

# 외부스티프너와 철근으로 보강한 CFT 기둥-H형강 보 접합부의 거동

Behavior of Concrete-Filled Tube Column to H-Beam Connections  
with External Stiffeners and Reinforcing Bar

강 창 훈<sup>1)</sup> · 신 경 재<sup>2)</sup> · 오 영 석<sup>3)</sup> · 문 태 설<sup>4)</sup>

Kang, Chang-Hoon Shin, Kyung-Jae Oh, Young-Suk Moon, Tae-Sup

요 약 : 본 논문은 콘크리트충전 각형강관 기둥-H형강보 접합부로서 기둥을 관통하는 철근과 T-스티프너를 외부에 보강한 새로운 접합부상세를 제안하고, 5개의 십자형 접합부 실험체를 역대칭 반복가력 실험하였다. 실험변수는 T-스티프너의 길이(200, 250mm), 철근의 직경(HD16, 19)이다. 실험결과, T-스티프너 길이의 증가가 철근의 강도비 증가보다 내력 및 강성에 미치는 영향이 보다 크고, T-스티프너의 보강만으로도 보통교형의 안정적인 이력거동을 나타내었다. 또한, T-스티프너와 강관 코너부의 용접 시에는 취성파괴의 가능성이 주의하고, 본 논문에서 제안한 용접방법을 따르는 것이 적절할 것으로 판단된다.

ABSTRACT : This paper is a study on the behavior of Concrete-Filled Square Tubular(CFST) column to H-beam connections reinforced with external stiffeners and reinforcing bar. The cyclic loading tests of 5 test specimens were carried out. The main parameters are as follows: 1)the length of the stiffener: 200mm, 250mm , 2)the diameter of reinforcing bar: HD16, 19. The results of the researches demonstrate that the increase of the stiffener length was more effective than the increase of the area of reinforcing bar in the point of both strength and stiffness. By reinforcing external stiffeners, stable hysteretic behavior was shown and plastic hinge was formed on the beam flange. Cold-formed tube sections should be used carefully to avoid the welding fracture at the round corners of section, and the proposed welding methods are suitable for this connections.

핵심용어 : 콘크리트충전 각형강관, 기둥-보 접합부, 외부스티프너

KEYWORDS : Concrete Filled Tube, column to beam connections, External stiffener

1) 한양대학교 건축공학과 박사과정

2) 한남대학교 건축공학과 교수

3) 대전대학교 건축공학과 교수

4) 한양대학교 건축공학과 교수, 포항제철(주) 석좌교수

본 논문에 대한 토의를 2000년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서 론

콘크리트총전 각형강관 구조는 많은 연구를 통하여 구조적으로 우수한 구조임이 입증되어 현재, 국내·외적으로 활발한 연구와 현장적용이 이루어지고 있다. 그러나 각형강관 단면의 폐쇄성과 총전콘크리트의 존재로, 기둥-보 접합부상세가 복잡하고 다양한 형태의 접합부상세가 개발되어 있지 않다는 문제점을 안고 있다. 본 연구는 총전성 향상을 위해 내부에 다이아프램을 설치하지 않는, 새로운 콘크리트총전 각형강관 기둥-H형강보 접합부상세의 개발을 위한 계획된 연구로, 이미 강관기둥을 관통하는 철근과 강판으로 보강된 접합부<sup>(1), 2, 3)</sup>를 개발하였다. 그러나 철근만으로 보강된 접합부에서는 역대칭 가력시, 편침효과(pinch effect)에 의한 강성저하 현상이 두드러지게 발생하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 보플랜지와 연결되는 수평스티프너와 기둥 플랜지와 연결되는 수직스티프너로 구성되는 T-스티프너로, 접합부의 외부를 보강하는 새로운 접합부상세를 개발하고 1차 실험<sup>(4)</sup>을 수행하였다. 1차 실험 결과, T-스티프너의 보강으로, 철근만으로 보강된 접합부의 편침효과(pinch effect)에 의한 강성저하 현상은 나타나지 않았으나, 일부 T-스티프너 보강 실험체에서 수직스티프너와 강관코너부 용접부에서의 취성파괴가 발생하였다. 본 연구는 T-스티프너 접합부의 취성파괴를 방지하고 강성 및 강도의 측면에서 강철(rigid)의 접합부로서 안정적인 이력거동을 확보할 수 있는 새로운 용접방법과 적정한 스티프너의 길이와 높이를 제시하고자 한다.

## 2. 재료 시험

### 2.1 강재의 인장강도 시험

실험체 제작에 사용된 강재의 역학적 성질을 파악하기 위하여 KS B 0801의 금속재료 인장시험편 규정에 따라 인장시험편을 제작한다. 각형강관 기둥은 용접부를 제외한 단면의 평판부에서 시험편을 절취하고, H형강은 플랜지와 웨브에서 시험편을 절취하여 제작한다.

강재의 재질은 각형강관의 경우 SPSR400급이고, H형강의 경우 SS400급이며, 철근은 SD40급의 고강도 철근이다. 강재와 철근의 인장강도 시험결과는 각 시험편의 시험결과를 평균하여 표 1과 그림 1에 나타내었다.

표 1. 강재 인장강도 시험결과

시험체	$\sigma_y$ (t/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (t/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_y / \sigma_u$	$\epsilon_y$ ( $\times 10^{-6}$ )	Elo. (%)
SC9	3.75	4.89	0.77	3838	22
HW6.5	3.92	4.87	0.80	2010	23
HF9	3.32	4.76	0.70	2000	36
RB16	4.29	6.46	0.66	3585	18
RB19	4.34	6.31	0.68	2704	23

SC9 — 두께 또는 직경 (mm)

— 강종(SC : 각형강관, H : H형강, RB : 철근)

$\sigma_y$  : 항복점  $\sigma_u$  : 인장강도  $\sigma_y / \sigma_u$  : 항복비

$\epsilon_y$  : 항복변형도 Elo. : 연신율

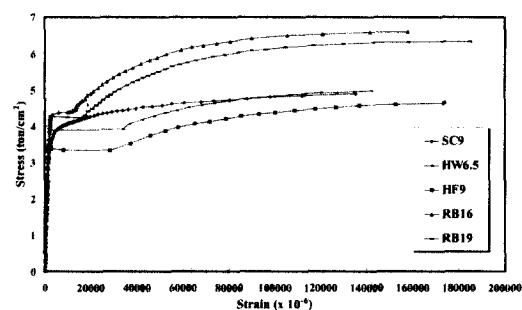


그림 1. 강재의 응력도 변형도 관계 곡선

### 2.2 콘크리트 압축강도 시험

실험체 제작에 사용된 콘크리트는 설계기준강도 210kg/cm<sup>2</sup>, 굵은골재 최대치수 25mm, 슬럼프 12cm인 레미콘을 사용하였다. 콘크리트의 탄성계수는 응력도-변형도 곡선에서 최대응력의 1/3에 해당하는 응력에 대한 할선계수로 하고, 압축시험 결과는 표 2에 나타내었다.

표 2. 콘크리트 압축강도 시험결과

설계기준강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$E_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Slump (cm)
210	234	$2.27 \times 10^5$	12

$f'_c$ : 콘크리트 압축강도     $E_c$ : 콘크리트 탄성계수(활선계수)

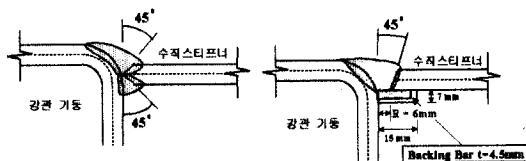
### 3. 실험

#### 3.1 실험체 계획

실험체는 T-스티프너만으로 보강된 스티프너형, T-스티프너와 철근으로 보강된 철근보강형의 2가지 형태로 계획을 한다. T-스티프너는 보플랜지에 연결되는 수평스티프너와 기둥플랜지에 연결되는 수직스티프너를 맞댐용접하여 구성되고 보플랜지를 기둥플랜지에 용접한 후, 수평스티프너를 보플랜지와 K형 개선 후 맞댐용접한다. 그리고 T-스티프너 접합부 1차 실험<sup>(4)</sup>에서 발생된 일부 실험체의 실험수직스티프너와 강관 코너부의 취성파괴를 예방하기 위하여, 1차 실험에서는 수직스티프너를 기둥플랜지 평판부 최외단에 위치시키고 K형 개선 후 맞댐용접하였으나, 본 실험에서는 수직스티프너의 외부면을 기둥웨브의 중심선에 위치시키고, 수평스티프너에 스캐립을 두고 수직스티프너와 강관플랜지를 뒷받침쇠(backing bar)를 이용하여 그림 2와 같이 맞댐용접한다.

실험체 제작에 사용된 기둥은 SPSR400급의 □-250×250×9, 보는 SS400급의 H-300×150×6.5×9, 철근은 HD16, HD19를 이용하고 T-스티프너는 200(250)×37×9(mm)의 수평스티프너와 높이 200, 길이 200, 250의 사다리꼴형 수직스티프너로 구성되며 두께는 9mm이다.

실험의 주요변수로는 첫째, 보플랜지에 대한 철근의 강도비로 산정하여, 57%, 83%로 계획을 하고 둘째, 수평스티프너의 보플랜지방향의 길이로 200, 250mm로 계획하였다. 실험체 일람은 표 3에 나타내었고, 접합부 및 T-스티프너의 상세는 그림 3에, 실험체 형상 및 치수는 그림 4에 나타내었다.



(a) 1차 실험<sup>(4)</sup>

(b) 본 실험

그림 2. 용접부상세

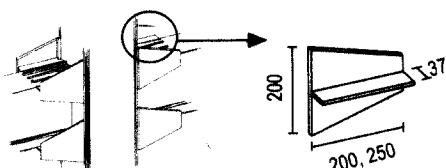


그림 3. 접합부상세 및 T-스티프너

표 3. 실험체 일람표

실험체명	관통요소	수직 스티프너	수평 스티프너
RB16T200	HD16	200×80(200)	200×37×9
RB19T200	HD19	200×80(200)	250×37×9
RB19T250	HD19	200×80(250)	250×37×9
ST200	-	200×80(200)	200×37×9
ST250	-	200×80(250)	250×37×9

RB16T200  
 └─(T200:스티프너 길이 200mm, T250:250mm)  
 └─(철근의 직경)  
 └─(RB:철근보강형, ST:스티프너형)

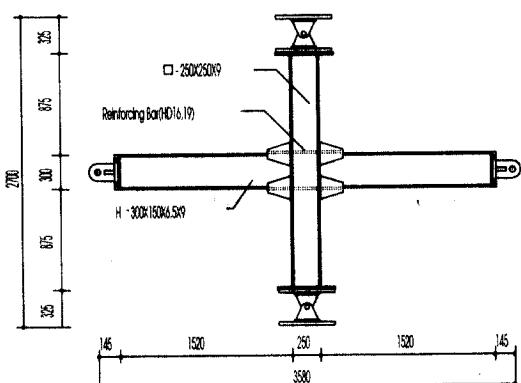


그림 4. 실험체 형상 및 치수

### 3.2 가력 및 측정방법

실험체는 가력 프레임을 사용하여 각형강관 기둥의 상하단에 힌지 구좌를 설치, 구속 조건을 편으로 하고, 가력부인 보의 양 선단부에도 가력용 힌지 구좌를 설치하여 오일잭 상하단에서 회전이 가능하도록 한다. 또한, 가력점인 보의 양 선단부의 가력 힌지구좌는 H형강의 전단중심에 일치시켜 가력시 보에 면외좌굴이 발생하지 않도록 설치하였다.

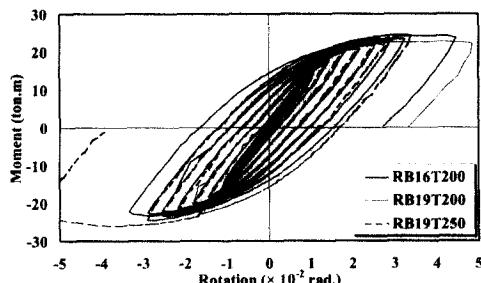
가력방법은 무축력 상태에서, 점증변위제어 방법으로 하중을 제어하며 역대칭 반복가력 한다.

하중의 측정은 인장·압축 복동식 로드셀을 사용하고, 9개의 변위계를 이용하여 가력부인 보의 양 선단부의 변위와 보-기둥 접합부의 회전각, 패널존의 전단변형 및 기둥 단부의 회전각을 측정한다. 또한, 패널존과 스티프너의 단부 등 주요 부위에 W.S.G.를 부착하여 변형도 분포를 파악한다.

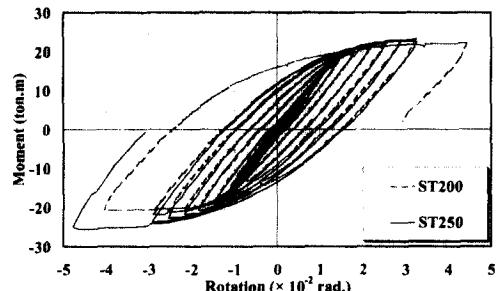
### 3.3 실험 결과

각 실험체의 모멘트-회전각 관계곡선은 그림 5에 나타내었다.

항복내력 및 초기회전강성은 철근의 강도비가 증가할수록, T-스티프너의 길이가 증가할수록, 다소 증가하는 것으로 나타났다. 실험체 파괴모드는 모든 실험체는 H-형강 보의 국부좌굴에 의해 최대내력이 결정되었다.



(a) 철근보강형



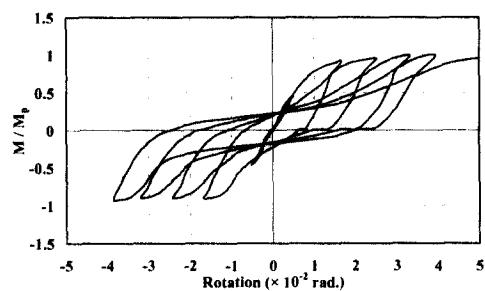
(b) 스티프너형

그림 5. 하중-변위관계 곡선

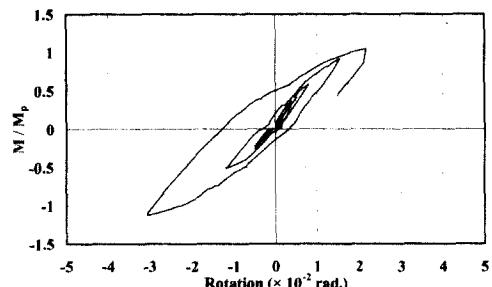
### 4. 분석 및 고찰

#### 4.1 모멘트-회전각 관계

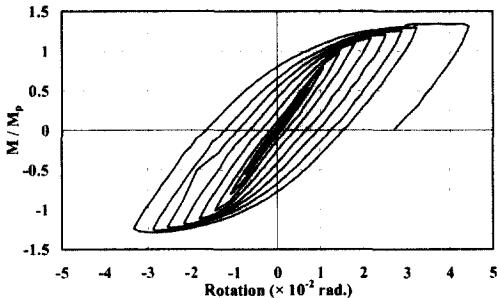
대표적인 실험체의 모멘트-회전각 관계곡선을 그림 6에 나타내었다. 그림에서 세로축은 기둥플랜지에 작용하는 모멘트를 나타내고 가로축은 가력점의 수직 변위를 가력점에서 기둥플랜지까지의



(a) RB16



(b) RB16T100



(c) RB16T200

그림 6. 모멘트-회전각 관계곡선

거리로 나눈 부재회전각을 나타내며,  $M_p$ 는 보의 전소성모멘트를 나타낸다.

그림에서 (a)는 T-스티프너 없이 HD16 철근만을 보강한 실험체<sup>(1), (2), (3)</sup>이고, (b)는 T-스티프너 접합부 1차 실험<sup>(4)</sup> 중 HD16 철근과 수직스티프너 높이 100mm, 수평스티프너 길이 100mm의 T-스티프너로 보강된 실험체이며, (c)는 HD16 철근과 수직스티프너 높이 200mm, 수평스티프너 길이 200mm의 T-스티프너로 보강된 실험체의 무차원화 모멘트-회전각 곡선이다. 철근만으로 보강된 실험체는 보의 전소성모멘트 값을 상회하여 최대내력에 도달하지만, 편침효과에 의한 강성저하 현상이 두드러지게 나타났다. 이는 관통 철근과 충전콘크리트와의 부착력 상실과 충전콘크리트의 압괴 등이 복합적으로 작용한 때문으로 판단된다. 그리고 T-스티프너 1차 실험 접합부는 수직스티프너의 외측과 강관웨브의 내측이 일치하도록 용접되어 편심모멘트를 유발하고. 강관 코너부의 높은 잔류응력의 영향과 용접에 의한 열응력으로 취약해진 강관의 뚫림전단(punching shear)에 의한 취성파괴의 양상을 나타내고 있다. 그러나 개선된 용접법과 길이를 증가한 T-스티프너 실험체는 보의 전소성모멘트를 훨씬 상회하고, 편침효과에 의한 강성저하 현상이나 강관 코너부의 취성적인 파괴 없이 안정적인 방추형의 이력곡선을 나타내고 있다.

## 4.2 내력 및 회전강성

각 실험체의 항복 및 최대모멘트, 초기회전강성을 표 5에, T-스티프너의 보강효과를 그림 7에 나타낸 것이다.

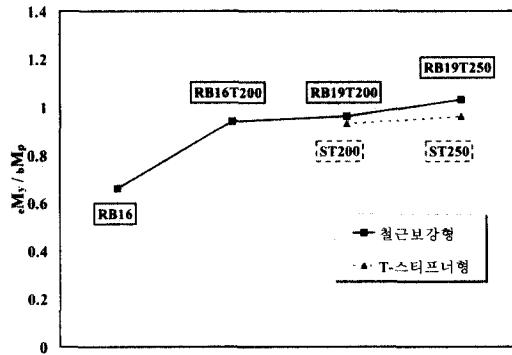
표 5. 내력 및 회전강성

실험체	$eM_y$ (t · m)	$eM_u$ (t · m)	$K_i$	$eM_y/bM_p$	$eM_u/bM_p$
RB16 <sup>(4)</sup>	10.96	16.87	8.30	0.66	1.02
RB16T200	16.98	24.18	15.51	0.94	1.34
RB19T200	17.21	22.66	15.63	0.96	1.26
RB19T250	18.49	26.02	16.42	1.03	1.45
ST200	16.75	23.11	13.89	0.93	1.28
ST250	17.23	25.59	14.23	0.96	1.42

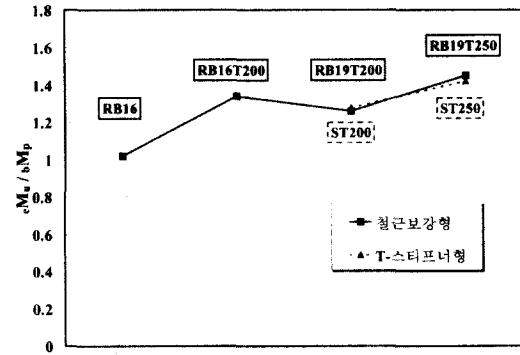
$eM_y$  : 실험치 항복모멘트       $eM_u$  : 실험치 최대모멘트

$K_i$  : 초기회전강성

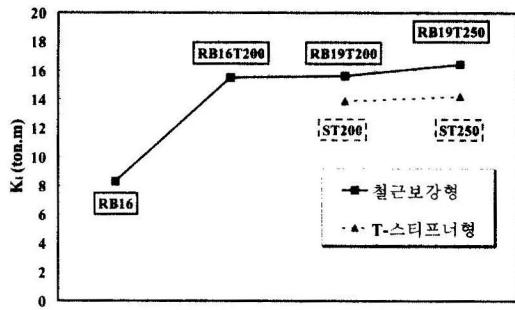
$bM_p$  : 보의 전소성모멘트



(a) 보의 전소성모멘트에 대한 항복내력비



(b) 보의 전소성모멘트에 대한 최대내력비



(c) 초기회전강성

그림 7. T-스티프너의 보강효과

그림 7 (a)는 보의 전소성모멘트에 대한 실험치 항복내력의 비( $\epsilon M_u / \epsilon M_p$ )를 나타낸 것이다. 길이 200mm의 T-스티프너와 HD16으로 보강된 RB16T200의 항복내력은 T-스티프너가 없이 HD16만으로 보강된 RB16보다 42% 높게 나타났다. 그러나 길이 200mm의 T-스티프너로 보강된 T200계열 실험체의 경우, 철근의 강도비(또는 단면적)를 증가시켜도, 항복내력비는 거의 일정한 것으로 파악되었고, 동일한 단면적의 철근에 대하여 T-스티프너의 길이를 200mm에서 250mm로 증가시켜도, 항복내력비의 증가는 3%~7%로 미미한 것으로 나타났다.

항복내력의 관점에서는, 철근보강 없이, 길이 200mm의 T-스티프너의 보강만으로도 보의 전소성모멘트에 근접한 항복내력을 보유할 수 있을 것으로 판단된다.

그림 7 (b)는 보의 전소성모멘트에 대한 실험치 최대내력의 비( $\epsilon M_u / \epsilon M_p$ )를 나타낸다. 길이 200mm의 T-스티프너와 HD16으로 보강된 RB16T200의 최대내력은 T-스티프너가 없이 HD16만으로 보강된 RB16보다 31% 높게 나타났다. 그러나 철근의 단면적이 증가된 RB19T 200의 최대내력비가 RB16T200보다 6%정도 작게 평가되었는데, 이는 항복이후, 최대내력 근방에서 실험체의 불안정으로 보의 비틀림이 발생하였기 때문이다. T-스티프너로 보강된 T200과 T250계열 실험체의 경우, 철근의 유무에 상관없

이 모든 실험체가 보의 국부좌굴에 의해 최대내력이 결정되었다.

최대내력의 관점에서, 철근의 보강 없이, 길이 200mm의 T-스티프너의 보강만으로도 보봉괴형의 안정적인 거동을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

그림 7 (c)는 각 실험체의 초기회전강성을 비교한 것이다. RB16T200의 초기강성은 RB16보다 87% 높게 나타났다. T-스티프너200계열 실험체의 경우, 보플랜지에 대한 철근의 강도비 57%인 HD16의 보강으로 12%의 초기회전강성의 증가를 나타낸다. 그러나, 강도비 83%인 HD19의 보강으로 13%의 초기강성의 증가를 나타내어, 강도비 57%이상의 관통요소의 보강은 초기회전강성의 증가에 효과가 없는 것으로 파악된다. T-스티프너250계열 실험체의 경우, HD19의 보강으로 15%의 초기강성의 증가를 나타내어 T200계열과 유사한 경향을 보이고 있다. 그러나 동일한 단면적의 철근에 대해 T-스티프너의 길이를 200mm에서 250mm로 증가시키면, 초기강성의 증가는 5%정도로 미미한 것으로 나타난다. 초기회전강성의 관점에서, T-스티프너의 길이는 200mm가 적절하고 T-스티프너와 함께 보강되는 철근의 단면적은 강도비로 환산하여 50%정도가 적절한 것으로 판단되며 보플랜지에 대한 강도비가 동일한 철근의 초기회전강성에 대한 기여도의 차이는 없는 것으로 파악된다.

내력 및 초기회전강성을 분석한 결과, 접합부 항복내력 및 최대내력의 관점에서는 길이 200mm의 T-스티프너 보강만으로도 보봉괴형의 안정적인 접합부를 얻을 수 있으나, T-스티프너와 함께 보강되는 철근의 초기강성에 대한 기여도를 고려하여, 보플랜지에 대한 철근의 강도비로 50%정도 보강하는 것이 안정적인 내력 및 초기회전강성 확보에 적절한 것으로 판단된다. 또한 보플랜지에 대한 강도비가 동일한 철근의 초기회전강성에 대한 기여도의 차이는 없는 것으로 파악된다.

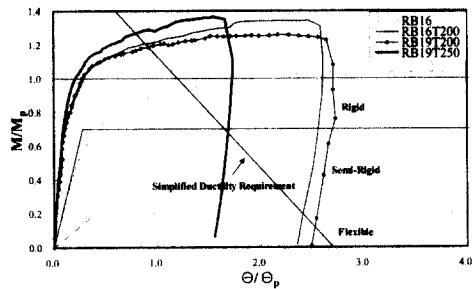
### 4.3 접합부의 분류

각 실험체의 모멘트-회전각 관계곡선을 단조화하여, Bjorhovde(1990)에 의한 분류방법<sup>(5)</sup>과 Eurocode3(1992, 이하 EC3)에 의한 분류방법<sup>(6)</sup>에 의해 각 실험체를 분류한다. Bjorhovde에 의한 분류방법은 구조시스템과 구조부재가 선택되지 않은 경우에도 먼저 접합부의 분석이 가능하고, 접합부의 회전능력의 요구치를 제안하고 있으나, 강접합으로서 요구되는 강도의 한계를 보의 전소성모멘트의 70%로 EC3의 100%보다 작게 규정하고 있다. 반면, EC3은 골조의 하중전달능력에 기초하여 접합부를 분류하므로, 구조시스템과 구조부재에 대한 정보가 알려진다면, 보다 합리적인 분류방법이다. 그러나 EC3에서는 Bjorhovde와는 달리 접합부의 회전능력의 요구치가 제안되어 있지 않고 강성면에서 강절에 대한 요구치가 지나치게 높게 설정하고 있다<sup>(6)</sup>. 일반적으로 골조전체의 회전각은 크게 보, 기둥, 패널존, 그리고 국부변형에 의한 회전각 등으로 나타난다. 따라서 접합부의 적절한 분류를 위해서는 접합부만의 변형을 대상으로 하여야 한다. 본 연구에서는 접합부의 회전각은 보 단부에서 측정된 전체 회전각에서 보의 탄성변형에 의한 회전각과 기둥의 탄성변형에 의한 회전각을 뺀 값으로 산정하였다.

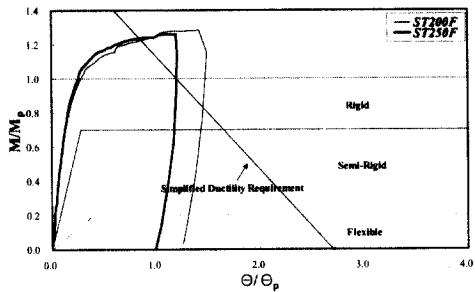
#### 4.3.1 Bjorhovde의 분류법

Bjorhovde는 보와 접합부의 강성비를 고려하여 세 영역으로 분류하였는데, 접합부의 초기강성  $K_i = E \cdot I / \alpha d$ 로 제시하고,  $\alpha \leq 2$ 를 편,  $2 < \alpha < 10$ 을 반강절,  $\alpha \geq 10$ 의 범위를 강절로 평가하였고,  $\theta_p$ 는 보에 접합부와 동일한 강성을 부여한 기준길이(reference length) 5d로 구하였다.

Bjorhovde의 분류방법에 의하면 그림 8과 같이 RB16실험체를 제외한 그 이외의 모든 실험체가 초기강성 및 최대내력 측면에서 강절영역에 속하는 것으로 나타났다. RB16실험체는 내력 측면



(a) 칠근보강형



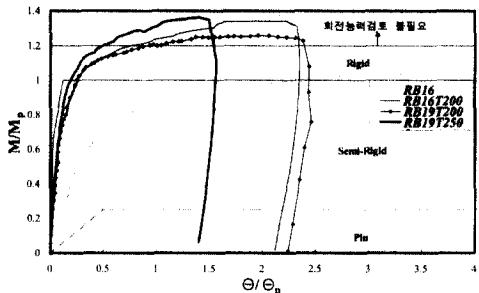
(b) 스티프너형

그림 8. Bjorhovde의 분류법

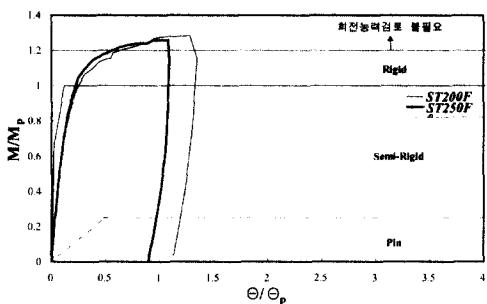
에서는 강절영역에 속하나, 초기강성은 반강절로 분류되는데, 본 실험체는 T-스티프너 없이 칠근으로만 보강된 실험체로 보풀랜지에 대한 철근의 강도비가 58%로 철근의 강도비가 다소 작기 때문에으로 사료된다. RB16실험체를 포함한 모든 실험체가 연성요구치를 만족하였다.

#### 4.3.2 Eurocode3의 분류방법에 의한 고찰

EC3에서는 접합부 초기강성은 강절, 반강절, 편으로 나누고 있으며, 접합부 최대내력에 따라 rigid, semi-rigid, pin으로 분류하고 있고, 골조의 브레이스(보강) 유무에 따라 분류조건이 다르다. 접합부의 최대 모멘트가 보의 전소성모멘트의 1.2배가 될 때는, 소성현지가 접합된 보에서 형성되는 것으로 보아 접합부 회전성능을 검토할 필요가 없다.



(a) 철근보강형



(b) 스티프너형

그림 9. Eurocode3의 분류법

EC3의 분류 방법에 의하면 그림 9와 같이 모든 접합부는 최대내력 측면에서는 강철이나, 초기 강성 측면에서는 반강철로 평가되었다. 비록, 강성 면에서 강절영역에 도달하지 못하고 있으나 EC3의 강성면에서의 엄격함<sup>(6)</sup>을 고려한다면, T-스티프너와 함께 철근이 보강된 실험체는 상당히 강절에 근접한 거동을 보이고 있다. 그리고 RB16의 접합부의 경우 접합부의 최대모멘트가 전소성모멘트의 1.04배로 회전능력에 대한 검토가 요구되나, 모멘트-회전각 관계곡선과 이력거동으로 볼 때 회전능력은 충분한 것으로 판단된다. 그 이외의 모든 실험체는 최대 모멘트가 보의 전소성모멘트의 1.2배를 상회하는 보봉괴형의 이력거동을 나타내고 있다.

## 5. 결 론

1) T-스티프너를 접합부 외부에 보강함으로써,

철근만으로 보강된 실험체에서 발견된 편창현상에 의한 강성저하 없이 안정적인 방추형의 이력거동을 나타내었고, 축성파괴를 방지할 수 있는 개선된 용접방법을 제안하였다.

- 2) 철근만으로 보강된 실험체에 비해, T-스티프너가 추가적으로 보강된 실험체에서는 최대내력이 19%~31%, 초기강성이 52%~82% 증가하였고, T-스티프너만으로 보강된 실험체에서는 내력의 변화 없이, 회전강성이 12%~14%정도 증가하였다. 접합부의 내력 및 초기 강성에 대한 기여도는 T-스티프너가 철근보다 더 큰 것으로 판단된다.
- 3) 철근의 보강유무에 관계없이, T-스티프너로 보강된 모든 실험체는 Bjorhovde의 분류방법에 의하면 강접합으로 분류되고, 회전능력요구치를 상회하였다. 또한 Eurocode3의 분류방법에서는 최대내력이 보의 전소성모멘트의 1.2배를 상회하여 강도면에서 강접합으로 분류되고 강성면에서도 강접에 상당히 근접한 반강접으로 분류되었다.
- 4) 내력의 관점에서 높이 200mm와 길이 200mm의 T-스티프너의 보강만으로 보봉괴형의 접합부를 얻을 수 있었으나, 철근의 초기 강성에 대한 기여도를 고려하면 보플랜지에 대한 강도비를 50%정도 보강하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

## 감사의 말

본 연구는 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터(STRESS)의 후원과 포항제철(주)의 석좌교수 기금으로 수행한 연구입니다.

## 참 고 문 헌

- (1) 문태섭, 이승준, 오영석, 신경재, 유영찬, 철근으로 보강한 콘크리트 충전 각형강관 기둥-H형강보 접합부의 거동, 한국강구조학회논문집

- 집, 제9권 제3호 1997, pp. 377-389
- (2) 문태섭, 오영석, 신경재, 유영찬, 강판으로 보강한 콘크리트 충전 각형강관 기둥-H형강보 접합부의 거동, 한국강구조학회논문집, 제10권 제2호, 1998, pp. 161-175
- (3) 유영찬, 콘크리트충전 각형강관 구조의 거동에 관한 연구, 한양대학교 박사학위논문, 1997
- (4) 문태섭, 오영석, 신경재, 강창훈, 이정훈, T형 스티프너를 갖는 철근·강판보강형 콘크리트 충전 각형강관 기둥-H형강보 접합부의 거동, 한국강구조학회 학술발표대회 논문집, 1998 pp. 139-144
- (5) Bjorhovde, R. and Brozzetti, J., Classification system for beam-to-column connections, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 116, No. 11, 1990, pp. 3059-3076
- (6) Yoshiaki Goto, and Miyashita, Classification system for rigid and semi-rigid connections, Journal of Structural Engineering, ASCE Vol. 124, No. 7, 1998, pp. 750-757
- (7) W.F. Chen, Yoshiaki Goto, and J.Y. Richard Liew, Stability design of semi-rigid frames, John Wiley & Sons, inc., 1996
- (8) 福元敏之, 澤本佳和, 森田耕次, 高强度材料を用いたコンクリート充てん角形鋼官柱・鐵骨ばかりの外部補強形式任口に関する研究, 日本建築學會構造係論文集, 第519号, 119-126, 1999年 5月

(접수일자 : 1999년 10월 7일)