

우리나라 주입방수의 발전과정

2021. 6. .

참고자료

사실조회 회신서(2021. 5. 31.) 한국기술사협회 부산지회
정관 동원로얄듀크 하자보증금소송 관련 주입방수 관련자료 회신

사실조회 회보서(2014. 8. 10.) 한국건축시공학회
롯데캐슬골드 2단지 손해배상소송 관련 주입방수 관련자료 회신

영국의 Rapra Technology Limited.의 Jack Buist 박사의
논문 Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethanes(우레탄의 가수분해)

한국시설안전공단 회신공문 (2014. 4. 11.)
콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문시방서의 유효성에 대한 회신공문

국토교통부 회신공문 (2017. 8. 10.)
콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문시방서의 유효성에 대한 회신공문

기타 ; <http://blog.naver.com/crosstyle/50003244452>

주식회사 슈퍼크랙실 방수연구소

우리나라 주입방수 공법(기술)의 발전과정

우리나라의 전국에 아파트단지 수는 약 15,000 여 단지 정도 된다.

전국 아파트의 지하주차장에서 물이 새는 곳은 15,000여 단지중 누수정도의 차이는 있겠지만 그 중에서 99%가 물이 샌다. 또한 방수공사를 한번도 시행하지 않은 누수 단지는 거의 없다. 그리고 아파트 지하주차장 방수공사의 경우에만 존재하는 특이한 사항은 살고 있는 아파트의 지하주차장 방수공사에 관한 발주자 측과 시공사 측의 생각을 정리해 보면, 공사를 발주하는 측은 방수 공사를 해도 오래가지 않고 재누수가 발생할 것으로 알고 있고, 시공하는 측에서도 자신들이 공사를 하더라도 재누수될 것을 알고 있음에도 불구하고 발주와 수주를 반복하는 합리적이지 못한 관행이 현재도 계속되고 있다.

이러한 현상이 일반화 된 것은, 지하구조체 방수역사를 돌이켜보면 올바른 방향으로 발전하지 않았다. 지하에 건설된 구조물의 방수를 시공하는 방법중 땅을 파취하는것 보다 저 비용으로 방수를 시공하는 방법이 주입방수 방법이지만, 누수의 원인 분석과 방수 처방에 대한 연구가 실무현장의 실상을 냉정하게 분석하여 전문적으로 대처할 수 있는 기반에서 출발하지 않았다. 그 이유는 주입방수재료, 주입시공 방법, 주입시공 후의 다양한 변형등 주입방수 실무현장에 관한 경험과 연구가 많이 부족한 상황에서 갑자기 주입방수에 대한 **기술 수준이 낮은 전문가**들이 나타나서 주입방수에 대하여 **검증안된 이론과 기술을 제공**하였기 때문이다. 주입방수에 대한 전문적인 식견이 절실히 필요한 시대적 상황이었으므로 검증여부를 떠나서 이들이 내린 결론들을 절대적인 주입방수의 기술인 것으로 맹신하였기 때문이었다. 또한 건축시공 업체와 유관기관 등 어느 누구도 건축후 누수로 인한 철근부식에 의한 내구력을 상실한 구조물들의 미래 수명을 걱정하지 않는다. 건설회사 또한 건축과 분양으로 많은 이익을 챙겨도 누수에 대한 보수 비용을 지출하는 것을 대단히 억울 하다고 생각하였다.

특히 좁은 국토에서 주차문제를 해결하는 초고층 아파트의 지하구조체는 전체 건물의 주요 구조부에 해당한다. 광주광역시의 북구 (P20 사진참조)

중흥동 평화맨션의 지하구조체 전체기둥 12개중 2개가 장기간의 누수로 인하여 2014. 7. 24. 건축후 34년 만에 철근이 팽창하고 기둥이 파열되어 대피하였다. 주거가 불가능하게 되어 입주민들은 인근의 초등학교에서 생활하였다. 이듬해 철거후 재건축하기로 결정하였다. 백년 이상을 사용할 수 있는 구조였지만 누수로 인하여 건물의 기초를 형성하고 있는 구조체 내부의 철근이 부식팽창하며 지탱할 수 없었다. 지하구조체 누수와 방수 대책을 전향적인 방향으로 파악하고 구조체 안전을 위한 누수 유지관리 방안이 필요하다.



지하구조체 철근 배근

I. 주입방수 공법의 도입과정

1. 지상주차 시대 ; 지하구조체 방수의 필요성 낮은 시대

1970년대 ~ 1980년대 중반 여의도 시범아파트 시대부터 압구정 현대 아파트를 건축할 시기까지는 입주민들의 차량소유가 많지 않아서 지상주차 만으로 주차문제가 해결 되었으므로 지하주차장을 대량으로 건설하지 않았다. 지하구조체는 주차용도 등 공간활용 보다 대피소 내지 방공호 개념이 우세하였고 방수 수요가 극히 적은 시기였다.

<우리나라 주입방수재의 도입과정>

1991년	1993년	1995년	2000년
에폭시 도입	우레탄 도입	친환경 아크릴도입	아크릴아마이드 도입
습식에폭시 누수균열 사용불가	가수분해 구조체 부식촉진	초미세시멘트 주입재와 상호 보완 적	유독성 문제 호흡기 및 신경병증 유발

2. 에폭시계 주입재 도입

1980년대 후반부터 마이카 시대가 본격화하면서 많은 주차면적이 필요하게 되어 지하주차 시대로 접어 들었다. 아파트 건설후 3~5년이 경과한 시점부터 지하구조체의 누수문제가 나타나므로 1990년 전후의 시기에 철근콘크리트 건물의 지하구조체의 누수에 대한 방수의 수요가 조금씩 나타나기 시작하였다.

1991년 일본 고니쉬의 에폭시 주입재 도입시기 이후부터 국내의 군소 에폭시수지 2차 가공 업체들도 주입용 및 보강용 에폭시 개발과 보급에 참여 하였다. 그 때까지 우리 나라에는 에폭시계 수지의 수요가 바닥 도장용, 각종 부품의 성형용, 중방식 도장재 수준이었다. 그 당시 지하구조체의 누수가 발생하면 일부에서 에폭시 주입방수 시도는 하였으나 여의치 않았다. 그 당시에는 주입시공으로 누수 문제를 완벽히 해결할 수 있다는 인식이 없었다. 대부분의 누수현장에서 하중이나 침하에 의한 구조체의 변형을 누수의 원인으로 판단하고 철판, 탄소시트 등을 사용한 보강공사가 유행하였다. 보강공사 시행중 보강재와 구조체를 일체화시키는 충전재로 에폭시 수지를 대량 사용하였다. 균열에 대한 에폭시 주입은 일명 주사기 주입방식을 사용하여 건조균열에 한정하여 사용하게 되었다.

2000년도 중반 군소 에폭시 가공업체들이 그 동안 대량 소비처 였던 탄소시트 부착 및 철판 보강공사가 대폭 줄어 들게 되자 **우레탄의 고유영역**인 누수균열 주입에 눈을 돌리게 되었다. 유성계인 에폭시수지는 물이 있는 곳에 부착을 시킬 수 없다. 그들이 생각한 것은 수중에서 경화가 가능한 수중경화형 에폭시를 누수부위에 적용하려는 시도였다. 연구를 거듭한 결과 물에 젖었다가 추가적인 물의 유입이 없는 반건조 상태의 습윤면에는 사용이 가능하였다. 누수가 진행되고 있는 부위에는 주입량의 일부만 부착 되어 경화되고 나머지는 흘러 내려서 방수성능을 기대할 수 없었다. 결론적으로 누수가 계속되는 균열에 적용된 사례는 없었다.

영업을 하는 사람들은 신제품을 개발·홍보할 때 본래의 성능보다 좀더 과장하여 표현하거나 미래의 희망 사항을 광고하는 경우가 많다. 2000년도 후반 습윤 조건에도 적용 가능하다고 개발된 습식에폭시 주입재도 실무현장의 성과도 없는 상태에서 이러한 차원의 성급한 과대 홍보였다. 누수가 진행되고 있는 균열등 누수부분의 주입방수에는 과거에도 그러하였고 미래에도 습식이든 건식이든 에폭시를 주입하여 방수하는 것은 화학적으로 불가능하다.

3. 우레탄계 주입재의 도입

우레탄계 주입방수재는 콘크리트 누수균열에 우레탄계 주입재를 주입하고 주입된 우레탄이 공기중의 수분을 만나면 액상의 우레탄이 함유한 탄산가스(액상의 30배)를 발산하며 발포하여 체적이 팽창하는 성능을 이용하여 방수(防水)하는 방법이다. 우레탄계 주입재는 1985년경 독일의 위백(WEBAC)사에서 개발한 것으로 알려져 있고, 우리나라에서 개최한 건축자재 전시회에 몇 차례 참석하였다. 우레탄계의 방수재 주입방법이 도입된 과정은 1993~4년경 유럽의 우레탄 전문시공사를 통한 기술제휴 형식과 생산자인 위백사로 부터 직수입하는 방법으로 추진되었다. 우레탄계 주입방수재를 철근콘크리트 구조체 누수부위 주입방수에 사용할 경우 초기발포 과정과 우레탄의 화학적 가수분해 현상에 의한 탄산가스(CO₂) 발생 때문에 철근과 콘크리트 구조체에 많은 부작용을 일으키는 사실을 그 당시에는 전혀 인식하지 못했다. 구조체 누수에는 우레탄을 주입하는 것이 만능 처방(방수)으로 통용되었다.

<1993년 우레탄계 주입방수재 기술도입은 덴마크의 유로텍이며, 1994년 서울소재 "익성엔지니어링"이 "위백사"의 우레탄계 주입방수재 아시아총판으로 계약하였다>

4. 아크릴계 주입재의 도입

가. 아크릴계 주입방수 도입

한편 1990년대 초반 우리나라보다 먼저 콘크리트 구조체의 방수용도에 우레탄의 역작용을 인식한 일본에서는 도막방수재 분야에서는 우레탄을 기피하고 시멘트와 아크릴계 수지를 배합하여 사용하는 무기질계 도막방수 시공법이 개발 되었고, 지진이 많은 지역적 특성에 맞도록 주입방수 분야에서는 아크릴계 수지를 가공하여 탄성을 부여한 주입방수재를 개발 사용하였다. 우리나라 주입방수 분야에 영향을 미친 대표적인 사례가 일본의 강전화학에서 개발하여 1990년대 중후반 우리나라에 도입된 강전화학의 "도마루 E"가 최초의 사례이다.

나. 친환경 아크릴 주입방수재 출현

1998년경 부터 아크릴에멀전수지를 중합하여 제조한 비교적 친환경적인 아크릴계의 주입방수재가 우리나라 국내의 기술로 몇 종류 개발되어 누수구조체의 주입방수에 시험적으로 적용하는 수준에 이르렀다. 주입된 시료를 경화시키는 방법은 특정 촉매재를 가감투여하는 방법과 금속염과의 발열반응을 이용하거나, 주입시 초미세시멘트(Microcement)를 일정량 투여하는 방법을 채택하였다.

비교적 친환경적이고 이상적인 주입방수 방법이었으나 이들 아크릴계 주입방수는 우레탄이나 에폭시의 주입방식에 비하여 고압의 주입장비가 필요하고 이를 시공할 기능공의 높은 기술 숙련가도 요구되는 등, 비싼 시공단가 문제로 우레탄처럼 수요가 폭발적이지 않았다.

다. 아크릴 아마이드(Acrylamide) 주입재 출현

1960년대 스칸디나비아 반도 광산의 터널 누수시 방수재로 사용하였고, 산업용 응고재 등 극히 제한적으로 사용하는 아크릴아마이드(Acrylamide)를 이용한 주입방수재가 **2000년대 후반** 콘크리트 구조체 주입방수재로 등장하였다. 이 아크릴아마이드를 소재로한 방수재는 단가가 저렴한 장점이 있으나 일정량의 아크릴아마이드를 피부에 접촉하거나 밀폐된 공간에서 가스를 흡입할 경우 말초시경계 중독, 호흡기장애 등 다양한 중독 현상이 발생하였다. 그리고 물에 함침된 상태에서 벗어나 완전 경화하면 유리처럼 딱딱해하게 경화되고 지진과 진동, 수축팽창 등에 의한 물리적 변형에 적응하지 못하고 재누수의 가능성이 극히 높다.

II. 주입방수 공법의 적용과정

1. 우레탄 주입재와 에폭시 주입재 동거시대(1990년 이후 2015년 까지)

가. 주입방수재에 대한 분석자료가 없는 시대

1995년 이후 지하구조체 방수 및 보수재로 우레탄계 및 에폭시계 수지 가공품이 우리나라 주입방수 분야의 주인공으로 등장하여 지하구조체 등의 주입방수 전반에 보편적으로 쓰여지고 있었던 것으로 알고 있다. 그런데 이 두가지 재료가 그 당시에 각각 담당했던 정확한 역할을 분석해 보면 우레탄계 주입방수재는 실제 누수균열 주입에 전반적으로 사용되었다, 반면에 에폭시계 주입재는 누수균열 주입에는 거의 사용하지 않고 건조균열의 주입용도와 철판 및 탄소섬유를 사용한 단면보강·복구 시공분야의 접착과 각 부재간의 일체화 용도에 주로 사용되었다.

1995년 전후의 지하구조체 방수와 보강공사는 대부분 탄소시트를 부착하거나 철판과 H-빔 보강을 시행 하였던 현상이 많았다. 그 이유는 그 당시 지하구조체 누수의 원인을 구조체의 구조적 변형에 의하여 균열이 발생하고 누수가 발생한 것으로 진단하고 설계 시공하였다. 그리고 보강공사 후에도 누수는 계속 되었고, 2000년도 중반까지 누수부위에 적용하였던 철판 등의 보강공사는 사라지고 우레탄 주입이 모든 방수현장을 평정한 시기가 도래하였다.

그 시기에는 주입방수재가 물과 콘크리트와 어떻게 작용하여 방수성능을 발현하고 시공후 어떠한 결함이 있는지에 대한 주입방수재의 주입시공 전후의 방수성능 검토 및 구조체와 주입방수재 상호간의 화학적 영향에 대한 이해가 낮았다. 우레탄과 에폭시 주입방수재에 대한 개념이 구분이 명확하지 않은 상태가 한동안 지속된 것으로 보인다. 2020년 현재의 상식으로 보면 황당한 이야기지만 그 당시의 하자조사 진단 등의 보고서 내용에 에폭시와 우레탄의 개념을 확실히 구분하지 못한채 보고서를 작성한 흔적이 빈번하게 나타났다

누수균열에 습식에폭시로 확실히 주입방수가 가능하다는 분명한 언급이 없었고, 우레탄 주입방수재로 부터 발산, 생성되는 탄산가스의 폐해에 대한 지식이 전혀 없었다.

나. 에폭시와 우레탄의 전성시기

①우레탄 주입재의 문제점 ; 물과 만나서 가수분해되고 가수분해시 탄산가스 방출

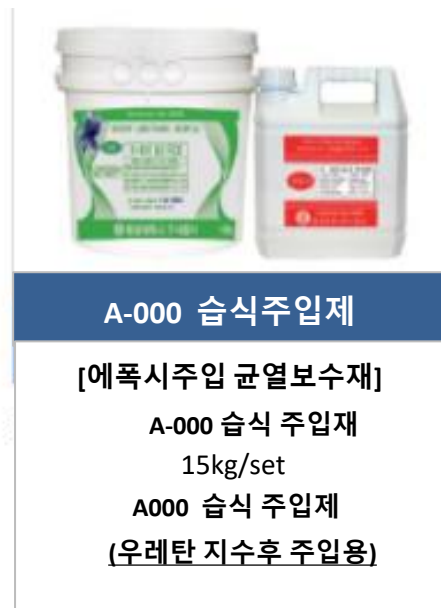
우레탄은 시공초기 공기를 만나 CO₂(탄산가스)를 발산하면서 발포·팽창하고, 주입시공후 물과 접촉하면 화학적으로 가수분해를 시작하고 가수분해 과정에 계속 CO₂(탄산가스)를 생성한다. 그리고 이들 탄산가스는 콘크리트구조체와 결합하여 중성화(부식)를 촉진하고 누수범위를 확대한다. (영국의 Rapra Technology Limited.의 Jack Buist 박사의 논문 **Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethanes** 참조)

이처럼 누수방수 현장에 가장 많이 사용하면서도 각각의 용도와 장단점이 분석되지 않은 **우레탄계 주입재** 시대가 1900년대 초반부터 2010년 중반까지(약 20년 동안) 이어진다.

②습식 에폭시 주입재의 문제점 ; 콘크리트 누수균열 표면에 부착불가

여기서 습식에폭시의 문제점은 습윤면에 부착이 가능한 재료라고 하더라도 완전히 건조가 되지 않은 습윤상태(반건조)인 표면은 부착 가능하다. 그러나 수분이 계속하여 생성 되는 곳, 누수가 진행중인 부위의 표면에는 부착이 불가능하다. 누수 균열에 주입되는 습식 에폭시는 단위 m당 극 소량(1m당 0.1kg 이하)이 소요되고 강력한 부착성을 필요로 하므로, **누수균열 주입방수에 습식 에폭시를 사용하는 것은 불가능하다.**

그러나 일반적으로 말하는 중력식 접착방식 즉, 수중에 있는 수문 등의 구조물 보수시 한꺼번에 수 kg 이상의 수중경화형 에폭시 덩어리를 투하하여 에폭시 자체의 무게(중력)를 이용하여 부착시키는 수중작업용 에폭시와 균열부 주입방수용 에폭시는 용도와 사용방법이 근본적으로 다르다. 오른쪽 그림의 제조업자의 습식에폭시 주입재 안내문을 보면 누수균열주입에 "**우레탄 지수후 주입용**"으로 표기한 것은 에폭시습식 주입재 자체로는 방수(지수)가 안된다는 뜻이다.



(습식에폭시 판매자의 안내자료)

다. 정부산하 전문기관의 개입시대

1994. 10. 21. 성수대교 붕괴로 건물에 대한 방수와 유지관리의 필요성이 제기 되었다. 그 결과 "시설물 안전및 유지관리에 관한 특별법(1995.1.5.)"에 따라 "시설안전기술공단"이 설립되었고 시설물 안전진단 전문기관과 유지관리 전문업체가 법적인 요건을 갖추고 등장 하였다. 1995. 6. 29. 삼풍백화점 붕괴사건이 발생한 이후 시설물안전과 유지관리에 대한 관심은 한층 높아졌으나 정부기관, 학계, 업계의 유지관리를 위한 방수의 기술적인 수준과 분석능력은 거의 맹인 코끼리 만지는(盲人摸象) 갑갑한 수준이었다. 건축되어 있는 건물의 유지관리를 위한 방수기술을 체계화하고 기술적인 근거를 제공하기

위한 정부조치의 일환으로 보이는 정책이 1998년 12월 말경 시행되었다. 그 당시 정부에서 시설안전기술공단에 "콘크리트 구조물의 균열평가기법 및 보수·보강 전문시방서의 개발" 연구용역을 의뢰하였고 1년후에 "콘크리트 구조물의 균열 보수·보강 전문시방서"가 나왔다. (이하 전문시방서라 칭함)

법적인 절차에 따른 합법적인 전문시방서로 제정이 되지 않은 상태로 1999년 12월 말경에 흘러나온 이 시방서는 토지공사 도서관의 전문도서 목록에 등재되면서 세상에 알려지기 시작하였다. 이 책은 그 동안 건설업계, 학계, 진단업무 등의 모든 종사자 들의 주입방수에 대한 궁금증과 지식의 갈증을 일거에 해결하였고 2000년부터 2010년대 중반까지 이분야의 종사자들에게 성경에 버금가는 권위와 절대적인 지침서로 인정 받았다. 건물의 하자진단, 감정은 물론이고 건설시공사의 누수하자 보수에 일반적, 보편적으로 널리 적용할 수 있는 논리를 제공하였으며 심지어는 각 대학의 학위 논문 작성에도 다양하게 인용되었다.

"콘크리트 구조물의 균열 보수·보강 전문시방서"의 **6. 8. 1. 주입공법** (3)사용재료 항목에 친수성·소수성의 우레탄 겔(urethane gel) 및 기포(urethane foam), 친수성 아크릴레이트(acrylate), 에폭시, 친수성 초미세시멘트(microfine cement) 등 으로 기술되어 있다.

이 책의 절대적인 권위가 존속했던 15여년 동안 우리나라의 주입방수 분야의 기술은 답보 상태를 면하지 못하였다. 누수가 발생한 건물 들이 많은 피해를 당했다. 국가의 기관에서 발행한 책이라는 이유로 아무도 그 책의 내용에 관해서는 의문을 가지거나 그 책속에 있는 기술에 대한 실효성 유무를 따진 적이 없었다. 예를 들면 아파트 시공사에서 지하주차장의 누수하자 보수시공에서 주입방수재료 우레탄계 주입주입재를 사용하려고 할때 우레탄의 (화학적) 역작용 때문에 사용하지 말것을 요청하여도 국가기관이 저자인 "전문시방서" 에 사용이 가능한 재료로 기록되어 있어서 반론을 제기하지 못하였다.

결과적으로 전문시방서의 등장은 주입방수 공법적용에 득보다 부작용이 더 많은 우레탄과 실제 누수균열에 적용이 불가능한 습식에폭시 주입 방식을 합리화 하는데 큰 기여를 했다.

2. 우레탄 주입재의 일선 후퇴와 습식에폭시의 전면 등장

가. 누수균열 보수감정에 우레탄 대체용 습식에폭시 주입공법의 등장 / 2013년 전후

상기 전문시방서의 이론적 근거를 배경으로 지하구조체 누수 보수에서 진단, 감정, 시공 등 모든 현장에서 대부분 우레탄을 이용하여 문제를 해결하던 그 시기에 전문시방서의 내용중 주입방수 재료의 선정에 대한 의구심을 가지고 있던 경상남도 김해시 내외동에 살고 있는 손성해씨가 2014. 4. 16. 한국시설안전공단에 전문시방서의 내용에 대한 민원을 제기했다.

민원을 제기한 이유는 하자보수 감정 및 판결을 어떻게 하든 실제 방수공사 현장에는 거의 우레탄을 사용하여 주입방수를 시행하였고 1년이내 재하자가 발생할 것을 알면서도 의의를 제기하지 못하게 하는 빌미를 제공하는 전문시방서의 잘못된 내력을 알고자 하였던 것이다. 제기한 민원의 내용은 "전문시방서" 자체의 근본적 성격과 전문시방서의 내용중

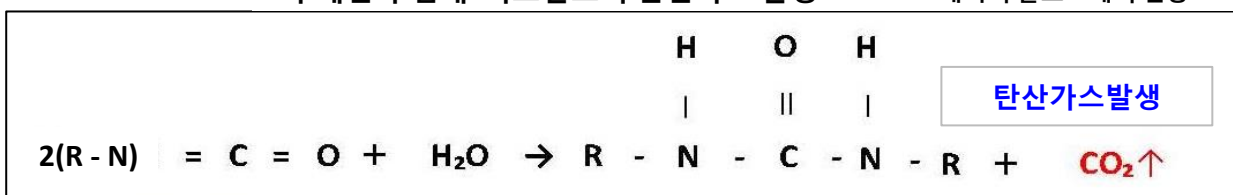
"6.8.1의 주입공법", "(3)사용재료"항목에 우레탄, 에폭시, 아크릴레이트, 초미세시멘트 등이 포함된 이유를 질의 하였다. 특히 중점적인 관심사항은 우레탄과 에폭시가 누수균열 주입

방수재로 선정된 과정에 대한 질의였다. 공단에서 어떠한 연구를 하였고 재료 선정당시의 검정시험(mock-up test)결과를 요청하였다. 민원 제기와 회신을 여러 차례 반복하는 과정에서 초기 회신은 전문시방서가 [한국시설안전공단에서 시행한 연구의 결과물](#)이라고 회신을 하였다. 그 후 주입방수 재료의 검증과 선정에 관련한 질의를 계속하면서 2014. 5. 12. 회신 자료에는 전문시방서 6.8.1. "(3)사용재료에 언급되어있는 재료자체에 대한 연구가 아니며 당시(1999년)의 보수.보강공사에 사용되는 재료에 대해 체계적으로 정리한 결과"로 답변의 내용이 바뀌었다. 그리고 연구 결과물도 아니면서 사용재료에 잘못 포함된 사항(우레탄과 에폭시)을 계속하여 존속해야 하는 이유를 묻는 질의의 답변겸 회신은 "콘크리트 균열 보수.보강 전문시방서"는 "전문시방서로 제정이 되지 않은 연구보고서의 일부이기 때문에 개정대상 자체가 될 수 없습니다." 였다.

전문시방서로 공식적으로 제정이 되지 않은 것을 2018. 8. 10. 국토 교통부의 회신 답변에서 최초이자 최후로 명백히 단정지었다. "본 연구 결과(콘크리트 구조물의 균열평가 기법 및 보수.보강 전문시방서의 개발)가 국토교통부에서 건설기준으로 제정되지 않은 점 등을 감안 할 때 위 연구용역 결과를 콘크리트 구조물의 보수.보강 공사현장에서 건설기준으로 그대로 활용하는 것은 적절하지 않은 것으로 사료 됩니다(건설안전과 소관)

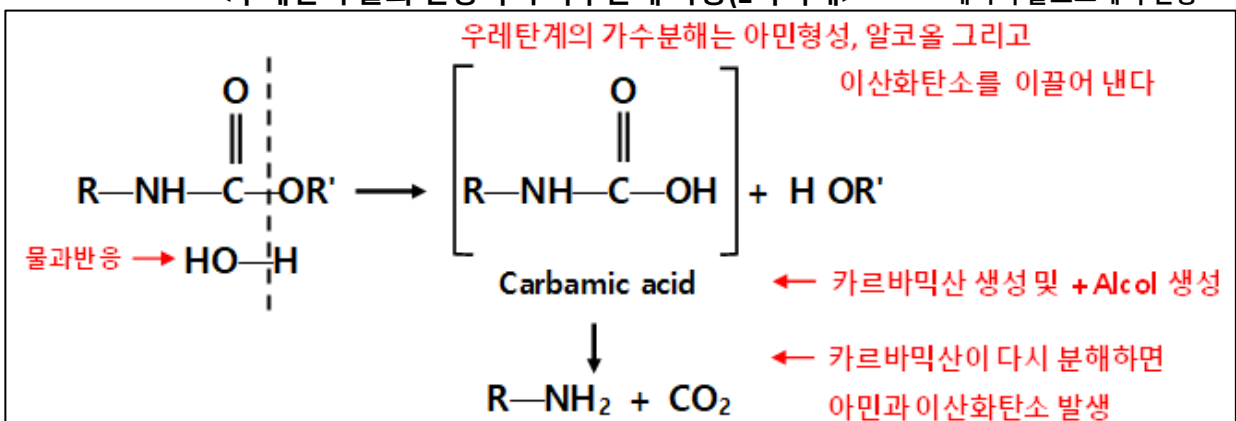
국토부의 상기 답변 전(2014년)에 이미 우레탄의 가수분해에 관한 이론이 해석되었다. 누수 균열에 우레탄 주입재를 사용하여 주입방수를 시공하면, 주입시 우레탄이 공기(물)을 만나서 탄산가스(CO₂)가 발생된다. 주입후 우레탄은 물과 반응하여 가수분해 과정에서 생성되는 CO₂는 우레탄이 소멸할 때 까지 계속 생성되어 철근과 콘크리트의 부식을 촉진한다.

<우레탄 주입재 최초발포시 탄산가스 발생> 네이버 블로그에서 인용



탄산가스는 콘크리트를 부식 촉진하고 그 때 발생하는 물은 철근부식을 촉진한다.

<우레탄이 물과 반응하여 가수분해 작용(2차피해)> 네이버 블로그에서 인용



우레탄의 가수분해 작용은 콘크리트에 주입된 우레탄이 완전히 없어질때까지 계속하며 누수의 범위도 확산 된다. 이러한 사유로 인하여 그 동안 하자진단 및 감정서류에 누수균열 주입방수 방법의 왕좌를 차지했던 우레탄계가 2013년 전후 감정내용에서 사라지게 되었다. 이를 대체하는 주입방수 시공방법으로 습식 예폭시가 갑자기 나타났다. 이 사건은 주입방수 분야에 여우를 피하자 호랑이를 만난 꼴이 되었다.

<우레탄계 주입재 부입후 상태악화된 장면>



건축후 17년(주입시공후 2년)



건축후 14년(주입시공후 3년)

콘크리트가 탄산가스에 접촉할 경우의 부식(중성화) 과정						
시멘트		물		콘크리트		
↓		↓		↓		
CaO	+	H ₂ O	→	Ca(OH) ₂		
Ca(OH) ₂	+	CO ₂	→	CaCO ₃	+	H ₂ O
↑		↑		↑		↑
콘크리트		탄산가스		탄산칼슘		물
PH12~13				PH9		

콘크리트와 탄산가스(CO₂)가 만나서 화학반응하면 콘크리트는 중성화(탄산칼슘화)하고 물이 생성된다.

2)철근부식의 화학 구조 : 물의 접촉으로 철근 부식

철(Fe)과 물(H₂O)의 접촉시 화학구조 , 철은 +2,+3의 원자가를 가짐.

$$\begin{array}{l}
 \text{Fe}^{2+} + 1/4\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 1/2 \text{H}_2\text{O} \\
 \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 \downarrow + 3\text{H}^+ \\
 \text{Fe}^{2+} + 1/4\text{O}_2 + 2 1/2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 + 2\text{H}^+
 \end{array}$$

<화학구조 해설>
철 Fe²⁺ + 산소 1/4O₂ + 물 2 1/2 H₂O → 녹 Fe(OH)₃ + 수소이온 2H⁺
침전물

물의 접촉량이 많아지고 콘크리트가 PH10 이하로 낮아질 수록 H⁺이온이 증가하고 철근부식 가속함

콘크리트 속의 철근이 부식·팽창 하는 원인은 콘크리트의 부실한 부분이나 균열을 통하여 스며드는 물의 접촉으로 부식·팽창 한다. 그리고 탄산가스가 콘크리트에 접촉하여 화학적으로 반응할 경우에 물이 만들어 지고 이 물과의 접촉에서도 부식이 촉진된다.

지하구조체의 콘크리트에 접촉하는 탄산가스(CO₂)는 매연등 대기중에 0.03% 함유한 탄산가스와 주입된 우레탄방수재가 콘크리트구조체 내부에 잔존할 경우 우레탄의 가수분해에 의해 생성되는 탄산가스 두가지가 있다.

나. 습식에폭시가 등장하게된 동기 및 이론적 근거 3가지

① 한국시설안전 공단의 전문 시방서(1999. 12.)

"전문시방서" 자체의 근본적 성격과 6.8.1의 주입공법 (3)사용재료 항목에 우레탄, 에폭시, 아크릴레이트, 초미세시멘트 등이 포함되었다.

② 습식에폭시의 방수 가능성을 언급한 어느 대학교수의 논문(2010. 12.)

"콘크리트 구조물에 있어서 누수균열 보수를 위한 일반지침 제안 연구"

"4.1.3. 에폭시 수지계 주입재"

에폭시수지계 보수재는 아민과 폴리아마이드 등의 합성수지 성분으로 구성된 재료로서 주제와 경화제의 화학 반응으로 고강도, 고접착 성능을 갖는 재료이다. 또한 흐름성이 좋아 균열폭 0.05mm까지 주입할 수 있어서 구조보강 공사 등에 폭넓게 사용된다.

그러나, 대부분의 에폭시 수지는 균열 내부 혹은 주변 표면에 습기가 있을 경우 경화 불량으로 부착되지 않거나, 열팽창 계수가 콘크리트보다 크기 때문에 균열 거동시 유연성이 부족하여 접착면 파괴가 일어난다.

최근에는 습윤 경화형 에폭시 수지의 개발로 콘크리트 공극 내에 잔여 습기가 있더라도 효과적으로 부착되도록 하였다. 따라서 에폭시수지를 사용할 경우에는 현장의 수분 환경 조건을 분석한 후 접착성, 거동 대응성(유연성), 온도변화 등에 적절히 대응할 수 있는 재료를 사용하여야 한다.

<당시 습식에폭시를 누수균열 주입방수에 적용하려는 다양한 시도를 했지만 성공한 사례는 없었다>

③ 하자보수비 청구 소송에 제출한 건축시공학회의 사실조회서

"부산고등법원 2014. 8. 13. 롯데캐슬골드 2단지(2012나 3166 손해배상) 소송
사실조회 회보서< 작성자 (사)한국건축시공학회>의 내용중 누수균열 주입재 관련 내용

(사실조회 요지 ; 누수보수용 주입방수재로서 수계아크릴 주입재와 습식에폭시 주입재중 적절한 주입재는 어느 것인가?)

"습식 에폭시 주입공법에 대하여"

"습식 에폭시"의 성질이나 특성에 대한 다각적인 조사결과 "습식에폭시 보수부위가 진동 또는 기온 변화로 인한 수축, 팽창에 미적응, 균열 재발생 우려, 그로 인해 방수성능 저하, 상실"에 관하여 기존의 자료를 중심으로 조사해본 결과 이와 관련된 내용은 확인되지 않았다. 도리어 습식에폭시계 균열보수재는 "바탕콘크리트가 습윤상태에서도 접착력이 확보 되고, 거동과 온도변화에 효과적으로 저항하는 장점이 확인 되었다. (습식/친수성 에폭시의 경우 누수균열 내부에서 높은 유연성과

효과적인 접착력 확보되어 있는 것으로 표현하였음)

적절한 누수보수공법

수계아크릴 보수재 보다는 습식에폭시 보수재의 적용이 상대적으로 우수한 보수 방법이라고 판단된다. 수계아크릴 보수재는 특히 지하주차장과 같이 자동차에 의한 진동의 영향을 받는 구조물에는 적절하지 않다.

다. 습식에폭시 주입재 주입 동기 및 이론적 근거 3가지의 모순점

① 한국시설안전 공단의 전문 시방서(1999. 12.)

한국시설 안전공단의 전문시방서가 시중에 나타남으로서 습식에폭시 주입재와 우레탄 주입재가 잘못된 방법 임에도 불구하고 전문시방서에 기록되어 유포됨으로써 합리성이 인정되었다.

2014년 한국시설안전공단에 문서로 에폭시주입의 불합리성을 질의한 사안에 대한 담당자의 회신은 누수가 되지 않을 때 에폭시로 주입하면 가능하다는 답변을 받았다.(지하층의 누수는 365일 계속 됨)
(담당자 ; 전문시방서의 편집책임자)

② 습식에폭시의 가능성을 언급한 어느 대학교수의 논문(2010. 12.)

이 논문 발표당시 누수균열에 습식에폭시로 주입된 곳이 전혀 없었다. 그리고 현재도 없다. 유명 교수님의 논문이니까. 그 사실을 모르는 일부 사람들이 아래의 첫 문장만 보고 각자 편의대로 인용하였다.

논문의 해당 내용

"최근에는 습윤 경화형 에폭시 수지의 개발로 콘크리트 공극 내에 잔여 습기가 있더라도 효과적으로 부착되도록 하였다. 따라서 에폭시수지를 사용할 경우에는 현장의 수분 환경 조건을 분석한 후 접착성, 거동 대응성(유연성), 온도변화 등에 적절히 대응할 수 있는 재료를 사용하여야 한다."

③ 하자보수비 청구 소송에 제출한 건축시공학회의 사실조회서

첫째, 아크릴 주입재와 습식 에폭시 주입재의 여러가지 특성을 인식하지 못하고 있다.

습식에폭시는 누수중인 균열에 부착되지 않고, 완전 경화후에는 유리 와 비슷한 정도로 강하게 굳어지므로 거동과 기온변화에 효과적으로 적응하지 않는다.

둘째, 습식에폭시 주입 성과에 대한 현장 조사를 한번도 하지 않은 결과이다.

셋째, 2014년 건축시공학회 사실조회 회보서 작성 당시에도 습식에폭시로 누수균열에 주입보수 시공한 실무 사례가 없었다. 그리고 현재도 사례가 없다.

라. 습식에폭시 주입재적용에 대한 반론제기

2021. 3. 9. 정관동원1차로얄듀크 하자보증금소송(2018가합 101474) 소송의 재판부에서 사실조회를 한국기술사회 부산지회에 "첫째, 에폭시 우레탄 아크릴계 재료에 대한 설명, 둘째, 에폭시 우레탄 주입이 구조체의 수명을 단축시킨다는 사실, 셋째, 우레탄사용 현실에대한 내용, 넷째, 에폭시주입 시공한 곳이 없다, 그리고 에폭시 시공한부분에 재누수가 발생한다는 사실여부 확인 을 요청하였다.
⇒ 이번 기회에 하자진단, 감정, 판결에서 현실에 있는 진실 그대로 반영되기를 기대하는 입장이다

Ⅲ. 우리나라 지하구조체 누수현장 주입보수 현실

2021년 현재 전국의 지하주차장 등의 지하구조체 누수현장에서 적용하고 주입방수 공법과 각 공법별 적용 현황은 대략 아래와 같다.

누수부분 주입방수 공법	적용년도	전국현장 적용 비율	비 고
우레탄계 주입재	1994 전후	65%	부식촉진
습식 에폭시계 주입재	1998 전후	0	적용불가
아크릴아마이드계 주입재	2005 전후	25%	유독성
친환경 아크릴계 주입재	1996 전후	5%	친환경
기 타		5%	몰탈등
		100%	

<공법별 주입재의 외관>

우레탄 주입재



에폭시주입재



친환경 아크릴계주입재



아크릴아마이드계 주입재



1. 우레탄계와 습식에폭시계 주입재의 특성과 실무적용 현실

가. 우레탄계 주입재

우레탄 주입재를 사용하면 철근과 콘크리트의 유지관리에 치명적인 피해를 주고있으나, 현재 누수부분의 방수에 사용하는 빈도가 가장 많은 방법이다. 우레탄 주입재를 누수되는 균열에 주입하면 주입되는 체적에 비하여 30배(3000%)의 탄산가스를 발산하며 팽창한다. 이 팽창력을 이용하여 물이 스며 나오지 않도록 하는 원리를 이용하여 지수재로 사용한다. "Ⅱ. 2.-가"에서 설명한 바와 같이 우레탄은 주입시 초기발포때 탄산가스를 방출하고 주입후

물을 만나서 가수분해를 하며 이 과정에서 또 탄산가스를 생성한다. 가수분해를 완료하여 원형(우레탄계 주입재)이 완전히 사라질 때 까지 탄산가스(CO₂)를 생성한다.

현재 누수하자보증금 소송에서 대부분 습식 에폭시를 사용하여 주입방수하는 예산으로 감정하여 판결하지만, 현장에서는 우레탄계 주입재를 주입하여 보수공사를 하기 때문에 보수후 1~2년이 지나면 보수전보다 누수의 정도가 한층 심해지고 범위가 넓어지는 결과를 초래하고 있다.

습식에폭시를 주입하는 내용으로 감정을 하고 하자보수비를 지급하면 습식에폭시는 누수 부위에 대한 지수성능이 없으니, 대부분의 주입방수 실무 관련자 들은 우레탄계 주입재를 선호한다. 우레탄계 주입방수재의 부작용에 대한 인식이 없거나, 아주 값이 싼 비용으로 시공하여 이익만 챙길경우 우레탄계 주입재가 편리하다.

나. 습식에폭시계 주입재

결론부터 말하자면 습식에폭시계 주입재는 누수부분의 방수에는 사용되지 않는다.

"표. 2. 나" 의 습식에폭시 제조자의 상표에 표기된 바와 같이 누수부위에는 우레탄을 사용하여 지수한 다음 사용하도록 표기되어 있다. 이 표기는 습식에폭시 단독으로 방수(지수)가 불가능 하다는 표현을 확실히 한 것이다. 누수가 진행중인 콘크리트 균열에는 유성계인 에폭시가 부착되지 아니한다.

대부분의 감정인 들이 지하구조체 누수균열 주입방수 감정에서 습식 에폭시 주입방법으로 보수금액을 산출할 때 일반적으로 인용하는 어휘는 **"현재 가장 광범위하고 일반적으로 사용되고 있는 에폭시계 주입방식을 누수균열 주입방식으로 채택한다"** 고 설명되어 있다. 그러나 2021. 5. 현재까지 우리나라의 지하구조체 누수부위 주입방수를 시공한 현장중에서 습식에폭시로 주입시공한 곳은 단 1m도 찾을 수 없다.

물분자의 크기는 1억분의 1m이며, 인간이 만든 물체의 최소 입자 크기는 1천만분의 1m이다.

그리고 지하주차장등 지하구조체 스투브의 두께는 대부분 200mm이다.

첫째, 습식에폭시가 누수가 되는 부위에는 부착이 되지 않고, 둘째, 에폭시 저압(주사기) 주입으로 스투브 두께 200mm만큼 관통하여 주입하는 것은 불가능하다. 극히 일부라도 주입시공이 부실하면 물분자는 즉시 스며 든다.(재누수 발생)

우리나라 전국에 있는 아파트 단지의 수는 15,000여 개가 있고 그 중의 99%에 해당되는 단지의 지하주차장 구조체에 물이 새고 있으며 한번도 방수시공을 한 적이 없는 곳은 거의 없다. 거의 대부분의 아파트 지하주차장 구조체에 재누수에 재누수가 발생하고 있다.

수많은 감정인들의 표현 대로 **습식에폭시 주입재**가 누수균열 주입방수에 **가장 광범위하고 일반적으로 사용되고 있으면** 주변의 어느 아파트 지하주차장에 가더라도 습식에폭시를 사용하여 주입방수 시공한 현장을 쉽게 볼 수 있어야 마땅하다. 그러나 현실은 어디를 가도 습식 에폭시를 주입하여 누수부위 방수한 곳의 사진은 찍을 곳이 없다.

결론적으로 누수균열 주입방수에 습식에폭시 주입방식은 실제 누수방수 현장에는 없다. 존재하는 곳은 주택보증공사 및 분쟁조정위원회, 누수하자 감정서, 법원의 판례등 서류상에만 존재한다.

2. 아크릴계 주입재의 특성과 실무적용 현실

아크릴계주입재는 아크릴에멀전 수지를 중합하여 제조한 친환경아크릴 주입재와 유독성인 아크릴아마이드 수지와 경화재(수산화나트륨)를 사용하는 두 종류가 있다.

가. 친환경 아크릴계 주입재

아크릴에멀전 수지를 중합하여 제조한 친환경 아크릴계 주입재는 신축성이 우수하다.

친환경성, 신축성 300%이상, 내염수성 우수함

주입시공 과정이나 주입시공후 탄산가스(CO₂)를 발산하거나 화학적인 변질이 발생하지 않는다. 주입시공후 유지수명은 반영구적인 효과를 얻을 수 있다. 구조체의 균열 또는 공극 주입이 가능하고 차량왕래가 빈번하여 진동등 물리적 변형이 우려되는 주차장등의 구조체 누수부위 주입방수에 효과적이다. **(1996~8년 부터 주입방수 현장 적용시작)**

금속염 또는 시멘트 분말속의 여러 성분을 건조 촉매재로 응용하지만 건조시간(겔타임)이 다소 길어지는 점은 물과 주입재의 밀도 차이로 조절한다.

친환경 아크릴수지와 초미세시멘트(마이크로시멘트)를 상호보완적으로 적용하는 이른바 "마이크로시멘트 + 아크릴계 주입재 주입방법" 이 미래의 이상적인 장기 유지·보수용 누수부위 주입방수시공 공법(방법)으로 발전할 전망이 밝다.

나. 아크릴 아마이드계 주입재

광산지역에서 지반응고재로 사용하던 아크릴아마이드(Acrylamide)수지를 주입방수 용도에 사용하는 사례가 현재 전체 누수부위 주입방수 시공현장의 20%이상 차지하고 있다. 아크릴 주입재로 시공하면 누수부위 주입방수 시공효과가 우수하다고 하니까 수지 가격이 염가인 아크릴아마이드를 주성분으로 제조한 아크릴계 주입재가 나타났다. **(2010년경 현장 적용)**

일반적으로 아크릴계는 수용성의 친환경적인 것으로 착각하지만 이 아크릴 아마이드(A재) 및 그 경화재(B재)인 수산화 나트륨은 인체에 치명적인 독성을 가지고 있다. 안전보건공단에서 2014년 6월(2016-4호) 유독성을 경고한 사실이 있다. 내용은 아크릴아마이드에 중독되면 **말초 신경병증이 발생**하고, 장기간 증기 등에 반복 노출하면 시신경, **중추신경 손상**을 일으키는 것으로 경고하고 있다.**(2014. 6. 안전보건공단)**

그리고 아크릴아마이드가 물속에 있을 때는 겔상태로 유지 되지만 지하에 있더라도 건조한 상태가 되면 유지처럼 딱딱하게 굳어지고 방수기능을 상실한다.

다. 아크릴계주입재 외관 비교



친환경 아크릴계 주입재(신축성 유지)



아크릴아마이드계 주입재(유리처럼 굳어짐)

IV. 지하구조체 누수유입과 이동방향 분석

1. 누수유입과 이동방향 분석의 중요성

지하구조체 누수유입은 균열을 통한 누수유입과 자갈(골재)몰림 및 콘크리트타설 다짐불량 등으로 인한 구조체 공극을 통한 누수 유입으로 분류되며, 경로와 누수유입량은 다르지만 똑 같이 누수유입후 철근을 부식시키면서 누수범위를 확대 시킨다. (P15의 그림 및 사진 참조)

지하구조체 누수방수에서 누수유입 방향과 이동경로 분석은 대단히 중요하다. <그림1>의 스래브 천정에서 발생하는 누수도 물이 있는 방향(매립부)에서 구조체의 공극과 스래브하부 철근 밑의 브리딩 현상 발생부위 "㉠" 를 통하여 유입된 물이 철근을 부식시키면서 이동한 물은 <그림1-2> 처럼 이동하고 스래브 천정의 누수현상이 "㉡"와 <사진1>처럼 나타난다. 반면에 천정스래브의 균열 누수가 <그림1>의 "㉡"처럼 스래브를 관통하는 균열을 통하여 누수가 발생하는 현상은 균열의 천정 지붕에는 건축시 시공한 방수층이 있고 그 방수층의 손상으로 <그림1-1>의 "㉢"에서 <사진2>처럼 누수현상이 나타난다. 이렇게 건축시 시공한 방수층이 손상되어 누수가 발생한 부분에 주입시공하여 방수문제가 완벽히 처리된 사례가 거의 없다. 누수하자 발생부위 지붕상부를 철거하고 방수층을 재시공하는 것이 바람직하다.

<사진1>



공극 누수유입 및 철근 부식 이동누수"㉠"

<사진2>



균열누수 및 철근부식 이동 누수"㉡"

건축시 지하주차장 지붕방수에 사용하는 재료는 시멘트 액체방수 ⇒ 아스팔트 시트방수 ⇒ 비노출우레탄 도막방수의 순서로 변천되어 오다가 최근에는 다시 개량된 아스팔트시트 방수로 되돌아 가고 있는 추세에 있다.

우레탄도막재가 시공후 화학적 가수분해 작용에 의한 방수성능 상실이 의심되기 때문이다. 관찰에 의하면 아스팔트 시트 방수의 수명이 40년 이상으로 예상되고 있다. 아스팔트 시트 방수를 쉽게 설명하면 지붕바닥 전체를 고무통 처럼 튼튼하게 방수시공 하고 그 위에 각종 시설물을 설치한다.

지하층 천정 누수시 누수의 원인과 이동경로를 조사하면 스래브 천정의 균열보다 지상의 각종 구조물 연결부의 결함으로 누수유입하고 구조체내부 공극을 통한 이동이 대부분이다. 아래의 <그림1>처럼 존재하는 구조체의 결함 공극을 채워주면 방수가 완벽하게 처리될 수 이것을 스래브 관통균열 누수로 잘못 판단하면 방수층의 손상(하자)이므로 지붕위의 조경 시설물을 철거하고 방수시공하지 아니하면 정기적인 유지관리에 문제가 있다.

2. 누수유입 원인의 종류

가. 누수균열

누수균열은 지하구조체에서 지반, 하중의 변동 등에 의해서 발생한다. 천정·벽체 등에서 발생하는 누수균열 부분은 구조체의 누수 진행시 철근의 부식팽창으로 많이 발생한다.

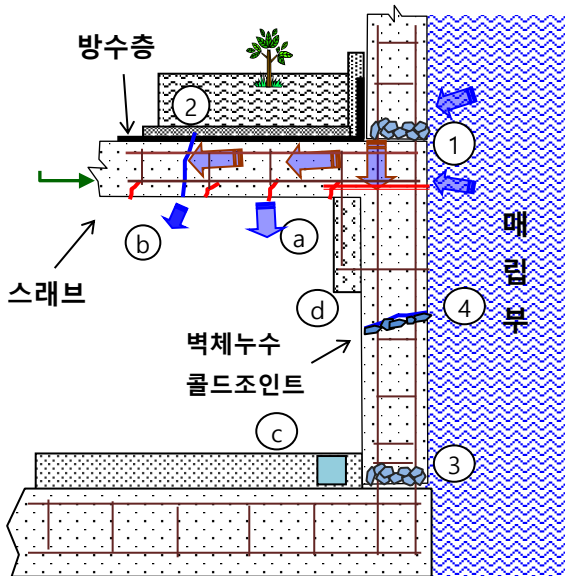
나. 골재(자갈)몰림 공극

지하구조체 누수원인중 대부분을 차지한다. 이것을 세분하면 기둥 및 벽체하부 골재(자갈) 몰림이며 발생하는 원인은 레미콘을 타설하는 높이에 따른 모래와 시멘트 및 자갈의 무게 차이에 의한 낙하속도가 다르기 때문에 중량이 무거운 자갈이 제일 먼저 도달하는 각층의 바닥에 자갈몰림 현상이 발생한다. 또한 콘크리트 타설시 슬래브, 기둥 및 보의 철근사이에서 자갈의 크기가 과도하거나 다짐이 불량할 경우 철근하부에 공극이 발생할 수 있다.

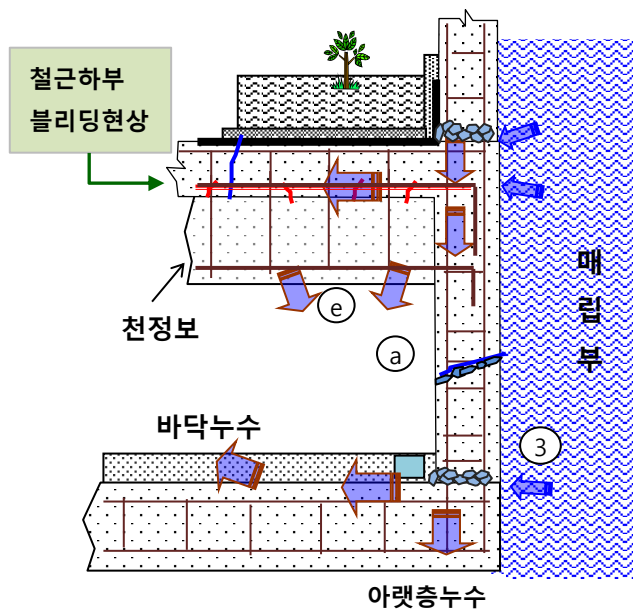
<그림1>에서 ① ③ ④ 부위에 자갈몰림 공극의 발생빈도가 높다.

<그림1>의 철근하부 ①의 물은 <그림2>의 천정보의 철근을 따라 ⑤방향으로 누수된다.

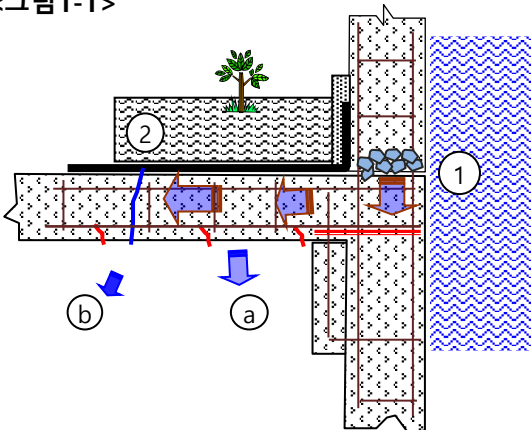
<그림1>



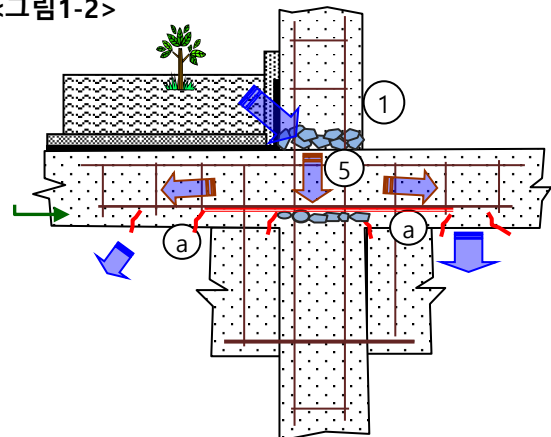
<그림2>



<그림1-1>



<그림1-2>



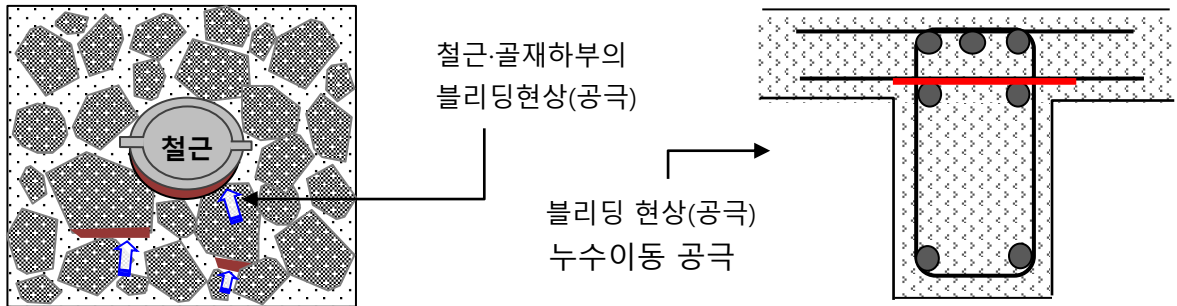
<그림1-1>과 "<그림1-2>의 천정보의 천정 공극으로 유입된

물은 <그림1-2>의 "⑤방향으로 이동하고 슬래브 하부철근을 따라 천정누수가 발생한다.

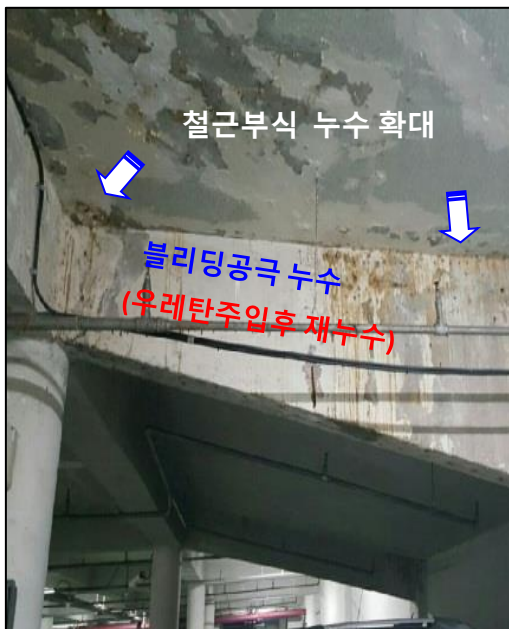
다. 블리딩(Bleeding) 현상에 의한 미세공극

시멘트 입자와 골재의 침강(침하)에 의하여 콘크리트 혼합수가 떠올라서 콘크리트 표면이 약간 낮아지는 현상이다. 이러한 현상이 수평 철근이나 굵은 골재 아래쪽에서 발생하면 수막과 미세한 공극을 형성시키고 물길 역할을 한다. 콘크리트 타설시 1회(한꺼번)에 부어 넣는(기둥, 보의 상부 등) 높이가 높을 수록 많이 발생한다.

① 수평철근 하부의 블리딩현상과 블리딩현상 발생부분의 천정 누수



② 천정 골재(자갈)물림부위의 누수 유입과 블리딩현상(철근하부공극)으로 인한 누수



블리딩(현상)공극 누수와 철근부식 (우레탄계 주입후 재누수)



상부구조물 블리딩 및 다짐불량 공극 누수

라. 철근부식과 누수범위 확대

지하구조체의 누수확대 및 심화는 유입된 물이 철근을 따라 철근을 부식시키면서 이동한다. 다양한 환경에 따라 조금씩 다르겠지만 유지보수 실무에서 철근에 물이 접촉하면 수평방향의 철근은 1년에 10Cm, 수직방향의 철근은 30Cm정도 철근을 부식 시키면서 수평 수직 이동하여 누수의 범위를 확대시키는 것으로 알려져 있다.

그리고 철근이 녹으면 녹의 두께 만큼 물길이 커지고 물이 빠르게 이동하여 누수의 량과 범위가 크게 된다.

마. 구조체 내부 공극 존재유무 및 크기 확인

내부 공극주입 시연(친환경아크릴 주입재 사용)



서면000아파트 2004. 12. 입주

※목적

- 구조체 내부 공극체적확인
- 구조체 내부 공극 충전으로 누수유입 및 이동공극 방수

※시연일시 ; 2010. 2. 10

- 시연길이 ; 6.5m
- 주입총량 ; 6.kg(4999.8cc)
(친환경 아크릴주입재 비중 1.2kg/ℓ)
- 주입재 1kg ; 833CC(체적)

▶위치 ; 105동 지하주차장 B1
출입구 좌측 천정



← 내부 공극주입방수후
방수성능 유지상태 확인

※확인일시 ; 2021. 4. 23.

※확인결과 ; 누수발생 없음

◎구조체 내부공극 체적확인 방수시공 방법

※사용재료 ; 친환경아크릴계 주입재료 ; 주입충진 완료시 까지 응결되지 않아야 한다.

※주입시공방법 ; 시공대상 부위 20Cm간격으로 ϕ10(지름) 천공하여 주입구(패카) 설치

※주입압력 ; 5~500kgf/cm²

※구조체 내부공극 체적 확인 방법 ; $(\text{주입시공전 무게} - \text{주입시공후 무게}) \times 833.3 = 0000 \text{ cc}$
(주입재 비중은 1.2kg/ℓ, 1ℓ = 833.3cc)



※공극체적 확인 공법 ; 특허 제10-1000497호

(콘크리트 주입 보수재와 이를 이용한 콘크리트 구조물의 내부공극 체적 확인 및 지수공법)

V. 주입방수의 시공방향 분석

1. 지하구조체 주입방수를 시공해도 재누수가 발생하는 이유

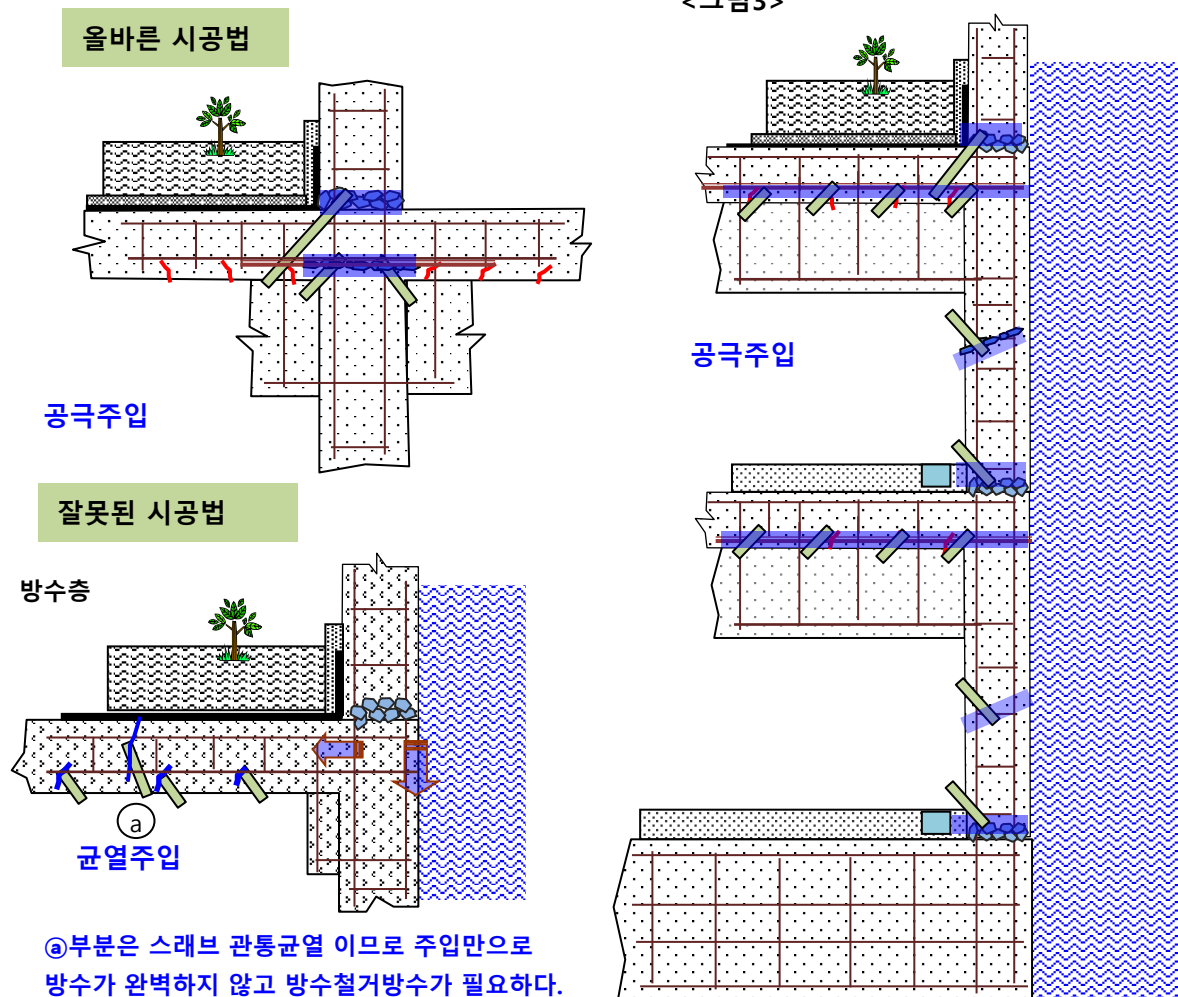
가. 누수유입과 이동방향이 아닌 누수유출 방향에서 주입시공하고 있다.

철근콘크리트 구조체에 외부물이 유입하면 물은 철근을 따라서 철근을 부식시키면서 이동하므로 물의 유입방향에서 시공하지 않으면 방수의 효과가 거의없다.

나. 누수의 원인중 95% 이상이 구조체 내부의 공극이다. 누수원인 분석을 잘못하고 있다.

누수의 유입과 이동 원인중 95% 이상이 구조체 내부의 다짐불량 공극과 블리딩 현상에 의한 공극이며 이 공극으로 물이 유입하고 철근을 부식시키면서 확대 된다. 그러나 진단 감정 등 지하구조체 누수 및 방수관련 관계자 들은 대부분 균열로 인하여 누수되고 있는 것으로 잘못 판단하고 있다. 누수유입 계통을 분석하면 누수유입부 및 이동 통로와 누수 현상 발생부위가 확연히 구분된다. 지하구조체 누수의 주 원인은 대부분 구조체 내부의 공극이다. 천정의 페인트가 벗겨지고 얼룩이 발생하는 것은 유입된 물이 스투브의 수평 철근을 부식시키고 이동하면서 녹아나온 세멘트의 양젯물과 철근의 녹물에 의한 것이다. 실제로 균열은 그리 많지 않다. 실제 누수현장에서 주입방수를 시공할 때 방수를 완벽히

<주입방수 시공방향>



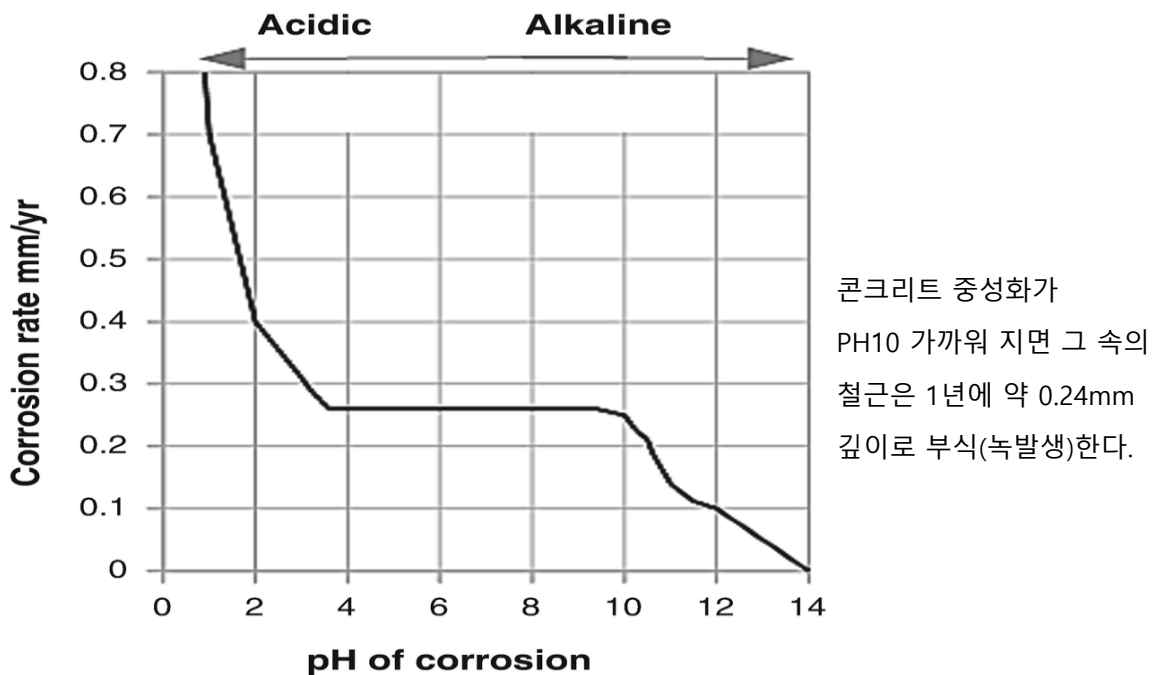
시공하려면 주입해야할 누수균열은 극히 적고 주입 시공대상 공극이 대부분이다.
 주입방수 재료 소요량은 **균열주입에 1m당 0.1kg이** 소요되고 **공극에는 1m당 2~3kg이** 소요된다. 누수원인 분석이 잘못되면 주입방수 시공방향이 잘못 설정된다. 균열주입시의 재료소요량 0.1kg/m을 공극주입시의 소요량 2~3kg/m에 대체할 수 없다.

다. 철근콘크리트구조체 방수의 궁극적인 목표는 철근의 부식방지에 있다.

PH12~14인 콘크리트가 PH10.45이하로 중성화가 시작되면 철근의 부식속도는 1년간 0.24mm정도 깊이로 부식하고 철근에 물이 스며들어도 철근의 부식속도는 가속화한다. 탄산가스(CO2)를 함유한 주입방수재는 콘크리트 중성화를 촉진하고 방수성능이 없는 주입방수재는 물(H2O)의 유입을 촉진하여 철근부식을 촉진한다

※P8 철근부식 화학식 참조

자료출처 <http://blog.naver.com/crosstyle/50003244452>



<콘크리트의 중성화에 따른 철근의 부식 속도>

콘크리트 중성화가 PH10 가까워지면 그 속의 철근은 1년에 약 0.24mm 깊이로 부식(녹발생)한다.

라. 효과 적이고 방수성능이 검증된 재료를 선택해야 된다.

주입방수에 사용하는 재료는 주입시공 전후 **탄산가스를 생성하지 않을 것**, 주입시공후 **신축성이 있을 것**, 지하의 밀폐된 공간에 사용하므로 **환경친화적인 것**을 사용해야 한다. 지하구조체 주입방수시공후 방수 시공상태가 양호하게 유지관리 되고 있는 성공사례를 찾아보기는 대단히 어려운 과제이다. 여기서 과제라고 함은 많은 아파트의 지하주차장 구조체는 주거 시설을 지탱하고 있는 주요 구조부이기 때문에 단순히 눈가림식의 방수 시공 만으로 종결되는 사항이 아니고, 향후 50년 100년 또는 그 이상 유지할 수 있는 누수관리가 되어야 한다는 희망 사항이다.

반드시 시공후 **5년 이상 경과한 시공실적을 평가하여 유지관리 상태가 양호한 실적이 있는 친환경 공법과 재료**를 선택하여 시공하는 것이 바람직하다.

2. 지하 연속벽구조의 방수 ; 건물의 고층화 대형화와 지하연속벽 구조의 증가

가. 지하연속벽의 용도

▶가설재로 사용하는 경우

지하연속벽 그 자체를 가설재로 사용하는 경우와 구조재로 사용하느냐에 따라서 방수 문제가 달라진다. 연속벽을 가설재로 사용하고 연속벽 안쪽에 구조체를 별도로 설치할 경우에는 연속벽과 구조체 사이에서 연속벽을 통한 유입수를 배수하여도 건물의 유지 관리에 문제가 없다.

▶가구조재로 사용하는 경우

반면에 아래의 그림처럼 지하연속벽을 구조재로 사용할 경우에는 영구배수 시설이 합당하지 않다. 배수펌프는 일정기간 마다 교체하는 방법으로 영구운전이 가능하지만 이 배수 펌프로 퍼내는 물이 지하연속벽 구조체를 통과하여 유입된 물이다. 연속벽의 내부를 통과하여 계속 누수가 발생한다는 사실은 연속벽 내부의 철근에 물이 계속하여 접촉하고 있는 현실이다. 철근에 물이 접촉하면 철근부식이 가속화하여 구조체를 지탱할 수 있는 내력의 한계점에 이르게 될 것이고 더 이상 철근이 사라진 건물의 안전은 기대할 수 없다.

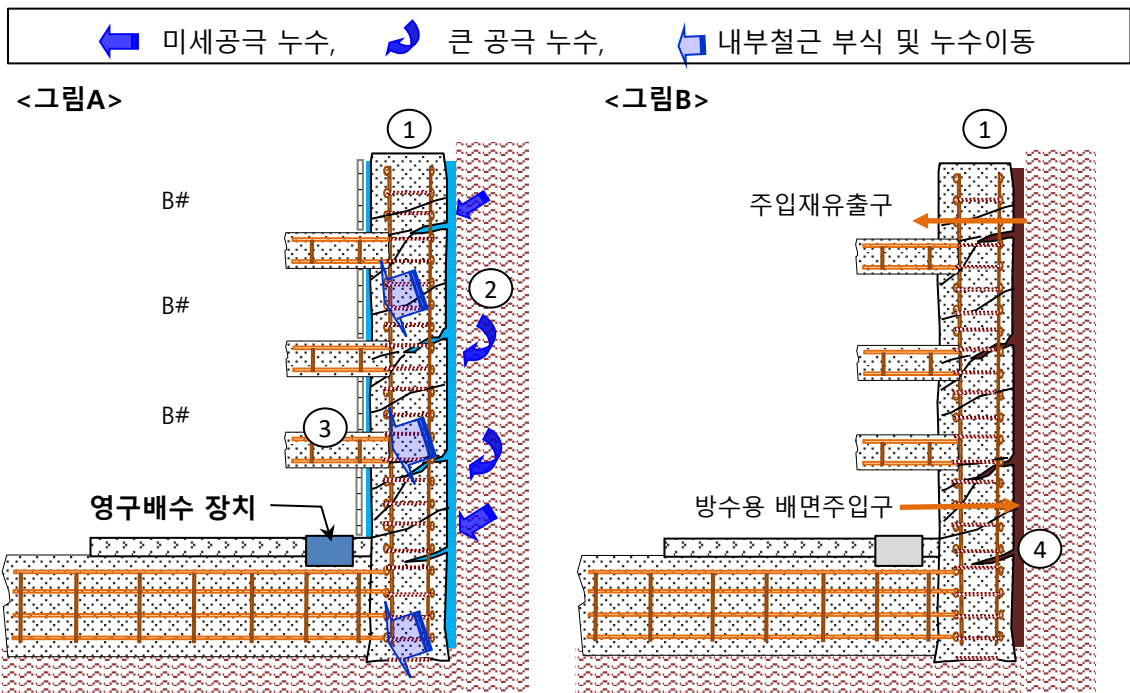
(영구배수 시설은 합당치 않다)

나. 구조재로 사용한 지하연속벽의 누수와 방수

▶누수유입경로

<그림A>의 지하연속벽 외부 물이 있는 부위"②"에서 지하연속벽 "①"을 통과한다.

지하연속벽 "①"속에는 고층전물을 지탱하는 지하구조체로서 내력을 감당할 만큼의 많은 철근이 배근되어 있다. 물이 통과하는 구조체의 철근은 부식하게 되고 철근이 부식하면 구조체는 붕괴한다.



▶방수시공방향

<그림B>의 배면주입방수구를 통하여 주입방수재를 주입하여 새로운 방수층"④"를 조성하여 "①"의 지하연속벽(철근)에 물의 유입을 원천적으로 차단해야 건물 유지관리가 가능하다.

VI. 결론

1. 현재 지하구조체 주입방수 관련 각 분야 종사자의 체계적인 학습이 필요하다.

아파트 뿐만이 아니라 우리나라 전국에 건축된 지하구조체중 누수문제가 발생하지 않은 건물은 거의 없다. 그리고 해당 건물마다 유지관리를 위한 지하구조체 방수(주입방수)를 시행한다.

특이한 사항은 방수공사를 계획하는 사람, 공사를 설계하는 사람 그리고 시공하는 사람등 전체 과정의 종사자들이 구조체 누수의 원인분석과 주입방수재료 및 주입방수 시공방법에 관련한 전문적이고 정확한 지식이 부족한 상태에서 이루어 지고 있다.

2. 지하구조체 주입방수에 관한 학술+기술+현장시공의 일치가 필요하다.

학술적연구나 기술을 개발하는 것은 실무현장과 일치할 때 해당분야에 종사하는 사람들의 생활을 윤택하게 할 것으로 기대한다. 우리나라의 지하구조체 누수부분 주입방수 현실은 학생을 지도하는 교수님들의 이론, 방수공사 진단설계 업체의 설계도서, 실무감정인 들의 생각, 방수공사 현장 시공업체들의 인식 수준 등이 제 각각이다. 대형건물의 유지관리를 위해서 전문적이고 실질적인 현실과 기술을 접목시켜야 몇 백년을 유지할수 있을 것이다.

3. 현재 지하구조체 주입방수 시공후 유지관리상태의 확인(Feed-Back)이 필요하다.

현재까지 지하구조체 주입방수 분야는 진단, 감정, 시공은 끊임 없이 하고있다. 그러나 각자가 맡은 역할이 실제로 주입방수 시공에 적합했었는지의 여부를 아무도 뒤돌아 본 사람이 없는것 같다. 주입방수 시공 역사가 30년이 넘었음에도 아직도 체계가 수립되지 않은 상태이다. 주입방수 시공한 현장을 한번만 돌아보기만 했어도 누수균열 주입방수에 습식에폭시를 주입하여 방수시공한 곳이 **한곳도 없다**는 것을 모르는 것은 극히 이상하다. 이론이 있을 수없는 지극히 단순한 논란임에도 불구하고, 지금도 누수균열에 주입방수에 습식에폭시 주입재 사용가능 불가능 여부를 논의하는 자체가 극히 무책임한 일이다.

4. 국가적인 차원에서 법령(고시)등 제도개선이 필요하다.

국토부고시 제2015-951호 제67조 ③제1항에도 불구하고, 균열폭과 관계없이 관통균열의 경우에는 주입식 공법(균열 부분에 **에폭시계 수지** 또는 **시멘트계 재료**를 주입하여 콘크리트를 일체화 시키고, 콘크리트의 수밀성을 크게하며, 콘크리트 및 철근의 열화와 부식을 방지하는 공법)으로 보수비용을 산출한다.

여기서 누수존재 여부와 관계 없이 에폭시 주입시공 기능은 일반화되어 있고 시멘트계의 재료주입은 상당한 기술과 경험을 필요로 하므로 에폭시계 재료의 주입을 선호하게 되었으며, 일부 전문적인 식견이나 실무적용 경험도 없는 비전문가 집단이 **습윤형 에폭시**의 효용성을 과대포장하는 바람에 누수균열 주입방수에 10여 년간 오용되고 있는 것이다.

주택보증공사의 누수하자 보수비용지급, 분쟁조정 위원회의 누수 분쟁에 대한 조정안 등 국토부 산하기관 들은 누수하자에 대한 주입방수 시공방법으로 상급기관인 국토부 고시에 명시된 에폭시 주입방법을 외면할 수 없을 것이다. 궁극적으로 제도개선이 필요하다.

Ⅷ. 참고사항 ; 상시 침수 구조체의 철근부식으로 인한 내구성은 상실시기

- 1)광주시 북구 중흥동의 평화 맨션 ; 건축후 33년(1981년 건축)
 2014년 7월 24일 건물 붕괴조짐 현상 나타남, 입주민 긴급 대피
 정밀 진단 결과 철거후 재건축 판정(2015년)

※원인 ; 상시 누수로 인한 주요구조부 철근부식 팽창 ;
 지하층 기둥 12개중 2개 기능상실



- 2)구포다리 붕괴 ; 1933. 3 준공(준공후 73년)
 2005년 9월 붕괴, 길이 1060m
 ※원인 ; 우천시 침수로 인한 철근 부식, 내력상실



3)-1 지하구조체 주입방수 ; 콘크리트 구조체 내부공극의 형상 및 공극 주입충진



콘크리트 속의 자갈몰림 공극



벽체하부 자갈몰림 공극

누수가 발생한 구조체는 균열보다 구조체 내부에 존재하는 공극에 의한 누수유입과 이동통로 차단을 목적으로 주입방수를 시공해야 효과적이다.



벽체 공극누수 바닥누수

<구조체 내부공극 친환경 아크릴계 주입재 주입충진 상태 비교>



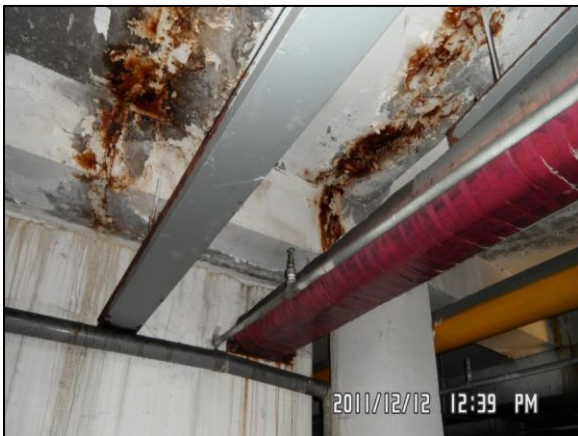
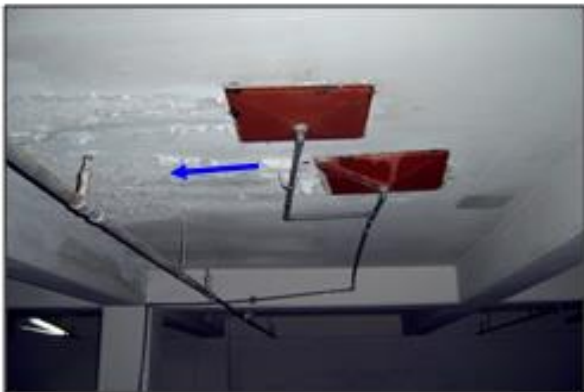
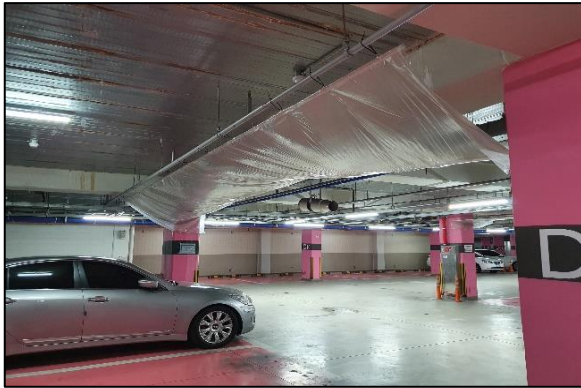
주입구 설치

주입된 공극

주입 안된 공극

3)-2지하구조체 유도방수의 비효율성

구조체 내부에 유입된 물은 철근을 부식시키면서 철근을 따라 이동한다
그러므로 물받침을 받치는 등의 유도방수는 실패성이 없다




방수제(아크릴아미드) 중독(말초신경병증) 발생 경보

□ 개요

대전 및 의정부 소재 아파트 공사현장에서 각각 발생한 말초신경병증을 조사하는 과정에서 동일시기 (2014년 6월에 동일제품의 방수제 (아크릴아미드 함유)를 사용하여 천정방수작업을 하다가 아크릴아미드에 중독되어 말초신경병증이 발생 했음을 인지

- ※ 방수제를 사용한지 1개월이 경과한 시점에서 신경병증 증상이 나타남
- ※ 누수주입방식으로 작업 중 갑작스런 역분사 등에 의한 피부노출 가능성이 높았음

□ 아크릴아미드(CH₂CHCONH₂)의 특성 및 건강영양

용 도	방수제, 토양 안정제, 상수 응집제, 섬유용 개질 및 수지 가공, 접착제, 아크릴계 경화성 도료 등에 사용
일반적 특성	무색 또는 흰색의 결정형 고체로 물에 잘 용해됨
노출경로	흡입, 피부흡수, 소화기계, 피부 또는 눈 접촉
건강영양	손과 발에 땀이 많이 남, 손발의 저림, 감각 이상, 팔과 다리의 근력저하, 무력감, 졸음 등
유해성 위험성 	삼키거나 피부와 접촉하면 유독함. 신체 중 말초신경에 손상을 일으킴. 장기간 또는 반복노출 되면 신체 중 시신경, 말초신경 중추신경에 손상을 일으킴. 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음. 눈에 심한 자극을 일으킴. 유산적인 결함 및 암을 일으킬 수 있음. 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨
다른 중독 사례	석유화학제품 제조업 아크릴아미드 생산 공정의 근로자에게서 서서히 양팔과 양다리의 감각에 이상이 생기면서 사지가 약화되는 다발성 말초신경염 발생

□ 아크릴아미드에 의한 건강장애 예방조치

- ▶ 작업장의 충분한 환기 실시
 - 아크릴아미드를 취급하는 작업장에는 밀폐설비나 국소배기장치를 설치· 가동
- ▶ 특수건강진단 및 작업환경측정 실시
 - 신경계 검사, 눈 및 피부의 침박자극 검사(특수건강진단)를 정기적으로 실시
 - 정기적으로 작업환경측정을 실시하여 노출기준(TWA 0.03 mg/m³) 이내로 관리
- ▶ 작업관리 및 보호구 착용 등
 - 방독 또는 방진마스크, 불침투성 보호복, 보호장갑 등 개인보호구 지급· 착용
 - ※ 방독마스크의 경우 착용 후 작업장에 들어가기 전 안면분 밀착도 직각점검 등 실시
 - 취급 작업장내 MSDS 게시· 비치 용기· 포장 등에 경고표지 부착
 - 취급 근로자에 대한 MSDS(물질 특성 및 인체에 미치는 영향 등) 교육 실시

5)친환경 아크릴주입재



친환경 건축자재 인증서

인증번호 : HB2256G19-01
 업체명 : (주)수퍼크랙실
 대표자 :
 소재지 : 부산시 수영구 과정로 12
 제조사 : 그린텍
 인증기간 : 2019. 05. 31 ~ 2022. 05. 30

인증제품

- 표준번호(명) : SPS-KACA0020-7174 친환경 건축자재
- 시험방법 : 환경부 실내공기질 공정시험기준
- 제품(모델)명 : SC-9500K (아크릴주입재)
- 제품분류 : 기타
- 인증등급 : 최우수 ★★★★★
- 인증사유 : 오염물질 저감

산업표준화법 제27조 및 단체표준 업무규정 제17조에 따른 인증심사를 실시한 결과 친환경 건축자재 단체표준 인증심사기준에 적합하므로 업무규정 제21조에 따라 위와 같이 친환경 건축자재 단체표준(HB마크)에 적합함을 인증합니다.

2019년 05월 31일

한국공기청정협회장



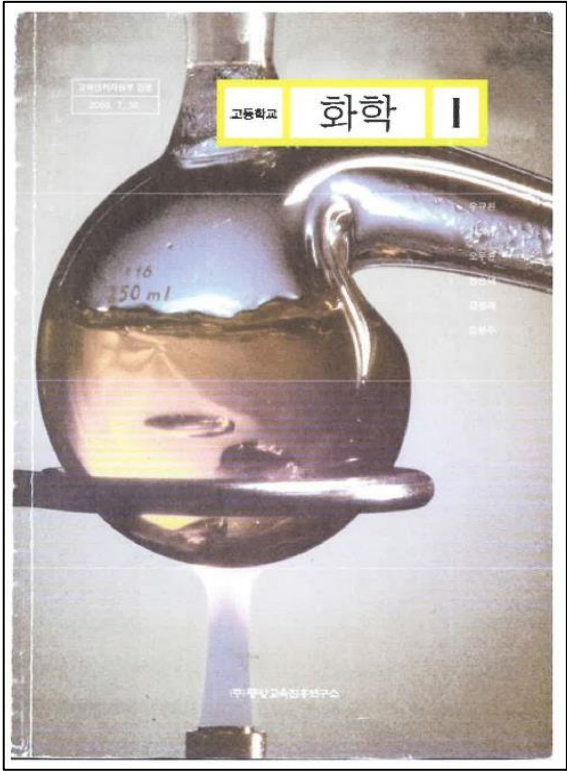
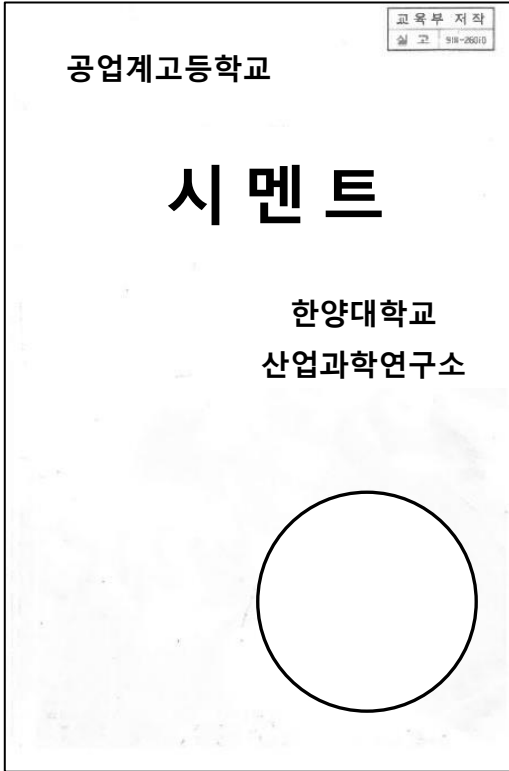
(06162 서울 강남구 테헤란로63길 11 이노센스빌딩 9층, 전화 : (02)553-4156, www.kaca.or.kr)

1. 최초인증일 : 2019년 05월 31일



공업계 고교 교재 ; 화학 1

수화반응 ; 콘크리트의 조성



화학반응 ; 콘크리트와 탄산가스 반응

공기중에 있는 수증기(물)가 시멘트안에 유리석회(free CaO)나 C₃S와 반응하여 Ca(OH)₂가 생긴다.

유리 CaO 또는 C₃S + H₂O → Ca(OH)₂

위의 반응으로 생긴 Ca(OH)₂가 공기중에 있는 CO₂와 반응하여 탄산칼슘과 물이 생긴다. 여기서 생긴 물은 콘크리트의 풍화작용을 더욱 촉진시킨다.

Ca(OH)₂ + CO₂ → CaCO₃ + H₂O

CO₂접촉시 물생성 과정 설명

7)"콘크리트 구조물의 균열 누수 보수 보강 전문시방서" 활용가치 없음 확인 공문

708111844_0000041_01_03



국토교통부

함께하는 공정사회! 더 큰 행복 대한민국

국 토 교 통 부



수신 손성해 귀하 (우50945 경상남도 김해시 내외중앙로 121, 107동 404호 (내동, 대우아파트))

(경유)

제목 국민인수위원회 민원(1BA-1706-277097) 처리결과 안내

1. 국민인수위원회 민원(신청번호 : 1BA-1706-277097, 민원내용 : 불임 참조)과 관련입니다.

2. 제안내용

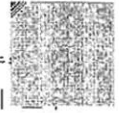
- ① 「콘크리트 구조물의 누수 보수 법령」 신설 건의
- ② 「콘크리트 구조물의 균열평가기법 및 보수·보강 전문시방서」 중 우레탄을 구조물에 주입하는 방법 부적절
- ③ 공동주택 하자의 조사, 보수비용 산정 및 하자판정기준 별표8의 균열누수 삭제건의

3. 회신내용

귀하께서 제안하신 “콘크리트 구조물의 누수 보수 법령 및 제도 개선” 과 관련하여 우리부 여러 부서에서 담당하고 있어 소관과의 의견을 취합한 내용을 다음과 같이 알려드립니다.

①콘크리트 구조물의 누수 보수 법령 신설에 대해서는 콘크리트 구조물의 시공에 관한 일반적이고 기본적인 사항을 규정한 「콘크리트표준시방서(2016, 국토교통부)」 3.8.5.2.(2)에서 “표면상태 검사 결과, 이상이 확인된 경우에는 한국콘크리트학회에서 제정한 「콘크리트 구조물의 보수·보강 요령」을 참고로 책임기술자의 지시에 따라 적절한 보수를 실시하여야 한다.” 라고 명시하고 있으며, 동 요령에서 조사 및 진단, 재료, 설계, 시공, 검사 및 평가 등에 대한 방법을 이미 제시하고 있습니다만, 공사시방서를 작성할 때 이 표준시방서에 규정하지 않은 사항과 이 표준시방서의 규정만으로 실제의 시공조건을 충족시키지 못할 경우 다른 시방서의 규정에 따르거나 특별한 기준을 적용할 수 있음을 알려드립니다.(기술기준과, 한국콘크리트학회 소관)

② 「콘크리트 구조물의 균열평가기법 및 보수·보강 전문시방서」의 우레탄을 구조물에 주입하는 공법이 부적절 하다는데 대하여는 한국시설안전공단에서 “콘크리트 구조물의 균열평가기법 및 보수·보강 전문시방서의 개발(’99.12)” 연구를 통해 추진한 것으로 확인되고 있으나 본 연구용역 결과가 국토교통부에서 건설기준으로 제정되지 않은 점 등을 감안할 때 위 연구용역 결과를 콘크리트 구조물의 보수·보강 공사현장에서 건설기준으로 그대로 활용하는 것은 적절하지 않은 것으로 사료됩니다.(건설안전과 소관)



수
삭
보
수

③ 공동주택 하자의 조사, 보수비용 산정 및 하자판정기준 별표8의 균열누
제건외에 대하여는 누수보수비용 산정방법이 공동주택에서 균열보수 하자발생 시
를 위한 누수범위, 보수공법 등의 기준을 정하고, 균열하자 발생 시 하자심사분쟁조정위원회
의 하자판정기준으로 활용하기 위한 것으로, 균열 누수하자의 보수처리를 위해 필요한 기준
으로 준치가 필요함을 양해하여 주시기 바랍니다.(주택건설공급과 소관)

아울러, 앞으로도 국토교통 업무에 대한 지속적인 애정과 성원을 부탁드립니다,
보다 자세한 설명이 필요하거나 궁금한 사항이 있는 경우에는 아래 소관분야별 연락처로
문의하시면 성의있게 답변하도록 하겠습니다.

- * 문의 : 국토교통부 기술안전정책관 건설안전과 서기관 오진수(담당 : 시설안전공단 연구 관련)
(전화 044-201-3587, 이메일 jinsoo5@korea.kr)
- 국토교통부 기술안전정책관 기술기준과 사무관 김광진(담당 : 건설기준 관련)
(전화 044-201-3568, 이메일 kkjin@korea.kr)
- ※ 한국콘크리트학회 사무국 김아름(담당 : 콘크리트 구조물의 보수·보강 요령)
(전화 02-568-5987, 이메일 kar@kci.or.kr)
- 국토교통부 주택정책관 주택건설공급과 주무관 박삼범(담당 : 공동주택 하자보수 관련)
(전화 044-201-3377, 이메일 paksb3033@korea.kr)

※ 본 회신내용은 해당 질의에만 국한되어 개별 사실관계의 변동 등으로 인한 유사사례인 경우에
본 회신내용과 다른 해석이 있을 수 있습니다. 따라서 개별사안에 대한 별도의 증거자료로 활용하는
것은 국토교통부 견해와는 관련이 없음을 알려드리니 양해하여 주시기 바랍니다.

붙임 : 민원신청서 1부. 끝.



주무관 정치영 기술서기관 오진수 과장 전결 2017. 8. 10.
이정기

협조자 사무관대우 박삼범

시행 건설안전과-5976 (2017. 8. 10.) 접수

우 30103 세종특별자치시 도움6로 11 국토교통부 / http://www.molit.go.kr

전화번호 044-201-3588 팩스번호 044-201-5553 / jcheey@molit.go.kr / 비공개(6)

“국민과 함께하는 시설안전 글로벌 리더”



한국시설안전공단



수신자 손성혜(경남 김해시 내외 중앙로 대우아파트 107동404호)

(경유)

제목 민원회신

귀하께서 공단에 접수하신 민원(2014. 4. 2 접수)내용과 관련하여 아래와 같이 회신합니다.

- 아 래 -

1. 질의요지

○ 아파트내력구조부 균열 누수관련 주택법령 개정 및 콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수 보강 전문시방서 6.8.1주입공법(3) 사용재료 혁신 개정 건의 합니다.

2. 회신내용

○ 아파트내력구조부 균열 누수관련 주택법령 개정은 법령의 주무부처인 국토교통부(주택건설공공급과)로 문의하시기 바라며, 공단에서 발간한 콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수 보강 전문시방서는 누수와 관련된 기술들을 예시한 것으로 국토부에서 고시된 사항이 아님을 알려드립니다. 따라서 선생님께서 건의하신 콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수 보강 전문시방서 6.8.1주입공법(3) 사용재료 혁신 개정 건은 공단에서는 개정할 수 없는 사항입니다. 우리공단에서 선생님의 민원내용에 대하여 직접 도움을 드리지 못한 점 죄송스럽게 생각하며, 선생님의 소중한 의견은 향후 공단 업무에 참고토록 하겠습니다. 끝.

한국시설안전공단이사장



주임 **한정아** 행정관리실장 **이상철** 부이사장경영본부 전결 04/11
장 김상기

협조자 사무국장 류근준 시설안전연구소장 박광순

감사번호

시행 경영본부-1841 (2014.04.11.) 접수 ()

우 411-758 경기 고양시 일산서구 고양대로 315 / http://www.kistec.or.kr
전화 031-910-4251 /전송 031-910-3683 / hanja@kistec.or.kr / 비공개(6)