

공동주택 지하구조물 누수 예방을 위한 방수설계 가이드라인

국 토 교 통 부
(주택건설공급과)

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

본 가이드라인을 국토교통 R&D 주거환경 연구사업인 “주거복지 구현을 위한 생활밀착형 공동주택 성능 향상 기술개발”연구 중 “공동주택 지하구조물 누수예방, 진단 및 성능복원 기술개발” 연구의 결과물로 제출합니다.

2016. 12

총괄연구기관명 : 이화여자대학교 산학협력단

연구단장 : 송승영

주관연구기관명 : 서울과학기술대학교 산학협력단

연구책임자 : 오상근

목 차

제1장 총 칙

1. 일반 사항	9
1.1 목적	9
1.2 적용 범위	9
1.3 가이드라인의 구성	9
1.4 참고 기준	9
2. 용어의 정의	10
3. 지하구조물 누수의 원인과 영향	19
3.1 누수의 원인	19
3.2 누수의 영향	14
4. 누수 예방 대책 수립의 필요성	16
4.1 지하 방수설계의 개선 및 보완	16
4.2 지하 방수설계의 요구 성능 및 고려 사항	17
4.3 방수 성능의 검증	18
4.4 방수 안전의 확보	19

제2장 방수 설계

1. 일반 사항	21
1.1 지하방수를 위한 관계자의 이해와 협력	21
1.2 건설지역의 지하수 및 토양 조건 등 입지분석	22
1.3 지하주차장의 구조형태 및 방수 대상 부위	26
1.4 지하주차장 방수 기술의 분석	28
1.5 지하방수의 안전 설계 고려 사항	31
1.6 지하주차장 방수설계 순서	36
2. 지하 부위별 방수설계	37
2.1 슬래브 방수설계	37
2.2 외벽 방수설계	46
2.3 특수 부위 방수설계	49
2.4 시공을 고려한 방수설계	64

제3장 방수 재료 및 공법

1. 일반 사항	70
1.1 방수재료 및 공법 선정 기준	70
1.2 방수재료 및 공법 선정 시 고려사항	71
1.3 방수재료 및 공법의 요구성능	72
2. 방수 재료	73
2.1 공동주택 지하구조물 외방수 적용 방수재료	73
2.2 특수부위 적용 방수재료	77
2.3 방수재료의 품질 평가	78
3. 방수 공법	79
3.1 방수공법의 종류	79
3.2 공동주택 지하 부위별 적용 가능 방수공법	81
3.3 방수공법의 성능 평가 기준	87

제4장 유지관리

1. 일반 사항	90
2. 시공 과정에서의 유지관리	90
3. 사용 중의 유지관리	91
3.1 일반사항	91
3.2 누수 균열 종류	91
3.3 누수 균열에 미치는 환경	92
3.4 누수 균열 보수 기술의 요구 성능	93
3.5 누수 균열 보수재료	94
3.6 누수 균열 보수공법	97
3.7 누수 보수 부위의 성능 관리	100

■ 참고문헌	102
--------------	-----

제 1 장 총 칙

1. 일반 사항
2. 용어의 정의
3. 지하구조물 누수의 원인과 영향
4. 누수 예방 대책 수립의 필요성

제 1 장 총 칙

1. 일반 사항

1.1 목적

이 “공동주택 지하구조물 누수예방을 위한 방수설계 가이드라인”(이하 ‘이 가이드라인’)은 지하주차장 등 지하 공간 내부로 누수가 발생되지 않도록 지하에 만들어지는 구조체를 대상으로 한 방수설계 방법과 관련된 정보를 제공함으로써 공동주택의 장기적 내구 안전성을 확보하고, 거주자의 편의와 쾌적한 주거 환경을 조성하는데 목적이 있다.

1.2 적용 범위

(1) 이 가이드라인은 공동주택 지하주차장의 천장(최상층) 슬래브, 바닥 및 중간층 슬래브, 외벽 등의 구조체 누수 예방을 위한 방수 계획 및 설계에 적용할 수 있다.

(2) 이 가이드라인은 공동주택 지하주차장의 최상층(지상면) 슬래브 등 인공지반에서 녹화 공간을 조성하기 위한 방수 및 방근 계획 및 설계 등에 적용할 수 있다.

(3) 이 가이드라인에서 정하지 않은 사항에 대해서는 관련 법규 및 그 밖의 규정에 따라 적용할 수 있다.

1.3 가이드라인의 구성

이 가이드라인은 전체 4개의 장으로 구성되며, 그 내용은 다음과 같다.

제 1장 총칙

제 2장 방수 설계

제 3장 방수재료 및 공법

제 4장 유지관리

1.4 참고 기준

1.4.1 관련 법규

- (1) 주택법
- (2) 건축법 시행령 별표 1.
- (3) 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제5조 4항
- (4) 주차장법 제19조

1.4.2 관련 시방서

- (1) KCS 41 40 00 방수공사/국토교통부

2. 용어의 정의

이 가이드라인에 사용되는 주요 용어에 대해서 다음과 같이 정의한다.

(1)“공동주택”이란 건축물의 벽·복도·계단·그 밖의 설비의 전부 또는 일부를 여러 세대가 공동으로 사용하고, 각 세대별 독립된 주거생활이 가능한 구조의 주택을 말한다.

(2)“지하구조물”이란 공동주택에 있어서 흙으로 덮여져 있어 노출이 되지 않는 지하주차장 구조체를 말한다.

(3)“누수예방 설계 가이드라인”이란 공동주택 지하구조물 설계 시 누수를 예방하기 위해 사용하는 표준적인 설계 가이드라인을 말한다.

(4)“방수”란 콘크리트 구조물의 외부에 존재하는 수분, 습기, 물 등이 콘크리트 구조물 내부로의 침입, 투과를 못하도록 방지하거나, 수조 구조물 등 콘크리트 구조체 내부에 저장한 물이 구조체 밖으로 새어나가지 못하도록 방지 하는 것을 말한다.

(5)“외방수”란 콘크리트 구조물의 외부(주변)에 존재하는 물이 구조체 표면에 직접 닿지 않도록 구조체의 외부측 표면에 방수를 하는 것을 말한다.

(6)“누수”란 콘크리트 구조체에 존재하는 균열, 폼타이 구멍, 시공조인트, 접합부(연결부), 관통부, 기타 결함부 등을 통하여 구조체의 내부 또는 외부로 물이 통과하는 현상을 말한다.

(7)“방수재”란 수분, 습기, 물 등으로부터 콘크리트 구조물을 보호하기 위해 콘크리트 표면에 적용(사용)되는 재료를 말한다.

(8)“복합 방수공사”란 지하구조물의 외측 표면에 도막계 방수재와 시트계 방수재를 조합하여 이중으로 적층(복합)하여 방수층을 구성하는 방수공사를 말한다.

(9)“선행(역타설)방수”란 구조체를 구성하는 콘크리트를 타설하기 전에 방수층을 먼저 설치해놓고, 콘크리트를 타설함과 동시에 방수층이 콘크리트에 접착되도록 하는 방수층을 시공하는 방법을 말한다.

(10)“후행방수”란 구조체를 구성하는 콘크리트를 타설한 이후 경화된 구조체 표면에 방수층을 시공하는 방법을 말한다.

(11)“방근재료”란 녹화공간에서 식재(관목, 교목 등) 뿌리가 성장하면서 방수층을 훼손하는 것을 방지하고, 콘크리트 구조물을 보호하기 위해 설치되는 재료를 말한다.

(12)“방수층 보호재”란 방수시공을 완료한 후 외부의 환경 및 되메우기로부터 방수층의 손상이나 파손을 방지하기 위해 사용하는 재료를 말한다.

(13)“자착형 방수공법”이란 방수시트재 등을 콘크리트 바탕면에 부착시킬 때 토치가열, 접착제, 고정철물 등을 사용하지 않고 방수재 자체의 접착특성만을 이용하여 시공하는 방수공법을 말한다.

3. 지하구조물 누수의 원인과 영향

3.1 누수의 원인

(1) 구조체에 미치는 화학적, 물리적 영향에 의한 누수

① 화학적 영향에 의한 구조체 및 방수층의 손상

공동주택 지하구조물의 외측은 지하수 및 토양의 영향을 지속적으로 받고 있다. 지하수 및 토양에는 염소 이온, 산 및 알칼리 성분, 황산염 이온, 기타 유류 성분 등의 화학물질 성분이 포함되어 있기 때문에 구조체 및 방수층의 성능에 영향을 주고 있다. 지하 구조체 및 방수층의 성능 저하에 영향을 주는 화학적 요인은 다음 [표 1.1]과 같다.

[표 1.1] 지하구조체 및 방수층의 성능 저하에 영향을 주는 화학적 열화 요인

구 분	성능저하 요인 및 현상
화학적 열화작용 (수질 및 토양, 공기 성분)	1. 수질 및 토양 성분 ▪ 염해 -바닷가의 지하수 및 토양 내 존재하는 염소 이온의 침투 → 구조체 외측 철근 부식 위험성 증대, 일부 방수층(벤토나이트계, 시멘트계 등)의 화학적 침식 원인이 됨 ▪ 산, 알칼리, 유산염 피해 -공장 지역, 온천지역, 오염 지역 등에서 지하수 및 토양 내 존재하는 산, 알칼리, 유산염의 침투 → 콘크리트 체적 팽창, 침식으로 인한 균열 및 박리·중성화의 원인이 됨 ▪ 유류피해 -가솔린 등 각종 유류 생산, 사용, 취급 지역에서 토양에 포함되어 있는 유류 성분의 침투 → 콘크리트 및 철근 부식, 일부 방수층(아스팔트계, 도막계, 시트계 등)의 용해의 원인이 됨
	2. 공기질 성분 ▪ 지하주차장에서의 자동차 시동 등의 영향으로 이산화탄소, 염화수소, 황화수소의 발생 → 콘크리트 및 철근 부식, 일부 방수층 (벤토나이트, 시멘트계 등) 성능 저하의 원인이 됨

② 물리적 영향에 의한 구조체 및 방수층의 손상

공동주택 지하구조물의 외측은 동결융해, 온도변화에 따른 수축 및 팽창, 수압작용, 부등침하, 차량 등 교통 하중의 영향을 받고 있으며, 이러한 영향으로 구조체의 조인트, 균열, 이어치기부 등에서 미세한 거동 발생의 요인이 된다. 이와 같은 미세 거동은 방수층 및 마감재의 장기적 내구 안전성에 영향을 미친다. 지하공간에서 구조체 및 방수층의 성능 저하에 영향을 주는 물리적 영향은 다음 [표 1.2]와 같다.

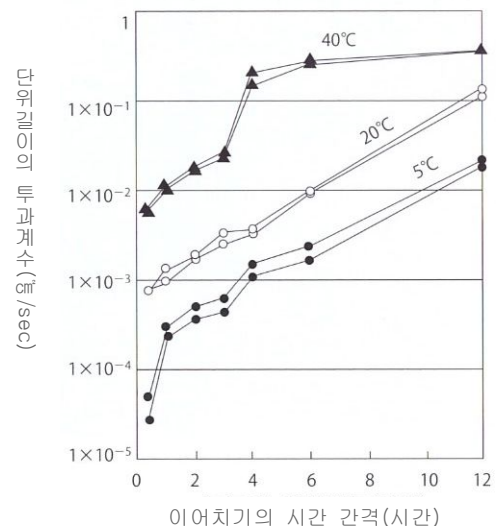
[표 1.2] 지하구조체 및 방수층의 성능 저하에 영향을 주는 물리적 열화 요인

구 분	성능저하 요인 및 현상
물리적 열화작용 (온도, 거동, 수압, 유속 등)	1. 온도 영향 피해 ▪ 동결융해 -구조체 외측의 동결융해 반복으로 콘크리트 균열 및 박리 발생 2. 거동 영향 피해 ▪ 온도응력 및 건조수축에 의한 균열 발생 또는 미세 거동 -콘크리트의 수화열과 건조수축에 의한 균열 발생, 발생한 균열의 온도 변화에 의한 미세 거동으로 균열의 진전과 이로 인한 방수층 손상 -준공 후 사용과정에서의 기후 변화, 실내 온도변화 등에 의해 콘크리트의 체적변화(수축 및 팽창)로 인한 방수층 파손 ▪ 지진 및 진동 -지진, 차량 진동, 내부 설비 가동 등에 의한 균열의 미세한 거동으로 방수층등 외장 마감재의 파손 ▪ 부등 침하 - 장기간에 걸친 부등침하 원인으로 인한 균열 발생, 시공조인트 및 신축 줄눈 등의 침하 거동으로 방수층 파손 3. 수압 및 유속 피해 - 장기간에 걸친 지하수위 변동에 따른 수압작용, 유속의 변화에 의한 방수층 손상

(2) 구조체 수밀성 확보의 한계에 따른 누수

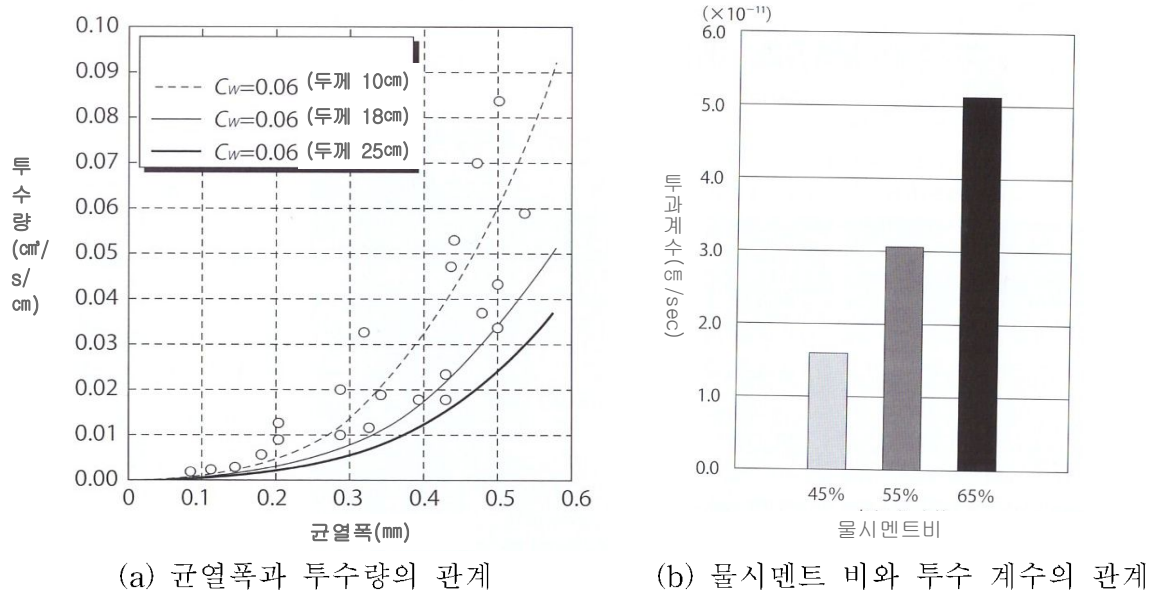
콘크리트는 재료 자체만으로도 우수한 수밀성을 지니고 있지만 현장에서의 시공과정에서 발생하는 이어치기부, 신축줄눈부, 폼타이 구멍, 균열, 타 연결부(접합부) 및 결함 등이 존재하므로 완전한 수밀성을 유지하기 어렵다. 다음 [그림 1.1]은 이어치기부위에서의 시간 간격과 액체 투과계수를 나타낸 것이고, [그림 1.2] (a)는 균열부에서의 투수량을 나타낸 것이다.

그리고 콘크리트는 재료적으로 물시멘트비의 조건에 따라 투수계수의 변화가 크다. 투수계수란 어느 일정 수압이 지속적으로 작용할 때 물이 투과되는 정도를 나타내는 것이다. [그림 1.2] (b)는 물시멘트비와 투수계수를 나타낸 것이다.



[그림 1.1] 이어치기부의 시간간격과 액체 투과계수(등유사용)¹⁾

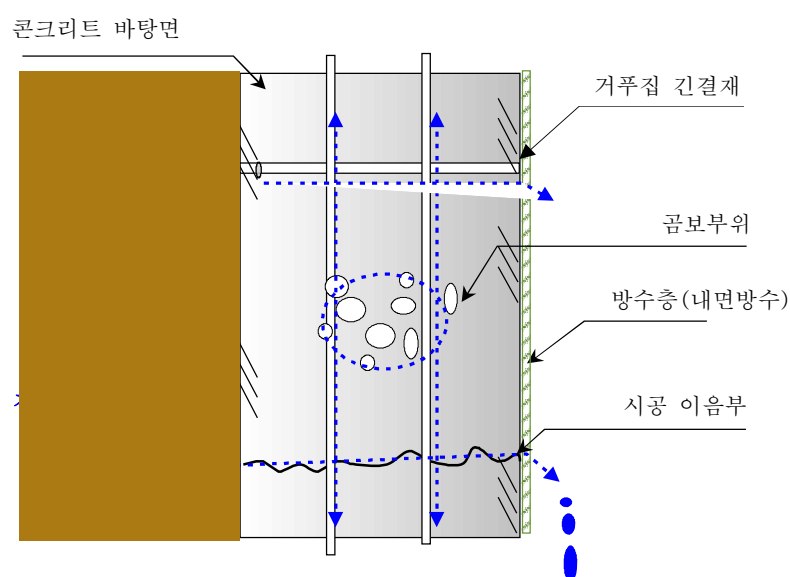
1) 신영주(2013), Permeability of Placing Joint and Separator Areas in Concrete Wall, 동경공업 대학대학원 종합이공학연구과



[그림 1.2] 콘크리트 수밀성 확보의 한계¹⁾

(3) 기존 방수공법의 한계(내방수의 문제점)에 따른 누수

기존의 대부분의 지하공간에서는 구조체 안쪽(실내 공간)에서 시멘트계 방수재(시멘트 모르타르 혼입재, 규산질계 도포재 등)를 사용하여 임시적인 방수조치(내방수)를 취하여 왔다. 이는 지하수의 침입을 직접적으로 외부에서 차단하지 않고, 구조물 내부로 물의 유입을 허용함으로써 구조체의 내구성 저하를 방지하는 기술적 대책이 되지 못하는 방법이다. 다음 [그림 1.3]은 지하구조체 내방수의 한계를 나타낸 것이다.



[그림 1.3] 지하구조물 내면방수의 한계

3.2 누수의 영향

(1) 구조안전성 저해

공동주택 지하구조물에서의 누수는 철근의 부식과 콘크리트의 열화를 촉진시켜 콘크리트의 표면 박리 및 박락, 강도 저하를 일으켜 장기적인 안전성과 내구성을 떨어뜨린다. 다음 [사진 1.1]은 누수로 인한 구조물의 손상 상태를 나타낸 것이다.



[사진 1.1] 누수로 인한 구조물의 손상

(2) 지하수위의 저하

공동주택 지하구조물에서의 누수는 주변 지하의 수위를 저하시키는 원인이 될 수도 있다. 이와 같은 이유는 지하구조물 내부로 유입된 물이 유도배수를 통해 집수정으로 흘러들게 되며, 이를 외부로 배수 처리함으로써 주변의 지하수 고갈 및 수위 저하의 한 원인이 될 수 있다. 다음 [표 1.3]은 서울시 지하구조물 용도별 지하수 유출량을 나타낸 것이며, [사진 1.2]는 지하수 배출용 집수정 설치 및 배출 사례를 나타낸 것이다.

[표 1.3] 서울시 지하구조물 용도별 지하수 유출량

[단위 : 톤/일]

구 분	건축물	지하철	전력구	통신구	총 계
지하수 유출량	22,560	27,219	6,498	432	56,709
	39.8%	48.0%	11.4%	0.8%	100%

[자료출처] 서울시, 2013년 12월 기준



(a) 공동주택 집수정 및 배수용 펌프 (b) 지하수위 저하에 따른 싱크홀 발생

[사진 1.2] 지하수위 저하에 따른 지반침하 문제

(3) 생활환경의 피해

대형 지하구조물(주동 통합형)로 건설되는 공동주택 지하구조물의 외벽 및 바닥에 존재하고 있는 각종 조인트, 관통부, 균열 등에서의 장기적인 누수는 내부 공간의 오염에 의한 실내 환경의 훼손에 큰 영향을 준다. 실내 결로 발생에서도 외측에서 작용하는 지하수의 수압은 실내 측으로 수분을 이동시키는 역할을 함으로써 지하 공간의 쾌적성을 떨어뜨리고 있으며, 감전 및 누전 등의 전기 안전 문제, 지하 주차장 내에서의 차량 오염 또는 훼손 등의 재산상 문제, 곰팡이 및 미생물의 서식 등의 위생 문제 등으로 거주자의 생활환경 불편으로 많은 민원 발생의 요인으로 작용하고 있다.²⁾ 다음 [사진 1.3]은 누수로 인한 지하공간의 사용 환경 저하 상태를 나타낸 것이다.



(a) 누수로 인한 벽면 오염

(b) 곰팡이 발생으로 인한 환경 저하

[사진 1.3] 지하 공간 누수로 인한 벽면 오염 및 결로 및 곰팡이 발생

또한 최근에는 지하공간에서의 인간의 건강에 영향을 미치는 라돈 가스의 유해성 논란이 새롭게 일고 있다. 라돈은 방사성 물질의 하나로써 용해성이 강하여 지하수에 녹아 있고, 실내로 유입된 지하수의 경우 통상적으로 지하수 농도의 약 1/10,000 정도가 라돈 가스로 유입이 된다고 보고되고 있다. 즉, 지하수에 라돈 함유량이 높을 경우 실내 라돈 농도 증가에 영향을 미친다는 연구³⁾가 발표되었다. 여기서 실내로의 유입 경로는 지하구조체의 균열부나 연결부 등으로 판단된다. 따라서 공동주택 등의 지하구조물 방수에 있어서는 지하수가 실내로 유입되지 않도록 설계단계에서 방수조치의 적극적인 검토가 필요한 실정이다.

2) 장상묵(2015), ‘지하구조물 외방수공법의 결로 환경 영향에 관한 연구’, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지기계설비공학과 박사학위 논문

3) 민동운(2015), ‘공동주택에서 환기 유무에 따른 실내 라돈농도 변화에 관한 연구’, 서울과학기술대학교 주택대학원 주택환경설비공학과 석사학위 논문

4. 누수 예방 대책 수립의 필요성

4.1 지하 방수설계의 개선 및 보완

현재 국내의 공동주택 지하구조물의 누수 하자는 끊이지 않고 있으며, 이로 인해 구조체의 안전성 및 생활상의 불편 문제가 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 이와 같은 지하구조물에서의 누수 원인과 문제점의 분석을 통한 공동주택 지하구조물의 방수설계의 강화 대책이 요구되고 있다.

(1) 지하공간 사용에서의 생활 민원 해소 대책 수립

현재 우리나라 공동주택 지하공간에서는 크고, 작은 누수가 빈번하게 발생되고 있으나, 지하 벽면에 배수관, 방습벽, 이중벽을 설치하여 이를 감추고 있기 때문에 일반 거주자들에게 잘 알려지지 않고 있다. 그러나 최근에는 차량피해 등의 물적 피해 증가로 민원 및 소송이 계속되고 있는 현실이며, 공동주택 지하공간에서의 누수하자에 대해 우려를 나타내고 있다. 따라서 공동주택 지하공간의 생활 민원 해결을 위한 대책으로 누수 예방 표준 방수설계가 필요하다.

(2) 지하구조체의 내구성 및 안전성 저하 문제 해소 대책 수립

공동주택 지하 공간에서의 누수는 콘크리트 구조체 내부의 철근 부식과 콘크리트의 박리 또는 박락, 강도 저하를 촉진시켜 장기적인 내구성과 안전성을 떨어뜨린다. 따라서 공동주택 지하구조물의 내구성 및 안전성을 확보할 수 있는 대책으로 누수 예방 표준 방수설계가 필요하다.

(3) 거주자의 생활환경 불편 및 인체 유해 영향 요인 해소 대책 수립

공동주택 지하공간에서의 누수는 결로, 곰팡이 및 미생물의 서식 등에 의한 공기오염과 구조체 외부에서 유해한 성분이 포함된 지하수(라돈 함유 등)가 내부로 유입됨으로써 거주자의 생활환경 훼손 및 건강을 해칠 수 있다. 또한 잦은 보수공사로 인한 소음과 주차 불편, 미관 훼손 등 생활의 불편도 크다. 따라서 공동주택 거주자의 쾌적하고, 건강한 환경 조성을 위하여 대책으로 누수 예방 표준 방수설계가 필요하다.

(4) 경제적 손실 및 사회적 갈등 문제 해소 대책 수립

공동주택 지하공간에서의 반복되는 누수는 주차장 내의 차량 손상, 결로 발생에 따른 마감재의 오염, 균열 보수를 위한 막대한 비용 지출 등 경제적 손실이 크다. 이로 인한 시공사와 거주자 간의 소송 증가에 또 다른 사회적 갈등도 증가되고 있다. 이는 국민, 기업, 정부의 국가적 측면에서도 기술적, 정책적 신뢰도 저하로 이어진다. 따라서 공동주택 건설 기술에 관련된 경제적, 사회적 갈등 해소를 위한 대책으로 누수 예방 표준 방수설계가 필요하다.

4.2 지하 방수설계의 요구 성능 및 고려 사항

지금까지 건설현장에서는 공동주택 지하구조물의 방수설계에 대한 기준이나 관련 규정이 마련되어 있지 않음으로써 지하 공간에서의 다양한 환경조건(물리적, 환경적 영향)에 적합한 방수설계가 적용되지 못하여 왔다. 우리나라에서는 그 동안 지하구조체의 누수 방지를 위한 기술적 방법으로 콘크리트 자체 방수(구체 방수, 수밀콘크리트) 또는 내방수(시멘트계 방수)등을 적용하여 왔으나, 균열, 시공 이음부, 신축 줄눈, 폼타이 구멍 등에서의 누수 문제는 해결하지 못하였다. 특히 일반적으로 적용하여 온 내방수는 지하의 환경(물리적, 환경적)조건에 부합하지 못하고, 수압이 작용하는 외부 측에서의 근본적인 차수가 아니며, 지하 공간 내부로 물의 유입을 허용하기 때문에 구조체의 안전성과 내구성 저하, 거주 환경 훼손 등의 문제가 지속적으로 발생하고 있다.

이에 구조체가 가지고 있는 균열, 시공 이음부, 신축 줄눈, 폼타이 구멍, 기타 결함부 등에서 물의 유입을 직접 차단하기 위해서는 지반 경계선 이하 지하수가 존재하는 위치에서는 지하의 다양한 환경에 대응할 수 있는 성능의 방수층을 설치할 수 있는 방수설계(외방수 설계)가 검토되어야 한다.

또한 추가적으로는 기타 방수층의 설치뿐만 아니라, 필요시에는 콘크리트의 배합 설계 시 수밀성 확보를 위한 혼화제의 사용, 타설 이후 마이크로 시멘트, 에폭시 수지, 기타 수지모르타르를 이용한 균열 보수와, 지수판 또는 수팽창 고무 등을 이용한 시공조인트의 보강 조치도 함께 계획되어야 한다.

이와 같은 지하 방수설계 시 요구되는 요구 성능 및 고려사항은 다음과 같다.

(1) 지하방수층 성능의 요구사항

- ① 공동주택 지하방수층은 지하수의 수질, 수압, 수량, 유속 등의 영향에 대한 안전성을 확보하여야 한다.
- ② 공동주택 지하방수층은 지반의 부동 침하, 구조체 균열 및 시공조인트, 익스펜션 조인트(Expansion Joint) 등의 움직임, 주변 구조물의 거동, 차량의 통행에 의한 거동, 내부 시설의 진동 등의 물리적 영향에 안전성을 확보하여야 한다.
- ③ 공동주택의 지하방수층은 해안가 도시나 주변 토양이 오염된 지역(공업지역, 유류 저장지역 등)에서는 지하수 및 토양에 함유된 염화이온 및 황산이온, 유류 성분 등의 화학적 영향에 안전성을 확보하여야 한다.
- ④ 공동주택 지하방수층은 구조물의 형태 및 종류에 따라 이종구조물의 연결부위에서의 거동 영향에 안전성을 확보하여야 한다.
- ⑤ 공동주택 지하방수층은 저온 및 고온, 우기철 및 안개철 등 습한 환경 하에서 구조체 바탕면과의 접착력 저하 영향이 크므로 기후 및 환경 조건 변화에 안전성을 확보하여야 한다.

(2) 지하방수설계시의 고려사항

- ① 방수설계 시에는 지하구조물 내부로 누수가 발생되지 않도록 지하공간의 용도, 구조, 형상, 환경 조건 및 시공 방법 등을 종합적으로 고려하여야 한다.
- ② 방수설계 시에는 기후 및 주변 환경(화학적, 물리적 환경)이 방수재료의 품질(재료 성능, 시공성 등)등에 미치는 영향을 고려하여야 한다.
- ③ 방수설계 시에는 지하공간에 거주하는 사람들의 건강, 쾌적한 생활권을 확보하고, 지하 공간에 저장, 보관, 설치하는 각종 물품의 안전한 관리가 중요하므로 방수재료의 장기적 차수성, 내구성을 고려하여야 한다.
- ④ 방수설계 시에는 방수층이 부식, 마모, 파손 등 훼손의 우려가 있는 것에 대해서는 이를 방지할 수 있는 재료 또는 보호재의 사용 등 필요한 조치를 고려하여야 한다.
- ⑤ 방수설계 시에는 기존의 지하 인접 구조물(공동구, 지하도로, 하수도관 등)과의 연계성, 지하 기초 구조의 종류(매트기초, 말뚝기초, 독립기초 등)에 따라 이에 충분한 안전성을 확보할 수 있도록 고려하여야 한다.
- ⑥ 방수설계 시에는 시공 현장의 작업 용이성, 후속 공정과의 연계성이 방수품질에 영향을 미치므로 지하공사의 형태에 따라 선행방수 또는 후행방수의 선정을 고려하여야 한다.
- ⑦ 방수설계 시에는 공동주택 내외부에서 녹화 공간 조성 여부를 판단하고, 교목 및 관목 등 식재의 뿌리 성장이 방수층 손상에 미치는 영향을 판단하고, 이를 방지하기 위한 방근 대책 수립을 고려하여야 한다.

4.3 방수 성능의 검증

설계 혹은 건설하고자하는 공동주택에 사용하는 방수 재료 및 공법은 주거 건축물의 성능과 품질을 향상시키고, 장기적 유지관리에 측면에서 경제적인 기술이어야 한다.

발주자, 설계자, 시공자는 적용하고자하는 방수공법이 사전에 그 성능 및 안전성이 검증되었음을 확인한다. 검증되지 않은 재료 및 공법에 대해서는 담당원과 협의하여 성능 및 안전성을 확인한다.

특히 새롭게 개발되는 신기술, 신공법, 신소재, 특허기술 등에 대해서는 해당 건설현장의 요구 성능 및 고려사항 등에 적합한지의 여부를 검토한다.

방수설계에 적용하고 하는 방수기술(재료 및 제품, 공법 등)에 대한 품질 확인, 성능 검사 및 실험(현장 시범 적용) 등이 필요한 경우에는 국가건설기준 건축공사표준시방서(방수공사), 한국산업표준(KS) 등의 방수 관련 규정에 따른다.

4.3.1 방수 요구 성능 기준의 설정

적용하고자하는 방수재료 및 공법에 대한 요구 성능 기준은 국토교통부 건축공사표준시방서(방수공사), 한국산업표준(KS)의 방수재 품질 기준, 제조사의 성능 기준, 발주자의 요구 성능 기준, 기타 관련 법규 또는 규정에 명시된 기준 이상을 확보하도록 한다.

4.3.2 방수재료 및 공법의 성능 확인

- (1) 방수재료는 KS 표시품, 관계법령에 규정한 기준품 이상을 사용함을 원칙으로 한다.
- (2) 공사에 사용하는 자재 중 설계서 또는 공사시방서(전문시방서 등)에 품질기준이 명시되어 있는 품목은 그 기준에 적합한 자재를 사용한다.
- (3) 다만, 해당 설계서 등에 품질기준이 명시되어 있지 않은 경우는 아래에 적합한 자재를 우선 사용할 수 있다.

- ① “산업표준화법”에 의한 한국산업표준(KS) 품질기준
- ② “건설기술진흥법 제55조, 제60조”에 의한 품질검사(품질검사전문기관 또는 공인품질시험전문기관)를 통하여 표시품질과 동등 이상의 성능이 있다고 확인한 것
- ③ 기타 발주자(건축주 등)가 요구하는 성능기준 및 품질시험에 의해 합격한 것

4.4 방수 안전의 확보

안전한 방수 품질을 확보하기 위해서는 설계단계에서부터 시공, 감리 및 유지관리 단계에 이르기까지 이 가이드라인에서 제시한 사항을 따른다. 방수 안전 확보를 위하여 담당원과 설계자는 아래의 사항을 확인한다.

(1) 방수설계도서에서의 안전성 확보

담당원은 설계자가 이 가이드라인에 따라 방수 안전이 확보되도록 설계하였음을 확인한다.

(2) 시공 전, 중의 안전성 확보

담당원은 시공자가 방수시공 전과 시공 중에 설계도서에서 따라 안전하게 시공을 할 수 있는 지 또는 시공하고 있는 지를 확인한다.

(3) 사용 또는 유지관리 중의 안전성 확인

담당원은 방수 시공 완료 후, 사용 과정 중(유지관리)에 방수 상태가 안전하게 유지되고 있는지를 확인하며, 만일의 누수 시에는 사용하고자 하는 보수재료 및 공법이 누수부위의 환경조건(수압, 수질, 온도, 미세 거동, 습윤면 상태, 유속 등)에 적합한 것인지, 그 보수 성능의 안전성은 확보된 것인지를 확인한다.

제 2 장 방수 설계

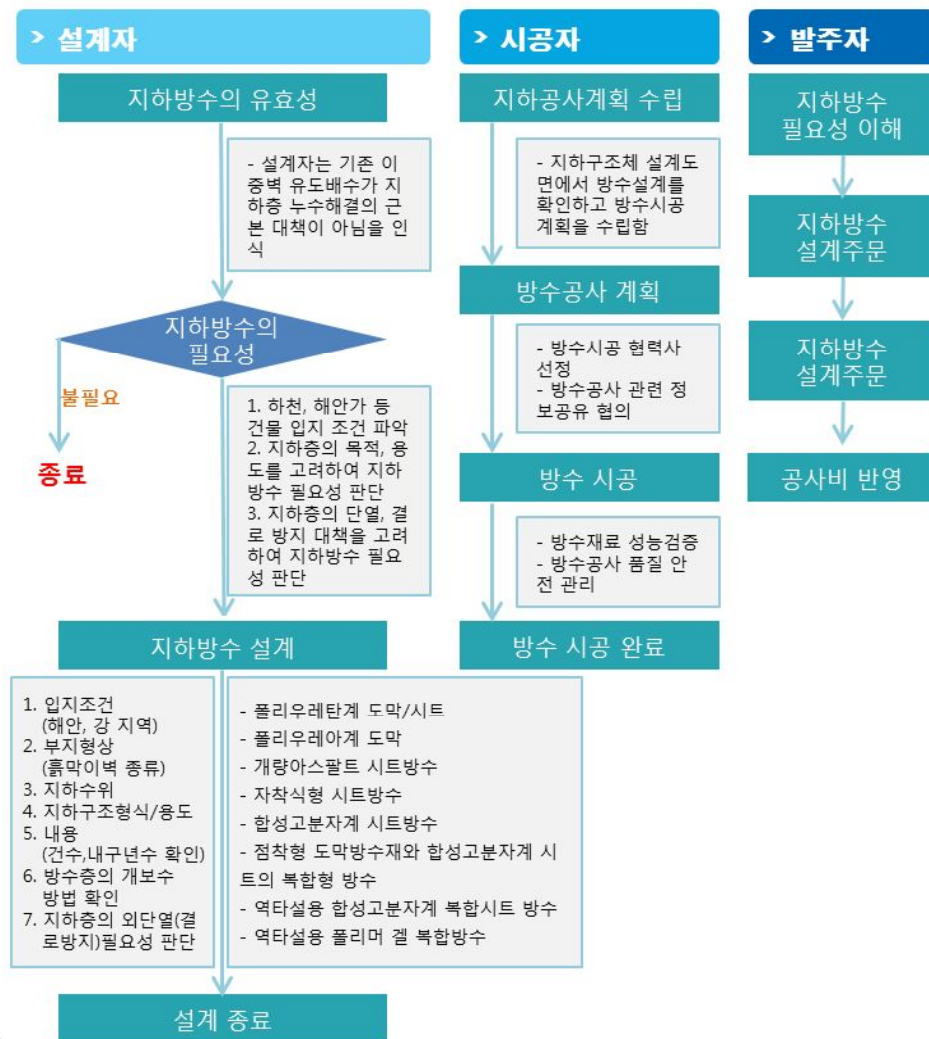
1. 일반 사항
2. 지하 부위별 방수설계

제 2 장 방수 설계

1. 일반 사항

1.1 지하방수를 위한 관계자의 이해와 협력

지하방수는 설계 초기단계부터 계획하여야 한다. 이는 공동주택이 준공된 이후 누수가 발생하면, 보수 조치가 쉽지 않기 때문이다. 따라서 발주자(건축주)와 설계자, 시공자는 지하공간의 사용 목적 및 용도를 잘 이해하고, 지하방수의 필요성을 함께 이해하여 비용대비 효과를 고려한 적절한 방수공법을 선정하여야 한다. 다음 [그림 2.1]은 설계자, 시공자, 발주자의 지하방수 계획 및 설계에 대한 이해와 협력 관계를 나타낸 것이다.



[그림 2.1] 지하방수 계획 및 설계 흐름

- ① 발주자는 구조체 안전성 확보 및 누수 방지를 위하여 물이 존재하는 구조물의 외부 측에 방수층 설치(외방수)를 제안하며, 외방수는 내방수와 달리 설계 종료 후 시공 과정에서 변경이 어렵기 때문에 반드시 설계 단계에서부터 계획할 수 있도록 관리한다.
- ② 설계자는 발주자와 함께 외방수의 적용을 결정한 때에는 다음 [표 2.1]의 사항을 반드시 확인한다.
- ③ 시공자는 지하 공간의 사용 조건과 시공 조건을 확실히 이해하고, 시공 과정에서 내부적으로 VE 등에 의해 방수설계가 제외되는 문제가 발생하지 않도록 한다.

[표 2.1] 지하방수 설계 시 확인사항

구분	확인 사항
① 입지조건 및 지하수위	▪ 수질, 수압, 수량 조사 ▪ 지반 상태 및 정보 수집
② 부지, 건물배치	▪ 부지 여부에 따라 공법(선행, 후행)의 선택이 달라짐
③ 굴삭, 흙막이 공사	▪ 흙막이 공법 종류에 따라 공법 선택이 다양함 ▪ 설계 단계에서 흙막이 공법의 종류 확인 ▪ 방수 공법 선정 시 시공사, 협력사와의 협의 필요함
④ 지하실 용도, 규모	▪ 습기, 누수 금지 수준 : 책, 종이류 보관실, 음악실, 전기실 등 ▪ 습기 허용 수준 : 거실 ▪ 약간의 누수 허용 수준 : 주차장, 기계실 등
⑤ 지하구조체의 기초 구조	▪ 직접기초 ▪ 말뚝기초 ▪ 매트(슬래브) 기초 ▪ 이중슬래브 기초
⑥ 지하공사의 시기, 공기	▪ 우기, 건기 ▪ 4 계절(봄, 여름, 가을, 겨울)

1.2 건설지역의 지하수 및 토양 조건 등 입지분석

(1) 입지 분석

구조체 외면에 설치하는 방수층의 안전성을 확보하기 위해서는 공동주택을 건설하고자 하는 지역의 지하수 및 토양의 조건을 사전에 검토한다. 이는 건설지역에 따라 지하수 및 토양에 포함된 화학적 성분의 조건, 수압 조건, 토압 조건 등이 콘크리트 및 방수층에 미치는 영향도 크기 때문이다. 건설 예정 지역의 조건에 따라 검토하여야 할 지하수 및 토양 조건은 [표 2.2]와 같다.

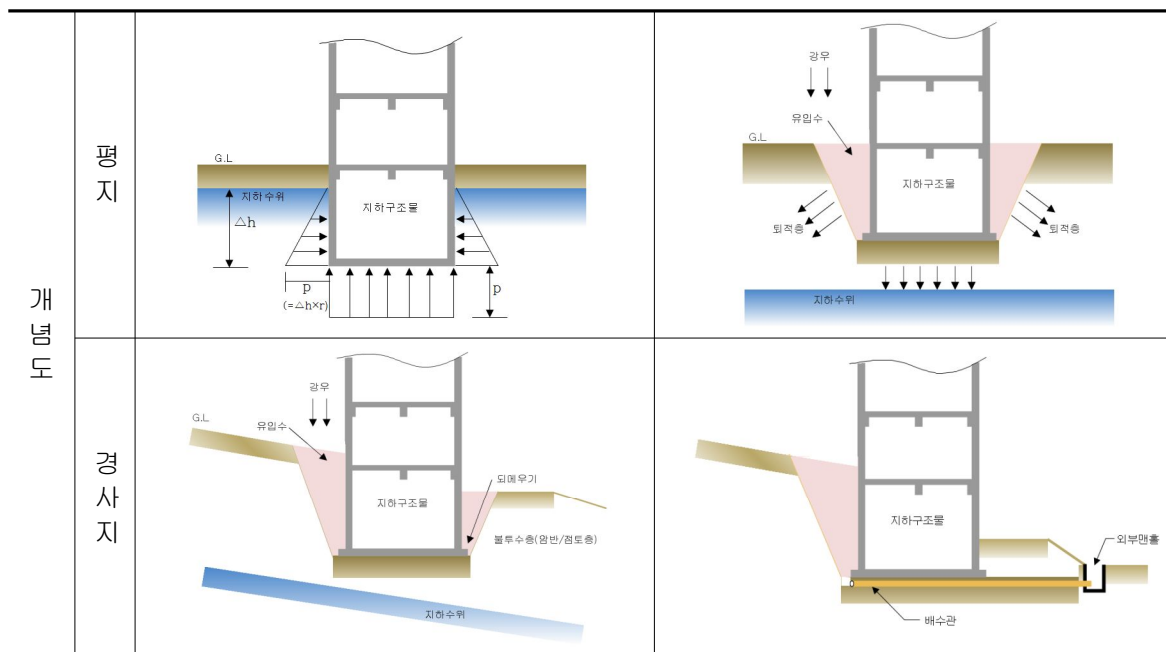
[표 2.2] 공동주택 건설지역의 지하수 및 토양의 화학적, 물리적 영향 요인

지역	화학적 물리적 영향
하천지역 (내륙)	일반적으로 내륙에 형성된 하천 지역은 지하수 및 토양 내에 구조체 및 방수층에 나쁜 영향을 미치는 화학적 성분은 적으나, 수압 및 토압이 작용한다.
해안지역	바닷가에 위치는 지역으로 지하수 및 토양 내의 염소이온, 황산염 이온이 포함되어 있고, 수압 및 토압이 작용한다.
온천지역	온천 근처의 지역으로 지하수 및 토양 내의 황산염 이온이 포함되어 있고, 수압 및 토압이 작용한다.
공업지역	산·알칼리·각종 염류를 생산·사용하는 지역, 동식물유·유기산·당류 등을 생산·사용하는 지역, 가솔린·석유·등유 등을 생산·사용하는 지역 등에서는 지하수 및 토양에 해당 화학 성분이 포함되어 있고, 수압 및 토압이 작용한다.
하수처리지역	일반가정 배수처리시설 지역, 공업용 배수처리시설 지역, 하수처리시설 지역에서는 해당 처리 수에 다양한 화학적 성분이 포함되어 있다.
산악지역	일반적으로 산 아래, 기슭이나 중턱 지역의 지하수 및 토양에는 방수층에 나쁜 영향을 미치는 화학적 성분은 적으나, 산 위에서 내려오는 지하수의 수압은 크게 작용한다.

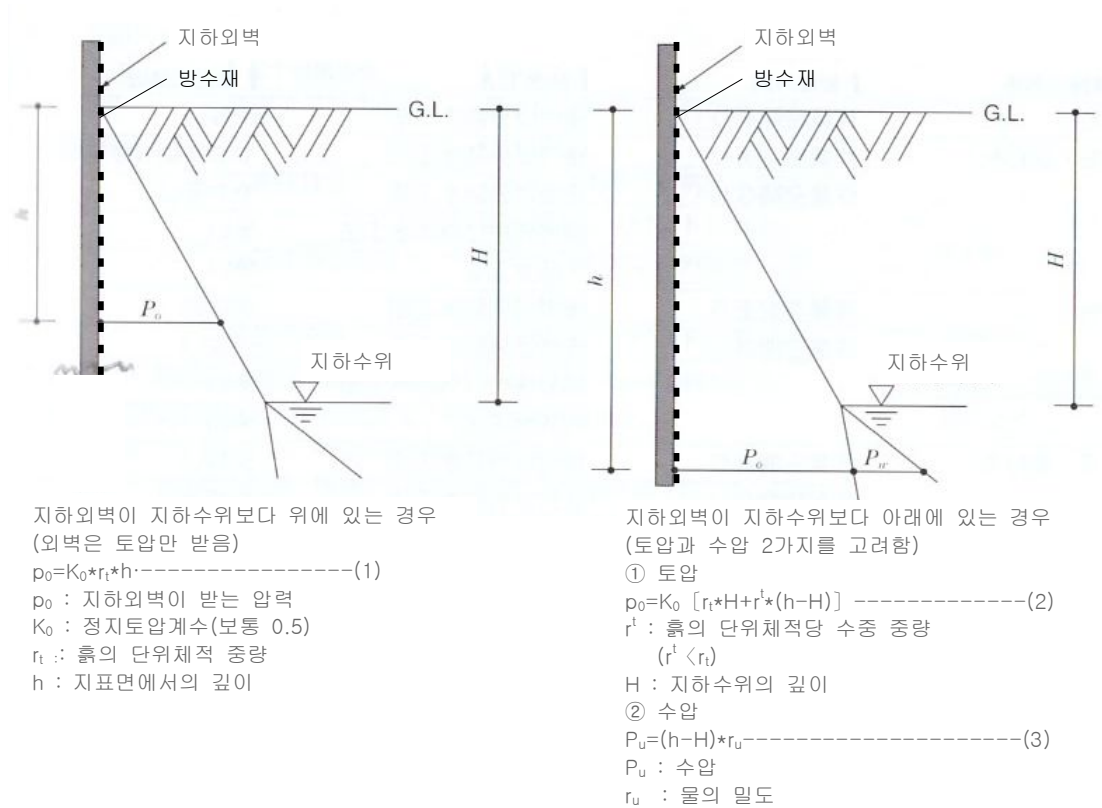
(2) 수압 및 토압의 영향

지하주차장 등 지하구조물은 [표 2.3]과 같이 토압 및 수압을 받는다. 토압 및 수압은 부력, 과하중의 작용에 의해 최하층 바닥 구조체 및 외벽체의 균열, 배부름 현상, 구조체 부상 및 변위를 일으킨다. 이러한 현상은 방수층을 훼손시키므로 방수설계 시에 수압 및 토압의 영향을 고려한다.

[표 2.3] 지하 구조물 외벽의 지하수 수압 및 토압 작용 개요



수압과 토압을 동시에 받을 경우 건축물 전체의 부력을 발생될 경우 다음 [표 2.4]와 같은 문제를 발생시킬 수 있다. [그림 2.2]는 지하구조체(외벽)와 방수층이 토압만 받는 경우와 수압과 토압을 동시에 받는 경우를 나타낸 것이다.



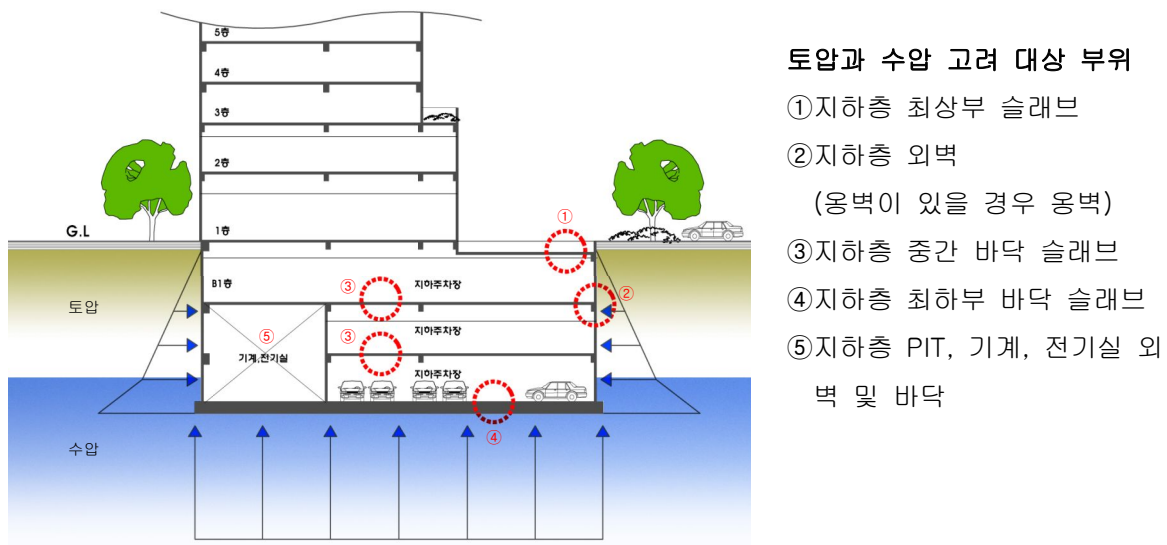
[그림 2.2] 지하외벽에 작용하는 지하수압과 토압

이와 같은 이유로 지하부위 구조 설계 시 지하 외벽의 설계는 토압, 지하수압, 지표면에 재하되는 정적 하중 및 동적하중의 영향 등을 고려하여 설계하고 있다. 이에 따라 외벽면에 시공되는 방수층 역시 수압과 토압에 대한 고려가 필요하며, 공동주택에서의 해당 부위는 지하주차장 최상층 상부슬래브(토압+수압), 지하외벽(토압 또는 토압+수압), 최하층 바닥슬래브(수압)이다([그림 2.3] 참조).

[표 2.4] 수압과 토압이 지하구조물에 미치는 영향

수압과 토압 동시 영향에 의한 구조물 예상 피해

- ① 주변 토사의 변위 발생
- ② 건축물과 인접 지반선의 균열발생
- ③ 기초하부 지반침하발생
- ④ 지하옹벽의 방수층 파괴
- ⑤ 지하바닥 부위 사인장 균열 발생
- ⑥ 주변 우·오수관 파괴 및 절치
- ⑦ 편토압으로 인한 건축물 기둥의 파괴
- ⑧ 방수층의 파손



[그림 2.3] 토압과 수압 고려 대상 부위

(3) 화학 물질의 영향

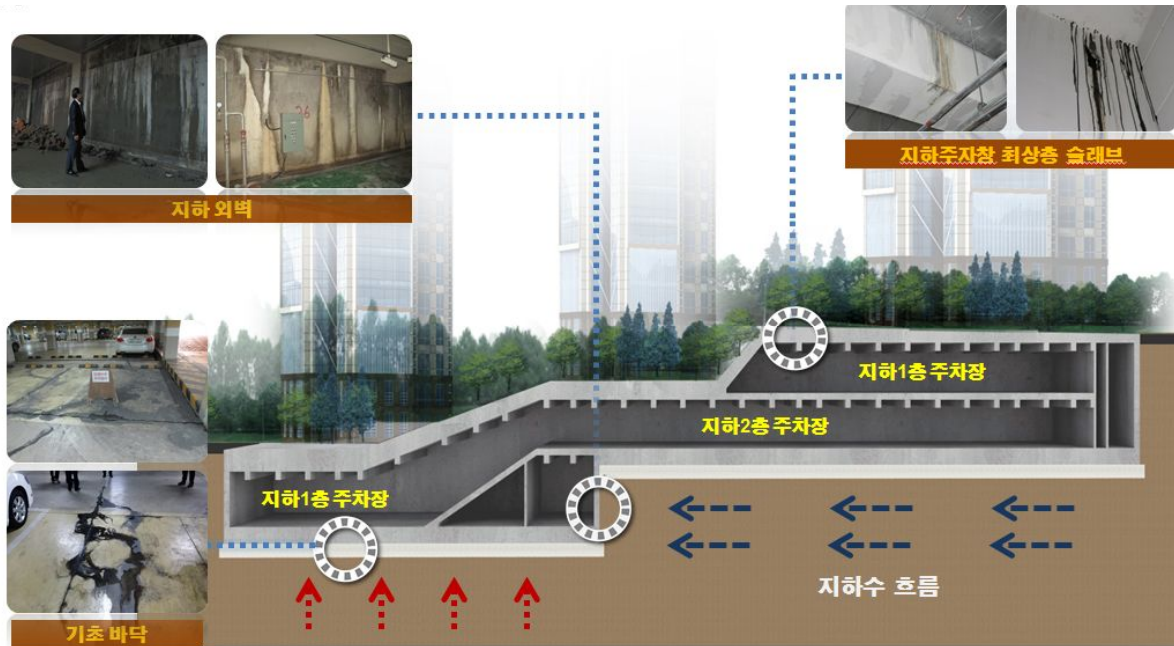
공동주택 건설지역의 지하수 및 토양에는 다양한 화학성분이 포함되어 있다. 이 성분들은 방수층의 성능에 직·간접적으로 영향을 주므로 방수설계 시에 이에 대해 고려하여야 한다. [표 2.5]는 방수층에 영향을 줄 수 있는 화학적 성분을 나타낸 것이다.

[표 2.5] 지하수 및 토양에 포함된 화학 성분의 영향 요인

지하수	화학적 영향
강물	일반적으로 내륙에 형성된 하천 지역의 강물에는 유해한 화학성분이 적으나, 바다와 연결되는 하천에는 염분수가 포함되어 있다.
바닷물	해안가에서는 바닷물의 Cl^- 이온, SO_4^{2-} 이온 등이 포함되어 있어 콘크리트, 강재, 일부 방수재의 침식을 유발한다.
온천수	온천수는 수소이온 농도(pH)에 따라 강산성천(pH 2 미만), 산성천(pH 2~4 미만), 약산성천(pH 4~6 미만), 중성천(pH 6~7.5 미만), 약알칼리성천(pH 7.5~8.5 미만), 알칼리성천(pH 8.5~10 미만), 강알칼리성천(pH 10 이상)으로 구분한다. 온천수에는 HCO_3^- 이온, Cl^- 이온, SO_4^{2-} 이온 성분 등이 존재하며, 이들이 콘크리트, 강재, 일부 방수재의 침식을 유발한다.
공업배수	일반적으로 공장(화학공장, 식품공장 등)에 배출되는 공업배수는 유해물질이 포함되지 않도록 처리한 후 배출하도록 되어있지만, 하수처리장 등에서 다양한 종류의 공업 배수가 모여져서 상호 화학반응으로 생성되는 물질(유산염 등)이 콘크리트 및 토양 오염시키고, 방수층에 피해를 줄 수 있다.
유류	석유화학공장, 주유소, 대형 유류 탱크(군시설) 등이 설치된 장소에서 가솔린, 등유, 경유 등이 흘러나와 지하수 및 토양을 오염시키고, 방수층에 피해를 줄 수 있다.
침출수	광산개발 지역, 쓰레기 매립장 지역, 폐콘크리트 분쇄 공장, 레미콘 공장 등에서 발생한 화학수가 지하로 흘러들어 지하수 및 토양을 오염시키고, 방수층에 피해를 줄 수 있다.

1.3 지하주차장의 구조형태 및 방수 대상 부위

공동주택 지하주차장은 크게 최상층 상부슬래브, 중간층 바닥 슬래브, 최하층 바닥 슬래, 외벽 등으로 구성되며, 각 부위별 누수가 발생하지 않도록 방수설계를 하여야 한다. 다음 [그림 2.4]은 공동주택 지하주차장 구조 및 방수 대상 부위 상세를 나타낸 것이고, [표 2.6]는 공동주택 지하주차장 방수 부위별 방수설계 개선 방향을 나타낸 것이다. [그림 2.5]는 공동주택 지하주차장 상세를 나타낸 것이다.

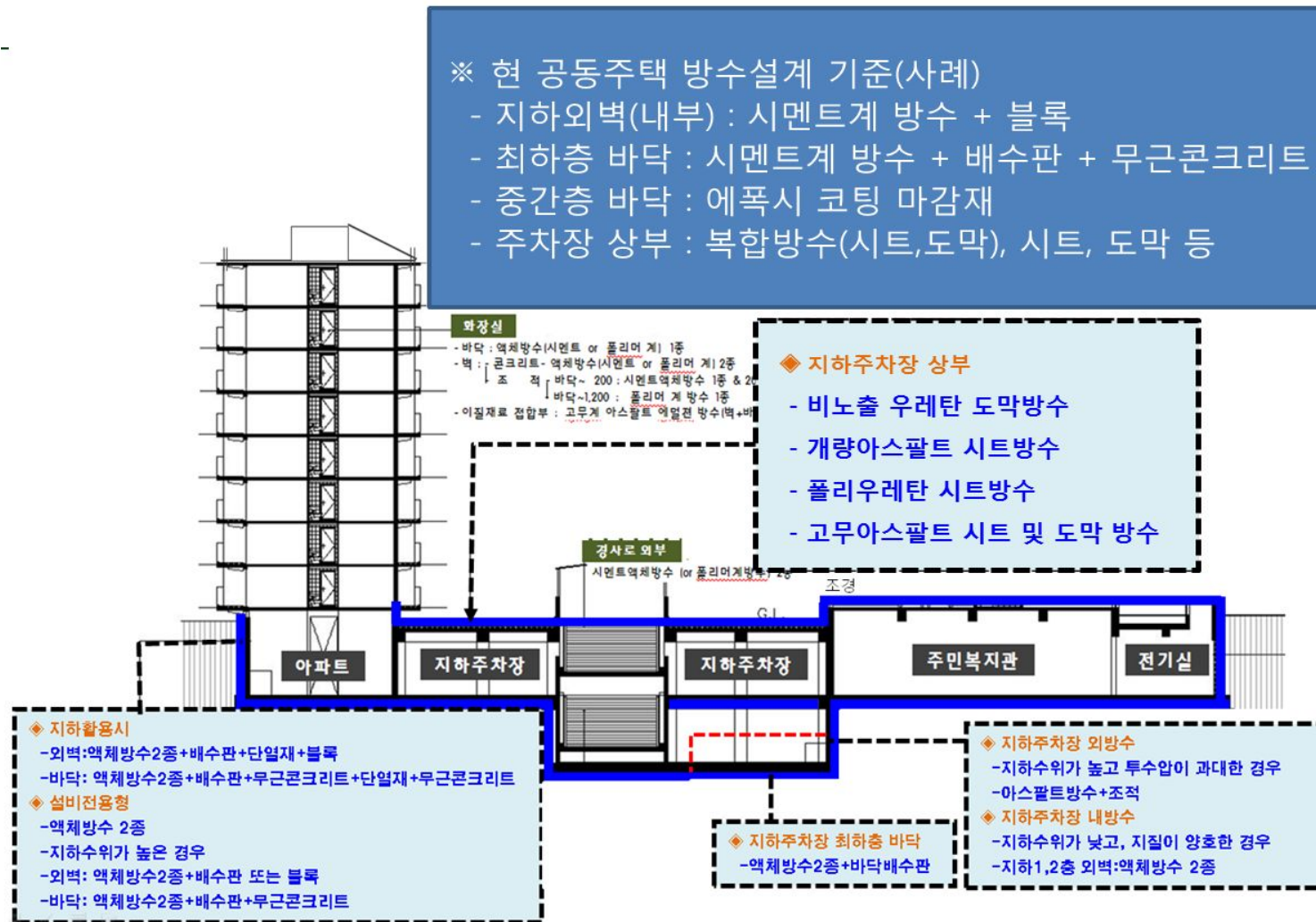


[그림 2.4] 공동주택 지하주차장 방수 대상 부위 상세

[표 2.6] 공동주택 지하주차장 방수 부위별 방수 설계 개선 방향

방수 부위	환경 및 시공 조건	기존 설계	개선 설계
최상층 상부슬래브	녹화 식재 공간 중량물 적재	외방수 (도막방수, 시트방수, 복합방수 등 선택 적용)	외방수 (방근 성능을 가지는 복합 방수공법 등 + 방수층 보호재)
외 벽	수압 및 토압 작용	내방수 (시멘트모르타르방수+이중벽)	외방수 (점착식 합성고무계 복합시트 방수공법 외+방수층 보호재)
중간층 바닥슬래브	차량 진행, 정지 반복 거동	에폭시 코팅재 마감	멤브레인 방수층, 에폭시 코팅재 마감 또는 기존 누름층 존치
최하층* 바닥슬래브	수압 작용	내방수 (시멘트모르타르방수+배수판+무근콘크리트)	외방수 (역타설용 시트방수 또는 복합방수)

※ 최하층 바닥슬래브의 경우, 우기 시 상승하는 수위 변동폭이 작고(지하수위 변동폭이 1~2m 이내인 일반 지구), 최대상승 수위가 항상 기초저면에 형성되며, 주변 지반을 형성하는 토양의 투수계수가 높은 ($K=1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ 범위 이하) 지구는 기존 설계처럼 배수판을 설계할 수 있다.



[그림 2.5] 공동주택 지하주차장 상세 및 기준 방수설계 사례

1.4 지하주차장 방수 기술의 분석

(1) 지하방수의 일반적 기술

지하방수에 적용하는 방수기술은 다음 [표 2.7]과 같다.

[표 2.7] 지하방수 재료 및 공법 종합 분석

방수층 종류	공법	지하방수 종류	외방수							내방수	
			선행방수					후행방수			
			바닥	벽				바닥	벽	바닥	벽
			버림콘크리트	H형강 토류벽	기동흙막이벽	강재철판벽	지중연속벽	-	현장 타설콘크리트	현장 타설콘크리트	현장 타설콘크리트
아스팔트계 방수	아스팔트방수	열공법(밀착)	○	-	-	-	-	-	-	-	-
	개량아스팔트 시트방수	상온공법(밀착)	○	-	-	-	-	-	○	-	-
		상온복합(밀착)	○	○	○	○	○	-	○	-	-
		토오치공법(밀착)	○	-	-	-	-	-	○	-	-
합성고분자계 시트방수	합성고무계 (비가황고무)	접착공법(밀착)	○	-	-	-	-	-	○	-	-
		기계고정공법	○	○	○	○	○	-	○	-	-
	EVA 수지계	접착공법(밀착)	○	○	○	○	○	-	○	-	-
		기계고정공법	○	-	-	-	-	-	○	-	-
도막계 방수	고무아스팔트계	도포공법(밀착)	○	○	○	○	○	-	○	-	-
		뿔칠공법(밀착)	○	○	○	○	○	-	○	-	-
		도포공법(기계고정)	-	-	-	-	-	-	○	-	-
		뿔칠공법(기계고정)	○	○	○	○	○	-	-	-	-
	초속경우레탄 고무계 폴리우레아계	뿔칠공법(밀착)	○	○	○	○	○	-	○	-	-
		뿔칠공법(밀착)	○	○	○	○	○	-	-	-	-
	FRP계	도포공법(밀착)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	아크릴고무계	도포공법(밀착)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		뿔칠공법(밀착)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
복합계(시트+ 도막) 방수	점(접)착형 도막방수+시트계	뿔칠공법(밀착)	○	○	○	○	○	○	○		
		도포공법(밀착)	○	○	○	○	○	○	○		
시멘트계 방수	모르타르 방수	도포공법(밀착)	-	-	-	-	-	-	△	-	△
	규산질계 도포방수	도포공법(침투식)	-	-	-	-	-	-	△	-	△
	폴리머 시멘트계	도포공법(밀착)	-	-	-	-	-	-	△	△	△

※ ○ : 적용 가능 / △ : 현장 조건 및 여건에 따라 선별하여 적용 가능

(2) 지하방수의 외방수와 내방수 비교

[그림 2.6]은 외방수와 내방수의 기본 개념을 나타낸 것이며, [표 2.8]은 외방수와 내방수의 특성을 비교한 것이다. [표 2.9]는 외방수와 내방수에 사용되는 재료 및 공법을 비교한 것이다.



[그림 2.6] 지하 외방수와 내방수의 개념도

[표 2.8] 외방수와 내방수의 특성비교

특 성	외방수 (후행방수)	내방수
방수의 신뢰성	○	×
지하수압에 대한 저항성	○	×
구조체 보호	○	×
방습 효과	○	×
작업성	△	○

○ : 양호, △ : 보통, × : 나쁨

[표 2.9] 외방수와 내방수의 사용 재료 구분

지하방수 구분	시공방법	사용재료	
외방수	후행 또는 선행방수	유기계	개량아스팔트 시트방수(토치공법)
			비가황계 고무시트방수
			EVA수지계 시트방수
			고무아스팔트계 점자착 시트방수
			초속경화형 우레탄 고무계 도막방수(뿔칠형)
			폴리우레아계 도막방수(뿔칠형)
			고무아스팔트계 도막방수
			콘크리트 일체 부착형 시트방수
		유기+무기계	폴리머시멘트계 도막방수

[표 2.9] 외방수와 내방수의 사용 재료 구분(계속)

지하방수 구분	시공방법	사용재료	
외방수	후행 또는 선행방수	유기+무기계	규산질계 도포방수
내방수	내벽방수	유기계	EVA수지계 시트방수
			고무아스팔계 점자착 시트방수
		무기계	폴리머시멘트계 도막방수
			규산질계 도포방수
	이중벽공법 (부분방수공법)병행	(부분방수공법) 지수판	비가황 고무계, EVA계
		수팽창지수재	합성고무계, 합성수지계, 벤토나이트계
		그라우트계 지수재	무기질계, 합성수지계, 합성고무계

(3) 선행방수의 후행방수와 비교

외방수는 공동주택 지하공사의 토공사 및 흙막이 공사 방법을 고려하여 선행방수(토류벽 등에 먼저 방수공사를 한 후, 구조물 콘크리트를 타설하는 방법) 혹은 후행방수(구조물 콘크리트를 먼저 타설하고, 경화 후 콘크리트 표면에 방수를 하는 방법)로 구분하고, 비용과 효과를 고려하여 방수재료를 선정하는 것이 바람직하다. [표 2.10]은 후행방수와 선행방수의 특성을 비교한 것이며, [표 2.11]은 지하공사(흙막이 공사)의 종류에 따른 외방수에 사용되는 재료 및 공법을 비교하여 나타낸 것이다.

[표 2.10] 후행방수와 선행방수의 특성 비교

특 성	외방수	
	후행방수	선행방수
방수의 신뢰성	○	△
지하수압에 대한 저항성	○	○
구조체 보호	○	○
방습 효과	○	○
작업성	○	△

○ : 양호, △ : 보통, × : 나쁨

[표 2.11] 지하공사 종류에 따른 방수공법 선정 방법

지하공사의 종류 (흙막이 공법)		작업 공간 유무	지하외벽		지하바닥(기초부)	
			외방수(멤브레인방수)		외방수	이중 슬래브 (배수판)
			후행방수	선행방수	멤브레인 방수	
오픈 컷(Open cut) 공법		있음	①②④⑤⑥⑦	×	①②③	○
흙막이 공법	H-Pile + 토류판	있음	①②④⑤⑥⑦	×		
		없음	×	①②③		
	강널말뚝 (Steel Sheet Pile)	있음	①②④⑤⑥⑦	×		
		없음	×	①②③		
	RC기둥, SMW 등	있음	①②④⑤⑥⑦	×		
		없음	×	①②③		
	지중연속벽 (Slurry Wall)	없음	×	×		

○ :적용 가능 X : 적용 어려움

비고) ① 고무아스팔트계 점·자착형 방수시트(밀착, 합성고무계, 비가황고무계)

② 개량아스팔트 방수시트(밀착)

③ 콘크리트 일체 부착형 시트방수

④ 초속경 폴리우레탄 고무계 도막 방수(뿔칠),

⑤ 폴리우레아계 도막방수(뿔칠)

⑥ 고무아스팔트계 도막방수(뿔칠)

⑦ 폴리머시멘트계 도막방수(도포)

1.5 지하방수의 안전 설계 고려사항

(1) 안전설계의 방향

- ① 기존의 공동주택 지하구조물은 최상층, 외벽, 최하층 바닥이 각기 다른 설계를 적용함으로써 부분적인 누수를 허용하는 설계로써 여러 가지 문제가 발생하였다. 공동주택 지하공간 방수설계는 지하주차장 본체와 피트(Pit) 등의 구분 없이 누수 안전성 확보를 위해 외방수를 적용을 적극적으로 검토하여야 한다. 다음 [표 2.12]는 지하방수의 안전설계 관점에서 선행방수, 후행방수의 기본 개념을 나타낸 것이다.

[표 2.12] 지하방수의 요구 성능과 안전설계 고려사항

지하방수	요구 성능	안전설계 고려사항
선행 방수	지하실 내부로의 누수가 없을 것	■ 요구성능 규정이 현재로서는 불명확 ■ 누수원인 규명이 어려움 ■ 누수 대응 협의가 필요
	지하수로부터 구조체를 보호 할 것	■ 흠막이 벽에서 지하수가 유출
	후타설 구조체와 밀착성이 좋을 것	■ 구조체 보호 성능은 현재로서는 어려움
	방수시공의 위험성이 없을 것	-
	각종 파일, 부력방지 앵커 등 각종 돌출물의 연결부 처리 안정성을 확보 할 것	■ 선행방수 시 가장 취약한 부위
	방수층 품질관리가 용이 할 것	■ 후속공정에 의한 손상을 발견하기 어려움 ■ 도막두께 관리가 어려움 ■ 폼타이 구멍, 세퍼레이터부의 신뢰성 확보가 어려움
	시공 중 강우의 영향을 받지 않을 것	■ 방수재 유출, 접착불량 우려가 있음
후행 방수	지하실 내부로의 누수가 없을 것	■ 누수원인 규명이 어려움 ■ 누수대응 협의가 필요
	지하수로부터 구체를 보호 할 것	■ 후속공정에 의한 손상을 발견하기 어려움
	후타설 구조체와 밀착성이 좋을 것	■ 바탕건조, 표면 결로의 문제가 있음
	방수시공의 위험성이 없을 것	-
	방수층 품질관리가 용이 할 것	■ 도막두께 관리가 어려움 ■ 후속공정에 의한 손상을 발견하기 어려움
	시공 중 강우의 영향을 받지 않을 것	■ 방수재 유출, 접착불량의 우려가 있음
내방수 (기존)	지하실 내부로의 누수가 없을 것	■ 방수층이 물의 출구 측을 막고 있음 ■ 준공 후 균열 대응 성능이 없음
	지하수의 침입에 충분히 견딜 수 있을 것	■ 구체 내부까지 물이 침투함 ■ 누수원인 규명 어려움 ■ 누수 대응 협의가 필요함
	방수시공의 위험이 없을 것	-
	방수층 품질관리가 용이 할 것	-

② 설계자는 지하공사 종류, 방수시공 과정, 방수공사 후 후속 공정, 되메우기 토사의 침하 등에 의해 방수층에 결함 및 손상이 발생되지 않도록 신뢰성이 높은 전면 외 방수설계를 적용하는 것이 바람직하다. 다음 [표 2.13]은 기존의 내방수와 비교하여 전면 외방수를 설계함으로 안전성을 확보한 설계를 나타낸 것이다. 다음 [표 2.14]는 최하층 바닥의 경우 배수관 적용에 따른 완화 기준과 안전 설계 기준의 차이를 나타낸 것이다. 다음 [표 2.15]는 지하 외방수 설계의 방수안전 신뢰성을 나타낸 것이다.

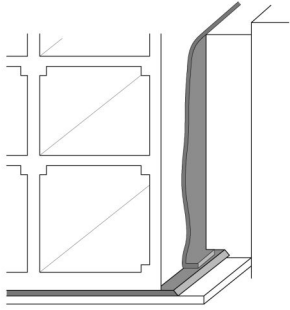
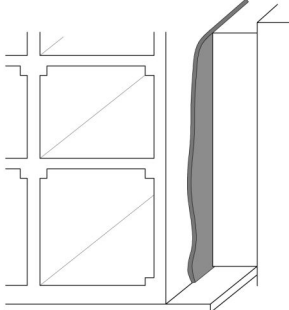
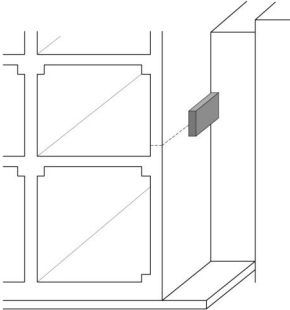
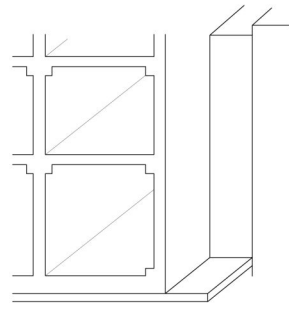
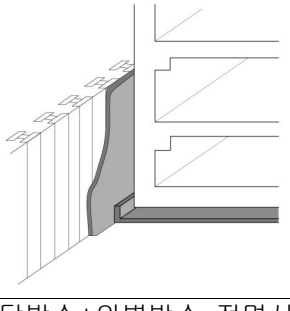
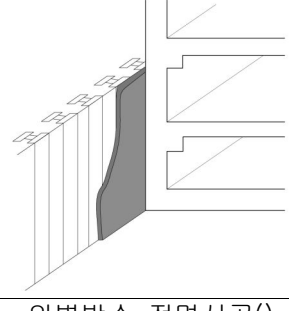
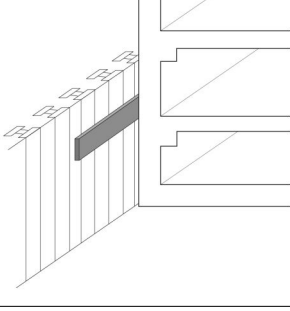
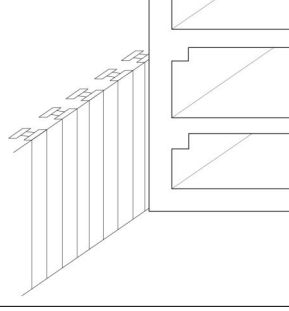
[표 2.13] 기존 내방수 설계와 안전성을 고려한 외방수 설계의 비교

구 분		기존 내방수 설계	외방수 설계
외부	벽체	방수층 없음	점착식 합성고무계 복합시트 방수 외
	바닥	방수층 없음	역타설용 복합방수시트
중간층		누름층(방수층 없음) 또는 누름층, 방수층 전부 없음	비노출 방수층 설치(시트방수 및 도막방수 또는 조인트 코킹 및 에폭시 코팅, 트렌치부 구배고려 드레인 추가설치)
내부	벽체	액체방수(1종, 2종) +이중벽(블럭, 배수판)	없음
	바닥	보호누름층+배수판+액체방수	보호누름층(에폭시 코팅)
적용방안 개념도			

[표 2.14] 외방수설계의 완화 기준과 안전 강화 기준 비교

구 분		완화 기준	안전 강화 기준
기본방향		바닥 배수판 설계	바닥 완전 방수
외부	벽체	설계기준과 동일	설계기준과 동일
	바닥	없음	외부 배수용 다발관+역타설용 복합방수시트
중간층		설계기준과 동일	설계기준과 동일
내부	벽체	없음	벽체용 배수판(결로 발생시)
	바닥	비노출 방수층 설치 (조인트 코킹 및 에폭시 코팅 마감)	보호누름층+에폭시 코팅 마감
적용방안 개념도			

[표 2.15] 지하 외방수 선행방수와 후행방수의 방수안정성 비교

구분	내 용	
후행 공법		
	바닥방수+외벽방수 전면시공 방수안정성: 바닥/벽체 (◎)	외벽방수 전면시공 방수안정성: 바닥(×), 벽체(○)
		
	외벽 취약부(CJ 등) 부분시공 방수안정성: 바닥(×), 벽체(△)	외방수 시공되지 않음 방수안정성: 바닥(×), 벽체(×)
선행 공법		
	바닥방수+외벽방수 전면시공 방수안정성: 바닥/벽체 (◎)	외벽방수 전면시공() 방수안정성: 바닥(×), 벽체(○)
		
	외벽 취약부(CJ 등) 부분시공 방수안정성: 바닥(×), 벽체(△)	외방수 시공되지 않음 방수안정성: 바닥(×), 벽체(×)

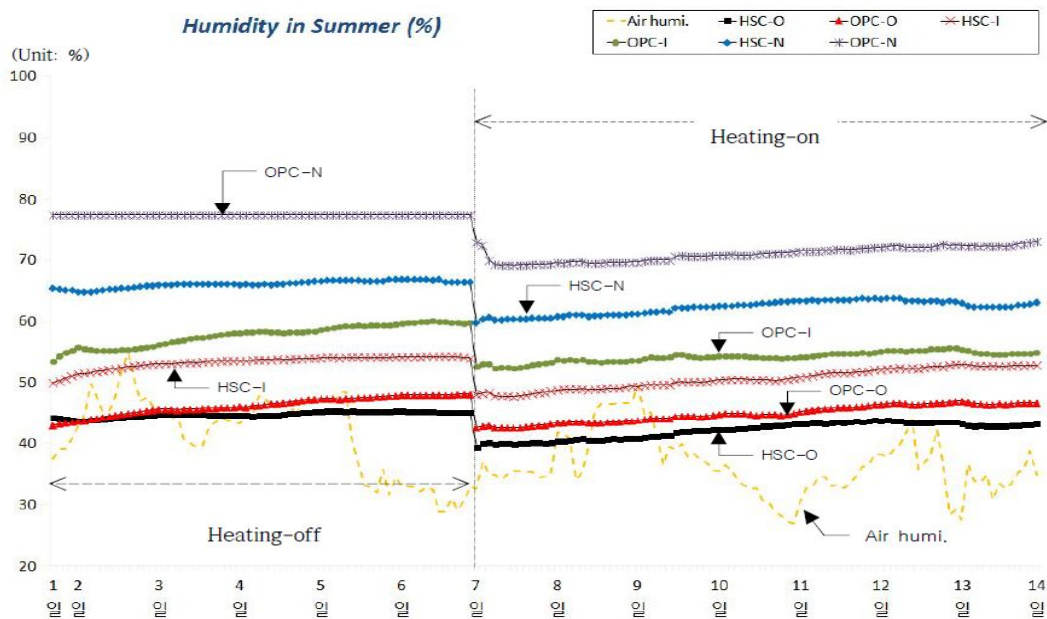
※ 방수안정성: 우수 : (◎), 양호 : (○), 취약 : (△), 나쁨 : (×)

(2) 안전 설계의 효과

지하구조물의 쾌적한 실내 환경 확보를 위해서는 신축구조물의 경우 설계단계에서 부터 외방수를 적극 반영하는 것이 중요하다. 콘크리트의 외측면에 불투수성 멤브레인 막(외방수)을 설치하여 콘크리트의 장기적인 합습상태 및 결함부를 통한 수분(누수)의 유입 요인을 완전히 차단해 주는 것이 실내측의 습도 상승 및 콘크리트의 단열성능 저하에 따른 결로발생 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 방안이다.

- ① 외방수를 적용한 경우는 그렇지 않은 경우에 비해 실내 온도를 쉽게 잃지 않는 단열성이 확보되고, 적정 습도를 유지할 수 있기 때문에 내벽에서의 결로 발생을 방지할 수 있다.
- ② 외방수는 근본적으로 지하 외부로 부터의 수분 이동을 차단하기 때문에 결로 발생 요인(온도전달, 습기의 공급원 및 이동 경로 등)을 제어하기 할 수 있고, 이는 기존의 내방수 또는 고강도 콘크리트(수밀콘크리트)의 적용한 것보다 그 효과가 매우 크다.

[그림 2.7]은 외방수를 적용함에 따라 하절기의 습도 차이가 동절기에 비해 약 80% 이상 저감되는 것을 나타낸 것이다.



[그림 2.7] 외방수 콘크리트 구조체 내부의 습도 변화 측정 결과(하절기)

지하구조물을 방수층으로 완전히 감싸는 외방수(Full tanking water-proofing system)를 적용할 경우 지하층 내부 환경을 쾌적한 상태로 유지할 수 있기 때문에 세대별 창고, 관리자 사무실, 체육시설 및 기타 주민 복지 시설 용도로 활용할 수 있다. [사진 2.1]은 안전 설계에 의한 지하 공간 유효 활용 사례를 나타낸 것이다.



(a) 외방수를 적용한 지하창고(국외사례)

(b) 트렌치가 없는 지하주차장(국내사례)

[사진 2.1] 공동주택 지하구조물의 안전 방수 설계 효과

1.6 지하주차장 방수설계 순서

(1) 방수설계도는 지하 공간의 평면도, 부재 단면도 및 접합부 상세 등을 명확히 표시하고, 상기 1장 4.2절의 고려 사항을 반영하여 다음 [표 2.16]과 같은 순서로 작성한다.

[표 2.16] 방수 설계 순서

계획 순서	검토 사항
방수공사 대상 구조물의 형식과 구조 검토	지하구조물(철근 콘크리트, 프리캐스트 콘크리트 등)의 슬래브, 외벽, 인접 시설물 등
지하수 및 토양 등 주변 입지 환경 자료 분석	건설지역 입지 분석(해안가, 공업지역, 온천지역, 산악지역, 유류 사용지역 등), 지하수위(설계지하수위, 원지반 수위, 연중 변화수위 등), 수질, 토양 성분 등 파악
지하공사 방법 검토	지하공사 방법(토공사, 흙막이 공사 등), 구조체 재료, 신규 구조물간의 방수 방법, 기초말뚝, 관통부위, 인접 시설물과의 연결성, 균열보수 및 지수 재료(수팽창 지수공, 수지 모르타르 및 에폭시 수지 주입공사), 특수 부위, 단말(끝단부) 처리공사, 보호재 공사 등
시공조건의 검토	방수시공 장비 사용 및 운반, 비계설치 및 해체, 방수 전 공정 및 방수 후 공정의 적합성, 방수 바탕의 처리 조건, 방수시트 고정 방법 상세, 시공 및 구조이음 상세, 시트 방수재의 방호, 단말(끝단부)처리 상세, 특수공사 상세 등
방수 공사 시공 세목의 검토	-균열 및 조인트 거동 대응형 방수공법 -습윤 바탕면 부착 방수공법 -토양 및 지하수 화학성분 대응형 방수공법 -바탕 및 주변 기온 변화 대응형 방수공법 -방수층 손상, 훼손 시 자가치유형 방수공법 -시공성, 경제성(가격대비 성능우수) 양호한 공법 -친환경 에너지 절약 제품
방수공법·재료의 결정	

(2) 방수설계도는 기본 설계도, 상세 설계도, 공사시방서 및 유지관리 지침서로 구분하고, 사용 방수재료의 종류, 사용 방수재료의 성능 및 품질 기준, 설계자 및 소속 회사명, 연락처, 설계 연월일 등을 명시하여야 한다.

2. 지하 부위별 방수설계

2.1 슬래브 방수설계

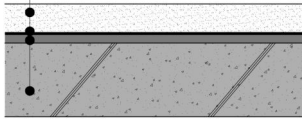
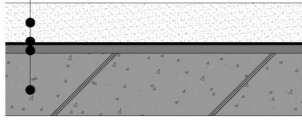
2.1.1 최상층 상부슬래브 방수설계

(1) 일반 슬래브 방수설계

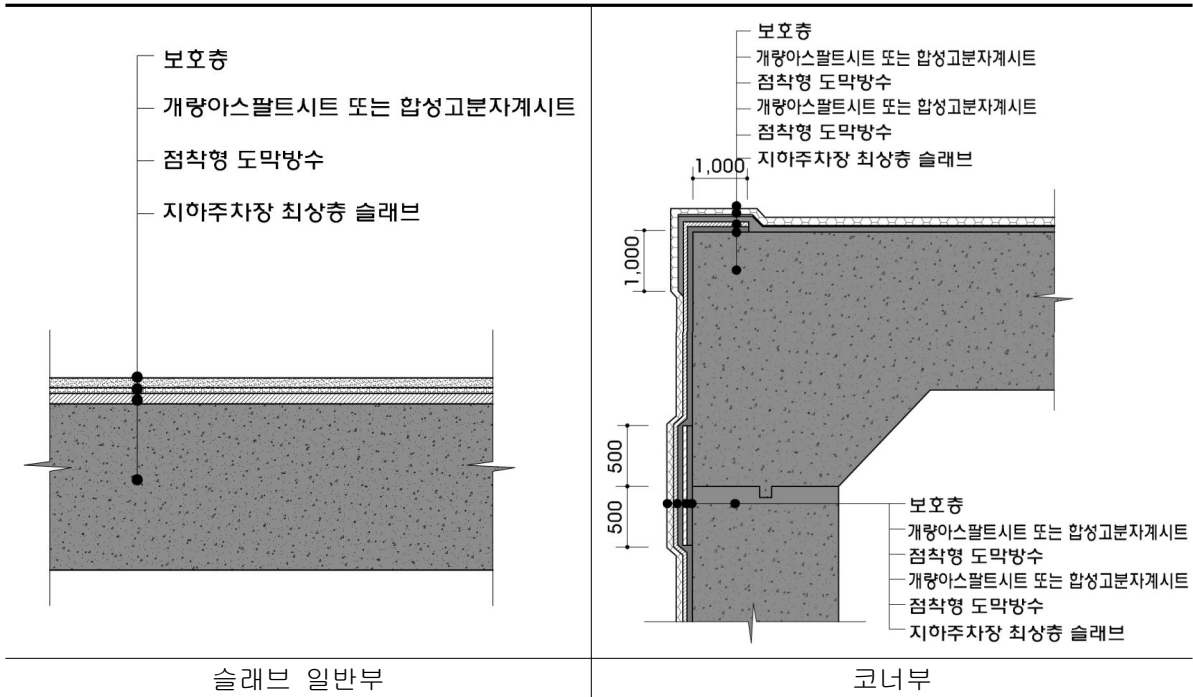
- ① 공동주택 지하구조물 최상층 상부슬래브는 외방수 설계를 원칙으로 한다.
- ② 지하주차장 최상층 슬래브는 지하구조물의 최상부이기 때문에 지하에 매립되는 경우에도 우수에 의한 장기적 채류수가 발생하지 않도록 적절한 구배(1/50 이상)를 형성하도록 한다.
- ③ 상부슬래브는 상부 차량의 이동 등을 감안하여 구조물의 거동에 대응이 가능한 방수재료 및 공법을 사용한다.
- ④ 방수층 보호를 위한 재료도 상하부 구조체의 거동에 대응하는 성능을 가져야한다.

다음 [표 2.17]는 최상층 상부슬래브(일반) 방수설계 개선을 나타낸 것이고, [표 2.18]은 최상층 상부슬래브(일반) 방수설계 방법을 나타낸 것이다.

[표 2.17] 최상층 상부슬래브(일반) 방수설계 개선

구 분	현 행	개 선
최상층 (일반) 상부슬래브	외방수층(단일재료)+ 방수층 보호 누름층	외방수층(단일재료, 복합공법 또는 건설신기술)+방수층 보호 누름층
	합성고분자계, 자착식형 시트, 도막 방수, 시트 및 도막 복합방수, 패넬류	현행(좌측) 5개 공법에 점착식 합성고무계 복합시트 방수 등 추가로 복합공법 적용 활용
	보호 콘크리트(누름콘크리트) PE필름(보호층) 방수층(도막방수 등) 지하주차장 최상층 슬래브 	보호 콘크리트(누름콘크리트) 방수 보호재 방수층(복합자재 적용 복합공법) 지하주차장 최상층 슬래브 

[표 2.18] 최상층 상부슬래브 방수설계 방법



(2) 녹화 슬래브 방수 설계

- ① 공동주택 지하주차장 상부 녹화 공간에서의 방수설계는 녹화시스템의 하중을 최소화하고, 구조물의 내구성, 경제성 측면에서 방수계획을 수립한다. [표 2.19]는 최상층 녹화 슬래브의 방수설계 개선을 나타낸 것이다.

[표 2.19] 최상층 (녹화)슬래브 방수설계

구 분	현 행	개 선
최상층 (일반) 슬래브	외방수층(단일재료) + 방수층 보호 누름층	외방수층(방근성능 확보 재료) + 방수층 보호 누름층
	- 녹화 공간(조경) - 보호 콘크리트(누름콘크리트) - PE필름(보호층) - 방수층(도막방수 등) - 지하주차장 최상층 슬래브	- 녹화 공간(조경) - 보호 콘크리트(누름콘크리트) - PE필름(보호층) - 방수·방근층(합성고분자계 외) - 지하주차장 최상층 슬래브

- ② 녹화공간이 방수층 위에 적재된다는 점에서 식물의 뿌리에 대응 가능한 방수재의 선정, 조인트부의 보강처리 및 습윤환경 하에서 장기 체류수에 의한 화학적 열화가 없는 재료를 사용한다.
- ③ 식물의 뿌리는 방수층을 파괴하여 건물에 치명적인 손상을 입혀 누수의 주된 원인이 되므로 방수층 위에 방근층을 설치하여야 한다. 이때 방근층은 KS F 4938 조건에 해당하는 2년 동안의 방근 성능을 확보한 기술이어야 한다.
- ④ 항상 습기가 있고, 화학비료 및 방제 등의 식재관리가 이루어지는 녹화 환경조건에 의해 미생물이나 화학 물질에 영향을 받지 않는 안전한 방수 성능과 식재플랜의 특성을 고려하여 식물 뿌리로부터의 침입을 방지할 수 있는 방근 성능을 동시에 확보한 재료 및 공법을 사용한다.
- ⑤ 토양층에 대한 내알칼리성 및 내박테리아성을 가진 재료를 사용한다.

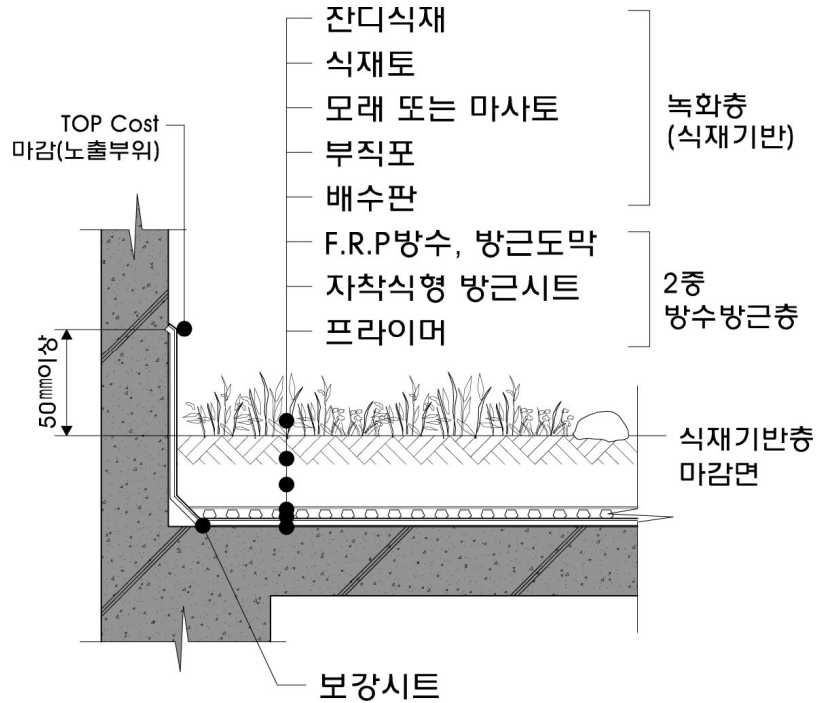
[표 2.20]은 녹화 공간에 적용되는 일반적인 방수공법을 계열별로 분류하여 녹화시스템에서의 선택적 적합성 유·무를 나타낸 것이다. [표 2.21]은 최상층 (녹화)슬래브 방수설계 방법을 나타낸 것이고, [표 2.22]는 녹화 슬래브 방수층 및 방근층 시공 시 재료의 선택 및 시공 유의사항을 나타낸 것이다.

[표 2.20] 계열에 따른 방수재료의 방근 특성

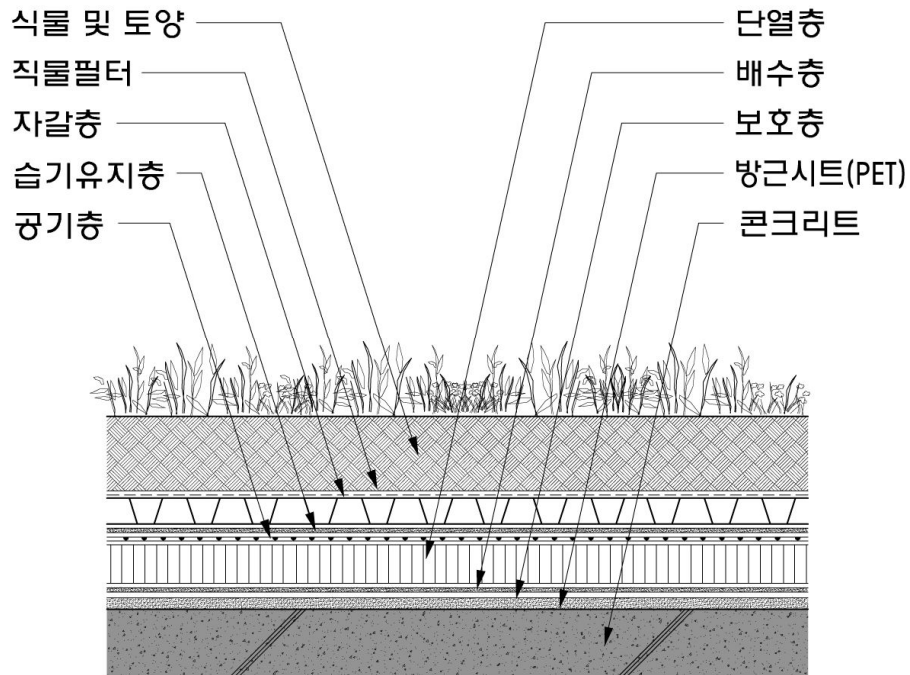
계열	종류	녹화 슬래브 방수 시 주의사항
아스팔트(시트)계 방수공법	개량 아스팔트계 방수 등	- 방근성능이 없음으로 반드시 별도의 방근층이 필요 - 장기간 침수 시 아스팔트의 유화현상 발생
도막계 방수공법	우레탄계 도막방수 등	- 방근성능이 없음으로 반드시 별도의 방근층이 필요 - 장기간 침수 시 분해현상 발생(수경성, 무기질 탄성계)
	FRP계 방수	- 방근성능이 있음 - 내약품성 및 내박테리아성이 뛰어남
합성고분자계 시트방수공법	염화비닐계 시트 방수 외	- 시트 자체는 방근성능이 있으나, 접합부에서는 방근성이 저하되기도 함 - 경우에 따라 별도의 방근층이 필요(접합부 접착제 공법)
시멘트계 방수재	시멘트 혼입 폴리머계 방수 외	- 내균열성이 없어 균열 발생 가능성 높음 - 다공부위 및 균열부위를 통해 방근성이 저하됨
복합계 방수공법	시트계+도막계 복합방수공법	- 조인트부 시공 안전성 확보됨 - 바탕면 균열 추종성 확보됨 - 공법의 종류에 따라 방근성능이 부족한 공법도 있으므로, 사용 재료에 따라 방근층을 두어야 함 - 방근 성능 평가를 통한 선별 적용이 필요

[표 2.21] 최상층 (녹화)슬래브 방수설계 방법

최상층 (녹화)슬래브 방수 설계기준(안)



FRP + 자착형 방수시트 적용 방수·방근 공법



방근시트(PET) 적용 방수·방근공법

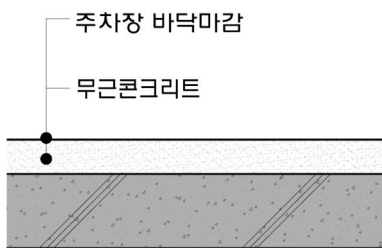
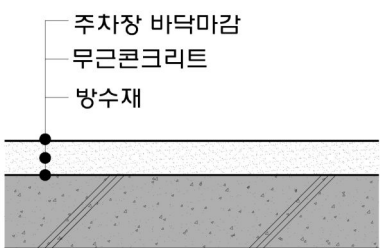
[표 2.22] 녹화 슬래브 방수층 및 방근층 시공 시 유의사항

요 인	방 법
조경 수목의 뿌리에 의한 방수층의 파손 방지 (방근 대책)	① 방수재의 종류 및 재질 선정 - 아스팔트 시트계 보다는 합성고분자계 사용 ② 방근층의 설치(방수층 보호) - 플라스틱계의 시트 및 필름 또는 성형판(패널)
배수층 설치를 통한 체류수의 원활한 흐름	① 방수층 위에 플라스틱계 배수판 설치 ② 물흐름 경사 조정 및 고려
체류수에 의한 방수층의 화학적 열화 방지	① 방수재의 종류 및 재질 선정 ② 방수재 위에 수밀 코팅 처리(비용 증가 및 시공 공정 증가)
바탕체의 거동에 의한 방수층의 파손 방지	① 콘크리트 바탕체가 온도/진동에 의한 거동 시 방수층 파손 없을 것 ② 합성고분자계 재료 등 거동 대응성 우수 재료 사용 ③ 거동 흡수 절연층의 구성
유지관리 대책을 고려한 방수 시스템 적용	① 만일의 누수 시 보수가 간편한 공법(시스템)의 선정 ② 만일의 누수 시 보수대책(녹화층 철거 유·무) 고려

2.1.2 중간층 슬래브 방수 설계

(1) 1층 중간층 슬래브는 강우, 강설시 빗물, 눈의 유입으로 누수 발생의 우려가 크므로 방수설계를 하는 것을 원칙으로 한다. 다음 [표 2.23]은 중간층 (일반)슬래브 방수설계 개선을 나타낸 것이다.

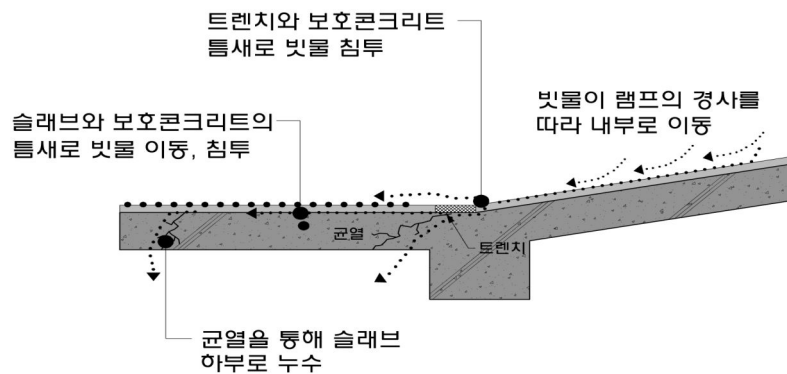
[표 2.23] 중간층 (일반)슬래브 방수설계 개선

구 분	현 행	개 선
중간층 슬래브	무근콘크리트(평균두께 100~140mm, 와이어메쉬 1겹 또는 섬유보강재)+지하주차장 바닥마감	방수재(자착형 시트방수 등)+무근콘크리트(평균두께 100~140mm, 와이어메쉬 1겹 또는 섬유보강재)+지하주차장 바닥마감
	 주차장 바닥마감 무근콘크리트	 주차장 바닥마감 무근콘크리트 방수재

(2) 차량 진출입부 슬래브는 차량의 지속적인 이동, 일시적 정지, 출발이 반복 되는 곳으로써 슬래브에 피로 하중이 가해져 트렌치 주변 보호콘크리트가 손상되며, 트렌치와 보호 콘크리트 간의 이격으로 침투된 빗물이 슬래브와 보호콘크리트의 틈새로 침투되어 누수가 발생된다. 다음 [그림 2.8]은 차량 진출입부 슬래브의 누수 개요를 나타낸 것이고, [표 2.24]는 중간층 (차량 진출입부) 슬래브 방수설계 방법을 나타낸 것이다. 차량 진출입

부 슬래브의 방수설계는 다음과 같다.

- ① 차량 진출입부 슬래브는 방수재를 설계하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 차량 진출입부 슬래브는 스프레이식 폴리우레아 도막방수재로 트렌치 하부에서 램프 상단까지 연결 시공되도록 설계한다. 이때 도막방수재의 적용 두께는 2.5mm 이상으로 한다.
- ③ 또는 시트와 도막의 복합방수층(점착형 도막방수재와 합성고분자계 시트 등)을 트렌치 하부에 설계한다. 이때 개량아스팔트 시트는 KS F 4917, 합성고무계 폴리머겔은 KS F 4935 성능기준을 만족하는 제품을 사용한다.



[그림 2.8] 차량 진출입부 슬래브 트렌치 주변 누수 원인

[표 2.24] 중간층 (차량 진출입부) 슬래브 트렌치 주변 방수설계 방법

구 분	현 행	개 선
중간층 (차량 진출입) 슬래브	에폭시 페인트 + 보호 콘크리트 + 중간층 슬래브	① 폴리우레아 도막방수재 + 보호 콘크리트 + 중간층 슬래브 또는 ② 에폭시 페인트 + 보호 콘크리트 + 시트-도막 복합방수 + 중간층 슬래브

2.1.3 최하층 바닥슬래브 방수 설계

(1) 기존 방수공법의 문제점(역타설 방수설계의 필요성)

- ① 현재의 지하 바닥 방수는 기초 하부의 버림콘크리트 타설(경화) 후 방수재(시트계)를 시공하고, 누름 보호콘크리트 타설 후 구조체 콘크리트를 형성한다. 이는 방수층과 구조체 콘크리트 표면이 처음부터 분리된 상태의 방수층을 형성하고 있다.
- ② 현재 최하층 슬래브 누수는 지반에서부터 유입된 물(지하수 등)이 방수층과 구조체 콘크리트(또는 보호콘크리트) 사이에 형성된 들뜸 공간(기존 시트 방수공법의 문제점)과 누름층(보호콘크리트) 상·하부에 형성된 계면을 통해 수평적으로 확산된 뒤 구조체 콘크리트에 발생한 취약 부위(균열, 곰보, 이음부 등)를 통해 내부로 유입되고 있다. 다음 [표 2.25]는 기초 바닥 슬래브에서의 누수 경로를 나타낸 것이다.

[표 2.25] 지하 바닥 슬래브 현행 방수공법과 역타설 방수공법의 누수 경로 비교

구 분	현 행	역타설 공법
누수경로 분석	기초콘크리트 방수층 보호용 모르타르 시트방수(버림콘크리트에 부착, 계면 있음) 버림콘크리트 누수발생이 쉬운 구조 지하수확산경로 측면경로1 지하수유입 측면경로2 지하수유입 하부 지하수유입 시트이음부	기초콘크리트 무근콘크리트 역타설용 방수(계면 없음) 누수발생이 어려운 구조 지하수확산경로 측면경로1 지하수유입 하부 지하수유입 시트이음부

- ③ 기존의 방수설계는 지하구조물의 누수에 대해서 유도 배수처리를 위한 집수정과 배수시스템을 동시에 구비하고 있으며, 이는 구조물의 성능 저하는 물론 지하수 고갈의 원인이 된다.
- ④ 따라서, 지하 바닥슬래브의 안전성, 수밀성, 내구성 등을 확보하기 위해서는 방수층과 콘크리트 표면이 일체화되어 계면 발생이 없는 역타설 방수설계가 필요하다.

(2) 역타설 방수설계의 고려사항

역타설 방수설계에서는 지하수위의 산정이 가장 중요하며, 지반조사 시 측정한 지하수위를 토대로 신축 구조물의 주변현황, 우기 시 지표수 및 지하수의 흐름, 계절라성 국지적 호우 등을 감안한 최대 상승 지하수위를 결정해야 한다.

- 기상 관측 1일 최대 강우량
- 신축 구조물의 주변 토양층의 강우에 의한 우수 침투율

- 우기철 홍수위 및 상승하는 평균수위
- 기후 변화에 따른 국지적 게릴라성 집중호우 등을 고려하여 설계 지하수위 산정

① 다음 사항에 해당하는 경우는 역타설 방수공법을 적용하여 설계한다.

- 아파트 PIT층 및 지하주차장, 헬륨, 전기실 등 지하주차장과 통합된 지하구조물 최하층 바닥은 외방수(역타설공법) 적용을 원칙으로 함(단, 독립된 지하저수조 제외)
- 영구앵커 (Holding Down Anchor), 외부배수 시스템(External Drainage System), 기초바닥 내부 영구배수시스템(Permanent Under Drainage System)에 의한 공법을 적용하는 경우
 - 상기 배수공법을 적용하는 경우 양압력은 저감할 수 있으나, 바닥 및 외벽에 작용되는 침투수압은 저감시킬 수 없음
 - 우수에 의한 일시적인 외부의 유입수에 의해 투수계수개념이 아닌 유출속도에 의해 영향을 줄 경우 내부 배수시스템의 통수단면적이 적어 유입수를 해소하지 못하는 과정에서 점증적인 양압력이 증가하여 추후 예상하지 못한 누수하자가 발생할 수 있음
 - 토목섬유의 점증적인 통수성 저하는 물론 지속적인 반복영향으로 토목섬유의 구멍크기를 막아 눈막힘 현상이 발생할 수 있으므로 장기적으로는 배수능력이 저감되어 점차 양압력을 증대 시킬 수 있음
- 외부의 지하수위가 기초 저면 이하에 형성되더라도 인접 지반의 투수성이 떨어지는 경우 배수공법을 적용하는 경우 인접지반 침하를 동반하므로 공법 적용 시 매우 신중하게 적용여부를 검토
- 불투수성 지반에서 평지 또는 경사진 지반에서 오픈컷(Open Cut)으로 굴착하여 구조물을 축조 한 후 원 지반과 구조물 주변 사이에 되메우기를 실시한 경우
 - 상기의 경우 원지반과 되메우기 구간에는 이질층이 형성되면서 우기 시 물을 담을 수 있는 수조 역할을 함
 - 특히 경사진 구간에 구조물을 신축할 경우 구조물 자체가 지하수의 흐름을 차단하는 댐 역할이나 다름이 없음
- 경사진 구간의 경우 평지보다는 우수에 의한 유입속도가 빠르기 때문에 순간적으로 구조물에 영향을 미칠 수 있으므로 구조물 시공 중에도 대비책이 중요하지만 구조물 완공 후에 대한 대비책도 중요함
- 유입된 지하수는 지층에 소산되는 속도보다는 구조물 후면에 적체되어 지하수위 상승결과를 초래하며, 이로 인해 수두차에 의한 침투수압이 작용하여 구조물의 누수안정성에 문제가 발생할 수 있음

② 다음 사항에 해당하는 경우 배수판을 적용하여 설계할 수 있다.

- 우기 시 최대 상승하는 지하수위가 기초바닥 저면 이하에 형성되는 경우(지하수위 변동폭이 1~2m 이내인 일반지구)

- 언덕형 경사지에 설치된 경우 외부 지표수 처리를 위한 측구설계, 기초 저면에 배수관을 통해 원활한 배수가 이루어지는 경우
 - 배수로를 추가 굴착한 공법을 적용한 경우 토사지반의 통수단면적과 배수 관경을 크게 적용하는 경우 상대적으로 안전하다고 판단
 - 구조물 앞쪽으로 낙차가 큰 경사지반으로 자연배수를 적용한 경우
- 구조물의 지반이 투수성이 활발한 지층이면 주변에서 유입된 유입수 보다 외부로 유출되는 속도가 빨라 구조물 안정성에 문제가 없는 경우
 - 투수계수가 $K=1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ 이상인 실트질 모래층, 사질 시트층 및 자갈층의 지반으로 형성되어 우수의 소산이 빠른 경우
- 공사여건 불가 및 외방수 적용으로 공사기간 등이 과도하게 증가하는 지구 등

[표 2.26] 지하수위와 관련한 외방수와 내방수 배수관 사용 조건

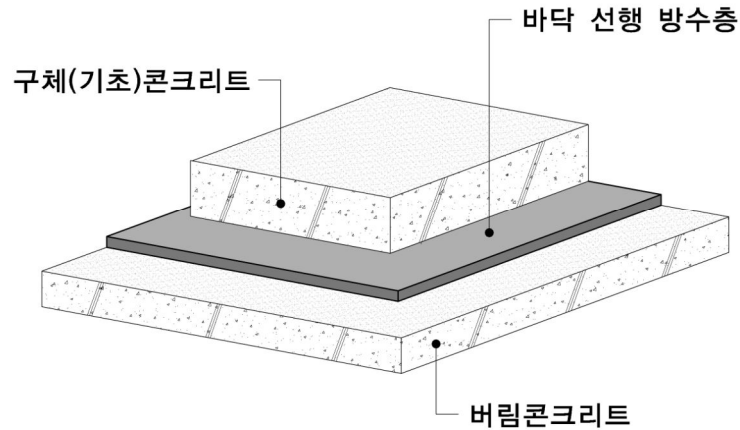
구분	외방수 적용 조건	내방수적용 시 배수관 사용 조건
적용 기준	- 지하수위가 상시존재 하는 경우 - 바닥저면에 양압력이 작용하는 경우 - 우기 시 지하수위가 상승하여 구조물 저면 이상으로 증가하는 경우 - 경사지에 건설되는 경우(특히 계곡형인 경우)	- 지하수위가 상시 구조물 저면 이하로 존재하는 경우 - 인근 하천, 계곡 등의 지하수 영향이 없는 경우 - 경사지 건설되는 경우 바닥부에 배수관 등의 설치로 양압력 작용이 없는 경우

(3) 역타설 방수설계 기준

공동주택 지하 최하층 바닥 슬래브의 방수설계 개선 사항은 다음 [표 2.27]과 같다.

[표 2.27] 최하층 바닥 슬래브 방수설계 개선 사항

구분	현행	개선
최하층 슬래브	시멘트모르타르 방수 + 배수판(THK40~70) + 무근콘크리트(와이어메쉬1겹) + 지하주차장 바닥마감	외방수+기초판+무근콘크리트(와이어메쉬1겹)+지하주차장 바닥마감
	주차장 바닥마감 무근콘크리트 THK40~70 배수판 액체방수2중	주차장 바닥마감 무근콘크리트 역타설용 방수재
PIT층	지하수위 낮음	지하수위 높음
	액방2중 + 보호몰탈24mm	액방1중 + 보호몰탈24mm



[그림 2.9] 지하층 바닥 선행방수(역타설)공법의 예시

2.2 외벽 방수설계

(1) 선행방수 설계

- ① 콘크리트 구조물을 타설하기 전에 연속지중벽, 토류벽, 합판거푸집, 최하층 바닥 슬래브의 버림콘크리트 등을 대상으로 방수 설계를 계획한다.
- ② 외벽 경우 상시적으로 작용되는 수압 조건을 고려하여 방수재료 및 공법을 선정한다.
- ③ 외벽의 공간벽 미시공에 따른 바닥 트렌치 및 배수드레인 등의 설치 또는 삭제 여부를 검토한다.
- ④ 선행방수공법용 방수재료는 타설되는 콘크리트와의 일체 접착이 되는 것을 적용한다.

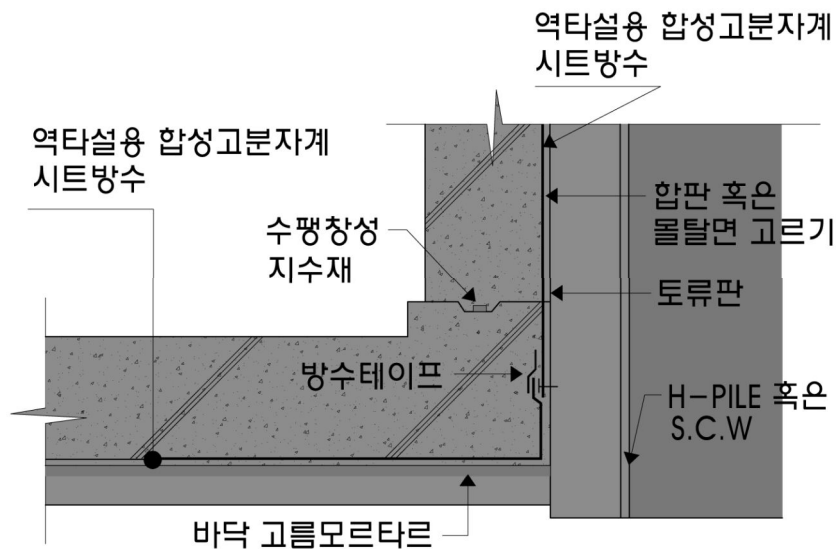
[표 2.28] 선행방수공법의 예시(벽체)

구분	연속지중벽	널말둑	거푸집
도면			
내용	연속지중벽 표면에 고름모르타르를 시공하여 평평하게 면을 잡아준 후에 방수를 실시한다.	널말둑의 표면에 메시를 붙여서 모르타르를 타설한다.	거푸집(바깥쪽)의 표면에 직접 방수를 실시한다.

[표 2.29] 선행방수 역타설 방수공법의 구분

구분	적용방식	개념도	공법의 개요
선행공법 (역타설 외방수)	흙막이벽에 방수층을 미리 설치하고 콘크리트를 타설하는 방수공법		- 흙막이벽에 방수바탕을 만들고, 내측에서 멤브레인 방수층을 역방향으로 부착하고, 철근배근, 합벽용 거푸집 설치, 콘크리트 타설 순으로 시공하는 공법 - 바닥부의 경우 버림콘크리트 위에 멤브레인 방수층을 역방향으로 설치하고 기초 콘크리트를 타설함
	콘크리트구체의 바깥쪽 거푸집 안쪽에 역타설용 방수재를 미리 설치하고 콘크리트를 타설하는 방수공법		- 바깥쪽 거푸집에 역타설용 방수층을 먼저 부착하고, 콘크리트를 타설하는 과정에서 콘크리트의 측압에 의해 방수층과 완전히 밀착되게 하는 공법

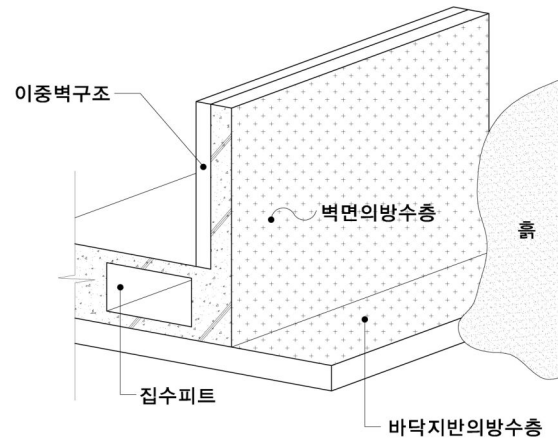
[표 2.30] 합벽 구간 토류벽의 선행방수 설계 방법(예시)



합벽구간 토류벽의 선행방수

(2) 후행방수 설계

- ① 콘크리트를 타설하고 난 후 양생이 끝난 콘크리트 구조체의 바깥쪽(실외)에 직접 방수층을 설치하도록 계획한다. 단, 되메우기 시 방수층 보호를 위해 보호층을 설치한다.
- ② 공동주택 지하구조물 외방수 설계는 지반 선 이하의 흙에 면한 PIT층 및 지하주차장, 헬룸, 전기실 등 지하 주차장과 통합된 지하구조물의 외벽에 적용한다(단, 독립된 지하저수조 제외).
- ③ 방수층 보호재는 방수층 표면에 설치하여 토사의 되메우기 시 충격 및 침하의 영향을 제어하여 방수층을 보호할 수 있는 재료를 사용한다.
- ④ 공사 현장의 지하수 조건, 시공 조건, 결로발생 조건 등을 고려하여 외벽에 이중벽, 배수판, 단열재 등의 추가 설치를 계획할 수 있다.



[그림 2.10] 후행방수공법

[표 2.31] 후행 방수공법 개요

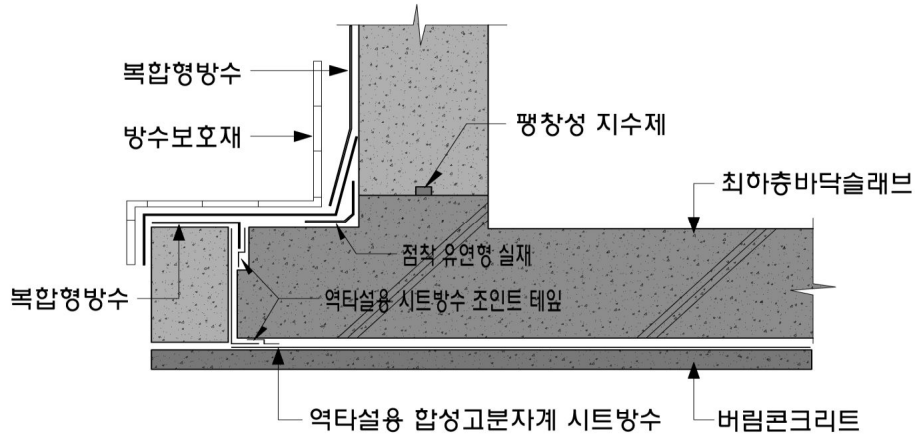
구분	적용방식	개념도	공법의 개요
후행공법 (일반 외방수)	콘크리트구체 완성 후 바깥쪽으로 멤브레인 방수층을 붙이는 방수공법		- 콘크리트구체의 바깥쪽 벽면에 멤브레인 방수층을 붙이고, 보호층으로서 PE폼이나 콘크리트블록 등을 쌓아 방수층을 보호하는 공법

공동주택 지하부위 외벽에 적용 가능한 후행방수 설계는 다음 [표 2.32]와 같다.

[표 2.32] 지하 외벽 후행방수 방수설계

구분	현행		개선
	일반지구 방수2종+이중벽	지하수위 높은지구 방수1종+이중벽	외방수층+방수층 보호재
지하 외벽			
아파트 PIT층	지하수위 低 액방2종 + 보호몰탈6mm	지하수위 高 액방1종 + 4" 블록(도장삭제)	

[표 2.33] 바닥과 외벽의 연결부 후행방수 설계(예시)



바닥과 외벽의 연결부 복합형 후행방수 상세 설계도

2.3 특수 부위 방수설계

2.3.1 일반사항

공동주택 지하부위는 구조물 자체 내에 또는 인접한 이중구조물과의 접속부, 기초 부위의 매트 콘크리트와 말뚝의 연결부, 설비 배관의 관통부, 신축준눈 등의 조인트 부위 등 특수 부위는 지반의 부등침하, 교통 차량의 진동, 온도 변화 등에 의한 미세 거동 변형이 발생하므로 누수 방지를 위하여 각각의 개소에서 요구된 기능을 손상시키지 않는 범위에서 방수성능이 유지하도록 설계하여야 한다. 방수설계에 주의해야 할 특수 부위는 다음과 같다.

- ① 지하주차장과 전력구(통신구 등)와의 연결부
- ② 공동주택 지하부위와 인접구조물과의 접합부
- ③ 공동주택 지하부위의 벽을 관통하는 배관이나 배선부
- ④ 기초 말뚝, 매트 기초, H 형강 매입부 등과의 연결부

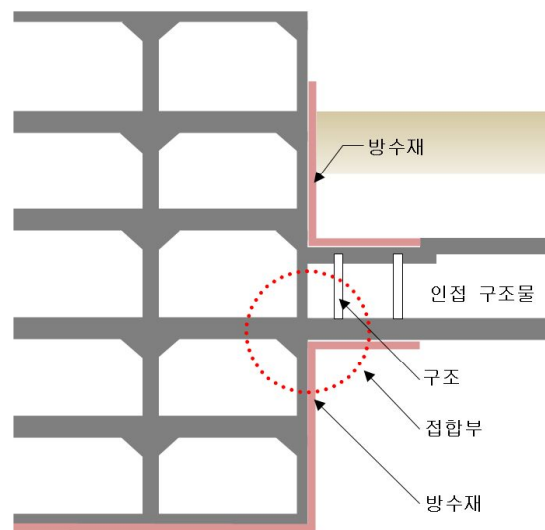
2.3.2 이중구조물 연결부의 방수설계

(1) 공동주택 지하구조물과 이에 인접하여 설치되는 다른 구조물은 지반의 침하, 일상적, 계절적 온도 변화에 의한 신축 변형, 주변의 교통 영향에 의한 진동 등에 의한 상호 거동에 구조적 영향을 받지 않도록 일정 간격을 띄워서 설치한다.

(2) 이와 같은 연결부는 설계 변위량에 추종할 수 있는 성능을 가지는 재료와 공법으로 지하수 혹은 우수에 의해 실내로 물이 유입되지 않도록 한다. 다음 [표 2.34]는 인접구조물과의 연결부에서의 방수설계 기준을 나타낸 것이다.

[표 2.34] 인접구조물과의 연결부에서의 방수설계 방법

인접 구조물 및 고정구조물간의 외방수 설계 방법(예시)



(3) 인접구조물과의 연결부(신축줄눈)에서의 신축변형을 대응하기 위한 방수설계는 다음의 사항에 따른다. 다음 [표 2.35]는 구조물 인접부위의 신축줄눈(익스펜션 조인트) 방수 설계 방법 나타낸 것이다.

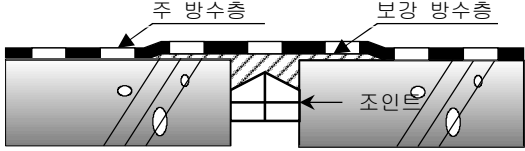
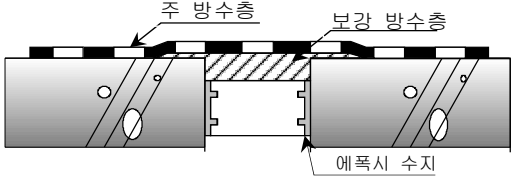
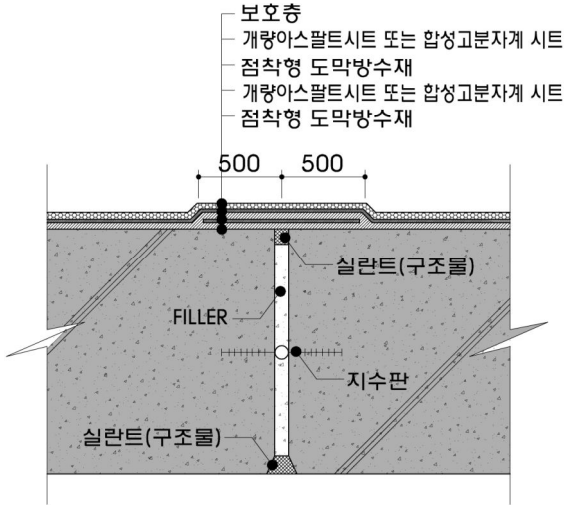
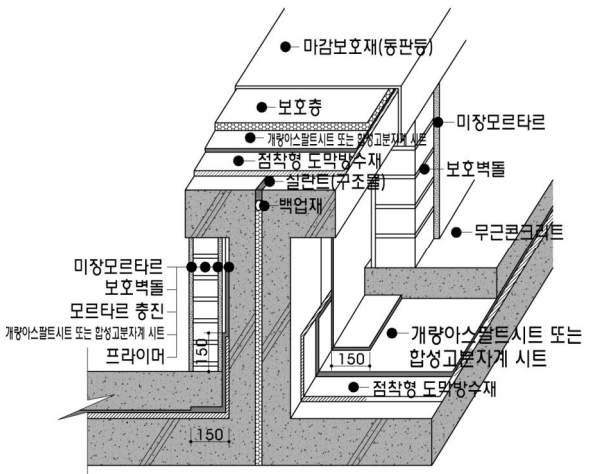
① 방수재를 연속해서 시공하는 경우(신축줄눈의 설계 변위량이 적은 경우)

방수재는 연속해서 시공한 후, 손상되지 않도록 아래 바닥판부에 방호고무를 사용한 신축줄눈을 설치한다. 방수재의 접합은 신축줄눈부를 피한다.

② 방수재를 분리해서 시공하는 경우 (방수재의 늘어짐이나 내수압성이 신축줄눈의 설계 변위량에 대응할 수 없는 경우)

방수재는 신축줄눈부 시공 후 분리해서 설치한다. 신축줄눈부의 방수재 단부는 충분한 지수성을 유지하도록 설치하고 수팽창고무, 누름판, 누름 볼트를 사용한다.

[표 2.35] 구조물 인접부위의 신축줄눈(익스펜션 조인트) 방수 설계 방법

익스펜션 조인트 외방수 설계기준(예시)	
 주 방수층 보강 방수층 조인트	 주 방수층 보강 방수층 에폭시 수지
저수압 익스펜션 조인트	고수압 익스펜션 조인트
 보호층 개량아스팔트시트 또는 합성고분자계 시트 점착형 도막방수재 개량아스팔트시트 또는 합성고분자계 시트 점착형 도막방수재 500 500 실란트(구조물) FILLER 지수판 실란트(구조물)	 ● 미감보호재(동판등) ● 보호층 ● 개량아스팔트시트 또는 합성고분자계 시트 ● 점착형 도막방수재 ● 실란트(구조물) ● 백업재 ● 미장모르타르 ● 보호벽돌 ● 무근콘크리트 미장모르타르 보호벽돌 모르타르 충전 개량아스팔트시트 또는 합성고분자계 시트 프라이머 150 150 ● 개량아스팔트시트 또는 합성고분자계 시트 ● 점착형 도막방수재
평면형 익스펜션 조인트	돌출형 익스펜션 조인트

2.3.3 기초 말뚝 등 구조체 인입 철물 연결부 방수설계

(1) 기초 하부 매트 기초 또는 슬래브에 인입, 관통하는 콘크리트 말뚝, 강관 파일, H형강 등의 주변에서 누수가 발생하지 않도록 한다.

(2) H형강 등 기타 인입부의 방수설계는 다음의 사항에 따른다. 다음 [표 2.36]은 H형강 등 구조체 인입 철물 연결부의 설계 방법을 나타낸 것이다.

- ① A TYPE : 시트에 일절 구멍을 뚫지 않고, H강 주변을 수팽창고무(비가황고무), 무수축 모르타르와 점착형 도막방수재(이하 실재 또는 쉘재라고도 함) 등으로 감싸고 철제 밴드로 고정해서, 누수를 방지하는 타입
- ② B TYPE : 방수시트는 스타트볼트와 너름판으로 고정한다. 시트의 관통구멍 주변에는 수팽창고무 및 점착형 도막방수재를 설치해서 누수를 방지하는 타입
- ③ C TYPE : 방수시트는 스타트볼트와 너름철물로 고정한다. 시트의 관통구멍 주변에는 시트의 상하에 수팽창고무 및 점착형 도막방수재를 설치해서 누수를 방지하는 타입

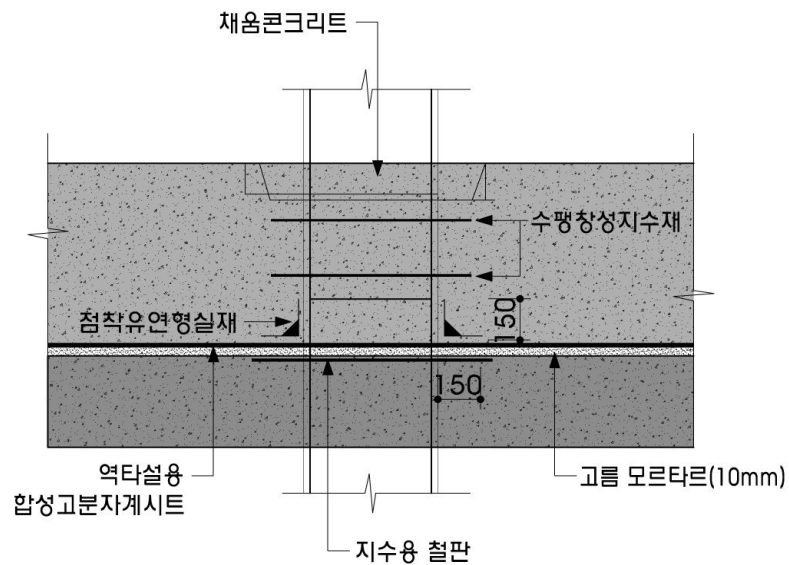
[표 2.36] H 형강 등 기초 부위 인입 철물 연결부 방수설계 방법

H 형강 등 구조체 인입 철물 연결부 외방수 설계(예시)	
H형강 주변 단말처리(A Type)	
H형강 주변 단말처리(B Type)	H형강 주변 단말처리(C Type)

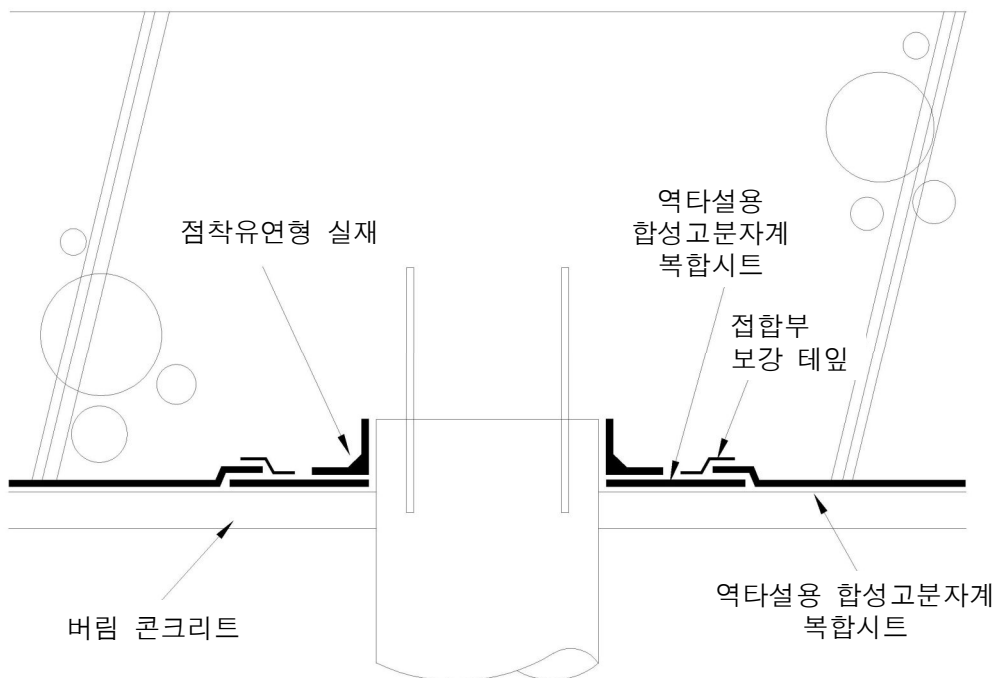
(3) 역타설용 복합방수시트를 적용한 경우 PC 파일 및 강관 파일 등 기타 인입부의 방수처리 방법은 다음 [표 2.37]과 같다.

[표 2.37] H파일 부위 역타설용 복합방수 설계 방법

H파일 부위 역타설용 점착 싺재 사용 외방수 설계(예시)



역타설용 자착식 방수시트 적용



역타설용 합성고분자계 복합시트 적용(작은 직경 AT파일)

2.3.4 구조벽체 관통 파이프 연결부

(1) 공동주택 지하부위의 벽을 관통하는 상수관, 배수관, 냉각수관, 전기케이블관 등의 연결부에서 누수가 발생하지 않도록 한다.

(2) 특히 이러한 관통부는 구조체와 관통재의 열적 변형, 물리적 거동으로 지수재(방수재)가 파손되지 않도록 그 성능을 고려하여 설계한다. 다음 [표 2.38]은 벽 관통 파이프 부위의 방수 설계 방법을 나타낸 것이다

(3) 벽 관통부에는 날개 붙은 파이프를 사전에 매입한 경우와 구체콘크리트 완성 후에 방수재를 관통해서 구멍을 뚫은 경우를 고려하여 설계한다. 다음 [표 2.39]은 벽 관통부의 날개 붙은 파이프의 주변의 방수 설계 방법을 나타낸 것이다.

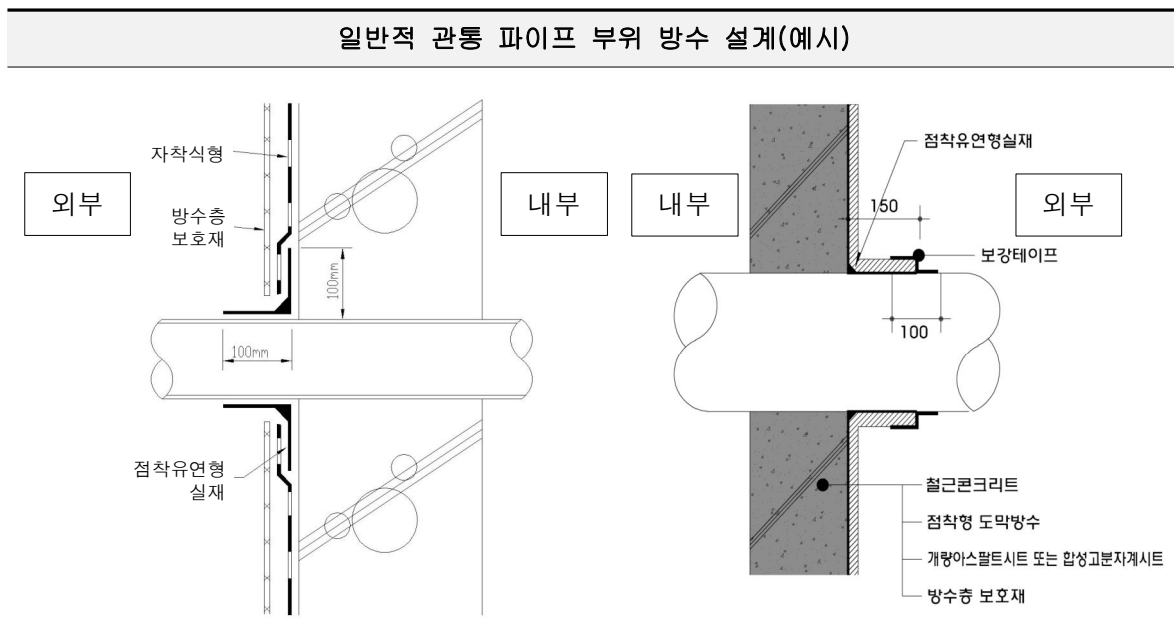
① 날개 붙은 파이프를 사전에 매입해서 구멍을 이용하는 방법

관통부의 방수재의 단부는 매입한 파이프의 날개와 누름판, 누름볼트, 수팽창고무를 사용한다. 매입파이프와 배관의 틈새에는 지수성을 확보해 신축량을 흡수하기 위한 원형고무 등을 사용한다.

② 구체콘크리트 완성 후 방수재를 관통해서 구멍을 뚫는 경우

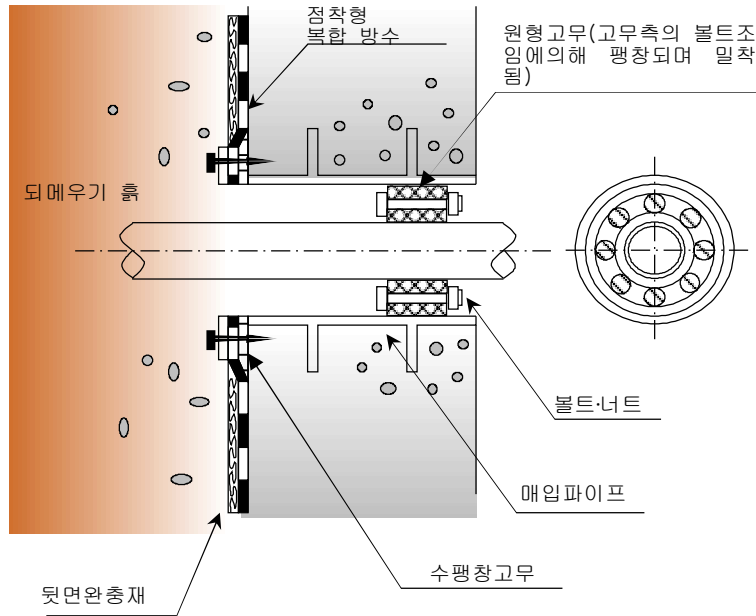
관통을 위한 천공 시에 절단된 방수시트 끝단부는 지수성을 확실히 하기 위해 코킹재를 도포한다. 관통공과 배관과의 틈새에는 지수성을 확보해서 신축량을 흡수하기 위해 고무계 실재 또는 원형고무링 등을 사용한다.

[표 2.38] 일반적 관통 파이프 부위 설계 방법

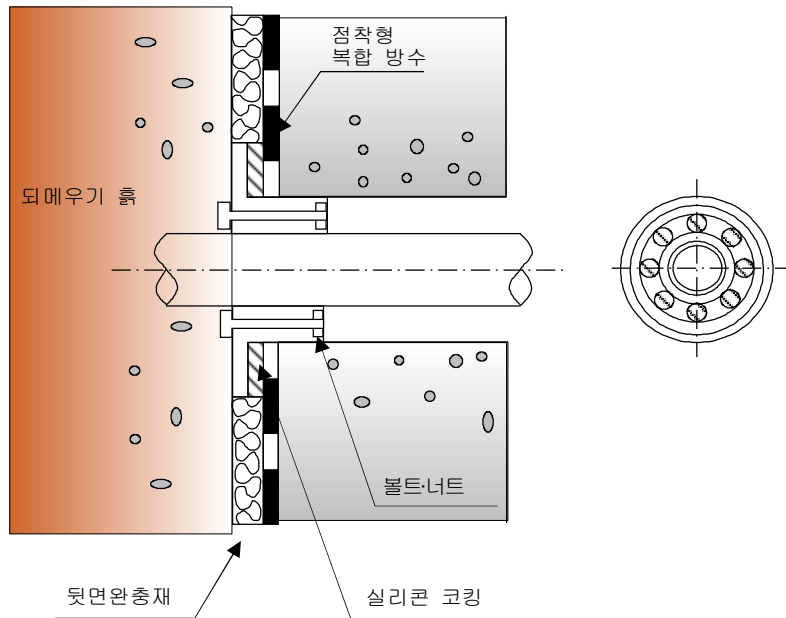


[표 2.39] 벽 관통부의 날개 붙은 파이프 주변 방수설계 방법

벽 관통부 날개붙인 파이프 주변 점착재(씰재) 방수 설계(예시)

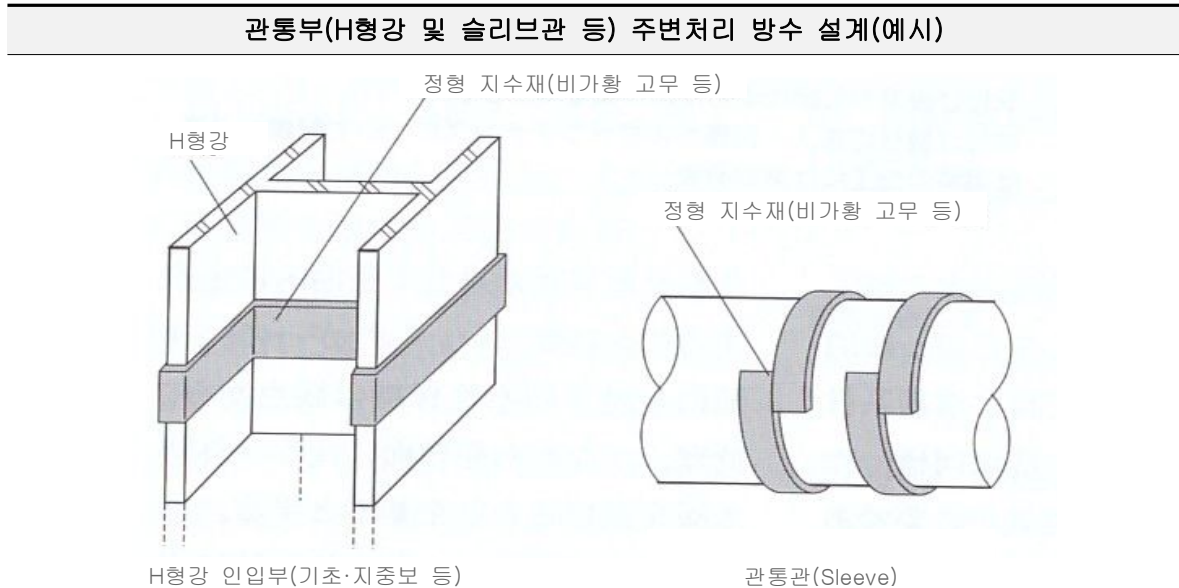


사전에 날개 붙은 파이프를 매입한 경우의 벽관통 씰 구조의 예



구체완성 후에 구멍을 뚫은 경우의 벽관통 씰 구조의 예

[표 2.40] 관통부 주변처리 설계 방법



2.3.5 벽체 및 슬래브 신축이음부 방수 설계

(1) 지수재 및 개량 지수판 방수

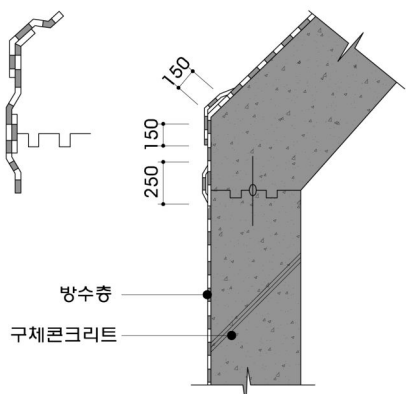
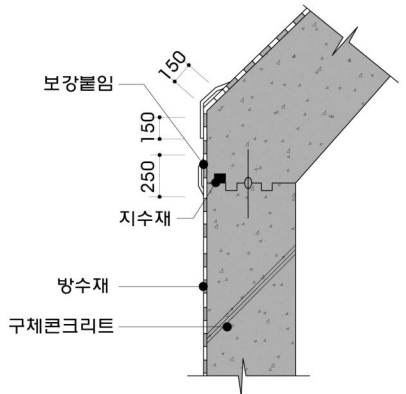
다음 [표 2.41]은 신축이음부 끝단에 물의 흐름을 차단시키는 지수재를 설치하고, PVC 지수판을 상향으로 110°로 설치하여 기포 감소 효과로 콘크리트의 수밀성이 증가되어 누수발생을 억제하는 효과를 기대할 수 있는 설계 개선안을 나타낸 것이다.

- ① 지수판의 돌기를 크게 할 경우 유로 차단효과가 있고, 지수재, 방수시트 및 보강시트는 외부의 방수효과를 증대시켜 지수판이 받는 수압을 감소시킨다.
- ② 외부에 지수재를 매입한 후 보강시트 부착 또는 코킹 충전 후 보강시트를 부착한다(보강시트 부착 전 면정리를 확실히 한 후 부착해야함).

[표 2.41] 슬래브 신축이음부 방수설계(예시)

구 분	현 행	개 선
신축 이음부		

[표 2.42] 벽체 신축이음부 방수설계(예시)

구 분	현 행	개 선
신축 이음부		

2.3.6 이어치기 부위(시공줄눈) 방수 설계

시공줄눈(이어치기 부위)은 온도변화나 건조수축 등으로 틈새가 발생하여 외부 수압 작용 시 누수가 발생하는 부위로서 점착유연형 실재, 수팽창고무(비가황 고무)나 에폭시수지 주입 지수관 설치 등으로 누수를 방지하도록 설계한다.

(1) 점착유연형 실재(또는 썰재) 설치

콘크리트 구조체 이어치기 부위의 외부측에서 이어치기부 선을 따라 실재를 설치한다. 외방수 설계 적용 시에 사용할 수 있다.

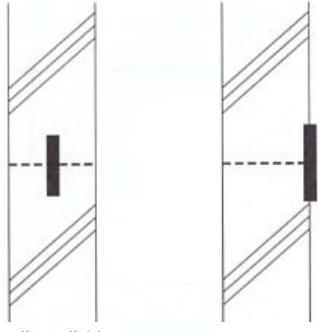
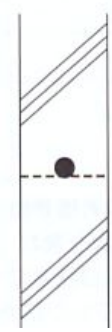
(2) 수팽창고무(비가황 고무)의 설치

이어치기 부위에서의 구체 콘크리트의 내부 중심부에 콘크리트 끝단부에서 100mm이상 떨어지도록 설치한다.

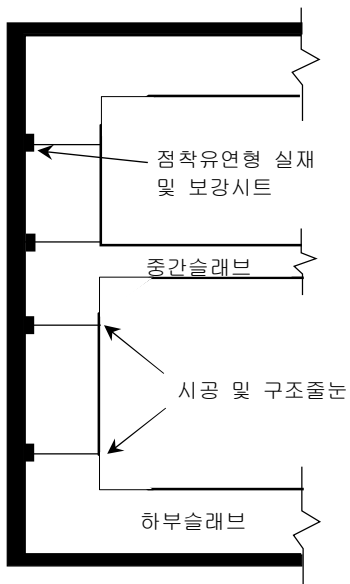
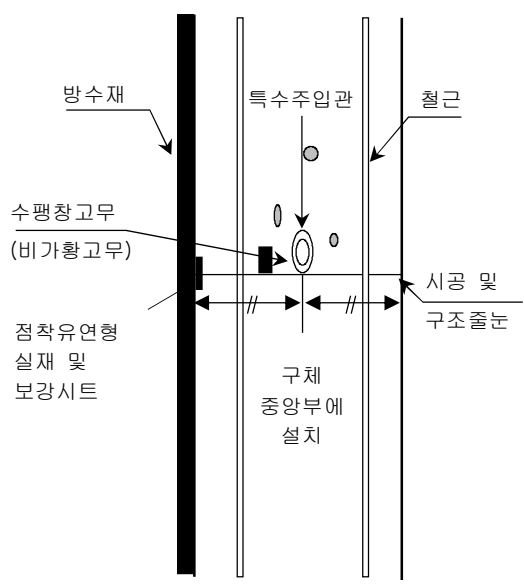
(3) 에폭시수지용 특수주입관의 설치

- ① 이어치기 부위에서의 구체 콘크리트의 내부 중심부에 에폭시수지용 특수주입관의 설치한다.
- ② 다만, 구체의 벽두께가 120cm이상의 경우에는 지수 효과를 높이기 위해 연벽이나 임시흙막이 벽측에서 50cm 개소에 특수 주입관을 설치한다.
- ③ 특수 주입관은 고정면에 밀착시킨 후 콘크리트 타설 시 움직이지 않도록 20~25cm 간격으로 고정철물 등으로 고정한다.

[표 2.43] 이어치기부 방수설계 방법(예시)

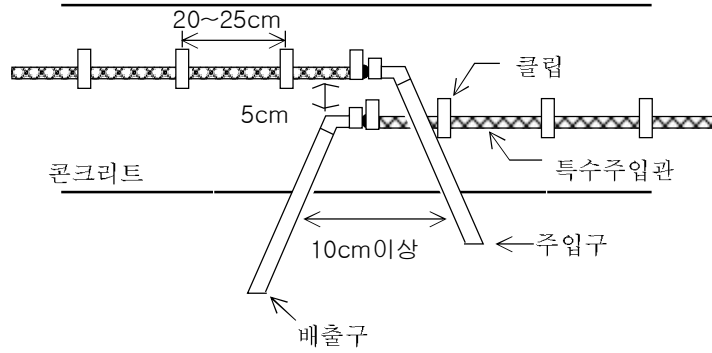
종류	지수판	수팽창계 지수재		그라우트계 지수재
재질	- 비가황고무계 - EV계 등	- 합성고무계 - 합성수지계	- 벤토나이트계 - 시멘트계	- 무기질계 - 합성수지계
형상	 내부매입 부착형	 정형고정형	 정형갈기형	 전용 주입호스
기능	▷ 비가황고무 반응형 고무성분과 시멘트의 알칼리 성분이 반응하여 접착하여 지수함 ▷ 염화비닐계 지수판과 단면형상을凸, 凹로하여, 물의 침입로를 차단함	변성고무내에 친수성 성분이 물분자를 흡수하고, 결합하여 스스로 팽창하여 지수함	물과 접촉하여 점성 비중을 높게 하여 체적이 팽창하여 지수함(염분 성분 접촉 금지)	이어치기부에 주입호스를 미리 설치한 후 콘크리트 타설 후에 누수 발생 시 그라우트재를 주입하여 지수함

[표 2.44] 시공줄눈(이어치기 부위)의 방수 설계(예시)

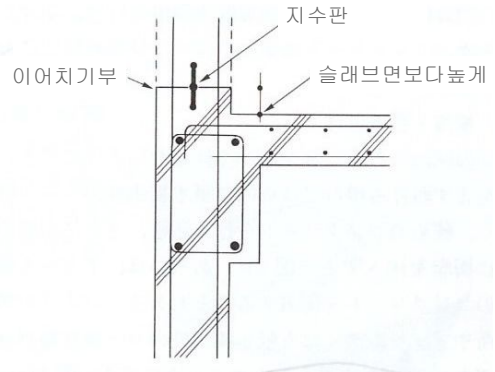
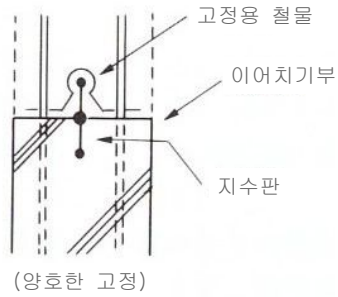
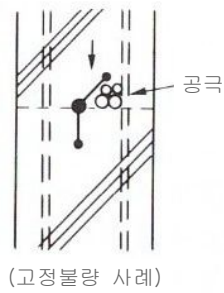
	
지하구조물 전체 단면(점착형 도막방수재)	수팽창고무 및 에폭시수지 주입관 설치

[표 2.45] 시공줄눈(이어치기 부위)의 방수 설계(예시)

흙막이측

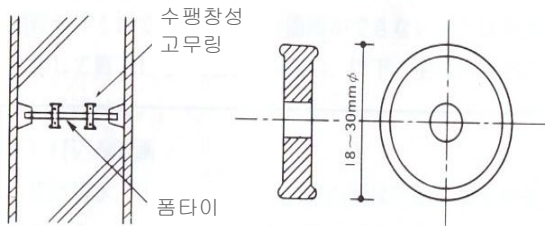
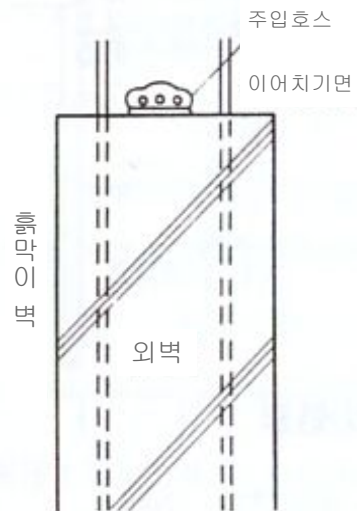
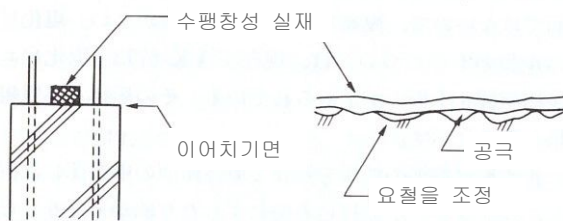


시공줄눈 위에 에폭시수지 등 지수제 주입관 설치



이어치기부의 지수판 설치

지수판의 설치 위치



수팽창성 실재 및 지수링의 설치

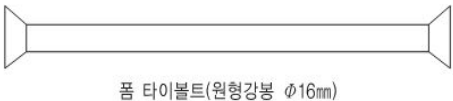
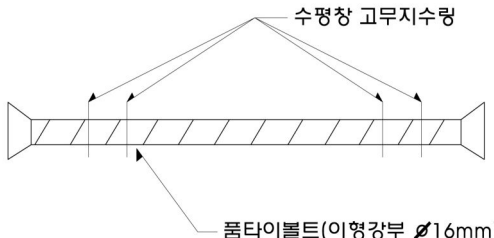
주입공법을 이용한 지수설계

2.3.7 폼타이 구멍 부위

(1) 폼타이 구멍 부위는 폼타이 재료로써 원형 강봉을 사용할 경우 콘크리트 부착 저하 및 강봉 하부 침하 공간이 물의 흐름로가 되어 누수 확산의 원인이 된다.

(2) 이에 따라 원형 폼타이 대신 이형 강봉으로 설계하여 콘크리트와의 부착강도를 높여 침하 공간 생성을 방지하고, 수팽창 고무 지수링을 설치하여 누수 확산을 방지한다.

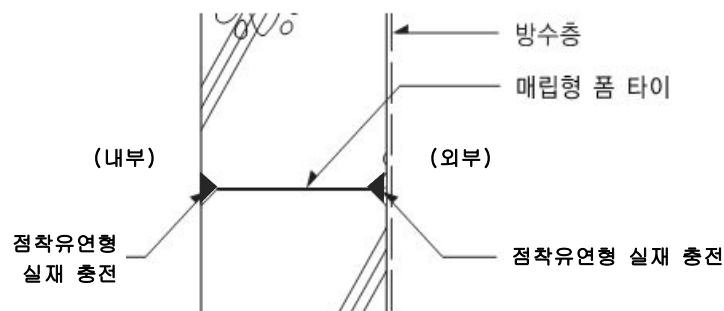
[표 2.46] 폼타이 구멍 부위 방수설계(예시)

구 분	현 행	개 선
폼타이	 폼 타이볼트(원형강봉 $\phi 16\text{mm}$)	 수팽창 고무지수링 폼타이볼트(이형강봉 $\phi 16\text{mm}$)

(3) 폼타이 구멍 위치에 무수축 모르타르, 점착유연형 실재(셀재) 등을 도포, 충전하여 물의 침입을 억제한다.

[표 2.47] 폼타이 구멍 부위 방수 설계

폼타이 구멍 내측 외측에서의 실재 충전 설계기준(예시)



2.3.8 기타 부위 설계

(1) 모서리부위

지하구조물의 모서리부위는 직각으로 꺾여 있을 경우 방수층을 손상시키거나 정밀시공을 어렵게 하여 누수가 발생될 수 있다. 따라서 [표 2.48]과 같이 모서리부가 직각이 발생하지 않도록 설계한다.

[표 2.48] 지하구조물 모서리 부위 방수설계

구 분	현 행	개 선
모서리 부위		

(2) 슬래브 상부 꺾임부위

슬래브 상부 꺾임 부위는 시공된 방수재 보호층이 되메우기 시 토압 등에 의해 손상될 경우 방수층까지 영향을 미쳐 누수가 발생될 수 있다. 따라서 지하구조물 상부 슬래브 꺾임 부위는 다음 [표 2.49]를 참고하여 설계한다.

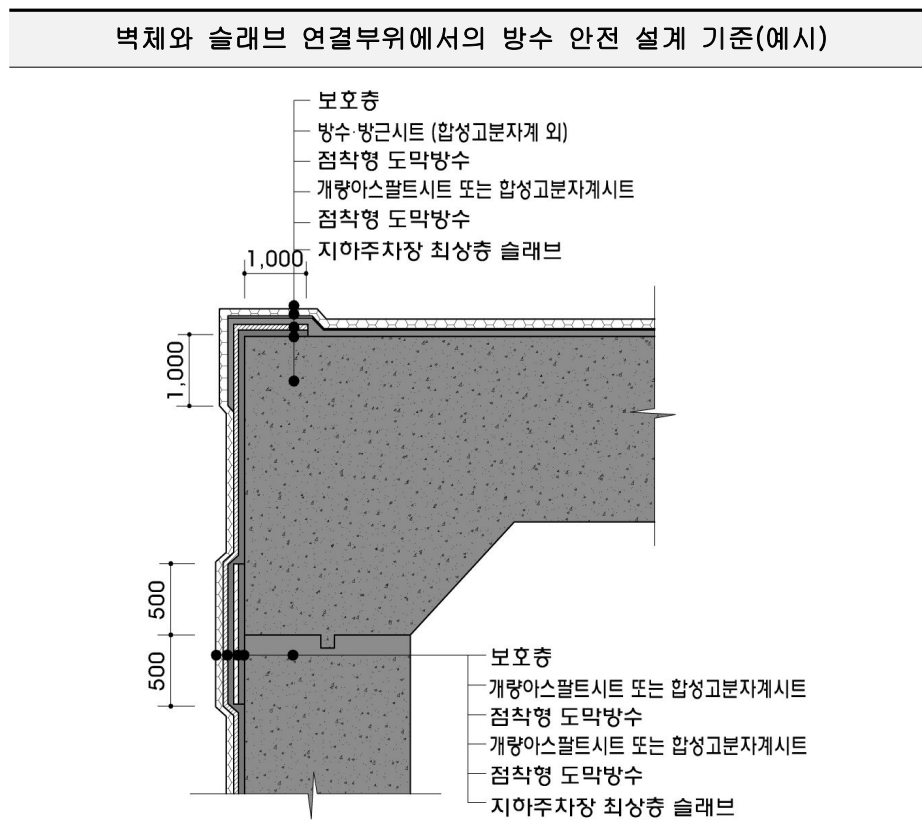
[표 2.49] 지하구조물 상부 슬래브 상부 꺾임 부위 방수설계

구 분	현 행	개 선
슬래브 상부 꺾임 부위		

(3) 벽체와 슬래브 연결부위 방수설계

현행 설계 방식에서는 외방수를 고려하지 않음으로써 벽체와 슬래브 연결부위가 주요 누수 부위 중의 한 곳이다. 따라서 외방수 설계에서는 [표 2.50]과 같이 외벽 방수층을 슬래브 상부까지 치켜 올려 시공한 후 슬래브의 방수층을 외벽 방수층까지 겹치도록 설계한다.

[표 2.50] 벽체와 슬래브 연결부위 방수설계



(4) 기초 모서리부위 방수 설계

지하구조물 기초 모서리부위는 모서리 안쪽에 방수층이 완전히 밀착되지 않아 방수층과 방수바탕 사이에 공간이 발생하여 파손되기 쉬우므로 모서리 부위에 대한 보강이 필요하다. 따라서 [표 2.51]과 같이 점착유연형 실재(또는 쥘재) 등을 사용하여 모서리를 보강한다.

[표 2.51] 기초 모서리 부위 방수설계

기초 모서리 부위에서의 방수 안전 설계 기준(예시)	
자착식형 방수시트 공법 적용 설계안	점착형 도막방수재+시트 복합형 방수 적용 설계안

(6) 수직부 방수층 끝단 수밀 처리

지하구조물 외벽 수직부 방수층 끝단 부위의 처리가 매끄럽지 못한 경우, 시트 끝단부위의 들뜸, 박리의 발생으로 누수에 취약하게 된다. 따라서 [그림 2.52]와 같이 방수층 끝단은 수밀하게 처리하도록 설계한다.

[표 2.52] 외벽 수직부 방수층 끝단 방수설계

수직부 방수층 안전을 위한 끝단 처리 방법 방수 설계(예시)	
	① 바탕면 처리 후 점착복합시트를 부착한다. ② 토사 되메우기 시 밀림 폭을 고려 400mm 이상의 슬라이딩 방수층을 점착복합시트 상단에 설치한다. ③ 슬라이딩 점착시트의 콘크리트 부착면은 100mm이상으로 하고, 나머지는 이형지를 그대로 둔 채 침하가 완료되면 이형지를 제거하고 부착한다. ④ 침하가 완료된 후 슬라이딩 점착시트와 점착복합시트의 겹침부위는 최소 100mm 이상이 확보되어야 한다. ⑤ 슬라이딩 방수층이 완료되면 상단에 보강용철을 채워 마감한다. ⑥ 방수층 마감 높이는 지면(토사면)에서 100mm 이상 확보하고, 방수층의 보호를 위해 스테인리스 등의 마감재(높이 200mm)를 상부에서 기계 고정하여 설치하는 것이 바람직하다.

2.4 시공을 고려한 방수설계

(1) 시공 상세도의 작성

방수 설계는 시공 시에 공사장의 작업 조건, 환경 조건이 작업자 단독으로는 접근이 불가능한 부위 등에서 안전 시공을 고려한 방수 상세도를 작성한다.

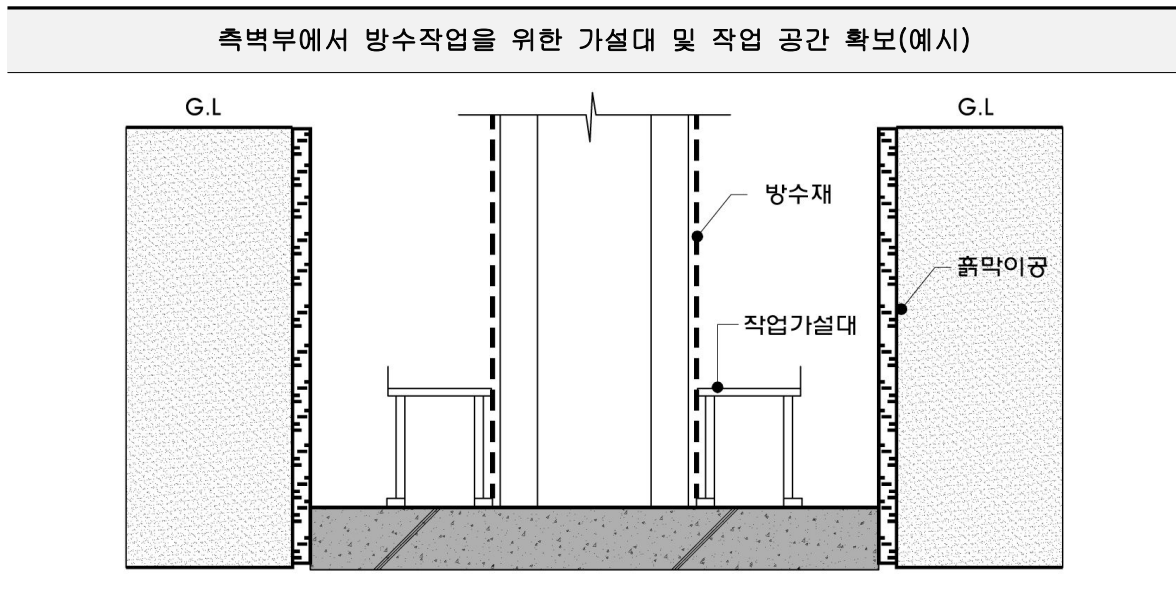
[표 2.53] 시공을 고려한 방수 상세도 작성 부위

안전 시공을 고려한 방수 상세도 작성 부위
① 종단부 처리방법 ② 관통부, 돌출부, 개구부, 구멍 및 슬리브에서의 방수공법 ③ 이음부 및 균열부위 처리방법 ④ 다른 구조물과의 연결부위(방수층 등) ⑤ 모서리 부위 ⑥ 기타 특별한 부위로 인정되는 부분

(2) 작업 가설대 설치 및 작업 공간 확보를 고려한 방수 설계

방수 설계는 방수 공사 시에 사용하는 작업 가설대 및 장비의 안전성, 시공성을 고려하여 크기, 용량을 사전에 검토하고, 작업이 가능한 여유 공간의 유·무를 확인한다.

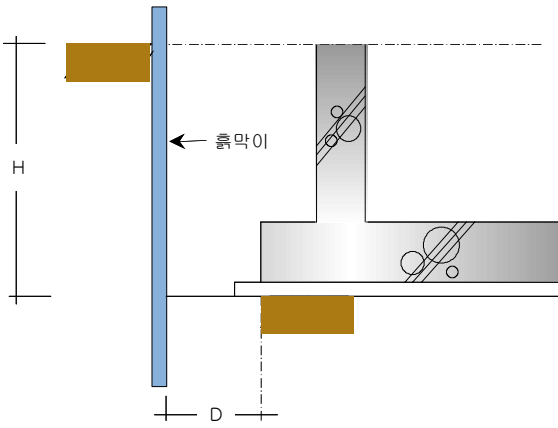
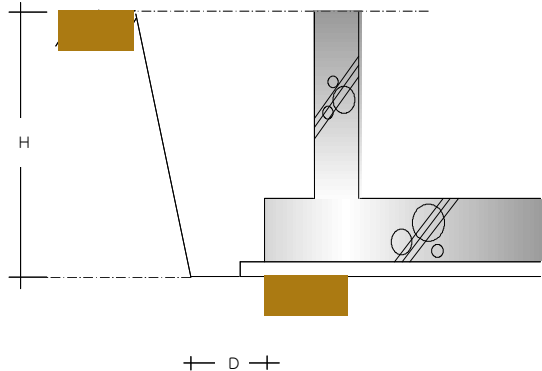
[표 2.54] 측벽부 가설대 및 작업공간 확보(안)



(3) 작업 비계 설치 고려

- ① 비계의 경우 높이가 1m 이하의 경우 비계 작업이 필요 없으며, 높이가 2m 이상인 경우, 강관비계(외줄 또는 쌍줄), 강관틀비계(조립비계) 등을 사용한다.
- ② 비계의 폭은 90~120cm 임으로 터파기 여유 기준 내에 설치 및 작업이 가능한 방수공법을 설계한다.
- ③ 방수공사를 위한 비계 설치 등에 필요한 작업 공간 확보를 위하여 넓게 팔 필요가 있을 경우에는 설계에 의하여 결정하는 것을 원칙으로 하되, 일반적으로 다음 [표 2.55]를 기준으로 한다.

[표 2.55] 작업 공간 확보를 위한 터파기 여유 기준(안)

 <table border="1" data-bbox="363 1326 705 1429"> <thead> <tr> <th>높이(H)</th><th>터파기 여유(D)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5m이하</td><td>120~150cm</td></tr> <tr> <td>5m초과</td><td>150~180cm</td></tr> </tbody> </table>	높이(H)	터파기 여유(D)	5m이하	120~150cm	5m초과	150~180cm	 <table border="1" data-bbox="922 1247 1264 1413"> <thead> <tr> <th>높이(H)</th><th>터파기 여유(D)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1m 이하</td><td>80cm</td></tr> <tr> <td>2m 이하</td><td>90cm</td></tr> <tr> <td>4m 미만</td><td>110cm</td></tr> <tr> <td>4m 이상</td><td>120cm</td></tr> </tbody> </table>	높이(H)	터파기 여유(D)	1m 이하	80cm	2m 이하	90cm	4m 미만	110cm	4m 이상	120cm
높이(H)	터파기 여유(D)																
5m이하	120~150cm																
5m초과	150~180cm																
높이(H)	터파기 여유(D)																
1m 이하	80cm																
2m 이하	90cm																
4m 미만	110cm																
4m 이상	120cm																
흙막이가 있는 경우(물고랑 60cm 포함)	흙막이가 없는 경우(물고랑 60cm 포함)																

(4) 되메우기 작업을 고려한 방수 설계

- ① 되메우기의 장기 지연으로 방수재의 건조수축 변형 및 에어포켓, 들뜸 등의 문제 발생이 없도록 방수층 보호를 위한 보호층을 설치한다. 특히 되메우기 과정에서 방수층이 토사와 함께 침하(처짐)되지 않도록 마찰계수가 작은 것을 사용하며, 방수층과는 절연시켜 설계한다.
- ② 보호층은 흙다짐을 통해 되메우기 시공이 완료된 후에도 굴토 당시 이완된 토사가 재압밀 되는 과정에서 추가 처짐이 예상됨으로 최상단 마감 시 약 1m 전후의 여유치를 감안하여 설치한다.

- ③ 장기적인 관점에서 단열성능 및 보호성능 확보와 보호층 처짐 문제를 동시에 해결하기 위해서는 900mm 이상의 압축성형스티로폼을 기초하단부터 쌓도록 설계한다. [표 2.56]은 방수층 보호재의 종류를 구분한 것이다.

[표 2.56] 방수층 보호재의 종류

보호재 종류 구분		보호재 적용 내용
보호 모르타르		상부 슬래브의 방수시트 위에 두께 100mm의 보호 모르타르 시공
보호 콘크리트		상부 슬래브의 방수시트 위에 두께 80~100mm의 보호 모르타르 시공
PE 보호재		외벽부 방수층 보호에 사용되며, 고정을 위해 졸대용 보호캡을 사용하는데 이를 고정하는 고정구에 대한 방수처리가 필요
압축성형 스티로폼		보호층 및 방수층의 처짐을 방지하고, 단열 및 보호성능을 강화하기 위해서는 90mm 이상 압축성형스티로폼을 기초하단부터 쌓아서 마감
기타 (PE폼 보드, 기타 보호 패널, 스판본드 부직포 등)		보호층은 마찰계수가 작은 것을 선정하며, 충격흡수성, 내약품성, 내수성 등이 우수한 제품을 사용한다.

(5) 지하수 부력을 고려한 방수 설계

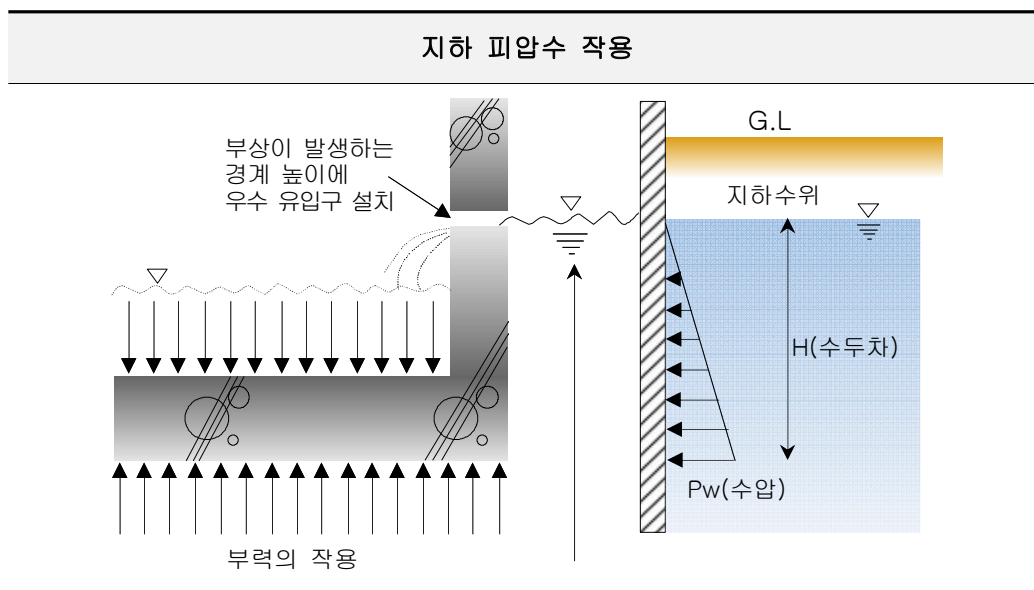
- ① 지하 구조물은 지하수위에서 구조물 저면 깊이만큼 부력을 받으며, 자중이 부력보다 작으면 구조물이 부상한다. 구조물의 부상으로 인한 부재의 균열은 방수층 손상의 원인이 되므로 이를 고려하여 설계한다. 부력 발생원인 및 그에 따른 문제점은 다음 [표 2.57]과 같다.

[표 2.57] 부력 발생원인 및 문제점

부력 발생의 원인	문제점
지하 피압수	구조물 균형상실
지하수위 변동	부재의 균열
지반 여건	방수층 파손 및 누수
구조물의 자중	피압수 용출
	구조물 붕괴

- ② 지하 피압수는 지중에서 어느 정도 압력을 받는 비교적 깊은 곳에 있는 지하수로써 상하 불투수층 사이에 끼어 있고, 압력 수두 차에 의해 흐름이 생긴다. 이러한 흐름은 부력 발생을 야기시켜 구조물 기초의 부상으로 연결되고, 방수층이 손상된다.

[표 2.58] 지하 피압수 작용 모식도



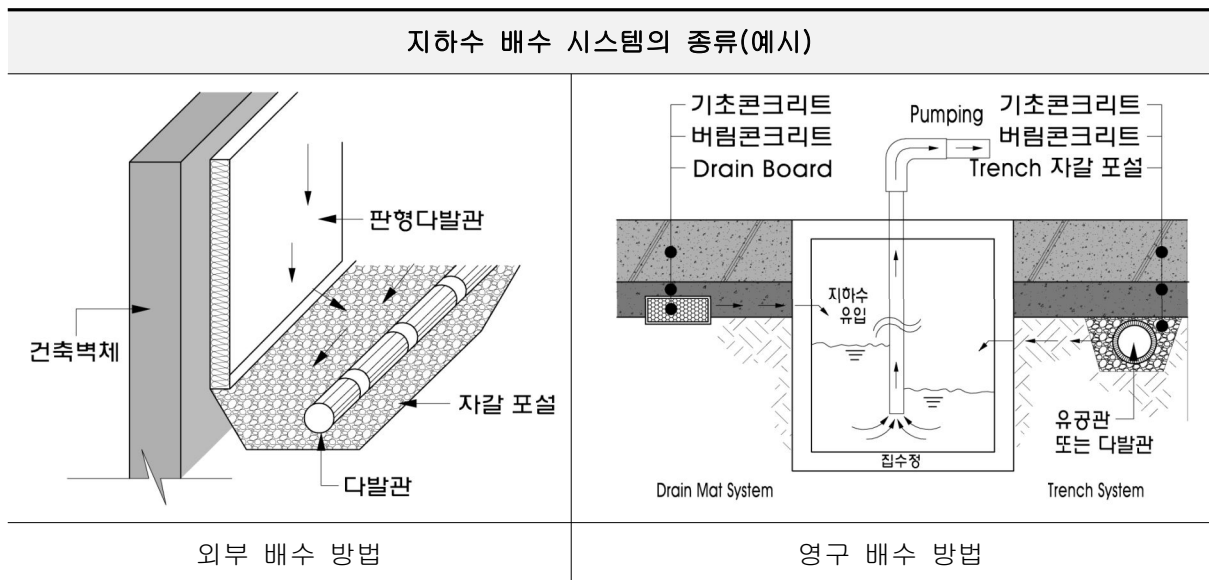
(6) 배수 공법을 고려한 방수설계

- ① 방수설계 시에는 만일의 누수에 대비한 배수 시설 설치를 고려한다.
- ② 배수 시설은 유입 지하수를 강제로 펌핑(Pumping)하여 외부로 배수하는 공법으로서 외부배수 시스템과 영구배수 시스템으로 구분한다. 배수시스템의 종류 및 특징은 다음 [표 2.59]와 같다.

[표 2.59] 배수공법의 종류와 특징 구분

구 분	외부배수 시스템	영구배수 시스템
공 법 개 요	지하 벽체 외부에 배수층을 형성하고, 유공관을 통하여 집수정으로 지하수를 집수한 후, 펌프에 의해 배수 처리하는 수압 저감 공법	기초 슬래브 아래에 배수층을 형성, 배수관을 통하여 집수정으로 지하수를 모아, 펌프에 의한 강제배수 처리로 지하수위를 저하시키는 공법
장 점	· 지하 구조물 전체의 안정/안전 효과 큼 · 지하 실내 공간 사용도가 높아짐(누수, 결로 저감)	· 지하 바닥 슬래브 하부로 유입되는 지하수 처리에 효과적 · 시공 간편, 공기단축, 공사비 절감
단 점	· 불투막, 집수정 등 최소 공간 요구 · 지하벽이 합벽 시 적용 불가 · 지하수위의 조절로 인한 인접 구조물의 침하 우려	· 지속적인 양수로 인한 지하수위 저감, 지하수 고갈 문제 발생 · 양수로 인한 유지 비용이 지속적 증대 · 배수시설 고장 시를 고려해 지속적 관리 필요 · 지하 공간 누수 및 결로 문제 상존함 (바닥 및 외벽 유지관리, 보수비용, 민원 증가 요인)

[표 2.60] 지하구조물 배수 시스템



제 3 장 방수재료 및 공법

1. 일반 사항
2. 방수 재료
3. 방수 공법

제 3 장 방수 재료 및 공법

1. 일반사항

1.1 방수재료 및 공법 선정 기준

- (1) 공동주택 지하부위에 적용되는 외방수 재료와 공법은 구조물의 형상 및 기후적 조건, 기타 구조물의 특성에 요구되는 성능 및 품질에 있어서 안정성을 확보한다.
- (2) 공동주택 지하부위에 적용되는 방수재료 및 공법은 지하주차장 최상층 슬래브, 외벽, 중간층 슬래브, 최하층 바닥 등으로 구분하여 적용한다.
- (3) 공동주택 지하부위에 적용되는 방수 재료 및 공법은 시공성 및 시공 이후의 품질 안정성에 큰 차이가 있으므로 고성능의 자재를 우선적으로 적용한다.

[표 3.1] 공동주택 지하방수에 사용되는 방수 재료 및 공법의 종류

구 분	재료 및 공법명	비 고
최상층 슬래브	· 폴리우레탄 시트방수 · 폴리우레아 도막방수 · 개량아스팔트 시트방수 · 합성고분자계 시트방수 · 자착형 시트방수 · 점착형 도막방수재와 합성고분자계 시트의 복합형 방수	인공지반 녹화층 하부는 방근 성능 확보
지하주차장 외벽	· 개량아스팔트 시트방수 · 합성고분자계 시트방수 · 자착형 시트방수 · 점착형 도막방수재와 합성고분자계 시트의 복합형 방수	습윤면 부착/ 거동대응 성능 확보
중간층 슬래브	· 폴리우레탄 도막방수 · 폴리우레아 도막방수 · 개량아스팔트 시트방수 · 합성고분자계 시트방수 · 자착형 시트방수 · 점착형 도막방수재와 합성고분자계 시트의 복합형 방수	방수층위에 보호층을 설치하는 조건으로 설계
최하층 바닥	· 역타설용 합성고분자계 시트방수 · 역타설용 점착착 폴리머 겔 복합방수	콘크리트 일체 부착형 방수설계

1.2 방수재료 및 공법 선정 시 고려사항

공동주택 지하구조물 방수재료 및 공법 선정 시 고려사항은 다음과 같다.

(1) 재료 및 공법의 성능

- ① 지반의 침하에 대한 장기적인 누수 안전성
- ② 구조물의 침하, 진동 등의 거동에 대한 대응성
- ③ 구조 바탕체 표면의 습윤상태에서의 부착안전성
- ④ 방수층의 수밀성
- ⑤ 대기 온도의 변화에 대한 안정성
- ⑥ 조인트(연결부) 및 균열부에서의 내균열성
- ⑦ 지하수 조건에서의 장기적 내구성
- ⑧ 지하수의 수질(염분, 산 및 알칼리 성분 등), 오염수 환경(염수 및 황산염), 토양에 함유된 성분(산, 알칼리, 염분, 유류 등)에서의 화학적 안전성

(2) 시공측면

- ① 바탕면 표면(습윤면, 건조면, 레이턴스 등) 처리방법의 간편성
- ② 용제계 재료 사용 유·무(유해성 검토)
- ③ 시공 공정수의 간편성, 양생 기간 단축 효과
- ④ 시트 간 접착방법의 안전성 및 간편성
- ⑤ 바탕면(재료간) 접착방법의 안전성 및 간편성
- ⑥ 되메우기 시 토압에 대한 안전성
- ⑦ 전, 후 토목 공사와의 연계성에 대한 안전성

(3) 결함부의 처리용이성 및 안정성

- ① 결함부의 발견 용이성 확보
- ② 결함처리에 따른 시공 용이성 확보
- ③ 결함 처리재와 방수층간의 재료 일체성 확보

(4) 재료생산 기술 측면

- ① 생산 공장의 보유 유·무
- ② 시공 현장에 설계량의 방수재료 반입 가능 유·무
- ③ 국가 공인 기술의 인증(특허, NET, NEP, 녹색인증 등) 유·무
- ④ 국내·외 현장 적용 실적

(5) 유지관리 측면

- ① 시공 후 유지관리 체계 확보 유·무(하자보증 기간, 누수보수처리 방법 등)
- ② 방수 시공 기준(전문시방서)의 충실성

1.3 방수재료 및 공법의 요구성능

(1) 공동주택 지하구조물에 적용되는 방수재료 및 공법은 다음의 기본적인 요구 성능을 확보하여야 한다.

- ① 공동주택 지하구조물 주변의 해수, 지하수 등에 함유된 화학성분(염분, 산 및 알칼리 등) 및 기타 방수재에 영향을 주는 수질 환경(온천수, 오염토양 성분, 공업지역 등에서의 지하 유출 유류 성분 등) 등에 무해한 것을 사용한다.
- ② 구조물의 침하(지반침하), 진동 등의 거동 현상에 대응 가능한 재료 및 공법을 사용한다.
- ③ 대기의 온도 및 습도, 태양열, 바람, 강우 및 강설 등에 대한 장기적인 내구성능을 확보한 것을 사용한다.
- ④ 지하수의 수압 변화에 대한 장기적인 내구성능을 확보한 것을 사용한다.
- ⑤ 방수공법은 효과의 확실성, 시공 난이도, 공사비용, 유지관리 용이성 및 도로변에 미치는 영향을 고려하여 사용한다.
- ⑥ 공동주택 지하구조물의 시공, 사용, 외부환경에 의해 방수층이 손상을 입어 누수가 발생할 경우 보수성, 지속성, 편이성 등이 확보되어 방수층을 보수 할 수 있는 공법을 사용한다.

[표 3.2] 공동주택 지하구조물 외방수 재료의 기본적 요구성능

구 분	요구성능 내용	비 고
①	지하수의 화학적 성분(염분, 황산염, 산, 알칼리, 용제류 등)에 따른 화학적 침식이 없는 방수재료(예, 벤토나이트계, 시멘트계 재료는 염부성분에 방수 성능이 저하됨, 아스팔트계, 도막계 용제류에 침식됨)	내화학적성능
②	대형 구조체의 거동(균열발생, 부등침하 5mm 이상)에 방수층이 파단되지 않는 유연성을 갖는 방수재료	거동대응성능
③	습윤(수중) 함유상태의 콘크리트 구조체 표면에서 부착(자착: Self adhesive performance)이 가능한 성능을 지닌 재료	습윤면부착성능
④	기타 방수재의 일반적 성능 조건 등을 확보 내구성능 확보	유속저항성능 온도안정성능 수밀성능

(2) 대상 방수재료 및 공법은 KS, 지방서 또는 발주자가 요구하는 품질 기준을 만족하여야 한다.

(3) 적정 방수재료 및 공법에 대한 별도의 선정방법이 정해져 있지 않은 경우에는 필요시 설계자가 선정위원회를 구성하여 선정을 위한 협의를 할 수 있다.

(4) 방수재료 및 공법의 선정 평가는 설계단계 혹은 방수시공 이전 단계에서 설계자 혹은 수급인이 수행하거나, 국·공립품질시험기관 또는 품질검사전문기관, 방수기술 관련 연구기관 등에 대행시킬 수 있다.

2. 방수재료

2.1 공동주택 지하구조물 외방수 적용 방수재료

(1) 아스팔트 방수재료

① 열공법 : 고체상태의 아스팔트를 용융가마에서 약 260℃ 정도로 가열 용융시켜 액체 상태로 만들어 바탕에 바르거나 뿌리면서 아스팔트 펠트 및 루핑을 2~4장 적층하여 연속적인 방수층을 형성하는 공법이다.



[사진 3.1] 아스팔트 방수재료

② 토치공법 : 개량아스팔트로 만든 아스팔트 시트재를 토치(Torch)버너로 가열하여 시트 하부를 용융시켜 그 액상의 아스팔트를 접착제로 시트재를 단층 또는 2장 정도 적층해 나가면서 방수층을 형성하는 공법이다.

③ 냉공법(상온공법) : 고온의 용융아스팔트를 사용하지 않고, 일반 대기온도에서 액상으로 접착이 가능한 아스팔트를 사용하여 방수층을 형성하는 공법으로 점착공법과 접착공법으로 분류된다.

[표 3.3] 아스팔트 방수재료의 특징

구분	내용	비고
장점	· 아스팔트층이 연속 시공됨으로 줄눈이 없음 · 신장성, 접착성이 우수하여 방수층의 일체화가 용이 · 부식에 강하며, 적당한 연성과 변형 능력이 있음 · 적절한 혼화제를 가하여 아스팔트의 성능을 높인 아스팔트 컴파운드의 제조가 가능 · 사용된 실적이 많아 재료 및 시공경험이 풍부하며, 가격이 저렴	장기 내구성 강화 필요
단점	· 장기간 내구성이 요구되는 겨울에는 반드시 보호층을 설치해야 함 · 전면접착의 경우 아스팔트층이 들뜨는 현상이 발생하여 누수되는 경우가 있음 · 바탕이 건조하지 않으면 방수층의 밀착성이 현저히 저하됨 · 가열시켜 사용하므로 화기에 주의하여야 함 · 시공 시에 흡입된 공기의 팽창, 방수층과 바탕과의 온도팽창의 차이로 아스팔트층에 파단이 생길 수 있음 · 작업속도가 낮고, 기능 인력이 부족하며, 현장관리가 쉽지 않음 · 용제 사용에 따른 방수층 용해 현상으로 균열에서 누유 하자가 발생될 수 있으므로 이에 대한 시공 관리가 필요	방수 바탕표면 관리 필요

(2) 개량 아스팔트시트 방수재료

- ① 개량아스팔트 방수시트(KS F 4917)는 비정질의 폴리프로필렌 또는 스티렌부타디엔을 개량제로 사용한 아스팔트를 이용하여 만든 것으로 루핑의 심재(芯材)로는 폴리에스테르 부직포를 사용한다.
- ② 주로 토치버너의 가열에 의해 공사가 이루어지고 있기 때문에 용융아스팔트 사용에 따른 냄새, 화상 등의 문제가 해결되고, 작업 인력이 감소되는 효과를 얻을 수 있다.



[사진 3.2] 개량아스팔트시트 방수

[표 3.4] 개량 아스팔트시트 방수재료의 특징

구 분	내 용	비 고
장점	· 용융아스팔트 사용에 따른 냄새, 화상의 문제 해결 · 신장성, 접착성이 우수 · 노출용으로 사용할 수 있음	토치 불꽃 관리 주의
단점	· 방수층의 중량이 다소 무거움 · 토치사용에 따른 친환경성 배제 · 온도변화에 안정성 낮으며, 수직부도 열에 의해 처질 우려가 있음 · 프라이머 사용이 필요함	

(3) 합성고분자계 시트 방수재료

- ① 합성고분자계 시트방수란 합성고무 또는 합성수지를 시트상태로 성형한 1.0~2.0mm 두께 정도의 방수시트를 프라이머 혹은 접착제, 고정철물, 열풍기 등을 사용하여 방수층을 형성하는 공법이다.
- ② 시트방수 공사의 종류에는 전면접착공법과 금속고정공법, 열풍융착공법이 있다.
- ③ 종류로는 크게 균질시트와 복합시트로 구분된다.



[사진 3.3] 합성고분자계 시트방수

[표 3.5] 합성고분자계 시트 방수재료의 특징

구 분	내 용	비 고
장점	· 구체의 미세한 균열이 비교적 안정하므로 옥상 또는 지하실에 사용됨 · 내구성, 내후성, 내약품성이 우수하며, 수밀한 방수층을 형성 · 방수층의 중량이 가벼움으로 건물의 경량화에 유리 · 방수층이 온도변화에 대해서 비교적 안정하기 때문에 기상변화가 심한 곳에서도 사용가능 · 시공이 간단함으로 공기가 단축되어 공사비 절감이 가능 · 시공은 일반적으로 접착제를 사용하는 냉공법임으로 가열할 필요가 없어 화기의 위험이 적음 · 방수층 최상부의 채색 마무리가 가능	방수 바탕 접착제/ 시트 조인트 관리 필요
단점	· 시트 접합부의 누수 가능성이 커서 이에 대한 대책이 요구됨 · 부분적으로 특수한 시공기술이 필요하며, 복잡한 형상에 대한 시공이 곤란 · 부분적인 보수가 곤란하며, 재료비가 다소 비싼 편	

(4) 자착식형 시트 방수재료

- ① 자착식형 시트 방수는 한면에 일정 접착력을 부여하여 시트 자체의 접착력으로 시트를 바탕에 붙일 수 있는 방수시트로써, 시공성 용이성에 따라 최근 주요 방수재료로 적용되고 있다.
- ② 자착식형 시트 방수재는 크게 고무아스팔트계, 부틸 고무계, 천연 고무계로 구분한다.



[사진 3.4] 자착식형 시트 방수

[표 3.6] 자착식형 시트 방수재료의 특징

구 분	내 용	비 고
장점	· 시공이 간단하고, 쉽게 시공할 수 있어 공사기간을 단축할 수 있음 · 전문 기능 인력의 의존도가 적고, 현장관리가 용이함 · 시공이 비교적 간단하여 전체적인 공사비 절감 가능	습윤면 부착 기능 관리 중요
단점	· 주로 비노출로 사용됨에 따라 보호재가 요구됨 · 수직부에서 흘러내림에 대한 주의가 필요함 · 재료에 따라 접합부 안정성을 위해 토치를 사용함 · 대부분 낮은 온도에서의 시공이 어려움 · 부분 절연이 어려움(철골구조물에 대한 시공 어려움)	

(5) 뿔칠형 도막계 방수재료

- ① 폴리우레아고무 등의 액상형의 재료를 콘크리트 바탕에 바르거나 뿔칠하여 방수층을 형성하는 공법이다.
- ② 방수층의 두께는 보통 2~3mm를 기준으로 하며, 강도보강 및 두께확보 목적으로 보강포를 사용할 경우 3~6mm 정도의 두께로 형성한다.



[사진 3.5] 도막 방수(뿔칠공법)

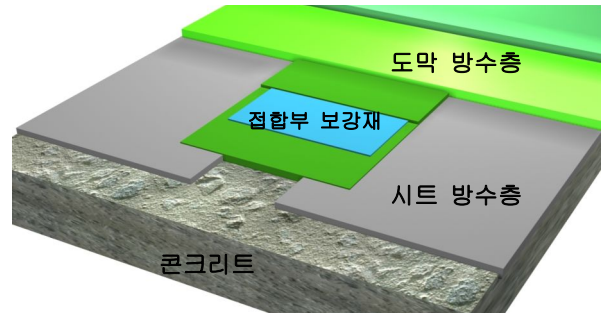
[표 3.7] 뿔칠형 도막계 방수재료의 특징

구 분	내 용	비 고
장점	· 초속경화형으로 짧은 시간(30초 이내)에 방수층 형성 가능 · 건조면의 시공 시 접착성이 강하며, 방수성능이 우수 · 방수층의 신축성이 커서 바탕의 유동변화에 대한 적응성이 우수 · 방수층의 내구성, 내후성, 내약품성이 우수 · 이음매 없이 방수층이 형성되어 이음매에서의 누수사고가 일어나지 않음 · 온도변화에 비교적 안정하며, 수직부도 열에 의해 처질 우려가 없음 · 일반적으로 냉공법으로 시공됨으로 화기에 의한 위험이 적음 · 세부 마무리의 시공이 용이하며, 누수사고 시 보수가 용이	뿔칠 장비 관리 주의
단점	· 습윤면 시공 시 도막이 분리될 수 있음 · 2성분형은 재료의 배합에 의한 오류가 발생되기 쉬움 · 팽창이 심한 부위에 신축이음 처리 필요. 도포 시 방수층 두께를 일정하게 유지하기 어려움 · 인화나 중독의 우려가 있음으로 밀폐된 장소에서 환기에 유의해야 함 · 바탕이 고르지 못하면 방수층의 핀홀이나 부풀음 등의 결함이 생길 우려가 있음 · 한냉지나 동절기 공사 시 동결될 염려가 있음	

(6) 시트 및 도막 복합방수 재료

- ① 시트 및 도막 복합방수는 기존의 단층(1겹) 방수공법에 있어서 바탕 콘크리트의 영향이나 정밀시공의 어려움으로 인한 하자를 방지하고, 장기적인 내구성을 확보하기 위한 방법으로서 2중 겹침(복층) 방수층을 형성하는 재료 형태이다.

- ② 복합방수층은 구조물의 온도변화에 따른 수축 팽창, 균열의 거동, 설비 및 외부의 진동 영향 등으로부터 방수층 파손을 방지하는데 효과가 있다.
- ③ 시트 및 도막 복합방수공법은 다양한 재료를 조합하여 구성이 가능하며, 바탕과의 부착방식, 조인트 처리 방식에 따라 구분할 수 있다.



[그림 3.1] 시트, 도막 복합방수

[표 3.8] 시트 및 도막 복합방수 재료의 특징

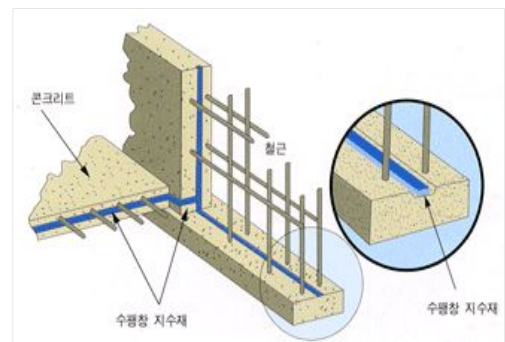
구 분	내 용	비 고
장점	· 시트와 도막재료의 단점을 서로 상호 보완하여 우수한 방수층을 형성 · 시트, 도막 개별 공법에 비해 내구성, 내후성이 우수 · 하자 발생률이 시트, 도막 개별 공법에 비해 낮음 · 냉공법 시공으로 화기에 의한 위험이 적음	*점접착복합계/점착유연형 썬 복합계/우레탄도막복합계 *우레탄 도막 복합계에서 용제사용에 따른 시트재 용해 방지 관리 필요
단점	· 방수재료 상호간 반응여부를 검토해야 함	

2.2 특수부위 적용 방수재료

(1) 수팽창고무(비가황 고무)

- ① 수팽창고무(비가황고무)를 사용한 지수공사란, 시공줄눈, 구조줄눈 등에 수팽창고무를 설치해서 누수를 방지하는 공법이다.
- ② 지수재로 사용되는 수팽창고무는 팽창률이 적고, 내구성이 있는 비가황 고무에서 주요 요건을 고려해서 선정한다.
- ③ 지수재로서의 수팽창고무의 요구 조건은 다음과 같다.

- 고수압(高水壓)에 충분히 저항 가능해야 할 것
- 수팽창성과 자기접착성이 있을 것
- 타설 콘크리트와 반응해서 접착하는 성질을 가질 것
- 콘크리트속의 배합수에서는 초기의 수팽창 반응이 억제되어, 강도발현 단계에 있는 콘크리트에는 영향이 없을 것



[그림 3.2] 수팽창 지수재

(2) 에폭시수지 주입재

① 에폭시수지를 사용한 주입지수공사란 콘크리트의 시공줄눈부에 사전에 에폭시수지용 특수 주입관을 설치해서 콘크리트 타설 경화 후, 이어치기부의 틈새에 에폭시수지를 주입해서 누수를 방지하는 방법이다.



② 에폭시수지를 사용한 주입 지수공사에 사용한 특수 주입관의 요구 조건은 다음과 같다.

[사진 3.6] 에폭시 주입 지수공사

- 2차 타설 콘크리트의 압력을 견딜 수 있는 강도를 낼 수 있는 것.
- 2차 타설 콘크리트가 경화 후, 특수 주입관을 사용한 이어치기부에 에폭시수지를 충전할 수 있는 것. 또한, 충전 완료 후에 특수 주입관내의 에폭시수지를 흡입할 수 있고, 후일 재주입이 가능해야 할 것.
- 부식되지 않고, 충전 후, 유해한 수축이 없을 것.

2.3 방수재료의 품질 평가

(1) 선정 대상 재료는 KS에서 정하는 품질기준을 만족하는 재료이어야 한다.

(2) 현재 국내에는 방수관련 KS표준은 총 49종의 방수제품, 시험방법 및 시공표준이 제정되어 있고, 이중 공동주택 지하 외방수용 재료 및 공법의 성능평가 방법에 해당하는 KS표준은 다음 [표 3.9]와 같다.

[표 3.9] 국내 공동주택 지하외방수 재료 관련 평가 KS 현황

표준번호	KS표준 명칭	적용 내용 구분
KS F 4052	방수공사용 아스팔트	방수재료를 구성하는 아스팔트 평가 시 적용
KS F 4911	합성고분자계 방수시트	외방수 적용 시트 재료 평가 시 적용
KS F 4917	개량아스팔트 방수시트	외방수 적용 시트 재료 평가 시 적용
KS F 3211	지붕용 도막 방수재 (외벽용 도막 방수재 대체)	외방수 적용 도막 재료 평가 시 적용
KS F 4922	폴리우레아 수지 도막 방수재	외방수 적용 도막 재료 평가 시 응용 적용
KS F 4934	자착식형 고무화 아스팔트 방수시트	외방수 적용 시트 재료 평가 시 적용
KS F 4935	누수 보수용 주입형 실링재	외방수 적용 겔타입 재료 평가 시 응용 적용
KS F 4938	인공지반 녹화용 방수 및 방근 재료의 방근성능 시험방법	지하 상부 슬래브 적용 재료 평가 시 검토 적용
KS F 2622	멤브레인 방수층의 성능 평가 시험방법	방층에 대한 성능 평가 검토

3. 방수 공법

3.1 방수공법의 종류

현재 지하구조물 외방수 공법은 주로 국토교통부 건설신기술(NET)로 인증 받은 기술들이 사용되고 있다. [표 3.10]은 지하방수와 관련한 건설신기술(NET)을 나타낸 것이며, [표 3.11]은 특허공법을 예시한 것이다.

[표 3.10] 지하방수 관련 신기술 분류 현황 (2016. 9현재)

지정 번호	신기술명	지정 년월	보호 기간	적용 대상
367	자연가황형 합성고무시트(베스타)를 사용하는 지하 콘크리트 구조물의 외방수 공법	2003.04	7년	지하 비노출
376	고무화 아스팔트와 벤토나이트분말의 복합방수재(Turbo Seal)를 이용한 지하구조물 외방수 및 누수구조물의 방수층 재형성 공법	2003.04	8년	누수보수/ 지하 비노출
467	투명 EVA 복합시트를 이용한 BOX 구조물 외부 방수공법	2005.08	6년	지하 비노출
587	고점도 및 저점도 유동성 겔과 개량 아스팔트시트를 일체화시킨 공장제작형 복합방수시트(NaB sheet)를 진동롤러로 부착시키는 방수공법	2009.09	5년	지하 비노출
634	점·점착 EVA 복합 시트를 이용한 비노출 방수공법	2011.11	5년	지하 비노출
677	PVC발포품을 이용한 단열 보완형 복합 방수공법(KD-E 시스템)	2012.11	5년	옥상노출/ 지하비노출
740	재활용 천연라텍스 고무를 이용하여 제조된 고정착 특성의 '터보시트 GTR'과 현장타설 콘크리트 구조체 부착형 'Pre-GTR'을 이용한 콘크리트 지하구조물의 '온통 GTR 외방수공법'	2014.08	5년	지하 비노출
742	공장 생산된 박막형 점착 복합 방수시트와 콘크리트간 재료적 일체성을 가지는 건식화 복합방수 시공기술	2014.08	5년	지하 비노출
789	EVA시트 방수층 하부에 수팽창하는 아크릴레이트를 합지한 건식 비노출 방수공법	2016.05	5년	지하 비노출

KIPRIS(특허정보검색서비스-특허정보넷 키프리스)를 통해 지하방수와 관련 실제 국내·외에서 상용화되어 생산 및 시공되어지고 있는 상용화 특허 공법은 다음 [표 3.11]과 같으며, 상기 [표 3.10]의 건설신기술과 관련된 특허 공법은 제외하였다.

[표 3.11] 지하방수 관련 상용화 특허 공법

특허명	출원인	출원번호 등록번호	출원일자 등록일자
자착식 합성고무시트 방수재를 이용한 방수공법 및 방수구조	-	1020050109017 1007263500000	2005.11.15 2007.06.01
폴리우레탄 복층 방수시트	-	1020060080866 1007604730000	2006.08.25 2007.09.14
자착식 복합방수시트 및 이를 이용한 지하 외벽의 방수방법	-	1020070059579 1007960190000	2007.06.18 2008.01.11
자착식 복합방수시트를 이용한 역방수방법	-	1020100008061 1009788900000	2010.01.28 2010.08.24
지하 구조물의 외방수 시공 방법	-	1020110090428 1011812300000	2011.09.06 2012.09.04
지하구조물의 외방수와 역타설 구간의 방수시공 방법	-	1020130121086 1013601320000	2013.10.11 2014.02.03
콘크리트 구조물 및 콘크리트 구조물의 방수 시공 방법	-	1020130003897 1014193730000	2013.01.14 2014.07.08
지하구조물의 합벽부 방수공법	-	1020140019533 1014387270000	2014.02.20 2014.09.01
폴리우레탄실린트를 이용한 아스팔트시트의 방수층 및 방수방법	-	1020120128803 1014500350000	2012.11.14 2014.10.06

상기 [표 3.11]은 실제 국내·외에서 상용화되어 생산 및 시공되어지고 있는 상용화 특허 공법에 대한 예시로서, 공동주택 지하구조물 외방수 공법 적용 시 상기 건설신기술 공법과 함께 참고하여 적용할 수 있으며, 이 이외에도 지하구조물 외방수와 관련한 기술은 적용 현장여건 및 환경조건 등을 검토하여 적용할 수 있다.

단, 방수재료는 KS 표시품, 관계법령에 규정한 기준품 이상을 사용함을 원칙으로 하며, 공사에 사용하는 자재 중 설계서 또는 공사시방서(전문시방서 등)에 품질기준이 명시되어 있는 품목은 그 기준에 적합한 자재를 사용하도록 한다.

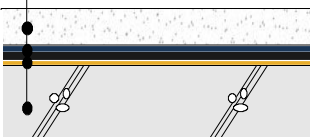
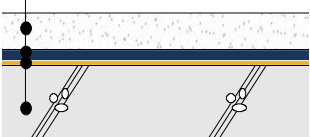
3.2 공동주택 부위별 적용 가능 방수 공법

3.2.1 지하주차장 최상부 슬래브 방수설계

(1) 일반 슬래브

공동주택 지하주차장 최상부 일반 슬래브에 적용 가능한 방수공법은 [표 3.12]를 참고한다.

[표 3.12] 주차장 최상부 슬래브 방수설계(일반조건)

구분		제1안 공법	제2안 공법
방수 공법		점착형 도막방수재와 개량아스팔트 시트의 복합형 방수	자착형 시트 방수
내 용		비경화 타입의 점착형 도막방수재로 바탕면 균열에 유연하게 대응가능한 방수공법	합성고분자계 필름과 자착형 점(점)착재의 바탕면 밀착특성으로 바탕면과 방수층간 밀실한 부착가능
시공 개요도			
방수 공정		1)콘크리트 바탕정리 2)점착형 도막재 도포 3)개량 아스팔트 시트 시공 4)보호재 시공	1)콘크리트 바탕정리 2)프라이머 도포 3)자착식 고무아스팔트 시트 시공 4)보호재 시공
특징	바탕면 거동대응성	◎	○
	화학수 침적안정성	○	◎
	바탕정리 의존성	◎	○
	공기단축효과	△	◎
	시공성	△	◎
	방수연속성	○	○
	방수층 두께 확보	△	◎

※ 방수바탕면과 방수층은 밀착 시공되어야 한다.

우수 : (◎), 양호 : (○), 중간 : (△), 취약 : (×)

(2) 녹화(조경) 슬래브

- ① 본 설계기준은 건축물의 지하주차장 최상부 슬래브를 대상으로 하는 건축물 녹화 설계에 적용하며, 일반방수층 상부에 다음 [표 3.13], [표3.14]의 공법을 참고하여 방근성을 확보한다.

[표 3.13] 방근성능 확보 재료의 종류

순서	구분	내용	비고
①	FRP도막방수	유리섬유의 부직포를 보강재로 하고 주재와 경화제의 2성분으로 구성된 수지계 도막재를 흙손, 주걱, 스퀴지 등을 사용해서 방수층을 만드는 공법	KS F 4938(인공지반녹화용 방수 및 방근 재료의 방근성능 시험방법)
②	폴리우레아도막방수	폴리이소시아네트프레폴리머와 폴리아민의 2성분을 현장에서 스프레이건으로 고압분사시켜 콘크리트 피착제에 방수층을 형성하는 공법	
③	합성고분자계 시트방수 (PVC, TPO)	방수층을 형성하기 위하여 사용하는 시트상의 재료로서 합성고분자가 주원료인 단일재료로 구성된 방수 시트 섬유포 또는 성상이 서로 다른 시트상의 것을 복합하여 치수안정성, 방근성 등의 물성을 개선한 방수시트	
④	PET필름	PET 제품은 전기적 아크에 강하고, 내약품성, 치수 안정성 및 내후성이 좋고 스트레스 크랙 저항성이 우수한 필름	
⑤	금속판	공장에서 일정폭의 금속박판을 생산하고 현장에서 필요크기로 가공하여 접어붙이기, 용접 연결, 혹은 고정 철물을 바탕에 고정하면서 방수층을 형성하는 공법으로 구리시트, 스테인리스 시트가 많이 사용되고 있음	

※ 단, 방수시트, 필름, 금속판의 경우 접합부에 대한 방근성 처리가 고려되어야 하며, 정확한 검토가 요구됨.

- ② 건축물 녹화설계 시 방근성 재료를 사용하여 KS F 4938(인공지반녹화용 방수 및 방근 재료의 방근성능 시험방법) 시험에 따라 시험기준(시험기간 2년)을 통과한 제품을 사용한다.

[표 3.14] 주차장 최상층 슬래브 방수설계(녹화조건)

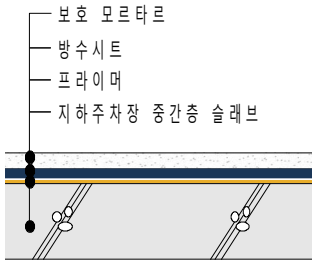
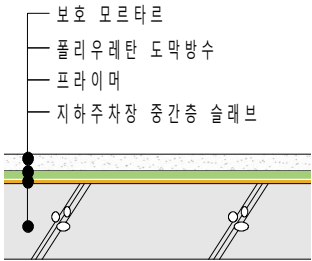
구 분		제1안 공법	제2안 공법	제3안 공법
방수 공법		연질형 수지를 적용한 FRP 도막재와 시트를 이용한 인공지반녹화용 방근·방수 복합공법	구리 방근시트와 페타이어 용융 액상 도막방수재를 이용한 저관리형 옥상녹화용 방수공법	PET 일체형 고정착 시트를 고경질도막재와 테이프 접합하고 고경질 도막재를 복합한 방수·방근 기술
내 용		고정착 고탄성의 자착식 시트로 바탕면 균열에 거동대응하며, 연질형 FRP도막재로 방근성능을 확보한 방근·방수 복합공법	구리판막과 알루미늄판막 사이에 유리섬유 매쉬를 중심보강재로 합지시켜 방근성능을 확보한 구리 방근시트와 페타이어 용융 액상 도막방수재(에코셀)를 이용한 저관리형 옥상녹화용 방수공법	일체형 방수방근시트가 고경질 도막재와 PET테이프와 물리적으로 접합되고 테이프 가장자리 천공부를 통해 고경질 도막으로 방근성을 확보하는 방수방근 복합공법
시공 개요도				
방수 공정		1)콘크리트 바탕정리 2)프라이머 도포 3)자착식 방근시트 시공 4)FRP도막재 도포 5)보호재 시공	1)콘크리트 바탕정리 2)폐고무용융실 도포 3)구리방근시트 시공 4)접합부 구리테이프 시공 5)보호재 시공	1)콘크리트 바탕정리 2)프라이머 도포 3)일체형 시트 시공 4)접합부 시공 5)고경질 도막재 도포 6)보호재 시공
특징	바탕면 거동대응성	○	◎	○
	바탕면과 밀착성능	◎	◎	◎
	성형성	○	△	○
	공기단축효과	△	○	△
	시공성	○	○	○
	방근성	◎	○	○

우수 : (◎), 양호 : (○), 중간 : (△), 취약 : (×)

3.2.2 중간층 슬래브 적용 방수공법

공동주택 지하주차장 중간층 슬래브에 적용 가능한 방수설계는 [표 3.15]를 참고한다.

[표 3.15] 주차장 중간층 슬래브 방수설계

구분		제1안 설계	제2안 설계
방수 공법		자착형 시트방수	폴리우레탄 도막방수
내 용		합성고분자계 필름과 자착식형 점(점)착재의 바탕면 밀착특성으로 바탕면과 방수층간 밀실한 부착가능	2성분형의 우레탄 도막방수재를 교반하여 바탕면에 연속된 고탄성의 방수층 형성
시공 개요도			
방수 공정		1)콘크리트 바탕정리 2)프라이머 도포 3)자착식 고무아스팔트 시트 시공 4)보호재 시공	1)콘크리트 바탕정리 2)프라이머 도포 3)도막방수재 도포 4)보호층 공사
특징	바탕면 거동대응성	◎	○
	바탕면과 밀착성능	△	◎
	성형성	○	◎
	공기단축효과	◎	×
	시공성	◎	△
	방수층 두께 확보	◎	○

우수 : (◎), 양호 : (○), 중간 : (△), 취약 : (×)

※ 바탕면과 방수층은 밀착 시공되어야하며, 비경화형 점착형 도막방수재 재료는 제외하도록 한다.

3.2.3 기초 바닥 슬래브 적용 방수공법

지하구조물 최하층 바닥은 외방수(선행방수) 적용을 원칙으로 하며, 현장여건에 따라 후행방수를 적용할 수 있다. 공동주택 지하주차장 최하층 바닥 슬래브에 적용 가능한 방수공법은 [표 3.16], [표 3.17]을 참고한다.

[표 3.16] 지하주차장 최하층 바닥 슬래브 방수설계

구분	제1안 공법	제2안 공법	제3안 공법
방수 공법	역타설용 합성고분자계 복합시트 방수	개량아스팔트시트+탄성도막 방수	역타설용 폴리머겔 복합방수
내 용	합성고분자계 방수시트를 바탕면에 시공함. 합성고분자계 시트 표면에 적층되어 있는 고분자물질이 콘크리트의 시멘트페이스트와 와 결합되어 일체화 부착됨	방수시트와 탄성도막재를 순차적으로 시공함. 방수시트의 상부 부직포면에 탄성도막재를 시공하며, 경화후 콘크리트를 타설하여 방수층과 일체화 부착시킴	방수시트와 보호시트, 폴리머 겔, 부직포를 순차적으로 시공함. 콘크리트 타설시 폴리머 겔이 부직포로 스며들어 구조체와 일체 부착됨
시공 개요도			
방수 공정	1)콘크리트 바탕정리 2)방수시트 시공 3)취약부 보강 4)콘크리트 타설	1)콘크리트 바탕정리 2)방수시트 시공 3)도막방수재 도포 4)취약부 보강 5)콘크리트 타설	1)콘크리트 바탕정리 2)방수시트 시공 3)보호재 시공 4)폴리머 겔 도포 5)부직포 시공 6)콘크리트 타설

[표 3.17] 지하주차장 최하층 바닥 슬래브 방수 성능 대응성 분석(예시)

구분	제1안 공법	제2안 공법	제3안 공법
특 징	바탕면 거동대응성	△	○
	화학적 침적안정성	○	○
	구조체와 방수층간의 부착성	◎	△
	기초 PAD 처짐 안정성	◎	△
	시공성	◎	△
	공기단축효과	◎	△

우수 : (◎), 양호 : (○), 중간 : (△), 취약 : (×)

3.2.4 외벽 적용 방수공법

공동주택 지하주차장 외벽에 적용 가능한 방수설계는 [표 3.18]을 참고한다.

[표 3.18] 지하주차장 외벽 방수설계(예시)

구분		제1안 설계	제2안 설계	제3안 설계
방수 공법		점착형 도막방수재와 합성고분자계 또는 개량아스팔트 시트 복합방수	자착형 시트방수	폴리우레아 도막방수
내 용		비경화 타입의 점착형 도막방수재로 바탕면 균열에 유연하게 대응가능한 방수공법	합성고분자계 필름과 자착형 점(접)착재의 바탕면 밀착특성으로 바탕면과 방수층간 밀실한 부착가능	2성분형의 우레탄 도막방수재를 교반하여 바탕면에 스프레이타입의 기계화 시공으로 연속된 고경도, 탄성의 방수층 형성
시공 개요도				
방수 공정		1)콘크리트 바탕정리 2)점착유연형 도막재 도포 3)개량 아스팔트 시트 시공 4)보호재 시공	1)콘크리트 바탕정리 2)프라이머 도포 3)자착식 고무아스팔트 시트 시공 4)보호재 시공	1)콘크리트 바탕정리 2)프라이머 도포 3)도막방수재 스프레이 도포 4)보호층 공사
특징	바탕면 거동대응성	◎	○	△
	화학수 침적안정성	○	◎	◎
	공기단축효과	△	○	◎
	시공성	△	○	◎
	방수연속성	○	○	◎
	방수층 두께 확보	△	◎	○
	방수층 처짐성	×	○	◎

※ 방수바탕면과 방수층은 밀착 시공되어야 한다.

우수 : (◎), 양호 : (○), 중간 : (△), 취약 : (×)

3.3 방수공법의 성능 평가 기준

공동주택 지하주차장에 적용 가능한 방수공법의 성능 평가 기준은 다음 [표 3.19]를 참고한다. 단, 평가항목 및 평가지표 등은 방수공법 적용 현장의 환경조건 및 기타 제반 여건에 따라 변경하여 적용할 수 있다.

[표 3.19(1)] 재료 및 공법 성능 평가 기준(지하 최하층 슬래브)

순번	항 목	평 가 내 용	평점	평 가 지 표		비고
1	화학수 침적 안 정 성	각 재료별(시스템+공법)로 3주간 구조물 주변 화학수(염수 등)침적 후 방수층의 안정성(들뜸, 박리 등 성능저하 유무)을 평가	10	성능저하 없음	10점	
				성능저하 부분발생	5점	
2	구조물 거동대응성	각 재료(시스템+공법)로 5개의 시험체를 대상으로 10mm 이상 거동 시험 후 방수층 찢김, 누수현상의 발생 유무를 평가(부분누수는 시공불량으로 판정)	10	모두 누수 없음	10점	
				1개 시험체 누수	7점	
				2개 시험체 누수	5점	
				3개 시험체 누수	3점	
				4개 시험체 누수	0점	
3	습윤면부착 안정성	각 재료별(시스템+공법)로 콘크리트 표면의 습윤상태에서의 부착 안정성을 3주간 평가	5	전체면에서 안정	5점	
				가장자리 들뜸	3점	
				가장자리 및 중앙부 들뜸	1점	
4	수밀성	각 재료별(시스템+공법)로 각 종 성능 평가 후 수밀성을 평가	4	투수없음	4점	
				투수됨	0점	
5	온도의존성	각 재료별(시스템+공법)로 온도(고온 및 저온)의 변화에 따른 적응성을 평가	4	변형율이 적음	4점	
				보통	3점	
				변형율이 큼	1점	
6	내균열성	각 재료별(시스템+공법)로 내균열 성능을 측정하여 가장 우수한 성능을 확보한 제품을 평가	4	3mm 피로시 이상없음	4점	
				2mm 피로시 이상없음	3점	
				1mm 피로시 이상없음	1점	
7	내구성	각 재료별(시스템+공법) 해당되는 규격(KS)에 의한 전항목시험결과에 대한 평가	4	모든항목 만족	4점	
				부분 만족	1점	
8	저온부착 안정성	각 재료(시스템+공법) 및 콘크리트를 저온에서 정치 후 콘크리트 표면 부착 안정성을 평가	5	전체면에서 안정	5점	
				시험면적 대비 75% 이상 안정성 확보	3점	
				시험면적 대비 75% 미만 안정성 확보	1점	
9	기초하부 PAD침하 안정성	각 재료별(시스템+공법)로 기초하부 PAD 침하 저항 성능을 측정하여 가장 우수한 성능을 확보한 제품을 평가	4	상위 20% 성능	4 점	
				중간 60% 성능	3 점	
				하위 20% 성능	1점	
소 계			50			

[표 3.19(2)] 재료 및 공법 성능 평가 기준(지하 외벽 및 지하 상부 바닥)

순번	항 목	평 가 내 용	평점	평 가 지 표		비고
1	화학수 침적 안 정 성	각 재료별(시스템+공법)로 3주간 구조물 주변 화학수(염수 등)침적 후 방수층의 안정성(들뜸, 박리 등 성능저하 유무)을 평가	10	성능저하 없음	10점	
				성능저하 부분발생	5점	
2	구조물 거동대응성	각 재료(시스템+공법)로 5개의 시험체를 대상으로 10mm 이상 거동 시험 후 방수층 찢김, 누수현상의 발생 유무를 평가(부분누수는 시공불량으로 판정)	10	모두 누수 없음	10점	
				1개 시험체 누수	7점	
				2개 시험체 누수	5점	
				3개 시험체 누수	3점	
				4개 시험체 누수	0점	
3	습윤면부착 안정성	각 재료별(시스템+공법)로 콘크리트 표면의 습윤상태에서의 부착 안정성을 3주간 평가	9	전체면에서 안정	9점	
				가장자리 들뜸	5점	
				가장자리 및 중앙부 들뜸	1점	
4	수밀성	각 재료별(시스템+공법)로 각종 성능 평가 후 수밀성을 평가	3	투수없음	3점	
				투수됨	0점	
5	온도의존성	각 재료별(시스템+공법)로 온도(고온 및 저온)의 변화에 따른 적응성을 평가	3	변형율이 적음	3점	
				보통	2점	
				변형율이 큼	1점	
6	내균열성	각 재료별(시스템+공법)로 내균열 성능을 측정하여 가장 우수한 성능을 확보한 제품을 평가	3	3mm 피로시 이상없음	3점	
				2mm 피로시 이상없음	2점	
				1mm 피로시 이상없음	1점	
7	내구성	각 재료별(시스템+공법) 해당되는 규격(KS)에 의한 전항목시험결과에 대한 평가	3	모든항목 만족	3점	
				부분 만족	1점	
8	저온부착 안정성	각 재료(시스템+공법) 및 콘크리트를 저온에서 정치 후 콘크리트 표면 부착 안정성을 평가	9	전체면에서 안정	9점	
				시험면적 대비 75% 이상 안정성 확보	5점	
				시험면적 대비 75% 미만 안정성 확보	1점	
소 계			50			

제 4 장 유지관리

1. 일반 사항
2. 시공 과정에서의 유지관리
3. 사용 중의 유지관리

제 4 장 유지관리

1. 일반사항

(1) 공동주택 지하구조물 방수공사 유지관리는 방수시공 중 방수층에 대한 관리, 준공 후 사용 중에 발생한 누수에 대한 구조체 및 내부 적재물의 피해 방지, 생활환경 및 인체 건강에 미치는 영향의 최소화, 경제적인 보수, 보강 대책의 수립을 위한 목적으로 수행한다.

(2) 누수에 대한 유지관리는 방수설계에 적용된 재료 및 공법과 연계하여 보수, 보강 대책이 수립되어야 하고, 또한 보수 및 보강 조치는 방수시공자가 대응하기 쉬우므로 설계단계에서부터 누수 발생을 고려한 대책을 수립할 필요가 있다.

(3) 누수균열은 건조균열과 환경조건이 다르므로 보수재료 및 공법의 적용에 있어서 그 환경조건을 고려한 대책이 수립되어야 한다.

2. 시공 과정에서의 유지관리

안전한 방수층을 현성하기 위해서는 시공 과정에서 아래의 사항에 대해 관리한다.

(1) 시트 방수재의 경우 종단방향, 횡단방향의 위치 어긋남을 없애기 위해, 단부의 위치를 정확히 표시하고, 이음방향은 일반적으로 구배방향(물이 흐르는 방향)과 일치하도록 하며, 막힌줄눈 이음시공이 되지 않은 부분에 대해 확인하고, 접합 작업 종료 후에는 신속하게 검사를 하고, 불량 개소는 보수한다.

(2) 시트 방수재의 겹침부 부착상태를 관리한다.

(3) 설치작업 중, 방수층 표면에 생기는 손상이나 불량 장소에 대해서는 표시를 한 후, 보수 유·무를 관리한다.

(4) 하부와 상부의 접합 및 하부에 인접하는 시트간의 횡단방향의 접합에는 3중 접합 개소가 있기 때문에, 모접기 가공 등을 해서 미부착개소가 발생되지 않도록 관리한다.

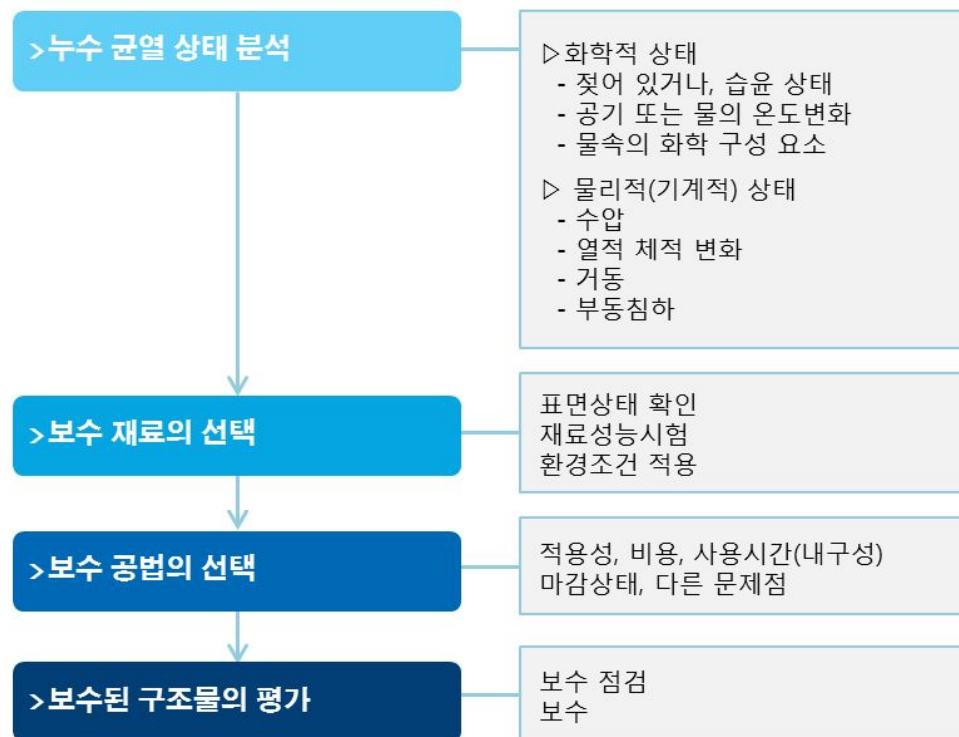
(5) 방수시트와 H형강 말뚝머리부와와의 접속 개소에서는 H강 주변에서 누수 되지 않도록 관리한다.

(6) 철근 조립 작업 시에 철근의 선단에서 방수층을 찌르거나, 철근이 떨어지는 경우에 손상된 방수재의 경우는 즉시 보수작업을 실시하고, 만약 보수작업을 바로 실시하기 어려울 경우에는 반드시 구분하기 쉽게 표시를 한 후 빠른 시간 내에 보수한다.

3. 사용 중의 유지관리

3.1 일반사항

누수 균열은 건조 균열과 달리 콘크리트 구조물이 처하는 온도, 습도, 수압, 유속, 화학 반응, 차량 진동 및 구조체 거동 등 다양한 환경(물리적, 화학적 환경) 영향을 동시에 받는다. 따라서 누수 보수에 적용되는 재료 및 공법은 이러한 복합적 환경에 적절히 대응할 수 있어야 한다. 누수균열의 유지관리 절차는 다음 [표 4.1]과 같다



[그림 4.1] 누수보수 균열의 유지관리 절차

3.2 누수 균열 종류

콘크리트 구조물에서의 균열은 누수균열과 건조균열로 구분한다. 균열 보수방법에 있어서도 사용하는 재료 및 공법은 누수균열과 건조균열이 다르게 적용된다. 이는 누수균열과 건조균열의 환경 조건이 다르기 때문이다. 특히 누수균열은 물이 직접 영향을 미치고 있으며, 물에는 다양한 화학적 성분이 포함되어 있으므로 보수재료의 요구 성능이 다르게 적용되어야 한다. 누수 균열의 종류, 균열 폭과 누수량의 관계에 대한 정보는 [표 4.1]과 같으며, 여기에는 동적 균열(성장형 거동 균열, 비성장형 거동 균열), 정적 균열 모두를 포함한다.

[표 4.1] 누수 보수를 위한 균열의 누수량 분류표

균열 폭	누수량
미세 균열 ≤ 2 mm(≤ 1/13in)	표면이 축축한 정도
	가벼운 누수 <1 l/min(<1/4 gal/min)
중간 균열 > 2 mm to 6 mm (> 1/13 in to 1/4in)	중간 누수 >1 l/min to 5 l/min (>1/4 gal/min to 1 1/4 gal/min)
	대량 누수 >5 l/min to 10 l/min (>1 1/4 gal/min to 2 1/2 gal/min)
	가벼운 흐름 >10 l/min to 15 l/min (>2 1/2 gal/min to 4 gal/min)
큰 균열 > 6 mm to 20 mm (> 1/4 in to 10/13 in)	중간 흐름 >15 l/min to 25 l/min (>4 gal/min to 6 1/2 gal/min)
	대량 흐름 >25 l/min(>6 1/2 gal/min)
왼쪽 열에 있는 균열은 오른쪽 열에 있는 7가지 누수의 양에 상응한다.	

3.3 누수 균열에 미치는 환경

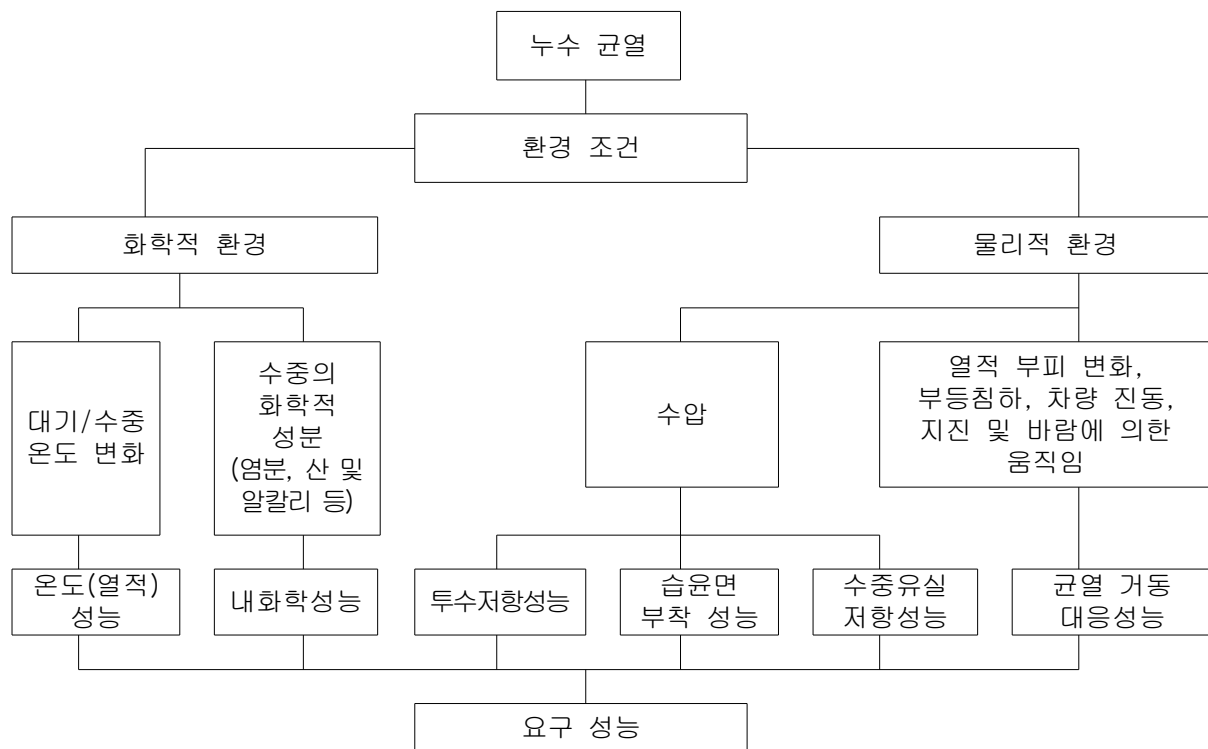
누수 균열은 건조 균열과 달리 콘크리트 구조물이 처하는 환경과 동일한 환경 조건에 노출된다. 이러한 환경 조건은 온도, 대기 중의 습도, 수압, 유속, 물의 화학반응, 차량으로 인한 진동 및 자체 거동 등 [표 4.2]와 같이 화학적 환경과 물리적(기계적) 환경으로 구분할 수 있다.

(1) 화학적 영향

누수 균열 보수재의 효율성에 영향을 미치는 화학적 환경은 누수 균열 주변의 대기(공기)와 물의 온도 변화, 수중 화학 성분(지하수, 염수, 하수, 산성비 등) 등이 있다. 이러한 요인들은 누수 균열 보수재의 온도 안정성능, 내화학성능, 수밀성능(투수저항성능), 바탕체와의 부착성능 등에 영향을 미치므로 해당 화학적 환경에 적합한 재료를 선정한다.

(2) 물리적(기계적) 영향

누수 균열 보수재의 효율성에 영향을 미치는 물리적(기계적) 환경은 온도변화에 의한 콘크리트 구조체의 수축과 팽창의 체적변화, 부등침하, 차량 통행으로 인한 진동, 균열 주변의 수압 작용 등이 있다. 이러한 요인들은 누수 균열 보수재의 부착 성능, 수밀 성능, 거동 대응성능 등에 영향을 미치므로 해당 물리적(기계적) 환경에 저항성을 갖는 재료를 선정한다.



[그림 4.2] 누수 균열의 환경 조건에 따른 요구 성능

3.4 누수 균열 보수 기술의 요구 성능

3.4.1 화학적 영향에 대한 요구 성능

(1) 온도(열적) 안정 성능

누수 균열은 고온 및 저온의 온도변화에 따른 지속적인 수축과 팽창을 반복하며, 이로 인하여 고분자계 또는 무기질계 화합물로 조성된 사용 재료는 성능이 저하될 수 있다. 따라서 누수보수 기술은 주변의 반복적인 온도 변화 환경에서 장기적으로 대응 할 수 있는 온도 안정 성능을 가져야 한다.

(2) 내화학 성능

보통 콘크리트 구조체는 다양한 화학적 환경 조건에서 건설되어지며, 특히 지하구조물의 경우 항상 지하의 토양 또는 지하수에 접하고, 공업지역 혹은 해안지역의 화학 물질(산, 알칼리, 염수, 수산화칼슘 또는 이산화탄소 등)에 의해 화학적 침식이 빈번하게 발생한다. 이러한 화학적 침식은 사용 재료의 성능을 감소시킨다. 따라서 누수 보수 기술은 화학적 침식 환경에서도 대응 능력을 유지하여야 하며, 장기적 화학 침식에도 저항할 수 있는 안정성을 가져야 한다.

3.4.2 물리적(기계적) 영향에 대한 요구 성능

(1) 투수 저항 성능(불투수성)

투수 저항 성능은 보수재가 물의 침투를 막는 성능이다. 지하 또는 수중의 습윤환경에서 물의 흡수 및 투과를 잘 차단할 수 있는 성능이 요구된다. 따라서 보수 기술은 주변의 수압 및 수량 변화에 의해 장기적으로 수밀 성능을 유지하는 투수 저항 성능을 가져야 한다.

(2) 습윤면 부착 성능

콘크리트 구조체의 누수 균열은 항상 물과 접하고 있는 습윤 또는 수중 상태의 환경이다. 이러한 환경에서도 강한 물의 흐름에 견딜 수 있을 뿐 만 아니라, 습윤 상태에서의 균열 바탕체 또는 구조체 표면에서 강력한 접착력을 가져야 한다. 이러한 특성은 사용하는 보수기술이 습윤면에서 적합한 접착성능을 장기간 유지함으로써 얻어질 수 있다. 따라서 보수기술은 고체 또는 액체(겔) 상태 모두에서 구조체 및 누수균열 표면에서 장기적으로 잘 접착되는 성능을 가져야 한다.

(3) 수중 유실 저항 성능

누수균열 보수재는 액상 또는 겔 상태로 주입되므로 주입 이후 경화가 되기 전 혹은 경화 이후 물에 의해 용해되거나, 유속에 의해 유실된다면 일정 두께를 확보할 수 없어 보수 성능을 상실하게 된다. 또한 지하수 혹은 물의 흐름에 의해 용해되면 주변에 환경적 오염을 야기 시킬 수 있다. 그러므로 보수기술은 지하수 혹은 침입수의 수압이나 유속에 의해 장기적으로 유실되지 않는 성능을 가져야 한다.

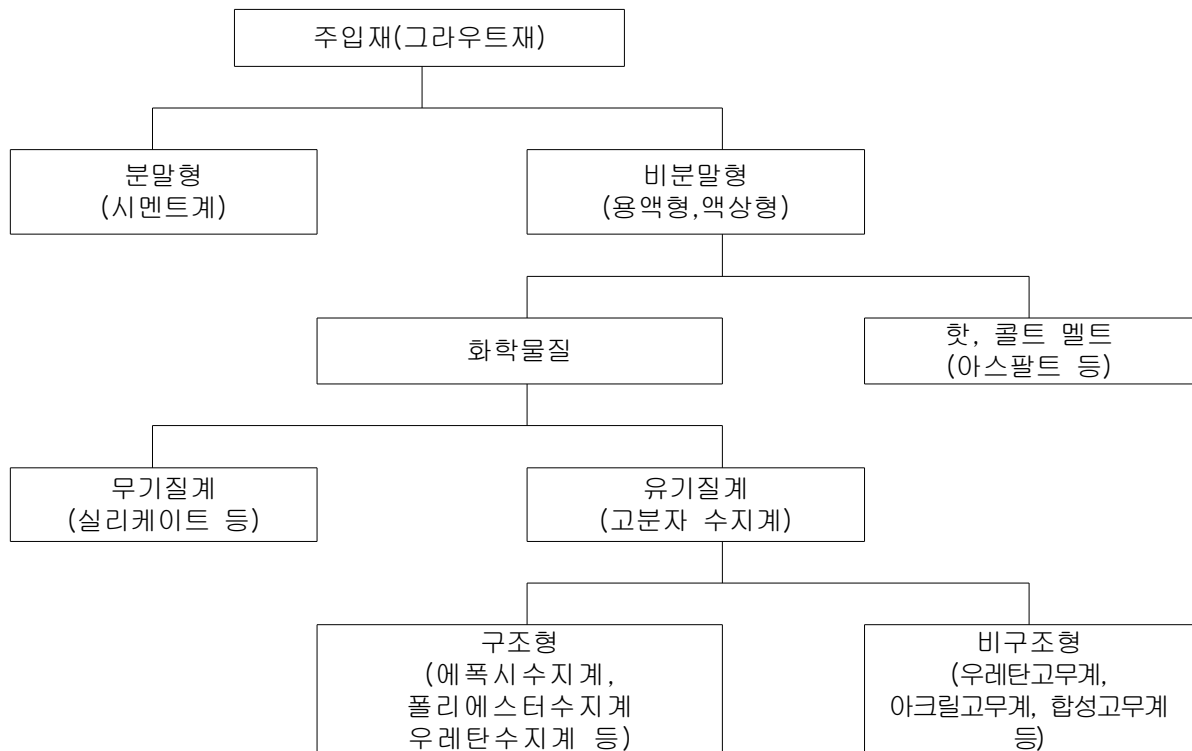
(4) 균열 거동 대응 성능

누수 균열의 폭은 주변 환경의 온도 변화에 의해서 수축 및 팽창을 반복하고, 철도, 지하도 또는 교량에서 자동차의 영향에 의한 지속적인 진동 거동, 또한 구조물의 부동침하에 의한 거동 등의 영향을 받게 된다. 이렇게 누수 균열이 반복적으로 거동하면 균열 내부에 충전(보수)된 보수재료에 피로하중을 가중시키게 되어 주입된 보수재료가 파괴(손상)될 수 있으며 이러한 보수재료의 파괴는 재 누수를 발생시킨다. 따라서 보수 기술은 바탕체 또는 균열 거동에 대한 대응 성능을 유지하여야 하며, 장기적으로 유연하게 대응할 수 있는 성능을 가져야 한다.

3.5 누수 균열 보수재료

현재 현장에서는 사용되는 보수재료(주입재 또는 그라우트라재라고도 함)의 종류로는 아크릴계 주입재, 수성계 시멘트 주입재, 친수성 에폭시수지 주입재, 폴리우레탄 주입재, 합성고무계 겔 주입재 등이 있다. 상기의 보수재료들은 시장 제품에서는 주요 조성물(원료)만을 제시하고 있지만, 이들과 유사한 물질의 혼합이나 개질 등을 통하여 변형된 제

품들이 많이 등장하고 있다. 그리고, 누수 보수재료의 유형에 따라 분말형 재료와 비분말형(액상형) 재료 구분되며, 이들 제품에 대한 정보는 [그림 4.3]과 같다.



[그림 4.3] 보수재료 종류별 분류표



(a) 아크릴 수지계 주입재



(b) 시멘트계 주입재



(c) 친수성 에폭시 주입재



(d) 폴리우레탄 (발포형) 주입재



(e) 합성 고무계 젤 주입재

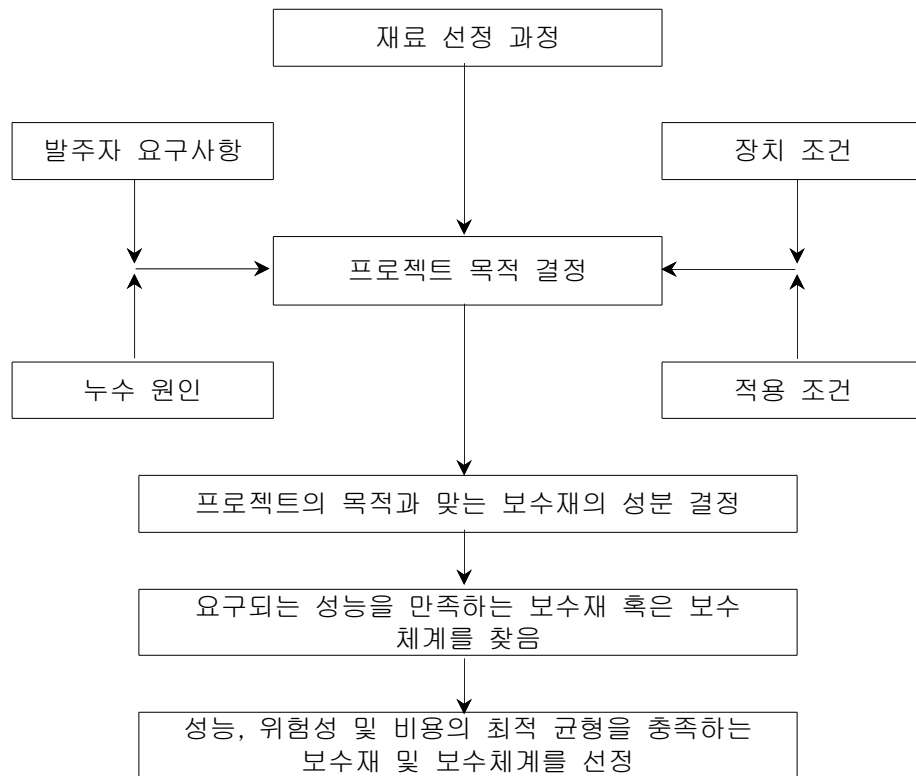


(f) 에폭시 표면 보수재

[사진 4.1] 보수재 종류별 분류

[표 4.2] 누수 균열 보수재료의 종류 및 특성

보수재료 종류	특성
아크릴수지계 주입재 (수용성 아크릴 젤 수지계)	아크릴수지계 주입 보수재 물과 반응하여 지수 효과를 확보하나, 경화 이후 연질의 재료 특성으로 균열 거동 시 재료 파괴가 발생할 수 있어 거동이 큰 조인트 등에는 사용을 피하거나 주의하여야 한다. 또한 습윤상태에서 균열 바탕체 표면과 완전 밀착 성능이 약하여 차량 및 교량 등의 진동 균열, 수중 조인트 등에서도 사용을 주의하여야 한다.
시멘트계 주입재 (수용성 무수축 시멘트계)	시멘트계 주입 보수재는 열팽창률이 콘크리트에 가까우며, 균열부의 습윤면에서도 접착성이 양호하여 누수 균열에 사용되고 있다. 대체로 경질형 재료로 경화 시의 건조 수축, 유연성 부족, 수중 불경화로 구조물의 거동 및 진동 영향 시 주입재가 파손되므로 사용을 피하거나 주의하여야 한다. 따라서 무수축, 탄성형 시멘트계 주입재를 사용하여야 한다.
친수성 에폭시수지계 주입재	일반 건조 경화형 에폭시 수지는 균열 내부 혹은 주변 표면에 습기가 있을 경우 경화 불량으로 부착되지 않거나, 열팽창계수가 콘크리트에 비하여 커서 균열 거동 시 유연성이 부족하여 접착면 파괴가 일어난다. 따라서 습윤면에서는 친수성(습윤 경화형) 에폭시 수지의 사용으로 콘크리트 공극 내에 잔여 습기가 있더라도 계면 부착되도록 하여야 한다. 단, 균열 내 수분이 많거나, 거동이 심한 개소에서 사용하는 사용을 피하거나 주의하여야 한다.
폴리우레탄수지계(발포형) 주입재	폴리우레탄수지계(발포형) 주입 보수재는 물과 반응하여 스펀지형으로 발포체를 형성하여 물의 흐름을 제어하고, 유연성이 있어서 균열 폭의 거동에 대응이 가능하지만, 발포체 내에는 많은 셀(기포)이 형성되어 균열의 지속 거동에 따라 발포체가 압축·이완하는 과정에서 주변의 물을 흡수·발산하므로 보수 효과는 지속적이지 못하다. 따라서 수압이 지속적으로 작용하는 곳에서는 사용을 피하거나 주의하여야 한다.
합성고무계 겔 주입재	합성고무계 겔 주입 보수재는 고무와 아스팔트 등을 특수고분자 수지로 결합시켜 혼합하여 만든 소재로서 콘크리트 습윤면에 부착이 가능하고, 유연성을 가짐으로서 균열의 거동에 대응할 수 있다. 또한 온도 감응성이 낮아 겨울 및 여름철 사용이 가능하고, 물과 접촉 시 팽창성을 가짐으로서 수중에서도 부착되는 특징이 있다. 단, 합성고무계 폴리머 겔의 흐름성(시공성)과 수압에 대한 대응성을 고려하여 점도 2,000,000 cPs 이상을 사용하여야 한다.



[그림 4.4] 보수재료 선정 체계도

3.6 누수 균열 보수공법

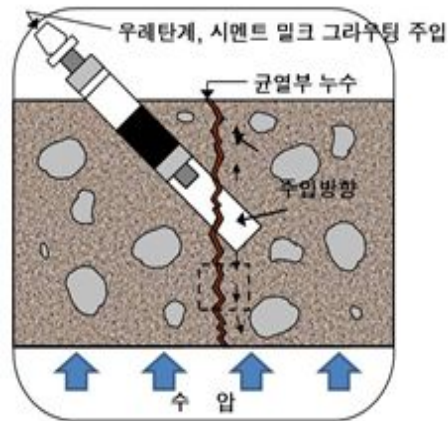
누수 균열 보수를 위한 공법의 선정은 사용하고자 하는 보수재료와 관련해서 적절한 효과 및 적용성, 비용, 사용기간, 마감상태 등을 반드시 고려해야 한다. 누수 균열에 사용되는 모든 공법들은 누수 차단 효과에 유효해야 하며 장기적으로 지속되어야 한다. 누수 균열 보수 공법은 균열 직접 주입 공법과 방수층 재형성 주입공법으로 분류할 수 있다

3.6.1 균열 직접 주입 공법

(1) 경사주입공법

경사 주입법([그림 4.5])은 콘크리트 벽체를 관통한 균열로부터 일정 거리(콘크리트 두께의 1/2 거리) 만큼 떨어진 위치에서 비스듬하게 구멍을 내어 균열의 중간 부분에 닿을 때까지 뚫은 후 주입관(노즐)을 설치하고, 그 구멍을 통하여 보수재료를 주입한다. 보수재료가 노즐을 통하여 주입될 때, 주입재의 흐름은 균열의 중간 지점에서 누수면과 수압 작용측(배면)의 양쪽 방향으로 흘러들어 균열 공간이 완전히 채워질 때까지 주입한다.

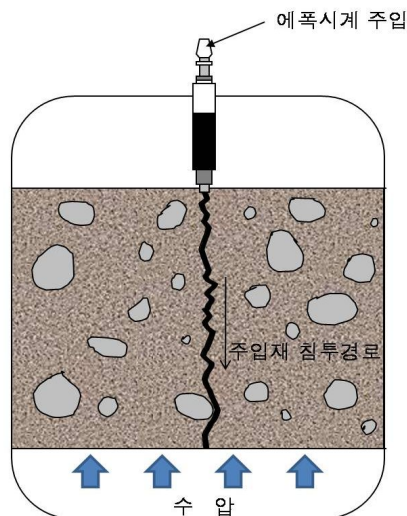
본 공법은 폴리우레탄계, 아크릴레이트계, 시멘트계 등의 주입재를 이용한 누수 균열 보수 기술이다.



[그림 4.5] 경사 주입법

(2) 직접 주입법

직접 주입법([그림 4.6])은 보수재료가 누수면에서 수압 작용측(배면)으로 수직방향으로 흘러 들어가도록 하여 균열 공간이 채워질 때까지 주입한다. 본 공법은 에폭시 수지계 주입재를 이용한 누수 균열 보수 기술이다.

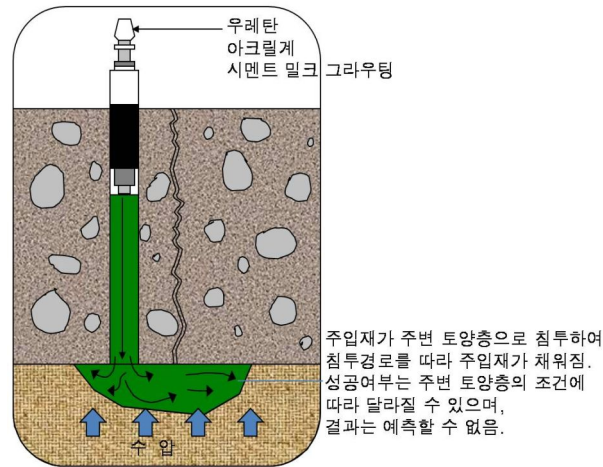


[그림 4.6] 직접 주입법

(3) 배면 주입법

배면 주입법([그림 4.7])은 균열과 일정 거리만큼 떨어져 균열과 평행한 방향으로 누수면에서 수압 작용면까지 관통 구멍을 뚫는다. 그 후 보수재료를 새롭게 낸 구멍을 통하여 누수면에서 수압 작용면까지 주입한다. 보수재료는 배면의 물과 반응하여 경화하면서 균열을 메우고, 작은 차수막을 생성한다. 이 공법을 적용하기 위해서는 구조체 밑에 토사층이 있어야 하며, 보수재료는 토사내부로 침투하여 토사층을 차수막으로 만든다. 성공률은

토양의 조건에 따라 달라지며, 차수 효과 역시 배면의 수압, 수량, 유속 조건에 따라 달라질 수 있다. 본 공법은 시멘트계 주입재를 이용한 누수 균열 보수 기술이다.

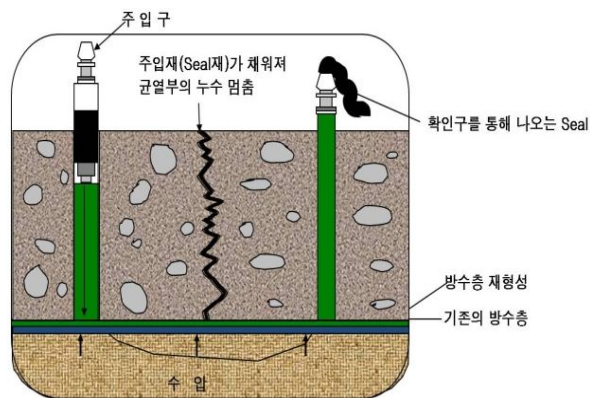


[그림 4.7] 배면 주입법

3.6.2 방수층 재형성 공법

방수층재형성 공법은 [그림 4.8]과 같이 기 시공된 방수층 또는 손상된 방수층을 보수하거나, 성능을 강화하는 방법으로 기존의 방수층과 콘크리트 바탕체 틈새에 썰재 또는 그라우트재를 주입한다. 콘크리트의 누수 균열부 주변에서 방수층 쪽으로 구멍을 뚫어서 기존의 방수층에 접근 가능하게 만든 후, 뚫린 구멍으로 썰형 썰재를 주입함으로써 방수층과 바탕체 사이의 공간을 채운다. 주입된 보수재료는 방수층과 바탕체 사이의 공간에 퍼지게 되고 새로운 방수층을 재형성하여 손상된 방수층 및 균열부를 보수하여 누수를 방지한다.

본 공법은 합성고분자 썰 주입재, 수용성 아크릴 썰 주입재 또는 수용성 시멘트 주입재를 이용한 누수보수 기술이다.



[그림 4.8] 방수층 재형성 주입공법

3.7 누수 보수 부위의 성능 관리

3.7.1 보수재료 품질관리

설계자 및 담당원은 보수재료에 대한 품질보증서, 시험성적서 등을 통하여 품질을 확인하여야 하며, 공사감독자는 반입된 자재의 표본을 추출하여 이에 대한 품질을 검사하여야 한다. 보수재의 품질은 KS F 4935 등을 참고하여 관리한다.

3.7.2 보수부위 검사

누수 균열 보수 공사를 성공적으로 수행하기 위해서는 공사 준비 과정, 시공 과정 또는 시공 완료 후 과정 등 각 단계별로 검사하여야 한다. 현장에서는 외관 관찰로 누수 균열 부의 보수 공사의 성공 여부를 확인한다. 작업 시 사용 재료에 대한 배합비, 시공 기간, 품질 관리 및 시험방법에 관한 기록을 반드시 확인하고, 향후의 유지관리를 위한 자료로서 전체적 마감 상태를 사진으로 촬영하여 기록한다. 필요시에는 보수 진행 과정의 결과를 판정하기 위하여 가스 압력법을 이용한 누수 진단법을 사용하여 검사한다.

3.7.3 보수공사 평가

누수 균열의 보수 효과 및 성능 평가는 정확하게 그 결과가 명시되어야 한다. 만약 최초 계획, 시공 단계 및 성능 상에 어떠한 결함이 발생함으로써, 그 결과가 불충분하다고 증명되면 반드시 재 보수한다.

또한, 구조체의 장기적인 안전 관리를 위하여 시공 완료 후 결과의 기록, 누수 보수 재료와 공법 선택에 대한 절차, 결함 조사 방법의 종류, 결함 발생의 원인 추정과 보수 설계서, 성능 평가 시험, 유지보수 관리 기록 등 관련 문서들은 반드시 보존한다.

참고 문헌

참 고 문 헌

1. 주택법 [2016.3 일부개정 법률 제14093호]
2. 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 [2016.6 일부개정 국토교통부령 제260호]
3. 건축법 시행령 (별표 1 [2016.7 개정])
4. 주차장법 [2016.1 일부개정 법률 제13804호]
5. 건설기술진흥법 [2015.7 일부개정 법률 제13430호]
6. 국토교통부, 2014, 2014년도 주거실태조사 연구보고서
7. 환경부, 2014, 라돈으로부터 안전한 실내환경 조성 가이드북
8. 서울시 도시안전본부, 2015, 2014년 지하수 보조관측망 지하수위 분석결과
9. 국토교통부 건설안전과, 2016, 『지반침하 예방대책』 2차 점검회의 보도자료
10. 한국농어촌공사, 2011, 우리나라의 지하관측망에 의한 지하수위 조사결과
11. 한국콘크리트학회, 2004, 염해환경에 대한 지하구조물 방수공사 시공요령
12. 국토교통부, 2016, KDS 11 44 00 공동구 설계기준
13. 국토교통부, 2016, KCS 11 44 00 공동구 표준시방서
14. 한국토지주택공사, 2014, 공동주택 지하층구조물 방수공법 최적화 방안 및 신
기술 적용연구
15. 국토교통부, 2016, KCS 41 40 00 방수공사(2013, 건축 공사 표준시방서)
16. 오상근, 2016, 공동주택 지하구조물의 누수예방 법제도 도입 및 설계표준 정립
17. 신영주, 2013, ‘콘크리트壁體の打ち足し部とセパレータ-部の水密性 : Permeability of
Placing Joint and Separator Areas in Concrete Wall
18. 장상묵, 2015, 지하구조물 외방수공법의 결로 환경 영향에 관한 연구

19. 민동윤, 2015, 공동주택에서 환기 유무에 따른 실내 라돈농도 변화에 관한 연구
20. 최성민, 2015, 공동주택 지하구조물 누수하자 사례 및 외방수 적용효과
21. 배기선, 2013, 공동주택 지하주차장의 누수원인과 보수방안
22. 이정훈 외 4인, 2015, 공동주택 지하주차장의 주요 누수 부위 조사
23. 임채중, 배문옥, 2001, 지하콘크리트 구조물 외부 방수공법의 기술성 및 경제성에 관한 연구
24. 민병렬 외 4인, 1994, 콘크리트 구조물의 지하방수 개선 방향
25. 윤승화, 박근준, 2005, 공동주택 지하주차장 방수공법 개선방안
26. 강창희, 김용수, 2001, 공동주택 지하주차장의 방수하자 현황 및 사례분석
27. 최일호 외 3인, 2011, 공동주택 지하주차장 방수공법 품질개선에 관한 실험적 연구
28. 이정훈 외 4인, 2015, 건설구조물의 지하방수 관련 건설신기술 동향
29. 김상일, 2012, 건축 지하 공간 방수공사의 사전 시공성 분석
30. 시지엔지니어링(주) 기술연구소, 2008, 영구배수공법(기문당)
31. 오상근, 2008, 방수공사(기문당)
32. 변건인, 2001, 방수의 설계, 시공
33. 한국콘크리트학회, 2011, 최신 콘크리트공학
34. 오상근 외, 2010, 건축텍스트북 건축재료(대한건축학회)
35. 국토교통과학기술진흥원, <https://www.kaia.re.kr>
36. 특허정보검색, <http://www.kipris.or.kr>
37. Peter H. Emmons, 1993, Concrete Repair and Maintenance Illustrated