

# 철골철근콘크리트 기둥-철골 보 접합부의 유효폭에 관한 실험적 연구

## Experimental Study on the Effective Joint Width of the SRC Column-Steel Beam Joint

연 선 아<sup>\*</sup>      김 승 훈<sup>\*\*</sup>      서 수 연<sup>\*\*\*</sup>      이 리 형<sup>\*\*\*\*</sup>      홍 원 기<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Yeon, Sun-Ah    Kim, Seung-Hun    Seo, Soo-Yeon    Lee, Li-Hyung    Hong, Won-Kee

+

### Abstract

To investigate factors influencing the effective width of SRC column-steel beam joint resisting the moment as strut, six specimens are designed and tested. Parameters in the test are column width, beam height and horizontal tie within beam depth.

From the test, using either wide column width or ties, strength and stiffness of joint were developed. The lower beam height the specimens showed the lower moment.

### 1. 서 론

SRC 기둥-철골 보 접합부의 패널부는 기둥과 보를 접합하여 생기는 응력을 서로 전달하는 중요한 역할을 한다. 하지만 이러한 접합부는 이질 부재가 만나기 때문에 접합부 주변에 발생하는 외력과 접합부 부재간의 내력전달 메카니즘을 파악하기 어렵다. 특히 지진과 같은 수평하중 작용시 접합부에는 비대칭 모멘트에 의한 큰 전단력이 발생하는데 이에 대한 접합부의 전단저항 메카니즘이 명확치 않아 많은 연구자들이 이에 관한 연구를 진행하고 있다.

이중 접합부 유효폭은 주로 보 플랜지 폭과 기둥 폭 및 접합부 내에 배근된 띠철근에 의해 산정되고 있다. 하지만 접합부 상세에 따라 이러한 변수들만으로는 접합부의 유효폭을 결정하기 어려울 수 있다. 특히, 그림 1과 같이 기둥 폭( $b$ ), 보 플랜지 폭( $b_f$ ) 및 보 춤( $d$ ) 등의 비가 달라짐으로써 보 플랜지에서 전달되는 응력에 의한 콘크리트의 압축영역이 달라지게 된다. 따라서 접합부의 내력산정을 위한 유효폭은 이들 요인을 고려하여 평가되어야 할 것이다.

본 연구에서는 접합부 유효폭 평가를 연구의 목적으로 하여 기둥 폭과 보 플랜지 폭의 비, 보 플랜

\* 정회원, 한양대학교 대학원 석사과정

\*\* 정회원, 한양대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 정회원, 한양대학교 초대형구조시스템연구센터 연구교수

\*\*\*\* 정회원, 한양대학교 건축공학부 교수

\*\*\*\*\* 정회원, 삼성중공업(주) 건설부문 부장

지 폭과 보 춤의 비 등을 주요 변수로 한 실험을 실시하여 이에 따른 접합부의 거동을 파악하고 변수가 유효폭에 미치는 영향을 비교하였다.

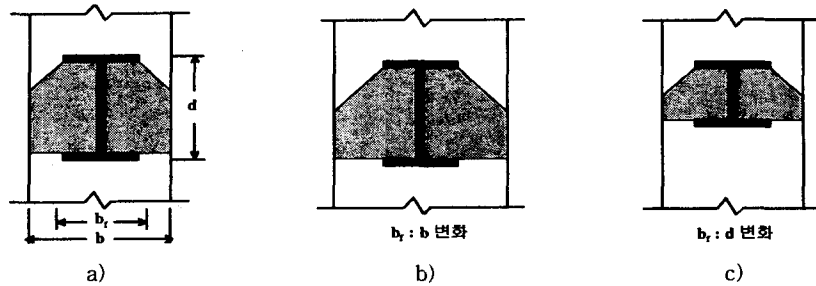


그림 1. 접합부의 콘크리트 압축 스트러트

## 2. 실험

### 2.1 실험체 계획 및 변수

기둥 폭과 보 플랜지 폭의 비, 보 플랜지 폭과 보 춤의 길이비 등에 따른 접합부 유효폭을 평가하기 위하여 표 1과 같이 총 6개의 실험체를 계획하였다. H-200×200×8×12의 철골이 삽입된 폭 350mm, 춤 475mm의 철골철근 콘크리트 기둥과 H-300×150×16×25의 철골보 접합부인 SRC-C35-B30 실험체를 기준실험체로 제작하였다.

표 1. 실험체 일람

실험체명	철골 보의 종류	콘크리트 기둥단면 (B x D)	보폭/기둥폭	보 춤/보 폭	비 고
SRC-C35-B30	H-300×150×16×25	350×475	0.43	2.00	기준실험체
SRC-C40-B30	H-300×150×16×25	400×475	0.38	2.00	기둥폭 변화
SRC-C45-B30	H-300×150×16×25	450×475	0.33	2.00	기둥폭 변화
SRC-C35-B20	H-200×150×12×19	350×475	0.43	1.33	보 춤 변화
SRC-C35-B15	H-150×150×12×19	350×475	0.43	1.00	보 춤 변화
SRC-C35-B30-H	H-300×150×16×25	350×475	0.43	2.00	접합부내전단보강근

기둥폭과 보 플랜지 폭의 비가 유효폭에 미치는 영향을 평가하기 위해, 기준실험체에서 기둥 폭을 각각 14%, 29% 증가시킨 SRC-C40-B30, SRC-C45-B30 실험체를 계획하였다. 또한 보 춤과 보 플랜지 폭의 비가 유효폭에 미치는 영향을 평가하기 위해, 보 춤이 기준실험체에 비해 33%, 50% 감소시킨 SRC-C35-B20, SRC-C35-B15 실험체를 계획하였다. SRC-C35-B30-H 실험체는 접합부내에 띠철근이 접합부 유효폭에 미치는 영향을 평가하기 위하여 제작하였으며, ASCE에서 정하고 있는 최소 띠철근량으로 배근하였다.

그림 2는 실험체의 접합부 상세를 나타낸 것이다. 실험체는 실험여건을 고려하여 실제 대상모델의 1/2 크기로 축소 제작하였다. 접합부 상세는 기존 연구결과<sup>2)</sup> 패널 전단강도에 큰 영향을 미치는 철골보 플랜지 폭 크기의 FBP를 사용하여 접합부를 구속하였고, 접합부의 파괴를 선행되도록 기둥과 보를

계하였다.

### 2.2 재료시험

실험체 제작시 사용된 콘크리트 및 철근과 강재의 재료적인 특성을 파악하기 위해 공시체와 시편을 제작하여 재료시험을 실시하였다. 콘크리트 공시체는 직경 10cm, 높이 20cm의 실린더형 물드를 사용하여 제작하였다. 압축강도 시험결과 실험체에 사용된 콘크리트의 평균강도는 40.10kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타났다. 철근 및 강재의 인장재료 시험 결과는 표 2와 같다.

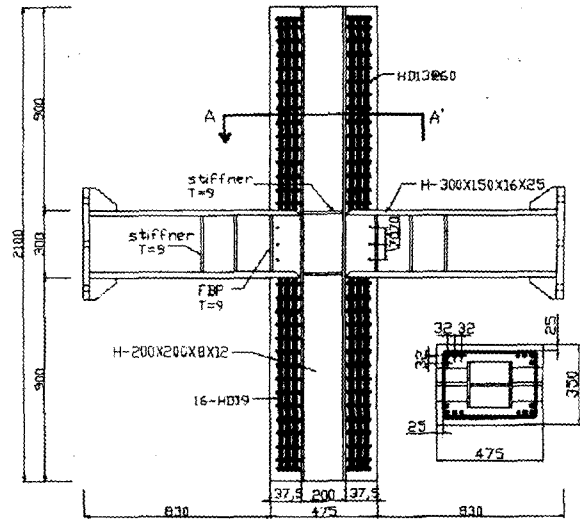


그림 2. 실험체 형상

표 2. 재료시험 결과 (kgf/cm<sup>2</sup>)

구 분	철 근			강 재					
	φ6	D13	D19	8mm	9mm	12mm	16mm	19mm	25mm
항복강도	7460	5479	5267	3863	2981	3676	4127	4776	3346
인장강도	8918	6321	6794	5200	4367	5148	5575	6967	4716

### 2.3 실험체 설치

실험체 설치는 그림 3에 나타난 바와 같이 기동 양단에 힌지를 두었고, 철골 보의 양단에 하중 가력을 위한 100tonf의 액츄에이터(actuator)를 설치하였다. 모든 실험체는 보의 전단스팬비를 5.0으로 일정하게 하여 전단스팬비가 접합부 내력에 미치는 영향을 배제하였다. 실험체 가력은 액츄에이터를 사용하여 접합부에 역대칭모멘트가 발생하도록 하중을 제어하였으며 단조가력시켰다.

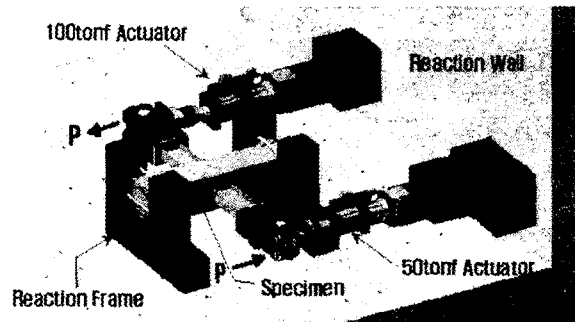


그림 3. 실험체 설치 상황

### 2.4 측정방법

실험체의 외부 변형 및 변형각을 측정하기 위하여 변위계(LVDT)를 설치하였다. 패널부의 전단변형을 측정하기 위하여 3축 변형계이지 및 콘크리트용 매립계이지를 접합부 내·외부에 각각 부착하였다. 그리고, 기둥과 보에 강재용 스트레인 게이지를 부착하여 강재변형량을 측정하였다.

## 3. 실험 결과 분석

SRC기둥-철골보 접합부의 유효폭 실험에 대한 결과를 표 3에 나타내었다. 항복하중은 기존에 제안된 방법 중 Park Method을 사용하여 계산하였고, 내력은 철골 보에 가해지는 평균수직하중을 가력점에서 접합부면까지의 거리를 곱한 모멘트로 비교하였다.

표 3. 실험결과

실험체명	실험내력 (tonf)	항복하중 (tonf)	최대모멘트 (tonf · m)	최대모멘트시 회전각 (rad)
SRC-C35-B30	18.02	15.67	31.63	0.036
SRC-C40-B30	18.10	15.85	31.81	0.033
SRC-C45-B30	18.45	16.99	32.34	0.038
SRC-C35-B20	18.43	15.77	23.01	0.039
SRC-C35-B15	19.24	16.35	19.15	0.066
SRC-C35-B30-H	18.36	16.86	32.23	0.057

### 3.1 균열 및 파괴상황

각 실험체별 최종파괴상황을 그림 4에 나타내었다. 전체적인 균열 발생상황을 보면 접합부에서 대각선 방향으로 뚜렷한 전단균열이 발생하였고 이후 기둥 주근을 따라 부착균열이 발생하였다. 대부분 실험체들에서 항복하중 이전까지 지압에 의한 측면 균열과 전단균열이 진전되었으며, 항복하중 이후 지압응력에 의한 측면 콘크리트의 박리현상과 접합부의 전단균열이 크게 확대되는 현상을 보였다.

기둥폭이 변화하는 SRC-C40-B30, SRC-C45-B30 실험체들은 기존 실험체보다 기둥폭이 넓어짐에 따라 수직균열이 점차로 넓은 각도를 형성하며 진행하였다.

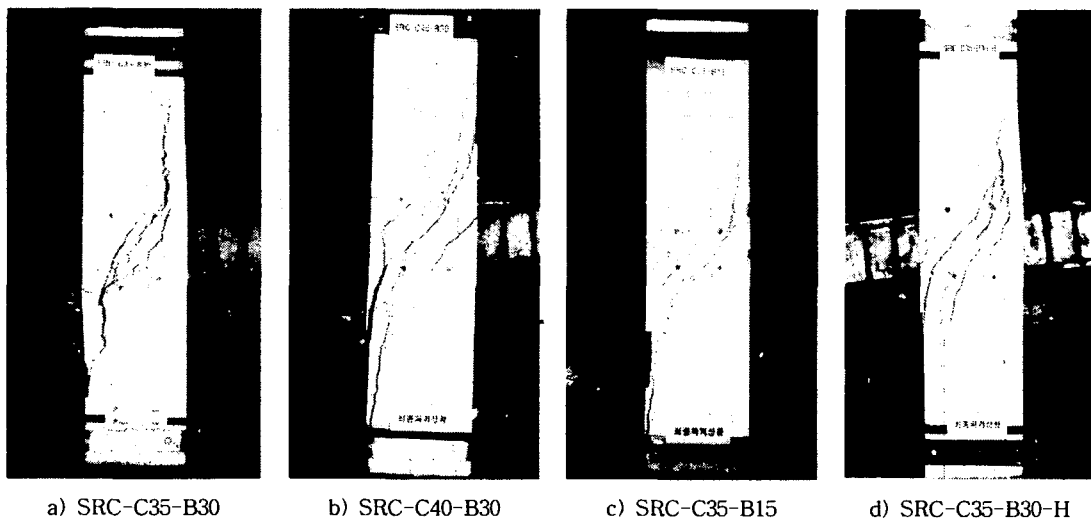


그림 4. 실험체별 균열상황

보 춤이 변화하는 SRC-C35-B20, SRC-C35-B15 실험체들은 기둥에 수평 휨 균열이 거의 발생하지 않았으며 파괴의 진행범위는 접합부 영역이 작아짐에 따라 축소되었다. 또한, 전체적인 균열의 분포가 외관상으로 현저히 줄어들었다.

### 3.2 하중-변위 및 모멘트-회전각 곡선

대부분의 실험체에서 항복모멘트 이후 하중의 증가없이 변형이 지속되었다. 이것은 철골조 접합부의 거동 형태와 유사한 연성적인 거동을 나타냄을 보여준다. 실험변수에 따른 모멘트-회전각곡선을 비교하면 다음과 같다.

#### 3.2.1 기둥 폭의 변화에 따른 비교

그림 5는 기둥 폭의 변화를 변수로 한 실험체들의 모멘트-회전각 곡선을 나타낸 것이다. 기둥폭이 큰 실험체일수록 소폭이지만 접합부 내력이 높게 나타났다. 이것은 기둥폭이 넓어짐으로 인하여 접합부 외부 콘크리트 압축장 영역 또한 증가되었기 때문으로 보여진다. 하지만 최대하중 이후 변형성능은 비슷하게 나타났다. 이는 전단균열이 많아지고 그 폭이 커지면서 접합부 외부 콘크리트가 담당하는 압축장 내부 응력이 실험체 내력에 기여하지 못하기 때문인 것으로 사료된다.

#### 3.2.2 보 춤의 변화에 따른 비교

그림 6은 보 춤이 변하는 실험체들의 모멘트-회전각 곡선을 나타낸 것으로, 보 춤이 작아질수록 모멘트는 감소하였다. 그러나 실제 접합부에서의 휨응력이 SRC-C35-B20 실험체는 기준 실험체보다 64%, SRC-C35-B15 실험체의 경우에는 142% 크게 나타났다. 이것은, 춤이 줄어들수록 상대적으로 접합부에 작용하는 구속효과가 커지게 되어 차이를 보인 것으로 사료된다.

#### 3.2.3 띠철근에 따른 비교

그림 7은 접합부내 띠철근 유무를 변수로 한 실험체들의 모멘트-회전각 곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 초기의 강성은 거의 일치하지만, 내력면에서는 접합부내 띠철근이 배근

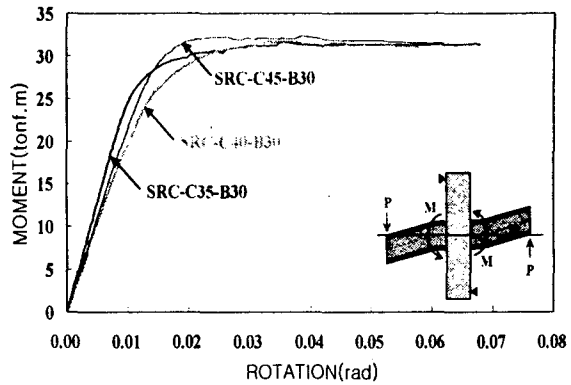


그림 5. 기둥 폭의 변화에 따른 모멘트-회전각 곡선

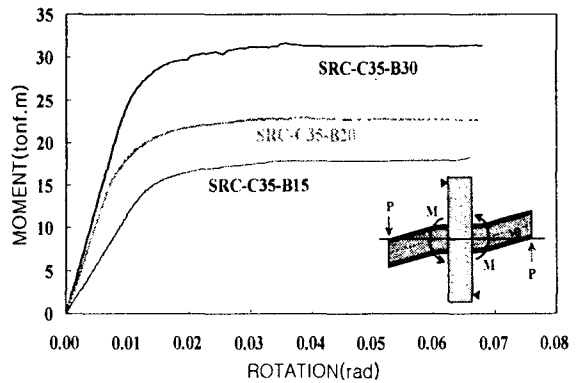


그림 6. 보 춤의 변화에 따른 모멘트-회전각 곡선

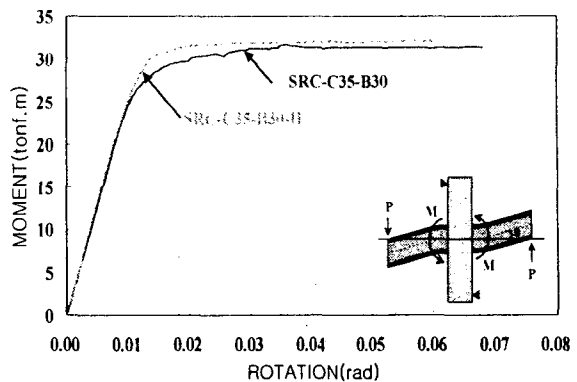


그림 7. 접합부 띠철근 유무에 따른 모멘트-회전각 곡선

된 실험체의 내력이 외부 콘크리트의 거동에 띠철근의 구속력이 증가되어 높아졌음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

철골철근콘크리트 기둥-철골 보 접합부의 유효폭에 관한 실험적 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 보 폭에 대한 기둥 폭의 비가 증가할수록 접합부 외부 콘크리트 압축장 영역의 크기가 증가되어 접합부 내력이 소폭 증가하는 것으로 나타났으나, 최대하중 이후 변형능력은 비슷하게 나타났다.

(2) 보 춤이 적어질수록 모멘트는 감소하였으나, 접합부에 작용하는 구속력이 증가되어 실제 접합부에서의 휨응력은 증가되는 것으로 나타났다. 따라서, 접합부의 유효폭과 내력산정에 있어 보 폭과 춤의 변화로 인해 발생하는 효과가 반영되어야 할 것으로 판단된다.

(3) 접합부내 띠철근이 배근 될 경우, 띠철근에 의해 접합부내 외부영역이 구속되어 내력이 증가하는 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 삼성중공업(주)과 한양대 초대형구조시스템연구센터의 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구내용의 일부이며 이에 대한 지원에 감사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 日本建築學會, “鐵骨鐵筋콘크리트 構造計算規準 同解説”(김두호 편), 탐구문화사, 1989
2. ASCE Task Committee on Design Criteria for Composite Structures in Steel and Concrete, “Guidelines for Design Joints between Steel Beams and Reinforced Concrete Columns”, Journal of Structural Engineering, Vol.120, No.8, p.p.2330~2357, 1994
3. Deierlein, G. G., Sheikh, T. M., “Beam-Column Moment Connections for Composite Frames: Part 1”, Journal of Structural Engineering, Vol.115, No.11, 1989
4. Deierlein, G. G., Sheikh, T. M., “Beam-Column Moment Connections for Composite Frames: Part 2”, Journal of Structural Engineering, Vol.115, No.11, 1989
5. Kanno, R., “Strength, Deformation and Seismic Resistance of Joints between Steel Beams and Reinforced Concrete Column”, Vol.1,2, Cornell University, 1993
6. Nishimura, Y., Minami, K., Wakabayashi, M., “Shear Strength of Beam-column Connection for SRC Structures”, Journal of AIJ, No.365, p.p.87~97, 1986
7. Mattock, A. H. and Gaafar, G. H., “Strength of Embedded Steel Sections as Brackets”, ACI Journal, March-April, p.p.83~93, 1982
8. 西村, “はりS・柱RCで構成される内部柱はり接合部の應力傳達機構”, 日本建築學會構造係論文集, p.p.77~85, 1989
9. Marcakis, K. and Mitchell, D., “Precast Concrete Connection with Embedded Steel Members”, PCI Journal, July-August, p.p.88~116, 1980
10. 手井, 東端, 杉由, 藤村, “柱RC・梁S接合部の力學性狀”, 콘크리트工學論文年次報告集, p.p.747~752, 1992
11. 최완철, 조필규, 송진규, “반복하중을 받는 철근콘크리트 기둥과 철골보 합성골조의 접합부 성능에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 15권, 4호, p.p.27~36, 1999
12. 손민성, “철근콘크리트 기둥과 철골 보로 이루어진 혼합구조 접합부의 역학적 거동”, 한양대학교 석사학위논문, 1999