

多層 鐵骨 構造의 詳細技法

(기둥이음과 보 접합중에서)



李 昌 男*

略歷

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

*正會員: 이사 연구조연구소 대표

1. 머릿말

鐵鋼材가 建築構造에 이용된 歷史는 鐵筋콘크리트보다 오히려 먼저이다. 그런데도 오늘날 우리나라 사람들 중 많은 수가 아직도 鐵骨構造가 조금은 생소하고 外來的인 것으로 接近하기 어려운 것이라는 생각을 갖고 있음을 보게 되며, 建築設計를 主業으로 하는 사람들까지에서도 그런 傾向이 있음을 發見하게 된다. 이제 鐵骨構造가 사실은 木構造나 鐵筋콘크리트構造보다 오히려 다루기 쉽고 設計하기도 간편한 것임을 일반인에게 弘報할 必要가 있음을 깨닫게 되었다.

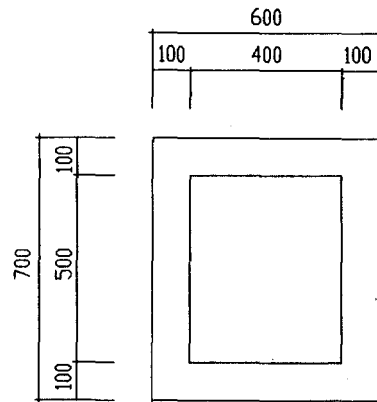
우리는 예로부터 흙과 나무와 돌을 주대로 하여 建築活動을 해왔다. 그러나 흙은 아직도 그 性質을 확실하게 파악하는 技術者가 없으며, 나무는 材料의 力學的 우수성에도 불구하고 火災, 耐久性의 脆弱함과 接合方法의 어려움 때문에 점차 構造材料의 자리를 鐵筋콘크리트와 鐵骨에게 물려주고 있다. 돌은 引張力에 특히 弱하고 單位重量이 클 뿐만 아니라 採取, 加工, 接合性이 不良하여 이 또한 構造材料로는 적합하지 않음이 判明되었다. 앞으로 강화 Plastic 등의 新素材가 나오기 전까지는 역시 鐵筋콘크리트와 鐵骨組에 매달려 우리의 남은 날들을 보내야 할 터인데, 多層建物에서도 이들 두 材料에의 接近이 가장 손쉬운 것임을 잘 알고 있을 것이다.

鐵筋콘크리트構造로서도 地上 100여層까지의 建物が 신축되었고 현재 北韓에서도 그런 建物が 工事中임은 다 알려진 사실이다. 그러나 鐵筋콘크리트가 架設거푸집을 필요로 하는 점과 現場에서 製作되어야 한다는 제약 때문에 多層建物에 적용하는 데는 특별한 注意가 필요하여, 그 어려움 때문에 남은 한가지인 鐵骨組가 유행하게 된 것이다. 그러나 이 같은 좋은 배경을 가지고 設計施工하는 鐵骨構造임에도 불구하고, 일부에서는 그 長點을 최대한 活用하지 못하고 鐵筋콘크리트 設計했을 때보다 오히려 번거롭고 어려운 것으로 認識되게 하는 것을 보며 안타깝게 생각한다. 이제 그 根本的인 原因 중 한두가지 예를 들어 說明함으로써 讀者들의 實務適用에 도움이 되게 하고자 한다.

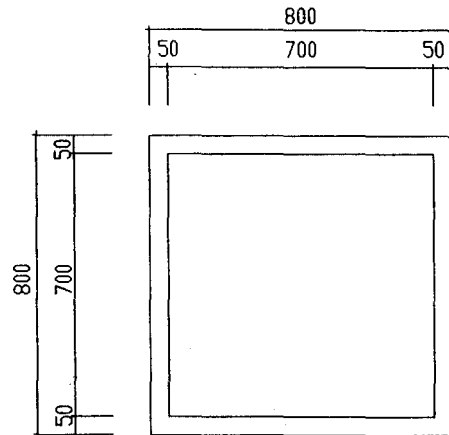
2. 기둥 이음은 Bolt 接合이어야 하는가?

建物 層數가 多層化하면 低層部 기둥에 累積되어 내려온 鉛直荷重이 늘어나게 되며 기둥斷面도 比例해서 커지게 된다. 그림 1과 같이 63빌딩의 기둥 斷面 철판 두께는 日本에서 輸入한 100mm이며 한국종합무역센터의 것은 국산 50mm이다.

일반적으로 建物が 높으면 돈보이고, 層數가 많은 빌딩의 사무실 賃賃料는 오히려 비싸다. 그러나 사실은 기둥, 基礎에 작용하는 축하중을 비교해 볼때, 건물 층수가 많다고 해서 반드시 軸荷重도 크다는 等式은 成立되지 않는다. 光化門에 있는 대한교육보험 본사 사옥의 기둥과 한국종합무역센터의 기둥 軸力이 비슷하다고 하면 놀릴 것이고, 63빌딩의 기둥 軸力과도 近似하다고 하면 理解되지 않을테지만 사실이 그렇다. 63빌딩은



63빌딩 기둥



한국 종합무역센터 기둥

(그림 1)

위로 올라갈수록 平面이 줄어들었으나, 대한교육보험은 기둥이 가로세로 간격이 넓어 負擔面積이 크기 때문이다.

무역센터 設計 당시 필자가 곤혹을 치른 것중에는 아래와 같은 것도 있었다. 즉 “종합무역센터는 63빌딩보다 더 낮은 建物인데 기둥크기는 왜 더 큰가?”라는 것이다. 設計상 주어진 條件중에서는

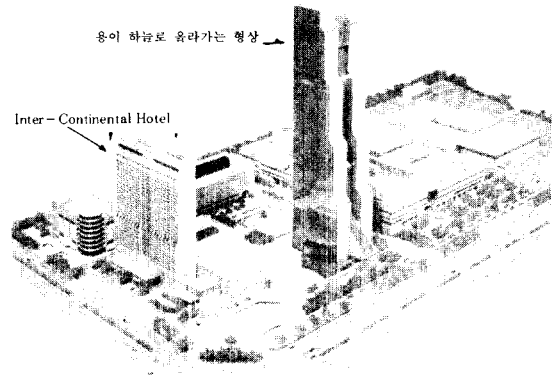
모든 構造 資材는 國產品으로 하라는 것도 있었다. 그러나 당시 포항제철에서는 두께 50mm를 초과하는 철판의 公式의인 品質保證이 不可能하다는 것이었다. 다시 말하면 50mm 이하의 철판만으로 設計하여야 했으며, 그 때문에 필자가 提案한 기둥 最大 크기가 80cm×80cm×50mm 상자형이었던 것이다. 이제 이를 63빌딩의 기둥斷面(그림 1 참조)과 比較해 보면 다음과 같다. 즉 斷面積은 무역센타가 $A(\text{무역센타})=80^2-70^2=1,500\text{cm}^2$, $A(63\text{빌딩})=60^2\times 70^2-40^2\times 50^2=2,200\text{cm}^2$ 로 46.7%나 더 큰 斷面이다. 여기서 한가지 지적하고 넘어가야 할 事項은 80cm×80cm 기둥을 60cm×70cm의 外形크기를 줄이면서 鐵骨量을 46.7%나 더 消費했는데도 기둥의 剛性を 좌우하는 斷面係數와 斷面 2차모멘트값은 다음 표와 같이 별 차이가 없다는 것이다. 즉 斷面積이 46.7%나 더 큰 63빌딩 기둥의 斷面係數는 불과 5%가 증가하는데 그치고 斷面 2차 Moment는 오히려 8%가 줄었다는 것이다.

	$A\text{cm}^2$	단면계수 $Z\text{cm}^3$	단면 2차 Moment $I\text{cm}^4$
무역센타	1,500 100 %	35,312 100 %	1,412,500 100 %
63 빌딩	2,200 146.7 %	37,095 105 %	1,298,333 92 %

鐵骨기둥에는 耐火被服이 필수적이며 마감두께가 또 必要하다. 建築設計者는 기둥 骨組 斷面 80cm×80cm가 最終 所要斷面을 얻는데 不便함이 없다는 것이었는데도 불구하고, 非專門家인 實力者의 主張에 따라 급한 時間에 不必要한 확인계산을 해야 했었다. 鐵骨 기둥 斷面은 63빌딩처럼 줄어야 하는 理由를 물은 즉, 工事 中 지나가는 사람들이 “이 건물은 63빌딩보다 層數가 적는데 기둥 크기가 왜 크냐고 물었을 때 뭐라고 답변할

것인가?”라는 單純한 것이었다. 設計가 完了되어 納品段階에 왔을 때 어떤 인사로부터 54층보다는 55층으로 해야 숫자가 좋으니 그렇게 하라고 명령해서 억지로 1층을 더 늘이느라 고생했음을 證言할 수 밖에 없다.

그림 2의 종합무역센타 사무동 외형이 올라가면서 階段式으로 줄어드는 理由가 무엇인지를 알면 더 재미있을 것이다. 懸賞設計 當選者인 日本측 事務所에서 “용이 하늘로 올라가는 현상이다”고 풀이한 즉 “용은 머리가 크고 꼬리가 가늘게 생겼는데 어쩌서 위가 더 가느다란가?”라는 質問에 “용두사미가 되지 않게 하려는 것”이란 答辯이 있다고 한다.

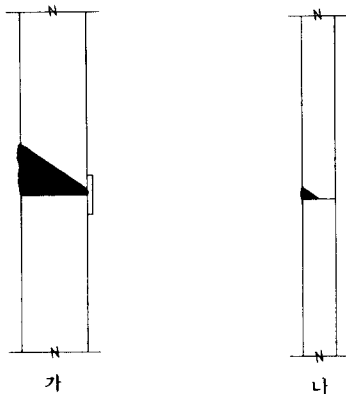


(그림 2)

이 같이 建物の 外觀 뿐만 아니라 構造 形態에 까지 政治的 影響이 作用하는 와중에서 建築構造 設計者는 어떻게 처신하여야 하는가도 고민해야 하는 것이 오늘날의 現實이다.

2,500 여톤이나 되는 軸荷重이 作用하는 기둥을 잇는 方法으로 Bolt 接合을 適用하는 것은 어려운 일이다. 더구나 기둥斷面이 위와 같이 箱子형일

때는 사람이 기둥 속으로 들어가지 않는 한 作業이 불가능하다. 따라서 이 때는 당연히 現場鎔接이라야 하는데 63빌딩의 경우 두께 100mm를 전부 鎔接에 의존하는 施工을 強行하였다. 日本측 技術者들의 指導를 批判없이 받아들인 엄청난 浪費라고 할 수 있다. 기둥斷面이 100mm나 되는 鐵板으로 製作된 이유의 큰 部分은 위로부터 累積되어 내려온 연직하중 때문인데 上下기둥의 이음면은 잘 깎아 마무리하여 밀착시키면 좌굴이나 Moment 등에 의한 不均衡 應力에 대비한 鎔接接合만으로도 充分히 安全할 수 있는 것이다. 한국종합 무역센타를 비롯한 다른 建物에서는 그림 3(나)와 같이 필요한 두께만큼만 鎔接하도록 하였다. 그러나 이 역시 여러 차례 불러 다니면서 그 妥當性を 納得시키는 수고를 해야 했다.



(그림 3)

지금도 기둥 이음을 摩擦 볼트接合으로만 設計한 圖面을 많이 보게 되는데 어떤 때는 構造計算者가 제시한 Bolt 갯수를 기둥 上下에 나누어 配列 圖面化하여 이음부내력이 1/2로 줄어든 것을 본 일도 있다. 構造計算 당시 計算해 놓은 Bolt

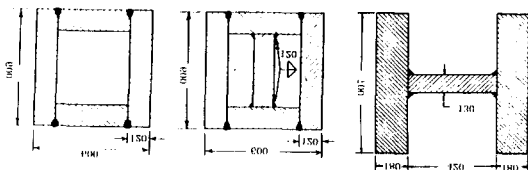
갯수는 上部기둥 軸力을 Bolt 내력으로 나눈 값이므로 Bolt의 全 數量은 위 값의 2배여야 하는 것이다. 우리나라 建築現場에서의 事故가 이 같은 種類의 어이없는 常識이전의 事項들 때문임은 참으로 부끄러운 일이다.

여기서 오래 전부터 논란이 되고 있는 소위 Metal touch에 관한 얘기를 빠뜨릴 수 없다. 윗 기둥과 아랫 기둥을 Bolt로 잇는 詳細處理에서 예전에는 Bolt 구멍을 제위치에 정확하게 뚫는 正確도와 부재 단부 마감처리가 未熟하여 아예 양사이가 떨어지는 것을 前提로 設計, 施工했었다. 어떤 때는 위 아래 기둥사이에 손을 넣어도 들어갈 정도였다. 그러나 軸力이 큰 기둥이음을 全部 Bolt에 依存한다면 接合費用이 增加되므로 될수록 密着시켜 施工하도록 하는데 그 密着度를 믿을 수 없어서 소위 Metal touch율을 지정하는 것이다. 日本에서는 初期에 50%까지 認定하다가 鐵骨多層建物이 갑자기 늘어나면서 부터 겁이 났는지 오히려 25%로 저감시켜 取扱하도록 規定하였고 우리 規準은 이를 直輸入하여 지금에 이르고 있다.

필자도 한동안 이 Metal touch 25% 規準에 묶여서 헤어나지 못하던 차에 鎔接기둥이음을 하면서부터는 과감하게 AISC에 맞추어 처리하고 있는 중이다. 즉 특별한 不均衡 應力이 없는 軸荷重 주도형 기둥이음에서 鐵板두께 32mm 이상의 것은 두께의 1/2만을 鎔接하고 나머지 1/2은 直接 密着 傳達되도록 하는 것이다. 美國계 設計者들의 기둥 이음이 現場鎔接 주도형이 된 것에는 아래와 같은 背景이 있는 것으로 推測된다. 필자가 세상에 태어나기도 전에 102층의 Empire State Building 이 지어졌으니 63비딩 기둥 단면 두께가

100mm로 두껍다고 놀라는 우리와는 次元이 다르다. 사실상 鐵骨材를 제외한 다른 材料의 기둥들은 모두 충실단면으로 되어 있다. 돌기둥, 벽돌기둥, 나무기둥, 鐵筋콘크리트 기둥들은 모두가 속이 꽉찬 斷面인데 유독 철골기둥만 H형, 상자형, 원통형 등으로 되어 있는 것이다. 鋼材는 單位面積當 荷重 부담 耐力이 크면서 單位 單價가 비싼 材料이므로 이를 效率的으로 使用하기 위한 技法이 위의 斷面 形態로 나타난 것이다.

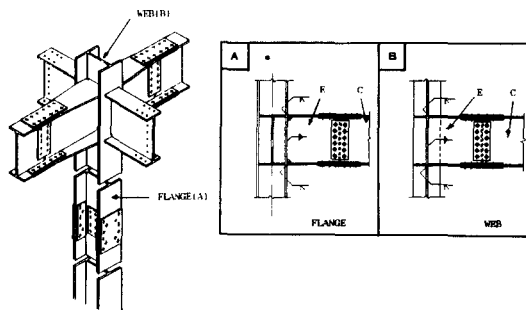
앞에서 한국종합무역센터와 63빌딩 기둥 단면을 比較해 보았는데, 橫力에 의한 기둥에의 Moment가 크지 않으면 기둥 斷面積에 比例하여 鉛直 荷重부담能力이 커지게 된다. 다만 기둥크기가 너무 작아지면 挫掘현상이 일어나서 不利하게 되지만 多層建物에서 그럴 염려는 거의 없어진다. 그러므로 美國의 多層建物 기둥斷面들은 生産 可能的한 鐵板두께에 따라 그 크기가 달라진다고도 할 수 있고 실제로 그림 4와 같은 比率의 기둥단면이 設計되고 있는 실정이다. 이 같은 단면의 이름이 Bolt 接合으로 可能하리라고는 생각할 수 없다. 당연히 現場鎔接이고 이것에 익숙한 그들은 서슴없이 小規模建物 기둥에도 鎔接이음을 하는 것이다.



(그림 4)

3. 보의 Bracket 접합은 필수적인가?

鋼構造에서 가장 重要하게 取扱되는 것은 接合 詳細이다. 특히 보가 기둥에 接合되는 詳細處理는 構造 安定상 큰 意味를 갖게 되는데, 그 중 우리나라에서 많이 사용되는 것은 이른바 Bracket 接合 方式이다. 이 方法은 역시 日本에서 流行하는 工法인데 現場 鎔接의 信賴性을 의심하는데서 오는 구차한 대안방식이다. 즉 믿을 수 있는 工場 鎔接으로 보의 斷面 一部를 鎔接한 후 現場에서는 應力이 적은 부위에서 쉽게 Bolt 接合한다는 것이다(그림 5 참조).



가. Bracket 결합

(그림 5)

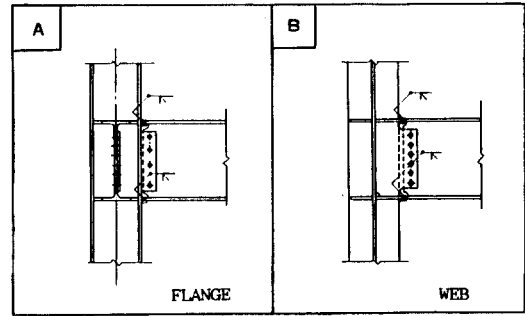
때로는 應力이 큰 단부단면(E)의 재질이나 斷面 크기를 中央部位(C)와 區分해서 設計 함으로써 合理의인 設計를 할 수 있어서 좋다. 그러나 이것은 보 하나를 기둥에 부착하기 위하여 工場과 각각 한번씩 두번의 수고를 하여야 하며, 따라서 接合費用이 두배로 늘어난다는 短點이 있다. 또한 工場에서 붙여 놓은 Bracket가 기둥 2, 3, 4 방에 마치 뿔처럼 붙어 있어서 運搬費도 추가되며 取扱 및 貯藏에 특별한 注意를 기울여야 한다. 연중 파고를 헤치고 움직이는 배를 만드는데도 鎔接으

로 해결하는데 보를 기둥에 붙이는 것을 못할리 없으려면 한사코 마다하는 관계자들을 설득하는데 10여년이 걸렸었다.

우리나라 사람들은 流行에 민감하다. 남들이 하면 나도 따라간다는 傾向이 너무나 역력하다. 아무리 새롭고 合理的인 안이라고 해도 가장 먼저 부딪치는 質問 攻勢가 “우리나라 어디에서 누가 그런 工法을 사용했는가?”라는 것이다. 자기는 시험대상이 되고 싶지 않다는 것이다. 그럼에도 불구하고 외국사람이, 그것도 터무니 없이 많은 돈을 주고 초빙한 사람이 좋은 方法이라고 宣傳하면 쉽게 받아들인다. Intercontinental Hotel(그림 2 참조) 設計 당시 美國기술자를 後光으로 하여 現場鎔接 工法을 提示하자 아무런 抵抗 없이 實現되었고, 그 기세를 몰고 후속 Project에서는 거의 全部 이 現場鎔接 接합으로 設計에 임하고 있다. 그런데 最近들어 일각에서는 이 方法에 대하여 불평이 오가고 있다. 우리나라 技能工 不足과 人件費 상승 때문에 工事費가 더 들더라도 現場鎔接 대신 다시 Bracket 接합으로 設計변경해 달라는 것이다. 人件費가 훨씬 비싼 美國에서도 Bracket 方式보다는 鎔接接합이 싸다는 見積結果가 나와 있다.

現場 鎔接의 어려움을 問題點으로 내세우는 분들을 위하여 현재 필자가 적용하는 강접방법을 설명하면 그림 6과 같다. 즉 作業條件을 좋게하기 위하여 보의 Web 接합을 오히려 1면 摩擦接합으로 先行하여 固定시키고 나서 上下 Flange 鎔接을 下向 現場鎔接하게 하는 것이다.

기둥과 보는 무조건 강접하여야 하는 것처럼 認識하고 있는 初歩者들의 設計에도 문제가 있



(그림 6) 용접 접합

다. 필자가 設計한 國內의 多層建物 중에는 기둥과 보의 接合을 Pin으로 또는 반강접(Semi-Rigid)으로 한 것도 많이 있으며 보를 Slab와 合成設計하여 단부고정도 弛緩을 보상하는 技法을 활용하고 있다.

4. 맺음말

우리는 너무 일찍 삼페인을 터뜨린다고 外國사람들이 비웃는다. 어제의 기근을 잊어버리고 “놀자! 쉬자!”하는 동안 다른 後發國家들에게 우리의 자리를 내어주어야함을 “토끼와 거북이”에서 배워야 할 것이다.

시중에는 수 많은 약이 있으며 또한 수 많은 飲食材料가 있다. 이 약을 잘 사용하는 의사는 名醫이고 飲食材料를 잘 배합 조리하면 음식솜씨 좋은 主婦가 되는 것이다. 우리 鋼構造 學會 會員들은 名醫와 솜씨 좋은 主婦처럼 쇠붙이를 잘 다루는 솜씨를 익히는데 힘쓸 것을 기대하는 바이다.