

철근콘크리트 기둥과 철골보의 접합부 개발 및 지압성능에 관한 시험적 연구

A Study on the Development and Test on Bearing Resistance of R/C Column-Steel Girder Connection

최광호*
Choi, Kwang Ho

이세웅**
Lee, Sae Woong

김재순***
Kim, Jae Soon

김상식****
Kim, Sang Sic

Abstract

This research is aimed at the development of the composite beam-column connection system by which the steel beam can be connected to the R/C column with smooth stress transfer. As the first step of the structural performance tests of the system, bearing resistance test has been carried out for actual size specimen. From the test, the connection system has been proved to take good bonding and stress transfer to the surrounding concrete with negligible relative displacements.

1. 서 론

대부분의 건물들은 철근콘크리트조나 철골조의 구조시스템으로 되어 있으며, 이 두 시스템은 하중 지지능력이나 유지관리면에서 서로 다른 장단점을 가지고 있다. 철근콘크리트와 철골로 구성된 복합 시스템은 철근콘크리트와 철골간에 재료적인 단점을 보완함으로써 구조 효율성과 시공 생산성을 높이는 이점은 가지고 있으나, 실제에 있어서는 시공과정에서의 시스템간 상이성(相異性)으로 인하여 많은 문제점도 아울러 가지고 있다.

이러한 실정들을 감안하여, 이 연구는 현장 타설 철근콘크리트 기둥에 철골 보를 간편하게 접합시킬 수 있는 복합구조 시스템을 개발하고, 그 시스템에 대한 지압시험을 수행하여 접합부가 설계하중에 대

* 정회원, 남서울산업대 건축공학과 전임강사

** 정회원, 쌍용건설 기술연구소 부장

*** 정회원, 극동건설 기술연구소장

**** 정회원, 인하대 건축공학과 교수

하여 충분한 지압성능을 가지고 있으며, 부착과 응력전달이 원활이 이루어지는지 여부를 검토한다.

2. 복합구조 접합부 형식 개발

2.1 개발 목표 및 범위

철근콘크리트 기둥과 철골 보를 병용할 수 있는 복합구조 접합부 형식 개발에서는 해외에서 개발된 복합구조 공법과 우리나라 건축공사에서 사용되고 있는 골조시공과 재료, 시공솜씨, 시공장비등을 감안하면서 시공성이 높고 보-기둥 응력전달을 원활히 할 수 있는 시스템을 고안하여 실용화 하는 것을 개발목표로 한다. 형식개발에서는 다음의 일들이 주요 고려 대상이 된다.

- 1) 제작성 - (1) 구조용 강재의 수급성, (2) 용접량 및 용접위치, (3) 절단 및 조립의 편의성
- 2) 구조성능 - (1) 접합부 구조 일체성 및 부착성능, (2) 접합부의 지압성능, (3) 보-기둥간 전단력 및 모멘트의 전달
- 3) 시공성 - (1) 접합부의 운반 및 양중성, (2) 현장 기둥과의 조립성, (3) 철골보접합의 편의성

2.2 복합구조 접합부 형식 제안

이 연구에서 제안된 보-기둥 접합부는 H300×300×10×15 형강으로부터 얻어지는 T150×300×10×15 형강 4개를 기본으로 하여, 보의 플랜지가 닿게 되는 위치에서 연결용 강재로 용접하여 제작되며, 연결용 강재에 따라 RSL형식과 RSR 형식으로 구분된다.

RSL형식은 그림 1과 같이 보와 연결되는 4개의 T형강을 보의 상부 플랜지 위치에서 L형강으로 연결하여 보의 전단력에 대한 콘크리트의 지압 저항을 높이고, 접합부 하부에는 긴결판으로 연결하여 보에서 전달되는 모멘트에 대한 저항 성능을 높이도록 설계된

구조형식이며, RSR형식은 그림 2에 보이는 바와 같이 스티프너로 보강된 4개의 T형강을 원형강봉으로 긴결하여 직교하는 방향으로 십자를 이루는 형식이다. 이 형식에서 스티프너는 철골 보의 상부 및 하부 플랜지 위치에 설치되어 있어, 모멘트 접합시 접합부에 전달되는 응력을 분산시키면서 지압저항을 형성하는 두가지 구조기능을 겸하고 있다. 강봉은 양면의 T형강을 연결하여 보의 플랜지로부터 전달되는 휨인장력에 평형을 이루게 하면서, 중간에는 교차되는 강봉과 용접 접합되어 있어 장방형의 위치를 유지하는 역할을 한다. 이 형식은 구성이 비교적 단순하고 하향용접이 많아 제작성능이 높은 것이 장점이다.

3. 접합부 지압 시험

3.1 시험체 제작

3.1.1 개요

복합구조 형식에서 강재와 콘크리트등의 이질재가 서로 만나는 접합부에서는 힘의 전달 및 일체성이 확보되어야 한다. 이 연구에서 개발된 접합부 형식의 힘의 전달에서 보의 전단력은 콘크리트와 철골사이의 지압력에 의해 지지되고, 힘은 접합부 구성부재의 휨내력으로 지지되도록 한다. 따라서 접합부가 지압에 의한 파괴로 제 위치를 이탈하면 접합부의 기능을 상실하게 되므로, 설계 전단력을 작용시킨 지압시험을 수행하여 지압저항과 지압변형을 검토하였다.

시험체는 제안된 RSL, RSR 형식중 지압판이 비교적 덜 보강되어 있어 지압저항이 낮을 것으로 예상되는 RSR 형식의 시험체로 하였다.

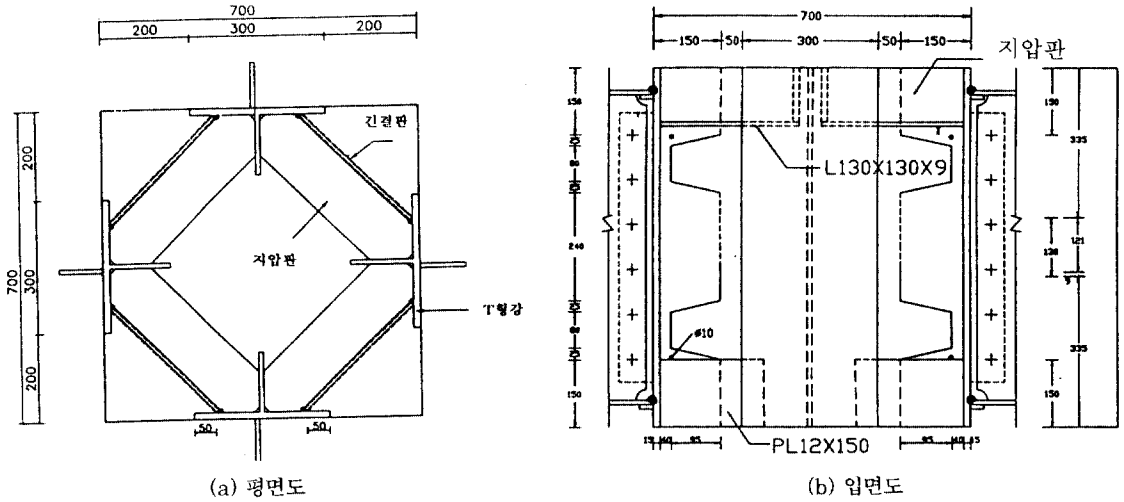


그림 1 RSL 접합부 형식

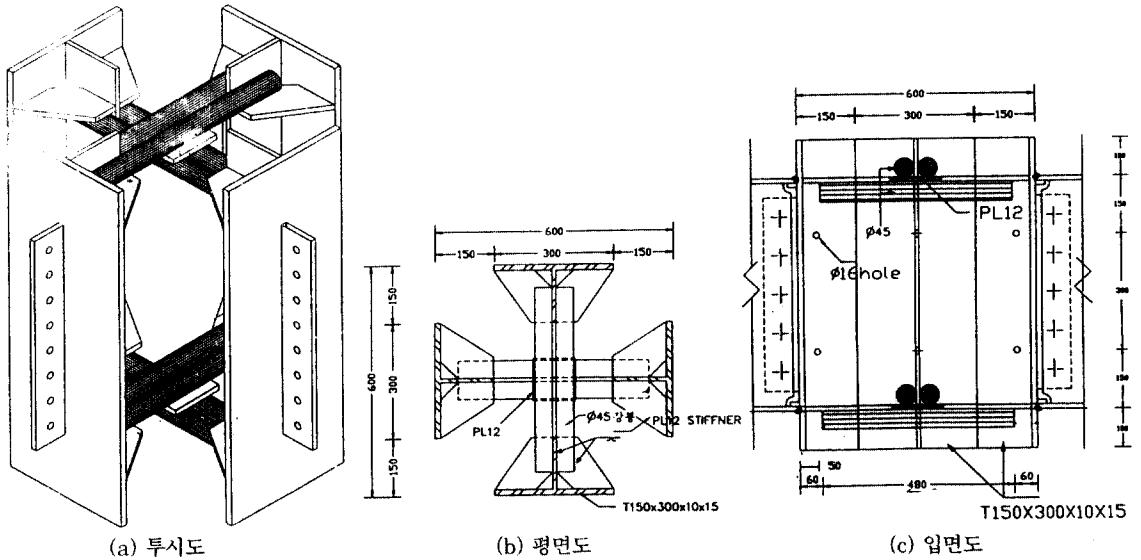


그림 2 RSR 접합부 형식

3.1.2 시험체 설계

시험체 설계시 하중조건 및 재료강도는 다음과 같다.

- 1) 보의 전단력 : $V=30 \times 4^{\#} = 120t$
- 2) 콘크리트 강도 : $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
- 3) 강재 재질: SS41 ($f_y=2400 \text{ kg/cm}^2$)

4) 콘크리트의 허용 지압강도 : $f_{cb} = 0.4f'_c \cong 84 \text{ kg/cm}^2$

5) 필요한 지압면적 : $A_{b,req} = V / f_{cb} = 1430 \text{ cm}^2$

4개의 T형강을 연결시키고 있는 강봉은 보의 플랜지에서 전달되는 인장력을 지지할 수 있어야 하므로, 강봉의 단면적은

$$\text{강봉 단면적} = \frac{\text{보 플랜지 다면적} \times \text{보의 항복강도}}{\text{강봉의 항복강도}}$$

로 계산된다. 시험체 제작에서는 실제 건물 설계에 많이 사용되는 H500×200 또는 H600×200 형강 보의 플랜지 단면적을 대략 30cm² 로 하여 식 1로부터 D가 4.37 cm 로 계산되어, 상하단에 각각 2개의 45 강봉을 사용하였다. 또한, 강봉을 지지하는 스티프너의 개당 면적을 120 cm²로 하여 식 2에 의해 계산된 지압 저항력 R을 설계전단력 120t 보다 크게 하였다. 시험체의 지압성능은 검토된 스티프너 이외에도 강봉과 T형강 웨브의 지압저항을 추가할 수 있으나 고려하지 않았다.

$$\pi D^2 \times 2\text{개} = 30\text{cm}^2 \tag{1}$$

$$R = (0.4 \times 0.21) \times 120 \times 16\text{개소} = 161\text{t} \tag{2}$$

3.2 시험 방법

이 연구의 시험은 인하대학교 구조시험실에서 수행하였으며, 사용기기는 표 1에 나타난 바와 같다. 가력 및 측정은 RSR 형식의 시험체를 시험대에 설치하고, 기둥 콘크리트면에서 5cm 돌출한 접합부 T형강에 가력보를 대고 최대 120톤까지 하중의 증가 및 제하를 3회 반복 하면서 스트레인게이지와 LVDT로 콘크리트와 접합부 T형강의 변형을 조사하였다. 스트레인게이지는 그림 3 과 같이 4면의 T형강과 콘크리트 상단 및 하단 16개소에 설치하였다.

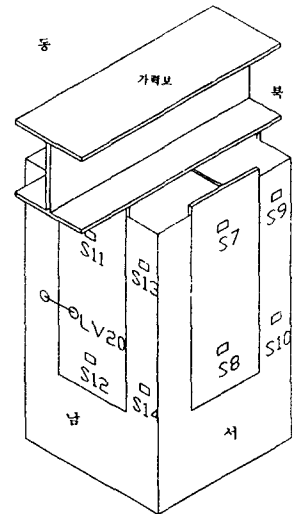


그림 3 지압시험체의 LVDT 및 스트레인게이지 위치

3.3 시험 결과의 고찰

3.3.1 콘크리트 압축강도 시험결과

시험체의 기둥부분 콘크리트는 골재 최대치수 25mm, 슬럼프 12cm, 호칭강도 210kg/cm²의 레미콘을 사용하였다. 콘크리트의 압축강도 시험용 공시체는

표 1 시험에 사용된 기기

구 분	내 역
가력장치	200t 용량 만능구조시험기
측정장치	· 변위계(전기식다이얼 게이지: LVDT)
	· 변형률게이지 (FLA - 5- 11)
데이터 취득	· 자료취득장치 (TDS 601) · 스위치 박스

KS F 2403에 따라 직경 10 cm, 높이 20 cm의 실린더형으로 9개를 제작하여 시험체와 동일한 조건으로 양생하였다. KS F 2403에 따라 시험한 결과, 강도는 평균 240 kg/cm²로 나타났다.

3.3.2 지압시험결과

시험체의 지압성능을 T형강의 지압스티프너 레벨에 부착한 스트레인게이지(S11~S14)와 중앙부에 위치한 LVDT(LV20)의 측정결과로부터 분석하였다. 그림 4의 LVDT 측정결과는 3회의 가력 및 제하동안 초기 변형 0.05 mm가 발생하고, 그 이후 완전 탄성이력을 보여준다.

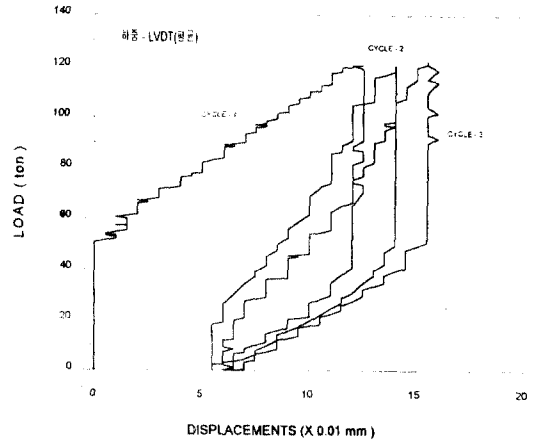
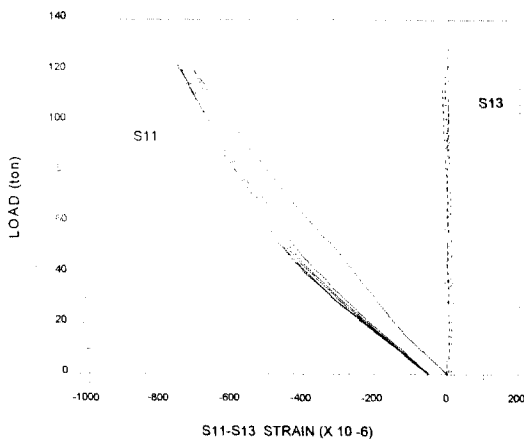
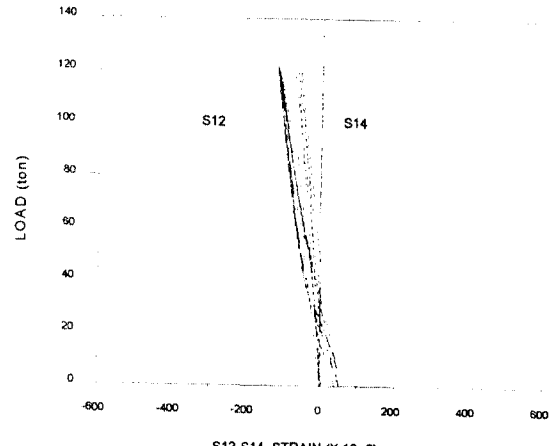


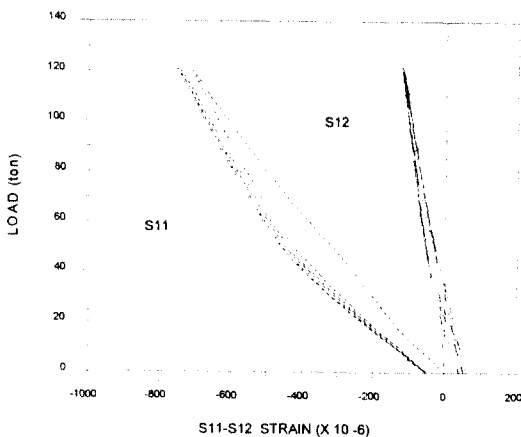
그림 4 응력수준별 하중-최대처짐(강판보강)



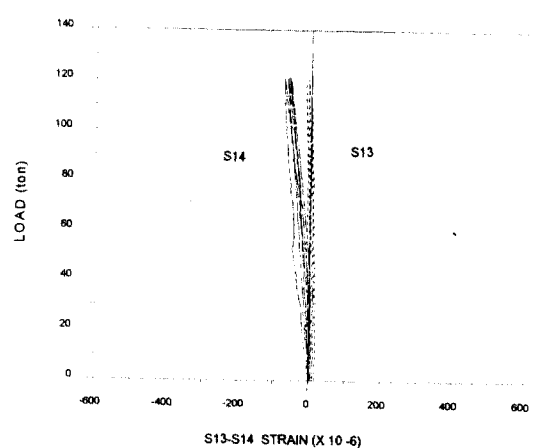
(a) S11-s13 스트레인



(b) S12-s14 스트레인



(c) S11-s12 스트레인



(d) S13-s14 스트레인

그림 5 지압시험체의 하중-변형률 비교곡선

그림 5의 S11과 S13, S12와 S14의 비교곡선에서 T형강과 콘크리트의 변형을 차가 시험체 상부에서는 크나, 하부에서 작아지고 있고, S11과 S12, S13과 S14의 비 그림 4 지압시험체의 하중-변위 곡선 교곡선에서는 시험체 하부로 갈수록 T형강의 변형율은 작아지고, 콘크리트의 변형율은 커지고 있는데, 이로부터 상부스티프너 위치에서 T형강이 단독으로 받던 응력이 기둥 내부로 분산되어 하부에서는 T형강과 콘크리트가 비슷한 응력을 받게 됨을 알 수 있다. 따라서 시험체는 탄성범위내에서 거동하며, 지압저항이 효과적으로 이루어지는 것이 확인되었다.

4. 결 론

철근콘크리트 기둥과 철골보를 사용한 복합구조의 접합부 개발 및 지압성능에 관한 구조시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 이 연구에서 개발된 RSL, RSR 복합구조 시스템은 열간 압연된 구조용 H형강의 웨브를 2등분하여 T형강을 제작하고 이를 RSL 시스템에서는 긴결판과 지압판으로 연결하여 구성하고, RSR 형식에서는 스티프너와 강봉으로 연결하도록 되어 있어 제작성과 경제성이 높은 것으로 평가된다.
- 2) 복합구조 기둥의 실물대 지압시험에서 120t의 설계하중에 대하여 변형은 탄성범위 내에 있고 T형강 상부에 작용하는 집중하중을 하부에서는 강재와 콘크리트가 분담하는 것으로 관찰되어 지압에 대한 구조상 문제점은 없는 것으로 조사되었다.
- 3) 이 연구에서 제안한 철근콘크리트 기둥-철골 보 접합부 형식은 원활한 응력전달 및 시공 가능성이 높은 것으로 판단되며, 현재 구조성능 시험과 구조해석 및 시공 방법에 대한 추가연구가 진행 중이다. 개발된 복합구조형식이 건물에 적용되면 긴스팬에 강성과 내구성 높은 기둥의 사용이 가능하므로 골조 기획의 융통성을 크게 할 수 있다. 또한, 내진 골조에 필수적인 보-기둥 접합부의 강성조절 기능도 이 시스템이 가지는 장점의 하나이다.

참 고 문 헌

1. 일본 콘크리트工學協會, "混合構造研究委員會報告書", 1991.
2. 日本建築學會, "柱RC梁Sとする混合構造の柱梁接合部の力學的舉動に關するシンポジウム", 1994.
3. Deierlein, G.G., Yura, J.A., and Jirsa, J.O., "Beam-Column Moment Connections for Composite Frames : part 1", J. Struct. Engrg., ASCE, 115(11), 1989 pp. 2858-2896.