

리모델링을 위한 최신 구조 보강 기법 4

State- of- the- art Structural Reinforcing Devices of Remodeling Buildings

기둥 보강

이창남 / 센구조 건축사사무소
by Lee Chang-Nam

기둥이 구조물에서 차지하는 중요도는 더 이상 설명할 필요조차 없다. 기둥은 바람이나 지진 기타 횡 하중에도 집이 심하게 흔들리지 않도록 제어하는 역할도 하지만 주로 보에서 내려오는 연직 방향의 축 하중을 전달받아 기초에 전달하는 주요구조 부재이다.

한편 기둥은 보나 슬래브와는 달라 내력이 부족한지 아닌지를 판별하는 쉬운 방법이 없다. 슬래브나 보는 하중을 받아 휨 내력이 부족하면 구부러지는 것이 눈으로도 보일 정도로 크므로 쉽게 판별되지만 기둥의 압축 내력이 부족하면 길이가 줄어들기는 하지만 그 줄어드는 길이가 너무 미세하여 쉽게 발견되지 않는 것이 당혹스럽다.

이 때문에 설마 하다가 대형 사고로 이어지는 예가 있는 것이다.

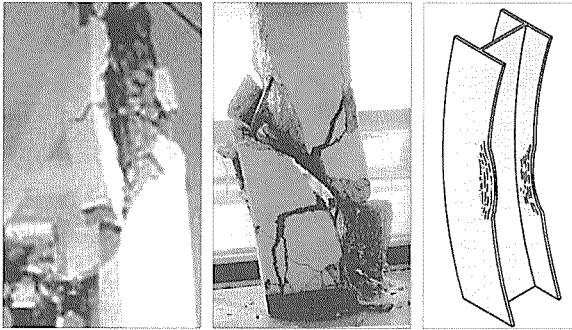
줄어드는 길이가 적으면 스트레인게이지 등으로 정밀 계측하면 될 것 아니냐고 질문할 수도 있겠지만 스트레인 게이지는 기둥의 지나간 역사는 모르고 부착 후의 변형률만을 알려주는 것이다. 그러므로 기둥이 시공 당시 부터 위험할지 모른다는 의심이 들어서 사전에 계측기를 부착해 두지 않았다면 지금까지 기둥 길이가 몇mm 줄어든 상태이고 앞으로 얼마나 더 줄어들면 위험할 것인가를 알아낼 도리가 없다. 앞에 설명한 바와 같이 슬래브나 보는 하중을 받아 구부러진 것을 증거로 나타내고 있는 반면 기둥은 건물의 키가 몇mm 작아진 것으로 그치므로 별로 표가 나지 않는다는 뜻이다.

학교 다닐 때 선생님이 잘못된 학생들에게 주는 체벌의 종류가 몇 가지 있다. 가장 어려운 것이 엎드려 뺨쳐 이고, 그 다음은 양 팔 벌리고 서있는 것이며, 가장 경한 것이 벽을 바라보고 서있는 것이다.

앞드려 뺀 것은 발끝과 팔을 지점으로 하여 몸통이 보 역할을 해야 하며 머리는 캔틸레버이다. 시간이 흐름에 따라 허리가 아래로 향하여 구부러지고 머리는 숙어지게 되므로 그 아이가 힘들어하는 것을 알아차릴 수 있다. 또한 양팔을 벌리고 서있는 벌도 양팔이 점점 아래로 처지게 되므로 피로한지를 쉽게 눈치챌 수 있는 것이다. 그러나, 벽을 보고 서있는 자세는 쉬는 시간까지 좀 체로 키가 작아졌다는 것을 눈으로 확인할 수 없는 것이다. 기둥 길이가 짧아지는 것을 유지한 예를 들어 설명해 보았다.

세장한(날씬한) 철골 기둥의 연직 방향 내력이 부족하면 주로 횡 좌굴 현상을 일으키면서 파괴되지만 철근콘크리트 기둥일 때는 대부분 주근이 외부로 좌굴을 일으키는 것을 띠철근이 잡아주지 못하여 압축 파괴를 일으키는 사례가 많다.

기둥이 이 지경에까지 도달한 것을 발견하여 긴급 보강한 경우도 없지 않은데 참으로 식은땀이 날 지경이다.



(그림) 기둥의 파손 유형

이런 현상이 제대로 이해되지 않는다면 시험실에서 시행하는 콘크리트 코어의 압축 시험을 눈여겨보면 짐작이 갈 것이다. 시료를 유압실린더로 눌러주면 시료 주변에 연직 방향으로 균열이 발생하다가 급기야는 파편이 외부로 떨어져 나가게 된다. 만약 강도가 큰 콘크리트라면 그 파편 떨어져 나가는 속도가 총알 같아서 사람을 다칠 염려가 있으므로 철망으로 보호막을 마련하는 것이 안전하다. 이 때문에 철근콘크리트 기둥의 띠철근이나 나선형 철근은 기둥의



< 옛날 기둥 >



< 띠철근 기둥 >



< 나선근 기둥 >



< CFT 기둥 >

(그림) 기둥 단면

파괴 하중을 증가시키는데 큰 역할을 하며 띠철근 배근 규정을 까다롭게 하는 것도 이를 겨냥한 조치이다.

즉 20~30년 전만 해도 철근 값이 상대적으로 비싸고 또한 건물 높이가 높지 않아 기둥 단면이 조금 크다고 해도 별 흉이 되지 않았으므로 콘크리트의 압축내력만으로도 축하중에 견디도록 여유 있게 큰 기둥단면으로의 설계가 일반화되어 있었다. 그러므로 띠철근이 시공시 주근이 제 자리를 지킬 수 있을 정도로 어찌면 형식상 규준에서 요구하는 최소 철근만 배근하는 것으로 만족했으나, 기둥 크기를 줄여서 압축력을 많이 받도록 하기 위하여서는 띠철근 배근을 소홀히 하지 말아야 한다. 이름을 띠기둥(Tied Column)으로 명명하게 된 것은 그 중요성과 무관하지 않을 것이다. 이런 현상을 적극 활용하는 것이 이른바 CFT(Concrete Filled Tube)기둥이다.

띠철근의 역할을 조금 더 확실하게 하려면 나선형 철근으로 배근하는 것이 좋으나, 시공성이 떨어지므로 특별한 경우를 제외하고는 별로 사용하지 못하고 있다.

띠철근 대신 아예 강관으로 철근콘크리트 기둥 단면 둘레를 감싸주면 기둥에 큰 압축력을 가한다 해도 강관이 터지지 않으면 콘크리트가 부서지지 않는다는 실험 결과를 토대로 한 것이 CFT 기둥이다. 주사기에 물을 넣고 끝을 막은 채 피스톤을 밀어 넣으려 하면 좀처럼 들어가지 않는 것으로도 이해가 될 것이다.

기둥의 내력이 부족할 때는 단면을 키우는 것이 가장 안전하다. 그러나 기존 건물의 기둥 단면을 증가시키는 것이 그렇게 쉬운 일이 아니다.

철근콘크리트 기둥 단면을 증가시키려면 기둥 주변을 거칠게 까내고 철근을 배근한 후 거푸집을 대고 콘크리트를 부어넣는 것이 그나마 가장 손쉬운 방법인데 기존 건물의 기둥 상부에는 보와 슬래브가 가로막혀 있어서 콘크리트를 붓기 위해서 슬래브에다 구멍을 뚫어야 하는 불편함이 있다. 또한 기존 기둥과 새로 추가하는 기둥 외곽 면까지의 여유 폭은 적어도 15cm 이상인 것이 바람직하는데 그것은 기둥 크기가 너무 커지게 하는 요인이 된다. 예를 들어 가로 세로 40cm인 기둥 주변을 15cm씩 키워도 전체 단면적은 4,900이어서 원래 기둥 단면적 1,600의 3배가 넘으므로 안전하기는 하지만 사용상 지장을 주는 일이 있다. 건축법규에서 지정하는 지하주차장 최소 통로 폭에 미치지 못하게 될 수도 있다.

무리하게 10cm씩만 늘리려 시도하기도 했지만 거푸집을 뜯어내고 보면 콘크리트가 띠 철근에 걸려 마치 너무나 질겨서 뜯어먹다 포기한 갈비처럼 빈곳이 생기기 일쑤이다.

기존 기둥 주변에 일정 간격을 띄워서 철망을 둘러싸운 후 그 사이마다 잡석을 채우고 수밀 거푸집을 마련한 후 고 강도 시멘트를 사용한 콘크리트를 컴프레서로 주입하는 이른바 프리팩트 콘크리트도 시도해 보기도 했다. 그러나 공사 기간과 공사비가 너무 많이 드는 것이 흠이다.

따라서 지금은 기둥 주변을 거칠게 깨내고 철판을 뒤집어씌운 후 빈 틈에다 에폭시수지 등을 주입하는 방법이 많이 사용되고 있다. 그러나 이 방법은 앞의 보나 슬래브 보강에서와 마찬가지로 표면 정리 과정에서의 소음과 먼지가 심한 것이 문제이다.

또한 철판이 어느 정도 두께에 미달하면 압축력을 받을 때 외부로 휘어지는 좌굴 현상을 피할 수 없으므로 에폭시 수지의 점착력에 기대하는 것은 불안한 구석이 있어서 구멍을 뚫고 볼트를 박아 고정시키기도 한다. 이들은 보강하기 위하여 오히려 기존 기둥에 손상을 주고, 기존 기둥이 외곽 방향으로 터지면서 떨어져 나가려는 힘을 지탱하여야 하는 부작용을 내포하고 있다.

위와 같은 어려움을 보완하기 위하여 다음 두 가지 방법을 제시한다. 이들은 영업 중인 백화점에서도 영업 손실을 최소한으로 줄이면서 시공이 가능한 장점이 있다.

┐형강 추가 방법

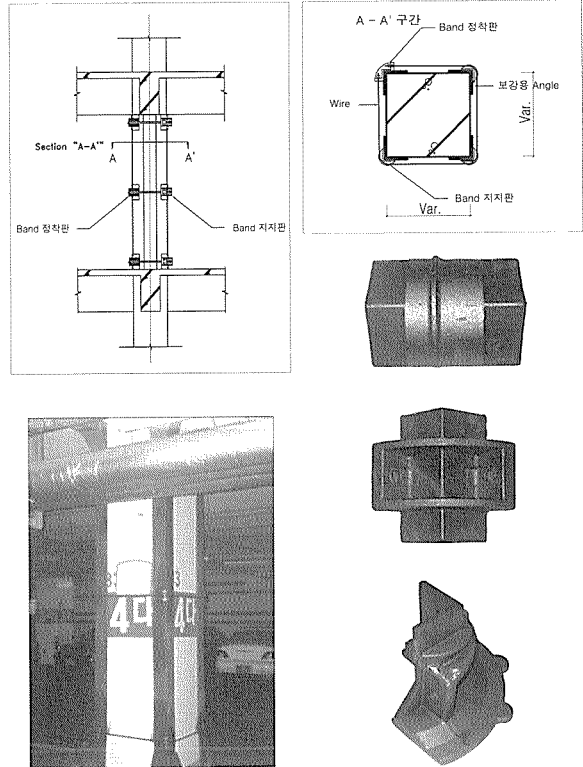
향간에서는 기둥 주변에 H형강이나, 강관 등 철골 부재를 추가하는 간편한 방법이 사용되고 있지만 이는 역시 차지하는 면적이 커서 환영받지 못하고 있다.

따라서 4개의 ┐형강을 기둥 구석에 세우는 것인데, 이것이 앞의 철판을 뒤집어씌우는 방법과 다른 점은 ┐형강이 철판보다는 강성이 크므로 적당한 간격으로 묶어주지만 하면 횡 방향 좌굴이 제어되기 때문이다. 또한 철근콘크리트 기둥이 축방항력과 휨모멘트를 동시에 받을 경우 철근을 구석에다 많이 배근하는 것이 4면 고르게 배근하는 것보다 더 효과적이라는 것을 안다면 ┐형강의 구석 보강은 그런 면에서도 효율적이다. 원형 기둥에서는 띠철근이 모든 주근을 동시에 구속해주지만 4각형 기둥에서는 띠철근이 구석에 있는 철근만 구속하는 역할을 하므로 철근이 많을 때는 띠철근을 이리저리 추가하는 것이 규정에서도 제시하고 있다.

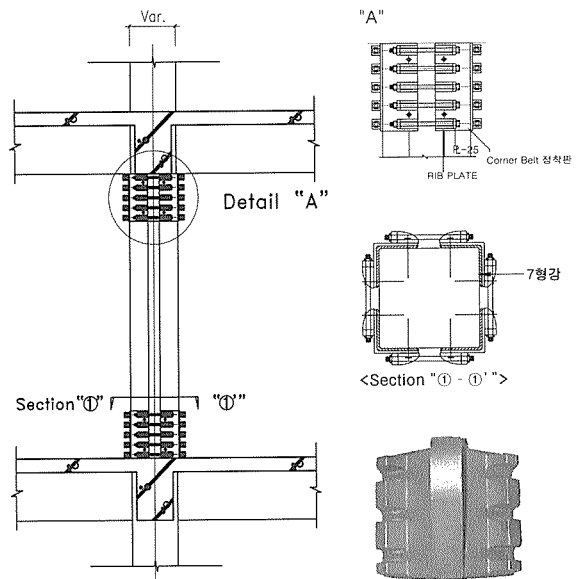
한편 기존 기둥의 4 구석에 추가한 ┐형강을 묶어주는 띠를 일반 띠철근처럼 느슨하게 배근하면 보강한 ┐형강이 압축력을 받아 외부로 좌굴을 일으키는 것을 피할 수 없으므로 이들을 강제로 묶어주면 좋은 효과를 발휘하게 된다. 마치 나무상자를 끈으로 묶는 것과 같은 요령이다.

구체적으로 두 가지 방법을 사용하는데 하나는 강선을 유압실린더로 당겨주는 것이고, 다른 하나는 고장

력 볼트를 이용하는 것이다.



(그림) ┐형강과 강선을 이용한 기둥 보강



(그림) 고장력 볼트를 이용한 기둥 보강

강화외피첨가 방법

스티로폼 양면에 얇은 철판을 붙인 샌드위치 패널은 강성이 제법 크다. 오래 된 사무실로 이사가서 칸막이 벽을 뜯어내면 2 장의 밤라이트 사이에 두꺼운 마분지로 된

허니컴을 폴로 붙인 패널인 것을 발견한다. 또한 대부분의 출입문은 이른바 플러시 도어로서 합판 등의 얇은 판을 가로세로 적당한 간격으로 배열해서 짠 목조 프레임에 부착한 것임에도 불구하고 의외로 단단하다.

이는 별 볼일 없어 보이는 2 장의 얇은 판대기들을 서로 간격을 두고 고정 배치하여 제법 튼튼한 구조 부재로 활용할 수 있음을 뜻한다.

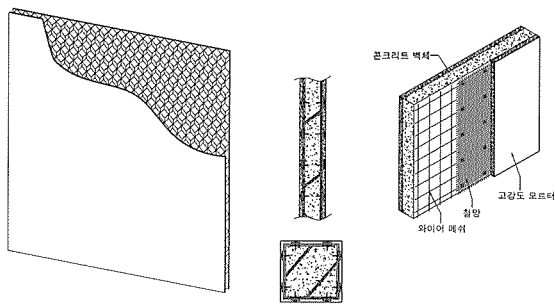
콘크리트 블록이나 중공 벽돌도 이런 개념을 활용하여 만드는 것이고, 크게는 지난 9월 11일 자살 비행기 테러로 무너진 뉴욕 세계 무역센터의 횡 방향 하중에 대한 저항 메커니즘도 그런 구조 개념을 조금 더 확대 활용한 것에 불과한 것이다.

세계 무역센터 남 북 동을 2 개의 거대한 기둥으로 취급하면 건물 외피는 합판 상자이고 내부 바닥 판은 앞에 설명한 칸막이 벽의 스티로폼이나, 마분지 허니컴 역할을 하는 것이다.

별로 관련이 없음직한 것들을 장황하게 설명한 이유는 아래와 같다.

즉 기존 기둥을 스티로폼이나, 마분지 허니컴, 또는 목조 프레임 등으로 취급하여 그 외피에 얇고 단단한 재료를 뒤집어씌우면 훌륭한 보강된 압축 부재로 둔갑하며, 휨 모멘트에 대한 저항력이 크게 향상됨을 뜻한다.

칸막이 벽을 분해하여 마분지 허니컴과 2 장의 합판을 서로 분리하여 압축력을 받는 외벽이나 지붕 패널로 사용한다고 가정해 보면 이들 사이의 간격 접촉이 얼마나 중요한가를 알 수 있을 것이다. “뭉치면 살고 흩어지면 죽는다.”가 이승만 대통령만 쓰던 명언이 아니다.



(a) 경량칸막이의 구성

(b) 강화외피 첨가 방법

이상 4회에 걸쳐서 샌구조가 독자 개발하여 특허를 받고 실무에 적용중인 구조 보강 방법을 소개하였다. 여기 선 보인 것은 주로 강선을 사용한 것들에 초점을 맞추었으나, 다른 분야도 독특한 메뉴를 풍부히 마련해 두고 있음을 밝혀 둔다.

지금까지 위 공법을 활용하여 실제 보강 공사를 마친 건물은 2001년 10월 현재 35개 프로젝트이며, 지금 다른 일들도 상담 중에 있다.

또한 기회가 마련되면 기존 건물의 보강 방법 이외에, 건축사들 본연의 업무인 신축 설계에 적용하는 특수 구조들도 선보일 예정이다.

그 중 최근 연구 개발하여 공개 실험으로도 우수성이 입증된 TSC구조 공법의 상세한 정보가 필요하면 서울대학교의 CRIC(www.cric.or.kr)을 접속하여 온라인 세미나에 등록된 자료를 참조하기 바란다. ☞