



콘크리트 구조물의 누수와 최근의 보수방법

Leakage of Water on Concrete Structures and Recently Repair Methods

송병창 Byung-Chang Song
(주)아키벤 대표이사

1. 머리말

콘크리트는 잘 알려져 있는 바와 같이 비교적 고밀도의 다공체이기는 하나 구성소재와 배합비의 다양성 때문에 콘크리트 내부에는 최소 약 $2 \times 10^{-3} \mu\text{m}$ 에서 최대 약 $500 \mu\text{m}$ 까지 다양한 크기와 형상을 가진 공극이 존재하거나 또는 갇힌 공기에 의한 큰 공극이 있을 가능성이 있다. 또한, 이러한 내부공극은 서로 연결되어 물이 이동할 수 있는 경로를 제공하는 특성을 가지고 있으며, 주로 시멘트와 골재 그리고 물을 사용하여 만드는 콘크리트에는 시멘트의 수화 초기부터 장기에 걸친 물의 증발과 건조, 시멘트의 수화팽창이나 수축응력을 구속하는 골재의 종류(주로 탄성계수의 차이), 양생조건에 따라 발생하는 건조수축에 의한 균열이 발생하여 누수경로를 제공한다. 그러나 시시각각으로 변화하는 환경의 영향을 직접 받는 건설현장에서 만들어지는 콘크리트의 특성을 감안하면 장기간 누수가 되지 않는 수밀한 콘크리트를 타설하는 작업은 상당히 어려움이 따르므로 실제 현장에서는 이와는 별도로 균열을 제어하는 신축이음을 만들거나 신축 이음의 변형을 흡수할 수 있는 지수판의 설치, 또는 구체 방수재나 시트계열, 도막계열, 규산질계 방수재 등을 사용하여 콘크리트의 수밀성을 향상시킬 수 있는 조치를 병행하여 누수 문제에 대응하고 있다. 다만, 콘크리트 구조체에 대한 일반적인 기대수명과 비교하면 상기와 같은 다양한 누수방지 대책들의 발취수명이 대체로 짧기 때문에 구조체 사용

기간 중에 반드시 누수가 발생하여 미관을 해치거나 생활상의 불편을 초래함은 물론 구조체의 내구수명에도 크게 영향을 미치므로 누수결함을 보수할 수 있는 대책을 수립할 필요가 있다.

본 고에서는 콘크리트 구조물에서의 누수문제를 해소하기 위해 실시하고 있는 최근의 다양한 방법들을 소개하고자 한다.

2. 지상 구조물의 누수보수 기술의 현황

2.1 옥상(또는 지붕)

지상 콘크리트 구조물의 옥상은 항상 외기에 노출되어지는 장소로 환경, 특히 기온이나 열 등과 같은 기상 변화의 영향을 직접 받으며 누수결함이 발생하는 원인도 주로 이와 관계하며, 국내에서는 이를 감안하여 신축시 방수층 상부에 보호 누름(콘크리트)을 설치하는 비노출 공법을 주로 적용하고 있다.

현재, 국내의 옥상에서 주로 발생하는 누수결함의 대표적 사례 즉, 건물 가장자리(파라펫 부위)와 드레인 주변의 누수를 다음 <사진 1>에 나타내나 전자의 경우 <그림 1>에서와 같은 외기온 변화에 따른 방수 누름(콘크리트)층의 신축거동에 따른 하중의 파라펫으로의 전이, 후자의 경우 <사진 2>와 같은 드레인 주변부 방수 누름(콘크리트)층의 동해 등을 주요 원인으로 들 수 있으나 보호



(a) 옥상 가장자리 누수 (b) 우수 드레인 주변 누수

사진 1. 옥상에서의 대표적인 누수사례

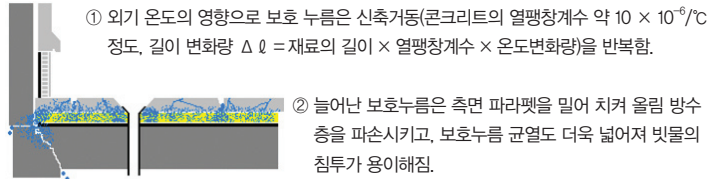


그림 1. 옥상 가장자리 누수의 원인(예)



(a) 드레인 주변 누름층 동해 (b) 누름층 하부 물고임

사진 2. 우수 드레인 주변부 누수사례

누름(콘크리트)층에서 발생한 균열을 관통 또는 침투·확산하여 콘크리트 내부에 축적되거나 하부로 이동해 방수층 상부에 고인 빗물(특히 산성우)이 가장 큰 영향(방수층의 내수성 저하, 동결 등)을 미치는 것으로 추정된다. 따라서 누수결함을 보수할 경우 상기와 같은 보호 누름(콘크리트)층이 함유하고 있는 빗물의 제어를 필수적으로 검토할 필요가 있다.

한편, 누수결함을 보수하는 방안으로 누수부분의 전체 옥상바닥 면적 대비 비율이나 구조물의 경과년수에 따라, 또는 <표 1>과 같은 누수경로 조사방법(실제로는 다음

표 1. 누수경로 조사방법의 예

종별	옥상 부위		외벽 부위	평가
	입면	평면		
시트양생	○	×	×	원시적인 방법이나 종래부터 사용되어온 적용하기 쉬운 방법. 일정기간을 보내고 경과를 관찰하며, 관찰 조건을 적절하게 설정하는 것이 효과를 얻을 수 있다.
산수(散水)·주수(注水)	△	○	○	
국부파괴	○	△	△	
적외선장치	×	○	○	
가스압입법	◎	◎	◎	
특수검사액법	◎	◎	◎	사전조사와 경험·지식이 요구됨.

[범례] ◎:적절하다, ○:적절한 경우가 있다, △:극히 일부에 적절하다, ×:적절치 않다.

<그림 2>에서와 같이 슬래브의 철근 콘크리트에서 발생하는 균열의 특성상 정확한 누수경로의 추적이 어려움.)들을 사용하여 부분적이거나 전면적인 보수로 구분 적용할 수 있으며, 보수 공(구)법으로는 <그림 3>과 같은 다양의 조합의 것들을 고려할 수 있고, 현재 개발·적용되고 있는 보수 공(구)법의 대표적 사례를 <표 2>에 나타내었다.

2.2 외벽

콘크리트 구조물 외벽에서의 누수는 <그림 4>에서와 같이 대부분 인장 철근보강이 부족한 창틀 하부 균열이나 건조수축 균열에서 발생하며, 빗물이 직접 유입되거나 또는 실내·외 온도나 습도차이에 기인한 결로의 형태로 나타난다. 보수방법으로는 외벽의 실외부에서 콘크리트 균열의 온도변화에 따른 신축거동 추종성을 향상시키기 위해 균열 표면에 깊이 약 5mm 정도로 V 또는 U자로 컷팅 후, 탄성 실란트로 충전하여 그 위를 수밀 탄성을 기대할 수 있는 후막의 탄성 도장재로 도포한다. 실내부에서는 단열성을 기대할 수 있는 우레탄 폼 등과 같은 발포체를 균열

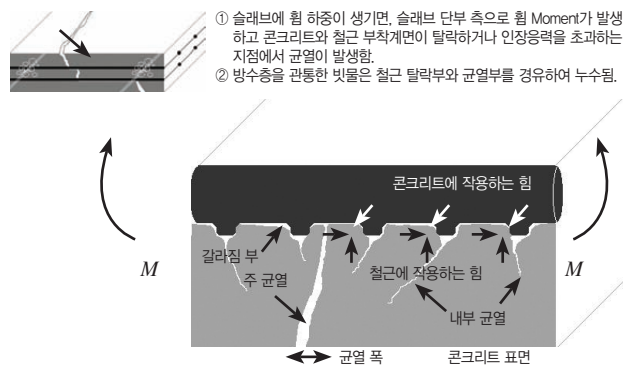


그림 2. 슬래브 철근 콘크리트의 균열 발생

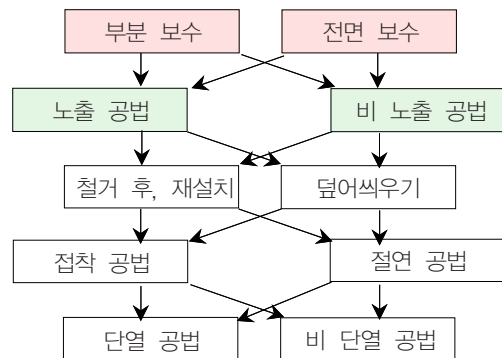
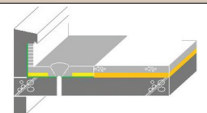
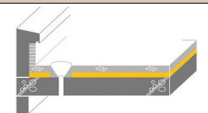
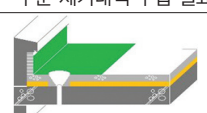

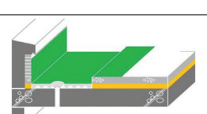
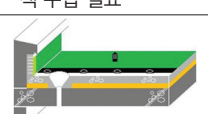
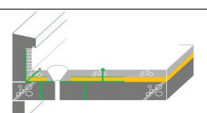
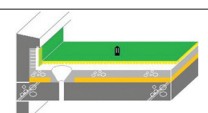


그림 3. 옥상 누수보수 방법의 종류

표 2. 국내적용 보수 공(구)법의 대표적 사례

구분	부분보수 공(구)법	전면보수 공(구)법
철거 후, 재설치  	- 부분철거 후, 방수→단열 →보호 누름 재설치 - 기존 보호누름 하부 함유 수분 제거대책 수립 필요	- 전면철거 후, 방수→단열 →보호 누름 재설치 - 철거에 따른 슬래브 구조 균열 발생여부 확인 필요
기존 누름 위, 덮어씌우기  	- 기존 보호누름 하부 함유 수분 제거대책 수립 필요	- 기존 보호누름 내부 및 하부 함유 수분 제어 대 책 수립 필요
기존 누름 위, 덮어씌우기 (통기절연 공 법)  	- 통기 절연용 방수기반재(개량아스팔트계열, 합성고분 자계열, 금속계열 시트, 또는 요철패널 등)위, P.C.M(폴리머 혼입 무기질계) 또는 도막계열 방수재 복합	- 통기 절연용 방수기반재(개량아스팔트계열, 합성고분 자계열, 금속계열 시트, 또는 요철패널 등)위, P.C.M(폴리머 혼입 무기질계) 또는 도막계열 방수재 복합
 	- 특이:배면주입 충전재 사용	- 단열재 사용 통기 공법

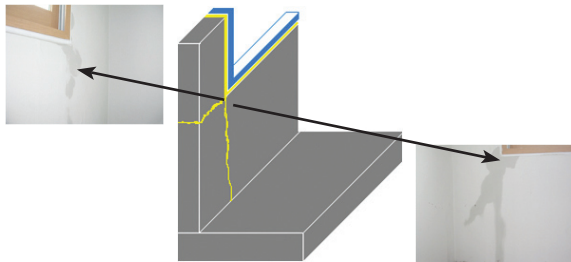


그림 4. 외벽에서의 누수결함 발생의 예

내부에 주입, 봉합하여 열교현상을 막을 수 있도록 보수 조치를 취할 필요가 있다.

2.3 실내

화장실, 발코니 등 물을 사용하는 실내에서의 누수는 다음 <사진 3>과 같이 주로 콘크리트 슬래브와 일체로 타설된 방수 턱 없이 조적 등으로 공간을 구획한 벽체 하부(슬래브 표면) 틈새를 경유하여 거실 바닥에 발생한 균열을 관통, 또는 배관 슬래브와 콘크리트 슬래브와의 틈새



(a) 화장실을 경유한 하부층 거실천정 누수 (b) 배관 슬리브 틈새를 관통하는 천정 누수

사진 3. 실내바닥에서의 누수사례

를 관통하여 누수되는 사례가 많다. 보수 방법으로는 이전부터 계속 사용한 타일 등 바닥 마감재를 철거(부분, 또는 전면)한 다음, 기존 방수층을 직접 보수하는 방법이 있으나 보수 작업이 누수에 의해 생활상의 불편을 호소하는 공간이 아닌 상부층에서 이루어져야 하기 때문에 보수 작업을 실시함에 있어 많은 어려움이 따른다. 따라서 이런 문제를 해소하기 위해 최근에는 <그림 5>와 같이 슬래브를 관통하는 구멍을 낸 다음, 주입구(픽커 등)를 설치하여 이를 통해 우레탄, 에폭시 등 수용성의 합성수지계열, EVA 고무 아스팔트 등 합성고무계열 또는 초미립 시멘트나 벤토나이트 등을 주성분으로 하는 무기질계열, 특히 최근에는 다음 <표 3>과 같은 고흡수·팽윤성 폴리머(super absorbent polymer; 이하 SAP)로 알려진 주입 충전재를 압입하여 틈새부에 새로이 방수층을 형성시키는 배면주입 누수보수 방법을 개발, 적용하기 시작하였다.

상기, SAP를 사용한 누수보수공법과 세계적으로 주류를 이루고 있는 폴리아크릴산염계의 수지(중합성과, 가격 및 공급안정성 등이 뛰어난.)를 대상으로 보다 상세히 기술하면, 기본적으로 중합은 식 (1)과 같이 개시제에 의해 라디칼이 생성되고, 이 라디칼에 의해 연쇄적, 또는 <그림 6>의 (a)~(d)와 같이 ① 개시반응, ② 성장반응, ③

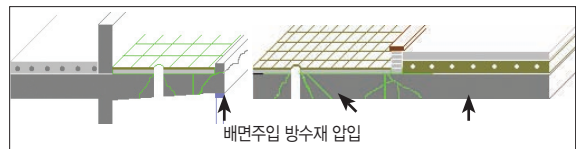


그림 5. 실내바닥에서의 누수 보수방법의 예

표 3. SAP의 대표적 사례

종류	분류	대표적 제품
합성 폴리머계	음이온(anion)계	폴리아크릴산염, 폴리술폰산염 등
	양이온(cation)계	4급암모늄염, 폴리에틸렌아민 등
	비 이온(nonionic)계	폴리비닐알코올, 폴리아크릴아마이드, 폴리에틸렌글리콜 등
천연물 유래계	폴리글리타민산계, 폴리아스파라긴산계 등	

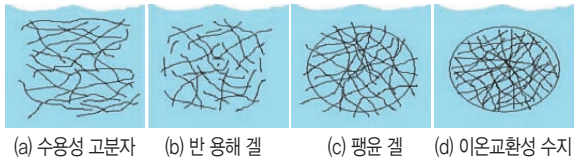
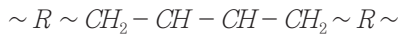
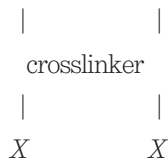
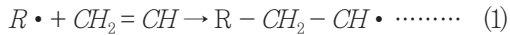


그림 6. SAP의 가교에 의한 변화

정지반응, ④가교반응(식 (2) 참조)의 순서로 수용성 수지를 3차원 망상가교하여 가면, 가교밀도가 높아지고 고분자의 성질이 수용성으로부터 수 팽윤성(흡수성) 및 수 불용성으로 변화한 다음 최종적으로 점탄성 거동을 하는 고분자 겔(gel)을 형성한다.



상기와 같이 형성된 SAP가 물과 접촉하면 다수의 이온기(⊖)를 가진 폴리머의 분자사슬이 펼쳐짐과 동시에 폴리머 내부의 이온 농도가 외부의 물보다 높기 때문에 침투압에 의해 물이 수지내부로 흡수되기 시작하며, 폴리머의 분자사슬은 더욱 펼쳐져 더 많은 물을 흡수한다. 그러나 어느 정도(최초 폴리머 체적의 약 3배정도)펼쳐지면 더 이상 펼쳐지지 않고 다음 <그림 7>과 같이 그물과 같은 상태가 된다. 또한 이 폴리머 분자사슬 속에 갇혀진 물은 수소결합이나 Van der Waals Force 등에 의해 장기간 SAP의 내부에 잔류하게 된다.

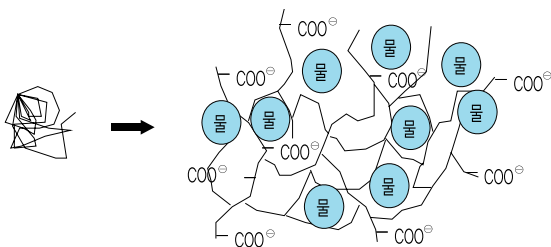


그림 7. SAP의 3차원 망상가교 구조(모식도)

3. 지하 구조물의 누수보수 기술의 현황

3.1 천정

조경 식재나 시설물 등을 설치하는 지하구조물 천정에 서의 누수사례는 <사진 4>와 같으며, 연속 콘크리트 슬래브의 경우 천정에 걸쳐 발생한 균열, 합성 슬래브의 경우 보위, 치켜 올림 모서리를 중심으로, 혹은 전기나 통신 설치물 주변에서 누수결함이 주로 발생하는 것을 알 수 있다. 원인으로는 방수층이 항상 물과 접촉하고 있는 장소로 인한 내수성 결여, 또는 누름 하중에 의한 방수층의 압축변형에 따른 파손 등을 생각할 수 있다.

보수방법으로는 지반에 매몰되어 있는 장소로 전면, 또는 부분철거 후 보수는 사실상 어려우므로 <사진 5>에서와 같이 수용성의 우레탄계열이나 에폭시계열의 균열 주입재로 균열을 충전하는 방법, 최근에는 2.3에서 기술한 SAP 배면주입 충전 방수재를 슬래브 상부와 기존 방수층(또는 누름층) 사이에 주입하여 신규 방수층을 만드는 배면주입 보수공법이 주로 사용되고 있다.

3.2 벽체

지하 구조물 벽체에서의 누수사례는 <사진 6>에서 보는 바와 같이 주로 벽면 외방수를 하지 않은 콘크리트 이



사진 4. 지하구조물 천정에서의 누수사례

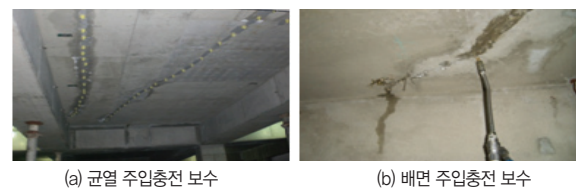
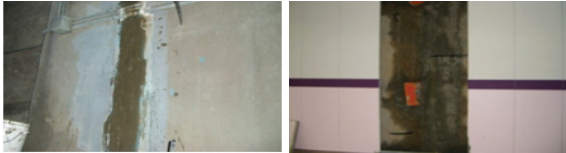


사진 5. 누수 보수방법의 예



(a) 콘크리트 이음타설 누수



(b) 신축이음에서의 누수

사진 6. 지하구조물 외벽에서의 누수사례

음타설 조인트, ExP, 조인트 등을 관통해 누수결합이 발생하며, 원인으로는 지하수위 상승에 따른 수·토압의 가압에 의해 발생하는 것으로 추정된다.

보수방법으로는 3.1에서 기술한 균열을 주입 충전하는 방법, 최근에는 2.3에서 기술한 SAP 배면 주입충전 방수재를 구조체 배면, 즉, 지반면이나 슬러리 월 표면과 지하외벽의 외부 표면과의 틈새에 주입하여 방수층을 만드는 배면주입 방수보수공법이 주로 사용되고 있다.

3.3 바닥

지하구조물 바닥 누수사례는 <사진 7>에 나타난 바와 같이 여기에서의 누수도 구조물의 종별에 따라 다소 차이는 있으나 3.2에서와 같이 주로 바닥 기초판 외방수를 하지 않은 구조물에서 기초판 콘크리트 타설 이음 조인트나 기초판 표면에서 연결 타설되는 외벽의 하부 틈새를 경유한 수압에 의해 지하수가 표면으로 이동한 결과이다. 따라서 보수하는 방법도 일반적으로 기초 바닥판(MAT)의 두께가 최소 80cm 이상이 되고, 물의 이동 경로도 철근 표면 등과 같이 복잡하므로 2.3과 3.2에서 기술한 방법의 적용이 용이하지 않아 현재로는 다음 <사진 8>과 같이 기존 기초판 위, 보호 누름(콘크리트)층을 전부 걷어 낸 다음 배(통)수관을 깔아 집수정 등으로 유도하여 처리하는 많은 시간과 노력이 필요한 방법을 사용하고 있다.



사진 7. 지하구조물 바닥에서의 누수사례



사진 8. 바닥에서의 누수보수 사례

4. 맺음말

콘크리트 구조물은 수밀구조이기는 하나 재료특성이나 시공 상 필연적으로 발생하는 연속된 공극이나 균열 등에 의해 누수가 발생한다. 특히 구조물 준공과 함께 매몰되어지는 지하 구조부에서의 누수는 보수가 용이하지 않기 때문에 보다 수밀한 콘크리트의 타설, 균열발생을 집중시켜 수밀성을 향상시키는 균열유발줄눈의 설치, 콘크리트 타설 이음부에서의 지수처리 및 급격한 건조가 생기지 않도록 습윤 양생처리를 할 수 있도록 품질을 관리함은 물론, 수압측에도 반드시 내수성, 또는 내압성 등 장기 내구성을 보장할 수 있는 방수층을 설치할 필요가 있다. ☑

담당 편집위원 : 이한승(한양대학교) ercleehs@hanyang.ac.kr

참고문헌

1. '콘크리트의 수밀성과 콘크리트 구조물의 수밀성 설계', 村田二郎著, 技報堂出版, 2002. 05.
2. '콘크리트의 균열, 원인과 방지대책', 秋山文生外, 建築技術, 2003. 03.
3. 송병창, '습식공사 방수 시공기술도해', 미정방수조적공사업협의회, 2009. 09.
4. 新素材, 新材料のすべて: 新素材, 新材料のすべて編輯委員會, 日刊工業新聞社, 2006. 09.
5. '高分子ゲル', 吉田 亨著, 共立出版, 2005. 09.



송병창 박사는 동경공업대학교에서 건축용 고무계 재료의 오존열화예측 연구로 박사학위를 취득하였고, 이후 대한주택공사(현 LH공사) 책임연구원을 거쳐 현재 (주)아키벤과 (주)아키벤이엔씨를 운영하고 있다. 주요 연구 분야는 콘크리트구조물의 내구성, 방수 등 유지관리 등이다.
bcsong@archiven.co.kr