

## 역T형강 합성보의 전단연결에 관한 실험적 연구

### An Experimental Study on the Shear Connection of Inverted T-shape Composite Beam Encased Web

정 재 훈\*      김 진 무\*\*  
Jeong, Jae-Hun      Kim, Jin-Mu

#### Abstract

In inverted T-shape composite beam examine the structural behavior by experiment according to arrangement type of stud connector, type of shear connector, reinforcement by welding of stirrup and a close analysis we came to these conclusion.

1) The compare result of bending strength according to arrange type of stud connector : A1-W(stud connector located web)specimen is exceed than A1-F(stud connector located flange).

2) B1-N(using prominence and depression of the web by shear connector) specimen is decrease than A1-W(using stud bolt by shear connector)specimen in bending strength and B2-N(reinforced by welding the stirrup to lower flange)specimen is similar with A2-W specimen.

3) According to reinforced by welding the stirrup to flange, the stiffness and bending strength of the beams are increase. A-series stirrup comparatively low effective in the increase of strength by welding the stirrup to flange because enough composite effect show by stud connector, but B-series stirrup is comparatively high effective in shear connector effect because shortage of prominence and depression of the web.

**keywords** : composite beam, inverted T-shape, shear connector

\* (주)한울구조안전기술사사무소, 공학박사  
\*\* 예우건축구조연구소 소장, 공학박사

● 본 논문에 대한 토의를 2001년 12월 31일까지 학회로 보내 주시면 2002년 4월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

## 1. 서론

합성보에서 부모멘트가 발생하지 않는 작은 보의 설계시에 콘크리트 슬래브가 대부분의 휨압축을 부담하여 합성단면의 중립축은 보통 철골의 상부플랜지 가까이 위치하므로, 상부플랜지를 생략한 역T형 합성보가 강재의 절감 측면에서의 효율성은 이미 발표한 연구<sup>(3)</sup>에 언급한 바 있다. 그러나 이러한 역T형 합성보는 H형강을 이용한 합성보에서의 일반적인 전단연결방식, 즉 스티드 코넥터를 상부플랜지에 용접한 형태를 적용할 수 없으므로, 스티드 코넥터의 배치형태에 따른 합성효과를 연구할 필요가 있으며, 또한 웨브만으로 전단연결재의 역할을 할 수 있도록 제작한 합성보와 스티럽을 철골과 용접건결시킴으로써 합성효과를 극대화시킬 수 있으리라 판단되어 이를 하나의 변수로 선정하였다. 이를 위하여 실험을 통하여 얻은 내력 및 거동에 관한 실험치를 분석하여 매입형 역T형 합성보에서 적절한 전단연결형태를 규명하고, 전단연결재료로서의 웨브를 이용한 합성보의 가능성을 파악하고자 한다.

## 2. 실험계획

### 2.1 사용재료의 역학적 성질

콘크리트는 설계기준강도 300kgf/cm<sup>2</sup>인 레미콘을 사용하여 습윤양생시켰으며, 사용재료 및 배합비는 Table 1과 같고, KS F 2403에 따라 제작한 공시체의 콘크리트 압축강도 시험결과는 Table 2와 같다.

Table 1 콘크리트의 배합비

설계 기준강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	W/C비 (%)	슬럼프 (cm)	단위중량(kgf/m <sup>3</sup> )				
			골	시멘트	플라이 애쉬	모래	자갈
300	44	12	182	354	62	716	945

Table 2 콘크리트의 압축시험 결과

설계기준강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	재령 (일)	슬럼프 (cm)	평균압축강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	탄성계수 (> 105kgf/cm <sup>2</sup> )
300	28	15.3	312.7	2.65

실험에 사용된 철근은 SD30 (KS D 3504)을, 강재는 KS D 3503의 일반구조용 압연강재인 SS400을 사용하였으며, KS B 0801 규정에 따라 시험편을 만들어 KS B 0802의 금속재료 인장시험방법에 따라 인장강도시험을 실시하여 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

실험체 사용된 스티드 코넥터는  $\phi$ 13mm, 길이 50mm이고, KS B 1062 규정에 따라 시험편을 만들었으며, KS B 0802의 금속재료 인장시험방법에 따라 인장강도시험을 실시하여 Table 4에 나타내었다.

Table 3 강재의 인장시험 결과

시험편명	$\sigma_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{max}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_y / \sigma_{max}$	$\epsilon$ ( $\times 10^{-6}$ )	E (t/cm <sup>2</sup> )	Elo (%)	
시험편 철 편	PL7	2914	4078	0.71	1593	1829	26.99
	PL11	2665	4159	0.64	1725	1545	27.41
	평균	2790	4119	0.68	1659	1687	27.20
시험편 근	D10	3729	6012	0.62	1774	2102	15.94
	D16	3537	5806	0.61	1800	1964	17.26
	평균	3633	5909	0.62	1787	2053	16.60

$\sigma_y$  : 항복강도,  $\sigma_{max}$  : 인장강도,  $\epsilon$  : 항복변형도,

E : 탄성계수, Elo : 연신률

Table 4 스티드 코넥터의 인장시험 결과

시험편	$\sigma_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{max}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_y / \sigma_{max}$	연신률 (%)
$\phi$ 13	4325	4978	0.87	25

$\sigma_y$  : 항복강도,  $\sigma_{max}$  : 인장강도

### 2.2 실험체의 종류 및 제작

본 연구에서는 스티드 코넥터를 전단연결재로 사용한 A 계열 실험체 5개, 웨브의 요철을 전단연결재로 사용한 B 계열 실험체 2개로 총 7개를 제작하여, 실험을 실시하였다.

실험체의 길이는 230cm이고, 보의 유효 지점간 거리를 210cm, 전체 층은 23cm로 설정하였고, 슬래브 두께는 10cm, 유효폭은 35cm로 정하였다. 슬래브의 횡방향 철근배치는 D10@200산격으로 단배근하였으며, 인장축 철골이 항복점에 도달할 때까지 압축파괴를 방지하기 위하여 슬래브 내에 4-D16을 보 길이방

향으로 보강하였다. 또한 배근의 용이성을 위하여 인장측에 2-D10을 배근하였고, 전단파괴를 방지하기 위하여 전단구간에 스티럽을 D10@100으로 보강하였다. 철근보강을 통하여 합성효과를 높이기 위하여 A2-W, A2-F, B2-N 실험체는 스티럽을 하부 플랜지에 용접하였다. 실험체에 사용된 강재는 H-350×175×7×11을 2등분한 T-175×175×7×11을 사용하였으며, 스티드 코넥터는 강구조한재상태설계규준에 의거 완전합성보에 해당하는 소요계수를 산정하였다. 여기서 정립모멘트가 작용하는 부분에서 최대 정모멘트 점과 0모멘트점 사이의 총 수평전단력  $V_s$ 는 식(1) 및 (2) 중에서 작은 값으로 산정하였다.

$$V_s = 0.85 f_{ck} B l_c + A_{sc} f_{ys} \quad (1)$$

$$V_s = (A_f + A_w) f_{sp} + A_{sf} f_{ss} \quad (2)$$

여기서,

- $A_f$  : 플랜지의 단면적
- $B$  : 세장한 압축판 요소의 감소된 유효폭
- $A_w$  : 웨브의 단면적
- $f_{ys}$  : 철근의 항복강도
- $A_{sc}$  : 압축철근의 단면적
- $f_{sp}$  : 강재의 항복강도
- $A_{sf}$  : 인장철근의 단면적
- $f_{ss}$  : 슬래브의 두께

B계열인 매입형 역T형 합성보는 T형강의 상부웨브를 폭 100mm, 높이 50mm인 요철형태( )로 절단하여 요철형태의 웨브를 각각 좌우방향으로 45° 구부렸다. 실험체 종류는 Table 5에 나타내었으

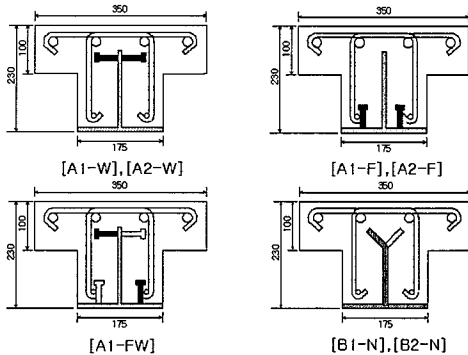


Fig. 1 실험체 상세

며, 실험체의 스티드 코넥터 배치형태는 Fig. 1 ~ Fig. 2와 같다.

Table 5 실험체의 종류

실험체명	전단연결재 형태 및 개수	스티드 코넥터의 배치형태	스티럽 용접여부
A1-W	스티드 코넥터불 사용 (총 32개)	웨브	×
A1-F		플랜지	
A1-FW		웨브·플랜지	○
A2-W		웨브	
A2-F	플랜지		
B1-N	웨브의 요철용		×
B2-N	사용 (총 12개)		○

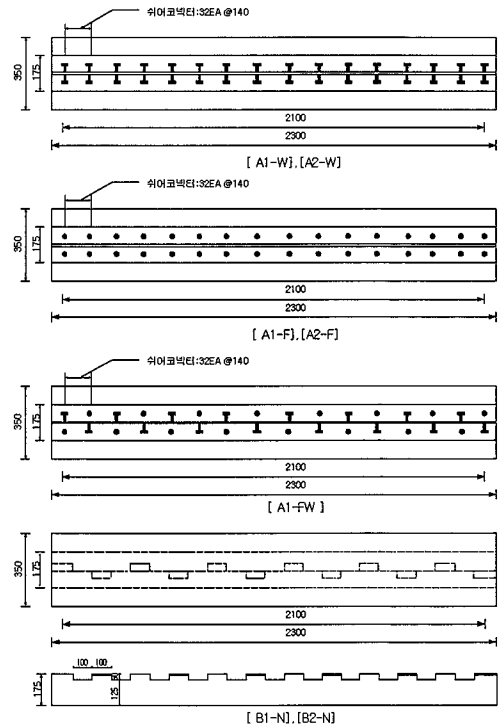
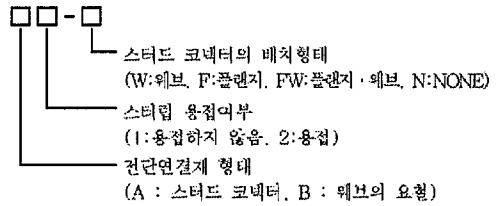


Fig. 2 전단연결재 배치형태

### 2.3 측정위치 및 방법

변위를 측정하기 위하여 Fig. 3과 같이 양단부, 가력점 및 실험체 중앙부에 변위계를 설치하고 실험체 양 단부 측면에 다이알 게이지를 설치하였다. 또한 변형도를 측정하기 위하여 실험체 중앙 상·하부 슬래브 및 철골 하부 플랜지에 스트레인 게이지를 설치하였다.

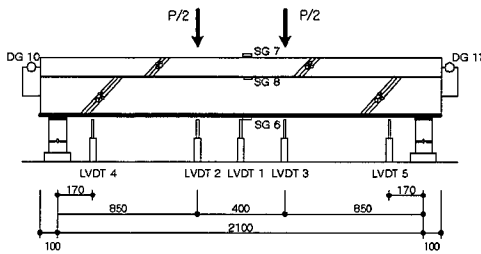


Fig. 3 측정위치

이상화된 단순보 상태를 유지하기 위하여 지점조건은 한쪽은 회전단, 다른 한쪽은 이동단으로 만들었으며, 가력은 하중·변위 곡선에서 최고하중을 명확히 하기 위하여 실험체에 급격한 하중감소가 있거나, 예상 하중의 10% 이상 하중이 감소할 때까지 수직 2점 가력하였다. 가력제어는 탄성범위에서 0.15~0.20tf/sec 씩, 항복점에 이르러서는 0.08~0.10 tf/sec 씩 가력·측정하였다. 항복점을 완전히 벗어난 후부터는 0.1~0.2mm/sec 범위에서 변위제어를 하였다.

### 3. 실험결과

실험을 통하여 얻어진 값들을 비교, 분석하기 위하여 항복하중은 초기강성구배의 직선과 초기강성구배의 1/3되는 직선을 평행이동시킨 접선이 교차하는 점으로 구하고, 이때의 변위를 항복변위로 정하였다. 또한 최고하중시의 변위를  $\delta_{max}$ 로 정하였으며, 이를 적용하여 Table 6에 실험결과를 정리하였다.<sup>(6)</sup>

항복하중은 A1-W, A2-W 실험체는 33.87tf, 34.94tf로 하부 플랜지에 스테드 코넥터를 배치한

A1-F, A2-F 실험체의 30.97tf, 33.87tf보다 높게 나타났으며, B1-N 실험체는 23.71tf로 스테드 코넥터를 배치한 A계열에 비하여 낮게 나타났으나 스테어를 용접보강한 B2-N 실험체는 35.65tf로 나타나 A계열과 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 6 실험결과

실험체명	$P_y$	$P_{max}$	$P_y/P_{max}$	$\delta_y$	$\delta_{max}$	$\delta_y/\delta_{max}$
A1-W	33.87	39.69	0.85	8.60	21.47	0.40
A1-F	30.97	35.79	0.87	7.90	18.78	0.42
A1-FW	33.87	38.72	0.87	8.50	20.81	0.41
A2-W	34.94	40.31	0.87	8.70	22.78	0.38
A2 F	33.87	39.14	0.87	8.5	21.94	0.39
B1-N	23.71	31.27	0.76	5.5	24.67	0.22
B2-N	35.65	39.37	0.91	9.1	16.64	0.55

여기서  $P_y$  : 항복하중(tf),  $P_{max}$  : 최고하중(tf)

$\delta_y$  : 항복변위(mm),  $\delta_{max}$  : 최고하중시변위(mm)

### 3.1 파괴 형상

#### 1) 스테드 코넥터를 이용한 함정보 (A계열)

A1-W 실험체는 14.1tf에서 중앙부와 가력점부위 하부에서 초기균열이 발생한 후 경간전체로 균열이 확산되었다. 최고하중(39.69tf) 이후 완만하게 하중이 감소하였고, 슬래브 상부면의 균열은 28.0tf에서 처음 발견되었다. 콘크리트와 철골면의 슬라이딩은 최고하중을 지난 후 중앙부 변위가 44.9mm에서 처음 발견되었으며, 이후 균열폭이 급격히 커지며 가력점 부위가 압괴되면서 파괴되었다.

A1-F 실험체는 15.5tf에서 초기균열이 발생하였고, 항복하중(30.97tf)을 지난 직후 슬래브 상부면에 균열이 발견되었다. 콘크리트와 철골면의 슬라이딩은 최고하중(35.79tf)에 근접한 35.2 tf에서 처음 발견되었으며, 이후 가력점부위 및 시점부위에 균열이 크게 진행되면서 압괴되었다.

A1-FW 실험체는 14.8tf에서 초기균열이 발생하였고, 최고하중(38.72tf)을 지나 슬래브 상부면에 중앙부 변위가 23.3mm에서 균열이 발견되었다. 콘크리트

와 철골면의 슬라이딩은 59.7mm에서 발생하였으며, 이후 슬래브 중앙상부가 압괴되면서 파괴되었다.

스터럽을 하부 철골플랜지에 용접하여 보강한 A2-W실험체는 18.9tf에서 초기균열이 발생한 후 최고하중(40.31tf)을 지나 전체적으로 균열이 확산되었다. 최고하중 이후 완만한 하중의 감소를 보이고 있으며, 슬래브 상부면의 균열은 중앙부 변위가 21.5mm에서 처음 발견되었다. 콘크리트와 철골면의 슬라이딩은 발생되지 않았으며, 지점까지 균열이 진전되었다. 특히 스텐더를 용접하지 않은 실험체에 비하여 완만한 파괴양상을 보이고 있으며, 시점까지 폭넓게 휨균열이 발생한 것으로 미루어 합성효과가 뛰어난 것으로 판단된다.

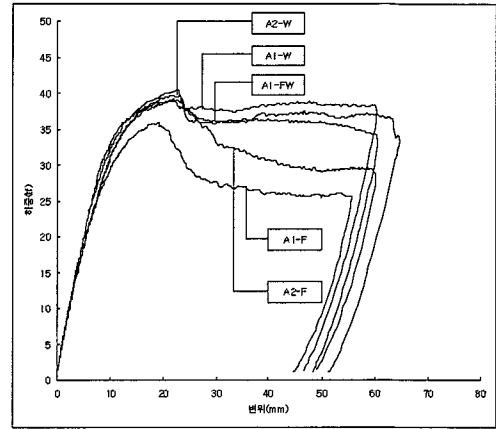
A2-F실험체는 19.0tf에서 초기균열이 발생한 후 최고하중(39.14tf)을 지나 전체적으로 균열이 확산되었다. 최고하중 이후 완만한 하중의 감소를 보이고 있으며, 슬래브 상부면의 균열은 중앙부 변위가 25.5mm에서 처음 발견되었다. 콘크리트와 철골면의 슬라이딩은 30.1mm에서 처음 발견되었다.

## 2) 웨브요철을 전단연결재로 이용한 합성보 (B계열)

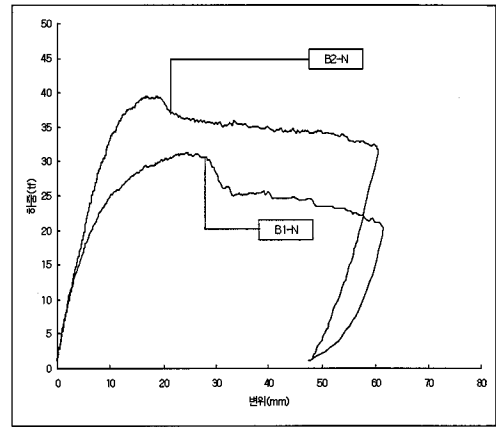
B1-N실험체는 11.4tf에서 중앙부와 가력점부위 하부에서 초기균열이 발생한 후 경간전체로 균열이 확산되었다. 최고하중(31.27tf)을 지난 후 중앙부 수직처짐이 59.5mm를 넘어서면서 철골과 콘크리트가 급격히 이격되면서 파괴되었다.

스터럽을 하부 철골플랜지에 용접하여 보강한 B2-N 실험체는 13.6tf에서 초기균열이 발생한 후 최고하중(39.37tf)을 지나 전체적으로 균열이 확산되었다. 최고하중 이후 완만한 하중의 감소를 보이고 있으며, 슬래브 상부면의 균열은 중앙부 변위가 9.13mm에서 처음 발견되었다. 콘크리트와 철골면의 슬라이딩은 발견되지 않았으며, 지점까지 균열이 진전되었고, 중앙부 슬래브가 박락되며 압괴되었다. 특히 스텐더 코넥터를 전단연결재로 이용한 합성보와 동일한 파괴양상을 보이고 있으며, 지점까지 폭넓게 휨균열이 발생한 것으로 미루어 합성효과가 뛰어난 것으로 판단된다.

## 3.2 하중-변위



(a) A 계열



(b) B계열

Fig. 4 하중-변위 곡선

전단연결재 형태에 따른 각 계열별 하중-변위 곡선을 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4(a)는 스텐더 코넥터를 사용한 A계열 실험체의 하중-변위 곡선으로 전체적으로 스텐더 코넥터를 웨브에 배치한 A2-W, A1-W 실험체가 플랜지에 스텐더 코넥터를 배치한 A2-F, A1-F 실험체에 비하여 높은 최대하중을 보이고 있으며, 소성역에서도 비교적 안정된 서동을 보이고 있었다.

Fig. 4(b)는 스텐더 코넥터를 사용하지 않고 웨브의 상단부를 요철형태로 제작하여 전단연결재의 역할

을 수행할 수 있도록 한 B계열의 하중-변위 곡선으로, 스티럽 용접보강에 의해 최대하중이 증가되고 있는 양상을 보이고 있다.

#### 4. 분석 및 고찰

##### 4.1 스티드 코넥터의 배치형태

Table 7, Fig. 5는 스티드 코넥터를 웹 상부에 직각으로 배치시킨 A1-W 실험체에 대한 휨모멘트비, 강성비를 보여주었고 있다. 여기서 항복하중시 모멘트 및 최고하중시 모멘트는 좌우대칭인 2점하중 작용시의 단순보에서 지지점에서 하중점까지의 거리에 항복하중 또는 최고하중을 곱하여 구하였으며( $M=P/2 \times L1$ ), 강성은 하중-변위곡선에서 초기탄성역의 기울기로 구하였다.

스티드 코넥터의 배치형태에 따른 휨내력을 비교한 결과, 웹에 스티드 코넥터가 배치된 A1-W 실험체가 플랜지에 스티드 코넥터가 배치된 A1-F 실험체에 비하여 9% 휨내력이 상회함을 보였다. 이는 스티드 코넥

Table 7 스티드 코넥터의 배치형태에 따른 휨내력 비교

실험체명	휨모멘트비				강성비	
	$M_y$ (tf·m)	$M_{max}$ (tf·m)	$M_y / M_{y0}$	$M_{max} / M_{max0}$	$k$ (tf/mm)	$k / k_0$
A1-W*	14.39	16.87	1.00	1.00	3.94	1.00
A1-F	13.16	15.21	0.91	0.90	3.90	0.99
A1-FW	14.39	16.46	1.00	0.98	3.98	1.01

여기서 \* : 기준 실험체  $M_{y0}$  : 기준 실험체의  $M_y$   
 $M_{max0}$  : 기준 실험체의  $M_{max}$   $k_0$  : 기준 실험체의  $k$

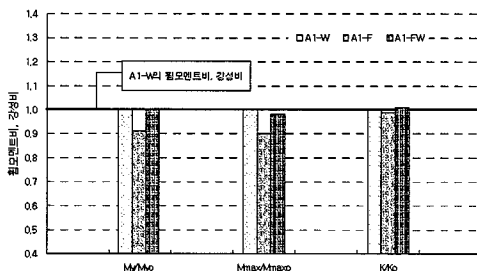


Fig. 5 스티드 코넥터의 배치형태에 따른 휨내력 비교

터가 보의 중립면에 근접해 있으며, 플랜지에 배치했을때보다 콘크리트 구속면적이 증가되어 합성효과가 충분히 발휘된 것으로 판단된다. 그러나 초기탄성역의 기울기인 강성비는 배치형태에 따라 별다른 변화를 보이지 않고 있었다.

##### 4.2 전단연결재의 형태

스티드 코넥터가 웹에 있는 A1-W, A2-W 실험체와 웹요철을 전단연결재로 사용한 B1-N, B2-N 실험체의 휨내력을 비교하여 Table 8에 나타내었다.

Table 8 전단연결재 형태에 따른 휨내력 비교

실험체명	휨모멘트비				강성비	
	$M_y$ (tf·m)	$M_{max}$ (tf·m)	$M_y / M_{y0}$	$M_{max} / M_{max0}$	$k$ (tf/mm)	$k / k_0$
A1-W*	14.39	16.87	1.00	1.00	3.94	1.00
B1-N	10.08	13.29	0.70	0.79	4.31	1.09
A2-W*	14.85	17.13	1.00	1.00	4.01	1.00
B2-N	15.15	16.73	1.02	0.98	3.92	0.98

여기서  $M_{y0}$  : 기준실험체의  $M_y$ 값,  
 $M_{max0}$  : 기준실험체의  $M_{max}$ 값  
 $k_{10}$  : 기준실험체의  $k$ 값, \* : 기준실험체

스티드 코넥터를 전단연결재로 이용한 A1-W 실험체에 비하여 스티럽을 하부플랜지에 용접하지 않은 B1-N 실험체는 항복하중시 휨모멘트비와 최고하중시 휨모멘트비가 각각 30%, 21% 감소하였다. 반면, 스티럽을 하부플랜지에 용접보강한 B2-N 실험체는 A2-W 실험체와 큰 차이를 보이지 않았다.

이는 스티드 코넥터의 개수에 비하여 웹 요철의 개수가 완전합성의 조건을 만족할 만큼 충분하지 못하여 나타난 현상으로 판단된다.

##### 4.3 스티럽의 용접보강

Table 9, Fig. 6은 스티럽을 하부 플랜지에 용접하여 합성효과를 발휘하도록 제작한 A2-W, A2-F, B2-N 실험체의 휨내력을 보여주고 있다.

Table 9 스티럽 용접보강에 따른 휨내력 비교

실험체명	휨모멘트비				강성비	
	$M_y$ (tf·m)	$M_{max}$ (tf·m)	$M_y / M_{yo}$	$M_{max} / M_{max0}$	$k$ (tf/mm)	$k / k_0$
A1-W*	14.39	16.87	1.00	1.00	3.94	1.00
A2-W	14.85	17.13	1.03	1.02	4.01	1.02
A1-F*	13.16	15.21	1.00	1.00	3.90	1.00
A2-F	14.39	16.63	1.09	1.09	3.98	1.02
B1-N*	10.08	13.29	1.00	1.00	4.31	1.00
B2-N	15.15	16.73	1.50	1.26	3.92	0.91

여기서  $M_{yo}$  : 기준실험체의  $M_y$ 값,  
 $M_{max0}$  : 기준실험체의  $M_{max}$ 값  
 $k_0$  : 기준실험체의  $k$ 값, \* : 기준실험체

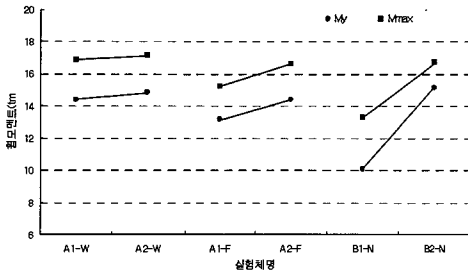


Fig. 6 스티럽 용접보강에 따른 휨내력 비교

각각의 용접 보강하지 않은 기준 실험체에 대한 항복하중시 휨모멘트비율 비교한 결과 A계열은 각각 3%, 9%, B계열은 50% 증가하였다. 따라서 전체적으로 스티럽의 용접보강에 따라 휨내력이 증가하나, A계열은 스티드 코넥터에 의해 합성효과가 충분히 발휘됨으로써 스티럽 용접에 따른 내력증가 효과가 비교적 적게 나타난 것으로 판단되며, B계열은 웨브 요철의 수가 부족하여 스티럽이 전단연결에 크게 영향을 미친 것으로 판단된다.

## 5. 결론

매입형 역T형 합성보에서 전단연결재 형태, 스티드 코넥터의 배치형태, 스티럽 용접보강에 따른 역학적 거동을 실험을 통하여 살펴보고, 이를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 스티드 코넥터의 배치형태에 따른 휨내력을 비교한 결과, 웨브에 스티드 코넥터가 배치된 실험체(A1-W)가 플랜지에 스티드 코넥터가 배치된 실험체(A1-F)에 비하여 9% 휨내력이 상회함을 보였다. 이는 스티드 코넥터가 보의 중립면에 근접해 있으며, 플랜지에 배치했을 때 보다 콘크리트 구속면적이 증가되어 합성효과가 충분히 발휘된 것으로 판단된다.
- 2) 전단연결재의 형태에 따른 휨내력을 비교한 결과 웨브의 요철을 전단연결재로 이용한 B1-N 실험체가 스티드 코넥터를 전단연결재로 이용한 A1-W 실험체에 비하여 30% 감소하였으나, 스티럽을 하부플랜지에 용접보강한 B2-N 실험체는 A2-W 실험체와 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 전단연결재로서 스티드 코넥터 대신 웨브의 요철을 이용한 합성보의 가능성을 보여주는 것으로 판단된다.
- 3) 각각의 용접 보강하지 않은 기준 실험체에 대한 항복하중시 휨모멘트를 비교한 결과 A계열은 각각 3%, 9%, B계열은 50% 증가하였다. 따라서 전체적으로 스티럽의 용접보강에 따라 휨내력과 강성이 증가하나, A계열은 스티드 코넥터에 의해 합성효과가 충분히 발휘됨으로써 스티럽 용접에 따른 내력증가 효과가 비교적 적게 나타난 것으로 판단되며, B계열은 웨브 요철의 수가 부족하여 스티럽이 전단연결에 크게 영향을 미친 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

1. 건설교통부, "콘크리트구조설계기준", 1999
2. 대한건축학회, "강구조 한계상태 설계기준 및 해설", 1998
3. 문찬일, 정재훈, 김진우, 주경재 "상부플랜지를 감소시킨 합성보의 휨내력에 관한 실험적 연구", 한국구조물진단학회지, 제4권, 제3호, 2000. 7
4. 박기표, "Tec-Beam의 휨거동에 관한 실험적 연구", 고려대학교, 1999
5. 박승국, "매입형 철골철근콘크리트 합성보의 휨거동에 관한 연구", 한양대학교, 1998
6. 안형준, 문태심 "각형강관기둥-H형강보 접합부에 관한 실험적 연구", 한국강구조학회지, 제4권, 제3호, 1992. 9

7. 장희성, 정재훈, 김진무, 주경재 "매립형 역T형 합성보의 휨내력에 관한 실험적 연구", 한국구조물진단학회지, 제4권, 제3호, 2000. 7
8. 정재훈, 주경재, "역T형 합성보의 휨내력에 관한 실험적 연구", 대한건축학회지, 제16권, 제8호, 2000. 8
9. 정소영, 정재훈, 김진무, 주경재 "웹의 일부를 전단 연결재로 사용한 합성보의 내력에 관한 실험적 연구", 대한건축학회추계학술 발표대회논문집, 제20권, 제2호, 2000. 10
10. "Composite Steel-Concrete Construction", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.100, No.ST5 pp. 1085-1139, May 1974.
11. C. G. Salmon, J. E. Johnson : "Steel Structures : Design and Behavior, Emphasizing Load and Resistance Factor Design, 4th Edition", Harper Collins College Publishers, 1996
12. C. G. Schilling : "Bending Behavior of Composite Hybrid Beams", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 94, No.ST8, Aug. 1968.
13. "Design of Hybrid Steel Beams", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 94, No. ST6, June 1968, pp.1297-1426.
14. L. C. P Yam : Design of Composite Steel-Concrete Structure, Survey University Press, Great Britain, 1981.
15. R.P.Johnson, "Composite Structures of Steel and concrete"
16. W. F. Chen, "Plasticity in Reinforced Concrete"
17. Toprac A. A. : "Strength of Three New Types of Composite Beams", AISC, Jan. 1965, pp21-30
18. Toprac, A. A. . "Composite Beams with a Hybrid Tee Steel Section", J. Structural Division, ASCE, Vol. 93 No. ST5 1967 pp. 309~322

(접수일자 : 2001년 3월 7일)