

U-플랜지 트러스 보의 구조 내력에 관한 실험 연구

Experimental Study on the Structural Capacity of the U-Flanged Truss Steel Beam

오 명 호*
Oh, Myoung Ho

김 영 호**
Kim, Young Ho

강 재 윤***
Kang, Jae Yoon

김 명 한****
Kim, Myeong Han

Abstract

U-flanged truss beam is composed of u-shaped upper steel flange, lower steel plate of 8mm or more thickness, and connecting lattice bars. Upper flange and lower plate are connected by the diagonal lattice bars welded on the upper and lower sides. In this study the structural experiments on the U-flanged truss beams with various shapes of upper flange were performed, and the flexural and shear capacities of U-flanged truss beam in the construction stage were evaluated. The principal test parameters were the shape of upper flange and the alignment space of diagonal lattice bars. In all the test specimens, the peak loads were determined by the buckling of lattice bar regardless of the upper flange shape. The test results have shown that the buckling of lattice bar is very important design factor and there is no need to reinforce the basic u-shaped upper flange. However, the early lattice buckling occurred in the truss beam with upper steel bars because of the insufficient strength and stiffness of upper chord, and the reinforcement in the upper chord is necessary. The formulae of Eurocode 3 (2005) have presented more exact evaluations of lattice buckling load than those of KBC 2016.

Keywords : U-flanged truss steel beam, Simple beam test, Upper-chord shape, Lattice space, Deep deck

1. 서론

바닥 시스템의 구조 성능과 경제성을 높이기 위해 건축물에 전통적으로 사용되는 철근 콘크리트 보 또는 열간압연 H형강을 이용한 철골 보가 새로운 합성 구조 시스템으로 대체되고 있는 추세이다. 수평 부재인 보의 구조적 성능을 효율적으로 향상시켜 장스팬 또는 층고 절감이 용이하도록 하거나 공기 단축과 시공성 개선을 통하여 공사비를 절감하려는 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 다양한 연구 결과가 건설 현장에 활발하게 적용되고 있다¹⁻⁵⁾.

바닥 슬래브 스패의 5~7m 이상을 무동바리 시공

을 하기 위하여 딥 데크(Deep deck)를 활용할 때 기존 노출형 U형 합성보는 적합하지 않다. 노출형 H형강 합성보나 매립형 SRC 합성보를 사용할 경우 상부 플랜지에 데크를 거치하여 시공하므로 절대 층고가 증가하게 되고, 철선 일체형 트러스 데크는 스패가 4m 이내이므로 작은 보를 추가로 설치해야 한다.

또한 층이 깊은 딥 데크(200mm 이상 층을 갖는 데크)를 사용하기 위해서는 비대칭 H형강 합성보를 사용하여 슬림 플로어 시스템(Slim floor system)의 바닥 구조를 구현할 수 있으나, 보의 스패나 바닥 평면 모듈이 8m 전후로 작아 물류 및 저장 창고에서 발생하는 10~30kN/m²의 높은 적재 하중이나 10~15m의 장스팬에 효과가 매우 낮아 비효율적이다.

따라서 최근의 추세에 맞는 상업 시설이나 중저층 규모의 철근 콘크리트 건축물에서 추가적인 층고의 증가 없이 강도와 강성이 확보되면서 현장 설치 조립 등과 같은 노무비를 획기적으로 절감할 수 있는 슬림 플로어 시스템 개념의 새로운 복합보 개발이 절실히 요구된다.

* 정희원, 국립목포대학교 건축공학과 교수
Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National Univ.

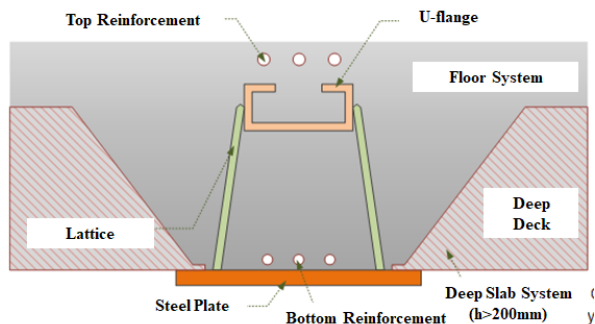
** 정희원, 엔지니어 대표
NTAGE

*** 정희원, 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구위원
Dept. of Infrastructure Safety Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**** 교신저자, 정희원, 국립목포대학교 건축공학과 교수
Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National Univ.
Tel: 061-450-2456 Fax: 061-450-6454
E-mail: mhk314@mokpo.ac.kr

본 연구에서는 <Fig. 1>과 같이 상측에 개방 구조를 갖는 U형상의 상부 플랜지, 강판 두께 8mm 이상으로 된 하부 강판 및 일정한 패턴으로 절곡한 측면 래티스를 이용하여 상부 U형 플랜지의 좌우측에 래티스와 하부 강판을 용접 접합한 U-플랜지 트러스 보를 개발하였다. 이러한 U-플랜지 트러스 보를 공장에서 선조립되어 현장으로 반입된 후 크레인을 이용하여 기둥에 설치되고, 데크 설치 후 콘크리트를 타설하여 시공하게 된다. 따라서 공장에서 선조립되는 U-플랜지 트러스 보의 시공 단계에서 발생하는 콘크리트 타설 하중 및 작업 하중에 의한 횡좌굴과 상부 압축에 가장 효율적으로 저항할 수 있을 것으로 판단되며, 사용 중에는 콘크리트가 타설되어 합성보로서의 역할을 할 수 있다⁶⁾.

새롭게 개발된 형상을 가진 U-플랜지 트러스 보의 구조 성능을 검증하기 위해서는 다양한 변수에서의 실험이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 다양한 변수를 가진 U-플랜지 트러스 보 실험체를 대상으로 단순보 실험을 실시하고 그 결과를 바탕으로 기존의 내력식과의 비교를 통해 U-플랜지 트러스 보의 내력을 평가하고자 한다.



<Fig. 1> The concept of U-flanged truss steel beam

2. 실험 계획

2.1 실험체 계획

U-플랜지 트러스 보의 성능을 평가하기 위해 총 8개의 실험체가 계획되었다. U-플랜지 트러스 보의 기본 형상은 <Fig. 2>와 같다.

실험체의 단면에 U형 성형 강판을 상부 플랜지로 한 상현재를 구성하고 측면에 강봉 래티스를 좌우로 2열 배치한 후 하부 플랜지를 거푸집 기능과 인장재 역할을 하도록 구성한 U-플랜지 트러스 보의 시공 단계에 관한 휨 실험을 실시하였다.

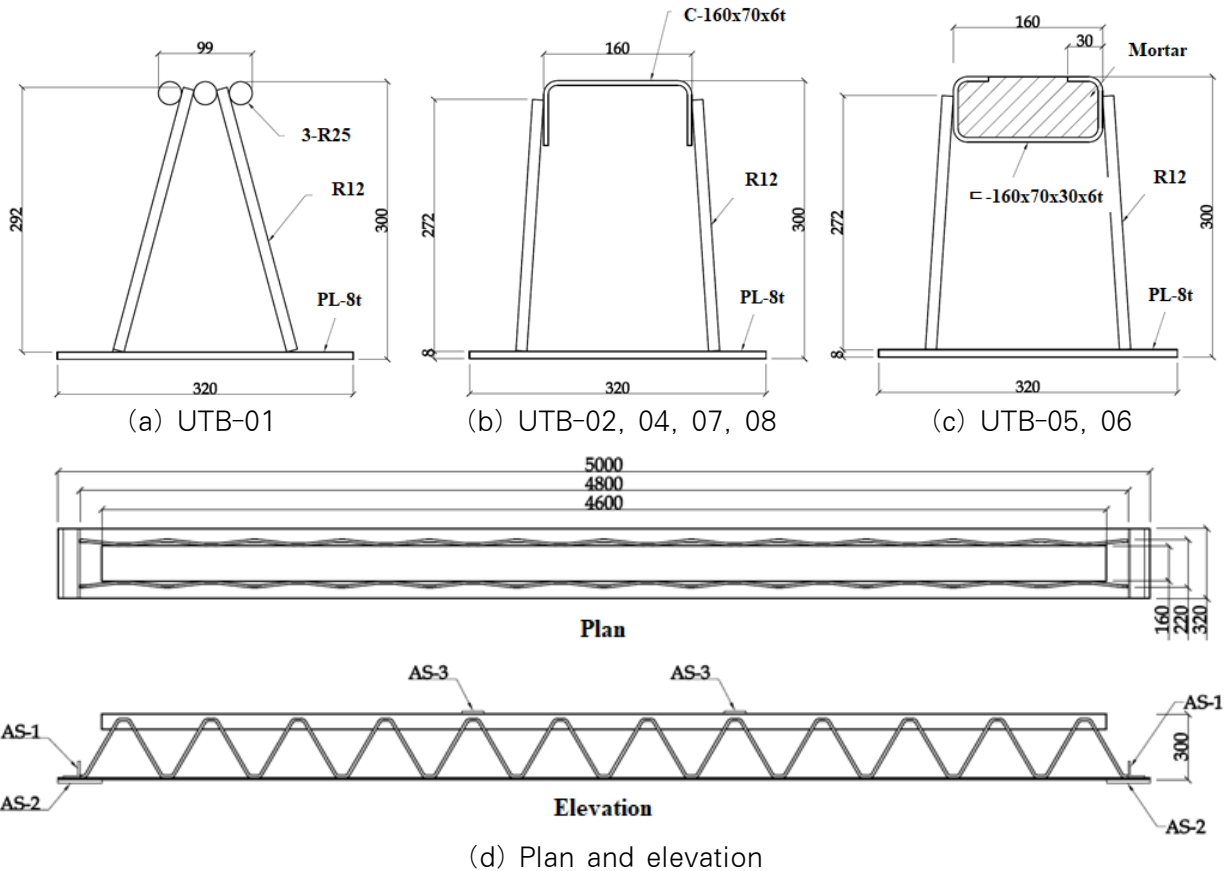
<Table 1>에서 보는 바와 같이 시공 하중에 의해 압축력을 받는 상현재의 형상과 래티스 간격 변화에 따른 U-플랜지 트러스 보의 구조 성능을 평가하고자 높이(h) 300mm, 폭(b) 320mm 및 길이(L) 4,800mm의 조립 강재보 실험체를 계획하였다.

UTB-01 실험체는 지름 25mm의 환봉 3개를 상현재로 설치하고, 하현재로 8mm 철판을 사용하였으며, 래티스는 12mm의 강봉을 400mm 간격으로 2열 배치한 실험체이다. UTB-02 실험체는 U-플랜지 트러스 보의 기본형으로 상현재의 형상을 성형한 6mm 철판을 이용하고, 다른 부위는 UTB-01 실험체와 동일하다. UTB-02 실험체를 기준으로 상현재의 형상 및 하현재의 두께를 변경하였다. UTB-03 실험체는 상현재를 6mm 철판과 2개의 19mm 강봉으로 보강한 실험체이며, UTB-04 실험체는 하현재로 6mm 철판을 사용한 실험체이다.

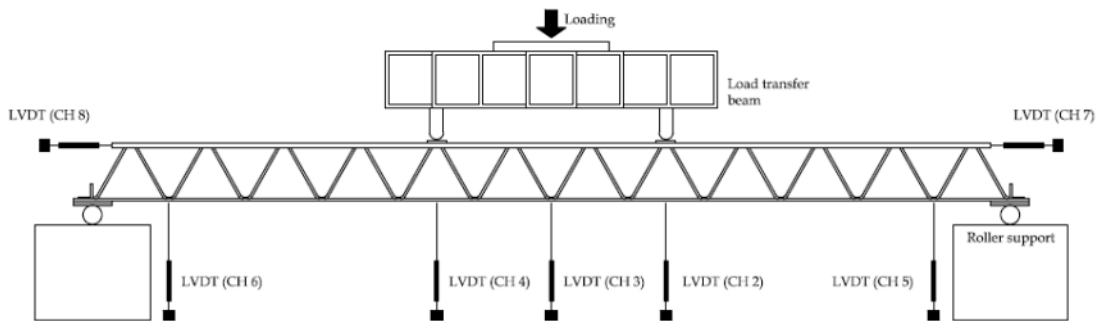
UTB-05 및 UTB-06 실험체는 성형한 6mm 철판에 40MPa 강도의 모르타르를 충전하여 상현재로 설치한 실험체이다.

<Table 1> Test specimens list

Specimens ID	Upper chord	Upper reinforce	Lattice	Lower plate	
UTB-01	UTB-R25-L8-P400	3-R25	×	2-φ12@400	PL-320×8t
UTB-02	UTB-n6×-L8-P400	C-160×70×6t	×	2-φ12@400	PL-320×8t
UTB-03	UTB-n6R-L8-P400	C-160×70×6t	2-φ19	2-φ12@400	PL-320×8t
UTB-04	UTB-n6×-L6-P400	C-160×70×6t	×	2-φ12@400	PL-320×6t
UTB-05	UTB-u6F-L8-P400	□-160×70×30×6t	Mortar filled	2-φ12@400	PL-320×8t
UTB-06	UTB-u6F-L8-P400R	□-160×70×30×6t	Mortar filled	2-φ12@400	PL-320×8t
UTB-07	UTB-n6×-L8-P342	C-160×70×6t	×	2-φ12@342	PL-320×8t
UTB-08	UTB-n6×-L8-P480	C-160×70×6t	×	2-φ12@480	PL-320×8t



<Fig. 2> The details of U-flanged truss steel beam specimens



<Fig. 3> The experimental plan of U-flanged truss steel beam

또한 강봉을 사용하여 상현재와 하현재를 용접 접합한 래티스의 거동을 확인하고자 절곡 래티스의 간격을 342mm(UTB-07) 및 480mm(UTB-08)로 하여 비교 실험을 실시하였다.

2.2 가력 방법 및 측정 방법

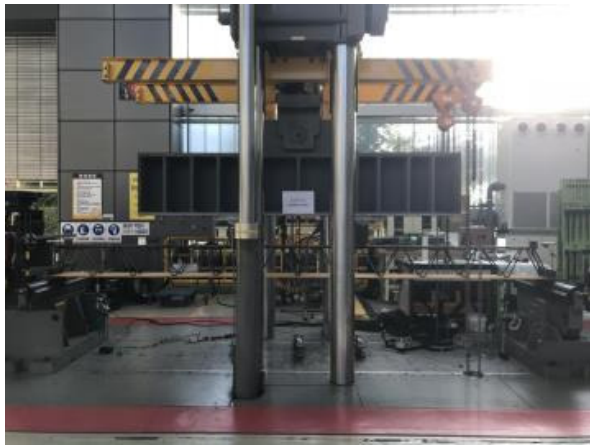
U-플랜지 트러스 보의 구조 성능을 평가하기 위해 양단을 단순 지지하고 2점 가력을 실시하였다.

실험체는 <Fig. 3>과 같이 계획하였으며, 하중 재하는 0.03mm/s의 변위 제어 방식으로 재하하였다.

하중 재하에 따른 수직 방향의 변위를 측정하기 위해 <Fig. 3>에 나타난 바와 같이 실험체 하부에 변위계를 설치하여 계측하였다. 또한 하중 재하에 따른 실험체 주요 부위의 변형률을 측정하기 위하여 변형률 게이지를 부착하였다.

시험에서 가력 장비는 MTS의 3,000kN Universal Testing Machined를 사용하였으며, 데이터 취득은

KYOWA의 데이터 로거가 사용되었다. 변위 측정 장비는 KYOWA의 LVDT(Displacement Transducer)로 50mm, 100mm, 1,000mm 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. <Fig. 4>에 실험체의 세팅 상황을 나타내었다.



<Fig. 4> The test set-up

3. 실험 결과 및 분석

3.1 금속 재료 인장 시험

실험체에 사용된 강재의 재료 성능을 확인하기 위해 인장 시험을 실시하였다. 시험편은 상현재로 사용된 25mm 환봉과 성형 강관 6mm 철판(SM275), 래티스로 사용된 12mm 환봉과 하현재로 사용한 6mm(SM275) 및 8mm 철판(SM275)에 대하여 실시하였다.

<Table 2> Material test results

	F_y (MPa)	F_u (MPa)	E (GPa)
PL-6t	323.9	458.8	222.68
PL-8t	303.8	454.3	211.37
φ12	360.7	490.8	213.22
φ25	426.0	530.7	213.17

시험편은 KS B 0801을 준용하여 각각 3개씩 제작하였고, KS B 0802에 따른 인장 시험 결과의 평균 값을 <Table 2>에 나타내었다.

3.2 파괴 양상

3.2.1 UTB-01 실험체

UTB-01 실험체는 지름 25mm 환봉 3개를 상현재로 설치하고, 하현재로 8mm 철판을 사용하였으며, 래티스는 12mm의 강봉을 400mm 간격으로 2열 배치한 실험체이다.

하중의 증가에 따라 변위가 증가하였으며, 최대 하중은 53.3kN으로 측정되었고, <Fig. 5 (a)>에서 보는 바와 같이 래티스의 좌굴에 의해 결정되었다. 최대 하중 이후 하중이 감소하였으나 이후 추가적인 변위가 증가함에 따라 하중이 증가하였다. 그러나 중앙부의 처짐이 20mm 이후에는 다른 래티스가 좌굴하여 다시 하중이 감소하였다.

3.2.2 UTB-02, 03, 04, 07, 08 실험체

UTB-02 실험체는 U-플랜지 트러스 보의 기본형으로 상현재는 성형한 6mm 철판을 이용하고, 하현재는 8mm 철판을 사용하였으며, 래티스는 12mm 강봉을 400mm 간격으로 2열 용접 접합한 실험체이다.

이 실험체도 하중의 증가에 따라 변위가 증가하다가 <Fig. 5 (b)>에서 나타낸 바와 같이 단부 부분의 래티스가 좌굴하여 최대 하중 74.7kN에 도달하였다. 이후 하중이 급격히 감소하여 실험을 종료하였다.

단부 부근의 래티스가 조기에 좌굴하여 부재 전체의 내력을 충분히 확인할 수 없을 것으로 판단되어 이후 모든 실험체의 양 단부 첫 번째 래티스에 19mm 철근을 용접하여 보강한 후 실험을 진행하였다.

양 단부 첫 번째 래티스를 보강한 후 실험을 다시 진행한 결과, 상현재를 6mm 철판과 19mm 강봉으로 보강한 실험체(UTB-03), 하현재로 8mm 철판 대신 6mm 철판을 사용한 실험체(UTB-04), 래티스를 342mm 및 480mm 간격으로 배치한 실험체(UTB-07 및 UTB-08)도 단부 래티스가 좌굴하여 최



(a) UTB-01 specimen



(b) UTB-02 specimen



(c) UTB-05 specimen



(d) UTB-06 specimen

<Fig. 5> The failure mode of specimens

대 하중에 도달하였다. 각각의 최대 하중은 72.6kN(UTB-03), 78.1kN(UTB-04), 78.2kN(UTB-07), 72.1kN(UTB-08)으로 측정되었다.

U-플랜지 트러스 보에서 모든 실험체가 상현재 형상에 관계없이 래티스의 좌굴에 의해 조립보의 내력이 유사한 크기로 결정되었다. 따라서 U-플랜지 조립보의 최적 형상 결정 시 이러한 래티스의 좌굴을 고려하여야 할 것으로 판단된다. 또한 래티스의 간격을 줄이면 래티스의 좌굴 내력을 향상시켜 조립보의 최대 내력을 증가시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

3.2.3 UTB-05, UTB-06 실험체

UTB-05 실험체는 성형한 6mm 철판에 40MPa 강도의 모르타르를 충전하여 상현재로 설치하고, 하현재는 8mm 철판을 사용하였으며, 래티스는 12mm 강봉을 400mm 간격으로 2열 용접 접합한 실험체이다.

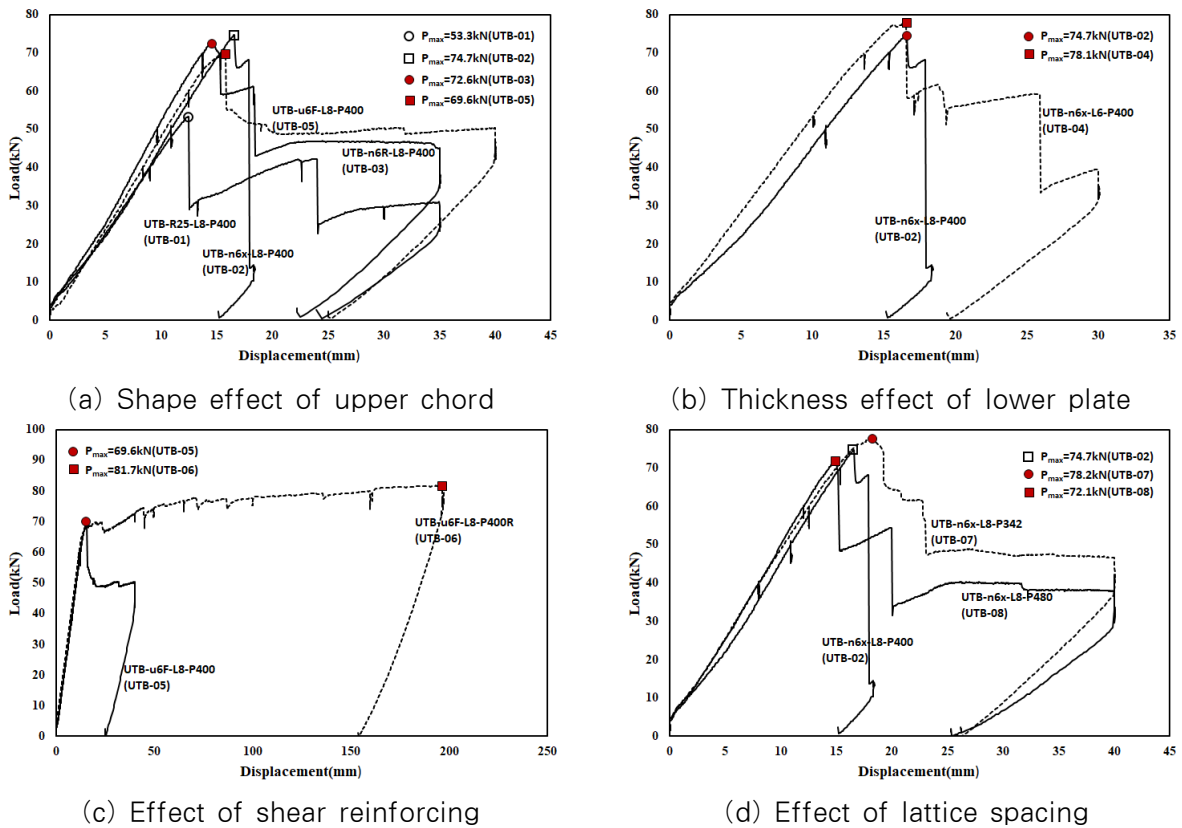
다른 실험체와 유사하게 하중의 증가에 따라 변

위가 증가하였으며, <Fig. 5 (c)>에서 나타난 바와 같이 단부의 래티스가 좌굴하여 최대 하중 69.6kN에 도달하였다.

UTB-06 실험체는 UTB-05 실험체와 동일하지만 가력점부터 단부까지 6mm 철판을 사용하여 400mm 간격으로 상현재와 하현재 사이를 수직으로 전단 보강한 실험체이다. <Fig. 5 (d)>에 나타난 바와 같이 69.0kN에서 단부 래티스 좌굴이 발생하고 71.0kN에서 충전된 모르타르에 균열이 발생하였다. 이후 81.7kN에서 충전 모르타르가 길이 방향으로 쪼개지면서 최대 하중에 도달하였다. 즉, 조립보에 전단 보강을 실시하면 조립보의 내력을 크게 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

3.3 하중-변위 관계 곡선 분석

3.3.1 상현재의 형상에 따른 영향



(Fig. 6) The load-displacement curve of specimens

상현재의 형상에 따른 실험체의 하중-변위 곡선을 <Fig. 6 (a)>에 나타내었다. UTB-01 실험체의 상현재는 25mm 강봉이고, UTB-02 실험체는 6mm 성형 강판이다. UTB-03 실험체는 6mm 성형 강판 아래에 2개의 19mm 강봉으로 보강한 실험체이다. UTB-05 실험체는 6mm 성형 강판에 모르타르를 충전한 것이다.

<Fig. 6 (a)>에서 보는 바와 같이 상현재를 강봉으로 설치한 실험체(UTB-01)가 상현재를 성형 강판으로 설치한 실험체(UTB-02, UTB-03, UTB-05)에 비해 최대 내력이 작음을 알 수 있다. 이는 상현재의 강도와 강성이 래티스의 구속 조건에 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 즉, 상현재의 강도와 강성이 클수록 래티스의 좌굴 내력을 향상시킨다는 것을 알 수 있다.

3.3.2 하부 철판의 두께에 대한 영향

하부 철판의 두께에 따른 실험체의 하중-변위 곡선을 <Fig. 6 (b)>에 나타내었다. 하부 강판의 두께가 6mm인 실험체(UTB-04)가 8mm인 실험체

(UTB-02)에 비해 최대 내력 및 강성이 향상되었다. 이는 UTB-04 실험체에서 단부 첫 번째 래티스에 D19 철근을 추가로 보강한 결과이며, 이로 인해 래티스의 좌굴이 지연된 것으로 판단된다.

3.3.3 전단 보강에 대한 영향

전단 보강에 대한 실험체의 하중-변위 곡선을 <Fig. 6 (c)>에 나타내었다. 두 실험체(UTB-05, UTB-06) 모두 상현재는 6mm 성형 강판을 사용하였고 모르타르를 충전하였다. UTB-06 실험체는 래티스로 사용된 12mm 강봉 외에 6mm 철판을 400mm 간격으로 상현재와 하현재 사이에 추가로 용접하여 전단 보강하였다.

<Fig. 6 (c)>에서 보는 바와 같이 전단 보강한 실험체(UTB-06)는 초기에 래티스 좌굴이 일어난 시점이 전단 보강하지 않은 실험체(UTB-05)와 유사하나, 좌굴이 일어난 이후에도 하중이 급격히 감소하지 않고 실험체 내력이 지속적으로 상승하였다. 즉, 전단 보강하면 U-플랜지 트러스 보의 내력 및 연성을 크게 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

<Table 3> The comparison of test results and code equations

Specimens ID	Test	Test		KBC 2016	Eurocode 3	Comparison	
		P_{max} (kN)	δ_{max} (mm)	P_n (kN)	$N_{b,Rd}$ (kN)	P_{max}/P_n	$P_{max}/N_{b,Rd}$
UTB-01	UTB-R25-L8-P400	53.3	12.49	72.7	59.1	0.73	0.90
UTB-02	UTB-n6×-L8-P400	74.7	15.79	81.6	65.5	0.92	1.14
UTB-03	UTB-n6R-L8-P400	72.6	14.59	81.6	65.5	0.89	1.11
UTB-04	UTB-n6×-L6-P400	78.1	16.39	81.6	65.5	0.96	1.19
UTB-05	UTB-u6F-L8-P400	69.6	14.99	81.6	65.5	0.85	1.06
UTB-06	UTB-u6F-L8-P400R	81.7	197.82	81.6	65.5	1.00	1.25
UTB-07	UTB-n6×-L8-P342	78.2	18.18	84.7	67.2	0.92	1.16
UTB-08	UTB-n6×-L8-P480	72.1	13.99	76.2	62.9	0.95	1.15

3.3.4 래티스 간격에 대한 영향

래티스 간격에 따른 실험체의 하중-변위 곡선을 <Fig. 6 (d)>에 나타내었다. 래티스 간격은 각각 342mm(UTB-07), 400mm(UTB-02), 480mm(UTB-08)이다. 이는 트러스 보 높이(h)의 1.14배(UTB-07), 1.33배(UTB-02) 및 1.6배(UTB-08)에 해당한다.

<Fig. 6 (d)>에서 보는 바와 같이 래티스 간격이 좁을수록 최대 내력이 향상되는 것을 알 수 있다. 래티스 간격이 좁아지면 래티스의 좌굴 길이가 짧아져서 좌굴 내력이 커지기 때문이다.

3.4 기준식과의 내력 비교

실험 결과, 모든 실험체가 상현재 형상에 관계없이 래티스의 좌굴에 의해 최대 내력이 결정되었다. 따라서 국내·외 설계 기준식과의 비교를 통해 실험체의 최대 내력을 비교하였다.

국내설계기준(KBC 2016)⁷⁾에서의 공칭 압축 강도 P_n 은 미국의 하중저항계수설계법(LRFD)에 근거하여 다음과 같이 산정한다.

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (1)$$

여기서, 휨좌굴 강도 F_{cr} 은 다음과 같이 산정한다.

1) $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{E/F_y}$ 인 경우

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{E} \right] F_y \quad (2)$$

2) $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{E/F_y}$ 인 경우

$$F_{cr} = 0.877 F_e \quad (3)$$

여기서,

$$F_e : \text{탄성 휨좌굴 강도(MPa)} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

A_g : 부재의 총 단면적(mm²)

F_y : 강재의 항복 강도(MPa)

E : 강재의 탄성 계수(MPa)

K : 유효 좌굴 길이 계수(=1.0)

L : 부재의 길이(mm)

r : 좌굴 축에 대한 단면 2차 반경(mm)

또한 Eurocode 3(2005)⁸⁾에서는 공칭 압축 강도 $N_{b,Rd}$ 를 다음과 같이 산정한다.

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_g F_y}{\gamma_{M1}} \quad (4)$$

여기서,

γ_{M1} : 부분 안전 계수(=1.05)

$$\chi : \text{좌굴 감소 계수} = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1.0$$

여기서,

$$\phi = 0.5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\lambda : \text{무차원 세장비} = \sqrt{\frac{A_g F_y}{N_{cr}}}$$

α : 초기 변형 계수(=0.49)

N_{cr} : 탄성 좌굴 하중(kN)

본 연구에서 수행한 실험 결과와 식 (1) 및 식 (4)에 의한 공칭 강도 결과를 비교하여 <Table 3>에 나타내었다.

래티스의 좌굴 내력을 산정할 때 유효 좌굴 길이 계수(K)는 1.0을 사용하였으며, 래티스의 항복 강도(F_y)와 탄성 계수(E)는 재료 시험 결과를 사용하였다. 또한 실험 결과와의 비교를 위해 부분 안전 계수(γ_{M})는 적용하지 않았다.

<Table 3>에서 나타낸 바와 같이 국내설계기준(KBC 2016)에 의한 식은 U-플랜지 트러스 보에서의 래티스 내력을 정확히 반영하지 못하고 있음을 알 수 있다. 그러나 Eurocode 3의 기준식은 U-플랜지 트러스 보의 내력을 안전측으로 평가할 수 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 기존의 조립보 형식인 상현재에 25mm 강봉을 사용한 실험체(UTB-01)는 두 기준식에 의한 내력식보다 작은 값에서 최대 내력이 발휘되었다. 이러한 트러스 보에서는 래티스의 내력을 발휘하기 위해 상현재 및 하현재에서 추가적인 강도와 강성을 확보하여 단부 구속력이 필요함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 다양한 형상의 상현재를 가진 U-플랜지 트러스 보 실험체를 대상으로 단순보 실험을 실시하고 그 결과를 바탕으로 기존의 내력식과의 비교를 통해 시공 단계에서의 U-플랜지 트러스 보의 내력을 평가하였다. 그 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 모든 실험체는 상현재의 형상에 관계없이 상현재와 하현재를 연결하는 래티스의 좌굴에 의해 최대 내력이 결정되었다. 따라서 시공 단계에서의 U-플랜지 트러스 보에서는 래티스의 좌굴에 유의하여 단면 설계가 되어야 하며, 상현재의 형상은 추가적인 보강 없이 기본 형상만으로 충분할 것으로 판단된다.

2) 기존의 조립보 형식인 상현재를 강봉으로 사용한 단면 형상은 상현재의 강도와 강성이 낮아 래티스 좌굴이 조기에 발생할 수 있어 상현재에 추가적인 보강이 필요하다.

3) 실험 결과와 기존의 공칭 압축 강도 평가식을 비교 분석한 결과, 국내기준(KBC 2016)에 의한 식 보다는 Eurocode 3(2005)에 의한 식을 사용하는 것이 U-플랜지 트러스 보의 래티스 좌굴을 안전측으로 평가할 수 있다.

4) 래티스의 간격이 좁을수록 U-플랜지 트러스 보의 최대 내력은 향상되었다. 본 연구에서는 래티스의 간격을 높이의 1.6배 이하까지 실험적으로 검증하였으나, 적정 배치 간격에 대한 추가적인 실험 및 해석 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 18CTAP-C14296 2-01).

References

1. Chae, H. S., Ryoo, J., Chung, K. S., Moon, Y. M., & Cho, S. M., "Experimental Study on Structural Performance of End-reinforced Steel-beam system(Eco-girder)", Journal of Korean Society of Steel Construction, Vol.22, No.6, pp.533~541, 2010
2. Heo, B. W., Bae, K. W., & Moon, T. S., "Flexural Capacity of the Encased(Slim Floor) Composite Beam with Deep Deck Plate", Journal of Korean Society of Steel Construction, Vol.16, No.2, pp.235~245, 2004
3. Kim, D. B., Kim, Y. H., Oh, M. H., & Kim, M. H., "Experimental Study on the Flexural Capacity of the Concrete-Filled Composite Beam with Exposed Top Flange", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.17, No.4, pp.1~9, 2017
4. Lee, M. H., Oh, M. H., Kim, Y. H., Jeong, S. C., & Kim, M. H., "Experimental Study on the Shear Capacity of Slim AU Composite Beam", Journal of Korean Association for Spatial Structures, Vol.17,

No.3, pp.99~105, 2017

5. Park, K. S., Heo, B. W., Kwak, M. G., & Bae, K. W., "Experimental Study of the Flexural Behavior of Encased Composite Beams for Residential Buildings", Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, Vol.24, No.12, pp.91~98, 2008
6. Trentadue, F., Quaranta, G., Marano, G. C., & Monti, G., "Simplified Lateral-Torsional Buckling Analysis in Special Truss-Reinforced Composite Steel-Concrete Beams", Journal of Structural Engineering, Vol.137, No.12, pp.1419~1427, 2011
7. MOLIT, "Korea Building Code", Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016.
8. BS EN 1993-1-1:2005: Eurocode 3, "Design of steel structures. Part 1-1 : General rules and rules for buildings", British Standards(BS), 2005.

- Received : November 20, 2018
- Revised : December 04, 2018
- Accepted : December 11, 2018