

삼풍백화점 왜 무너졌나?

Lessons from the Collapse of the Sampoong Department Store Collapse



정 란 / 정회원, 단국대 건축공학과 교수
Chung, Lan / Professor, Dankook University
lanchung@dku.edu



서 치 호 / 정회원, 건국대 건축공학과 교수
Seo, Cheeho / Professor, Konkuk University
chseo@konkuk.ac.kr



이 원 호 / 정회원, 광운대 건축공학과 교수
Yi, Waonho / Professor, Kwangwoon University
whyi@kw.ac.kr

1. 서 언

지금으로부터 꼭 10년 전인 1995년 6월 29일 오후 5시 52분경, 서울특별시 서초구 서초동 1685의 3번지, 법조 단지가 앞으로 바라 보이는 언덕배기에 자리 잡은 지하 4층, 지상 5층 철근콘크리트 무량판 구조의 삼풍백화점 A동 건물이 순식간에 지하층 부분까지 완전히 붕괴되어 사망 502명, 실종 6명 그리고 937명이 부상당하는 엄청난 인명과 재산상의 손실이 발생하였다. A동 건물은 백화점의 판매시설이 들어있어 항상 많은 사람들로 붐비고, 사고 시각이 저녁 식사를 준비하기 위해 장을 보러 나오는 시간이었기 때문에 막대한 인명과 재산상의 손실이 발생하게 되었다. 이 사고는 6·25전쟁 이후 우리나라에서 발생한 인명피해사고 중 단일사고로는 가장 크고, 재산상의 손실도 막대하였다. 그리고 무량판 구조의 특성상 붕괴된 슬래브와 슬래브 사이에 틈새가 거의 없어, 두께 30cm의 슬래브 무게로 사망한 희생자들의 모습이 너무나 참혹하였다.

정부에서는 이 사고를 계기로 제도 정비를 서둘러 “재난관리법(1995. 7)”, “시설물의안전관리에관한특별법(1996. 5)”, “건설사업기본법(1996. 12)” 및 “재난및안전관리기본법(2004. 3)” 등 시설물의 설계, 시공/감리 및 유지관리에 보다 큰 관심을 가지고 많은 노력을 기울여 왔다. 그러나 이러한 제도 개선에 관한 많은 노력에도 불구하고 시설물의 안전에 관해 가장 잘 알고, 따라서 이에 대한 책임과 의무를 함께 해야 하는 관련 전문가들이 정말로 책임과 의무를 다하고 있는가 하는 점과, 책임을 져야 하는 전문 기술자들이 책임지고 일할 수 있는 여건과 대우가 갖추어져 보다 근본적으로 안전을 보장 받을 수 있는 상황으로 여건이 개선되었는지에 대해서는 아직 까지도 회의적인 시각을 갖고 있음을 부인할 수 없다.

여하튼 붕괴사고 직후, 검찰에서는 붕괴 원인과 책임범위에 대한 조사를 위하여 “삼풍백화점 붕괴사고 원인 규명 감정단”을 구성하고, 현장조사를 위하여 대한주택공사의 구조 기술진으로 구성된 기술지원팀을 서울지방검찰청내에 설치, 이후 10월 25일까지 약 4개월 동안 설계, 시공/감리, 유지관리 등에 관한 감정 업무를 수행토록하면

서 검·경 합동수사본부의 수사 활동을 뒷받침하게 하였다.

검찰이 요청하여 이루어진 감정단은 당시 중앙대 건축공학과 김덕재 교수를 단장으로 서울대 건축공학과 홍성목 교수, 국민대 건축학과 정재철 교수, 한양대 토목공학과 정형식 교수, 대한주택공사 김창익 기술본부장, 건국대 건축공학과 서치호 교수, 정일구조설계 사무소 이문곤 소장과 필자 등 총 8명으로 구성되었다.

사고 원인 규명은 감정 위원 8명이 각자 담당 분야별(김덕재/총괄, 홍성목/붕괴기구 컴퓨터 해석, 정재철·이문곤/구조도서 분석 및 구조해석, 정형식/지반조사 및 검토, 김창익/참고자료 수집, 시공과정 및 도서검토, 정란·서치호/간사, 현장조사 및 재료시험)로 나누어 조사하고, 매일 저녁 서울지방검찰청 403호 검사실에 설치된 감정단 사무실에 모여 당일 조사된 사실에 대하여 난상토론을 벌이고 결론을 도출하는 방식으로 진행되었다.

또한 대한주택공사 기술본부에서는 구조부 민병헌 부장과 손덕길, 서형석, 이명중 과장, 한규범 사원 등이 현장조사 기술지원팀으로 참가하여, 난지도 붕괴잔해 임시 적치장을 샅샅이 뒤져 붕괴원인 규명에 필요한 결정적인 단서를 다수 찾아내는 등 사고 원인을 규명하기 위하여 총력을 경주하였으며, 조사된 내용을 컴퓨터 시뮬레이션으로 검증하는데는 성균관대 이동근 교수, 서울산업대 고일두 교수가 담당하여 작업을 진행하였다.



사진 1. 붕괴 후 잔재건물

이 글은 감정단의 사고 원인 조사 후 감정위원들이 작성한, 서울 지방검찰청에서 발간한 “삼풍백화점 붕괴사건 수사 및 원인규명 감정단 활동 백서”를 요약 발췌한 후, 재정리한 것으로 붕괴 10주기를 맞아 당시의 사고원인을 재조명하고 돌이켜 봄으로써, 사고 이후 잘못된 점에 대한 개선된 내용이 무엇인지, 아직까지 개선되지 않고 남아 있는 점이 무엇인지, 또한 앞으로는 어떻게 해야 할지를 근본적으로 재검토하여 국민의 생명과 재산을 보호하는데 도움이 되길 바라고, 잊혀져가고 있는 삼풍 참사를 다시 상기하여, 안전에 관한 일반인들의 의식을 보다 고취시키고자 하는데 목적이 있다.

2. 분야별 감정 내용

1) 설계 분야

(1) 일반 사항

일반적으로, 설계도면은 건축설계도면과 구조설계도면, 여기에 기계설비 설계도, 전기설비 설계도 및 토목 설계도면 등으로 구분 작성되고 있다. 건축물의 안전을 확보하기 위해서는 구조계산이 건물의 부위별 사용 실태에 맞도록 정확하게 되어야 하고, 또한 구조계산서에 의하여 구조설계도면이 정확히 작성되어야 하며, 현장에서는 이에 따라 관련시방에 맞추어 정밀하게 시공되어야 한다.

구조설계도면은 건물의 안전성과 부재 규격 등에 대하여 검토한 구조계산서에 따라 작성하며, 기계설비 및 전기설비 설계도면도 사전에 설비 용량이나 규격에 대하여 검토된 계산서 등을 고려하여 작성한다.

건축물의 안전에 가장 직접적으로 영향을 미치고 본 백화점의 붕괴 사고에 직접적인 원인으로 작용한 구조분야의 구조설계도면 작성까지의 과정을 살펴보면, 건축설계자와 구조설계자가 초기의 건축계획 시 건물의 규모, 층수, 외관 및 용도 등을 확정하여 기둥의 간격이나 구조형식 등, 기본적인 구조계획사항을 결정한다. 이에 따라 건축설계자가 건축 설계도면을 먼저 작성하고, 구조설계자는 건축설계자가 작성한 건축설계도에 주어진 제반 조건에 따라 구조계산을 수행한다. 구조설계자는 이 과정에서 슬래브나 기둥 및 기초 등 구조부재의 적절한 규격과 철근량을 산정하여 구조계산서를 작성하며, 최근에는 구조설계자가 구조설계도면을 일부 작성하고 있으나, 아직까지도 대부분의 건축설계자가 구조설계자에 의해 작성된 구조계산서에 따라 구조설계도면을 작성하는 것이 우리 사회의 일반적인 설계업무 관행이다. 그러다 보니, 구조설계자와 구조도면 작성자가 서로 달라, 구조설계자의 뜻이 구조설계 도면에 완벽하게 구현되기 어려워 부위에 따라 부분적이지만 치명적일 수 있는 오류를 범할 수 있다.

본 사고에서도 건축설계자(건축사)와 구조설계자(구조기술사)간의 협의가 긴밀하게 이루어지지 못하여, 용도변경과 설계변경이 구

조설계자로부터 전화상 구두나 또는 메모형식으로 설계변경 내용을 통보 받는 등, 설계변경에 따른 적절한 구조설계 변경내용을 제대로 제공받지 못하였기 때문에 구조계산서, 구조도면 및 시공도면이 서로 다르고 이에 대한 계산상의 근거도 찾아 볼 수 없었다.

(2) 건축설계

① 지상 5층의 설계

최초의 허가신청 도면에는 지상 5층의 용도가 물리 스케이트장으로 되어 있고, 구조계산서에는 마감하중 60kg/m²을 포함한 고정하중 800kg/m²과 적재하중 240kg/m²으로, 총 사용하중은 1,040kg/m²으로 설계되어 있으나 후에 용도 변경되어 식당가로 조정되었다.

식당가로 변경됨에 따라 대형냉장고 및 물매 콘크리트에 의한 주방 등의 하중이 증가하고 당초에 없던 온돌바닥 및 칸막이벽이 신설되어 여건이 바뀌었으나, 구조계산서에는 용도변경에 따른 별도의 검토 내용이 없었으며, 구조 설계도면의 5층 슬래브 배근도는 2, 3, 4층의 배근도와 동일하게 설계되어 있어 용도변경에 따른 별도의 보강은 없었던 것으로 조사되었다.

② 설계변경

87년 3월 3일 우원종합건축 설계사무소와 설계 및 감리 계약을 체결하여 87년 7월 21일 1차 사업계획 승인도서를 작성한 후 90년 7월 27일 준공 검사 시까지 3차례의 설계변경이 있었다.

'87. 7.21 : 사업계획승인(건축허가) - 면적 71,136m²

'89.11.27 : 1차 변경허가 - 용도변경 및 면적 2,069m² 증가

'90. 3. 9 : 2차 변경허가 - 용도변경

4.24 : 3차 변경허가 - 용도변경

7.27 : 준공검사 및 가사용 승인서 교부 - 면적 73,205m²

위 내용과 같은 여러 차례 설계변경의 주요 내용은 용도 변경이었으며, 1차 용도변경 허가일이 89년 11월 27일인 것으로 보아 골조 공사('87. 3~'89. 12. 1) 완료 후 사후 승인 된 것으로 조사되었다. 따라서 변경된 용도에 따라 구조설계가 이루어지지 않고 이에 대한 보강된 내용도 없는 것으로 보아, 이 백화점은 시공 당시부터 붕괴를 향한 발걸음을 한걸음 한걸음 옮기고 있었던 것으로 판단된다. 공사내용을 시간별로 정리하면 다음과 같다.

터파기 공사 : '87. 3~'87. 9

기초 공사 : '87. 10

철근콘크리트 공사 : '87. 11~'88. 11

마감 및 설비 공사 : '87. 10~'89. 11

(냉각탑 이설공사 : '89. 7~'89. 12)

가사용 승인 : '89. 11. 30

백화점 개점 : '89. 12. 1

건물 준공검사 : '90. 7. 27

북측 #2 코아의 엘리베이터 벽체 앞의 홀에는 쓰레기 투입구

(D.C)를 신설하기 위하여 하중을 벽체에 전달하는 슬래브 바닥을 절단하도록 설계변경('88. 12. 15 : 도면번호 A-202~209) 되었으며, 이때 D.C의 양측에 길이 120cm의 콘크리트 벽체도 설치하도록 표기(도면번호 A-420, S-002~011)되어 있다. 도면에 기록된 설계변경 날짜는 '88년 12월 15일로 콘크리트 공사가 완료('88. 11)된 후에 실시되었다. 골조공사가 완료된 후 개구부 설치를 위해 슬래브를 절단하여 하중을 자연스럽게 전달하는 통로를 끊음으로써, 그만큼 기둥이 부담해야 할 하중을 증가시켜 붕괴에 악영향을 미칠 것이라는 것을 쉽게 짐작할 수 있다.

(3) 구조설계

일반적으로, 구조설계도면은 구조기술자가 작성한 구조계산서 상의 스케치를 시공이 가능하도록 도면화 작업을 거쳐 작성되는데, 삼풍백화점은 수차례의 설계변경 과정을 거치면서 구조계산서와 구조설계도면이 일치하지 않은 경우가 다수 발견되었다. 이를 부위 별로 서술하면 다음과 같다.

① 에스컬레이터 주변

최초의 허가 신청도면에서 A동 2~5층의 에스컬레이터는 ㉔행과 ㉕행 구간의 ⑤~⑥열, ⑧~⑨열(최종도면의 열 번호 기준) 2군데에 설치하도록 설계되어 있었으며 구조계산서의 기준층 슬래브 배근도에서도 이와 동일한 위치에 설치되도록 되어 있다. 그러나 최종 설계도면에서는 A동 2~5층의 에스컬레이터의 위치가 ㉔행과 ㉕행 구간의 ⑥~⑦열로 설계변경 되어 2군데에서 1군데로 변경되었으며 위치도 이동 되었다.

에스컬레이터의 위치 변경에 따라 구조계산서에는 개구부 주변의 슬래브 철근을 보강하였으며 설계변경된 에스컬레이터 둘레의 모서리 기둥을 연결하는 개구부 둘레에 폭 30cm와 높이 115cm의 보를 설치하였으며 개구부 둘레의 슬래브에 직경 22mm의 철근을 상부와 하부에 각각 10cm 간격으로 배근 하도록 설계변경('88. 1. 20) 되어 구조설계도면(도면번호 S-40, S-77)에 적용되었다.

② 기둥의 규격 및 배근

구조계산서에서 위치가 변경되기 전의 에스컬레이터의 모서리에 있는 기둥의 부호는 ⑤~⑥열의 기둥 4개를 CIA로 하고 ⑧~⑨열의 기둥 4개를 CIB로 표시하였으며 2층에서 5층까지의 기둥의 크기는 CIA 기둥과 CIB의 기둥 8개를 각각 직경 80cm의 원형 기둥으로 하고 직경 22mm의 철근 16대를 배근 하도록 되어 있다.

상기와 같이 직경 80cm의 원형 기둥으로 되어 있는 층별 8개의

표 1. 기둥 설계 규격 비교

기둥	층별	구조계산서		구조설계도면		기둥 개수
		기둥직경	철근량	기둥직경	철근량	
CIA	4, 5	80cm	16 - HD22	60cm	8 - HD22	8
CIB	4, 5	80cm	16 - HD22	60cm	8 - HD22	8

기둥 중에서 지상 4층과 5층의 2개 층 16개의 기둥이 직경 60cm, 철근 직경 22mm 8대로 구조 설계도면에 작성(도면번호 S-18, S-24)되어 있었다. 기둥 크기는 구조계산서 기둥 단면적의 약 56.3%, 철근은 50%로 축소되었다. 그러나 에스컬레이터 위치에 관한 변경 시 설계 기둥에 대한 검토 내용은 구조계산서에 포함되어 있지 않아, 기둥의 규격이나 철근량 변경에 대한 정확한 계산 근거가 확인되지 않았다(표 1 및 그림 1 참조).

(4) 구조계산서

본 검토를 위하여 입수된 구조계산서는 총 215쪽으로 앞부분 1쪽부터 75쪽까지가 1차 구조계산서이며 나머지 쪽은 그 이후에 수정되었거나 추가된 부분의 내용이 첨부되어 있다.

앞부분의 1차 구조계산서 부분은 일반 사항, 설계하중 계산, 도면 작성을 위한 부재 리스트로 구성되어 있으며, 구조 계산 과정이나 근거는 누락되어 있다. 구조계산자가 원래의 계산서에 표기한 쪽 수가 건너편 부분이 많은 것으로 보아, 이는 도면 작성을 위하여 건축 설계사무소가 구조계산자로부터 접수한 부분으로 보인다.

뒷부분 76쪽부터는 87년 11월 4일부터 89년 8월 17일까지에 걸쳐 첨부된 내용이다. 각 부분마다 접수된 날짜가 20회에 걸쳐 표기되어 있는바, 이로써 당시 최초의 설계가 급하게 진행되어 그 후에 많은 보완이 이루어졌었거나, 최초의 설계에 대한 변경 요구가 많았음을 알 수 있었다.

(5) 시방서

감정단이 입수한 시방서의 명칭은 “삼풍아파트 지구중심시설 신축 공사 건축공사시방서”로 되어 있으며 주요 내용은 일반사항과 특기사항으로 구분되어 있고 총 96쪽으로 구성되어 있다. 건축공사 시방서는 공사의 규모에 비하여 각종 특기사항에 대한 세부적인 내용들이 언급되어 있지 않아 상당히 미흡한 것으로 생각된다.

지붕층 슬래브 상부 마감공사는 빗물이 잘 흘러내리도록 하기 위해서는 구조체 슬래브를 물매에 맞추어 경사지게 하거나 보호 콘크리트 두께를 배수 파이프가 설치되어 있는 외곽 보다 중앙부를 높게 시공하여야 하나 건축설계도에 부분 단면 상세도와 물매 1/100의 기준만 표시되고 별도의 구체적 시공방법이 제시되어 있지 않아

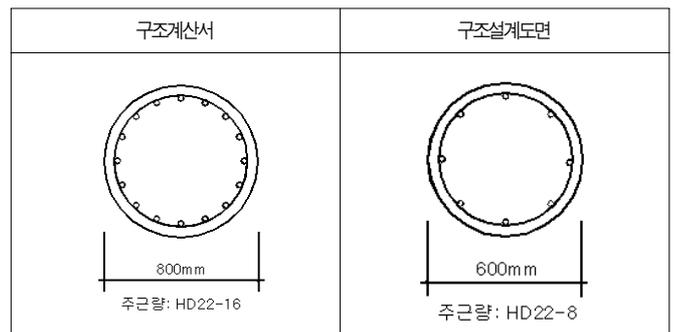


그림 1. 기둥 규격 비교도

마감 시공이 하중의 증가를 가져온 것으로 생각된다.

2) 시공 분야

(1) 일반사항

건축물의 시공은 일반적으로 지하 터파기 부터 시작하여 기초, 지하실 바닥 및 기둥, 그리고 상부층 바닥 및 기둥 순으로 진행되어 최종적으로 옥상바닥으로 마무리된다. 그러나 건축물의 구조계산은 옥상 바닥 하중계산 부터 시작하여 최상부층 기둥 및 바닥, 그리고 하부층 기둥 및 바닥 등 중력이 작용하는 방향으로 진행되어, 최종적으로 기초 바닥을 설계하는 것으로 마무리되어 시공과정과 완벽하게 거꾸로 이루어진다. 따라서 건축물을 시공 할 때 모든 설계도면이 완전히 작성된 다음에 시공하여야 하나, 본 삼풍백화점 건물은 잦은 용도변경에 따라 도면을 수시로 바꾸어야 하였기 때문에, 상부층 설계가 변경되기 전 하부층을 시공하여야 하므로 지하층 시공 후 1층 도면이 나올 때까지 시공을 보류하고 기다렸다가 1층 도면을 받아 시공하고, 다시 2층 도면이 나올 때까지 기다렸다가 2층을 시공하는 과정을 반복한 것을 관계자의 증언으로 확인할 수 있었다. 이렇게 되면 상부층의 설계변경 내용을 하부층 시공에 전혀 반영할 수 없어 그 건축물이 안전상 심각한 문제에 봉착 할 수밖에 없는 것은 매우 자명한 일로, 이 붕괴 사고는 시공당시부터 잉태되었다고 할 수 있을 것이다.

붕괴 사고 원인을 조사하기 위하여 시공 내용에 대하여는 골조공사, 건축 마감공사, 기계·설비공사, 전기·통신공사 등으로 구분하여 조사하였다. 골조공사의 경우에는 설계도면 및 시방서의 내용과 일치하는지의 여부와 붕괴된 잔해물에 남아 있는 주요 구조 부재

(슬래브, 보, 기둥과 벽체 등)의 콘크리트 및 철근 배근의 시공 상태를 조사하였으며, 기타 공사의 경우 구조물의 안전에 영향을 미치는 사항을 중심으로 조사하였다.

(2) 골조공사

가. 철근배근공사

① 플랫폼슬래브 상부 인장 철근의 위치 불량

콘크리트는 압축력에 강하고 인장력에는 약하며 철근은 인장력에 강한 특징을 가지고 있어 철근콘크리트 구조물을 설계할 때에는 인장력이 작용하는 부위에 철근을 보강하여 외부에서 작용하는 하중에 견딜 수 있도록 하고 있다.

일반적으로 수직하중이 작용할 경우 플랫폼슬래브(flat slab)에서의 인장력과 압축력이 작용하는 위치를 살펴보면, 기둥 주변의 슬래브에서는 상부에서 인장력이 작용하고 하부에서 압축력이 작용한다. 따라서 슬래브의 상부에 철근을 보강하여 인장력에 견디도록 하고 하부는 주로 콘크리트가 압축력에 견디도록 설계한다.

슬래브의 압축측 콘크리트 면에서 인장 철근 중심까지의 거리가 인장 철근량을 산정하는 중요한 요인 중의 하나로 이 유효두께에 비례하여 슬래브의 내력이 결정되므로 유효두께의 크기에 따라 보강 철근량이 결정된다. 따라서 기둥과 접합부의 슬래브에서는 상부 인장 철근의 위치를 정확히 유지시키고 완벽하게 힘이 전달되도록 보강하는 것이 필요하다.

슬래브의 상부 인장 철근의 정상적인 위치, 즉 슬래브 상단 콘크리트 면에서 상부 인장 철근 중심까지의 거리는 슬래브 상단 콘크리트 면에서 철근 표면까지의 피복두께 약 3cm와 철근 직경(22mm)의 반(1.1cm)을 합하여 대략 4~5cm이다. 따라서 정상적인 철근



사진 2 팬케이크로 붕괴된 슬래브

피복두께 4~5cm 보다 피복두께가 증가하면 (증가된 피복두께/전체 유효깊이)만큼 슬래브의 내력이 감소하게 되어, 구조적인 문제를 발생시킬 수 있는 1차적인 원인이 된다.

4, 5층 C1(⑦열 ⑩행) 기둥과 접합되어 있는 5층 바닥의 플랫슬래브 상단 콘크리트 면에서 상부 인장 철근 중심까지의 거리는 직경 16mm 철근의 경우 약 10cm로 조사되었으며 설계도면의 슬래브 배근도에는 나타나지 않는 직경 22mm 철근이 슬래브 상단 콘크리트 면에서 약 22cm 위치에 배근되어 있었다.

난지도에 보관되어 있는 기둥 중에서 4~5층 부분의 기둥과 연결되어 있던 5층 바닥 플랫슬래브 상단 콘크리트 면에서 상부 인장 철근 중심까지의 거리는 직경 16mm 철근의 경우 약 7~10cm이었다.

지하층의 ⑧열 ⑩행의 기둥에서 지하 1층 슬래브 상단 콘크리트 면에서 상부 인장 철근 중심까지의 거리는 약 9cm이었다.

지하층 플랫슬래브의 상단 철근 고임대는 직경 10mm의 철근을 18cm 높이로 제작하여 거푸집에 직접 고이지 못하고 하부 철근 위에 고여진 것으로 확인되었다. 북측 #1 코아 ③열의 ④~⑥행에 있는 5층 화장실 일반 슬래브에서 상부 철근의 위치를 유지시켜 주는 고임대를 확인한 결과 직경 13mm 철근을 ㄷ자형으로 구부려 상단 및 하단 철근사이에 끼워 시공하였으며 이 고임 철근이 비스듬하게 비틀어져 슬래브의 상단 철근이 내려앉아 정상 위치를 유지하기 어려운 형태로 제작·시공되어 있었다.

② 기둥 철근의 시공상태 불량

기둥의 주철근의 정상적인 위치, 즉 기둥의 콘크리트 표면에서 주철근 중심까지의 거리는 기둥 콘크리트 표면에서 철근 표면까지의 피복두께 약 4~5cm와 철근 직경(22mm)의 반(1.1cm)을 합하여 대략 5~6cm이다.

난지도에서 확인한 직경 60cm 크기의 4~5층 기둥의 콘크리트 표면에서 주철근 중심까지의 거리는 약 7.5cm이었다.

현장에서 채취하여 염곡동에 보존하고 있던 4, 5층 원형 기둥 C1(⑦열 ⑩행)의 5층 부분을 조사한 결과 기둥의 철근 직경은 22mm이며 기둥의 콘크리트 표면에서 주철근 중심까지의 거리는 최대 약 12cm이었다. 기둥 주철근의 좌굴 현상을 방지하고 발생하는 전단력에 저항하여야 하는 등 주철근의 위치를 유지할 수 있도록 하기 위하여 기둥 주철근의 둘레를 감싸도록 설치하여야 하는 원형 띠철근의 일부가 기둥 주철근 안쪽에 시공되어 있었다.

나. 콘크리트공사

① 콘크리트의 재료 분리 현상

붕괴되지 않았던 북측 #1 코아 동측 ㉔행 부위 1층 벽체 일부와 붕괴된 일부 원형기둥의 콘크리트 상태가 심한 재료분리 현상이 나타나 있다. 붕괴되지 않은 북측 코아 벽체에서도 각 층의 콘크리트 이음 부위인 슬래브 상단 벽체에서도 재료 분리 현상이 나타

나고 있어 콘크리트가 부분적으로 밀실하게 타설되지 못한 것으로 조사되었다.

② 지판과 슬래브 콘크리트의 분리타설

슬래브의 지판은 슬래브에 작용하는 힘을 기둥에 전달하며 전달되는 응력이 집중되는 부위이기도 하다.

이 지판은 플랫슬래브 구조에서 가장 중요하다고 볼 수 있는 뚫림전단력을 부담하는 것으로 슬래브 콘크리트와 일체로 타설하지 않으면 기둥에 집중하는 전단력을 콘크리트가 적절히 감당할 수 없다. 따라서 슬래브와 지판은 반드시 일체로 시공되어야 하며 만약 불가피하게 이어치기를 할 경우에는 별도의 보강조치 등이 필요하다.

지하 2층의 ⑨열 ⑩행 부위의 지판과 슬래브의 파단된 콘크리트의 면을 관찰한 결과 지판과 그 위의 슬래브의 경계 부위가 자갈의 탈락이나 파쇄에 의한 요철이 없이 칼로 자른 듯이 수평으로 매끄럽게 분리되어 있고 레이턴스의 흔적을 볼 수 있다. 따라서 콘크리트의 타설 순서는 지판(15cm) 부위의 콘크리트를 먼저 타설하고 시간이 상당히 경과한 뒤에 그 위의 슬래브(30cm)를 타설한 것으로 조사되었다(그림 2).

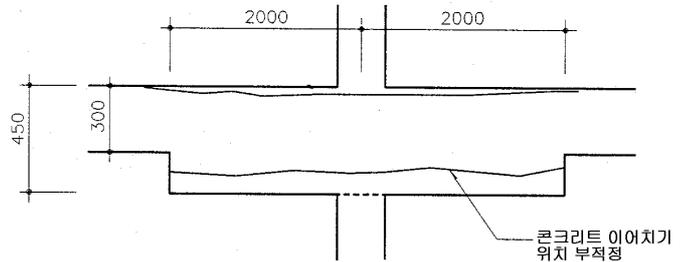


그림 2 콘크리트 이어치기 위치도

다. 거푸집공사

① 거푸집 설치

붕괴된 A동의 지하 2층 기둥과 지하 1층 슬래브가 연결되어 있던 부위의 지하 2층 기둥 상단 둘레에 약 4~5cm 두께로 지하 1층 슬래브 거푸집이 설치되었던 흔적이 보이고, 동측 삼풍아파트 쪽의 지하 1층 바닥 슬래브가 지판과 슬래브의 경계 부위에서 콘크리트가 수평으로 분리되어 이어치기 한 흔적이 나타나고 있는 상황으로 볼 때, 기둥 콘크리트 타설 시 이미 슬래브 거푸집이 설치되어 있었으며 국내의 현실로 볼 때 대부분 거푸집 공사는 일체 시공이 관례로 되어 있으며, 기둥과 슬래브의 거푸집 공사를 별도로 하는 것은 공사기간과 공사비가 많이 들어 기피하고 있는 현실로 볼 때, 거푸집 공사는 슬래브를 일체로 시공한 것으로 보인다.

② 지판 누락 시공

붕괴된 슬래브의 지판 설치 여부와 정확한 두께의 측정은 현장에서 기둥위치의 확인과 그 부위의 두께를 측정하는 작업이 곤란하여 슬래브에 붙어 있는 지판의 설치 여부와 두께 등을 확인하는 조

시는 대단히 어려운 상황이었다. 다행히 복측 코아 부위에 있던 슬래브가 붕괴 후 마지막까지 남아 있어 이 슬래브를 확인하였다.

복측의 #1 코아와 #2 코아 사이에 떨어져 비스듬히 세워져 있는 슬래브를 조사한 결과 슬래브 상단에 지붕층에 사용된 방수층이 있으며 슬래브 상부에 파라펫 부분이 일부 파괴되지 않고 남아 있고 길이가 약 10.3cm로 조사되어 #1과 #2 사이의 지붕층 코아 슬래브로 확인되었다.

설계도면을 확인한 결과 ④열 ⑤행 부위에 있는 5층 기둥 상부에 지판이 설치되도록 설계되어 있어 이 부위의 시공된 슬래브의 위치와 두께를 검찰과 우성건설 측의 입회하에 확인하고 코아링에 의한 시료를 채취한 결과 두께가 약 30cm로 확인되어 설계 두께 45cm 중 15cm의 지판이 미 시공된 것으로 확인되었다.

플랫슬래브 구조에서의 지판은 기둥과 보로 구성된 골조식 구조에서 보 역할을 하는 부재로, 하중을 지탱하는데 극히 중요한 구조 요소이다. 따라서 이를 시공하지 않았다는 것은 붕괴의 직접적인 원인이 될 수 있는 것으로 시공현장에서 골조공사 시 구조 전문가의 감리가 반드시 필요하다는 것을 말해 주고 있다.

3) 유지관리 분야

(1) 일반사항

삼풍백화점 붕괴사고의 원인을 조사하는 중에 다시 한번 깊이 느낀 것이 있다면 일반인들의 안전의식이 너무나 결여되어 있고, 누구나 다 전문가인듯 한다는 것이다. 이러한 안전의식의 결여로 인해, 전문가의 검토도 받지 않고 바로 자기 자신이 살고 있는 아파트의 내력벽을 헐어 내고 창을 설치한다든가, 두개의 방을 하나로 합쳐 사용하는 것을 가끔 볼 때마다 구조기술자의 한사람으로써 소름이 끼치지 않을 수 없다.

내력벽이나 슬래브 바닥 등과 같은 주요 구조부의 절단은, 하중이 바닥판을 통하여 보와 기둥으로 흘러들어 기초와 지반으로 전달되는 자연스런 힘의 흐름을 끊게 되어 붕괴의 직접적인 원인이 된다.

삼풍백화점에서도 골조공사가 완료된 88년 11월 이후 많은 부위가 구조적으로 훼손, 변경되어 붕괴의 직접적인 원인이 되었다. 이를 열거 하면 다음과 같다.

(2) 구조체의 손상

① 바닥 마감공사

대리석이나 화강석 등의 자재를 사용하여 시공된 부위는 주로 통로 부분인 것으로 조사되었으며, 화강석 등과 다른 마감재와 연결 시공되는 부위에서는 마감재의 두께가 달라지므로 마감 상태의 높이를 동일하게 유지하기 위한 시공 방법을 조사하고자 하였다. 그러나 이미 붕괴된 A동에서는 조사가 어려워 동일한 방법으로 시공하였으나 붕괴되지 않은 레포츠동(B동)의 통로 등 몇 군데의 바닥 마감

부위를 검찰 측과 우성건설 및 삼풍건설 측 입회하에 해체하여 시공 상태를 확인하였다.

마감재인 화강석을 걷어 내어 확인한 일부 구간에서 슬래브의 콘크리트 면에 요철이 심하게 나타나 콘크리트가 경화된 후에 파쇄한 흔적으로 조사되었다. 파쇄 깊이는 슬래브 상단에서 약 5cm 정도이었고 기둥 주변에서는 슬래브의 상부 철근이 노출된 곳도 발견되었으며, B동의 #6 코아와 연결되어 있는 ⑩행 지상 2층 슬래브는 두께 45cm로 설계되어 있는데 두께를 확인한 결과 약 42cm였다. 슬래브의 상부 콘크리트 면에는 요철이 있어 이 부위 역시 콘크리트를 훼손한 것으로 조사되어 이러한 상황으로 볼 때 동일 방법으로 화강석 등의 마감 공사를 시행한 부위에서는 슬래브의 두께가 감소되었을 것으로 추정된다.

② 전기 설비공사

철근콘크리트 공사는 88년 11월에 완료되었으나 전열, 전화, OA 배선용 플로어 덕트 공사용 설계도서는 88년 12월~90년 1월에 작성되었다.

A동과 같이 시공된 B동 3층 에스컬레이터 주위 매장 바닥 시공 상태를 확인한 결과에 의하면 골조공사 후 매장 부위 배선용 플로어 덕트 매립 및 바닥 마감재(화강석)공사를 위해 슬래브 면을 깊이 6cm 정도 파취 하였으며 심한 경우는 철근이 노출된 부위도 있었다.

골조 공사 이후 플로어 덕트 배관도가 작성된 것으로 보아 A동 매장 지하 1층부터 지상 4층 및 5층 신원판매부 바닥(전기 도면번호 E71~77)에 시공된 플로어 덕트 부분도 B동과 동일한 방법으로 시공되었을 가능성이 있다고 생각된다.

또한 골조 공사 완료(88. 11) 후 전기공사 시공을 위한 도면이 작성(88. 12~90. 1)된 것으로 보아 더 많은 부위에서 전기 공사를 위한 구조체 손상 부위가 있었을 것으로 예측된다.

③ 기계 설비공사

코아 #1 5층 ④열 ③행 부위에서 지붕층 슬래브를 지탱하고 있는 내력벽체 상부를 설비 덕트 공사를 위해 벽체길이 160cm 중 98cm를 절단하였다.

코아 #2 ④-⑧행에서는 매장 부위와 화장실 부위가 30cm 슬래브로 연결되어 있으나 쓰레기 투입구 및 화장실 설비 배관 라인 증설로 추정되는 개구부를 설치하기 위해 벽체와 슬래브의 연결부가 골조 공사 이후 1층에서는 약 300cm, 2층에서 5층까지는 230cm 정도를 각층 슬래브에 코아링 장비로 연속적으로 절단하여 벽체로부터 슬래브가 분리되었다.

특히 이 부위는 다른 부위의 슬래브 기본 모듈(10.8m×10.8m)보다 큰 12.0m×10.8m로 되어 있고 또한 결손 부위가 많아 슬래브의 휨모멘트 내력이 크게 감소되었을 것으로 판단된다.

코아 #4에서도 원인을 알 수 없지만 엘리베이터 주위 벽체와 슬래

브의 연결부를 1층에서부터 5층까지 각층에서 코아 #2와 동일 방법으로 약 150cm 정도를 절단하여 벽체와 슬래브가 분리되어 있었다.

또한 에스컬레이터 주위 기둥에 설치된 방화 샷타 설치를 위해 B동 에스컬레이터 주변 모서리에 있는 직경 80cm의 3층 원형 기둥을 검찰 측과 우성건설 및 삼풍건설 측 입회하에 확인한 결과 천장속에서 폭 33cm, 길이 91cm, 깊이 18.5cm 정도로 콘크리트를 훼손하여 철근이 노출되어 있었으며 노출 철근에 샷타를 용접하여 고정시킨 것이 확인되었다.

3. 붕괴 원인

1) 건축 및 구조설계 분야

① 지붕마감 하중 산정에 있어 구조계산서에서는 누름콘크리트를 두께 60mm의 경량콘크리트로 적용하여 사용하중을 90kg/m²로 계산되어 있다. 그러나 설계도서에 표시된 물매 1/100에 맞춘 시공에 따르면 가장 불리한 중앙부 누름콘크리트의 두께는 280mm이고, 붕괴현장에서 수거한 두께 150mm의 보통콘크리트로 고려하더라도 시공 상태의 하중이 345kg/m²가 되어 255kg/m² 정도 초과하였다.

② 구조계산서에 직경 80cm(주근 16-HD22)로 계산되어 있는 4층 에스컬레이터 개구부 모서리 기둥이 에스컬레이터 위치 변경 후 설계도면에는 직경 60cm(주근 8-HD22)로 축소 도시되었다.

③ 5층 및 지붕층의 슬래브 구조계산 시 일부 슬래브 단면이 뿔림전단 및 휨에 대한 내력이 부족하게 설계되었으며, 또한 일부 기둥의 내력이 부족하게 설계되었다.

④ 구조설계 도면에는 일반적인 수준의 철근 배근량을 표시하고 있을 뿐, 시공 시 주위가 필요한 코아와 슬래브의 접합부, 코아벽과 보의 접합부, 기둥과 슬래브 및 각종 개구부 등 주요부분의 구체적인 보강상세도면이 전혀 작성되지 않았다. 또한 구조설계 도면과 건축설계 도면이 서로 상이하게 작성되어 있는 곳도 다수 발견되었다.

2) 시공 분야

① 상단근을 지지하는 고임대(high chair)의 부실로 바닥판 상부 철근이 정상적인 위치보다 4~6cm 정도 내려앉게 시공되었고, 또한 지판 두께가 설계치수 45cm보다 5cm 작은 40cm 정도로 타설 시공된 것이 많아 슬래브의 유효두께 감소로 부재의 내력이 저하되었다.

② 북측 #1 코아 부근 지붕바닥 지판이 설계도면에 표시된 것과 달리 시공되지 않았다.

③ 북측 #1 코아 4열 부위에 지상 2층에서 5층까지 30cm×90cm 크기의 보를 설치, 상하 8-HD22를 배근하도록 설계되었으나, 5층에서 보의 중앙부 하단 철근이 4-HD22로 설계보다 4대 부족하게 시공되었고, 또한 직경 13mm 스티럽을 단부 15cm, 중앙부 25cm

로 배근하도록 설계되었으나 실제로는 직경 10mm 철근을 30cm 간격으로 배근하였다.

④ 북측 #2 코아 2층에서 5층까지의 화장실 슬래브 배근이 설계도면에서는 주열대 상단철근이 직경 16mm와 19mm가 교대로 15cm 간격으로 표시되어 있으나 시공 시 직경 13mm와 16mm 철근이 교대로 15cm로 부족하게 배근되어 있다.

⑤ 북측 #1 코아 벽체 콘크리트에서의 재료분리 현상이나 기둥이 어치기 부위에서의 레이턴스 발생 등 시공관리가 철저하지 못하였다.

⑥ 지판의 이어치기는 반드시 기둥 상단에서 시행하여야 하나, 기둥에 붓던 콘크리트가 지판으로 넘쳐 나와 이어치기 부위가 지판내에서 발생하는 등, 지판이 구조 부재로서의 역할을 할 수 없도록 시공하였다.

3) 유지관리 분야

① 최초에 신청 허가된 5층의 롤러 스케이트장을 식당가로 용도 변경하면서 식당가의 내부 개조가 이루어져, 대리석 및 화강석 등의 마감재 공사, 특히 15cm 두께의 콘크리트 주방바닥 공사, 벽돌벽체



사진 3. 붕괴후 잔존한 계단실 벽체 부분

공사와 함께 대형냉장고 등의 시설물 적치로 초기설계시보다 360kg/m² 이상의 과다한 하중이 추가로 적재되었다.

② 북측 #2 코아의 엘리베이터 벽체 앞의 홀 바닥에 쓰레기 투입구와 화장실 배관용 개구부가 추가 설치되면서 코어링 장비에 의해 2.3m 길이로 연속적으로 절단되면서 바닥판 철근이 절단되는 손상을 입었다.

③ 5층 신용판매부 위치의 플로어 덕트 공사나, 대리석 화강석 등의 바닥 마감재를 시공하기 위해 바닥슬래브의 피복콘크리트를 제거함으로써 바닥슬래브 콘크리트뿐만 아니라 철근 부착에 큰 손상을 주었다.

④ 금정식당 주방 배기 덕트 설치를 위해 북측 코아 내력벽을 약 40×98cm 절단하여 손상을 입혔다.

⑤ 구조계산서에 반영되지 않은 냉각탑을 직접 슬래브에 설치하여 400kg/m² 이상의 초과적재하중이 작용하였다. 또한 냉각탑 이설 공사 시 완전 분해되지 않은 상태로 이동한 관계로 바닥판에 구조적 손상이 초래되었다.

⑥ 전기 배선용 전기박스, 또는 방화셔터 설치를 위해 기둥의 주근이 노출될 정도로 기둥이 훼손되었다.

⑦ 기둥 주변에 발생한 거미줄형 균열, 바닥 슬래브의 급격한 처짐, 얼음을 깨는 듯한 균열 소리 등의 붕괴 징후에 안전조치가 결여되었다.

4. 분석 및 고찰

1) 재료시험 분야

① 본 조사대상 건물인 삼풍백화점 구조물의 내력평가를 위해 압축강도를 추정한 결과, 슈미트햄머를 이용한 반발경도법의 콘크리트에 대한 판정 강도는 222kg/cm²(공시체수 n=3, 표준편차 17.6kg/cm²)이고, A동 잔재부분 코아에 대한 콘크리트 평균 압축강도는 184kg/cm²(공시체수 n=95, 표준편차 45.2kg/cm²), A동 북측 엘리베이터 타워부분 코아에 대한 압축강도 판정강도는 203kg/cm²(공시체수 n=30, 표준편차 46.5kg/cm²)으로 나타났다.

② 붕괴된 삼풍백화점 A동의 잔해물에서 채취한 철근에 대한 인장강도를 측정된 결과, 설계기준강도 이상의 철근을 사용한 것으로 판단된다.

③ 붕괴된 삼풍백화점 A동에 사용된 콘크리트 내의 단위시멘트 함유량을 측정된 결과, 시험편에 포함된 단위시멘트량은 250kg/m³로 나타났으며, 물시멘트비를 고려한 경우, 적절한 것으로 판단된다.

④ 삼풍백화점 구조체에서 채취한 콘크리트 내의 염화물 함량을 분석한 결과, 콘크리트 중에 허용되는 염화물 함유량인 0.30kg/m³ 이하로 나타났다.

2) 설계분야

① 최초 설계도면에 냉각탑에 관한 설치 방법이나 제원이 표시되지 않았으며 구조계산서에도 냉각탑 하중을 고려하여 계산된 내용은 확인되지 않았다. 또한 최초 설치 시에도 별도의 구조 검토 없이 슬래브 위의 보호 콘크리트에 직접 설치하여 과하중이 작용하게 되었다.

② 지상 5층의 용도가 롤러 스케이트장에서 식당가로 용도 변경이 되어 하중이 증가하였으나 용도변경에 따른 별도의 구조 검토나 보강을 하지 않아 설계상 오류를 범한 것으로 사료된다.

③ 북측 #2 코아의 엘리베이터 벽체 앞에 쓰레기 투입구(D.C)를 신설하기 위하여 슬래브를 절단하고 D.C의 양측에 길이 120cm의 콘크리트 벽체로 설계도서를 변경 작성하였으나, 이때는 이미 콘크리트 구조체 공사가 완료된 후이므로, 구조체 변경에 대한 구조안전 여부를 충분히검토하고 시공 및 감리를 철저히 하여야만 하나 설계자나 시공자 모두 이를 수행하지 않았다. 또한, 구조계산서에는 에스컬레이터 모서리에 있는 4, 5층 기둥의 직경을 80cm로 하였으나 에스컬레이터의 위치가 바뀐 후에는 둘레를 큰 보로 보강하고 기둥의 직경을 60cm로 변경하였다. 에스컬레이터 부위에는 슬래브에 개구부가 생겨 플랫슬래브의 연속성이 없어지므로 주변의 슬래브에 영향을 미치게 되며 개구부 주위에는 비틀림 모멘트가 발생되므로 기둥 또한 휨모멘트를 받게 된다. 따라서 위치를 변경한 개구부 주위의 기둥을 처음과 같이 직경 80cm의 기둥으로 하는 것이 안전에 도움이 되었을 것이다.

④ 구조 설계도면을 검토하여 보면, 지상 1층과 지하 1층의 에스컬레이터 주위 슬래브의 철근량이 구조계산서보다 부족하게 작성되어 구조계산 시의 설계내력 보다 작게 시공되는 결과를 초래하였다.

⑤ A동의 1층에서 5층까지 전후면(C행 및 H행) 외곽 기둥과 슬래브의 연결부위는 구조계산서에 콘크리트의 타설이 어려울 정도로 집중적으로 철근을 배근 하였는데, 이는 이 부위의 취약함을 반증하는 사례이기도 하다. 이 부위의 강력한 연결을 위해서는 별도의 연결 방법을 취해야 하던 것으로 생각된다.

⑥ 건축물을 설계할 때 각 전문분야를 공종별로 별개의 시스템으로 설계도면을 작성하여 시공을 하게 되면, 현장의 기능공은 선후 공정이나 타 공정에 대한 전문 지식이 부족하여 공종간 중첩 부분에서 완벽한 시공을 기하기 어렵게 된다. 따라서 건축물의 설계도를 완성하기 위하여 건축, 구조, 설비 등 각 분야가 각각 상호 보완적이고 분명하게 이해되도록 작성되었어야만 한다.

⑦ 설계도면 작성은 각 분야별로 충분한 시간을 가지고 단계별로 검토되어 최종적으로 완벽한 설계도가 완성되어야 하는데, 삼풍백화점 설계도서는 인허가용을 먼저 작성 제출하고 실제 착공 후에는 사업계획의 잦은 변경으로 도면이 변경 및 수정됨으로써, 또 일관성

없이 공사가 진행되어 결과적으로 정밀한 시공을 할 수 없었고 공사의 질이 저하된 것으로 판단된다.

3) 시공분야

① 철근공사의 경우 철근간격은 대체적으로 설계도와 같이 시공되었으나 시공당시 콘크리트를 타설하거나 설비·배관공사를 할 때, 이미 배근된 철근을 밟고 다니면서 공사를 함으로써 상부 철근이 내려앉아 슬래브의 유효두께가 많이 감소되었다. 이는 철근의 고임 방법과 골조공사 시 감리·감독이 적절치 못했기 때문인 것으로 보이며, 유효두께의 감소로 인하여 휨모멘트에 저항할 수 있는 철근량이 부족하여 균열이 발생되고, 이 균열에 의하여 균열이 발생된 깊이만큼 실제적인 슬래브 두께가 부족하게 되어 전단력에 대한 저항능력이 감소된 것으로 판단된다.

② 콘크리트 공사의 경우는 일부 원형기둥과 벽체에서 재료분리 현상이 나타나 있고, 콘크리트 타설 후 레이턴스가 과다하게 발생하여 기둥의 이어치기 부위에서 기둥이 수평으로 갈로 자른 듯이 분리되어 있어, 콘크리트가 일체화 되지 못하고 부분적으로 밀실하게 타설되지 못하여 국부 응력이 작용된 것으로 보인다. 일부 기둥에서는 지판이 없는 경우와 지판의 두께가 부족한 경우가 발견되어 부분적으로 휨모멘트와 전단력에 저항할 수 있는 저항능력이 감소된 것으로 보인다.

③ 콘크리트 이어 치기는 수평부재인 슬래브의 경우 수평 방향의 이어치기를 지양하고 수직 방향으로 이어 치기를 하여야 하나, 지판상단과 슬래브 하단 부위에서 이어 치기를 하여 휨모멘트와 전단력에 저항할 수 있는 저항능력이 감소된 것으로 보인다.

④ 설비 공사는 콘크리트 타설 전에 필요한 위치에서 배관 공사나 슬리브 매설 공사를 하여야 하며 배관이나 박스 매립 등에 의하여 발생하는 단면 결손 부위를 검토하여 필요한 부위를 철근 등으로 보강한 후 콘크리트를 타설 하여야 한다. 그러나 북측 #1 코아 벽체 및 #2 코아 슬래브의 훼손과 서류상으로 나타난 코아 채취 비용 등을 볼 때, 대부분 콘크리트 타설 후 슬래브나 벽체 등을 훼손하여 시공한 것으로 보이며 이 때 철근도 같이 훼손되어 응력의 국부적인 집중 현상이나 단면결손에 의한 영향이 큰 것으로 생각된다.

⑤ 백화점과 같은 대형 건축물에서는 설비(기계, 전기 및 통신) 공사가 차지하는 비중이 매우 크므로 설계 및 시공 시에 종합적인 검토가 충분히 이루어져야 한다. 그러나 본 건물은 이미 골조공사가 완료된 후에 설비분야 설계도면이 작성되어 시공됨으로써, 원초적으로 붕괴 위험을 안고 있었던 것으로 사료된다.

4) 유지관리 분야

① 유지관리 업무는 시설부에서 관장하고 있었으며 관리체계를

보면 관련 업무에 경험이 적거나 비전문가가 배치되어 실제 유지 관리를 담당하고 있는 실무 책임자가 시설 변경, 구조 안정성 판단, 설비 시설의 관리·운용 등 구조적인 전문성이 결여되어 있었다.

② 무려 400kg/m²의 하중이 추가된 냉각탑을 설치하는데 있어, 구조전문가의 검토와 설계를 결여하였다는 것은 전문가가 볼 때 너무나 비상식적인 것으로, 일반인들의 구조에 대한 안전의식이 얼마나 후진적인가 하는 것을 극명하게 보여주었다.

③ 5층 롤러 스케이트장을 식당가로 변경하고 슬래브 바닥을 절취하며, 화강석 바닥 마감 높이를 맞추기 위하여 철근이 드러나도록 콘크리트 피복부분을 브레이커로 파취하는 등의 행위는 구조 안전상 치명적인 행위로 유지관리 주체의 전문성 결여가 엄청난 재앙을 부를 수 있다는 것을 말해주고 있다.

④ 건축물을 처음 시공 당시와 같은 상태로 유지하기 위해서는 유능한 기술자를 확보하고 충분한 예산으로 뒷받침하여야 하나, 현행법으로는 해당 전문분야에 관계없이 기술자면 어떤 분야든지 맡을 수 있다는 고정 관념이 보편화 되어 있어, 본 백화점에서와 같이 오랜 기간 동안 수많은 사인들을 내보내며 붕괴 위험을 알려 왔으나 이를 사전에 감지한 기술자는 한명도 없어 결과적으로 큰 비극을 초래하였다. 따라서 일정 규모 이상의 건축물 유지관리 부서에서는 반드시 소경경력 이상을 가진 구조 전문가 배치를 의무화하여 안전을 도모하여야 할 것으로 사료된다.

5. 결 언

삼풍백화점 건물은 1987년 7월에 착공하여 1989년 12월 1일 가사용 승인을 얻어 개점한 이후 5년여 간을 사용하였으며 그 구조시스템은 보와 기둥으로 구성된 일반 뼈대구조(철근콘크리트 골조)와는 달리, 보가 없이 바닥 슬래브 판이 직접 기둥을 지지하는 플랫슬래브 구조로 기둥 한 개가 부담할 수 있는 능력이 X-Y 방향 모두 같아, 잘못된 한 개의 기둥 지지부 붕괴가 전체구조물의 붕괴로 이어질 수 있는 연쇄붕괴(progressive collapse)가 가능한 구조이다.

본 붕괴사고 원인조사에서는

- ① 붕괴 현황조사 및 기초 지반조사
- ② 구조재료의 강도시험
- ③ 설계도서 검토와 시공 및 유지관리 내용 검토
- ④ 구조 해석

등을 면밀히 조사하고 조사결과를 토대로 이 건물의 설계, 시공 및 유지관리 측면에서 건물 붕괴에 영향을 미친 직·간접적인 요인들을 종합하여 검토한 결과, 이 건물의 붕괴는 설계하자, 부실시공 및 유지관리상의 과오 등이 장기간에 걸쳐 복합적으로 상호 작용하여 일어난 것으로 분석되었다. 이를 요약 정리하면 다음과 같다.

(가) 붕괴에 가장 크게 영향을 미친 원인으로는 건물의 유지관리 과정에서 무단으로 시행한 설계 및 용도 변경으로, 매우 과중한 추가 하중이 부가되었을 뿐 아니라 구조체를 임의로 절단, 파손하여 구조 부재에 큰 손상을 가함으로써 구조상 극심한 내력감소를 초래하였다.

(나) 시공과정에서는 현장에서의 공사관리 및 감독의 소홀로 부 실시공을 야기 시킴으로써 붕괴에 영향을 준 요인이 되었다.

(다) 부적절한 건축 및 구조설계 계획으로 연쇄붕괴를 일으키는 요인이 되었다.

(라) 장기간에 걸쳐 균열이나 처짐 등 붕괴에 선행되는 여러 징후가 발생했음에도 불구하고 안전진단을 소홀히 한 것이나, 붕괴 직전과 같은 위기 상황에 대한 대처가 미흡하여 엄청난 참사가 발생하게 되었다.

(마) 이와 같은 붕괴 요인들이 5년이라는 장기간에 걸쳐 지속적으로 진행, 전반적으로 안전율을 확보하지 못한 상태에서 종국에는 5-E, 5-F 기둥 주변의 5층 및 지붕층 슬래브가 기둥 둘레를 따라 전단파괴되면서 인접 슬래브의 파괴로 이어지는 연쇄붕괴가 일어나 전체 건물이 붕괴된 것으로 판단된다.

건축물은 좋은 설계와 시공/감리 및 적절한 유지관리 과정을 거쳐 안전한 상태로 유지 되는 것이다. 그러나 우리나라의 건설 관련 제도를 살펴보면 설계와 시공/감리 및 유지관리 등 어느 단계에서도 안전을 가장 우선적으로 책임져야 하는 구조전문가가 책임지고 업무를 수행할 수 있도록 되어있지 않다. 건축사법 제4조 제1항 및 제2항에 따르면 건축물의 건축 등을 위한 설계와 감리는 건축사만이 수행할 수 있는 고유업무로 규정되어, 구조기술자가 구조 설계와 감리를 본인 책임 하에 수행할 수 있는 방안이 원천적으로 봉쇄되어 있다. 또한 건축사법 제2조 2항에 따라 구조기술사는 “건축사보”로 규정되어 “건축사”와 종속관계에 있으므로 해서 구조 안전에 관하여 책임 있는 위치에 있지 않다.

이러한 제도는 선진국에서는 찾아 볼 수 없는 제도로 예를 들면, 미국은 설계권한이 건축사 또는 구조기술사에 대한 제한이 없고, 독일과 같은 나라는 구조설계에 대해서만큼은 구조기술자가 책임을 지도록 되어 있으며, 일본·싱가포르 등에서도 구조기술자가 구조도면을 작성하고 책임을 지도록 하고 있다. 특히 독일 등 EU의 경우에는 발주자 또는 대리인이 선임한 안전조정자(safety coordinator)가 최상위의 위치에서 설계단계부터 공사 준비, 시공단계에 이르기까지의 모든 과정을 지도, 자문, 감독 하도록 되어있다.

삼풍백화점의 설계와 시공/감리 및 유지관리 과정을 살펴보면 어느 단계에서도 구조 전문가가 책임 있는 위치에 있지 않아, 본인이 책임을 지고 구조분야의 업무를 수행하지 않았다. 또한, 우리나라 제도상 잘못된 구조설계와 골조공사를 어느 단계에서도 검토해 낼 수 있는 조정자가 없어, 설계를 맡은 건축사는 구조기술사에게 구조

계산만을 의뢰하여 이를 구조도면 작성에 이용하고, 용도나 설계가 변경된 부분에 대하여 구두나 메모형식으로 문의하고 답변을 받았을 뿐, 구조기술자에게 공식적인 문서 등으로 책임있는 행위를 요구하지 않았다. 이는 법적으로 건축사 보조 신분인 구조기술사에게 문서로 요구하기 어려웠기 때문으로 보이며, 구조기술자도 보조원 신분 에 만족하여 구조적인 문제에 대하여 끝까지 책임질 필요가 없었기 때문으로 사료된다.

최근에는 일정규모 이상, 또는 특수한 용도의 건축물에 대하여 구조설계 도면에 구조기술사의 날인을 요구하는 규정이 신설되고 있으나, 이는 어디까지나 검토 후 날인 행위일 뿐, 구미 선진국에서와 같이 실제로 본인이 책임지고 설계하는 단계에 이르고 있지 않다. 우리나라의 현행 제도 하에서는 설계, 허가 및 시공/감리 과정에서 독일 등 EU에서와 같이 잘못된 안전관련 부분을 최종적으로 검증해 낼 수 있는 방법이 결여되어 있다. 건축허가 심의 과정에서 구조분야가 다루어지고 있으나 10분내지 20분 정도의 극히 짧은 시간 내에 심의가 이루어져 복잡한 구조설계 전반에 대해 안전을 완벽하게 검토하기는 불가능하여 거의 요식적인 면피행위에 머무르고 있는 실정이다.

결론적으로, 국민생활의 불편을 해소하고 경제 활성화를 돕는다는 측면에서 일반 행정적인 규제는 완화되어 가야 할 것이나, 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하려는 제도는 오히려 강화되고 있는 것이 국제적인 추세이다. 이를 감안할 때, 설계·시공/감리 및 유지관리 단계마다 적절한 경력을 갖춘 전문 기술자가, 역할에 걸맞는 책임과 의무를 지고 건축행위를 수행하여야 만이 삼풍백화점과 같은 비극이 재발하는 것을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

다시는 이 땅에 이와 같은 사고가 발생하지 않기를 기원하면서, 무고히 희생된 고인들의 명복을 마음 속 깊이 비는 바이다.☐

참고문헌

- 1) 서울지방검찰청; '삼풍백화점 붕괴사건 수사 및 원인규명 감정단 활동백서, 1996. 11.
- 2) 서울특별시; '삼풍백화점 붕괴사고 백서, 1996. 6.