

실패한 구조물과 혹평된 구조물 사례 연구

Case Study of Failed Structure and Criticized Construction

박 건 우* · 장 영 일** · 김 예 린***

Park, Kun-Woo · Jang, Young-Il · Kim, Ye-Rin

요 약

본 논문에서는 실패한 구조물에 초점을 맞추어 조사를 진행하였다. 실패한 구조물은 구조적, 역학적, 환경적 부정합으로 인해 구조물이 붕괴된 경우로 인명 피해가 발생한 것으로 정의하였다. 삼풍백화점과 성수대교의 국내 사례와 방글라데시 라나 플라자, 미국 미시시피 강 교량의 국외 사례를 통하여, 각각의 붕괴 사고의 원인을 규명하였으며, 붕괴사고의 해결책을 모색하고 체계적으로 분석하였다. 본 연구를 통하여 구조물의 붕괴 뿐 만이 아니라, 다방면의 재난을 예방 및 방지할 수 있는 연계 시스템의 확립 또한 강조하였으며, 사고방지를 위해 변화하는 시방서 및 기준에 대하여도 언급하였다.

keywords : 실패한 구조물, 삼풍백화점, 성수대교, 라나 플라자, IW-35 bridge

1. 서 론

최근 뉴스에서 안타까운 인명사고가 발생한 사건에 대해 보도된다. 이는 태풍이나 지진과 같은 자연재해 때문일 수도 있고 테러가 원인일 수도 있으며 어쩌면 부실공사 혹은 유지관리의 미흡이 원인이 될 수도 있다. 자연재해와 테러 같은 경우는 어쩌면 막을 수 없는 필연적인 사고 일 수도 있다. 그러나 부실공사와 유지관리의 미흡으로 인한 사고와 같은 경우에는 발생하지 않았을 수도, 막을 수 있었음에도 불구하고 발생한 사고이다.

본 연구에서는 앞서 말한 ‘막을 수 있었지만 그렇지 못 했던 이유’로 인해 인명사고가 발생한 구조물을 ‘실패한 구조물’이라 칭하여 분석해 보고자 한다. 먼저 국내외에서 실패한 구조물은 어떤 것들이 있었는지, 또한 각 구조물이 사고를 일으킨 원인에 대해 분석할 것이며, 이런 사고들이 일어나지 않기 위해서는 무엇이 필요한지를 분석하여보면 구조물에 있어서 ‘안정성’의 중요성을 확인할 수 있을 것이라 예상된다.

우리는 살아가면서 수많은 토목 구조물과 마주한다. 이 중 토목이란 인류 문명 발달의 가장 기본이 되는 자연 및 사회의 각종 재해와 공해로부터 인류를 보전하며, 국토 환경을 물리적으로 개조하여 인간의 생활에 더 쾌적하고 유용하게 쓸 수 있도록 연구하고, 인간과 자연의 공존을 생각하고 기술과 인간의 조화를 현실화하여 인간생활의 기반을 구축하고, 인류의 문명을 실현하여 사회를 유지하는 가장 기본적인 학문이다. 대표적으로 도로, 교량, 상하수도, 댐 등이 토목구조물이며, 인간의 삶의 기반을 제공하는 토목구조물은 설계부터 완공 이후, 구조물의 수명이 다할 때까지 안정성의 검토가 매우 중요하다.

* 학생회원 · 인천대학교 도시건설공학과 kwkunwoo@naver.com

** 학생회원 · 인천대학교 도시건설공학과 ojini0402@naver.com

*** 학생회원 · 인천대학교 도시건설공학과 so02175@naver.com

2. 본 론

본 연구에서 사용하는 예제들은 지형적, 역학적 부정합으로 인한 인명피해를 발생시킨 국·내외 사례로 하며, 실제 연구 및 규명된 구조물들로 한다.

2.1. 국내 실패한 구조물 연구 결과

2.1.1 삼풍백화점 붕괴사고

1995년 6월 29일에 발생한 삼풍백화점 붕괴사고는 백화점허가, 증개축, 안전점검 등 공무원과 삼풍백화점과의 부정비리와 부실공사가 빚은 대형사고로서 사망 501명, 부상 1,000여명이라는 대형재난이었다.¹⁾ 이러한 삼풍백화점 붕괴사고의 원인은 크게 두 가지로 분류 될 수 있다. 첫 번째로는 설계 오류에 의한 구조적 균열이다. 삼풍백화점은 본래 무량 판의 구조로 설계되었다. 무량 판의 구조는 수평으로 하중을 받는 보가 없이 기둥과 슬래브로 이루어진 구조이다. 주 외부하중을 구조물의 기둥과 슬래브만으로 지지하기 때문에 이 공법에 쓰이는 슬래브는 일반 설계 시 보다 두꺼워야 한다. 삼풍백화점의 건물주는 본래 설계 시 고안된 4층 구조의 일반 상가에서 5층의 백화점으로 증축을 제안하였고, 시공사 변경에 의한 설계 오류를 초래하였다. 두 번째 원인으로는 시공 오류에 의한 균열이다. 구조물 옥상에 배치된 1톤에 가까운 실외기를 끌어서 옮겼기 때문에 슬래브에 엄청난 부하를 주게 되었다. 또한, 매장확보와 에스컬레이터 설치를 위하여 구조물을 지탱하는 기둥을 절단하였는데, 이로 인하여 슬래브와 기둥 모두 손상을 입어 붕괴를 초래하게 된 것이다.²⁾ 삼풍백화점 붕괴사고는 구조물의 설계-시공-유지 및 보수의 과정의 중요성을 다시 한 번 되돌아 볼 수 있는 국내의 대표적 사례이다. 이로써, 대형 인명피해 및 재산피해를 남긴 삼풍백화점을 실패한 구조물로 볼 수 있다.



<그림 2.1.1> 성수대교 붕괴 현장



<그림 2.1.2> 삼풍백화점 붕괴 현장

2.1.2 성수대교 붕괴사고

성수대교는 서울특별시 성동구 성수동과 강남구 압구정동을 잇는 한강의 11번째 다리이다. 총연장 1160M의 4차선 대교로 1979년 10월 16일에 완공되었으며, 1994년 10월 21일 오전에 10번과 11번 교각 사이 상판 48M가 붕괴 되었다³⁾. 성수대교는 게르버 트러스 형식의 교량으로 주 경간 부의 앵커트러스트와 핀으

로 연결되었으며 장대교량으로 총 하중 32.4t 까지 버틸 수 있는 교량이다(한겨레신문, 1994). 성수대교 붕괴 사고의 직접적 원인은 유효단면적의 감소와 응력집중을 유발하게 한 용접시공의 결함과 제작오차, 검사미흡, 피로균열을 가속화 시킨 규정 이상 중 차량 통행규제 소홀인 것으로 발표되었다(오국성, 2012: 67). 즉, 설계도면상에는 10mm 두께로 용접토록 돼있으나 2mm정도 얇게 처리 됐고 시방 서가 규정한 기계(자동)식 용접 방식 대신 수동식이 사용되는 등의 설계 및 시공 오류와 시방 서가 규정한 기계(자동)식 용접방식 대신 수동식이 사용되어 용접오류가 발생했다는 주장이다. 이와 더불어, 중 차량 통제 미약으로 인한 설계하중이상의 부하를 받았고 부식을 촉진하는 염화칼슘이 뿌려져 부식속도가 일반상태보다 약 40배정도 높아 붕괴의 주원인이라는 주장이다(매일경제, 1994). 결과적으로 설계 및 시공 오류와 유지 및 관리 미약으로 인하여 야기된 대참사라 볼 수 있다. 또한, 사고 발생 당시, 새벽 4시 반 경 운전자의 1차 신고가 있었지만, 조치가 미흡하여 대참사를 미연에 방지하지 못했다. 성수대교 또한 구조물의 안전성 검토의 중요성을 깨닫게 하는 국내의 대표적 붕괴사고이며, 이와 더불어 효율적인 건설행정 시스템과 재난을 방지할 수 있는 초동조치를 위한 엄격한 긴급 사고대응 체계 확립 또한 시급한 문제임을 알 수 있다.

2.2. 해외 실패한 구조물 연구 결과

2.2.1 방글라데시의 라나 플라자 붕괴사고

2013년 4월 24일에 발생한 라나 플라자 붕괴 사고는 불법 증축, 법규를 무시한 부실시공, 암묵적인 뒷거래, 안전 불감증으로 일어난 사고로 1100명 이상의 사망자와 2500명 이상의 부상자를 낸 최악의 산업재해였다(오마이뉴스, 2014). 라나 플라자 붕괴 원인에 대해 방글라데시 정부조사위원회에서는 건축법규 위반과 기준미달의 건축자재 사용, 위층에서 발전기 등의 중장비를 작동시킨 것이 어우러져 발생했다고 발표했다(월스트리트저널 코리아, 2013). 방글라데시 최대 참사로 평가되는 이 사건은 설계부터 붕괴까지 모든 과정이 인재였다. 충분히 예견할 수 있었고, 또 예방도 가능했다. 방글라데시 의류생산 및 수출업자 협회는 사고 발생 이전부터 업주 쪽에 안전검사가 마무리될 때까지 공장을 잠정폐쇄해야 한다고 경고한 것으로 들어났다(한겨레21, 2013). 또한 방글라데시 경찰은 붕괴 전날인 4월 23일에 건물 벽면에서 눈에 띄는 균열을 발견하고 대피 명령을 내렸지만 입주 공장들이 이를 무시했다(국민일보, 2013). 인명 피해를 막을 수 있는 여건이었음에도 불구하고 안전 불감증과 무허가 증축 등 안일한 생각으로 인해 참사를 일으켰다는 점에서 안전이 얼마나 중요한지 다시금 깨닫게 하는 대표적 붕괴사고라고 할 수 있다.



<그림 2.2.1> 라나 플라자 붕괴 사고 현장



<그림 2.1.2> 미시시피 강 교량 붕괴 사고 현장

2.2.2 미국의 미시시피 강 교량 붕괴사고

미시시피 강 교량은 미국 미네소타 주 미니애폴리스 도심과 미네소타 대학교를 이으며 미시시피 강을 가로지르는 주간 고속도로 'I-35W'의 다리이다. 1967년에 준공된 상로 아치 트러스교로 왕복 8차선 통행이며 전장은 약 581m이다. 이 교량은 북아메리카 중부 여름 시간으로 2007년 8월 1일 18시 5분경 굉음과 함께 다리 중간 부분이 V자로 꺾이면서 150m가량의 상판이 20m 아래 강물로 주저앉았다(동아일보, 2007). 붕괴당시 약 110대의 자동차가 교량위에 있었으며 그 중 17대의 자동차가 강으로 빠져 13명의 사망자와 145명의 부상자가 발생하였다.⁴⁾ 미시시피 강 교량 붕괴의 원인에 대해서 미 교통당국은 교량에 결함이 있다는 경고가 이미 여러 차례 제기됐다고 밝혔다. 2005년 주 교통 국 안전검사에서 50점을 받아 '구조적 결함' 진단을 받았으며 배어링 부식으로 인한 구조적인 결함이 있었고 상판 접합부분 철근에도 부식이 있었던 상태라고 말했다. 또한 미 토목학회는 미 정부가 낡은 구조물을 너무 오래 방치했다고 발표하였다(SBS뉴스, 2007). 결과적으로, 안전대책 소홀이 원인이 된 사건이라고 할 수 있다.

2.3 사고 예방 및 방지 대책

위에서 살펴본 국·내외 구조물 붕괴 사례를 통해 설계 및 시공의 중요성을 알 수 있었다. 뿐 만 아니라, 시설물의 유지 및 관리·보수 또한 간과 할 수 없는 측면이다. 즉, 구조물이 안전하고 확실하게 그 기능을 다하기 위해서는 각각의 작업을 면밀한 계획 하에 확증을 갖고 실시할 필요가 있으며, 이들을 단계적으로 수행해 나감으로써 건전한 구조물의 안전성과 기능성을 보전 유지 할 수 있다⁵⁾. 일반적으로, 구조물의 공용개시 이후부터 구조물의 수명이 다하기까지의 기간 동안 구조물이 받는 다양한 환경조건에는 가혹한 하중조건이나 강도열화, 산화로 인한 구조물 손상 등의 문제가 존재한다. 따라서 재난을 방지하기 위해서는 1차적 차원의 구조물의 설계 및 시공, 지속적인 유지 및 관리 보수 등의 정확하고 엄격한 규정과 시스템이 필요하다. 이와 더불어, 재난을 미연에 방지할 수 있으며, 사고가 일어난 이후에 즉각적인 조치를 취할 수 있는 체계적인 시스템의 확립 또한 중요하다. 각 지역 관할의 구조물로 인한 사고가 발생 할 경우, 해당 민·관·경의 상호 연계적 연락망 및 조치 시스템을 상비하여 효율적인 사후조치를 진행 할 수 있으며, 부수적인 피해량을 줄일 수 있을 것이다.

3. 결론

구조물로 인한 사고를 막기 위해서는 설계 단계에서 부터 설계 안전 검토(DFS)를 적용해야 하며, 정확하고 엄격한 유지 및 관리 보수 관련 규정과 시스템이 필요하다. 더욱 더 나아가, 사고 예방 및 즉각적인 사후 조치를 위한 상호 연계 시스템의 확립과 구조물 안전에 대한 사람들의 인식 강화가 필수적이다.

참고문헌

-
- 1) 이교선 (2003) "신문의 대형사고 보도에 관한 연구", 25쪽, 경희대학교
 - 2) 원유영 (2011) "콘크리트 구조물의 하자 심각성에 대한 판정방법 및 기준 정립", 연세대학교 학술정보원
 - 3) 송기중 (2014) "한국 재난관리체계의 구축방안 : 성수대교 붕괴사례를 중심으로", 전북대학교 대학원
 - 4) 박수영, 박성호 (2008) "MN I-35W Mississippi river bridge 붕괴", 한국강구조학회
 - 5) 김영의 (2012) "시설물의 유지관리와 구조 안전성", 시설안전기술공단