



03

건설 구조물의 최신 방수공법 및 신기술 현황

Waterproofing Method and New Technologies for Construction Structure

김영삼 Young-Sam Kim
한국건설생활환경시험연구원
방수방식기술팀 선임연구원

신홍철 Hong-Chol Shin
한국건설생활환경시험연구원
방수방식기술팀 선임연구원

김영근 Young-Geun Kim
한국건설생활환경시험연구원
부품소재 단장

1. 머리말

방수기술은 건설구조물의 장기적 안전성과 내구수명의 확보, 사용의 편리성을 확보하기 위해 강우, 지하수, 생활용수, 저수 등과 같은 물의 침입으로부터 구조물을 보호하기 위한 건설 기술의 하나로서, 구조물의 성능과 기능을 좌우하는 중요한 기술이다. 단순히 하늘에서 떨어지는 빗물의 침입을 막았던 시대와는 달리 현대 사회는 사람이 추구하는 주거의 사용 만족도가 매우 높아 단한 방울의 누수도 용납되지 않는 시대로 접어들었다.

건축물에 작용하는 물은 지진, 붕괴와 같은 대형 인명피해를 일으키는 것은 아니나 흡수 및 건조시 반복적 체적변화 및 동결융해에 따른 내구성 저하, 누수, 결로, 곰팡이, 부식, 오염 등으로 사람의 생활에 끼치는 악영향이 매우 크며, 지속적으로 아주 천천히 구조물의 내구수명을 단축시키는 작용을 하고 있다. 특히 우리나라와 같이 고밀화된 도심에서는 지하공간의 건설 빈도가 높아 옥상뿐만 아니라 외벽, 지하, 실내공간까지 건축물 기능유지를 위해 다양한 방수가 요구된다. 특히 주거생활의 주체가 되는 공동주택에 발생하는 누수하자는 다른 건물에 비해 사용자에게 주는 피해가 크며, 하자발생에 따른 적절한 보수공법 선정의 어려움과 보수공사 진행 중에 거주자의 생활에 많은 불편함을 초래하고 있다.

한편 토목구조물에 있어 공공 기반시설인 인천국제공항, 월드컵 경기장, 인천대교, 호남 고속철도, 거제도 해

저터널과 같은 랜드마크적 토목시설의 건설을 통하여 한국 토목 기술의 발전을 엿볼 수 있으나 이와 같은 토목구조물 중에서 지하철 및 교통용 터널을 비롯한 교량상판, 지하공동구 및 수리시설 등 다양한 구조물에서 누수문제가 제기되고 있다. 이와 관련하여 누수 문제의 해결을 위한 체계적인 기술의 정립과 함께 적극적인 방수상의 대책이 필요하다는 의견이 제시되고 있다.

본 고에서는 건축구조물에 적용되는 부위별 방수공법 및 토목구조물의 구조물별 방수공법을 정리하고, 최근의 방수 신기술 현황에 대해 정리하고자 한다. <사진 1~4>는 건축 및 토목구조물의 방수 하자 현상을 나타내고 있다.



사진 1. 옥상 누수에 의한 천장 훼손



사진 2. 창호 프레임 틈새 누수



사진 3. 지하철개착구벽체하부누수



사진 4. 방수·방식재 열화 현황

2. 건축구조물의 방수공법

2.1 건축구조물에 작용하는 물

건축구조물에 작용하는 물은 기후현상에 의해 내리는 강수를 비롯해 지하구조물에 영향을 미치는 지하수, 건축구조물 내부에서 사용하는 생활용수 등이 있으며, 공기 중에 존재하는 습기도 건축부재의 흡습량을 변화시키고 내외부 온도차 발생시 결로 수의 양에 영향을 미치므로 공기 중의 수분도 건축구조물의 기능에 영향을 끼칠 수 있다.

대표적으로 건축구조물에서 물이 존재하는 위치와 작용하는 물의 형태는 <표 1>과 같다.

2.2 건축구조물의 적용부위에 따른 방수공법

2.2.1 적용 부위에 따른 방수 분류

건축 구조물에서 방수공사가 필요한 부위는 옥상, 실내, 외벽, 지하 방수로 구분되며, 적용하는 부위는 <표 2> 및 <사진 5~8>과 같다.

표 1. 건축구조물에서 물이 존재하는 위치 및 형태

부위	물의 종류	물의 형태	
지붕, 처마	비, 눈, 우박	물방울, 흐르는 물, 고체	
외벽	지상	비, 눈, 우박	물방울, 흐르는 물, 고체
	지하	지하수	흐르는 물(또는 체류수)에 의한 수압
베란다, 발코니	비, 눈, 우박, 생활용수	물방울, 흐르는 물, 고체	
지하 최하층 바닥	지하수	흐르는 물(또는 체류수)에 의한 수압	
실내	주방, 화장실	생활용수, 작업수, 청소수	물방울, 흐르는 물
	욕실	생활용수	흐르는 물, 체류수에 의한 수압, 물방울
저수 구조물	연못, 수영장	생활용수	체류수에 의한 수압
	저수조	음료수, 생활용수	체류수에 의한 수압
	지하수조	온수, 냉수	체류수에 의한 수압

표 2. 적용부위에 따른 분류

구분	적용부위
옥상방수	구조물 옥상이나 지붕에 적용
실내방수	주로 공동주택의 욕실 및 화장실, 발코니 등에 적용
외벽방수	조적벽, 구조물 외벽면에 적용
지하방수	구조물의 지하의 내·외면에 적용

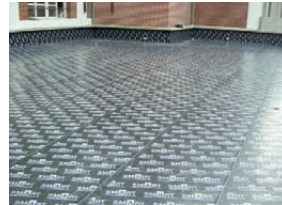


사진 5. 지붕 방수



사진 6. 실내 방수



사진 7. 지하 방수



사진 8. 외벽방수

2.2.2 옥상방수

옥상방수는 구조물이 위치한 지역의 10분당 최대 강수량, 일사에 의한 온도상승, 적설하중, 풍하중 및 적재하중 등에 대한 내하중성을 고려해서 설계해야 한다. 시공 후 방수층의 성능에 영향을 끼치는 환경적 요인은 태양광선을 가장 강하게 받는 부위이므로 노출형 방수공법의 경우 내자외선성을 확보해야 하고, 한여름철 방수층의 온도가 약 70~80℃ 가까이 상승할 수 있으므로 고온 장기 안정성 확보가 중요하다.

2.2.3 지하방수

1) 바깥방수

바깥방수는 <그림 1>과 같이 지하 외벽 바깥쪽에 방수 작업 공간을 확보하여 구체공사 완료 후 방수공사를 하는 후행공법과 <그림 2>와 같이 방수층을 흙막이벽에 붙인 다음 콘크리트를 타설하는 선행공법으로 나누어진다.

2) 안방수

안방수는 구조체 내부면에 방수층을 형성하는 공법으로 구조체를 통과한 지하수의 수압이 방수층 배면에 직접 작용되므로 방수층과 구조체 계면이 밀착되어 수압을 견딜 수 있어야 한다.

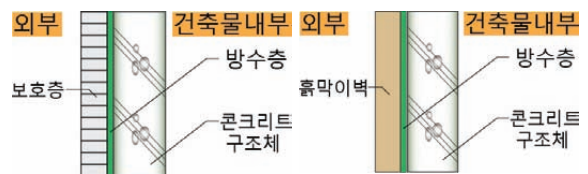


그림 1. 바깥 방수 후행 공법

그림 2. 바깥 방수 선행 공법

3) 구체방수

구체방수는 콘크리트 자체를 수밀하게 타설하여 방수성을 부여하는 공법으로 주로 활성 실리카처럼 시멘트의 수화로 생긴 유리 알칼리 성분과 결합하여 시멘트 경화체를 밀실한 조직으로 바꾸거나 유기계나 고분자계 재료를 혼합해 시멘트 경화체의 흡수성 및 투수성을 개선하여 방수기능을 갖도록 하는 방수공법이다.

4) 부분방수

콘크리트 구체에 어느 정도 수밀성을 갖도록 하고 누수 위험성이 높은 이어 붓기나 세퍼레이터 부분, 곰보 등의 결합부분만 방수 처리하는 방수공법으로 주입공법, 충전공법, 도포공법이 있다.

2.2.4 외벽방수

건축물 지상부위의 외기와 접한 외벽부에 적용하는 방수공법으로 일반적으로 외벽 균열부, 창호 및 창틀의 틈새, PC부재의 접합부, 조적조의 벽돌 틈새, 커튼월 연결부, 유리창 실링재 등에 대한 방수가 이에 해당된다.

외벽으로부터의 빗물 침입은 벽면을 타고 흘러내리는 빗물이 벽의 표면에 수막을 형성할 때 중력과 바람의 복합작용에 의해 벽체 내외부 기압차가 발생하여 유입된다.

2.2.5 실내방수

실내방수는 실내에서 사용하는 물이 실외로 누출하는 것을 차단하는 방수공법으로, 욕실, 주방, 화장실, 물탱크 등이 이에 해당된다.

2.3 적용부위별 요구 성능

방수공법을 적용하는 건축구조물에 부위별로 존재하는 물의 형태 및 방수층의 열화 환경 인자가 달라지므로 환경여건에 적합한 방수재료를 적용해야 하며, 부위별 용도, 구조, 현장여건, 시공, 재료 등을 종합해서 설계에 반영해야 한다.

건축물 부위별 방수설계시 고려사항 및 요구 성능은 <표 3>과 같다.

3. 토목구조물의 방수공법

3.1 교면방수

표 3. 건축물 부위별 방수 설계 시 고려사항 및 요구 성능

구분	방수 설계 시 고려사항	요구 성능
공동	<ul style="list-style-type: none"> • 물리·화학적 환경조건에 적합한 재료 선택 • 적용부위별 방수공법의 검토 및 선택 • 생애주기비용을 고려한 재료설계, 시공 및 유지관리 용이성 검토 	부착성 수밀성 내피로 성능 내충격성 경제성 유지관리성
옥상	<ul style="list-style-type: none"> • 지붕의 구조, 성능, 기능을 고려한 장기적인 방수 성능 • 옥상설비의 이동 및 교체, 사람의 활동 유무, 녹화 공간의 설치 유무 • 치켜올림부 등의 높이, 방수턱 설치에 따른 안전 난간대의 높이 • 바람, 산성비, 자외선, 공기오염 등을 고려한 방수재의 내구성 	내풍압성 통기성 내마모성 내후성 온도의존성 내화학성
실내	<ul style="list-style-type: none"> • 배수 위치, 치켜올림부 높이 • 내화학성, 내수성 등을 고려한 방수재의 내구성 	내수성 내화학성
지하	<ul style="list-style-type: none"> • 방수 작업 공간 확보 유무 • 방수 작업 비계의 조립 위치 • 관통 철골 구조체, 배관 파이프 둘레의 상태 • 구조물의 연결부 및 시공조인트의 거동상태 • 지하수의 수질 • 구조체 설치 방법 및 형태 • 구조물의 진동 및 거동 상태 	습윤면 부착성 내정수압성능

3.1.1 교면 방수공법의 선택

교면 방수공법의 선택은 적용현장의 교통, 도로구조, 기후 조건 등을 고려하여 결정하는 것이 중요하며, 방수층을 시공함에 있어서는 포장의 보수 시기나 방수층 시공 난이도 등을 검토하여 최적방수공법을 선택하는 것이 중요하다. <표 4>는 교면 방수층의 선택기준을 나타내고 있다.

표 4. 교면 방수층의 선택기준

선택 조건	요인	방수층의 선택기준
포장 철거 상판면	방수층 시공 후의 양생	공기 단축을 위해 양생 시간이 적은 공법이 효과적임
	상판표면의 상태	콘크리트 상판 표면에는 요철이 많으므로 시공성이 좋은 것을 선택
교통 조건	중(重)교통 노선	전단점착강도가 높은 것을 선택
도로 조건	곡선부 경사로	차량에 의한 원심력이나 급제동에 따른 전단력이 상당히 크게 작용하므로 전단점착강도가 높은 것을 선택
기후 조건	온난지	여름철의 노면온도를 고려하여 전단점착강도 및 인장점착강도가 높은 것을 선택
	한랭지	동절기의 노면강도를 고려하여 저온도에서의 전단점착강도 및 인장강도/신장률, 저온 굴곡성능이 높은 것을 선택

3.1.2 고속철도 교량 방수

최근 건설되는 고속철도 교량 바닥판은 대부분 철근 콘크리트 판구조로 이루어져 있다. 그러나 차량하중 및 동결융해, 우수 및 용빙제 등의 다양한 열화 환경조건에 노출되어 있는 도로용 교량과 비교해 <그림 3>과 같이 자갈이나 콘크리트에 의해 일정부분 보호를 받는 구조로 되어있다.

3.1.3 차량용 교량의 방수

대부분의 차량용 교면방수는 콘크리트 상판과 보호층 사이에 시공되기 때문에 품질 상태를 직접 확인하는 것이 어려우므로 재료의 품질관리 및 시공관리가 매우 중요하며 내구성 유지를 위해 교량의 일상 및 정기점검 결과에 기초한 방수층의 이사유무를 확인하는 것이 필요하다.

일반적인 교면방수공법을 분류하면 <표 5>와 같다.

3.2 터널 방수

3.2.1 육상터널

터널 방수공법은 터널 방수 설계에 있어 배수형 또는 비배수형에 따라 대응해야 한다. 배수형 터널에 적용되는 방수는 ECB시트 또는 투명 EVA시트를 란델이나 부직포를 사용하여 고정시키는 방법이 주로 적용되고 있

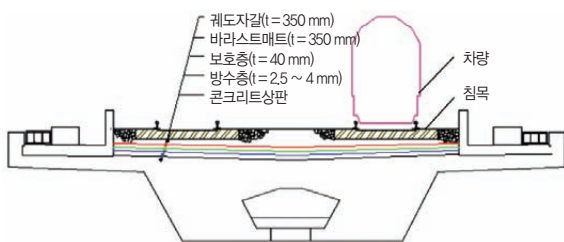


그림 3. 고속철도교량의 단면 구조(PSC BOX)

다. <그림 4>는 터널방수 개념도를 나타내고 있다.

터널 방수층에 요구되는 조건은 수압이 작용하는 상황이므로 투수에 저항할 수 있는 것, 방수층은 유연성이 좋고 강도가 높은 것, 방수층의 이음부의 접합이 간단하고 확실한 것, 경량이고 포설 및 부착방법이 용이한 것, 콘크리트 라이닝의 타설시 방수층의 파손이 없는 것, 화재발생시 유독가스의 발생이 적은 것 등을 들 수 있다.

3.2.2 해저 및 하저터널 방수

해저터널의 예로써 수심이 깊은 해저에는 침매터널 공법이 적용되는데 여기 방수 관점에서 가장 중요한 것은 구조체 조인트부 및 콘크리트 자체의 수밀성 확보이다.

하저터널의 예로써 <그림 5>의 2007년 완공된 싱가포르 Kallang-Paya Lebar간 고속도로의 하저구간 왕복 6차선 지하터널구조물을 들 수 있다. 구조물외벽에 적용된 방수공법은 자착식 고무아스팔트시트 방수공법(2겹) 시공 후 25mm의 폴리스티렌 프로텍션 보드와 75mm 블록쌓기의 2중 보호층을 설치하였다. 우리나라도 동부간선도로 하저화 공사, 서부간선도로 하저화 공사 등이 계획된 사례가 있는데 실제공사에 있어 방수와 관련된 설계, 시공, 품질 등에 대한 기술적 검토가 필요하다.

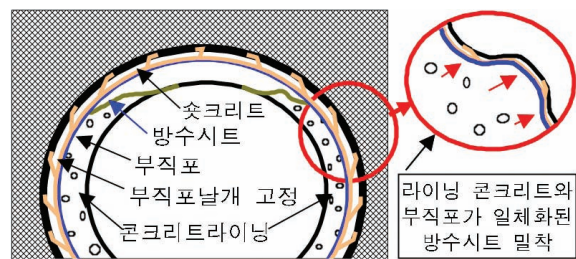


그림 4. 터널방수 개념도

표 5. 차량용 도로교의 방수공법 분류

시트식	도막식	복합식	침투식	구체혼입식
보호층 시트방수	보호층 도막방수	보호층 복합방수	침투방수	구체방수
교량교면	교량교면	교량교면	교량교면	교량교면
시트 4mm	도막 2.5mm	시트/도막	침투 4mm	액상/분말형

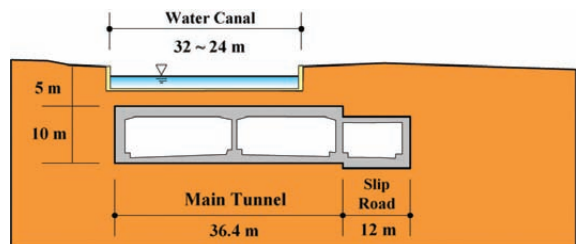


그림 5. 하저터널공사 표준단면도

3.2.3 지하공간 외방수

지하공간 외방수의 전형적인 방수공법은 <그림 6>과 같은 개착식 전력구 방수설계에서 확인할 수 있다. 이러한 구조물은 구조적으로 연결되는 터널 및 지하차도 등 기존 구조물과의 접합부에서는 거동이 크게 발생되며, 이로 인하여 방수층이 파손되어 누수가 발생하기 쉬우므로 이에 대한 주의가 필요하다.

3.3 수구조물 방수

음용수를 저장하거나 처리하는 수구조물의 경우 일반적으로 내부에서만 방수방식공사를 수행하고 있어 외부에서 유입되는 수분을 막기 위한 방수상의 조치는 미약한 실정이다. 대부분 철근 콘크리트구조로 되어있는

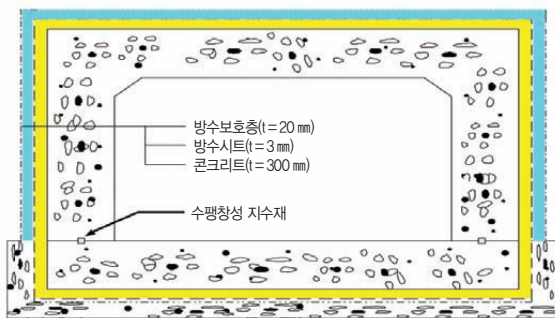


그림 6. 지하외방수 방수표준(개착식 전력구)



(a) 에폭시수지계 도막공법 (b) 강화유리패널 부착공법

사진 7. 수구조물 방수방식공법

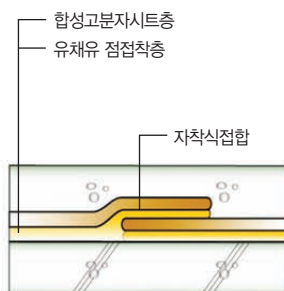


그림 7. 바이오오일 활용 복합시트공법

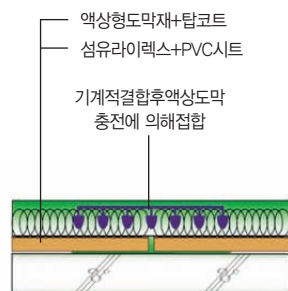


그림 8. 기계적 접합부를 갖는 복합 공법

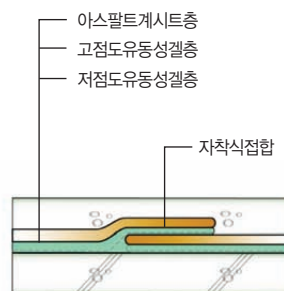


그림 9. 유동성겔이 적층된 복합 시트공법

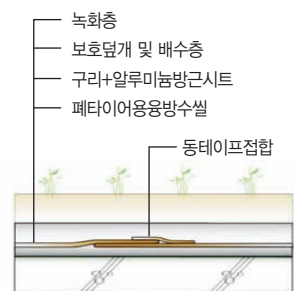


그림 10. 방수설과 동판을 적용한 방수·방근공법

수처리 시설은 음용수의 생산 및 공급 과정에서 화학약품을 이용한 처리과정에 의해 장시간 염소, 염산, 황산, 가성소다 등의 화학적 영향을 받아 표층부가 열화되면서 장기적으로 콘크리트가 침식되고, 철근이 부식되어 구조적 안전성이 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

이러한 문제를 방지할 목적으로 에폭시수지계 도막재, 스테인레스판, 유리, 패널, 타일, PE시트 등의 방수·방식 공법이 적용되고 있다. <사진 7>는 에폭시수지계 도막공법과 강화유리패널 부착공법을 나타내고 있다.

4. 최근의 방수 신기술 현황(2008년 ~ 현재)

4.1 바이오오일 활용 복합시트 공법

폐플라스틱 재활용 개질EVA시트와 바이오 오일을 첨가한 점·접착 도막 방수재가 일체화된 점·접착EVA 복합시트를 이용한 비노출 방수공법이다(그림 7).

기존 아스팔트베이스의 점접착재에서 벗어나 유채유를 활용한 고점착 소재를 도입하였고, EVA시트 표면에 코로나 방전처리에 의한 미세요철을 형성하여 점·접착재의 앵커작용에 의해 유채유 점착재와 결합력을 향상시켰다.

4.2 기계적 접합부를 갖는 복합공법

루프 라이렉스가 라미네이트된 재활용 PVC시트의 맞댐이음 부위를 천공된 머쉬룸 조인트 테이프로 결합시키고, 액상형 우레탄 도막재를 시트 및 테이프 위에 도포하여 충전시키는 건축물 옥상용 절연 복합방수 공법이다(그림 8).

섬유라이렉스와 머쉬룸 조인트테이프에 의해 기계적

으로 결합된 접합부에 액상형 도막재가 충전됨으로써 견고히 접합되고, 일반부 섬유라이텍스에 도막재가 일정한 두께로 도포됨으로써 부분적 두께 결손에 의한 하자를 방지할 수 있다.


4.3 유동성겔이 적층된 복합시트공법

고점도와 저점도의 유동성 겔이 미세 톱니구조로 결합되도록 하여 개량 아스팔트시트와 일체화시켜 복합방수시트를 진동롤러의 진동가압력을 이용해 바탕면에 직접 부착시키는 방수 공법이다(그림 9).

아스팔트 시트 하부에 유동성겔을 적층하여 구조물 거동에 대응하도록 고안되었다. 분자결합이 강한 고점도 유동성겔은 수분 팽창성이 있어 자가치유 특성을 가지며, 하부층의 저점도 유동성겔에 의해 저온 및 습윤 부착성과 거동대응 특성을 향상시켰다.

4.4 방수짚과 동판을 적층한 방수·방근공법

알루미늄판막과 유리섬유 매쉬로 보강처리된 구리 방근시트와 페타이어 용융 액상 도막방수재를 이용한 저관리형 옥상녹화용 방수공법이다(그림 10).

구리+알루미늄 방근시트의 구리성분에 의해 식물 뿌리의 주근 성장을 억제하고 유리섬유는 금속계열의 판막제품의 약점인 인열성능을 보완하였다. 하부에 페타이어 짚은 바탕면의 거동에 대응하여 안정적 방수성을 확보하는 기능을 가지고 있다. 

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

참고문헌

1. 한국에 있어서의 방수기술 표준화 신평법, 설계지침 개발 동향, 한중일 방수심포지엄, 2010.
2. 공동주택 방수공사 하자실태 조사 및 보수공법에 관한 연구, 연세대학교, 2001.
3. 방수공사 핸드북, 미장방수공사협회.



김영삼 선임연구원은 2006년부터 한국건설생활환경시험연구원 방수방식기술팀에 재직하고 있다. 현재 인공지반녹화용 방근재료 관련 시험평가 및 연구를 수행하고 있다.
ys032@kcl.re.kr



신흥철 박사는 동경공업대학교에서 콘크리트 균열보수 연구로 박사학위를 취득하였고, 2006년부터 한국건설생활환경시험연구원에서 국토해양부 기획연구 및 방수재 관련 R&D를 수행하고 있다.
marushin@kcl.re.kr



김영근 단장은 명지대학교에서 아크릴 공중합체형 내구유연 발수제 연구로 박사학위를 취득하였고, 국립공업기술원을 거쳐 1994년부터 한국건설생활환경시험연구원에서 근무하고 있다. 우리학회 방수위원회 위원장을 역임하였고, 현재 표준개발협력기관(COSD) 방수전문 위원장을 맡고 있다.
yggkim@kcl.re.kr