

# 인장철근배근량에 따른 U-플랜지 트러스 복합보의 휨 내력에 관한 실험연구

## Experimental Study on the Flexural Capacity of the U-Flanged Truss Hybrid Beam According to Reinforcement Amounts

오 명 호\*  
Oh, Myoung Ho

박 성 진\*\*  
Park, Sung Jin

김 영 호\*\*\*  
Kim, Young Ho

### Abstract

For the practical application of U-flanged Truss Hybrid beams, the flexural capacity of hybrid beams with end reinforcement details using vertical steel plates was verified. The bending test of U-flanged Truss Hybrid beams was performed using the same top chord under the compressive force, but with the thickness of the bottom plate and the amount of tensile reinforcement. The initial stiffness and maximum load of the specimen with tensile reinforcement have a higher value than that of the specimen without tension reinforcement, but the more tensile reinforcement, the greater the load decrease after the maximum load. In the case of the specimen with tensile reinforcement, because the test result value is 76% to 88% when compared with the flexural strength according to Korea Design Code, the safety of the U-flanged Truss Hybrid beam with the same details of the specimens can't ensure. Therefore, the development of new details is required to ensure that the bottom steel plate and the tensile reinforcement can undergo sufficient tensile deformation.

**Keywords :** U-flanged truss hybrid beam, Flexural capacity, Simple beam test, Reinforcement amount

### 1. 서론

국내에서 시공되는 도심의 주거용, 상업용 및 사무실 건축물의 바닥구조 시스템은 구조 성능, 시공성, 경제성 등을 최대한 향상시키기 위해 기존의 전통적인 바닥 공법에서 새롭게 개발된 합성보를 적용한 바닥 공법으로 점차 변화하는 추세이다. 바닥을 지지하는 부재인 보의 구조적인 성능을 효율적으로 향상시켜 장스팬과 층고 절감이 가능하도록 하거나, 공기 단축과 시공성 개선을 통하여 공사비를 혁신적으로 절감하려는 연구 개발이 꾸준히 진행되고 있으며, 다양한 연구 결과가 건설 현장에 활발히 적용되고 있다.

슬래브 단변 방향의 경간이 6~8m이고 장변 방향의

경간이 12~15m인 바닥 모듈 시스템의 효율적인 시공을 위해서 기존의 H형강 합성보, 매립형 H형강 합성보, 층이 깊은 딥 데크(Deep deck, 200mm 이상의 깊이를 갖는 데크) 등을 적용할 경우 강제보의 상부 플랜지에 데크를 설치하게 되므로 층고가 지나치게 증가한다. 이를 방지하기 위해서 철선 일체형 트러스 데크의 적용을 고려할 수 있으나, 이 경우에는 적정 경간이 4m 이내이므로 작은 보의 추가적인 설치가 필요하다. 또한 딥 데크와 노출형 U형 합성보를 적용하면 합성보의 강제량 증가로 인해 경제성에 문제가 발생한다<sup>1),2)</sup>.

이러한 최근의 추세에 맞는 상업시설이나 중·저층 규모의 철근 콘크리트 건축물 등에서 추가적인 층고의 증가 없이 강도와 강성이 확보되면서 현장 설치 조립 등에 소요되는 노무비를 획기적으로 절감할 수 있는 슬림 플로어 시스템 개념의 새로운 복합보 개발이 필요하다.

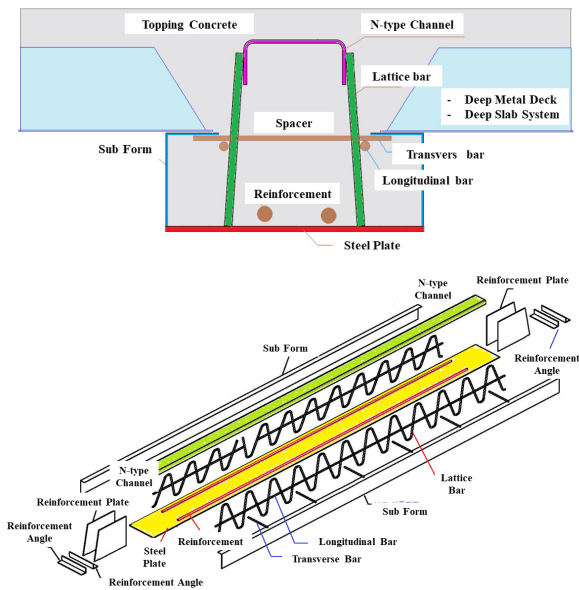
기존 연구에서는 상부에 U형상을 가진 플랜지와 강판 두께 8mm 이상으로 된 하부 강판을 일정한 패턴으로 절곡한 측면 래티스를 이용하여 상부 U형상 플랜지의 좌우측에 하부 강판과 서로 용접 접합한 U-플랜지 트러

\* 정희원, 국립목포대학교 건축공학과 교수  
Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National Univ.  
\*\* 정희원, 국립목포대학교 건축공학과 조교수  
Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National Univ.  
\*\*\* 교신저자, 정희원, 국립목포대학교 건축공학과 조교수  
Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National Univ.  
Tel: 061-450-2454 Fax: 061-450-6454  
E-mail: kimyounggho@mokpo.ac.kr

스 보를 개발하였다<sup>1),2)</sup>. 이러한 U-플랜지 트러스 보의 공장에서 선조립되어 현장으로 반입된 후 크레인을 이용하여 기둥에 설치되며, 데크 설치 후 콘크리트를 타설하여 <Fig. 1>과 같이 U-플랜지 트러스 복합보의 시공을 완료한다.

앞서 수행된 U-플랜지 트러스 보의 단순 보 실험 결과, 부재 내력은 래티스의 좌굴에 의해 결정되어 단부에서 보강이 필요한 것으로 분석되었다. 따라서 <Fig. 1>과 같이 수직 강판을 이용한 단부 보강 상세를 제안하여 시공 및 사용 단계에서 U-플랜지 트러스 보와 U-플랜지 트러스 복합보가 지닌 단부 보강 효과의 우수성을 검증하였다<sup>1-3)</sup>.

U-플랜지 트러스 복합보의 실제 적용을 위해서는 수직 강판을 이용한 단부 보강 상세를 가진 U-플랜지 트



<Fig. 1> U-flanged truss hybrid beam<sup>1),2)</sup>

<Table 1> Test specimens list

Specimens ID	Upper chord	Lattice	Reinforcement of end zone	Tension zone		
				Lower plate	Additional reinforcement	
CTB-11	CTB-B6-X	∩-180×60×6	2-R16@400	4EA-PL-525×6	PL-350×6	-
CTB-12	CTB-B6-2D(W)	∩-180×60×6	2-R16@400	4EA-PL-525×6	PL-350×6	2EA-D22(Welding)
CTB-13	CTB-B6-2D	∩-180×60×6	2-R16@400	4EA-PL-525×6	PL-350×6	2EA-D22
CTB-14	CTB-B6-4D	∩-180×60×6	2-R16@400	4EA-PL-525×6	PL-350×6	4EA-D22
CTB-15	CTB-B8-4D	∩-180×60×6	2-R16@400	4EA-PL-525×6	PL-350×8	4EA-D22

러스 복합보에 대해서 사용 단계에서의 휨 성능을 최종적으로 검증할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 새롭게 개발된 단부 보강 상세에 대한 U-플랜지 트러스 복합보의 휨 성능을 검증하기 위해서 실험적인 연구를 수행하였다.

## 2. 실험 계획

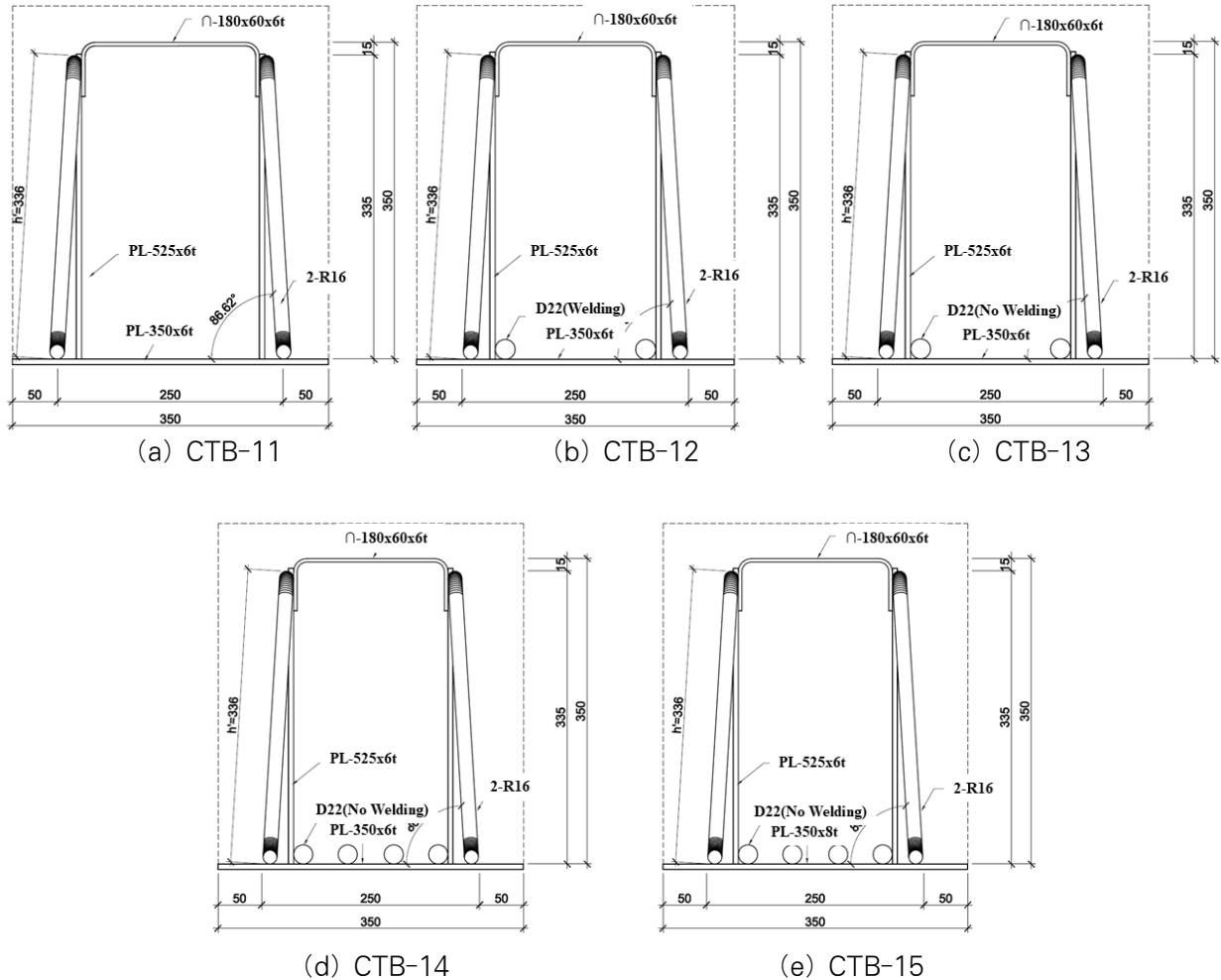
### 2.1 실험체 계획

수직 강판을 이용하여 단부 보강 상세를 가진 U-플랜지 트러스 복합보의 휨 성능을 평가하기 위해 총 5개의 실험체가 계획되었다. U-플랜지 트러스 복합보의 단면은 <Fig. 2>와 같다.

실험체의 단면은 ∩형 성형 강관(180×60×6t)을 상부 플랜지로 한 상현재를 구성하고, 측면에 강봉 래티스(R16)를 좌우로 2열 배치한 후 하부 플랜지(PL-6t 및 PL-8t)를 거푸집 기능 및 인장재 역할을 하도록 구성하였다. 모든 실험체의 단부는 6mm 수직 강판을 이용하여 보강하였다.

주요 변수는 <Table 1>에서 보는 바와 같이 시공하중에 의해 압축력을 받는 상현재는 동일하지만, 인장측 하부 플랜지의 두께와 보강 인장철근량으로 하였다. U-플랜지 트러스 복합보의 휨 성능을 평가하고자 높이(h) 400mm, 폭(b) 350mm 및 길이(L) 4,800mm의 실험체를 계획하였다.

CTB-11 실험체는 인장측인 하부에 강판 6mm를 설치하였으나 추가로 인장철근을 보강하지 않은 실험체이다. CTB-12 실험체는 CTB-11 실험체와 동일하지만 추가로 인장철근 2-D22를 하부 강판에 용접하여 설치한



(Fig. 2) The details of U-flanged hybrid beam specimens

실험체이다. CTB-13 실험체는 CTB-12 실험체와 동일하지만 추가로 설치한 인장철근을 하부 강판 위에 용접하지 않고 단순히 올려놓아 설치한 실험체이다. 이를 통해 인장철근의 용접 여부에 따른 휨 성능을 평가할 수 있다. CTB-14 실험체는 인장측인 하부에 강판 6mm를 설치하고 추가로 인장철근을 4-D22로 보강한 실험체이다. 마지막으로 CTB-15 실험체는 하부에 강판 8mm를 설치하고 추가로 4-D22 인장철근을 보강한 실험체이다.

## 2.2 가력 방법 및 측정 방법

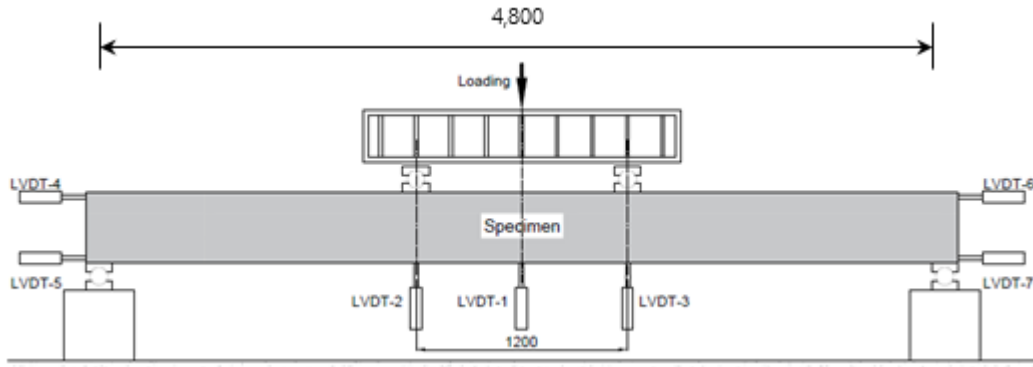
U-플랜지 트러스 복합보의 휨 성능을 평가하기 위해 (Fig. 3)에 나타난 바와 같이 양단을 단순지지하고 중앙 부에서 2점 가력을 실시하였다.

하중재하에 따른 수직 방향의 변위를 측정하기 위해 (Fig. 3)에 나타난 바와 같이 실험체 하부에 변위계를

설치하여 계속하였다. 또한 하중 재하에 따른 실험체 주요 부위의 변형률을 측정하기 위하여 변형률 게이지를 부착하였다.

시험에 사용된 가력 장비는 1,000kN 로드셀이 설치된 오일잭을 사용하였으며, 데이터 취득은 Tokyo Sokki의 TDS-602 데이터로거와 Kyowa의 USB-70B스위치 박스가 사용되었다. 변위 측정 장비로는 Tokyo Sokki사와 주신산업의 LVDT(Displacement Transducer)로 100mm와 500mm 용량의 LVDT가 사용되었다.

철근과 콘크리트의 변형률을 계측할 수 있는 변형률 게이지(Strain gauge)는 일본 동경측기사 제품으로 철근용 변형률 게이지는 Gauge length 5mm, Gauge resistance 120Ω 전기저항식 변형률 게이지를 사용하였다. 콘크리트용 변형률 게이지는 Gauge length 60mm, Gauge resistance 120Ω 전기저항식 변형률 게이지를 사용하였다. (Fig. 4)에 실험체의 세팅을 나타냈다.



〈Fig. 3〉 Experimental plan of U-flanged hybrid beam



〈Fig. 4〉 Test set-up

〈Table 2〉 Material test results

	$F_y$ (MPa)	$F_u$ (MPa)	$E$ (GPa)
PL-6t	447.1	569.5	207.9
PL-8t	331.7	480.0	211.4
D22	443.2	627.1	182.3
$\phi 16$	355.6	493.2	211.8

### 3.2 콘크리트 압축강도 시험

콘크리트 공시체는 실험체 제작 시 현장에서 지름 100mm, 높이 200mm 몰드를 이용하여 3개 제작하였으며 사용된 콘크리트의 설계기준압축강도는 27MPa이다. 응력-변형률 그래프를 확보하기 위하여 공시체 중앙부에 Strain gauge를 부착하였다. 콘크리트 압축 강도 시험 결과 평균값은 30.7MPa으로 측정되었다.

### 3.3 파괴 양상

CTB-11 실험체는 하부 강판으로 PL-6t를 사용하였으며 추가적인 인장철근은 보강하지 않은 실험체이다. 〈Fig. 5 (a)〉에 나타난 바와 같이 전형적으로 인장측 콘크리트에 휨 균열이 발생한 이후 가력부 중앙에서 콘크리트 압축 파괴가 발생하여 최대 하중에 도달하였다. 약 22kN에서 실험체 중앙 하부에 균열이 최초로 발생되었으며, 가력 중 가력기의 스트로크 제한으로 실험체의 하중 감소는 확인할 수 없었다. 따라서 계속된 범위 내에서의 최대 하중은 377.4kN으로 계속되었으며, 이때의 변위는 245.5mm이다.

CTB-12 실험체는 CTB-11 실험체와 동일하나 추가로 인장측에 2-D22 철근으로 하부 강판에 용접하여 보

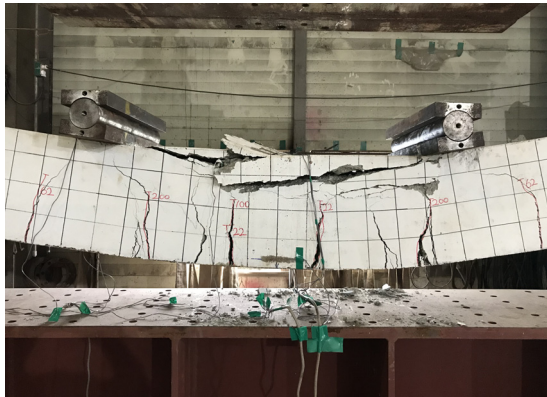
## 3. 실험 결과 및 분석

### 3.1 금속 재료 인장 시험

실험체에 사용된 강재의 재료 성능을 확인하기 위해 인장시험을 실시하였다. 시험편은 상현재로 사용된 6mm 성형 강판과 하현재로 사용한 6mm 및 8mm 철판, 인장철근으로 사용된 D22 이형철근, 래티스로 사용된 16mm 환봉, 단부 보강재로 사용한 6mm 철판에 대하여 각각 3개의 시료를 준비하여 시험을 수행하였다.

탄성계수 및 응력-변형률 곡선을 확보하기 위하여 시험편 중앙부에 Strain gauge를 부착하였다. 시험편은 KS B 0801을 준용하여 각각 3개씩 제작하였고, KS B 0802에 따른 인장시험 결과의 평균값을 〈Table 2〉에 나타내었다. 여기서  $F_y$ 는 항복강도,  $F_u$ 는 인장강도,  $E$ 는 탄성계수를 나타낸다.





(a) CTB-11 specimen



(b) CTS-12 specimen



(c) CTB-14 specimen



(d) CTB-15 specimen

〈Fig. 5〉 The failure node of specimens

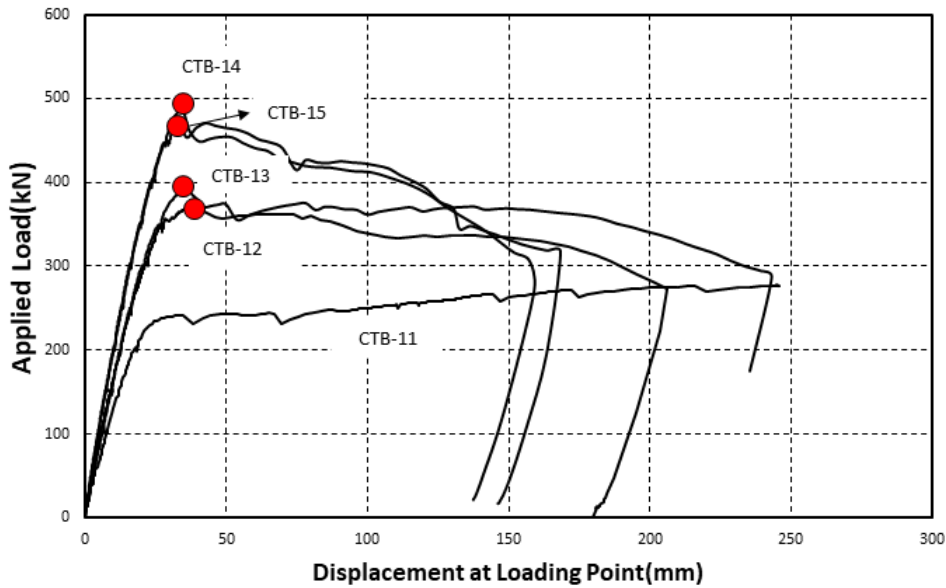
강한 실험체이다. 파괴 양상도 CTB-11 실험체와 유사하다. 초기 균열은 약 75kN에서 좌측 가력부 하부에 발생하였으며, 〈Fig. 5 (b)〉에 나타난 바와 같이 가력부 중앙에서 압축측 콘크리트의 압축 파괴로 인해 최대 하중에 도달하였다. CTB-11 실험체에 비해 인장측 콘크리트의 휨 균열은 크지 않아 하부 인장철근의 추가 배근이 균열 억제 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 최대 하중은 374.1kN으로 계측되었으며, 이때의 변위는 39.0mm이다. 이후 하중은 감소하였고 약 205mm까지 가력 후 실험을 종료하였다.

CTB-13 실험체는 CTB-12 실험체와 같이 하부 강판 6mm, 추가 인장철근 2-D22를 하부 강판에 용접하지 않고 단순 설치한 실험체이다. 이 실험체도 CTB-12 실험체와 유사하게 가력부 중앙에서 압축측 콘크리트의 압축 파괴로 인해 최대 하중에 도달하였다. 약 40kN에서 중앙부 하부에 초기 균열이 발생되었으며, 최대 하중은 389.8kN, 이때의 변위는 36.3mm로 계측되었다. 최대 하중 발생 이후 하중이 지속적으로 감소하였으며 중앙부 변위 243mm까지 가력 후 실험을 종료하였다.

CTB-12 및 CTB-13 실험체를 비교할 때 인장철근의 하부 강판 용접 여부는 실험체의 파괴 양상에 큰 영향을 주는 요소는 아닌 것으로 판단된다.

CTB-14 실험체는 하부 강판 6mm에 추가 인장철근은 4-D22를 단순 설치한 실험체이다. 파괴 양상도 〈Fig. 5 (c)〉에서 보는 바와 같이 다른 실험체와 동일하게 압축측 콘크리트의 압괴로 인해 최대 하중에 도달하였다. 약 47kN에서 가력부 우측 하부에 초기 균열이 발생되었으며, 최대 하중은 486.4kN, 이때의 변위는 33.7mm로 계측되었다.

CTB-15 실험체는 하부 강판 8mm에 추가 인장철근 4-D22를 단순 설치한 실험체이며, 모든 실험체 중 인장측 철근량이 가장 많은 실험체이다. 다른 실험체와 동일하게 〈Fig. 5 (d)〉에서 보는 바와 같이 압축측 콘크리트의 압괴로 인해 최대 하중에 도달하였다. 약 77kN에서 중앙 하부와 가력부 우측 하부에 초기 균열이 발생되었으며, 최대 하중 477.8kN, 이때의 변위는 33.4mm로 계측되었다.



〈Fig. 6〉 The load-displacement curve of specimens

〈Table 3〉 The test results

Specimens ID	CTB-11	CTB-12	CTB-13	CTB-14	CTB-15	
Test	$P_{max}$ (kN)	377.4	374.1	389.8	486.4	477.8
	$\delta_{P_{max}}$ (mm)	245.5	39.0	36.3	33.7	33.4
	$M_{test}$ (kN)	339.7	336.7	350.8	437.8	430.0
KDS <sup>4),5)</sup>	$M_n$ (kN)	336.5	440.3	440.3	546.0	489.1
	$M_{test}/M_n$	1.01	0.76	0.80	0.80	0.88

### 3.4 하중-변위관계곡선 분석

〈Fig. 6〉과 〈Table 3〉에 하중-변위 곡선과 실험 결과를 나타내었다. 〈Table 3〉에서  $P_{max}$ 는 실험체에서 측정된 최대값을 나타내고,  $\delta_{P_{max}}$ 는  $P_{max}$ 에서 측정된 변위값을 나타낸다. 이를 이용하여 측정된 최대 모멘트는  $M_{test}$ 로 나타내었다.

〈Fig. 6〉에서 보는 바와 같이 추가 인장철근을 배근하지 않은 실험체(CTB-11)와 추가 인장철근을 배근한 실험체(CTB-12, CTB-13, CTB-14 및 CTB-15)의 하중-변위 곡선은 확연한 차이가 있음을 알 수 있다. 우선 전체적으로 인장철근을 배근한 실험체의 초기 강성 및 최대 하중이 인장철근을 배근하지 않은 실험체에 비해 큰 값을 가지고 있음을 알 수 있다. 인장철근을 4개 배근한 실험체(CTB-14 및 CTB-15)가 초기 강성 및 최대 하중이 가장 크다.

또한 인장철근을 배근하지 않은 실험체(CTB-11)의 경우 하부 강판이 조기에 항복한 후 변형이 하부 강판에 집중되어 지속적으로 변형을 일으켜서 최대 하중을 확인 할 수 없었다. 그러나 인장철근을 배근한 실험체의 경우(CTB-12, CTB-13, CTB-14 및 CTB-15) 상대적으로 인장축에 여력이 있기 때문에 상부측에 설치된 성형 강판의 압축 내력을 충분히 활용할 수 있고, 성형 강판이 항복하고 최대 하중에 도달한 후 지속적으로 하중이 감소하는 결과를 얻었다. 〈Fig. 6〉에서 나타낸 바와 같이 추가적인 인장철근이 많을수록 최대 하중 이후 하중 감소가 크게 일어남을 알 수 있다.

### 3.5 기준식과의 내력 비교

국내 구조설계기준(KDS 41 30 00 : 2016, KDS 14 20 20 : 2021)<sup>4),5)</sup>에서 복근보의 공칭휨강도( $M_n$ )는 극

한상태에서 콘크리트 압축 단부의 변형률은 0.003, 인장 철근의 응력은  $f_y$ 에 도달하는 것으로 가정하며, 이 때 압축철근의 변형률( $\epsilon_s'$ )은 다음과 같이 산정한다.

$$\epsilon_s' = \left( \frac{c-d'}{c} \right) (0.003) \quad (1)$$

여기서,  $d'$  : 압축외단에서 압축철근 중심까지의 거리(mm),  $c$  : 압축연단에서 중립축까지 거리(mm)

식 (1)로 계산되는 압축변형률  $\epsilon_s'$ 이 철근의 항복변형률  $\epsilon_y = f_y/E_s$ 에 도달하였을 때에는 압축철근의 응력도 항복응력 상태에 이르게 되나,  $\epsilon_s'$ 가  $\epsilon_y$ 의 값보다 작을 때에는 압축철근이 항복 상태에 이르지 않은 것을 의미한다. 이를 적용하여 복근보 압축철근의 항복 조건은 다음과 같이 산정한다.

$$A_s - A_s' \geq \left( \frac{\beta_1 d'}{1 - f_y/600} \right) \left( \frac{0.85 f_{ck} b}{f_y} \right) \quad (2)$$

여기서,  $A_s$  : 휨부재의 인장철근량(mm<sup>2</sup>),  $A_s'$  : 휨부재의 압축철근량(mm<sup>2</sup>),  $\beta_1$  : 등가직사각형 응력블록과 관계된 계수,  $f_y$  : 철근의 설계기준항복강도(MPa),  $f_{ck}$  : 콘크리트의 설계기준압축강도(MPa),  $b$  : 부재의 압축면의 유효폭(mm)

식 (2)에 의해 압축철근의 응력 상태에 따라 복근보의 해석은 압축철근이 항복상태에 이른 경우와 압축철근이 항복하지 않은 경우에 대하여 고려되어야 한다. 이 실험체의 경우 모두 압축철근이 항복하지 않은 경우로 힘의 평형조건을 이용하면,

$$(0.85 f_{ck} b) a^2 + (0.003 E_s A_s' - A_s f_y) a - (0.003 E_s A_s' \beta_1 d') = 0 \quad (3)$$

식 (3)과 같이  $a$ 에 대한 2차 방정식을 풀어  $a$ 를 계산할 수 있다.  $a$ 값이 계산되면 복근보의 공칭휨강도는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$C_c = 0.85 f_{ck} a b \quad (4)$$

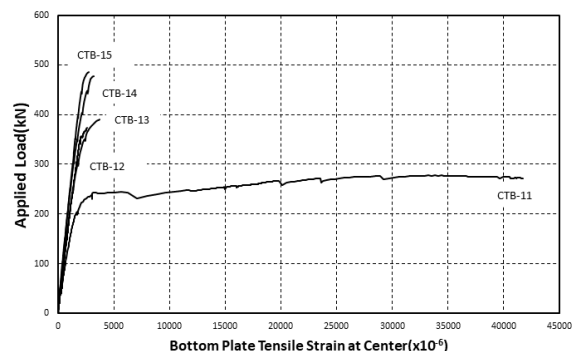
$$C_s = (E_s \epsilon_s') A_s' \quad (5)$$

$$M_n = C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \quad (6)$$

식 (6)에 의한 실험체의 공칭휨강도( $M_n$ )는 <Table 3>에 나타내었다. 이때 콘크리트 설계기준압축강도( $f_{ck}$ )와 강관 및 철근의 설계기준항복강도( $f_y$ )는 재료 실험에서 구한 평균값을 이용하여 산정하였다.

<Table 3>에서 보는 바와 같이 추가 인장철근을 배근하지 않은 CTB-11 실험체의 공칭휨내력은 국내 구조설계기준에 의한 휨강도식과 매우 유사한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 즉, 인장철근을 배근하지 않은 U-플랜지 트러스 복합보의 경우 국내 철근 콘크리트 기준식을 사용하면 휨 내력을 평가하는데 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

그러나 인장철근을 배근한 실험체의 경우에는 국내 구조설계기준에 의한 휨내력과 비교하면 실험 결과 값이 76~88%로 국내 구조설계기준으로 평가할 때 U-플랜지 트러스 복합보의 안전성을 확보할 수 없는 결과를 얻었다. <Fig. 7>에 실험체 중앙부에서 하부 강관의 인장 변형률을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 인장철근을 배근하지 않은 실험체(CTB-11)는 항복변형률을 넘어서는 충분한 인장 변형을 하고 있으나, 인장철근을 배근한 실험체의 경우에는 상대적으로 매우 작은 인장 변형을 하는 것으로 측정되었다. 즉, 국내 구조설계기준에서는 인장철근이 항복하는 것으로 가정하기 때문에 U-플랜지 트러스 복합보의 내력을 높게 평가하는 것으로 판단된다. 따라서 인장철근을 배근한 실험체에서도 충분한 인장 변형을 발휘할 수 있도록 하는 추가적인 상세 개발이 필요하다.



<Fig. 7> The bottom plate tensile strain

## 4. 결론

U-플랜지 트러스 복합보의 실제 적용을 위해 수직 강판을 이용한 단부 보강 상세를 가진 복합보의 휨성능을 검증하였다. 이때 압축력을 받는 상현재는 동일하지만 인장측 하부 플랜지의 두께와 보강 인장철근 철근량으로 하여 U-플랜지 트러스 복합보의 휨 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 인장철근을 배근한 실험체의 초기 강성과 최대 하중이 인장철근을 배근하지 않은 실험체에 비해 큰 값을 가지나, 인장철근이 많을수록 최대 하중 후 하중 감소가 크게 일어난다.

2) 인장철근을 배근한 실험체의 경우 국내 구조설계 기준에 의한 휨내력과 비교할 때 실험 결과 값이 76~88%로 실험체와 같은 상세를 가진 U-플랜지 트러스 복합보의 안전성을 확보할 수 없다.

3) 인장철근을 배근한 실험체에서도 하부 강판과 보강 인장철근이 충분한 인장 변형을 할 수 있도록 하는 추가적인 상세 개발이 필요하다.

## 감사의 글

본 논문은 2020년도 목포대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## References

1. Oh, M. H., & Kim, Y. H., "Experimental Study on the Structural Capacity of the U-Flanged Truss Steel Beam With Reinforced End by Steel Plates", Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.20, No.2, pp.31~38, 2020, doi: 10.9712/KASS.2020.20.2.31
2. Oh, M. H., Kim, Y. H., Kang, J. Y., & Kim, M. H., "Experimental Study on the Structural Capacity of the U-Flanged Truss Steel Beam", Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.18, No.4, pp.113~121, 2018, doi: 10.9712/KASS.2018.18.4.113
3. Oh, M. H., Kim, Y. H., & Kim, M. H., "Experimental Study on the Flexural Capacity of the U-Flanged Truss Hybrid Beam", Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.18, No.4, pp.123~130, 2018, doi: 10.9712/KASS.2018.18.4.123
4. MOLIT, "Korea Design Standard(KDS 41 30 00 : 2016)", Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016.
5. MOLIT, "Korea Design Standard(KDS 14 20 20 : 2021)", Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021.

- Received : March 18, 2021
- Revised : April 06, 2021
- Accepted : April 06, 2021