

# 각형강관구조에 의한 고층건축물

李明宰

중앙대학교 건축공학과 교수

## 1. 각형강관

건축철골구조에 있어서 기둥부재로서 각형단면의 사용은 구조물의 고층화가 추진되는 시기에 용접조립가공 기술의 신장과 함께 선진 외국에서는 상용화되어 있다. 각형강관은 H형강과는 달리, 강축, 약축이라는 극단적인 방향성의 차이가 없어서 기둥부재로서는 매우 유용한 성능을 가지는 구조부재이다. H형강의 대형재의 제품이 나타나서 건축분야 철골조에 대한 수요가 급속도로 증가하고 있는 점을 고려하면, 각형강관 구조의 보급화에 대한 기대도 필연적으로 커지고 있다는 것을 부인할 수 없는 사실이다.

고층건축물의 구조방식 개발에 있어서, 구조부재의 역학적인 측면에서의 연구, 구조 시스템에 관한 연구로 나누어 생각할 수 있으며 철골 구조방식에서 주요 구조부재로서 H형강이 주요 대상이었다. 그런데 H형강은 기둥부재로 사용할 경우 단면성능면에서 피할 수 없는 약점이 있기 때문에 이것을 보완하기 위하여 가새, 전단벽 등이 필연적으로 보완되어야 하고 따라서 평면 계획에 있어서도 많은 문제점을 가지고 있다.

이러한 H형강의 문제점을 해결할 수 있는 강재로서는 강축과 약축의 구별이 없는 정방형 각형강관이라고 볼 수 있다. 한편 각형강관을 기둥부재로 이용하는 경우, 접합의 문제가 H형강을 기둥부재로 이용하는 경우에 비해서 시공상 다소 어려운 점이 있다고 할 수 있다. 이미 선진 외국에서는 이 분야의 연구가 활발히 진행되어 각국의 하중 특성에 맞는 접합방식, 구조방식등이 개발되어 구조설계지침서가 작성되었다. 이러한 구조설계지침은 각 나라 실정에 맞도록 정해져 있기 때문에 우리 실정에 그대로 맞지 않는 것이 일반적이다. 각형구조에 관해서는 일본에서 상당한 발전에 있어서 기둥부재로서 H형강보다는 각형강관을 월등히 많이 사용하고 있으나, 일본의 접합부 상세를 우리나라에 그대로 적용시킬 경우, 일본과는 지진력등 하중상태에 있어서 상당한 차이가 있기 때문에 불합리점이 생기게 마련이다. 따라서 우리 실정에 적합한 체계적이고 효과적인 구조방식이 개발되어야 한다. 이런 배경아래서 각형강관을 건축물의 기둥부재로 사용하는 경우, 그 구조형식에 대해서 알아보기로 한다.

## 2. 기존의 접합부 형식

각형강관외에 원형강관도 폐단면이라는 특성때문에 국부좌굴내력등에 있어서 우수한 성질을 가지고 있고 접합부에 관한 연구는 많이 행해지고 있지만, 그것들을 서로 직접 접합할 때 접촉면의 형상이 복잡하고 조립의 곤란등으로 인하여 실제적인 보급은 잘 되고 있지 않은 실정이다. 이것에 비해서 원형강관을 냉간가공하여 사각형으로 한 각형강관이 생산되어져서 현상이 간단함으로 인하여 조립, 시공면에서 매우 탁월하고, 폐단면으로서의 특징도 크게 손실됨이 없기 때문에 훌륭한 구조부재로 판단되어져 있다.

각형강관은 기둥부재로 사용할 경우 H형강의 보와 접합되어질 때 기존의 접합부 형식으로는 접합부의 보강으로 안쪽 다이아프램(diaphragm)을 이용하거나, 바깥쪽 다이아프램을 이용하는 방법등이 일련의 연구성과를 토대로 구

조방식이 정립되어 있다. 외국에서 개발되어져 있는 기존의 접합방식으로는 관통형 다이아프램 형식, 안쪽 다이아프램 형식, 바깥쪽 다이아프램 형식이 있다(그림 1)

### (1) 관통 다이아프램 형식

관통 다이아프램 형식은 기둥부재를 보의 상하플랜지위치에서 절단하여, 그림 1과 같이 이 부분에 기둥크기보다 40~50mm 큰 다이아프램을 넣어서, 보의 플랜지는 이 다이아프램에 용접하고 웨브는 기둥에 직접용접하는 형식이 일반적이다. 보 단부의 응력이 특히 큰 경우에는 보플랜지를 면단면으로 처리하는 방법도 있다. 보통 전자의 방법이 보를 편심시킬 수 있는 융통성도 있기 때문에 외벽의 마감상태도 용이하고 하여 많이 사용되어진다. 가공의 문제점으로서 기둥재를 몇개소나 절단하여 다시 하나의 기둥재로 만들기 때문에 기둥 중심을 맞추기 어렵고, 가공량이 증가하여 용접량이 다른 형식에 비해서 많아진다는 점이 있지만, 가장 강점으로서의 응력 전달이 가장 확실하다는 장점을 가지고 있다.

### (2) 안쪽 다이아프램 형식

이 형식은 보층의 중앙부근에서 한번 기둥을 절단하여, 기둥 내측에 보의 상하 플랜지 위치에서 다이아프램을 용접하여 다시 기둥을 일체화하여 이것에 보를 용접하는 방식이다. 이 때문에 상층과 하층의 기둥 크기가 달라질 경우에는 채용되어질 수 없는 약점이 있다. 또 이 방식을 안쪽 다이아프램의 접착 깊이가 기둥크기를 넘으면 용접이 곤란하므로 보의 층에 대해서도 필연적으로 제약을 받게된다. 가공상의 문제점으로서 보층의 중앙부근의 높이에서 기둥의 연결팁으로 인하여, 상하의 기둥의 판두께가 같으면 괜찮지만, 판두께가 달라지면 코너부의 휘어짐의 정도가 다르기 때문에 뒷판의 설치가 어렵다. 또한 기둥의 판두께가 보의 플랜지보다 얇아지는 경우에도 기둥이 판두께는

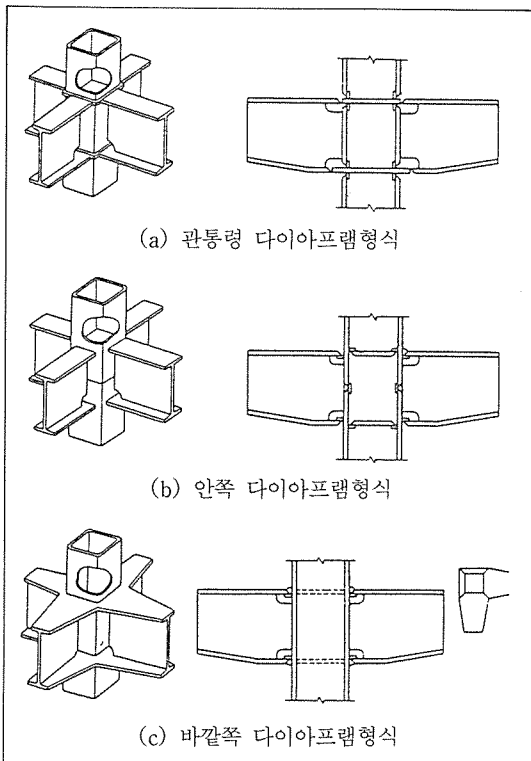


그림 1 기존의 접합부 형식

보 플랜지 두께의 1/2이상이 확보되어야만 하는 조건이 연구성과로부터 나와 있다.

### (3) 바깥쪽 다이아프램 형식

이 형식은 기둥관통형식이라고도 불리는 것으로 전혀 기둥재는 절단하지 않고, 보의 플랜지 쪽을 넓히거나, 보플랜지 위치의 기둥 외면에 다이아프램을 설치하는 것으로 기둥의 내측에는 보강재가 아무 것도 없는 방식이다. 이 방식은 특히 보가 편심되어 설치될 필요가 없는 경우에 채용되어지지만 다른 형식에 비교하여 응력의 흐름이 복잡한 것으로 알려져 있다. 가공상의 특징으로서서는 기둥의 절단, 재용접이 없는 점등에서 정밀한 가공이 용이하지만, 기둥과 보플랜지 및 다이아프램등과의 용접에 하향용접자세를 취하기 어렵다는 어려운 점이 있다.

## 3. 새로운 접합부 형식의 제안

### (1) 두께 중복형식

앞에서 살펴본 기존 접합부 형식은 다음과 같은 문제점을 해결하기 위해서 고안되어진 방식이라고 볼 수 있다. 즉 그림 2와 같이 기둥에 H형강보를 그대로 아무 보강없이 용접하게 되면 접합부가 외력을 받아서 응력전달이 이루어질 때, 기둥의 플레이트가 편위로 변형하여 버리기 때문에, 큰 보에 생기는 휨모멘트를 기둥에 전

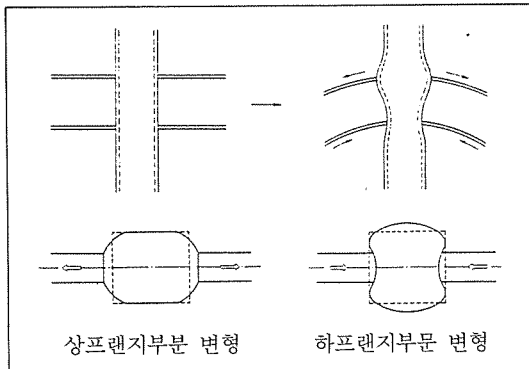


그림 2 무보강 접합부의 응력전달에 의한 변형

달할 수가 없게된다. 그리고 강절점으로서의 기능을 다하기 위한 필요 강성도 부족하게 되어 미소한 휨모멘트에 대해서도 초기강성이 부족하여 반강절점(semi-rigid joint)으로 변하여 버린다. 따라서 이러한 무보강 형식으로는 접합부가 성립되어질 수 없기 때문에 기둥의 내측 또는 외측에 반드시 다이아프램이 설치될 필요가 있다는 것이다. <그림2>

그런데 구조의 역학적 거동상 다이아프램이 반드시 필요하지만 가공 및 시공상의 어려움이 있는 것은 사실이고 이것 때문에 구조설계자의 입장에서 H형강보다는 각형강관이 유리하다는 점을 알면서도 선뜻 각형강관을 기둥재로 많이 사용 못하고 있는 것이 현재 국내의 실정이라고 볼 수 있다.

이러한 점에 착안하여 다이아프램이 없이 다른 방법을 통하여 가공 및 시공이 용이한 보강방법을 강구할 수 있을 것이다. 그런 점에서 다음과 같은, 이른바 두께 중복형식이 대안으로 제시될 수 있다고 본다. 이 형식은 그림 3과 같이 접합부의 각형강관의 판두께가 다른 부분과 비교하여 두꺼운 판재를 사용하는 형식이다. 이와 같이 하여 접합부의 응력 전달이 원활히되고 접합부의 국부변형을 억제시켜서 강성을 확보하는 것으로 가공에 있어서는 기존의 접합형식에 비교하면 탁월한 방법이라고 볼 수 있다.

이 형식은 아직 연구결과가 마무리 되지 않은 상태로서 필자와 공동관심을 가지는 연구그룹이 현재 연구진행 중인 것이다. 이 형식의 성립여부는 두꺼운 쪽의 판두께를 어느 정도 확보해야만 응력전달 및 강성확보에 적절한지, 그리고 그렇게 정량적으로 정해진 구조접합부 형식이 시공에 있어서도 무리없이 진행될 수 있는지에 달려있다고 보아야 한다. 그리고 이 형식에 있어서 가장 해결하기 어려운 점은 판 두께가 두꺼워져도 국부변형을 피할 수 없다는 점에 있다는 것이다. 이 문제점이 판두께를 달리함으로써만 해결할 수 없다면 각형강관과 H형강 보사

이에 수평리브(rib)를 보강하거나 각형강관 안쪽벽에 수직 리브(rib)를 달아 붙이는 방법등도 고려될 수 있는 것이다. <그림3>

## (2) 두께 중복형식에 의한 콘크리트의 충전

각형강관을 기둥부재로 이용한 건축물이 고층화되면 각 기둥부재가 부담하는 축력이 단면산정에 있어서 큰 영향을 미친다. 이러한 점에서 각형강관 내부에 콘크리트를 충전시키는 콘크리트 충전 각형강관주가 성립되어진다. 충전각형강관주는 강관의 구속에 의한 충전콘크리트의 내력상승과 충전콘크리트에 의한 강관의 국부좌굴보강의 상승효과에 의해서 부재내력이 상승하고, 탁월한 변형 능력을 발휘한다. 이 때문에 종래의 초고층건축에 비교하여 스패이 넓어져서 자유로운 계획이 가능해진다. 또 기둥강성이 높아져서 바람, 지진등에 의한 흔들림에 따른 거주성의 개선도 기대할 수 있다. 강관주의 콘크리트를 충전하면 약 20~30% 정도 강성의 향상을 기대할 수 있다고 한다.

그런데 기존의 접합부 형식에 콘크리트를 충전하게 되면 접합부 부분에는 다이아프램이 보플랜지 부분의 위치에 놓여져 있으므로 접합부 부분의 콘크리트충전이 어려운 점이라고 볼 수 있다. 즉 콘크리트가 밀실하게 채워지지 않게 되면 축력의 원활한 전달이 어렵게 되는 것이다. 따라서 콘크리트를 충전할 경우 다이아프램이란 시공상 매우 지장을 초래하게 된다. 이것에 반

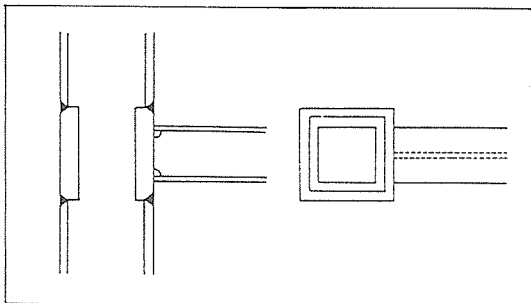


그림 3 두께중복형식

하여 두께 중복형식을 할 경우에는 다이아프램이 각형강관 내부에 없으므로 기둥보 접합부에도 콘크리트의 원활한 충전이 가능해지는 장점이 있다고 하겠다. 따라서 고층화에 따른 각형강관의 크기의 증대, 판두께의 증대를 충전콘크리트를 통해서 감소, 감량화시킬 수 있고 시공도 용이한 것이다.

## 4. 마무리

우리나라 실정에 알맞게 개선하고 이들은 효율적으로 해석, 설계할 수 있는 구조형식의 개발은 우리나라 건설기술의 자립과 외국기술과의 경쟁력 향상을 위해서 절실하다고 하겠다. 외국에서, 개발되어진 초고층 건축물의 건설기술을 우리나라 입장에서 완전히 파악하리란 쉽지 않을 일이고 또 그것을 실제에 적용시키면 비합리적이고, 비효율적으로 끝나기 쉽다. 앞에서 소개한 각형강관을 기둥재로 이용한 구조형식도 이에 예외는 될 수 없는 것으로 아직 확립된 연구성과를 근거로 한 것은 아니지만 현실적이고, 경제적이고, 우리에게 적합한 두께중복형식의 가능성에 대해서 소개하였다. 각형강관이 이용되어질 때 고층화에 따른 판두께의 두꺼워짐으로 인하여 가공경화등의 영향, 용접의 문제등 여전히 해결해야할 어려운 점들이 남아있지만 우리식의 구조형식을 이용한 각형강관구조에 의한 고층 건축물들이 가시화 되기를 기대해 본다.

### <인용·참고문헌>

- 1) 문태섭, 이명재, 오영석; 각형강관을 이용한 고층구조방식의 개발, 한국과학재단 목적기초연구계획서, 1991
- 2) 日本鋼材俱樂部, 鉄骨構造標準接合部 SCSS(II), 技報堂. 1988