

공동주택 지하주차장의 방수성능
유지관리 개선방안 연구

연구지원 2020-102호

공동주택 지하주차장의 방수성능 유지관리 개선방안 연구

지은이 이수규, 권석민, 윤철주

발행인 황희연

발행처 한국토지주택공사 토지주택연구원

편 집 이수규, 권석민, 윤철주

주소 (우)305-810 대전광역시 유성구 엑스포로 539번길 99

전화/전송 044) 902-9157/ 902-9140

전자우편 glee@lh.or.kr

홈페이지 <http://lhi.lh.or.kr>

이 책의 내용을 쓰고자 할 때는 저작권자와 토지주택연구원의 허락을 받아야 합니다.

- 이 출판물은 우리 공사의 업무상 필요에 의하여 연구검토 한 기초자료로서 공사나 정부의 공식적인 견해와 관계없습니다.
- 우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

연구지원처 2020-102

공동주택 지하주차장의 방수성능 유지관리 개선방안 연구

A Study on the Improvement plans for
the maintenance of waterproofing performance on Underground
Parking Lot of Residential Building

참여연구진

연구총괄

이수규 책임연구원 · LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터

공동연구진

권석민 수석연구원 · LH 토지주택연구원 건설환경연구실

윤철주 차장 · LH 도시재생계획처 도심복합사업부

위탁연구진

(사)한국건축시공학회

배기선 연구교수 · 한양대학교 친환경건축연구센터

박연진 대표이사 · 씨드건설화학(주)

류화성 겸임교수 · 동양미래대학교

연구심의 및 자문위원(가나다순)

김영삼 책임연구원 · 한국건설생활환경시험연구원

김종엽 선임연구위원/센터장 · LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터

박진상 소장 · 한국신소재연구소

신홍철 센터장 · 한국건설생활환경시험연구원

이은철 사무관 · 경기도청 주택품질검수팀

전명훈 연구위원 · LH 토지주택연구원 건설환경연구실

전주영 연구위원 · LH 토지주택연구원 주택성능연구개발센터

최성민 상무 · (주)나비티엔씨

하현호 부장 · (주)부원건설

연구 요약

□ 연구배경 및 목적

- 공동주택 하자민원 중 약 10% 이상이 지하주차장에서 누수하자로 발생하고 있으며, 누수보수가 적용되고 있음.
- 하지만, 주변 환경 및 누수원인의 분석이 부족한 상태에서의 보수와 차량 이동으로 인한 반복하중, 누수 보수재의 열화 및 탈락 등으로 재누수가 발생하고 있으며, 이중적인 보수비용이 발생하고 있는 실정임.
- 이에 따라, 공동주택 지하주차장에서 발생하는 누수현황을 조사 및 분석하여 누수 상황에 맞는 적정 보수공법 및 유지관리 방안 마련이 필요함.
- 본 연구에서는 공동주택 지하주차장의 부위별 누수현황을 조사하여 원인을 분석하고 그에 따른 적정 보수공법을 제시함과 동시에 효과적인 지수성능 확보를 위하여 「자산 관리부문 유지보수공사 업무지침 임대주택 유지보수공사의 “연간 보수 계획 수립” 단계에 활용 가능한 보수방안 선정 프로세스를 제시하고자 함.

□ 누수 현황조사 및 결과분석

- 2001년부터 2017년 준공된 공동주택 10개단지에 걸쳐 지하주차장 누수현황을 조사함.
- 지하주차장의 외벽의 경우, 시멘트액체방수(4개 단지), 폴리머계 2종방수(3단지), 액체방수 1차 및 공간벽(2개 단지) 및 점착형 시트 외방수공법(1개 단지)의 방수공법이 적용되었으며, 상부슬래브는 시트방수(6개 단지)와 비노출 도막계방수(4개 단지)의 방수 공법이 적용되었음.
- 지하주차장 누수는 ① 슬래브, ② 균열(외벽), ③ 연결부, ④ 조인트, ⑤ 경사로, ⑥ 배관 누수 총 6가지의 부위로 분류되었으며,

구분	슬래브	외벽	연결부	조인트	경사로	관통배관	총계
발생(건)	121	133	198	41	39	20	552
%	21.92	24.09	35.87	7.43	7.07	3.62	100

- 누수현황 조사결과, 보와 기둥, 슬래브와 보 등 부재 간 연결되는 연결부 누수가 전체 552건 중 198건인 35.9%로 가장 많이 발생하였으며, 지상에 접한 슬래브 및 토양에 면한 외벽에서 누수를 동반한 균열이 24.09%인 133건 발생함.
- 이 외 끊어치기로 인한 시공조인트 부위에서 41건이 발생하였으며, 주차장 진입 경사로 하부 및 부재 관통배관 주변에서 각각 39건과 20건이 발생함.
- 지하외벽 및 외벽과 연결된 부재의 연결부위 누수는 상대적으로 높게 발생하고 있으며, 이러한 결과는 외벽방수의 미적용, 상부슬래브 방수재의 외벽 마무리 구간 (치켜올림부 미비 등)에서 원인이 있는 것으로 추정됨.
- 누수 균열부위에 대한 보수는 10개 단지 중 8개 단지에서 발포형 우레탄 수지계를 사용한 직접주입공법 적용이 적용되고 있으며, 상당부분 초기누수에 발포형 우레탄 수지계를 적용하고 있음.

□ 지하주차장 누수 원인분석

- 누수의 근본적인 원인으로는 지하주차장 지붕 구조물 상부에서 수분을 근본적으로 차단해야하는 방수층의 손상에 기인하는 것으로 분석됨.
- 이러한 관점에서 방수층 손상가능성과 관련된 내용, 즉 방수재의 점착성/접착성, 조인트 특성, 단차/수직부위에서 취약성, 보호층 및 비탕의 문제 등에 관한 검토결과를 제시함.
- 누수원인은 방수층의 손상에 있으며, 관련 영향요인에는 방수층이 시공된 후, 후속공정에 의한 방수층 손상, 보호콘크리트의 거동에 의한 방수층/조인트 손상 등으로 추정됨.
- 기타 간접적인 요인에는 주차장 상부구조물의 경사확보를 위한 단차처리, 놀이터와 같은 지상구조물 등이라고 판단됨.
- 공사 중 시공성을 높이기 위하여 주차장 구조물 신축에 도입된 테크플레이트, 하프 PC공법¹⁾, 형틀거푸집공법과 같이 철근-콘크리트 공법 도입 이외에도 불구하고 기존의 철근-콘크리트 구조의 방수설계개념이 그대로 적용된 것이 누수현상의 원인으로 분석됨.

1) PC공법 : 공장 등에서 형틀에 성형 제조한 철근 콘크리트 부재

□ 지하주차장 적정 누수보수 방안 제시

- 지하주차장의 누수균열을 포함하여 신축이음부위 누수, 관통배관 누수, 공간벽 누수 및 화단-동피트 연결부 누수 등 5가지 누수유형에 대하여 방수공법 검토부터 주입 공법 및 보수재 검토를 통한 적정 보수방안을 제시하였음.
- 슬래브, 외벽 및 관통배관의 경우 주입공법의 보수공법이 적정할 것으로 판단되며, 신축 이음부 및 누수량이 많고 범위가 광범위한 경우 유도배수가 적정할 것으로 판단됨.
- 누수균열에 대한 보수는 직접주입과 경시주입의 보수공법 적용이 적정할 것으로 보이며, 구조가 복잡한 부위 및 외벽의 경우 배면주입의 보수공법 적용이 적정할 것으로 판단됨.

□ 지하주차장 누수 보수방안 선정 통합 프로세스 제시

- 통합프로세스는 기존 보수공사 이력을 관리하는 “보수공사 품질관리”부터 유지관리를 위한 “누수 모니터링”, “적정 보수공법 방안 검토”, 그리고 각 단계의 자료를 통합 관리하여 적정 보수공법 개선 방안을 제시하는 “현안 통합관리”로 구성됨.
- “보수공사 품질관리”는 지하주차장 개보수공사 이력관리를 체크리스트를 활용하여 방수성능 및 보수 성능을 지속적으로 유지 및 관리할 수 있는 기본 자료를 확보하는 단계이며, “누수 모니터링”은 「전수조사」와 「직접조사」를 통해 정기적으로 진단 및 검사하는 단계로, 통합적인 유지관리를 위한 다양한 자료를 확보할 수 있음.
- “적정 보수공법 방안 검토”는 누수에 대응하기 위하여 지하주차장 누수원인규명, 신기술 발굴 및 보수공법 사후평가방안 등 효과적인 지수성능 확보를 위한 단계임.
- “현안 통합관리”는 앞서 언급된 3가지의 단계를 총괄하여 확보된 누수 및 유지보수 데이터를 바탕으로 적정보수공법을 유지보수공사의 “연간 보수 계획 수립” 및 “시행방법 검토” 단계에 제시하는 단계임.
- 각 단계에서 도출된 내용은 최종단계인 현안통합관리에 반영되어 환류되는 구조로, 「자산관리부문 유지보수공사 업무지침」 임대주택 유지보수공사의 “연간 보수 계획 수립”단계에 적용될 수 있을 것이라 판단됨.

차 례

제1장 서 론	3
1. 연구배경 및 목적	3
2. 연구내용 및 방법	4
2.1 국내외 공동주택 지하주차장 누수 보수공법 조사 분석	4
2.2 지하주차장 누수 현황조사 및 결과분석	5
2.3 지하주차장 누수 원인분석	5
2.4 적정 보수방안 검토 및 보수방안 선정 프로세스 제시	5
3. 연구보고서 구성	6
제2장 지하주차장 누수사례 및 보수공법 조사	9
1. 지하주차장 개요	9
2. 지하주차장 누수의 원인과 영향	10
2.1 지하주차장 누수의 개요	10
2.2 지하주차장 누수의 원인	10
2.3 지하주차장 누수의 영향	14
3. RC 구조물의 균열 누수피해 현황조사	15
4. 누수균열에 대한 보수공법 및 보수재의 요구 성능	18
5. 콘크리트 보수 관련 규격	23

5.1 국내 허용균열폭 규정	23
5.2 국외 허용균열폭 규정	26
6. 소 결	34
 제3장 지하주차장 누수 현황조사 및 결과분석	39
1. 지하주차장 누수 현장조사 개요	39
1.1 현장조사 계획	39
1.2 현장조사 범위	40
1.3 현장조사 내용	40
2. 단지별 지하주차장 누수 현황조사	41
2.1 (슬래브) 데크플레이트 접합부 누수	43
2.2 (슬래브) 지하주차장 램프 슬래브 하부 누수	44
2.3 (조인트) 공동구-외벽 시공조인트 누수	45
2.4 (조인트) 신축이음 조인트 누수	46
2.5 (연결부) 보-기둥 연결부 균열누수	47
2.6 (연결부) 슬래브-보-기둥 연결부 균열누수	48
2.7 (램프) 경사로 코너부	49
2.8 (균열) 외벽 누수균열	50
2.9 (균열) 계단실 내부벽 코너 누수	51
2.10 (배관) 관통배관 누수	52
2.11 (배관) 전기실 공간벽/저수조 누수	53

3. 단지별 누수 실태조사 결과분석	54
3.1 단지별 정보	54
3.2 단지별 적용 방수공법	55
3.3 적용 방수공법별 누수현황	56
3.4 부위별 누수 발생특성 분석	57
3.5 단지 경과 연수별 누수발생특성	58
3.6 단지별 누수 보수현황	59
4. 소 결	60
 제4장 지하주차장 누수원인 분석	65
1. 누수 원인분석 개요	65
2. 누수원인 검토 결과	65
2.1 방수시스템 관련 누수유발	66
2.2 지하수위에 따른 누수원인 분석	72
3. 소 결	93
 제5장 지하주차장 누수 보수방안 선정프로세스	97
1. 적정 누수보수방안 검토	97
1.1 누수보수방안 검토에 있어 고려사항	97
1.2 적정 누수보수방안 검토	98
1.3 적정 누수보수방안을 위한 단계별 검토	99
1.4 적정 누수보수방안 검토 결과	109

2. 누수부위별 보수 시공방안	110
2.1 누수균열 보수 시공방안	110
2.2 관통배관 누수 보수방안	113
2.3 신축이음부 누수 보수방안	114
2.4 공간벽 누수부위 보수공사방안	115
2.5 화단-동피트 주변부 누수 보수방안	116
3. 지하주차장 누수 보수방안 선정 프로세스	117
3.1 개요	117
3.2 단계별 환류 통합프로세스	118
4. 소결	126
 제6장 결 론	 131
 참고문헌	 139
 부 록. 단지별 누수현황 조사결과	 143

표 차례

[표 2-1] 누수균열의 분류 및 종류	11
[표 2-2] 지하구조물 누수균열 발생현황	16
[표 2-3] 지하구조체 주입 보수재의 분류	18
[표 2-4] 누수균열 보수공법의 특징	22
[표 2-5] 누수보수재의 종류와 누수균열 적용구분	24
[표 2-6] 철근콘크리트 구조물의 허용균열폭 $w_a(\text{mm})$	25
[표 2-7] ACI 224R-01의 환경조건에 따른 허용균열폭 규정	26
[표 2-8] CEB-FIP Code의 허용균열폭 규정	26
[표 2-9] 「콘크리트의 균열조사 보수·보강 지침」의 허용 균열폭 규정 ..	27
[표 2-10] 「콘크리트의 균열조사 보수·보강 지침」의 균열에 따른 보수공법의 분류	27
[표 2-11] Concrete Repair Manual 세션별 주요내용	28
[표 2-12] 콘크리트 보수·보강에 관련된 미국기준	30
[표 2-13] EN 1504 각 부분별 주요내용	31
[표 2-14] 유럽의 누수 보수기준	32
[표 3-1] 현장조사 단지 및 방수설계 개요	41
[표 3-2] 단지별 지하주차장 누수발생 현황	42
[표 3-3] 단지별 지하주차장에 적용된 방수공법	55
[표 3-4] 지상부 슬래브 방수공법별 누수발생현황	56
[표 3-5] 지하주차장 부위별 누수발생 현상	57
[표 3-6] 입주(준공)후 경과 연수 순으로 나타난 누수발생현황	58
[표 3-7] 단지별 누수 보수현황	59
[표 4-1] 공종별 방수시스템 요구품질 및 품질저하 원인	66
[표 4-2] 단지별 최저 기초저면서과 최고 지하수위 비교	72
[표 4-3] A단지 지반 표준관입시험 결과요약	74
[표 4-4] A단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질	74

[표 4-5] C단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질	76
[표 4-6] C단지 지반 표준관입시험 결과요약	77
[표 4-7] E단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질	79
[표 4-8] E단지 지하주차장 지층상태 및 특성	79
[표 4-9] F단지 지하주차장 지층상태 및 특성	81
[표 4-10] F단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질	81
[표 4-11] G단지 지하주차장 지층상태 및 특성	83
[표 4-12] G단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질	84
[표 4-13] H단지 지하주차장 지층상태 및 특성	87
[표 4-14] H단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질	88
[표 4-15] I단지 지하주차장 지층상태 및 특성	89
[표 4-16] I단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질	90
[표 4-17] J단지 지하주차장 지층상태 및 특성	91
[표 4-18] J단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질	92
[표 5-1] 현장조건을 고려한 주입공법 검토	106
[표 5-2] 주입공법 적용방안 검토결과	107
[표 5-3] 주입용 누수보수재료 적용성 검토	108
[표 5-4] 지하주차장 개보수공사 이력관리용 체크리스트	118
[표 5-5] 지하주차장 방수 유지관리 모니터링 방안	119
[표 5-6] 지하주차장 누수 관리대장	120
[표 5-7] 지하주차장 누수보수 관리대장	121
[표 5-8] 유지관리 환류 내용 및 수행방안	125



그림차례

[그림 2-1] 지하구조물 내면방수의 한계	13
[그림 2-2] 지하주차장 누수로 인한 주차공간 사용제한	17
[그림 2-3] 누수 균열의 환경 조건에 따른 요구 성능	18
[그림 2-4] 누수균열 보수공법	19
[그림 2-5] Procedure from the investigation of cracks to the application of repair and strengthening	33
[그림 3-1] 현장조사 계획도	39
[그림 3-2] 데크플레이트 접합부 누수부위 및 누수경로 개념도	43
[그림 3-3] 램프 하부슬래브 누수부위 및 누수경로 개념도	44
[그림 3-4] 공동구-외벽 시공조인트 누수부위 및 누수경로 개념도	45
[그림 3-5] 신축이음 조인트 누수부위 및 누수경로 개념도	46
[그림 3-6] 보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도	47
[그림 3-7] 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도	48
[그림 3-8] 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도	49
[그림 3-9] 외벽 균열 누수부위 및 누수경로 개념도	50
[그림 3-10] 계단실 내부벽 코너부 누수부위 및 누수경로 개념도	51
[그림 3-11] 관통배관 누수부위 및 누수경로 개념도	52
[그림 3-12] 전기실 공간벽 누수부위 및 누수경로 개념도	53
[그림 4-1] 세대동 공사 중 지하주차장 지상부 상황 및 지상부 슬래브 방수층 두께변화	67
[그림 4-2] 고무아스팔트 2중방수 시공사례	67
[그림 4-3] 시트계 방수층 수분이동에 따른 누수	68
[그림 4-4] 수직부위 시트방수 접합부 손상 사례 및 시트방수 접합부	69
[그림 4-5] 수직 단차부위에서의 방수층 손상/결함 발생 개념도	69
[그림 4-6] 방수층의 손상과 들뜸, 수분이동으로 누수부위 확산 개념도 ...	70

[그림 4-7] 단차부위 코너부 이상적인 방수 디테일	71
[그림 4-8] 단차부위 및 수직부위에서의 방수층 보강 개념도	71
[그림 4-9] A단지 지반 조사위치도	73
[그림 4-10] A단지 지하주차장 지층단면도(H-10, 11, 23)	75
[그림 4-11] C단지 지하주차장 지층단면도	77
[그림 4-12] E단지 지하주차장 - 지하수위 최근접 지층단면도	78
[그림 4-13] F단지 지하주차장2 지층단면도	80
[그림 4-14] G단지 지하주차장 지층단면도	84
[그림 4-15] H단지 지하주차장 지층단면도	87
[그림 4-16] I단지 지하주차장 지층단면도	89
[그림 4-17] J단지 지하주차장2 지층단면도	91
[그림 5-1] 적정 보수공법 검토 프로세스	98
[그림 5-2] 누수보수를 위하여 적용할 수 있는 공법의 종류	99
[그림 5-3] 누수균열 보수공법	103
[그림 5-4] 적정 보수공법 검토 Process 및 검토결과	109
[그림 5-5] 누수균열 : 슬래브-보 일반 부위	110
[그림 5-6] 누수균열 : 슬래브-보-기둥 연결부 누수 및 누수개념도	111
[그림 5-7] 누수균열 : 외벽 관통형 균열 부위	111
[그림 5-8] 누수균열 : 데크슬래브-외벽-보 연결부위	112
[그림 5-9] 균열형 누수공사 플로우	112
[그림 5-10] 관통배관 누수경로 개념도 및 보수공사 플로우	113
[그림 5-11] 관통배관 누수보수공사 시공법 상세도	113
[그림 5-12] E/J 조인트 누수경로 개념도 및 보수공사 플로우	114
[그림 5-13] 공간벽 누수부위 사진 및 누수경로 개념도	115
[그림 5-14] 공간벽 누수보수공사 플로우	115
[그림 5-15] 화단주변 누수 개념도 및 관련부위 사진	116
[그림 5-16] 동피트 내부 누수보수공사 플로우	116
[그림 5-17] 지하주차장방수 유지관리업무와 환류 통합프로세스 방안 ...	117

제 1 장 서 론

LAND
HOUSING
INSTITUTIONS

&

제 1 장 서 론

1. 연구배경 및 목적

- 최근 5년간 세종특별자치시 공동주택 민원현황 총 210건 중 지하주차장을 포함한 공동주택 누수민원이 9%를 차지하고 있음²⁾.
 - * 마감시설 불량: 84건(40%), 설비소음: 29건(14%), 결로: 28건(13%), 누수: 19건(9%)
- 2017년 LH공사 공공주택사업처 ‘주택 방수공법 품질강화 방안’³⁾에 따르면, ‘16년 준공된 31개 지구 준공검사 결과, 전체 31개 지구 중 14지구(45%)에서 슬래브 및 외벽 누수가 발생하였으며, 14지구 지하주차장에서 발생한 슬래브 누수와 외벽 누수는 전체 누수 중 35%와 19%임.
- 또한, 방수분야 종사자 54명을 대상으로 한 설문결과⁴⁾, 지하부위 중 누수가 가장 빈번히 발생하는 구조부위는 외벽과 바닥으로 누수발생빈도는 각각 77.8%와 11%임.
 - * 지하주차장 대표적 누수유형: 외벽누수(시공이음부, 균열부, 폼타이부), 유도배수 미흡(트렌치 구배설정 및 배수로 침적·막힘), 방수층 손상(균열 및 방수층 들뜸, 파단)
- 지하주차장 발생된 누수하자 대응으로 직접주입공법, 유도배수공법 등 보수공법이 적용되어 처리되고 있지만, 보수 후 재누수 여부 등에 대한 조사로 기존 보수재 및 보수공법에 대한 효과평가가 미비한 실정임.
- 누수에 대하여 보수공법이 적용되고 있지만, 차량의 지속적 이동, 일시적 정지 및 출발과 같은 반복하중으로 누수 보수재가 열화 및 탈락되어 재누수 발생 가능성이 커짐

2) 한지혜, “새 아파트 천국 세종시, 하자보수는 ‘지옥’”, 『세종포스트』, 2016. 9. 13.

3) 한국토지주택공사(2017), 「주택 방수공법 품질강화 방안」

4) 이정훈, 안기원, 송제영, 김수연, 오상근(2016), “공동주택 지하부위의 누수 현황과 문제점-방수관계자 설문 조사를 중심으로”, 『한국구조물진단유지관리공학회 봄 학술발표 논문집』, pp. 388-389.

- 재누수 발생 시 구조물의 내구력 저하 이외에, 지하주차장 사용성 저하, 누수로 인한 차량 손상 등의 문제가 발생하며 추가적인 시공비용이 발생함.
- 이러한 재누수로 인하여 발생하는 문제점을 최소화하기 위하여 기존 누수하자를 보수한 현장의 실질적 자료가 필요하나, 공동주택의 누수하자는 준공 시 조사되어 재누수에 대한 통계가 극히 부족한 상태임.
- 따라서 누수하자가 발생한 공동주택 지하주차장을 대상으로 재누수 여부를 조사하여 재누수 발생원인을 파악하고 분석하여 누수하자에 대한 보수공법의 적용 방향 제시가 필요함.

2. 연구내용 및 방법

- 본 과제 of 주요 연구내용은

- ① 국내외 공동주택 지하주차장의 누수 보수공법 조사 및 분석
- ② 현장조사를 통한 지하주차장 누수 현황조사 및 원인분석
- ③ 누수현황조사 및 원인분석을 통한 한계점 도출 및 적정 보수방안 제시
- ④ 현장조사결과를 기반한 방수성능 유지관리 매뉴얼 제시

으로 구분되며, 자세한 연구내용 및 방법은 아래와 같음.

2.1 국내외 공동주택 지하주차장 누수 보수공법 조사 분석

- 국내외 공동주택 지하주차장 누수 보수 관련 규격 및 문헌 조사
 - 보수공법: 주입공법(직접주입, 경사주입, 배면주입, 방수층재형성), 유도배수공법
 - 국내기준: 누수보수 공사, 콘크리트구조 사용성 설계기준
 - 국외기준: 미국(ACI 224), 유럽(CEB-FIP code), 일본(콘크리트 균열조사 보수 보장 지침 및 콘크리트 건축물의 내구성 향상기술)

2.2 지하주차장 누수 현황조사 및 결과분석

- 현장조사를 통한 지하주차장 누수실태 조사
 - 방수설계 및 누수부위별 누수 및 재누수 발생여부 조사
 - 주변 환경을 고려한 누수부위, 누수원인 및 누수경로 조사
- 조사결과를 통한 누수 결과분석
 - 부위별 누수 실태조사 결과분석

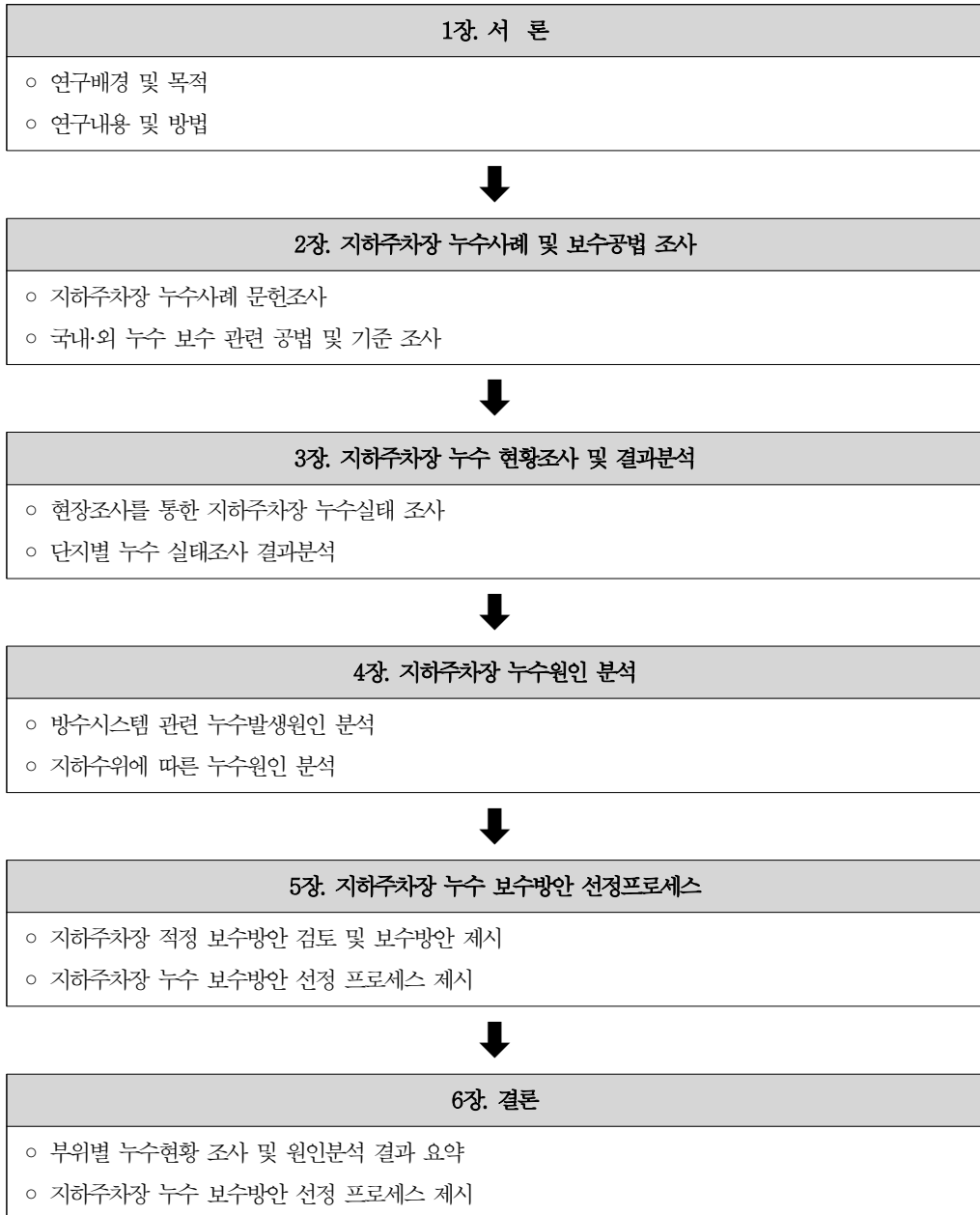
2.3 지하주차장 누수 원인분석

- 방수시스템 관련 누수발생 원인분석
- 지하수위에 따른 누수원인 분석

2.4 적정 보수방안 검토 및 보수방안 선정 프로세스 제시

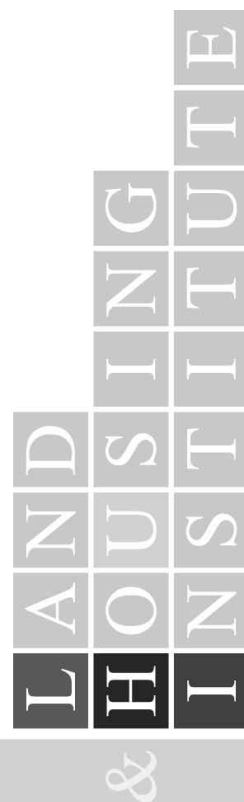
- 지하주차장 적정 보수방안 검토 및 보수방안 제시
 - 누수 부위별 적정 누수보수 방안 검토
 - 누수 부위별 보수 시공방안 제시
- 누수 보수방안 선정 프로세스 제시
 - 단계별 환류 통합 프로세스 제시

3. 연구보고서 구성



제 2 장

지하주차장 누수사례 및 보수공법 조사



제 2 장 지하주차장 누수사례 및 보수공법 조사

1. 지하주차장 개요

- 급격한 경제성장과 더불어 급속한 도시화는 인구집중 및 지상건물의 과잉 건설로 인한 주거, 교통문제 및 환경문제를 유발함.
- 혼잡한 도시의 환경을 재정립하고 이러한 문제들을 해결하기 위한 하나의 대안으로 다양한 기반시설 및 상가 등을 지하공간에 건설하기 시작함.
- 1980년대 공동주택은 저밀도로 대다수 공동주택이 지상부의 주차공간을 확보하였으나, 급속한 도시화와 공동주택의 고층화로 인하여 단위면적당 세대수와 차량대수*가 증가함에 따라 지하공간을 지하주차장으로 개발하기 시작함.
* 1997년 7월 1,000만대, 2010년 1,800만대, 2019년 2,368만대가 등록됨
- 또한, 최근 건설하는 공동주택은 보행자와 자동차의 동선을 분리하고 단지 내 옥외공간의 질을 향상시키기 위하여 지상부는 녹지 및 보행공간으로 건설하고 있음⁵⁾.
- 최근 건설되는 공동주택 지하주차장은 지하공간의 효율성을 높여 주차공간을 확보할 수 있고, 세대에서 지하주차장으로 바로 연결되어 입주민의 주거 만족도를 향상시킬 수 있는 통합형주차장(주동 통합형 주차장)형태로 설계되고 있음.
- 하지만 이런 통합형 주차장은 지하공간의 활용성 및 시공성 증대의 장점을 보이나, 지하주차장이 하나의 커다란 댐 역할을 하여 경사지 내지는 지하수 흐름에 영향을 줄 경우 댐-현상에 의해 구조물 침하 또는 지하주차장 내 누수로 이어질 수 있음⁶⁾.

5) 김기혁, 한민근(2012), “구조방정식을 이용한 아파트 단지의 주차장 부위별 이용만족도에 관한 연구”, 「대한토목학회논문집」, 32(3), 197-203.

6) 오상근, 최성민, 송제영(2014), “공동주택 지하주차장의 누수원인 분석 및 보수방안 검토”, 「한국건설순환자원학회논문집」, 2(3), 255 ~ 264.

2. 지하주차장 누수의 원인과 영향

2.1 지하주차장 누수의 개요

- 누수란 방수층 또는 바탕면의 결함으로 인하여 콘크리트 구조체에 발생하는 틈새 (균열, 폼타이 구멍, 시공조인트, 접합부, 관통부, 기타 결함부 등)를 통하여 구조체의 내부 또는 외부로 수분이 통과하는 현상을 말하며, 물, 압력과 간극 3가지 요인이 복합적으로 작용할 때 발생함.
- 지하주차장의 주요 발생부위는 지하주차장 외벽, 지상부 슬래브, 바닥 슬래브, 이질재 연결부인 신축이음부, 계단실, 차량 입구 램프 등임.

2.2 지하주차장 누수의 원인

- 지하수 및 토양에 접해있는 지하주차장의 지형적 특성상 상시 수분이 내부로 유입될 수 있는 상태이며, 우기 시 집중호우로 인한 지하수위 상승은 지하주차장 외측부의 수압상승을 야기함.
- 지하주차장은 현장에서 시공과제 중 발생하는 이어치기부, 신축이음부, 폼타이 구멍, 이질재 접합부 및 균열 등 간극의 존재로 인하여 구조체의 완전한 수밀성을 기대하기 어려움.

1) 화학적 · 물리적 요인에 의한 방수층 손상

- 토양에 상시 접해있는 지하주차장 외측부는 산 및 황산염에 상시 노출되어 있어 화학적 침식으로 인하여 콘크리트의 성능저하가 발생할 수 있음.
- 황산의 유해이온은 콘크리트 내부에 침투하여 시멘트 수화물인 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)과 규산칼슘수화물(C-S-H)과 반응하여 석고(콘크리트 체적 대비 1.2~2.2배)를 생성하며, 생성된 석고와 C_3A 의 2차 반응을 통해 에트린자이트(콘크리트 체적 대비 2~7배)를 생성함으로써 콘크리트 내구성 저하 및 균열을 야기함⁷⁾.

- 또한 시멘트 수화생성물 중 C-S-H상과 모노설페이트(AFm)상은 염소이온과 화학적, 물리적 흡착하여 콘크리트 내부 철근부식을 유발하며, 부식된 철근의 체적의 증가하여 결국 균열을 발생시키게 됨⁸⁾.
- 콘크리트의 화학적 열화와 더불어, 지하주차장 시공 시 발생할 수 있는 건조수축 등과 같은 재료적 균열과 시공조인트 균열, 온도변화에 따른 수축 및 팽창으로 인한 균열, 과하중에 의한 균열 등 물리적 균열이 발생할 수 있음.

[표 2-1] 누수균열의 분류 및 종류

분 류	정 의	주 요 균 열
비구조적	구조물의 안정성에는 영향을 미치지 않으나, 사용성 및 내구성 저하를 초래할 수 있는 균열	· 소성수축균열 · 건조수축균열 · 수화열에 의한 수축균열
구 조 적	구조물이나 구조부재에 재하된 사용하중에 의해 발생한 균열	· 설계오류에 의한 균열 · 시공하중에 의한 균열 · 시공불량에 의한 균열

□ 비구조적 균열(재료적 측면)

- 지하주차장 시공 중 80% 이상을 차지하는 비구조적 균열은 굳지 않은 콘크리트의 수분 증발로 인한 건조수축과 시멘트의 수화반응 이후 체적이 감소하는 소성수축으로 인해 발생하는 균열임.
- 소성수축균열은 타설된 미경화 콘크리트가 건조한 바람이나 고온 저습한 외기에 노출되었을 때 급격히 증발 건조됨. 블리딩에 의하여 아래에서 위로 공급되는 수분보다 표면에서 증발하는 수분의 양이 많으므로 콘크리트 표면에 균열이 발생함. 이때 소성수축으로 시멘트 페이스트의 절대체적의 1% 정도가 감소함.

7) 배수호, 박재임, 이광명(2010), “콘크리트의 황산 및 황산염 침투 저항성에 미치는 광물질 혼화재의 영향”, 『콘크리트학회 논문집』, 22(2), 219-228.

8) 윤인석(2017), “C-S-H 상의 염소이온 흡착 메커니즘 규명을 위한 반응 작용 실험”, 『콘크리트학회 논문집』, 29(1), 65 ~ 75.

- 건조수축균열은 타설 초기에 시멘트 페이스트의 체적이 감소하며 수축균열이 발생하는 현상임. 콘크리트의 경계가 구속되지 않은 상태에서 건조수축이 발생한다면 수축균열이 발생하지 않지만, 지하주차장은 외벽 및 슬래브 또는 콘크리트 내부의 보강철근 등에 의해 구속을 받음.
- 이와 같은 수축과 구속의 조합에 의하여 콘크리트 내부 인장응력이 발생하며, 인장강도를 초과하는 인장응력 발생 시 콘크리트에 균열을 야기함.
- 수화열에 의한 수축균열은 콘크리트 내 시멘트와 물의 화학반응으로 내·외부 온도차 의해 온도 균열이 발생하는 현상임. 수화열에 의하여 발생한 인장응력은 경화 후 잔류응력으로 남게 되어 콘크리트 구조물에 균열을 발생시키고, 이로 인하여 구조물의 내구성 및 방수성 등이 저하됨.

□ 구조적 균열(구조적 측면)

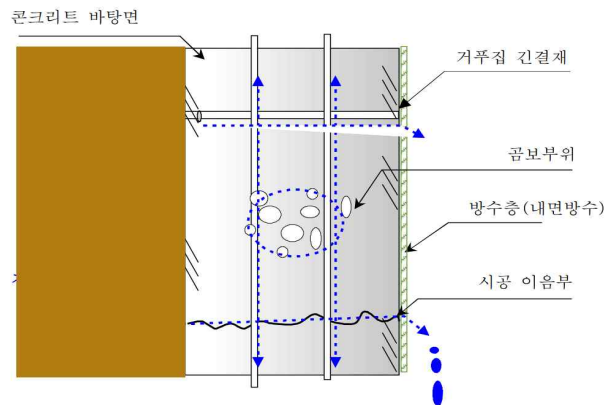
- 설계오류에 의한 균열
 - － 부재 특성 및 전체 구조체의 거동 특성에 대한 이해도 부족으로 인한 응력집중 또는 구조 일체성의 결여 등에 의하여 발생하는 균열.
- 시공하중에 의한 균열
 - － 지하주차장의 경우 공동주택 건설 초기에 시공되고 지상부가 시공된 후 마무리 되기 때문에 중장비의 자중 및 사용하중을 받게 됨.
- 시공불량에 의한 균열
 - － 작업성 향상을 위하여 콘크리트에 첨가된 물은 콘크리트의 재료분리를 증가시키고 콘크리트 건조수축을 증가시킴과 동시에 강도를 저하시킴.
 - － 과도한 시멘트 함량은 과다 수화열을 발생하여 온도균열을 야기함.
 - － 콘크리트 타설 후 충분한 습도가 공급되지 않은 경우 시멘트와의 수화반응이 원활하지 않아 강도발현이 저하되며, 낮은 강도에서 수축이 증가함.
 - － 또한, 거푸집 지주 설치의 불량 및 거푸집 존치기간 미준수, 부적당한 다짐 등 여러 요인이 콘크리트에 균열을 발생시킴.

2) 구조체 내 간극의 존재로 인해 수밀성능 저하

- 지하에 설치된 지하주차장은 지하수의 흐름을 차단하는 Dam-up효과를 일으켜, 상류측의 지하수위 상승과 하류측의 지하수위 저하를 야기함. 이러한 현상은 상류측 영향권 내 지하수위 상승으로 인한 구조물 균열 발생과 하류측 지반의 압밀침하 유발로 인한 구조물 균열을 야기할 수 있음⁹⁾.

3) 지하구조물 방수공법의 문제점

- 내면방수(내방수)의 한계 및 문제점
 - － 내면방수는 구조물 내부에 방수층(시멘트모르타르 방수 및 이중벽 또는 배수판)을 형성하는 공법으로 구조물의 관통균열을 통한 외부로부터 유입되는 침투수를 원천적으로 차단하지 못하는 구조임.
 - － 시공 상에서 발생하는 쿨드조인트, 시공이음, 폼타이부의 균열을 통해 유입된 침투수에 의한 구조물의 내구성 저하를 방지하는데 한계가 있음.
 - － 콘크리트 내부 공극 및 철근의 배근경로를 따라 이동하는 수분에 의한 구조물 내부 습도 증가로 인해 구조물 내부에 결로 발생의 환경을 조성할 수 있음.



[그림 2-1] 지하구조물 내면방수의 한계

9) 이후관(1992), “특집 - 물과 건축 : 물과 구조체(Influence of Water on Structures)”, 『건축』, 36(2), 72 ~ 79.

2.3 지하주차장 누수의 영향

○ 콘크리트 구조체 열화

- 콘크리트의 열화란 대기 중의 이산화탄소(CO_2)에 의한 화학반응으로 콘크리트 내부의 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)이 탄산칼슘(CaCO_3)으로 변화하는 현상을 말함.
- 대기 중의 이산화탄소와 더불어, 토양 속 약산성부터 중성인 pH 3 ~ 9의 수분이 콘크리트 공극을 타고 내부로 이동하면서 시멘트의 강알칼리성인 콘크리트가 중성화되며 강알칼리성에 의해 보호받고 있던 철근의 부식이 진행됨.
- 철근의 부식은 철근의 강성 저하뿐만 아니라, 철근단면의 부피가 팽창하여 주변 콘크리트의 균열을 발생시킴.

○ 결로 곰팡이 등 주거환경 저해

- '14년 이후 설계된 공동주택의 외벽은 전면 외방수가 적용되어 외부에서의 원천적 수분유입이 차단되지만, 시공성 및 공기 연장에 따른 경제성을 고려하여 바닥은 기존 배수판을 통한 유도처리공법을 적용하고 있어 외부수의 유입을 부분적으로 허용하고 있음.
- 유입된 외부수는 지하주차장 내부 습도를 증가시켜 여름철 지하주차장 내·외부 온도차에 의한 외벽 결로가 발생함.
- 결로의 발생은 외벽 곰팡이로 인한 미관상 문제를 야기할 뿐만 아니라, 벽면 결로수에 의한 입주민의 감전사고, 누전으로 인한 화재발생 및 과 바닥 결로수에 의한 입주민의 낙상사고로 이어질 수 있어 안전상 문제가 발생함¹⁰⁾.
- 지하주차장 상부 관통균열 및 조인트의 간극을 통해 유입된 석회질 누수수는 주차된 차량 상부도장면에 손상을 주며, 누수로 인한 주차장 사용불가에 따른 불편함을 초래하고 있음.

10) 오상근(2015), “공동주택 지하구조물의 누수예방 법제도 도입 및 설계표준 정립”, 「건축」, 59(9), 52 ~ 57.

- 지하수위 저하로 인한 지반침하 및 싱크홀 유발^{11),12)}
 `14년 이전 설계된 공동주택의 경우 지하주차장 외벽설계를 액체방수 및 공간벽인 유도처리공법을 적용하였음. 이는 조인트 및 균열로 인한 간극으로 부터의 외부 유입수를 일부 허용하는 설계임. 이러한 외부 유입수의 누수로 인하여 지하주차장 주변의 지하수위가 낮아지면서 지하수위가 유출되어 빈 공간이 발생하여 결국 지반침하 및 싱크홀을 유발함.

3. RC 구조물의 균열 누수피해 현황조사

- 누수균열은 상시 침입수 또는 습기와 같은 물에 노출되어 있으며, 물에 포함된 다양한 화학적 성분 등 다양한 환경 요인에 노출되어 있는 균열임.
- 누수균열은 방수부위와 비방수 부위로 구분할 수 있음¹³⁾.
- 방수부위의 누수균열은 콘크리트 모체를 도포하고 있는 방수층 구성재료의 열화로 인해 침투된 물이 관통 균열을 통해 누수로 이어짐.
- 비방수부위의 누수균열은 직접적인 물의 사용이 없이 방수공사를 실시하지 않은 구조물의 외벽이나 바닥의 관통균열 또는 이와 유사한 균열 틈새 부위로 새어 나오는 누수로써, 철근콘크리트 구조물에서 발생하는 균열을 통해 유입된 수분이 내부 공극, 균열 및 철근의 배근경로를 따라 이동하여 관통균열로 새어 나오는 누수임.
- 따라서, 철근부식 및 콘크리트 중성화로 인한 구조물의 내구성 저하를 방지하기 위해 누수균열의 발생 원인을 파악하고 이에 상응한 누수 및 균열보수 계획을 수립하여 신속히 조치하여야 함.

11) 박인준(2015), “방재정보-싱크홀 현황과 그 대책”, 『Disaster Prevention Review』, 17(2), 64-72.

12) 이후관(1992), “특집 - 물과 건축 : 물과 구조체(Influence of Water on Structures)”, 『건축』, 36(2), 72 ~ 79.

13) 김옥규. (2012). ‘공동주택 하자 판정기준 및 조사방법 마련을 위한 연구용역’, 『한국시설안전공단』

□ 지하주차장의 균열 누수피해 현황조사¹⁴⁾

○ 지하주차장 균열누수는

- ① 보-기둥 또는 슬래브 및 보 등 부재간 연결부
- ② 슬래브, 보, 외벽 주변
- ③ 시공조인트(공동구 외벽)
- ③ 램프 하부측
- ④ 계단실 및 전기실 코너부
- ⑤ 신축이음부(Expansion Joint)
- ⑥ 관통배관

에서 주로 발생하고 있으며, 대표적인 수평부재 및 수직부재에 대한 균열유형을 아래 [표 2-2]에 나타내었음.

[표 2-2] 지하구조물 누수균열 발생현황

부재	균열유형			균열현황
	균열유형	균열현상	균열기호	
수평부재 (슬래브)	누수균열	S4	A9	
	누수균열	S4	A9	

14) 권석민, 이범식, 전명훈, 박종배, 김성민, 김영민(2018), "LH건축물 균열저감을 위한 스마트 콘크리트 적용방안 연구", 「토지주택공사 토지주택연구원」, pp. 39 ~ 41

[표 2-2] 지하구조물 누수균열 발생현황(계속)

부재	균열유형			균열현황
	균열유형	균열현상	균열기호	
수직부재 (외벽)	수직누수균열	W5	B10	
	수평누수균열	W5	A9	

- 2008. 7. 준공한 아파트 지하2층 주차장에 차량을 주차하였다가 지하1층 바닥(지하2층 천정)에서 누수된 석회수로 인하여 차체 훼손 피해를 입어 수리비 배상을 요구함¹⁵⁾.
- 지하주차장 누수로 인한 주차구역 통제로 거주민의 불만이 증폭됨¹⁶⁾.
- 지하주차장 슬래브 누수로 인한 곰팡이 및 악취로 입주민의 피해 증폭됨¹⁷⁾.



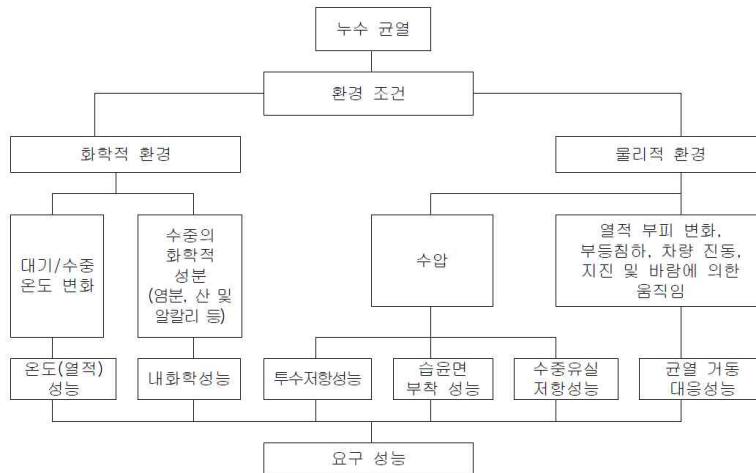
[그림 2-2] 지하주차장 누수로 인한 주차공간 사용제한

15) 한국소비자원, <http://www.kca.go.kr/odr/index.jsp>

16) 이욱호(2018), “산성역 환승공영주차장 누수로 주차 구역 통제...시민 불만 증폭”, 02.19. (<http://www.goodtms.net/news/articleView.html?idxno=51680>)

17) 배경환(2018), “춘천더#, 입주 후 끝없는 불협화음”, 08.19., (http://m.newsprime.co.kr/section_view.html?no=61137)

4. 누수균열에 대한 보수공법 및 보수재의 요구 성능¹⁸⁾



[그림 2-3] 누수 균열의 환경 조건에 따른 요구 성능

□ 누수균열에 대한 보수재료

보수균열은 상시 물(침입수, 습기)과 다양한 환경조건(물의 온도, 습도, 수압, 유속, 수질, 차량 진동 및 구조체 거동 등)에 노출되어 있으며, 이러한 조건의 복합적인 영향을 받는다. 이에 보수재료 선정에 있어 [표 2-3]에 나타난 화학적 영향 및 물리적 영향에 대한 요구 성능을 검토하여야 함.

[표 2-3] 지하구조체 주입 보수재의 분류

구 분	화학적 영향		물리적 영향			
보수재료	온도 안정 성능	내화학 성능	투수저항 성능	습윤면 부착 성능	수중 유실 저항성능	균열 거동 대응성능
아크릴계 주입재	○	○	○	○	○	○
수성계 시멘트 주입재	△	○	○	○	—	—
에폭시수지 주입재	△	△	○	△	△	—
폴리우레탄 주입재	○	—	△	○	○	△
합성고무계 겔 주입재	○	○	○	○	△	○

○: 적용가능, △: 적용 가능하나 구조물 환경과의 적합성 검토 필요,

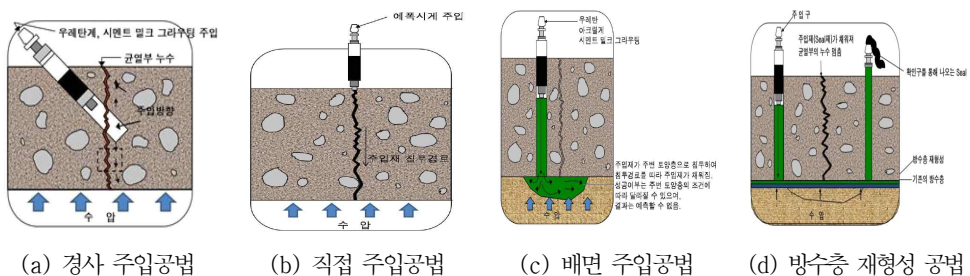
—: 표준 외(추천하지 않으나 사용자의 책임으로 적용 가능함)

18) 국토교통부, 2016, 「공동주택 지하구조물 누수예방을 위한 방수 설계 가이드라인」

- (온도 안정 성능) 주변의 반복적인 온도 변화에 따른 누수균열의 수축·팽창 변형에 장기적으로 대응할 수 있는 성능
- (내화학성능) 화학적 침식 환경(산, 알칼리, 염수, 수산화칼슘 또는 이산화탄소 등)에서의 대응 능력 유지 및 장기적 화학 침식에 저항할 수 있는 성능
- (투수저항성능) 보수재료 주변의 수압 및 수량변화에 의해 장기적으로 수밀을 유지하는 성능
- (습윤면 부착성능) 고체 또는 액체(겔) 상태에서 누수균열 표면에서 장기적으로 부착력을 유지하는 성능
- (수중 유실 저항성능) 지하수 또는 침입수의 수압이나 유속에 의해 장기적으로 유실되지 않는 성능
- (균열 거동 대응성능) 온도변화에 따른 수축·팽창 및 진동에 의한 바탕체 또는 균열 거동에 대한 대응 성능

□ 누수균열에 대한 보수공법

- 누수균열에 적용되는 보수공법은 지수효과를 확보하여야 하며, 일회성이 아닌 지속적으로 효과를 유지하여야 하며, 보수재의 비용 및 사용시간을 고려하여 적정 보수재를 사용하여야 함.
- 누수균열 보수공법으로는 주입공법과 방수층 재형성 주입공법으로 분류됨.



[그림 2-4] 누수균열 보수공법

□ 주입공법

- 직접 주입공법은 균열이 발생한 콘크리트 바탕체에 구멍을 내어 보수재료 주입관을 설치하고, 주입관을 통해 보수재료를 주입하여 균열틈새를 충전하는 공법임.
- 주입공법은 경시주입공법, 직접 주입공법, 배면 주입공법으로 구분할 수 있음.
- 경시주입공법은 콘크리트 모체로부터 콘크리트 두께의 절반만큼 떨어진 위치에서부터 균열 중간부분에 닿을 때까지 천공 후, 설치된 주입관으로 통해 보수재료 (폴리우레탄계, 아크릴레이트계, 시멘트계)를 주입하여 균열을 충전하는 공법임.
- 경시주입공법 시공 시 주입재가 균열 틈새에 완전히 충전되지 않는 경우가 있고, 재료에 따라 균열 거동력의 영향으로 보수재가 손상될 수 있으므로 시공 후 유지관리에 유의하여야 함.
- 직접 주입공법(수직압력 공법)은 보수재가 중력 또는 일정압력에 의하여 균열 틈새로 주입되어 균열을 매움으로써 누수를 차단하는 공법임.
- 직접 주입공법은 수직계 주입재를 이용한 공법으로, 보수재가 완전히 균열을 채우지 못하는 경우가 발생할 수 있으며, 일정압력으로 인하여 균열을 확대시키는 문제가 발생할 수 있으므로 시공 후 유지관리에 유의하여야 함.
- 배면 주입공법은 누수를 동반한 균열이 발생한 콘크리트를 관통하게 천공하여 구조체 배면의 흠에 물과 반응하여 경화하는 보수재를 주입하여 콘크리트 균열을 메우고, 차수막을 형성하여 물의 진입을 차단하는 공법임.
- 보수재를 토사 내부로 침투시켜 차수막을 형성하는 공법으로 배면의 빈 공간 상태 및 흠의 상태에 따라 주입방법 및 보수재료 사용량을 조정하여야 함.
- 배면 주입공법은 구조물 배면의 흠에 보수재를 주입하는 공법으로 보수재가 완전하게 경화하기 전에 주변에 영향에 의해 유실되어 차수효과가 저감될 수 있으며, 수직 균열은 상부부터 바닥까지 보수재가 완전히 채워지지 못하여 완전한 지수효과를 확보하지 못할 수 있으므로, 시공 시 유지관리에 유의하여야 함.

□ 방수층 재형성 공법

- 방수층 재형성 주입공법은 균열이 발생한 콘크리트 주변을 수직으로 관통하게 천공하여 균열이 발생한 콘크리트와 기존 방수층 사이 손상된 공간에 보수재를 주입하여 방수층을 형성함으로써 기존 방수층의 성능을 회복하여 누수를 차단하는 공법임.
- 방수층과 콘크리트 비탕체의 틈새, 방수 보호층과 방수층의 사이 틈새까지 구멍을 뚫어 보수재를 주입하고, 틈새를 채운 보수재는 역류 확인 구멍을 통하여 분출되어 방수층의 재형성을 확인할 수 있음.
- 방수층 재형성 공법에 사용되는 보수재는 배면 방수층의 존재여부에 따라, 방수재 층이 존재할 경우 수용성 아크릴 겔 주입재, 수용성 시멘트 주입재 및 합성고분자 겔 주입재를 이용하며, 배면에 방수층이 없을 경우 우레탄계 주입재, 시멘트계 주입재를 사전에 주입하여 차수층을 형성한 후 차수층과 구조체 틈새에 보수재를 주입하여 방수층을 형성함.

□ 각 누수균열의 보수공법을 아래 [표 2-4]¹⁹⁾에 정리하였음.

19) 김옥규 외 12인(2012), “공동주택 하자판정기준, 조사방법 및 하자보수비용산정기준 마련을 위한 용역”, 「(사) 한국건설관리학회」, pp. 162.

[표 2-4] 누수균열 보수공법의 특징

보수공법	보수재료	특징	장점	단점
주입 충진 공법	시멘트계	· 경질형 재료인 시멘트 페이스트를 충전제로 사용함. · 폴리머시멘트슬러리게 (초미립자(최대입경: <16μm) + 폴리머디스퍼존) 개발로 0.05mm 균열에 적용 가능함	· 열팽창률이 콘크리트와 유사함 · 습윤 상태에서 접착성이 우수함	· 경화시 건조수축, 유연성부족, 수중 불경화 등 거동 및 진동 영향 시 균열 주입재 파손 가능
	아크릴수지계	· 아크릴산 중합체로 공장에서 1성분형계 재료로 생산됨	· 수화반응하여 젤리형태로 점성을 가지며 차수성을 가짐	· 주입후 재료강도 저하로 균열 거동시 파괴가 발생 · 습윤상태에서 부착력 저하
	에폭시수지계	· 아민과 폴리아마이드등의 합성수지 성분으로 구성으로 경화제의 화학반응으로 고강도, 고접착 성능을 가짐	· 흐름성이 좋아 0.05mm 균열 폭까지 적용 가능함	· 균열 내부가 습윤상태시 경화불량으로 부착력이 저하 · 콘크리트에 비해 큰 열팽창계수로 균열 및 유연성이 부족함
	우레탄수지계	· 소수성의 팽창성 독립기포를 형성하는 발포형 재료 · 친수성의 겔을 형성하는 응결형 재료가 있음	· 소수성 발포형 주입으로 물의 흐름을 일시적으로 차단함 · 약간의 유연성으로 균열 폭 거동에 대응 가능함	· 발포체 내 많은 기포형성으로 균열 거동에 따라, 압축이완과정 반복시 주변 물을 흡수·발산하므로 보수효과 지속력이 낮음
	합성고무계	· 고분자수지(고무, 아스팔트)와 무기계 (벤토나이트) 성분을 융합, 결합시켜 생산함	· 연성이 우수하며, 물과 접촉시 팽창하여 습윤면 부착이 가능, · 균열거동에 대응이 가능함	· 비경화형 유연성 재료로, 수중에서 유실 가능성 있음.
방수층 재형성	아크릴주입제	· 균열이 발생한 콘크리트 주변을 수직으로 관통하게 천공하여 균열이 발생한 콘크리트와 기존의 방수층 사이에 틈새에 보수재를 주입하여 방수층을 형성함으로써 기존 방수층의 성능을 회복하여 누수를 차단하는 공법	· 배면부에 유동수가 존재하는 환경에서 시공가능 · 기존 방수층을 제거하지 않고 시공가능 · 보수재 주입 후 즉시 지수효과 확인가능	· 주입후 재료강도 저하로 균열 거동시 파괴가 발생 · 습윤상태에서 부착력 저하

5. 콘크리트 보수 관련 규격

5.1 국내 허용균열폭 규정

□ 누수보수 공사(KCS 41 40 17, Korean Construction Specification)²⁰⁾

- 누수보수 공사 표준시방서는 건설구조물(공동주택 지하주차장, 지하차도, 공동구 등)의 콘크리트 구조체에 있어서 방수시공 이후 방수층의 성능저하, 구조체의 균열 거동에 의한 방수층 손상 등으로 나타나는 누수에 대하여 주변 환경 조건에 적합한 보수재료 및 공법을 활용하여 효과적인 보수 결과를 얻기 위하여 누수보수재의 종류 및 적용, 누수균열의 환경조건, 자재, 시공법 등을 규정하고 있음.
- 지하구조물의 누수 보수재료의 요구 성능은 누수 균열에 작용하는 화학적 영향, 물리적 영향, 수질에 미치는 영향으로 구분하며
 - － 화학적 영향 : 온도의존 성능 및 내화학 성능
 - － 물리적 영향 : 투수저항성능, 습윤면 부착성능, 수중유실 저항성능 및 균열 거동 대응 성능
 - － 수질에 미치는 영향 : 균열보수용 재료가 지하수 등에 용해되거나, 유실되어 수질의 안전성에 영향을 미치지 않는 성능
- 표준시방서에 규정된 누수 보수 시공계획은 아래와 같음.
 - (1) 누수균열의 폭과 깊이를 정확히 파악
 - (2) 누수량(수압, 수량) 확인
 - (3) 기존 방수층의 존재 유·무 확인(구조체 배면 상태 확인)
 - (4) 보수 및 보강에 소요되는 시간의 적정성 확보 여부 확인
 - (5) 누수 보수 재료의 적합성 여부 확인
 - ① 수분 환경에서의 구조체 표면 접착성 확보
 - ② 구조체 균열 거동에 따른 보수재의 유연 대응성 확보
 - ③ 물(수압)에 의한 보수재의 유실성, 용해 유·무
 - ④ 재보수 및 유지관리의 용이성

20) 국토교통부, 2016, 「표준시방서(누수보수 공사, KCS 41 40 17: 2016)」

(6) 생애주기비용(LCC) 개념의 유지관리 비용의 적용

[표 2-5] 누수보수재의 종류와 누수균열 적용구분

구분		일반 구조물		특수 구조물 ²⁾	
콘크리트 바탕조건(누수균열)		습윤조건	수중조건	습윤배탕	수중조건
시멘트계 주입재	경사압력주입	△	—	—	—
	수직압력주입	△	—	—	—
	구조체 배면주입	○	○	△	△
수계에폭시수지 주입재	경사압력주입	△	—	—	—
	수직중력주입	○	—	—	—
우레탄수지계 발포형 주입재	경사압력주입	○	△	—	—
	수직압력주입	△	△	—	—
	구조체 배면주입	△	△	△	△
수계아크릴 겔 주입재	경사압력주입	△	△	△	—
	수직압력주입	△	△	△	—
	구조체 배면주입	○	△	○	—
	방수층 재형성	○	△	△	△
합성고무계 폴리머 겔 주입재	경사압력주입	—	—	—	—
	수직압력주입	—	—	—	—
	구조체 배면주입	△	△	△	△
	방수층 재형성	○	△	○	△

주: 1) 범례: ○: 적용, △: 적용 가능하나 구조물 환경과의 적합성 검토 필요, —: 표준 외 (추천하지 않으나 사용자의 책임으로 적용 가능함)

2) 특수 구조물이라 함은 상시적인 거동이 반복적으로 발생하는 구조물 (철도 및 교량, 진동형 기계시설이 설치된 건축물 등)을 말함.

□ 콘크리트구조 사용성 설계기준(KDS 14 20 30 : 2016)²¹⁾

- 콘크리트구조 사용성 설계기준(2016), 3.2 허용균열폭에서는 철근 콘크리트로 시공된 구조물의 내구성확보를 위하여 강재의 부식에 대한 환경조건에 따른 허용균열폭([표 2-6])에 대한 기준을 제시하고 있음.

21) 국토교통부, 2016, 「콘크리트구조 사용성 설계기준(KDS 41 20 30: 2016)」

[표 2-6] 철근콘크리트 구조물의 허용균열폭 $w_a(mm)$

강재의 종류	강재의 부식에 대한 환경조건			
	건조 환경	습윤 환경	부식성 환경	고부식성 환경
철근	0.4mm와 0.006Cc 중 큰 값	0.3mm와 0.005Cc 중 큰 값	0.3mm와 0.004Cc 중 큰 값	0.3mm와 0.0035Cc 중 큰 값
프리스트레싱 긴장재	0.2mm와 0.005Cc 중 큰 값	0.2mm와 0.004Cc 중 큰 값	—	—

· 강재의 부식에 대한 환경조건

건조 환경	일반 옥내 부재, 부식의 우려가 없을 정도로 보호한 경우의 보통 주거 및 사무실 건물 내부
습윤 환경	일반 옥외의 경우, 흙 속의 경우, 옥내의 경우에 있어서 습기가 찬 곳
부식성 환경	1. 습윤환경과 비교하여 건습의 반복작용이 많은 경우, 특히 유해한 물질을 함유한 지하수위 이하의 흙 속에 있어서 강재의 부식에 해로운 영향을 주는 경우, 동결 작용이 있는 경우, 동상방지제를 사용하는 경우 2. 해양콘크리트 구조물 중 해수 중에 있거나 극심하지 않은 해양환경에 있는 경우(가스, 액체, 고체)
고부식성 환경	1. 강재의 부식에 현저하게 해로운 영향을 주는 경우 2. 해양콘크리트 구조물 중 간만조위의 영향을 받거나 비말대에 있는 경우, 극심한 해풍의 영향을 받는 경우

· 여기서, Cc는 최외단 주철근의 표면과 콘크리트 표면 사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)

5.2 국외 허용균열폭 규정

(1) 미국(ACI 224)

- 미국콘크리트협회 ACI 224위원회는 균열의 발생원인 및 균열제어를 위한 공법을 제시하고 있음.
- ACI 224 위원회의 허용균열폭 규정은 아래 [표 2-7]에 정리하였음.

[표 2-7] ACI 224R-01의 환경조건에 따른 허용균열폭 규정

환경조건(Expoure condition)	허용균열 폭(mm)
건조한 공기 또는 보호층이 있는 경우 (Dry air or protective membrane)	0.41
습기, 흙중에 있는 경우 (Humidity, moist air, soil)	0.30
동결방지제의 사용 시 (Deicing chemicals)	0.18
해수, 해수에 의한 건조 반복시 (Seawater and seawater spray, wetting and drying)	0.15
수밀구조 부재의 경우 (Water-retaining structures)	0.10

(2) 유럽(CEB-FIP Code)

- 유럽의 CEB-FIP Code에서는 콘크리트 설계기준과 콘크리트 허용균열폭에 대하여 규정하고 있음.
- 허용균열폭 규정은 아래 [표 2-8]에 정리하였음.

[표 2-8] CEB-FIP Code의 허용균열폭 규정

노출등급	철근콘크리트 부재	프리스트레스 콘크리트 부재	
		Pre-tensioned	Post-tensioned
1등급	—	0.2	0.2
2등급	0.3	부재의 단면에 인장응력이 허용되지 않음	0.2
3,4등급	0.3	(a) 부재의 단면에 인장응력이 허용되지 않음 또는, (b) 인장응력이 발생하는 경우, 텐던은 불투수성 재료로 방식처리 되어야함; 0.2mm	

(3) 일본(콘크리트공학협회)²²⁾

- 콘크리트공학협회의 「콘크리트 균열조사 보수·보강 지침」 균열이 노출된 환경 변화에 대하여 세 가지 관점으로 점검 및 판정기준을 정하며, 결과에 따라 보수 여부를 판정하는 기준을 아래 [표 2-9]와 [표 2-10]에 나타내었음.

[표 2-9] 「콘크리트의 균열조사 보수·보강 지침」의 허용 균열폭 규정

구분	환경요인	내구성을 고려한 경우			방수성을 고려한 경우
		엄격	중간	느슨	
보수를 필요로 하는 균열폭(mm)	대	0.4 이상	0.4 이상	0.6 이상	0.20 이상
	중	0.4 이상	0.6 이상	0.8 이상	0.20 이상
	소	0.6 이상	0.8 이상	1.0 이상	0.20 이상
보수를 필요로 하지 않는 균열폭(mm)	대	0.1 이상	0.2 이상	0.2 이상	0.05 이상
	중	0.1 이상	0.2 이상	0.3 이상	0.05 이상
	소	0.2 이상	0.3 이상	0.3 이상	0.05 이상

[표 2-10] 「콘크리트의 균열조사 보수·보강 지침」의 균열에 따른 보수공법의 분류

보수 목적	균열현상 · 원인		균열폭 (mm) ⁽¹⁾	보수공법 ⁽²⁾				
				표면처리 공법	주입 공법	충전 공법	기타	
							①	기타
방수성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동 小	0.2 이하	○	△		○	
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
		균열폭의 변동 小	0.2 이하	△	△	○	○	
			0.2 ~ 1.0	△	○			
내구성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동 小	0.2 이하	○	△	△		
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
			1.0 이상		△	○		
		균열폭의 변동 小	0.2 이하	△	△	△		
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
			1.0 이상			○		
	철근부식					○		
	염해 및 반응성골재							●

[주] ① : 침투성 방수제 도포공법

(1) 균열폭 0.3mm 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라, 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 것이 보통임.

(2) ○ : 적용이 적당함, △ : 조건적 적용이 적당함, ● : 연구단계에 있는 공법

22) 한재희, 류근준, 신주열, 오광진, 이윤향, 강철(2011), “시설물의 보수·보강 방법 및 수준결정에 관한 연구”, 「한국시설안전공단」

□ 미국

- 교량, 댐, 터널 등의 사회기반시설물의 유지관리 필요성 및 중요성이 증가함에 따라 미국토목학회(American Society of Civil Engineering, ASCE)는 각 지역의 사회기반시설물의 유지관리 정도를 4년마다 평가하여 발간하고 있음.
- 또한, 미국 콘크리트학회(American Concrete Institute, ACI)와 국제콘크리트보수학회(International Concrete Repair Institute, ICRI) 등은 콘크리트 시설물의 보수 보강과 관련된 기준 등을 제정 및 발간하고 있음.
- 대표적인 콘크리트 보수 보강 기준은 ACI와 ICRI가 공동 발간한 「Concrete Repair Manual」로, 콘크리트 보수에 관한 전반적인 내용을 다루고 있음.
- 매뉴얼은 보수용어를 포함한 일반영역, 콘크리트 상태평가, 콘크리트 복원, 계약, 보강, 보호, 특별케이스 총 7가지의 세션을 포함하고 있음. 각 세션에 관한 세부사항은 [표 2-11]에 나타내었음.

[표 2-11] Concrete Repair Manual 세션별 주요내용

구분	내용
General Topic	Concrete repair terminology, Vision
Condition Evaluation	Guide for condition survey, evaluation, diagnosis, investigation, assessment, analysis
Concrete Restoration	Materials for repair, Preparation, Application, method
Contractual	Guide for methods of measurement and contract type
Strengthening	Guides for the selection of strengthening system
Protection	Guides to surface treatment, cleaning, remove, and prevent of efflorescence, testing, corrosion management
Special Cases	Assessment and repair of fire-damaged concrete, underwater repair, etc.

- Concrete Repair Manuel과 더불어, Concrete Repiar Guide를 제시하고 있는 ACI 546R-04 기준은 콘크리트 구조물의 보수보강 시공에 명확한 가이드라인을 제시하고 있음.
- ACI 546R-04의 Concrete Repair Guide는 보수방법, 열화된 콘크리트 제거, 보수·보강용 콘크리트 제작, 보수 기술, 보수재료, 보호 시스템, 보강공법의 내용에 대한 가이드를 제시하고 있음.
- ACI 546R-04는 아래와 같이 콘크리트 보수 프로세스를 제시하고 있음.
 - ① 콘크리트 열화상태 평가(Condition Evaluation)
 - ② 열화원인 분석(Determination of the causes of deterioration)
 - ③ 보수공법 및 보수재 결정(Selection of repair methods and materials)
 - ④ 도면 및 관련기준 준비(Preparation of drawing and specifications)
 - ⑤ 보수부위 결정(Bid and negotiation process)
 - ⑥ 보수 시공(Execution of work)
 - ⑦ 시공 후 성능평가(Appropriate quality control measures)
 - ⑧ 유지관리(Maintenace after completion of work)

○ 콘크리트 보수 및 보강에 관련된 기준을 [표 2-12]에 정리하여 나타내었음.

[표 2-12] 콘크리트 보수·보강에 관련된 미국기준

연번	발급기관	코드명	설명
1	American Society for Testing and Materials (ASTM)	C836-89	Standard Specification for High solids, Cold Liquid-Applied Elastomeric Waterproofing Membrane for Use with Separate Wearing Course
2		D412-87	Standard Test Methods for Rubber Properties in Tension
3		D146-90	Sampling and Testing Felted and Woven Fabrics Saturated with Bituminous substances for Use in Waterproofing and Roofing
4		D570-88	Standard Test Method for Water Absorption of Plastics
5		D882-91	Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting
6		D903-83	Standard Test Method for Peel or Stripping Strength of Adhesive bonds
7		D1970-94	Standard Specification for Self-Adhering Polymer Modified Bituminous Sheet Materials Used as Steep Roofing Underlayment for Ice Dam Protection
8		D3767-83	Practice for Rubber - Measurement of Dimensions
9		D5385-93	Standard Test Methods for Hydrostatic Pressure Resistance of Waterproofing Membranes
10		E96-80	Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials.
11		E154-88	Testing Materials for Use as Vapor Barriers Under concrete Slabs and as Ground Cover in Crawl Spaces
12		E2128-17	Standard Guide for Evaluating Water Leakage of Building Walls
13		D8109-17	Standard Guide for Waterproofing Repair of Concrete by Chemical Grout Crack Injection
14	American Concrete Institute	503R-93	Use of Epoxy Compounds with Concrete (Reapproved 1998) American Concrete Institute
15		564.9T_03	Cracks in a Repair(Reapproved 2011)
16		546R-14	Guide to Concrete Repair

□ 유럽

- 유럽의 경우, 미국의 ACI 546R-04과 같이 EN 1504 기준이 콘크리트 보수와 관련하여 진단, 설계 및 보수공법 선정까지 보수 시공에 관한 지침을 제시하고 있음.
- EN 1504의 기준명은 Products and systems for the repair and protection of concrete structures로서, 콘크리트 보수 및 성능유지 측면에서의 내용을 다루고 있음.

[표 2-13] EN 1504 각 부분별 주요내용

구 분	내 용
EN 1504 - 1	Describes terms and definitions within the standard
EN 1504 - 2	Provides specifications for surface protection products/systems for concrete
EN 1504 - 3	Provides specifications for structural and non-structural repair
EN 1504 - 4	Provides specifications for structural bonding
EN 1504 - 5	Provides specifications for concrete injection
EN 1504 - 6	Provides specifications for anchoring of reinforcing bars
EN 1504 - 7	Provides specifications for reinforcement corrosion protection
EN 1504 - 8	Describes the quality control and evaluation of conformity for manufacturing companies
EN 1504 - 9	Defines the general principles for the use of products and systems, for the repair and protection of concrete
EN 1504 - 10	Provides information on site application of products and quality control of the works

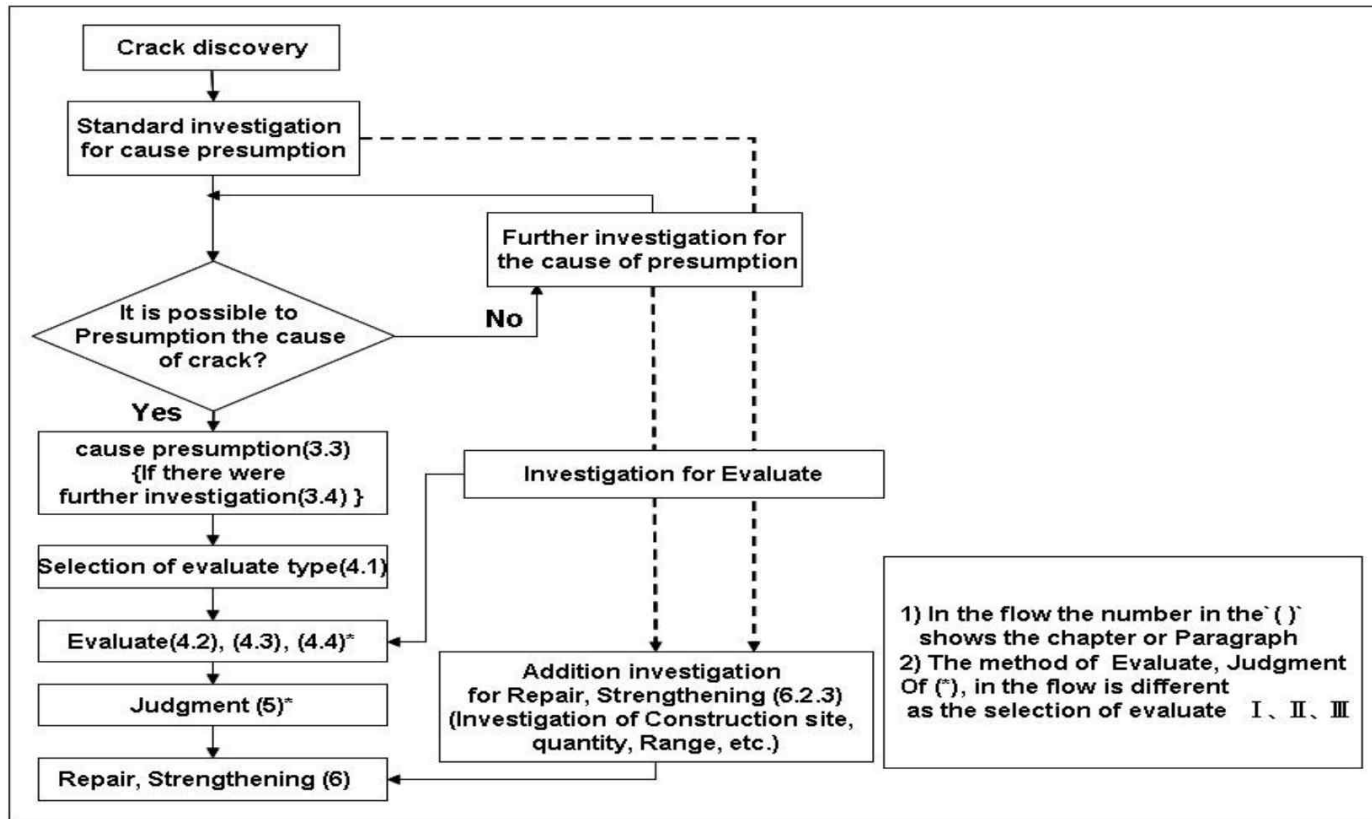
[표 2-14] 유럽의 누수 보수기준

연번	발급기관	코드명	설명
1	British Standard	ISO 11617:2014	Buildings and civil engineering works. Sealants
2		8102:2009	Code of practice for protection of below ground structures against water from the ground
3	European Standards	EN 1504-3:2005 1504-5:2005 1504-9:2005	Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definition, requirements, quality control and evaluation of conformity Part 3: Structural and nonstructural repair, CEN Part 5: Concrete injection, CEN Part 9: General principles for the use of products and systems, CEN
4	International Federation for Structural Concrete	CEB-FIP Model Code 1990	13. Maintenance 13.1 General 13.2 Inspection 13.3 Repair

□ 일본

- 1980년도에 발간된 JCI Practical Guideline for Investigation, Repair and Strengthening of Cracked Concrete Structures에서 콘크리트 보수 및 보강에 관한 가이드라인을 제시하고 있음.
- 이 가이드라인은 균열이 발생한 부재에 대한 조사, 균열 원인 및 발생정도 평가, 보강 수준 판단, 최적의 보수 및 보강방법 선정을 다루고 있음.
- 조사부터 보수·보강공법 선정까지 챕터별로 구성되어 있으며, 가이드라인에 따른 보수·보강 프로세스는 [그림 2-5]와 같음²³⁾.

23) Otsuki, N., Shimizu, A., & Kamada, T. (2014). "Introduction of a JCI Guideline: Practical Guideline for Investigation, Repair and Strengthening of racked Concrete Structures", *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 8(1), 72.



[그림 2-5] Procedure from the investigation of cracks to the application of repair and strengthening

6. 소 결

누수와 직접적으로 연관된 콘크리트의 균열발생 및 보수에 대한 분석과 시사점을 간략히 기술함.

□ 누수의 원인

- 기본적인 누수는 1차적으로 방수층의 성능저하 및 파손으로 인하여 발생하며, 파손된 방수층으로 인하여 콘크리트 내부로 유입된 수분이 콘크리트 내부 공극을 따라 이동하다가 관통균열 또는 조인트의 간극을 통해 실내로 유입됨.
- 특히, 방수공법의 종류 중 시멘트 액체방수 등의 내방수는 토양, 지하수압, 상부 적재하중 등의 외부요인에 의하여 콘크리트 균열이 발생할 수 있으며, 균열발생으로 인한 방수층 파손이 더 쉽게 발생할 수 있음.
- 지하구조물 외부에 방수층을 형성하여 내부 유입을 원천적으로 차단하는 외방수 공법 또한 시공불량 또는 부적합 방수재 선정 등의 문제로 인하여 접합부인 시트 점착부 누수 및 방수층 파손 등에 의하여 지하구조물 내부로의 유입이 발생하고 있음.

□ 누수의 영향

- 토양 내 존재하는 외부수의 유입으로 인하여 콘크리트 내부 중성화현상이 진행되어 강알칼리성에 의해 보호받던 철근의 부식이 진행되며, 철근의 부식은 철근의 부피를 팽창시켜 주변 콘크리트의 균열을 야기함.
- 내부로 유입된 누수수는 지하주차장 실내 습도를 증가시켜 여름철 지하주차장 내·외부 온도차에 의한 외벽 및 바닥 결로를 발생시키며, 이는 곰팡이 발생으로 인한 미관상 문제와 결로수에 의한 감전사고와 바닥 결로수에 의한 낙상사고 등의 안전상 문제를 야기시켜 입주민의 주거 만족도를 저해시킴.
- 외부수의 유입을 부분적으로 허용하는 유도처리공법 및 누수는 외부 지하수위의 저하를 초래하여, 지반교란 및 지반침하로 인한 주변 싱크홀을 유발함.

□ 누수 보수공법

- 보수공법에는 크게 누수의 흐름을 차단하는 방수(防水)와 누수의 흐름을 허용하는 방수(放水)로 구분함.
- 첫째의 방수는 주입공법을 통해 콘크리트의 균열을 채워 외부수의 유입을 차단하는 공법으로 누수 발생부위의 환경조건에 따라 직접주입공법, 경사주입공법, 배면주입공법, 방수층재형성공법으로 분류함.
- 「콘크리트구조 사용성 설계기준」 및 「공동주택 하자판정 기준, 조사방법 및 보수비용 산정기준」에 의한 국내 허용균열폭의 기준은 흠 속에 매설되어 있는 지하주차장의 경우 습윤환경으로 강재의 종류에 따라 철근의 경우 0.3mm와 0.005Cc 중 큰 값을 허용균열폭으로 고려하고, 프리스트레싱 긴장재의 경우 0.2mm와 0.004Cc 중 큰 값을 허용균열폭으로 고려함.
* Cc는 최외단 주철근의 표면과 콘크리트 표면 사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)
- 국외의 경우,
 - － 미국 : ACI 224R-01의 흠 속의 환경의 경우, 0.3mm의 허용균열폭을 규정함
 - － 유럽 : CEB-FIP Code의 철근콘크리트 부재의 허용균열폭을 0.3mm, 프리스트레스 콘크리트 부재의 경우 0.2mm로 규정하고 있음
 - － 일본 : 방수성을 고려한 경우, 가장 보수적인 허용균열폭은 0.2mm임.
- 또한, 누수량 및 균열 폭 등에 따라 발포성 우레탄계, 아크릴계, 에폭시, 시멘트 등 보수재를 선정함.
- 두 번째의 방수는 유도처리공법으로 내부로의 누수를 허용하는 것이 특징이며, 공간벽 또는 배수판 등을 이용하여 내부로 유입된 누수수를 외부로 배수처리함.

LAND LON & LINT

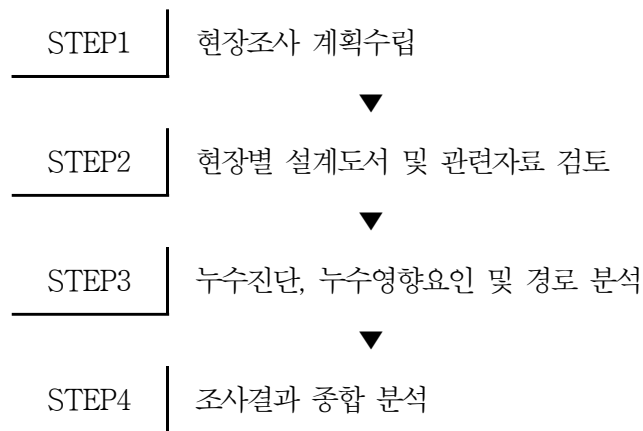
제 3 장 지하주차장 누수 현황조사 및 결과분석²⁴⁾

1. 지하주차장 누수 현장조사 개요

- 공동주택 지하주차장에서 발생하는 누수를 발생부위 주변요인 및 기존 시공된 방수설계를 분석하여 누수원인을 파악하고,
- 지하주차장 누수의 조치사항으로 적용된 보수공법을 파악하여
- 이 결과를 유지보수공사의 보수공법 선정 단계에 적용하고자 함.

1.1 현장조사 계획

본 연구에서는 명확한 누수원인 및 적정 보수공법을 도출하기 위하여 아래 [그림 3-1]과 같이 현장조사를 총 4단계로 구분하여 순차적으로 진행함.



[그림 3-1] 현장조사 계획도

24) 본 장의 내용은 위탁용역(공동주택 지하주차장 누수사례 조사 및 분석용역)의 결과물을 바탕으로 재정리하여 작성함.

1.2 현장조사 범위

- 공간적범위로서, 공동주택 지하주차장 10개단지에 걸쳐 조사를 수행하였으며,
- 지하주차장 부위별, 방수설계별 누수발생현황 및 주변요인 등을 고려하여 누수 발생 원인을 분석함.

1.3 현장조사 내용

□ 공동주택 지하주차장 누수 진단

- 공동주택 지하주차장 도면 분석
- 공동주택 지하주차장 도면 보수이력 조사
- 공동주택 지하주차장(부위별, 방수설계별) 누수 현장조사
 - － 조사부위
 - 슬래브: 지상부슬래브(지하주차장 상부 , 데크플레이트), 최하층 바닥 슬래브
 - 외벽: 벽, 벽-슬래브, 벽-바닥 조인트, 기둥주변
 - 기타부위: 동피트, 연결공간(복도, E/V, 계단실 등), 램프, 천장/환기구 등

2. 단지별 지하주차장 누수 현황조사

- 조사대상 10개 단지에 대한 단지개요 및 지하주차장 적용 방수공법은 [표 3-1]과 같음.
- 10개 단지별 누수 현황조사 결과는 [부록]에 나타냄.

[표 3-1] 현장조사 단지 및 방수설계 개요

단지명		A 단지	B 단지	C 단지	D 단지	E 단지
단지개요	준공년도 (진단시점)	2001.09. (입주후18년)	2004.05. (입주후15년)	2004.10. (입주후15년)	2009.09. (입주후10년)	2011.03. (입주후9년)
	세대수	약 400	약 2,200	약 2,400	약 800	약 1,300
적용방수 공법	지하 외벽 방수	내방수 (시멘트액체)	내방수 (시멘트액체)	내방수 (액체방수1차)	내방수 (시멘트액체)	내방수 (폴리머계방수)
	지상부 슬래브	시트방수	시트방수	시트방수	비노출 우레탄 도막	도막계 방수
	바닥 슬래브	없음	없음	없음	없음	없음
단지명		F 단지	G 단지	H 단지	I 단지	J 단지
단지개요	준공년도 (진단시점)	2011.11. (입주후9년)	2011.11. (입주후9년)	2015.10. (입주후4년)	2016.05. (입주후3년)	2017.07. (입주후2년)
	세대수	약 2,300	약 1,200	약 2,200	약 2,600	약 2,400
적용방수 공법	지하 외벽 방수	내방수 (내벽/랩프: 폴리머계2종)	내방수 (내벽/랩프: 폴리머계2종)	액체방수1차 4" 치장블럭	액체방수1차 4" 치장블럭	점착형 시트 복합방수/ 합성고무계 복합시트
	지상부 슬래브	THK0.1 PE 우레탄 도막(비노출)	THK0.1 PE 우레탄 도막(비노출)	THK0.1 P.E 시트방수	THK0.1 P.E 시트방수(DA83 -003)	THK0.1 P.E 시트방수
	바닥 슬래브	없음	없음	에폭시 마감 배수관70T 액체방수 2종	에폭시 마감 배수관70T 액체방수 2종	에폭시 마감 배수관70T 액체방수 2종

[표 3-2] 단지별 지하주차장 누수발생 현황

구분 \ 단지명		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	소계
슬래브	상부 슬래브	20	0	0	5	0	3	16	33	44	0	121
	바닥 슬래브	0	0	0	0	0	0	3*	0	0	61*	64*
	소계	20	0	0	5	0	3	16	33	44	0	121
지하 외벽	외벽	0	10	0	6	10	2	46	0	59	0	133
	벽-슬래브 연결부	0	0	0	0	0	1	0	117	0	0	118
	기둥 주변	0	0	0	0	2	2	3	0	70	3	80
	소계	0	10	0	6	12	5	49	117	129	3	331
기타 부위	동피트	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	7
	계단실	0	3	1	2	0	3	0	20	3	2	34
	램프	0	0	2	0	0	5	21	2	8	1	39
	관통배관	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	8
	기타	0	3	0	4	1	0	3	0	1	0	12
	소계	0	6	3	10	1	8	24	22	18	8	100
누계		20	16	3	21	13	16	89	172	191	11	552

* 누수를 동반하지 않는 균열

○ 10개단지 누수하자의 발생부위는 총 6개로 분류하였음.

- ① **슬래브** : 데크플레이트, 램프 하부슬래브 누수
- ② **조인트** : 공동구-외벽 시공조인트, 신축이음 조인트(Expansion Joint, E/J)
- ③ **연결부** : 보, 보-기둥, 보-기둥-슬래브 부재간 연결부위
- ④ **램 프** : 지하주차장 경사로 상·하부
- ⑤ **외 벽** : 외벽, 계단실 내부 코너
- ⑥ **배 관** : 관통배관, 전기실(컨트롤 박스 내부)

○ 전체 누수하자 552건 중 60%가 지하주차장 외벽, 기둥-보 접합부에서 발생하였으며, 최상부 슬래브 누수가 21.9%인 121건으로 많이 발생함.

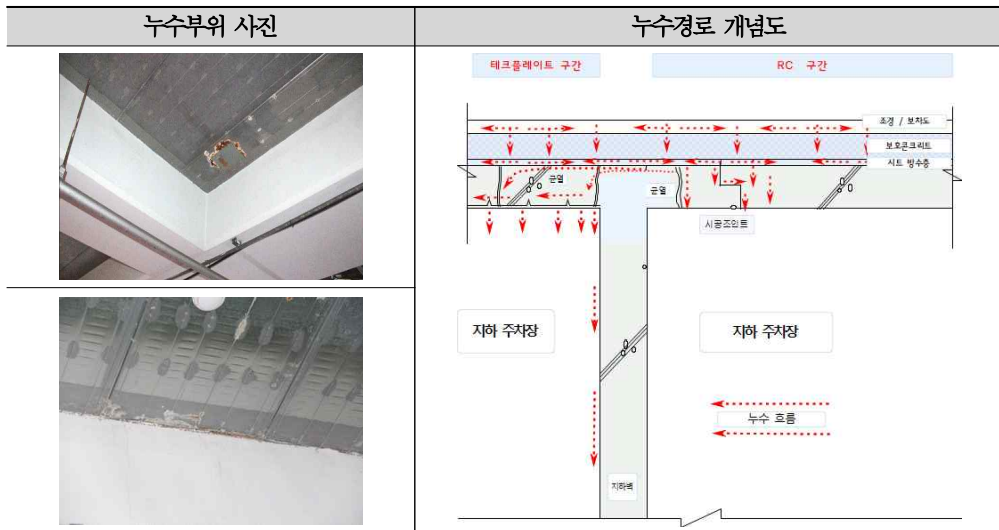
○ 동피트, 연결공간에 적용된 E/J, 관통배관 등 이질재 접합부의 실링처리 미흡으로 인한 누수가 18.1%인 100건이 발생함.

2.1 (슬래브) 데크플레이트 접합부 누수

- (누수부위) 상부 데크플레이트 슬래브 조인트부위
- (누수원인) 슬래브의 관통균열로부터 데크플레이트로 유입된 누수수가 역구배 등에 의하여 체수하여 데크플레이트 접합부로 유출
- (누수보수) 지속적으로 플레이트 접합부 확대로 자동차오염 등 민원으로 주차 구간(주차구간 전체의 90%)에 한하여 벽산 유도배수 설치하여 누수문제 해결

데크 플레이트 슬래브 공법의 누수특성

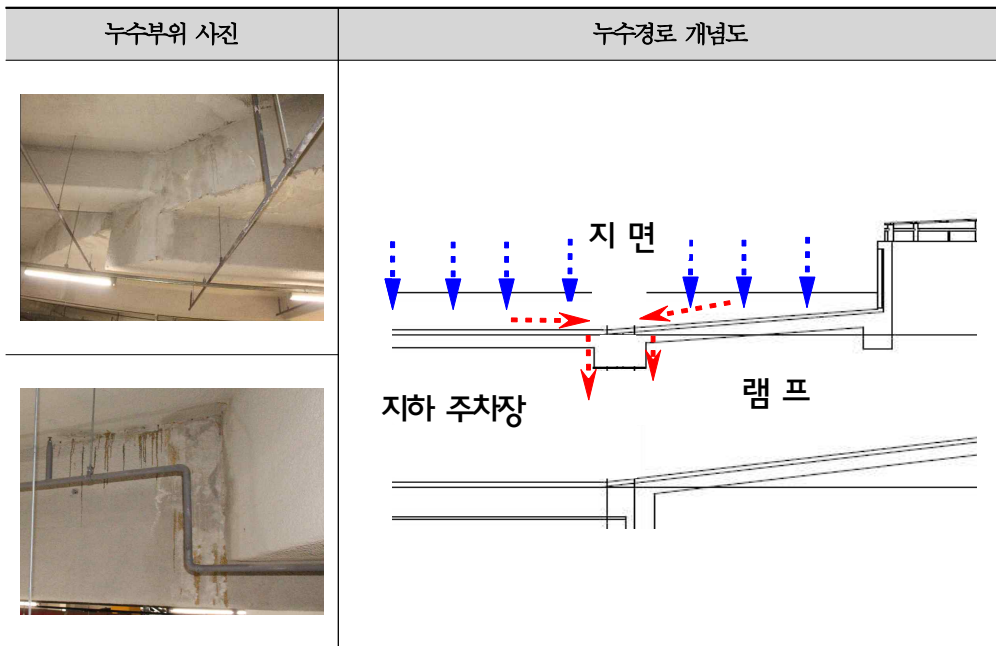
- 공장에서 제작한 철근트러스 데크-플레이트는 현장에서 거푸집 없이 슬래브 거푸집용으로 사용하는 공법으로 소재는 아연도강판을 사용하는 비구조재임
(※ 하중의 영향이나 구조물의 내력과 관련성이 없는 재료)
- 일단 슬래브 균열누수로 누수수가 유입되면 데크플레이트 하단의 철판과 콘크리트 계면을 통하여 수분이 광범위하게 이동
- 데크플레이트간 조인트 및 데크플레이트와 보간의 조인트 등 다양한 결합부위를 통하여 누수가 되므로 기존의 주입공법이나 부분 유도배수공법으로는 누수보수에 한계가 있는 문제점이 있음.



[그림 3-2] 데크플레이트 접합부 누수부위 및 누수경로 개념도

2.2 (슬래브) 지하주차장 램프 슬래브 하부 누수

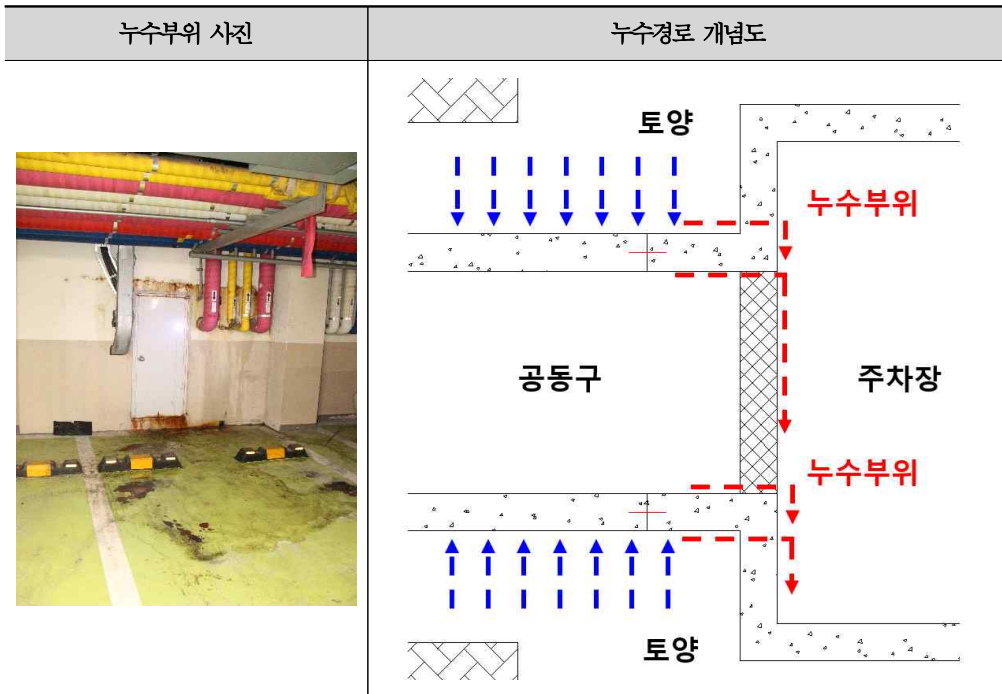
- (누수부위) 경사차로 하부, 슬래브 단차부위, 보가 복잡하게 연결되어있는 부위, 보-슬래브 조인트
- (누수원인) 경사차로 주변 방수처리 미비, 경사차로 하부의 구조의 복잡성, 경사로 끝 부분에서의 방수층 연속성 확보 곤란, 복잡한 골조의 균열발생, 상부 조경 및 보차도, 배수처리 미비(토목배수), 주차장 진입 램프 트렌치, 지붕 및 바닥조인트 우수유입 등
- (누수경로) 조경도에 유입된 우수가 경사차로 구조물 코너부 조인트와 균열과 같은 취약부로 유입되어 하부 슬래브 누수로 이어짐.



[그림 3-3] 램프 하부슬래브 누수부위 및 누수경로 개념도

2.3 (조인트) 공동구-외벽 시공조인트 누수

- (누수부위) 지하주차장 외벽과 공동구 조인트부위 누수, 공동구 바닥-외벽 연결
- (누수원인) 외벽과 공동구 바닥슬래브 조인트 연속성 확보 미비, 외벽에 접해 있는 수분이 공동구 바닥슬래브 하부에서 벽체 조인트 방향으로 이동, 실내로 유입, 콘크리트 이어치기 시 기존 경화된 콘크리트의 면처리 불량
- (누수경로) 콘크리트 이어치기 부분의 간극을 통해 외부 지하수의 내부유입
 - ※ 시공조인트 투수계수는 시간이 경과함에 따라 실리카겔의 형성과 누수에 포함된 미립분에 의하여 공극이 작아져 누수가 자연 지수될 수 있음²⁵⁾

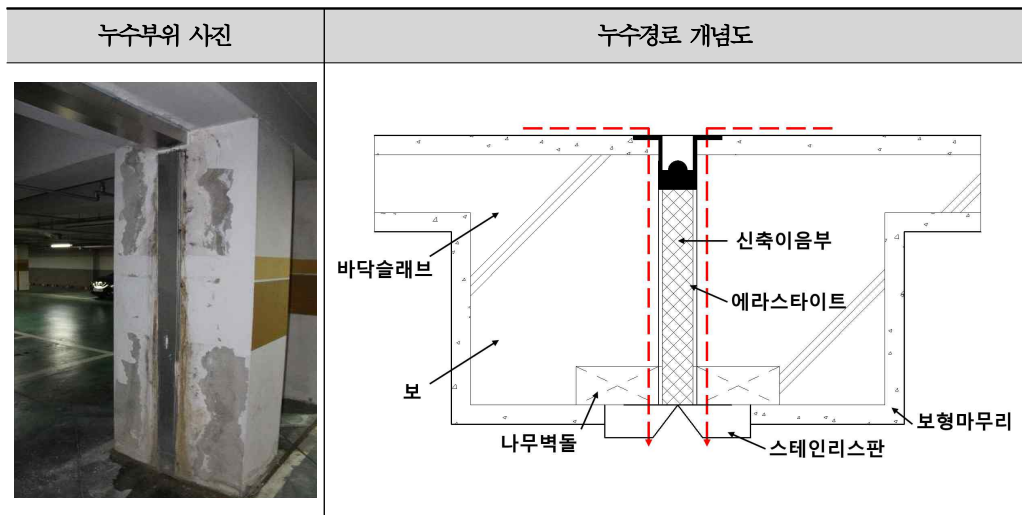


[그림 3-4] 공동구-외벽 시공조인트 누수부위 및 누수경로 개념도

25) 송제영, 권규성, 오상근. (2012). 콘크리트 구조물의 누수 메커니즘과 방수의 필요성. 콘크리트학회지, 24(4), 18-22.

2.4 (조인트) 신축이음 조인트 누수(Expansion Joint, E/J)

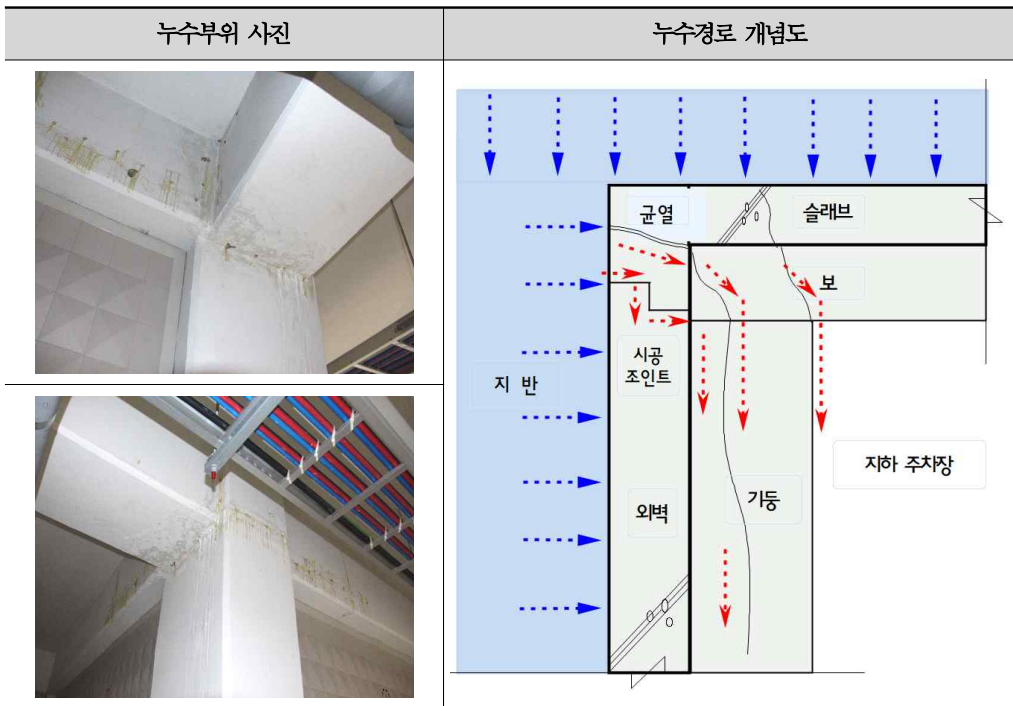
- (누수부위) 신축이음 조인트 유도배수판과 주변
- (누수원인) 신축이음 부위 상부 방수층의 연속성 확보 미비, 거동 및 진동에 의한 방수층 파단으로 수분이 유입되었고, 이 수분은 신축이음 조인트 백업재를 통하여 내부 배수흡통으로 유입, 체수현상으로 유입수가 누출된 것으로 판단됨.



[그림 3-5] 신축이음 조인트 누수부위 및 누수경로 개념도

2.5 (연결부) 보-기둥 연결부 균열누수

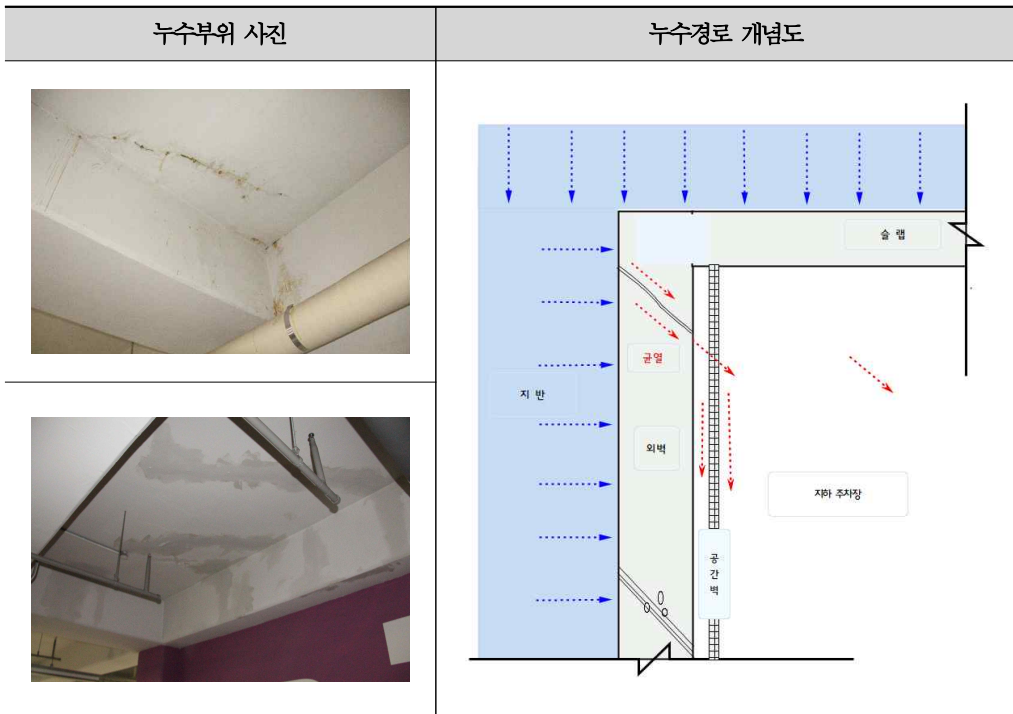
- (누수부위) 토양에 접한 계단벽 상부 보(수평방향), 보-기둥 조인트, 외벽과 기둥 연결부에 관통 균열, 또는 시공 조인트 발생, 폼타이 등 콘크리트 표면 간극
- (누수원인) 재료분리로 인한 콘크리트 구조재 내부 공극, 외벽 보-기둥 연결부는 공간벽 처리가 적용되지 않으므로 유도배수 곤란, 누수 시 그대로 배출
- (누수경로) 콘크리트 내부의 시공조인트, 균열 등의 간극을 통해 지하수 및 지표수가 내부로 유입됨



[그림 3-6] 보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도

2.6 (연결부) 슬래브-보-기둥 연결부 균열누수

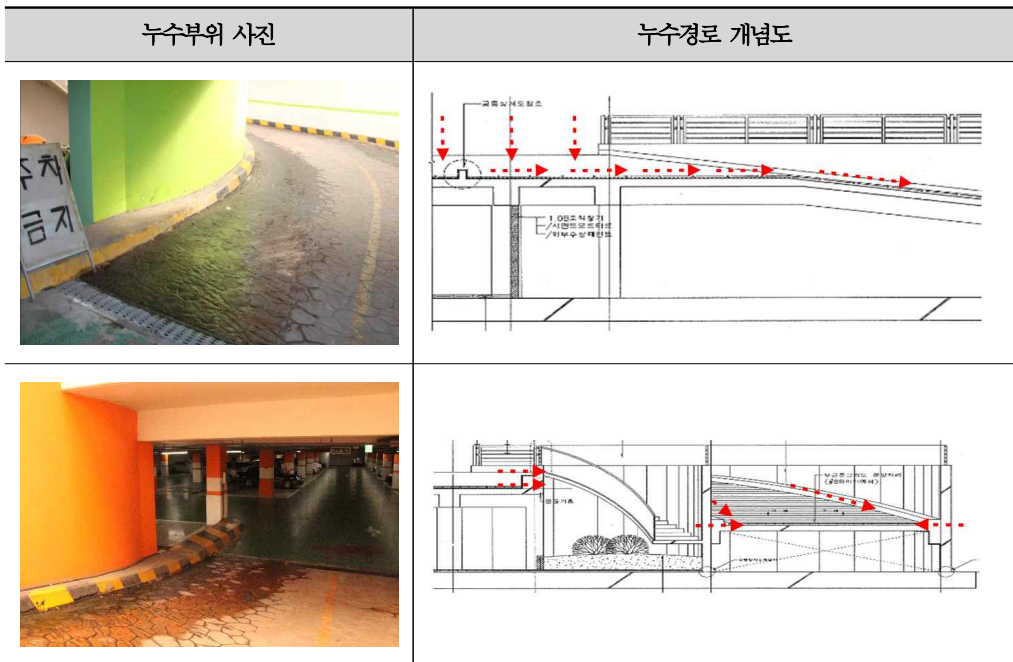
- (누수부위) 구조체(외벽, 보, 부축벽)의 균열이나 시공조인트를 통하여 유입
- (누수원인) RC 구조 보, 슬래브 균열 누수는 손상된 방수층을 통하여 슬래브 상부로 유입된 수분은 슬래브/보의 균열을 통하여 수직 이동하여 유출



[그림 3-7] 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도

2.7 (램프) 경사로 코너부

- (누수부위) 경사차로 하부 코너부위, 주차 램프 경사면에 관통형 균열발생, 램프 지붕과 진입부에서 우수가 램프 바닥-벽체 조인트 부위로 흘러내림.
- (누수원인) 경사차로 주변의 방수처리 미비, 조경토에 유입된 우수가 경사차로 구조물 코너부 조인트와 같은 취약부로 유입, 경사차로 진입부에 우수 유입을 방지하기 위한 트렌치 미설치, 경사로 표면과 하부에서의 유입수의 차단기능 미비



[그림 3-8] 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도

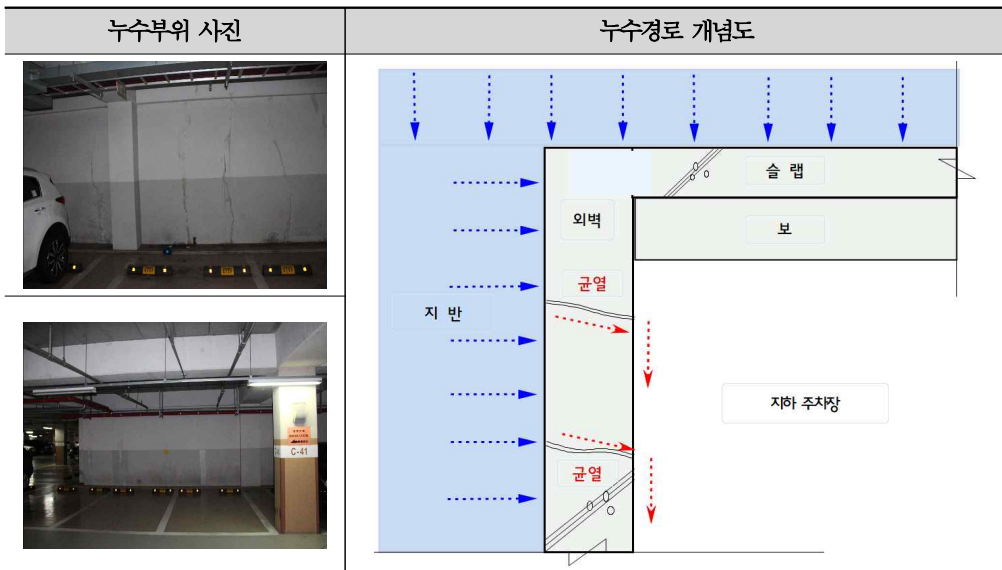
2.8 (균열) 외벽 누수균열

- (누수부위) 외부 토양에 접한 외벽에서 반복적인 수직균열, 사인장균열과 함께 누수가 발생하였으며, 누수흔으로 백화현상*이 발생함.

*** 백화현상²⁶⁾**

시멘트 콘크리트 구조물 내에 존재하는 가용성 성분인 수산화칼슘, 알칼리 금속 등이 물에 용해되어 구조물의 표면으로 운반된 후 물이 증발되어 가용성 알칼리 금속 황산염 또는 난용성염인 탄산칼슘의 형태로 석출되는 현상

- (누수경로) 내방수*를 적용한 지하주차장의 경우 외벽 관통형 균열부를 통하여 지하수가 주차장 내부로 유입됨.
- * 내방수(시멘트액체방수)는 균열대응성이 없어 균열 발생 시 방수층 파단으로 누수허용
- (누수원인) 토양에 접한 외벽의 공간벽시공 미비, 연속균열은 철근 배근 문제로 추정되며, 지상부위는 조정 및 보도공간으로 인하여 우수의 배수성이 저하되어 체수가능성이 높음.

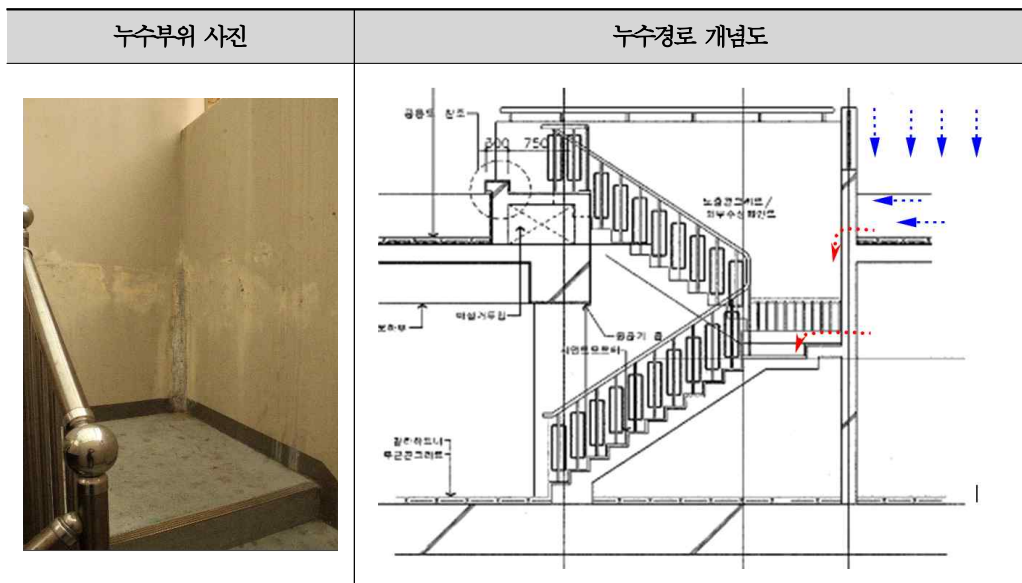


[그림 3-9] 외벽 균열 누수부위 및 누수경로 개념도

26) 김진만, 조현영(1999), "콘크리트 백화현상의 원인과 대책", 「레미콘」, (1), 16 ~ 25.

2.9 (균열) 계단실 내부벽 코너 누수

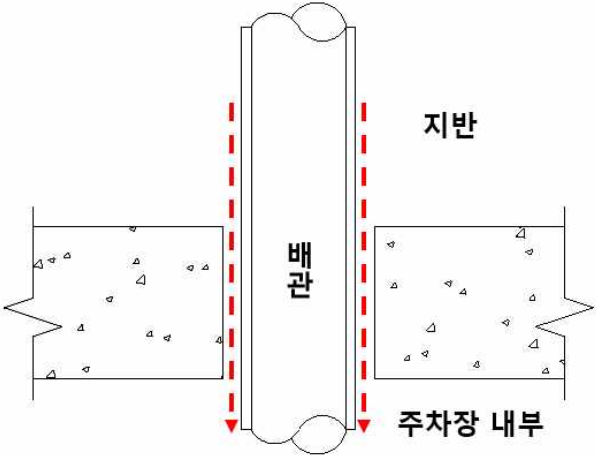
- (누수부위) 계단 외벽 인공식재지반과 접해있는 부위, 수직벽체, 중앙부 시공 조인트, 균열부, 동피트 세대 베란다 하부, 인공식재지반 연결부위, 동피트벽체와 시멘트벽돌 칸막이 조인트 부위
- (누수원인) 계단 외벽 수직부위와 주차장 데크-수평슬래브의 연결부위 시공 조인트의 지수처리 미비, 계단실 수직벽에서의 치켜올림처리 미비 및 상부 인공식재지반부위 배수처리 미비, 동피트 벽체와 시멘트벽돌 칸막이 조인트 부위에서 방수층 치켜올림 미비
- (누수경로) 조정수 및 지표수가 방수층 처리미비로 인해 발생한 간극과 구조 설계가 복잡한 내부 철근배근 사이의 공극으로 이동



[그림 3-10] 계단실 내부벽 코너부 누수부위 및 누수경로 개념도

2.10 (배관) 관통배관 누수

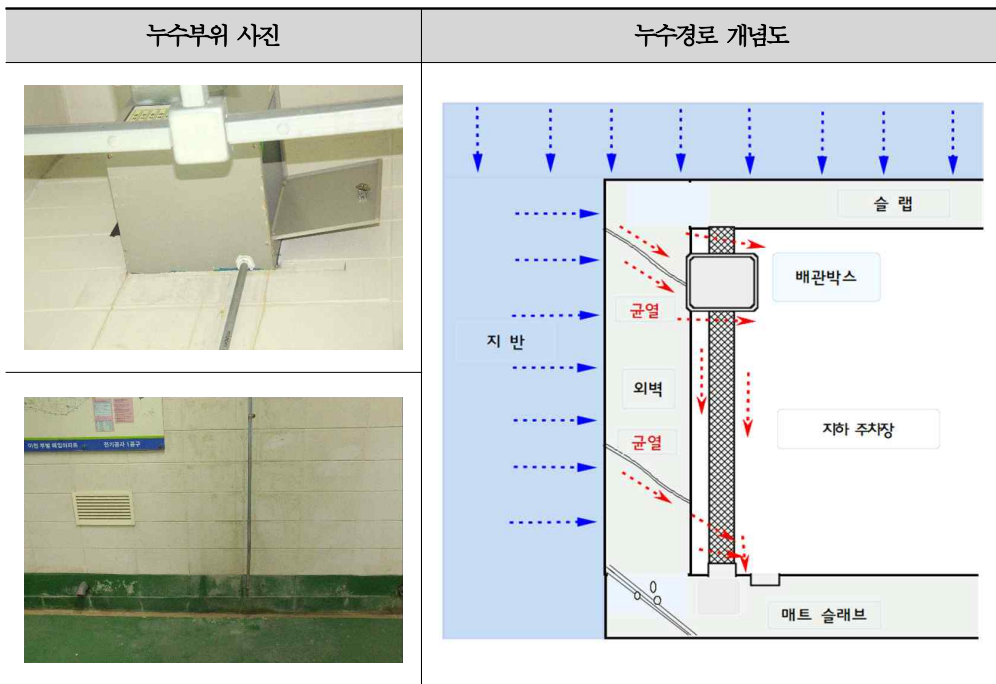
- (누수부위) 외벽 관통배관 주변, 전기실 공간벽 및 저수조
- (누수경로) 외부 지하수가 배관주변부 균열 틈을 통해 내부로 유입, 관통배관과 외벽의 조인트를 통하여 누수
- (누수원인) 외벽 관통배관주변 조인트 실링처리 미비, 외벽으로부터 공간벽으로 유입되는 유도수의 양이 과잉 유입, 2중벽사이를 범람하여 실내로 유입, 환경이 큰 수도관의 진동유속과 유압에 의한 진동으로 배관 주변부 실링재 파손

누수부위 사진	누수경로 개념도
	

[그림 3-11] 관통배관 누수부위 및 누수경로 개념도

2.11 (배관) 전기실 공간벽/저수조 누수

- (누수부위) 전기실 블록 2중벽 하부에서 유도수 방수턱 상부로 누출
- (누수경로) 벽체 상부에 설치된 배관박스 내부의 배관주변 누수가 공간벽을 타고 흘러내려 내부 미장 오염,
- (누수원인) 오픈 트렌치 주변 바닥까지 유입수 범람, 누수량이 많은 것으로 판단되며, 공간벽 내부 백화 및 오염물질 퇴적으로 누수수 범람



[그림 3-12] 전기실 공간벽 누수부위 및 누수경로 개념도

3. 단지별 누수 실태조사 결과분석

3.1 단지별 정보

- 조사대상 10개 임대주택단지를 대상으로 단지별 정보를 정리하면 다음과 같음.
- 대상단지의 준공 또는 입주이력에 있어서는 2001년에서 2017년까지 다양한 경과 연수를 가지고 있는 것으로 확인되었음.
- 단지규모에 있어서는 H단지와 같이 3개동 약 400세대에서 B단지와 같이 14개동 약 2,600세대까지 다양한 규모의 단지를 대상으로 하였음.

※ 본 장에서 조사대상 전 단지의 지하주차장 골조 구조물의 종류와 누수 발생정도의 상관성을 분석하고자 하였으나, 조사대상 전 단지의 지하주차장 구조가 철근-콘크리트 구조 1가지로 설계되어, 지하주차장에 발생하는 누수현상을 구조물의 종류와 관련하여 원인의 추정이나 분석은 어려운 것으로 판단됨.

3.2 단지별 적용 방수공법

- 적용방수공법별 누수발생건수는 아래 [표 3-3]과 같음.

[표 3-3] 단지별 지하주차장에 적용된 방수공법

단지명	A 단지	B 단지	C 단지	D 단지	E 단지	F 단지	G 단지	H 단지	I 단지	J 단지
외벽 방수	내방수 시멘트 액체방수	내방수 시멘트 액체방수	내방수 시멘트 액체방수	내방수 시멘트 액체방수	내방수 폴리미계 2중 방수	내방수 폴리미계 2중 방수	내방수 폴리미계 2중 방수	액체방수 1차 4" 치장블럭	액체방수 1차 4" 치장블럭	점착형 시트 복합방수/ 합성고무계 복합시트
지상부 슬래브	시트방수	시트방수	시트방수	비노출 우레탄 도막방수	비노출 우레탄 도막방수	비노출 우레탄 도막방수	비노출 우레탄 도막방수	시트방수	시트방수	시트방수
바닥 슬래브	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	배수관70T 액체방수 2중	배수관70T 액체방수 2중	배수관70T 액체방수 2중
누수 (건)	20	16	3	21	13	16	89	172	191	11

- 적용방수공법 대비 누수발생현황은 큰 연관성을 찾을 수 없는 것으로 보임.
- 다만 2017년 이후 준공된 H, I, J 단지에서 다양한 부위에 걸쳐 초기누수(준공 이후 1.5년 이하)가 발생함.
- 또한, 바닥 슬래브의 경우 지하주차장의 최저심도가 지하수위보다 높아 누수를 동반하지 않은 균열만 발생함.

3.3 적용 방수공법별 누수현황

- 방수공법별로 누수발생순으로 정리한 결과에서도 누수현상과 방수공법 사이에 특이할만한 관련성이 확인되지 않고, 단 시트방수의 경우는 지하주차장 보다는 기계실, 연결공간(계단실, 외벽-공동구 등), 천창, 동피트 등 공용시설에서 상대적으로 더 많은 누수현상이 발생하고 있으며, 도막방수는 상부슬래브, 기둥주변, 공용시설 등에서 누수현상이 고르게 분포하고 있는 것으로 확인됨.

[표 3-4] 지상부 슬래브 방수공법별 누수발생현황

단지명	상부슬래브 방수공법	경과 연수	지상부 슬래브	바닥 슬래브	벽	벽-슬래브 연결부	기둥 주변	동피트	연결공간 (계단실)	램프	관통배관	기타	단지별총계
A 단지	시트방수	18	20										20
B 단지	시트방수	15			10				3			3	16
C 단지	시트방수	15							1	2			3
H 단지	시트방수	4	33			117			20	2			172
I 단지	시트방수	3	44		59		70	6	3	8		1	191
J 단지	시트방수	2		61*			3	1	2	1	4		11
D 단지	도막방수	10	5		6				2		4	4	21
E 단지	도막방수	8.5			10		2					1	13
F 단지	도막방수	8	3		2	1	2		3	5			16
G 단지	도막방수	8	16	3*	46		3			21		3	89
부위별 소계			121	64*	133	118	80	7	34	39	8	12	552

* 누수를 동반하지 않는 균열

3.4 부위별 누수 발생특성 분석

- 지하주차장 부위별 누수발생상황에 대한 분석결과는 다음과 같음.
- 상부슬래브와 외벽-기둥-보 연결부는 특정 단지에서, 기타부위는 모든 단지에 고르게 분포하고 있는 것으로 나타남.
- 누수는 상대적으로 지하외벽 연결부위에서 높게 발생하고 있으며, 이러한 결과는 외벽방수의 미적용, 상부슬래브의 외벽 마무리 구간에서의 방수재의 단부처리 미비에 원인이 있을 것으로 추정됨.

[표 3-5] 지하주차장 부위별 누수발생 현상

구분	단지명	A 단지	B 단지	C 단지	D 단지	E 단지	F 단지	G 단지	H 단지	I 단지	J 단지	소계
슬래브	지상부슬래브	20	0	0	5	0	3	16	33	44	0	121
	바닥슬래브	0	0	0	0	0	0	3*	0	0	61*	0
	소계	20	0	0	5	0	3	16	33	44	0	121
지하외벽	외벽	0	10	0	6	10	2	46	0	59	0	133
	벽-슬래브 연결부	0	0	0	0	0	1	0	117	0	0	118
	기둥 주변	0	0	0	0	2	2	3	0	70	3	80
	소계	0	10	0	6	12	5	49	117	129	3	331
기타부위	동피트	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	7
	연결통로(계단실)	0	3	1	2	0	3	0	20	3	2	34
	램프	0	0	2	0	0	5	21	2	8	1	39
	관통배관	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	8
	기타	0	3	0	4	1	0	3	0	1	0	12
	소계	0	6	3	10	1	8	24	22	18	8	100
누계		20	16	3	21	13	16	89	172	191	11	552

* 누수를 동반하지 않는 균열

3.5 단지 경과 연수별 누수발생특성

- 단지의 경과 연수 대비 누수발생현황에 관한 결과를 분석하였을 때, 4년을 기점으로 지하주차장 누수발생건수가 감소하였으며,
- G단지의 경우 주변 산계가 발달한 구릉지에 건설된 단지로, 경사지에 지하주차장이 시공되어 지하수위의 영향으로 다수의 외벽 누수가 발생한 것으로 판단됨.

[표 3-6] 입주(준공)후 경과 연수 순으로 나타난 누수발생현황

단지명	경과 연수	세대수 (약)	지상부 슬래브	바닥 슬래브	벽	벽-슬래브 연결부	가동 주변	동피트	연결공간 (계단실)	램프	관통배관	기타	단지별 총계
J단지	2	2,400		61*			3	1	2	1	4		11
I단지	3	2,600	44		59		70	6	3	8		1	191
H단지	4	2,200	33			117			20	2			172
F단지	8	2,300	3		2	1	2		3	5			16
G단지	8	1,200	16	3*	46		3			21		3	89
E단지	8.5	1,300			10		2					1	13
D단지	10	800	5		6				2		4	4	21
B단지	15	2,200			10				3			3	16
C단지	15	2,400							1	2			3
A단지	18	400	20										20
부위별 소계			121	0	133	118	80	7	34	39	8	12	552

* 누수를 동반하지 않는 균열

3.6 단지별 누수 보수현황

- 8개 단지 지하주차장 누수균열부위에 직접주입공법(발포형 우레탄 수지계)으로 보수하였으나, 대다수 보수부위에 재누수가 발생하였음.
- 재누수가 발생한 7개 단지에서 발포형 우레탄 수지계를 재사용하였으며, 1개단지(C단지)만 아크릴젤을 사용하여 완전 지수함.
- E/J부위나 계단실 인접 복잡한 부위는 유도배수공법이 적용되었으며, 1개 단지(H단지)는 주차공간의 90%를 넥산으로 전면 유도배수하여 지수처리함.

[표 3-7] 단지별 누수 보수현황

단지명	A단지	B단지	C단지	D단지	E단지
주요누수부위	외벽방향 상부슬래브, 보-기둥 주변	E/J부분	보-기둥 연결부 및 벽-슬래브 연결부	전체적으로 경미	데크플레이트 슬래브 전 구간
적용 보수재	발포우레탄	발포우레탄	1차 :발포우레탄 2차: 아크릴젤	미보수	-
적용 보수공법	직접주입	직접주입	직접주입	-	-
기타 보수조치	E/J, 계단 하부 일부	E/J부분 누수	-	-	유도배수
재누수 여부	부분적으로 재누수	재누수	재누수, (2차 지수)	-	완전 유도배수
단지명	F단지	G단지	H단지	I단지	J단지
주요 누수부위	보-기둥 연결부 및 램프	양쪽 램프 경사로 코너	경사차로 하부	상부슬래브 및 기둥주변	E/J 누수부위
적용 보수재	발포우레탄	시멘트 밀크 그라우팅	발포우레탄	발포우레탄	발포우레탄
적용 보수공법	직접주입	직접주입	직접주입	직접주입	직접주입
기타 보수조치	-	-	-	-	유도배수(슬래브, E/J)
재누수 여부	재누수	재누수	재누수	재누수	재누수

4. 소 결

10개단지 지하주차장에 대한 누수현황조사를 수행하고 그 결과를 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였음.

1) 지하방수 설계현황

- 10개단지 외벽에 적용된 방수공법은 공간벽 유도배수(2개 단지), 시멘트액체방수(4개 단지), 폴리머계 방수(3개 단지), 점착식 복합 시트 외방수(1개 단지)임.
- 주차장 상부슬래브에 적용된 방수공법은 시트방수(6개 단지), 우레탄계 도막방수(4개 단지)가 적용되어 있음.
- 10개단지 지하주차장은 모두 지하 1개층으로 중간층 슬래브가 존재하지 않음.
- 지하주차장 바닥슬래브의 경우 14년 이후 준공된 단지부터 배수관 및 액체방수가 적용되었음.

2) 부위별 누수발생 특성

- 10개단지 조사결과 누수발생부위가 총 6개로 분류됨.
 - ① **슬래브**(데크플레이트, 램프 하부슬래브 누수), ② **조인트**(공동구-외벽 시공조인트, 신축이음 조인트), ③ **연결부**(보-기둥, 보-기둥-슬래브 부재간 연결부위), ④ **램프**(경사로 상·하부), ⑤ **외벽**(외벽, 계단실 내부 코너), ⑥ **배관**(관통배관, 전기실(컨트롤 박스 내부))
- 전체 누수하자 552건 중 331건인 60%가 지하주차장 외벽, 기둥-보 접합부에서 발생하였으며, 지상부 슬래브 누수가 21.9%인 121건으로 많이 발생함.
- 동피트, 연결공간에 적용된 E/J, 관통배관 등 이질재 접합부의 실링처리 미흡으로 인한 누수가 18.1%인 100건이 발생함.
- 이러한 결과는 외벽방수의 미적용, 계단실 전기실 등 구조적으로 복잡한 부위의 방수처리 미흡 등 방수층 마무리 구간에서의 하자발생에 원인이 있는 것으로 판단됨.

3) 단지별 누수현황에 관한 분석

- 누수균열에 대한 보수는 10개 단지 중 8개 단지에서 발포형 우레탄 수지계를 사용한 직접주입공법으로 보수하였으며, 상당부분 초기누수에 발포형 우레탄 수지계를 사용하고 있음.
- 발포형 우레탄 수지계를 적용한 8개 단지 모두 보수재 열화에 따른 재누수가 발생하였음. 이는 일부 충전된 보수재 내부의 미경화 발포재가 균열로 유입된 수분에 의해 외부로 유출된 것으로 판단됨.
- 1개단지에서 신축이음부위나 계단실 인접 복잡한 부위에 유도배수공법을 적용하였고, 주차구간의 90% 구간을 전면 유도처리(벅산)하여 지수효과를 확보함.

4) 적용 방수공법별 누수현황 분석

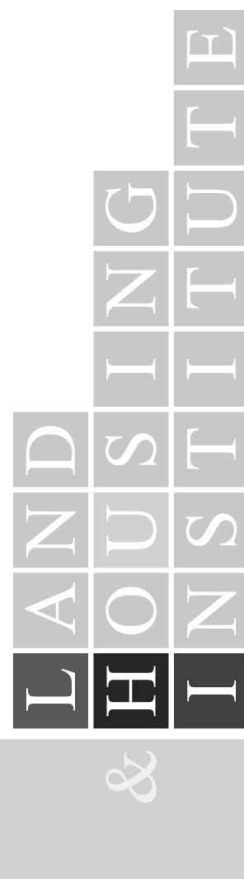
- 적용된 방수공법별 누수 발생현황을 분석했을 때, 적용공법과 누수발생현황의 연관성을 확인할 수 없었으나, 시트방수의 경우 지하주차장 보다는 기계실, 연결공간, 천창, 동피트 등 설계가 복잡한 부위에서 상대적으로 많은 누수현상이 발생하고 있으며, 도막방수는 지상부 슬래브, 기둥주변 및 공용시설 등에서 누수현상이 발생하는 것으로 나타남.

5) 단지 경과 연수별 누수현황 분석

- 단지의 경과 연수 대비 누수발생현황을 분석했을 때, 준공 후 4년 이전 누수 발생 건 수는 374건으로 전체 552건 중 67.7%를 차지함.
- 이러한 결과를 바탕으로 4년을 기점으로 누수발생이 감소하는 것을 확인할 수 있음.

제 4 장

지하주차장 누수원인 분석



제 4 장 지하주차장 누수원인 분석

1. 누수 원인분석 개요

- 본 장에서는 3장에서 조사된 누수현황을 바탕으로 원인을 분석하여 아래와 같이 2가지 주요 원인으로 분류하여 분석하였음.
- ① 방수시스템 관련 누수발생 원인
- ② 지하주차장 주변 지하수위에 따른 누수발생 원인

2. 누수원인 검토 결과

- 10개 단지의 지하주차장은 모두 지하 1층으로 건설되었으며, 지하 1층은 저심도로 지하주차장의 최저심도가 지하수위보다 높아 지하수위에 대한 영향은 미비한 것으로 판단되며, 이에 대한 결과로 전 단지에 걸쳐 지하주차장 바닥 슬래브는 균열만 발생하였으며, 누수를 동반한 누수균열은 발생하지 않음.
- 대부분의 누수는 지표수의 내부 유입으로 발생하며, 계단실 시공조인트, 램프 측면부, 램프 하단부위, 슬래브-기둥 상부조인트 등 지면에 근접한 부위의 균열을 통해 다수의 누수가 발생함.
- 지표수의 내부 유입은 방수층의 손상에 의한 영향으로 누수가 발생한다고 판단되며, 누수의 근본적인 원인은 주차장 지붕 구조물 상부에서 수분의 유입을 근본적으로 차단해야하는 방수층의 손상에 있다고 판단됨.

* 누수진단의 한계점

주차장 상부 방수층의 손상정도를 구체적으로 파악하기 위해서는 시공된 방수재의 샘플링에 의한 조사 및 진단이 필요하나, 현재는 방수층 상부에 누름콘크리트 뿐만 아니라, 1 ~ 1.3m 이상의 도로, 인공식재지반, 기타 시설물이 시공되어 있는 상황이며, 다양한 부위를 조사대상으로 해야하는 문제점이 있음.

2.1 방수시스템 관련 누수유발

□ 방수층의 부분적 손상

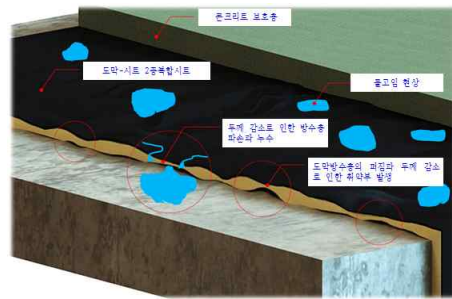
- 지하주차장에서 발생하는 누수는 지하주차장의 특정부위의 특정요인에 의한 누수가 아닌 넓은 범위에서 발생하는 일반적인 현상이라고 판단됨.
- 지하주차장 지상부 슬래브 상부에 시공된 방수층의 일부 구간이 파손되어 방수 성능을 확보하지 못할 때 내부로의 누수가 발생하는 것으로 판단됨.
- 즉 부분적인 방수재의 품질저하를 포함한 방수시스템 [표 4-1]의 문제와 관련된 결과적 현상인 것으로 추정됨.

[표 4-1] 공종별 방수시스템 요구품질 및 품질저하 원인

항목			요구되는 품질	품질저하 원인
바탕처리			표면흡수율(8% 이하) 단차조정(5mm 이하) 레이턴스 이물질제거 코너부 ; 캔트설치, 돌출부 : 둔각처리	· 건조 불량으로 인한 부풀음 현상 · 바탕면 오염물, 유지분 처리 미흡 · 코너부, 이음부, 돌출부 처리 미비 · 기상조건(동절기) 미고려
프라이머 도포			도포량, 부착력 확보	· 프라이머 설계 두께 미확보 · 프라이머 도포 후 양생불량(오염)
방수재	도막방수	배합비, 성분 함량	품질기준 -LH전문시방서 42531 -KS 4917 등	· 주재와 경화제의 계량 및 혼합불량 · 점도 부족으로 인한 용제첨가
	시트방수	시트두께, 강도, 안정성		· 시공 부주의 · 시트 및 접합부 밀착시공 불량
취약부 보강			코너부, 단차부, 이질재 연결부, 관통배관, 드레인 주변 등에 대한 방수재 덧댐, 보강재 시공	· 코너, 드레인주변, 돌출부, 이질재 접합부 보강불임 시공불량 · 거동이 예상되는 접합부 균열주위는 절연처리
보호층	수평 부위	보호 콘크리트	와이어매쉬 설치, 비닐, 보호콘크리트 양생	· 보호 콘크리트 양생불량 · 와이어매쉬 설치 위치불량
	수직 부위	조적/ 보호층	조적 및 보호용 보드 고정 수평 보호콘크리트와 마무리	· 보호용 조적 고정불량 · 보호 콘크리트 양생불량
보호층 설치시기			방수재 시공 후 신속히 시공 ※ 비노출방수공법이므로 노출상태로 장기 존치 시 조기열화 가능	· 보호층 설치불량 · 돌출면 면고르기 불량
배수 구배			1~2% 이상	· 배수 구배불량
기타			사용 중 과하중, 변위, 충격 방지 등	· 시공 후 과하중 적재 · 중장비로 인한 과하중 재하

□ 지하주차장 지상부 슬래브 방수층 손상으로 인한 누수발생

- 방수재의 설계, 시공 및 품질이 기준에 따라 적절하게 시공되었다는 전제하에서, 다음과 같은 방수재 이외의 2차적인 영향인자가 관련되어 있을 것으로 판단됨.
 - 방수층 시공 후 후속공정이나 연관공정에 의한 방수층의 손상
 - 보호 콘크리트의 시공 이후 콘크리트의 거동에 의한 방수층의 손상
 - 보호층 시공 이후 주거동 시공 시 양중장비와 운반용 차량의 이동으로 인한 방수층의 두께변화 [그림 4-1].



[그림 4-1] 세대동 공사 중 지하주차장 지상부 상황 및 지상부 슬래브 방수층 두께변화

□ 방수재의 점착/접착 미흡에 따른 누수발생

- 시트계 방수공법인 경우, [그림 4-2]와 같이 바탕 콘크리트에 직접 밀착되는 1차방수층인 시트 방수층이 방수기능을 확보해야 함.

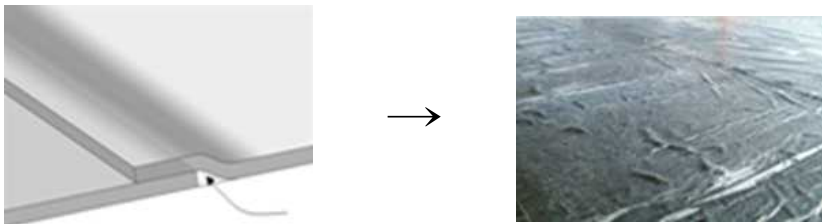


[그림 4-2] 고무아스팔트 2중방수 시공사례

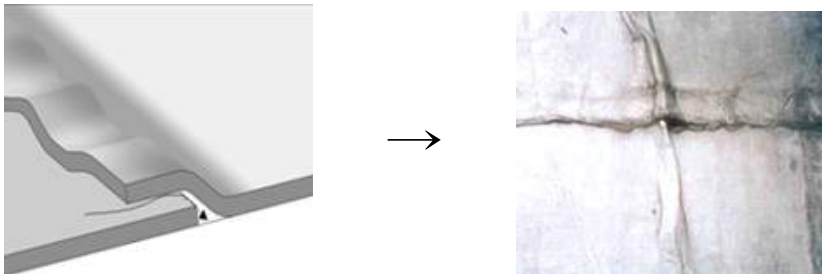
- 콘크리트 바탕위에 방수재가 밀실하게 접착되어 시공되면, 완전히 방수재가 밀착하게 되므로, 방수층과 콘크리트 계면에서 수분의 이동이 불가능하게 되어 원천적으로 골조 내부로의 수분 유입을 차단하는 기능을 가지게 됨.

□ 방수재의 조인트 특성

- 한편 방수층이 손상된 경우, 직하부에 균열, 간극 등의 결함이 있을 경우 누수로 이어지게 되나, 콘크리트 부재 내 다수의 균열이 발생한다 하더라도 방수층의 손상부위와 일치할 가능성이 높지 않음.
- 다만, 시트계 방수공법의 경우 [그림 4-3]과 같이 겹침부 시공불량이나 접착불량 현상으로 인하여 내부 수분의 이동경로가 생성되어 누수 발생가능성 높음.



겹침부 시공불량에 따른 누수(물길 형성)



겹침부 접착불량에 따른 누수(바리)

[그림 4-3] 시트계 방수층의 수분이동에 따른 누수

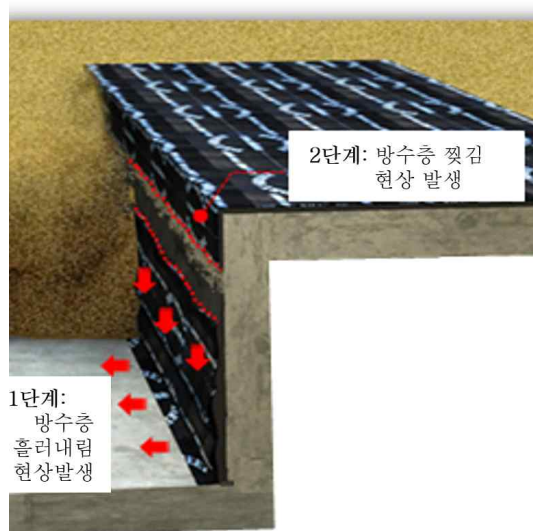
□ 단차/수직부에서의 취약성

- 수직부위의 경우, 방수층의 처짐이나 흘러내림 현상, 접합부 결함 등으로 인하여 [그림 4-4]와 같이 방수층의 손상이 누수하자로 이어지는 사례가 매우 많음.



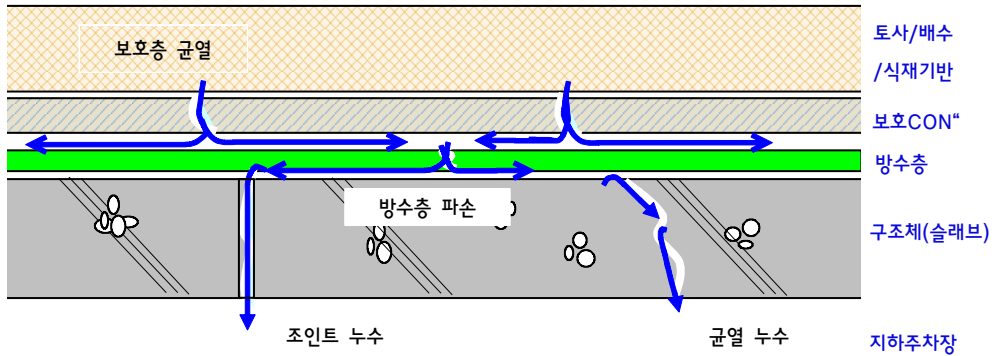
[그림 4-4] 수직부위 시트방수 접합부 손상 사례 및 시트방수 접합부

- 접착식 시트계 방수공법의 경우 수직부위(벽, 파라넷, 단차 발생부위)에 [그림 4-5]와 같이 흘러내림 현상의 발생으로 상부방수층의 찢김 현상과 같은 손상이 발생함.



[그림 4-5] 수직 단차부위에서의 방수층 손상/결합 발생 개념도

- 결론적으로 누수사례에 있어서도, [그림 4-6]과 같이 방수층의 손상과 함께 방수층과 콘크리트의 접착면에서의 들뜸 현상에 의해 수분이 수평방향으로 일정범위까지 확산 되면서 콘크리트의 균열 부위를 통하여 누수가 발생함.

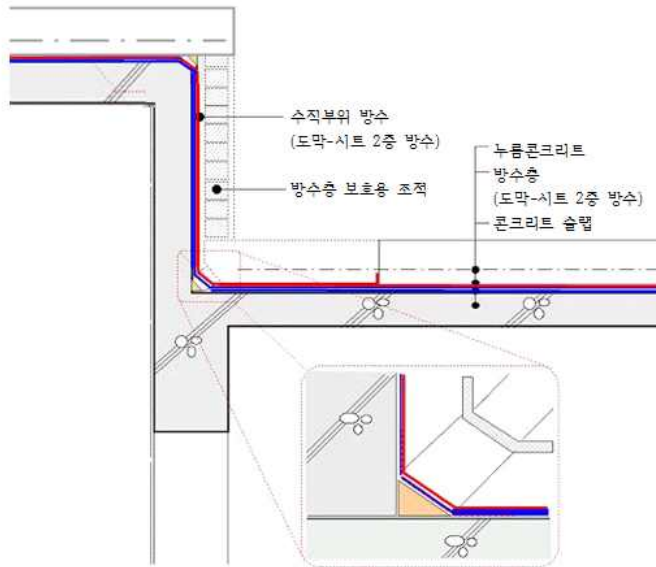


[그림 4-6] 방수층의 손상과 들뜸, 수분이동으로 누수부위 확산 개념도

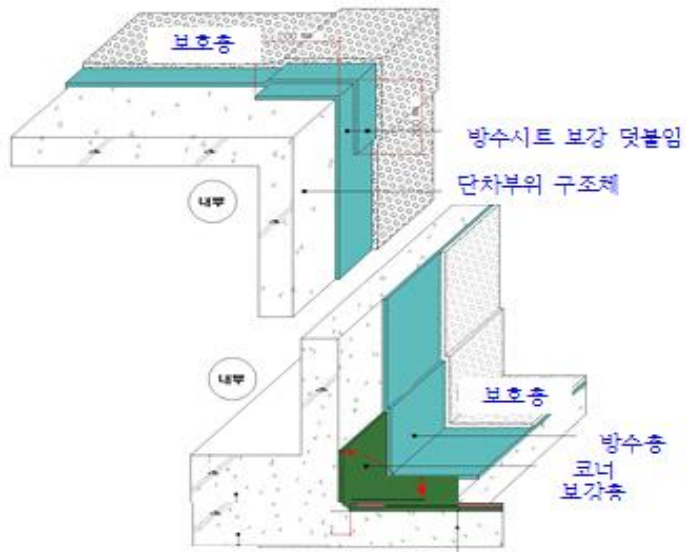
- 이와 같은 누수발생 메커니즘으로 인하여, 현장조사 단계에서 누수부위가 다양하고 특정 누수부위를 보수하면 주변부위에서 누수현상이 다시 발생하는 확산현상을 부연하고 있음.

□ 방수 보호층 및 바탕의 손상

- 방수 보호층(마감 모르타르)과 바탕은 방수재의 시공 이후 후속공정이나 사용과정에서 발생할 수 있는 외부 영향요인으로부터 방수층의 안정성을 높이는 기능을 가지고 있음.
 - 영향요인 : 공동주택 시공 중 중장비 이동, 자재 적체 등 과도한 시공하중 및 사용하중, 지하주차장 상부를 화단조성과 그에 따른 토압증가로 인한 하중증가
- [그림 4-7]과 같이 단차가 발생할 수 있는 코너부에 면처리나 보강 등의 세부적인 사항이 방수층의 안정성에 영향을 미칠 수 있음.
- 따라서 누수사례에 대한 조사결과 이러한 디테일에 대한 미준수로 인하여 방수층이 쉽게 손상되어 누수가 발생하는 것으로 판단됨.



[그림 4-7] 단차부위 코너부 이상적인 방수 디테일



[그림 4-8] 단차부위 및 수직부위에서의 방수층 보강 개념도

2.2 지하수위에 따른 누수원인 분석

10개 단지 중 8개단지(B단지, D단지 제외)의 지반조사보고서를 분석하여 지하수위와 누수발생현황의 상관관계를 분석함.

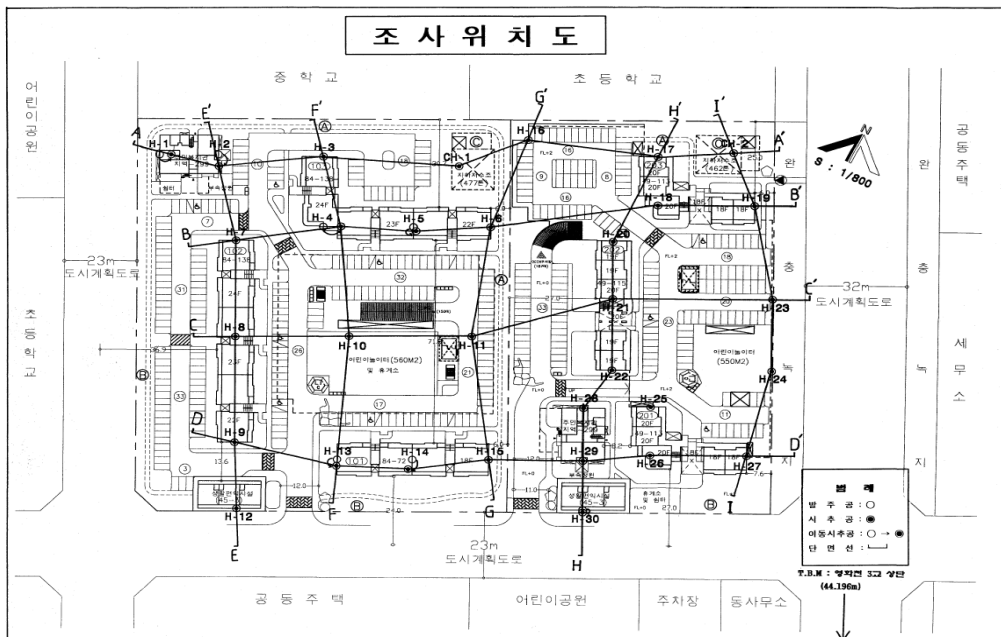
- F, G, J단지는 기초저면선이 지하수위보다 낮게 위치하는 경사지에 지하주차장을 시공하여, 외벽 및 바닥에서 균열을 통한 누수가 발생할 확률이 높아짐.
- 이는 건설된 지하주차장이 지하수의 흐름에 영향을 주는 댐업(Dam-up)효과를 일으켜 수압을 증가시키고, 이로 인하여 누수가 발생할 수 있음.
- F, G, J단지를 제외한 단지의 경우, 지하주차장 기초저면선이 지하수위 아래에 위치하고 있어, 토압에 의한 균열은 발생할 수 있으나, 외벽 및 바닥에서 균열을 동반한 누수의 발생이 적을 수 있음.

[표 4-2] 단지별 최저 기초저면선과 최고 지하수위 비교

구 분	최저 기초저면선(BL) EL. (m)	최고 지하수위 EL.(+) (m)	공번
A 단지	39.4.	39.950	H-11
B 단지	지반조사보고서 확보 불가		
C 단지	13.50	14.080	H-15
D 단지	지반조사보고서 확보 불가		
E 단지	30.70	27.520	H-47
F 단지	64.00	64.330	H-71
		66.610	H-72
	61.70	61.160	H-75
		64.530	H-76
G 단지	57.74	69.707	H-41
		69.807	H-42
		68.484	H-14
	54.45	70.324	CH-1
H 단지	-	81.160	H-2
I 단지	36.00	34.282	H-15
		35.442	H-29
		35.196	H-37
	34.80	35.695	H-36(전기실)
J 단지	22.50	28.207	H-3
		28.766	H-4

□ A단지

- A단지의 북동 방향과 남동방향에 저수지가 자리하고 있으며, 단지와 인접하여 두 개의 하천이 서쪽과 남쪽으로 흐르고 있음.
- 단지의 지질은 상부로부터 매립토층, 충적층, 풍화토층, 풍화암층 순으로 분포하고 있으며, 매립토층 직하에 분포하는 충적층은 서쪽과 남쪽으로 흐르는 하천의 영향으로 퇴적된 지층으로 전 단지에 걸쳐 4.5 ~ 7.7m의 두께로 분포함.
- 충적층은 상부로부터 실트질 점토층 내지 모래질 실트층, 실트질 모래층, 모래질 자갈층 순으로 심도가 깊어질수록 조립화 되는 경향을 보임.
- 표준관입시험 결과는 아래 [표 4-3]에 나타내었음.
- 단지의 공내 지하수위는 GL. -4.3~9.8m(표고기준 EL.34.816 ~ 42.112m)의 분포 범위를 보이며, 지하수위는 아래 [표 4-4]와 같음.
- 지하주차장(I) 기초저면선(B.L) 하부에 전반적으로 매립층과 충적층인 실트질 모래층에 분포하고 있으며, 지하수위 또한 기초저면선 부근에 위치하고 있음.



[그림 4-9] A단지 지반 조사위치도

[표 4-3] A단지 지반 표준관입시험 결과 요약

구분	매 립 층		충 적 층				풍화도	풍화암
	실트질 모래	모래질 자갈	실트질 점토	모래질 실트	실트질 모래	모래질 자갈		
N 치	6~38	31~36	8~26	10~18	12~50 이상	30~50 이상	41~50 이상	50/15 이상

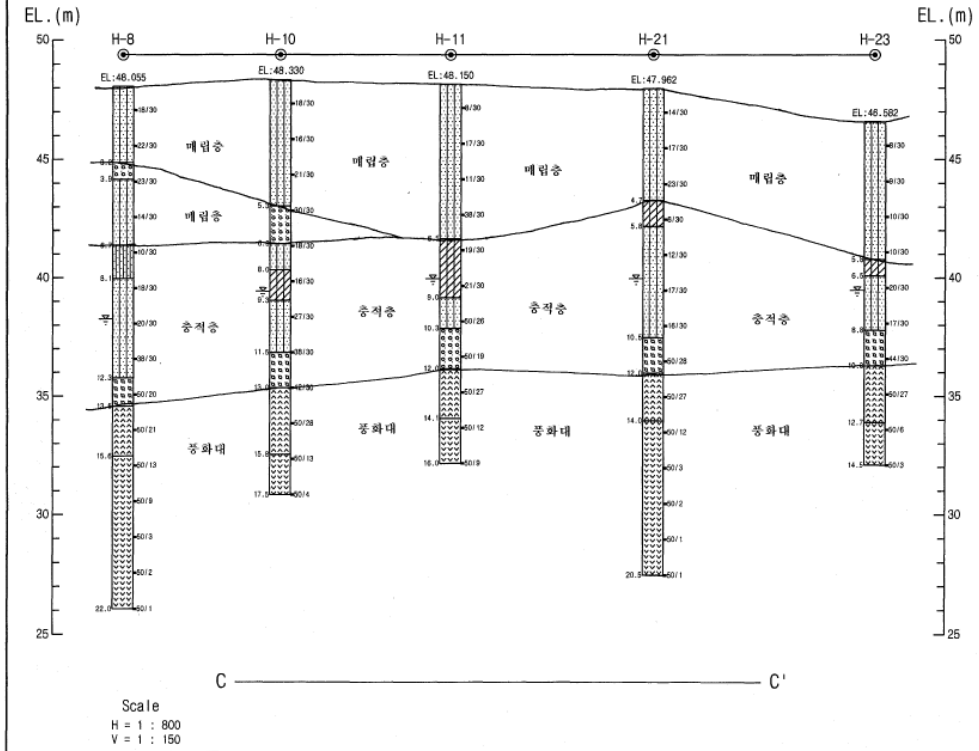
* 표준관입시험에 의한 점성토의 연경도 및 사질토의 상대밀도

점 성 토			사 질 토		
N치	$q_u(\text{kg/cm}^2)$	연경도	N치	상대밀도(%)	상대밀도
2 이하	< 0.25	매우연약 (Very soft)	2 이하	0 ~ 20	매우느슨 (very loose)
2 ~ 4	0.25 ~ 0.5	연약(soft)	2 ~ 4	20 ~ 40	느슨(loose)
4 ~ 8	0.5 ~ 1.0	보통견고 (medium stiff)	4 ~ 8	40 ~ 60	보통조밀 (medium dense)
8 ~ 15	1.0 ~ 2.0	견고(stiff)	8 ~ 15	60 ~ 80	조밀(dense)
15 ~ 30	2.0 ~ 4.0	매우견고 (very stiff)	15 ~ 30	80 ~ 100	매우조밀 (very dense)
30 이상	4.0 <	굳음(hard)	30 이상		

[표 4-4] A단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질

구분	공변	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	지초저면선 BL.(m)	토질명
주차장 1	H-10	48.330	39.430	39.4	실트질모래(중간조밀, 젖음), 5.3 모래질자갈(중가 조밀, 젖음), 1.6 실트질모래(중간조밀, 젖음), 1.1
	H-11	48.150	39.950	39.4	실트질모래(느슨, 젖음), 6.5 실트질점토(매우견고, 포화), 2.5
주차장 2	H-16	47.992	39.592	40.95	실트질모래(중간조밀, 젖음), 6.1 실트질점토(젖음), 0.4 실트질모래(중간조밀, 젖음), 1.1
	H-23	46.582	39.482	40.95	실트질모래(느슨, 젖음), 5.8 실트질점토(젖음), 0.7 실트질모래(중간조밀, 포화), 2.3
	H-24	47.312	39.912	40.95	실트질모래(중간조밀, 느슨), 5.8 실트질점토(젖음), 0.9 실트질모래(중간조밀, 포화), 2.36

지 질 단 면 도



[그림 4-10] A단지 지하주차장 지층단면도(H-10, 11, 23)

□ C단지

- 단지의 지하지질은 지표로부터 매립층, 충적층(실트질 점토, 점토질 실트, 실트질 모래, 모래질 자갈), 기반암의 풍화대, 연암 습으로 분포함.
- 단지의 공내 지하수위는 GL.-0.00 ~ -5.01m의 분포범위를 보이며 아래 [표 4-5]에 정리하여 나타내었음.
- 지하수위가 측정된 시추공의 지하수위는 주로 충적층과 풍화토에 분포하는 것으로 측정됨. 지하수가 기초저면선(B.L.)하부에 분포하여 지하수위 상승에 의한 구조물 손상 영향이 미미할 것으로 판단됨.
- 지하주차장(I) 기초저면선(B.L.) 하부에 전반적으로 N치가 5 ~ 20 정도의 점성토층이 분포(두께 : 0.5 ~ 2.5m)하고 있음.
- 지하주차장(II) 기초저면선(B.L.) 하부에 풍화토층이 출현되며, 대부분 보통조밀(Medium dense)한 상태밀도를 보임.

[표 4-5] C단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질

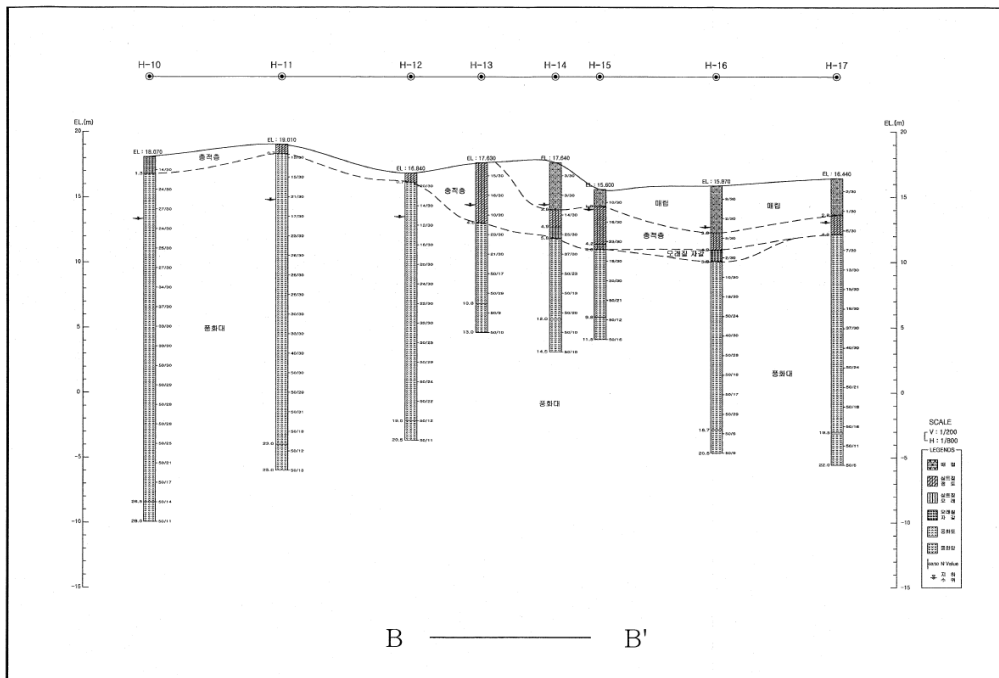
구 분	공 번	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	지초저면선 BL.(m)	토 질 명
주차장 1	H-15	15.600	14.08	13.5	매립(젓음, 견고), 1.3 실트질점토(젓음, 견고), 2.9 풍화토(습윤, 매우조밀), 5.2
	H-16	15.870	12.72	13.5	매립(젓음, 견고), 3.6 실트질점토(젓음), 1.3 모래질자갈(젓음, 느슨), 0.9
	H-17	16.440	13.08	13.5	매립(젓음, 매우연약), 2.8 실트질점토(젓음, 연약), 1.5 풍화토(습윤, 매우조밀), 14.2
주차장 2	H-10	18.070	13.34	14.0	실트질모래(젓음, 보통조밀), 1.3 풍화토(습윤, 매우조밀), 18.5
	H-11	19.010	14.81	14.0	실트질점토(젓음), 0.7 풍화토(젓음, 매우조밀), 18.5
	H-12	16.840	13.51	14.0	실트질점토(젓음), 0.7 풍화토(젓음, 매우조밀), 18.5

[표 4-6] C단지 지반 표준관입시험 결과요약

구분	매 립 층	층 적 층				풍화대
		실트질 점 토	모래질 실 토	실트질 모 래	모래질 자 갈	
층후(m)	0.4 ~ 3.9	0.8 ~ 4.6	2.1	0.4 ~ 1.4	0.9	E.L 10.07 ~ 18.43
N 치	1회/30cm ~ 18회/30cm	3회/30cm ~ 26회/30cm	19회/30cm	5회/30cm ~ 25회/30cm	2회/30cm	4회/30cm ~ 50회/5cm

* 표준관입시험에 의한 점성토의 연경도 및 사질토의 상대밀도

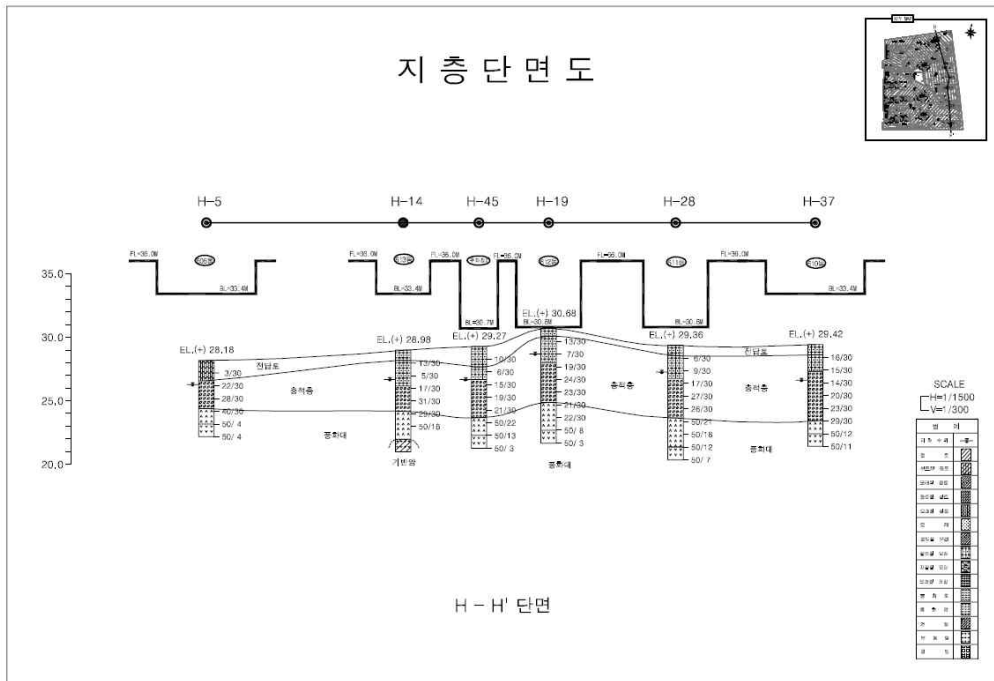
점 성 토			사 질 토		
N치	$q_u(kg/cm^2)$	연경도	N치	상대밀도(%)	상대밀도
2 이하	< 0.25	매우연약 (Very soft)	2 이하	0 ~ 20	매우느슨 (very loose)
2 ~ 4	0.25 ~ 0.5	연약(soft)	2 ~ 4	20 ~ 40	느슨(loose)
4 ~ 8	0.5 ~ 1.0	보통견고 (medium stiff)	4 ~ 8	40 ~ 60	보통조밀 (medium dense)
8 ~ 15	1.0 ~ 2.0	견고(stiff)	8 ~ 15	60 ~ 80	조밀(dense)
15 ~ 30	2.0 ~ 4.0	매우견고 (very stiff)	15 ~ 30	80 ~ 100	매우조밀 (very dense)
30 이상	4.0 <	굳음(hard)	30 이상		



[그림 4-11] C단지 지하주차장 지층단면도

□ E단지

- E단지 남측 약 50m 정도의 제천이 동서방향으로 흐르며 단지 동측의 남북방향으로 제천이 유입되고 있음.
- 표고는 최대 EL.(+)30.68, 최저 EL.(+)27.87m를 나타내고, 최대 표고차는 2.81m 정도임
- [표 4-7]에 정리된 것과 같이 단지 내 지하수위는 GL. -1.8 ~ -3.3m에 형성되어 충적층* 내에 분포하는 것으로 확인됨.
 - 충적층 : 실트질 모래, 자갈질 모래, 모래질 자갈로 구성된 모래층
 - 단지 전 시추공에서 0.4 ~ 2.2m의 충후를 보이며 대부분 습윤 ~ 포화정도의 함수상태를 나타냄.
 - 표준관입시험결과 N값은 3/30 ~ 18/30회로 대단히 느슨 ~ 보통의 상대밀도
- 본 단지 지하주차장의 최저심도는 EL.(+) 30.68로 최고심도 지하수위 EL.(+) 29.0 보다 높음.



[그림 4-12] E단지 지하주차장 - 지하수위 최근접 지층단면도

[표 4-7] E단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질

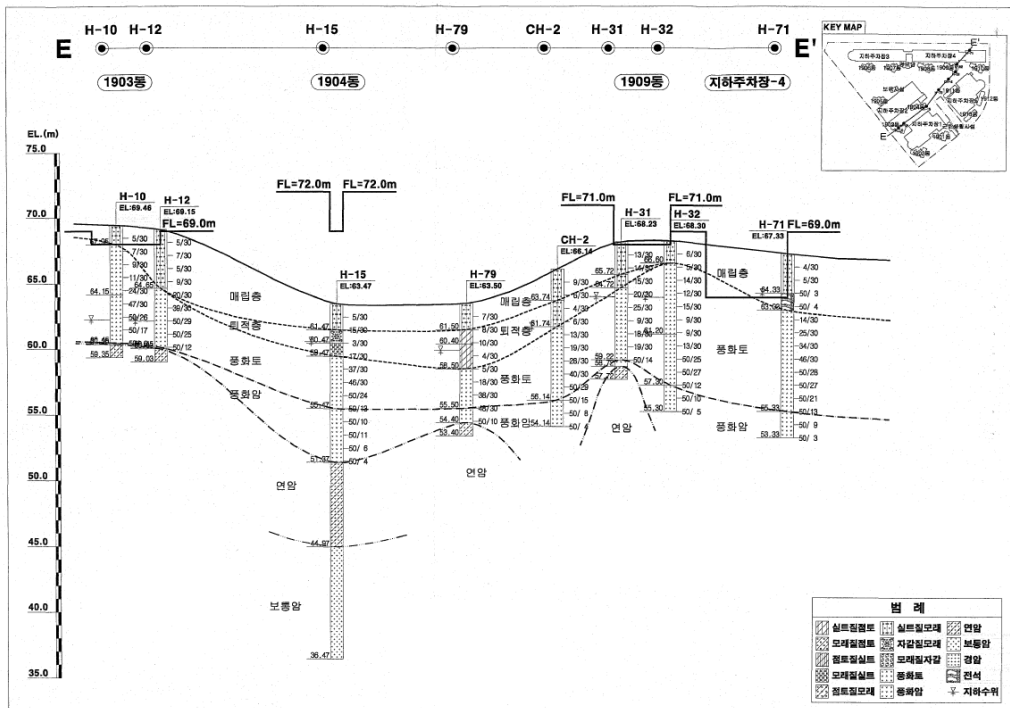
구 분	공 번	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	지초저면 선BL(m)	토 질 명
주차장 1	H-39	29.00	26.6	30.7	실트질모래(습윤, 느슨), 1.7 모래질모래(포화, 보통), 2.8
	H-42	29.53	27.03	30.7	실트질모래(자갈섞임), 0.7 실트질모래(습윤, 느슨), 1.7
주차장 2	H-44	29.08	27.08	30.7	실트질모래(자갈섞임), 0.5 실트질모래(습윤, 느슨), 1.0
	H-45	29.27	26.67	30.7	실트질모래(습윤, 느슨), 1.6 실트질모래(습윤, 느슨), 1.0
	H-47	30.02	27.52	30.7	실트질모래(자갈섞임), 1.4 실트질모래(습윤, 느슨), 2.1
	H-48	29.86	26.66	30.7	실트질모래(자갈섞임), 1.5 실트질모래(습윤, 느슨), 1.2
	H-51	29.59	27.09	30.7	실트질모래(자갈섞임, 0.7) 실트질모래(습윤, 느슨), 1.0
	H-52	29.82	27.22	30.7	실트질모래(자갈섞임, 0.7) 실트질모래(습윤, 느슨), 1.9

[표 4-8] E단지 지하주차장 지층상태 및 특성

지 층	토 질	층 후(m)	비 고
전답토층	모래질 실트, 실트질 모래	0.5 ~ 2.4	· 조사부지 전공에서 확인.
충적층	실트질 모래, 자갈질 모래, 모래질 자갈	0.4 ~ 5.4	· 조사부지 전공에서 확인 모래 : 0.4 ~ 2.2m의 층후 자갈 : 1.4 ~ 5.4m의 층후
풍화토	실트질 모래 및 암편으로 분해	10.5 ~ 3.5	· H-6, 10, 24, 29, 30, 33, 51, 52, 53을 제외한 전공에서 확인.
풍화암	실트질 모래 및 암편으로 분해	0.8 ~ 4.0	· H-14, 29, 44를 제외한 전공에서 확인.
기반암	연암	1.0 ~ 20.0	· H-4, 14, 18, 29, 33, 44에서 확인.

□ F단지

- F단지 중심을 북서-남동방향으로 가로지르는 소하천에 의해 북동부의 경작지와 남서부의 구릉성 산지로 구분되며, 단지 남동쪽에 저수지가 위치하고 있음.
- 지반의 분포는 전답 · 매립층이 실트 · 모래의 형태로 지표에서 0.3~7.0m의 두께로 분포하며, 유수에 의해 형성된 퇴적층이 매립층 하부로 0.6~4.7m의 두께로 모래 · 실트가 주를 이룸.
- 표고는 최대 EL(+)30.68, 최저 EL(+)27.87m이며, 최대 표고차는 2.81m 정도임.
- [표 4-10]에 정리된 것과 같이 단지 내 지하수위는 EL. 59.05m ~ 66.61m에 형성되어 실트질모래로 구성된 퇴적층과 풍화토 내에 분포하는 것으로 확인됨.
- 본 단지 지하주차장의 최저심도는 EL.(+) 62.5m로 최고심도 지하수위 EL.(+) 61.25m 보다 높아 균열누수의 발생이 적을 것으로 판단됨.



[그림 4-13] F단지 지하주차장2 지층단면도

[표 4-9] F단지 지하주차장 지층상태 및 특성

지 층	토질 및 암종	상대밀도 및 연경도	출현심도(m)	총 후(m)
매립층	실트질 모래	매우느슨 ~ 매우조밀	0.0 ~ 0.3	0.3 ~ 7.0
	모래질 자갈	느슨 ~ 매우조밀	0.0 ~ 6.0	1.0 ~ 2.0
전답토	모래질 실트	보통견고	0.0	1.7
퇴적층	모래섞인 실트	보통견고	1.0 ~ 6.0	1.0 ~ 2.0
	점토질 실트	연약 ~ 고결	5.0 ~ 8.0	0.5 ~ 3.0
	모래질 실트	매우연약 ~ 고결	1.0 ~ 7.0	0.5 ~ 2.0
	실트질 모래	매우느슨 ~ 조밀	1.0 ~ 6.5	1.0 ~ 4.0
	자갈섞인 모래	느슨 ~ 보통조밀	4.0 ~ 5.0	1.0 ~ 2.0
	점토질 모래	매우느슨	4.0	1.0
	모래질 자갈	보통조밀	2.0 ~ 8.0	1.0
	모래질 점토	매우연약 ~ 고결	1.0 ~ 8.0	1.0 ~ 4.0
	실트질 점토	매우연약 ~ 매우견고	2.0 ~ 6.0	1.0 ~ 3.0
풍화토	흑운모 편마암	매우느슨 ~ 매우조밀	0.0 ~ 8.7	0.3 ~ 15.0
풍화암	흑운모 편마암	매우조밀	5.0 ~ 17.0	0.1 ~ 6.8

[표 4-10] F단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질

구 분	공 번	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	단지BL. (m)	토 질 명
주차장 1	H-52	68.85	61.15	62.5	실트질모래(습윤, 느슨), 3.6 풍화토(습윤, 매우조밀), 4.4
	H-53	68.84	60.74	62.5	실트질모래(습윤), 0.5 풍화토(습윤, 매우조밀), 10.5
	H-54	64.01	59.01	62.5	실트질모래(습윤,느슨), 2.5 점토질실트(습윤), 1.0
	H-55	63.47	59.57	62.5	모래질자갈(습윤,보통조밀), 2.5 실트질모래(습윤,느슨) 2.0
	H-56	63.42	59.72	63.0	실트질모래(습윤,보통조밀), 4.0 실트질점토(습윤) 2.0
주차장 2	H-57	77.17	—	67.0	실트질모래(습윤,보통조밀), 4.5 풍화토(습윤,매우조밀), 2.5
	H-58	70.06	62.46	67.0	모래질자갈(습윤, 매우조밀), 2.5 풍화토(습윤, 매우조밀), 8.9
	H-59	63.90	60.9	67.0	실트질모래(습윤, 보통조밀), 2.7 풍화토(습윤, 매우조밀), 10.3
	H-60	65.28	62.78	67.0	실트질모래(습윤, 보통조밀), 3.7 모래질실트(습윤,매우견고), 1.8
	H-61	63.66	60.86	67.0	실트질모래(습윤,느슨), 2.4 모래질실트(습윤,연약), 1.5
	H-62	63.48	60.38	67.0	실트질점토(습윤), 0.3 풍화토(습윤, 매우조밀), 5.0

[표 4-10] F단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질(계속)

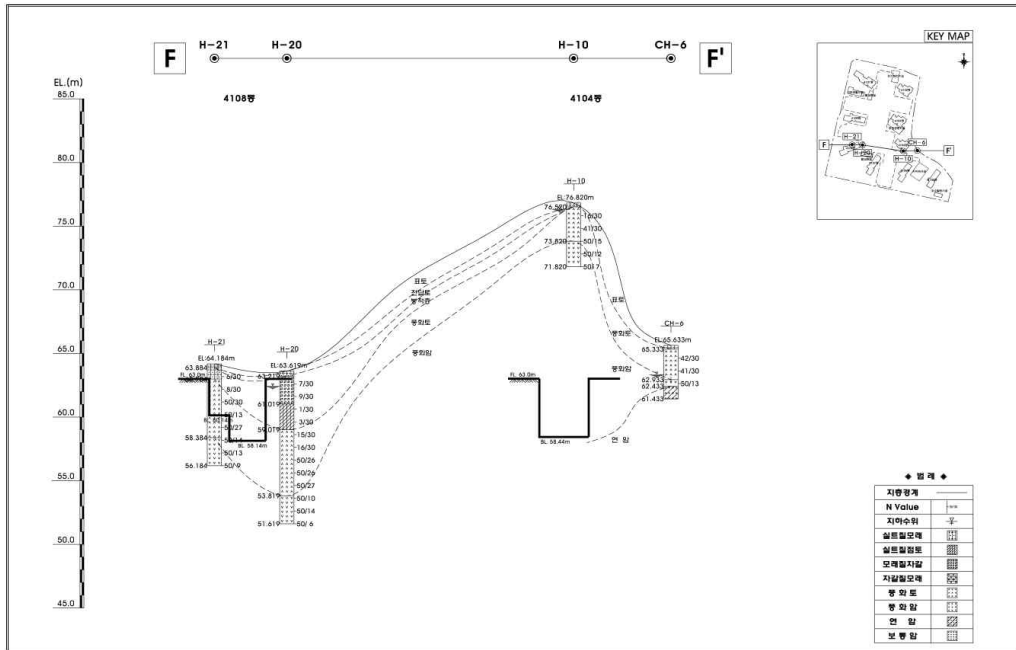
구 분	공 번	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	단지BL. (m)	토 질 명
주차장 3	H-63	69.74	65.84	69.5	실트질모래(습윤, 느슨), 3.0 모래질실트(습윤, 연약), 0.8 풍화토(습윤, 연약), 6.0
	H-64	69.83	65.73	69.5	자갈섞인모래(습윤, 매우느슨), 1.5 실트질모래(습윤, 보통조밀), 3.5
	H-65	67.20	63.8	69.6	실트질모래(습윤, 매우느슨), 3.0 풍화토(습윤, 느슨), 1.0
	H-66	66.58	64.38	69.6	실트질모래(습윤, 보통조밀), 3.8 자갈섞인모래(습윤, 보통조밀), 2.0
	H-67	66.65	64.75	69.2	실트질모래(습윤, 조밀), 4.4 모래질점토(습윤, 연약), 2.1
주차장 4	H-68	66.91	64.11	66.0	실트질모래(습윤, 느슨), 3.0 실트질모래(습윤, 느슨), 2.0
	H-69	67.42	64.82	66.0	실트질모래(습윤, 느슨), 2.0 모래질자갈(습윤, 보통조밀), 1.0
	H-70	67.01	64.01	66.0	실트질모래(습윤, 느슨), 3.0 풍화토(습윤, 조밀), 2.2
	H-71	67.33	64.33	64.0	실트질모래(습윤, 느슨), 3.0 자갈 및 전석(습윤, 매우조밀), 1.3
	H-72	68.31	66.61	64.0	실트질모래(습윤, 보통조밀), 4.1 실트질모래(습윤, 느슨), 2.7
주차장 5	H-73	63.55	59.75	62.8	실트질모래(습윤, 느슨), 5.0 실트질모래(습윤, 연약), 3.0
	H-74	65.21	61.01	62.0	실트질모래(습윤, 보통조밀), 6.0 모래질실트(습윤, 매우연약), 2.0
	H-75	65.16	61.16	61.7	모래질자갈(습윤), 2.0 실트질모래(습윤, 보통조밀), 3.0
	H-76	67.13	64.53	61.7	실트질모래(습윤, 보통조밀), 6.0 자갈질모래(습윤, 보통조밀), 0.7

□ G단지

- G단지는 북쪽에 위치한 산이 주릉이 되고, 이로부터 북서에서 남동방향으로 지
릉들이 낮은 구릉지를 형성하고 있으며, 단지에 인접한 서쪽의 소하천이 북서
에서 남동으로 흘러 남동쪽의 저수지로 유입됨.
- 지층은 표토, 전답토, 매립층, 붕적층, 충적층, 풍화토, 풍화암, 연암, 보통암으
로 구성되어 있으며, 지하주차장이 표토와 전답토, 매립층, 붕적층 또는 충적층
내에 위치하고 있음.
- 지하수위는 EL.-0.3m ~ -13.0m(표고기준 EL.74.51 ~ 55.44m)사이에 분포

[표 4-11] G단지 지하주차장 지층상태 및 특성

지 층	토질 및 암종	상대밀도 및 연경도	출현심도(m)	층후(m)
표토	실트질 모래	—	0.0	0.3 ~ 0.8
전답토	실트질 실트	—	0.0	0.4
매립층	실트질 모래	6/30 ~ 50/12(느슨~매우조밀)	0.0	0.5 ~ 1.8
	자갈질 모래	3/30 ~ 17/30(매우느슨 ~보통조밀)	0.0	1.5 ~ 5.5
붕적층	실트질 점토	1/30~5/30(연약~중간견고)	0.7 ~ 2.6	0.9 ~ 2.2
	실트질 모래	2/30~30/30(매우느슨~매우조밀)	0.8 ~ 2.5	0.9 ~ 4.7
	모래질 자갈	3/30~50/18(매우느슨~매우조밀)	0.3 ~ 3.7	0.6 ~ 2.3
충적층	실트질 절토	3/30~9/30(매우느슨~느슨)	3.4 ~ 5.5	0.9 ~ 2.6
	실트질 모래	3/30~26/30(매우느슨~보통조밀)	1.5 ~ 6.2	0.9 ~ 3.4
	자갈질 모래	8/30~24/30(느슨~ 보통조밀)	6.8 ~ 7.0	0.4 ~ 0.6
	모래질 자갈	15/30(보통조밀)	6.7	0.9
풍화토	실트질 모래	6/30~50/8(느슨~매우조밀)	0.0 ~ 7.7	0.6 ~ 10.5
풍화암	실트질 모래	50/15이하(매우조밀)	0.6 ~ 13.0	0.2 ~ 16.1
연 암	편마암	—	1.0 ~ 23.5	—
보통암	편마암	—	27.0 ~ 39.0	—



[그림 4-14] G단지 지하주차장 지층단면도

[표 4-12] G단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질

구 분	공 번	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	단지EL. (m)	토 질 명
주차장 1	H-2	62.079	58.279	57.74	자갈질모래(매우느슨, 습윤), 3.8 실트질모래(매우느슨, 습윤), 3.0
	H-3	63.0	56.692	57.74	자갈질모래(매우느슨, 습윤), 4.4 실트질점토(연약, 습윤), 2.6
	H-24	63.318	61.718	57.74	실트질모래(느슨, 습윤), 1.5 실트질점토(보통건고, 습윤), 2.2
	H-30	61.645	57.74	57.74	자갈질모래(매우느슨, 습윤), 4.9 실트질점토(보통건고, 젖음), 0.9
	H-31	61.415	55.915	57.74	자갈질모래(매우느슨, 습윤), 5.5 실트질점토(보통건고, 습윤), 1.2
	H-33	63.518	62.018	57.74	실트질모래(조밀, 습윤), 1.5 풍화토(매우조밀, 습윤), 3.3
	H-34	62.484	62.484	57.74	자갈질모래(보통조밀, 느슨), 3.8 실트질모래(보통조밀, 습윤), 3.0
	H-37	63.067	62.167	57.74	실트질모래(습윤), 0.4 모래질자갈(습윤, 느슨), 2.1

[표 4-12] G단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질(계속)

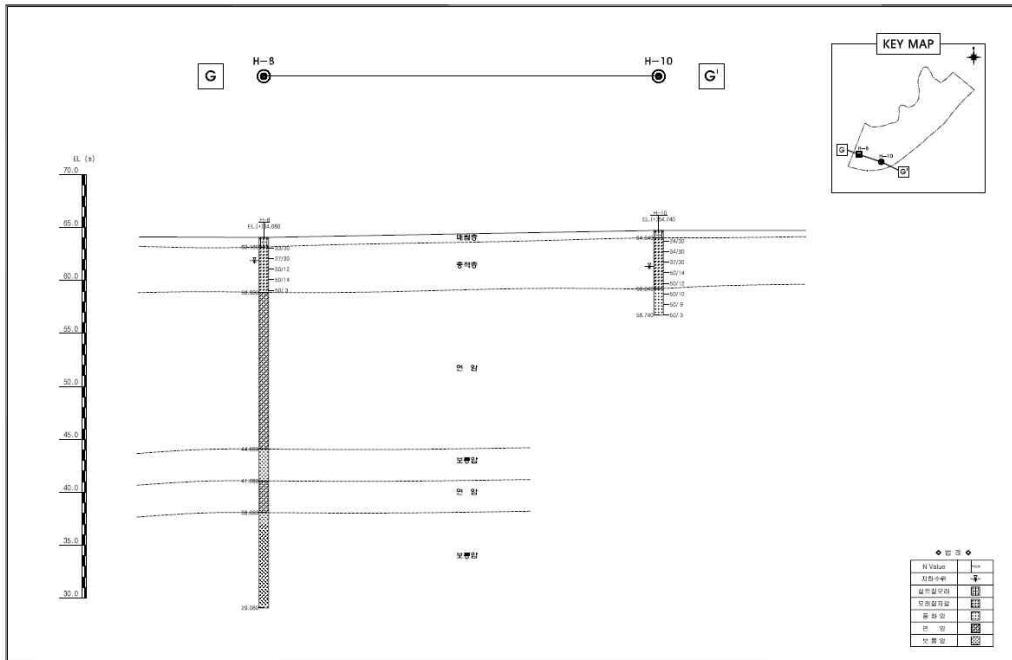
구 분	공 변	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	단지BL. (m)	토 질 명
주차장 2	H-2	62.079	62.079	57.74	자갈질모래(매우느슨, 습윤), 3.8 실트질모래(매우느슨, 습윤), 3.0
	H-4	60.830	56.07	57.74	자갈질모래(느슨, 습윤), 4.7 실트질모래(보통건고, 습윤), 1.3
	H-14	80.284	68.484	57.74	실트질모래(습윤), 0.5 풍화토(매우조밀, 습윤), 9.3
	H-23	61.968	61.968	57.74	자갈질모래(느슨, 습윤), 1.5 실트질모래(느슨, 습윤), 3.4
	H-31	61.415	56.445	57.74	자갈질모래(매우느슨, 습윤), 5.5 실트질점토(보통건고, 습윤), 1.2
	H-35	62.466	60.015	57.74	자갈질모래(느슨, 습윤), 3.4 실트질점토(보통건고, 젖음), 2.5
	H-37	63.067	62.667	57.74	실트질모래(습윤), 0.4 모래질자갈(느슨, 습윤), 2.1
	H-38	62.979	61.479	57.74	실트질모래(습윤), 0.3 모래질자갈(보통조밀, 습윤), 2.2
	H-41	72.607	69.707	57.74	실트질모래(습윤), 0.3 풍화토(조밀, 습윤), 2.5
	CH-1	81.424	70.324	54.45	실트질모래(습윤), 0.3 풍화토(보통조밀, 습윤), 8.5
주차장 3	H-32	60.645	55.625	57.74	자갈질모래(느슨, 습윤), 4.5 실트질모래(보통조밀, 젖음), 2.1
	H-36	65.249	64.149	57.74	실트질모래(매우느슨, 습윤), 2.7 실트질점토(연약, 습윤), 0.9
	H-42	72.607	69.807	57.74	실트질모래(습윤), 0.3 풍화토(조밀, 습윤), 4.0
	CH-6	65.633	63.333	57.74	실트질모래(습윤), 0.3 풍화토(조밀, 습윤), 2.4

□ H단지

- H단지 주변의 수계는 작은 구릉성 산지의 영향으로 큰 지류나 하천이 분포하지 않아 그 발달이 매우 미약한 상태임.
- 또한 이로 인하여 크고 작은 저수지가 발달하였으며, 본 단지의 북서측으로 3.1km 떨어져 인근 산지에서 발달한 1차 수계와 만나 저수지가 위치하고, 동측으로 1.2km 떨어져 중리지가 위치하며, 북서측으로 1.3km 떨어져 저수지가 위치함.
- 북서측의 저수지의 지류가 하천을 형성하여 남측으로 흐름.
- 공내지하수위는 심도 1.5 ~ 4.3m로 측정되었으며, 표고기준은 E.L.60.74 ~ 80.81m에 분포함.
- 단지내 지하수위는 전체적으로 비교적 얇은 심도에서 위치하며, 중앙부의 산지 지역에서 비교적 깊은 지하수위를 나타냄.
- 남서측의 하천 인근의 지역에서는 하천과 하부모래질 자갈의 영향으로 지하수위가 얇게 나타났으며, 부지의 북동측과 동측은 산에서 내려오는 지하수위가 낮은 계곡부로 진입하는 구간으로 지형의 영향을 받아 북측부분이 얇고 남측으로 갈수록 깊어지는 경향을 보임.
- 단지의 공내 지하수위는 GL.-2.3~9.0m(표고기준 EL.32.117 ~ 38.939m)의 분포범위를 보이며, 지하수위는 아래 [표 4-14]와 같음.
- 지하주차장(I) 기초저면선(B.L.) 하부에 전반적으로 N치가 5 ~ 20 정도의 점성토층이 분포(두께 : 0.5 ~ 2.5m)하고 있음.
- 지하주차장(II) 기초저면선(B.L.) 하부에 풍화토층이 출현되며, 대부분 보통조밀(Medium dense)한 상태밀도를 보임.

[표 4-13] H단지 지하주차장 지층상태 및 특성

지 층	토 질	층 후(m)	비 고
표 토	실트질 모래	0.6 ~ 0.8	· H-2, 3, 5번 공에서 확인
매 립 층	실트질 모래	0.5 ~ 5.5	· H-4, 6, 7, 8, 9, 10번 공에서 확인
충 적 층	점토질 모래	0.8	· H-9번 공에서 확인
	모래질 자갈	0.8 ~ 4.8	· H-3, 6, 7, 8, 9, 10번 공에서 확인
풍 화 토		1.2 ~ 2.1	· H-2, 3, 5, 9번 공에서 확인
풍 화 암		1.3 ~ 2.5	· H-2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10번 공에서 확인
연 암		1.0m 이상확인	· H-2, 3, 5, 7, 8번 공에서 확인
보 통 암		1.0m 이상확인	· H-6, 8번 공에서 확인



[그림 4-15] H단지 지하주차장 지층단면도

[표 4-14] H단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질

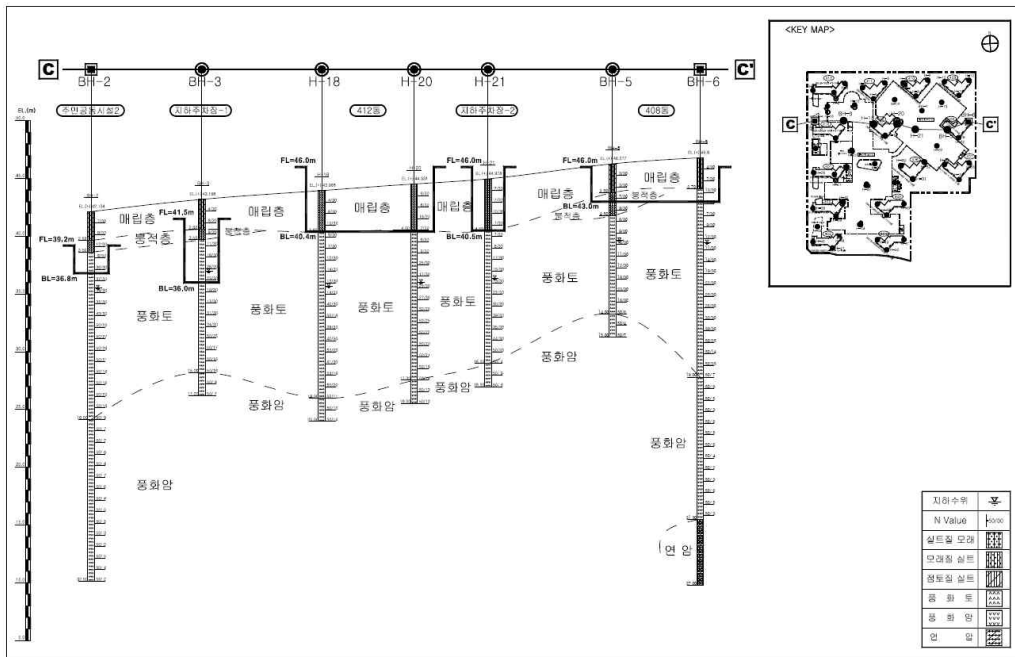
구 분	공 변	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	지초저면선 BL.(m)	토 질 명
주차장 1	H-2	81.810	81.16	—	실트질모래(포화), 0.8 풍화토(습윤, 대단히조밀), 2.0 풍화암(습윤, 대단히조밀), 1.7
	H-3	77.190	76.19		실트질모래(습윤), 0.7 모래질자갈(포화, 보통), 0.8 풍화토(습윤, 대단히 조밀), 1.3 풍화암(습윤, 대단히 조밀), 1.5
	H-4	75.400	74.3		실트질모래(포화, 느슨), 5.3 풍화암(습윤, 대단히조밀), 2.7
	H-5	76.380	72.28		실트질모래(습윤), 0.6 풍화토(습윤, 조밀), 1.2 풍화암(습윤, 대단히 조밀), 1.3 연암, 1.0
	H-6	64.720	62.82		실트질모래(습윤), 0.5 모래질자갈(포화, 대단히조밀), 3.3 풍화암(습윤, 대단히 조밀), 1.3 보통암, 1.0
	H-7	69.080	66.18		실트질모래(습윤), 0.6 모래질자갈(습윤, 보통), 0.9 풍화암(습윤, 대단히 조밀), 1.8 연암, 1.0
주차장 2	H-8	64.080	61.88		실트질모래(습윤), 0.9 모래질자갈(포화, 대단히조밀), 4.3 연암, 14.8
	H-9	66.710	64.21		실트질모래(습윤), 0.8 점토질모래(습윤, 대단히느슨), 0.8 모래질자갈(습윤, 대단히느슨), 3.1 풍화토(습윤, 대단히조밀), 2.1 풍화암(습윤, 대단히조밀), 2.2
	H-10	64.740	61.34		실트질모래(습윤), 0.7 모래질자갈(포화, 대단히 조밀), 4.8 풍화암(습윤, 대단히 조밀), 2.5

□ I단지

- I단지 주변의 수계를 살펴보면 동쪽 산에서 발원하여 북쪽을 지나는 소하천과 서쪽 산에서 발원하여 조사지역 외곽 남쪽을 지나는 소하천 등 대체로 산계에서 발원된 소지류들이 동쪽에서 서쪽으로 흘러 하천으로 합류함.
- 단지의 공내 지하수위는 GL.-2.3~9.0m(표고기준 EL.32.117 ~ 38.939m)의 분포범위를 보이며, 지하수위는 아래 [표 4-16]과 같음.

[표 4-15] I단지 지하주차장 지층상태 및 특성

구 분	구 성	상대밀도/연경도	층 후(m)	출현심도(GL-.m)
매립층	실트질 모래, 모래질 실트 자갈질 모래, 점토질 실트	세립토 : 매우연약/매우견고 조립토 : 느슨/조밀	0.5 ~ 7.8	0.0
퇴적층	실트질 모래, 모래 모래질 실트, 점토질 실트	세립토 : 매우연약/견고 조립토 : 매우느슨/보통조밀	0.8 ~ 4.6	0.5 ~ 7.0
풍화토	실트질 모래	매우느슨 내지 매우조밀	2.0 ~ 20.1	0.9 ~ 10.4
풍화암	실트질 모래	매우조밀	2.0 ~ 16.0	8.0 ~ 23.0



[그림 4-16] I단지 지하주차장 지층단면도

[표 4-16] I단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질

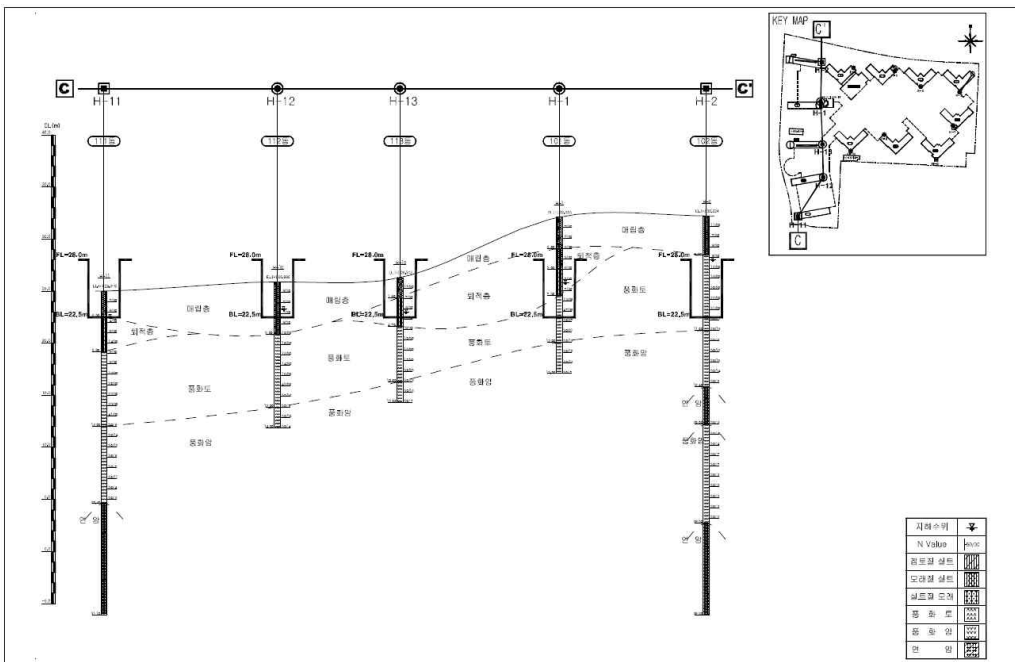
구분	공번	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	지초저면선BL. (m)	토질명
주차장 1	H-15	41.182	34.282	36.0	실트질모래(젓음, 느슨), 1.8 풍화토(젓음, 매우조밀), 12.2
	H-16	40.454	33.754	36.0	실트질모래(젓음, 보통조밀), 1.5 풍화토(젓음, 매우조밀), 14.5
	H-29	38.742	35.442	36.0	실트질모래(젓음, 느슨), 2.0 풍화토(젓음, 매우조밀), 11.0
	H-37	37.996	35.196	36.0	모래질실트(젓음, 견고), 5.0 풍화토(젓음, 매우조밀), 10.0
	H-44	37.800	34	36.0	점토질실트(젓음, 연약), 6.0 점토질실트(젓음, 보통견고), 1.5
주차장 2	H-13	46.178	38.678	40.5	모래질실트(젓음, 견고), 1.5 풍화토(젓음, 매우조밀), 16.5
	H-14	44.857	35.857	40.5	실트질모래(젓음, 느슨), 2.8 실트질모래(젓음, 느슨), 1.9
	H-21	44.978	36.378	40.5	모래질실트(젓음, 견고), 4.5 풍화토(젓음, 매우조밀), 11.5
	H-22	43.849	36.649	40.5	실트질모래(젓음, 보통조밀), 1.7 풍화토(젓음, 매우조밀), 11.3
	H-25	38.780	35.28	40.5	실트질모래(젓음, 연약), 4.4 풍화토(젓음, 매우조밀), 3.6
전기실	H-36	38.695	35.695	34.8	모래질실트(젓음, 견고), 4.0 모래질실트(젓음, 연약), 2.5

□ J단지

- J단지 주변의 수계를 살펴보면 동쪽산에서 발원하여 북쪽을 지나는 소하천과 서쪽산에서 발원하여 단지 외곽 남쪽을 지나는 소하천 등 대체로 산계에서 발원된 소지류들이 동쪽에서 서쪽으로 흘러 하천으로 합류함.
- 단지의 공내 지하수위는 GL.-2.8~6.4m(표고기준 EL.21.492 ~ 28.766m)의 분포범위를 보이며, 지하수위는 아래 [표 4-18]과 같음.

[표 4-17] J단지 지하주차장 지층상태 및 특성

구 분	구 성	상대밀도/연경도	층 후(m)	출현심도(GL-.m)
매립층	실트질 모래 모래질 실트	느슨 내지 보통조밀 보통건고 내지 매우건고	0.5 ~ 5.0	0.0
퇴적층	모래질 실트, 점토질 실트	보통건고 내지 건고	1.1 ~ 3.8	1.4 ~ 4.0
풍화토	실트질 모래	느슨 내지 매우조밀	4.5 ~ 12.5	0.5 ~ 7.5
풍화암	실트질 모래	매우조밀	2.0 ~ 16.0	8.0 ~ 23.0
연 암	편마암	—	10.7 ~ 12.4	16.4 ~ 29.5
보통암	편마암	—	3.4	32.0



[그림 4-17] J단지 지하주차장2 지층단면도

[표 4-18] J단지 지하주차장 지하수위 및 주변토질

구 분	공 번	표고(EL.) (m)	지하수위(EL.) (m)	지초저면선 (BL.)(m)	토 질 명
주차장 1	H-1	32.093	25.793	22.5	실트질모래(젓음, 느슨), 3.0 모래질실트(젓음, 보통건고), 2.0
	H-2	32.224	27.624	22.5	모래질실트(젓음, 건고), 3.8 풍화토(젓음, 매우조밀), 7.2
	H-3	33.007	28.207	22.5	실트질모래(젓음), 0.5 풍화토(젓음, 매우조밀), 9.5
	H-4	33.566	28.766	22.5	실트질모래(젓음, 보통조밀), 1.5 풍화토(젓음, 보통조밀), 11.5
	H-5	31.060	25.76	24.5	실트질모래(젓음), 0.7 풍화토(젓음, 매우조밀), 6.3
주차장 2	H-6	33.216	26.816	24.5	실트질모래(젓음, 느슨), 1.4 점토질실트(포화, 보통건고), 1.1 풍화토(젓음, 매우조밀), 6.5
	H-7	32.429	26.829	24.5	실트질모래(젓음, 느슨), 4.0 점토질실트(젓음, 보통건고), 3.5
	H-8	31.411	26.611	24.5	실트질모래(젓음, 느슨), 2.7 점토질실트(포화, 건고), 3.8
	H-9	28.098	23.198	22.5	모래질실트(젓음, 매우건고), 2.5 풍화토(젓음, 매우조밀), 10.5
	H-10	27.292	21.492	22.5	실트질모래(젓음, 느슨), 3.5 풍화토(젓음, 매우조밀), 9.5
	H-11	25.019	22.219	22.5	실트질모래(젓음, 느슨), 2.5 점토질실트(젓음, 건고), 3.3
주차장 3	H-12	25.885	22.985	22.5	모래질실트(젓음, 보통건고), 5.0 풍화토(젓음, 매우조밀), 7.0
	H-13	26.312	22.612	22.5	실트질모래(젓음, 보통조밀), 1.9 점토질실트(포화, 보통건고), 2.8 풍화토(젓음, 매우조밀), 5.3

3. 소 결

본 장에서는 3장에서 검토한 누수진단 결과를 바탕으로 누수원인을 분석 하였으며, 그 결과는 다음과 같음.

- 10개 단지의 지하주차장은 모두 지하 1층으로 건설되었으며, 지하 1층은 저심도로 지하주차장의 최저심도가 지하수위보다 높아 지하수위에 대한 영향은 미비한 것으로 판단되며, 이에 대한 결과로 전 단지에 걸쳐 지하주차장 바닥 슬래브는 균열만 발생하였으며, 누수를 동반한 누수균열은 발생하지 않음.
- 대부분의 누수는 지표수의 내부 유입으로 발생하며, 계단실 시공조인트, 램프 측면부, 램프 하단부위, 슬래브-기둥 상부조인트, 관통배관 주변 등 지면에 근접한 부위의 균열을 통해 다수의 누수가 발생함.
- 지표수의 내부 유입은 방수층의 손상에 의한 영향으로 누수가 발생한다고 판단되며, 누수의 근본적인 원인은 지하주차장 구조물 상부에서 수분의 유입을 근본적으로 차단해야하는 방수층의 손상에 있다고 판단됨.
- 누수원인은 누수 부위별로 수평부재 및 수직부재, 배관, 신축이음부로 분류됨.
- 수평부재에서 발생하는 누수의 주된 원인은 방수층 연속성 확보 미비에 따른 외부수의 내부 유입 및 복잡한 골조의 설계로 인하여 콘크리트 타설 시 충분치 못한 다짐으로 부재 내 많은 공극에 의한 내부 균열일 것으로 판단됨. 또한, 상부 조정 및 보차도, 토목배수의 배수처리 미비로 인하여 지표수가 골조의 균열을 통해 내부로 유입되었을 것이라 판단됨.
- 수직부재의 누수는 콘크리트 이어치기시 콜드조인트 부위의 면처리 미비와 콜드조인트 연속성 확보 부족으로 판단되며, 계단 외벽 수직부재와 지하주차장 데크 수평슬래브의 연결부의 시공조인트 지수처리 미비로 인하여 누수가 발생한 것으로 판단됨.

- 토양에 접한 외벽을 관통하는 배관 주변에서 누수가 발생하며 이는 배관주변부 실링처리 미비로 인하여 균열 틈으로 외부수가 내부로 유입된 것으로 판단됨.
- 신축이음부의 누수는 상부 방수층의 연속성 확보 미비, 거동 및 진동에 의한 방수층 파단으로 수분이 유입되었고, 이 수분은 신축이음부 백업재를 통하여 내부 배수홈통으로 유입, 체수현상으로 유입수가 누출된 것으로 판단됨.
- G, H, I, J단지는 지하수위보다 낮은 위치의 경사지에 지하주차장을 시공하여, 외벽 및 바닥에서 균열을 통한 누수가 발생할 확률이 높아짐.
- 이는 건설된 지하주차장이 지하수의 흐름에 영향을 주는 댐업(Dam-up)효과를 일으켜 수압을 증가시키고, 이로 인하여 누수가 발생할 수 있음.
- 반면, A단지부터 F단지의 경우, 지하주차장 기초저면선이 지하수위 아래에 위치하고 있어, 토압에 의한 균열은 발생할 수 있으나, 외벽 및 바닥에서 균열을 동반한 누수의 발생이 적을 수 있음.

제 5 장 지하주차장 누수 보수방안 선정프로세스²⁷⁾

1. 적정 누수보수방안 검토

1.1 누수보수방안 검토에 있어 고려사항

지하주차장 지상부 슬래브에서 발생하는 누수현상에 대한 진단결과로부터 누수보수 방안의 검토에 있어서 고려되어야 할 사항을 정리하면 다음과 같음.

1) 누수원인 및 기 보수이력에 대한 고려

- 지하주차장의 누수진단 결과로부터 확인된 누수원인과 관련된 사항 및 누수보수 이력에 대한 조사결과 등을 충분히 고려해야함.
- 10개단지에 대한 조사결과, 많은 단지에서 누수보수를 위한 공사가 진행되어 왔으므로, 이와 같은 기 적용된 보수공사에 대한 모니터링을 통하여 보수효과에 대한 검토결과를 고려할 필요가 있음.
- 한편 많은 단지에서 적용된 보수공법(발포우레탄계 보수재를 이용한 직접주입 공법)의 지수효과가 낮은 것으로 확인되었음.

2) 재료 및 구조적 측면

- 구조물의 누수보수 대상부위가 되는 지하주차장 최상부 슬래브는 RC구조 (부위 및 구간에 따라 RC, 복합PC 또는 데크플레이트 슬래브)로 되어 있으며, 지붕슬래브에 형성된 다양한 높이의 단차 형성 등의 조건을 고려함.
- 주차장 상부에는 인공식재기반/지반, 도로, 복지시설 등 다양한 편의시설이 혼재된 상태로 시공되어있는 조건을 고려함.

27) 본 장의 내용은 위탁용역(공동주택 지하주차장 누수사례 조사 및 분석용역)의 결과물을 바탕으로 재정리하여 작성함.

- 지하주차장 지상부 슬래브 전 구간에는 시트, 도막 또는 복합방수(고무화수지 아스팔트(도막)+개량아스팔트시트 복합공법)가 적용됨.

3) 구조물의 사용성, 보수공사 시공성 및 안전성 고려

- 지하주차장 구조물은 골조공사 뿐만 아니라 방수층, 보호층 및 조정, 부대시설 등 시공이 완료되어 사용 단계의 상황이므로 이러한 조건을 고려할 필요가 있음.

4) 보수성 및 향후 유지관리 특성

- 지하주차장 구조물의 보수에 있어서 시공성이 고려되어야 하며, 사용성차원에서 쾌적하고 안전한 환경조건을 확보한다는 측면에서 보수 후 사용 중에 재누수시 적절한 재 보수가 가능한 유지관리성도 고려하여야 함.

1.2 적정 누수보수방안 검토

- 누수보수를 위한 적정보수방안의 검토를 위하여 다음과 같은 프로세스를 설정하였음.
- 1단계에서는 보수공법을 검토하며, 2단계에서는 보수공법의 적용방식, 최종 3단계에서는 보수용 재료를 검토하는 방식으로 진행함.

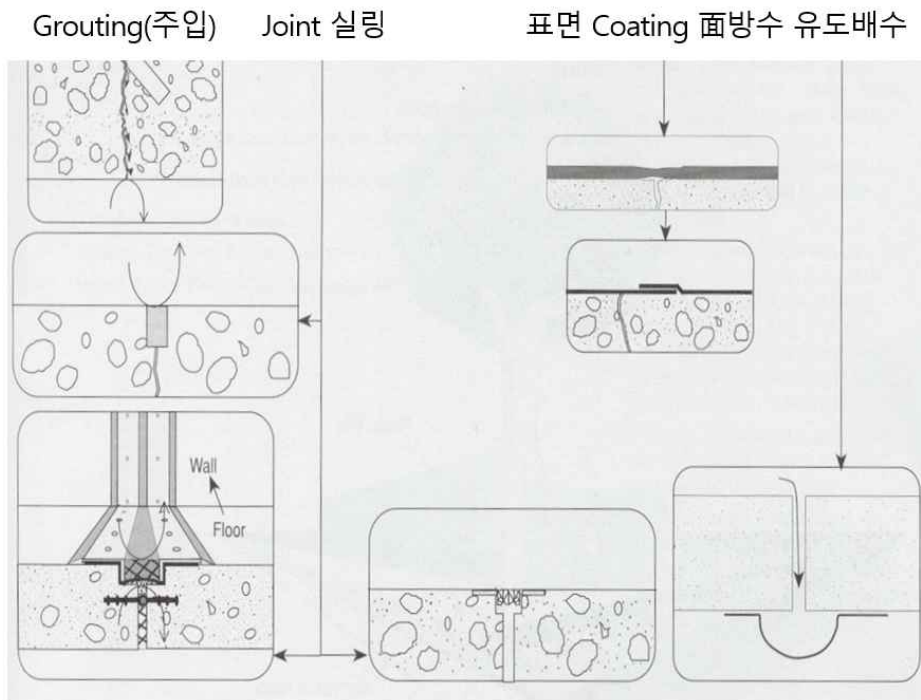


[그림 5-1] 적정 보수공법 검토 프로세스

1.3 적정 누수보수방안을 위한 단계별 검토

1단계 검토 누수보수를 위한 공법 검토

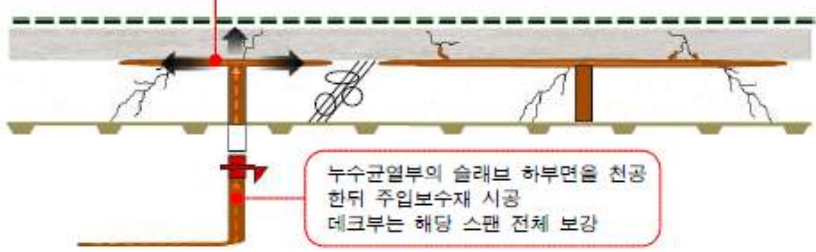
- 지하주차장의 누수문제를 해결하고 지속적인 방수효과와 확보를 위한 기본적인 방법²⁸⁾을 제시하면 [그림 5-2]와 같음.
- 조사단지의 지하주차장은 상부슬래브에 면방수(Membrane Waterproofing)가 적용 되어있는 상태이며, 누수 요인이 되는 수분이 유입되고 있는 면(Positive Side)에 형성된 방수층이 토시층에 피복되어 있는 조건을 고려할 필요가 있음.



[그림 5-2] 누수보수를 위하여 적용할 수 있는 공법의 종류

28) Peter H. E.(1992), "Concrete Repairs and Maintenance", *Technology & Engineering*.

1) 제1안 : 주입공법

공법 개요	○ 주입용재료(아크릴, 고무아스팔트, 우레탄, 시멘트 등)를 누수부위(균열/조인트)나 배면에 주입 또는 방수층을 재형성하여 보수하는 공법	
검토 사항	○ 지하주차장의 경우, 기존의 면 방수층이 시공되어 있는 상태이고, 누수원인이 부분적인 방수층의 손상에 있으므로, 이러한 공법은 누수가 발생되는 균열부위 또는 주변에 대하여 집중적으로 적용될 수 있는 효과적인 공법이라고 판단됨 ○ 이 보수공법의 적용사례는 매우 많음 ○ 특히 이 공법은 타 현장에 적용되어 현장적용성과 보수효과가 우수한 것으로 확인됨.	적용부위 ○ 상부슬래브 ○ 보-기둥 ○ 외벽 ○ 공동구-외벽 ○ 관통배관 등
적용 사례	합성고무계 폴리머 겔 또는 수팽창형 아크릴계 주입보수재를 사용하여 슬래브와 보호 콘크리트 틈새를 밀실하게 방수함  누수균열부의 슬래브 하부면을 천공한 뒤 주입보수재 시공 데크부는 해당 스펀 전체 보강  	

2) 제2안 : 조인트 실링

공법 개요	○ 누수현상이 발생하는 신축 조인트에 실링재(Sealant:실리콘, 변성실리콘, 우레탄, 아크릴 등)를 주입하여 보수하는 공법	
검토 사항	○ 실링공법은 커튼월, 외장, 창호, PC조인트 등 구조물이나 부재에서 온도나 변위에 의한 신축거동이 발생하는 부위에 적합	적용 부위
	○ 본 주차장 구조물의 누수부위는 균열부위이므로 이러한 신축작용이 발생하는 부위와는 관계가 먼 사항이라고 판단됨	없음
사례	지하주차장에 적용된 사례가 거의 없음	

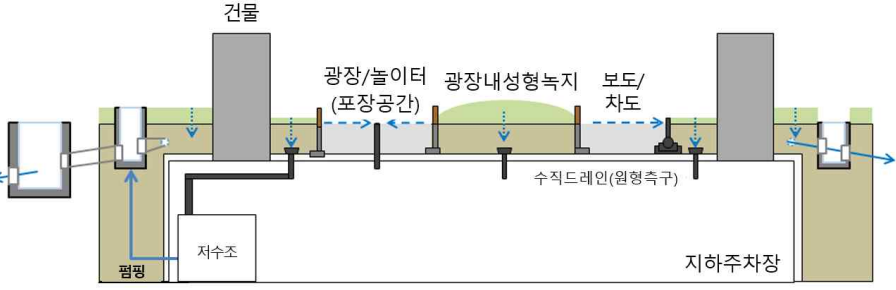
3) 제3안 : 표면 Coating

공법 개요	○ 표면코팅공법은 1~3mm 정도의 도막방수재(폴리머, 우레탄, 에폭시계 등)를 수분이 유입되고 있는 면(Positive Side)에 도포하여 방수하는 공법	
검토 사항	○ 방수층이 비노출 상태이므로 이러한 공법을 적용하여 누수보수를 할 경우에는 방수층을 포함한 상부의 누름콘크리트, 토사층, 조경 및 단지내 시설물을 철거해야하고 복구하여야함	적용 부위
	○ 또한 이와같은 표면코팅공법은 방수층의 두께가 얇고 강도나 신율이 떨어지므로 본 주차장과 같이 바닥슬래브의 면적이 넓고, 방수의 바탕이 되는 슬래브의 균열 거동, 특히 빈번한 차량의 이동에 따른 진동, 충격에 대한 안정성이 미약함.	없음
사례	지하주차장에 적용된 사례는 거의 없음	

4) 제4안 : 면방수(Membrane Waterproofing)

공법 개요	○ 두께 2~3mm 정도의 시트, 도막, 복합계 방수재(아스팔트, 우레탄, 고무, PE, EVA, EPDM 등)를 수분이 유입되고 있는 면(Positive Side)에 시공, 방수층을 형성하는 공법	
검토 사항	○ 방수층이 비노출 상태이므로 면방수를 적용하여 누수보수를 할 경우에는 방수층을 포함한 상부의 누름콘크리트, 토사층, 조경 및 단지내 시설물 등을 철거해야하고 보수 후 원상으로 복구 하는 공사 필요하며,	적용 부위
	○ 지하주차장 구조물의 누수현상에 대한 분석결과 누수부위가 다양하고, 특정부위에서 발생하는 특성이 있으므로 누수부위의 직상부에 한하여 부분적으로 면방수를 적용한다 하더라도 완전한 방수효과의 확보는 곤란하다고 판단됨. ○ 이러한 보수공법은 누수부위 밀집되어 있고 주입보수의 효과가 발휘되기 어려운 경우, 주차장 상부 여건을 고려하여 제한적으로 검토할 수 있는 공법이라고 판단됨.	없음
적용 방안	○ 1안으로 보수효과의 확보가 불가능한 경우와 ○ 상부시설물 철거가 가능한 부위	
사례	없음	

5) 제5안 : 유도배수공법

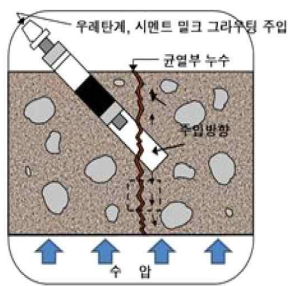
공법 개요	○ 누수가 발생하는 부위에 흙통, 넥산, 수직수평배관 등의 유도배수용 설비를 설치하여 구조물 내외부로 배수하는 방수공법	
검토 사항	○ 유도배수공법의 적용은 누수부위 또는 손상된 방수층을 직접 보수하는 제1안이나 제4안의 보수공법 적용이 어려울 경우에 한하여 적용할 수 있는 공법임 ○ 이러한 유도배수공법은 방수상의 취약부위에서 예상되는 집중적인 누수현상에 대응하여 효과적인 보수방법임 ○ 누수부위에서 공간 벽/집수정으로의 배수성 확보를 위하여 수평/수직 배수관의 설치/유지관리는 매우 중요 ○ 이러한 보수공법의 적용사례가 다수 있음	적용부위 ○ E/J 부위 ○ 광범위누수 ○ 계단 하부
적용 방안	○ 주입, 먼방수로 지수효과 확보가 불가능한 부위 ○ 누수량이 매우 많고, 누수범위가 넓고, 인공식재지반 배수 불량으로 우수 집중, 상습체수 부위 ○ 인공식재지반 수직배관에 의한 배수방식(아래그림 참조)이 적용된 현장 	
적용 사례		

2단계 검토

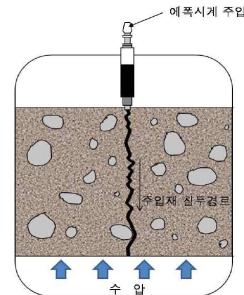
누수보수를 위한 공법의 적용방식

1) 개요

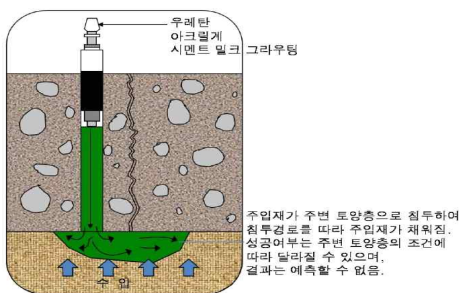
- 앞에서 제시된 5가지 지하주차장 누수 보수방안에 대한 검토결과 “제1안” 주입 공법이 가장 많이 적용될 수 있는 것으로 판단됨.
- 누수 보수공법 선정은 사용하고자 하는 보수재료의 지수효과 및 시공성, 사용 기간, 마감상태 등을 반드시 고려해야 함.
- 누수를 동반한 균열 보수에 사용되는 모든 공법은 지속적인 지수효과가 확보 되어야 함.



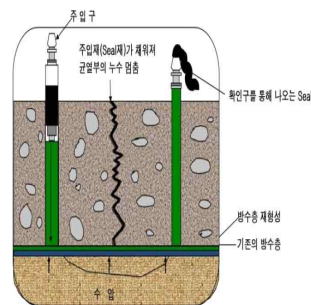
(a) 경사 주입공법



(b) 직접 주입공법



(c) 배면 주입공법



(d) 방수층 재형성 공법

[그림 5-3] 누수균열 보수공법

2) 주입공법의 종류²⁹⁾

(1) 경사 주입공법

- 경사주입공법 폴리우레탄계, 아크릴계, 시멘트계 및 에폭시수지계 등의 주입용 그라우트재(보수재료)를 이용하여 그림과 같이 적용되는 방식임.
- [그림 5-3] (a)에서와 같이 콘크리트 모체로부터 콘크리트 두께의 절반만큼 떨어진 위치에서부터 균열 중간부분에 닿을 때까지 천공 후, 설치된 주입관으로 통해 보수재료(폴리우레탄계, 아크릴레이트계, 시멘트계)를 주입함.
- 보수재가 노즐을 통해 균열의 중간지점부터 누수가 발생하는 내부면과 구조체의 배면 양쪽 방향으로 채워가며 균열틈새가 완전히 충전될 때까지 주입하는 방식임.

(2) 직접 주입공법

- 직접 주입공법(수직압력 공법)은 보수재가 중력 또는 일정압력에 의하여 균열 틈새로 주입되어 균열을 매움으로써 누수를 차단하는 공법임.
- 직접주입공법은 에폭시 수지계 보수재를 사용하는 공법임.

(3) 배면 주입공법

- 배면 주입공법은 누수를 동반한 균열이 발생한 콘크리트를 수직으로 관통하게 천공하여 구조체 배면에 흠의 물과 반응하면 경화하는 보수재를 주입하여 균열을 메우고 차수막을 형성하여 물의 진입을 차단하는 공법임.
- 이 공법은 보수재를 토사 내부로 침투시켜 토사층인 차수막을 형성하는 공법으로 배면의 빈 공간 상태 및 흠의 상태에 따라 주입방법 및 보수재료 사용량을 조정하여야 함.

29) ISO TR 16475(2011) : Guidelines for the repair of water-leakage crack in concrete structures

- 배면 주입공법은 구조물 배면의 흙에 보수재를 주입하는 공법으로 보수재가 완전하게 경화하기 전에 주변에 영향에 의해 유실되어 차수효과가 저감될 수 있으며, 수직 균열은 상부부터 바닥까지 보수재가 완전히 채워지지 못하여 완전한 지수효과를 확보하지 못할 수 있으므로, 시공 시 유지관리에 유의하여야 함.

(4) 방수층 재형성공법

- 방수층 재형성공법은 합성 고분자계 겔, 수계 이크릴 겔 또는 고무아스팔트계 썬(점착유연형 주입재)재료를 이용함.
- 이 공법은 기존 시공된 방수층을 보완하거나 손상된 방수층을 회복시키는 공법으로 누수부위 주변 골조에 주입구(Input)와 토출구(Output)를 천공하여 기존의 방수층과 콘크리트 바탕체 틈새에 방수재를 주입하여 새로운 방수층을 형성하여 차수기능 확보함.
- 콘크리트의 누수를 동반한 균열부 주변에서 구조체 배면인 방수층 쪽으로 천공하여 기존 방수층 계면에 주입이 가능하게 한 후, 천공된 구멍으로 그라우트 등의 보수재를 주입하여 방수층과 바탕콘크리트 사이의 공간에 보수재를 충전함.
- 주입된 보수재료는 기존 방수층과 바탕콘크리트 사이의 공간을 통하여 토출구로 누출되는 시점까지 주입/확산하게 되어 새로운 방수층을 재형성(배면주입공법과의 차이점)하게 되므로 균열부와 기존 손상된 방수층을 보수하여 누수를 방지함.

3) 주입공법의 적용성 검토방안

- 일반적으로 주입공법의 적용에 있어 앞에서 제시된 4가지 방식 중에서 현장의 다양한 조건을 고려하여 적절한 방식을 선정할 필요가 있음.
- 현장조건 검토 기준별 주입공법을 관련자료 및 전문가 의견을 수렴하여 다음 [표 5-1]에 정리하여 나타내었음.

[표 5-1] 현장조건을 고려한 주입공법 검토

항목	검토 기준	주입공법			
		제1안	제2안	제3안	제4안
		경사 주입	직접 주입	배면 주입	방수층 재형성
누수 특성/패턴 (누수량, 누수범위, 점, 선, 면상 누수)	누수량 적음 / 점상 누수(물비침)		●		
	누수량 보통 / 선상누수(베어 나옴)	●			
	누수량 많음/ 선·면상누수(흘러나옴) ※ 배면에 방수층이 없는 경우(예, 외벽)			●	
	누수량 많음/광범위누수/확산 ※ 배면에 방수층이 있는 경우(예, 상부슬래브)				●
누수부위의 특성 (균열, 조인트 등과 같은 결함의 종류 및 크기)	0.3mm 미만 균열에서 누수		●		
	0.3mm 이상 균열에서 누수	●			
	RC시공조인트에서 누수	●			
	PC조인트에서 누수			●	
배면방수층 또는 조인트 Over-Lap 손상정도	부분손상	●			
	일정구간 손상			●	●
	전면손상				●
배면방수층의 부착/밀착정도	완전 밀착	●			
	부분밀착			●	
	일정구간 들뜸				●

4) 주입공법의 적용성 검토결과

지하주차장의 누수부위는 다양하고 부위에 따라서 항목이나 검토기준과 관련된 조건이 복잡하게 중첩되어있으므로 현장조건을 주입공법 중심으로 정리하여 주입방식을 검토하여 그 결과는 다음 [표 5-2]와 같이 제시함.

[표 5-2] 주입공법(Grouting) 적용방안 검토결과

구분	누수부위 조건	적용 공법
1	• 누수량/패턴 : 누수량 적음 / 점상 누수(물비침) • 균열크기 : 0.3mm 미만 균열에서 누수 • 부재특성 : 얇은 부재(슬래브)	→ 직접 주입공법
2	• 누수량/패턴 : 누수량 적음 / 선상 누수(배어 나옴) • 균열크기 : 0.3mm 이상 균열에서 누수 • 부재특성 : 얇은 부재(슬래브)	→ 정사 주입공법
3	• 누수패턴 : 누수량 보통이상 / 선상누수(배어 나옴) 누수량 많음 / 선 · 면상 누수(흘러나옴) • 누수부위 ; 배면에 방수층이 없는 경우	→ 배면 주입공법
4	• 누수패턴 : 누수량 보통~많음/광범위누수/확산 • 주입부위 부재형상/두께 : 복잡한 부재/단차부 • 방수층의 손상정도 : 일정구간 손상(추정) • 배면방수층의 부착/밀착정도 : 일정구간 들뜸(추정)	→ 방수층 재형성공법

3단계 검토

주입용 보수재료의 적용성 검토³⁰⁾

주입용 보수재료의 적용성의 평가 검토결과를 관련자료 및 전문가 의견을 수렴하여 [표 5-3]과 같이 나타냄.

[표 5-3] 주입용 누수보수재료 적용성 검토

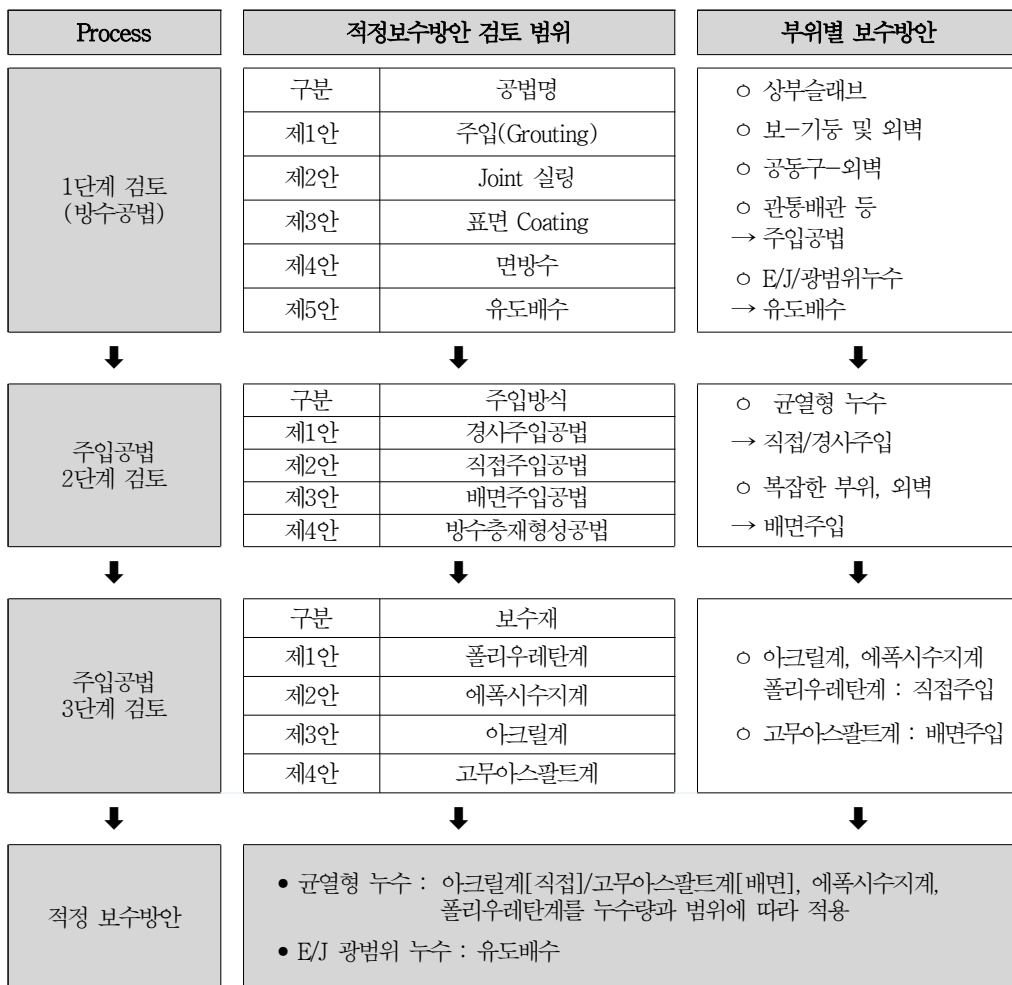
구성원료 방수성능	제1안	제2안	제3안	제4안
	폴리우레탄계	에폭시수지계	아크릴계	고무아스팔트계
구 성 재 료	합성수지	합성수지	고분자 (겔타임 3단계)	합성수지 + 아스팔트
방수층 형성방법	부착형	부착형	탄성 부착형	접착형
거동 대응성	연질 : 미약 경질 : 없음	없음	우수	우수
진동 흡수성	연질 : 보통 경질 : 없음	없음	우수	우수
자가 치유성	없음	없음	있음	있음
재료간의 분리성	있음	없음	없음	없음
기존방수층과의 부착/일체성	보통	보통	우수	우수
동결기 시공성	보통	없음	양호	양호
습윤면 시공성	선택적	선택적	우수	우수
이중 바탕재질 부착성 (Con`c+방수재)	보통	양호	보통	우수
종합평가	적용성 미약 (재누수 사례 다발)	적용성 미약 (건식균열보수용)	적용성 우수	적용성 우수

- 검토결과 아크릴계 및 고무아스팔트계의 적용성이 우수할 것으로 판단되었음.
- 아크릴계의 경우는 겔타임의 조절이 가능하므로 아파트 지하주차장과 같이 누수 패턴, 온도변화 또는 구조물 특성이 다양한 조건에 적합성이 높을 것으로 판단됨.
- 또한 아크릴계 보수재의 경우는 최근 적용실적이 증가하고 있는 현장적용성과 보수효과가 우수한 것으로 확인되고 있음.

30) 본 적용성 검토결과는 전문가의 자문의견을 바탕으로 작성되었음.

1.4 적정 누수보수방안 검토 결과

- 적정보수방안은 다음과 같이 아크릴계 보수재를 사용한 경사/배면 주입 또는 방수층재형성공법으로 검토되었음.
- 주입공법에 적용하는 주입 보수재는 각 안의 특성을 검토하여 각 부위별로 적용할 필요가 있음.



[그림 5-4] 적정 보수공법 검토 Process 및 검토결과

2. 누수부위별 보수 시공방안

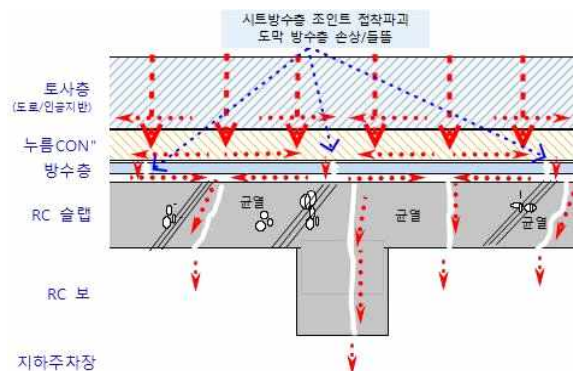
○ 지하주차장 누수진단을 통한 누수부위를 다음과 같이 5가지로 분류하고, 누수 부위별 누수개념도 및 시공플로우를 정리하여 나타냄.

- 1) 누수균열
- 2) E/J부위 누수
- 3) 관통배관 누수
- 4) 공간벽 누수
- 5) 화단-동피트 연결부 누수

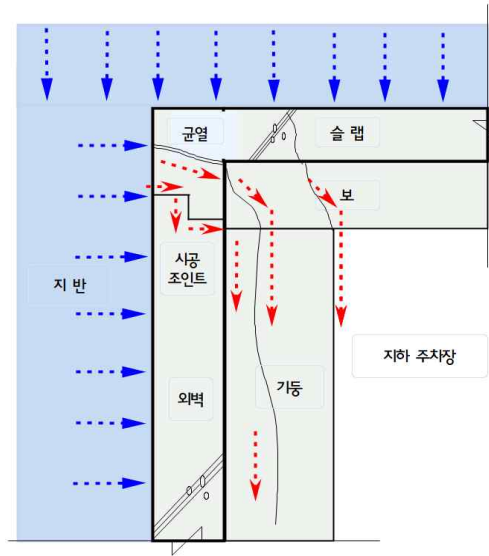
2.1 누수균열 보수 시공방안

□ 누수균열의 사례 및 누수개념도

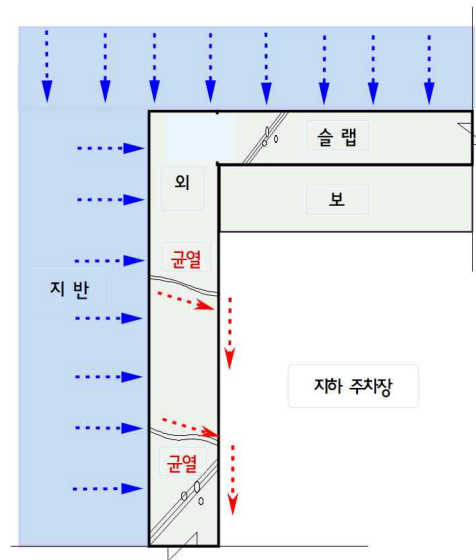
- 슬래브-보 일반 부위
- 슬래브-보-기둥 연결 부위
- 외벽 관통형 균열 부위
- 데크슬래브-외벽-보 연결부위



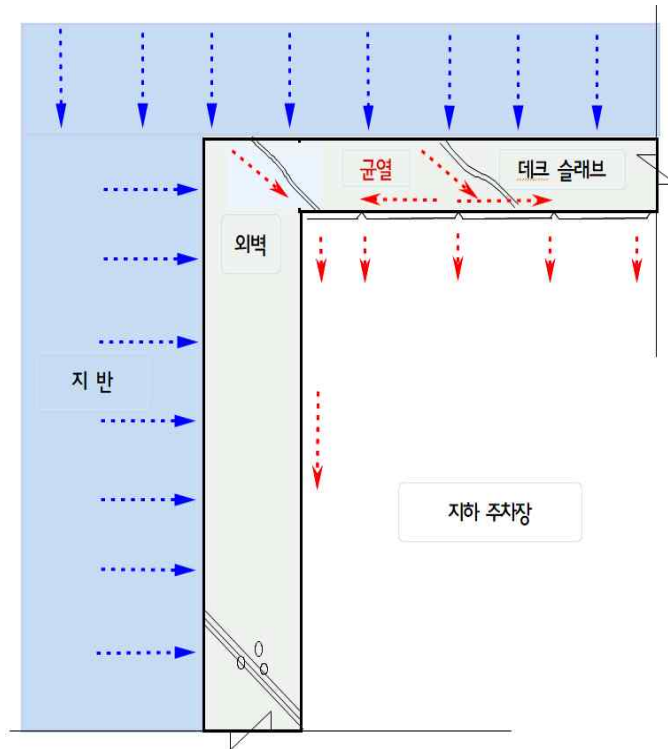
[그림 5-5] 누수균열 : 슬래브-보 일반 부위



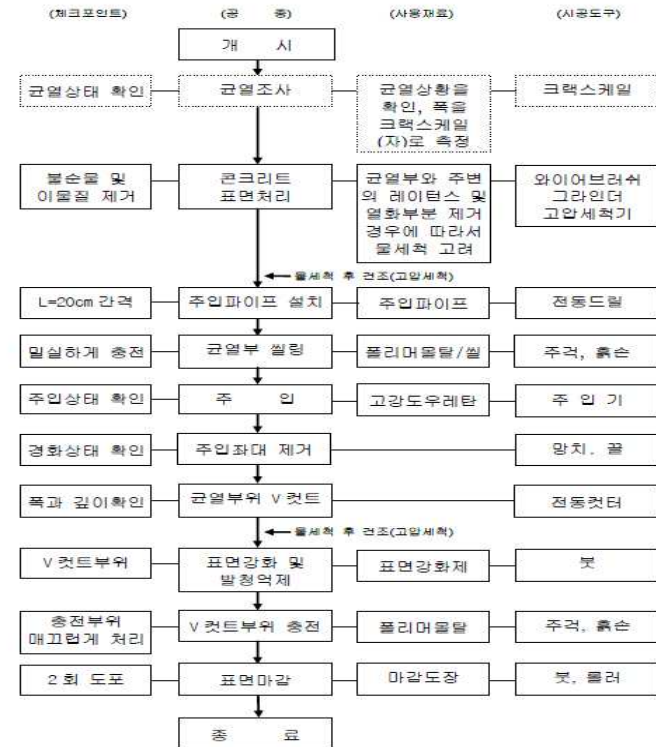
[그림 5-6] 누수균열 : 슬래브-보-기둥 연결부 누수 및 누수개념도



[그림 5-7] 누수균열 : 외벽 관통형 균열 부위



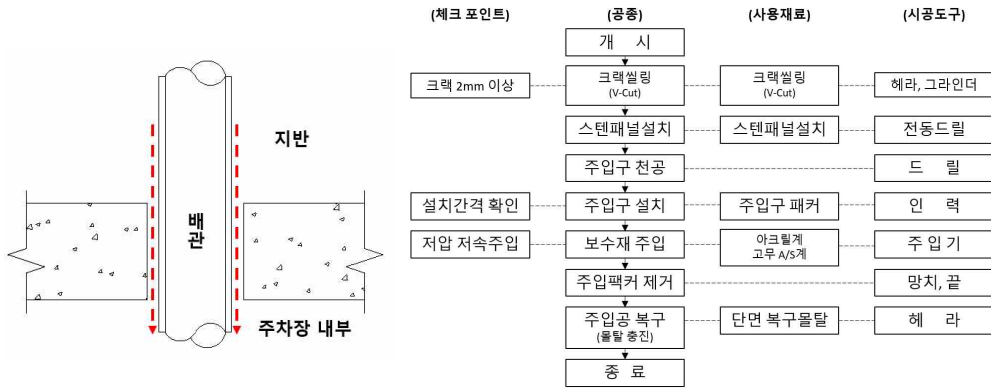
[그림 5-8] 누수균열 : 데크슬래브-외벽-보 연결부위



[그림 5-9] 균열형 누수공사 플로우

2.2 관통배관 누수 보수방안

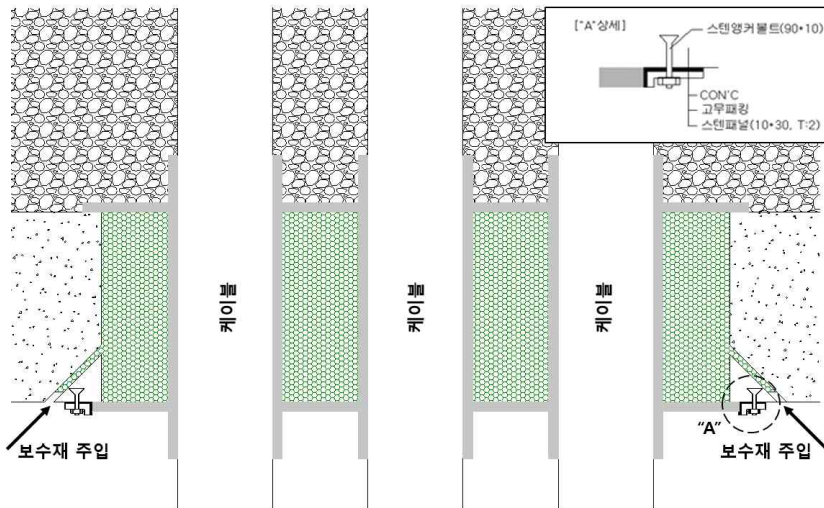
○ 지하주차장의 관통배관 누수에 관하여 누수패턴 및 보수공사 플로우를 나타냄.



관통배관 누수경로 개념도

관통배관 누수보수공사 플로우

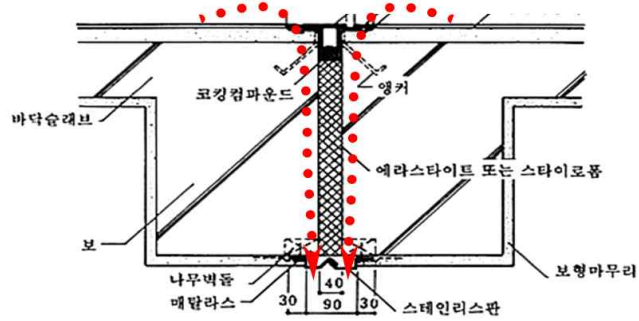
[그림 5-10] 관통배관 누수경로 개념도 및 보수공사 플로우



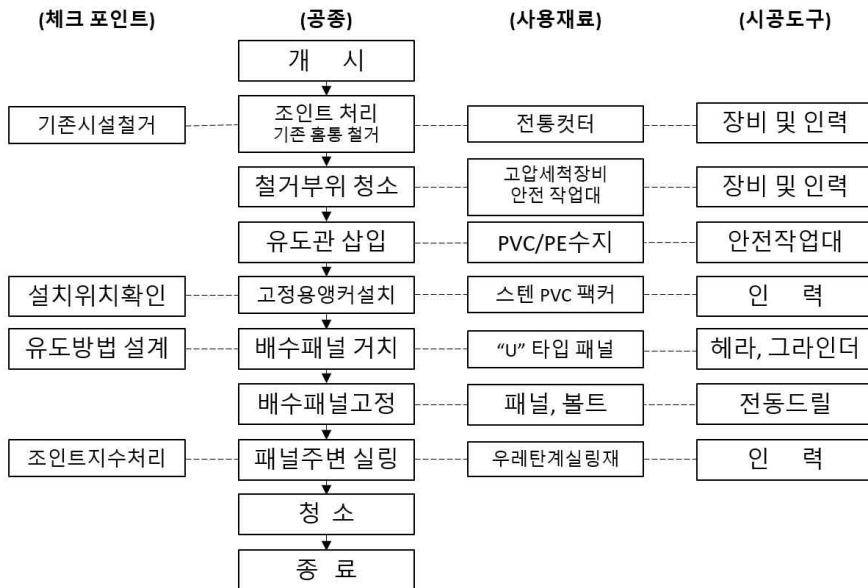
[그림 5-11] 관통배관 누수보수공사 시공법 상세도

2.3 신축이음부(Expansion Joint, E/J) 누수 보수방안

○ 신축이음부 누수에 대한 누수패턴 및 보수공사 플로우를 나타냄.



신축이음부 누수부위 및 누수경로 개념도

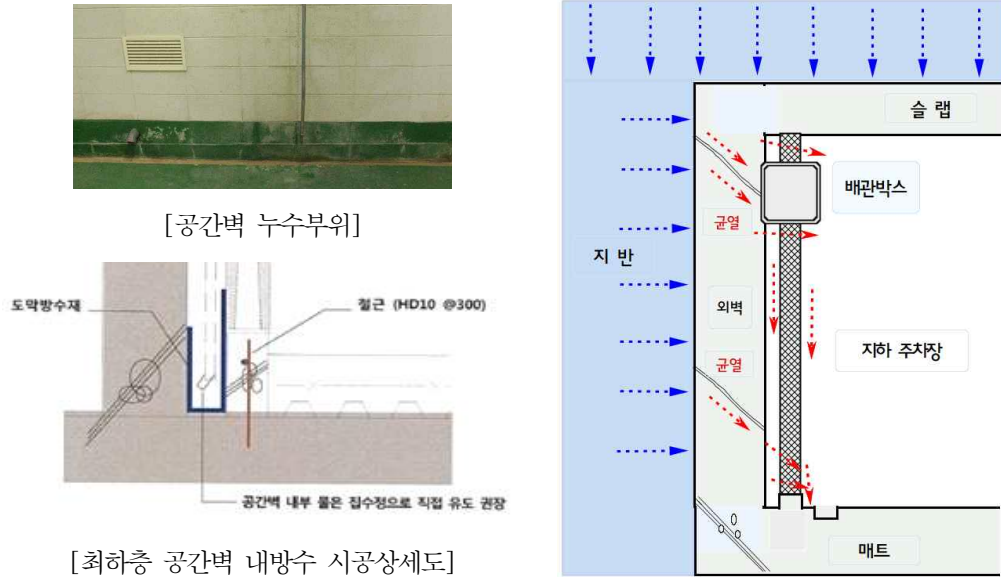


신축이음부 누수 보수공사 플로우

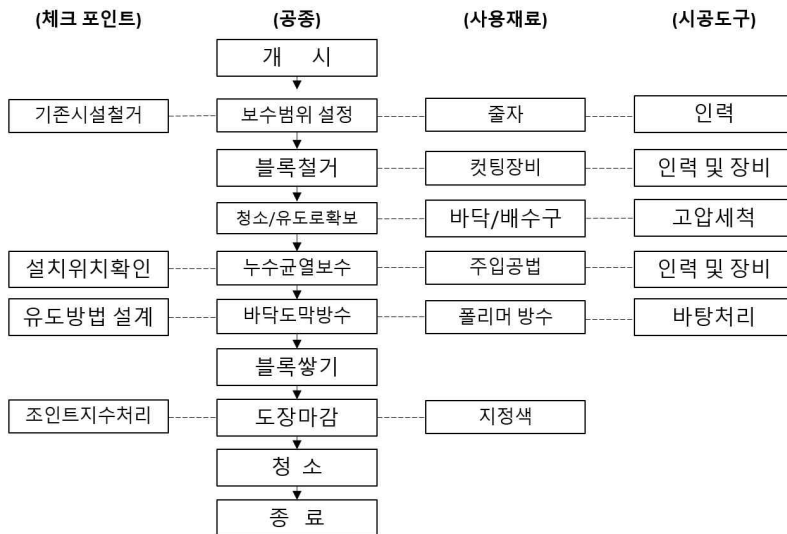
[그림 5-12] E/J 조인트 누수경로 개념도 및 보수공사 플로우

2.4 공간벽 누수부위 보수공사방안

- 지하주차장의 공간벽 누수에 관하여 누수패턴 및 보수공사 플로우를 나타냄.



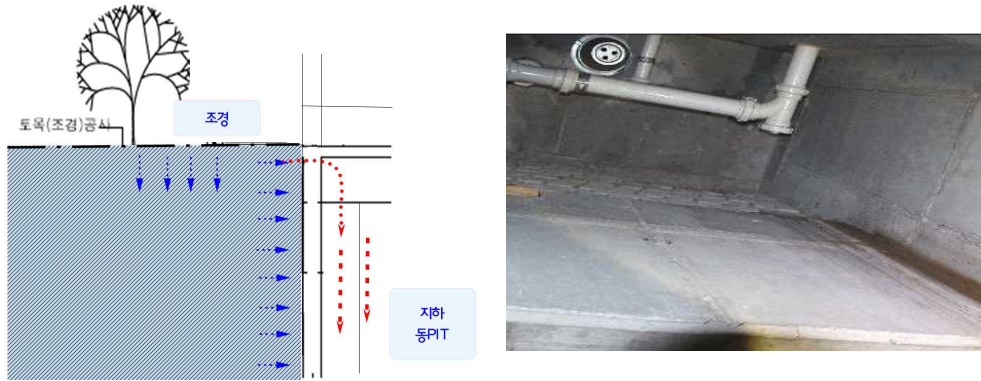
[그림 5-13] 공간벽 누수부위 사진 및 누수경로 개념도



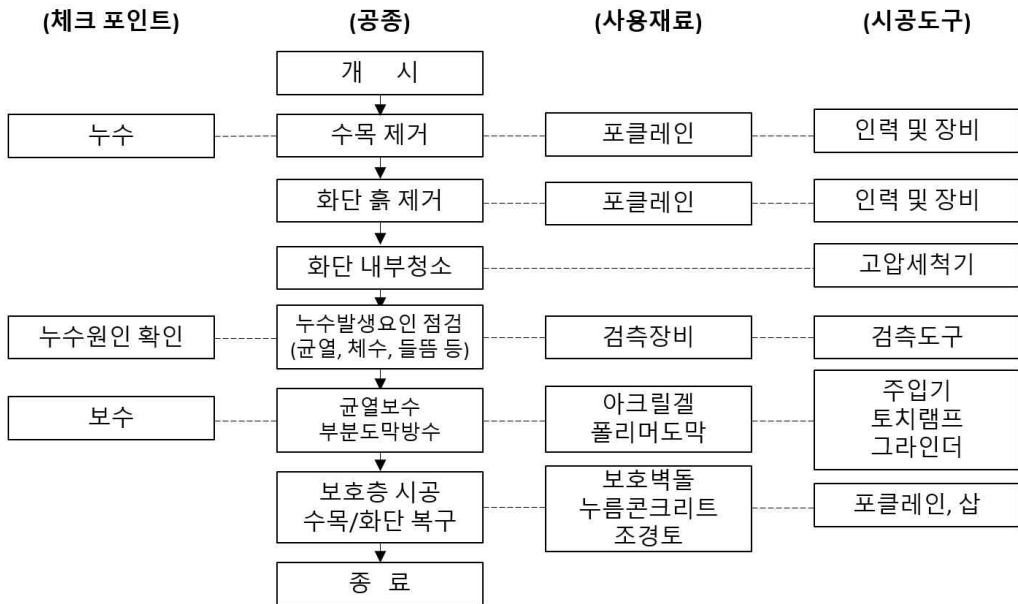
[그림 5-14] 공간벽 누수보수공사 플로우

2.5 화단-동피트 주변부 누수 보수방안

- 지하주차장의 화단주변의 누수에 관하여 누수패턴 및 보수공사 플로우를 나타냄.



[그림 5-15] 화단주변 누수 개념도 및 관련부위 사진

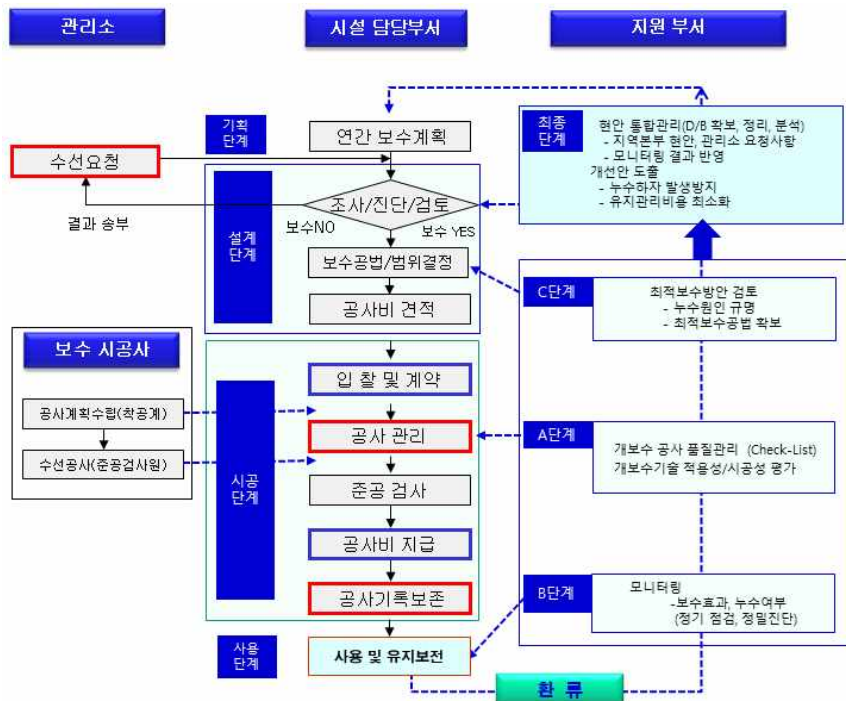


[그림 5-16] 동피트 내부 누수보수공사 플로우

3. 지하주차장 누수 보수방안 선정 프로세스

3.1 개요

- 「자산관리부문 유지보수공사 업무지침」 임대주택 유지보수공사의 절차 중 적정 보수공법 선정을 위하여 “연간 보수계획 수립” 및 “시행방법 검토” 단계에 활용 가능한 환류 통합프로세스를 제시하고자 함.
- 환류 통합프로세스는 기존 보수공사 이력관리부터 모니터링을 통한 현안관리, 통합관리를 통한 보수공법 개선 방안 제시 총 4가지 단계로 구성되어 있음.
- 지속적인 유지관리를 위하여 각 단계에서 도출된 내용은 최종단계인 현안통합 관리에 의하여 유지보수지침에 반영하는 방식의 환류 구조임.



[그림 5-17] 지하주차장방수 유지관리업무와 환류 통합프로세스 방안

3.2 단계별 환류 통합프로세스

1) 보수공사 품질관리

- 아래 [표 5-4]의 체크리스트를 활용하여 보수공사의 이력을 관리함으로써, 보수공사 품질향상 및 지하주차장의 지속적인 방수성능 확보하고자 함.
- 품질관리의 업무의 연속성 확보를 위하여 담당 직원의 배정이 필요함.

[표 5-4] 지하주차장 개보수공사 이력관리용 체크리스트

구 분			내 용
단 지 명			
단지별 정보	담당관련	담당 지역 (본부)	
		지역본부 담당부서명	
		지역본부 담당자 전화번호	
		단지특성 (분양/공임/신혼임대 등)	
	시공/설계주체	시공건설사명	
		하자보수담당자/연락처	
		설계사명	
	단지관련	준공 또는 입주년도	
		동수 및 세대수	
		단지주소	
		단지 관리소 전화번호	
		단지 관리소 시설 담당자명	
적용방수공법	지하 외벽 방수적용 여부 및 공법		
	상부슬래브 방수적용 여부 및 공법		
	층간슬래브 방수 적용여부 및 공법		
	바닥 방수적용 여부 및 공법		
누수진단 정보	누수 진단 시 기온 및 강수량		
	초기 누수 발생시기		
	초기 누수 발생 위치		

<도면 및 상세도>

2) 지하주차장 방수 유지관리를 위한 모니터링 방안

- 지하주차장 유지관리를 위해서는 현황에 관한 모니터링이 매우 주요함.
- 모니터링은 입주 이후 사용 중 정기적인 진단이나 검사를 통하여 얻어진 정보를 자료화(Data base)하여 시스템에 입력하는 것임.
- 모니터링방법은 아래의 [표 5-5]에서와 같이 전수조사와 직접조사방식으로 구분되어 있으며, 전수조사는 일상점검, 정기점검 및 수시점검으로 구분되며 직접조사는 정밀진단점검으로 구분됨.
- 전수조사는 전체 단지를 대상으로 하며 직접조사는 전수조사결과로부터 정밀조사가 필요할 경우 범위를 설정하여 수행함.

[표 5-5] 지하주차장 방수 유지관리 모니터링 방안

분류	조사 방법	조사주기
전수조사 (간접조사)	○ 입주 이후 지하주차장 정기적인 모니터링을 통하여 열화상태 확인 ○ 조사(관리소) > 관리공단 > 지역본부별 집계 > 본사 종합분석	6개월 ~ 12개월
직접조사	○ 전수조사 결과분석 보다 정밀한 조사가 필요할 경우 조사항목, 범위 등을 결정하여 실행 ○ 본사/지역본부/연구원에서 주도하고 필요시 외부 관련 전문가(기관)활용	3년 ~ 5년

(1) 전수조사 방법

- 전수조사는 지하주차장 방수 개보수공법이 적용된 모든 단지를 대상으로 하므로, 지역본부와 주택관리공단의 공동협력을 통하여 모든 관리소에 대하여 단지 단위로 조사를 실시함.
- 보수공사 이력에 관련된 사항에는 [표 5-4]에 제시된 내용과 같이 단지개요, 적용기술, 시공사, 품질검사 결과, 방수 적용성 평가 등과 관련된 다양한 정보를 포함하고 있음.
- [표 5-6]과 [표 5-7]의 이력 관리대장은 통합 결과분석을 통해, 적용된 방수 기술의 문제점, 누수다발부위, 누수발생 건수, 누수원인 추정, 적정보수공법 검토 등 통합적인 유지관리를 위한 다양하고 효과적인 정보로 활용될 수 있음.

[표 5-6] 지하주차장 누수 관리대장

구분		부위	누수개소(건)
지하 주차장 누수하자 관리대장	슬래브	상부슬래브(주차장 지붕)	
		층간슬래브	
		최하층 바닥슬래브	
		소계	
	외벽	벽	
		벽-슬래브/바닥 조인트	
		기둥 주변	
		소계	
	기타 부위	동피트	
		연결공간(복도, E/V, 계단실 등)	
		램프	
		천창/환기구/장애인E/V 등 수직관통 시설주변	
		기타	
		소계	
	누계		

[표 5-7] 지하주차장 누수보수 관리대장

구분		도면상 위치	
보수현황	누수하자 보수시기		
	원인 또는 추정원인		
	재누수 여부		
	적용 보수재		
	적용 보수공법		
	기타 보수 조치		
	(단면도 및 전개도)		
	보수업체	회사명	
		책임자	
연락처			
비고			

(2) 직접조사 방법

- 직접조사는 전수조사결과를 바탕으로 누수경로파악, 누수원인진단, 적정 보수 공법 설계 등과 같은 보다 정밀한 조사가 필요할 경우 실행함.
- 실행방법은 본사, 지역본부 또는 연구원에서 주도하고 필요시 외부 관련 전문가 (기관)활용.
- 조사에 있어서는 자료 정리용 앞에서 제시된 Check sheet를 준비하여 현장별로 직접 조사에 의해서 확인된 내용을 기록.
- 사진 촬영
 - － 진단 대상이 되는 지하주차장 누수부위에 대하여 체크시트에 제시된 항목에 대한 사진 촬영
 - － 지하주차장과 연계된 경사로(램프), 공동구, 동피트 등의 부위에 대하여 확인

3) 지하주차장 방수 유지관리를 위한 적정 보수방안 검토

- “적정 보수방안 검토”의 환류는 유지관리 시스템에 있어서 지하주차장 누수원인 규명, 적정보수공법 검토 및 발굴 등의 업무에 해당됨.
- 환류와 관련된 주요내용은 다음과 같음.
 - － 보수공법 검토, 신기술 신공법활용과 운영과 관련된 개선사항 도출
 - － 설계단계의 공법선정을 위한 사후평가결과 제공 및 적정보수공법 제안

(1) 신기술 발굴 및 사후평가방안 확충

- 신기술 발굴은 사내외 전문가에 의한 신기술(일반, 특허 포함)의 현황에 관한 조사, 공모제도 활용 등을 통하여 발굴, 적정 보수공법 검토 시 활용함.
- 사후평가방안 확충방안 개요
 - － “품질관리”단계에서 확충된 개·보수공법의 시공성, 유지관리성, 경제성 등 검토
 - － “모니터링”단계에서 확충된 보수효과 등에 관한 평가결과를 활용하여 “적정보수방안 확충”과 관련된 정보에 반영함으로써, 보수공법 선정단계인 설계단계에 대한 실시간지원과 아울러 최종단계에서의 개선안 도출에 반영
- 사후평가방안 운영효과
 - － 누수 보수에 대한 품질확보가 곤란한 기술 등 현황정보를 모니터링하여 시행착오 최소화에 의한 업무효율제고 및 반복적인 하자발생 저감으로 보수비용 저감.

(2) 유지관리 환류위원회 운영방안

- 원활한 환류 통합프로세스의 수행에 있어, 담당부처 내 유지관리를 “유지관리 환류위원회”와 같은 운영조직을 신설하고, 유지관리 관련 업무를 체계적으로 수행함으로써, 추진력 및 성과를 확보할 수 있을 것으로 판단됨.
- 유지관리 환류위원회 구성과 운영방안은 다음과 같음.

(1) 유지관리 환류위원회 구성목적

- 유지관리 과정에서 발생하는 문제 및 개선과제 대책 마련과 환류(Feed-Back)의 실효성을 확보하고 적정 유지보수공법 선정 등 유지관리 업무교류를 통한 하자 저감 및 유지관리비용 절감

(2) 유지관리 환류위원회 구성방법

- 위원장 : 유지관리 관련업무를 총괄하는 총괄부서장
- 위 원 : 유지관리 업무를 추진하는 관계자(본사 및 지역본부)
- 실무위원회

주요 안전에 대한 실무검토를 위하여 「유지관리 환류실무위원회」를 두며 실무위원*은 유지관리 환류위원이 속한 부서의 담당자로 구성

* 안전에 따라 외부 시설물유지보수 전문가를 실무위원 또는 자문위원으로 활용

(3) 위원회 기능

- 자산관리 전 과정에서 발생하는 하자·민원에 대한 개선 및 대책(안) 심의·의결
- 개선과제 및 환류실적 등 주요사항 보고, 부서 간 협조사항 조율
- 장기수선주기에 의한 적정 유지보수공법 및 최적공법선정 등 유지관리 기술교류가 필요한 사항

(4) 위원회 운영

- 회의 : 매 분기말(정기), 과제 도출시(수시)
- 의결 : 과반 수 이상 출석 및 출석위원 과반수 찬성으로 의결

(5) 심의결과 조치 및 관리

- 심의결과 조치

심의결과는 관련부서에 통보하고 소관부서장은 심의결과를 반영

- 조치결과 관리

하자 저감을 위한 환류조치 등 심의결과 통보에 따른 조치결과 이행실적을 차기 정기회의시 보고하고, 간시는 안전별 조치상태를 지속 관리

4) 환류 최종단계

(1) 운영방안

- 환류 최종단계는 [그림 5-17]에서 제시된 바와 같은 유지관리 과정에서 매우 중요한 위치에 있음.
- 환류 최종단계의 기능 및 운영방안을 정리하면 다음과 같음.
 - 현안 관리
 - － 지역본부 현안
 - － 관리소 요청사항
 - 유지보수 개선안 도출
 - － 누수하자 방지 및 최적보수방안
 - － 관리비용 최소화/장수명화
 - 통합관리
 - － 환류사항 통합적 정리/분석
 - － 결과를 실무에 운영/활용
 - － 운영성과 평가 및 환류
- 환류에 있어서 최종단계는 이전 환류단계인 각 단계에서 확충된 모니터링 결과, 정보, 개선방안 등을 통합하여 정리 분석하는 기능을 가지고 있음.
- 또한 지역본부의 현안, 관리소의 요청사항을 검토하여 유지관리의 기회단계인 보수 계획에 반영하는 기능도 포함되어 있음.

(2) 환류 단계별 수행주체

- 유지관리 환류업무의 원활한 수행을 위해서는 유지관리 전 과정에서 발생 하는 업무와 유기적으로 연결되어, 양방향으로의 정보이동이 되어야 함.
- 그러므로 환류업무에 대한 이해와 아울러 수행주체의 역할분담이 명확히 이루어져야 한다고 판단되며, 유지관리 환류내용 및 수행방안은 [표 5-8]과 같음.

[표 5-8] 유지관리 환류 내용 및 수행방안

환류단계	환류 내용	수행주체 및 방법	관련업무
누수보수공사 품질관리	○ 누수보수공사 이력관리 - 공사비/시공사/공법 - 보수주기 - 하자보수 이행여부 - 보수공법(품질/적용성/시공성)	지역본부 (취합/입력)	계약 공사관리 공사기록보존
누수 모니터링	○ 보수효과, 재누수여부 ○ 정기 점검, 정밀 조사	관리소 - 모니터링 지역본부 - 취합/입력 본사 - 종합분석	연간 보수계획 장기 수선계획
최적보수 방안 검토	○ 누수원인 규명 ○ 최적보수공법 발굴 또는 확보	본사/연구원/외부전문가	발주의뢰 조사검토
현안통합관리 개선(안) 도출	○ 현안 관리 - 지역본부 현안 - 관리소 요청사항 ○ 누수 보수 개선안 도출 - 하자발생 방지방안, - 관리비용 최소화 ○ 통합관리 - 환류사항 통합적 정리/분석 - 결과를 실무에 반영/활용 - 운영성과 평가 및 환류	본사/연구원/ 외부전문가 -기획/분석 (유지관리 환류위원회)	연간 보수계획 장기수선계획

(3) 유지관리업무와 환류 통합 프로세스 운영의 기대효과

- 관리소-지역본부-본사간 실시간 의사전달망 구축
- 수선이력 등 명확한 관련정보를 통한 합리적 의사결정
- 주거자산의 실시간 관리
- 주거자산 예측관리
- 자산관리 최적화(장수명화, 예산절감)

4. 소결

- 지하주차장 누수 보수방안 검토 시 아래의 사항을 고려해야 함.
 - ① 누수원인 및 보수이력 등의 기존 누수관리 대장에 대한 고려
 - ② 구조물의 보수 대상부위 재료 및 구조적 측면의 고려
 - ③ 구조물의 사용성, 보수공사 시공성 및 안전성의 고려
 - ④ 보수성 및 향후 유지관리 특성의 고려
- 지하주차장 적정 누수보수방안 검토를 통하여 아래 그림과 같이 누수부위별 적정 보수방안을 제시함.
- 주입공법에 적용하는 주입 보수재는 각 안의 특성을 검토하여 각 부위별로 적용할 필요가 있음.

Process	적정보수방안 검토 범위		부위별 보수방안
1단계 검토 (방수공법)	구분	공법명	○ 상부슬래브 ○ 보-기둥 및 외벽 ○ 공동구-외벽 ○ 관통배관 등 → 주입공법 ○ E/J/광범위누수 → 유도배수
	제1안	주입(Grouting)	
	제2안	Joint 실링	
	제3안	표면 Coating	
	제4안	면방수	
	제5안	유도배수	
↓	↓	↓	
주입공법 2단계 검토	구분	주입방식	○ 균열형 누수 → 직접/경사주입 ○ 복잡한 부위, 외벽 → 배면주입
	제1안	경사주입공법	
	제2안	직접주입공법	
	제3안	배면주입공법	
	제4안	방수층재형성공법	
↓	↓	↓	
주입공법 3단계 검토	구분	보수재	○ 아크릴계, 에폭시수지계 - 폴리우레탄계 : 직접주입 ○ 고무아스팔트계 : 배면주입
	제1안	폴리우레탄계	
	제2안	에폭시수지계	
	제3안	아크릴계	
	제4안	고무아스팔트계	
↓	↓	↓	
적정 보수방안	• 균열형 누수 : 아크릴계[직접]/고무아스팔트계[배면], 에폭시수지계, 폴리우레탄계를 누수량과 범위에 따라 적용		
	• E/J 광범위 누수 : 유도배수		

- 「자산관리부문 유지보수공사 업무지침」 임대주택 유지보수공사의 절차 중 적정 보수공법 선정을 위하여 “연간 보수계획 수립” 및 “시행방법 검토” 단계에 활용 가능한 총 4단계의 환류 통합프로세스를 제시함.
- 통합프로세스는 기존 보수공사 이력을 관리하는 “보수공사 품질관리”부터 유지관리를 위한 “누수 모니터링”, “적정 보수공법 방안 검토”, 그리고 각 단계의 자료를 통합 관리하여 적정 보수공법 개선 방안을 제시하는 “현안 통합관리”로 구성되며, 지속적인 유지관리를 위하여 각 단계에서 도출된 내용은 최종단계인 현안통합관리에 의하여 유지보수지침에 반영하는 방식의 환류 구조임.
- “보수공사 품질관리”는 지하주차장 개보수공사 이력관리용 체크리스트를 활용하여 방수성능 및 보수성능을 지속적으로 유지 및 관리할 수 있도록 기본자료를 확보하는 단계임.
- “누수 모니터링”은 「전수조사」와 「직접조사」를 통해 정기적으로 진단 및 검사하는 단계로, 통합적인 유지관리를 위한 다양한 자료를 확보할 수 있음.
- “적정 보수공법 방안 검토”는 누수에 대응하기 위하여 지하주차장 누수원인규명, 신기술 발굴 및 보수공법 사후평가방안 등 효과적인 지수성능 확보를 위한 단계임.
- “현안 통합관리”는 앞서 언급된 3가지의 단계를 총괄하여 확보된 누수 및 유지보수 데이터를 바탕으로 적정보수공법을 유지보수공사의 “연간 보수계획 수립” 및 “시행방법 검토” 단계에 제시하는 단계임.

제 6 장 결 론

LAND INSTITUTE

제 6 장 결 론

본 연구에서는 공동주택 지하주차장의 지속적인 방수성능 확보를 위하여 누수 현황조사 및 결과분석을 통해 적정 보수방안을 도출하였음.

1) 국내외 누수 보수기준 고찰

□ 누수의 개요

- 누수는 기본적으로 방수층의 성능저하 및 파손으로 인하여, 외부수가 콘크리트 내부로 유입되며 발생하며, 누수의 주된 원인으로는 방수재 선정 및 시공불량과 방수재의 유지관리 미흡으로 판단됨.
- 콘크리트 내부 균열을 통한 누수는 내부 콘크리트의 중성화를 진행시켜 철근 부식을 야기하며, 부식된 철근의 부피팽창으로 주변 콘크리트에 균열을 발생시킴.

□ 누수 보수공법

- 누수 보수공법으로 크게 흐름을 차단하는 방수(주입공법)와 누수의 흐름을 허용하는 방수(유도처리공법)로 구분하며, 주입공법은 누수의 3대 요소인 틈새, 압력, 물 중 콘크리트 균열을 채워 물의 흐름을 차단하는 공법이며, 유도처리공법은 누수의 3대 요인 중 물과 압력을 제거함으로써 체수현상을 억제함.
- 지하주차장 콘크리트 골조에 발생한 균열누수의 보수범위는 미국, 유럽과 국내의 경우 0.3mm 이상이며, 일본의 경우 0.2mm로 규정하고 있음.
- 누수량 및 균열 폭 등에 따라 보수재(발포성 우레탄계, 아크릴계, 에폭시계, 시멘트계)를 사용한 주입공법으로 보수함.

2) 누수 현황조사 및 결과분석

□ 현장조사 개요

- 10개단지의 지하주차장 외벽은 공간벽 유도배수 2개단지, 시멘트액체방수 4개 단지, 폴리머계 방수 3개단지, 점착형 시트 복합 외방수 1개단지로 확인됨.
- 주차장 상부슬래브에 적용된 방수공법은, 시트방수가 6개 단지, 우레탄도막 방수 4개 단지로써 시트방수가 도막방수가 적용됨.
- 지하주차장 바닥슬래브의 경우 14년 이후 준공된 단지부터 배수관 및 액체방수가 적용되었으며, 조사대상 10개단지 모두 지하 1층 지하주차장으로 시공됨.

□ 누수 현황조사 결과분석

- 지하주차장 누수발생 부위는 ① 지상에 접한 슬래브, ② 토양에 면한 외벽, ③ 각 부재 연결 모서리 부위, ④ 시공조인트, ⑤ 지하 경사로, ⑥ 부재를 관통하는 배관 총 6가지 부위로 분류하였음.

구분	슬래브	외벽	연결부	조인트	경사로	관통배관	총
발생(건)	121	133	198	41	39	20	552
%	21.92	24.09	35.87	7.43	7.07	3.62	100

- 누수실태조사결과, 보와 기둥, 슬래브와 보 등 부재간 연결되는 연결부 누수가 전체 552건 중 198건인 35.9%로 가장 많이 발생하였으며, 지상에 접한 슬래브 및 토양에 면한 외벽에서 누수를 동반한 균열이 24.09%인 133건 발생함.
- 이외 끊어치기로 인한 시공조인트 부위에서 41건이 발생하였으며, 주차장 진입 경사로 하부 및 부재관통 배관 주변에서 각각 39건과 20건이 발생함.
- 지하외벽 및 외벽과 연결된 부재의 연결부위 누수는 상대적으로 높게 발생하고 있으며, 이러한 결과는 외벽방수의 미적용, 상부슬래브 방수재의 외벽 마무리 구간(치켜올림부 미비 등)에서 원인이 있는 것으로 추정됨.
- 균열형 누수부위에 대한 보수는 10개 단지 중 8개 단지에서 발포형 우레탄 수지계를 사용한 직접주입공법 적용이 적용되고 있으며, 상당부분 초기누수에 발포형 우레탄 수지계에 대한 의존도가 높음.

3) 지하주차장 누수 원인분석

- 지표수의 내부 유입은 방수층의 손상에 의한 영향으로 누수가 발생한다고 판단되며, 누수의 근본적인 원인은 지하주차장 구조물 상부에서 수분의 유입을 근본적으로 차단해야하는 방수층의 손상에 있다고 판단됨.
- 누수원인은 누수 부위별로 수평부재 및 수직부재, 배관, 신축이음부로 분류됨.
- 수평부재에서 발생하는 누수의 주된 원인은 방수층 연속성 확보 미비에 따른 외부수의 내부 유입 및 복잡한 골조의 설계로 인하여 콘크리트 타설 시 충분치 못한 다짐으로 부재 내 많은 공극에 의한 내부 균열일 것으로 판단됨. 또한, 상부 조정 및 보차도, 토목배수의 배수처리 미비로 인하여 지표수가 골조의 균열을 통해 내부로 유입되었을 것이라 판단됨.
- 수직부재의 누수는 콘크리트 이어치기시 콜드조인트 부위의 면처리 미비와 콜드조인트 연속성 확보 부족으로 판단되며, 계단 외벽 수직부재와 지하주차장 데크 수평슬래브의 연결부의 사공조인트 지수처리 미비로 인하여 누수가 발생한 것으로 판단됨.
- 토양에 접한 외벽을 관통하는 배관 주변에서 누수가 발생하며 이는 배관주변부 실링처리 미비로 인하여 균열 틈으로 외부수가 내부로 유입된 것으로 판단됨.
- 신축이음부의 누수는 상부 방수층의 연속성 확보 미비, 거동 및 진동에 의한 방수층 파단으로 수분이 유입되었고, 이 수분은 신축이음부 백업재를 통하여 내부 배수홈통으로 유입, 체수현상으로 유입수가 누출된 것으로 판단됨.

4) 지하주차장 적정 누수보수 방안 제시

- 지하주차장의 누수균열을 포함하여 신축이음부위 누수, 관통배관 누수, 공간벽 누수 및 화단-동피트 연결부 누수 등 5가지 누수유형에 대하여 방수공법 검토 부터 주입공법 및 보수재 검토를 통한 적정 보수방안을 제시하였음.

- 슬래브, 외벽 및 관통배관의 경우 주입공법의 보수공법이 적정할 것으로 판단되며, 산축이음부 및 누수량이 많고 범위가 광범위한 경우 유도배수가 적정할 것으로 판단됨.
- 누수균열에 대한 보수는 직접주입과 경시주입의 보수공법 적용이 적정할 것으로 보이며, 구조가 복잡한 부위 및 외벽의 경우 배면주입의 보수공법 적용이 적정할 것으로 판단됨.

Process	적정보수방안 검토 범위		부위별 보수방안
1단계 방수공법 검토	구분	공법명	○ 상부슬래브 ○ 보-기둥 및 외벽 ○ 공동구-외벽 ○ 관통배관 등 → 주입공법 ○ E/J/광범위누수 → 유도배수
	제1안	주입(Grouting)	
	제2안	Joint 실링	
	제3안	표면 Coating	
	제4안	면방수	
	제5안	유도배수	
			↓
2단계 주입공법 검토	구분	주입방식	○ 균열형 누수 → 직접/경시주입 ○ 복잡한 부위, 외벽 → 배면주입
	제1안	경시주입공법	
	제2안	직접주입공법	
	제3안	배면주입공법	
	제4안	방수층재형성공법	
			↓
3단계 주입공법 검토	구분	보수재	○ 아크릴계, 에폭시수지계 폴리우레탄계 : 직접주입 ○ 고무아스팔트계 : 배면주입
	제1안	폴리우레탄계	
	제2안	에폭시수지계	
	제3안	아크릴계	
	제4안	고무아스팔트계	
			↓
적정 보수방안	• 균열형 누수 : 아크릴계[직접]/고무아스팔트계[배면], 에폭시수지계, 폴리우레탄계를 누수량과 범위에 따라 적용 • E/J 광범위 누수 : 유도배수		

5) 지하주차장 누수 보수방안 선정 프로세스

- 통합프로세스는 기존 보수공사 이력을 관리하는 “보수공사 품질관리”부터 유지관리를 위한 “누수 모니터링”, “적정 보수공법 방안 검토”, 그리고 각 단계의 자료를 통합 관리하여 적정 보수공법 개선 방안을 제시하는 “현안 통합관리”로 구성됨.
- “보수공사 품질관리”는 지하주차장 개보수공사 이력관리를 체크리스트를 활용하여 방수성능 및 보수성능을 지속적으로 유지 및 관리할 수 있도록 기본자료를 확보하는 단계이며, “누수 모니터링”은 「전수조사」와 「직접조사」를 통해 정기적으로 진단 및 검사하는 단계로, 통합적인 유지관리를 위한 다양한 자료를 확보할 수 있음.
- “적정 보수공법 방안 검토”는 누수에 대응하기 위하여 지하주차장 누수원인규명, 신기술 발굴 및 보수공법 사후평가방안 등 효과적인 지수성능 확보를 위한 단계임.
- “현안 통합관리”는 앞서 언급된 3가지의 단계를 총괄하여 확보된 누수 및 유지 보수 데이터를 바탕으로 적정보수공법을 유지보수공사의 “연간 보수계획 수립” 및 “시행방법 검토” 단계에 제시하는 단계임.
- 각 단계에서 도출된 내용은 최종단계인 현안통합관리에 반영되어 환류되는 구조로, 「자산관리부문 유지보수공사 업무지침」 임대주택 유지보수공사의 “연간 보수계획 수립”단계에 적용될 수 있을 것이라 판단됨.

단계	환류 내용	수행주체 및 방법	관련업무
누수보수공사 품질관리	○ 누수보수공사 이력관리 - 공사비/시공사/공법 - 보수주기 - 하자보수 이행여부 - 보수공법(품질/적용성/시공성)	지역본부 (취합/입력)	계약 공사관리 공사기록보존
누수 모니터링	○ 보수효과, 재누수여부 ○ 정기 점검, 정밀 조사	관리소 - 모니터링 지역본부 - 취합/입력 본사 - 종합분석	연간 보수계획 장기 수선계획
최적보수방안 검토	○ 누수원인 규명 ○ 최적보수공법 발굴 또는 확보	본사/연구원/외부전문가	발주의뢰 조사검토
현안통합관리 개선안 도출	○ 현안 관리 - 지역본부 현안 - 관리소 요청사항 ○ 누수 보수 개선안 도출 - 하자발생 방지방안 - 관리비용 최소화 ○ 통합관리 - 환류사항 통합적 정리/분석 - 결과를 실무에 반영/활용 - 운영성과 평가 및 환류	본사/연구원/ 외부전문가 -기획/분석 (유지관리 환류위원회)	연간 보수계획 장기수선계획

6) 활용방안 및 향후 발전방향

본 연구의 결과인 지하주차장 누수 보수방안 검토 및 선정 프로세스를 유지보수 설계 단계에 적용하여 누수하자 저감을 위하여 주도적인 역할을 하며, 지하주차장 방수성능 확보를 위한 지속적인 모니터링 및 유지관리 뿐만 아니라 성능기반의 보수방안에 관한 지속적인 연구수행이 필요할 것으로 사료됨.

참 고 문 헌

LAND &
HOUSING
INSTITUTE

참고문헌

- [1] 국토교통부, 2016, 「표준시방서(누수보수 공사, KCS 41 40 17: 2016)」
- [2] 국토교통부, 2016, 「콘크리트구조 사용성 설계기준(KDS 41 20 30: 2016)」
- [3] 국토교통부, 2016, 「공동주택 지하구조물 누수예방을 위한 방수 설계 가이드라인」
- [4] 국토교통부, 2016, 「공동주택 하자의 조사, 보수비용 산정 및 하자판정기준」
[국토교통부고시 제2016-1048호, 2016. 12. 30., 일부개정 및 시행].
- [5] 김기혁, 한민근(2012), “구조방정식을 이용한 아파트 단지의 주차장 부위별 이용만족도에 관한 연구”, 「대한토목학회논문집」, 32(3), 197-203.
- [6] 김영진, 이도현, 이범식, 임해식(2013), “공동주택 지하주차장의 균열 및 누수 방지 대책방안 연구”, 「한국토지주택공사 토지주택연구원」
- [7] 한국토지주택공사(2017), 「주택 방수공법 품질강화 방안」
- [8] 김옥규 외 12인(2012), “공동주택 하자판정기준, 조사방법 및 하자보수 비용 산정기준 마련을 위한 용역”, 「한국건설관리학회」, pp. 162.
- [9] 박순(2009), “공동주택 감리업무시 적용한 균열 관리에 대하여”, 「건설감리」, p.58-60
- [10] 박인준(2015), “방재정보-싱크홀 현황과 그 대책”, 「Disaster Prevention Review」, 17(2), 64-72.
- [11] 배수호, 박재임, 이광명(2010), “콘크리트의 황산 및 황산염 침투 저항성에 미치는 광물질 혼화재의 영향”, 「콘크리트학회 논문집」, 22(2), 219-228.
- [12] 배경환(2018), “춘천더#, 입주 후 끝없는 불협화음”, 08.19.,
(http://m.newsprime.co.kr/section_view.html?no=61137)
- [13] 이정훈, 안기원, 송제영, 김수연, 오상근(2016), “공동주택 지하부위의 누수 현황과 문제점-방수관계자 설문조사를 중심으로”, 「한국구조물진단유지관리공학회 봄 학술발표 논문집」, pp. 388-389.

- [14] 이육호(2018), “산성역 환승공영주차장 누수로 주차 구역 통제...시민 불만 증폭”, 02.19. (<http://www.goodtms.net/news/articleView.html?idxno=51680>)
- [15] 오상근, 최성민, 송제영(2014), “공동주택 지하주차장의 누수원인 분석 및 보수방안 검토”, 『한국건설순환자원학회논문집』, 2(3), 255 ~ 264.
- [16] 윤인석(2017), “C-S-H 상의 염소이온 흡착 메커니즘 규명을 위한 반응 작용 실험”, 『콘크리트학회 논문집』, 29(1), 65 ~ 75.
- [17] 이후관(1992), “특집 - 물과 건축 : 물과 구조체(Influence of Water on Structures)”, 『건축』, 36(2), 72 ~ 79.
- [18] 오상근(2015), “공동주택 지하구조물의 누수예방 법제도 도입 및 설계표준 정립”, 『건축』, 59(9), 52 ~ 57.
- [19] 진만, 조현영(1999), “콘크리트 백화현상의 원인과 대책”, 『레미콘』, (1), 16 ~ 25.
- [20] 권석민, 이범식, 전명훈, 박종배, 김성민, 김영민(2018), “LH건축물 균열저감을 위한 스마트 콘크리트 적용방안 연구”, 『토지주택공사 토지주택연구원』, pp. 39 ~ 41
- [21] 한국소비자원(<http://www.kca.go.kr/odr/index.jsp>)
- [22] 한지혜, “새 아파트 천국 세종시, 하자보수는 ‘지옥’”, 『세종포스트』, 2016. 9. 13.
- [23] 한재희, 류근준, 신주열, 오광진, 이운향, 강철(2011), “시설물의 보수·보강 방법 및 수준결정에 관한 연구”, 『한국시설안전공단』
- [24] Otsuki, N., Shimizu, A., & Kamada, T.(2014). “Introduction of a JCI Guideline: Practical Guideline for Investigation, Repair and Strengthening of Cracked Concrete Structures”, *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 8(1), 72.
- [25] Peter H. E.(1992), “Concrete Repairs and Maintenance”, *Technology & Engineering*.
- [26] ISO TR 16475(2011) : Guidelines for the repair of water-leakage crack in concrete structures.

부록

-단지별 누수현황 조사결과-

LANDLUST & INSTINCTS

표 차례

[표 A-1] A 단지 개요 및 적용방수공법	147
[표 B-1] B 단지 개요 및 적용방수공법	152
[표 C-1] C 단지 개요 및 적용방수공법	159
[표 D-1] D 단지 개요 및 적용방수공법	164
[표 E-1] E 단지 개요 및 적용방수공법	172
[표 F-1] F 단지 개요 및 적용방수공법	185
[표 G-1] G 단지 개요 및 적용방수공법	189
[표 H-1] H 단지 개요 및 적용방수공법	203
[표 I-1] I 단지 개요 및 적용방수공법	211
[표 J-1] J 단지 개요 및 적용방수공법	222

그림 차례

[그림 A-1] 테크플레이트 접합부 누수 넥산 유도배수 보수	147
[그림 A-2] 전기실 공간벽/저수조 누수부위 및 누수경로 개념도	149
[그림 A-3] 유도배수공법 적용 및 도면상 적용부위	150
[그림 A-4] 유도배수공법 적용 및 추가보수 적용범위	151
[그림 B-1] B단지 발포우레탄 누수부위 재누수 발생	152
[그림 B-2] 계단실 내부벽 누수부위 및 누수경로 개념도	153
[그림 B-3] 계단실 내부벽 코너부 시공조인트 누수경로 개념도	154
[그림 B-4] 공동구-지하외벽 누수부위 및 누수경로 개념도	155
[그림 B-5] 공동구-지하외벽 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도	156
[그림 B-6] 지면 매입 관통배관 누수	157

[그림 B-7] 공동구-지하외벽 누수부위 및 누수경로 개념도	158
[그림 C-1] 계단실 내부 시공조인트 누수로 인한 백화 및 페인트 박락	159
[그림 C-2] 경사차로 코너부 누수부위	160
[그림 C-3] 경사차로 코너부 누수부위 및 누수경로 개념도	161
[그림 C-4] 계단실 내부벽 코너부 시공조인트 누수	162
[그림 C-5] 계단실 내부벽 코너부 시공조인트 누수경로 개념도	163
[그림 D-1] E/J 조인트 누수부위 및 유도배수공법 보수조치	164
[그림 D-2] 보-슬래브 균열누수 및 보수 후 누수부위	165
[그림 D-3] E/J 조인트 누수부위 및 누수경로 개념도	166
[그림 D-4] 보 주변 상부슬래브 누수부위 및 누수부위 도면	167
[그림 D-5] 보 주변 상부슬래브 누수경로 개념도	168
[그림 D-6] 관통배관 누수부위 및 누수경로 개념도	169
[그림 D-7] 외벽 및 관통배관 주변 외벽 균열누수 및 누수경로 개념도	170
[그림 D-8] 전기실 공간벽/저수조 누수부위 및 누수경로 개념도	171
[그림 E-1] 전기실 내부 벽체 및 슬래브-보 조인트 균열누수	173
[그림 E-2] 공동구-외벽 시공조인트 누수 및 누수경로 개념도	174
[그림 E-3] 벽체 균열누수 및 백화현상	175
[그림 E-4] 벽체 균열누수 유발 부위 및 누수경로 개념도	176
[그림 E-5] 계단실 내부벽 코너부 누수	177
[그림 E-6] 경사차로 하부 누수유발부위 및 누수 개념도	178
[그림 E-7] 계단실 내부벽 코너부 누수	179
[그림 E-8] 경사차로 하부 누수유발원인 및 누수 개념도	180
[그림 E-9] 주차 램프 하단 및 램프하단 연결부 균열누수	181
[그림 E-10] 주차 램프 하단 누수원인 및 개념도	182
[그림 E-11] 전기실 및 장비 반입구 외벽 균열누수	183
[그림 E-12] 전기실 장비 반입구 누수경로 개념도	184
[그림 F-1] E/J 부위 발포성우레탄 보수 후 재누수 발생	185

[그림 F-2] 연결램프 E/J 누수부위 사진 및 도면상 누수발생 부위	186
[그림 F-3] 상부 데크플레이트 슬래브 누수부위 및 누수경로 개념도	187
[그림 F-4] 누수부위 및 단면상의 누수경로 개념도	188
[그림 G-1] 지수부위 및 재누수 발생부위(발포성 우레탄)	189
[그림 G-2] 누수발생부위 및 도면상 누수 발생부위	190
[그림 G-3] 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위	191
[그림 G-4] 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도	192
[그림 G-5] 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위	193
[그림 G-6] 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도	194
[그림 G-7] 외벽방향 슬래브-보 연결부 누수부위(사인장 균열, 수직균열 및 누수발생)	195
[그림 G-8] 외벽방향 슬래브-보 연결부(램프연결구간) 누수부위 및 누수경로 개념도	196
[그림 G-9] 외벽 관통배관 누수부위	197
[그림 G-10] 외벽 관통배관 누수부위 및 누수경로 개념도	198
[그림 G-11] 데크 플레이트 누수부위	199
[그림 G-12] 데크 플레이트 누수부위 및 누수경로 개념도	200
[그림 G-13] 데크 플레이트 누수부위	201
[그림 G-14] 데크 플레이트 누수부위 및 누수경로 개념도	202
[그림 H-1] 발포우레탄 보수재 및 아크릴 보수재 보수 후 비교	203
[그림 H-2] 계단신 내부벽 코너부 시공조인트 누수	204
[그림 H-3] 계단실 내부벽 코너부 시공조인트 누수경로 개념도	205
[그림 H-4] 보-슬래브 균열누수 및 보수 후 누수부위 A	206
[그림 H-5] 보-슬래브 균열누수 및 보수 후 누수부위 B	207
[그림 H-6] 보-슬래브 균열누수 및 보수 후 누수부위 C	208
[그림 H-7] 구조별(RC구조, RC-PC구조) 누수 비교 개념도	209
[그림 H-8] RC구조 단차부위 누수 개념도	210

[그림 I-1] I단지 보-기둥 및 램프하부 구조물 누수	211
[그림 I-2] 전기실 내부 벽체 및 슬래브-보 조인트 균열누수	212
[그림 I-3] 동피트 천장 이질재간 조인트 누수	213
[그림 I-4] 계단실 내부벽 코너부 누수	214
[그림 I-5] 경사차로 하부 누수유발부위 및 누수 개념도	215
[그림 I-6] 외벽 보-기둥 연결부 균열누수	216
[그림 I-7] 외벽 보-기둥 연결부 누수 개념도	217
[그림 I-8] 주차 램프 하단 균열누수	218
[그림 I-9] 보-슬래브 조인트 누수경로 개념도	219
[그림 I-10] 공간벽 관통배관 누수	220
[그림 I-11] 공간벽 관통배관 누수경로 개념도	221
[그림 J-1] J단지 보 누수 보수사례	222
[그림 J-2] 동피트 천장 이질재간 조인트 누수	223
[그림 J-3] 동피트 천장 및 벽체 누수원인 및 누수 개념도	224
[그림 J-4] 외벽 보-기둥 조인트 누수	225
[그림 J-5] 외벽 보-기둥 조인트 누수개념도	226
[그림 J-6] 경사차로 하부 누수	227
[그림 J-7] 경사차로 하부 누수유발부위 및 누수 개념도	228
[그림 J-8] 계단실 내부벽 코너부 누수	229
[그림 J-9] 경사차로 하부 누수유발부위 및 누수 개념도	230

부 록. 단지별 누수현황 조사결과

1) 단지명 : A단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 A-1] A 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
A단지	2001. 09	약 400	내방수 (시멘트액체)	시트방수	없음

(2) 보수이력

- A단지의 누수는 전 단지에 걸쳐 20건 이상의 지상부 슬래브 누수가 발생하였음.
- 지상부 슬래브 하부에 데크플레이트를 시공하였으나, 데크플레이트 슬래브 조인트부위에서 다수의 누수가 발생하였음.
- 지속적인 누수부위(플레이트 접합부)로 인한 민원증가로 주차구간(전체의 90%)에 한하여 넥산 유도배수를 설치함.



(a) 데크플레이트 접합부 누수부위



(b) 넥산유도배수 시공 후

[그림 A-1] 데크플레이트 접합부 누수 넥산 유도배수 보수

(3) 누수진단 결과(A단지)

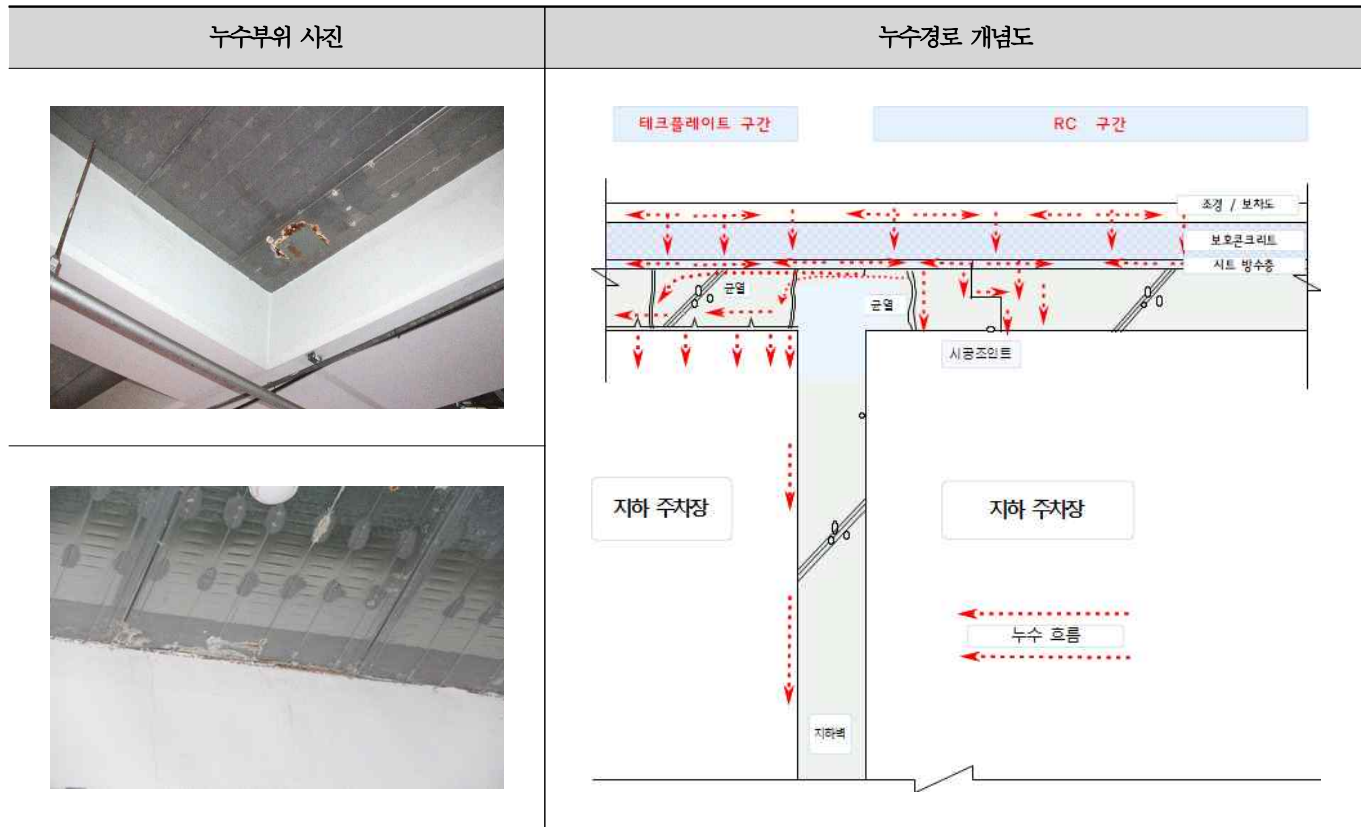
□ 부위명 : 상부 데크플레이트 슬래브(유도배수로 조치완료)

- (누수부위) 주차장 상부 데크플레이트 슬래브 조인트부위에서 누수발생
- (누수원인) 상부 슬래브 균열을 통과한 누수수가 데크플레이트 내부에서 구배불량 등 유도배수 되지 못하고 체수하여 데크플레이트 접합부로 유출됨.
- (누수보수) 지속적인 누수부위(플레이트 접합부) 확대로 자동차 오염 등 이용상의 불편에 따른 민원으로 주차구간(주차구간 전체의 90%)에 한하여 넥산 유도배수 설치하여 누수문제 해결

데크 플레이트 슬래브 공법의 누수특성

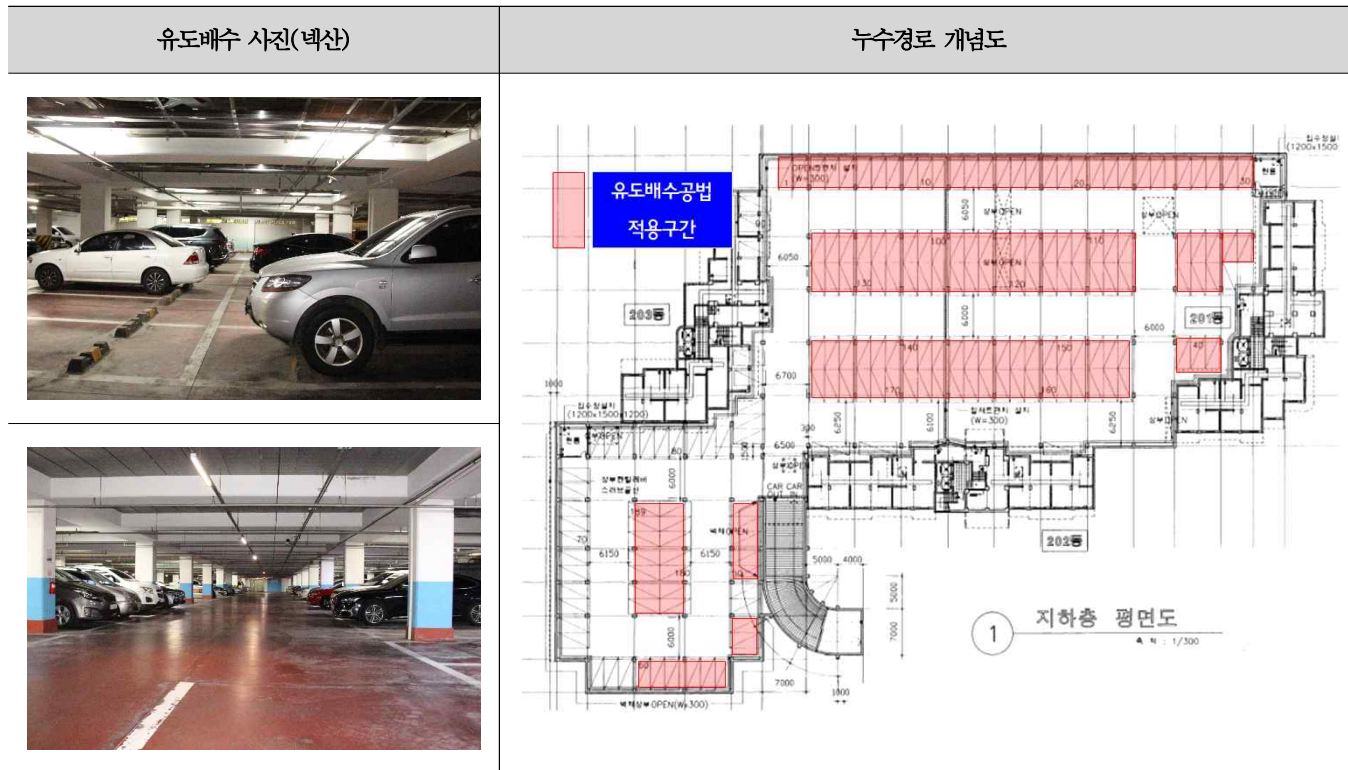
- 공장에서 제작한 철근트러스 데크-플레이트는 현장에서 거푸집 없이 슬래브 거푸집용으로 사용하는 공법으로 소재는 아연도 강판을 사용하는 비구조재임
(※ 하중의 영향이나 구조물의 내력과 관련성이 없는 재료)
- 일단 슬래브 균열누수로 누수수가 유입되면 데크플레이트 하단의 철판과 콘크리트 계면을 통하여 수분이 광범위하게 이동
- 데크플레이트간 조인트 및 데크플레이트와 보간의 조인트 등 다양한 결합부위를 통하여 누수가 되므로 기존의 주입공법이나 부분 유도배수공법으로는 누수보수에 한계가 있는 문제점이 있음.





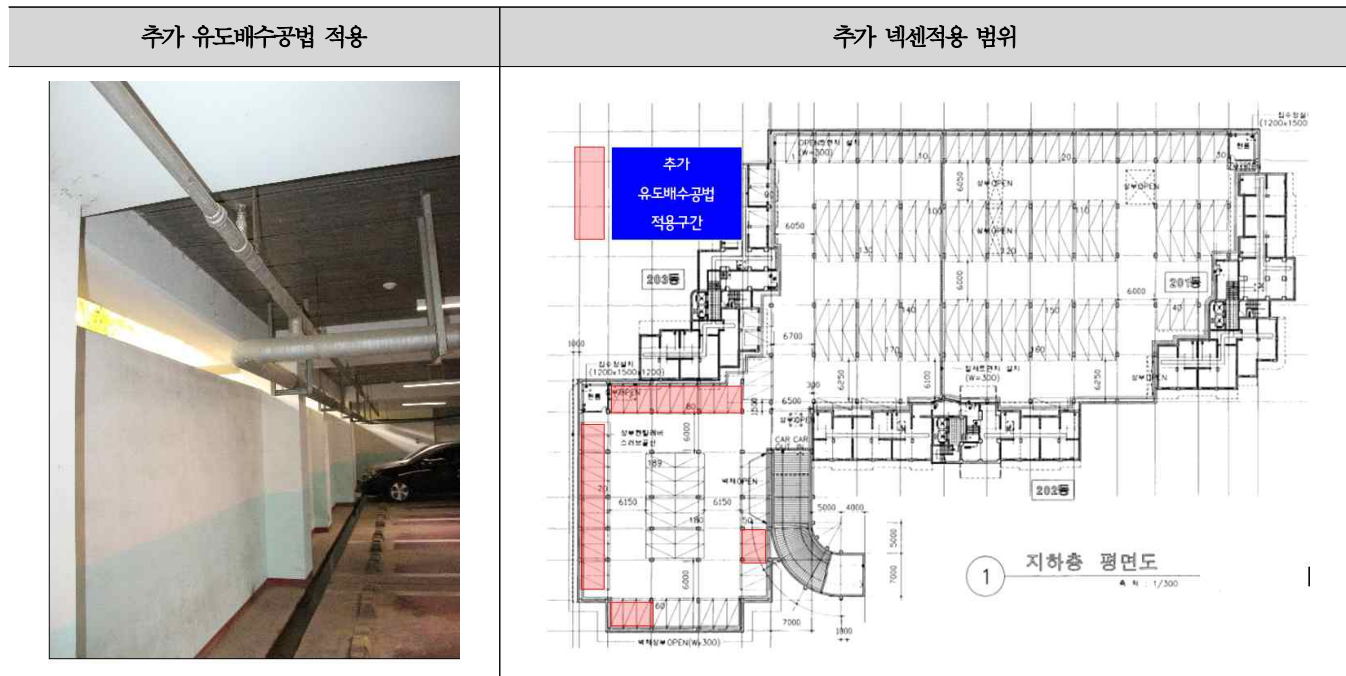
[그림 A-2] 전기실 공간벽/저수조 누수부위 및 누수경로 개념도

- (누수보수) 유도배수구간은 단계적이면서도 효율적인 방수상의 조치를 적용하는 개념으로 설정함.
- 전 주차구간 중에 누수현상이 심각하여 차량 손상 등 영향을 많이 받는 주차구간(전 주차구간의 90%)을 우선적으로 적용함.



[그림 A-3] 유도배수공법 적용 및 도면상 적용부위

- (유도배수공법 적용성 및 추가보수 범위) 현장조건 및 누수특성을 고려한 적용 유도배수공법 검토결과, 매우 효율적이면서도 근본적인 누수보수공법으로 판단됨
- 그러므로 남은 지하주차장의 주차구역(10% 정도)에 대해서도 동일한 유도배수공법을 적용할 필요가 있다고 판단됨



[그림 A-4] 유도배수공법 적용 및 추가보수 적용범위

2) 단지명 : B단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 B-1] B 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
B 단지	2004. 05	약 2,200	내방수 (시멘트액체)	시트방수	없음

(2) 보수이력

- B단지의 누수는 외벽누수가 10건, 계단실 및 공동구, 설비개관통부 누수가 각 3건씩 총 16건의 누수가 발생함.
- 외벽 균열누수에 보수재료인 발포우레탄을 직접주입공법으로 보수하였음.
- 보수 후 발포우레탄 성분을 포함한 유입수의 누수가 다시 발생함.

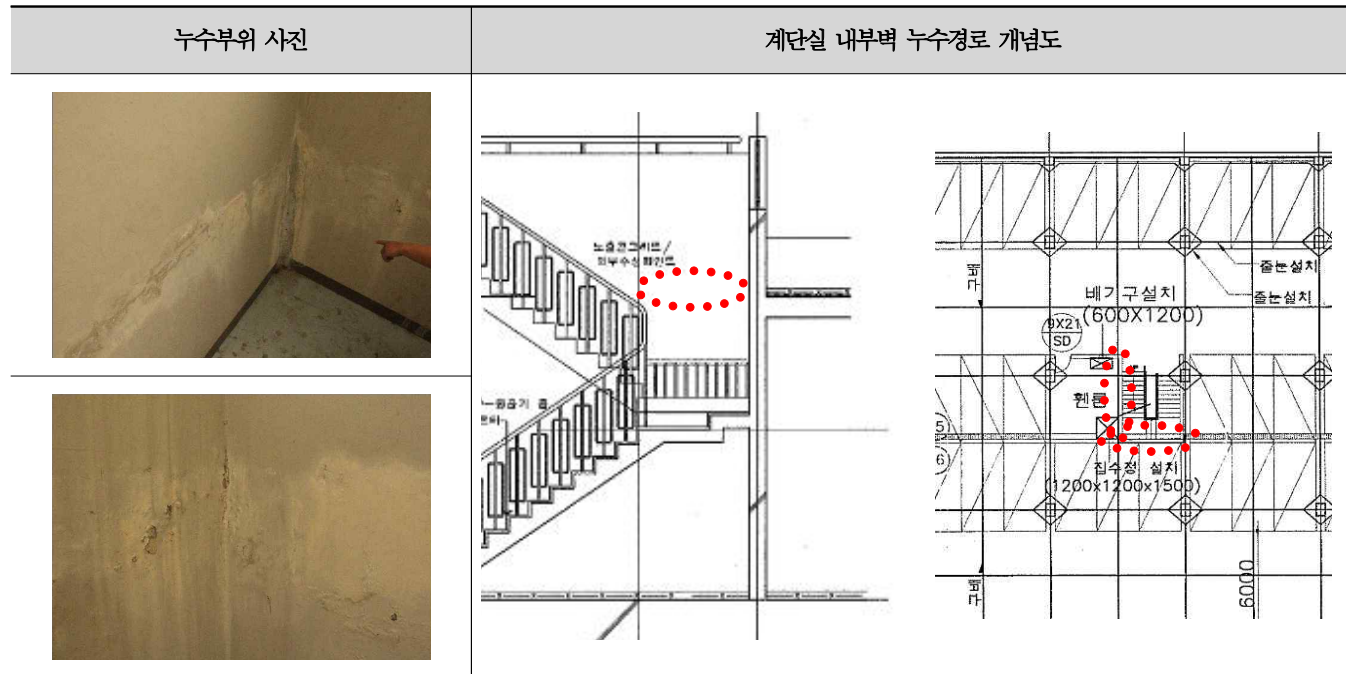


[그림 B-1] B단지 발포우레탄 누수부위 재누수 발생

(3) 누수진단 결과(B단지)

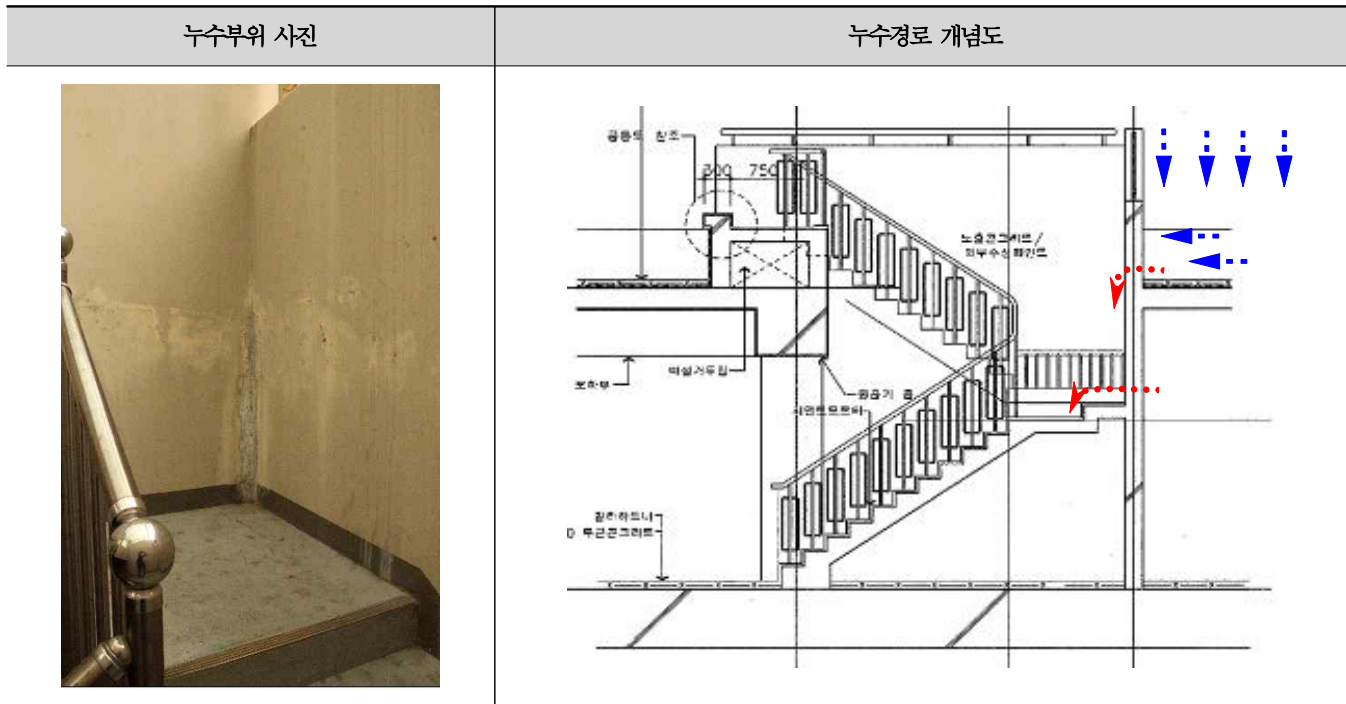
□ 부위명 : 계단실 내부벽

- (누수부위) 계단 외벽 인공식재지반과 접해있는 부위에서, 수직벽체, 중앙부 시공조인트, 균열에서 누수 발생
- 기 보수 후 도장공사 흔적, 보수 후 재누수 발생함.



[그림 B-2] 계단실 내부벽 누수부위 및 누수경로 개념도

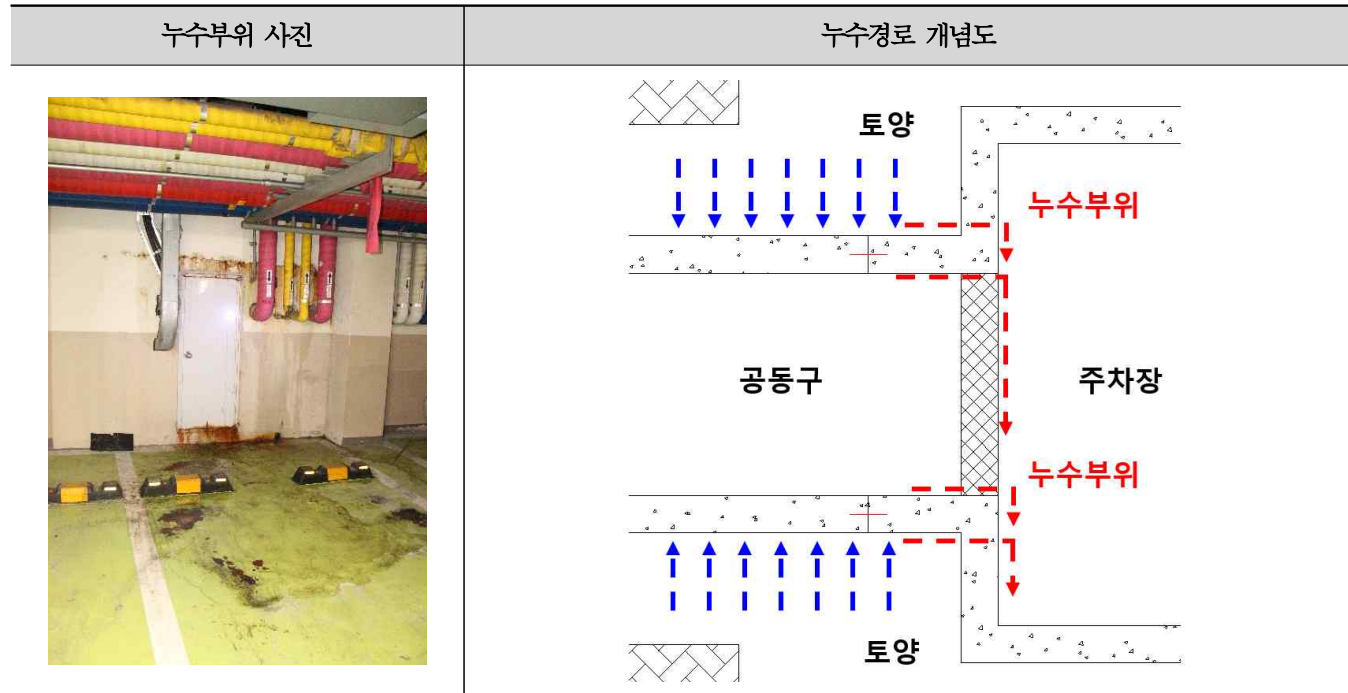
- (누수원인) 계단 외벽 수직부위와 주차장 데크 수평슬래브의 연결 조인트부위에서 시공조인트에 지수처리 미비
- 주차장 슬래브 방수재의 계단실 수직벽에서의 치켜올림처리 미비 및 상부 인공식재지반부위 배수처리 미비 등



[그림 B-3] 계단실 내부벽 코너부 시공조인트 누수경로 개념도

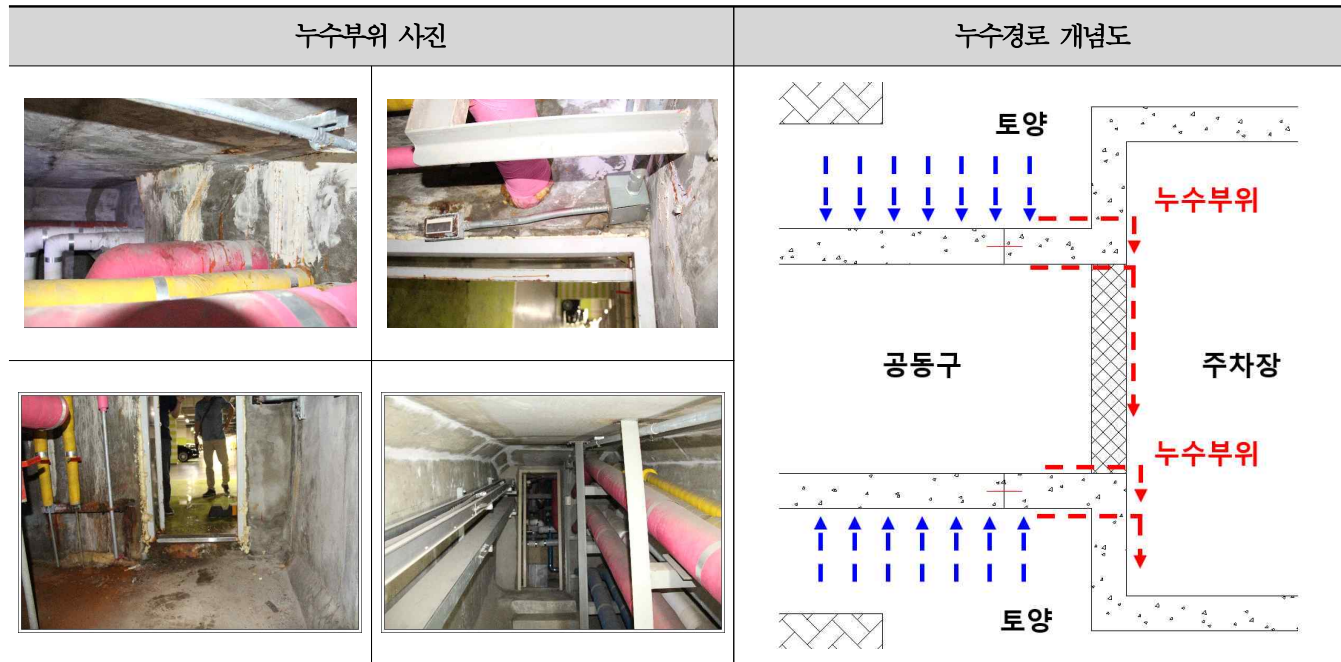
□ 부위명 : 공동구-지하외벽 연결부

- (누수부위) 지하주차장 외벽과 공동구 조인트부위 누수
- 특히 공동구 바닥-외벽 연결에서 누수량이 많음



[그림 B-4] 공동구-지하외벽 누수부위 및 누수경로 개념도

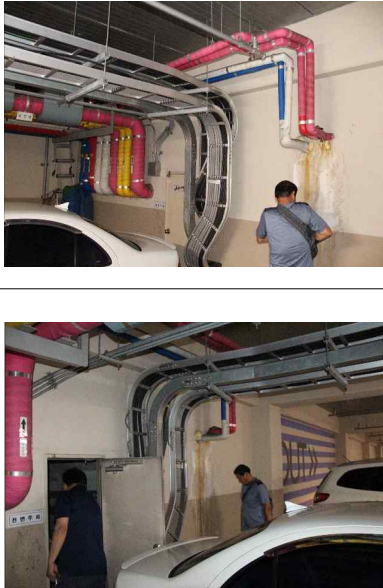
- (누수원인) 외벽과 공동구 바닥슬래브 조인트 연속성 확보 미비
- 외벽에 접해있는 수분이 공동구 바닥슬래브 하부에서 벽체 조인트 방향으로 이동, 실내로 유입



[그림 B-5] 공동구-지하외벽 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도

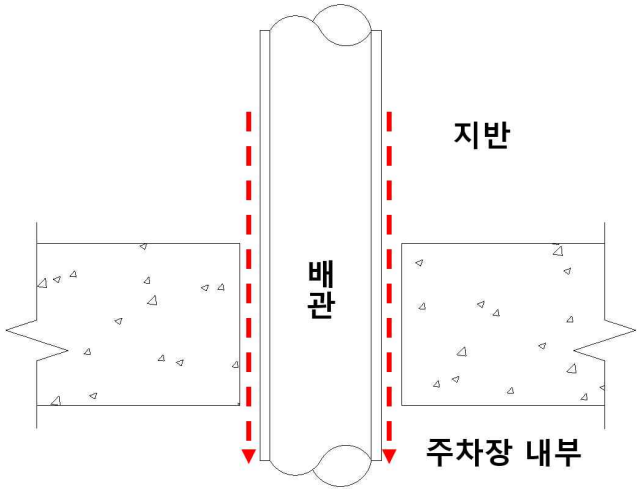
□ 부위명 : 지면 매입 관통배관 주변

- (누수부위) 지하주차장 외벽 지반매입 관통배관 주변(배관 하부) 누수
- 발포우레탄을 적용하여 주입보수처리, 보수 후 재누수 발생

누수부위 사진	누수부위 확대사진
	

[그림 B-6] 지면 매입 관통배관 누수

- (누수원인) 외벽 관통배관주변 조인트 실링처리 미비
- (누수경로) 관통배관과 외벽의 조인트를 통하여 누수

누수부위 사진(공동구 내부방향)	누수경로 개념도
	

[그림 B-7] 공동구-지하외벽 누수부위 및 누수경로 개념도

3) 단지명 : C단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 C-1] C 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
C 단지	2004. 10.	약 2,400	내방수 (액체방수 1차)	시트방수	없음

(2) 보수이력

- C단지는 계단실 내부벽의 시공조인트 균열로 인한 지표수 유입 1건과 경사차로 끝단 표면누수 2건이 발생함. C단지의 지하수위가 지하주차장의 심도보다 낮게 위치해 누수가 발생하지 않은 것으로 판단됨.
- 시멘트 밀크 그라우팅 보수재를 직접주입공법으로 램프 코너부에 주입하여 보수하였지만, 전구간에 걸쳐 재누수가 발생함.



[그림 C-1] 계단실 내부 시공조인트 누수로 인한 백화 및 페인트 박락

(3) 누수진단 결과(C단지)

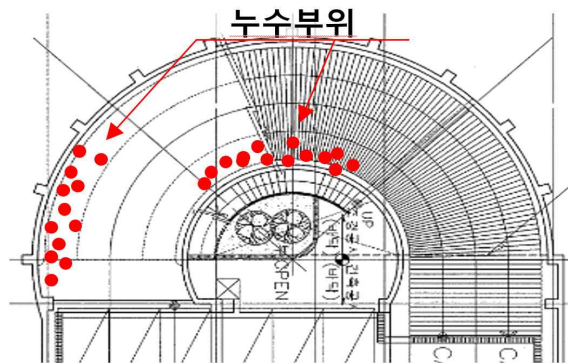
□ 부위명 : 경사차로 코너부

- (누수부위) 경사차로 하부 코너부위에서 누수 누수발생, 2개의 경시슬래브에서 동일한 패턴으로 발생함.
- 2016년 시멘트 밀크 그라우팅으로 누수부위에 주입보수방식으로 보수조치함.
- 보수에 의해서 지수효과는 얻어지지 않고 재누수가 발생함.

누수
부위
및
누수
개념도



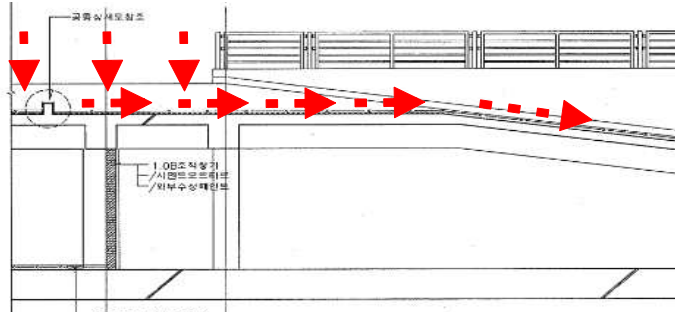
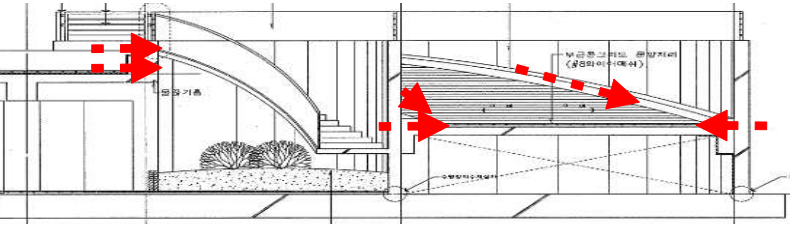
경사차로 코너부 균열누수



경사차로 코너부 누수부위

[그림 C-2] 경사차로 코너부 누수부위

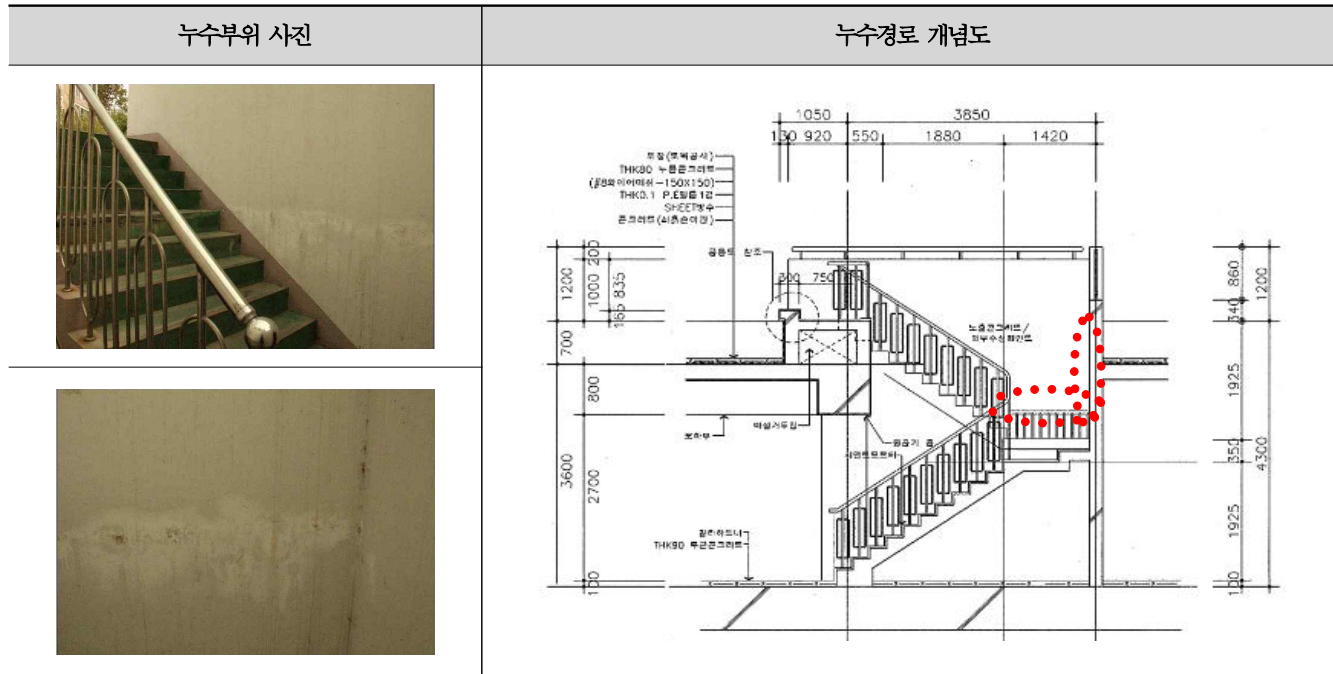
- (누수원인) 경사차로 주변의 방수처리 미비, 조경토에 유입된 우수가 경사차로 구조물 코너부 조인트와 같은 취약부로 유입
- 경사차로 진입부에 우수유입을 방지하기 위한 트렌치 미설치, 경사로 표면과 하부에서의 유입수의 차단기능 미비

누수부위 사진	누수경로 개념도
주차장 진입램프 (트렌치 미설치) 	
타 현장 진입램프 (트렌치 설치) 	

[그림 C-3] 경사차로 코너부 누수부위 및 누수경로 개념도

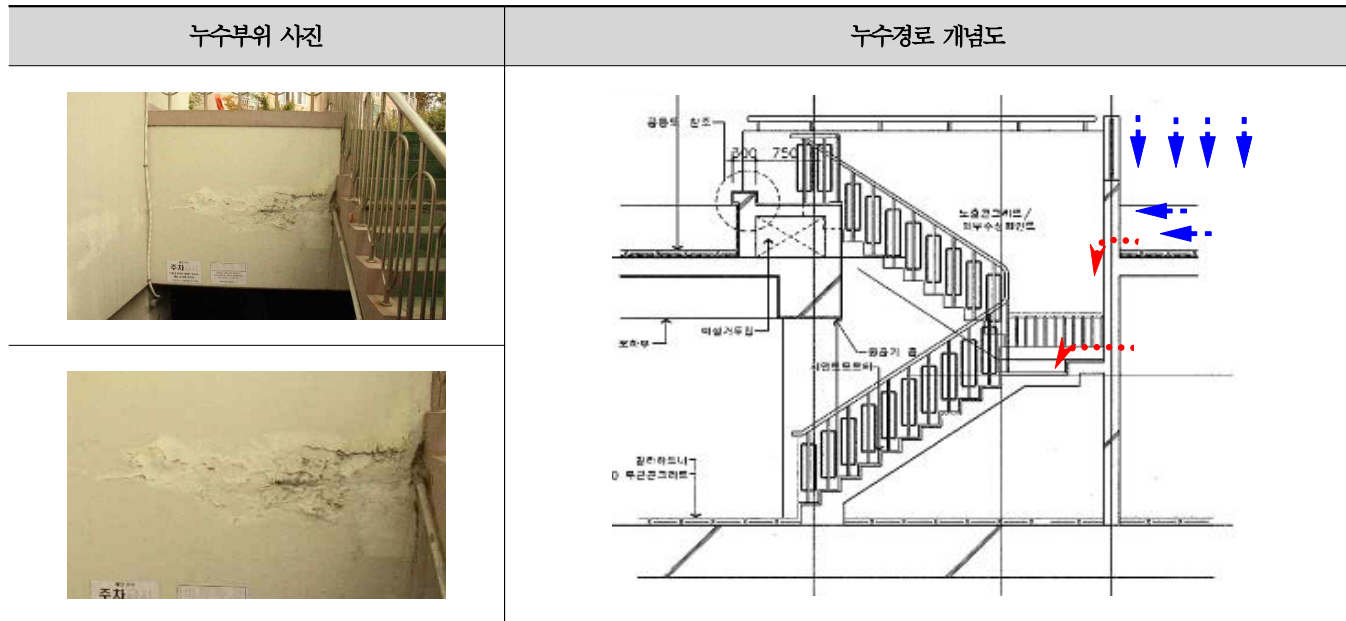
□ 부위명 : 계단실 내부벽 코너부 시공조인트 누수

- (누수부위) 계단 외벽 인공식재지반과 접해있는 부위에서, 수직벽체, 코너부의 시공조인트, 균열에서 누수 발생
- 계단실의 누수현상은 외벽이 직접 지면에 접한 시공조인트 부위에서 발생함.



[그림 C-4] 계단신 내부벽 코너부 시공조인트 누수

- (누수원인) 계단 외벽 수지급위와 주차장 데크 수평슬래브의 연결 조인트부위에서 시공조인트에 지수처리 미비
- 주차장 슬래브 방수재의 계단실 수직벽에서의 치켜올림처리 미비 및 상부 인공식재지반부위 배수처리 미비 등
- 특히 지면에 접해있는 계단실 벽체는 계단실 주변이 복잡한 지형지물로 인하여 지하수 및 지표수의 영향을 더 많이 받을 수 있는 조건으로 시공조인트나 균열이 발생할 경우 수분이 유입되어 누수가 빈번히 발생함.



[그림 C-5] 계단실 내부벽 코너부 시공조인트 누수경로 개념도

2) 단지명 : D단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 D-1] D 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
D 단지	2009. 09.	약 800	내방수 (액체방수 1차)	비노출 우레탄 도막방수	없음

(2) 보수이력

- D단지의 누수는 전단지에 걸쳐 외벽누수가 10건으로 가장 많이 발생하였으며, 기둥주변 및 공동구-외벽조인트에서 각 2건과 1건 균열누수가 발생하였음.
- 외벽 균열누수에 보수재료인 발포우레탄을 직접주입공법으로 보수하였으나, 보수 후 발포우레탄을 포함한 누수가 다시 발생함.
- 또한, 신축이음 조인트 부위 누수로 인한 백화현상 및 페인트 박락이 발생하여, 유도배수공법을 적용하였으나 누수량이 많고 배수성이 확보되지 안하 접합부를 통하여 재누수 발생함.

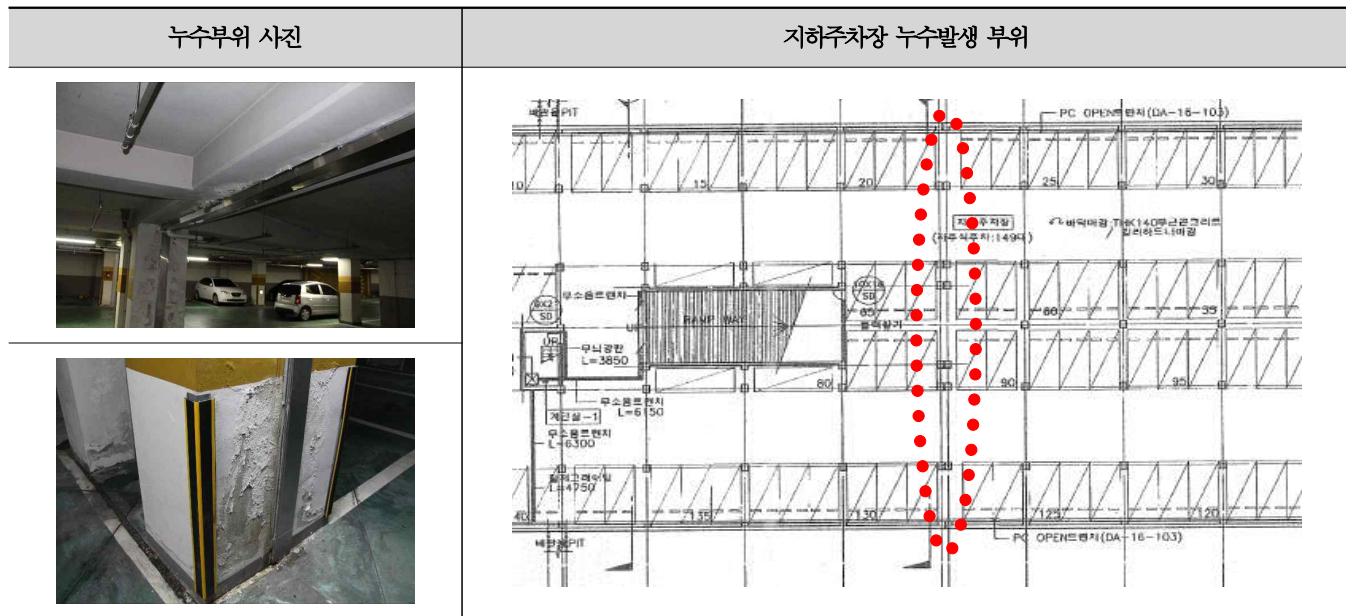


[그림 D-1] E/J 조인트 누수부위 및 유도배수공법 보수조치

3) 누수진단 결과(D단지)

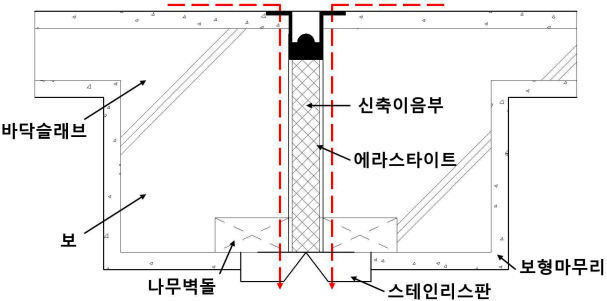
□ 부위명 : 신축이음부(Expansion Joint, E/J) 유도배수 누수

- (누수부위) E/J조인트 유도배수판과 주변에서 누수발생
- 누수부위 조치로 배수판, 수직유도관 추가설치 및 유도용 트렌치 설치, 바닥트렌치는 역구배로 채수상태



[그림 D-2] 보-슬래브 균열누수 및 보수 후 누수부위

- (누수원인) E/J 부위는 구조적으로 단락되어 간격을 두고 있으며, 이 부위를 통하여 지수 및 배수처리가 이루어짐.
- 한편 [그림 D-3]와 같이 E/J 부위에 지속적으로 많은 양은 누수가 발생하여 두꺼운 백화층을 형성하였으며,
- E/J 부위 상부 방수층의 연속성 확보 미비, 거동 및 진동에 의한 방수층 파단으로 수분이 유입되었고,
- 이 수분은 E/J 조인트 백업재를 통하여 내부 배수홈통으로 유입, 체수현상으로 유입수가 누출된 것으로 판단됨.

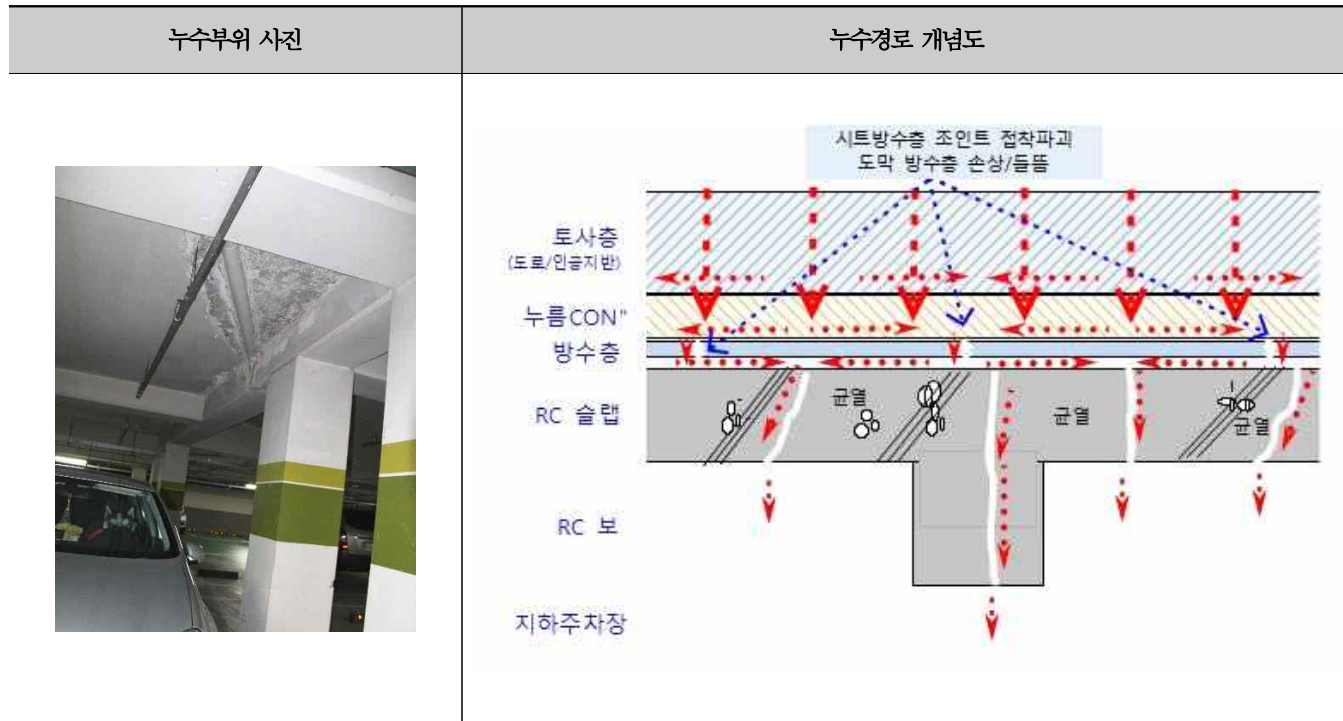
누수부위 사진		지하주차장 누수발생 부위
		

[그림 D-3] E/J 조인트 누수부위 및 누수경로 개념도

○ (누수부위) 보 길이방향에 균열누수가 발생하였으며, 상당량의 누수로 인한 백화현상까지 보임.

[그림 D-4] 보 주변 상부슬래브 누수부위 및 누수부위 도면

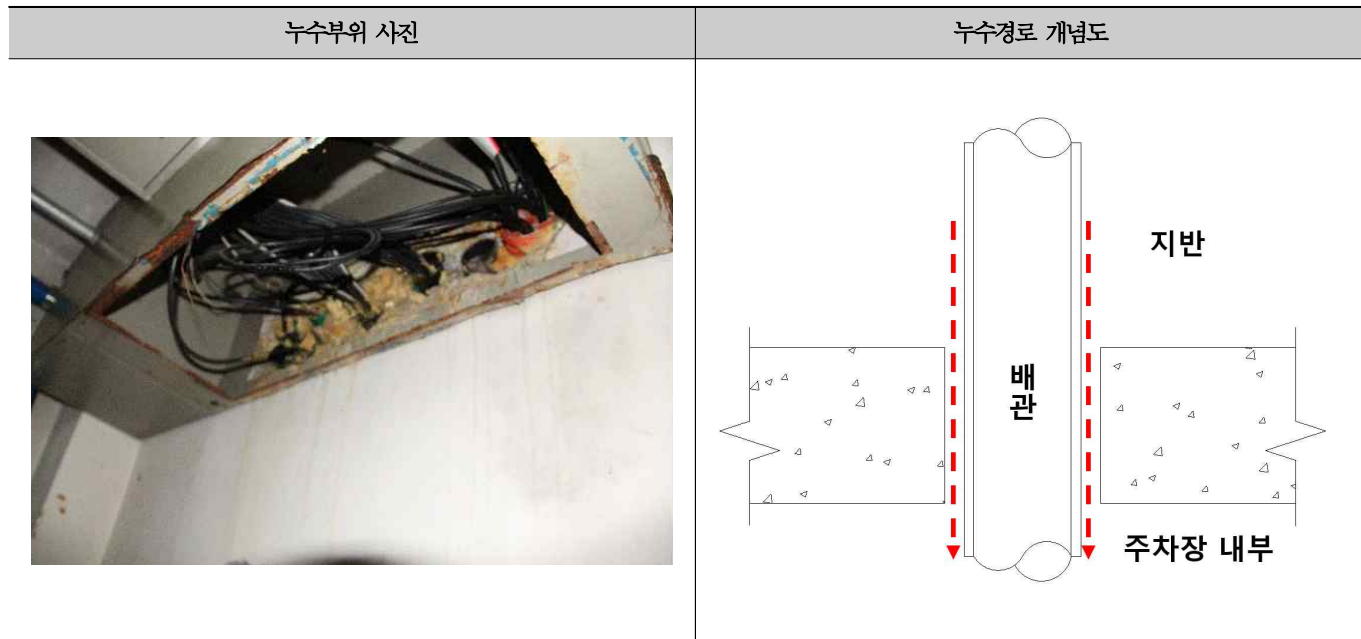
- (누수원인) RC 구조 슬래브 균열에서 누수는 손상된 방수층을 통하여 슬래브 상부로 유입된 수분이 슬래브/보의 균열을 통하여 수직 및 수평 이동하여 발생함.



[그림 D-5] 보 주변 상부슬래브 누수경로 개념도

□ 부위명 : 관통배관

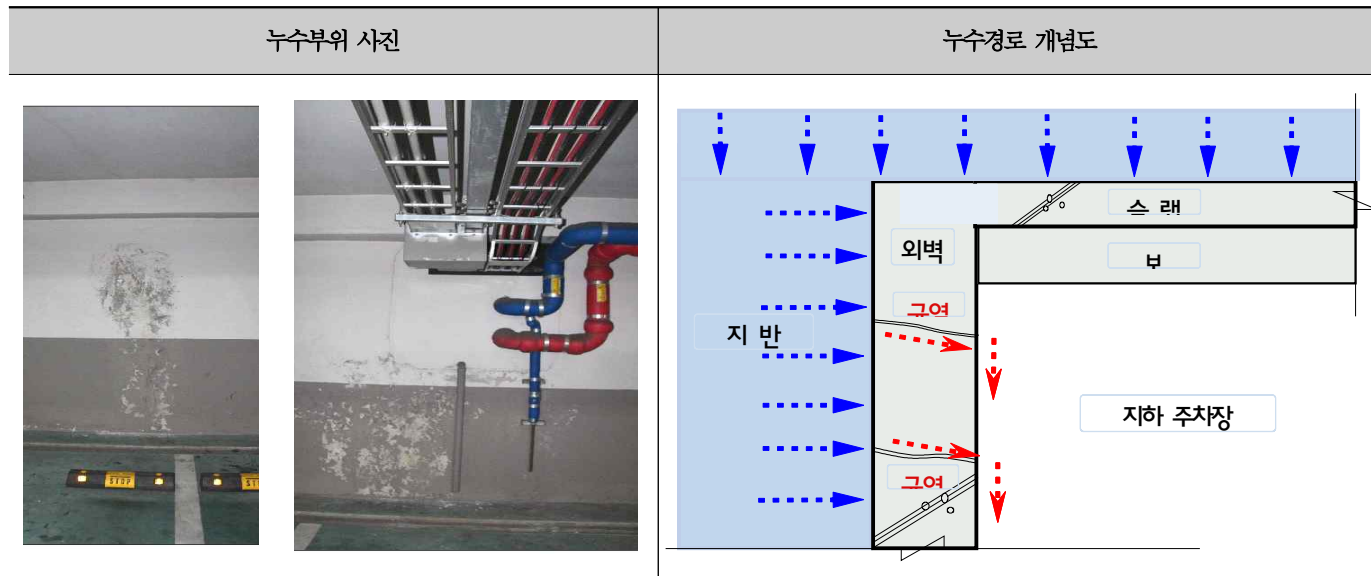
- (누수부위) 관통배관과 외벽의 조인트를 통하여 누수(발포성 우레탄으로 보수)
- (누수원인) 외벽 관통배관주변 조인트 실링처리 미비



[그림 D-6] 관통배관 누수부위 및 누수경로 개념도

□ 부위명 : 외벽누수(배관 관통부위)

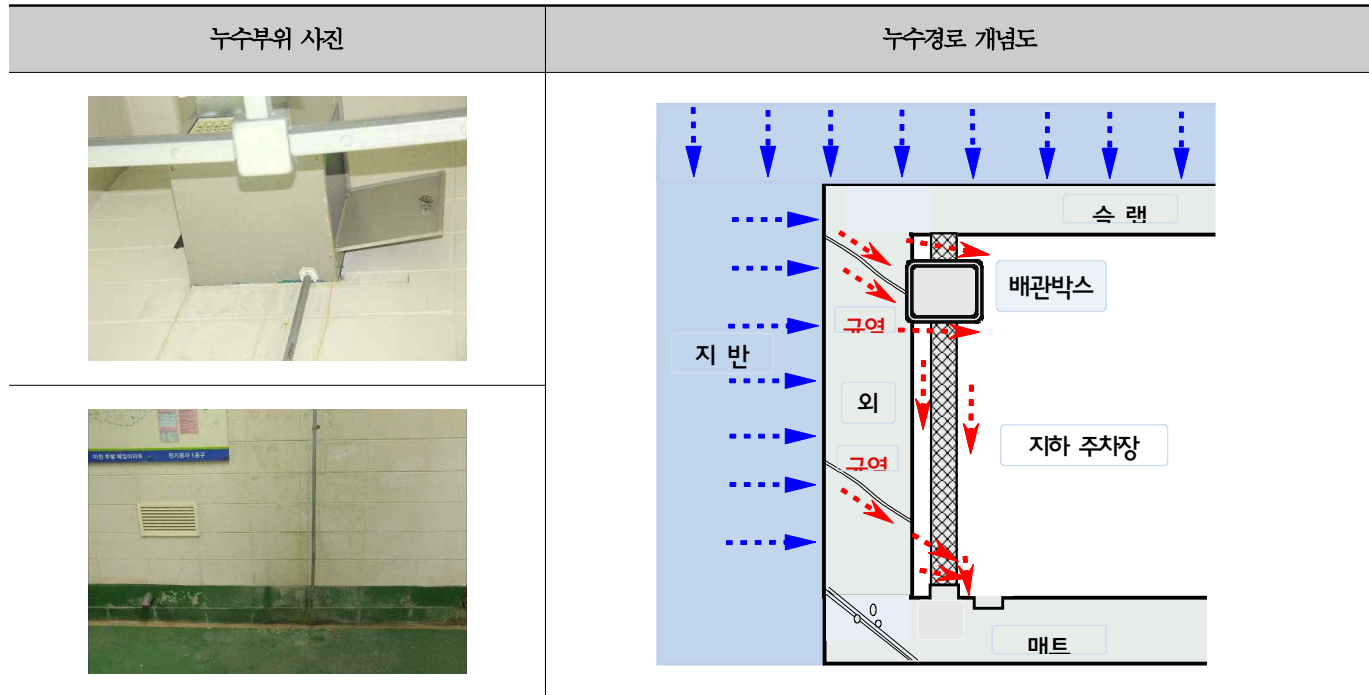
- (누수부위) 외벽 수직선 균열에서 누수발생
- (누수경로) 외벽 관통형 균열부를 통하여 지하수가 유입
- (누수원인) 외벽은 시멘트액체방수인 내방수공법이 적용되어 있으나, 콘크리트 벽체의 균열발생시 방수층의 균열추종성이 없으므로 바탕 콘크리트균열을 따라 방수층이 손상되어 누수가 발생함.



[그림 D-7] 외벽 및 관통배관 주변 외벽 균열누수 및 누수경로 개념도

□ 부위명 : 전기실 공간벽/저수조

- (누수경로) 벽체 상부에는 배관박스가 공간벽에 걸쳐있어 유출수가 공간벽을 타고 흘러내려 내부 미장 오염
- (누수원인) 외벽으로부터 공간벽으로 유입되는 유도수의 양이 과잉 유입, 2중벽사이를 범람하여 실내로 유입



[그림 D-8] 전기실 공간벽/저수조 누수부위 및 누수경로 개념도

5) 단지명 : E단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 E-1] E 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
E 단지	2011. 11.	약 1,500	내방수 (내벽/램프: 폴리머계 2종)	THK0.1 PE 비노출 우레탄 도막방수	없음

(2) 보수이력

- E단지의 누수는 전단지에 걸쳐 외벽누수가 10건으로 가장 많이 발생하였으며, 기둥주변 및 공동구-외벽조인트에서 각 2건과 1건 균열누수가 발생하였음.
- 외벽 균열누수에 보수재료인 발포우레탄을 직접주입공법으로 보수하였음.

(3) 누수진단 결과(E단지)

□ 부위명 : 외벽 보-기둥 연결부(공동연결부 주변)

- (누수부위) 외벽, 슬래브-기둥 및 기둥-보 연결부위에서 누수가 발생함.
- 누수부위 주변에 백화현상이 발생하였으며, 페인트 들뜸이 발생함.
- (누수원인) 외벽과 기둥 연결부에 관통 균열 발생함.
- 이 부위는 공간벽 처리가 적용되지 않으므로 유도배수 곤란, 누수시 그대로 배출됨.

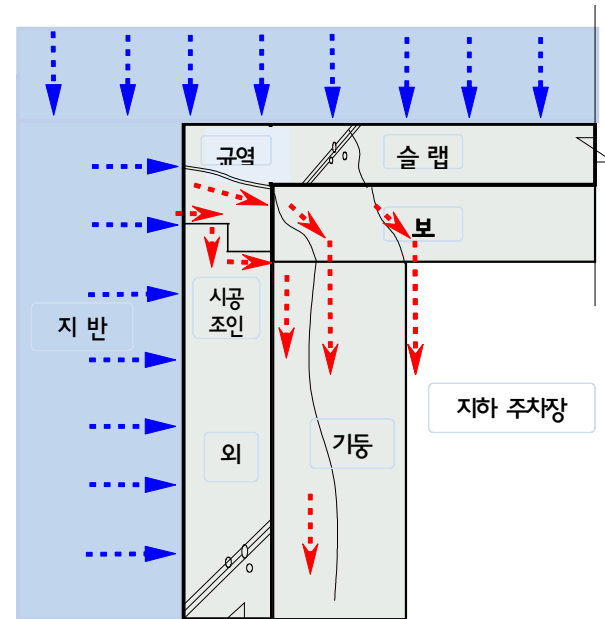
□ 부위명 : 공동구-외벽 조인트 누수

- (누수부위) 지하주차장 외벽과 공동구 조인트부위 누수
- 특히 공동구 바닥-외벽 연결에서 누수량이 많음
- (누수원인) 외벽과 공동구 바닥슬래브 조인트 연속성 확보 미비
- 지하주차장 외벽-공동구 조인트 주변 바닥 수분이 공동구 바닥슬래브 하부에서 벽체 조인트 방향으로 이동, 실내로 유입전기실 내부 벽체 및 슬래브-보 조인트 균열누수가 발생함.

누수
부위
및
누수
개념도



보-기둥 및 보-기둥-슬래브 연결부 누수 및 백화현상

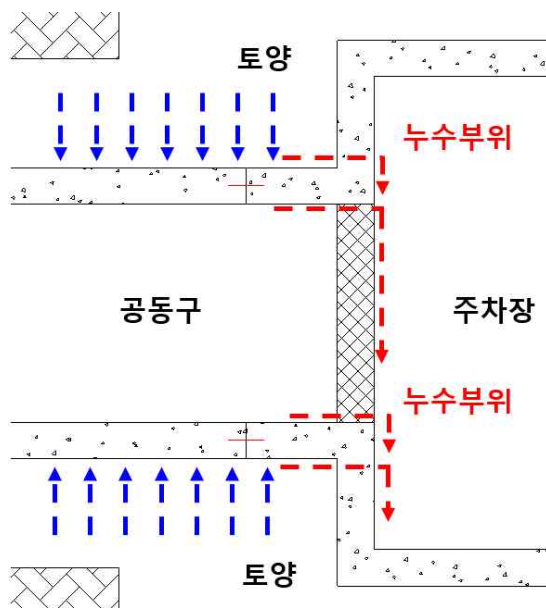


보-기둥-슬래브 연결부 누수경로 개념도

[그림 E-1] 전기실 내부 벽체 및 슬래브-보 조인트 균열누수



공동구-외벽 시공조인트 누수



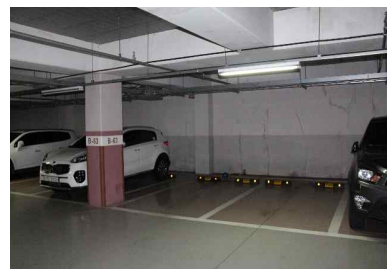
공동구-외벽 시공조인트 누수경로 개념도

[그림 E-2] 공동구-외벽 시공조인트 누수 및 누수경로 개념도

□ 부위명 : 벽체 균열누수

- (누수부위) 외부 토양에 접한 외벽에서 반복적인 수직균열 방향으로 누수, 백화현상이 심한 상황으로 볼 때 누수량이 많은 편임.
- 누수부위는 10여 개소 정도

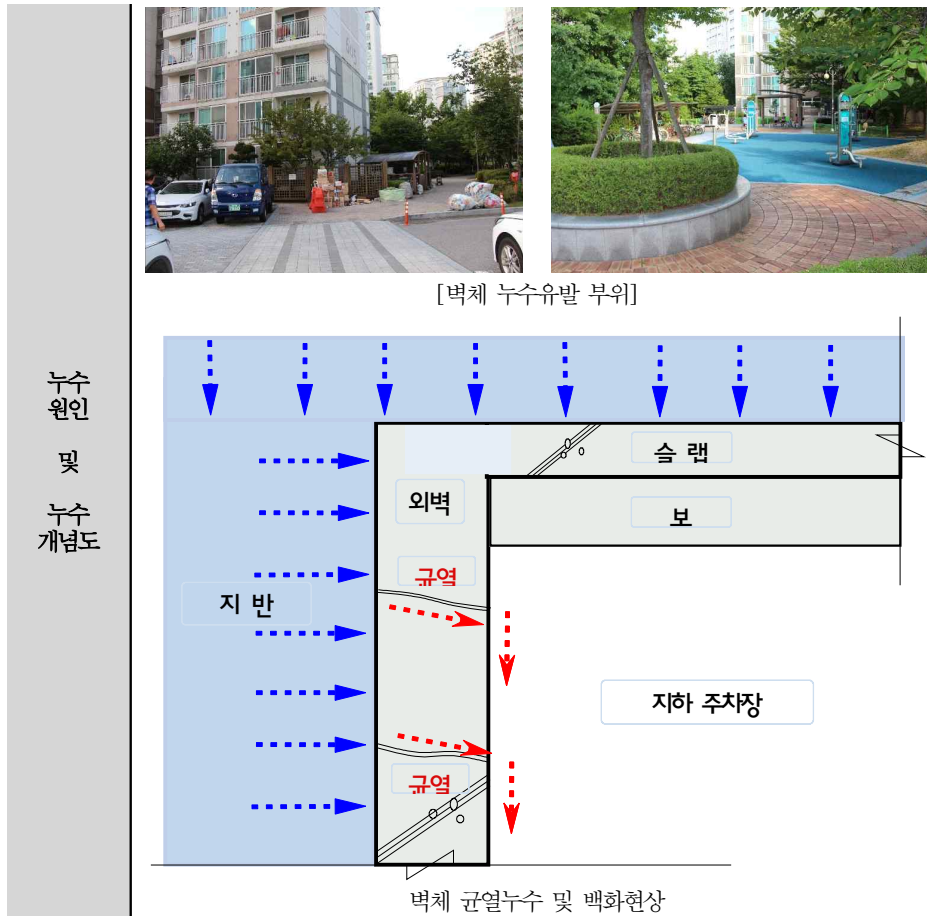
누수
원인
및
누수
개념도



벽체 균열누수 및 백화현상

[그림 E-3] 벽체 균열누수 및 백화현상

- (누수원인) 토양에 접한 외벽의 공간벽시공 미비, 연속균열은 철근 배근 문제로 추정됨
- 지상부위는 조경 및 보도공간으로 인하여 우수의 배수성이 저하되어 체수가능성이 높음
- (누수경로) 외벽 관통형 균열부를 통하여 지하수가 주차장 내부로 유입(내방수는 균열대응성이 없으므로 균열과 같은 형태로 파단, 누수허용)



[그림 E-4] 벽체 균열누수 유발 부위 및 누수경로 개념도

□ 부위명 : 계단실 내부벽 코너부(경사차로 인근)

- (누수부위) 계단 외벽 토양과 접해있는 부위에서 코너부 균열에서 누수 발생, 계단 3개소에 발생함.
- 기 보수 흔적, 발포우레탄을 사용, 보수재 누출 흔적, 재누수 발생
- 향후에도 지속적으로 재누수 가능성이 높음.



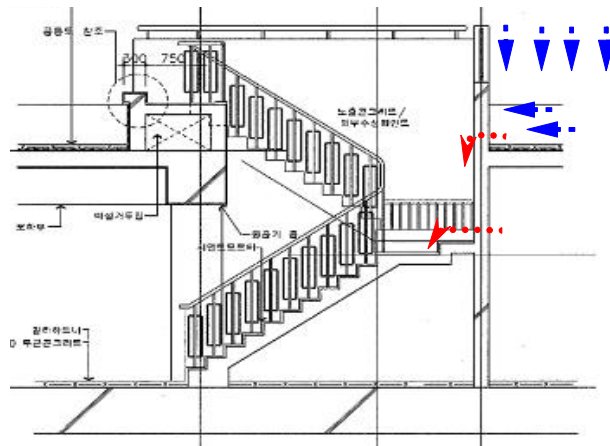
[그림 E-5] 계단실 내부벽 코너부 누수

- (누수원인) 계단 외벽 수직부위와 주차장 데크 수평슬래브의 연결 조인트부위에서 사공조인트 지수처리 미비
- 주차장 슬래브 방수재의 계단실 수직벽에서의 치켜올림처리 미비
- 주차장 상부 인공식재지반부위 배수처리 미비 등

누수
원인
및
누수
개념도



[계단실 내부 누수유발 부위]



[누수 개념도]

[그림 E-6] 경사차로 하부 누수유발부위 및 누수 개념도

□ 부위명 : 외벽 보-기둥 연결부(A, D, E동 주변)

- (누수부위) 토양에 접한 계단벽 상부 보(수평방향), 보-기둥 조인트에서 누수
- 발포우레탄을 주입하여 보수, 보수재 누출 오염 흔적
- 외벽과 기둥 연결부에 관통 균열, 또는 시공 조인트 발생
- 이 부위는 공간벽 처리가 적용되지 않아 유도배수 곤란, 누수시 그대로 배출

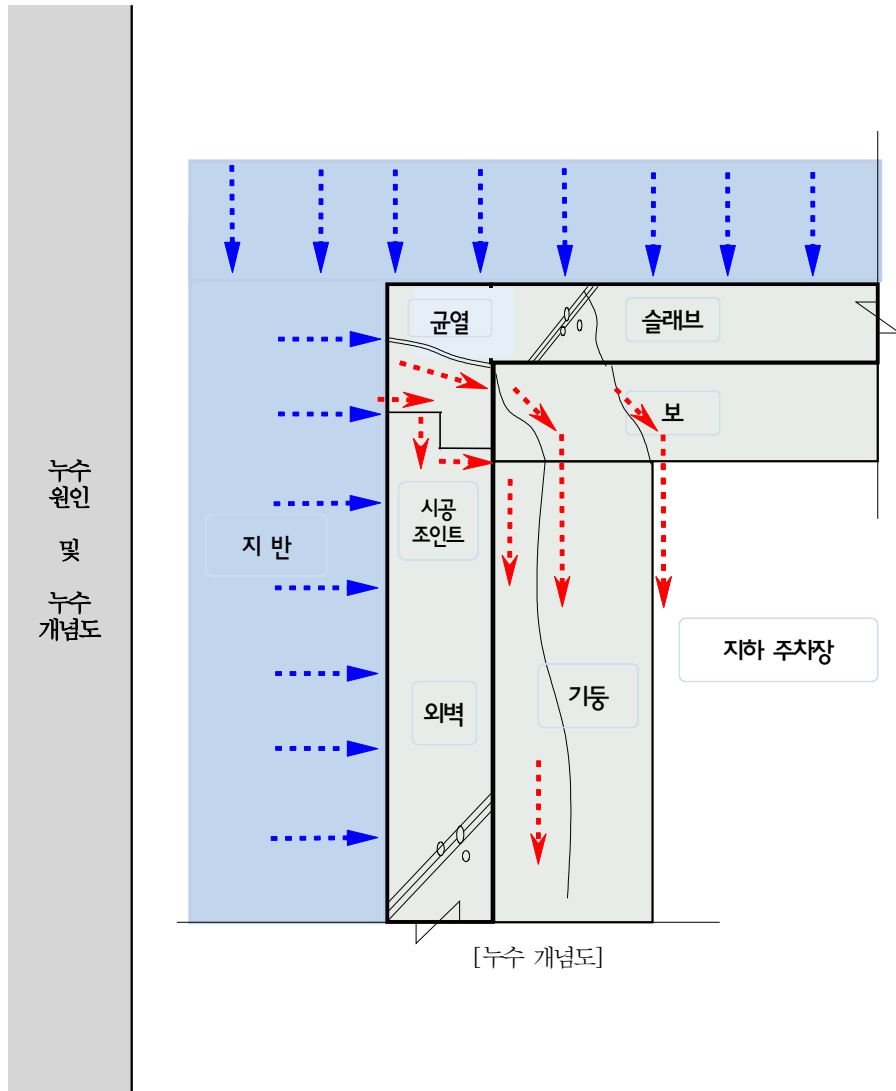
누수부위



외벽 보-기둥 연결부 균열누수

[그림 E-7] 계단실 내부버 코너부 누수

- (누수원인) 외벽 보-기둥 연결부는 공간벽 처리가 적용되지 않으므로 유도배수 곤란, 누수시 그대로 배출



[그림 E-8] 경사차로 하부 누수유발원인 및 누수 개념도

□ 부위명 : 주차 램프 하부

- (누수부위) 주차 램프 경사면에 관통형 균열발생, 램프 지붕과 진입부에서 우수가 램프 바닥-벽체 조인트 부위로 흘러내림
- 보수(직접주입 및 유도배수)에 의해서 누수는 멈추었으나, 재발 가능성이 높음

누
수
부
위



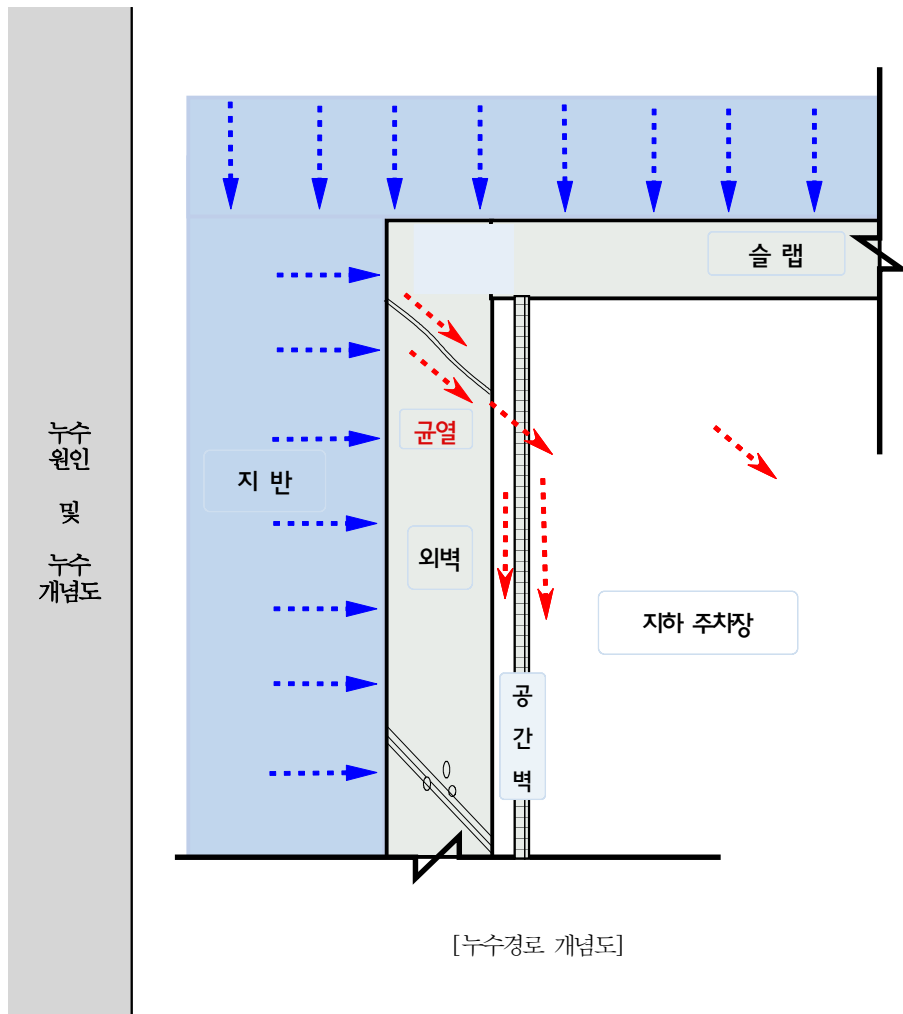
전기실 내부 벽체 균열누수



외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 균열누수

[그림 E-9] 주차 램프 하단 및 램프하단 연결부 균열누수

- (누수원인) 보-슬래브 조인트에서 누수발생, 기 보수공사 및 부분 마감, 발포우레탄을 사용 보수재 누출 흔적
- 램프 경사로 구조의 복잡성, 균열발생
- 상부 조경 및 진입부 주변, 배수처리 미비(토목배수), 주차장 진입 램프 트렌치, 지붕 및 바닥조인트 우수유입 등



[그림 E-10] 주차 램프 하단 누수원인 및 개념도

□ 부위명 : 전기실 장비 반입구 외벽 균열누수

○ (누수부위) 전기실 블록 2중벽 하부에서 유도수 방수턱 상부로 누출

누
수
부
위



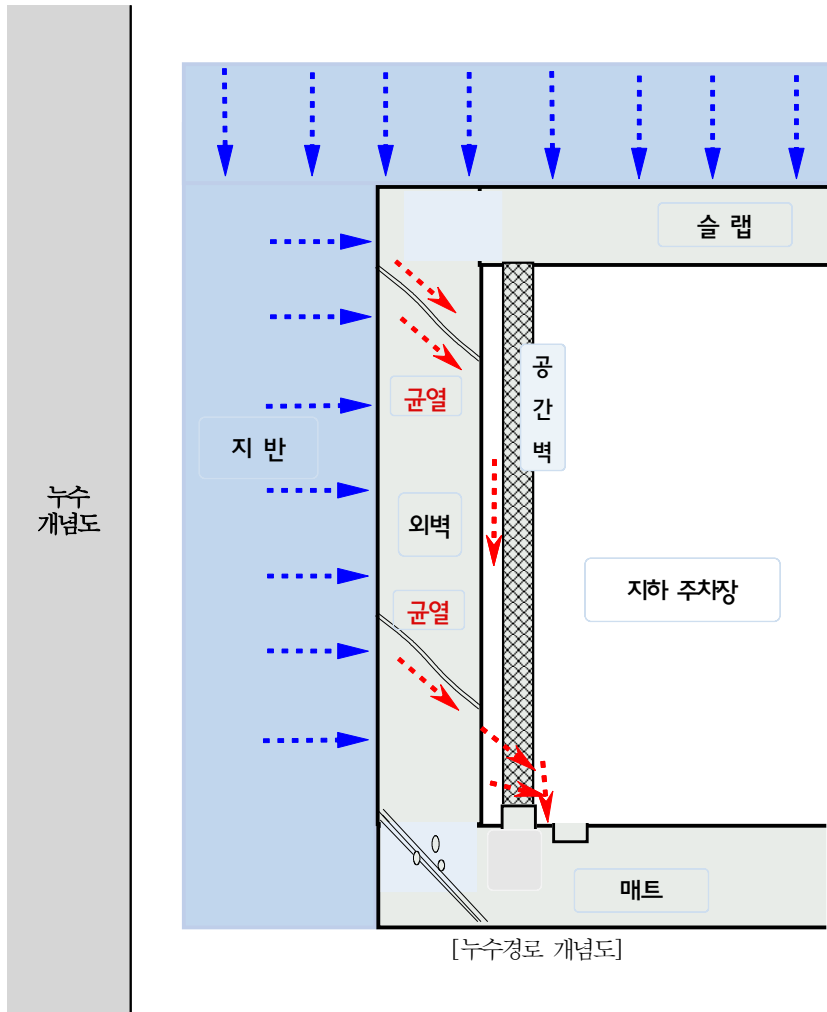
[전기실 장비 반입구 외벽 균열누수]



[전기실 장비 반입구 외벽 균열누수]

[그림 E-11] 전기실 및 장비 반입구 외벽 균열누수

- (누수원인) 오픈 트렌치 주변 바닥까지 유입수 범람, 누수량이 많은 것으로 판단됨
- 공간벽 내부 백화 및 오염물질 퇴적으로 누수수 범람



[그림 E-12] 전기실 장비 반입구 누수경로 개념도

6) 단지명 : F단지

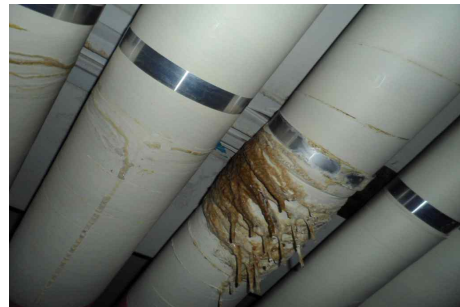
(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 F-1] F 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
F 단지	2011. 11.	약 2,300	내방수 (내벽/램프 : 폴리머계 2종)	THK0.1 P.E 비노출 우레탄 도막방수	없음

(2) 보수이력

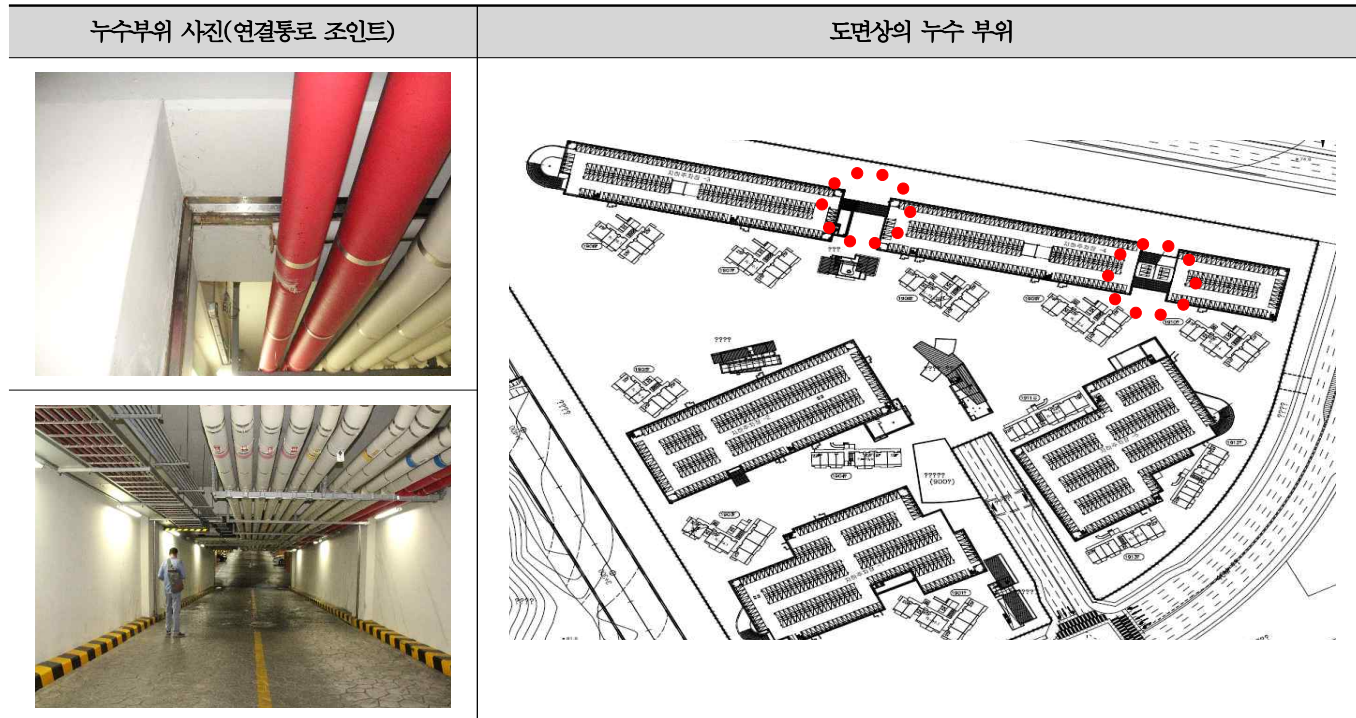
- F단지의 누수는 상부슬래브, 외벽 및 벽-슬래브 조인트에서 각 3건과 2건이 발생하였으며, 기둥주변, E/J 부위와 램프주변에서 각 2건, 3건과 5건이 발생함.
- 균열누수 보수를 위하여 보수재료인 발포우레탄을 직접주입공법을 적용하였음.
- E/J 부위의 이질재와 콘크리트 계면에 발포우레탄을 직접주입하여 보수하였으나, 발포우레탄을 포함한 누수가 다시 발생함.



[그림 F-1] E/J 부위 발포성우레탄 보수 후 재누수 발생

□ 부위명 : 지하주차장 연결램프 E/J 3개소

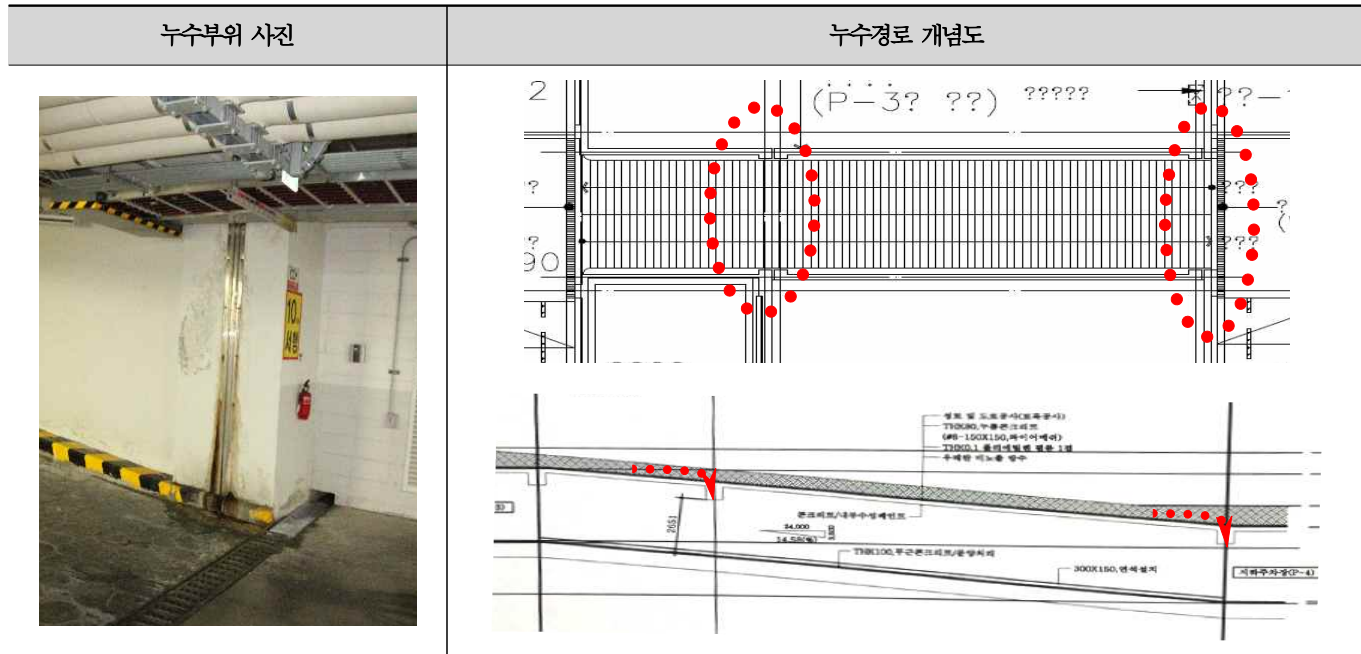
○ (평면적 위치의 누수부위) 누수부위는 주차장 연결램프 P3~P4 P4 내부 3개소 E/J에서 발생



[그림 F-2] 연결램프 E/J 누수부위 사진 및 도면상 누수발생 부위

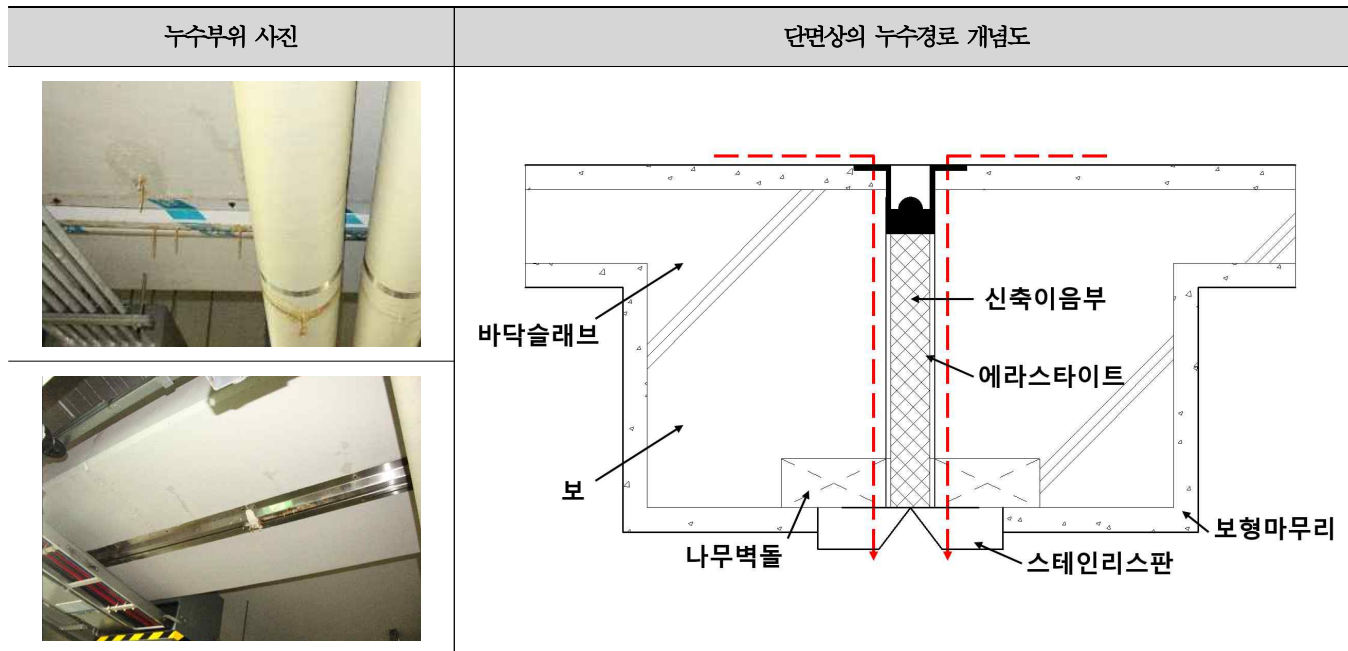
□ 부위명 : 지하주차장 연결램프 E/J 3개소

- (누수부위 I) E/J 부위는 구조적으로 단락되어 간격을 두고 있으며, 이 부위를 통하여 지수 및 배수처리
- 한편 사진 및 그림과 같은 부위(E/J)로 수분이 지속적으로 누출, 두꺼운 백화층이 형성될 정도로 누수



[그림 F-3] 상부 테크플레이트 슬래브 누수부위 및 누수경로 개념도

- (누수경로) 방수층을 통과한 수분은 E/J 조인트 백업재를 통하여 내부 배수흡통으로 유입, 배수흡통의 채수현상으로 유입수 누출
- (누수원인) E/J 부위 상부에 설치된 방수층의 연속성 확보 미비, 거동 및 진동에 의한 파단으로 수분 유입됨.



[그림 F-4] 누수부위 및 단면상의 누수경로 개념도

7) 단지명 : G단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 G-1] G 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
G 단지	2011.11	약 1,200	내방수 (내벽/램프: 폴리머계 2종)	THK0.1 PE 비노출 우레탄 도막방수	없음

(2) 보수이력

- G단지의 누수는 최상부 슬래브에서 발생한 누수가 23건으로 전체 누수 중 65.7%를 차지하며, 그 외 외벽누수와 계단실 내부벽 하부, 기계실 및 E/J에서 각 8건, 1건 및 3건이 발생함.
- 누수는 외벽방향 상부슬래브와 보-기둥 주변에서 주로 발생하였으며, 누수 부위는 발포우레탄을 사용한 직접주입공법으로 보수하였으나, 일부구간 다시 누수가 발생함(재누수율 30%정도).

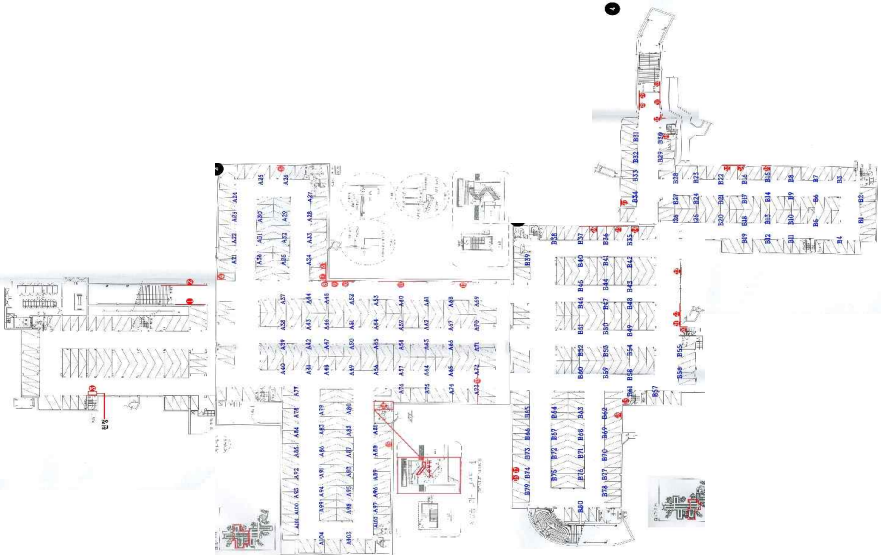


[그림 G-1] 지수부위 및 재누수 발생부위(발포성 우레탄)

(3) 부위명 : 지하주차장

□ 부위명 : 지하주차장 평면 위치(A)

○ (누수부위 1) 기 누수부위에 대한 평면상의 위치를 표기한 결과는 그림과 같음

누수발생 부위	도면상 누수발생 부위
○ 전체적으로 외벽 주변 슬래브와 벽체 보 등에서 누수발생 외벽에서도 하천이 흐르는 방향인 동쪽 외벽에서 누수발생 비율이 높음 ○ 외벽이 직각으로 만나는 코너부, 세대 인접부위 외벽에 누수발생 위치가 집중하는 경향이 있음 ○ 대부분의 누수부위는 보수조치를 완료하였으나, 재누수 부위가 지속적으로 발생하고 있음	

[그림 G-2] 누수발생부위 및 도면상 누수 발생부위

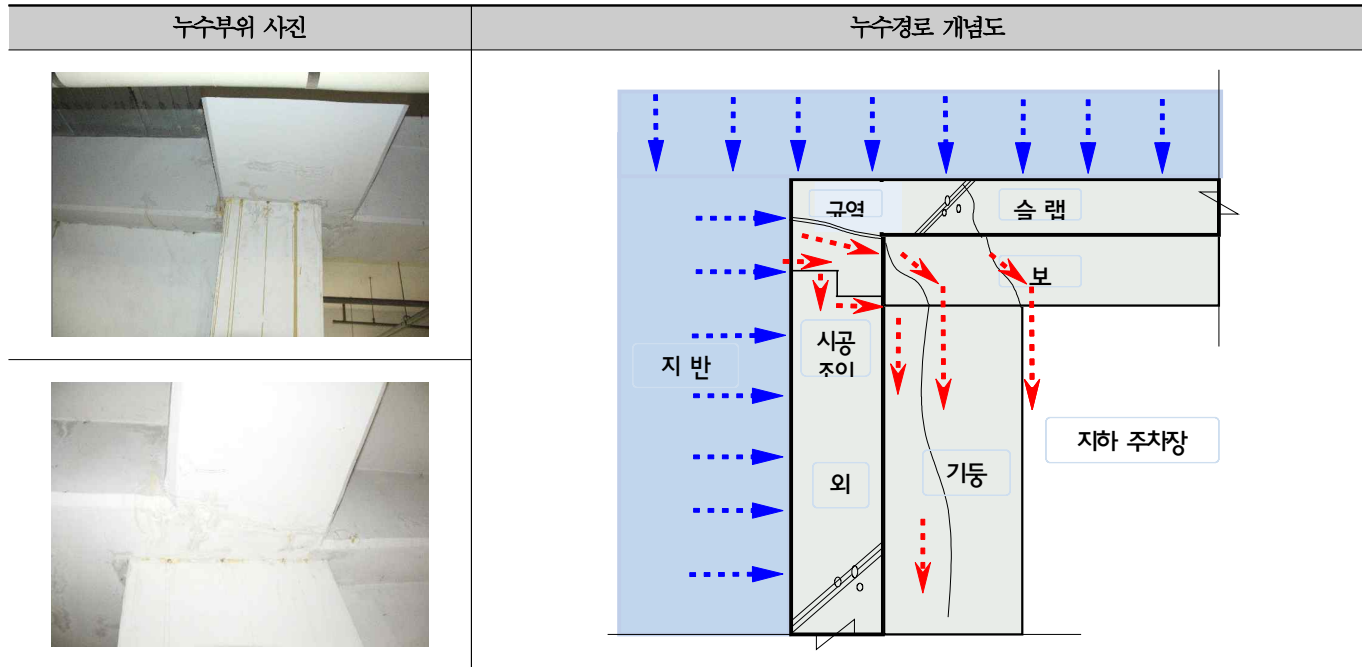
□ 부위명 : 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부

○ (누수부위) 구조체(외벽, 보, 부축벽)의 균열이나 시공조인트를 통하여 유입

누수부위 사진	누수 부위	
		
		

[그림 G-3] 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위

- (보수방안) 근본적 방안으로 조경부위의 토사를 굴착한 후 외부에서 면방수 시공이 필요함.
- 단 조경부위에 대한 굴착공사가 용이치 않을 경우 지하주차장 내부에서 누수부위(보, 기둥, 외벽 부재의 균열부위)를 중심으로 직접적인 균열보수공법을 적용하여 보수를 한 후 지수효과를 모니터링을 할 필요가 있음.



[그림 G-4] 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도

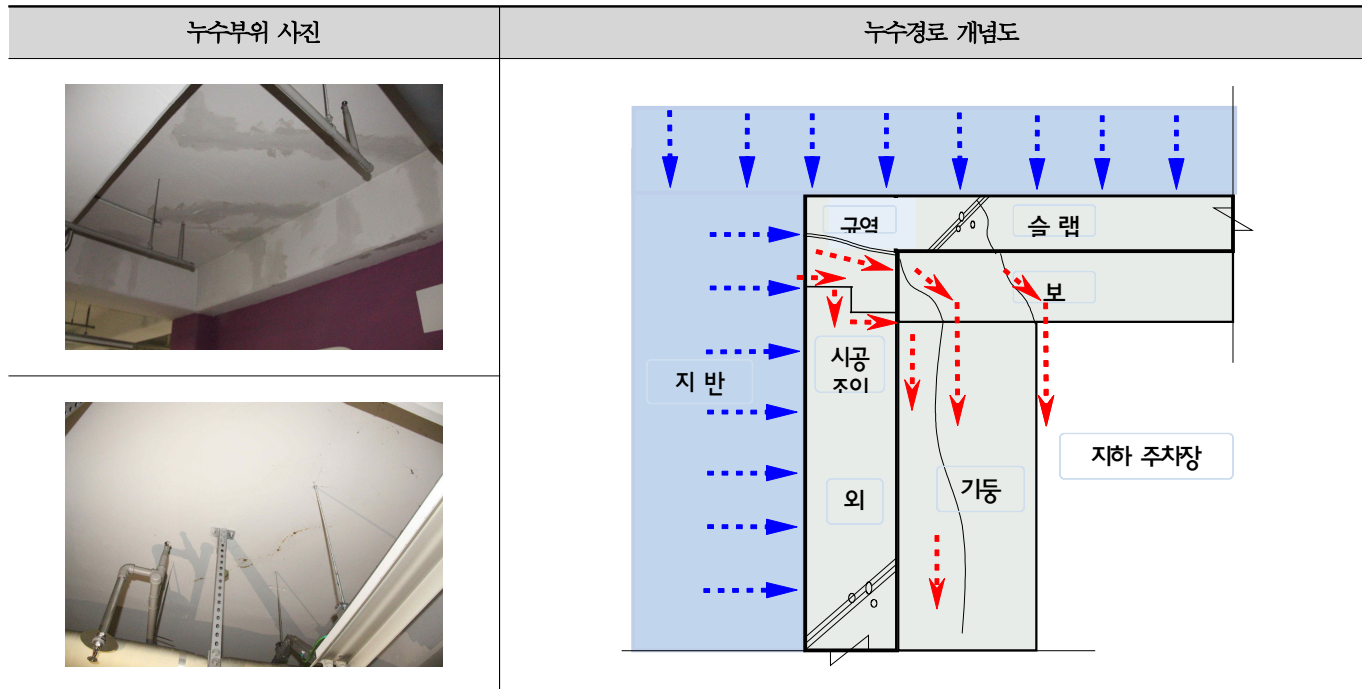
□ 부위명 : 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부(2)

○ (누수부위) 구조체(외벽, 보, 부축벽)의 균열이나 시공조인트를 통하여 유입



[그림 G-5] 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위

- (보수원인) RC 구조 보, 슬래브 균열 누수는 손상된 방수층을 통하여 슬래브 상부로 유입된 수분은 슬래브/보의 균열을 통하여 수직 이동하여 유출



[그림 G-6] 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 누수부위 및 누수경로 개념도

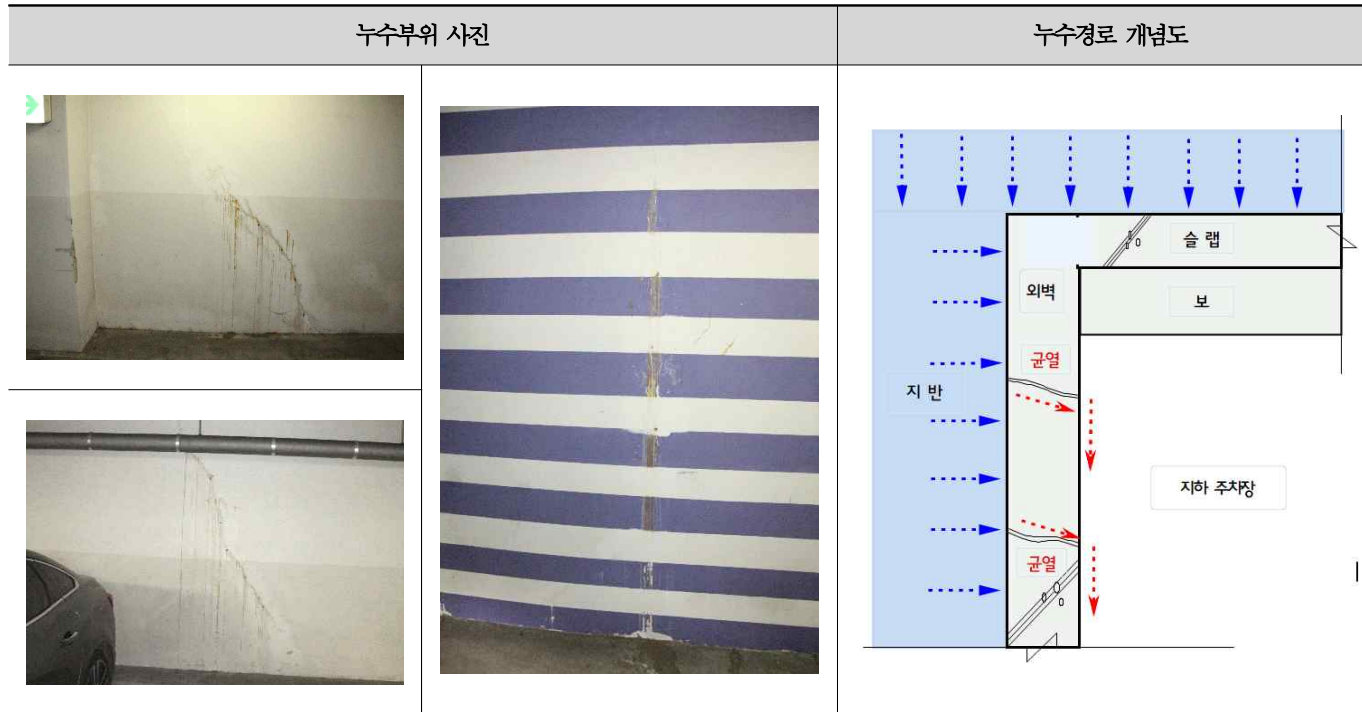
□ 부위명 : 외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부(램프연결구간)

- (누수부위) 외벽 수직선 또는 대각선 균열에서 누수발생
- 램프 연결구간 주변 외벽방향 슬래브-보-기둥 균열누수, 발포우레탄 주입보수 후 도장완료



[그림 G-7] 외벽방향 슬래브-보 연결부 누수부위(사인장 균열, 수직균열 및 누수발생)

- (보수경로) 외벽 관통형 균열부를 통하여 지하수가 유입
- (보수원인) 주차장장방향으로 내방수공법(시멘트액체방수 또는 폴리머계방수)이 적용되어 있으나, 콘크리트 벽체의 균열 발생 시 방수층의 균열추종성이 없으므로 비탄 콘크리트 균열을 따라 방수층이 손상되어 누수유발



[그림 G-8] 외벽방향 슬래브-보 연결부(램프연결구간) 누수부위 및 누수경로 개념도

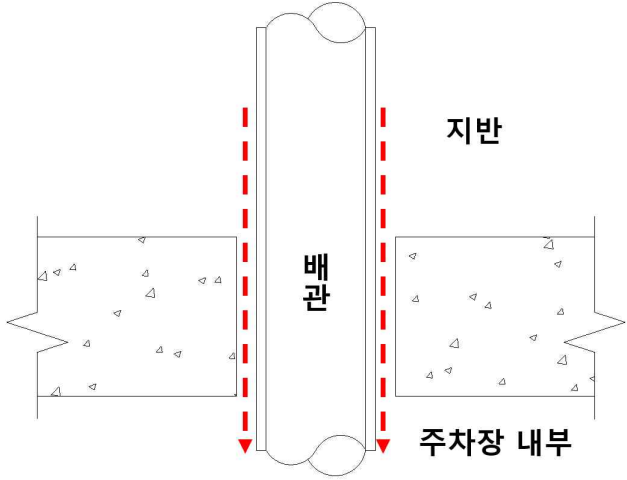
□ 부위명 : 외벽 관통배관 누수

- (누수부위) 기계실-2 외벽 관통배관 주변 누수
- 발포우레탄 보수재를 사용하여 직접주입공법으로 보수액 주입, 주입 후 배관 하부를 통해 재누수 발생함.



[그림 G-9] 외벽 관통배관 누수부위

- (보수경로) 관통배관과 외벽의 조인트를 통하여 누수
- (보수원인) 외벽 관통배관주변 조인트 실링처리 미비

누수부위 사진	누수경로 개념도
	

[그림 G-10] 외벽 관통배관 누수부위 및 누수경로 개념도

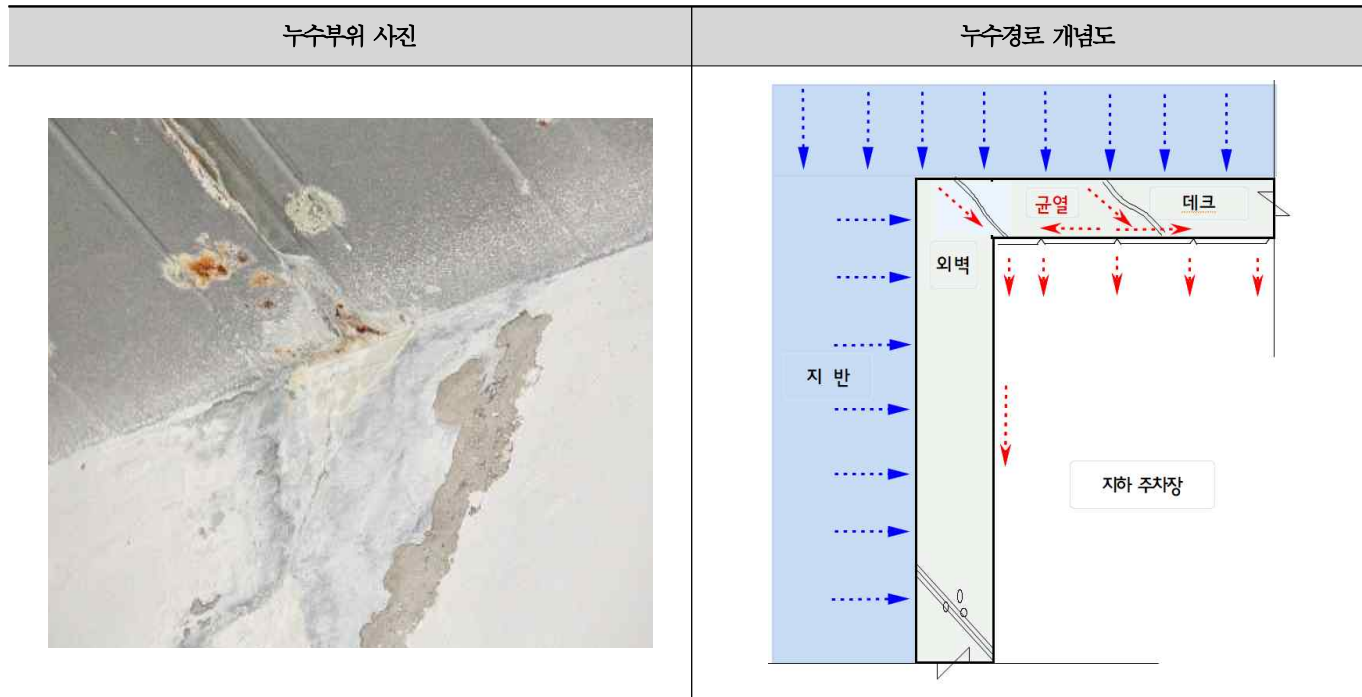
□ 부위명 : 데크플레이트 누수

- (누수부위) 외벽방향 데크슬래브-보 연결부, 데크플레이트 조인트, 보 중앙부 관통 균열누수
- 누수발생 후 보수조치를 취하지 않았으며, 데크플레이트 조인트 부위 누수로 인한 녹과 변색이 발생함.



[그림 G-11] 데크 플레이트 누수부위

- (누수원인) 상부 슬래브 균열을 통과한 누수수가 데크플레이트 내부에서 구배불량 등 유도배수 되지 못하고 체수하여 데크플레이트 접합부로 유출됨.



[그림 G-12] 데크 플레이트 누수부위 및 누수경로 개념도

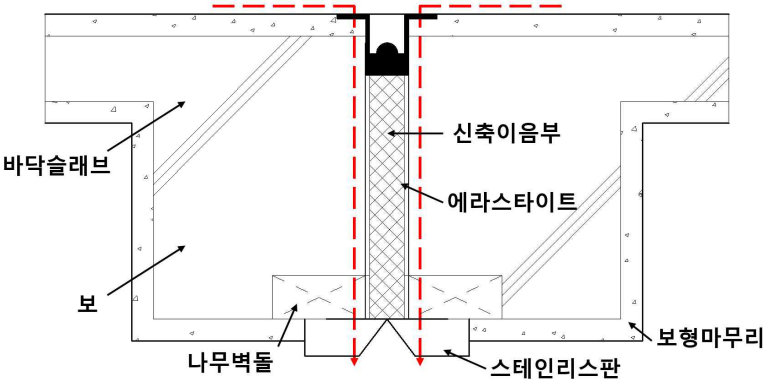
□ 부위명 : E/J 부위 누수

- (누수부위) E/J 조인트 전체를 수평홈통으로 유도배수 하였으나, 누수량이 설계 유도배수량보다 많아 보 표면으로 베어 나옴
- 유도배수용 홈통의 규격을 크게 할 필요가 있음.



[그림 G-13] 데크 플레이트 누수부위

- (누수원인) 배수홈통의 구배불량 및 배수 시스템 미비로 홈통 내 누수수 체수현상 발생.

누수부위 사진	누수경로 개념도
	

[그림 G-14] 데크 플레이트 누수부위 및 누수경로 개념도

8) H단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 H-1] H 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
H 단지	2015. 10.	약 2,200	액체방수 1차 4" 치장블럭	THK0.1 P.E 시트방수	에폭시 마감 배수관 70T 액체방수 2중

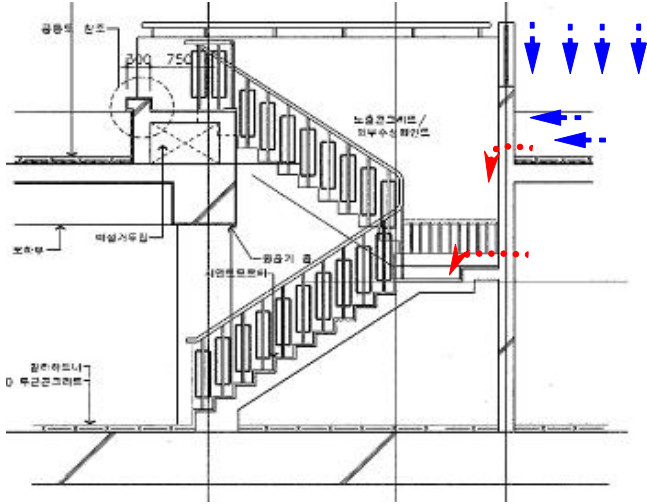
(2) 보수이력

- H단지의 누수는 상부슬래브(70건) 및 벽-슬래브 조인트(84건)에서 집중적으로 발생하였고, 계단실 내부벽 코너부에서 누수 3건이 발생함.
- 1차 보수로 발포우레탄을 사용한 직접주입공법을 적용하였으나, 재누수로 인하여 2차 보수로 아크릴젤 주입으로 지수효과를 확보하였음.



[그림 H-1] 발포우레탄 보수재 및 아크릴 보수재 보수 후 비교

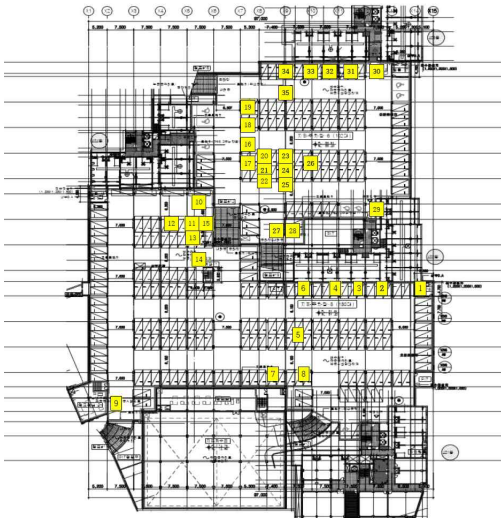
- (누수원인) 계단 외벽 수직부위와 주차장 데크 수평슬래브의 연결 조인트부위에서 시공조인트에 지수처리 미비
- 주차장 슬래브 방수재의 계단실 수직벽에서의 치켜올림처리 미비 및 상부 인공식재지반부위 배수처리 미비 등

누수부위 사진	누수경로 개념도
	

[그림 H-3] 계단실 내부벽 코너부 시공조인트 누수경로 개념도

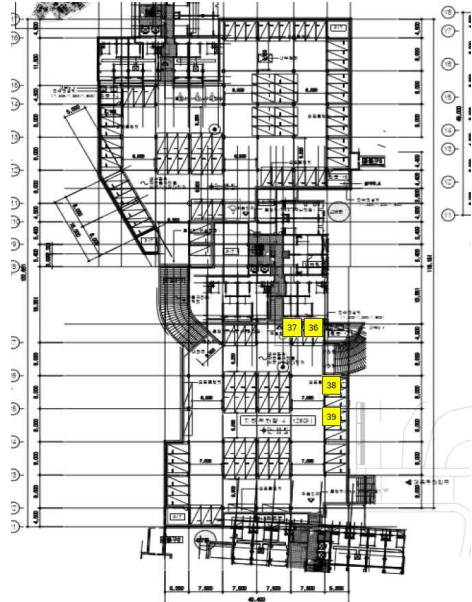
□ 부위명 : 보-슬래브(A, B, C)

- (누수부위, A) 기 누수부위가 154개소에 달하며, 2차에 걸친 보수공사 실시, 누수보수완료
- 1차 보수과정에서 주입된 발포우레탄이 다량 누출

누수부위 사진		지하주차장 누수발생 부위
		
		

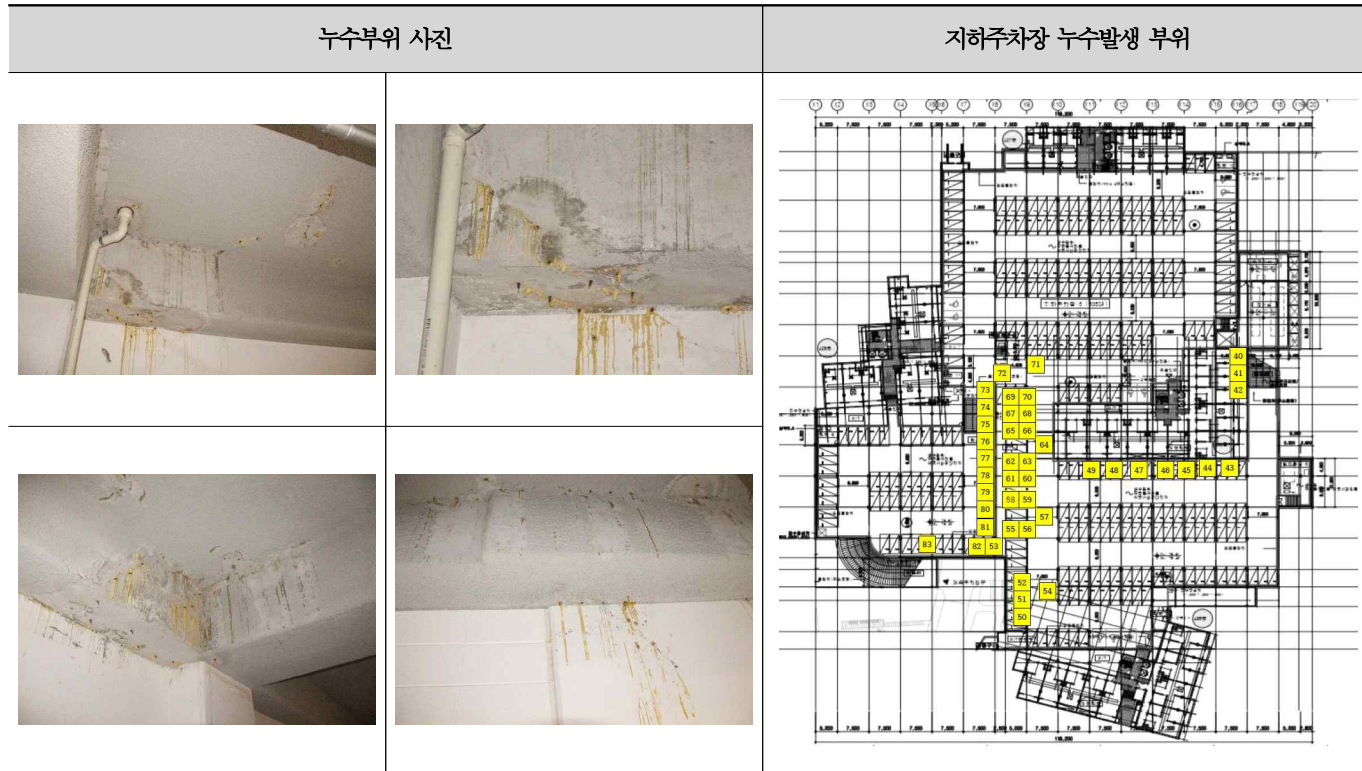
[그림 H-4] 보-슬래브 균열누수 및 보수 후 누수부위 A

- (누수부위, A) 보-외벽, 보-기둥 연결부에서 균열누수 발생 및 보수

누수부위 사진	지하주차장 누수발생 부위
	
	

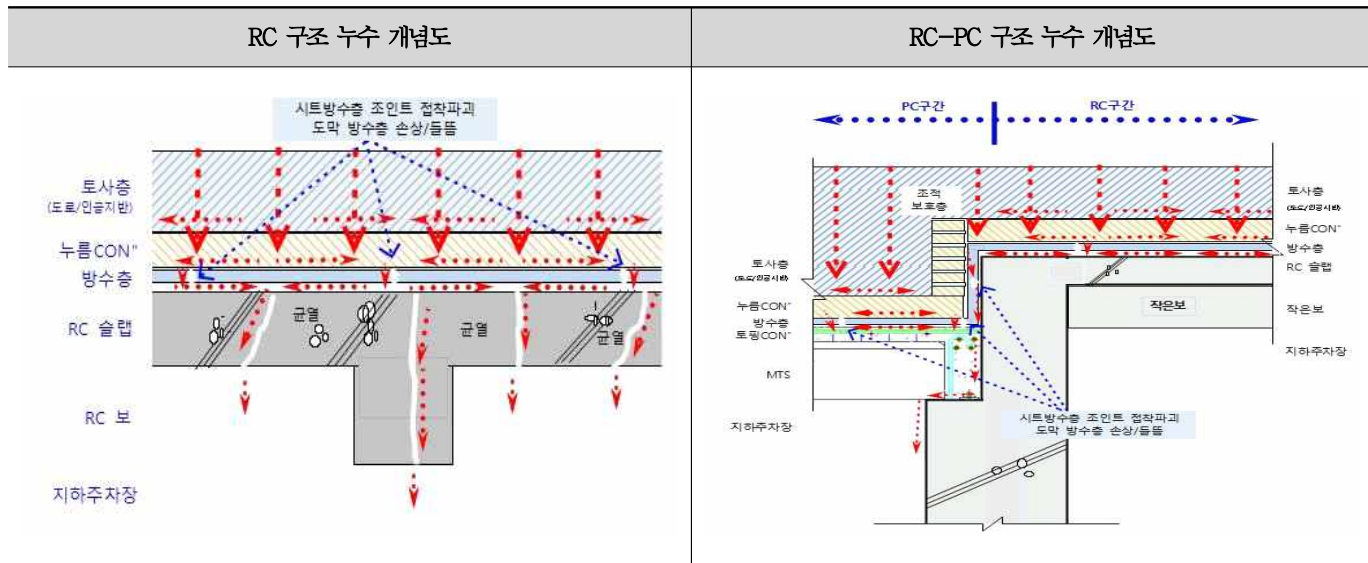
[그림 H-5] 보-슬래브 균열누수 및 보수 후 누수부위 B

- (누수부위, C) 보-외벽, 보-기둥 연결부에서 균열누수 발생 및 보수



[그림 H-6] 보-슬래브 균열누수 및 보수 후 누수부위 C

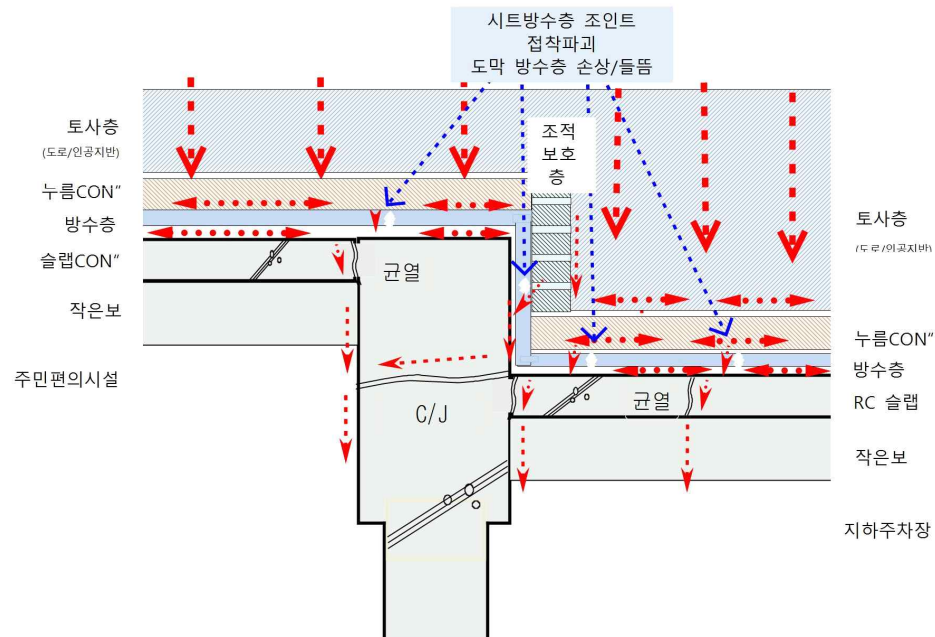
- (누수원인) 지하주차장은 복합구조로 되어있을 것으로 추정되므로, RC, RC-PC의 경우를 상정하여 누수 경로를 분석함
- RC 구조 보, 슬래브 균열에서 누수의 경우는 손상된 방수층을 통하여 슬래브 상부로 유입된 수분은 슬래브/보의 균열을 통하여 수직 이동하여 유출
- RC-PC 구조가 연결된 부위에서 PC보-슬래브 조인트에서 누수
- 즉 누수경로는 손상된 방수층(특히 수직부)을 통하여 PC슬래브 상부로 유입된 수분은 슬래브와 RC기둥 조인트를 통하여 수직 이동하여 PC슬래브 하단-큰보 조인트로 유출됨.



[그림 H-7] 구조별(RC구조, RC-PC구조) 누수 비교 개념도

- (누수원인) RC구조가 단차를 두고 연결된 부위 균열 등에서 누수
- 누수경로는 손상된 방수층을 통하여 슬래브상부로 유입된 수분은 수평이동하다면서 조인트, 균열을 통하여 유입

RC구조 단차부위 누수 개념도



[그림 H-8] RC구조 단차부위 누수 개념도

1) 단지명 : I단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 I-1] I 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
I 단지	2016. 05.	약 2,600	액체방수 1차 4" 치장블럭	THK0.1 PE 시트방수	에폭시 마감 배수관 70T 액체방수 2중

(2) 보수이력

- I단지의 누수는 관리사무소의 관리아래 총 70개의 보-기둥 일부 및 동피트, 연결공간, 램프 등 총 76건임.
- 보-기둥 연결부 및 램프하부 구조물에 누수 부위가 집중되어 있으나 그 중 일부에 보수재료인 발포우레탄을 직접주입공법으로 보수하였음.
- 지하주차장 슬래브의 경우 다수의 데크플레이트 유도배수가 적용됨.



[그림 I-1] I단지 보-기둥 및 램프하부 구조물 누수

(3) 누수진단 결과(I단지)

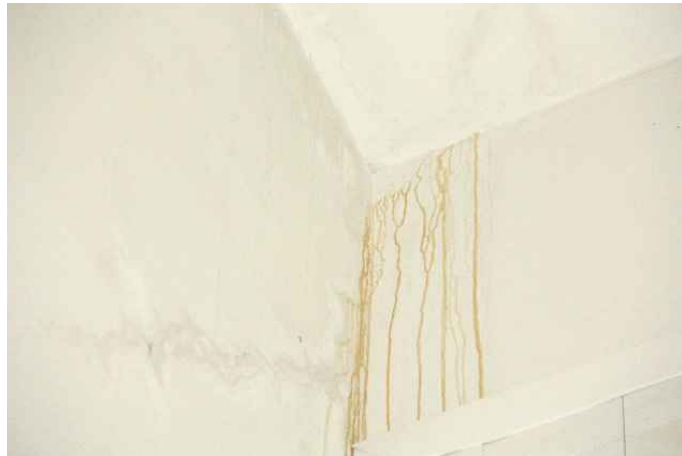
□ 부위명 : 벽체-슬래브 조인트 누수(A동 인근 전기실)

- (누수부위) 전기실 외벽상부-보-기둥-벽 조인트 부위, 외벽 균열부위에서 누수
- 플라스틱 공간벽이 설치되지 않은 벽체 상부-보-슬래브 조인트에서 누수,
- 플라스틱 공간벽이 설치된 부위에서도 내부로 누수, 누출량이 많은 편임

누
수
부
위



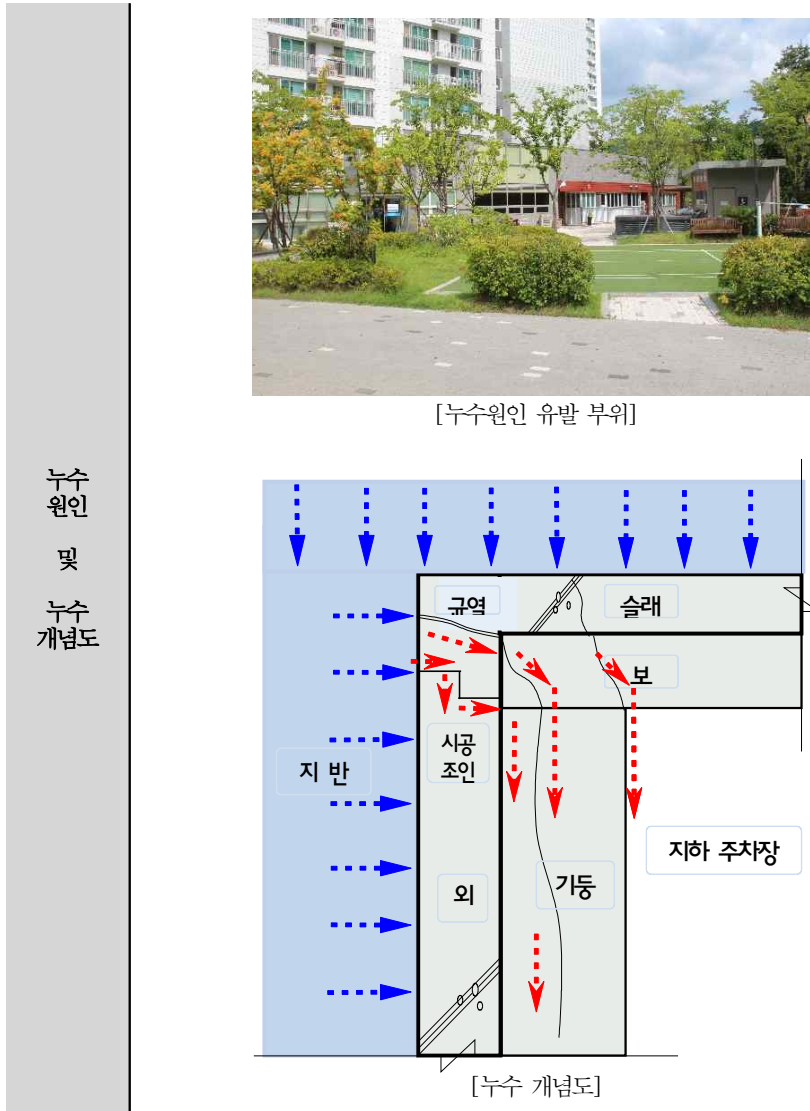
전기실 내부 벽체 균열누수



외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 균열누수

[그림 I-2] 전기실 내부 벽체 및 슬래브-보 조인트 균열누수

- (누수원인) 누수부위는 그림과 같이 구조체(외벽, 보, 부축벽)의 균열이나 시공 조인트를 통하여 유입
- 누수부의 상부는 보도, 배드민턴장, 조경식재부 등, 외부 화단 배수처리 미비(토목배수)



[그림 I-3] 동피트 천장 이질재간 조인트 누수

□ 부위명 : 계단실 내부벽 코너부(경사차로 인근)

- (누수부위) 계단 외벽 토양과 접해있는 부위에서 코너부 균열에서 누수 발생, 계단 3개소에 발생
- 기 보수 흔적, 발포우레탄을 사용, 보수재 누출 흔적, 재누수발생
- 향후에도 지속적으로 재누수 가능성이 높음

누수부위



계단실 내부벽 코너부 누수

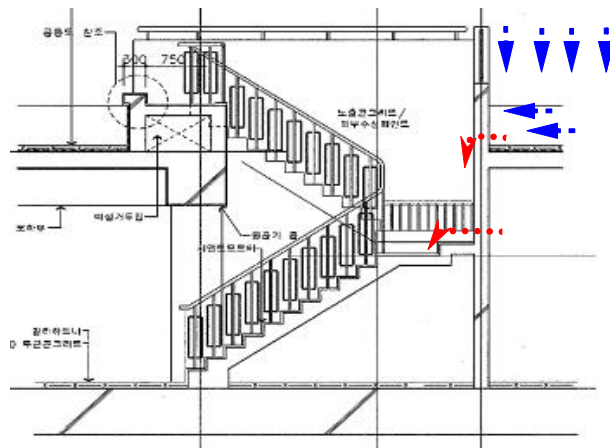
[그림 I-4] 계단실 내부벽 코너부 누수

- (누수원인) 계단 외벽 수직부위와 주차장 데크 수평슬래브의 연결 조인트부위에서 사공조인트 지수처리 미비
- 주차장 슬래브 방수재의 계단실 수직벽에서의 치켜올림처리 미비
- 주차장 상부 인공식재지반부위 배수처리 미비 등

누수
원인
및
누수
개념도



[계단실 내부 누수유발 부위]



[누수 개념도]

[그림 I-5] 경사차로 하부 누수유발부위 및 누수 개념도

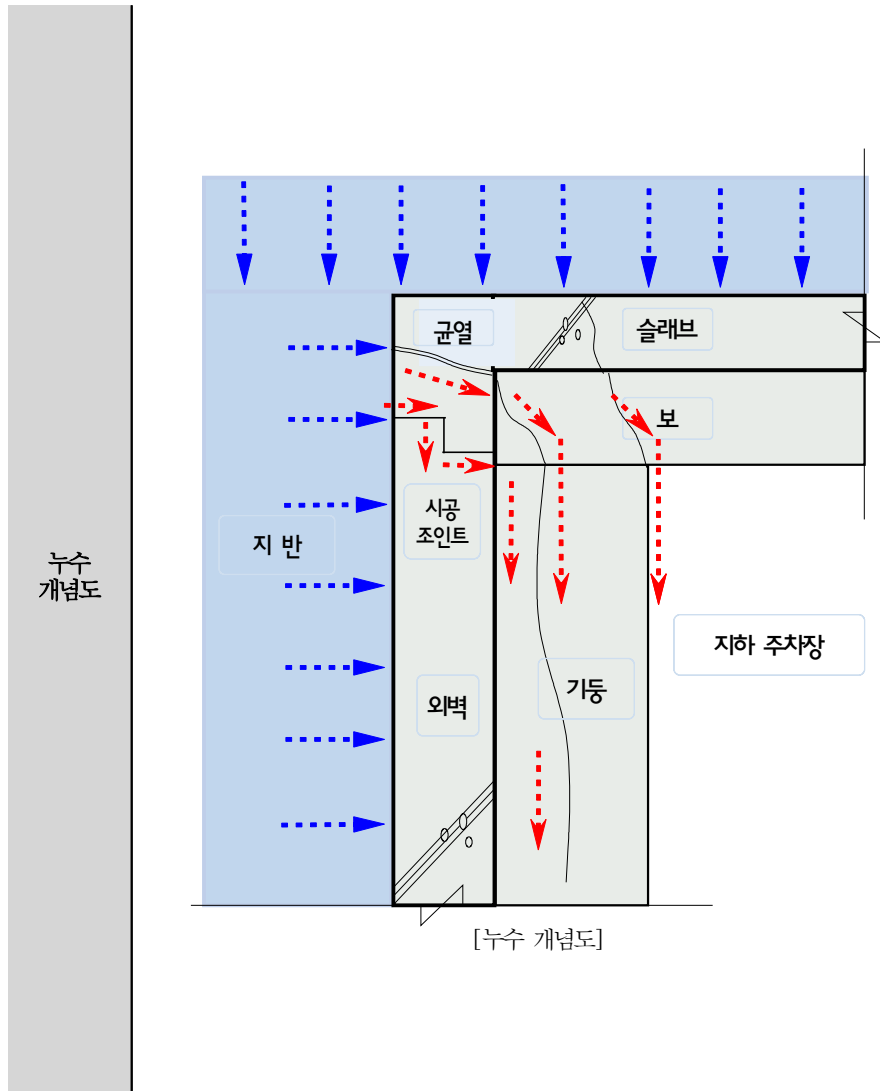
□ 부위명 : 외벽 보-기둥 연결부(A, D, E동 주변)

- (누수부위) 계단에 접한 외벽 상부 보(수평방향), 보-기둥 조인트에서 누수
- 발포우레탄을 주입하여 보수, 보수재 누출 오염 흔적
- 외벽과 기둥 연결부에 관통 균열, 또는 시공 조인트 발생
- 이 부위는 공간벽 처리가 적용되지 않아 유도배수 곤란, 누수시 그대로 배출



[그림 I-6] 외벽 보-기둥 연결부 균열누수

- (누수원인) 외벽 보-기둥 연결부는 공간벽 처리가 적용되지 않으므로 유도배수 곤란, 누수시 그대로 배출



[그림 I-7] 외벽 보-기둥 연결부 누수 개념도

□ 부위명 : 주차 램프 하부

- (누수부위) 주차 램프 경사면에 관통형 균열발생, 램프 지붕과 진입부에서 우수가 램프 바닥-벽체 조인트 부위로 흘러내림
- 보수(직접주입 및 유도배수)에 의해서 누수는 멈추었으나, 재발 가능성이 높음

누수부위



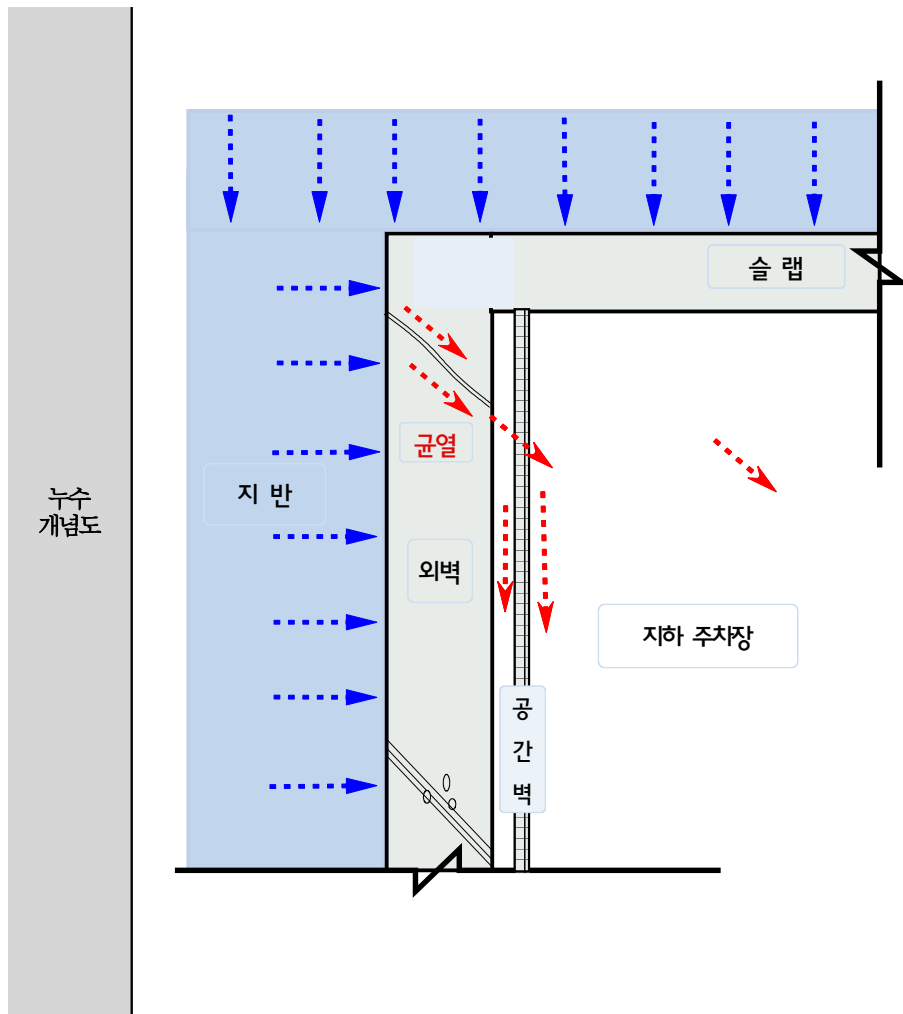
전기실 내부 벽체 균열누수



외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 균열누수

[그림 I-8] 주차 램프 하단 균열누수

- (누수원인) 보-슬래브 조인트에서 누수발생, 기 보수공사 및 부분 마감, 발포우레탄을 사용 보수재 누출 흔적
- 램프 경사로 구조의 복잡성, 균열발생
- 상부 조경 및 진입부 주변, 배수처리 미비(토목배수), 주차장 진입 램프 트렌치, 지붕 및 바닥조인트 우수유입 등



[그림 I-9] 보-슬래브 조인트 누수경로 개념도

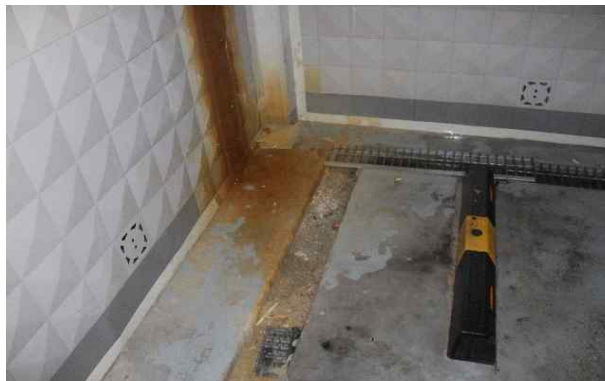
□ 부위명 : 공간벽 관통부위 누수

- (누수부위) 외벽으로부터 공간벽으로 유입되는 유도수의 양이 과잉 유입, 2중 벽사이를 범람하여 실내로 유입
- 유입수에는 토양성분이 포함되어 적황색을 띄고 있으며, 유로계통이 오염되어 있음
- 인접부위에는 상부슬래브의 수직배관에서 유출수를 유도하는 수평배관이 통과하고 있음

누수부위



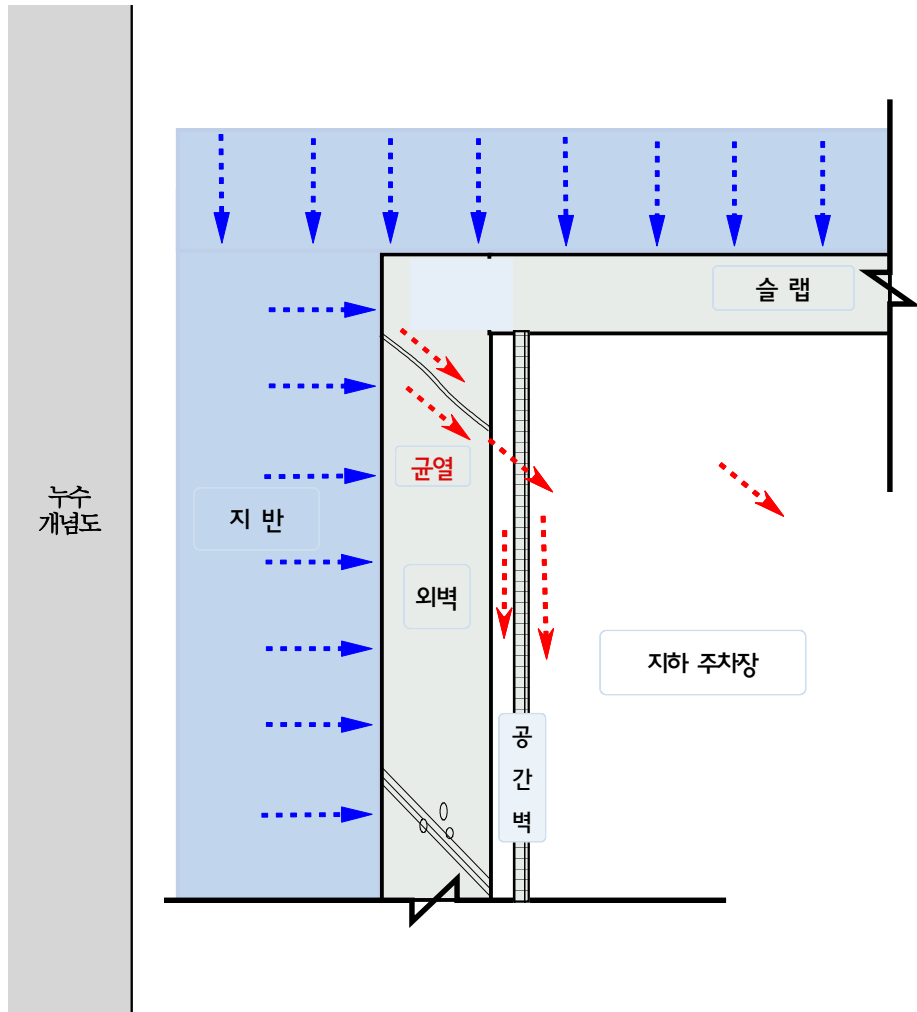
공간벽 관통부위 누수



외벽방향 슬래브-보-기둥 연결부 균열누수

[그림 I-10] 공간벽 관통배관 누수

- (누수원인) 유도용 외벽관통배관의 관경확대, 개수 증대를 통하여 유도배수 효율을 증대
- 상부슬래브 유도용 인접 수평배관으로 배수관 연계방법이 가장 적절할 것으로 판단됨



[그림 I-11] 공간벽 관통배관 누수경로 개념도

10) 단지명 : J단지

(1) 단지개요 및 적용방수공법

[표 J-1] J 단지 개요 및 적용방수공법

단지명	단지개요		적용방수공법		
	준공년도	세대수	외벽	상부슬래브	바닥슬래브
J 단지	2017. 07.	약 2,400	액체방수 1차 4" 치장블럭	THK0.1 PE 시트방수	에폭시 마감 배수관 70T 액체방수 2중

(2) 보수이력

- J단지의 보수는 아래 [그림 J-1]과 같이 램프 하단 부의 보-기둥, 단면형상이 변하는 곳에 발포우레탄 보수재를 직접주입공법을 통해 보수하였음.
- 발포성우레탄 직접주입공법 후 누수수 내부균열 및 공극을 통해 이동 후 재누수 발생함.



[그림 J-1] J단지 보 누수 보수사례

(3) 누수진단 결과(J단지)

□ 부위명 : 동피트(A동)

- (누수부위) 동피트 세대 베란다 하부, 인공식재지반 연결부위, 시멘트 벽돌 마감 부위
- 동피트벽체와 시멘트벽돌 칸막이 조인트 부위에서 누수

누
수
부
위



[동피트 상부 누수지점]



[동피트 내 누수수 고임]

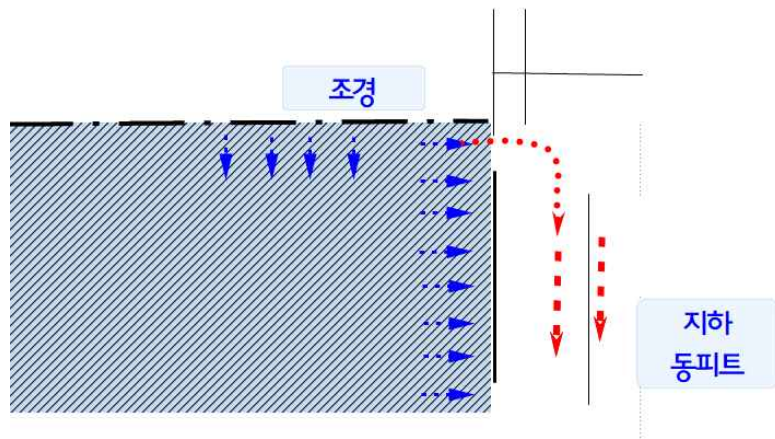
[그림 J-2] 동피트 천장 이질재간 조인트 누수

- (누수원인) 동피트벽체와 시멘트벽돌 칸막이 조인트 부위에서 방수층 차켜올림 미비
- 외부 화단 배수처리 미비(토목배수)

누수
원인
및
누수
개념도



[누수원인 유발 부위]



[누수 개념도]

[그림 J-3] 동피트 천장 및 벽체 누수원인 및 누수 개념도

□ 부위명 : 외벽 보-기둥 연결부(D동 주변 Y004지점)

- (누수부위) 외부 토양에 접한 외벽 보-기둥 조인트에서 누수
- 일부 보의 곰보와 같은 결함부위에서도 누수

누
수
부
위



[보-기둥 조인트 누수]

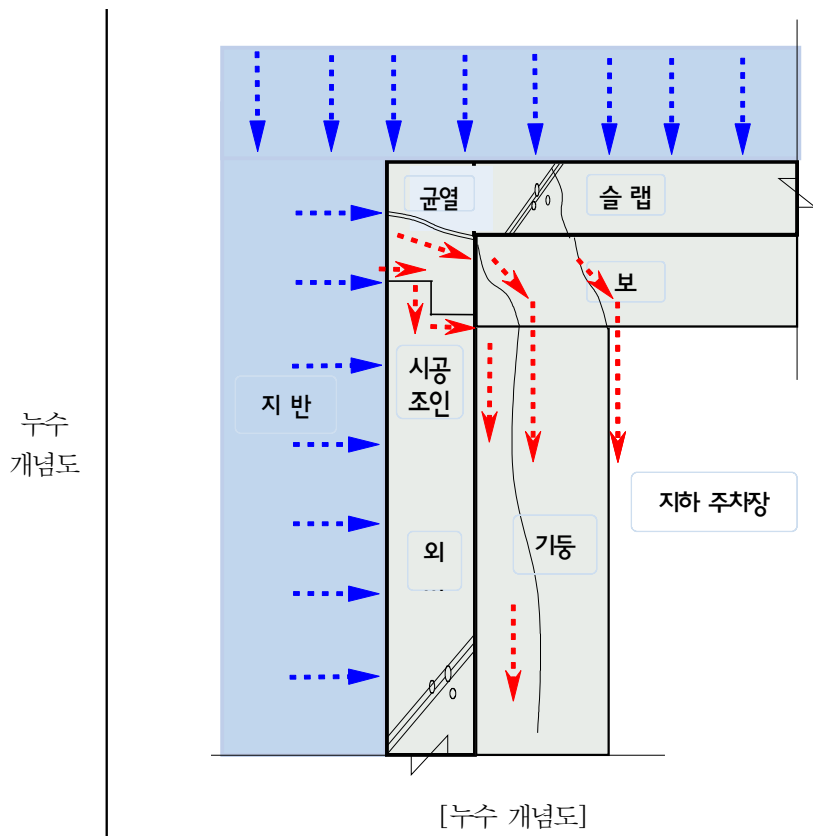


[보-기둥 조인트 누수 확대]

[그림 J-4] 외벽 보-기둥 조인트 누수

□ 부위명 : 동피트(A동)

- (누수부위) 외벽, 보, 부축벽 등 구조체에 관통균열 및 시공조인트 발생
 - (누수원인) 공간벽 처리가 적용되지 않으므로 유도배수 곤란, 누수시 그대로 배출.
 - 보수에 있어서는 근본적인 방안으로는 조경부위의 토사를 굴착한 후 외부에서 면방수를 하는 것이 완벽한 방안이라고 판단됨.
- * 단, 토사굴착이 용이치 않을 경우, 직접주입공법을 적용 후 지수효과를 모니터링 할 필요가 있음.



[그림 J-5] 외벽 보-기둥 조인트 누수개념도

□ 부위명 : 경사차로 하부 (E~F동 인근)

- (누수부위) 경사차로 하부, 슬래브 단차부위, 보가 복잡하게 연결되어있는 부위에서 누수발생
- 보-슬래브 조인트에서 누수발생, 기 보수공사 및 부분 마감, 발포우레탄을 사용 보수재 누출 흔적
- 보수에 의해서 누수는 멈추었으나, 재발가능성이 높음

누
수
부
위



[경사차로 하부 보간 교차로 인한 복잡한 단면형상]



[경사차로 하부 보간 교차로 인한 복잡한 단면형상]

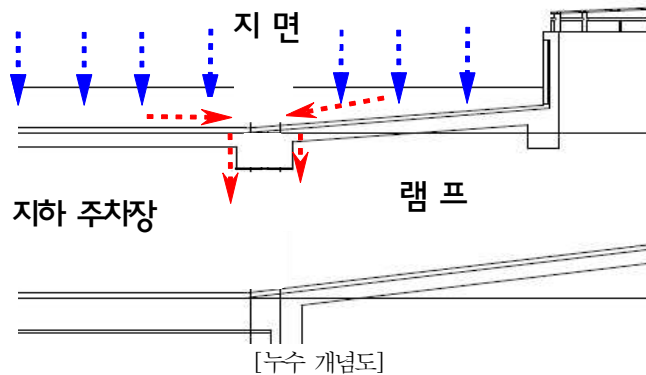
[그림 J-6] 경사차로 하부 누수

- (누수원인) 경사차로 하부의 구조의 복잡성, 경사로 끝 부분에서의 방수층 연속성 확보 곤란, 복잡한 골조의 균열발생
- 상부 조경 및 보차도, 배수처리 미비(토목배수), 주차장 진입 램프 트렌치, 지붕 및 바닥조인트 우수유입 등

누수
원인
및
누수
개념도



[경사로 끝 부분 누수유발 부위]



[그림 J-7] 경사차로 하부 누수유발부위 및 누수 개념도

□ 부위명 : 계단실 내부벽 코너부(경사차로 인근)

- (누수부위) 계단 외벽 토양과 접해있는 부위에서 코너부 균열에서 누수 발생, 계단 3개소에 발생
- 기 보수 흔적, 발포우레탄을 사용, 보수재 누출 흔적, 재누수발생
- 향후에도 지속적으로 재누수 가능성이 높음.



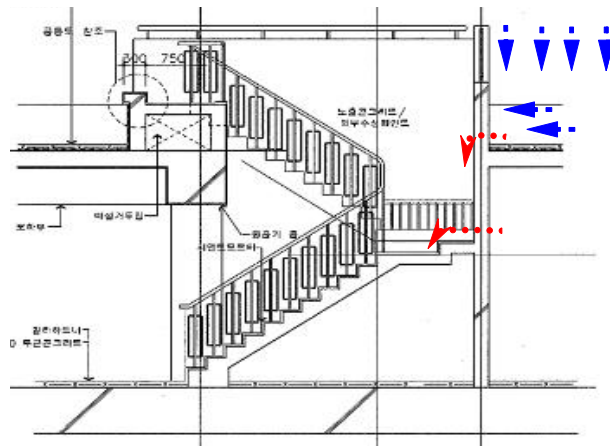
[그림 J-8] 계단실 내부벽 코너부 누수

- (누수원인) 계단 외벽 수직부위와 주차장 데크 수평슬래브의 연결 조인트부위에서 사공조인트 지수처리 미비
- 주차장 슬래브 방수재의 계단실 수직벽에서의 치켜올림처리 미비
- 주차장 상부 인공식재지반부위 배수처리 미비 등

누수
원인
및
누수
개념도



[계단실 내부 누수유발 부위]



[누수 개념도]

[그림 J-9] 경사차로 하부 누수유발부위 및 누수 개념도

2. 단지별 지하주차장 누수 현장조사 소결

- 누수하자 발생 부위별로 누수부위, 누수경로 및 누수원인을 정리하였음.

1) 데크플레이트 누수

- (누수부위) 외벽방향 데크슬래브-보 연결부, 데크플레이트 조인트
- (누수경로 및 누수원인) 상부 슬래브 균열을 통과한 누수가 데크플레이트 내부에서 구배불량 등 유도배수 되지 못하고 체수하여 데크플레이트 접합부로 유출됨.

2) 경사차로 하부 누수

- (누수부위) 경사차로 하부, 슬래브 단차부위, 보가 복잡하게 연결되어있는 부위, 보-슬래브 조인트
- (누수원인) 경사차로 주변 방수처리 미비, 경사차로 하부의 구조의 복잡성, 경사로 끝 부분에서의 방수층 연속성 확보 곤란, 복잡한 골조의 균열발생, 상부 조정 및 보차도, 배수처리 미비(토목배수), 주차장 진입 램프 트렌치, 자봉 및 바닥조인트 우수유입 등
- (누수경로) 조정도에 유입된 우수가 경사차로 구조물 코너부 조인트와 균열과 같은 취약부로 유입되어 하부 슬래브 누수로 이어짐

3) 외벽 균열누수

- (누수부위) 외부 토양에 접한 외벽에서 반복적인 수직균열, 사인장균열과 함께 누수가 발생하였으며, 누수흔으로 백화현상이 발생함.
- (누수경로) 내방수를 적용한 지하주차장의 경우 외벽 관통형 균열부를 통하여 지하수가 주차장 내부로 유입
- (누수원인) 토양에 접한 외벽의 공간벽사공 미비, 연속균열은 철근 배근 문제

로 추정되며, 지상부위는 조경 및 보도공간으로 인하여 우수의 배수성이 저하되어 체수가능성이 높음.

4) 외벽 보-기둥 연결부

- (누수부위) 토양에 접한 계단벽 상부 보, 보-기둥 조인트, 외벽과 기둥 연결부에 관통 균열, 또는 시공 조인트 발생, 폼타이 등 콘크리트 표면 간극
- (누수경로) 콘크리트 구조의 보와 슬래브 부재에 발생한 누수는 손상된 방수층과 콘크리트 내부의 시공조인트, 균열 등의 간극을 통하여 유입된 지하수 및 지표수 등의 외부수분이 내부로 유입됨
- (누수원인) 외벽 보-기둥 연결부는 공간벽 처리가 적용되지 않으므로 유도배수 곤란하여 누수시 그대로 배출됨.

5) 계단실 내부벽 코너부

- (누수부위) 계단 외벽 인공식재지반과 접해있는 부위, 수직벽체, 중앙부 시공조인트, 균열부, 동피트 세대 베란다 하부, 동피트벽체와 시멘트벽돌 칸막이 조인트 부위
- (누수원인) 계단 외벽 수직부위와 주차장 데크 수평슬래브의 연결 조인트부위에서 시공조인트에 지수처리 미비 및 상부 인공식재지반부위 배수처리 미비, 동피트벽체와 시멘트벽돌 칸막이 조인트 부위에서 방수층 치켜올림 미비
- (누수경로) 조경수 및 지표수가 방수층 처리미비로 인해 발생한 간극과 구조설계가 복잡한 내부 철근배근 사이의 공극으로 이동

6) 관통배관누수

- (누수부위) 외벽 관통배관 주변, 전기실 공간벽 및 저수조
- (누수경로) 벽체 상부에는 배관박스가 공간벽에 걸쳐있어 유출수가 공간벽을 타고 흘러내려 내부 미장 오염, 외부 지하수가 배관주변부 균열 틈을 통해 내

부로 유입, 관통배관과 외벽의 조인트를 통하여 누수

- (누수원인) 외벽 관통배관주변 조인트 실링처리 미비, 외벽으로부터 공간벽으로 유입되는 유도수의 양이 과잉 유입, 2중벽사이를 범람하여 실내로 유입, 관경이 큰 수도관의 진동유속과 유압에 의한 진동으로 배관 주변부 실링재 파손

7) 조인트 누수

(1) 신축이음부(Expansion Joint, E/J) 누수

- (누수부위) E/J조인트 유도배수판과 주변
- (누수원인) E/J 부위 상부 방수층의 연속성 확보 미비, 거동 및 진동에 의한 방수층 파단으로 수분이 유입되었고, 이 수분은 E/J 백업재를 통하여 내부 배수흡통으로 유입, 체수현상으로 유입수가 누출된 것으로 판단됨

(2) 시공조인트(공동구-외벽) 누수

- (누수부위) 지하주차장 외벽과 공동구 조인트부위 누수, 공동구 바닥-외벽 연결
- (누수원인) 외벽과 공동구 바닥슬래브 조인트 연속성 확보 미비, 외벽에 접해 있는 수분이 공동구 바닥슬래브 하부에서 벽체 조인트 방향으로 이동, 실내로 유입, 콘크리트 이어치기 시 기존 경화된 콘크리트의 면처리 불량
- (누수경로) 콘크리트 이어치기 부분의 간극을 통해 외부 지하수의 내부유입

8) 동피트 누수

- (누수부위) 동피트 세대 베란다 하부, 인공식재지반 연결부위, 동피트벽체와 시멘트벽돌 칸막이 조인트 부위에서 누수
- (누수원인) 동피트벽체와 시멘트벽돌 칸막이 조인트 부위에서 방수층 치켜올림 미비 및 외부 화단 배수처리 미비(토목배수)

9) 전기실 공간벽/저수조 누수

- (누수부위) 전기실 블록 2중벽 하부에서 유도수 방수 턱 상부로 누출
- (누수원인) 오픈 트렌치 주변 바닥까지 유입수 범람, 누수량이 많은 것으로 판단되며, 공간벽 내부 백화 및 오염물질 퇴적으로 누수수 범람