

# 반복하중을 받는 TEC-BEAM 철골브라켓 접합부 거동평가

## Structural Behaviour of TEC-BEAM Connection with Steel Column Under Cyclic Loading

주 영 규<sup>1)</sup> · 김 지 영<sup>2)</sup> · 김 명 한<sup>3)</sup> · 정 광 량<sup>4)</sup> · 김 상 대<sup>5)</sup>  
*Ju, Young Kyu Kim, Ji Young Kim, Myeong Han Jung, Kwang Ryang Kim, Sang Dae*

요 약 : 고층 건물의 층고를 줄이기 위해, 역 T형강, PC 콘크리트 그리고 현장타설 콘크리트 슬래브로 이루어진 새로운 합성보로써 TEC-BEAM이 개발되었다. TEC-BEAM은 이전에 단순보 실험이 수행되었고, 우수한 거동을 보였다. 그러나 현장적용을 위해서는 TEC-BEAM의 상부주근을 정착시키기 위해 철골 브라켓을 이용하는 모멘트저항 접합부 상세가 요구되었다. 본 논문에서는 TEC-BEAM 접합부에 대한 3개의 실험체를 실험하였고 실험변수는 (1)횡철근 간격, (2)브라켓 길이에 대한 철근의 배근폭비이다. 실험체는 Eurocode 4에 의한 Semi-Rigid Full Strength 접합부로 분류되었다. 실험결과로부터 제안된 시스템은 우수한 성능을 보이며 현장에서 적용될 수 있다.

ABSTRACT : To reduce the story height for high-rise buildings, the TEC Beam is developed as a new composite beam composed of structural tee, precast concrete, stirrup, and site-in-cast reinforced concrete slab. The preliminary test of the proposed system was performed for simple beams and it showed a good behavior. However, for the field application of the system, it is required to develop a steel moment resisting connection using steel brackets on which upper rebars of the TEC BEAM are anchored. In this paper, three types of the proposed system are experimentally investigated. The parameters of the test are as follows: (1) the spacing of transverse bars, (2) the ratio of width of rebar's layer to bracket length. Specimens were classified as semi-rigid full strength by the Eurocode 4. It could be concluded that the proposed moment resisting system shows a good structural behavior and may be applicable in the field.

핵심 용어 : TEC-BEAM, 고층건물, 철골접합부, 내진 실험

KEYWORDS : TEC-BEAM, Tall Buildings, Steel Bracket Connection, Seismic Test

### 1. 서론

최근 고층 주상복합건물의 증가로 대지의 효율적 사용과 재료의 경제적 소모를 층고절감을 통해 해결하려는 데 관심이 높아지고 있다. 층고를 절감하기 위하여 유럽에서는 Slim floor<sup>(11)</sup>가 개발되었고 국내에서는 TEC-BEAM을 개발하였다. Slim floor는 전체 바닥판의 두께를 줄여 층고를 감소시키는 반면 TEC-BEAM은 역T형강(Structural Tees)의 웹을 콘크리트 슬래브에 일부 매립하여 층고를 절감하고 있다.

또한 TEC-BEAM은 정모멘트 작용시 중립축 위치인 상부 플랜지를 제거하여 물량을 줄이며 역T형강 하부에 PC콘크리트를 타설하고 스티럽과 웹상부의 전단스티드를 통하여 현장타설 콘크리트와 일체화하였다.<sup>(8),(9),(10)</sup>

일반적인 철골보-철골기둥의 접합부는 시공상 분류에 따라 현장접합과 철골브라켓으로 크게 나누며, 구속정도에 따라 LRFD A2.2와 ASD A2.2에서 완전구속(Fully Restrained), 단순골조(Simple framing), 부분구속(Partially Restrained)의 세 가지 타입으로 나누어진다. 완전구속의 경우 그림 2와 같이 a)기둥 플랜지에 용접 접합하는 경우, b)볼트 접합하는 경우,

1) 정희원, (주)대우건설기술연구소 선임연구원, 공학박사  
2) 정희원, (주)대우건설기술연구소 주임연구원  
3) 정희원, (주)동양구조안전기술 연구실장, 공학박사  
4) 정희원, (주)동양구조안전기술 소장  
5) 정희원, 고려대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 2002년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

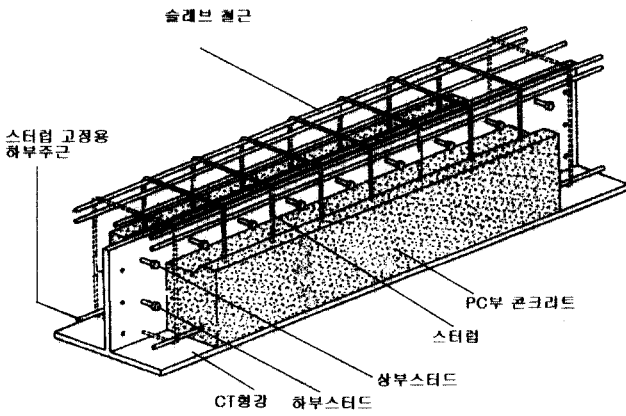


그림 1. TEC-BEAM 개념도

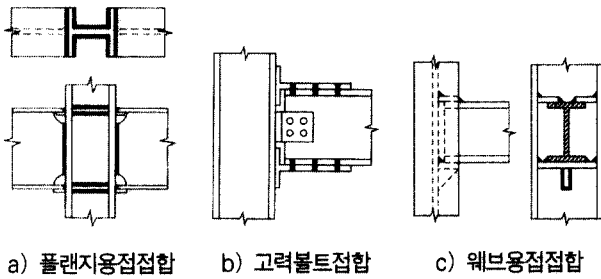


그림 2. 철골보-철골기둥 접합부

c)기둥 웨브에 용접접합하는 경우가 실제로 많이 사용되고 있다.<sup>(5)</sup>

그러나 TEC-BEAM을 그림 2와 같은 기둥-보 접합부에 적용할 경우 TEC-BEAM 상부철근을 접합부 내에 정착하는 것이 필요하다. 현장접합 경우에는 TEC-BEAM 상부주근을 기둥에 직접 정착시켜야 하기 때문에 접합부 상세가 상당히 복잡하게 되며 시공이 어렵게 된다.

따라서 철골브라켓 접합부를 이용하여 TEC-BEAM 상부철근을 직접 기둥에 정착시키는 것이 아니라 철골브라켓에 상부철근을 정착시킴으로써 TEC-BEAM과 철골브라켓을 접합시키고 이것을 기둥에 접합하여 모멘트를 전달시키는 시스템을 개발하였다.

지금까지 TEC-BEAM 철골브라켓 접합부의 연구배경을 소개하였고, TEC-BEAM 철골브라켓 접합부에 대한 설계법과 합성거동을 규명하고자 2장에서는 실험계획을, 3장에서는 실험결과를 분석하여 철골브라켓 접합부의 설계법과 합성작용을 규명하였고 마지막으로 4장에서는 이에 대한 결과를 정리하였다.

## 2. 실험계획

### 2.1 실험체 계획

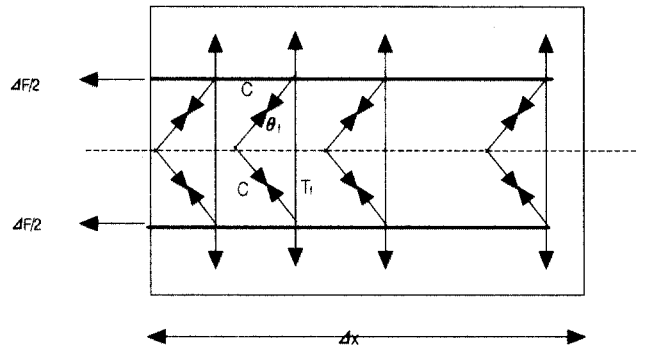


그림 3. 슬래브 내의 Strut-Tie 모델

TEC-BEAM은 단순보 중앙부에 정모멘트 작용시 구조적 효과가 없는 상부플랜지를 제거하여 충고를 절감하였다. 하지만 보-기둥 접합부에서는 부모멘트를 전달하기 위해 제거된 상부플랜지의 대체물이 필요하다. 따라서 TEC-BEAM에서 발생하는 인장력은 상부주근으로, 압축력은 하부플랜지와 현치를 통해 철골브라켓에 전달되도록 하였다(그림 6).

그러나 상부인장력이 철골브라켓으로 전달되기 위해서는 상부철근의 철골브라켓으로의 정착이 선행되어야 한다. 따라서 TEC-BEAM 철골 모멘트 접합부의 상부철근을 철골브라켓 내에 정착시키기 위해서 다음의 3가지 사항을 실험변수로 하였다.

첫째, 인장철근의 정착길이 확보이다. 인장철근의 최소정착길이는 「철근콘크리트 구조계산규준(1995)」에 따르면 철근의 응력이 슬래브 내의 부착응력을 통해 철골에 전달하기 위해서는 최소한의 정착길이가 필요하며 실험체에 사용된 HD19 철근의 경우 소요정착길이는 57.69 cm이다.<sup>(7)</sup> 표 1로부터 설계된 TEC-BEAM이나 철골브라켓 모두 충분한 인장철근 정착길이를 확보하였다.

둘째, Strut-Tie 작용을 발생시키는 횡철근의 배간격이다. 슬래브 내 휨에 의해 인장력 또는 압축력이 발생할 경우에 그림 3의 압축 스트럿과 중심선이 이루는 각도  $\theta_f$ 를 갖는 Strut-Tie 모델이 슬래브에 형성된다.<sup>(1)</sup>

단위길이당 슬래브내의 수평전단력  $V$ 는 식(1)과 같다.

$$V = \frac{\Delta F}{2 \Delta x} \quad (1)$$

단,  $\Delta x$  : 슬래브 길이,

$\Delta F$  :  $\Delta x$ 내에서 슬래브의 Force 변화값

수평전단력  $V$ 를 전달하기 위해서 단위길이 당 횡철근량  $A_{sv}$ 는 식(2)를 만족해야 한다.

표 1. 실험체 실험변수 및 실험체별 형상

		SA01	SA02	SA03	
설계 변수	상부근 배근폭과 브라켓 길이비	3.00	3.00	1.40	
	횡철근 간격	브라켓 부분	HD13 @200	HD13 @270	HD13 @300
		TEC 부분	HD13 @200	HD13 @270	HD13 @90
형상	철골브라켓	1.5m	1.5m	0.7m	
	TEC-BEAM	1.5m	1.5m	2.3m	

$$A_{sf} f_{yf} \geq V \tan \theta_f \quad (2)$$

그림 4. 실험체 가력장치도 (SA01)

식(2)로부터 횡철근량( $A_{sf}$ )을 얻기 위해 CEB-FIP 기준<sup>(1)</sup>에서 제시하는  $\tan \theta_f$  (인장슬래브시  $\tan \theta_f = 0.8$ , 압축슬래브시  $\tan \theta_f = 0.5$ )를 사용하여 식(2)를 만족하도록 횡철근 배근간격을 설계하였다(표 1).

셋째, 인장철근의 배근폭과 브라켓의 길이비이다. 그림 3의 Strut-Tie 모델을 형성하여 수평전단력을 전달하기 위해서는 일정한 배근폭에 대한 철골브라켓의 길이가 충분히 확보되어야 한다. CEB-FIP기준에 적합한 Strut-Tie 모델을 형성하는 철골브라켓의 길이를 알아보고자 인장철근의 배근폭(0.5m)과 철골브라켓의 길이(SA01, SA02 = 1.5m, SA03 = 0.7m)비를 표 1과 같이 2가지로 설계하였다.

이상으로부터 실험변수는 상부근 배근폭-브라켓 길이비, 횡철근의 배근간격이며 표 1과 같다.

## 2.2 실험체 형상 및 측정장치

TEC-BEAM 철골모멘트접합 상부는 철골브라켓(H 400×408×21×21)에 현치를 용접한 뒤 TEC-BEAM(CT 291×300×12×17 + Concrete Slab)을 현치 위에 올려놓고 볼트 접합하였으며 TEC-BEAM과 브라켓의 웨브는 전단접합하였다(그림 4).

그림 5. TEC-BEAM 단면

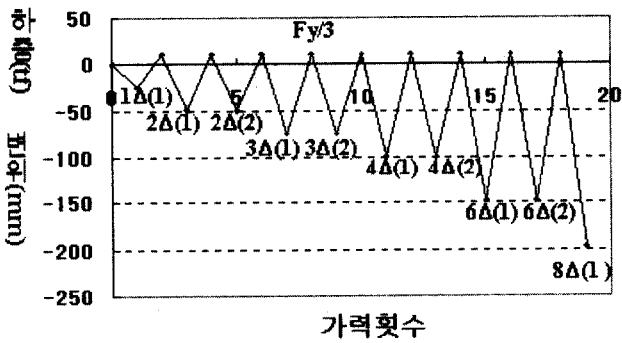
TEC-BEAM 접합부 실험체 단면은 크게 TEC-BEAM 부분(그림 5(a))과 철골브라켓 부분(그림 5(b))으로 나누어 그림 6의 단면 A, B, C, D에 대해 실험체를 검토하였다

## 2.3 가력계획 및 측정항목

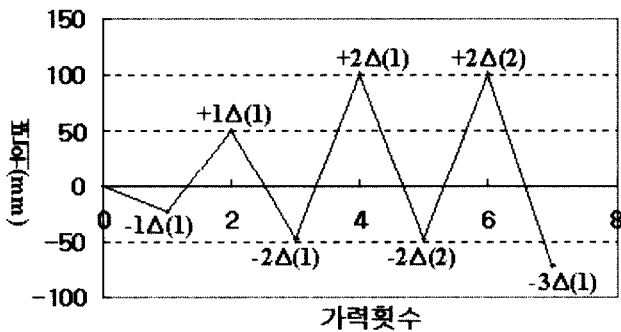
TEC-BEAM 철골접합부의 반복가력실험을 위해서 기둥면에서 3m 떨어진 위치에서 반복 가력하였다(그림 4).

실험체 항복 전과 후로 나누어 각각 (1/30) tf/sec와

그림 6. 힘전달 메커니즘 및 단면(단위:mm)



(a) 일정하중(정모멘트방향)  
· 점증변위(부모멘트방향) 제어(SA02)



(b) 점증변위제어(SA01, SA03)

그림 7. 하중제어계획

(단,  $n\Delta(m)$  :  $n$  = 항복변위의  $n$ 배,  $(m)$  = 항복변위의  $n$ 배한 변위를  $m$ 회 가력)

(1/20) mm/sec ~ (1/30) mm/sec의 속도로 가력하였고, 가력장치는 그림 4와 같다.

하중제어방법은 실험체 SA01, SA03과 SA02에 대하여 그림 7의 (a),(b)로 정하였다. SA01, SA03는 정모멘트 방향의 극한내력 및 연성거동을 관찰하기 위해 그림 7(b)와 같이 부모멘트 항복점까지 가력한 후에 정모멘트 항복점까지 가력하고 이후에는 변위가 부모멘트 항복변위 ( $-\Delta_y$ )와 정모멘트 항복변위 ( $+\Delta_y$ )의 정수배에 도달하도록 가력하였다.(이하 정모멘트는 TEC-BEAM 하부 플랜지에 인장을, 부모멘트는 압축을 받게 하는 가력방향을 나타낸다. 그림 4의 정,부 방향 참조)

이에 반하여 SA02는 그림 7(a)와 같이 접합부의 정모멘트를 부모멘트의 1/3까지 가력하고 부모멘트 방향으로 부모멘트 항복변위 ( $-\Delta_y$ )의 정수배로 가력하였다. 실험체의 거동을 파악하기 위해 기둥면에서 3m, 2.1m인 위치의 변위를 측정하였고, 단면 A의 중립축 거동을 살펴보기 위해 그림 12와 같이 스트레인게이지를 부착하였다.

표 2. TEC SYSTEM 실험체 재료실험결과

구분	실험값(kgf/cm <sup>2</sup> )	
콘크리트	압축강도 $f_{ck}$	202.7
	탄성계수 $E_c$	$2.174 \times 10^5$
철근	항복강도 $f_y$	4191
	탄성계수 $E_s$	$1.964 \times 10^6$
CT형강	항복강도 $F_y$	2780
	탄성계수 $E_s$	$2.118 \times 10^6$

그림 8. TEC-BEAM 내력산정 유효단면(극한하중)

## 2.4 실험체 내력산정

TEC-BEAM이 반복하중을 받으면 슬래브의 응력상태가 그림 8과 같이 바뀐다. 따라서 모든 실험체 단면의 정·부모멘트 내력은 표 2의 재료특성을 바탕으로 그림 5의 유효단면에 대하여 「강구조·한계상태설계법(1998)」 기준에서 제시한 방법으로 산정하여 표 3에 나타내었다.<sup>(2),(6)</sup> 상부주근은 6개의 HD19로 되어 있으나 양단 2개는 황철근의 정착용으로 사용했기 때문에 단면산정시 4개의 철근만 고려하였다.

그림 8에서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

$C_c$  : 평형상태 ( $\sum T = \sum C$ )일 때 콘크리트 압축력

$C_s, T_s$  : 평형상태일 때 철근의 압축력, 인장력

$C_w, T_w$  : 평형상태일 때 웨브의 압축력과 인장력

$C_f, T_w$  : 평형상태일 때 플랜지의 압축력과 인장력

$a$  : 콘크리트 등가응력블럭의 춤

$d_s, d_c, d_f$  : 평형상태일 때 소성중심에서 철근, 콘크리트, 플랜지 중심까지 거리

$d_w, d_{wc}$  : 평형상태일 때 소성중심에서  $T_w, C_w$ 까지의 거리  
 $f_{ck}, f_y, F_y$  : 콘크리트 압축강도, 철근의 항복강도, 철골의 항복강도.

### 3. 실험결과분석

TEC-BEAM 철골기둥 접합부 3개의 실험체 SA01, SA02, SA03에 대한 실험결과를 내력, 처짐, 중립축, 연성비에 대하여 각각 비교 분석하였고, Eurocode 4에 의한 접합부 분류기준으로 판정하였다.

#### 3.1 파괴거동 및 최대내력

초기 부모멘트에서 철골 브라켓 위의 슬래브에 그림 9와 같이 설계시 가정한 Strut-Tie 모델이 형성되며 경사균열(Diagonal Crack)이 발생한다. 정모멘트 작용시에는 TEC-BEAM의 웨브 콘크리트에 균열이 발생하여 슬래브로 진행되며 부모멘트로 인한 균열이 닫힌다. 반면 부모멘트 작용시에는 균열이 반대로 진행된다.

반복하중에 의하여 균열부분에 인장과 압축이 반복되어 균열부분의 손상이 더욱 진행된다. 따라서 SA01, SA03은 정모멘트방향 가력시에 극한까지 가력하였으므로 두 방향의 경

사균열이 발생하였다. 반면 SA02는 정모멘트에서 부모멘트 항복하중의 1/3까지 가력하여 정모멘트 부분은 탄성범위 내에 있으므로 그림 9와 같이 한 방향으로 경사균열이 생긴다.

부모멘트 작용시 SA01은 이론값보다 1.21% 크게, SA03은 이론값보다 5.89% 적게 나타났고, SA02는 이론값보다 13.23% 크게 나타났다(표 3). SA01은 정모멘트 휨에 의한 슬래브 손상으로 부모멘트 방향 실험값이 이론값과 비슷하고, SA03은 기둥과의 접합면에서 국부적인 지압파괴가 일어나서 이론값보다 작은 것으로 보인다. 반면 SA02는 정모멘트가 탄성구간 내에 있어 슬래브의 손상이 적기 때문에 부모멘트 내력이 제대로 발휘되어서 이론값보다 더 크게 나왔다. 그러므로 TEC-BEAM은 실제상황에서 부모멘트를 받을 때에 계산된 내력 이상이 발휘됨을 알 수 있다.

정모멘트 작용시, SA01과 SA03은 2.53% ~7.25% 정도 실험값이 이론값보다 적게 나타났다. 그 원인은 부모멘트에 의한 콘크리트 슬래브의 손상에 의해 정방향 가력시 최대내력이 발휘되지 못한 것으로 판단된다.

따라서 접합부의 내력은 실제하중조건(단부 정모멘트는 부모멘트 항복의 1/3)을 고려한다면 한계상태설계법에 의한 산정이 가능하며 또한 상부주근의 정착길이는 「철근콘크리트 구조계산규준(1995)」에 의해 산정이 가능하다.

#### 3.2 처짐 및 중립축

처짐 산정시 현장타설 콘크리트 슬래브 상부의 균열발생 전·후의 단면에 대한 단면2차모멘트  $I_g, I_{cr}$ 을 각각 구하여 사용하였다.

실험체의 가력점 처짐에 대한 탄성구간 내에서 실험값과 이론값 비교는 초기에 콘크리트 균열진행 과정으로 이론값이 크며 SA01은 0.72배 ~ 1.02배, SA02는 0.76배 ~ 1.12배, SA03은 0.98배 ~ 1.14배로 비교적 일치하는 경향을 보인다(표 4). 그리고 탄성구간 내의 실험값과 이론값이 일치하는 경향을 보이므로 탄성구간 내에서 처짐, 즉 사용하중시의 실제처짐의 예측이 가능하다(그림 10의 직선이 탄성구간 내의 예상처짐이다.).

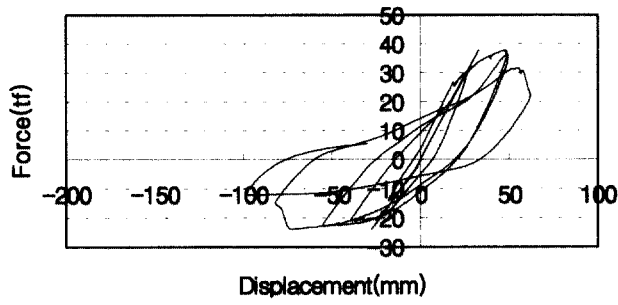
TEC-BEAM단면의 측정개이지 부착위치(그림 12)에 대한 변형률에서 구한 TEC-BEAM(그림 6, 단면A)의 중립축(그림 11)은 탄성구간 내에서 초기에는 균열진행 상태이므로 조금 차이를 나타내지만 정모멘트, 부모멘트 방향에 대하여 모두 10% 전·후의 오차를 보이면서 일치하는 경향을 보인다. 또한 변형률의 분포가 SA03의 경우와 같이 선형분포를 이루어 TEC-BEAM은 충분한 합성거동이 일어남을 알 수 있다.

그림 9. 횡철근의 Strut-Tie 모델에 대한 균열

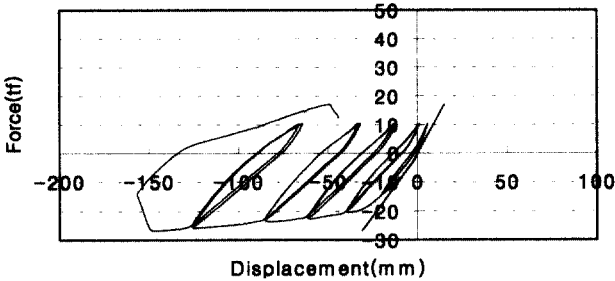
표 3. 이론모멘트와 실험모멘트 비교

실험체명	부모멘트(tf·m)			정모멘트(tf·m)		
	실험값	이론값	비교	실험값	이론값	비교
SA-01	28.54	28.20	1.21%	44.80	48.30	-7.25%
SA-02	31.93	28.20	13.23%	-	-	-
SA-03	26.54	28.20	-5.89%	47.08	48.30	-2.53

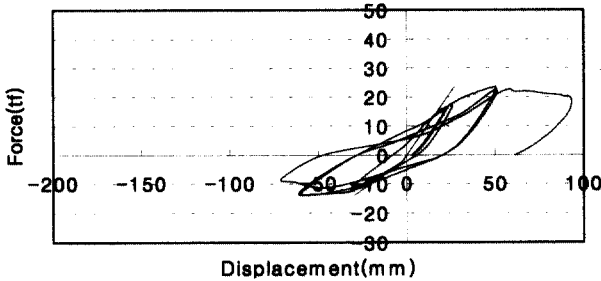
(단, SA02의 정모멘트는 부모멘트의 1/3이므로 제외했음)



(a) SA01의 하중-변위 곡선



(b) SA02의 하중-변위 곡선



(c) SA03의 하중-변위 곡선

그림 10. 실험체별 하중-변위 곡선

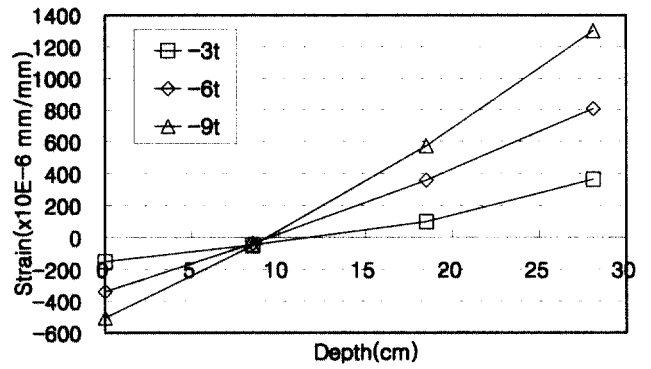


그림 11. SA03의 단면 A에서의 중립축 거동

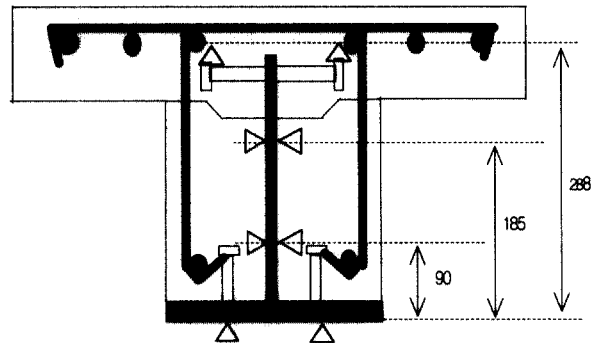


그림 12. TEC-BEAM 스트레인 게이지 부착위치

(단, 삼각형이 게이지 부착 위치)

표 4. 부모멘트 방향 가력시 단면 A, D의 중립축 및 가력점 하중별 처짐

하중별 중립축		SA01			SA02			SA03		
		①실험값	②이론값	비율(①/②)	①실험값	②이론값	비율(①/②)	①실험값	②이론값	비율(①/②)
A 단면	3 tf	14.14 cm	18.12 cm	0.79	14.76 cm	18.12 cm	0.82	11.49 cm	18.12 cm	0.64
	6 tf	10.44 cm	9.07 cm	1.15	10.47 cm	9.07 cm	1.15	9.38 cm	9.07 cm	1.03
	9 tf	9.66 cm	9.07 cm	1.07	10.17 cm	9.07 cm	1.12	9.26 cm	9.07 cm	1.02
	12 tf	9.47 cm	9.07 cm	1.04	9.93 cm	9.07 cm	1.09	-	-	-
D 단면	3 tf	23.15 cm	20.00 cm	1.16	23.52 cm	20.00 cm	1.18	22.80 cm	20.00 cm	1.14
	6 tf	21.65 cm	20.00 cm	1.08	21.76 cm	20.00 cm	1.09	21.43 cm	20.00 cm	1.07
	9 tf	21.34 cm	20.00 cm	1.07	21.24 cm	20.00 cm	1.06	21.39 cm	20.00 cm	1.07
	12 tf	21.37 cm	20.00 cm	1.07	21.39 cm	20.00 cm	1.07	-	-	-
하중별 처짐		SA01			SA02			SA03		
		①실험값	②이론값	비율(①/②)	①실험값	②이론값	비율(①/②)	①실험값	②이론값	비율(①/②)
	2 tf	-1.26 mm	-1.74 mm	0.72	-1.32 mm	-1.74 mm	0.76	-2.3 mm	-2.29 mm	0.98
	4 tf	-3.28 mm	-3.75 mm	0.87	-3.46 mm	-3.75 mm	0.93	-6.51 mm	-6.80 mm	0.96
	6 tf	-5.76 mm	-6.14 mm	0.94	-6.08 mm	-6.14 mm	0.99	-12.53 mm	-11.38 mm	1.10
	8 tf	-8.19 mm	-8.54 mm	0.96	-8.85 mm	-8.54 mm	1.04	-18.17 mm	-20.56 mm	1.14
	10 tf	-11.20 mm	-10.93 mm	1.02	-12.21 mm	-10.93 mm	1.12	-	-	-

그리고 배근폭-길이비가 다른 SA02, SA03의 철골단면(그림 6, 단면 D)의 중립축도 이론값과 실험값의 차이가 10% 전·후의 차이를 보이며 일치하는 경향을 보인다. 이는 TEC-BEAM에서 철골브라켓 전 단면으로 균일한 내력이 전달됨을 알 수 있다.

### 3.3 연성비

실험체별 하중-변위 곡선(그림 10)으로부터 실험체의 연성을 확인할 수 있으며 그 값은 표 5와 같다. SA01, SA02는 SA03의 2배에 해당되는 배근폭-길이비의 영향으로 연성비가 커진다. SA01는 6.89, SA02는 13.24, SA03은 4.58의 연성비를 갖는다. SA02의 연성비가 크게 나온 원인은 실제 거동과 유사하게 정모멘트를 부모멘트의 1/3까지만 가력하여 슬래브가 정모멘트에 의한 인장균열 부분이 압축에 의해 적게 손상되었기 때문이다(그림 10(b)).

### 3.4 접합부 평가

일반적인 철골접합부를 평가하기 위해서 「Eurocode 4」의 분류기준을 이용하였다. 「Eurocode 4」는 철골접합부를 자세히 분류한 「Eurocode 3」과 유사하지만 슬래브와 철근의 접합부 인장저항에 기여하는 상황을 고려하기 위해서 가새골조에 대해서만 제한하는 점에서 차이가 있다.<sup>(3),(4)</sup>

표 5. 부모멘트시의 최대처짐과 연성비

	최대처짐(mm)	항복처짐(mm)	연성비*
SA01	74.49	10.81	6.89
SA02	148.60	11.22	13.24
SA03	61.03	13.32	4.58

(\*는 최대하중에 대한 변위와 항복하중에 대한 변위의 비)

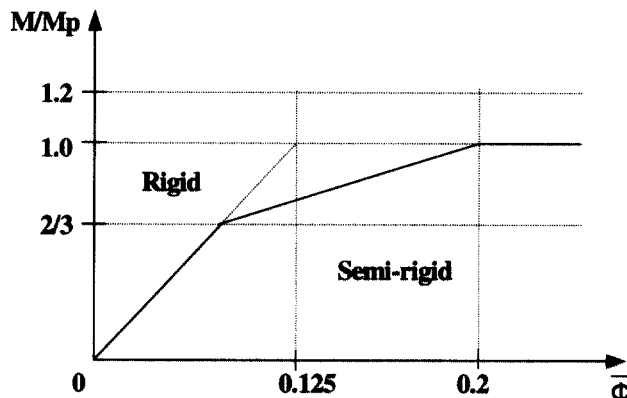
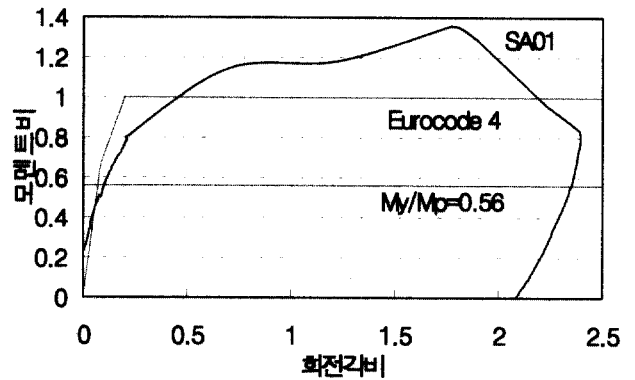


그림 13. 합성보 접합부 분류기준

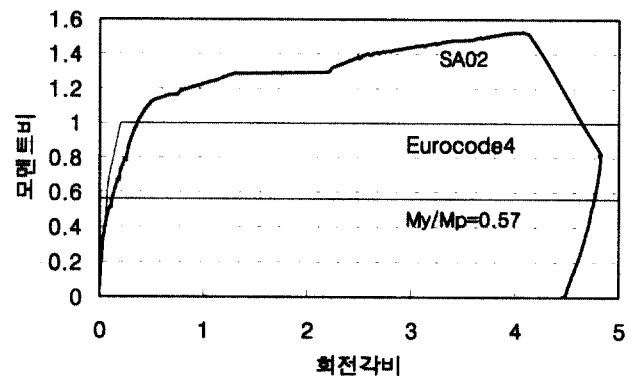
(단,  $\bar{m} = M/M_{pl,Rd}$ ,  $\bar{\phi} = EI_b \phi / L_b M_{pl,Rd}$ )

분류기준을 무차원화시키기 위해서 접합부의 성능을 연결되는 보의 성능과 비교한다. 합성보에 대한 설계소성모멘트 ( $M_{pl,Rd}$ )는 접합부 근처에서 합성보의 유효단면에 대한 모멘트이며, 일반적으로 정·부 모멘트에 대하여 다르며, 보의 휨강성 ( $EI_b$ ) 또한 단면 균열발생 전·후에 따라 고려해야 한다. 분류기준은 그림 13과 같다.<sup>(3)</sup>

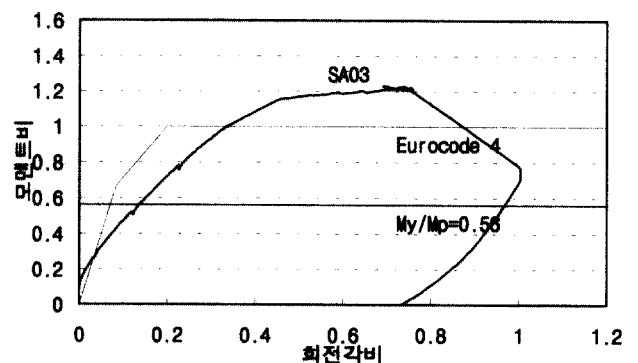
접합부의 회전각( $\phi$ )은 기동면에서 3m, 2.1m 떨어진 지점에서 측정된 변위와 철골브라켓의 회전량을 이용하여 TEC-BEAM과 철골접합부에서의 순수 회전량을 구하였다.



(a) SA01의 Eurocode 4에 따른 접합부 분류



(b) SA02의 Eurocode 4에 따른 접합부 분류



(c) SA03의 Eurocode 4에 따른 접합부 분류

그림 14. 접합부 실험체의 Eurocode에 따른 분류

표 6. Eurocode 4에 의한 실험체 모멘트비(M/Mp)

	SA01	SA02	SA03
전이되는 M/Mp*	0.459	0.408	0.261
최대 M/Mp	1.358	1.527	1.230

(\*는 강절에서 반강절로 접합부가 전이되는 M/Mp)

Eurocode 4에 따라 실험체의  $\bar{m} - \bar{\phi}$ 곡선(그림 14)을 구하여 그림 13과 비교하면 SA03을 제외한 실험체들은 모멘트비(M/Mp)가 0.4일 때까지는 초기 강성 측면에서 강절(Rigid)영역에 속하지만 항복강도( $M_y/M_p = 0.56$ ) 이전에서 반강절(Semi-rigid)영역에 속한다(표 6).

또한 Eurocode 4에 따르면 M/Mp가 1.2보다 높은 값을 갖는 경우 전강도(Full Strength)로 보아 회전능력 검토가 필요하지 않다. 따라서 모든 실험체의 모멘트비가 1.2를 상회하므로 철팔브라켓 접합부실험체는 반강절-전강도(Semi-rigid Full strength)임을 알 수 있다(표 6).

SA01, SA02와 SA03이 강절에서 반강절로 전이되는 모멘트비는 실험체 브라켓 길이비와 유사하다. 따라서 철팔브라켓의 길이가 접합부의 초기 강성에 영향을 미치는 것을 알 수 있다(표 6).

#### 4. 결론

TEC-BEAM 철팔브라켓 접합부의 반복가력실험을 통해서 내력특성과 접합부 성능을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) TEC-BEAM 철팔브라켓 접합부 내력은 한계상태설계법(1998)을 사용하여 산정이 가능하며 TEC-BEAM 상부주근의 정착길이는 철근콘크리트규준(1995)에 의해 산정이 가능한 것으로 나타났다(표 3).
- (2) 탄성범위 내에서 균열발생 전·후로 구분한 단면2차모멘트( $I_g, I_{cr}$ )로부터 부모멘트 방향의 처짐이 예상 가능하다. 또한 TEC-BEAM의 중립축이 일치하는 경향을 보이고(표 4) 변형률의 분포가 선형분포를 이루므로 충분한 합성거동이 발생하는 것으로 판단된다(그림 11).

- (3) 실제 하중조건을 고려하면 인장철근 배근폭과 브라켓의 길이비가 최소 SA03의 1.40정도일 경우에도 CEB-FIP 규준에 의해 계산된 횡철근을 이용한 Strut-Tie 모델이 형성되며, 접합부는 충분한 연성이 확보될 것으로 판단된다.(그림 10, 표 5).
- (4) Eurocode 4에 의한 접합부 분류에 따라 TEC-BEAM 철팔브라켓 접합부는 반강절-전강도(Semi-rigid & Full strength)로 평가됨을 알 수 있다(그림 14, 표 6).

#### 감사의 글

본 연구를 지원해주신 (주)해성기공과 포스코 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

#### 참고 문헌

1. CEB, "CEB-FIP Model Code 1990", 1990.
2. Tagawa, Y., "Behavior of Composite Beams In Steel Frame under Hysteretic Loading", ASCE, Journal of Structural Engineering. Vol 115, No 8, 1989, pp.2029~2045.
3. Johnson, R.P., and Anderson, D., "Designer's Handbook to Eurocode 4" Thomas Telford, London, 1993.
4. CEN, "Eurocode 3: Design of steel structure", 1993.
5. Salmon, Johnson, "Steel Structures", Harper Collins, 4th Edition, 1996.
6. 대한건축학회, "강구조 한계상태 설계기준 및 해설", 기문당, 1998.
7. 대한건축학회, "철근콘크리트 구조계산규준 및 해설", 1995.
8. 대우건설기술연구소, "TEC-BEAM 구조실험보고서", 1999.
9. 박기효, 주영규, 김상대, 김대영, 김명한, 정광량, "TEC-BEAM의 휨거동에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 1999, pp.368-373.
10. 박기효, "TEC-BEAM의 합성거동에 관한 실험적 연구", 고려대학교 석사학위논문, 1999.
11. Mullett, D.L., "Composite Floor Systems", The Steel Construction Institute, 1998.

(접수일자 : 2001년 11월 22일)