

# 鐵骨트리스 붕괴 事故現場을 보면서

이 창 남\*



### 略歷

- 서울대학교 대학원 건축공학과 졸 (공학석사)
- 현대건설(주) 건축부
- 한국종합기술개발공사(주) 구조부 근무

### 1. 머릿말

우루과이라운드협상에 관한 관심들이 많음을 봅니다. 土木, 建築設計分野에서는 그동안 온실속에서 자라는 화초들처럼 외풍을 안타고 그런대로 지나온 것이 사실입니다. 그러나 이제 우리도 우물안 개구리가 아닌 거친 파도를 헤치며 넓은 바다를 향해해야 할 운명에 있습니다. 필자 역시

전무후무한 기회를 얻어서 4반세기동안 아무런 제재나 경쟁자의 도전을 받지 않고 마음대로 建築構造實務를 해 왔습니다. 이렇다할 경험도 없이 또한 누구의 지도도 받지 않고 대형 project 를 맡아 처리했으며 말하자면 남의 재산을 가지고 크나큰 實驗을 한 결과가 된 것입니다.

때로는 아슬아슬한 고비를 넘기기도 했으며 지금 생각해도 그 당시 어떻게 그런 합리적인 결과를 끌어냈을까 하는 생각이 들 정도의 훌륭한 작품도 없지 않았습니다.

이러저러한 경로를 거치다보니 필자는 그 수량에 있어서 세상에 어디에 내놓아도 뒤지지 않을만한 경험을 쌓을 수 있었으며 이 때문에 한눈에 構造物을 판정하는 안목을 얻게 되었음을 느끼곤 합니다.

스스로 자랑하는 오만함을 역겨워할 독자가 있을지 모르나 engineering에서는 김일성에게서라도 배울점이 있으면 배워서 이용하는 것이 결코 부끄러움이 아님을 알고 실천하는 터라 감히 이런

\* 정회원 : 이사, 센구조 연구소 대표

말을 하는 것입니다.

새로 세워지는 構造物이 많다보니 그 중에는 짓다가 무너지는 것, 쓰다가 사고나는 것들이 눈에 많이 뜨입니다. 때로는 構造安全診斷이라는 업무를 통해서도 이런 構造物을 접하게 되고 어떤 때는 기존건물을 증축하기 위하여 構造를 검토하는 과정에서 밝히기도 합니다. 새로 탄생한 鋼構造學會 會誌에 실리는 論文을 비롯하여 각종 論文集, 學位論文들을 보면 얼핏 대단한 발전이 있는 것 같이 보이기도 하고 오늘날 눈부신 진전을 보이는 computer 분야에서는 정신을 못차릴 정도의 변화를 실감합니다. 그럼에도 불구하고 말씀한 대부분의 構造物들은 어떤 심오한 뒷받침이 부족해서거나 풀리지 않는 어려운 문제점 때문인 것이 아니라 너무나 초보적인 어이없을 정도의 基本原理의 망각 때문인 것들을 알고 놀랄 것입니다. 그래서 감히 할당된 지면을 이들 초보적인 내용들로 채워 보기로 하겠습니다.

## 2. 경험의 한계

어떤 경우거나를 막론하고 構造物은 안전해야 합니다. 그러나 이 명제를 놓고 실무를 하다보면 경제성을 무시한 지나친 安全에 거부감 내지는 취척감마저 느끼게 됩니다.

設計者の 성격이나 철학에 따라 構造物의 安全度는 다르게 나타나는 것을 보게 됩니다. 어느 회사의 設計는 아슬아슬하게 약하다느니 어떤 技術士의 設計는 너무 중후하다느니 하는 말들이 오가고 있습니다. "SAFETY FIRST"를 주장하는 분의 말에도 일리가 있습니다. 構造物이란 어쩌면 사람의 명 보다도 긴데 우리 자손들이 이것을 사용하게 될지 어떻게 어느나 하면서 한사코 튼튼하게 즉 過大設計를 주장합니다. 기껏 달구지만 다니던 돌다리에 탱크가 건너가도 끄떡 없으니 좋기는 합니다. 때로는 중간 기둥 한개를 잘라 버려도 무너지지 않는 집이 있습니다. 요즘

덤프 트럭은 공장에서 나오자마자 짐칸을 늘려서 과대적재운행하는 것이 유행입니다. 그래도 자동차운행에 무리가 없으면 좋은 차로 평가를 받게 됩니다. 불란서의 교통망, 지하철을 들먹이며 5년을 내다보지 못한 노량대교 設計者를 탓하기도 합니다. 다 좋은 얘기이고 동감이 가는 논리입니다. 그런데 한편 나폴레옹이나 해지는 시간이 없다면 대영제국의 막강한 재력을 가진 자들이 돈 생각 안하고 마음대로 大型工事を 집행했던 당시의 상황과 구공탄 피우며 라면으로 끼니를 때우는 백성들의 세금으로 공사해야 하는 우리들 처지를 비교한다면 어떤 답이 나올까요? 이런 비판을 하는 당사자는 부딪혀도 안전하다는 VOLVO 자동차만 타고 다니는지 묻고 싶습니다. 손가락으로 눌러도 들어가는 철판으로 만든 국산 자동차에 목숨을 맡기고 오늘도 고속도로를 달려야 하는 우리들끼리 서로 비방하거나 헐뜯는 일을 삼가야 할 것 같습니다.

말이 빗나갔지만 이렇게 100년 앞을 내다보는 사람들은 자기돈 안들이고 安全第一主義로 튼튼하게 構造物을 設計하기 때문에 공사가 조금 부실해도, 사용자가 무리한 荷重을 작용시켜도 安全하며 때로는 증축이나 용도변경을 해도 끄떡없기 때문에 발뺌고 평안한 잠을 자는 축복을 받게 됩니다. 그러므로 그들은 설계상 다소 잘못이 있어도 되며 그 때문에 설계하는 시간이나 절차가 간단해서 좋습니다. 도중 다소간의 설계변경이 있어도 생색내고 응할수 있어서 인심을 얻기에 좋습니다. 그러나 여기에 큰 함정이 도사리고 있음을 간파해서는 안됩니다.

사고 경험 없는 그들은 안이해서 과거의 방식을 답습하기만 하면 되므로 그 방법이 틀린 것인지도 모르고 지나기 일쑤입니다. 한 두번 경험에 안전한 것이 증명되었으므로 구태어 걱정할 필요도 없으며 더 합리적인 방법의 도전이 불필요합니다. 그 기술자의 머리속에는 그릇된 그 방법이 옳은 것으로 기억되어 있고 어느날 상황이 다른

새로운 project에 접했을 때 안심하고 적용했던 경험치가 사고로 이어지는 것을 보게 됩니다.

예를 들어 봅시다. 지붕 트라스라야 고작 20-30m 스패에 트라스 간격은 6-10m 정도의 設計·施工經驗을 가지고 있으며 오랫동안 익숙했던 터라 눈감고도 비슷한 斷面을 산출해 내는 능력이 있습니다. 그러나 요사이 공장이나 기타 大空間을 필요로 하는 집회소로의 사용 목적상 스패이 50m를 초과하는 것들이 등장하게 됩니다. 지붕 재료도 적은 물매에 경량인 것들이 많이 생산됩니다.

과거에는 트라스의 부담면적이 적어서 상대적으로 그 하나하나의 支點反力이 별로 크지 않았고 그저 支點에 定着시키는 anchor bolt는 施工당시나 제대로 붙어 있으면 별 문제없는 형식적인 것들이 많았습니다. anchor bolt가 다소 비뚤어졌어도 관계없고 안맞으면 base plate를 鎔接熱로 붙여 버리고 눈가림 接合을 해도 관계가 없었습니다. 그런데 어느날 큰 스패의 지붕이 바람에 통째로 날아가 버렸습니다. 땅바닥에 합판을 쌓아 놓았을 때 바람이 세게 불면 하늘로 날아가는 것과 마찬가지로입니다. 날아가지 못하게 하려면 무거운 물건을 올려 놓거나 못을 박아 定着해야 합니다.

합판의 크기가 크면 클수록 못을 많이 박아야 합니다. 그런데 지붕이 날아가는 것을 본적이 없는 設計者, 施工者는 과거 경험대로 anchor bolt 定着에 별로 신경을 쓰지 않게 되는 문제는 트라스의 스패이 커질수록 묻어 놓은 anchor bolt와 base plate의 구멍 위치가 맞지 않는 確率이 더 커진다는 것입니다.

트라스 얘기 하나를 더 해 보겠습니다.

우리 조상들은 예부터 머리를 중요시했습니다. 상투를 틀고 갓을 써야 양반행세를 했습니다. 그래서 집도 지붕에 온 정성을 들이고 대문이나 담장에도 첨가와를 입혀야 직성이 풀리는 민족이

었습니다. 그러던 것이 해방 후 서양사람들이 들어오고부터 지붕은 평평해야 하는 것으로 인식되기 시작했었습니다. 오늘날에는 그의 불합리성을 알게 되어 콘크리트 슬래브 위에 또다시 첨가와를 입히는, 양복입고 갓쓰는 격의 집들이 나타나고 있지만 한 때 종로통이나 어디나를 막론하고 길가에서는 지붕이 보이지 않도록 처마끝에다 간판이나 parapet를 세워 감추는 것이 당연한 것처럼 되어 있습니다. 그것이 또한 사람을 잡는 실수로 이어지는 것을 보았습니다. 輕量 鐵骨트라스 지붕의 設計荷重은 고작해야 100kg/m<sup>2</sup> 내외입니다. 콘크리트 슬래브 지붕의 1/6정도입니다. 슬래브 지붕위에 눈이 조금 온다거나 빗물이 찬다고 해서 무너지지는 않습니다. 그러나 輕量 鐵骨트라스지붕은 원래 設計 당시의 積載荷重이 크지 않기 때문에 약간의 追加荷重에도 치명적인 사고를 유발할 수 있습니다.

앞에 말한대로 평지붕을 좋아해서 지붕물매가 1/100정도에 지나지 않도록 設計하였는데 지붕처마 끝에는 돌아가며 parapet를 붙이고 거기에다 광고그림을 그렸습니다. 고속버스터미널 지붕입니다. 그 옆에는 가로수가 있고 주변에는 높은 건물들이 있어서 가끔 비닐봉지며 나무잎들이 그 지부에 떨어집니다. 이들 오물이 빗물에 씻겨 물홈통으로 몰려와서 드디어 물구멍이 막히게 되는데 마침 금년 가을처럼 집중폭우가 쏟아져서 지붕이 풀장으로 변하고 말았습니다. 만약 지붕방수 재료가 좋지 않았거나 혹은 처마끝과 parapet와 접합이 부실하여 물이 쏟아져 내렸다면, 또는 물구멍을 막은 오물을 미리 청소해 주었다면 그런 일이 없었을텐데 드디어 지붕骨造가 빗물 重量에 못이겨 무너지면서 18명의 생명을 앗아간 것입니다. 여기서 우리는 무엇을 배워야 합니까? 혹자는 비가 고여도 안전하게 튼튼한 집을 지어야 한다고 할 것입니다. 또 다른 의견으로는 물구멍을 더 크게, 더 많이 마련해 두고 수시로 청소하면 된다고 할 것입니다. 그러나

다른 한편에서는 parapet가 유죄라고 말합니다. 서양사람들은 지붕을 간단히 처리합니다. 그러나 그들은 이 경량지붕에 parapet를 붙이지 않으므로 만약 큰 비가 내려도 처마끝으로 쏟아져 내리기 때문에 사고가 날 염려는 없습니다.

다른 또 하나의 역설적인 의견이 있습니다. 지붕 방수나 parapet와의 接合 施工을 너무 완벽하게 한 것이 오히려 화를 자초하게 되었다는 것입니다. 사실상, 운 좋게 잘못 施工했기 때문에 오히려 큰 사고를 면하는 집들이 의외로 많습니다.

지붕트러스에 관한 얘기를 하나 더 해 보겠습니다.

지붕트러스는 트러스의 면이 수직으로 서 있을 때에야 큰 힘을 발휘합니다. 삼각자를 세워 놓은 형태의 트러스라고 생각해도 좋습니다. 그런데 이 삼각자는 쉽게 세워 놓을 수가 없습니다. 바람이 불지 않아도 옆으로 쓰러지려는 경향이 있습니다. 그런데 이들 트러스가 옆으로 쓰러지지도 않고 옆으로 휘지도 않게 하기 위하여 서로를 엮어 주는 보조트러스도 설치하고 purlin과 bracing 등 최종적으로는 지붕 마감재까지 부차적으로 봐야 비로소 제 구실을 하게 되는 것입니다.

6·25피난시절에 판자집을 많이 보았습니다. 영성하게 엮은 나무토막들, 옆으로 밀면 찌글찌글 흔들리는 骨造인데도 지붕에다 깡통을 입히고 사방 판자를 붙이면 단단한 집이 되고 했습니다. 트러스를 옆으로 눕혀 놓으면 自重에도 파괴되는 약한 骨造입니다. 構造設計를 하는 사람은 그 骨造가 완성되었을 때의 使用荷重에 안전하도록 합니다. 때로는 공사도중의 작업중이나 운반중의 變位라든가 주의 사항을 기재하기도 하지만 원칙적으로 이들은 제작 시공업자들의 소관입니다. 그래서 법적으로는 공사가 완료되어 試運轉을 마친 후 건축주에게 인계하기까지는 공사 현장이 시공자의 소유로 되어 있으며 외국에서는 이 때문

에 시공중 사고에 대비한 보험을 들게 되어 있습니다. 실력있는 공사업자는 보험료가 싸고 경험 없는 신참자는 그래서 공사 따기가 어렵습니다. 설게도 마찬가지며 따라서 경험은 곧 돈으로 확산됩니다.

일이 많아지고 다변화해가면서 어느 한 사람이 다양한 경험을 쌓을 기회가 줄어들고 있습니다. 設計者は 施工을 모르고 施工者는 設計者의 의도를 알지 못한채 공사에 임하는 일이 흔해졌습니다.

構造技術士는 적어도 전반적인 構造概念 정도를 파악한 자여야 함에도 불구하고 몇시간의 시험성적, 그것도 60점만 맞으면 합격합니다. 최근에 있어서 技術士 면접시험에서 있었던 일입니다. 실무경험을 말해보라는 답변에 SAUDI에서 淨水裝置인가 汚水淨化槽 設計에 참여한 것이 전부라는 것입니다. 너무나 한심해서 면접에 탈락시켰으나 1년 후에는 당당히 합격했습니다. 그가 1년간 쌓은 경험이 얼마나 많겠습니까? 요즘 젊은이들은 면허만 따면 독립해서 보조원을 고용하여 무슨 일이나 해 치웁니다. 나의 올챙이적 생각을 해 보면 역시 할 말은 없으나 computer도 없던 시절·전반적인 힘의 흐름을 파악한 후에 비로소 局部 部材 算定 시간 단축이나 신경을 쓰던 당시를 회상하면 근본적인 방향감각에 무딘 젊은 技術者들의 큰 오류들을 보며 식은 땀이 나는 경우가 있습니다.

지붕트러스가 공사중에 무너지는 대부분의 경우는 施工 도중 옆으로 쓰러지면서, 일어납니다. 트러스 하나가 중심을 잃어서 쓰러지면 마치 보링핀이 연쇄적으로 넘어지듯 차례대로 곤두박질치게 됩니다.

또 한가지 이유는 트러스의 支點反力이 수직뿐만 아니라 수평방향으로도 필요할때 이를 무시하거나 잘못 이해하여 사고를 일으키는 것입니다.

다음 사진은 최근에 찍은 모 공장 신축공사장의

사고 현황입니다(사진 1). 그 사고 원인을 규명하여 기술하는것 만으로도 본 학회지 전체를 채우고도 남을 분량이므로 구체적인 내용은 밝히지 않고 개략적인 제목만을 기술해 보겠습니다.

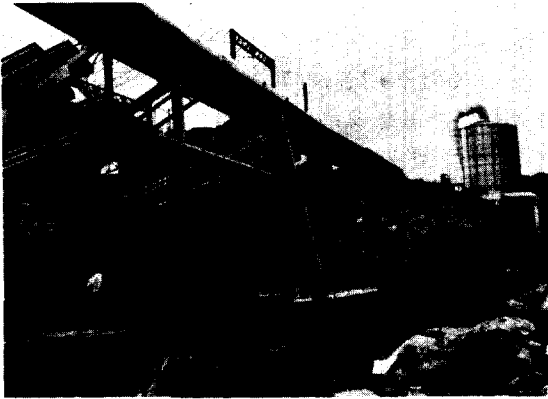


사진 1

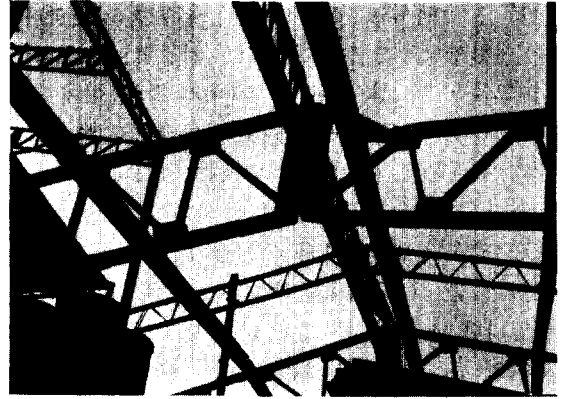


사진 2



사진 3

### 1) 設計上の 잘못

- 가. 트러스의 兩端 支持点이 수평으로 이동하지 않을 것이라는 가정하에 斷面算定하였는데 실제로는 이동할 수 밖에 없는 構造方式이다.
- 나. 스패น 20m나 되는 트러스의 上下弦材 斷面은 두께 1.6mm두께의 部材鎔接에는 특별한 기술이 필요하고 또 腐蝕을 고려한 耐久性도 의심스럽다.
- 다. bracing 트러스와 sub 트러스의 主應力部材(上下弦材)가 橫挫屈에 무방비한 반대 방향으로 배열되어 있다.
- 라. 지붕 bracing으로 쓴 round bar의 接合 詳細가 형식적으로 되어 있었는데 구체적으로 말하면 이음이 갈구리(?)여서 판손될 때 퍼져버리는 현상이 일어났다(사진 3).
- 마. 트러스 꼭지점 上弦材의 이음이 hinge에 가깝게 되어있어서 不安定 構造物이다(사진 2).

### 2) 施工上の 잘못

- 가. 接合보울트의 조임이 불완전하고 곳에 따라 보울트締結이 생략된 곳도 있다.
- 나. 이음, 接合의 鎔接施工이 불완전하다.
- 다. base plate와 pedestal 상면의 만남이 미완상태이다(사진 4).
- 라. 가장 결정적인 문제는 이상과 같은 미완상태에서 지붕재료를 국부적으로 쌓아놓아 과대한 變形을 유발하여 결국 붕괴하고 만 것이다.
- 마. 이 사건에 포함된 것은 아니지만 사고의 빈도가 높은 것 중에는 設計상 아무런 잘못



사진 4

이 없는데, 또한 施工上도 잘못하려는 생각이 없는데 이 施工順序가 잘못되어서인 것이 있습니다.

예를 들면 設計가 끝난 후 일부 지붕骨造 3에 크레인이 걸린다는 조건이 추가되었습니다. 그런데 gable frame 斷面을 보강했으나 돌관공사를 위하여 사전에 철골자재를 발주했다는 말도 있고 해서 크레인을 설치하려는 부수자재들이 트러스의 部材역학을 할 수 있도록 활용하는 再建設을 해주었습니다(그림 1). 그런데 시공자는 크레인 설치용 자재들을 트러스 部材로 생각하지 않고 荷重으로만 취급한 나머지 그 main frame 과의 接合詳細를 생략한 채 지붕을 덮은 즉 큰 變形이 생긴 것이다.

다행히 초기에 문제점이 발견되어서 施工順序를 바꾸는 것만으로 바로잡게 되었습니다. 즉 施工者는 設計者의 의도에 부합하는 공사를 하여야 하며 사실 그러기 위해서는

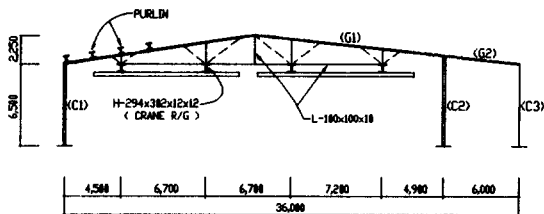


그림 1

設計者가 監理까지 참여해야 하는 것이 원칙입니다.

중동, 아프리카 지역에 진출한 우리나라 건설업체가 초기에 손해를 본 현장을 安全診斷 목적으로 방문한 적이 있습니다. 주로 미국이나 유럽에서 設計나 圖面으로 시공을 하는데 공사계약에는 設計圖의 잘 잘못에 관계없이 시공자가 건물의 안전성에 책임을지도록 규정되어 있습니다. 設計圖 잘못이 있으면 이를 사전검토하여 바로잡을 의무까지 갖게 되는 것입니다.

우리나라 현실에서도 설계사무소에서의 設計圖書가 수정 보완되는 절차를 보면 다음과 같습니다. 먼저 작도한 기사의 도면을 상급자나 소장이 검토후 수정하게 합니다. 그 다음 설계사무소의 자체 見積 과정에서 모순점이 발견되면 수정됩니다.

납품받는 건축주측에 기술자가 있으면 검수하면서 한번 검토되고 입찰을 위하여 견적할 때 또 한차례 많은 부분이 발견됩니다. 그래서 제대로 된 계약단계에서는 그 모순점들의 수정보완조건이 제시 확인됩니다. 그리고 가장 면밀하게 확실히 수정되는 시기는 역시 현장 시공팀이 실제 施工計劃을 할 때입니다. 시공자가 실력이 있다면 잘못된 設計圖대로 공사하는 일이 생겨날 수 없습니다. 약광고가 아무리 요란해도 처방 시술하는 의사가 똑똑하면 의료사고가 일어나지 않는 것과 같습니다.

최근에는 設計圖書의 잘못으로 인한 사고 또는 손해를 미연에 방지할 목적으로도 대형건설회사에 연구실을 두고 시공전에 도면 검토를 하기도 합니다. 필자도 한두 건설회사의 고문격으로 부정기적인 자문에 응하고 있지만 대부분의 문제점들은 한눈에 발견되는 기초적인 것들입니다.

문제는 불이 나기 전 위험개소를 지적해서 재해를 면했을 때는 그 고마움을 모르고 일단 대형사고가 난 후에야 지나간 일을 후회하는 일들을 반복하는 것입니다.

시도 때도 없이 일어나는 공사 사고의 거의가 우리 기술자들의 책임임을 실감합니다.