

# 반복하중을 받는 철근콘크리트 기둥과 철골보

## 합성구조의 접합부 성능에 관한 연구

### Behavior of Composite RCS Beam-Column Joint

#### Subjected to Cyclic Loading

조 필 규\*      김 상 준\*\*      허 준\*\*      최 완 철\*\*\*  
Cho, Pil-Kyu      Kim, Sang-Jun      Hur, Jun      Choi, Oan-Chul

#### Abstract

Recent trends in the construction of building frame feature the increase use of composite steel concrete members functioning together in what terms of mixed structural systems. One of such systems, RCS(reinforced concrete column and steel beam) system, is known to make use of type of member in the most efficient manner to maximize the structural and economic benefits. Based on the results, joint behavior and design were described in terms of two primary modes of failure ; joint panel shear and vertical bearing. In test specimen, joint deformation is observed at internal region greater than at external region.

#### 1. 서론

건축물에서 구조시스템의 선택은 안전성, 사용성 뿐만 아니라 건설공기, 노임등 경제성에 이르기까지 그 영향이 매우 크다. 현대 건축물의 구조시스템은 크게 철근콘크리트 구조, 철골구조, 합성구조로 구분할 수 있다. 이 중에서도 합성구조는 강재와 콘크리트 재료가 가지는 구조성능과 경제성 등의 장점을 최대한 살려 저층 구조에서부터 고층 구조에 이르기까지 널리 확산되고 있다.

철근콘크리트 기둥과 철골보(RCS: Reinforced Concrete Steel)로 구성된 합성구조 시스템은 최근 10년간 미국과 일본을 중심으로 활발한 연구가 진행되어 왔으며, 그 활동이 증가되고 있는 추세이다. 콘크리트 기둥의 높은 강성 및 경제성과 철골구조의 장스팬 및 건식공법으로 인한 공간활용과 공기단축 그리고 자중절감등의 장점이 제시되고 있다.

본 연구에서는 철근콘크리트 기둥과 철골보(RCS) 강접합부 시험체 제작 및 반복하중을 가력하여 접합부의 파괴유형 및 접합부 내력을 평가, 분석하고 접합부 상세 개발과 설계식을 위한 자료를 제시하여 철근콘크리트 기둥과 철골보 합성구조 신 기술 활용을 유도하고자 한다.

\* 숭실대학교 대학원 석사

\*\* 숭실대학교 대학원 석사과정

\*\*\* 정희원, 숭실대학교 건축공학과 부교수

## 2. 접합부 실험

### 2.1 실험계획 및 재료

합성구조에서 두 부재간의 상호 작용으로 일어나는 접합부의 파괴양상은 크게 팬넬 전단파괴(panel shear failure)와 지압파괴(bearing failure)로 인지되며, 이들 파괴형태중의 하나가 접합부의 강도를 결정한다. 따라서 본 연구에서는 합성 골조에서 각각의 파괴 유형에 따른 접합부의 거동을 파악하고 상세에 따른 내력증가 및 변형특성을 평가하기 위하여 접합부 시험체를 크게 4개의 시험체로 계획하였고, 실험여건을 고려하여 1/2축척으로 제작하였다.

#### 1) 팬넬 전단파괴 시험체

Case 1 - 철골보 + 지압판(FBP)

Case 2 - 철골보 + 지압판(FBP) + 연장 지압판(E-FBP) + 수직철물(VJR)

#### 2) 지압파괴 시험체

Case 3 - 철골보 + 지압판(FBP)

Case 4 - 철골보 + 지압판(FBP) + 연장 지압판(E-FBP)

Case 1의 시험체는 기존의 열간압연(hot-rolled)철골보, Case 2,3,4는 조립식(built-up) 철골보로 설계하였으며, SS400재질의 강재를 사용하였다. 합성골조 시험체의 변수 및 시험체 명은 표 1과 같다.

표 1 시험체 변수 및 시험체 명

시험체명	제작법	보 단면(mm)	기둥 단면(mm)	예상 보-기둥 파괴유형	예상 접합부 파괴유형	접합부 상세
HJ-SF	Hot-roll	H-250*125*6*9	350*350	Joint	Shear	FBP*
BJ-BF	Built-up	H-250*125*15*24	350*350	Joint	Bearing	FBP
BJ-BFE	Built-up	H-250*125*15*24	350*350	Joint	Bearing	FBP E-FBP**
BJ-SFEV	Built-up	H-250*125*15*24	350*350	Joint	Shear	FBP E-FBP VJR***

\* FBP : Face Bearing Plate

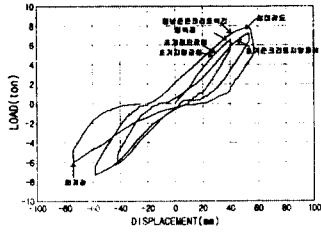
\*\* E-FBP : Extended-Face Bearing Plate

\*\*\* VJR : Vertical Joint Reinforcement

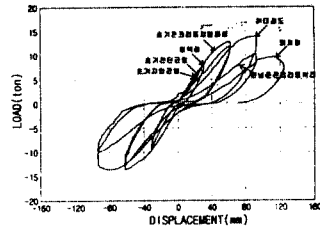
### 2.2 시험체 제작

본 실험에서의 내부 접합부 시험체의 치수는 기둥의 지점간 거리가 2200mm, 보단부 가력점까지의 거리는 3000mm가 되도록 계획하였다. 철근콘크리트 기둥은 하중재하시 기둥에 작용되는 모멘트 및 전단력에 저항할 수 있도록 설계하였고 기둥시험체의 단면 치수는 350\*350mm 주철근은 12-D25를 사용하였다. 기둥에 사용된 전단보강근은 접합부 보 축내의 부분에서는 콘크리트 및 전단보강근에 의해 콘크리트 기둥의 전단력을 높여주기 위하여 철골 웹에 구멍을 뚫어 D13 3개열이 배근 될 수 있도록 계획하였다. 또한 접합부에서 철골보 위아래의 1/4지점에 이르는 부분은 하중재하시 콘크리트에 심한 응력발생이 야기되므로 이를 구속하기 위하여 전단보강근 D13 3개열을 배근하였고, 그외의 부분은 D10 철근을 사용하여 100mm 간격으로 배근하였다.

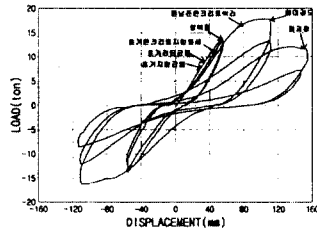
또한 각각의 파괴유형을 고려하여 지압파괴 시험체의 경우에는 조립식(built-up)철골보를 이용하여 8mm두께의 지압판(FBP)만을 부착하거나 또는 지압판과 연장지압판(E-FBP)을 부착하여 팬넬 전단강



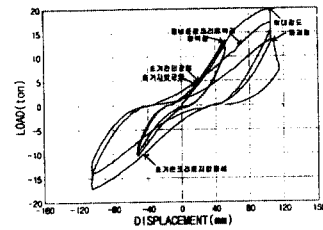
(a) HJ-SF 시험체 하중-변위곡선



(b) BJ-BF 시험체 하중-변위곡선



(c) BJ-BFE 시험체 하중-변위곡선



(d) BJ-SFEV 시험체 하중-변위곡선

그림 3 시험체 하중-변위곡선

### 3.2 접합부 변형

합성골조 접합부는 3차원적 변형 특성에 의하여 내부요소( $\theta_j$ )와 외부요소( $\theta_{jo}$ )로 구분한다. 이때 내부요소는 패널 전단파괴에 의한 변형( $\theta_s$ )과 지압파괴에 의한 변형( $\theta_b$ )의 합으로 나타낼 수 있고, 외부요소는 보폭 바깥에서부터 전단보강근까지의 변형으로 나타낼 수 있다. 또한 이들 요소는 다양한 접합부 상세에 따라 내·외부 요소 사이에 각기 다른 응력전달을 나타낸다.

본 실험 4가지 경우의 모든 시험체에서 내·외부요소 사이의 비교로부터 내부요소가 외부력에 훨씬 많은 저항을 했음을 알 수 있었다. 그림 4, 5, 6은 BJ-BF시험체의 경우의 패널 전단 변형( $\theta_s$ )과 지압변형( $\theta_b$ ) 및 내부요소의 전단 변형량( $\theta_j$ )과 외부전단 변형량( $\theta_{jo}$ )을 나타낸 것이다. 또한 접합부 콘크리트 내·외부에 45° 방향으로 붙혀진 변형게이지를 통해서 측정된 콘크리트 내·외부 요소의 변형량에서도 그림 7에서와 초기의 외부력에 대해서는 내·외부 요소 모두 비슷한 저항력을 발휘하나 접합부에서의 손상정도가 증가함에 따라 내부영역이 훨씬 많은 저항력을 발휘함을 알 수 있었다.

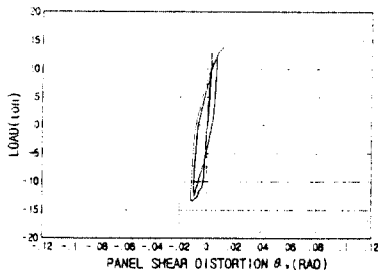


그림 4 하중 - 패널 전단 변형량

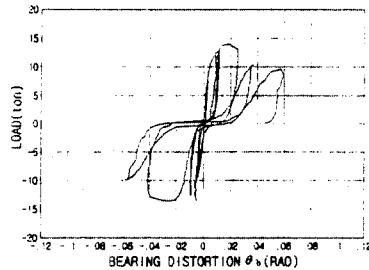


그림 5 하중 - 지압 변형량

도를 높일 수 있는 접합부 상세로 계획하였고, 패널 전단파괴 시험체의 경우에는 지압판과 연장지압판 외에 수직철근(VJR)과 같은 철물을 사용하여 콘크리트내의 지압효과를 높일 수 있도록 계획하였다.

접합부 시험체 및 실험체의 실험장치는 그림 1, 2와 같다.

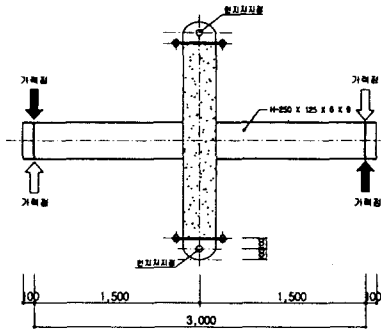


그림 1 접합부 시험체

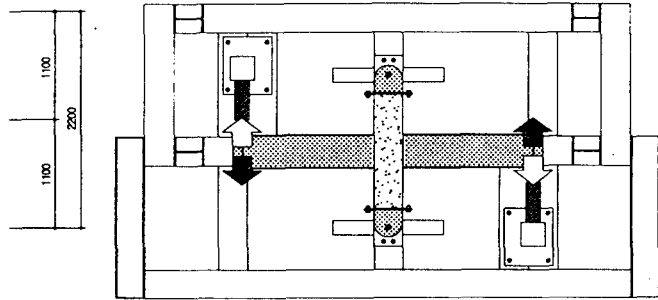


그림 2 접합부 시험체 실험장치

### 2.3 실험 결과

철근콘크리트 기둥과 철골보(RCS) 합성구조 접합부 시험체의 실험결과는 표 2와 같다.

표 2 접합부 강도

시험체명	예상 접합부 파괴 양상	접합부 상세	콘크리트 강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	예상 접합부 항복 강도		접합부 파괴 양상	접합부 항복 강도 (ton)	접합부 극한 강도 (ton)
				지압 강도 (ton)	패널 전단 강도 (ton)			
HJ-SF (H-250*125*6*9)	패널전단 파괴	지압판	307	7.45	5.76	패널전단 파괴	6.5	7.8
BJ-BF (H-250*125*15*24)	지압파괴	지압판 + 연장지압판	310	7.52	9.5	지압파괴	8.2	13.9
BJ-BFE (H-250*125*15*24)	지압파괴	지압판 + 연장지압판	283	11.97	13.14	패널+지압 파괴	13.8	17.8
BJ-SFEV (H-250*125*15*24)	패널전단 파괴	지압판 + 연장지압판 + 수직철물	298	17.08	13.37	패널전단 파괴	13.4	19.9

## 3. 접합부 실험 결과 분석

### 3.1 균열 발생 및 파괴 진전형태

합성골조에서 균열발생 및 파괴 형태는 파괴 양상인 패널 전단파괴와 지압파괴에 따라 균열의 발생 및 파괴 형태가 다소 다르게 나타났다. 특히 하중-변위 곡선에서의 큰 강도의 감소는 시험체가 부재의 최대 강도에 도달한 후 다음의 모든 하중 재하시에서 관찰되었다. 또한 예상 파괴 양상과 비교할 때 뚜렷한 파괴 양상보다는 대체로 두 가지 파괴 양상이 혼용되는 결과를 관찰할 수 있었다.

각각의 시험체에 대한 하중-변위 곡선에서의 초기균열, 항복점, 최대강도는 그림 3과 같다.

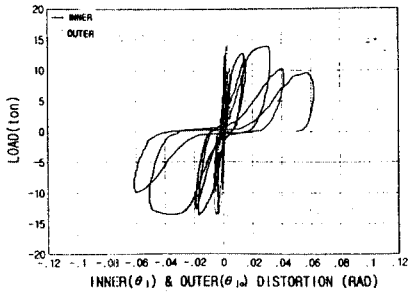


그림 6 접합부 내·외부 변형량

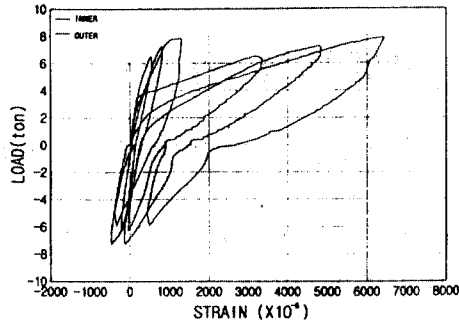


그림 7 시험체 하중 - 콘크리트 변형

#### 4. 결론

합성골조 접합부에서의 파괴양상은 접합부 상세에 따라 크게 패널 전단파괴와 지압파괴로 관찰되었으며, 초기 지압균열 및 패널 전단균열은 4개의 시험체 모두 1 cycle 내에서 관찰되었다. 또한 항복점까지의 초기 강성은 접합부 상세에 관계없이 4개의 시험체에서 비슷한 양상을 나타내고 있었다. ASCE 지침에 의한 이론적 접합부 강도가 실험에 의한 값보다 다소 높게 나타났고, 접합부와 콘크리트 기둥 내에서 측정된 내·외부 변형량에서 외부요소에 비하여 내부요소가 더 많은 저항을 했음을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

1. 김종락 외(1997), "각형강관기둥-H형강 볼트접합부 실험보고서," 숭실대학교 생산기술연구소.
2. 조필규, 김상준, 허준, 최완철(1998), "철근콘크리트 기둥/철골보 합성구조의 접합부 성능," 대한건축학회, 학술발표 논문집, 18권, 1호, pp. 753-760.
3. 최광호, 이세웅, 김상식(1998), "철근콘크리트와 철근보의 접합부 휨저하성능 연구," 대한건축학회, 학술발표 논문집, 18권, 1호, pp. 667-672.
4. 최완철(1997), "콘크리트 기둥/철골보 합성구조의 최근 연구," 대한 건축학회 학술발표 논문집, 17권, 2호, pp. 1207-1212.
5. ACI Committee 318(1995), "Building Code Requirement for Reinforced Concrete(ACI 318-95) and Commentary(ACI 318R-95)," ACI, Detroit.
6. AISC(1986), "Specifications for Load and Resistance Factor Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings," AISC, Chicago.
7. ACI-ASCE Committee 352(1985), "Recommendations for Design of Beam Column Joints in Monolithic Reinforced Concrete Structures," Report ACI 352R-85.
8. Darwin, D. et. al.,(1994), "Guidelines for Design of Joints Between Steel Beams and Reinforced Concrete Column," Journal of Struct Div., ASCE, 120(8), pp. 2330-2357.
9. Deierlein, G.G. (1988). "Design of Moment Connections for Composite Framed Structures," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, The Univ. of Texas at Austin.
10. Kanno, R. (1993), "Strength, Deformation, and Seismic Resistance of Joints Between Steel Beams and Reinforced Concrete Columns," Ph.D. thesis, Cornell Univ.
11. Seikh, T.M. (1987). "Moment Connections Between Steel Beams and Concrete Columns," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, The Univ. of Texas at Austin.1995.