

감리자를 위한 방수기술 자료(3)

# 누수균열 보수를 위한 원인 분석과 보수 재료 및 공법 선정 방법

- ISO TR 16475 지침 이해 -



오상근

서울과학기술대학교 주택대학원 원장 / 건축학부 교수

## 1. 서론

우리나라뿐만 아니라 세계적으로 대부분의 건축물 및 국가기반시설물(구조물)은 콘크리트로 축조되어 있다. 이러한 콘크리트 구조물의 장기적 안전성 및 내구수명에 가장 큰 영향을 미치는 결합 요소가 누수 균열이다. 누수균열은 보통의 건조균열과 달리 구조체 철근의 부식과 콘크리트의 침식에 직접적인 영향을 미치는 위험 요소이다. 따라서 콘크리트 구조물의 장기적 안전성과 내구수명을 지속적으로 유지하기 위해서는 반드시 누수균열을 보수 또는 보강하여야 한다.

이러한 누수균열 문제는 우리나라뿐만 아니라 국제적으로도 동일한 상황으로써 이를 보수하기 위한 노력으로 다양한 재료 및 공법이 적용되어 왔으나 그 효과가 만족스럽지 못하였고, 반복적인 재보수는 오히려 구조물의 안전성을 훼손하고 이로 인한 사회비용(보수비용)도 계속 증가하였다.

이러한 문제 해결을 위하여, 본고에서는 콘크리트 구조물에 있어서 균열 발생 이후에 나타나는 누수에 대하여 효율적으로 보수하기 위한 적정 보수 재료 및 공법을 선정하는 국제적 표준 가이드라인(ISO TR 16475, Guidelines for the repair of waterleakage cracks in concrete structures)과 KS F 4925(콘크리트 누수균열 보수용 주입재)를 소개한다.

ISO TR 16475는 콘크리트 구조물의 누수균열에 대한 환경 조건, 보수재료 및 공법의 종류, 보수재료의 요구 성능 및 평가 방법, 유지관리 이후의 검사 및 자료 구축 등 전반적인 사항에 대하여 국제적 실태 조사를 통하여 모든 국가가 공통으로 사용할 수 있는 기본적 지침서(Guidelines)이다. 이 지침서는 국제표준화기구의 콘크리트기술위원회 유지관리 분과(ISO TC 71/SC7)에서 제정한 것으로, 2005년 11월부터 우리나라의 전문가(서울과학기술대학교 오상근 교수)가 실무 작업반(WG)을 구성하여 6년간의 협의 과정을 거쳐 2011년 8월 1일 완성(출판)된 국제표준 문서이다.

### 1.1 누수균열의 정의

일반적으로 콘크리트 균열은 건조균열과 누수균열(표 1 참조)로 분류할 수 있다. 건조균열은 균열의 깊이, 폭 정도에 따라 콘크리트 구조물의 안전성 및 내구성에 영향을 미치고, 누수균열은 구조물의 안전

성 및 내구성뿐만 아니라 시설물(구조물)의 용도에 따른 관리상의 문제나 생활 속의 불편함을 주는 문제(사진 1 참조)도 함께 가지고 있다.

콘크리트 유지관리 분야에서는 이러한 누수균열을 보수하기 위하여 다양한 재료 및 공법을 사용하여 왔으나 그 효과가 만족스럽지 못하였고, 반복적인 재보수로 오히려 구조물의 안전성을 훼손하고, 사회비용(보수비용) 증가의 원인이 되었다.



(e) 건축 지붕 누수 (f) 지하 외벽

〈사진 1〉 구조물의 누수 현황 및 문제점

〈표 1〉 누수와 관련한 균열 폭 및 누수량

Crack width	Leakage amount
Stationary or Dormant Crack	-
Fine Cracks ≤2 mm(≤1/13 in)	Damp Surface
	Light seepage (1 l/min (1/4gal/min))
	Medium seepage >1 to 5 l/min ( >1/4 gal/min to 1 1/4 gal/min )
Medium Cracks >2mm to 6mm(>1/13 to 1/4 in)	Heavy seepage >5 to 10 l/min ( >1 1/4 gal/min to 2 1/2gal/min )
	Light flow >10 to 15 l/min ( >2 1/2 gal/min to 4gal/min )
Large Cracks >6 mm to 20 mm(>1/4 in to 10/13 in)	Medium flow >15 to 25 l/min ( >4 gal/min to 6 1/2gal/min )
	Heavy flow >25 l/min ( >6 1/2gal/min )

**Note** Each and every crack with in left column corresponds to all seven leakage amounts in the right column



(a) 구조체 침식 (b) 보호막감재의 탈락



(c) 전력구 누수 (d) 지하철 누수

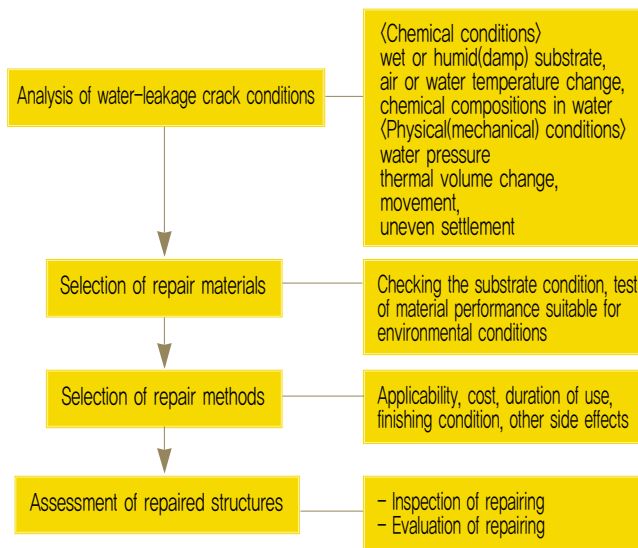
보수 실패의 가장 큰 원인은 누수균열은 건조균열과는 달리 상시 물(침입수, 습기)의 영향을 받고 있으며, 이뿐만 아니라 균열의 거동, 물의 성분, 수압 등 다양한 환경 요인이 복합적으로 작용함에 따라 보수재 및 공법이 이에 적절히 대응하지 못하였기 때문이다. 또한, 콘크리트 유지관리 전문가들에게 있어서도 누수균열에 대한 환경적, 공학적 지식 및 사용 보수 재료의 특성에 대한 이해 부족도 실패의 한 사례로 지적되고 있다.

따라서, 콘크리트 구조물은 국가적으로 유사한 공학적 특성(배합설계, 사용재료, 시공방법, 유지관리 등)을 가지고 있기 때문에 누수균열에 대한 접근 방향도 크게 다르지 않다는 판단하에 국제적으로 누수균열을 성공적으로 보수하기 위한 목적으로 누수 환경의 분석, 기존 재료 및 공법의 이해, 적정 재료 선정 및 평가 방법, 지속적 유지관리를 위한 공통의 지침을 마련하였다.

### 1.2 지침 적용의 범위

본 지침은 콘크리트 구조물에 있어서 균열 발생 이후에 나타나는 누수에 대한 효율적 보수를 위한 지침으로 균열 발생에 관한 일반적 원인에 대해서는 취급하지 않았다. 또한 균열의 형태상 폭, 길이, 깊이의 진행(성장)이 멈춘 상태에서의 누수 균열을 대상으로 하였으며, 성장균열에 대해서는 취급하지 않았다.

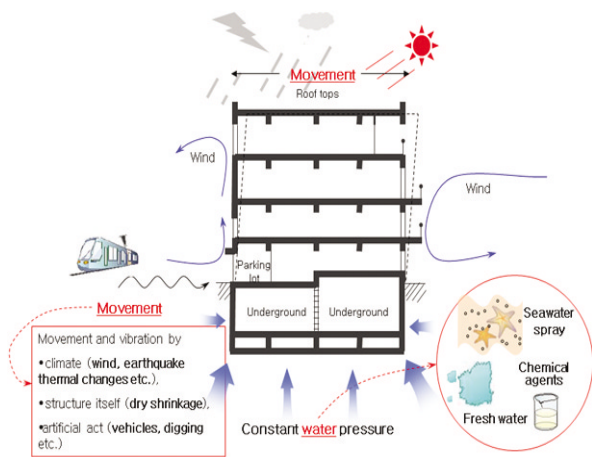
본 지침은 콘크리트 구조물의 지하, 지상, 실내 등에서 누수균열에 영향을 미치는 환경요인(화학적, 물리적 요인)을 분석하고, 누수보수에 사용되는 재료 및 공법의 종류, 보수기술(재료 및 공법)에 요구되는 성능, 효과적 보수를 위한 재료의 평가(선택) 방법, 시공 방법, 보수 공사의 안전성 확인 및 점검, 보수 후 유지관리 방법, 기록의 보존 방법 등에 관한 일반적 지침 사항을 규정한다. 누수균열의 유지관리 절차는 〈그림 1〉과 같다.



〈그림 1〉 누수균열 유지관리 절차

## 2. 누수균열에 미치는 환경 영향

누수균열은 상시 주변의 공기 온도 및 습도 변화, 물의 온도 및 성분에 의한 화학적 영향을 받으며, 온도 변화에 의한 구조체의 수축 및 팽창, 부등침하, 차량 진동에 따른 거동 등의 물리적 영향을 받고 있다. 〈그림 2〉에 누수균열에 미치는 환경적 영향을 화학적 요인과 물리적 요인으로 구분하고(2장), 이에 적합한 요구 성능(대응 성능)을 제시(3장)하였다.



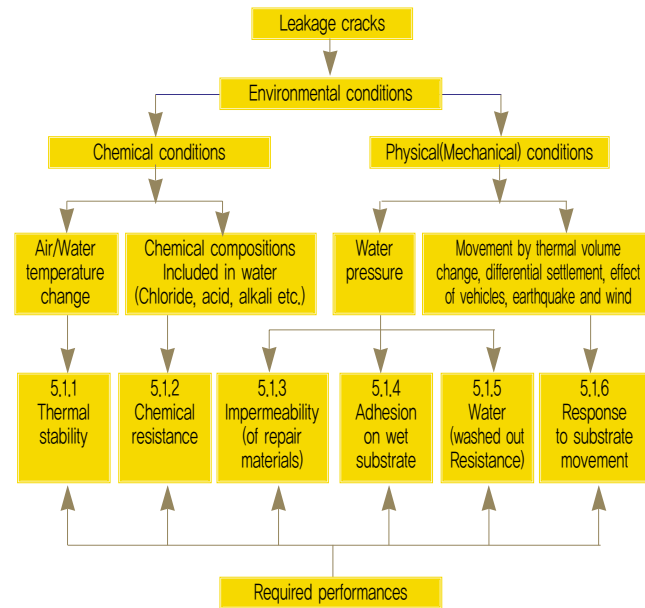
〈그림 2〉 구조물에 미치는 환경 조건

### 2.1 화학적 영향

누수균열에 미치는 화학적 영향이란 지하, 지상, 실내 등에서의 균열 주변에 존재하는 물 및 습기의 성분(산, 알칼리, 염분 등), 공기 및 물의 온도, 습도 등의 화학적 요인이 균열 및 보수재의 성능에 직접적으로 작용하여 보수재의 화학적 안전성, 부착 안전성, 수밀성, 온도 안정성을 저하시킨다.

### 2.2 물리적 영향

누수균열에 미치는 물리적 영향이란 지하, 지상, 실내 등에서 균열 주변에서 작용하는 온도 변화에 따른 구조체의 반복적 수축 및 팽창 작용, 부등침하 혹은 차량 진동에 의한 거동, 지하수의 수압 등 콘크리트 구조체와 균열, 보수재 사이에 작용하는 물리적 역학 작용으로 보수재의 부착 안전성, 파괴 저항성(거동 대응성), 찢김 저항성, 수밀성을 저하시킨다.



〈그림 3〉 누수균열의 환경 조건에 따른 요구 성능

## 3. 보수재료에 요구되는 성능

제2장의 환경 영향 요인에 대응하여 누수균열 보수재는 다음의 6가지 성능을 확보(만족)해야 한다.

### 3.1 화학적 영향에 대한 요구 성능

#### 3.1.1 온도안정 성능

보수재료는 고분자계 또는 무기질계로 조성되는 재료로서 고온 및 저온의 온도 변화에 따라 수축 팽창을 반복하며, 이러한 반복 운동에 따른 피로에 의해 성능이 저하될 수 있다. 따라서 누수균열 보수용 재료는 주변의 온도 변화 범위에서 장기적으로 대응할 수 있는 온도안정 성능이 요구된다.

#### 3.1.2 내화학 성능

구조물은 다양한 환경조건하에서 건설되어지며, 특히 지하구조물의 경우는 항상 지하수와 토양이 접하고 있어, 이에 혼입되어 있는 산, 알칼리, 염분, 유분 등의 화학 물질 및 콘크리트 표층부에 존재하는 수산화칼슘에 의해 화학적 침식을 받을 수 있다. 특히 공장지역, 해안지역에서는 이러한 화학적 침식이 가중될 수 있다. 따라서 누수균열 보수용 재료는 주변의 화학 물질에 의해 침식을 받았을 때 장기적으로 대응할 수 있는 내화학 성능이 요구된다.

### 3.2 물리적 영향에 대한 요구 성능

#### 3.2.1 수중 유실 저항 성능

누수균열 보수재는 액상 또는 겔 상태로 주입되므로 주입 이후 경화가 되기 전 혹은 경화 이후에 물에 의해 용해되거나, 유속에 의해 유실된다면 일정 두께를 확보할 수 없어 점차 보수 성능을 상실한다. 또한 이러한 보수재가 물에 의해 유실될 경우 수질 및 토질 환경에 오염을 끼칠 수 있다. 따라서 누수균열 보수용 재료는 지하수 혹은 침입수의 수압이나 유속에 의해 장기적으로 유실되지 않는 저항 성능이 요구된다.

#### 3.2.2 습윤면 부착 성능

누수균열은 항상 물과 접하고 있는 습윤 또는 수중 상태의 환경이다. 이러한 환경에서도 보수 시공 이후 보수재와 바탕체의 접착부에서는 물길이가 형성되지 않는 접착성을 유지하여야 한다. 즉 보수재는 젖어 있는 균열 바탕체 표면에서 양호한 접착성을 가져야 한다. 따라서 누수균열 보수용 재료는 젖어 있는 균열 바탕체 표면에서 시공 이후에도 장기적으로 부착성(습윤

면 접착 또는 점착) 성능이 요구된다.

#### 3.2.3 투수저항 성능(불투수성)

투수저항성은 누수 보수재의 가장 기본적인 물리적 성능으로 재료 자체의 불투수성을 의미한다. 누수균열 주변의 바탕체(콘크리트)는 상시 습윤 또는 수중 상태의 조건이므로 보수재료는 보수 시공이 완료된 이후에도 불투수성을 유지해야한다. 따라서 누수균열 보수용 재료는 주변의 수압 및 수량 변화에 의해 장기적으로 대응할 수 있는 투수저항 성능이 요구된다.

#### 3.2.4 균열 거동 대응 성능

누수균열은 주변의 온도 변화에 따라 수축 혹은 팽창을 반복하고, 철도 또는 교량 구조물, 발전실과 같은 구조물에서는 반복적 진동에 의한 거동 영향을 받게 된다. 이러한 거동은 균열 내부에 충전시킨 보수재를 압축 혹은 이완시키는 힘으로 작용하여 보수재에 피로하중을 가하게 되고, 심지어는 재료를 파괴시킨다. 또한 구조물의 부등침하나 주변 토사의 움직임에 의한 균열의 거동으로 보수재가 파괴된다. 이러한 보수재의 파괴는 재누수를 발생시킨다. 따라서 누수균열 보수용 재료는 균열의 거동시 파괴되거나, 찢어지는 현상이 없도록 장기적으로 유연하게 대응할 수 있는 거동대응 성능이 요구된다.

## 4. 기존 누수 균열 보수재료 및 공법

본 연구에서는 제2장 환경 영향에 대응하고, 제3장의 요구 성능을 만족하는 보수재료의 선정에 위한 기초자료로서 현재 사용되고 있는 보수재료와 공법의 종류와 문제점을 파악하였고, 그 내용은 아래와 같다.

### 4.1 보수재료

누수균열은 시멘트(그라우팅)계 주입재, 에폭시수지계 주입재, 우레탄수지계 주입재, 아크릴수지계 주입재, 합성고무계 겔 주입재 등을 이용하여 보수할 수 있다. 이들 누수 균열 보수를 목적으로 사용되는 보수 재료는 제3장에서 언급한 화학적, 물리적 환경 영향을 지속적으로 받으므로, 선정시에는 이에 대응할

수 있는 재료를 선택하여야 한다.

#### 4.1.1 시멘트계 주입재

시멘트계 주입재는 열팽창률이 콘크리트와 유사하고, 습윤상태에서도 접착성이 양호하여 누수균열 보수재로 사용되고 있다. 종래의 시멘트계 주입재는 미세한 결함(0.05mm 정도)에 주입이 어렵고 접착성이 낮아 적용에 어려웠으나, 최근 초미립자시멘트(최대입경 : 10μm 이하)와 폴리머디스퍼존을 혼합한 폴리머시멘트슬러리게 주입재의 개발로 균열폭 0.05mm의 결함에도 주입이 가능하다.

그러나, 시멘트계 주입재는 대체로 경질형 재료로 경화시의 건조 수축, 유연성 부족, 수중 불경화로 구조물의 거동 및 진동 영향시 균열 주입재가 파손되는 문제점을 안고 있어 사용에 충분히 유의하여야 한다.

#### 4.1.2 아크릴수지계 주입재

아크릴계 보수재는 아크릴산 중합체로서 공장에서 1성분형계 재료로 생산되며, 물과의 접촉 반응으로 젤리형의 점성을 가지며, 누수균열의 내부에서 물을 차단하는 효과가 있어 누수균열 보수재로 사용된다.

그러나 주입 이후 재료 강도가 약하여 균열 거동시 파기가 일어나는 문제 때문에, 거동이 큰 조인트 등에는 사용하지 않는다. 또한 습윤 상태의 균열 표면에서는 바탕체와 완전 밀착하는 성능이 약하여 처량 및 교량 등의 진동 균열, 수중 조인트 등에서는 사용을 권장하지 않는다.

#### 4.1.3 에폭시수지계 주입재

에폭시수지계 보수재는 아민과 폴리아마이드 등의 합성수지 성분으로 구성된 재료로서 주재와 경화제의 화학반응으로 고강도, 고접착 성능을 갖는 재료이다. 또한 흐름성이 좋아 균열폭 0.05mm까지 주입할 수 있어서 구조 보강 공사 등에 폭넓게 사용된다.

그러나, 사용되는 대부분의 에폭시수지는 균열 내부 혹은 주변 표면에 습기가 있을 경우 경화불량으로 부착되지 않거나, 열팽창계수가 콘크리트에 비하여 커서 균열 거동시 유연성이 부족하여 접착면 파기가 일어난다. 최근에는 습윤 경화형 에폭시수지의 개발로 콘크리트 공극 내에 잔여 습기가 있더라도 효과적

으로 부착되도록 하였다. 따라서 에폭시수지를 사용할 경우에는 현장의 수분 환경 조건을 분석한 후 접착성, 거동 대응성(유연성), 온도 변화 등에 적절히 대응할 수 있는 재료를 사용하여야 한다.

#### 4.1.4 우레탄수지계 주입재

폴리우레탄계 주입재에는 소수성의 팽창성 독립기포를 형성하는 발포형 재료와 친수성의 겔을 형성하는 응결형 재료로 구분된다. 폴리우레탄계 주입재는 일반적으로 누수가 심각한 균열의 틈새에 소수성 발포형 주입재를 충전시켜 물의 흐름을 일시적으로 차단시킨다.

이 재료는 어느 정도 스펀지형으로 유연성이 있어서 균열 폭의 거동에 대응이 가능하나, 발포체 내에는 많은 셀(기포)이 형성되어 균열 거동에 따라 발포체가 압축, 이완을 반복하여 주변의 물을 흡수, 발산하므로 보수효과는 지속적이지 못하다.

#### 4.1.5 합성고무계 겔 주입재

합성고무계 겔 주입재는 고무와 아스팔트 등의 고분자 수지와 벤토나이트 등 무기계 성분을 융합, 결합시켜 유연성 및 물과 접촉시 팽창하여 습윤면 부착이 가능하고, 균열의 거동에 대응할 수 있으며, 수중에서도 부착성을 유지하도록 개발된 재료이다.

그러나, 이 재료는 비경화형 유연성 재료이므로 수중에서의 유실 방지에 충분히 유의하여야 한다.

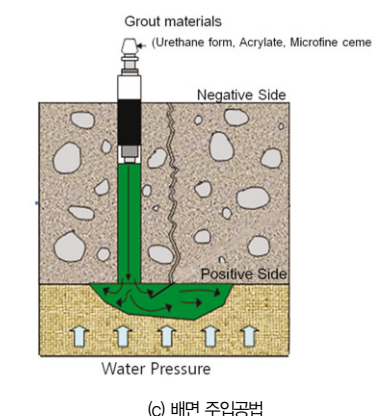
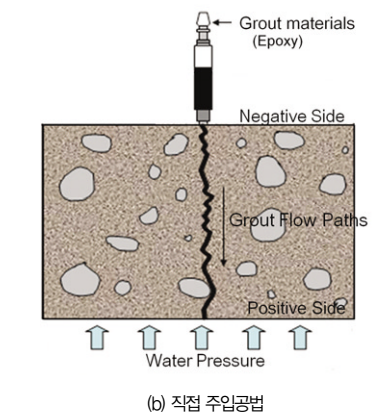
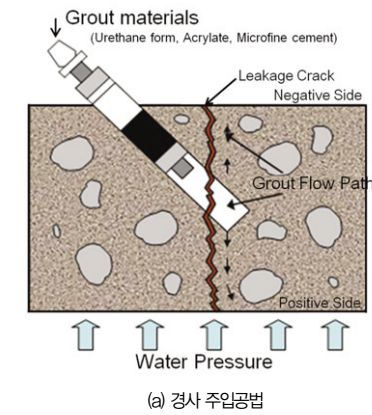
### 4.2 보수공법

누수균열 보수공법은 균열부 내부에 주입 충전 방법, 균열 표면부 충전 및 코팅 처리 방법, 멤브레인 보호막(도막 및 시트계 재료) 처리 방법, 기존 방수층을 활용하는 방수층 재형성 방법 등이 사용되고 있다. 이들 공법을 선정하기 위해서는 제3장에서 요구하는 성능의 재료를 사용하고, 시공성, 비용, 사용주기, 마감상태, 지속적 성능유지 등을 사전에 분석한다.

#### 4.2.1 주입 공법

누수균열 보수용 주입공법은 <그림 3>과 같이 경사주입, 직접주입, 간접주입으로 구분한다. 경사주입과 직접주입은 구조체 내부(균열 틈새)에 직접 보수재를 주입하여 누수를 차단하고,

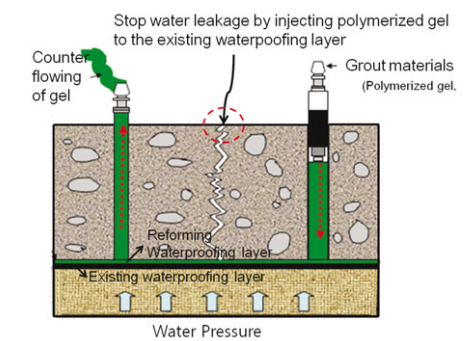
간접주입은 구조체 배면에 보수재를 주입하여 누수를 차단하는 공법이다. 그러나 경사주입공법이나, 직접주입공법은 보수재가 균열틈새에 완벽히 충전되지 않는 경우가 많고, 균열의 거동에 의해 주입보수재가 손상되는 사례가 발생하므로 시공 후 유지관리에 유의하여야 한다. 또한 배면 주입공법은 주입재가 완전히 경화되기 전에 유실되는 사례가 많고, 수직균열이 높은 벽체에서는 배면 상부까지 충전되지 않으므로 재료 손실이 커, 주입효과가 작다.



<그림 3> 누수균열 보수 주입공법

#### 4.2.2 방수층 재형성 공법

방수층 재형성 공법은 <그림 4>와 같이 구조체와 기존의 방수층(멤브레인 방수) 사이에 보수재를 주입하여 방수층의 성능을 회복시켜, 누수를 차단한다. 기존의 방수층이 없는 구조물의 경우에는 구조체 외부 배면의 토사층에 폴리우레탄 폼재 혹은 시멘트 그라우팅재 등의 경질경화형 주입재를 선 주입하여 차수층(막)을 형성시키고, 그 차수층과 구조체(콘크리트)의 틈새에 보수재를 2차 주입하여 누수를 차단한다.



<그림 4> 누수균열 보수 방수층 재형성 공법

## 5. 보수재료의 평가 및 품질기준

누수균열의 다양한 환경조건에 대응하고, 성공적인 보수 효과를 얻기 위해서는 제4장의 보수재료 및 공법은 반드시 제3장의 요구 성능을 만족하여야 한다. 그러한 성능을 확보한 보수재료 및 공법을 선정하기 위해서는 다음의 시험 평가 방법(KS F 4925)을 이용하여, 관련 품질 기준(KS F 4925 참조)에 적합한지를 확인하여야 한다.

### 5.1 보수 재료 평가

#### 5.1.1 온도안정성 평가

- (1) 목적 : 누수균열 보수용 재료가 균열 주변의 물 혹은 공기의 온도변화에 대해 장기적으로 안정적 성능을 유지할 수 있는지를 확인한다.
- (2) 평가 : 저온 및 고온 환경에서 수차례의 사이클 시험을 실

시하고, 사이클 시험 후 물이 새는지의 유무를 확인하여 투수 저항성을 판단한다. 온도안정성은 5.2의 품질기준에 따른다.

### 5.1.2 내화학적 평가

- (1) 목적 : 누수균열 보수용 재료가 균열 주변의 화학물질에 의해 침식을 받았을 때 장기적으로 성능을 지속할 수 있는지를 확인한다.
- (2) 평가 : 산, 알칼리, 염화나트륨 등에 침지시킨 시험체의 중량이 감소하지 않은 것을 내화학적성이 있다고 판단한다. 중량변화가 작을수록 적합한 재료로 판단하며, 중량변화율은 5.2의 품질기준에 따른다.

### 5.1.3 투수저항성 평가

- (1) 목적 : 누수균열 보수용 재료가 균열 주변의 수압에 의한 물리적 영향이 작용할 때 안정된 투수저항성(불투수성)을 유지할 수 있는지를 확인한다.
- (2) 평가 : 누수 보수재를 주입한 시험체에 일정 시간 동안 일정 수압을 가하여 투수되지 않거나 투수량이 적을수록 적합한 재료로 판단한다. 투수 저항 성능은 5.2의 품질기준에 따른다.

### 5.1.4 습윤면 부착 안정성 평가

- (1) 목적 : 누수균열 보수용 재료가 젖어 있는 균열 내부의 콘크리트 표면에서 장기적으로 견고히 부착(접착 또는 점착)하는 성능을 유지할 수 있는지를 확인한다.
- (2) 평가 : 시험체가 누수 보수재와 탈락하지 않거나, 장시간 부착되어 있을수록 적합한 재료로 판단하며, 습윤면 부착 안정성은 5.2의 품질기준에 따른다.

### 5.1.5 유실저항성 평가

- (1) 목적 : 누수균열 보수용 재료가 지하수, 침입수의 수압 및 유속에 의해 유실되지 않고, 장기적으로 성능이 지속할 수 있는지를 확인한다.
- (2) 평가 : 시험체(주입재)에 일정 시간 동안 유속을 가하여 시험 전·후의 중량 변화율을 측정하여, 중량 변화가 작을수록 적합한 재료로 판단하며, 중량변화율은 5.2의 품질기준에 따른다.

### 5.1.6 구조물 거동 대응성 평가

- (1) 목적 : 누수균열 보수용 재료가 빈번히 발생하는 균열 주변의 온도 변화에 의한 수축 팽창 작용이나, 주변에서의 구조체 거동(부등침하, 차량 진동 등) 영향에 파괴되지 않는 성능을 확인한다.
- (2) 평가 : 일정 폭의 틈새(균열)를 유지한 시험체에 보수재를 주입한 후, 일정한 거동 폭과 거동 수를 반복하여 재하한 후 투수시험을 통하여 투수되지 않거나 투수량이 적을수록 적합한 재료로 판단한다. 구조물 거동 대응 성능은 5.2의 품질기준에 따른다.

## 5.2 보수 재료의 품질기준

제4장의 보수재료 및 공법은 제3장의 요구 성능을 가져야 한다. 현재 사용되고 있거나, 향후 개발되는 재료에 대해서는 제5장 5.1의 평가를 통하여 Table 1의 품질기준을 만족하여야 한다. 본 품질기준은 현재 사용되고 있는 재료들을 대상으로 평가한 자료를 근거로 작성된 것이다.

〈표 2〉 누수균열 보수재의 품질 기준(KS F 4925)

Performance items	Standards of quality	Related test methods
thermal stability	do not allow water penetration after being effected by thermal change	5.1.1
chemical resistance	Acid	allow a rete of weight change of -0.1% or less
	Alkali Sodium chloride	
Watertightness	do not allow leakage under applied water pressure	5.1.3
adhesion on wet substrates	hold the two mortar pieces together for 60 second or more	5.1.4
water(wash out) resistance	allow a rete of weight change of -0.1% or less	5.1.5
response to substrate movement	do not leak under stress due to moving substrate	5.1.6

## 6. 보수부위의 성능 검사

### 6.1 보수공사 검사

누수균열 보수 공사를 성공적으로 수행하기 위해서는 공사 준

비 과정, 시공 과정 또는 시공 완료한 후 누수차단 효과의 확인 등 해당 보수공사가 소정의 목적대로 이루어지고 있는지 또는 이루어졌는지를 먼저 육안으로 확인한다. 누수보수는 비교적 외관 검사로 그 효과를 쉽게 확인할 수 있지만, 내구성 향상 등을 목적으로 한 보수의 경우에는 그 효과 확인이 쉽지 않다. 따라서 작업시의 사용 재료, 배합비, 시공 기간, 품질관리 방법 등에 대한 기록을 확인하고, 향후의 유지관리를 위한 자료로써 전체적 마감 상태를 사진으로 촬영하여 기록한다. 누수균열의 보수효과는 보수재가 누수균열 내부에 장기간 양호하게 부착 또는 충전되어 있어야 함이 중요하다. 이를 평가하기 위하여 필요시 성능 평가 시험도 시행하여, 확인하여야 한다. 평가 시험 방법에는 가스 압력 누수 진단법, 빗물 또는 비눗물 누수 측정법 등을 활용한다. 또한 대규모 혹은 주요 구조부(교각, 기둥, 벽, 보 등)에서의 누수균열 보수 공사는 구조상 문제가 되지 않는 범위(개소)를 대상으로 작은 직경의 코어를 채취하여 보수효과를 확인한다.

### 6.2 보수공사의 평가

누수보수 결과에 대한 최종의 평가는 누수 현상이 없음을 확인하는 것이다. 그러나 누수균열 보수공사가 완료된 시점에서 그 효과를 평가하여 결론을 내리기에 많은 어려움이 따른다. 평가 결과, 설계 및 시공의 오류를 발견하거나, 성능 및 효과가 충분하지 못할 경우에는 그것을 처리하고, 재시공을 하여야 하는 문제도 발생한다. 이는 관리상으로는, 경제적으로 큰 손실을 가져다주며, 오히려 보수 자체에 대한 신뢰도를 떨어뜨린다. 따라서 이와 같은 시행착오를 줄이기 위해서는 보수를 요구하는 구조물의 환경조건의 분석, 적절한 보수 재료 및 공법 선정, 시공 및 품질관리(시험계획서 포함) 계획, 지속적 유지관리 계획 등이 사전에 시스템적으로 검토·보완되어야 하며, 특히 보수 작업 과정에서의 품질관리가 수시로 이루어져야 한다.

## 7. 자료의 기록 및 보관

누수 보수공사를 완료한 후에는 결함의 조사 방법, 결함 발생의 원인 추정과 보수 필요 여부의 판정 경위, 보수 설계서, 보수재

료의 선정 방법, 보수공사 및 평가에 대한 기록, 유지관리 계획서, 최종 평가 결과의 기록물 등 관련 자료를 보존한다. 이는 해당 구조물에 대한 장기적 안전관리 차원에서 반드시 필요한 자료이며, 기타 다른 구조물에서의 누수 보수 공사를 위한 참고 자료로도 활용한다. 보존 자료의 종류는 다음과 같다.

- a) 보수이력서(년, 월, 일)
- b) 누수균열에 대한 정보
- c) 보수재료에 대한 정보
- d) 보수공법에 대한 정보
- e) 보수결과에 대한 정보
- f) 보수공사 시점의 기후에 대한 정보
- g) 보수재료 품질 시험에 대한 정보
- h) 기타 필요한 사항

## 8. 결 론

대부분의 건설현장에서 누수문제를 경험하고 있으며, 그것을 해결(민원 처리)하기 위한 노력과 분쟁 또한 많은 실정이다. 본 지침은 콘크리트 구조물의 누수균열 보수를 합리적으로 시행하기 위하여, 누수균열 보수설계(안전 진단 기술자 등) 및 시공에 있어서 설계자, 시공자가 누수균열의 환경조건을 이해하고, 그에 적합한 재료 및 시공 방법을 선정하기 위한 자료이다. 단, 본 지침의 범위에 속하지 않은 누수균열 보수재의 품질 기준, 품질 시험 방법에 대해서는 향후 본 지침의 개정 및 보완 과정에서 반영될 수 있도록 연구 중이며, 후속적으로 이에 대한 연구를 수행중에 있다.

(ohsang@seoultech.ac.kr)