

국내 건설현장 콘크리트 붕괴사고의 원인 및 예방 대책 연구

A Study on the Causes and Preventive Measures of Concrete Collapse Accidents at Domestic Construction Sites

○채 원 진*

박 문 서**

김 우 영**

Chae, Won-Jin

Park, Moonseo

Kim, Woo-young

Abstract

This study analyzes three major collapse cases in Korea Pyeongtaek (2020), Gwangju (2022), and Incheon (2023) to identify recurring weaknesses: poor load-transfer review, insufficient inspection, weak supervision, limited engineer involvement, and diluted responsibility in subcontracting. Despite existing KDS and legal frameworks, enforcement was weak. The study recommends mandatory KDS checks, stability reviews by structural designers, stronger site verification, permit-to-work for high-risk tasks, reduced subcontracting, and continuous engineer participation to strengthen safety culture in construction.

키워드 : 건설현장 붕괴사고, 구조안전 체계, 하중전달 경로, 전단보강•펀칭전단, 구조기술자 상시참여

Keywords : Construction Site Collapse Accident, Structural Safety System, Load Transfer Path, Shear Reinforcement & Punching Shear, Continuous Involvement of Structural Engineers

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내 건설현장에서 발생한 대형 구조물 붕괴사고는 단순히 작업자의 부주의나 일시적인 관리 소홀에 기인한 것이 아니라, 설계·시공·감리 전 과정에서 구조안전 확보 체계가 실질적으로 작동하지 못하고 있음을 드러내고 있다. 안전보건공단 「2024년 산업재해 사고사망 현황」에 따르면, 최근 건설현장의 주요 사고 유형은 추락, 부딪힘, 무너짐 순으로 집계되었다. 특히 붕괴사고 발생 빈도는 추락사고보다 낮지만, 발생 시 근로자뿐만 아니라 인근 지역 주민과 경제 활동에도 광범위한 피해를 끼친다는 점에서 심각성이 크다.

고용노동부의 산업재해 통계에 따르면 2024년 사고사망자는 827명이며, 이 중 건설업이 328명을 차지하여 전체 산업재해 사망자의 약 40%에 해당한다. 이는 건설업이 여전히 국내 산업재해의 핵심 위험 분야임을 보여준다. 특히 건설현장에서 발생한 사고 중 붕괴사고는 단순 재산 피해에 그치지 않고 대규모 인명 피해로 이어질 수 있어, 예방적 차원의 제도·기술적 보완이 필수적이다.

본 연구는 평택, 광주, 인천 집단 사고를 심층 분석해

하중전달 경로 검토 미흡, 품질검사 부실, 감리 권한의 현실적 집행력 부족, 구조기술자 참여 제한 등 공통 취약점을 규명하고 위반·미이행 사례를 근거로 재발방지 대책을 제시한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

대표적 붕괴사고는 2020년 평택 물류센터 PC 거더 전도, 2022년 광주 화정동 아파트 외벽 붕괴, 2023년 인천 서구 검단 아파트 지하주차장 무량판 슬래브 붕괴다. 평택은 브라켓 고정 불량·임시 지지부재 강도 부족, 광주는 동바리 조기 해체·시공순서 오류, 인천 검단은 기둥 주위 전단보강근 누락이 확인됐다. 서로 다른 구조형식에도 하중전달 경로 검토 미흡, 품질검사 부실, 감리 권한의 현실적 집행력 부족, 구조기술자 참여 제한의 공통 취약점으로 나타났다. 「설계기준(KDS 14, KDS 41)」의 설계·시공·검증 절차가 현장에서 형식적으로 이행되거나 누락되는 사례가 빈발한다. 연구 범위는 2020~2023년 공식 조사보고서가 존재하는 사례로 한정하고, 지반침하·화재·폭발·홍수 등 외부 요인은 제외했다.

연구 방법은 (1) 조사보고서·도면·배근 상세·감리일지·품질기록·사진을 검토하고, (2) 「건축법」·「산업안전보건법」·「중대재해처벌법」·「건설기술진흥법」·「KDS 14, KDS 41」 적용을 분석하며, (3) 구조해석과 시공시나리오 거동을 비교 검토하고, (4) CDM·OSHA·일본 건설기술사 제도를 분석해 개선방안을 모색했다.

* 진엔지니어링(주), 대표이사

** 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Seoul National University, mspark@snu.ac.kr)

*** 한국건설산업연구원 건설기술관리연구실 연구위원, 공학박사

2. 사고현황

2.1 평택 물류센터 PC 거더 전도사고

2020년 12월 20일 경기도 평택시에서 신축공사 중 PC 거더 설치 과정에 전도사고가 발생했다. 지하1층~지상7층 PC 구조의 물류센터였다. 시공은 PC 거더를 양중해 브라켓·임시지지대로 고정했고, 램프구간 설치 중 전도로 사망 3명, 부상 2명이 발생했다.

2.2 광주 화정동 아파트 외벽 붕괴사고

2022년 1월 11일 39층 규모 아파트 신축 현장에서 외벽과 슬래브가 대규모 붕괴했다. 지하4층~지상39층 8개 동의 철근콘크리트 공동주택이었다. 사고는 PIT층 슬래브 타설 직후 발생했고, 외벽·슬래브가 연속 파괴되어 16개 층 이상이 붕괴했다. 사망 6명, 부상 1명이 발생했다.

2.3 인천 서구 검단 아파트 지하주차장 무량판 슬래브 붕괴사고

2023년 4월 29일 검단신도시에서 아파트 신축 중 지하주차장 무량판 슬래브가 붕괴했다. 지하2층~지상25층 규모이며, 지하주차장은 철근콘크리트 무량판(flat plate) 구조로 슬래브와 기둥이 직접 접합됐다. 지하주차장 일부 슬래브가 국부 파괴되고 기둥 일부도 손상됐다. 늦은밤 사고가 발생하여 인명피해는 없었으나 공사가 중단되고 설계·시공 전반 재검토가 이뤄졌다.

3. 요인별 붕괴 원인 분석

3.1 구조적 요인

해당 붕괴사고에서는 공통적으로 하중전달 경로 검토가 미흡했다. 평택 물류센터 사고는 전도방지 철근 해체 시점 오류, 갭 콘크리트·무수축 모르타르 미시공, 이에 따른 부반력 증가로 거더가 전도로 이어졌다. 광주 화정동 아파트 사고는 상부 슬래브 타설 시 동바리를 조기에 해체하여 일부 구간에 하중이 집중, 재분배가 이루어지지 못하고 국부 파괴가 연쇄 붕괴로 확산되었다. 인천 검단 아파트 지하주차장 사고는 기둥 주위 전단보강근 누락으로 무량판 슬래브의 하중전달 경로가 확보되지 못해 편칭전단 파괴가 발생하였고, 이는 시공 중 임시 지지 문제가 아니라 완성 구조물의 국부 경로 자체가 확보되지 못한 사례다.

또한 전단보강 결함은 치명적이었다. 인천 사고에서는 기둥 주위 전단보강근이 전혀 배근되지 않아 「KDS 14 20 22(전단·비틀림 설계)」의 편칭전단 검토 및 보강 요구가 미이행되었다. 이는 단일 부재의 결함이 전체 구조의 국부붕괴로 이어질 수 있음을 보여준다. 아울러 「KDS 14 20 01(철근콘크리트 구조설계 일반)」은 연성 확보와 상세 검토를, 「KDS 41 10 05(충격)」은 설계도서·시공상세도의 구조안전 확인을 규정하고 있으나, 세 사고 모두 실질적으로 이행되지 않아 설계 단계부터 안전성이 확보되지 못했다.

3.2 시공적 요인

시공 단계에서는 안전 관리 부실이 반복되었다. 평택 사고는 설계자가 제시한 공정 미준수(갭 콘크리트 타설 전 해체), 검측은 일괄 처리로 진행되었다. 광주 사고는 동바리 조기 해체로 상부 하중을 지탱하지 못했고, 콘크리트 타설 순서도 검토 없이 변경되었다. 인천 사고는 배근 검측이 형식적으로 이루어져 전단보강근 누락이 발견되지 않은 채 타설이 진행되었다. 이는 품질관리 절차가 형식화된 결과이다.

「산업안전보건기준에 관한 규칙」은 거푸집·동바리 해체 시 안전성을 확보한 후 작업하도록 규정하지만 현장에서는 문서상 처리에 그쳤다. 또한, 검측서조차 일괄 작성되는 사례가 많았다. 이러한 관행은 품질 불확실성을 높여 붕괴 위험을 가중시켰다.

3.3 관리 및 제도적 요인

세 사고에서 반복적으로 드러난 공통적 한계는 감리 통제력의 실효성 부족이었다. 「건축법」 제25조에 따라 감리자는 설계도서 위반이나 부실시공 등 안전상 위해 우려가 있을 때 시정·재시공을 요구할 수 있고, 불응 시 서면으로 공사중지를 요청하여 시공자가 정당한 사유가 없으면 즉시 중지하도록 할 수 있다. 즉, 현장 내에서는 감리의 중지 요청이 의무 이행을 수반한다. 다만 시공자 측의 공정 압박·다단계 하도급 구조·절차 지연 등으로 인해 감리의 조치가 즉시·일관되게 작동하지 못한 것이 세 사고에서 공통적으로 확인되었다.

광주 사고에서는 동바리 조기 해체 위험 인지 → 시정 요구가 있었으나, 공정이 강행되어 대규모 연쇄 파괴로 이어졌고, 인천 검단에서는 전단보강근 누락이 감리 검측 단계에서까지 걸리지 못해 구조적 결함이 타설까지 진행되었다. 평택 물류센터 역시 발주자-시공사 동일인 구조로 감리 독립성 상실, 검사업무 형식화로 안정성 검토 미흡이 감리 단계에서 충분히 차단되지 못했다. 이처럼 제도는 존재하지만 현장 집행의 일관성·속도·책임 연계가 부족해 감리의 안전 통제력이 기대만큼 발휘되지 못했다.

구조기술자의 참여 제한도 주요 원인으로 지적된다. 세 사고 모두 구조기술자가 설계·시공 전 과정에 참여하지 못했으며, 특히 시공 중 변경 사항과 가설계획 검토에서 구조기술자의 전문 판단이 배제되었다. 이는 일본 건설기술사 제도와 같은 전문기술자 상시 참여 시스템의 부재에서 비롯된 문제다.

마지막으로, 다단계 하도급 구조가 품질 책임을 분산시켜 사고 위험을 키웠다. 평택과 광주 사고에서는 하도급 업체가 주요 시공을 담당했지만, 원도급사의 직접적 품질 책임은 사실상 형식화되었다. 인천 검단 사고 역시 하도급 구조 속에서 철근 배근 누락이 감리와 시공, 설계 단계 모두에서 방치되었다.

4. 제도 검토 및 예방대책 수립

4.1 제도 검토

본 연구에서는 앞서 도출한 구조적·시공적·관리적 요인별로 현행 법령과 제도의 적용 범위와 한계를 검토하였다.

첫째, 구조적 요인과 관련하여 「건축구조기준(KDS 41 10 05 총칙)」은 설계도서 및 시공상세도의 구조안전 검토, 시공 중 구조안전 확인, 가설지지물 해체 시기 검토를 명확히 규정하고 있다. 또한 「KDS 41 12 00(건축물 설계하중)」은 시공 중 하중을 포함한 모든 설계하중을 반영하도록 하고 있으며, 「KDS 14 20 01(철근콘크리트 구조설계 일반)」과 「KDS 14 20 22(전단·비틀림 설계)」는 부재 상세 검토, 전단보강근 배근 의무를 명시하고 있다. 그러나 평택, 광주, 인천 검단 사고에서 공통적으로 확인되었듯이, 이러한 구조적 검토 절차가 생략되거나 형식적으로만 수행되었다. 즉, 기준 자체는 마련되어 있으나 이를 현장에 강제하는 제재 장치가 부재하여, 법령의 실효성이 확보되지 못한 점이 드러났다.

둘째, 시공적 요인과 관련하여 「산업안전보건기준에 관한 규칙」은 거푸집·동바리 설치 및 해체 시 구조적 안전을 확보한 후 작업을 수행해야 한다고 규정하고 있다. 그럼에도 불구하고 광주 사고에서는 동바리가 조기에 해체되었음에도 이를 제어할 수 있는 제도적 수단이 작동하지 못했다. 또한 인천 검단 사고에서 확인된 전단보강근 누락은 배근 검측이 형식적으로 운영되고, 품질관리계획의 적절성 확인이 실질적으로 이루어지지 않았음을 보여준다.

셋째, 관리 및 제도적 요인과 관련하여 「건설법」 제25조는 감리자의 역할과 현장 내 시정·중지 요청 및 그 이행 의무를 규정하고, 「건설기술 진흥법」 제40조는 안전상 중대한 위험 시 재시공·공사중지 등의 조치(발주자/발주청·감독/CM 권한)를 규정한다. 그러나 실제 현장에서는 발주자·시공자 이해관계, 절차상 지연 등으로 이러한 권한이 제때·일관되게 가동되지 않는 문제가 반복되었으며, 구조기술자의 상시 참여 부재도 위험 의사결정의 질을 떨어뜨렸다.

넷째, 해외 제도 비교 검토 결과, 영국의 「CDM Regulations」은 설계 단계에서 Principal Designer를 지정하여 위험성 평가와 안전관리 계획을 수립·통합하도록 의무화하고, 시공 단계에서는 Principal Contractor가 이를 실행·관리하도록 규정하고 있다. 미국의 「OSHA 규정」은 Competent Person 제도를 통해 각 위험 공정별로 숙련자·책임자를 지정하고, Permit-to-Work System을 통해 고위험 작업의 사전 승인·검증 절차를 강제한다. 일본의 경우 「건설기술사 제도」에 따라 구조기술사 등 전문기술자가 설계·시공·감리 전 과정에 관여하도록 제도화하여 기술자의 법적 책임과 역할을 강화하고 있다. 이는 국내 제도와 달리 해외 사례에서는 전문기술자의 상시 참여와 위험성 평가 절차가 법령으로 강제되고 있음을 보여주며, 국내 제도의 한계와 뚜렷한 대비를 이룬다.

따라서 제도 검토 결과, 우리나라 법령과 기준은 구조

안전 확보를 위한 기본 규정은 충분히 존재하나, ① 현장 적용을 강제할 실질적 제재력의 부재, ② 감리 권한의 집행력 부족 및 구조기술자의 권한 제한, ③ 다단계 하도급 구조 속 품질 책임 분산이라는 한계를 보였다. 이는 제도의 존재에도 불구하고 실효성이 부족하다는 점을 확인시켜 주며, 이러한 제도적 공백을 보완하기 위한 대책이 필요하다.

4.2 설계 단계 예방 대책

설계 단계에서는 구조안전성을 사전에 확보하기 위한 검토 절차를 강화해야 한다. 「KDS 14 20 01(철근콘크리트 구조설계 일반)」과 「KDS 14 20 22(전단·비틀림 설계)」는 연성 확보와 전단보강 배근을 명확히 규정하고 있으나, 인천 검단 사고에서는 이러한 규정이 반영되지 않았다. 따라서 구조설계 보고서에 해당 규정을 의무적으로 반영하고, 무량판 구조·장경간 슬래브·특수 전단벽 등 고위험 구조형식에 대해서는 전단보강 적정성, 하중 재분배 가능성, 연성 확보 여부를 별도 검토 항목으로 포함해야 한다.

또한 「KDS 41 12 00(건축물 설계하중)」은 시공 중 하중 검토를 규정하지만, 현재는 시공사가 작성하는 가설계획과 분리되어 설계자의 검토가 누락되는 경우가 많다. 이를 보완하기 위해 ‘시공 중 안정성 검토서’를 구조설계자의 책임 하에 작성하도록 의무화하고, 시공순서·가설지지물 설치·해체 계획까지 포함시켜야 한다.

설계변경이 발생할 경우에는 「건설기술 진흥법」 품질관리 조항에 따라 원구조설계자의 재검토와 구조기술사의 확인을 의무화해야 하며, 변경안의 구조해석 결과를 발주자와 감리자에게 통보하는 절차를 마련해야 한다. 특히 일본 건설기술사 제도처럼 구조기술사에게 법적 권한을 부여해 설계단계부터 준공까지 전 과정에 참여하도록 제도화하는 것이 필요하다.

4.3 시공 단계 예방 대책

시공 단계에서는 현장 검증 절차를 실질적으로 강화해야 한다.

첫째, 거푸집·동바리 등 가설구조물의 설치·해체는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제333조·제334조에 따라 안전성 확보 후 해체하도록 규정되어 있으나, 광주 사고에서는 이를 지키지 않아 붕괴로 이어졌다. 따라서 가설계획서에는 설계하중, 안전율, 설치·해체 순서를 구체적으로 기재하고, 단계별 점검 결과(체크리스트·사진·영상)를 감리·구조기술자·안전관리자 공동 서명으로 확정한다.

둘째, 인천 검단 사고에서 전단보강근 누락이 발견되지 않은 것은 검측이 형식적으로만 수행된 결과다. 이를 방지하기 위해 검측은 사진·영상 기록 + 감리자의 육안검사 + 필요시 부분 노출 검사를 병행해야 하며, 부재별 검측서 작성으로 일괄 검측서를 금지해야 한다.

셋째, 평택 사고와 같이 고위험 공정(대형 PC 부재 설치, 고층 콘크리트 타설 등)에 대해서는 영국 CDM

Regulations과 미국 OSHA 사례를 참고하여 사전작업허가제(Permit-to-Work)를 도입해야 한다. 작업허가서에는 위험요인·안전대책·비상조치 계획을 포함시키고, 구조기술자·안전관리자·감리자의 서명을 의무화해 책임성을 강화할 필요가 있다.

4.4 감리 단계 예방 대책

감리 단계에서는 새로운 ‘명령권’ 신설 주장보다, 현행 체계 안에서 실효성·속도·연동성을 강화하는 것이 현실적이다.

1) 신속 트리거(Trigger) 절차: 감리의 서면 공사중지 요청 접수 시, 시공자의 즉시 중지 의무를 전제로, 허가권자·발주자·감독/CM에게 동시 전자통보 및 현장 확인 기한(예: 24~48h)을 부여해 행정·계약 조치와의 연동을 자동화한다.

2) 공정별 ‘입회·기록’ 의무화: 철근 배근, 거푸집·동바리 해체, 대형 PC 양중 등 핵심 위험 공정에 대해 감리 사전 입회 + 사진·영상·체크리스트 표준서식을 전자 DB로 보존(추적·책임 명확화).

3) 구조기술자 상시 연동: 시공상세도·가설계획·설계변경 등 구조적 의사결정은 감리-구조기술자 공동 검토를 표준 프로세스로 고정(특히 무량판, 장경간, 합성·특수부재).불이행 패널티의 ‘즉시성’ 강화: 감리의 시정/중지 요청 불이행 시 계약상 지연손해·벌점이 자동 적용되도록 발주·계약조건에 반영(허가권자 조치와 병행 효과).

4.5 제도 및 발주·계약 구조 개선

제도 개선 차원에서는 발주·계약 구조를 안전 중심으로 재편해야 한다. 최저가 낙찰제는 비용 절감 압박으로 안전을 희생시키는 구조를 고착화하므로, 일본·영국·미국처럼 기술·품질 평가형 입찰제를 확대하고, 안전관리계획·구조안전 검토 실적을 주요 평가 항목에 포함해야 한다.

또한 다단계 하도급 구조는 품질책임을 분산시켜 사고 위험을 가중시킨다. 평택·광주 사고 모두에서 하도급사가 주요 공정을 수행했지만, 원도급사의 품질책임은 형식화되었다. 따라서 구조안전과 직결되는 공정(철근 배근, 거푸집 설치·해체, 콘크리트 타설 등)은 원도급사가 직접 시공하거나 최소 1차 하도급까지만 허용하는 방식으로 개선해야 한다.

마지막으로 구조기술자의 전 과정 참여를 제도화해야 한다. 현재 구조기술자는 설계나 특정 위험공정에서만 제한적으로 참여하고 있으나, 착공부터 준공까지 상시 참여 제도를 마련해 구조적 위험을 지속적으로 관리해야 한다. 이는 일본 건설기술사 제도처럼 전문기술자의 상시 참여를 국내 실정에 맞게 도입하는 방식으로, 제도의 실효성을 높일 수 있다.

5. 결론

본 연구는 평택 물류센터, 광주 화정동 아파트, 인천 검

단 아파트 붕괴사고를 심층 분석하여 공통적으로 드러난 구조적·시공적·제도적 취약점을 규명하고 이에 대한 실효성 있는 예방대책을 도출하였다. 세 사고는 서로 다른 구조형식과 공사조건에서 발생했음에도 불구하고 하중전달 경로 검토의 누락, 품질 관리 부실, 감리자의 권한 집행력 부족, 구조기술자의 제한적 참여 등 유사한 구조적 실패 메커니즘을 공유하고 있었으며, 이는 국내 건설현장의 안전관리 체계가 제도적으로 마련되어 있음에도 불구하고 현장에서 실질적으로 작동하지 못했음을 보여준다. 본 연구에서 제안한 예방대책은 이러한 한계를 보완하기 위한 구체적 실행방안이다. 설계 단계에서는 「KDS 14」 및 「KDS 41」의 규정을 설계보고서에 의무 반영하고, 시공 중 안정성 검토서를 제도화하여 위험요인을 사전에 차단하도록 하였으며, 시공 단계에서는 철근 배근 점검 강화와 사전작업허가제 도입을 통해 현장 검증의 실효성을 확보하도록 제시하였다. 감리 단계에서는 공사중지 명령권 실효성 부여와 사전 구조안전 심사제를 통해 감리가 단순 보고자가 아닌 실질적 안전 통제자로 기능하도록 하였고, 제도·발주 구조에서는 최저가 낙찰제 개선과 구조기술자의 전 과정 참여 제도화를 통해 안전 중심의 계약구조를 확립할 필요성을 강조하였다. 이러한 대책이 현장에 적용될 경우 설계와 시공 단계에서 발생할 수 있는 구조적 결함을 사전에 방지하고, 감리를 통한 위험 공정의 실질적 제재가 가능해지며, 발주·시공 구조 전반에서 안전이 비용과 공기보다 우선하는 문화를 정착시킬 수 있을 것으로 기대된다. 결과적으로 본 연구는 붕괴사고의 직접적 원인에 대한 기술적 분석을 넘어, 제도적 공백과 실효성 부족을 함께 다룸으로써 국내 건설산업이 안전 중심으로 재편될 수 있는 방향을 제시하였다. 이는 단기적으로는 대형 붕괴사고의 감소와 근로자 생명 보호에 기여하고, 장기적으로는 안전문화의 정착과 건설산업의 지속가능한 발전을 뒷받침하는 토대가 될 것이다.

참고문헌

1. 안전보건공단, 산업재해 사고사망 현황, 2024.
2. 국토교통부(건설사고조사위원회), 평택 물류센터 구조물 붕괴사고 조사보고서, 2020.
3. 국토교통부(건설사고조사위원회), 광주 화정동 아파트 붕괴사고 조사보고서, 2022.
4. 국토교통부(건설사고조사위원회), 인천 서구 아파트 슬래브 붕괴사고 조사결과보고서, 2023.
5. 국토교통부, 건축법 및 건축구조기준(KDS), 최신 개정판.
6. 고용노동부, 산업안전보건법 및 산업안전보건기준에 관한 규칙, 중대재해 처벌법, 최신 개정판.
7. 국토교통부, 건설기술 진흥법 최신 개정판.
8. 영국 보건안전청(HSE), 건설설계 및 관리규정(CDM Regulations), 2015.
9. 미국 산업안전보건청(OSHA), 건설산업 안전기준, 2020.
10. 일본건설기술사협회, 건설기술사 제도 운영지침, 2019.