



## SRC기둥-RC보 강축 접합부 상세의 구조성능 평가

문정호<sup>1)</sup> · 이강민<sup>2)\*</sup> · 임재형<sup>3)</sup> · 오경환<sup>4)</sup> · 김성호<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>한남대학교 건축학부 <sup>2)</sup>충남대학교 건축학부 <sup>3)</sup>우송공업대학 리모델링/건축계열 <sup>4)</sup>(주)삼성물산 건설부문 <sup>5)</sup>건구조엔지니어링(주)

### Cyclic Load Testing for Strong Axis Joints Connected with SRC Column and RC Beams

Jeong-Ho Moon<sup>1)</sup>, Kang-Min Lee<sup>2)\*</sup>, Jae-Hyung Lim<sup>3)</sup>, Kyung-Hwan Oh<sup>4)</sup>, and Sung-Ho Kim<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>Dept. of Architectural Engineering, Hannam University, Daejeon 306-791, Korea

<sup>2)</sup>Dept. of Architectural Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>3)</sup>Div. of Remodeling & Architectural Engineering, Woosong Technical College, Daejeon 300-719, Korea

<sup>4)</sup>Samsung Corporation, Seongnam 463-824, Korea

<sup>5)</sup>Gun Structural Engineering Co. Ltd., Seoul 133-834, Korea

**ABSTRACT** The objective of this research is to provide better knowledge on the behavior of strong axis SRC column-RC beam joint, supported by experimental results, that can be broadly applicable to many structures. For this purpose, firstly literature reviews and field survey were made to classify the most commonly used for these types of joints. Then, experimental program was designed and performed including 6 SRC column-RC beam joint specimens designed with various joint details. Using the experimental results obtained from the quasi-static cyclic tests, structural performances of the joints such as hysteretic curves, maximum strength capacities, strength degradation beyond the maximum strength, ductilities, and energy dissipation capacities were investigated. Test results showed that specimens with wide beam shape (RCW-P, RCW-W, RCW-F) and T beam shape (RCT-W) showed better structural performances than the bracket type specimens (HBR-L, HBR-S). These specimens also revealed to have higher strength capacities than the nominal design strength. However, H beam bracket type specimens (HBR-L, HBR-S) need further study both analytically and experimentally to verify the reason for unexpected structural performances.

**Keywords :** top-down construction method, SRC column-RC beam connection, wing plate, H-beam bracket, field welding

## 1. 서 론

역타 공법 (top-down construction method) 및 기타 복합 공법에서 사용되는 SRC 기둥-RC 보의 접합에서는 보의 주근이 SRC 기둥의 철골 부재와 간섭되기 때문에 RC 보를 연속보로 설계하기 위해서는 인장철근의 정착 방법이 매우 중요하다.

일본의 경우 지진에 대한 안전성 확보가 최우선적으로 고려되는 상황이기 때문에 시공이 다소 어렵더라도 구조 성능 확보를 최우선으로 하고 있다. 따라서 대부분 철골 기둥에 구멍을 설치하여 RC 보 주근을 관통시키는 방법이 사용되고 있으며, 이 경우에도 철골 기둥의 단면 결손 한도를 엄격히 제한하고 있다<sup>1)</sup>. 미국에서는 역타 공법을 적용한 지하층 구조 형식의 경우 보-기둥 접합 방식이 아닌 슬래브-기둥 접합 방식, 즉 플랫슬래브 (flat slab)나 플랫플레이트 (flat plate) 슬래브 형식을 적용하고 철골 브라켓으로 보강하는 방법이 주로 사용되고 있

는 것으로 알려져 있다.

국내에서는 SRC 기둥에 RC 보의 주철근이 정착할 수 있는 여러 가지 상세를 개발하여 적용하고 있다<sup>2)</sup>.

그러나 이러한 접합 방법들은 대부분 구조성능에 대한 평가가 미흡한 상태에서 실무적으로 적용되고 있는 실정 이므로, 시공성과 구조 안전성이 확보된 SRC 기둥-RC 보 접합 방식에 대한 구조성능의 검증 및 문제점에 대한 개선안의 제시가 시급한 실정이다.

본 연구에서는 국내 현장에서 적용되고 있는 접합부 상세를 중심으로 기존 문헌 및 현장 조사를 통해 접합부 상세를 분류하고, 각 형상에 따른 실험체를 제작하여 구조성능을 평가하며, 향후 국내 SRC 기둥-RC 보 접합부 표준 상세에 대한 기초 자료를 제공하는 것을 연구의 목적으로 한다.

## 2. 국내 현장 및 기존 연구 자료의 고찰

### 2.1 국내 SRC 기둥-RC 보 접합 방식

국내 현장 조사 및 기타 설계도서 등의 자료 조사를

\*Corresponding author E-mail : leekm@cnu.ac.kr

Received September 11, 2006, Accepted May 14, 2007

©2007 by Korea Concrete Institute

통한 SRC 기둥-RC 보 강축방향 접합 방식은 Fig. 1과 같이 철근 통과형 (a), 철골 기둥에 용접된 철판에 보의 주근을 용접한 연결 철판 부착형 (b), H형강 또는 CT형강을 사용한 브라켓 부착형 (c, d), 커플러 부착형 (e) 및 보의 주근을 직접 철골 기둥에 용접한 기둥 용접형 (f) 등의 접합 방식이 주로 사용되고 있다.

## 2.2 기존 연구

SRC 기둥-RC 보 접합부의 구조 성능 평가와 관련한 국외 자료는 전무한 상태이며, 국내에서는 김종호<sup>2)</sup>가 국내 현장에 적용되고 있는 접합 방식에 대한 특성을 정리하였다.

주영규와 천성철<sup>3)</sup>은 철근 통과형, 연결 철판 부착형, H형강 및 CT형강 부착형, 약축방향 접합부에 대한 단조 및 반복 가력 하에서의 구조성능에 대한 제한적인 실험 연구를 수행하였다. 그 결과, 철근 통과형과 연결 철판 부착형이 다른 접합 형식에 비해 설계 내력을 상회하는 구조성능을 보유하고 있음을 제시하였고, 강도설계법<sup>4)</sup>에 근거한 슬래브의 유효폭 내에 보의 철근을 일부 통과시킨 접합형식이 구조적 성능을 향상시킬 수 있음을 제시하였다.

## 2.3 기존 자료의 분석 결과

기존 자료 및 현장 조사 결과를 기초로한 SRC 기둥-

RC 보의 접합부에 대한 시공성, 구조적 안전성에 대하여 다음과 같이 요약하였다.

- (1) 넓은 보를 사용하여 SRC 기둥의 철골과 RC 보 철근이 간섭되지 않도록 하는 것이 바람직하다.
- (2) RC 보의 일부 철근을 슬래브 유효폭 내에 배근하여 간섭 현상을 일부 해결할 수 있다.
- (3) (1) 및 (2)항 모두 설계 단계에서부터 고려되어야 하므로, 현장 설계 변경에 의한 공사에 무리가 따른다.
- (4) 연결 철판 부착형, 커플러 부착형, H형강 브라켓 부착형, CT형강 브라켓 부착형 등의 접합 방식으로 SRC 기둥 철골과 RC 보 철근의 간섭 현상을 해결할 수 있다.
- (5) 커플러 부착형은 비경제적이기 때문에 현장에서는 사용을 기피하는 실정이며, H형강 브라켓 부착형은 기존 연구<sup>3)</sup> 결과에 의하면 철골과 콘크리트가 일체로 거동할 수 있도록 조치하지 않았기 때문에 연성 능력이 매우 떨어졌다.
- (6) 기둥 용접형은 시공이 가장 간편한 방법이기 때문에 현장에서 선호하지만, 명확하게 구조성능이 확인되지 않았으며, 현장 용접의 품질 확보가 어렵다.
- (7) 기존의 제한적인 자료 조사와 실험 연구로부터 SRC 기둥-RC 보 접합부의 구조 성능과 관련한 일반적인 결론을 유추하기는 매우 어렵다고 판단된다.

## 3. 실험

### 3.1 실험체 계획 및 설계

#### 3.1.1 실험체 계획

국내 현장 및 기존 연구 자료의 고찰 결과를 기초로 SRC 기둥-RC 보 강축방향 접합부에 대한 구조성능을 평가하기 위한 실험 대상 접합 형식을 다음과 같이 결정하였다.

- (1) 넓은 보를 이용한 철근 통과형
- (2) 슬래브 유효폭을 이용한 철근 통과형
- (3) 연결 철판에 보 주근을 용접하는 연결 철판 부착형
- (4) 보의 주근을 철골 기둥에 용접한 기둥 용접형
- (5) H형강 브라켓 부착형

상기 5가지 접합 형상을 대상으로 가능한 실험 변수를 선정하였고, 실험체는 역타 공법으로 시공 중인 마산 OO 빌딩의 지하 2층 보-기둥 접합부를 대상으로 선정하였다. 실험체는 실험실의 규격 및 실험장비 능력을 고려하여 2/3 스케일로 총 6개를 계획하였다.

#### 3.1.2 실험체 설계

(1) 실험체 설계 원칙  
실험체의 설계는 보의 인장철근이 연속 배근 되었을 경우와 동일한 내력을 갖도록 콘크리트구조설계기준<sup>4,7)</sup>에 따라 설계하였다. 실험체의 크기는 2/3 스케일로 하였으나, 인장철근의 지름은 콘크리트구조설계기준의 정

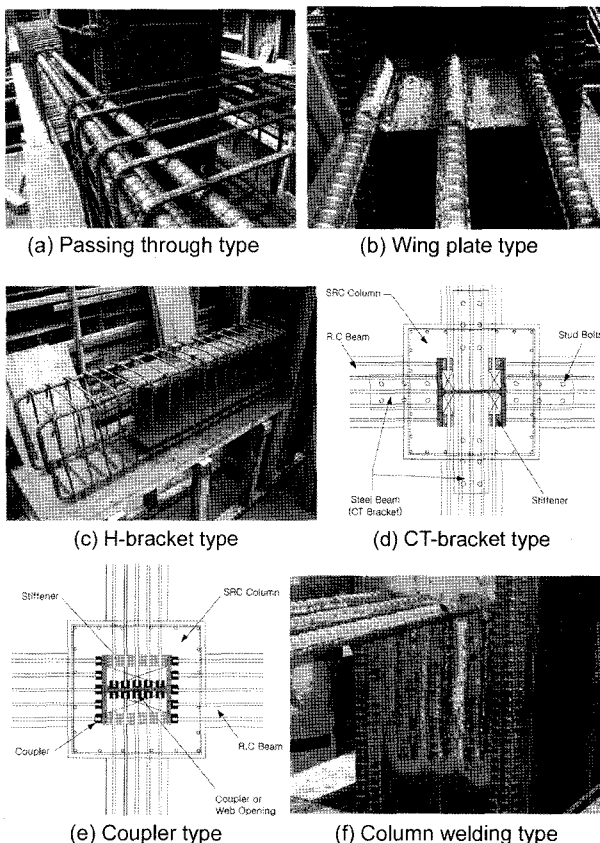


Fig. 1 SRC column-RC beam connection types

착 및 이음에서 정의한 바와 같이 D19 이하의 이형철근과 이형철선의 경우, 정착길이를 20%까지 줄일수 있기 때문에 정착길이의 보정계수에 영향을 적게 미치는 D22 이상의 이형철근을 사용하는 것으로 하였다. 또한 D22 이상의 철근을 사용하도록 한 원칙은 실제 현장에서 사용하는 철근이 D19 이하의 철근보다는 D22 이상의 철근을 사용하고 있기 때문이며, 실험에 의한 결과 분석에서도 철근의 지름에 의한 실험체의 거동에 영향을 적게 미치도록 현장의 조건과 동일하게 하기 위함이다. 철근의 강도는 실무 여건을 고려하여 SD500을 선정하였다. 실험체 제작에 사용된 콘크리트의 평균압축강도는 29.8 MPa이었으며, 철근의 평균항복강도는 553.1 MPa이었다.

상기와 같은 절차에 의해 설계된 실험체를 Table 1에 정리하였으며 그 상세는 Figs. 2~7과 같다.

### (2) 넓은 보 단면 실험체

RCW-P 실험체 (Fig. 2)는 넓은 보를 이용하여 상부 및 하부철근을 모두 철골 기둥 옆으로 통과시킨 실험체이다. RCW-W 실험체 (Fig. 3)는 상부 철근의 일부는 철골 기둥 옆으로 통과시키고 일부는 연결 철판에 현장 용접하고 하부철근은 모두 철골 기둥 옆으로 통과시킨 실험체이다. RCW-F 실험체 (Fig. 4)는 RC보의 일부 철근을 철골 기둥 옆으로 통과시키고 일부 철근은 철골 기둥에 직접 용접한 실험체이다.

### (3) T형 보 단면 실험체

T형 보 단면을 갖는 RCT-W 실험체 (Fig. 5)는 RC 보

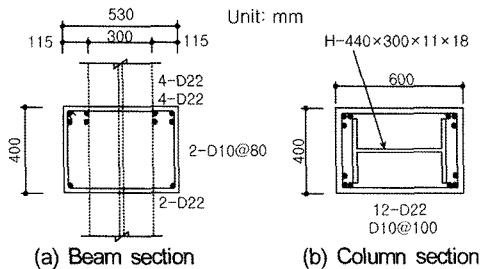


Fig. 2 Details for RCW-P specimen

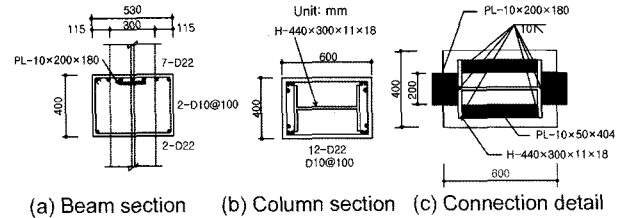


Fig. 3 Details for RCW-W specimen

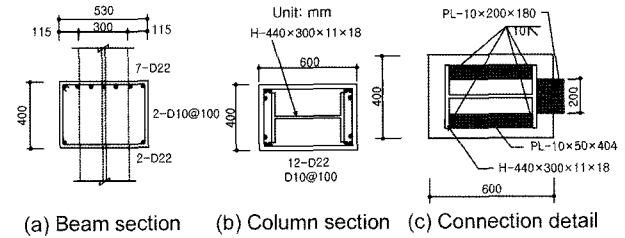


Fig. 4 Details for RCW-F specimen

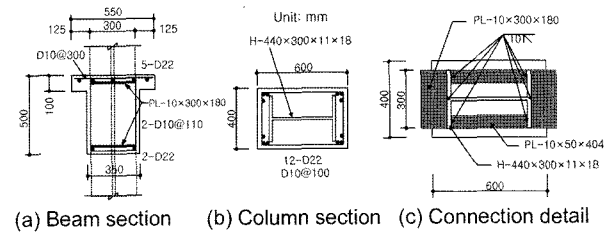


Fig. 5 Details for RCT-W specimen

의 주근 일부를 슬래브 유효폭 내에 통과하여 배근하고 나머지 철근은 연결 철판에 용접하여 주철근의 정착길이를 확보하도록 계획한 실험체이다.

### (4) H형강 브라켓 부착형 실험체

H형강 브라켓 부착형 실험체는 순수 RC 구간과 H형강 브라켓 구간으로 구분된다. Fig. 8의 부재력 분포에 따라 보의 순수 RC(L-L<sub>1</sub>)에서는 휨모멘트 RC<sub>M</sub>으로 설계하고 보의 브라켓 매입 구간 (L<sub>1</sub>)에서는 RC 보의 주근이 기둥에 정착되지 못하고 기둥면에서 절단되어 있기 때문에 순수 철골의 휨모멘트 s<sub>M</sub>으로 설계하였다<sup>8)</sup>. 브

Table 1 Specimen parameters

Name	Joint type <sup>1)</sup>	$\rho$ <sup>2)</sup>	Parameters
RCW-P	PT	0.0177	Upper & Lower bars : All PT
RCW-W	WP	0.0146	Upper bars : PT + WP Lower bars : All PT
RCW-F	WP & FW	0.0146	Upper bars : PT + WP + FW Lower bars : All PT
RCT-W	PT & WP	0.0124	Upper bars : PT (within effective beam width) + WP Lower bars : All WP
HBR-L	HB	0.0049	Length of bracket by anchorage length of bars + stud bolts Number of bars by moment at the edge of bracket
HBR-S	HB	0.0124	Number of bars by moment at column surface + stud bolts Reduced anchorage length

<sup>1)</sup>PT : passing through, WP : wing plate, FW : field welding, HB : H-beam bracket, <sup>2)</sup> $\rho$  : tension reinforcement ratio

라켓 매입 구간 ( $L_1$ )은 RC 보에 배근되는 주근의 정착 길이에 따라 그 길이가 변경되는 구간으로 보통 RC 보에 배근되는 주근의 정착길이가 동일하게 결정되지만, 콘크리트구조설계기준에서 규정한 정착길이에 대한 보정을 할 경우에는 그 길이를 감소시킬 수 있다. 따라서 H형강 브라켓 부착형 실험체는 ① 브라켓 끝단의 모멘트로 보 주근량을 산정하고, 브라켓 길이는 철근 정착길이하는 ‘일반 H형강 브라켓 부착형 (HBR-L, Fig. 6)’과 ② 기둥면 모멘트로 보 주근량을 산정하고, 철근의 정착 길이를 감소시킨 ‘짧은 H형강 브라켓 부착형 (HBR-S, Fig. 7)’ 실험체로 구분하여 설계하였다.

또한 H형강 브라켓 부착형 실험체의 철골 매입 구간에서는 Fig. 9와 같은 전단력이 발생하는데, 이에 저항할 수 있도록 전단 보강철근 및 스테드볼트를 적절히 배치하여 국부적인 파괴 없이 철골과 철근콘크리트가 일체로 거동할 수 있도록 설계하였다.

### 3.2 측정 및 가력 계획

실험을 진행하면서 SRC 기둥-RC 보 접합부의 구조적

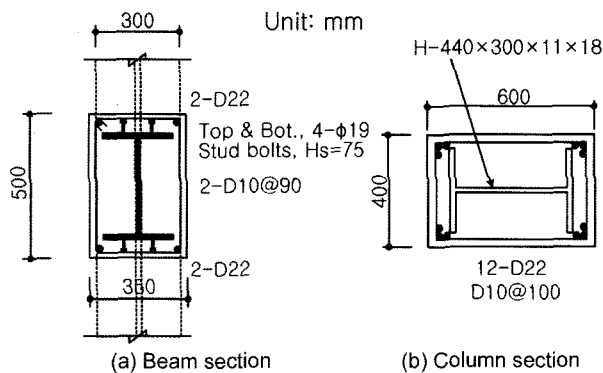


Fig. 6 Details for HBR-L specimen

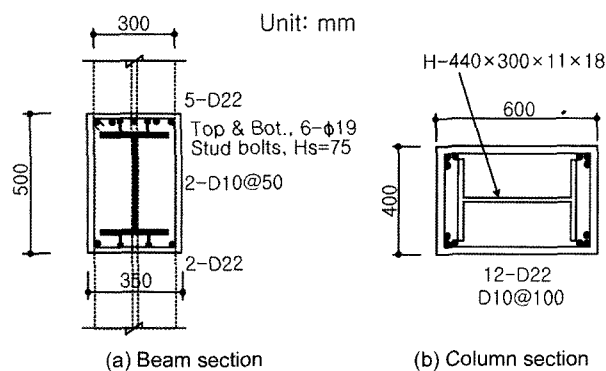


Fig. 7 Details for HBR-S specimen

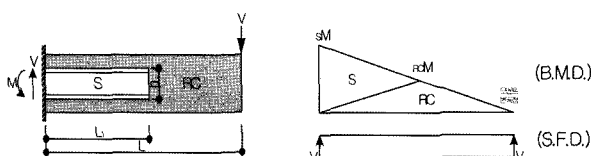


Fig. 8 BMD and SFD for H-bracket type specimen

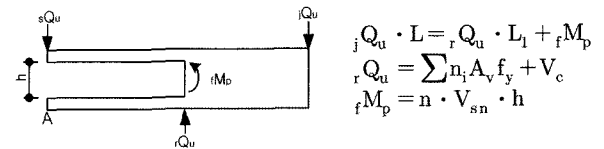


Fig. 9 FBD for H-bracket type specimen

거동, 즉 변위를 파악하기 위하여 Fig. 10과 같이 LVDT를 설치하였다. 또한 RC 보 철근이 SRC 기둥에 충분히 정착되어 보의 응력을 SRC 기둥에 전달할 수 있는지를 관찰하기 위하여 Fig. 11과 같이 보의 철근에 W.S.G를 부착하였다. 가력 하중 이력은 본 연구에서의 대상 접합부가 지상에 적용될 경우에 지진하중의 영향도 검토하기 위하여 Fig. 12와 같이 반복 가력을 계획하였다.

### 3.3 실험체 설치 및 실험

실험은 충남대학교 구조실험동에서 수행되었으며 실험체 설치 상황은 Fig. 13과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 상부기둥에서 수평 방향으로 가력하기 위하여 1,000 kN 용량의 액츄에이터를 설치하였다. 하중 가력점의 수평 변위 측정을 위한 LVDT를 설치하고 실험의 제어는 하중 가력점에서의 변위에 의한 변위 제어 방식으로 진행하였다. 실험은 실험체의 파괴, 액츄에이터 변위의 한계, 최대내력 이후 최대 하중의 75%까지 하중이 감소한 경우에 종료하는 것으로 하였다<sup>9)</sup>. 기둥의 수직 압축력은 기둥상부에 오일잭과 로드셀을 설치하고 강봉을 이용하여 최소축력인  $0.1f_{ck}A_g$  (720 kN)를 실험 종료시까지 가력하였다.

### 4. 실험 결과의 분석

#### 4.1 하중-변위 곡선

실험 결과로부터의 하중-변위 이력 및 최대 내력 도달 이후의 내력 저하 등에 대한 거동을 비교 분석하였다. 서로 다른 설계 조건을 갖는 실험체를 상호 비교하기 위하여 실험 결과로부터 얻은 하중 (층간 전단력, V)과 변위는 각 실험체의 공칭 모멘트 ( $M_n$ )를 모멘트팔 길이로

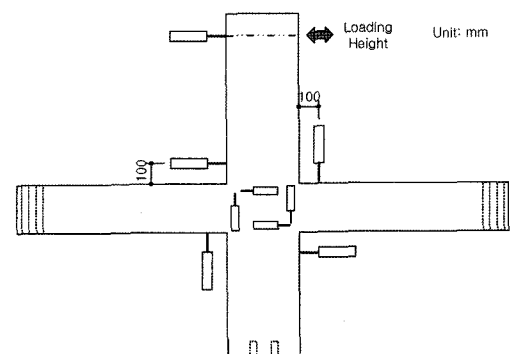


Fig. 10 LVDT layouts

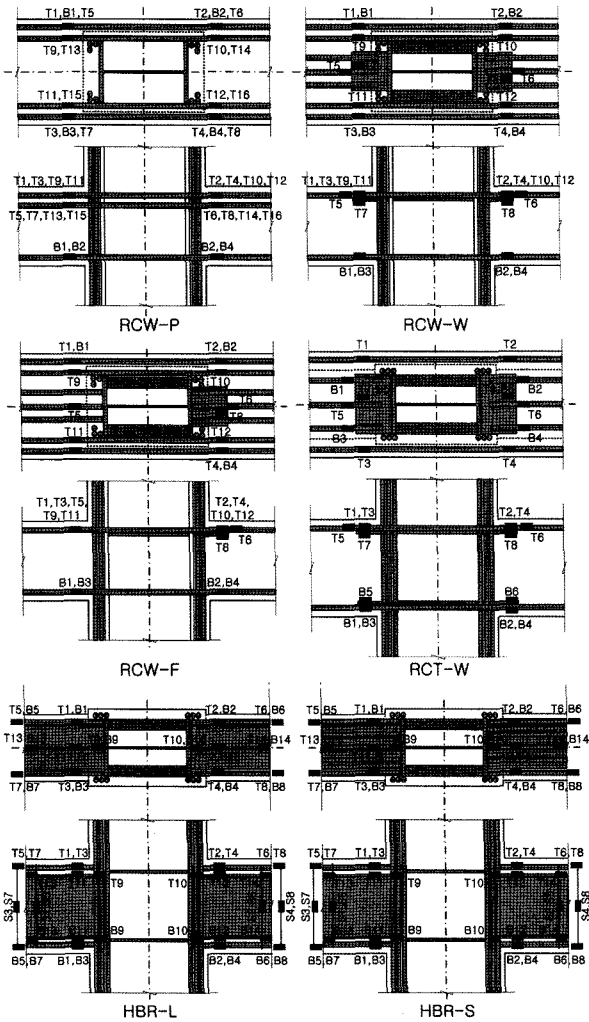


Fig. 11 Strain gage layouts

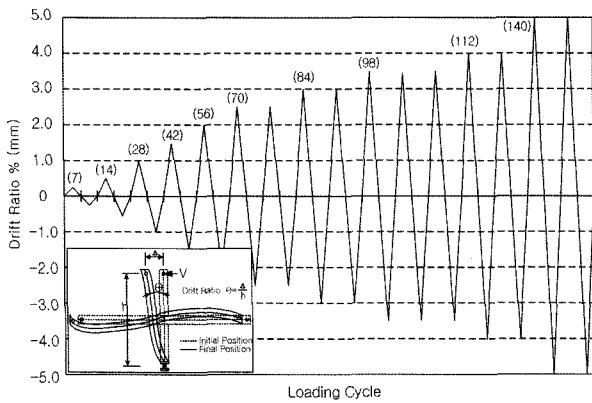


Fig. 12 Loading protocols

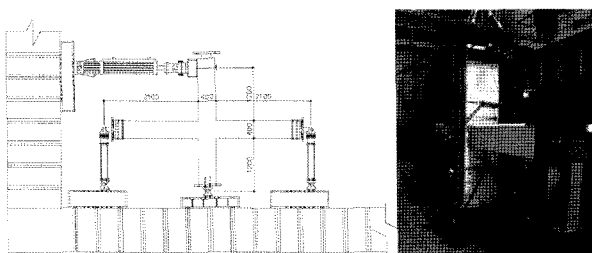


Fig. 13 Test set-up

나누어 산정한 등가 공칭 층간 전단력 ( $V_{n, equivalent}$ ) 및 층간 변위율(%) 등으로 무차원화하였다. 무차원화된 하중-변위 곡선은 Figs. 14~19와 같다.

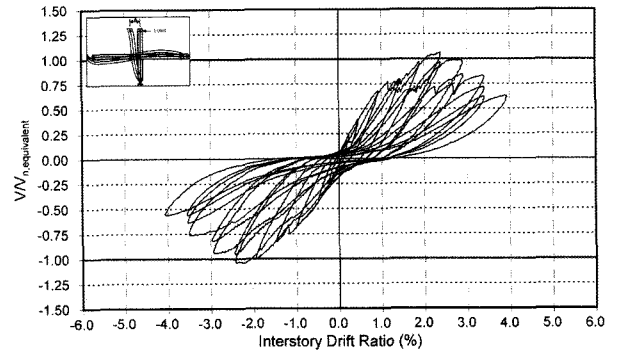


Fig. 14 Test result for RCW-P

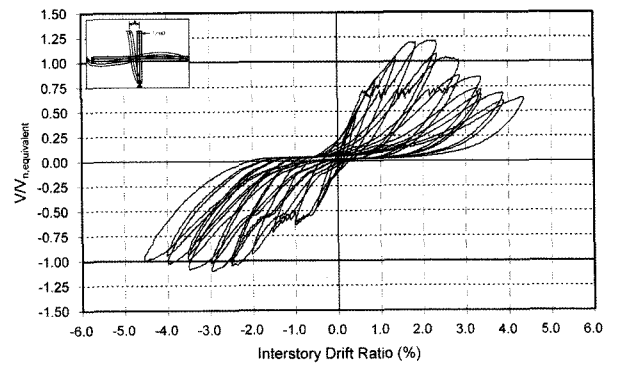


Fig. 15 Test result for RCW-W

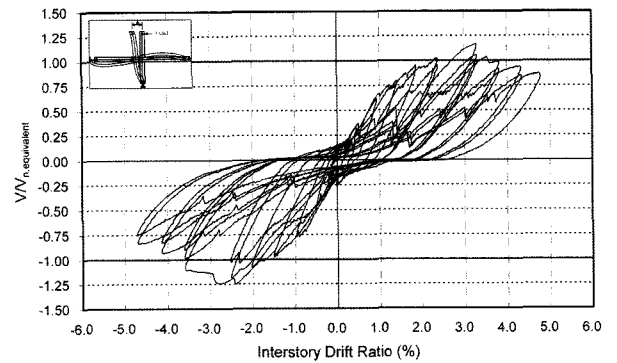


Fig. 16 Test result for RCW-F

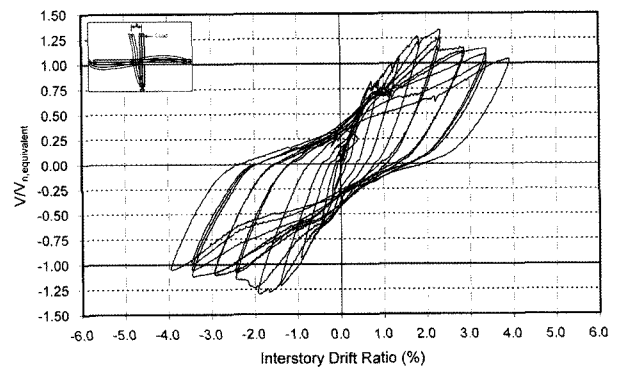


Fig. 17 Test result for RCT-W

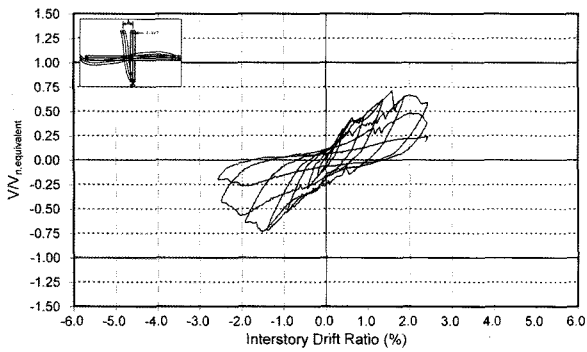


Fig. 18 Test result for HBR-L

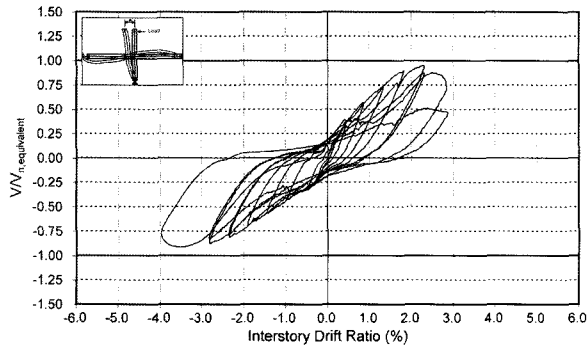


Fig. 19 Test result for HBR-S

그림에서 상·하 굽은 수평선은 실험체의 층간 전단력 (V)과 등가 공칭 층간 전단력 ( $V_{n, equivalent}$ )의 비가 1.0 인 선을 나타낸다.

또한, 각 실험체의 내력을 평가하기 위하여 Fig. 20에 는 실험체들의 등가 층간 전단력 (V)을 등가 공칭 층간 전단력 ( $V_{n, equivalent}$ )으로 무차원화시킨 최대 내력을 비교 하여 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 H형강 브라켓 부착형 실험체를 제외한 모든 실험체의 최대 내력이 공칭강도를 상회하는 것으로 나타났다.

#### 4.1.1 넓은 보 단면 실험체 (RCW-P, RCW-F, RCW-W, RCT-W)

넓은 보 및 T형보 단면을 갖는 실험체 (RCW-P, RCW-F, RCW-W, RCT-W)의 반복하중 하에서의 실험체의 이 력 거동을 비교하기 위하여 이들 실험체의 각 사이클별 최대점을 연결한 무차원화된 하중-변위 곡선을 Fig. 21 에 나타내었다.

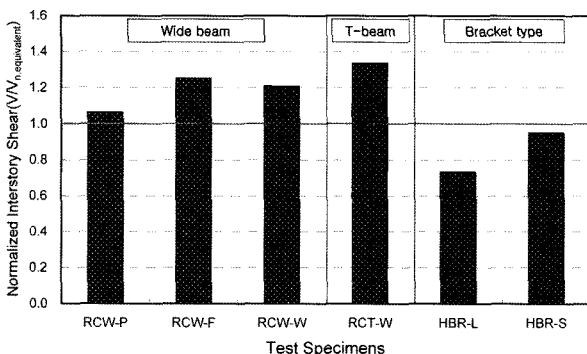


Fig. 20 Comparison of maximum strengths

Figs 20 및 21에서 보는 바와 같이 넓은 보 및 T형 보 단면을 갖는 실험체의 등가 층간 전단력은 모두 설계강 도인 등가 공칭 층간전단력 이상의 내력을 보유하고 있 음을 알 수 있었다. 특히 RCT-W 실험체는 공칭강도보 다 약 30%, RCW-W 및 RCW-F 실험체는 약 20%정도, RCW-P 실험체는 약 5%정도 공칭강도를 상회하는 내력 을 보유하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 RCW-W 및 RCT-W 실험체가 RCW-F 및 RCW-P 실험체에 비해 우 수한 초기강성을 보유하고 있음도 알 수 있었다. RCT-W 및 RCW-F 실험체는 최대내력 도달 후 완만한 강도 저하를 보여준 반면, RCW-W 및 RCW-P 실험체는 상대 적으로 급격한 강도저하 현상을 보여주고 있다.

넓은 보 및 T형보 단면을 갖는 실험체들의 최대내력 및 하중-변위 곡선을 평가한 결과, RCT-W 실험체가 최 대내력, 초기강성 및 최대내력 이후의 강도저하 측면 모 두 우수한 거동을 보여 주었으며, RCW-P 실험체가 이 들 실험체 중에서 다소 떨어지는 성능을 보여주었다.

#### 4.1.2 H형강 브라켓 부착형 실험체(HBR-L, HBR-S)

H형강 브라켓 부착형 실험체의 반복하중하에서의 거 동을 비교하기 위해 무차원화된 하중-변위 곡선을 Fig. 22에 나타내었으며, 브라켓이 설치되지 않은 실험체와의 비교를 위해 RCW-P 실험체의 결과도 함께 나타내었다.

HBR-S 실험체는 등가 공칭 층간 전단력의 약 95%, HBR-L 실험체는 약 70% 정도의 등가 층간 전단력을 보 여주었으며 모두 설계 내력 이하의 층간 전단력을 보유

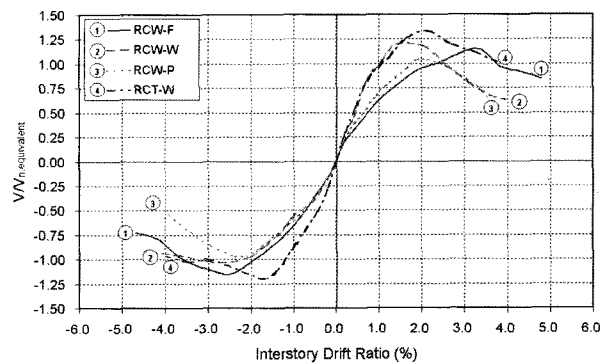


Fig. 21  $V/V_{n, equivalent}$ -drift ratio of wide beam type specimens

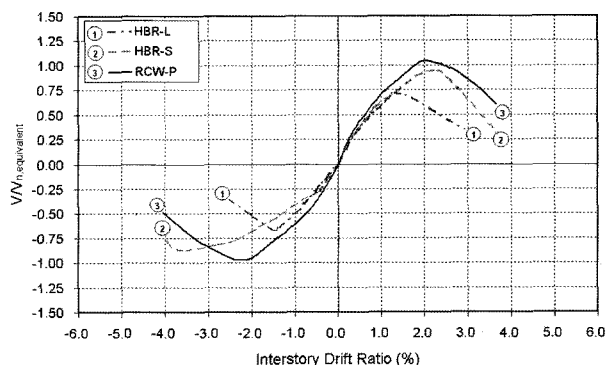


Fig. 22  $V/V_{n, equivalent}$ -drift ratio of H-bracket type specimens

하고 있는 것으로 나타났다. 이들 두 실험체는 보-기둥 접합면이 아닌 브라켓의 보 축 단부와 보의 양쪽 힌지 축 단부에 균열 및 파괴가 집중되었다. 특히 HBR-L 실험체는 보의 지지 단부인 힌지 점에서의 콘크리트 전단 파괴 (Fig. 23(a)), HBR-S 실험체는 H형강 브라켓 콘크리트 부분의 파괴 (Fig. 23(b))가 발생하여 설계 내력에 이르지 못한 것으로 판단된다.

#### 4.2 연성 능력 평가

바람이나 지진하중 등의 반복 횡하중에 저항할 수 있는 구조시스템의 저항능력을 평가하는 지표로 연성 능력을 비교·평가 하는데, 본 절에서는 SRC 기둥-RC 보 접합부의 각 접합 형태별 연성 능력을 평가하기 위하여 구조물의 항복변형  $\delta_y$ 는 Park method<sup>10)</sup>에 의한 항복변위를 사용하고 구조물의 최대 변형  $\delta_{max}$ 는 실험체의 파괴, 즉 각 실험체가 최대 내력의 75%까지 내력이 저하되었을 때의 변위를 사용하였다. 실험체의 연성 능력 평가 결과는 Fig. 24와 같다.

Fig. 24에 나타난 바와 같이 넓은 보 단면과 T형 보 단면 실험체의 연성 능력이 H형강 브라켓 부착형 실험체의 연성 능력에 비해 다소 우수한 것으로 나타났다. 이는 4.1절에서도 기술한 바와 같이 H형강 브라켓 부착형 실험체의 경우, 최대 내력 도달 이후 HBR-L 실험체는 보 단부의 콘크리트 부분 파괴, 그리고 HBR-S 실험체는 보 주근의 부착강도 상실에 의한 급격한 내력 저하가 연성 능력 저하 현상으로 이어졌기 때문으로 판단된다.

#### 4.3 에너지소산 능력 평가

바람이나 지진하중 등의 반복 횡하중에 저항할 수 있

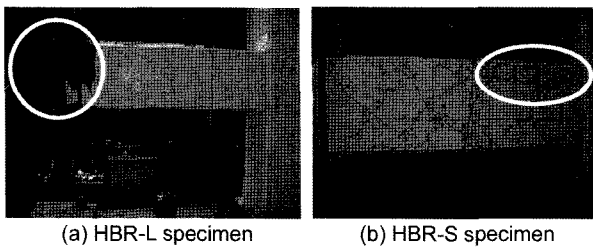


Fig. 23 Fractured shapes of H beam bracket specimens

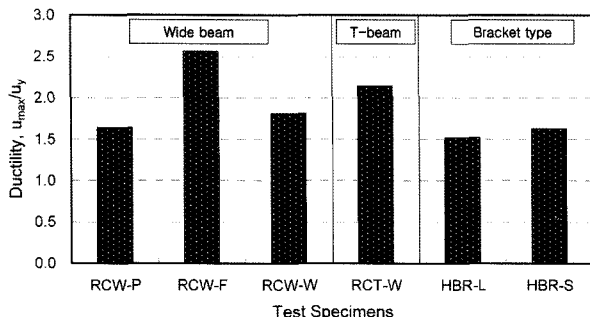


Fig. 24 Comparison of ductilities

는 구조 시스템의 저항 능력을 평가하는 또 다른 한 지표로 구조물이 보유하고 있는 에너지소산 능력을 통하여 비교·평가하게 된다. 구조물의 반복하중 하에서의 에너지소산 능력은 단순히 한 이력에 의한 에너지소산 능력을 의미하는 것이 아니라 구조물이 파괴될 때까지의 축적된 에너지소산을 의미하므로, 본 절에서는 각 실험체에 대하여 각 실험체의 파괴 (각 실험체가 최대 내력의 75%까지 내력이 저하되었을 때)까지의 축적 에너지를 서로 비교하였고, 그 결과를 Fig. 25에 나타내었다.

Fig. 25에서 보는 바와 같이 넓은 보 단면과 T형 보 단면 실험체들 (RCW-P, RCW-F, RCW-W, RCT-W)을 비교하면 RCT-W, RCW-F 실험체가 다른 실험체에 비해 큰 축적된 에너지소산 능력을 보유하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 RCT-W, RCW-F 실험체들이 최대 내력에 도달한 이후 강도 저하가 완만하여 본 연구에서 파괴로 정의하고 있는 최대 내력의 75%로 저하될 때 까지 더 많은 수의 이력을 경험하게 되므로 RCW-P 및 RCW-W에 비해 큰 축적된 에너지소산 능력을 보여주고 있는 것으로 판단된다.

H형강 브라켓 부착형 실험체들 (HBR-L, HBR-S)은 넓은 보 단면 실험체들에 비해 축적된 에너지소산 능력이 다소 작거나 유사함을 알 수 있는데, 이는 H형강 브라켓 부착형 실험체들의 하중은 넓은 보 단면 실험체들에 비해 크지만, 최대 하중 이후 급격한 내력 저하로 최대 하중의 75%로 떨어진 시점까지 소산할 수 있는 이력의 수가 적기 때문으로 사료된다.

#### 4.4 RC보 철근의 변형률 비교

Fig. 26에는 넓은 보 단면 실험체들에서 모멘트에 대한 임계단면에서의 RC 보 철근의 변형률을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 RC 보 철근의 변형률이 D22 철근에 대한 재료 실험 결과의 항복변형률 (0.228%)보다 상회함을 알 수 있다. 이는 RC보 철근이 기둥에 충분히 정착되어 있음을 나타낸 결과이다. 그리고 철골 기둥 옆으로 통과한 철근 및 연결 철판에 용접된 철근에서 모두 동일한 결과를 나타내고 있는데, 이는 연결 철판에 용접된 철근도 연속된 철근과 동일한 역할을 하고 있다는 결

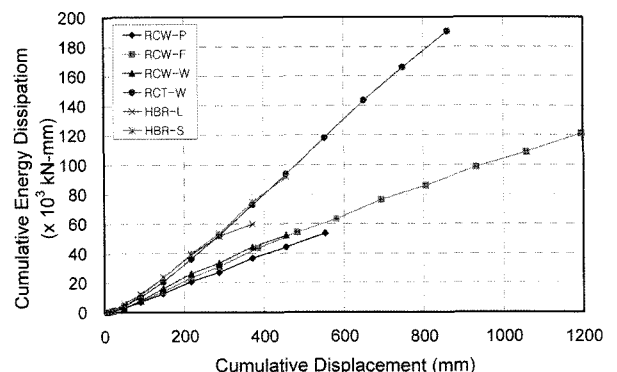


Fig. 25 Cumulative energy dissipation capacity

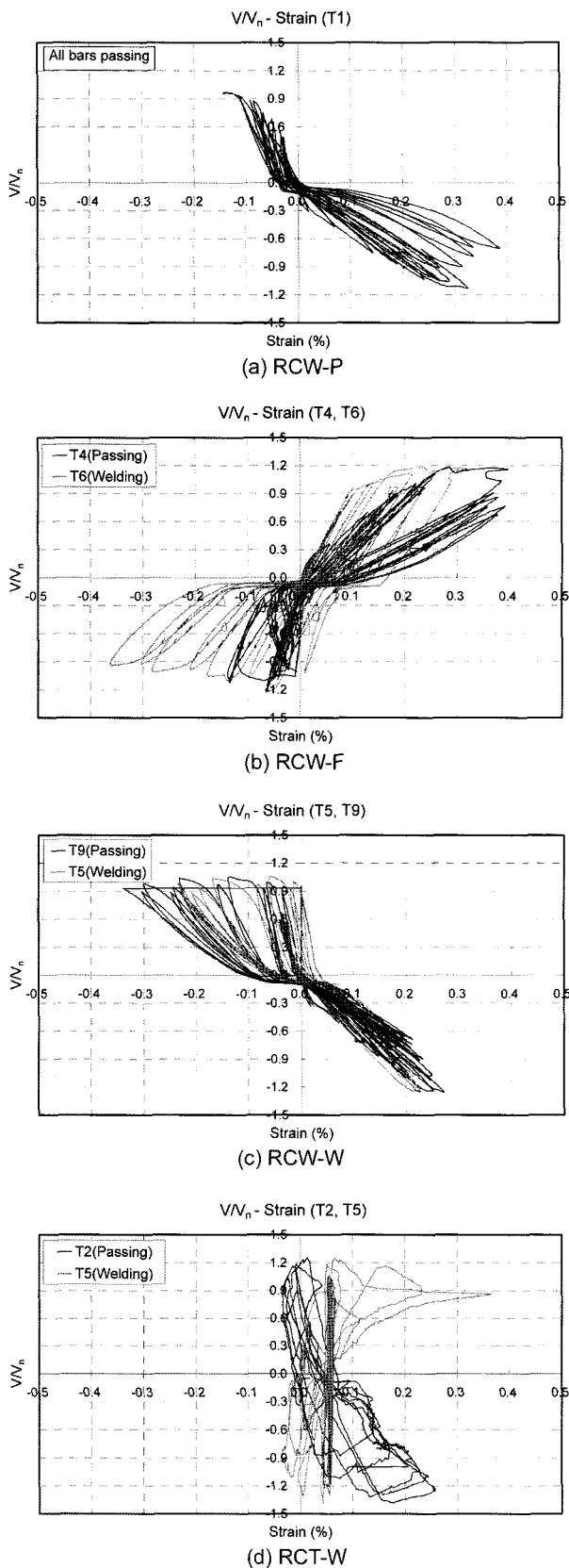


Fig. 26  $VV_{n, \text{equivalent}}$ -strain(%) curves for wide beam type specimens

과라고 사료된다.

Fig. 27에는 H형강 브라켓 부착형 실험체의 보-기둥 접합부 및 브라켓 단부 철근의 휨모멘트에 의한 변형률을 고찰하기 위하여 실험 결과로부터의 하중 ( $VV_{n, \text{equivalent}}$ )-

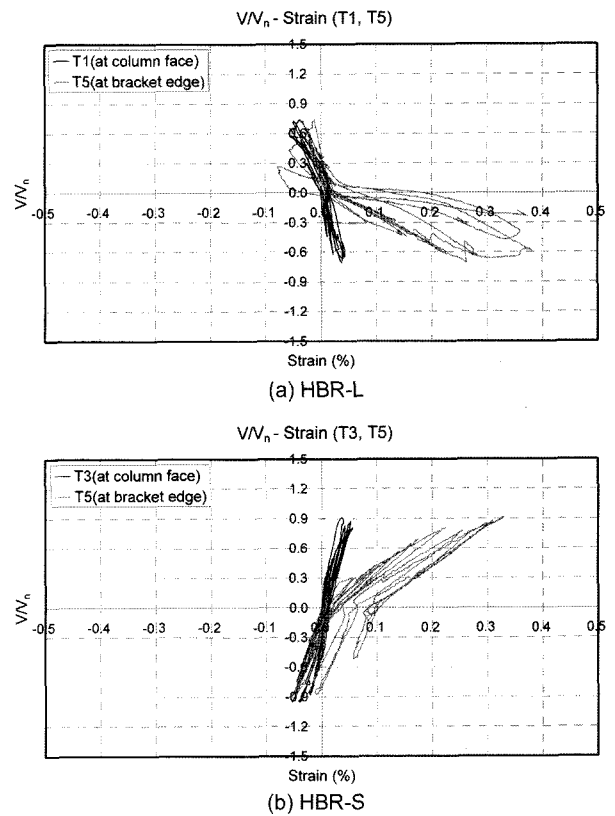


Fig. 27  $VV_{n, \text{equivalent}}$ -strain(%) curves for H-bracket type specimens

변형률 (%)의 관계를 나타내었다. Fig. 27에는 HBR-L 실험체 및 HBR-S 실험체의 보-기둥 접합부에서의 변형률과 브라켓 단부에서의 변형률을 함께 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, H형강 브라켓 부착형 실험체의 보-기둥 접합부에 발생하는 철근의 변형률은 약 0.05% 내외로 탄성 범위 내에 머무르고 있으나, 브라켓 단부의 철근에 큰 변형률이 발생함을 알 수 있다. 이와 같이 브라켓 단부의 철근에서 큰 변형이 발생한 현상은 Fig. 23의 실험체의 파괴 양상에서도 유사하게 나타났음을 알 수 있다. 실험에서 종국적인 파괴는 보 단부 지지점의 손상으로 영향을 받았지만, 브라켓 단부에 변형이 크게 발생한 후에 지지점이 손상되었다. 따라서 H형강 브라켓 부착형 실험체는 브라켓 단부에서의 콘크리트가 취약해 질 가능성이 있으므로 보 단부 지지점의 손상을 배제한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

SRC 기둥-RC 보 접합부 강축 방향 실험체에 대한 실험 결과로부터 얻어진 결론은 다음과 같다.

- 1) 넓은 보 단면 및 T형 보 단면 실험체들이 H형강 브라켓 부착형 실험체에 비해 대체로 우수한 구조적 거동을 보여주었으며, 설계 내력을 상회하는 내력을 보유하고 있었다.
- 2) T형 보 단면을 갖는 실험체로서 보 주근의 일부를 슬래브의 유효폭 내에서 통과시키고 일부 철근은



- 연결 철판에 용접하여 집합하는 실험체인 RCT-W 실험체가 최대 내력, 최대 내력 도달 이후 강도 저하 등 전반적인 측면에서 다른 집합 형태를 갖는 실험체에 비해 우수한 구조 성능을 보유하고 있었다.
- 3) 에너지소산 능력 평가 결과, 넓은 보 집합 형태인 RCT-W, RCW-F 실험체가 가장 우수한 능력을 보유하고 있으며, 기타 실험체들은 모두 유사한 에너지 소산 능력을 보유하고 있었다.
  - 4) 현장에서 많이 사용 중인 넓은 보 집합 방식 (주근 통과형, 연결 철판 부착형, 연결 철판과 현장 주근 용접형) 및 일반 T형 보 단면을 갖는 연결 철판 부착형으로써 철근 일부를 슬래브의 유효폭 내에서 통과시키고 일부 주근은 연결 철판에 용접하는 형식은 그 구조 성능이 모두 요구하는 구조 성능 이상인 것으로 판단되어 현장에서의 적용에 무리가 없는 것으로 판단된다.
  - 5) H형강 브라켓 부착형 집합부를 갖는 실험체들은 넓은 보 단면을 갖는 실험체에 비해 다소 낮은 구조적 거동을 보여주었으며, 특히 두 실험체 모두 설계 내력에 미치지 못한 최대 내력을 보여 주었다. 또한, 최대 내력 도달 이후 급격한 하중 저하를 나타내며 취성적인 거동을 보였다.

### 감사의 글

이 논문은 2005년도 충남대학교 학술연구비 지원과 삼성물산(주) 건설부문의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

1. 日本建築學會, 鐵骨鐵筋コンワリート造配筋指針・同解説, 日本建築學會, 1996.
2. 김종호, “역타공법(Top Down Method) 및 지하층 공사 시 선설치 시공된 강재 기둥과 RC 보의 집합부 설계”, 한국강구조학회지, 10권 2호, 1998, pp.142~150.
3. 주영규, 천성철, “지하 구조물의 철골철근콘크리트 기둥과 철근콘크리트 보 집합부의 구조 성능 평가”, 대한건축학회 논문집, 19권 2호, 2003, pp.17~24.
4. 한국콘크리트학회, “콘크리트 구조설계기준”, 한국콘크리트학회, 2003.
5. ACI Committee 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, American Concrete Institute, 2002.
6. ACI Committee 352, *Recommendations for Design of Beam Column Joints in Monolithic Reinforced Concrete Structures (352-R91)*, American Concrete Institute, 1991.
7. ACI ITG/T1, *Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing*, American Concrete Institute, 1995.
8. 대한건축학회, 강구조한계상태설계기준 및 해설, 대한건축학회, 1997.
9. Hawkins, N. and Ghosh, S. K., “Proposed Revisions to 1997 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for Precast Concrete Structures Part 2-Seismic Force Resisting Systems”, *PCI Journal*, Vol.45, No.5, 2000, pp.34-45.
10. Park, R., “Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing State of the Art Report”, *Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering, Vol.VII*, Tokyo-Kyoto, Japan, Aug. 1988, pp.605~616.

**요 약** 본 연구는 국내 현장에서 적용되고 있는 SRC 기둥-RC 보 강축 방향 집합부의 구조 성능을 평가하기 위하여 국내 현장 조사 및 기존 연구 자료를 기초로 집합부 상세를 분류하였고, 6개의 실험체를 제작하여 구조 실험을 수행하였다. 실험 결과로부터 하중-변위 이력 및 최대 내력 도달 이후의 내력 저하 등에 대한 거동을 비교·분석하였다. 그 결과 넓은 보 단면 (RCW-P, RCW-W, RCW-F) 및 T형 보 단면 (RCT-W) 실험체들이 H형강 브라켓 부착형 실험체 (HBR-L, HBR-S)에 비해 대체로 우수한 구조적 거동을 보여주었으며, 설계 내력을 상회하는 내력을 보유하고 있었다. 또한 현장에서 적용하여도 무리가 없는 것으로 판단된다. 특히, T형 보 단면 (RCT-W)을 갖는 실험체가 최대 내력 및 최대 내력 도달 이후 강도 저하 등 전반적으로 다른 집합 형태를 갖는 실험체에 비해 우수한 구조 성능을 보유하고 있었다. 그리고 H형강 브라켓 부착형 실험체들 (HBR-L, HBR-S)은 설계 내력에 미치지 못한 최대 내력을 보여 주었고 최대 내력 도달 이후 급격한 하중 저하를 나타내며 취성적인 거동을 보였다.

**핵심용어** : 역타공법, SRC 기둥-RC 보 집합부, 연결 철판, H형강 브라켓, 현장 용접