

광주 해체공사 붕괴사고 조사보고서



2021. 8.



국토교통부

중앙건축물사고조사위원회

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

본 보고서를 “광주 해체공사 붕괴사고 조사보고서”로 제출합니다.

2021년 8월

중앙건축물사고조사위원회 위원장 이영욱

<중앙건축물사고조사위원회 위원 명단>

구 분	성 명	소 속	직 책
위 원	위원장	이영욱 군산대학교 건축공학과	교수 단장
	이○준	한국토지주택공사	본부장
	이○철	사)대한산업안전협회	대표이사
	김○호	엘씨안전연구소(주)	부장
	권○준	국토안전관리원	대표이사
	김○식	상우구조엔지니어링	대표이사
	김○진	티아이구조기술사사무소	대표이사
	오○호	목포대학교 건축공학과	교수
	최○혁	조선대학교 건축공학과	교수
	안○열	법무법인 웅지	변호사
간 사	오○진	국토안전관리원	사무국장

본 사고조사보고서는 민·형사상 관련 사법절차 및 행정처분 절차 또는 행정쟁송절차 등 법률적 판단이 요구되는 경우에 적용할 수 없으며, 건설 분야의 안전 증진과 건설사고 예방을 위한 목적 이외의 용도로 사용할 수 없습니다.

국토교통부 중앙건축물사고조사위원회
광주 해체공사 붕괴사고 조사위원회

본 보고서의 무단복제를 절대 금합니다.

목 차

제 1 장 개 요	1
1.1 조사 목적	1
1.2 현장 정보	1
1.3 사고 개요	3
1.4 피해 상황	4
제 2 장 현장조사 내용	5
2.1 개요	5
2.1.1 사고조사위원	5
2.1.2 조사방법	6
2.1.3 조사일정	6
2.2 현장조사	7
2.2.1 사고 직후 현장조사	7
2.2.2 붕괴 현장 조사	9
2.3 현장관리 및 안전점검 체계	12
2.3.1 해체공사 계약 조직도	12
2.3.2 안전보건관리 조직도	13
2.3.3 안전 및 보건관리자 현황	13
2.4 문서의 점검	14
2.4.1 해체계획서 및 해체 협약 관련 서류	14
2.4.2 시공관리 관련 서류	25
2.4.3 안전관리 관련 서류	36
2.4.4 점검결과 종합	37
2.5 청문조사	39
2.6 관련 법규 준수 검토	43

제 3 장 현장시료분석	50
3.1 콘크리트 강도	50
3.2 철근 강도	54
3.3 소결	58
제 4 장 건물붕괴 원인 분석	59
4.1 건물붕괴의 가설	59
4.2 가설의 증명	62
4.2.1 기존하중 및 해체하중	62
4.2.2 건물의 내력	71
4.2.3 붕괴 과정	84
4.3 소결	86
4.3.1 건물의 붕괴 가설과 증명	86
4.3.2 시사점	86
제 5 장 사고 원인	87
5.1 직접적인 원인	87
5.2 간접적인 원인	87
제 6 장 재발방지대책	90
6.1 해체계획서	90
6.2 인허가 및 민원관리 측면	90
6.3 감리측면	91
6.4 제도적 측면	91

부록

부록 #1 : 해체계획서 분석결과

부록 #2 : 구조해석결과

부록 #3 : 현장 사진 자료

부록 #4 : 시험성적서

부록 #5 : 붕괴과정 시뮬레이션 동영상

제 1 장 개 요

1.1. 조사목적

- 본 사고조사위원회 조사의 목적은 「건축물관리법」 제46조 및 같은 법 시행령 제32조 제33조에 따라 중앙건축물사고조사위원회를 구성하고, 사고현장을 방문하여 사고관련 정보를 수집 및 검토하고 사고의 경위 및 원인 조사 내용을 토대로 보고서를 작성하여 유사사고가 발생하지 않도록 제도적, 기술적 대책 및 대안을 제시함에 있음.

1.2. 현장정보

- 공사 개요(주택재개발 정비사업)

- 공사명 : 광주 학동4구역 주택재개발 정비사업
- 공사비 : 4,631억원
- 공사기간 : 계약일로부터 30개월

- 사고 대상 건물

- 용도 : 근린생활시설, 업무시설
- 대지면적 : 522.21 m²
- 연면적 : 1,592.36 m²
- 층수 : 지하1층 ~ 지상5층
- 건축구조 : 철근콘크리트조
- 현장위치 : 광주광역시 동구 학동 650-2외 3필지

- 공사관계자 정보

- 인·허가 기관 : 광주광역시 동구청
- 사업주 : 학동4구역 주택재개발정비사업조합
- 원도급사 : 현대산업개발
- 하도급사 : 한솔기업
- 감리용역 : 시명건축사사무소
- 설계사 : 종합건축사 대호(1992년)
- 해체계획서검토 : 신세계건축사사무소

○ 하수급 계약내용

구 분	건축물 해체공사
수 급 인	(주)현대산업개발
하 수 급 인	(주)한솔기업
하수급 공사기간	계약일 ~ 2021년 7월 31일(단, 이주완료 후 4개월 이내)
하수급 계약금액	₩5,077,935,464



[그림 1-1] 현장 위치도



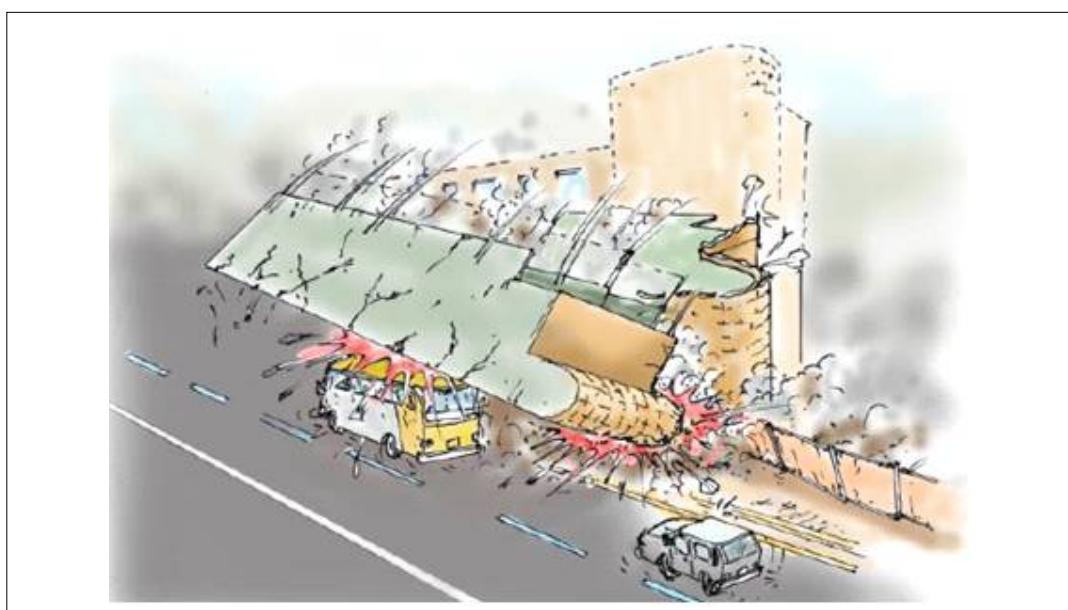
[그림 1-2] 사고 건물 전경

1.3. 사고 정보

- 사고의 유형 : 건축물 전도사고
- 사고의 전개
 - 2021년 6월 9일(수) 16시 22분경 구조물 해체공사를 위하여 배면에서 압쇄기를 이용한 해체작업 중 구조물이 정면(도로변)으로 전도되어 버스정류장에서 정차 중이던 버스 승객 17명 중 9명이 사망, 8명 부상 발생.



[그림 1-3] 현장 및 봉괴 전경(출처 : MBC)



[그림 1-4] 전도사고 개념도(출처 : 국토안전관리원)

1.4. 피해 상황

- 인적 피해 : 사망 9명, 부상 8명
- 구조물 파손 : 잔여구조물



[그림 1-5] 잔여구조물 전경(1층)



[그림 1-6] 잔여구조물 전경(지하층)

제 2 장 현장조사내용

2.1. 개요

2.1.1. 사고조사위원

구 분	성 명	소 속	직 위
위원장	이영욱	군산대학교	교수
위원	이○준	한국토지주택공사	단장
	이○철	사)대한산업안전협회	국장
	김○호	엘씨안전연구소(주)	대표
	권○준	국토안전관리원	부장
위원	김○식	상우구조 엔지니어링	대표이사
	김○진	티아이구조기술사사무소	대표이사
	오○호	목포대학교	교수
	최○혁	조선대학교	교수
	법률	안○열	법무법인 웅지
	간 사	오○진	국토안전관리원
			사무국장

2.1.2. 조사방법

(1) 현장조사

- 사고 현장의 붕괴 전을 조사하기 위하여 기존의 사전 검토
- 사고 현장의 붕괴 후 상황을 조사하기 위하여 현장방문 조사 및 상부 잔재물 해체 후 조사

(2) 청문조사

- 사고 현장 관계 시공사 직원 및 노무자들에 대한 청문 실시

(3) 문서검토

- 해체계획서 및 인허가 과정과 시공 및 안전 관리 서류 검토

(4) 재료 강도조사

- 붕괴된 건물의 콘크리트 및 철근의 재료 강도 조사(제3장 참조)

(5) 추진회의

- 조사된 결과의 분석 및 의견 수렴을 위한 추진회의

2.1.3. 조사일정

(1) 청문조사

- 2021년 6월 23일, 해체계획서 검토업체(신세계건축사사무소), 협력업체(한솔기업), 원도급업체(현대산업개발) 현장소장
- 2021년 6월 30일, 원도급업체(현대산업개발) 공무부장, 안전관리자, 하도급업체(한솔기업) 살수자
- 2021년 7월 9일, 장비(백호우) 기사 청문, 감리사(시명) 감리자 청문

(2) 현장조사

- 2021년 6월 11일, 붕괴 현장 현황 조사
- 2021년 6월 16~20일, 상부층 잔재물 해체 현황 조사
- 2021년 6월 18일, 지상층 잔재물 해체과정 현황 조사
- 2021년 6월 23일, 지하층 잔재물 해체 현황 조사

(3) 추진회의

- 2021년 6월 11일, 착수회의
- 2021년 6월 16일, 자료수집 방안 논의
- 2021년 6월 23일, 해체계획서 검토, 청문
- 2021년 6월 30일, 구조해석 모델링 검토
- 2021년 7월 7일, 붕괴시나리오 검토
- 2021년 7월 14일, 붕괴 메커니즘 검토
- 2021년 7월 21일, 시공 및 안전관리 검토
- 2021년 7월 28일, 충격하중 및 붕괴과정 검토
- 2021년 8월 3일, 보고서 검토

2.2. 현장조사

2.2.1. 사고 직후 현장조사

- 배면 계단실 주변의 벽체 및 기둥(1,2층)은 전도사고 후에도 형태를 유지하고 있으며, 1층 보의 경우 상부의 하중에 의해 붕괴된 것으로 추정됨.
- 성토된 흙이 건축물의 정면까지 밀려온 것으로 볼 때, 붕괴당시 토사에 의한 측압이 있었던 것으로 판단됨.



(a) 사고 초기 건물 붕괴 모습



(b) 사고 초기 전도된 기둥 모습

[그림 2-1] 사고 초기 현장조사 사진



(a) 배면 계단실 주변 잔여 기둥

(b) 1층 보 파괴 형상

[그림 2-2] 잔재물 철거 후 현장조사 사진

- 배면 계단실 주변의 벽체 및 기둥(1,2층)은 전도사고 후에도 형태를 유지하고 있으며, 1층 보의 경우 상부의 하중에 의해 붕괴된 것으로 추정됨.
 - 계단실 주변 벽체 중 외곽부 벽체는 구조체 해체 및 전도에 의한 피해는 없는 상태이며, 1층 보 중 배면측 보는 철근이 구불구불 휘어져서 압쇄기에 의한 해체, 정면측 보는 철근의 손상이 없는 것으로 보아 하중에 의한 손상으로 판단됨.



(a) 지하층 붕괴 전경(정면)

(b) 지하층 붕괴 전경(배면)

[그림 2-3] 잔재물 철거 지하층 현장조사 사진

- 정면 지하층은 토사로 되메우기를 수행한 흔적을 발견할 수 없었으며, 배면 지하층의 경우 일부 잔재물 및 흙이 남아 있는 것을 확인함.(지하층에 잔재물을 어느 정도 채우고 상부층 해체공사를 수행하였는지가 건축물 전도사고의 중요한 사항임.)
 - 해체장비 운전기사의 청문조사 결과, 별관 지하층은 잔재물을 채우고 본관 지하층도 잔재물을 채운 것으로 진술을 하였으나, 현장 확인 결과 본관부의 지하층에 되메우기를 수행한 구간은 진입부(상층부 우선 해체구간)임을 확인함.

2.2.2. 붕괴 현장 조사

(1) 붕괴원인 분석을 위한 해체과정 사진 자료 분석

- 조사내용: 사조위에 제출된 현장 사진을 일자 및 시간대 별로 구성

(부록 : 현장사진자료 참고)

- 광주광역시경찰청 및 해체공사 현장소장 제공 사진자료
- 언론보도 사진자료

(2) 붕괴현장 실측 및 잔해 구조체 조사

- 조사내용

- 붕괴 잔해(기둥, 보, 슬래브)구조체 위치 및 구조물의 파괴 단면 조사
- 잔존 구조체에서 콘크리트 공시체 및 철근 시험편 채취 및 강도시험 실시

(3) 붕괴현장 정리(철거) 중 현장조사

- 조사내용

- 붕괴현장 잔해 정리 작업 중 사진 자료

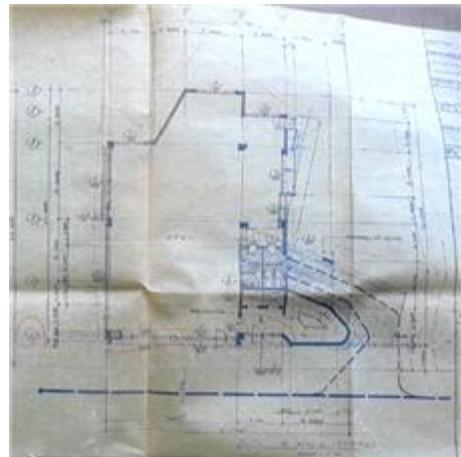
(4) 붕괴 구조물 도면자료 검토

- 조사내용

- 건축물 현황도(광주광역시 동구청 제공) 및 설계 도면자료 검토

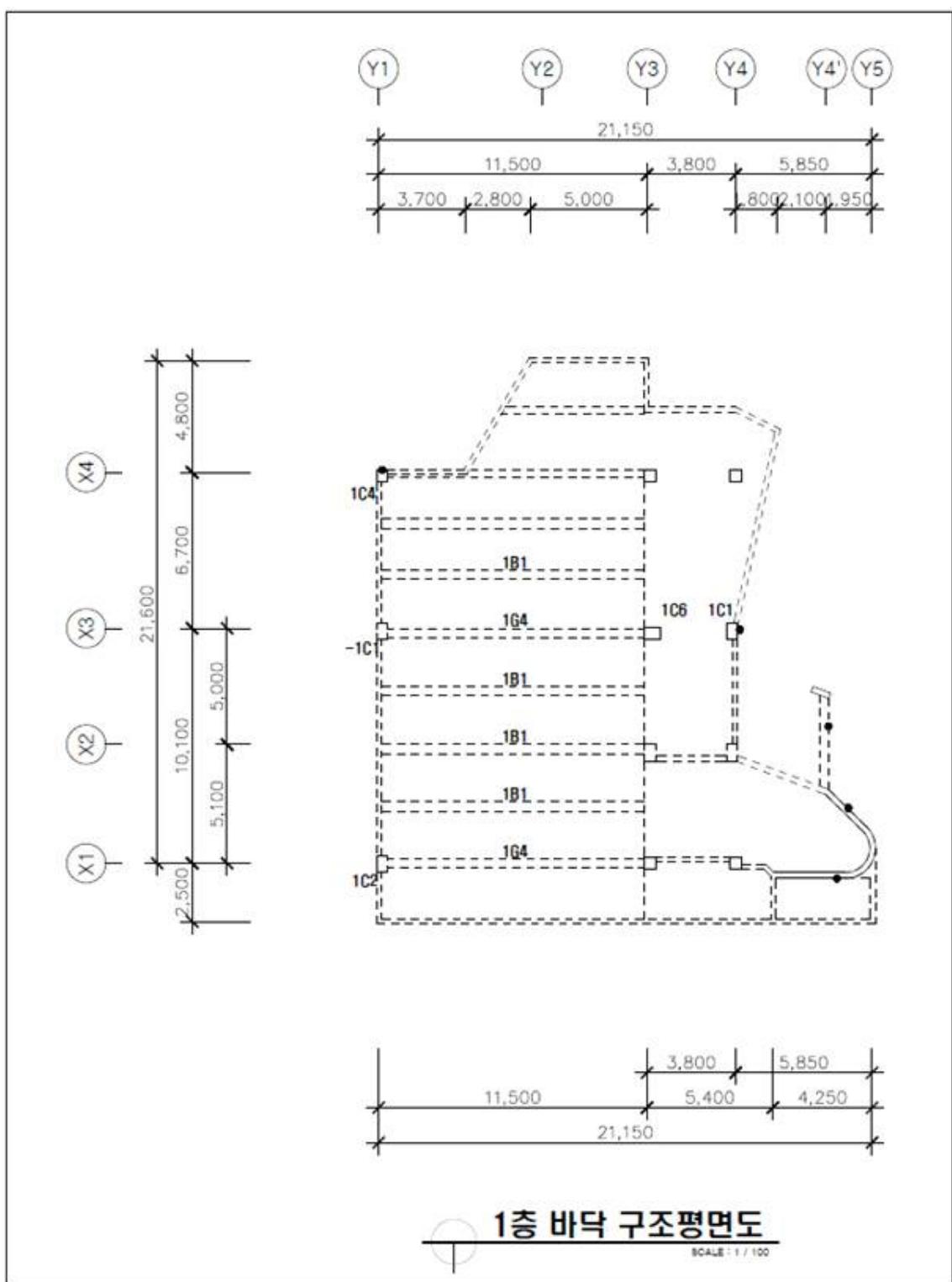


(a) 건축물 현황도



(b) 도면 검토

[그림 2-4] 붕괴 구조물 도면자료



[그림 2-5] 현장실측 기둥 및 보 배치도

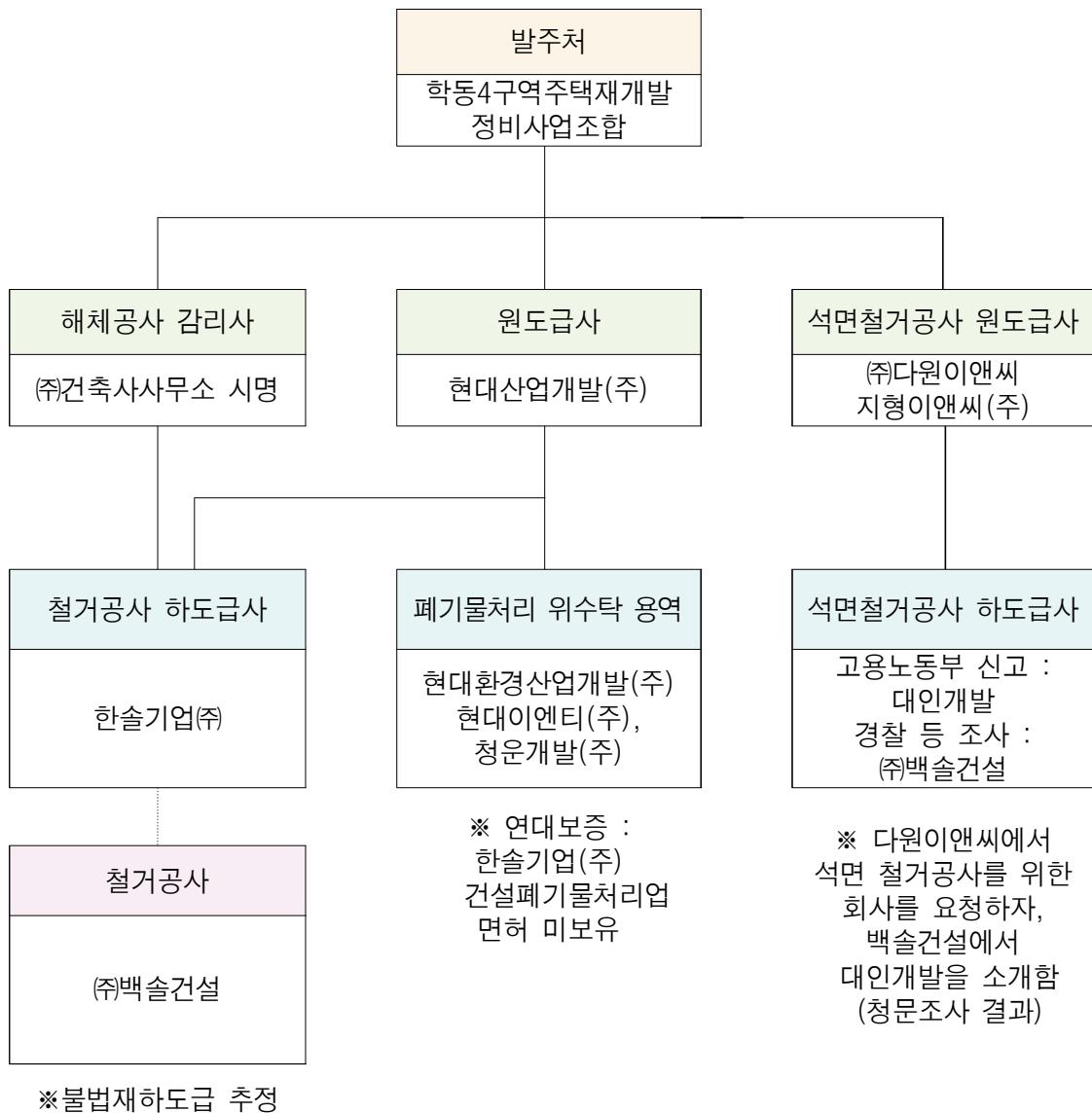
부호	1C1	1C1	1C2	1C4	1C6
형태 및 제근					
주근	단면주근 측정불가 / 침면주근 8-025	단면주근 3-022 / 침면주근 측정불가	측정불가(025)	8-022	단면주근 측정불가 / 침면주근 4-022
피질근	측정불가	6300	측정불가	0106300	6200
부호	1B1		1B4		
형태 및 제근					
상부근	8-025	4-025	8-025	4-025	
하부근	4-025	8-025	4-025	8-025	
복근	0130250	측정불가	0130250	측정불가	

[그림 2-6] 현장실측 기동 및 보 배근도

[그림 2-7] 현장실측 벽 배근도

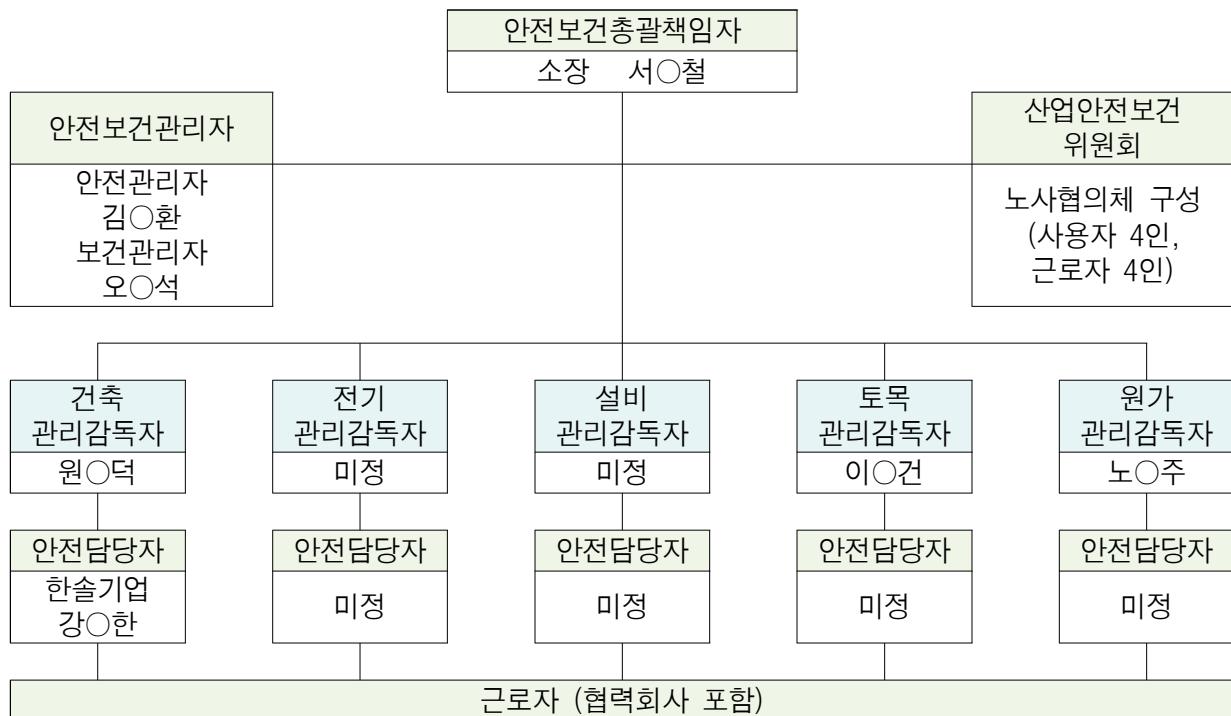
2.3. 현장관리 및 안전점검 체계

2.3.1. 해체공사 계약 조직도



[그림 2-8] 학동4구역 해체공사 현황도

2.3.2. 안전보건관리 조직도



2.3.3. 안전 및 보건관리자 현황

구 분	성 명	자 격	배 치 일
안전관리자	김○환	산업안전기사	2020.10.26 ~ 현재
보건관리자	오○서	산업위생관리기사	2020.10.26 ~ 2020.11.19
	오○석	산업위생관리기사	2020.11.19 ~ 현재

2.4. 문서의 점검

2.4.1. 해체계획서 및 해체 허가 관련 서류

(1) 해체계획서 분석

○ 현장조사 없이 사진 등으로 부실작성

- 해체공사를 하도급 받은 한솔기업은 해체계획서 작성용역을 청명건설에 의뢰하였으며 청명건설의 작성자는 건축물관리법 제30조 등에 의거 국토교통부 고시 제2020-380호 (시행 2020.5.8.)에 따른 “건축물 해체계획서의 작성 및 감리업무 등에 관한 기준”의 제2장 “해체계획서의 작성”에 의거 정확한 현장조사를 하고 작성하여야 함.
- 그러나 현장조사를 무시하고 사진 등을 기초로 해체계획서를 부실로 작성한 것이 경찰 조사에서 확인됨.

○ 구조 안전성 검토 및 구조안전계획 부적정

- 구조 안전성 검토를 위한 대상 건축물별 강도측정을 위한 비파괴검사를 내력벽이외의 비내력벽에서 시행하였음.
- 구조안전계획에 있어 구조안전성 검토보고서가 첨부되지 않았으며 또한 이와 관련한 내용으로 작용 하중(고정하중, 장비하중, 잔재하중 등)에 대한 검토와 해당 건축물의 전도 및 붕괴방지 대책 등이 누락되었음.
- 또한 안전점검표에 주요공정별(마감재 해체 전, 지붕층 해체 전, 중간층 해체 전, 지하층 해체 전 등)로 필수확인점을 표기하여야 하나 안전점검표 자체가 누락되어 필수확인점 또한 미작성 되었음.

○ 안전관리대책 등 부실작성

- 작업자 안전관리와 철거현장 주변 안전관리 및 폐기물 처리계획 등이 누락되어 부실하게 작성됨.

(2) 검토자의 부실 검토

○ 국토교통부 고시 기준을 무시한 검토

- 해체공사계획서는 건축물관리법 제30조 등에 의거 국토교통부 고시 제2020-380호 (시행 2020.5.8.)에 따른 “건축물 해체계획서의 작성 및 감리업무 등에 관한 기준”의 제2장 “해체계획서의 작성”에 있는 내용(중분류기준 16개 항목)이 빠짐없이 작성되었는지 검토하여야 함.
- 검토자는 이를 무시하고 해체공법 등 7개 사항에 대하여 검토하고 적정한 것으로 검토 의견서를 발급하여 마치 전체가 적정한 것처럼 오해하도록 작성하였음.

○ 부적정 사항에 대한 보완요구 방법의 문제점

- 검토결과 발생된 부정적 사항에 대하여는 문제점과 보완사항을 문서로 요구하고 보완여부를 확인 후 검토의견서를 발급하여야 함.
- 그러나 검토사인 신세계건축사사무소는 작성자에게 유선상으로 문제점과 보완요구 사항을 전달하였고, 또한 보완여부를 확인하지 않고 검토내용에 대하여 적정하다고 검토의견서를 작성해주어, 해체계획서 작성업체는 해체계획서의 보완 없이 검토서와 함께 성과물로 제출함으로써 문제점 해소 기회를 놓쳤음.

(3) 해체허가 신청서, 건축물 해체허가 수리 통지서 등 검토

- 해체허가 신청서 상 시공사를 한솔기업으로 기재하여 허가 과정에 원청사인 현대산업개발은 배제된 상태이며, 해체허가 수리 과정에서 해체계획서 세부작성 내용에 대한 검토는 이루어지지 않았으며 형식적인 절차에 그침.
- 건축물 해체허가 수리통지서에서도 현장 내 일반적인 안전 및 소음·비산먼지에 대한 주의 사항은 있으나 이외 붕괴, 낙하물 등 현장 외부에서 발생될 수 있는 안전사고 대책수립 관련 내용은 없는 상태임.

건축물 [✓] 해체 허가신청서

건축물 [] 해체 신고서

· 어두운 난 (■)은 신청인(신고인)이 작성하지 아니하며, []에는 해당하는 곳에 ✓ 표시를 합니다.

(앞 쪽)

허가(신고)번호	접수번호	접수일시	처리일	처리기간
2021-건축과-해체허가-35	2021-3590000-0079021	2021년 05월 14일	2021년 05월 25일	7일

관리자	성명(법인명) 학동4구역주택재개발정비사업조합	생년월일(사업자 또는 법인등록번호)	
	주소	(전화번호 :	
	전자우편 송달 동의	「행정절차법」 제14조에 따라 정보통신망을 이용한 문서 송달에 동의합니다.	
		[] 동의함 [✓] 동의하지 않음	
관리자	학동4구역주택재개발정 비사업조합 (서명 또는 인)		
	전자우편 주소 hakdong-4@hanmail.net		
시공자	성명(대표자명)	상호명 (주)한솔기업	건설업면허번호 강서-08-06-03
	주소		
건축물	위치 광주광역시 동구 학동 650-2		
	연면적 합계 1,592.36m ²	해체 건축물 수	주 건축물 1 (동) 부속 건축물 0 (동)
건축물 해체	사유 학동4구역주택재개발정비사업 중 철거공사로 인한 철거		
	해체공사 기간 2021년 5월 21일부터 2021년 6월 30일까지		
석면함유재 존치여부	[✓] 천장재(아스카텍스, 아미텍스 등) [] 지붕재(슬레이트 등) [] 천정단열(석면포)	[] 바닥재(아스타일 등) [] 파이프보온재(석면포) [✓] 그 밖의 사항	[] 해당없음
하수처리시설 철거여부	[✓] 철거함	[] 철거하지 않음	

「건축물관리법」 제30조제2항, 같은 법 시행령 제21조제2항 및 같은 법 시행규칙 제11조제1항·제3항에 따라 위와 같이 건축물 해체 허가신청서(해체 신고서)를 제출합니다.

2021년 05월 14일

신청인(신고인)

(서명 또는 인)

[그림 2-10] 건축물 해체 허가 신청서



수신 수신자 참조

(경유)

제목 건축물 해체허가 수리 통지 (학동4구역 재개발구역)

1. 귀 조합에서 동구민원 접수번호 제78978호(2021.05.14.) 외11건 신청하신 건축물 해체허가 건에 대하여 「건축물관리법」 제30조 규정에 따라 불임과 같이 허가 수리하였기에 통지하오니.
2. 「건축물관리법」 제33조에 의거 관리자는 건축물의 해체공사를 끝낸 날부터 30일 이내에 건축물 해체공사 완료 신고를 하여야 하며, 이를 이행하지 않을 경우 200만원 이하의 과태료가 부과됨을 알려드립니다.
3. 「폐기물관리법」 제17조 등의 규정에 의한 폐기물 배출자 신고(환경청소과: 608-2504)를 하여 지정된 장소에 건축폐자재 등을 처리하시고, 철거가 완료되면 「건축물대장의 기재 및 관리등에관한규칙」 제22조 규정에 따라 건축물대장 말소신청(건축과:608-2853)을 하시기 바랍니다.
4. 아울러, 최근 해체(철거)공사에 따른 안전시설 및 분진망 미비로 인한 민원발생이 증가하고 있으니 안전시설 설치 및 소음비산먼지를 방지하여 철거공사에 따른 피해 및 안전 사고를 최소화할 수 있도록 협조하여 주시기 바라며, 철거공사에 따른 피해 발생 시 원인 행위자가 민·형사상 책임은 물론이며 원상복구 및 피해보상토록 하여야 함을 알려드리니 참고하시기 바랍니다.

◎ 해체허가 건축물 현황 ◎

대지위치	광주광역시 동구 학동4구역 주택재개발 일원 (학동 901-42번지 외11건)					
소유자	학동4구역주택재개발정비사업조합					
현황	구 분	층 별	구 조	용 도	연 면적(m ²)	비 고
	※ 불임 참조					

5. 관련부서(기관)에서는 업무에 참고하시기 바랍니다.

불임 1. 건축물해체허가 현황(12건). 끝.

[그림 2-11] 건축물 해체허가 수리 통지

(4) 공사 · 감리계약서 등 검토

- 해체공사 원도급사의 관리감독 해이(인허가 및 감리계약서에도 시공자로 하도급사 기재)
 - 해체허가신청서 및 감리계약서에 시공자로 원도급사인 현대산업개발(주)를 기재하지 않고 하도급사인 (주)한솔기업을 기재하여 해체공사 감리자와 원도급사간의 업무적 연결고리가 단절되어, 해체공사 감리자의 해당현장에 대한 감리권한 행사에 문제점과 다툼이 발생될 여지가 있음.
 - 또한 사고이후 청문과정에서 원도급사인 현대산업개발 직원들은 해체공사의 모든 일을 전문 하도급사가 주도적으로 한 것으로 생각하고 있고 자신들은 해체경험이 없어 관리할 수 없었다는 변명으로 일관하여 해체공사에 대한 관리감독 의식과 전문성이 없는 수준이었으며 이는 기술자의 도덕적 해이와 직결됨.
- 다단계 하도급시행에 따른 저가공사로 안전관리에 취약한 구조가 됨
 - 해당현장의 해체공사 하도급은 불법 재하도급까지 다단계로 이루어 졌는데, 언론보도에 (뉴시스'21.6.13) 의하면 경찰은 원도급사인 현대산업개발 해체공사비 28만원/3.3m² → 하도급: 한솔기업 10만원/3.3m² → 재하도급: 백솔건설 4만원/3.3m²로 단계별로 공사비가 낮아져 공사를 진행한 것으로 보고 있는데, 이를 원도급사와 재하도급사의 공사비를 단순비교하면 원도급사 금액의 14.3%로 재하도급사는 공사를 시행하게 되며 이는 순수한 직접공사비와 인건비라고 판단되어 안전관리에 전적으로 취약한 구조임.

※ 본 사고조사위는 계약 자료를 입수하지 못하여 언론사 보도를 기준으로 분석함.

- 또한 직접공사비와 인건비 위주의 재하도급사는 공사기간이 길어질수록 인건비가 추가 발생되므로 무리하게 공사기간을 단축하여야 적은 이윤이라도 확보하는 구조로 이는 또 다른 안전관리의 위해 요인으로 작용됨.

(5) 해체계획서 상세 검토 내용(자세한 내용은 부록 참조)

※ 아래의 검토항목은 해체공사 범위 및 건축물의 특성에 따라 변동이 가능하며, 검토 결과 및 적합성은 검토를 수행한 전문가의 의견에 따라 상이할 수 있음.

- ① 건물 안전성 검토 확인서/건축물 해체(철거) 계획서 검토 확인서
 - 측정 내용에 대한 철거 안전성 검토 중 콘크리트 강도 측정결과 저강도 부재부터 해체하는 결정이 있는데 본 내용은 해체 매뉴얼에 없는 내용임.
 - 측정 내용에 대한 철거 방식 및 방법에서 안전함에 대한 결정 근거가 전혀 없음.
 - 건축물 해체(철거)계획서 검토 확인서에 구조안전성검토, 붕괴방지 대책의 검토 및 결과가 없음.(제13조 구조안전계획 미준수)

[그림 2-12] 건축물 철거계획서/건물안전성 검토확인서 검토 내용

② 목차

- 본 계획서는 건축물 해체 계획서의 작성 및 감리업무 등에 관한 기준을 미준수하였음.
(2020.5.8. 시행 국토교통부 고시)
 - 철거 건물 안전도 검사 : 제6조 해체 대상건축물 조사를 미준수 하였음.
 - 가시설물 설치 계획 : 제10조 가시설물 설치 계획을 미준수 하였음.

- 건축물 철거 공사 계획 : 제11조 해체공사 작업순서에 대한 검토가 미흡하여, 하부층을 우선 해체하고 상부층을 해체하는 등 작업순서를 미준수하였음.
- 제13조 구조안전계획 미준수 : 건물 전체 및 해체 순서를 고려한 구조안전성 검토 및 이에 따른 구조보강 계획이 없음.
- 제17조 주변 통행, 보행자 안전관리 미준수 : 도로, 보행자, 인접 해체 건축물의 공사 현장 주변의 도로상황, 유도원 및 교통 안내원의 배치계획, 보행자 및 차량 통행을 위한 안전 시설물 설치계획이 없음.

목 차			
1. 철거공사 개요	4. 가시설물 설치 계획	7. 폐기물 처리 계획	
<ul style="list-style-type: none"> - 공사개요 - 공사 예정 공정표 - 위치도 - 주변 건축물 현황 및 이격거리 (지번별) - 건축물 규모 및 개요 (지번별) - 지장률 현황도 (지번별) 	<ul style="list-style-type: none"> - 가설울타리 및 가림막 설치 계획 - 비계설치 구조 검토 	<ul style="list-style-type: none"> - 폐기물 처리 개요 - 폐기물 성상별 처리 - 폐기물 반출 계획 	
	제10조 가시설물 설치 계획 미준수		
2. 철거 건물 현황	5. 건축물 철거 공사 계획	8. 해체/감리 현황	
<ul style="list-style-type: none"> - 건축물 중별 평면도 (지번별) - 건축물 단면도 (지번별) 	<ul style="list-style-type: none"> - 철거 공사 순서 - 철거 공사전 점검사항 - 철거 공법 선정 - 철거 장비 진입 동선 결정 (지번별) - 중별(높이) 철거 계획 - 철거 잔재물 이동 계획 (지번별) 	<ul style="list-style-type: none"> - 해체 검토 확인서 - 철거 업체 - 감리 업체 	
3. 철거 건물 안전도 검사	6. 현장 안전 계획		
<ul style="list-style-type: none"> - 콘크리크 건축물 안전성 평가 기준 - 강도측정법 - 축정 장비 - 각 중별 강도측정 결과 (지번별) - 건물 외벽 강도측정 결과 (지번별) 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업자 안전 관리 - 철거 현장 주변 안전 관리 		<div style="background-color: #e0e0e0; padding: 2px;"> 제11조 구조안전계획 미준수 건축물 철거 및 해체 순서를 고려한 구조안전성 검토 및 이에 따른 구조보강계획이 누락됨. 건축물의 전도 및 본과부지 대책 등을 포함한 구조안전계획 수립 및 누락됨 </div> <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 2px;"> 제17조 주변 통행, 보행자 안전관리 미준수 도로, 보행자 인접 해체 건축물의 공사현장 주변의 도로상황, 유도원 및 교통 안내원의 배치계획, 보행자 및 차량 통행을 위한 안전 시설물 설치계획이 누락됨 </div>

[그림 2-13] 목차 검토 내용

- ③ 철거공사 개요 중 공사 개요
 - 건설사 미표기, 해체공사에 참여하는 기술자 명단 없음.
- ④ 철거공사 개요 중 해체 허가 대상
 - 11개동 건물을 하나의 허가 대상으로 처리함으로서 해체계획서의 상세함이 부족하며 건축물 대장에 다수의 여러 동의 경우 건축물 별로 각각 해체계획서를 작성해야 함.
- ⑤ 철거공사 개요 중 해체 허가 신청 건물 위치도
 - 해체 허가 신청 건물 위치도에서 650-2 해당 건축물은 제13조 구조안전계획을 미준수 하였음.
 - 해당 건축물의 전도 및 붕괴방지 계획이 없고, 도로변에 위치해 있으므로 구조안전검토를 수행해야 하며 구조안전성 검토보고서를 계획서에 첨부 하여야 함.

1. 철거공사 개요

◆ 해체 허가 신청 건물 위치도



[그림 2-14] 철거공사 개요 중 해체 허가 신청 건물 위치도 검토 내용

⑥ 철거공사 현황 중 건축물 충별 평면도

- 설계도서(구조도서)가 있으나 계획서에 미반영 되었음.

- 전층(지상1층~옥탑 지붕층) 공통사항

⑦ 철거 대상 건축물 안전도 검사 중 650-002번지 : 지상 2층

- 측정자명 : 홍길동으로 명기 측정인의 이름이 제대로 표기되어 있지 않음.

- 강도 측정일 온도는 기상청과 불일치, 강수량 미표기됨.

- 측정면 상태 : 양호로 되어있으나 현장조사 사진 상 불량(마감 미제거)으로 판단됨.

- 마감재의 유무 : '무'로 되어있으나 현장조사 사진 상 마감재가 존재하는 것으로 판단됨.

- 현장조사는 구조체에 실시하지 않았으며 마감재 표면에서 실시하여 강도조사 위치 부적격으로 판단됨.

- 1번~5번까지의 전반적인 내용을 종합적으로 보면 전체적으로 강도조사를 비내력벽에서 실시하였으며, 벽지마감을 제거하지 않고 조사를 실시하여 강도 결과값을 신뢰할 수 없음.

3. 철거 대상 건축물 안전도 검사

|101

◆ 각 층별 강도 측정 결과(650-002번지)

- 지상층 (측정지점 : 2층)



[그림 2-15] 철거 대상 건축물 안전도 검사 검토 내용

⑧ 철거 대상 건축물 안전도 검사 중 650-002번지 : 지상5층(최상층)

- 측정자명 : 홍길동으로 명기 측정인의 이름이 제대로 표기되어 있지 않음.
- 강도 측정일 온도는 기상청과 불일치, 강수량 미표기됨.
- 측정면 상태 : 양호로 되어있으나 현장조사 사진상 불량(마감미제거)으로 판단됨.
- 마감재의 유무 : ‘무’로 되어있으나 현장조사 사진 상 마감재가 존재하는 것으로 판단됨.
- 콘크리트 강도는 마감을 제거하고 본 구조체에서 조사해야 하나 마감재의 표면에서 조사하여 신뢰성 없음.

⑨ 철거 대상 건축물 안전도 검사 중 650-002번지 : 건물의 외벽 강도 측정 결과

- 650-002번지의 건축물은 강도 측정에서 재령계수를 사용한 보정압축 강도값을 사용하지 않았으며 고층부의 조사처럼 마감재 표면의 조사로 추정되므로 콘크리트 강도의 신뢰성이 없는 것으로 판단됨.
- 해체공사 관련 국토부 고시에는 콘크리트 강도로 순서를 정하는 기준은 없고, 제11조 작업 순서는 해체공법에 따라 구조안전성에 영향을 미치지 않는 방법으로 해체순서를 결정해야함.(예. 장비탑재 : 마감재 - 비내력벽체 - 슬래브 - 작은보 - 큰보-기둥 순)

⑩ 가시설물 설치 계획 중 가설울타리 설치 계획

- 가설구조물에서 비계는 표준시방서를 준수하여 시공을 해야 하며 비계의 높이를 감안하여

구조안전검토가 필요하다고 판단되는 경우(높이 31m 이상의 비계는 3차원 구조해석 필수) 구조전문가의 확인이 필요함. 또한 산업안전보건규칙에 따라 시스템비계 사용을 원칙으로 하며 비계기둥 하부 안전 확보를 반드시 확인하여야하나 누락되었음.

⑪ 건축물 철거공사 계획 중 철거공사 순서

- 철거공사 순서 중 구조안전성 관련 검토 누락

- 해체 방식 검토
- 잭서포트 검토
- 해체장비 검토
- 구조부재 해체순서 검토

- 상세 철거순서 없음. 제11조 해체 작업 순서 : 상세 순서로는 마감재 - 비내력벽체 - 슬래브 - 작은보 - 큰보-기둥 순

⑫ 건축물 철거 공사 계획 중 철거공사 전 점검 사항

- 철거공사 전 점검 사항에서 11개동에 대하여 한 페이지로 정리되어 있어 상세 검토 부분 부실함.

⑬ 건축물 철거 공사 계획 중 철거장비 진입 동선 결정

- 철거 장비 진입 동선을 결정에 있어 11개동의 건물을 1개의 장비 진입 방법으로 결정하는 것은 오류가 있음.
- 본 건축물의 해체방법 및 순서의 결정은 해체공사 매뉴얼에 없는 결정방법이며 콘크리트 강도 조사방법에도 오류가 있음.
- 철거방식에 대한 설명은 너무 개략적인 경우라 표현되어 있어 현장에 적용이 어려움
- 옥탑 구조물의 대한 제거 방법이 누락되어 있음.
- 장비 미탑상 시 1차 철거계획에서 실제 토사는 지하층과 건물 측면에 분포되어있어 실제와는 다름.
- 슬래브 - 보 - 기둥 순서로 해체되어야 하는 기준이 없음. 따라서 1~2 순서(부록 15쪽 참조)로 수직철거가 가능할 수 있음에도 불구하고 수직 철거 시 필요한 전도방지 계획 없음.

⑭ 건축물 철거 공사 계획 층별(높이) 철거 계획 중 층별 철거 개요

- 철거 계획에서 건축물이 도로변에 인접할 경우 위험 대책과 관련된 검토가 없음.
- 제17조 해체 공사 시 주변 통행, 보행자 안전관리 미준수 : 유도원 및 교통 안내원 등의 배치계획, 보행자 및 차량 통행을 위한 안전시설물 설치계획이 없음.
- 건축물 철거 공사 계획 층별(높이) 철거 계획 중 압쇄 공법 : 4~5층(고층)의 작업진행 순서이나 제시한 예시 사진은 저층부를 우선해체하는 공법을 나타냄.

- 긴 봄을 이용하여 최대한 닿는 세대까지 압쇄하여 철거하는 방식 → 수직철거가 되므로 구조안전검토가 수반되어야하지만 구조안전검토 없이 수행함.
- 6층에 장비가 닿을 수 있는 높이로 잔재물을 깔아 놓고 장비가 올라탐 → 성토에 대한 구조안전검토 내용이 없음.
- 잔재물 위로 이동 후 6층에서부터 외부 벽 방벽 슬래브 순서로 해체 → 해체순서 잘못됨 (슬래브 - 방벽 - 외부벽이 정상). 따라서 수직철거 한다는 문구임(수직철거 시 구조 검토 없음.)

⑯ 현장 안전 계획 중 작업자 안전관리

- 제11조 작업순서 등 미준수
- 제13조 구조안전계획 미준수
- 제14조 구조보강계획 미준수
 - 구조보강계획 미작성(보강방법, 잭서포트 등의 인양 및 회수 등 운용계획)
- 구조안전계획 미작성(구조안전성 검토보고서 첨부)
- 안전점검표 미작성(주요공정별로 필수확인점 표기하여 작성)
- 구조보강계획 미작성(보강방법, 잭서포트 등의 인양 및 회수 등 운용계획)

2.4.2. 시공관리 관련 서류

(1) 건축물의 해체공사 감리업무 표준계약서(계약일 2021. 1. 20.)

- “학동4구역주택재개발정비사업조합”과 “(주)건축사사무소 시명” 간 감리계약서 분석

건축물의 해체공사 감리업무 표준계약서

- 계약 건명: 학동4구역 주택재개발 정비사업
- 대지 위치: 광주광역시 동구 학동 633-3번지 일대
- 공사 개요
 - 대지 면적: m²
 - 건축 면적: m²
 - 연면적: 35,727 m²
 - 용도: 단독주택, 균린생활시설, 업무시설 등
 - 층수: 지하 1~2층 / 지상 1~6층 (총 개층)
 - 구조: 조적조 및 철근콘크리트구조
 - 해체 허가(신고)일: 2020년 12월 31일 [허가(신고)번호 제 호]
 - 해체공사 기간(예정): 2021년 01월 25일 ~ 2021년 07월 31일 (총 공사일수: 일)
- 해체작업자
 - 상호: 한솔기업(주)
 - 주소: 서울시 영등포구 당산로47길 19, 2층
 - 대표자:
 - 현장대리인 등:
- 계약금액: 일금사천구백오십육만구천원정 (W49,569,000) : 부가가치세 별도
- 계약기간: 2021년 01월 20일(해체공사 착수 전 사전검토 기간을 포함한 감리업무 착수 일 기준) ~ 2021년 07월 일(최종 해체감리완료 보고서 제출예정일 기준)

관리자(또는 소유자)와 해체공사감리자는 신의와 성실을 원칙으로 이 계약서에 의하여 해체공사 감리계약을 체결하고 각 1부씩 보관한다.

계약일: 2021년 01월 20일

관리자(또는 소유자)

상호(성명): 학동4구역주택재개발정비사업조합
(서명 또는 인)

주민등록번호(사업자등록번호): 408-81-75188

주소: 광주광역시 동구 남문로 764(학동) 3층

전화/ Fax:

E-mail:

해체공사감리자

상호/성명: (주)건축사사무소 시명
(서명 또는 일)

사업자등록번호: 313-88-00253

주소: 광주광역시 남구 효우로 87 (농협6층)

전화/ Fax:

E-mail:

[그림 2-16] 건축물의 해체공사 감리업무 표준계약서

○ 건축물의 해체공사 감리업무 표준계약조건

제9조(업무의 수행) ②항 관리자는 해체공사계획서에 표기된 필수확인점에 대하여 감리자가 입회점검을 실시한 후에 해체작업자가 다음 단계의 공정을 진행하도록 협조하여야 하며, 감리자는 이를 근거로 안전점검표를 작성, 관리자에게 제출하여야 한다.

제11조(해체감리완료 보고서 등) ②항 감리자는 건축물의 해체작업이 완료된 경우 해체 공사 건축물 해체감리완료 보고서를 관리자에게 작성, 제출하여야 하고 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.

1. 해체공사 및 감리수행 결과
2. 안전점검표
3. 감리업무일지
4. 각종 반입자재 규격 및 반입장비 재원
5. 공사현황 사진 및 동영상
6. 기타 감리자 의견서

① 계약서

- 해체작업자는 한솔기업으로 명시되어 계약서상 감리업무의 대상에 해체공사의 원 청사인 현대산업개발이 배제됨.

② 계약조건

- 해체공사계획서에 표기된 “필수확인점”은 감리자가 입회점검을 실시하도록 되어 있으나 계획서상 필수확인점 관련내용 부재, 입회점검 또한 미실시
- 안전점검표, 감리업무일지 등 해체감리완료 보고서 관련 감리업무가 미실시 되고 관련 서류 또한 미 작성된 상태

(2) “건축물관리법” 해체공사 감리 업무

- 건축물관리법 제32조(해체공사감리자의 업무 등) ①항의 해체공사 감리자의 확인사항에 따라 해체계획서에 맞게 공사하였는지, 변경된 공법이 적용되는지 여부 미확인
- 해체공사계획서 상 붕괴방지 대책 계획이 부실하였으나 감리 측의 검토와 보완 요청이 없었으며 현장 확인 또한 이루어지지 않음.
- 해체공사감리자의 업무해태
 - 해체공사 감리자는 건축물관리법 제30조 등에 의거 국토교통부 고시 제2020-380호 (시행 2020.5.8.) 제21조제2항에 따른 아래와 같은 감리자의 업무를 수행하여야 하나 사고이후 감리자로부터 수행한 자료를 전혀 입수할 수 없어 실제적으로 어떠한 감리 행위도 하지 않은 것으로 사료됨.

〈건축물 해체계획서의 작성 및 감리업무 등에 관한 기준, 국토교통부 고시
제2020-380호 (시행 2020.5.8.)〉

제21조(감리자의 업무) ② 감리자는 다음 각 호의 기준에 따른 방법으로 업무를 수행하여야 한다.

1. 해당 공사가 해체계획서대로 이행되는지 확인하고 공정관리, 시공관리, 안전 및 환경관리 등에 대한 업무를 해체작업자와 협의하여 수행하여야 한다.
2. 감리업무의 범위에 속하는 관계법령에 따른 각종 신고·검사 및 자재의 품질 확인 등의 업무를 성실히 수행하여야 하고, 관계규정에 따른 검토·확인·날인 및 보고 등을 하여야 하며, 이에 따른 책임을 진다.
3. 공사현장에 문제가 발생하거나 시공에 관한 중요한 변경사항이 발생하는 경우에는 관리자 및 허가권자에게 관련 사항을 보고하고, 이에 대한 지시를 받아 업무를 수행하여야 한다.

- 특히 해체공사 감리자는 관계법규 및 해당공사 감리업무계약서에도 공정관리와 안전 관리의 중요 포인트로 명시되어 있는 “필수확인점”과 “해체계획서와 다른 해체공법 사용 및 해체작업순서 변경” 등에 대하여 반드시 확인·검토하고 문제가 있는 경우 공사를 중지요구하거나 허가권자에게 보고하여 지시를 따라야 했으나 이모든 것을 해태하였음.

(3) 철거공사 특기시방서 기준(계약서류)

- 건설공사 표준하도급계약서 현대산업개발(주)과 한솔기업(주)간 계약서 내용 중 “철거공사 특기시방 기준” 분석

[철거공사 특기시방 기준]

1. 철거공사계획

1.1 사전조사

- 1.1.1 '협력회사'는 건축물의 철거계획을 수립함에 있어 철거대상건물 및 부지의 규모, 형태 등을 사전조사한다.
- 1.1.2 철거건물의 규모를 설계도서 보존여부와 관계없이 현지조사를 실시하여 구조형식이나 증개축의 유무, 건물의 균열 및 철근의 부식상황, 바닥 등의 처짐, 구조부재의 노후도, 각 구조부재의 형상과 단면치수 및 마감상태, 잔존 설비의 상황 등을 조사한다.
- 1.1.3 부지 내에 매설된 가스, 수도관, 전기, 전화배선 등의 위치나 심도를 조사하여 철거공사 지장 여부를 확인 후 조치한다.(단, 조치 주체는 계약조건에 따른다)

1.2 시공계획

- 1.2.1 철거를 시작 전 건축물의 철거방법과 작업내용에 관한 철거시공계획서를 '현산'에게 제출하여 승인을 얻도록 한다.
- 1.2.2 철거공법의 산정방법은 사전조사를 근거로 하여 공사의 기간, 시공성, 안전성, 경제성, 공해 등의 법적규제 및 주변의 생활환경 등을 충분히 검토하여 철거작업상 모든 필요조건을 예측해서 이에 대응할 수 있는 적절한 철거공법을 선정한다.
- 1.2.3 철거장비(중장비, 구조물 상부에 장비 적재시 포함)에 대한 기존 구조물과의 안전성을 검토(구조검토서 포함)한 후 구조물 보강하여 공사를 진행토록 하여야 한다.
- 1.2.4 철거시공계획은 공사의 지침이 되는 것으로 '협력회사'는 이의 내용을 잘 이해하여야 하며, 정확한 공정계획을 수립하고 무리한 공사 또는 사고가 발생하지 않도록 임의대로 변경하거나 본 계획에서 벗어난 작업을 해서는 안된다.
- 1.2.5 계획을 변경할 경우에는 공사의 안전을 확보하는 관점에서 진지하게 검토되어야 하며, 시공 내용에 미비한 점이나 불명확한 점이 있을 경우에는 '현산'에게 ~~수정과~~ 개정을 요구하고 완전하게 합의한 후 작업하여야 한다.
- 1.2.6 계획서에는 통행인의 출입 차단이나 ~~건물의~~ 차폐, 폐기물의 반출 등에 대한 계획이 포함되어야 한다.
- 1.2.7 주변의 환경조건, 철거폐기물 반출을 위한 도로사정 등의 정보나 기술적인 사전조사를 실시하여 공기, 안전성, 공해방지 등이 검토된 후 철거공법을 선정한다.
- 1.2.8 각종 공급시설의 차단이나 보호 또는 계속적인 존치 등의 연계작업에 필요한 공정표를 제출하되 공정은 구체적이고 상세하게 작성하여 해체나 철거가 토공사의 진행을 방해하지 않도록 하여야 한다.
- 1.2.9 철거를 시작하기 전에 인접한 구조물과 대지개량에 대한 사진을 제출하여야 한다.

2. 작업조건

2.1 민원예방

- 2.1.1 소음방지를 위해 적절한 장비 투입 및 압체공법 또는 이에 준하는 적절한 공법을 선정 시행하여야 한다.
- 2.1.2 야간작업은 원칙적으로 금한다.(재설리모델링 등 특수목적의 철거공사인 경우 '현산'의 요구 또는 승인에 따라 허용한다.)
- 2.1.3 작업착수 전 현장주변의 민원예방을 위해 홍보 및 선무작업을 선행하여야 하고, 공사중 발생하는 민원은 '협력회사'의 부담으로 시행한다.
- 2.1.4 주택가 분진망 및 가시설의 설치는 당해지역 특성에 따라 높이, 재질, 설치방법 등을 '현산'과 '대관신고' 기준에 맞춰 진행한다.
- 2.1.5 지반진동 방지를 위하여 구조물 전도시에는 방진 쿠션을 설치하여야 한다.
- 2.1.6 철거작업으로 인하여 인접건물에 발생한 손괴는 즉시 보수하여야 한다.

2.2 위험관리

- 2.2.1 공사의 제반 결정 및 진행사항을 책임질 수 있는 대리인을 현장에 상주시켜야 한다.

- 2.2.2 모든 발파작업은 관계규정에 따라 적합하게 이루어져야 한다.
- 2.2.3 관할 당국의 서면승인이 없이는 현장 내로 폭약을 반입하거나 이를 사용할 수 없다.
- 2.2.4 철거공사와 관련하여 인명이나 재산상에 손해가 발생했을 시 '협력회사'는 보상비를 포함한 민형사상 일괄책임을 져야 한다.

2.3 안전관리

- 2.3.1 산업안전보건법(이후 산안법)에 의거한 근로자에 대한 교육(기초안전보건교육, 신규채용교육, 정기교육, 특별교육 등)을 실시하고 관련된 자료를 보관하여야 한다.
- 2.3.2 철거작업 중인 지역의 통행인에 대한 안전통행을 보장해야 하며, 철거작업으로 인해 인접건물이나 시설 또는 인명 등의 피해가 없도록 필요한 경우 보호조치를 하여야 한다.
- 2.3.3 철거작업이나 이로 인하여 발생한 잔토 또는 쓰레기의 처리는 주변도로나 보행자 또는 인접된 시설물에 대한 지장이 없도록 하여야 한다.
- 2.3.4 폐기물은 운반 및 주변 교통을 원활히 하기 위하여 차량배차원 및 교통안전원을 배치하여야 한다.
- 2.3.5 운반차량을 현장 외부로 반출시 세륜, 세차시설을 설치하여 차량을 깨끗이 세차하여 인접도로가 오염되지 않도록 한다.
- 2.3.6 관계기관의 승인 없이는 도로나 보행로 또는 인접시설물을 폐쇄하거나 통행을 방해하여서는 아니된다.
- 2.3.7 필요시 '현산' 또는 '관계기관'의 요구에 따라 가설통로를 설치하되 '협력회사'와 협의하여 '협력회사'가 설치하고 가설통로는 지붕 등으로 둘러싸여 있어야 한다.
- 2.3.8 안전재해 방지를 위하여 '현산'이 제시하는 별도의 안전수칙을 철저히 준수하여야 한다.

2.4 시설관리

- 2.4.1 철거 전 부지내 건물의 사용자가 이주하여 공가가 된 때에는 범죄 및 재해 예방차원에서 주.야간 공가 관리를 하여야 한다.
- 2.4.2 철거작업은 각종 공급시설의 차단이 ~~서면으로~~ 확인된 뒤에야 착수할 수 있다.
- 2.4.3 존치시켜야 하는 각종 공급시설은 적절히 유지관리를 하고 철거작업으로 인한 손괴가 없도록 보호하여야 하며 손괴시는 원상복구하여야 한다.
- 2.4.4 관계기관의 서면 승인이 있을 때를 제외하고는 철거공사로 인하여 기존의 각종 공급시설로부터의 정상적인 공급이 방해받지 않도록 하여야 한다.

3. 해체 및 철거

- 3.1 철거공사는 철거 준비 및 계획에 근거하여 예정된 공법, 공기 및 예산 내에서 공사가 안전하며 능률이 높게 수행하여야 한다.
- 3.2 철거건물의 종류에 따라 수종의 공법을 조합하여 사용하고자 할 때에는 '현산'과 협의하여 결정한다.
- 3.3 철거작업의 진행은 상부에서 하부로 체계적으로 진행되도록 하여야 한다.
- 3.4 인접구조물이 깨끗이 유지되도록 하고 철거작업으로 인한 발생물은 적기에 처리하여야 한다.
- 3.5 각층의 철거작업은 철거작업이 끝나는 층마다 발생물의 처리와 뒷정리까지 신속히 완료해서 아래층의 지지대에 과도한 하중이 부담되지 않도록 하여야 한다.
- 3.6 콘크리트나 벽들은 작은 조각으로 철거되도록 하고, 부재 형태로 해체할 때는 알맞은 크기로 나누어 해체한다.
- 3.7 구조체를 제거시 호이스트나 데릭 등으로 안전하게 지상에 내려놓아야 한다.
- 3.8 바닥층 슬래브는 존치대상이 아닌 경우에는 파쇄하여야 한다.
- 3.9 가연물이나 진동 등에 낙하, 탈락 및 박리가 되기 쉬운 재료(내화피복재 등)는 사전에 철거한다.
- 3.10 철거장비는 건물내부의 특정부위에 집중되지 않도록 하고, 철거물은 신속히 제거하여 건축물을 지지하는 벽이나 바닥 또는 구조체에 과도한 하중이 가해지지 않도록 하여야 한다.
- 3.11 구조물의 철거로 생긴 틈이나 부위는 적절히 되메우기를 하여야 하며, 되메우기 재료는 현장내부 토사를 사용한다.

- 3.12 철거 시 발생하는 우.오수에 대한 배수시설과 배수로를 두어야 한다.
- 3.13 지하구조물 철거를 포함한 철거작업이 종료된 건물은 안전사고 방지를 위해 지면평탄 작업이 종료된 후 보호막을 해체하여야 한다.
- 3.14 철거작업이 완료된 후 현장 및 인접지역을 깨끗하게 정리정돈한 뒤 인수인계한다.

4. 보강자재 및 발생재 반출 및 계근

- 4.1 손괴 방지를 위한 보강재의 제거에는 '현산'의 승인을 받아 신중하게 처리해야 하며, 보강자재를 당해 공사에 재사용할 예정인 자재는 공사시방에 따른다.
- 4.2 철거작업으로 인하여 발생하는 모든 잔재와 이주시 발생되는 쓰레기 등의 발생물(조합이 처리하는 것이 원칙이며 일부 잔여 쓰레기에 한함)은 폐기물 관리법에 의거 허가된 처리업자로 하여금 관계당국 및 담당자에게 신고하여 장외로 반출토록 하여야 한다.

5. 환경 및 안전대책

- 5.1 건축 구조물 철거시 주변의 소음, 진동, 분진 등 공해에 대한 법적 규제를 조사하고 적절한 조치를 하여야 한다.
- 5.2 저공해형 공법 및 건설기계의 채택 등 동력원에 대한 소음방지대책을 수립하고, 철거시 발생하는 소음의 외부 전파를 법적한도 미만으로 최소화 하도록 한다.
- 5.3 분진의 비산을 방지할 수 있는 분진망을 설치하여야 하며, 분진의 비산을 방지하기 위하여 분진망 설치 및 물 뿌리기 등 적절한 조치를 하여야 한다.
- 5.4 인접건물과 건물사용자 및 주변 통행자의 피해방지를 위해 울타리(지자체 설치기준 준수)를 설치하고 해당 동별로 안전보호막과 안전원을 배치하여야 한다.
- 5.5 낙하물로 인한 피해방지를 위해 낙하물방지망을 설치하여야 한다.
- 5.6 건물 철거전 석면과 관련된 철거대상이 있는지 사전에 조사하여 유무를 '현산'에게 보고하고 석면과 관련된 철거 대상이 있을 경우 산업안전보건법, 등 시행령, 등 시행규칙에 적합하도록 처리계획서를 제출하여야 한다.(석면처리를 포함하여 계약시 적용됨)
- 5.7 석면과 관련된 철거대상(업무범위 포함시)은 처리계획서 및 산업보건기준에 관한 규칙의 석면 제조 사용작업 및 해체 제거작업의 조치기준에 적합하도록 처리한 후 증빙서류를 제출하여야 한다.
- 5.8 구조물 철거전 저수조, 정화조, 유류탱크 등 내부에 잔존하는 내용물은 '현산'과 협의하여 처리하고, 철거시 유류 유출로 인한 주변토사가 오염되었을 시 그 토사의 처리도 포함한다.(단, 기존 오염토는 제외)
- 5.9 건설폐기물 및 사업장폐기물 처리에 관한 모든 자료는 폐기물 전자정보처리 프로그램(Allbaro시스템)에 의거하여 진행토록 하여야 한다.
- 5.10 우기철 수해방지대책 수립 및 상황 발생시 즉각적인 조치하여야 한다.

6. 기타

- 6.1 '현산'이 제공하는 당사 지침인 '철거공사 현장관리 지침(HDAMT-지침-1103.2011.10.21)'을 숙지하여 상기 내용 이외의 별도 위배사항이 발생되지 않도록 만전을 기한다.
- 6.2 삭제

[그림 2-17] 철거공사 특기시방서

① 시공 계획

- 철거 시작 전 건축물 철거 방법과 작업내용에 관한 '철거시공계획서'를 현대산업개발에 제출하여 승인을 얻도록 명시되어 있으나 현대산업개발의 검토·승인철자가 무시되거나 형식적인 수준에 그침.
- 철거장비(구조물 상부 적재 시)에 대한 기존 구조물과의 안전성 검토 후 구조물 보강하여 공사 진행도록 하여야하나 안전성검토와 구조물 보강 미실시
- 철거시공계획은 임의대로 변경하거나 본 계획에서 벗어난 작업 금지하고 있으며 계획을 변경할 경우 현대산업개발에 수정과 개정을 요구하고 완전하게 합의한 후 작업하여야 하나 절차 미준수

② 해체 및 철거

- 철거작업은 상부에서 하부로 진행하여야 함.
→ (현장) 수직으로 옆면 철거
- 각층 철거작업이 끝나는 층마다 발생물의 처리와 뒷정리까지 신속히 완료해서 아래층 지지대에 과도한 하중이 부담되지 않도록 하여야 함.
→ (현장) 아래층 지지대 미설치 상태에서 철거 잔재물 철거장비의 성토층으로 사용하여 아래층 추가 하중으로 작용

(4) 회의록

- ‘현대산업개발(주)’와 ‘한솔기업(주)’ 사이의 공사 관련 회의록 중 「2021년 3월 5일, 4월 2일 회의자료」 분석

회의록

1. 공사명 : 광주학동4구역재개발건축

2. 공종 : 철거공사

3. 일자 : 2021년 3월 5일 (15:00)

4. 장소 : 현장사무실

5. 참석자 명단

NO	업체명	성명	서명	NO	업체명	성명	서명
1	한솔기업		✓	1	HDC현대산업개발		✓
2				2			✓
3				3			
4				4			
5				5			

○ 회의 내용:

1 건물파쇄시

파쇄 하루전-건물 내부살수

건물전도 위험대비-계획서 준수

장비주변 살수인원-위치확보, 무전기 호각체대

먼지 발생시-일시중단 소멸후 재개

건물전도대비-장비와 건물간격유지

※ 초기화재 건물 철거시 (의무제)

설수인원: 내부3, 외부1

전화수: 외부2, 내부1

2 외부도로 관리

파쇄잔재 흰스쪽으로 가지 않도록 내부로 끌어당겨 파쇄

외부 통행로 양쪽에 신호수 배치 및 관리자 상주

외부와 내부간 무전기로 교신

외부살수 철저

외부 보행자 안전확보(우선배려)

3 강풍대비

가림막 높이 조정(구청)-조정불가시 가림막 절개관련 구청협의

비계지지 철저(내,외부)

4 주변민원인 대응철저 - 구청민원 적극대응, 철저한 사전준비와 신속한 전달 조치가 중요

5 사회적 변화상황에 맞는 대처와 적응 - 법개정에 맞게, 공무원 매스컴 언론등

6 한순간의 잘못이 전체를 평가하게됨-중대재해처벌법

7 공정관리철저(반출)-시각적, 계량적 진행 중요

8. 초기기본내용 : 4월 5일(월) 17:00 → 청주(영동읍, 진천) 4/5 17:00

세출기본내용 → 1인2경비(1+1) + 경차1대 (영동 100회 / 20회), 진주차1대.

경비1회(20회) → 총1회(20회) → 총1회(20회)

운행사항 : 내부도로 통제후 작업도록 관리후에 운행

HDC현대산업개발

[그림 2-18] 현대산업개발-한솔기업 회의록(21.3.5.)

회의록

1. 공사명 : 광주학동4구역재개발건축

2. 공종 : 철거공사

3. 일자 : 2021년 4월 2일 (14:00)

4. 장소 : 현장사무실

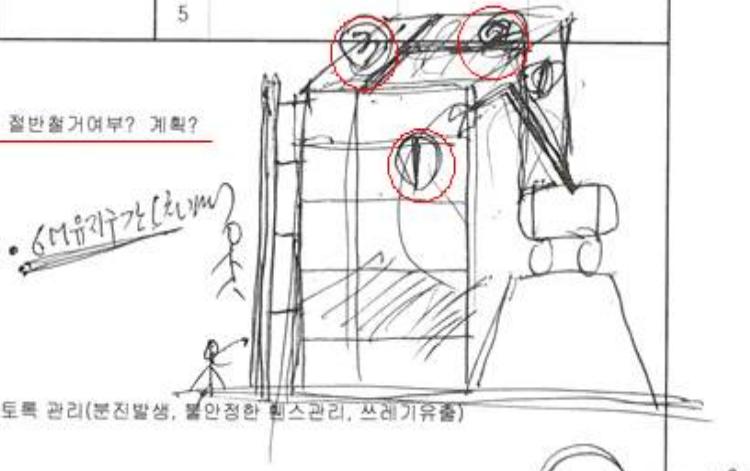
5. 참석자명단

NO	업체명	성명	서명	NO	업체명	성명	서명
1	한솔기업			1	HDC현대산업개발		
2				2			
3				3			
5				5			

○ 회의내용:

1 농협건물철거

철거방법-상부총철거 또는 수직으로 절반철거여부? 계획?
신호수 배치계획?
설수계획?



2 외부 기존휀스 강풍대비

건물철거후 내부에서 즉시고정
경계 내측으로 자자
가링막 풍압-철거

3 구청환경과 민원

사소한 문제가 민원으로 접수되지 않도록 관리(분진발생, 불안정한 흔스관리, 쓰레기유출)

4 폐기물 차량동선

차량 통과 위치마다 민원발생 가능有 - 운전원교육실시 요청(난폭운전, 신호위반, 경적사용등)
통행회피구간 - 아이파크3구역과 현장간 도로
도로파손 대비 - 사전에 차량 진,출입구 도로사진 필요
진출입구 신호수 배치 - 신호수 역할 사전교육(주민 우선)

1241+67.5m
07:30
14:00
2021.04.02

5 분진 및 환경관련

설수차 운행 - 죄수현가得, 운행일자작성
세증기 고장시 대책 - AS출동 소요시간 확인, 물차를 이용한 세증실시
아직폐기물 방진망 설치
배수로 확보 - 우기철 빗물유출 대비

기본시내내 험의?

6 폐기물 반출

반출범위 및 정도의 적정성

폐기물 성상구분 - 처리업체와 협의

지하구조물 풀기 계획 (반출우 계획수정)

기본시내내 험의?

7 현장출입 통제

개방구간 폐쇄구간 지정하고 폐쇄구간 안내표지 부착 - 연락처표기

HDC현대산업개발

[그림 2-19] 현대산업개발-한솔기업 회의록(21.4.2.)

① 2021년 3월 5일 회의록

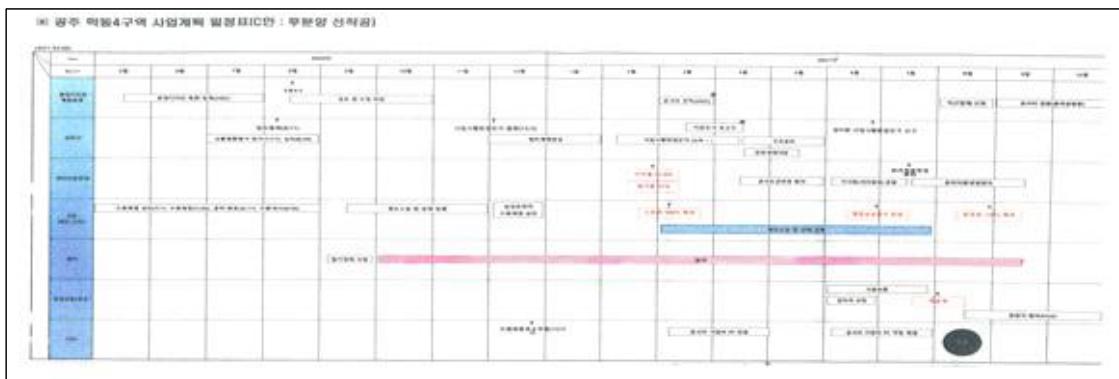
- 건물전도 대비 - “계획서 준수” 회의내용 미 준수 변경 공법 적용
- 장비와 건물간격 유지 - 장비와 건물 간격 유지에 대한 논의는 철거 건물이 현장 측으로 전도되는 상황을 가정한 것이며 도로 측으로 전도될 가능성을 고려한 내용은 부재함.

② 2021년 4월 2일 회의록

- 현산과 한솔 공정회의 시 붕괴건물 철거방식과 유사한 변경된 철거 공법 협의 : 수직으로 절반 철거, 철거 순서(①→③), 건물외부 성토
- 변경 협의된 철거방식은 철거 순서가 기 작성된 해체계획서와 상이하나 별도의 검토, 승인 절차 없이 붕괴건물 철거작업에 적용

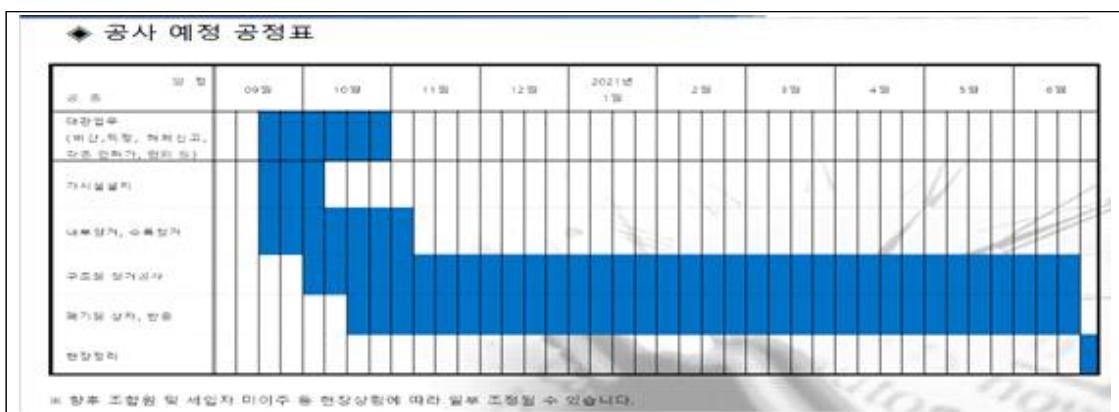
(5) 공정표

① 현대산업개발 : 철거기간(2020년 10월~2021년 9월 중순)



[그림 2-20] 현대산업개발 공정표

② 한솔기업 : 철거기간(2020년 9월 중순~2021년 6월)



[그림 2-21] 한솔기업 공정표

- 한솔기업의 예정공정 21년 6월은 당초 현대산업개발의 사업계획상 철거완료 일정 21년 9월 중순 보다 약 2개월 반 이상 단축된 일정
- 공기 단축은 원가절감에는 유리하지만 안전, 품질관리에 불리한 원인 제공
- 철거완료 일정은 협력업체인 한솔의 단독 결정사항으로 볼 수 없으며 철거계획 또한 현대 산업개발의 승인사항이므로 공기단축은 원청사 측 결정이 반영된 것으로 볼 수 있음.

(6) 문서의 수발과 시공주체

- 동구청의 허가신청서와 재개발정비사업조합의 민원관련 공문서의 수신자가 한솔기업으로 되어 있음.
- 현대산업개발을 배제하여 공사관리의 책임감 등 문제점 발생
- 그러나 모든 시공과정은 원도급사인 현대산업개발에 있다고 사료됨.

2.4.3. 안전관리 관련 서류

(1) 산업안전보건법에 의한 안전관리자 선임

- 법적사항
 - 산업안전보건법시행령 제16조 제1항관련 : 공사금액 3,900억원 이상 4,900억원 미만
 - 6명이상, 다만, 전체 공사기간 중 전·후 15에 해당하는 기간은 3명 이상으로 함.
 - 전체 공사기간 중 전·후 15에 해당하는 기간에는 산업안전지도사 등이 1명 이상 포함되어야 함.
 - 철거공사가 포함된 건설공사의 경우 철거공사만 이루어지는 기간은 전체 공사기간에는 산입되나 전체 공사기간 중 전·후 15에 해당하는 기간에는 산입되지 않는다. 이 경우 전체 공사기간 중 전·후 15에 해당하는 기간은 철거공사만 이루어지는 기간을 제외한 공사기간을 기준으로 산정함.
 - 철거공사만 이루어지는 기간에는 공사금액별로 선임해야 하는 최소 안전관리자 수 이상으로 안전관리자를 선임해야 함.
- 현장상황 : 산업안전산업기사(64년생)를 선임

(2) 산업안전보건법에 의한 기타 안전관리

- 노사합동 안전점검 : 매월 1회 실시해야하는 것이 4월 5일 실시이후 실시되지 않고 있음
- 한솔기업의 일일업무보고서에 매일 석면철거관련 보고가 진행되는 것으로 보아 재하도급이 의심 됨.
- 매일 작업자의 출근과 관련 작성되는 출력일보에 백호(장비)기사인 조OO이 누락되어 있음.(관리의 부재라 사료 됨)

(3) 건축물해체계획서 작성 및 감리업무 등에 관한 기준

- 필수확인점의 정의가 감리자의 입회점검으로 확인을 받아야만 하는 공사중지점임.
- 정의에 따르면 비상주 감리를 의미한다고 할 것임.
- 제28조에 시공확인에 명시는 되어 있으나 특정되었다고 할 수 없음.

- 감리자의 계약서 제9조 제2항은 ‘조합은 감리자에게 협조하여야 한다.’라고 되어 있으나 조합역시 빠른 공사진행이 득이 되기에 감리에게 적극 협조할 이유가 없다 사료 됨.
- 당 현장의 감리자는 제19조 감리자의 면책사유 4호에 따르면 해체작업자가 필수확인점에 감리자의 입회점검을 받지 아니하고 공사를 진행하여 손해 등이 발생한 경우 면책 사유에 해당된다고 되어 있음.

2.4.4. 점검결과 종합

- 발생된 재해는 최초 인·허가부터 최종 해체공사 실행까지 사고를 방지할 수 있었던 단계가 충분했음에도 불구하고 관련자의 역할과 의무가 축소되고 기본적인 기술검토가 누락되어 발생된 재해로 분석됨.
- 또한 안전을 도모하기 위한 단계별 아래와 같은 수많은 과정이 형식적인 절차에 그치고 공기단축, 원가절감 등의 목표를 달성하기 위하여 기본적인 시공관리과정이 생략되어 발생된 재해로 분석됨.

(1) 형식적인 인·허가단계

- 인·허가 단계는 원청사의 의무 부과, 해체계획서 작성 부실 지적, 현장 외부사고 안전 대책 수립 지도 등의 역할을 수행할 수 있었으나 형식적인 절차에 그침.

(2) 조합의 업무무지

- 조합측의 감리업무 계약 시 해체작업자를 한솔기업으로 명시하고 원청사인 현대산업개발을 배제한 것은 이미 계약단계에서 시공관리 체계의 혼선을 초래한 것으로 볼 수 있음.

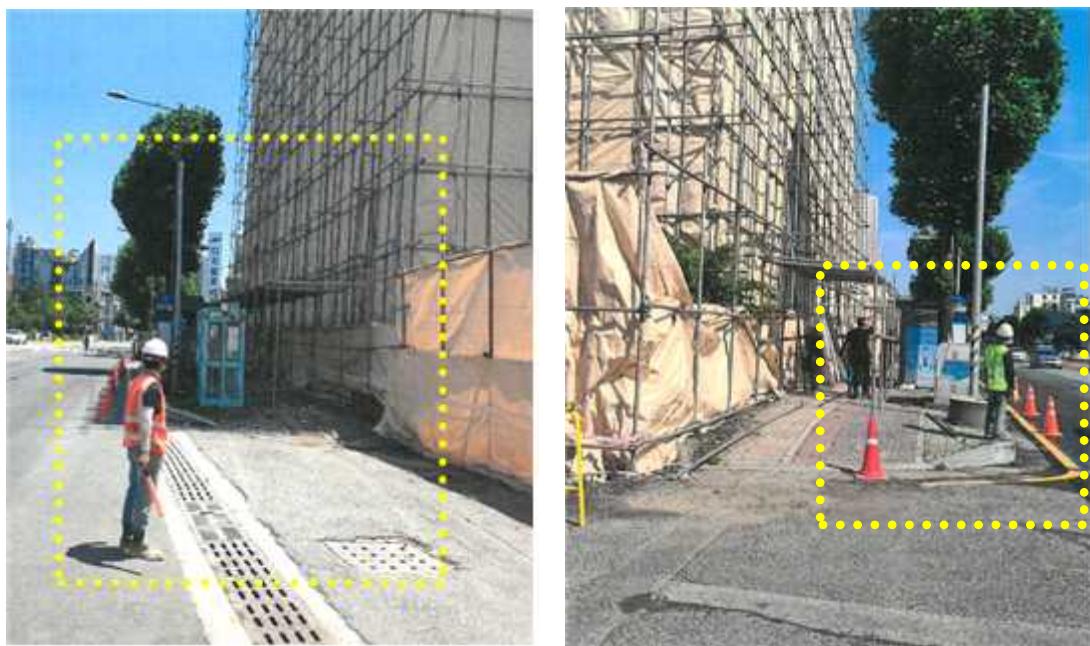
(3) 감리자의 업무 해태

- 감리업무는 기술적인 측면에서 시공관리 각 단계마다 핵심적인 역할을 수행해야 하나 해체계획서 검토, 감리업무 계약조건 이행, 건축물관리법 상 감리업무 수행 등이 실행되지 않음.

(4) 시공사의 업무절차 무시

- 현대산업개발과 한솔기업 간 해체공사 계약서의 “철거공사 특기시방 기준”에는 철거공법 변경 시 검토·승인 절차, 철거대상 구조물의 안전성 검토와 보강, 상부에서 하부로의 철거 순서, 철거 발생물의 처리 등 철거공사 중 발생될 수 있는 사고에 대비하기 위한 절차가 명기되어 있었으나 지켜지지 않음.

- 현대산업개발과 한솔기업 간의 회의록 내용을 검토해 보면 최초 작성된 해체계획서 철거방식과 다른, 금번 붕괴건물에 적용된 유사한 철거방식이 논의 되고 실제 적용되어 왔음을 알 수 있음.
- 해체방식의 변경은 대상건물의 구조적특성, 외부 인접조건 등을 종합적으로 고려하여 시공전에 결정하고, 공법을 변경하는 경우 사전에 감리자에게 보고하여 변경의 적합성 등을 검토 · 확인받는 절차를 거쳤어야 하나 이루어지지 않음.
- 다만, 해체공사 중 도로변의 보행자 및 차량의 안전을 위하여 보행자 우회도로를 설치하고 차량유도원을 배치하는 등 인명사고예방을 위한 노력을 수행한 점은 인정됨.



[그림 2-22] 배치된 유도원과 차량신호수

2.5. 청문조사

(1) 2021년 6월 23일

① 해체계획서 검토업체(신세계건축사사무소) 청문

질의	응답
1. 해체계획서 작성업체 및 검토업체명	<ul style="list-style-type: none"> 작성 용역업체는 청명, 검토업체는 (주)신세계건축사사무소
2. 검토결과 적정여부	<ul style="list-style-type: none"> 해체계획서 7개 항목 적정으로 검토 승인
3. 부적정 보완요청 여부	<ul style="list-style-type: none"> 해체계획서 작성업체에 구두로 부적정 보완 요청
4. 해체계획 적정의 기준	<ul style="list-style-type: none"> 기준은 따로 없으며 건물상부에 해체 장비의 유무에 따라 도면, 철거방법, 순서 등에 중점을 두고 검토
5. 철거안전성검토 등 실제 검토 여부	<ul style="list-style-type: none"> 실제 검토하여 안전하다 판단해서 최종적으로 임원 및 대표자가 했음.

② 협력업체(한솔기업) 청문

질의	응답
1. 사고건축물 해체순서	<ul style="list-style-type: none"> 부속건물 → 1,2,3층 내부 → 성토체 형성 후 상층부 순
2. 해체계획서 대금지급 및 인허가는 어느 업체가 수행	<ul style="list-style-type: none"> 작성의뢰 업체인 한솔기업에서 작성업체인 청명에 대금을 지급 했으며 구청 인·허가 절차 또한 한솔기업에서 수행
3. 해체계획서를 원도급사인 현대산업개발의 동의 여부	<ul style="list-style-type: none"> 실제 철거방식 회의 등 현대산업개발과 협의 된 것으로 인지
4. 해체 표준방식 검토 등 회사 차원의 기준 여부	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 4층 이상 건축물은 감리지정되며 장비를 건축물 상부에 태워서 아래로 해체 함. 사고현장에서 성토체방식으로 바뀐건 현장에서 결정
5. 해체공사의 계약관계	<ul style="list-style-type: none"> 공식적인 하도계약은 현대산업개발과 한솔기업이며 백솔과 다원 이엔씨는 비공식 이면계약 관계임.
6. 사고 당시 살수작업 지시내용 문서 존재 여부	<ul style="list-style-type: none"> 없음, 당일 작업내용은 현대산업개발 직원, 한솔기업 소장, 장비 업자가 미팅 후 결정(회의록 현대산업개발에 존재)
7. 사고 당일 살수량 88톤에 동의하는가?	<ul style="list-style-type: none"> 동의 함.
8. 한솔기업의 해체 도급 내역	<ul style="list-style-type: none"> 한솔기업이 52억에 계약하고 백솔에 12억에 재하도, 나머지 금액은 비계, 장비 등 부속 비용

③ 원도급업체(현대산업개발) 현장소장 청문

질의	응답
1. 한솔기업의 해체계획서 검토 및 승인 여부	<ul style="list-style-type: none"> 본인이 검토않고 직원이 검토했음.
2. 건물 해체 시 한솔 기업과 협의 여부	<ul style="list-style-type: none"> 해체에 대한 별도 협의는 없었으며 비산먼지로 인한 민원에 신경을 더 많이 씀.
3. 재개발사업 선정배경 인지 여부	<ul style="list-style-type: none"> 재개발조합과 현대산업개발, 한솔기업의 수주배경은 모름.
4. 한솔기업과 백솔의 관계 사전 인지 여부	<ul style="list-style-type: none"> 재하도인지 전혀 몰랐음.
5. 현대산업개발의 재하도급 점검 시스템 여부	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 없음.
6. 전체공정표 상 철거 완료시기	<ul style="list-style-type: none"> 조합의 이주협상이 우선이므로 9월 중 예상, 해체 공기 앞당길 이유 없음.
7. 해체공사에 대해 안전팀의 체크여부	<ul style="list-style-type: none"> 안전관리자는 했을 것이나 본인은 안함.
8. 해체 감리에 대해서는 어떻게 업무를 하나?	<ul style="list-style-type: none"> 철거 감리업무에 대해서는 모름.

(2) 2021년 6월 30일

① 원도급업체(현대산업개발) 공무부장, 안전관리자 청문

질의	응답
1. 현장에서 맡은 업무	<ul style="list-style-type: none">현장공무, 안전관리 업무 수행
2. 해체계획서 승인 여부	<ul style="list-style-type: none">현대산업개발에서 승인하지 않음(계약서 상에는 승인 득하도록 명시)
3. 해체계획서 준수 여부	<ul style="list-style-type: none">철거방법이 계획과 다름 인지 못함.
4. 해체계획 인·허가 및 하도급 계약과정 인지 여부	<ul style="list-style-type: none">현대산업개발에서 관여 안함(관계자 연락처 추후 제출)
5. 백솔직원의 인지 여부	<ul style="list-style-type: none">한솔기업의 신규직원으로 현산에 제출(관련자료 추후 제출)

② 하도급업체(한솔기업) 살수자 청문

질의	응답
1. 소속과 담당업무	<ul style="list-style-type: none">백솔기업 소속이며 굴착기 주변에서 살수작업 진행
2. 사고 건축물의 붕괴 전까지 해체 진행순서 설명	<ul style="list-style-type: none">3층 벽면 → 4층벽면·보 → 3층보 → 5층 벽면 → 옥탑순으로 철거
3. 사고 건축물 붕괴 정후 여부	<ul style="list-style-type: none">3층 거더 파쇄는 확인했으며 압쇄기가 건물에 닿는 순간 전도됨. (그전에 지반, 건물 움직임 느끼지 못함)

(3) 2021년 7월 9일

① 장비(백호우) 기사 청문

질 의	응 답
1. 한솔기업과 재하도급 계약시점	<ul style="list-style-type: none"> 처음부터 함.
2. 계약된 작업의 범위	<ul style="list-style-type: none"> 석면을 제외한 건물철거 및 상차(계약서는 압수당함)
3. 석면철거도 하였는가?	<ul style="list-style-type: none"> 한솔소장에게 소개한 대인개발 시행
4. 부실한 해체계획서인지 인지 여부	<ul style="list-style-type: none"> 모르고 있었음.
5. 계획서와 달리 변경된 철거 방식의 최종 결정권자 여부	<ul style="list-style-type: none"> 한솔 강소장, 다원 김석준
6. 한솔 강소장은 1층, 2층바닥 슬래브를 뚫어 채우고 3층 바닥을 채우고 했다는데?	<ul style="list-style-type: none"> 모두 맞음.
7. 붕괴 당시 설명	<ul style="list-style-type: none"> 3층 성토, 백호우 봄대가 옥탑에 닿지 않아 성토 추가요청, 50cm 추가 성토 후 5층 슬래브 압쇄 중 성토층 내려앉으며 백호우가 동시에 앞으로 쓸림, 이때 봄대가 건물을 때리지는 않음.

② 감리사(시명) 감리자 청문

질 의	응 답
1. 감리는 조합과 어떻게 계약	<ul style="list-style-type: none"> 허가권자의 지정서 받아 계약
2. 철거 전 사전검토 여부	<ul style="list-style-type: none"> 계획서 작성에 대한 것은 물론 감리업무에 대해 사전검토 함.(계획서 메일로 수령 함, 석면철거확인서류는 달라고 함)
3. 필수확인점 인지 여부	<ul style="list-style-type: none"> 허가 대상 각동 작업 착수시점으로 이해함. 그래서 허가 대상 건물철거를 시작할 때 연락을 달라고 현대산업개발에 요청하였으나 연락이 없었음.
4. 계약서 9조 관리자는 필수확인 점에 감리자가 입회점검토록 되어있음	<ul style="list-style-type: none"> 연락이 없어 몰랐음.
5. 입회점검, 안전점검표 작성 관리자에게 제출 및 관리자 협조 여부	<ul style="list-style-type: none"> 조합에 하지 않았고 현대산업개발 공무부장에게 작업일보 요청
6. 현신과 한솔의 관계에서 감리자의 역할은?	<ul style="list-style-type: none"> 강력하게 하지 못함.
7. 관리자와 업무연락 방법	<ul style="list-style-type: none"> 5월 이후 조합 만난 적 없음, 한솔기업 강요한소장이 특방에 사진만 보내옴.

2.6. 관련 법규 준수 검토

(1) 해체공사 인허가

① 관련기준

- 건축물관리법 제30조(건축물 해체의 허가) ① 관리자가 건축물을 해체하려는 경우에는 특별자치시장·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장(이하 이 장에서 “허가권자”라 한다)의 허가를 받아야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 신고를 하면 허가를 받은 것으로 본다.
 - ② 제1항에 따라 허가를 받으려는 자 또는 신고를 하려는 자는 건축물 해체 허가신청서 또는 신고서에 국토교통부령으로 정하는 해체계획서를 첨부하여 허가권자에게 제출하여야 한다.
 - ③ 제1항에 따라 허가를 받으려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 제2항에 따른 해체계획서를 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자의 검토를 받은 후 허가권자에게 제출하여야 한다.
 - 「건축사법」 제23조제1항에 따른 건축사사무소개설신고를 한 자
 - 「기술사법」 제6조에 따라 기술사사무소를 개설등록한 자
 - 안전진단전문기관



(a) 건축물해체허가 수리 통지



(b) 철거 공사 계획서



(c) 건축사 해체계획서 검토 확인서

[그림 2-23] 해체계획서 검토 확인서

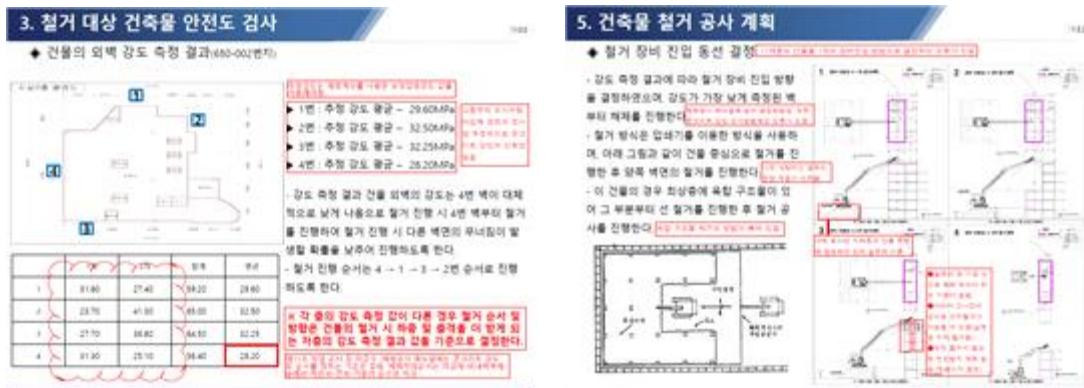
② 이행 검토

- 건축물관리법에 규정된 건축물 해체공사 허가절차를 준수한 것으로 판단됨.

(1) 해체계획서의 작성

① 관련기준

- 건축물관리법 시행규칙 제12조(해체계획서의 작성) ① 법 제30조제2항 본문에 따른 해체계획서에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.
 - 해체공사를 수행하는 자 및 해체공사의 공정 등 해체공사의 개요
 - 해체공사의 영향을 받게 될 「건축법」 제2조제1항제4호에 따른 건축설비의 이동, 철거 및 보호 등에 관한 사항
 - 해체공사의 작업순서, 해체공법 및 이에 따른 구조안전계획
 - 해체공사 현장의 화재 방지대책, 공해 방지 방안, 교통안전 방안, 안전통로 확보 및 낙하 방지대책 등 안전관리대책
 - 해체물의 처리계획
 - 해체공사 후 부지정리 및 인근 환경의 보수 및 보상 등에 관한 사항



[그림 2-24] 해체계획서 검토 결과

② 이행 검토

- 건축물 해체공사 허가 신청 시 제출된 해체계획서를 관련규정*에 근거하여 검토한 결과, 건축물의 안전도 검사, 해체방법 및 해체순서 등 해체계획서가 부실하여 계획서대로 시공할 경우 안전사고의 위험이 있는 것으로 판단됨.(건축물 해체계획서의 작성 및 감리업무 등에 관한 기준, 국토교통부 고시 제2020-380호)
- 부실하게 작성된 해체계획서를 검토자가 확인과정에 현장여건 및 관련규정에 적합하도록

보완지시를 하여야 하나 검토자(신세계건축사사무소) 및 허가기관(광주동구청)에서 이를 확인하지 못하고 승인이 된 것으로 판단됨.

(3) 감리업무 관련

① 관련기준

- 건축물관리법 제31조(건축물 해체공사감리자의 지정 등) ① 허가권자는 건축물 해체허가를 받은 건축물에 대한 해체작업의 안전한 관리를 위하여 「건축사법」 또는 「건설기술 진흥법」에 따른 감리자격이 있는 자(공사시공자 본인 및 「독점규제 및 공정거래에 관한 법률」 제2조제3호에 따른 계열회사는 제외한다)를 대통령령으로 정하는 바에 따라 해체 공사감리자로 지정하여 해체공사감리를 하게 하여야 한다.
- 건축물관리법 제32조(해체공사감리자의 업무 등) ① 해체공사감리자는 다음 각 호의 업무를 수행하여야 한다.
 - 해체작업순서, 해체공법 등 해체계획서에 맞게 공사하는지 여부의 확인
 - 현장의 화재 및 붕괴 방지 대책, 교통안전 및 안전통로 확보, 추락 및 낙하 방지대책 등 안전관리대책에 맞게 공사하는지 여부의 확인
 - 해체 후 부지정리, 인근 환경의 보수 및 보상 등 마무리 작업사항에 대한 이행 여부의 확인
 - 해체공사에 의하여 발생하는 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 건설폐기물이 적절하게 처리되는지에 대한 확인
 - 그 밖에 국토교통부장관이 정하여 고시하는 해체공사의 감리에 관한 사항

② 해체공사감리자는 건축물의 해체작업이 안전하게 수행되기 어려운 경우 해당 관리자 및 해체작업자에게 해체작업의 시정 또는 중지를 요청하여야 한다.

③ 해체공사감리자는 해당 관리자 또는 해체작업자가 제2항에 따른 시정 또는 중지를 요청받고도 건축물 해체작업을 계속하는 경우에는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 허가권자에게 보고하여야 한다. 이 경우 보고를 받은 허가권자는 지체 없이 작업중지를 명령하여야 한다.

② 이행 검토

- 학동4구역 주택재개발 정비사업의 수급인(현대산업개발 현장소장)과 건축물 해체공사의 하수급인(한솔기업 현장소장)에 대한 청문조사 결과, 감리자(건축사사무소 시명)는 학동 4구역 주택재개발 정비사업의 건축물 해체공사에 대한 감리계약을 체결한 이후 건축물 관리법 및 표준계약서에 규정된 “필수확인점”과 “해체계획서와 다른 해체공법 사용 및

해체작업순서 변경” 등에 대하여 반드시 확인·검토하고 문제가 있는 경우 공사를 중지 요구하거나 허가권자에게 보고하여 지시를 따라야 했으나 이러한 감리업무를 수행하지 않았음,

건축물의 해체공사 감리업무 표준계약서

서명이 있는 자료, 아래한 항목 품구
광주광역시광구
수신: 확률4구역주택재개발사업조합 관리 (주)61454 광주광역시 동구 남문로 764, 3층 (학동3동)
(본부)
제목: 건축물 해체공사(이하 '이용' 해체공사)감리자 지정 통보 (확률4구역주택재개발사업조합)
1. 귀 가정의 부당한 발전을 기원합니다.

2. 귀하께서 광주광역시 동구 일제221787호[2020.12.31.] 제23건으로 신청한 우리우 확률4구역주택재개발사업이구역 상 건축물을 해체, 허가서의 견본하여 건축물관리법 제31조 (건축물 해체공사감리자의 지정 등) 제1항 및 건축물관리법 시행규칙 제13조(건축물을 해체공사감리자의 지정 등)2항에 따라 품질과 같이 해체공사감리자 지정통지서를 품구하오니,

3. 해당 해체공사 감리자와 감리계획을 청결하게 그 결과를 통보하여 주시기 바랍니다.

= 이 과 =

대지위치	건축주 (관리자)	총/동	건축면적(m ²)	연면적 (m ²)	감리자
확률4구역 주택재개발 사업조합			=		제3건축사사무소 시영 (광주광역시 동구 남문로 764, 3층)

품구, 해체공사감리자 지정통지서 1부, 광

1. 계약 선정: 확률4구역 주택재개발 사업사업
2. 대지 위치: 광주광역시 동구 학동 630-3번지 일대
3. 공사 개요
1) 대지 면적: m²
2) 건축 면적: m²
3) 연면적: 35,727 m²
4) 용도: 단독주택, 균형생활시설, 업무시설 등
5) 습도: 세화 1~2 층 / 지상 1~6 층 (총 6 층)
6) 구조: 흐적초 및 철근콘크리트구조
7) 허가(신고)일: 2020년 12월 31일 [허가(신고)번호: 세호호]
8) 해체공사 기간(예정): 2021년 01월 25일 ~ 2021년 07월 31일 (총 공사일수: 180일)
9) 해체작업자
가. 상호: 한솔기업(주)
나. 주소: 서울시 영등포구 남산로47길 19, 2층
다. 대표자:
라. 한창대적인 등

4. 계약금액: 일률4구역주택재개발사업장 1049,569,000원 (부가기재비 별도)
5. 계약기간: 2021년 01월 20일(해체공사 착수 전 사전협의도 기간을 포함한 감리업무 착수 일 기준) ~ 2021년 07월 31일(최종 해체완료보고서 제출 예정일 기준)

관리자(또는 소유자) 해체공사감리자는 신뢰와 성실을 원칙으로 이 계약서에 의하여 해체공사 감리계약을 체결하고 각 부록 보관한다.

계약일: 2021년 01월 20일

관리자(또는 소유자)
상호(성명): 확률4구역주택재개발사업자(사업자등록번호: 428-81-5008
사업자등록번호: 428-81-5008
주소: 광주광역시 동구 남문로 764(학동) 3층
전화/ Fax: 010-1234-5678
E-mail: sample@example.com

제3건축사사무소
상호(성명): 제3건축사사무소 시영
(사업자등록번호: 428-81-5009
주소: 광주광역시 동구 남문로 764(학동) 3층
전화/ Fax: 010-1234-5679
E-mail: sample2@example.com

(a) 건축물 해체공사 감리자 지정 통보 (b) 건축물 해체공사 감리업무 계약서

[그림 2-25] 건축물 해체공사 감리업무 서류

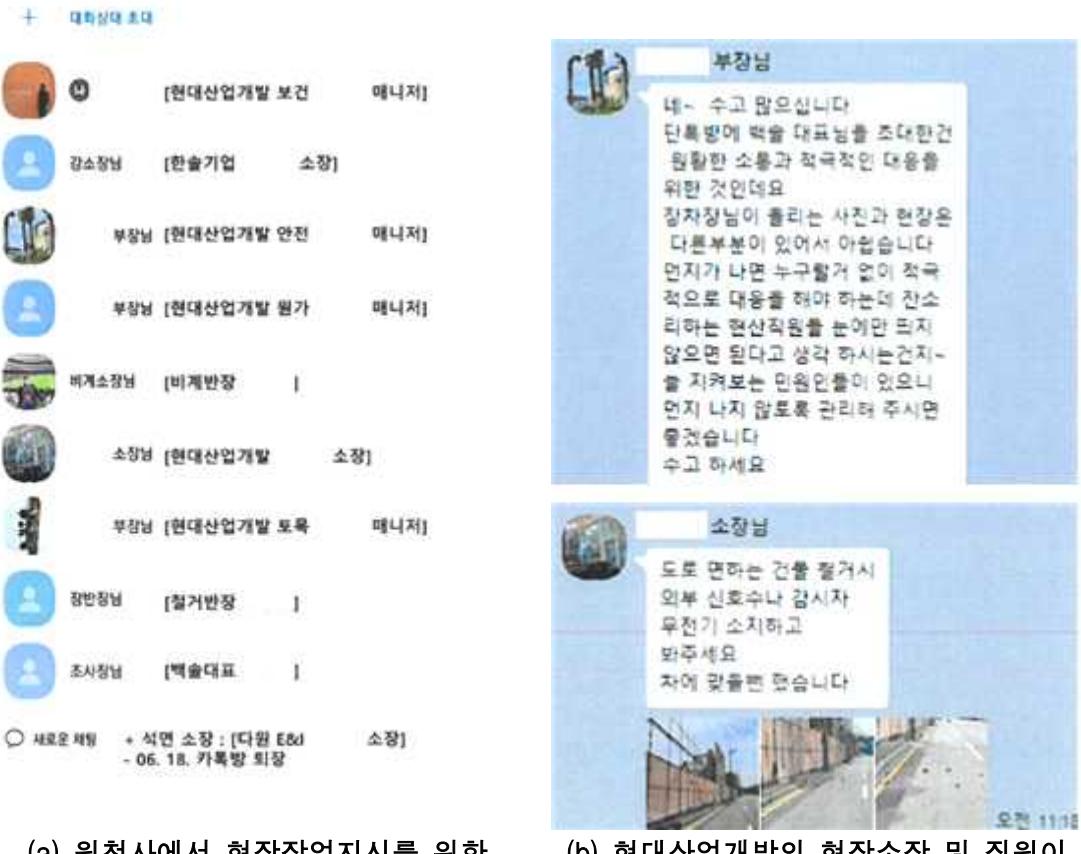
(4) 건축물 해체공사 하도급업무 중 건설산업기본법 관련

① 관련 기준

- 건설산업기본법 제29조(건설공사 하도급 제한) ① 건설사업자는 도급받은 건설공사의 전부 또는 대통령령으로 정하는 주요 부분의 대부분을 다른 건설사업자에게 하도급할 수 없다. 다만, 건설사업자가 도급받은 공사를 대통령령으로 정하는 바에 따라 계획, 관리 및 조정하는 경우로서 대통령령으로 정하는 바에 따라 2인 이상에게 분할하여 하도급하는 경우에는 예외로 한다.
- ② 수급인은 그가 도급받은 전문공사를 하도급할 수 없다. 다만, 다음 각 호의 요건을 모두 충족한 경우에는 건설공사의 일부를 하도급할 수 있다.
- 발주자의 서면 승낙을 받을 것
- 공사의 품질이나 시공 상의 능률을 높이기 위하여 필요한 경우로서 대통령령으로 정하는 요건에 해당할 것(종합공사를 시공하는 업종을 등록한 건설사업자가 전문공사를 도급

받은 경우에 한정한다)

③ 하수급인은 하도급받은 건설공사를 다른 사람에게 다시 하도급할 수 없다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 하도급할 수 있다.



(a) 원청사에서 현장작업지시를 위한 카톡방 운영(재하도급사 포함)

(b) 현대산업개발의 현장소장 및 직원이 건물 철거관련 작업지시 수행

[그림 2-26] 원청사-하도급-재하도급 작업지시 내용

② 이행 검토

- 학동4구역 주택재개발 정비사업의 수급인(현대산업개발 공무팀장, 안전팀장)과 건축물 해체공사의 하수급인(한솔기업 현장소장, 본사담당자) 및 현장근로자에 대한 청문조사 결과, 하수급인(한솔)은 백솔기업에게 철거공사를 재하도급을 주어 '건설산업기본법 제29조 건설공사 하도급 제한' 규정을 위반하였다고 보여지며, 원청사(현대산업개발)도 건축물 해체공사 재하도급에 관련하여 인지할 수 있는 사실이 있었음에도 이를 확인하지 않고 있었을 것으로 사료됨.

(5) 건축물 해체공사 하도급업무 중 도시 및 주거환경정비법 관련

① 관련 기준

- 도시 및 주거환경정비법 제29조(계약의 방법 및 시공자 선정 등) ④ 조합은 조합설립인가를 받은 후 조합총회에서 제1항에 따라 경쟁입찰 또는 수의계약(2회 이상 경쟁입찰이 유찰된 경우로 한정한다)의 방법으로 건설업자 또는 등록사업자를 시공자로 선정하여야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 규모 이하의 정비사업은 조합총회에서 정관으로 정하는 바에 따라 선정할 수 있다.
 - ⑨ 사업시행자(사업대행자를 포함한다)는 제4항부터 제8항까지의 규정에 따라 선정된 시공자와 공사에 관한 계약을 체결할 때에는 기존 건축물의 철거 공사(「석면안전관리법」에 따른 석면 조사·해체·제거를 포함한다)에 관한 사항을 포함시켜야 한다.
- (2018년 2월 9일부터 시행)

[표 2-1] 도시 및 주거환경정비법 중 시공자 선정 내용 비교

개정 전(2018년 2월 8일 까지)	개정 후(2018년 2월 9일 이후)
<p>제11조(시공자의 선정 등) ① 조합은 제16조에 따른 조합설립인가를 받은 후 조합총회에서 국토교통부장관이 정하는 경쟁입찰의 방법으로 건설업자 또는 등록사업자를 시공자로 선정하여야 한다.</p> <p>② 도시환경정비사업을 토지 등 소유자가 시행하는 경우에는 사업시행인가를 받은 후 '토지 등 소유자가 자치적으로 정하여 운영하는 규약'으로 정하는 바에 따라 건설업자 또는 등록사업자를 시공자로 선정하여야 한다.</p>	<p>제29조(계약의 방법 및 시공자 선정 등) ① 추진위원장 또는 사업시행자(청산인을 포함한다)는 이 법 또는 다른 법령에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 계약(공사, 용역, 물품구매 및 제조 등을 포함한다. 이하 같다)을 체결하려면 일반경쟁에 부쳐야 한다. 다만, 계약규모, 재난의 발생 등 대통령령으로 정하는 경우에는 입찰 참가자를 지명(指名)하여 경쟁에 부치거나 수의계약(隨意契約)으로 할 수 있다.</p>

② 이행 검토

- 개정된 도시 및 주거환경정비법이 2018년 2월 9일 시행이고 학동4구역 주택재개발 정비사업의 석면철거 공사계약이 2018년 2월 7일 임을 감안할 때, 관련법 개정 전에 석면철거 공사계약을 체결한 것을 확인함.
- 도시 및 주거환경정비법의 주요 개정 내용을 살펴보면 '건축물의 철거 및 석면 조사·해체·제거를 수행하는 시공사와 계약을 체결하는 과정을 경쟁입찰 등의 방법으로 강화'하는 내용임을 감안할 때 개정된 법안이 시행 전에 조합과 시공사(다원, 지형)계약을 체결하고, 2년 7개월 후 건축물 해체공사 하도급 계약(한솔)을 체결함.

※ 2018년 2월 7일 학동4구역 주택재개발 석면철거 공사 계약(다원, 지형 24.2억)

2018년 2월 9일 도시 및 주거환경정비법 개정안 시행

2018년 2월 9일 학동4구역 주택재개발 정비사업자 선정(현대산업개발)

2020년 9월 28일 학동4구역 건축물 철거공사 하도급 계약(현산-한솔기업, 50.7억)

(석면철거 공사 계약 후 2년 7개월 경과)

석면철거 공사 계약서

(학동4구역 주택재개발정비사업)

2018. 2. 7.

발 주 자 : 학동4구역 주택재개발정비사업조합

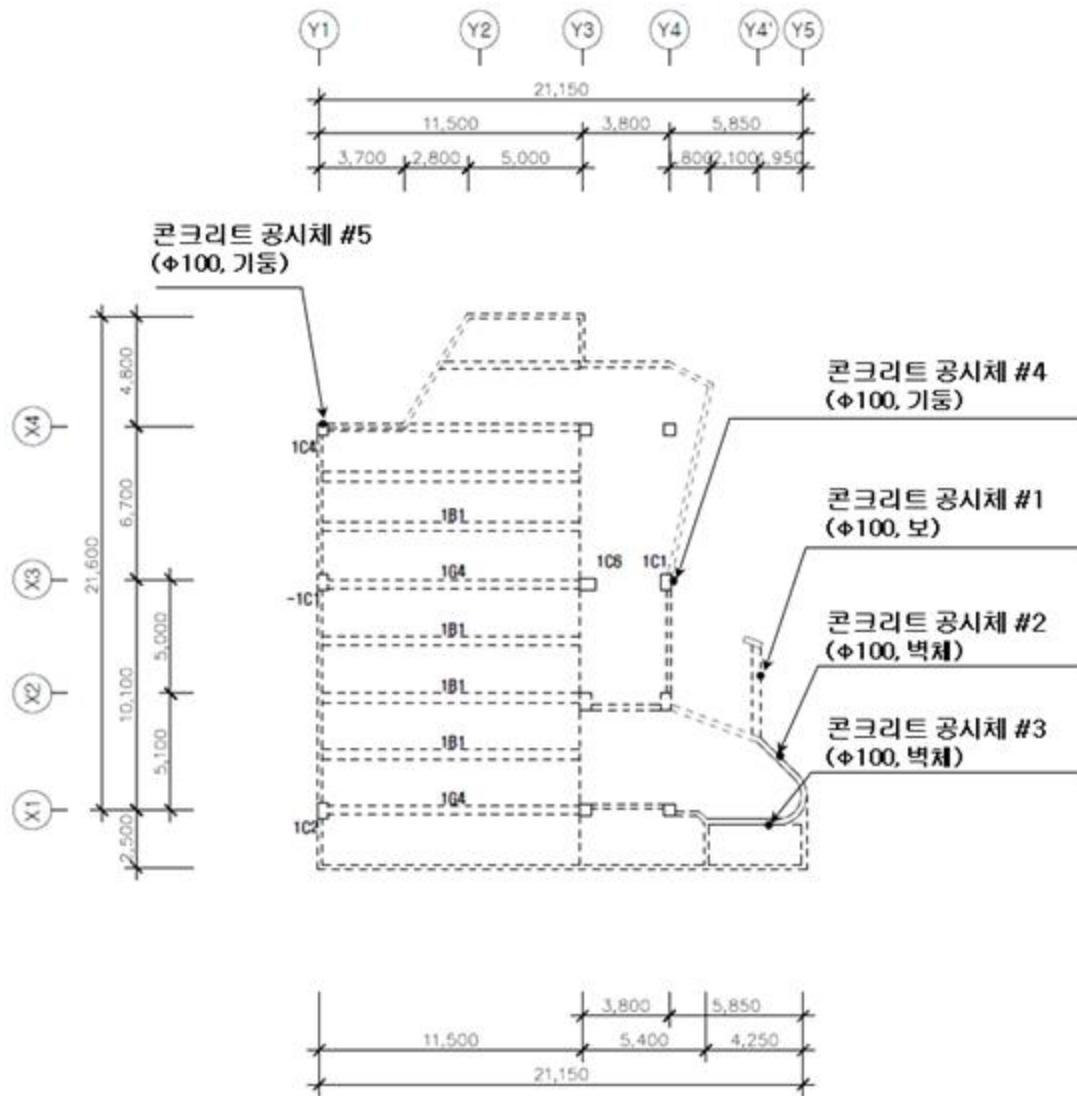
수 급 자 : 주식회사 다원이앤씨
지형이엔씨 주식회사

[그림 2-27] 학동4구역 석면철거 공사 계약서

제 3 장 현장시료분석

3.1. 콘크리트 강도

(1) 봉괴현장 콘크리트 공시체 채취 위치



[그림 3-1] 학동4구역 봉괴현장 콘크리트 공시체 채취 위치

- 봉괴 구조물의 콘크리트 재료강도를 파악하기 위하여 콘크리트 공시체 5개를 채취하여 압축강도시험을 실시 함.
- 봉괴 현장의 콘크리트 공시체 채취 위치는 [그림 3-1]과 같다. 봉괴 후 잔해 구조물에서 비교적 채취가 용이한 보부재 1개소(#1), 벽체 2개소(#2, #3) 및 기둥부재 2개소 (#4, #5)에서 각각 직경 100mm의 공시체가 채취되었음.([그림 3-2])

- 채취된 콘크리트 공시체는 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에서 KS F 2422:2017 시험방법에 의해 압축강도 시험이 실시되었음.
- 공시체 #3의 경우, 공시체 상하부 표면처리(연마) 과정에서 추가적인 균열 및 시험체 부적격 사항이 발견되어 최종적으로 제외되었음.



[그림 3-2] 학동4구역 봉괴현장에서 채취된 콘크리트 공시체

(2) 콘크리트 공시체 압축시험 결과

[표 3-1] 콘크리트 공시체 압축강도 시험 결과

번호	규격 [mm] (평균지름 × 높이)	부재정보	압축강도 [MPa]	비고
#1	98.74 × 184.22	보	12.2	
#2	98.89 × 184.82	벽체	22.4	
#4	98.99 × 191.03	기둥	14.8	
#5	99.06 × 190.86	기둥	15.7	

- 압축강도 시험 결과, #1, #4, #5 공시체에서 시공 당시 구조검토서에서 제시하는 21MPa 설계압축강도보다 작은값을 나타내었으며, 봉괴 당시의 충격으로 인해 균열 발생 등 추가적인 손상이 충분히 예측 가능한 상태로 건전한 상태의 공시체에 비해 낮은 값을 나타내고 있음을 유추 할 수 있음.
- 공시체 #2의 경우 22.4MPa의 압축시험 결과값을 나타내어 당초 설계압축강도 21MPa의 값과 거의 유사한 값을 나타내었음.

- 일반적으로, 구조체의 콘크리트 타설이 동일한 레미콘에서 이루어진다는 것을 감안하면 본 봉괴 구조체의 콘크리트 강도는 채취된 공시체 중 손상 정도가 가장 적은 것으로 판단되는 공시체 #2의 압축강도 22.4 MPa 정도의 성능을 가지는 것으로 판단할 수 있고, 당초 설계 압축강도 21 MPa 을 만족하는 것으로 판단됨.

[그림 3-3] 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 콘크리트 압축강도 시험성적서



코아 공시체 #1 시험 전



코아 공시체 #1 시험 후



코아 공시체 #2 시험 전



코아 공시체 #2 시험 후



코아 공시체 #4 시험 전



코아 공시체 #4 시험 후



코아 공시체 #5 시험 전

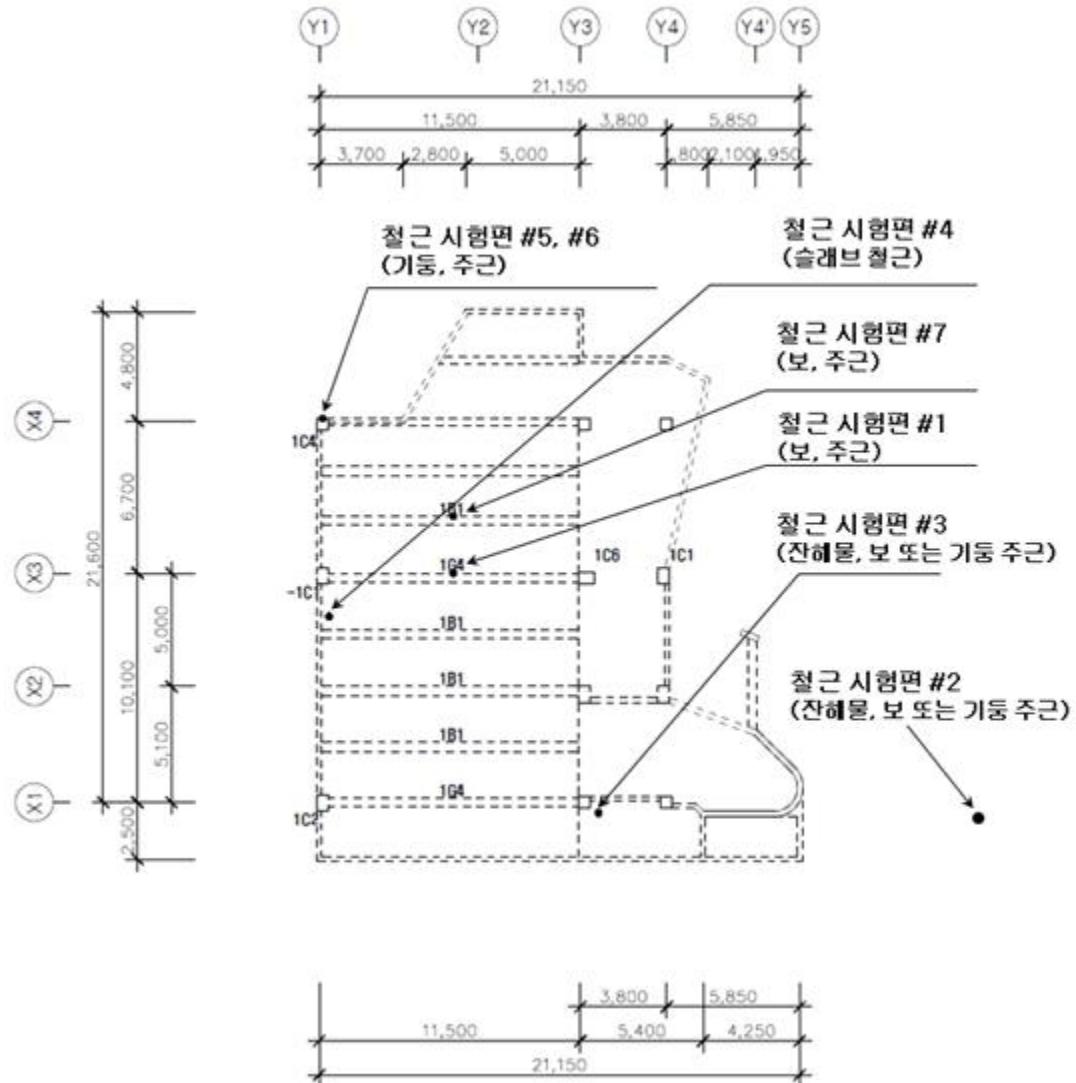


코아 공시체 #5 시험 후

[그림 3-4] 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 콘크리트 압축강도 시험전경

3.2. 철근 강도

(1) 봉괴현장 철근 시험편 채취 위치



[그림 3-5] 학동4구역 봉괴현장 철근 시험편 채취 위치

- 봉괴 구조물의 철근 재료강도를 파악하기 위하여 봉괴 잔존 구조물 및 잔해물에서 시험편 7개를 채취하여 인장강도시험을 실시함.
- 봉괴 현장의 철근 시험편 채취 위치는 [그림 3-5]와 같다. 봉괴 후 잔해 구조물에서 시험편 확보상태가 비교적 양호한 보부재의 주근에서 2개소(#1, #7), 기둥부재의 주근 2개소(#5, #6) 및 슬래브 철근 1개소(#4)가 채취되었음.
- 채취된 철근 시험편은 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에서 KS D 3504:2019 시험 방법에 의해 인장강도 시험이 실시되었음.

- 봉괴 현장의 잔해에서 채취된 철근 시험편 중에서 육안으로 판단하기에도 손상(휩) 정도가 심각한 철근 시험편 #1, #4 및 #5는 정확한 인장시험결과가 기대되지 않아 최종 제외 하였음.



[그림 3-6] 학동4구역 봉괴현장에서 채취된 철근 시험편

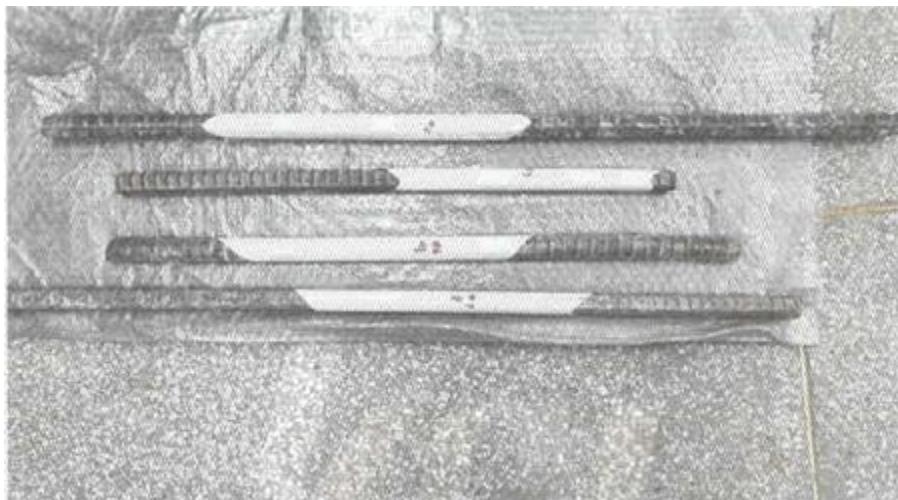
(2) 철근 시험편 인장강도시험 결과

[표 3-2] 철근 시험편 인장(최대)강도 시험 결과

번호	부재 정보	인장강도 [MPa]	비고
#2	보 또는 기둥으로 추정, 주근	557	
#3	보 또는 기둥으로 추정, 주근	514	
#6	기둥, 주근	419	
#7	보, 주근	517	
	평균	502	

- 철근 시험편의 인장(최대)강도 시험 결과는 최소 419MPa, 최대 557MPa의 시험값을 나타내어 인장강도 평균값은 502MPa로 나타났음.
- 당초, 구조검토서에서 제시하고 있는 사용 철근 SD300의 경우, $F_y = 300\text{MPa}$, $F_u = 440\text{MPa}$, 항복비(ζ) = 0.68의 규격이 사용된 것으로 나타났음.
- 따라서, 본 구조체에 사용 철근 항복강도는 $341\text{MPa} (=502 \times 0.68)$ 로 유추할 수 있어 제시된 설계항복강도(F_y) 300MPa을 상회하는 것으로 판단됨.

[그림 3-7] 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 철근 인장강도 시험성적서



철근 시험편 시험 전



철근 시험편 #2 시험 후



철근 시험편 #3 시험 후



철근 시험편 #6 시험 후



철근 시험편 #7 시험 후

[그림 3-8] 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 철근 인장강도 시험전경

3.3. 소결

(1) 시험결과

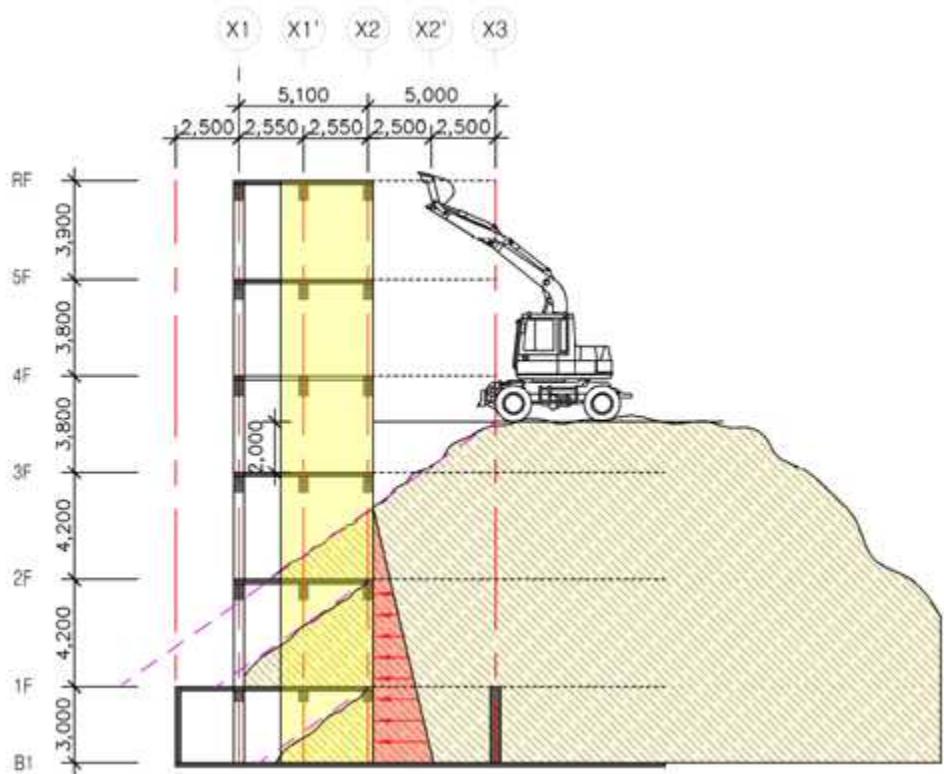
- 콘크리트 강도는 채취된 공시체 중 손상 정도가 가장 적은 것으로 판단되는 공시체의 압축강도 22.4MPa 정도의 성능을 가지는 것으로 보아 당초 설계압축강도 21MPa을 만족하는 하는 것으로 판단됨.
- 인장강도실험을 통하여 산정한 철근 항복강도는 341MPa로 추정되어 제시된 설계항복 강도(F_y) 300MPa을 상회하는 것으로 판단됨.

(2) 해석용 강도의 결정

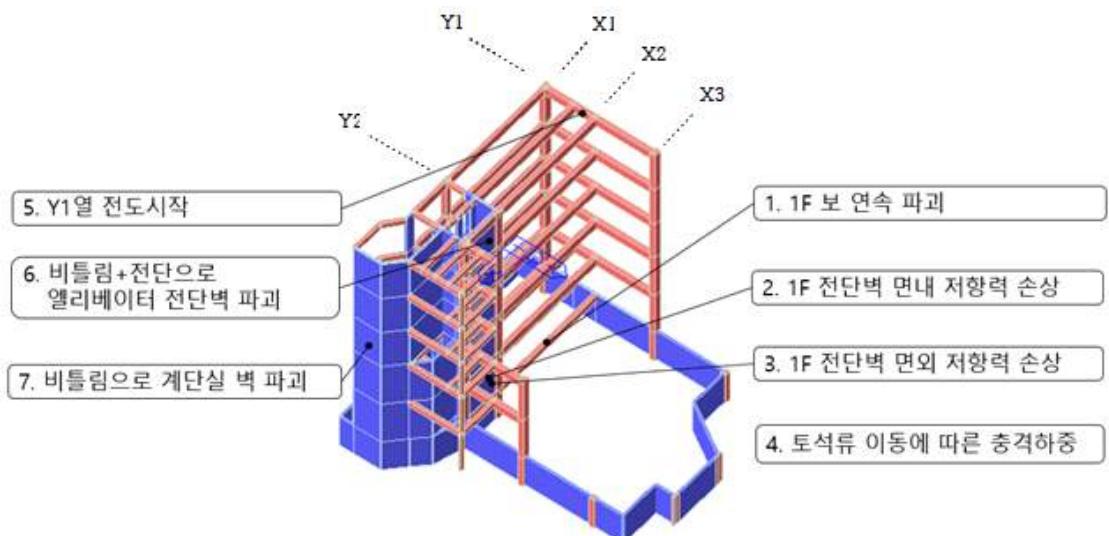
- 콘크리트의 강도와 철근의 강도는 기존의 강도를 상회하는 것으로 나타났으나 이러한 강도 값은 부재가 해체 및 붕괴 시 손상을 입은 것으로 추정되었음
- 따라서 콘크리트의 강도는 설계강도 21MPa를 사용하고 철근의 항복강도는 ‘기존시설물 (건축물)의 내진성능 평가요령(국토교통부, 2019)’ 표1.2.3에 따라 철근의 기대강도 360MPa을 사용하기로 함.

제 4 장 건물붕괴 원인 분석

4.1. 건물붕괴의 가설



[그림 4-1] 1층 붕괴전 건물 단면 개략도



[그림 4-2] 붕괴 시나리오



(a) 후면 해체 전경



(b) 상부 잔해 제거후 1층 보의 해체/파괴 모습



(c) 해체된 보와 파괴된 보의 철근 모습



(d) 전단벽의 파괴 모습

[그림 4-3] 붕괴전후 현장사진

- 붕괴 전후 확보된 사진, 자료와 청문을 종합하여 [그림 4-1]과 같은 붕괴 직전의 건물을 모형화하였음.
- 건물의 후면으로부터 X2 열까지 해체가 되어 X2~X3 열에 성토되었으므로 X1~X2 열 사이에는 [그림 4-1]과 같이 마찰각에 따라 토사가 쌓였을 것임.
- 이 성토된 흙의 자중에 의하여 가장 힘을 많이 받는 1층의 X1' 열 보 부재가 가장 먼저 파괴 되었을 것이며 추가 토사의 유입으로 1층의 나머지 보도 연쇄적으로 붕괴가 발생 하였을 것임.
- 1층에서 파괴된 보는 엘리베이터 전단벽의 양단부와 연결되어 있으므로 보의 단부 파괴는 전단벽에도 단부의 파괴를 초래하여 전단벽의 길이가 짧아지고, 이에 따라 전단벽의 내력 성능도 감소하게 됨.
- 토사의 붕괴 시 굴삭기가 미끄러지면서 건물에 충격하중으로 작용하여 이러한 영향이 건물에 미치는 영향을 분석할 필요가 있음.

- 1층 보의 붕괴로 토사가 지하층으로 급속히 유입되면서 상부에 있던 토사는 건물의 도로변 방향으로도 급속히 이동함에 따라 건물에 수평방향으로 충격하중을 주었을 것으로 예측됨.
- 수평력에 대하여 저항력이 작은 건물의 Y1 열이 수평하중에 의하여 과도한 횡변형이 먼저 발생하게 되고 건물의 전도가 시작됨(이 부분은 동영상으로 확인됨).
- Y1 열이 먼저 전도되는 비틀림 전도가 발생함에 따라 엘리베이터 전단벽이 1층에서 파괴되고, 그 이후 계단실벽이 파괴가 발생하여 전면으로 건물 전도가 발생한 것으로 추정됨.

4.2. 가설의 증명

4.2.1. 기준하중 및 해체하중

(1) 건물 하중

- 해당 건물의 고정하중은 설계도서 및 현장조사 결과의 근거하여 다음 [표 4-1]과 같이 표기하였음. 해당 하중은 철거 전 건물을 설계 할 때 사용된 하중임.

[표 4-1] 설계고정하중

실용도	고정하중		
	구분	두께(mm)	작용하중(kN/m^2)
지붕층	방수		1.95
	철근콘크리트 슬래브	120	2.88
	설비 및 천정		0.30
	합 계		5.20
기준층	마감	25	0.50
	철근콘크리트 슬래브	120	2.88
	설비 및 천정		0.30
	합 계		3.70
화장실	타일		0.20
	방수마감	50	1.00
	철근콘크리트 슬래브	120	2.55
	설비 및 천정		0.7
	합 계		4.80
계단	마감	82	1.64
	철근콘크리트 슬래브	268	6.44
	합 계		8.08

(2) 토압 하중

① 지반정수 산정

- 성토된 토사 및 콘크리트 잔재물은 입도분포가 불량한 자갈(GP) 또는 자갈-모래 혼합 토로 가정하였으며, 문헌자료를 근거로 보통 조밀도의 입도분포가 불량한 자갈(GP)의 지반정수를 [표 4-2]와 같이 산정하였음.

[표 4-2] 본 토압산정에 적용된 지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)			내부마찰각 ($^{\circ}$)	점착력 (kPa)
	건조, γ_d	습윤, γ	포화, γ_{sat}		
입도분포가 불량한 자갈 (GP)	18.0	21.0	22.0	35	0

[표 4-3] 토공재료의 개략적인 토질정수 (국토해양부, 2008. 9)

종 류	재료의 상태		단위 체적중량 (kN/m^3)	내부 마찰각 ($^{\circ}$)	점착력 (kPa)
흙 쌓기	자갈 및 자갈섞인 모래		다져진 것		20 40 0
	모래	다져진 것	입도가 좋은 것	20 35	0
			입도가 나쁜 것	19 30	0
	사질토	다져진 것		19 25	30이하
자연시료	점성토		다져진 것		18 15 50이하
	자갈	밀실한 것, 입도가 좋은 것		20.0 40.0	0.0
		밀실하지 않은 것, 입도가 나쁜 것		18.0 35.0	0.0
	자갈섞인 모래	밀실한 것		21.0 40.0	0.0
		밀실하지 않은 것		19.0 35.0	0.0
	모래	밀실한 것, 입도가 좋은 것		20.0 35.0	0.0
		밀실하지 않은 것, 입도가 나쁜 것		18.0 30.0	0.0
	사질토	밀실한 것		19.0 30.0	30이하
		밀실하지 않은 것		17.0 25.0	0.0
	점성토	단단한 것 (손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감)		18.0 25.0	50.0
		약간 연한 것 (손가락으로 중간 정도의 힘으로 들어감)		17.0 20.0	30.0
		연한 것 (손가락이 쉽게 눌러 들어감)		17.0 20.0	15.0
	점토 및 실트	단단한 것 (손가락이 세게 눌러 조금 들어감)		17.0 20.0	50.0
		약간 연한 것 (손가락으로 중간정도의 힘으로 들어감)		16.0 15.0	30.0
		연한 것 (손가락이 쉽게 눌러 들어감)		14.0 15.0	15.0

[표 4-4] 자연상태의 흙의 개략적인 단위중량, 간극비, 간극률(김, 1991; 임종철, 2010)

흙의 종류	흙의 상태	간극비	간극률 (%)	단위중량 (kN/m^3)		
				건조, γ_d	습윤, γ	포화, γ_{sat}
모래질 자갈	느슨	0.61 ~ 0.72	38 ~ 42	14 ~ 17	18 ~ 20	19 ~ 21
	조밀	0.22 ~ 0.33	18 ~ 25	19 ~ 21	20 ~ 23	21 ~ 24
거친 모래, 중간 모래	느슨	0.67 ~ 0.82	40 ~ 45	13 ~ 15	16 ~ 19	18 ~ 19
	조밀	0.33 ~ 0.47	25 ~ 32	17 ~ 18	18 ~ 21	20 ~ 21

[표 4-5] 흙의 일반적인 물성(Roy E. Hunt, 1987)

토질 종류	구성 토질	다짐정도	Dr(%)	N값	γ_d (kN/m^3)	ϕ (°)
자 갈	GW 입도분포가 양호한 자갈 자갈-모래 혼합	조밀	75	90	22.1	40
		보통	50	55	20.8	36
		느슨	25	< 28	19.7	32
	GP 입도분포가 불량한 자갈 자갈-모래 혼합	조밀	75	70	20.4	38
		보통	50	50	19.2	35
		느슨	25	< 20	18.3	32
모 래	SW 입도분포가 양호한 모래 자갈섞인 모래	조밀	75	65	18.9	37
		보통	50	35	17.9	34
		느슨	25	< 15	17.0	30
	SP 입도분포가 불량한 모래 자갈섞인 모래	조밀	75	50	17.6	36
		보통	50	30	16.7	33
		느슨	25	< 10	15.9	29
실 트	SM 실트질 모래	조밀	75	45	16.5	35
		보통	50	25	15.6	32
		느슨	25	< 8	14.9	29
	ML 무기질 실트 매우고운 모래	조밀	70	35	14.9	33
		보통	50	20	14.1	31
		느슨	25	< 4	13.5	27

② 토압산정방법

- 토압산정 방법 및 순서는 아래와 같음.
 - 연직전응력, $\sigma_v = \gamma \cdot z = \text{단위중량} \times \text{깊이}$
 - 간극수압, $u = \gamma_w \cdot z = \text{물의 단위중량} \times \text{깊이}$
 - 연직유효응력, $\sigma'_v = \sigma_v - u = \text{연직전응력} - \text{간극수압}$
 - 수평유효응력, $\sigma'_h = K \cdot \sigma'_v = \text{토압계수} \times \text{연직유효응력}$
 - 수평전응력, $\sigma_h = \sigma'_h + u = \text{수평유효응력} + \text{간극수압}$

여기서, 정지토압계수 $K_0 = 1 - \sin \phi$

$$\text{주동토압계수 } K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

내부마찰각 $\phi = 35^\circ$

- 본 현장의 경우 보는 관점에 따라 주동 또는 정지토압으로 볼 수 있음.

③ 산정 토압

- 콘크리트 잔재물에 살수가 된 점과 본 현장의 경우 물의 일부가 1층과 2층에 잔류하는 경우는 배수시설이 있는 포화상태의 수평토압으로 보는 것도 가능하나, 물이 지하층으로 흘러 갈 수 있음을 고려하여 토사는 습윤상태로 판단하였음.
- 따라서 본 현장의 경우 토사는 [표 4-1]의 습윤한 상태, 간극수압은 배제하고 주동토압을 적용하여 계산된 연직과 수평토압은 [표 4-6]과 같음.
- [표 4-6]에서와 같이 X2열에 대하여 마찰각에 따라 성토높이가 되었다면 1층에서 6.8m(경우 1), 2층에서 2.6m로 산정됨.
- 그러나 2층 보의 간섭으로 흙이 1층 전면방향으로 흘러 들어와 6.8m 높이에 상당하는 연직토압이 작용할 가능성이 적어서, 경우 2와 같이 2층에서부터 마찰각의 각도를 유지하여 1층으로 흘러들어 갔다고 가정하여 연직토압을 산정하였음(실제로 2층의 처짐에 의한 압력이 1층에도 전달될 가능성도 있으나 이는 무시함.).
- 그러나 전단벽에 작용하는 수평토압은 성토높이에 비례하므로 [표 4-6]의 경우 1의 값을 사용하였으며, [표 4-6]과 같이 X2열에서 1층(성토높이 6.8m)의 수평토압은 15.8kN/m^2 , 2층에서는 7.3kN/m^2 로 산정되었음.

[표 4-6] 연직 및 수평토압(주동토압으로 산정)

항목	열	1F 기준		2F 기준
		< 경우 1>	< 경우 2>	
성토높이 Z(m)	X3	10.4	10.4	6.2
	X2	6.8	4.2	2.6
	X1'	5.0	2.4	0.8
	X1	3.3	0.7	—
연직토압 (kN/m ²)	X3	218.4	218.4	130.2
	X2	71.0	44.1	26.9
	X1'	52.6	25.7	8.5
	X1	34.2	7.3	—
수평토압 (kN/m ²)	X3	59.2	59.2	35.3
	X2	15.8	12.0	7.3
	X1'	14.3	7.0	2.3
	X1	9.3	2.0	—
수직 등분포하중 (kN/m)	X2	88.7	55.1	33.6
	X1'	131.5	64.3	21.2
	X1	85.5	18.3	—

(3) 장비 하중

① 국내 도로교 설계기준(국토해양부, 2012)

- 건물 붕괴 시 굴삭기가 건물에 가한 충격하중은 국내 도로교 설계기준(국토해양부, 2012)에 근거하여 산정하였음.
- 굴삭기가 건물에 가한 충격하중에 대한 규정은 없으므로, 이와 유사한 국내 도로교 설계기준에 규정된 충격하중(IM)과 선박충돌하중(CV)으로 검토하였고, 그 내용은 다음과 같음.

3.7 충격하중 : IM

3.7.1 일반사항

3.7.2(매설된 부재)와 3.7.3(목재부재)에서 허용된 경우를 제외하고 원심력과 제동력 이외의 표준트럭하중에 의한 정적효과는 표 3.7.1에 규정된 충격하중의 비율에 따라 증가시켜야한다.

정적 하중에 적용시켜야 할 충격하중계수는 다음과 같다 : $(1 + IM/100)$
충격하중은 보도하중이나 표준차로하중에는 적용되지 않는다.

표 3.7.1 충격하중계수, IM

성 분	IM
바닥판 신축이음장치 모든 한계상태	70%
모든 다른 부재	피로한계상태를 제외한 모든 한계상태
	피로한계상태

다음과 같은 경우에는 충격하중을 적용할 필요가 없다.

- 상부구조물로부터 수직반력을 받지 않는 옹벽
- 전체가 지표면이하인 기초부재

충격하중은 4.7.2.1의 규정에 따라 충분한 증거에 의해 검증될 수 있다면 연결부를 제외한 다른 부재에 대하여 감소시킬 수 있다.

3.21 선박충돌하중 : CV

3.21.8 교각에 작용되는 선박 충격력

선박과 교각이 정면충돌하는 경우에 교각에 작용되는 힘은 식(3.21.17)과 같다.

$$P_s = 1.2 \times 10^5 V \sqrt{DWT}$$

(3.21.17)

여기서,

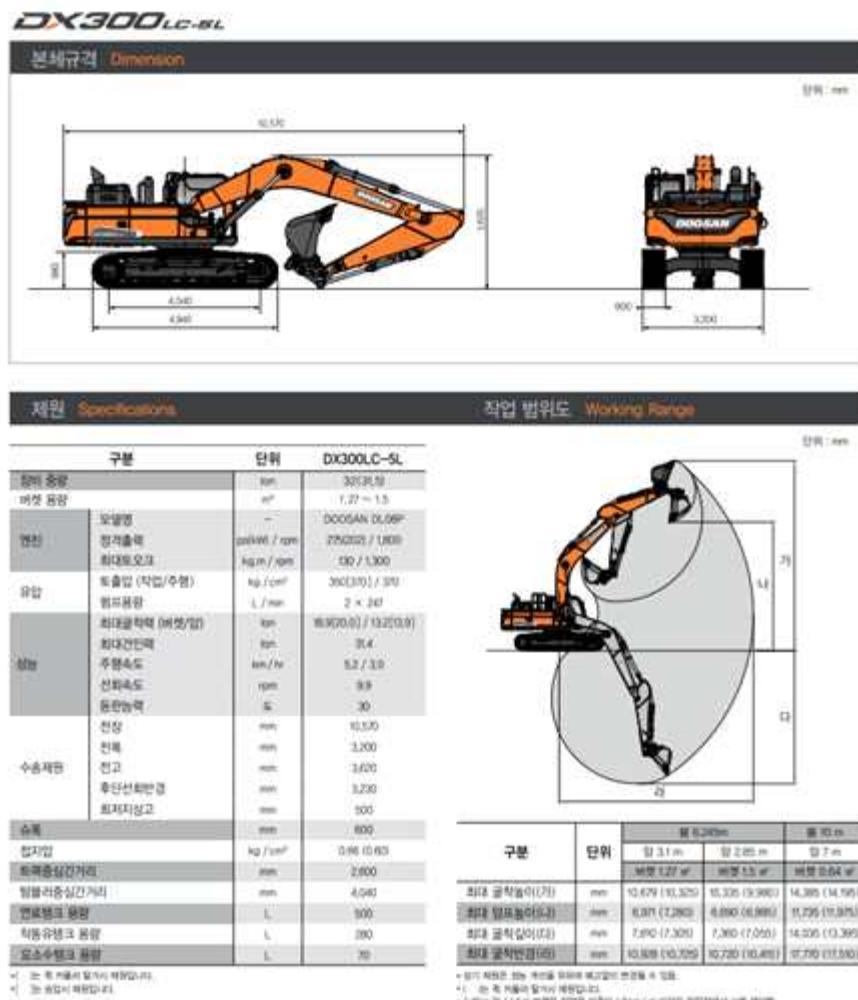
P_s = 등가 정적선박충격하중(단위 : N)

DWT = 선박의 적재중량톤수(단위 : metric ton)

V = 선박의 충돌속도(단위 : m/s)

② 장비의 제원 및 장비하중 산정

- 건물 해체공사 시 사용된 장비는 DX300이며, [그림 4-4]에 장비의 제원을 나타내었음.



[그림 4-4] 장비의 제원(DX300) (출처 : 두산인프라코어)

- 우리나라 도로교 설계기준(2012)을 따르면, 장비의 충격하중은 표 3.7.1의 충격계수를 고려하면 피로한계상태를 제외한 모든 한계상태에서는 $1+25/100 = 1.25$ 로 고려할 수 있다. 따라서 장비의 중량이 32톤이므로 충격하중은 $1.25 \times 32 = 40$ 톤으로 고려할 수 있음.
- 또한 선박충돌하중으로 고려하게 되면, 장비의 중량이 32톤이고 장비의 충격속도를 $0.5\text{m/s} (= 1.8\text{km/h})$ 로 가정하면 장비의 충격하중은 $P_s = 1.2 \times 10^5 \times 0.5 \times \sqrt{32} \times 10^{-4} = 33.9$ 톤으로 고려할 수 있음. 장비가 구조물에 충돌하는 속도를 정확히 알 수 없기 때문에 보수적으로 장비의 충격하중은 40톤으로 고려하는 것이 타당하다고 판단됨.

(4) 토사 충격하중

① 산정식

- 토석류의 충격하중은 정적하중과 동적하중으로 나눌 수 있으며 일반적으로 다음과 같은 형태의 식을 이용하여 계산되고 있음. 여기서, h 는 흐름 깊이, w 는 폭, β 는 충돌직전 정적 퇴적높이와 흐름 깊이 비율, k 는 정적 하중에 대한 계수, g 는 중력가속도, α 동적 압력계수

$$F = 0.5 k \rho g (\beta h)^2 w + \alpha \rho v^2 w \quad (4-1)$$

- 이 때 토석류의 충격력 계산을 위한 값은 많은 연구자들에 의하여 제시된바 있으며, [표 4-7]과 같이 대체로 1.0~5.5 정도의 범위를 가지고 있음.

[표 4-7] 토석류 동적압력계수, α

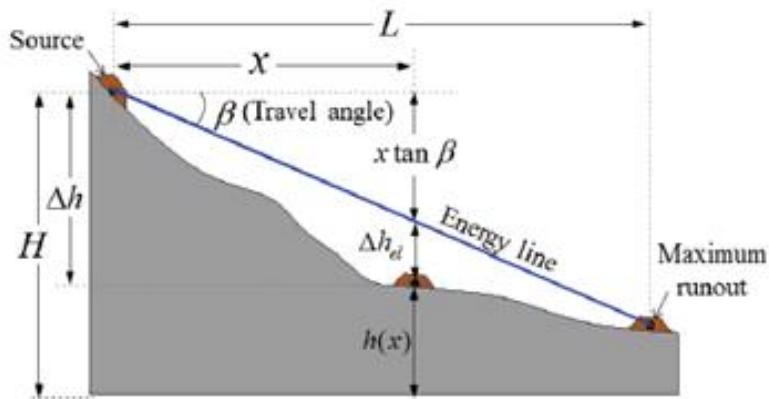
동적압력계수, α	제안자
$\alpha = 1.0$	VanDine(1996)
$\alpha = 3.0 \text{ to } 5.0$	Zhang(1993)
$\alpha = 1.0$ for circular structure	MLR(2004)
$\alpha = 1.3$ for rectangular structure	Lo(2000), Kwan(2012)
$\alpha = 1.5$ for square structure	Vagnon and Segalini(2016)
$\alpha = 2.5 \text{ to } 3.0$	Canelli et al.,(2012)
$\alpha = 2.0$	Hübl and Holzinger(2003)
$\alpha = 1.5 \text{ to } 5.5$	NILIM(2007)
$\alpha = 2.0 \text{ to } 4.0$	SWCB(2005)
$\alpha = 1.0$	
$\alpha = 1.0$	

② 충격하중

- 토질의 충격하중 시 속도 v 를 산정하기 위하여 위치에너지의 변화량이 속도로 변환되었다고 가정하였음.

$$v = \sqrt{2g \Delta h_{el}(x)} \quad (4-2)$$

여기서, Δh_{el} 는 속도산정 위치에서 토층의 높이의 변화량이고 g 는 중력가속도



[그림 4-5] 토사 붕괴면의 에너지 라인

- 식 (4-1)의 첫 번째 항의 영향은 미미하므로 무시하고 두 번째 항의 값만으로 이용하여 충격하중을 구하였음. 식 (4-2)에서 $\Delta h_{el} = 2.4$ m로 가정하였는데 이는 지하층의 붕괴로 인하여 수직 변형이 순간적으로 발생한 값으로 지하 층고(3.0m)에서 보의 춤(0.6m)를 뺀 것임.

$$v = \sqrt{2g \Delta h_{el}(x)} = 6.86 \text{m/sec}$$

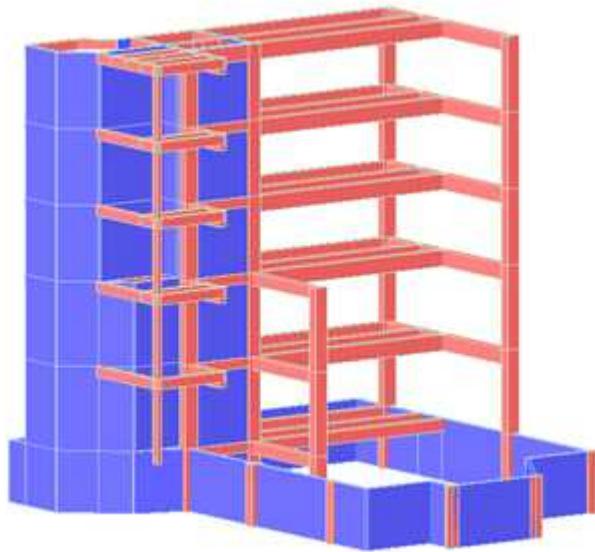
- [표 4-7]에서 토압충격계수를 최소값 $\alpha = 1.0$ 으로 가정하면 작용하는 압력은 987kN/m^2 가 되며, 2층 보의 춤이 0.8m이므로 단위길이 당 790kN/m 의 흉 하중이 작용하며, 보의 길이가 11.5m 이므로 $9,088 \text{kN}$ 이 토사 이동에 의한 2층에 충격하중으로 작용함.
- 2층 보외에도 1층과 2층의 X1과 X1 사이에 실내벽체와 외부벽체 등에 토사류의 충격하중이 발생하였을 것으로 추정됨.

4.2.2. 건물의 내력

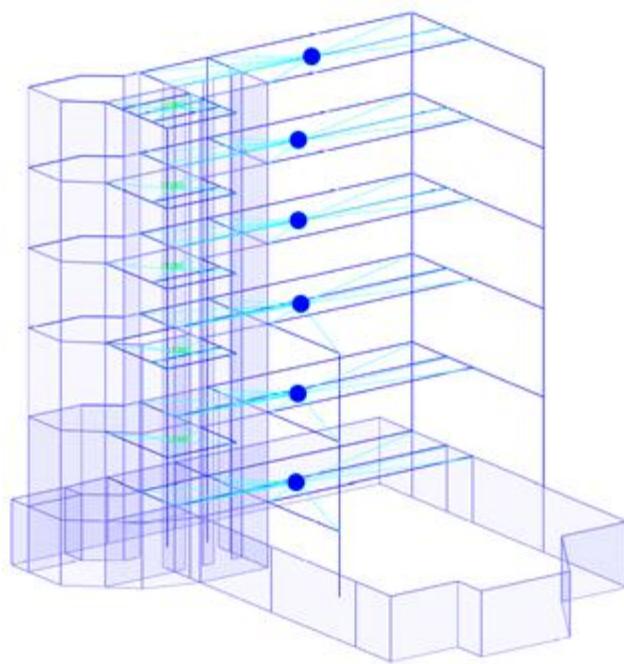
(1) 구조모델과 하중조합

① 다이어프램 설정조건

- 설계도서 및 현장조사 결과와 촬영된 사진 등을 종합하여 다음 [그림 4-6]과 같이 구조 해석 모델을 구성하였으며, 잔존하는 바닥판이 다이어프램(diaphragm, 격막) 거동하도록 [그림 4-7]과 같이 모델링하였음.



[그림 4-6] 구조해석모델 형상



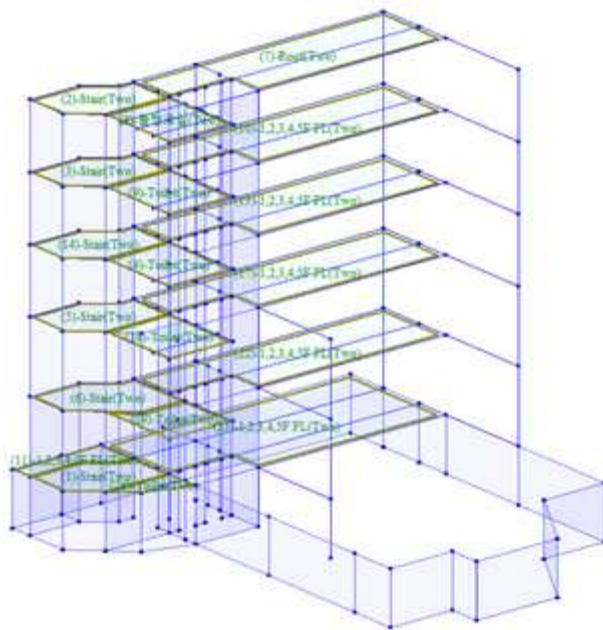
[그림 4-7] 남아있는 슬래브에 대한 격막정의

② 검토하중

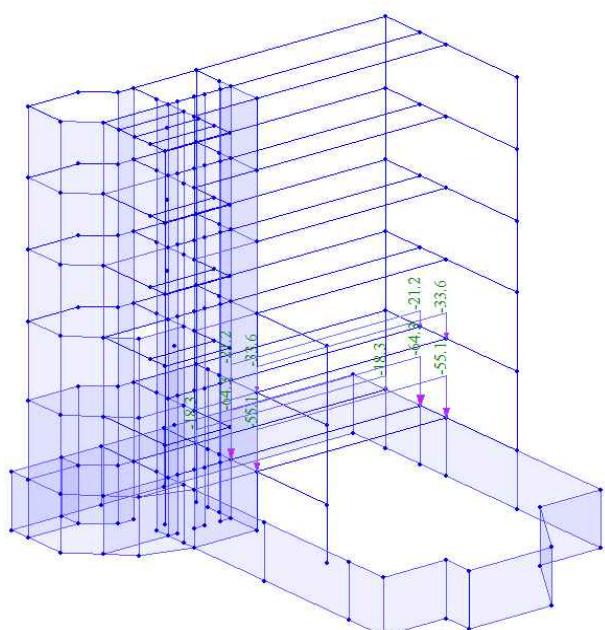
- 해당 건물의 구조검토를 위하여 다음 [표 4-8]과 같은 하중들을 구성하였음.

[표 4-8] 검토하중

기호	내 용
DL	슬래브의 자중을 포함한 고정하중
EV	성토에 의한 연직하중(굴삭기 영향 제외)
EH	성토에 의한 수평하중(굴삭기 영향 제외)
IM	굴삭기의 정적하중(5층 보에 수평방향으로 300kN)
SIM	성토에 의한 2층 보측면에 가력된 충격을 정적으로 변환한 하중($987\text{kN}/\text{m}^2$)

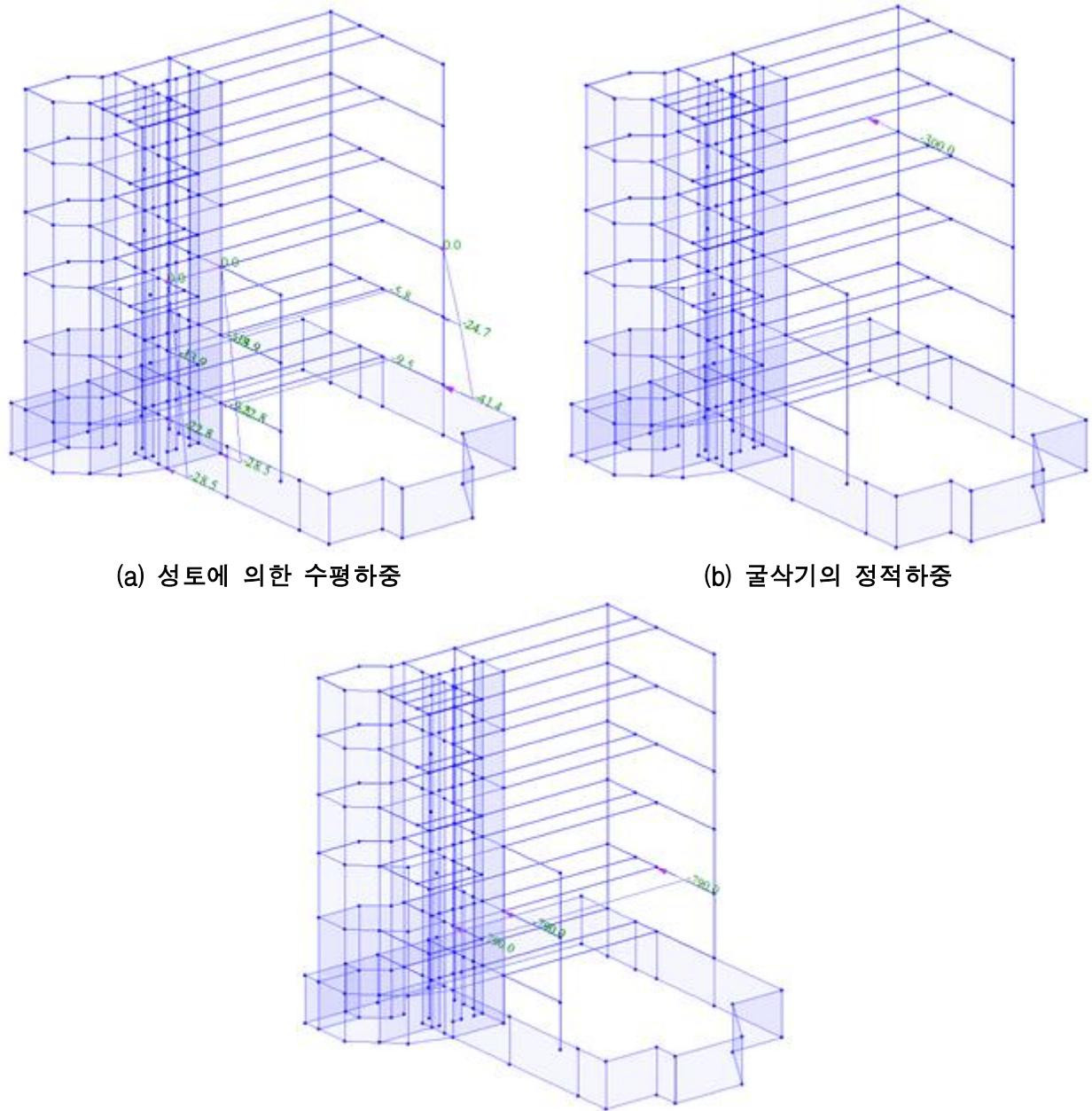


(a) 고정하중



(b) 성토에 의한 연직하중

[그림 4-8] 해석모델의 하중적용(계속)



③ 하중조합

- 구조검토를 위한 하중조합은 다음과 같음.

[표 4-9] 하중조합

기호	하중조합	내 용
LC1	DL + EV + EH	토압에 대한 안전성 평가
LC2	DL + EV + EH + 1.3IM	토압 및 굴삭기 충격하중에 대한 안전성 평가
LC3	DL + SIM	토압 이동에 따른 충격하중

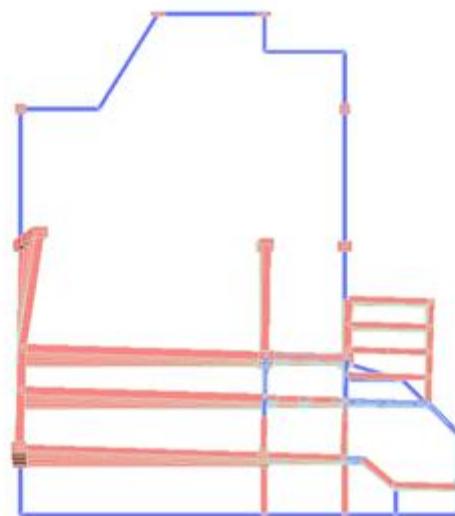
④ 재료강도

- 콘크리트 $f_{ck} = 21 \text{ MPa}$ (콘크리트 설계 강도 적용)
- 철근 $f_y = 360 \text{ MPa}$ (3.3절 참조)

(2) 해석결과

① 해석모델의 고유주기

- 고유주기 해석결과 X방향으로 주기 0.197초, 질량참여율 19.4%, Y방향으로 주기 0.313초, 질량참여율 29.6%를 확인함.



[그림 4-9] 1차모드의 고유주기 거동(DY방향)

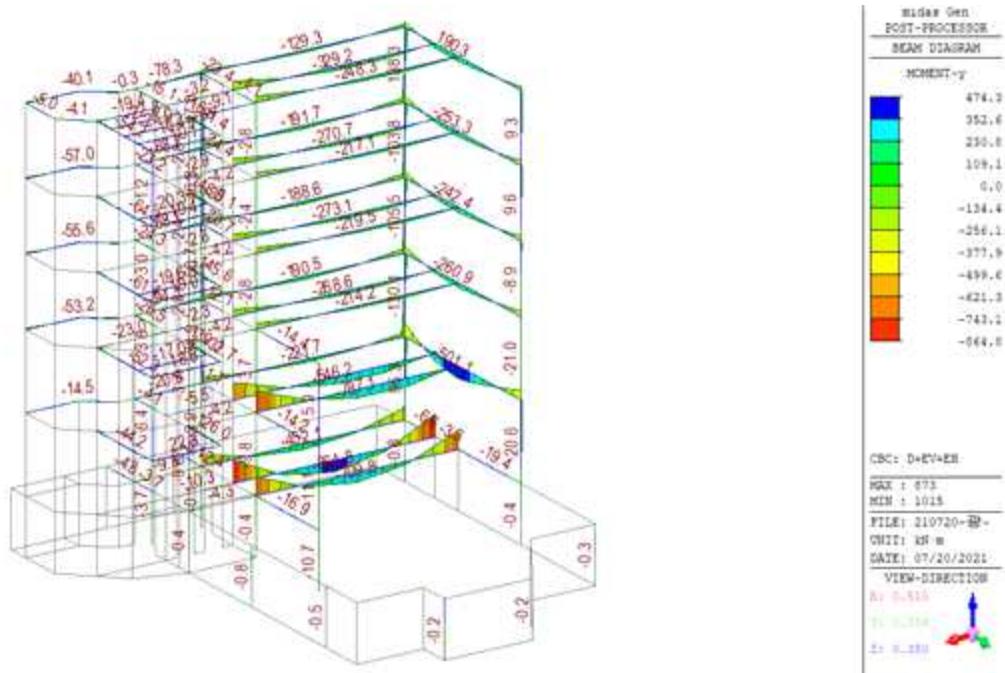
Node	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
EIGENVALUE ANALYSIS							
Mode No	Frequency (rad/sec)		Period (cycle/sec)		Tolerance		
1	20.0708		3.1944	0.3131	5.8578e-056		
2	23.3216		3.7118	0.2694	9.5096e-051		
3	31.9331		5.0823	0.1968	1.7583e-038		
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT							
Mode No	TRAN-X	TRAN-Y	TRAN-Z	ROTN-X	ROTN-Y	ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)
1	1.7221	1.7221	29.5629	29.5629	0.0004	0.0004	2.3445
2	3.4308	5.1529	8.6334	38.1963	0.0009	0.0013	0.8498
3	19.3881	24.5390	7.7401	45.9364	0.0780	0.0793	6.3283
Mode No	TRAN-X	TRAN-Y	TRAN-Z	ROTN-X	ROTN-Y	ROTN-Z	
	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS
1	11.5616	11.5616	198.4768	198.4768	0.0028	0.0028	377.8758
2	23.0333	34.5949	57.9620	256.4388	0.0062	0.0090	136.9696
3	130.1529	164.7477	51.9647	308.4034	0.5288	0.5378	1019.9512

[그림 4-10] 고유주기해석결과

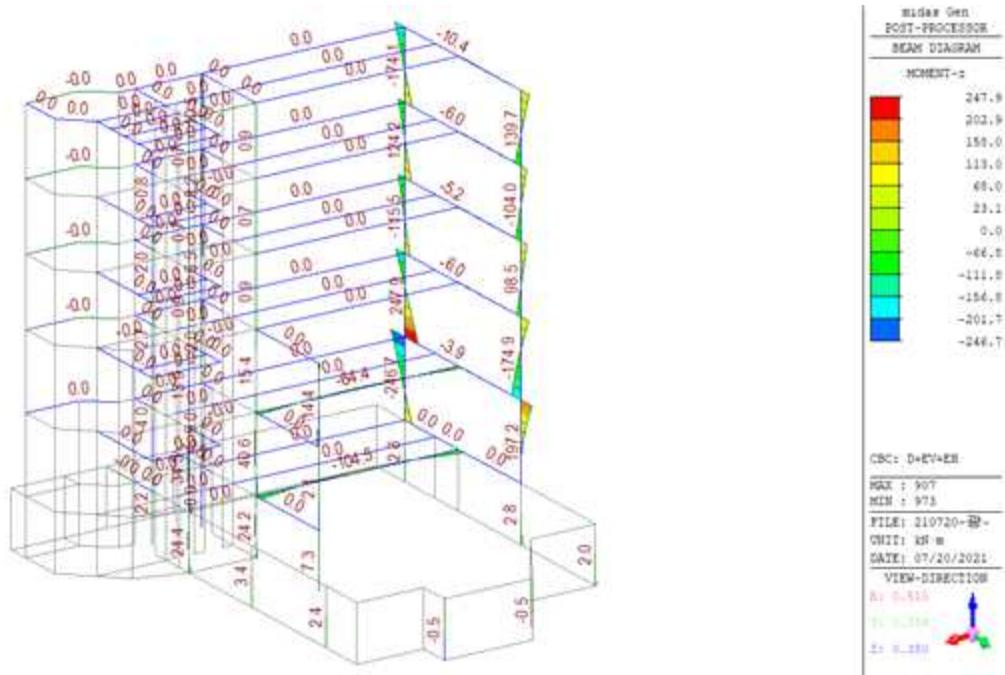
② 하중조합별 부재력

a) LC1 [D+EV+EH]

- LC1 하중조합에 대한 기둥과 보의 힘모멘트를 검토한 결과 강축방향 최대값 865kN·m, 약축방향 최대값 247kN·m임을 확인함.



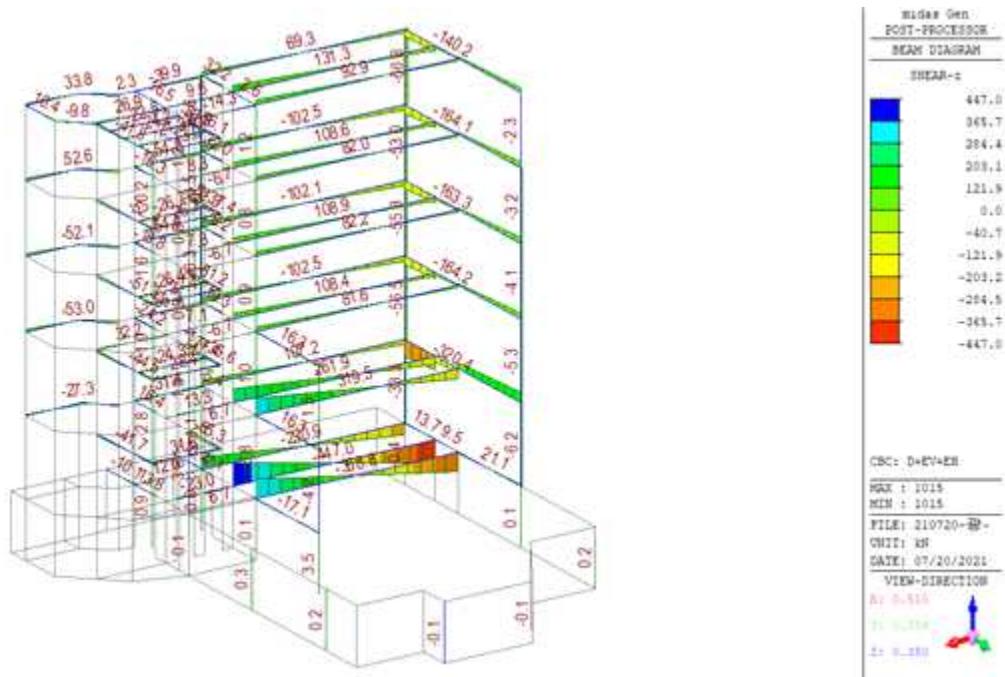
(a) 강축방향



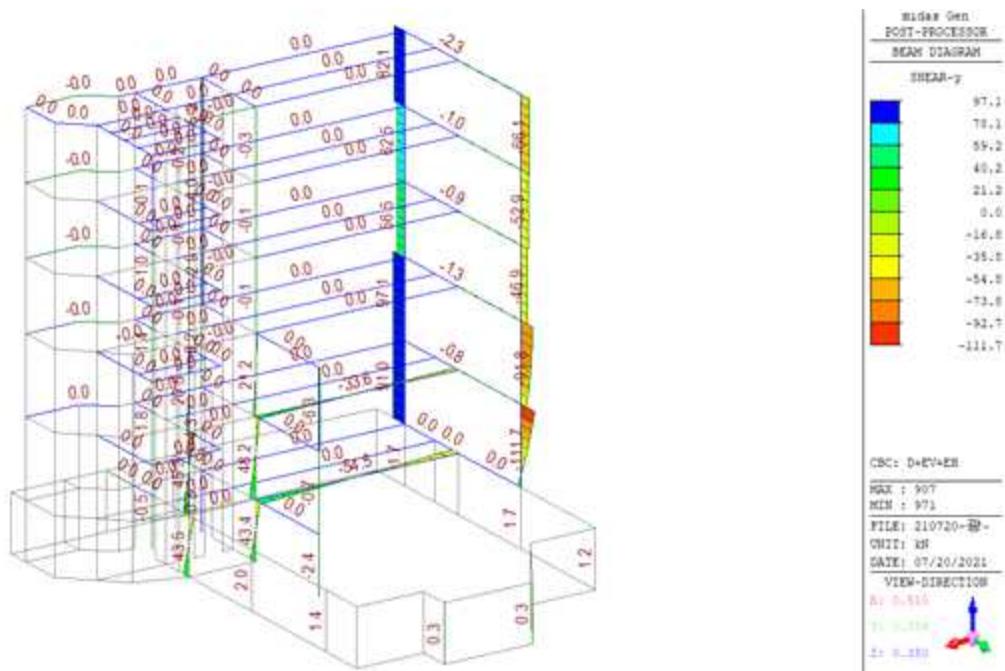
(b) 약축방향

[그림 4-11] 보/기둥 부재의 힘모멘트

- LC1 하중조합에 대한 기둥과 보의 전단력을 검토한 결과 강축방향 최대값 447kN, 약축방향 최대값 112kN 임을 확인함.



(a) 강축방향



(b) 약축방향

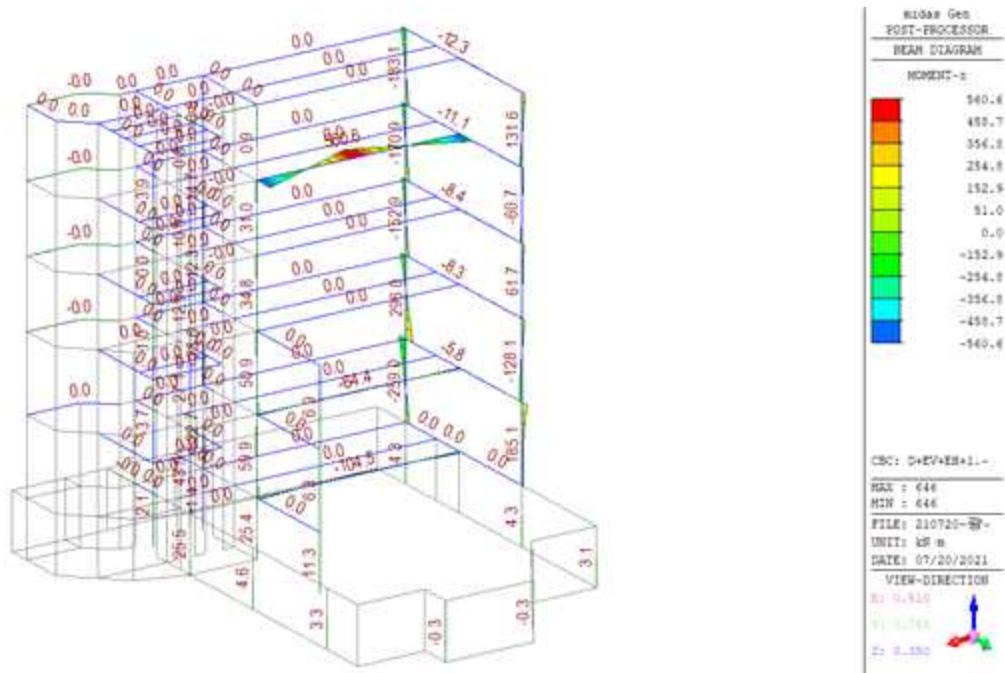
[그림 4-12] 보/기둥 부재의 전단력

b) LC2 [D+EV+EH+1.3IM]

- LC2 하중조합에 대한 기둥과 보의 힘모멘트를 검토한 결과 강축방향 최대값 865kNm, 약축방향 최대값 561kNm 임을 확인함.



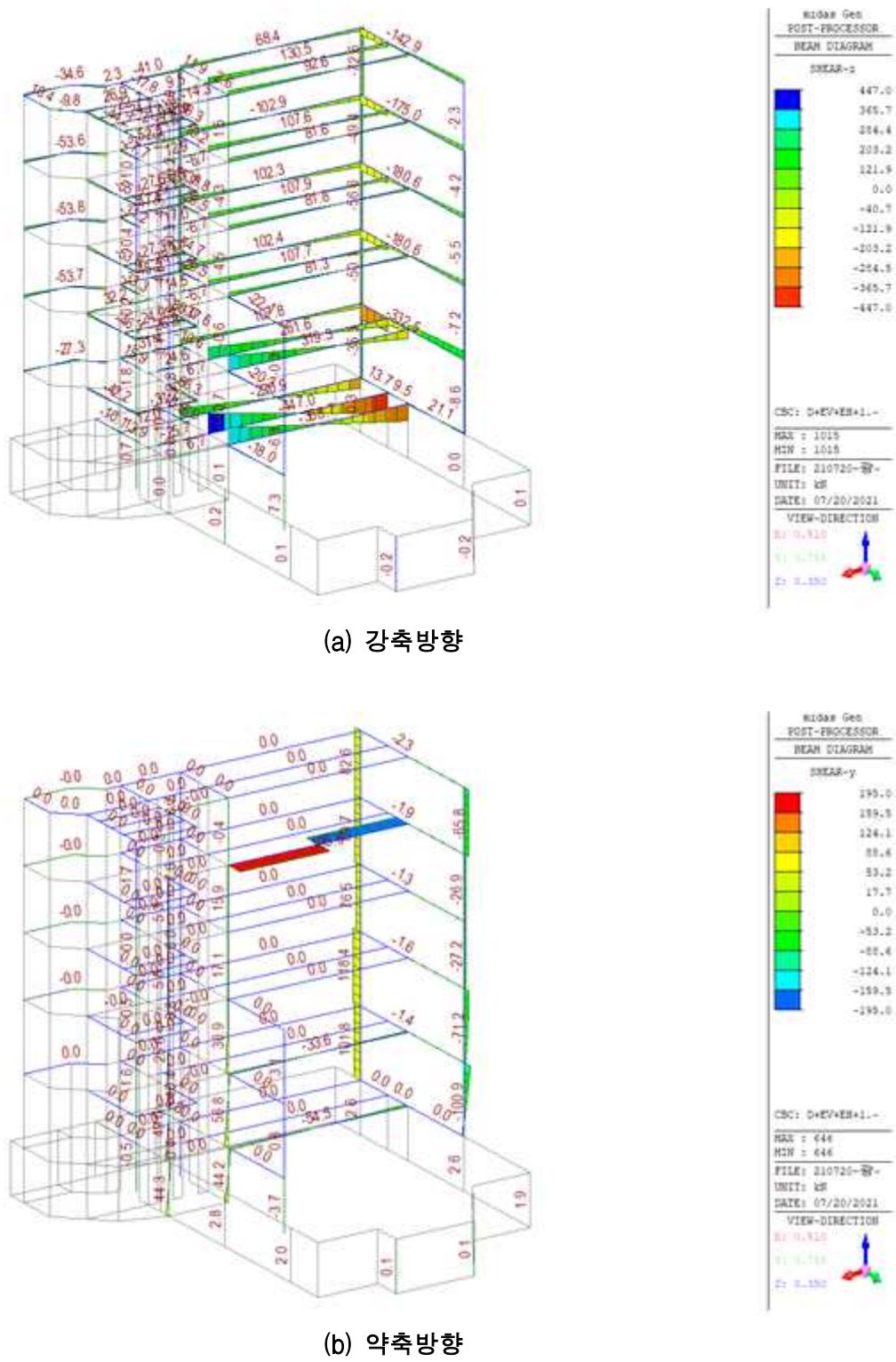
(a) 강축방향



(b) 약축방향

[그림 4-13] 보/기둥 부재의 힘모멘트

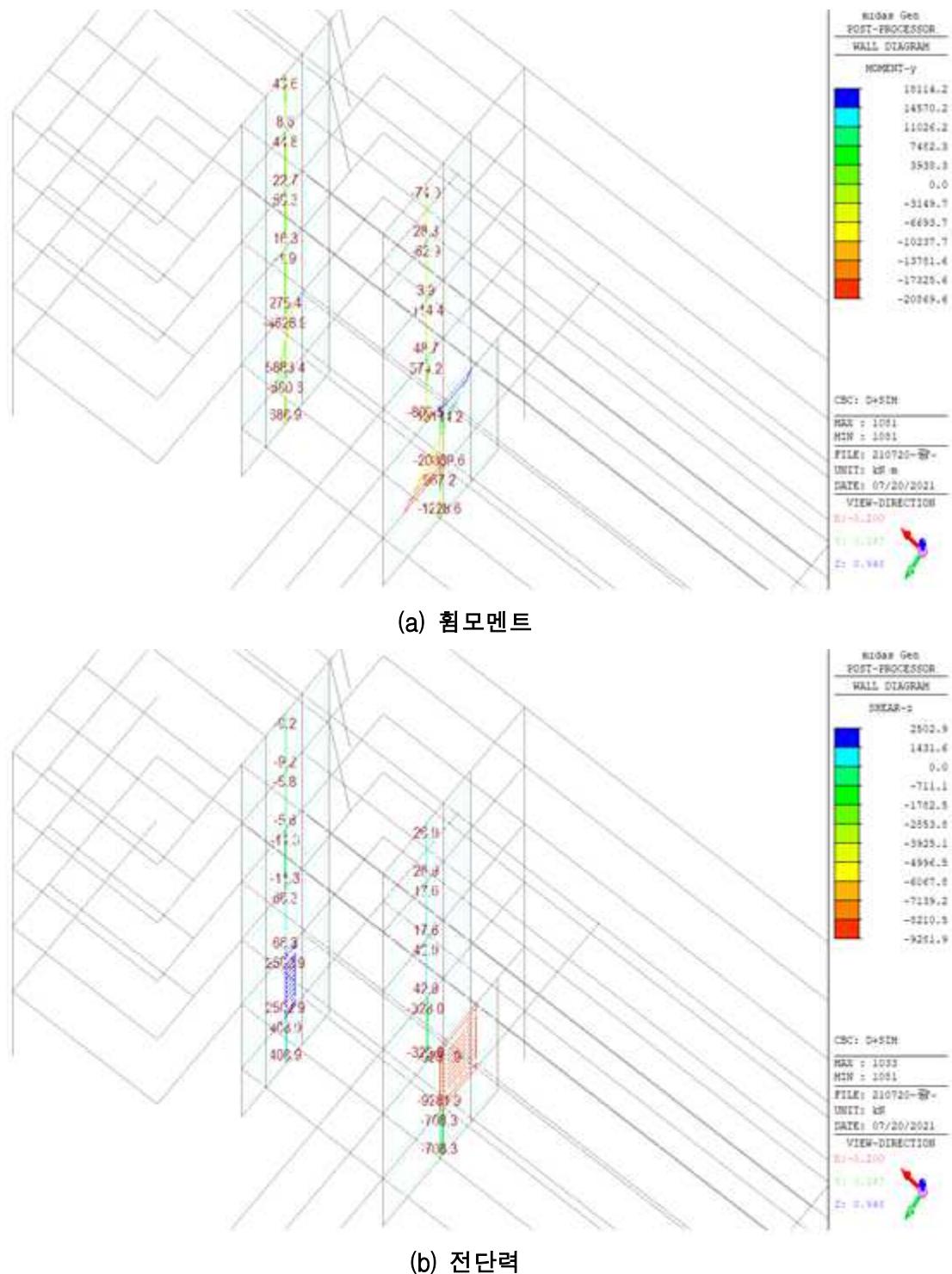
- LC2 하중조합에 대한 기둥과 보의 전단력을 검토한 결과 강축방향 최대값 447kN, 약축 방향 최대값 195kN 임을 확인함.



[그림 4-14] 보/기둥 부재의 전단력

c) LC3 [D+SIM]

- LC3 하중조합에 대한 벽체의 흐모멘트와 전단력에 대해 검토한 결과 최대값 20,870kN-m와 9,282kN임을 확인함.

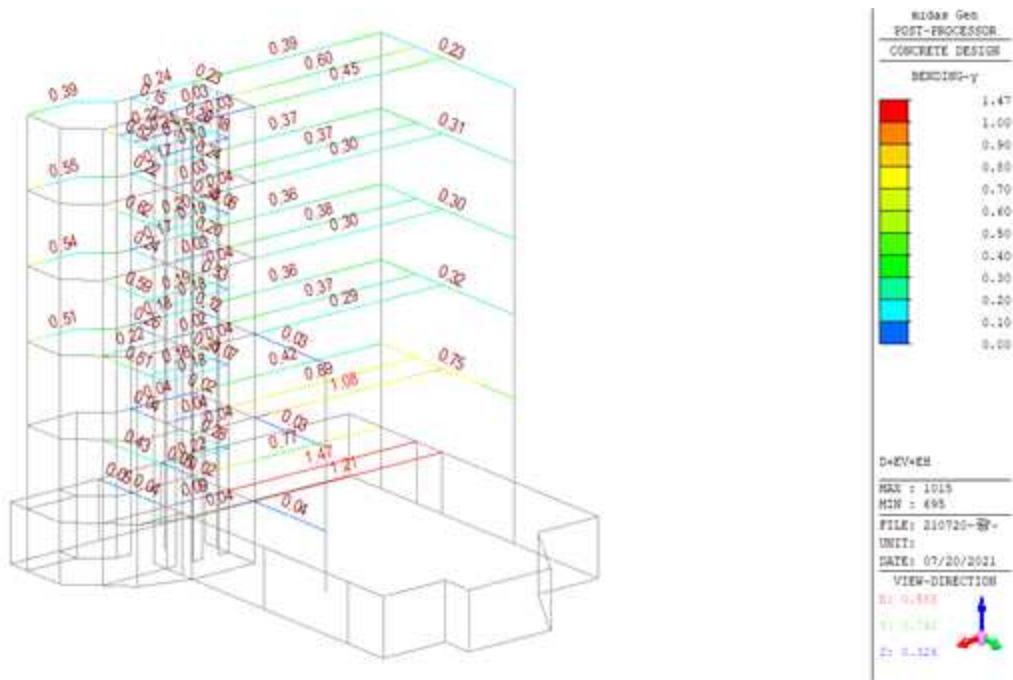


[그림 4-15] 코어 벽체의 부재력

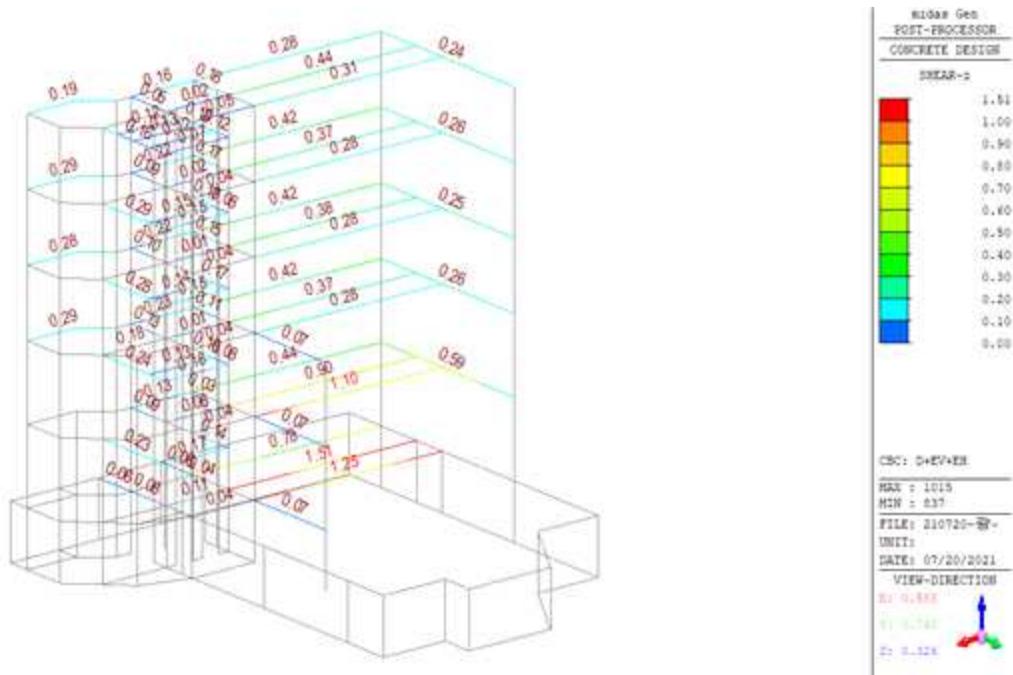
③ 부재내력비

a) LC1 [D+EV+EH]

- LC1 하중조합에 대한 보의 흠모멘트를 검토한 결과 최대내력비 1.47, 전단력을 검토한 결과 최대내력비 1.51 임을 확인함.



(a) 보 흠모멘트

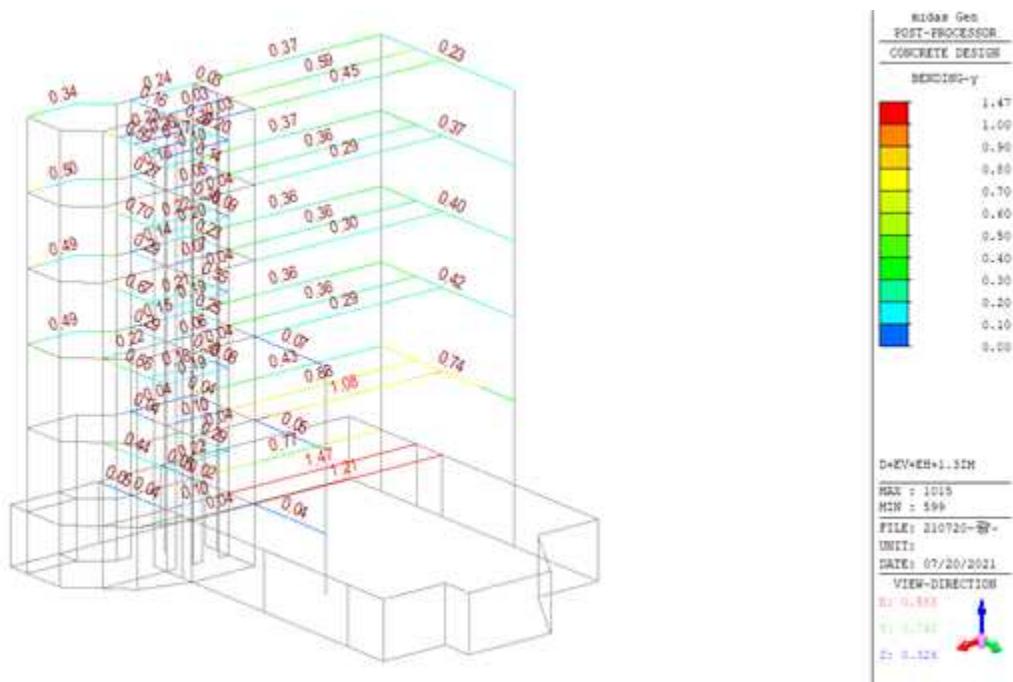


(b) 보 전단력

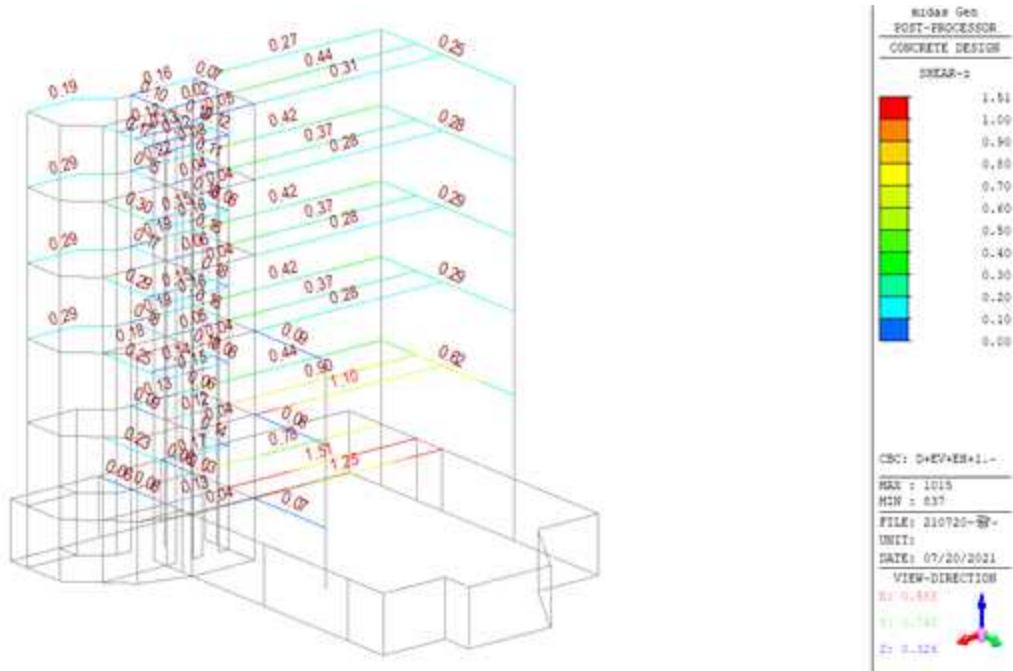
[그림 4-16] 보의 흠모멘트와 전단력 내력비

b) LC2 [D+EV+EH+1.3IM]

- LC2 하중조합에 대한 보의 휨모멘트를 검토한 결과 최대내력비 1.47, 전단력을 검토한 결과 최대내력비 1.51 임을 확인함.



(a) 보 휨모멘트

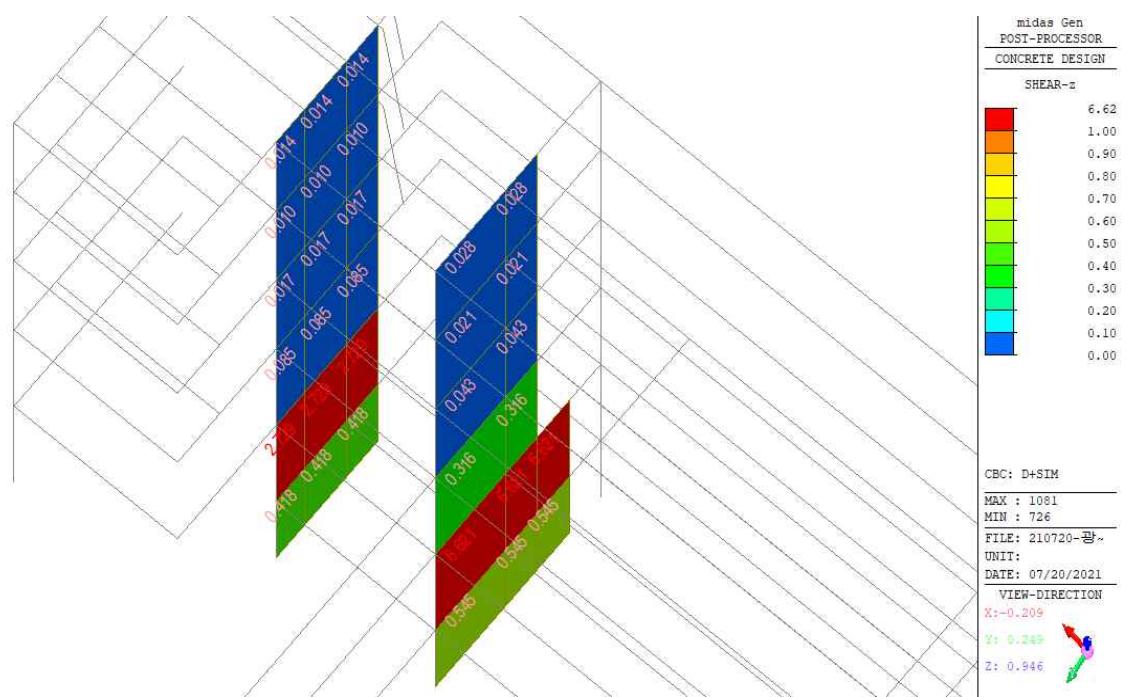
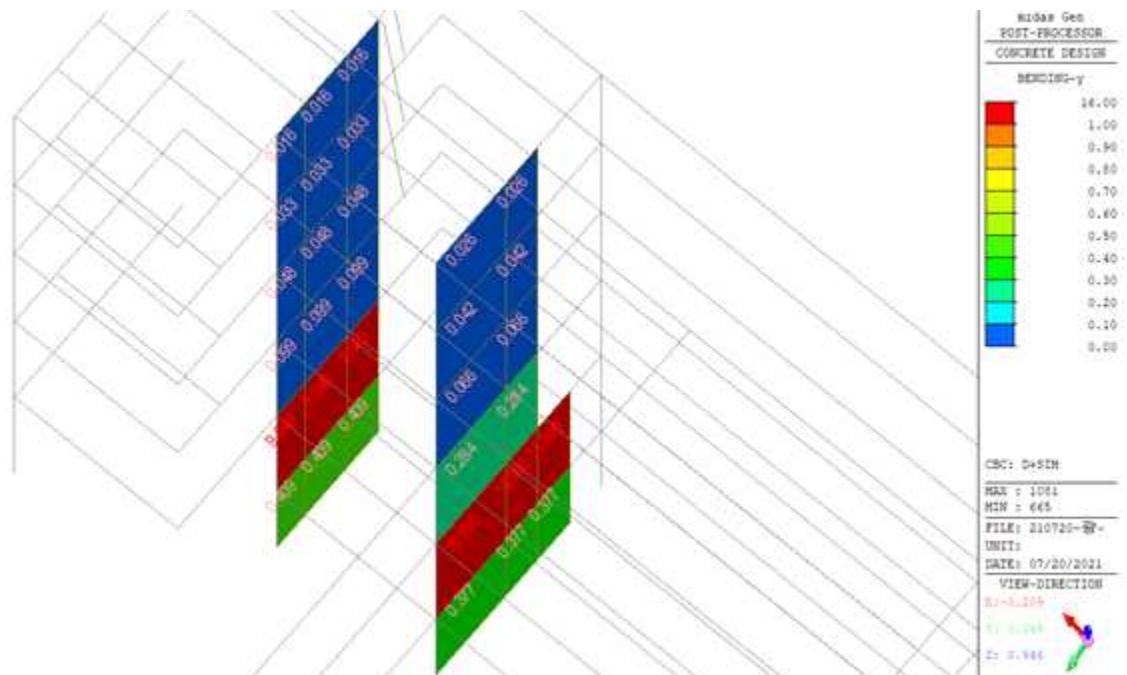


(b) 보 전단력

[그림 4-17] 보의 휨모멘트와 전단력 내력비

c) LC3 [D+SIM]

- LC3 하중조합에 대한 벽체의 휨모멘트를 검토한 결과 최대내력비 16.0, 전단력을 검토한 결과 최대내력비 6.62 임을 확인함.



[그림 4-18] 벽체의 휨모멘트와 전단력 내력비

(3) 해석결과 분석

- LC1~3 하중조합에 대한 부재력과 내력비의 검토결과는 [표 4-10]과 [표 4-11]과 같음.

[표 4-10] 하중조합별 부재에 작용하는 힘

Load Case	축력		보&기둥 휨모멘트		벽체 휨모멘트	보&기둥 전단력		벽체 전단력
	기둥	벽체	강축	약축		강축	약축	
LC1	1,586	1,102	865	247	540	447	112	247
LC2	1,645	1,147	865	561	1,530	447	195	606
LC3	1,558	1,225	278	4,543	20,870	278	4,543	9,282

[표 4-11] 하중조합별 부재 내력비

Load Case	기둥 휨모멘트 내력비		보 모멘트 내력비	벽체 휨모멘트 내력비	기둥 전단 내력비		보 전단 내력비	벽체 전단 내력비
	강축	약축			강축	약축		
LC1	0.41	0.41	1.47	0.13	0.24	0.14	1.51	0.18
LC2	0.45	0.45	1.47	0.58	0.24	0.15	1.51	0.44
LC3	1.56	1.61	0.98	16.0	0.95	0.56	0.45	6.62

- LC1은 자중과 토압, LC2는 LC1의 하중에 굴삭기의 충격하중을 추가하여 해석을 수행한 결과, 1층의 보가 파괴되는 것(최대내력비 1.51)을 확인하였으나 전단벽은 파괴되지 않음을 확인함.
- LC3는 1층 보 부재의 파괴로 토사의 이동에 의한 충격하중이 2층 보에 작용하는 경우에 대한 해석결과로, 전단벽 최대 내력비가 16.0으로 나타나 파괴됨을 알 수 있음.
- 따라서, 토사의 연직하중에 의한 1층 보의 파괴와 이에 따른 상부 토사의 이동에 의한 충격하중이 건물의 전단벽의 1층에서 파괴를 초래하여 건물을 도로변으로 전도시켰음.

4.2.3. 붕괴 과정

(1) 성토된 연직토압에 의한 1층 보의 취성파괴

- 성토된 토사에 의한 1층 보 부재의 내력비가 휨과 전단내력비가 모두 1.0을 초과하여 부재의 파괴가능성을 확인하였으며 보의 단부에서 휨내력비 1.51이 최대로 나타났음.

(2) 보의 단부와 연결된 전단벽의 단부 손상 및 전단벽 횡저항 능력 감소

- 보의 파괴로 말미암아 연결되는 테두리 거더와 Y3열 전단벽과의 접합부의 파괴가 발생하게 되었고 이에 따라 건물의 횡 저항 능력이 크게 저하하게 됨.

(3) 1층 이상에 있던 토사의 지하층 하부로의 유입

- 1층 보의 붕괴로 인하여 보의 춤을 뻔 층고 2.6m 만큼 갑작스럽게 토사가 지하층으로 이동

(4) 지하층으로 토사 이동에 따른 상부층 토사의 건물전면과 하부로의 유입

(5) 이동 토사에 의한 충격 하중이 건물 2층에 작용함

- 토사이동에 의한 충격하중이 주로 2층 보(춤이 800mm)에 작용하였을 것으로 가정함.

(6) 엘리베이터 전단벽의 파괴로 건물의 횡저항 능력 상실

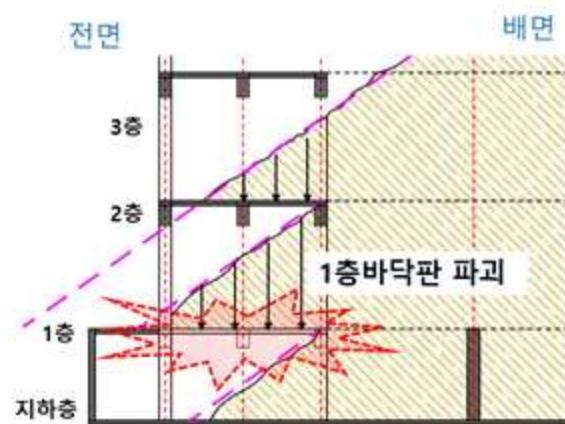
(7) 토사 충격하중에 의하여 기둥(Y1) 열부터 비틀림 전도 시작

(8) 토사 충격하중에 의하여 건물이 도로변 좌측으로 전도함

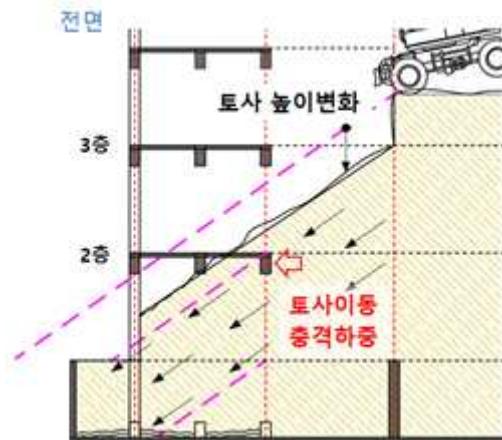
- 부분 해체된 건물은 비틀림 모드가 고유모드로 계산되었으며, 모드와 같이 전면 좌측방으로 비틀리면서 붕괴되었음.



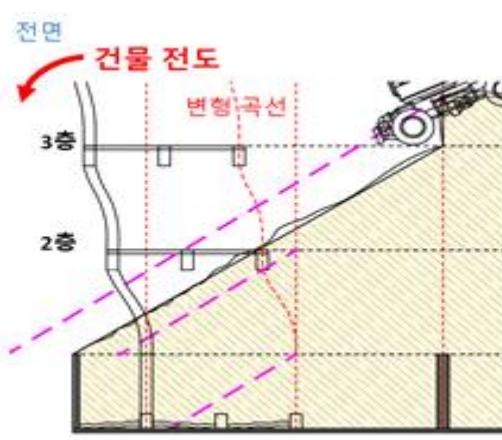
(1) 해체작업 중 구조물 배면의 성토형태 및 작용토압



(2) 연직토압에 의한 1층 바닥판 파괴후 지하층으로 바닥판이 내려 앓음



(3) 바닥판 붕괴후 토사 이동에 따른 충격하중이 2층에 작용



(4) 토사 충격하중에 의한 기둥과 벽체 파괴 후 건물 전도

[그림 4-19] 붕괴과정 개요도

4.3. 소결

4.3.1. 건물의 붕괴 가설과 증명

- 붕괴 전후의 자료를 취합하여 붕괴 전 건물의 구조 해석 모델링을 작성하고 총 3가지 (LC1~LC3)의 하중조합에 대하여 건물 구조해석을 수행하여 건물의 내력비=(부재에 작용하는 힘)/(부재의 내력)를 검토하였음.
- LC1은 자중과 토압, LC2는 LC1의 하중에 굴삭기의 충력하중을 추가하여 해석을 수행한 결과, 1층의 보가 파괴되는 것(최대내력비 1.51)을 확인하였으나 전단벽은 파괴되지 않음을 확인함.
- LC3은 충격 토압 검토 결과 전단벽이 파괴되는 것(최대 내력비 16.0)을 확인하여 건물의 전도현상을 설명 할 수 있었음.
- 1층 보의 붕괴로 인해 성토된 토사가 지하층으로 2.4m 내려앉게 될 것이며, 이에 따라 토사가 전면과 하부 방향으로 갑작스럽게 이동하게 되어 충격 토압이 건물에 작용할 것으로 예측하였음.
- 충격 토압에 엘리베이터의 벽체가 파괴되어 횡방향 저항력을 손실한 건물은 도로변으로 전도하였음.
- 전도는 기둥의 열(Y1열)부터 진행되어 비틀림으로 발생하여 최종적으로는 계단실의 벽체도 비틀림으로 파괴되고 건물은 도로변 좌측방으로 전도됨.

4.3.2. 시사점

- 건물의 내부를 부분 해체하고 성토하여 건물의 나머지를 해체하는 공법은 보 부재에 매우 큰 토압의 연직하중을 가하여 보의 파괴를 유발하며, 이러한 보 파괴는 경우에 따라서 예측하기 어려운 건물의 붕괴를 야기할 수 있음.
- 따라서 건물의 내부를 부분해체하는 공법을 사용할 경우에 성토의 공법은 배제되어야 하며, 잭서포트 등을 이용한 구조 보강이 되어야 함
- 이번 건물과 같이 스펜 11.5 m 보가 일방향으로 배치된 건물의 경우와 같이 특별한 구조물에 대한 전문가의 구조 검토를 받을 수 있는 제도적 장치가 필요함.
- 살수는 토사의 내부마찰각의 감소와 비중을 증가시켜 토사에 의한 하중을 증가시키는 요인이 되므로 해체공사 시 살수량에 따른 해체시 안전성을 검토하여야 함.

제 5 장 사고 원인

5.1. 직접적인 원인

- 3층 이상, 즉 10m 이상으로 성토된 토사의 연직하중에 의하여 1층 보에 붕괴가 발생 하였음.
- 1층 보의 붕괴로 인하여 성토된 토사가 지하층으로 유입되면서 상부의 토사는 건물의 전면과 하부 방향으로 이동하였으며, 이동 토사는 건물의 2층과 1층에 충격 하중으로 작용하여 건물이 전도되었음.
- 사고가 난 건물은 11m를 상회하는 장스팬의 보가 전단벽과 기둥에 연결되는 구조이므로 1층의 보의 파괴함에 따라 연결되는 테두리 거더와 전단벽과의 접합부의 파괴가 발생하게 되고 이에 따라 건물의 횡 저항 능력이 크게 저하하게 되는 특이한 구조 형태이나, 이에 대한 전문가 검토 없이 계획과 다른 무리한 철거 방식이 붕괴사고를 일으키게 됨.
- 비산먼지 방지를 위한 살수는 토사의 내부마찰각을 감소시켰고 토사 비중을 증가시키므로 토사의 충격하중을 증가시켰을 것으로 사료됨.

5.2. 간접적인 원인

- 구조의 안전성 등이 전혀 검토되지 않은 부실한 해체계획서가 작성되었고, 시공사는 해체 계획서 상의 공법에 대한 변경 · 검토 없이, 관행적인 철거공법을 무리하게 변경 · 적용하여 사고가 발생된 것으로 사료됨.

(1) 해체계획서 분석 결과

- 광주 학동 해체건물의 해체계획서를 “건축물 관리법 제30조, 제31조 및 제32조에 따른 「건축물 해체계획서의 작성 및 감리업무 등에 관한 기준」에 따라 검토하였음.(상세내용은 부록 참조)

※ 아래의 검토항목은 해체공사 범위 및 건축물의 특성에 따라 변동이 가능하며, 검토 결과 및 적합성은 검토를 수행한 전문가의 의견에 따라 상이할 수 있음.

- 「건축물 해체계획서의 작성 및 감리 업무 등에 관한 기준」에 대한 적합성 검토 결과는 아래와 같으며 해체계획서의 부적합율은 80.5%로 분석되었음.

순번	항목	적합	미흡	부적합	해당없음
1	일반사항	2	0	1	0
2	사전준비단계	0	8	10	13
3	건축설비의 이동, 철거 및 보호	0	2	10	0
4	작업순서, 해체작업, 구조안전계획	1	0	24	1
5	안전관리대책	0	2	10	0
6	환경관리계획	0	1	11	0
소계	총 82개 항목	3	13	66	14
	비율	3.6%	15.9%	80.5%	—

- 해체계획서의 부적합 판정 항목 66개에 대하여 해체계획서에는 반영했으나 오류 또는 누락 여부 조사 결과 아래와 같으며 항목 대부분은 작성자가 누락(92.4%)한 것으로 조사되었음 .

순번	부적합 항목	개수	누락	오류
1	일반사항	1	0	1
2	사전준비단계	10	9	1
3	건축설비의 이동, 철거 및 보호	10	9	1
4	작업순서, 해체작업, 구조안전계획	24	22	2
5	안전관리대책	10	10	0
6	환경관리계획	11	11	0
소계	총 66개 항목	66	61	5
	비율	100%	92.4%	7.6%

- 광주 학동 해체건물의 해체계획서에 대한 기준 적합성을 분석한 결과 82개의 작성의무 항목 중에서 66(80.5%)개가 부적합한 것으로 조사되었고 66개 부적합 항목 중 61개 (92.4%) 항목이 누락될 정도로 조사되었는데 이는 작성자와 검토자의 전문성의 부족으로 판단됨.

(2) 현장 조사 결과

- 금번 붕괴사고와 관련하여 시공관리분야를 검토결과, 발생된 재해는 최초 인·허가부터 최종 해체공사 실행까지 사고를 방지할 수 있었던 단계가 충분했음에도 불구하고 관련자의 역할과 의무가 축소되고 기본적인 기술검토가 누락되어 발생된 재해로 분석되었음.

- 인·허가 단계는 원청사의 의무 부과, 해체계획서 작성 부실 지적, 현장 외부사고 안전 대책 수립 지도 등의 역할을 수행할 수 있었으나 형식적인 절차에 그침.
- 조합측의 감리업무 계약 시 해체작업자를 한솔기업으로 명시하고 원청사인 현대산업개발을 배제한 것은 이미 계약단계에서 시공관리 체계의 혼선을 초래한 것으로 볼 수 있음.
- 감리업무는 기술적인 측면에서 시공관리 각 단계마다 핵심적인 역할을 수행해야 하나 해체계획서 검토, 감리업무 계약조건 이행, 건축물관리법 상 감리업무 수행 등이 제대로 실행되지 않았음.
- 현대산업개발과 한솔기업 간 해체공사 계약서의 “철거공사 특기시방 기준”에는 철거공사 중 발생될 수 있는 사고에 대비하기 위한 절차가 명기되어 있었으나 지켜지지 않았음.
- 현대산업개발과 한솔기업 간의 회의록 내용을 검토해 보면 최초 작성된 해체계획서 철거 방식과 다른, 금번 붕괴건물에 적용된 유사한 철거방식이 논의 되고 실제 적용되어 왔으나 해체 시 발생 가능한 구조적인 검토내용은 없었음.
- 해체방식은 대상건물의 구조적특성, 외부 인접조건 등을 종합적으로 고려하여 최종 결정 되어야하고 공법을 변경하는 경우 적합한 검토와 절차를 거쳤어야 하나 이루어지 않았음.

제 6 장 재발방지대책

6.1. 해체계획서

- 해체계획서 작성 또는 검토 시에 해체단계별 구조안전검토를 수행할 수 있는 해당 분야 전문가가 참여하도록 함.
- 해체계획서 작성 시 버스정류장 또는 지하철 출구 등 다중이 이용하는 도로교통시설에 대하여는 공사기간 동안 이동 또는 폐쇄를 원칙으로 검토·작성토록 함.
- 넓은 지역내 여러 동을 해체하는 경우 해체심의 신청자는 현장 여건을 고려한 해체공사 종합계획을 마련하여 해체심의를 신청, 허가권자는 심의를 통해 적정성 검토·승인.
- 해체단계별 구조검토 및 전도방지 대책 등을 포함한 가이드라인을 작성하여 해체계획서의 작성자(또는 검토자)에 상관없이 계획서의 수준편차를 최소화함.

6.2. 인허가 및 민원관리 측면

- 건축물 해체허가신청 시(해체신고서 작성 시) 시공자 칸에는 원도급사를 기재하도록 하여 이를 통해 원도급사 직원들도 해체공사에 대한 책임을 더욱 강하게 느낄 수 있도록 하며, 책임감을 통해 안전관리와 민원관리에 있어 도덕적 소명의식을 더욱 강화함.
- 해체현장 점검대상과, 점검시기를 구체화 하여 허가권자의 책임을 분명히 하고 대상현장의 안전사고 예방효과를 높임.
- 해체계획서 작성자가 검토의뢰 전 체크리스트를 스스로 작성하여 제출함으로 검토자 및 허가권도 필요사항의 누락 사항을 확인할 수 있도록 함.

6.3. 감리측면

- 해체허가 대상인 해체공사는 상주감리를 원칙으로 일원화하여 감리업무를 수행토록 하며, 신고대상인 경우 상주감리와 비상주감리의 업무를 구분하고 명확히 함으로 감리업무 수행 자들에게 계약에 따른 본연의 업무를 인식시켜 주어 효율적이고 정확한 업무수행이 가능하도록 함.
- 허가권자인 지자체에 안전관련 민원사항 접수 시 조합, 시공사 및 감리자에게도 문서로 시달하여 조합은 건축주 입장에서 시공사는 시공자 입장에서 민원사항을 정확히 파악하고 조치토록하며, 감리자는 시공자의 민원조치결과를 확인하고 허가권자에게 확인보고할 수 있도록 함.

6.4. 제도적 측면

- 원도급사에 대하여는 사망자 규모에 따라 영업정지기간 외에 과징금을 강하게 부과할 수 있도록 하는 것이 효과적이며, 하도급사에 있어서도 사망사고에 대하여는 최대한 참여 제한기간을 길게 하여 하도급업체 스스로 생존하기 위하여 재해 발생률을 줄이는 노력이 합리적이고 이는 불법재하도급을 자연스럽게 퇴출시키는 과정이 될 수 있음.
- 해체계획서 검토자 및 해체공사 감리자가 해체공사 관련 교육을 이수하듯이 관련법규를 개정하여 해체계획서 작성자 및 시공사 관리감독자들(소장, 안전관리자, 건축·토목담당 등)도 해체공사 기술자교육을 실시하여 기술자로서의 안전의식과 도덕성 제고가 필요함.