

강구조 건축물의 설계

金 鍾 洛

Building Design concept of Steel Structures

Kim, Jong-Rak



김종락/승실대학교/1951년생/강구조물 용접접합부 및 강구조물 제작 기술 분야

1. 건축물구조 설계의 기본

건축물에 작용하는 하중은 실제 건축물을 구성하는 재료의 무게인 고정하중, 건축물 용도별 내용물에 따른 적재하중이 작용한다. 또한 자연조건에서 오는 지진하중, 풍하중, 토압, 수압 등을 고려하여 설계되어 지고 이들 제반하중이 조합하여 작용할 경우에 대하여 구조적 안전성을 확인해야 한다.

건축물의 용도를 크게 구분하면 주택, 사무소, 학교, 백화점 및 매장, 극장, 관람장, 자동차 차고 등 다양하다. 더욱이 이들 기능에 따라 적재하중은 큰 차이를 나타내고 있다. 또한 건축물의 구성요소로 보면 기둥·보의 뼈대구조가 있고 수평적으로 바닥을 형성한다. 이와같이 제반하중이 작용할때 안전성과 관련된 구조 부재 이외에 전기, 냉난방, 공기조화 설비, 간막이벽, 외벽, 천정, 바닥 마감 등 설비공사 및 마감공사에 따르는 제반 구성요소가 어우러져 있다.

이들 건물의 실제 거동과 구조안전성을 확인하는 구조설계에 대하여 도식적으로 알아보면 다음

과 같이 나타낼 수 있다.

그림 1.1은 건축물 구조설계의 목표를 나타낸 것이고 그림 1.2는 건축물 구조설계의 흐름을 나타낸 것이다.

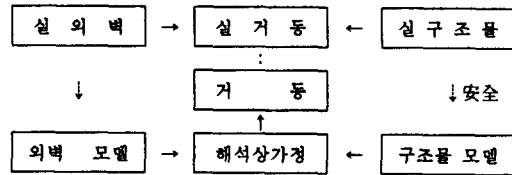


그림 1.1 구조설계의 목표

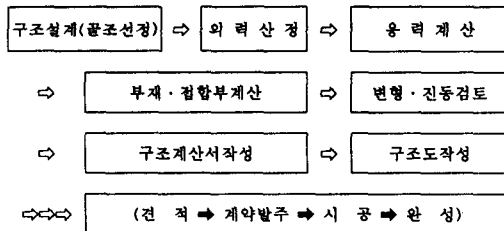


그림 1.2 구조설계의 흐름

목표로 보나 흐름으로 보나 타구조체와 거의 유사한 흐름이다. 다만 용도, 하중조건, 하중조합, 실거동이 타구조체보다 복잡다양하다. 설계시 다양한 하중에 대한 실제의력을 모두 파악할 수 없으므로 의력을 모델화(간략화)했고 실거동도 외벽, 내벽 등 마감재의 효과를 거의 무시한 뼈대로 해석이 가능하도록 하기 위하여 거동 또한 해석상의(수학적) 가정으로 이루어진다. 그러므로 실구조물의 진의 안전성은 파악하기 어렵다. 더욱이 건축물의 생산은 개인간의 경제활동으로 경제성에 의하여 저항능력의 한계상태까지 설계되어지고 있다.

특히 강구조의 뼈대공사를 살펴보면 설계, 가공 제작, 설치로 이루어지며 모든 공정에서 경제성 추구에 역매이게 되어있다.

이에 우리나라의 경우 하중조건에 대해서도 여기까지는 만족하도록 설계하십시오 라는 뜻에서 자중, 적재하중, 외력 모두에 대하여 최소규정을 "건설교통부 고시 1996-53호 건축물의 구조기준 등에 관한규칙"에 규정하고 있다. 다만 사회적으로 이들 고시속에 있는 하중으로 설계되면 절대 안전이 확보될 것으로 생각하고 있으나, 사회, 경제성을 감안한 최소하중이라는 점을 이해해야 한다.

다음으로 설계를 이해하기 위하여 실구조물이 붕괴, 재해가 발생할때 어떤 현상이 있는지 실거동을 파악하는데 교환을 남겨준 자연재해로부터 많은 것을 배울 수 있다. 이하 건축물의 지진 피해 사례(미국, 일본)를 알아본다.

또한 본 원고에서 강구조 건축물 구조설계의 전 과정을 설명하기 보다는 타분야에서 건축물 설계의 중요성을 이해할 수 있도록 기술한다.

2. 최근의 강구조 건축물의 피해사례

2.1 Northridge지진(미국)시의 피해

1994년 1월 27일 미국 로스앤젤레스 근교의 Northridge에서 M6.6의 큰 지진이 있었고, 건축물을 위시한 많은 피해가 발생했다. 모두가 절대 안전하다고 믿고 있었던 철골구조 건축물의 기둥보 접합부에 취성적인 균열이 발생했고, 그 균열이 강재 기둥의 플랜지 및 웨브에까지 진전되었다.

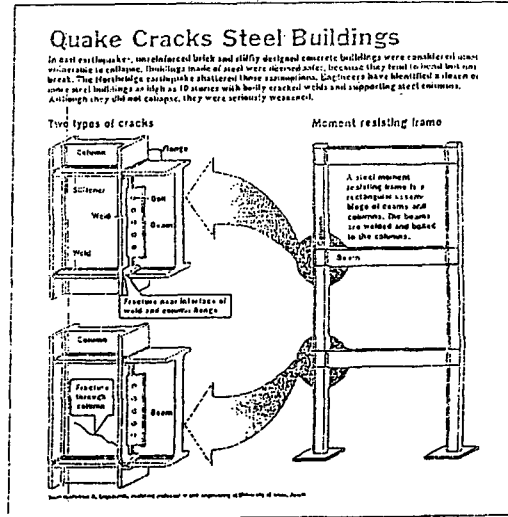


그림 2.1.1 Los-Angeles Time지에 게재된 철골구조의 피해에

그림 2.1.1, 2.1.2는 기둥보 접합부의 취성파단부의 균열의 발생위치 및 진행방향을 나타낸 것이다.

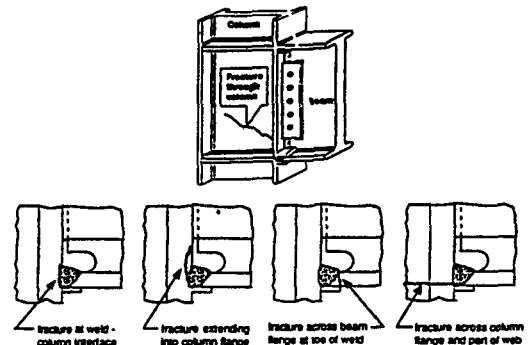


그림 2.1.2 강구조저널(일본)에 소개된 Northridge 지진의 철골구조 기둥보 접합부의 피해에

기둥플랜지와 보플랜지 용접접합부에는 제작상 선재균열이 발생하게되고 또한 대입열량에 의하여 용접분드부 및 열영향부의 경도가 상승하므로 정적인 하중에 대해서도 균열발생의 가능성은 크게 증가한다. 공장용접, 현장용접등 용접방식 및 상세에 따라 크게 상이하므로 주의를 요한다.

사진 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3은 Northridge 지진시의 Santa Clarita city hall (3층 철골구조)의 기둥(H-400×400×35, 플랜지두께)과 보(H-200×200×12, 플랜지두께)의 접합부 피해를 나타낸 것이다. 접합부 주변의 점검, 보수를 위하여 마감재를 제거하였고 1층의 보하단 플랜지의 기둥보 접합부에서 모재가 파단된 것이 확인되었다.

Santa Monica-20 st.의 Saint John s Hospital 6층 사무동에서는 (철골철근콘크리트구조)의 철골기둥플랜지가 파단되어 어긋나기도 했다. 일부 철골뼈대의 개보수가 이루어졌고 이들 구조물 모두 도괴 또는 펜케이크 현상은 없었으므로 내진성능은 충분히 발휘한 것으로 생각된다.

이상과 같이 Northridge 지진에서는 상·하 지진동의 영향이 많아 철골구조물의 지진피해에 대한 관심이 고조되었다.

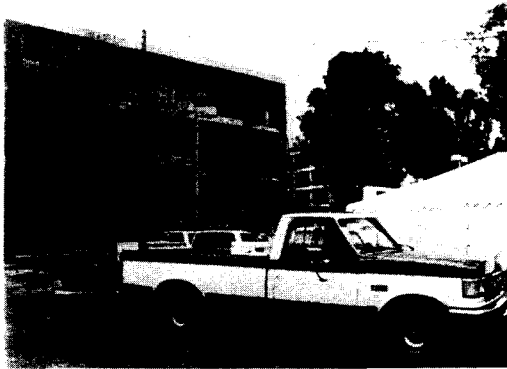


사진 2.1.1 Santa Clarita City Hall

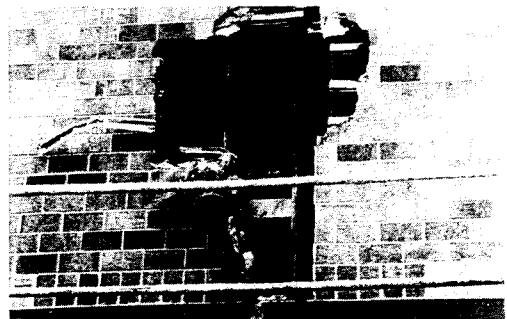


사진 2.1.2 내부철골 피해상태 점검



사진 2.1.3 철골보 플랜지의 파단

2.2 일본 Hyogo-현 남부 지진시의 철골 구조물의 취성파괴

사진 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4는 일본 Hyogo-현 남부 지진시의 철골기둥의 취성파괴 파단의 피해예를 나타낸 것이다. 60~50mm 후판재의 built up box 400×400의 단면으로 된 기둥으로 하부에서 상부로 판두께를 줄인 것으로 보인다. 이 구조물들은 대단위 단지 아파트로서 세대의 바닥과 벽이 프리캐스트 P.C(pre-casted concrete) 콘크리트로 건설 되어졌다.

이제까지는 실험실에서 정적인 하중에 따른 취성파괴가 염려되어 왔으나, 일본 Hyogo-현 남부 지진에 의해 사진에서와 같이 실제로 기둥이 취성파괴에 의해 파단되었다. 더욱이 기둥보 용접 접합부가 아닌 부위에서 파단되어 세밀한 조사를 필요로 하고 있다. 새롭게 건축물의 내진설계시 충격하중의 취성파괴에 대한 연구 등이 크게 요구되고 있다.

더욱이 인장력이 작용하는 순간에 취성파괴를 일으킨 것으로 충실한 기초의 덕을 톡톡히 본것같다. 만약 전도되었다고 하면 상상할 수 없을 정도로 그 피해는 증가했을 것이다.

물론 이들 구조물은 설계, 시공면에 있어서 특별한 부실이나 하자가 있었던 것은 아닌 것으로 판명되고 있어 재질과 고사이클 충격하중에 관한 검토가 이루어지고 설계에 적용할 것으로 생각된다.

총체적으로 평가한 것을 보면 Hyogo-현 지진에 의한 철골구조물 피해는 불량시공에 의한 피해와 일본건축센터(중앙심의기구)에서 심의당시 충분

한 검토가 있었고 시공불량도 아닌 경우의 피해로 크게 두가지로 분류되며, 반복충격하중, 재료의 특성, 용접부의 잔류응력등 새로운 연구도 필요로 하고 있다.

또 한가지 추가하면 설계 시공이 완전하나 파괴된 것으로 5층 사무소 건물에서 2,3층의 모든 보하단부 플랜지와 스킵 주변이 사진 2.2.5, 2.2.6과 같이 파단 되었다. 파단면에서 알 수 있듯이 역력한 취성파단으로 하단플랜지의 내부측 스킵(Scallop) 끝나는 부분이 기점이 되어있다.

파단부의 강재를 채취한 후 연구할 계획이므로 그 결과를 주목해야 할 것으로 생각된다.

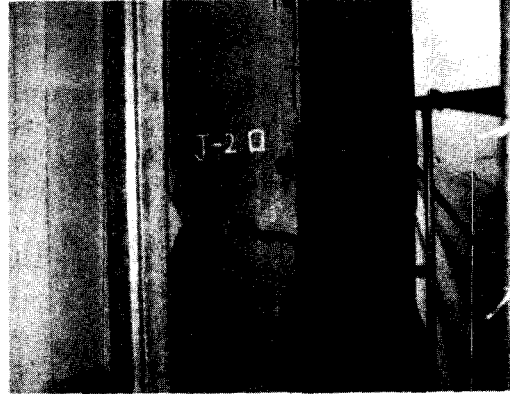


사진 2.2.3 기둥재의 파단

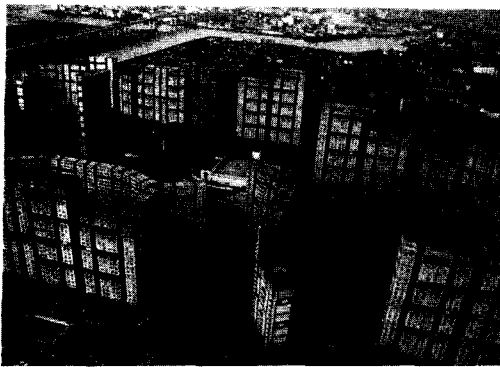


사진 2.2.1 철골조 초고층아파트 전경

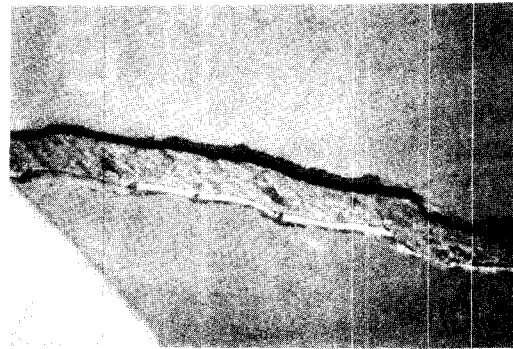


사진 2.2.4 파단면 상세



사진 2.2.2 기둥과 트러스재의 파단



사진 2.2.5 철골사무소 건축물 기둥보 접합부 보단

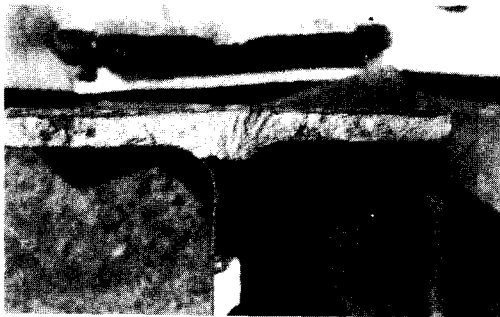


사진 2.2.6 스킵 주변을 기점으로한 파단부의 파단(취성)

2.3 철골구조물의 불량제작시공에 의한 피해

사진 2.3.1은 3층 공동주택이 극심하게 붕괴된 잔해더미에서 볼 수 있었던 것으로 층이 250mm 정도의 I형강 보로 가공시에 볼트구멍의 천공 위치가 잘못되어 위치변경 하였고 그 볼트구멍 주변이 파단된 예이다. 물론 여기가 최초의 붕괴 기점이었는지에 대해서는 확인할 방법이 없으나, 우리 주변에서 자주 있는 일인 것 같아 소개한다.



사진 2.3.1 볼트구멍 천공위치 변경한 예

사진 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3은 지하층과 1층은 철근콘크리트 구조이고 2층부터 5층까지 철골구조로 건설된 공동주택의 하부구조 주각부와 베이스플레이트의 제작, 시공 불량을 나타낸 것이다.

이 건물의 경우 심의대상에서 제외되는 것으로

알고 있다. H형강 기둥의 주각부가 베이스플레이트와 모살(fillet) 용접으로 이루어졌고 모살용접의 사이즈(size) 부족으로 지진수평력에 따른 전도모멘트 작용시 인장력에 의해 박리된 것을 알 수 있다. 주각부의 조건은 불문하고 주각과 베이스플레이트는 일체가 되어야 함에도 불구하고 편이하게 시공하기 위해 개선하지 않고 모살용접으로 한 것이 사이즈 부족에까지 연결되었다. 여기서는 절대적으로 기둥 주각부의 용접불량이 건물 도괴의 원인이 되고 사상자를 유발시킨 원흉이라고 생각할 수밖에 없겠다. 우리 나라에서는 절대 이런일이 없도록 할 수 있는 방법은 없을까



사진 2.3.2 붕괴된 공동주택(불량시공)



사진 2.3.3 베이스플레이트가 박리된 주각단면

사진 2.3.4, 2.3.5는 각형강관 기둥에 접합된 I형 보의 파단분리된 것을 나타낸 것이다. 여기서는 재질문제를 거론하기 이전에 용접시공 불량 점

합부 주변 상세로 보아 공장용접 브라켓(braket) 타입으로 품질을 신용할 수 있는 형태이기는 하나 사진에서와 같이 하단플랜지 중앙부의 경우 극심한 용입불량의 결함용접이다.

이 건물의 경우 보단부 접합부가 많이 파단되었다. 이런 종류의 제작, 시공 불량인 철골구조물 지진피해의 원인이 되었다고 할 수 있으며 기대했던 인성은 발휘하지 못한 것으로 추정된다.

우리 나라의 경우에도 경미한 구조일수록 용접부의 관리가 소홀하다. 그러나 설계당시에 인성을 기대하며 설계되어졌기 때문에 절긴 접합부가 되도록 제작하며 관리, 검사되어야 한다.

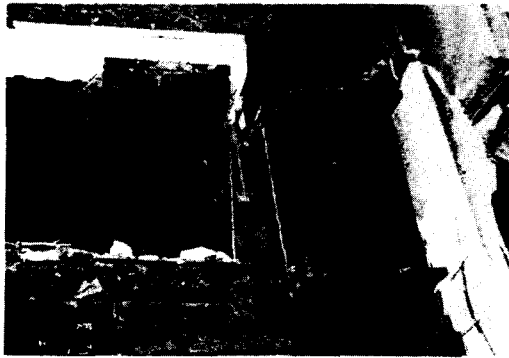


사진 2.3.4 각형강관 기둥과 I형강 보단부의 용접 불량



사진 2.3.5 용접불량

한편 우리 나라의 건축허가 심의에 관해 생각해 보면, 현재 이루어지고 있는 심의는 당일 도면을

받아 심의하고 있으며, 심의시 구조설계도서의 제출이 필수사항에서 제외되어 있으므로, 구조설계도서 없이 건축허가를 위한 심의가 이루어지고 있다.

철골구조물의 경우에는 좌굴 및 접합부의 거동으로 보아 예민한 유연구조이므로 인성을 기대하는 설계가 이루어져야 한다. 즉 절긴구조로 건설하기 위한 노력이 필요하다. 재료의 특성, 가공제작, 설치시공의 공정을 파악하고 철골건축물의 품질확보를 위한 심의방법이 도입되어야 할 것이다.

3. 강구조물의 설계·가공·제작 설치

3.1 강구조물의 가공제작 설치

구조물의 설계에 앞서 가공제작 설치분양의 흐름과 공정내의 특성을 명확히 파악하여 설계품질을 만족하도록 설계하여야 한다.

우리 나라에서의 철골건축물 설계 가공·제작, 설치의 현황은 어떠한가에 대하여 간단히 논하고자 한다.

철골구조물의 설계가 잘되었다 하더라도 가공제작 및 설치에 설계자의 의도와 다른 지점, 다른 접합이 되면 응력해석부터가 엉뚱한 것이 되는 것은 말할 필요가 없을 것이다.

한편 우리 나라 철골구조물의 설계·가공·제작 시공에 관계되는 기준, 지침, 요령서를 찾아보면 대한건축학회제정 "강구조 설계기준 및 동해설" "건축공사 표준시방서 제 8장" 두 가지밖에 없다. 가공제작시 필요한 철골구조 표준접합부의 제정이 시급하다.

사진 3.1.1은 우리 나라에서 발견된 불량시공 사례로 발견된 후 재시공한 사례이다. "강구조의 주요중대와 품질관리를 위하여" 특집좌담회(한국강구조학회지 제 4권 제 3호 p.7~p.19)에 발표되어 있으므로 참조하기 바란다. 여러 번의 지적이 있어도 현업에서는 전혀 시정되지 않아 여기서 한번 더 밝혀두기로 한다. 기둥보 접합부 현장 용접접합부에 피복아크 용접봉을 삽입하고 용접한 사례이다.

그림 3.1.1은 현장용접 접합부의 시공불량 사례를 분석한 것이다. 철골구조물 제작사는 원청건설

회사로부터 철구조물제작 또는 설치까지 재하청의 형태로 발주되어 제작 가공하고 설치하는 전문설치업자가 재재하청 하는 경우가 많다. 공장에서는 일률적으로 보부재까지 관리하지 않으며 공장에서는 기둥부재의 절단, 가공제작만으로 하고 현장에 보내고 별도의 설치업자가 보를 별도 제작하여 현장에 반입설치한다. (소재관리에 대해서는 별도로 논하기로 한다.) 정밀도 유지는 검토하지 않고 설치 속도를 빨리 하고 서두르기 위해 다음과 같은 작업으로 진행된다. 기둥 보접합부의 루트갭 (root gap) 5mm라고 하면 보양단의 루트갭의 함은 10mm 즉 기둥플랜지 최외측면에서 반대편에 접합되어지는 기둥플랜지 최외측까지의 거리에 10mm가 짧은 보부재가 현장에 반입되어야 할 것이 20 - 25mm 짧은보를 현장에 반입하여 용이하게 보가 걸처지도록 하고 있다.

문제는 여기서 발단된다. 정상적인 기둥플랜지의 상세는 그림 속의 c) 상세도에서 루트갭 5-6mm 보플랜지 45°개선으로 현장용접 되어진다. 여기서 루트갭 10mm가 되면 경우에 따라 용접제적이 1.8배 또는 2배 증가하게 된다.

이상의 연유로 용접재료 및 인건비 2배 소모 지 불하지 않으려고 e), f) 상세와 같이 철근을 삽입하거나 용접봉을 삽입하여 용접하는 경우가 있다.

이러한 용접부는 그 거동을 살펴보면 맞댐용접은 결코 아니며, 모살용접부라도 취급할 수 없고, 일정 변형도와 용력이 도달하면 균열은 급격하게 진전되어 파단하게 될 것이다. 이러한 우리나라의 실정을 명확히 파악해야 할 것이다. 더욱이 용접부를 검사하는 비파괴 검사의 발주는 시공사 또

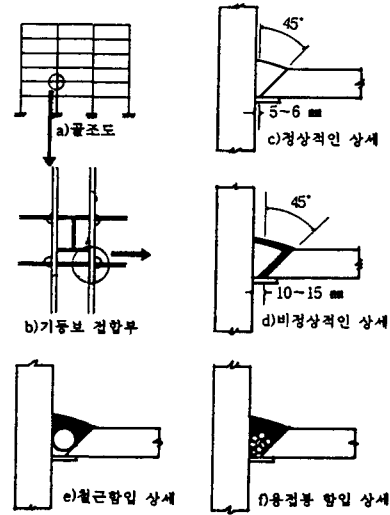


그림 3.1.1 기둥 보 용접의 불량 용접 사례

는 설치자가 시행하고 있으므로 시험결과의 신뢰성은 거의 없다고 해도 과언이 아닐 것이다.

사진 3.1.2는 제작도중의 기둥보 공장용접 접합부를 나타낸 것이다. 중요한 기둥보 접합부의 용접이 공장의 외부공간에서 작업되어지고 있어 비가 오거나 5m/s 이상의 풍속일 때 작업환경 관리는 어떻게 하고 있는지 궁금하고 구조설계자의 확인, 승인이 이루어진 접합부 상세인지 의심이 간다. 아니면 구조설계자가 확인한 것인지 알 수 없지만 약축 방향의 보가 수평 스티프너 위에 놓여 모살용접된 상태이다. 반복되는 용력이 작용하면



사진 3.1.1 용접봉이 삽입된 기둥보 현장용접 접합부



사진 3.1.2 제작중의 기둥보 접합부

충분한 인성을 기대 할 수 없는 상태이다.

사진 3.1.3은 형강부재를 제작하기 위해 강판을 절단해둔 절단면을 나타낸 것이다. 자동가스 절단면이지만 조도가 확보되어 있지 않고 절단면이 고르지 못하여 용접결합이 발생할 가능성이 높다.

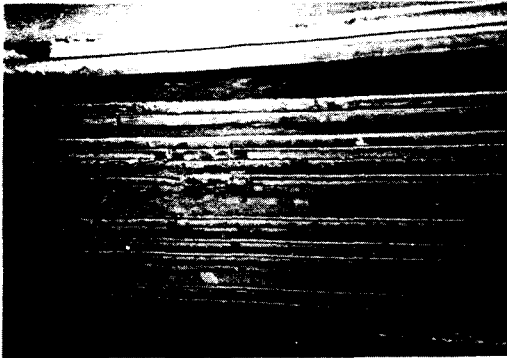


사진 3.1.3 판재 절단면



사진 3.1.4 제작중의 기둥보 용접접합부

사진 3.1.4는 제작중의 기둥보 용접 접합부이다. 보하단 플랜지의 용접상태가 육안으로 보아도 비드에 웨이브가 극심한 상태이며 보플랜지 측단부쪽에서 언더컷이 확인된다.

이런 상태의 제작품이 현장에서 설치되고 내화 피복 공정이 끝나 덮혀지고나면 아무도 모르게 될 것이다. 왜냐하면 현장에서는 철골구조물을 검사할 수 있는 기술자가 거의 없기 때문이다.

또한 박스기둥을 설계하면서 보접합 위치에서의 수평스티프너 역할을 하는 다이아프램이 필요없다

고 하는 구조설계자도 있었다. 또 기둥단면을 II 형태의 단면으로 하는 것도 볼 수 있었다. 이러한 상태가 우리 나라 대부분의 강구조 건축물 제작설치 실정이라고 할 수 있다.

구조물의 접합부 인성은 허용응력도 또는 접합부의 응력도만으로 결정되는 것은 아니다. 경제적으로 설계되었다 하여도 붕괴 순서를 결정하는데는 건축물의 사회적 중요도 사용빈도 및 외력의 도래 빈도등 복잡한 요소에 따라 결정되어진다.

더욱이 건축물의 규준에 정해진 최소적용 하중에 대해서도 대변형을 전제로한 설계이다. 이런 점이 타구조체의 설계 기본과 상이한 점이라 할 수 있다.

3.2 공사품질과 표준시방서

강구조 건축물은 설계에서 시공완료시까지 현장에서 이루어지는 것보다 중요부분이 계획 및 공장 제작에서 관리되어야 한다. 앞에서 언급한 구조설계의 의도와 제작 설치에서 일치하지 않는 것은 큰 인재를 불러올 수 있다는 것을 이번의 지진피해를 보면 더욱 절실히 느낄 수 있다. 이러한 공사의 정밀도와 품질을 향상시키기 위해 1994년 12월에 건설부제정 건축공사 표준시방서가 전면개정되면서 제 8장의 철골공사 시방서도 전면개정되었다.

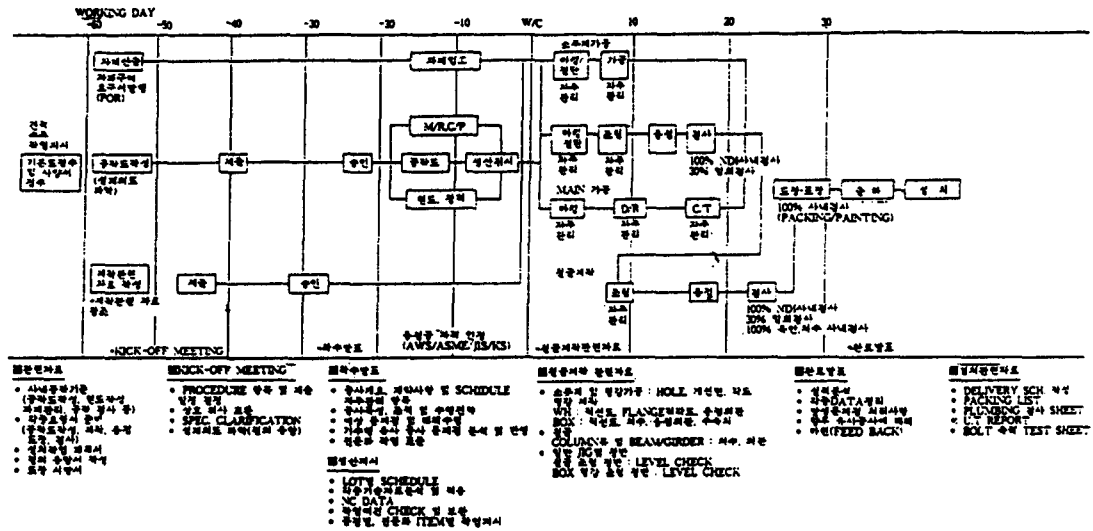
용접부의 관리, 검사 및 고력볼트 접합부의 관리검사도 명확히 기술되어 있으나, 현장에서의 적용은 따르지 못하고 있는 실정이다.

표 3.2.1 개정된 표준시방서에 따른 철골구조물 제작 업무계통보를 나타낸 것이 제작공정에 착수하기 전에 반드시 시공주(발주자)부터 다음사항을 승인 받아야 한다.

- 재료의 선택
- 용접방법에 따른 승인
- 도장방법 및 검사방법
- 용접부의 검사 계획 및 그 방법
- 설치계획서 및 검사방법 등등

이러한 사항이 승인 및 확인 검사가 이루어지지 못하면 품질이 보장될 수 없고 더욱이 지진하중을 적용하고 내진설계가 되었더라도 그 성능은 발휘

표 3.2.1 표준시방서에 따른 철골구조물 제작업무계통도



할 수 없으며 인성을 기대할 수 없게 된다.

마지막으로 건축공사 표준시방서 제 8장 철골공사 표준시방서가 지켜질 수 있도록 철골공사관련 기술자 자격제도가 마련되어야 한다. 오랫동안 타 구조를 전문으로 한 기술자가 철골공사를 맡아 관리방법도 모르는 사이에 건축물이 완성되어지는 경우도 염려스러운 일이 아닐 수 없다.

4. 하중과 구조물의거동

앞에서 언급한 외력에 따라 구조물은 거동하게 된다. 특히 지진하중에 대한 구조물의 거동을 살펴보면 그림 4.1의 ABC와 같이 탄성적인 거동을 하는 구조물과 A'B'C'D'와 같이 탄성, 소성의 거동을 나타내는 구조물로 대변할 수 있다.

ABC 와 같은 거동을 근간에 두고 설계하는 것은 중요도가 높은 구조물로써 초기투자가 상대적으로 굉장히 높은 구조물이 될 것이다.

이에 반해 A'B'C'D'의 구조물은 굉장히 뜸하게 작용하는 극한적인 하중에 대해서는 소성거동을 기대하며 설계하는 구조물이다. 즉, 발생빈도 또는 발생주기가 낮은 하중에 대하여, 소성거동을 기대하며, 건축물이 붕괴하여 인명의 피해가 없도록 하며 상시 하중에 대해서는 탄성적 거동을 기대

하는 설계방법이다.

즉, 우리 나라의 수평하중에 대한 설계는 A'B'C'D'와 같은 거동을 기대하며 설계되어지고 있다. 다시 말해 소성거동을 기대하고 있으므로 하중을 결정할 때부터 강구조 건축물은 굉장히 큰 인성을 발휘 할 것이라고 전제 하고 있다.

한 예를 들면 지진하중의 반응수정계수가 강구

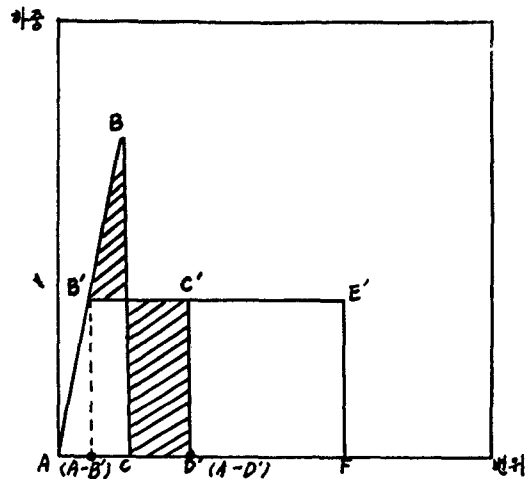


그림 4.1 구조물의 거동

조의 양호한 시스템에서는 6.0~4.0이고, 5.0~3.0을 택하고 있는 철근 콘크리트 구조보다 큰 인성을 기대하는 것이다.

또한 앞에서 살펴본 하중이 작용하는 상태에서 탄성 변형은 건축물의 높이에 대해 H/400 정도가 되도록 설계하는 것이 일반적이다.

여기서 지진에 의한 외력이 작용하여 탄성변형의 4배, 6배의 변형이 생기더라도 붕괴하지 않아야 한다는 뜻도 될 것이다. (A-D/A-B'층 4~6)

물론 여기서 직접 4배, 6배로 정량적으로 설정하기는 어려운 값이라 하더라도 그 이상의 인성이 확보되어야 한다는 것은 쉽게 이해할 수 있다.

여기서 강구조의 인성확보에 대하여 구성요소별로 살펴보면 부재에서는 소재, 또는 압연, 가공상의 결함이 없고 좌굴 제어가 잘 된다. 쉽게 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 기둥의 이음, 보의 이음부에서 인성확보를 위하여 많은 검사와 관리가 필요하고 기둥과 보 접합부 또는 부재의 불연속부에 인성 확보를 위한 더 많은 노력을 필요로 한다.

5. 구조물에 작용하는 하중과 그 취급

우선 건축물에 작용하는 작용하중에 대하여 간단하게 설명하기로 하고 구체적인 사항은 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙을 참고 바란다. 건축물의 구조계산에 적용되는 설계하중은

- 자중(D)
- 적재하중(L)
- 적설하중(S)
- 풍하중(W)
- 지진하중(E) 등으로 구분되어진다.

이들 하중은 작용시간에 따라 장기하중과 단기하중으로 구분한다. 즉, 자중(D)과 적재하중(L)은 항시작용하므로 장기하중이 되며, 적설하중(S), 풍하중(W), 지진하중(E)은 단기하중이다.

이들 하중은 지역별 조건에 따라 표 5.1과 같이 하중을 조합하여 용역해석하여 장기용력, 단기용력에 대한 안전성을 평가하도록 되어있다.

여기서 각하중의 산정에 대해 간단히 살펴보자.

자중(D)은 해당건물의 자체의 무게로서 연직하중이며 건축물의 구조 기준 등에 관한 규칙(건설부령)에 제시되어있고 적재하중(L)도 동시행령 제 11조에 제시되어 있다.

적설하중은 연직하중으로

표 5.1 하중 및 외력의 조합
건축물의 구조기준등에 관한 규칙 제7조 제2항 제2호 관련

용력의 종류	하중 및 외력의 작용 상태	일반지역	다설지역(수직 최심적설량의 깊이가 1m 이상인 지역을 말한다)	비 고
장기의 용력	평상시	D + L	D + L + S	-
단기의 용력	적설시	D + L + S	D + L + S	-
	폭풍시	D + L + W	D + L + W	건축물의 기둥이 넘어져 뺏히는 등의 경우에는 L은 건축물의 실황에 따라 적재하중을 뺀 값으로 한다
			D + L + S + W	
	지진시	D + L + E	D + L + S + E	
D + E		D + E		

비고 : 위 표에서 D는 제10조의 규정에 의한 자중에 의한 용력, L은 제11조의 규정에 의한 적재하중에 의한 용력, S는 제12조의 규정에 의한 적설하중에 의한 용력, W는 제13조의 규정에 의한 풍하중에 의한 용력, E는 제14조의 규정에 의한 지진하중에 의한 용력을 말한다.

$$S = P \times Z_s \times C_s$$

- S : 적설하중 (kg/m^2)
- P : 눈의 평균 단위중량
(적설깊이. 1cm. 당의.. kg/m^2)
- Z_s : 수직 최심 적설깊이 (cm)
- C_s : 지붕의 경사도 및 형상에 따른계수

로 산정 한다.

풍하중은 수평하중으로서

$$P = G \cdot K_z \cdot q_o \cdot C \cdot A$$

- A : 유효수압면적 (~ m^2)
- C : 풍력계수 (~ (0.6~2.0))
- q_o : 설계속도압 (kg/m^2)
- K_z : 속도압계수 (고도에 따른 분포계수)
- G : 가스트계수 (1.25~2.0)

로 산정 한다.

지진하중은 수평하중으로 우선 밀면 전단력을 살펴보면

$$V = \left(\frac{A \cdot I \cdot C \cdot S}{R} \right) W$$

- V : 밀면 전단력
 - A : 지역계수
 - I : 중요도 계수
 - C : 동적계수
 - S : 지반계수
 - R : 반응수정계수
 - W : 건축물의 총중량값
- 으로 산정 하도록 하고 있다.

이상의 장기단기하중이 작용하는 구조체로서 강도상으로 안전이 확보되어야하며, 진동, 충격에도 안전하도록 그 성능이 확보되어야하고 동시에 사용상태에 대해서도 만족한 기능을 발휘할 수 있어야 한다.

특히 수평하중에 대해서도 발생 (도래) 하는 빈도가 낮으므로 100년에 한번정도의 발생빈도에 따른 하중을 두고 설계한다.

6. 강구조의 허용응력도 설계

구조물에 적용하는 하중조합에 따라 장기응력과 단기응력으로 구분되며 강재의 장기응력 허용응력도와 단기응력 허용응력도에 의해 설계되어진다.

구조용 강재의 설계기준강도는 표 7.1과 같다 여기서 최근의 TMCP강재의 경우 40mm를 초과 하더라도 40mm이하의 기준값으로 설계할 수 있도록 할 예정이다.

단기허용응력도는 장기허용응력도의 1.5배로 볼 수 있으며 아래에 장기허용응력도를 크게 구분하여 나타낸다.

· 허용인장응력도

$$f_t = \frac{F_y}{1.5}$$

f_t : 장기허용인장응력도 (t/cm^2)

· 허용전단응력도

$$f_s = \frac{F_y}{1.5}, F_s = \frac{F_y}{\sqrt{3}}$$

표 7.1 설계기준강도 F_y 값 (t/cm^2)

강재종별		일반 구조용			용접 구조용			
		SS 41 SPS 41 SPSR 41 경량형강	SS50	SS55	SWS41	SWS50 SWS 50Y SPSR 50 SPS 50	SWS 53	SWS 58
F _y	두께 40mm이하	2.4	2.8	3.8	2.4	3.3	3.6	4.1
	두께 40mm초과	2.2	2.6	-	2.2	3.0	3.4	4.1

f_s : 허용전단응력도 (t/cm^2)

· 허용압축응력도

가) 전 단면적에 대하여

$\lambda \leq \lambda_p$ 일때

$$f_c = \frac{\{1 - 0.4(\frac{\lambda}{\lambda_p})^2\} F_y}{\frac{3}{2} + \frac{2}{3} + (\frac{\lambda}{\lambda_p})^2}$$

$\lambda > \lambda_p$ 일때

$$f_c = \frac{0.227 F_y}{(\frac{\lambda}{\lambda_p})^2}$$

다만. $\lambda_p = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6 F_y}}$

f_c : 허용압축응력도 (t/cm^2)

E : 영계수 (t/cm^2)

$n = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} (\frac{\lambda}{\lambda_p})^2$: 안전율

λ : 압축재의 세장비

λ_p : 한계세장비

나) 압연형강, 용접 I형 단면의 웨브플랫 끝부분의 허용압축응력도는 가)의 규정에 불구하고 다음 식의 값으로 한다.

$$f'_c = \frac{F_y}{1.3}$$

* f'_c : 허용압축응력도 (t/cm^2)

· 허용휨응력도

가) 하중 면내에 대칭축이 있는 압연형강, 플레이트 거더, 기타의 조립재로서 제4장 판의 폭 두께비의 제한을 만족시키는 부재가 강축에 대하여 휨을 받을 때(상자형 단면은 제외) 부재의 압축축 허

용휨응력도는 아래식 중 큰 값으로 한다. 다만, 압축축 응력도 인장축 응력도는 모두 f_t 를 초과할 수 없다.

$$f_b = \left\{ 1 - 0.14 \frac{(\frac{l_b}{i_b})^2}{C_m \lambda_p} \right\} f_t$$

$$f_b = \frac{900}{l_b \cdot h} A_f$$

다만, $C_m = 1.75 - 1.05 (\frac{M_1}{M_2}) + 0.3 (\frac{M_1}{M_2})^2 \leq 2.3$

$M_1 < M_2$

M_1/M_2 는 단곡률일 때는 정(+)부호, 부곡률일 때는 부(-)부호로 한다. 구간 중간의 휨모멘트가 M_2 보다 클 때에는 $C_m = 1$ 로 한다.

f_b : 허용휨응력도 (t/cm^2)

l_b : 압축플랜지의 지점간 거리 (cm)

i_b : 압축플랜지와 보춤의 1/6로된 T형 단면의 웨브축에 대한 단면2차반경 (cm)

h : 보춤 (cm)

A_f : ~압축플랜지의~ 단면적 (cm^2)

λ_p : ~한계세장비

M_1, M_2 : 각각 좌굴구간 끝 부분의 작은쪽과 큰쪽의 강축에 대한 휨모멘트

나) 강관, 상자형 단면재 및 하중면내에 대칭축이 있고, 또한 약축에 대하여 휨을 받는 부재로서 제4장의 폭 두께비의 제한을 만족시키는 경우 및 면내에 휨을 받는 가сет 플레이트의 압축 및 인장축 허용휨응력도는 f_t 이다.

다) ㄷ형 단면 부재 및 하중면내에 대칭축이 없는 부재로서 제4장의 폭 두께비의 제한에 따를 때 부재의 압축축 허용휨응력도는 (2.8) 식에 따른다.

다만, f_t 를 초과할 수 없다.

라) 베어링 플레이트 등 면외로 휨을 받는 판의

강구조 건축물의 설계

허용휨응력도는 아래식의 값으로 한다.

$$f_{b1} = \frac{F_y}{1.3}$$

f_{b1} : 허용휨응력도 (t/cm^2)

마) 휨을 받는 핀의 허용휨응력도는 아래식의 값으로 한다.

$$f_{b2} = \frac{F_y}{1.1}$$

f_{b2} : 허용휨응력도 (t/cm^2)

· 허용지압응력도

가) 핀 및 하중점 스티프너의 접촉부, 기타 마무리면 일반에 대한 허용지압응력도는 아래식의 값으로 한다.

$$f_{p1} = \frac{F_y}{1.1}$$

다만 F_y 는 접촉하는 강재의 재질이 다를 때에는 작은 값으로 한다. 지압응력도 σ_p 는 아래식의 값으로 한다.

$$\sigma_p = \frac{P}{A_p}$$

f_{p1} : 허용지압응력도 (t/cm^2)

P : 압축력 (t)

A_p : 일반적으로 접촉부의 단면적 (cm^2). 단면, 핀 접합에서는 $A_p = td$

t : 핀의 판부 두께 (cm)

d : 핀지름 (cm)

σ_p : 지압응력도 (t/cm^2)

나) 미끄럼판지부 또는 로올러지부부의 허용지압응력도는 아래 식에 따른다.

$$f_{p2} = 1.9 F_y$$

다만, F_y 는 접촉하는 강재의 재질이 다를 때에는 작은쪽의 값으로 하고, 지압응력도 σ_p 는 다음

식에 따른다.

$$\sigma_p = 0.42 \sqrt{\frac{PE}{br}}$$

f_{p2} : 허용지압응력도 (t/cm^2)

P : 압축력 (t)

E : 영계수 (t/cm^2)

b : 지지부의 폭 (cm)

r : 지지부의 곡률반경 (cm)

σ_p : 지압응력도 (t/cm^2)

· 용접부설계

아크용접 이음매의 목단면의 장기응력에 대한 허용응력도는 각 강종에 적합한 용접봉을 사용하고, 충분한 관리가 되었을 때 다음 값으로 할 수 있다. 다만, SS55, SS50의 용접이음매는 응력을 부담시킬 수 없다.

· 모살용접, 플러그용접, 슬롯용접 및 부분 용입용접, 강관분기이음의 용접이음매의 허용응력도는 접합하는 모재의 허용전단응력도로 한다.

$$f_o = f_s = \frac{F_y}{1.5\sqrt{3}}$$

f_o : 용접이음매의 허용응력도 (t/cm^2)

f_s : 허용전단응력도 (t/cm^2)

맞댄용접의 허용응력도는 접합될 모재의 허용응력도로 한다.

다른종류의 강재를 용접할 때는 접합될 모재의 허용응력도 중 작은쪽의 값으로 한다.

7. 강구조물의 인성 확보를 위하여

강구조는 부재설계 및 이음접합 설계가 되었다고 그 성능이 확보되는 것만이 아닐 것이다. 더욱이 강구조는 예민한 구조체이며 유연한 구조체로 변형능력이 탁월하다.

설계자는 설계시에 완성된 강구조물의 예상 인성이 반드시 확보되는 것인지에 대한 예측이 필요하다. 다시말하면 인성이 충분히 확보되는 상세

로 설계하여야 하고 이러한 상세가 가공 제작 설치에 용이하게 이루어 질 것인지를 예측해야하고 시공이 만족하게 가능하도록 시방서 공장제작요령서의 승인 용접방법의 선정 가공 제작 정밀도 및 품질 설치의 정밀도 확보 계획을 충분히 검토하여 설계의도대로 건설이 되도록 해야한다.

이에 대해 건축공사 표준시방서에서는 철골공사의 규모 가공 내용에 대한 충분한 기술과 설비를 갖추고 유효한 품질관리체제를 구비한 제작공장을 가진 철골가공업자를 선정하여야하며 담당원의 승인을 받도록 하고 있다.

또한 시공자 등은 공사 착수 전에 시공계획서 공장제작요령서 현장시공요령서를 작성하여 담당원의 승인을 받도록 해야한다.

특히 공장제작요령서에는

- (1) 일반사항
- (2) 공사개요
- (3) 공장조직
- (4) 재 료
- (5) 제작. 용접
- (6) 품질관리. 검사
- (7) 기 타

의 내용을 포함시켜 충분한 품질관리와 인성이 확보되도록 제정해 두고 있으나 현실상으로 건축물공사에서는 승인 과정이 잘 이루어지지 못하고 있다.

또한 강구조관련 기술자가 지속해서 같은 업무

를 수행하기가 어렵게되어 있어 강구조의 제작 시공 분야에

- 강재관리기술자
- 용접기능자
- 용접관리자
- 비파괴검사 기술자
- 고력볼트 집합관리기술자
- 강구조 생산관리기술자 등의 전문기술자 관리 제도가 필요하다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부령, 제 53호 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙, 1996
2. 대한건축학회, 강구조설계기준 및 해석, 1983
3. 대한건축학회, 건설부제정 건축공사표준시방서 제 8장 철골공사, 1994
4. 한국강구조학회지, 건축구조 설계와 시공기술의 현황·문제점·지표, 1990
5. 한국강구조학회, 철골구조물의 내진구조설계, 1990
6. 대한건축학회, 건축물의 지진재해 및 내진구조 설계, 1995
7. 한국강구조학회지, 강구조의 수요증대와 품질관리를 위하여, 1992
8. 한국강구조학회지, 강구조의 수요증대와 품질관리를 위하여, 1993