로 인해 수축 및 팽창작용 폭이 크게 되어 그만큼 균열발생률이 높아지고, 이로 인한 방수층 또는 보수층의 찢김, 파단, 균열, 들뜸 등과 같은 누수와 관련된 치명적인 하자가 발생한다. 이와 같은 상황 하에서 본 연구에서는 콘크리트 거동에 대해 한계에 직면해 있는 기존의 방수공법 및 누수 보수에 대한 문제점을 짚어보고 그 보완 공법으로 개발된 고분자 수지로 조성된 점착·팽창성 유연형 도막방수재의 사용과 다양한 적용사례를 통하여 그 메카니즘을 검토해 보고자 한다.

\* 서울산업대학교 건설산업과학연구소 방수기술지원센터 연구원

\*\* 서울산업대학교 건축설계학과 교수

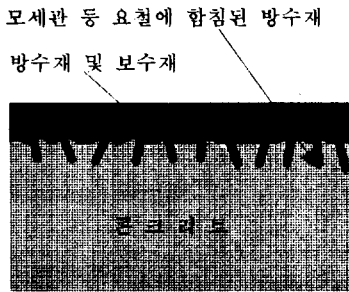
## 2. 기존 방수공법 및 누수보수 메카니즘의 한계

### 2.1 방수재 및 보수재의 부착원리

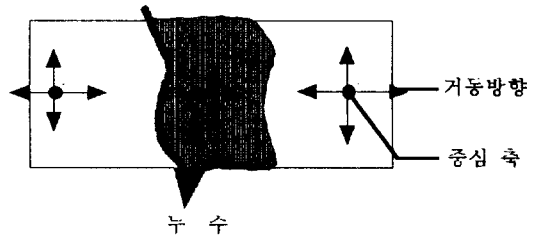
기존의 방수·보수재의 부착원리는 균열 및 구조체 거동에 대한 손상을 최소화시키기 위해 신장율(伸長率)을 높이고, 들뜸 방지를 위해 부착력을 강화시켜 왔다. 그러나 신장율을 높이면 방수재의 강도저하 및 들뜸에 영향을 미치고, 들뜸 방지를 위해 부착력을 증대시키면 콘크리트 거동에 따른 손상이 쉽게 발생하는 등, 방수층 자체의 성능 확보에 대한 근본적 모순을 해결하지 못하고 있는 것이 현 실정이었다. 또한 콘크리트의 거동으로 발생하는 대규모적인 힘을 방수재로 구속한다는 것은 물리적으로 어려운 일이며 이러한 측면에서 기존의 고정형 접착방식의 방수공법은 새로운 공법 및 시스템으로 전환되어야 할 시점에 이른 것이다.

### 2.2 기존 누수보수재의 지수 원리

현재 누수 보수를 위해 우레탄계 발포 주입재, 에폭시수지계 주입재, 시멘트계 그라우팅재 등이 많이 사용되어 왔다. 이러한 재료들의 선정시에는 사용되어질 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, 에폭시 수지계 주입재의 경우는 습윤환경에서 경화 및 접착불량 현상에 의해 누수가 지속된다. 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.



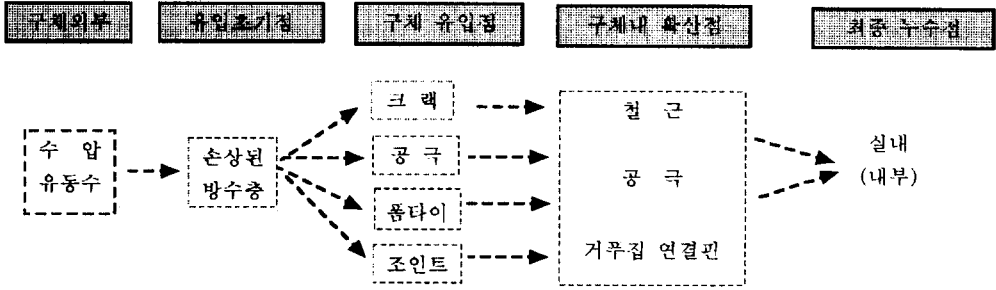
<그림 1> 방수·보수재의 부착원리



<그림 2> 거동에 의한 보수재의 계면 탈락

### 2.3 방수 및 누수보수에 대한 근본적 대안의 필요성

구조물의 누수에 대한 보수방법은 실내환경의 쾌적성 뿐만 아니라 구조물의 안전성 및 내구성 확보차원에 있어서도 그 근본적인 해결책을 찾아야 한다. 즉, 물이 침입되는 유입 지점에서 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 방법이외에는 특별한 방법이 없었다. 그러므로 구조물에서 발생하는 다양한 문제에 대응할 수 있는 방수 및 누수보수에 대한 공법상의 보완 및 재료적인 접근방법을 지금까지와는 전혀 다른 새로운 측면으로 검토해야 할 것이다.



〈그림 3〉 누수경로 모형도

### 3. 점착·팽창성 유연형 방수 및 누수보수재의 개발

#### 3.1 이론적 배경

누수보수를 위해 방수 및 누수보수재료가 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, Self-Sealing 성질을 이용하여 인접한 부위에 새롭게 발생한 누수부위가 스스로 치유된다면 보수 후 재 누수는 결코 발생되지 않을 것이다. 또한, 바탕면이 습윤상태이거나 이물질 등이 부착을 방해하는 조건에서도 양호한 부착성을 유지하면서 부가되는 수압에 충분한 저항성을 갖는 수밀차수성을 보유했을 수 있으며, 물과의 접촉시에 적절한 팽창성을 갖는 다면 습윤환경 및 진동환경내에서 발생하는 누수에 대해서 충분히 안정된 방수층을 재형성하여 장기적으로 방수성능을 유지할 수 있을 것이다.

#### 3.2 방수원리

개발된 방수·누수보수재는 고분자 수지로써 기 시공되어 있는 방수층과 구조체 사이 및 균열부위, 시공이음부 등에 방수를 목적으로 사용할 수 있으며, 기계적인 압력에 의해 누수부위에 주입하게 되면 물이 그 압력에 의해 밖으로 밀려나오며 미처 밀려나오지 못한 물은 고분자 수지와 바탕면 사이에서 수중막을 형성하게 된다. 주입된 고분자 수지는 일정시간이 경과하면 잔존 수분과 반응하게 되는데 이때 고분자 수지와 바탕면 사이에 계면이 습윤환경을 유지하게 된다. 따라서 이러한 습윤환경에 의해 점착 및 팽창물질로 전환된 고분자 수지는 주변의 수분을 흡수하여 팽창과 동시에 바탕면의 이물질을 감싸면서 기존 방수층과 콘크리트 표면에 강하게 밀착되어 손상된 기존 방수층을 다시 연결시키고 콘크리트와의 들뜸을 회복시킨다.

##### 1) 부착특성

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

##### 2) 재료의 불 분리성

기존의 보수재료는 시공한 다음 일정시간의 경과한 후 재시공을 하면 콘크리트와 같이 신·구 재료가 일체화되지 않기 때문에 어려움을 겪고 있다. 그러나 고분자 수지는 시간이 경과하여도 후 시공된 재료간의 부착이 완벽히 이루어지므로 시공기간에 관계없이 보충의 개념으로 주입해주면 연속된 방수층이 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. 누수 보수된 보수재의 최종 형상이 고체상(비탄성의 재료)의 물질이면 거동 및 진동에 의해 직접적인 영향을 받게 된다. 그러나 고분자 수지는 겔 상(像)의 물질로 유동성을 지니므로 구조체의 거동에 대한 대응성이 뛰어나고 진동을 흡수하므로 손상 및 들뜸의 가능성은 희박하다. 특히 손상이 된다 하더라도 유입된 물과 반응하여 점착 및 팽창성능을 발휘해 손상부위를 스스로 치유하므로 연속된 방수층을 재 형성하여 누수를 효과적으로 차단한다.

## 4. 구조물별 적용 모델

### 4.1 터널 및 합벽 라이닝

#### 1) 시공방법

숏크리트-부직포-방수층-콘크리트 순으로 구성된 터널 또는 토류벽-부직포-방수층-외벽 순으로 구성된 콘크리트 구조물로 구체에서 방수층까지 천공·주입하여 손상된 방수층을 치유한다.

#### 2) 적용특성

고분자 수지를 라이닝 콘크리트 또는 외벽과 시트의 분리된 부분에 집중적으로 주입·충전시켜 누수를 차단하고 장기적 방수효과를 발휘할 수 있는 안정된 방수층을 형성시킬 수 있다. 주입과정에서 고분자 수지는 기 설치된 방수시트의 손상부위를 통과하여 방수시트와 부직포 사이에 충전되고, 부직포에 의해 고분자 수지가 그 이상 확산하는 것을 막게 되므로 유도배수의 본래 기능은 그대로 유지하면서 방수층을 재형성할 수 있게 된다.

### 4.2 지하 개착 구조물(지하철, 지하 터널, 공동구, 통신구 등)

#### 1) 시공방법

구조체-방수층-보호벽들 순으로 구성된 경우는 구체와 보호벽들 사이공간에 방수층을 형성시키며, 구조체-방수층-프로텍션 보드 순으로 구성된 구조물에 있어서는 조구체와 방수층 사이에 방수층을 형성시킨다.

#### 2) 적용 특성

지하철 또는 지하 차도 등은 이동 하중과 진동이 반복되어 방수층의 파단 및 들뜸이 가속되는 구조물이다. 종래에는 누수 발생시 주로 시멘트계 그라우팅, 에폭시 수지계, 발포 우레탄계 등의 접착경화형 재료를 누수 부위에 주입·충전시켜 누수를 차단해 왔으나, 구조체의 진동 및 거동에 적절히 대응하지 못하여 빈번히 재 누수를 발생시키게 되는 것이다. 이러한 단점을 보완한 고분자 수지는 구조체의 거동 및 진동에 유동적으로 대응하고, 주변 방수층의 추가적인 손상에도 자가 치유에 의한 누수차단 효과를 발휘하므로 장기적 내구성을 확보할 수 있다.

### 4.3 지하주차장 슬래브 및 외벽

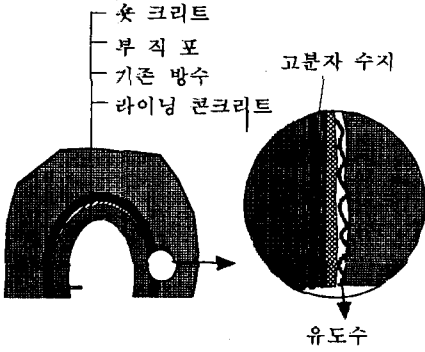
#### 1) 시공방법

슬래브 하단에서 기 설치된 방수층 전후까지 천공한 뒤 방수재를 충전하여 방수층을 재형성한다.

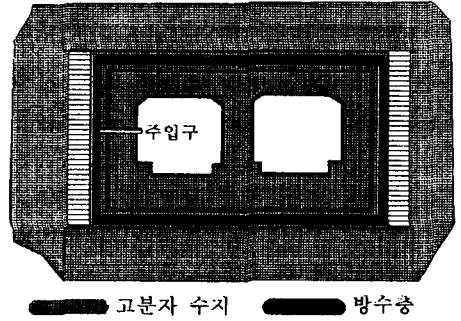
#### 2) 적용 특성

지하 구조물 슬래브 상부 및 외벽의 누수를 차단하기 위해서는 토사까지 천공하여 구조체의 배면으로 방수재료를 주입하는 공법이 유효할 것이다. 그러나 구조물의 배면에는 대부분

방수재와 구조체의 접착을 방해하는 습기, 토사 등의 이물질이 상존하고 있어 누름층 또는 외벽면과 완전한 접착이 이루어진 방수층을 형성하기가 어렵다. 따라서 이물질의 영향을 받지 않고 접착성능 및 방수성능을 유지할 수 있는 특징을 가지고 있는 고분자 수지를 슬래브의 크랙 및 공극 부위에 주입하여 안정된 방수층을 재형성할 수 있다.



<그림 4> 지하터널 구조물 시공도



<그림 5> 지하개착구조물 시공도

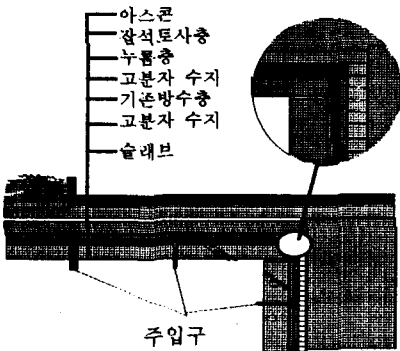
#### 4.4 옥상슬래브

##### 1) 시공방법

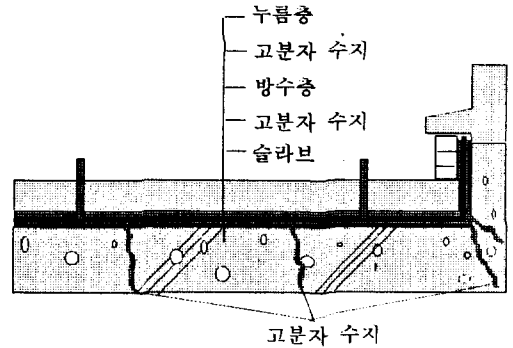
옥상 상부에서 누름층(단열층) 및 방수층까지 아래로 천공한 후 고분자 수지를 주입하여 기존 방수층을 치유 또는 재형성한다.

##### 2) 적용 특성

누름층 상부 및 보호 벽돌 표면을 천공한 후 고분자 수지를 주입하면 기존에 시공되었던 우레탄, 도막 방수재, 시트 방수재, 시멘트 액체 방수재 등의 무·유기 방수재료와 구조체 사이에 고분자 수지가 채워지게 되며, 동시에 균열이 발생한 부위를 충전하게 된다. 또한 고분자 수지는 누름층을 제거하지 않고 그 하부에서 안정적인 방수층을 형성하므로 태양열 및 온도, 비바람, 동결융해 등의 피해로 인한 보수 방수층의 성능저하를 줄일 수 있고, 누름 콘크리트의 거동에 따른 방수층 파단의 염려가 적다.



<그림 6> 지하주차장 시공도



<그림 7> 옥상 슬래브 시공도

## 5. 결 론

건설업 전반으로 고질적인 문제로 안고 있는 누수 문제의 해결에 대해 기술적으로 애로를 겪는 주요한 이유는 방수설계 단계에서부터 방수층의 누수에 대한 고려를 전혀 하지 않는 다는 것이다. 아무리 성능이 뛰어난 방수재가 개발되었다 하더라도 제품의 생산, 운반, 시공과정에서 그 성능을 계속적으로 확보할 수 있는 별도의 관리가 필요하며 이러한 기본적인 사항에 소홀하게 되면 이는 곧 누수로 직결되는 것이다. 이러한 사실과 본 논문에서 앞서 기술한 고정 집착방식의 기존 방수 및 누수보수재의 한계상황을 고려하면 보수개념을 동시에 도입한 방수설계는 실내환경의 쾌적성과 구조물의 장기내구성 측면, 특히 누수보수에 소요되는 막대한 보수비용을 감안할 때 필연적으로 요구되는 기술적 사항일 것이다.

따라서 이러한 기본적인 요구사항에 입각하여 본 연구소에서 개발된 누수보수재는 및 공법은 누수 발생시 천공·주입하는 간편한 시공방법으로 손상부위 및 배면에 직접적으로 방수층을 형성하여 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 개발되었다.

본 재료는 현재 일부 시공현장에서 실제 적용되고 있으며, 방수 및 누수보수효과에 대한 지속적인 관찰과 보완을 통하여 그 성능을 계속적으로 향상시킬 것이다. 또한 향후에는 본 재료에 대한 실험적 고찰을 통하여 그 성능을 객관적으로 평가해 보고자 한다.