

단순지지 T형 합성보의 휨거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Behavior of the T-type Steel Composite Beam

김 상 섭¹⁾ · 김 상 모²⁾ · 김 성 배³⁾ · 서 동 기⁴⁾ · 김 규 석⁵⁾

Kim, Sang Seup · Kim, Sang Mo · Kim, Sung Bae · Seo, Dong Gee · Kim, Kyu Suk

요 약 : 일반적인 합성보는 콘크리트 슬래브와 H형강 철골보 사이에 작용하는 수평전단력을 쉬어 코넥터로 연결하여 휨 내력 및 강성을 증가시킨 구조이다. 본 연구에서 제안한 TSC 구조는 H형강 대신 U형 철골을 사용하고 그 속에 콘크리트를 채운 새로운 형태의 합성보 시스템으로 실험을 통하여 구조특성을 평가 분석 하였다. 또한 실험결과를 통해 T형 합성보(이하 TSC 보라 칭함)의 구조설계 및 시공에 필요한 기초 자료를 제시하고자 한다.

ABSTRACT : Composite action is generally achieved by providing shear connections between steel top flange and concrete topping. Composite sections have greater stiffness than the summation of the individual stiffness of slab and beam. Therefore, they can carry larger loads or similar loads with appreciably smaller deflection and are less prone to transient vibration. T-type Steel Composite beam (TSC-beam) was developed to increase these advantages. Ten specimens were tested for this study. During the experiment, crack pattern and deflection of beam were investigated. The examined results of TSC beam system were compared with results from the typical composite beam and RC beam.

핵심용어 : T형 합성보, 콘크리트 채움, 쉬어 코넥터, 수평전단력, 합성효과

KEYWORDS : T-type Steel Composite Beam, Concrete filled, Shear connector, Horizontal Shear Force, Composite Effects

1. 서 론

합성보는 철근콘크리트 바닥 슬래브와 철골보의 합성작용으로 하중에 저항하도록 구성된 보이다. 합성보는 철골보와 콘크리트 슬래브의 경계면에서 발생하는 수평전단력에 저항하기 위해 쉬어 코넥터(Shear Connector)가 필요하다. 쉬어 코넥터가 설치된 합성보 구조는 철골보의 효율적인 사용뿐만 아니라 구조물 전체의 강성 및 내력이 증가한다. 이러한 합성보 연구는 이미 오래전부터 진행되고 있다.

현재 국내에서 건설되는 주거용 건축물의 골조형식은 최대 연면적 확보를 위해 내력벽 구조 시스템을 일반적으로 사용해 왔다. 그러나 내력벽 구조 시스템은 입주 후 구조적 변경이 불가능하기 때문에 급변하는 사회적 요구를 만족시키지 못하

고 있는 실정이다.

최근에 이러한 문제점을 극복하기 위해 공간의 자유도를 높이고 강재를 활용한 골조 전단벽식 구조 시스템을 사용한 주거용 고층건축물이 도입되고 있다. 그러나 강구조 건축물은 원자재비 상승과 층고 증가에 따른 경제성 저하뿐만 아니라 처짐, 진동 등의 사용성에 문제점을 드러내고 있다.

강구조 건축물의 문제점을 극복하기 위해 새롭게 제안된 T형 합성보(이하 TSC라 칭함 : T type Steel Composite beam)는 하부와 양측 면에 강판이나 기성재의 형강을 용접 또는 볼트로 접합하여 거푸집 기능과 인장재 역할을 극대화함으로써 휨 강성을 증가시킨 보로 기존 철근콘크리트 보를 강판으로 감싼 복합 구조 시스템이다. 최근 국내에서도 복합구조 시스템의 합성보에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

- 1) 정희원, 한국기술교육대학교 건축공학과 교수, 공학박사
(Tel. 041-560 1330, Fax. 041-560-1224, E-mail : kimss@kut.ac.kr)
- 2) 정희원, 동국대학교 대학원 건축공학과 박사과정생수료(sensesm@korca.com)
- 3) 정희원, (주)센구조연구소 연구개발팀장, 공학박사(kandj-1@hanmail.net)
- 4) 정희원, (주)센구조연구소 연구개발팀 과장, 공학석사(sdonggee@hanmir.com)
- 5) 정희원, 동국대학교 건축공학과 교수, 공학박사(kimks@dongguk.cdu)

본 논문에 대한 토의를 2004년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회담을 개재하겠습니다.

이에 본 연구는 하부 인장 플레이트의 두께와 상부 쉬어 코넥터의 배치방식, 하부 스티드의 유·무, 측면 및 하부 플레이트의 용접방법 등을 변수로 총 10개의 실험체를 제작하여 TSC 보의 휨 특성에 대해 평가하였다. TSC 합성보의 이론적인 내력평가는 일부 내용을 정리하여 발표하였고 본 논문에서는 실험결과를 중심으로 휨 거동과 TSC 보의 구조설계 및 시공에 필요한 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 소재시험

2.1 실험 계획

TSC 보의 효율성을 평가하기 위해 쉬어 코넥터의 배치방법, 측면 및 하부 플레이트의 용접방법, 하부 인장 플레이트 두께(PL 6·12·18 mm, SS400)를 주요 변수로 실험체를 제작하였다. 또한 비교 평가를 위해 기존에 사용된 H형강 합성보 및 철근콘크리트 보를 제작하였다.

각 실험체의 단면형상과 상세는 그림 1과 같다.

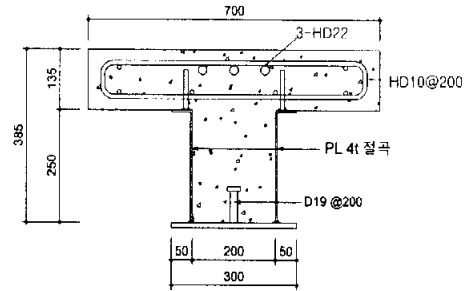
TSC 보 실험체는 3-D22(SD40) 압축철근으로 배근하였고, 합성물은 표 3과 같이 합성효과의 영향을 검토하기 위해 불완전합성으로 설계했다. 상부와 웹 플레이트의 두께는 4mm로 하였고, 웹 플레이트는 보의 판 폭 두께비를 고려하여 적용하였다. 쉬어 코넥터는 그림 1의 (d)와 같이 철근(D10)을 이용하여 200mm 간격으로 상부 플랜지에 모살용접 하였다.

합성보(H-형강) 실험체는 기준형 TSC 보 실험체(TSC 12C-R20S20)와 동일한 설계 내력을 갖도록 하였으며, 철근콘크리트 보 실험체는 동일 형상에 최대 철근비로 배근했다.

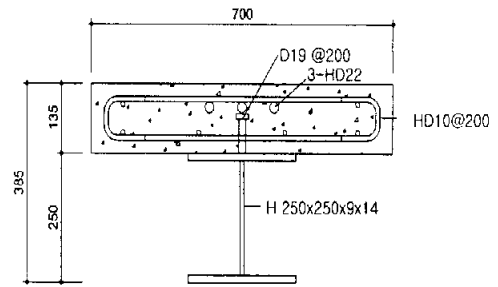
2.2 가력 및 측정방법

실험체의 가력은 그림 2와 같이 200tf의 만능시험기(UTM)를 사용하여 2점 가력 하였다. 변위 측정은 가력점 하부와 보의 중앙부 및 하중점과 지점부 중앙에 변위계를 설치하였다. 가력은 보 중앙에서 좌우로 250mm 떨어진 위치에서 2점 가력하였다. 전단효과에 의한 영향을 배제하기 위해 균등 휨이 작용하도록 가력 하는 방법이 제시되고 있으나 본 연구에서는 실험실 조건 등을 고려하여 가력 방법의 영향은 제외하였다.

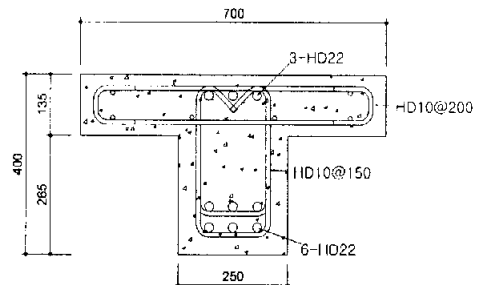
스트레인 게이지는 하부 인장플레이트에 변위계 설치위치와 동일하게 4개소와 콘크리트 슬래브 중앙부 3개소, 실험체 중앙의 철골보 웹과 콘크리트 내부에 각각 3개, 2개의 스트레인 게이지를 부착하였다.



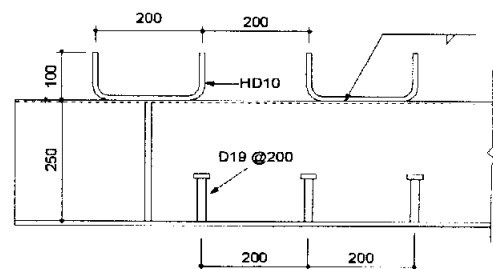
(a) TSC 기준형 실험체



(b) H형강 합성보



(c) 철근콘크리트 보



(d) 쉬어 코넥터 설치 상세

그림 1. 실험체 형상 및 상세

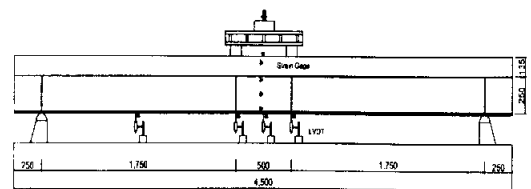


그림 2. 실험체 설치도

표 1. 소재 인장 시험결과

시험편	항복강도 (tf/cm ²)	인장강도 (tf/cm ²)	항복비 (%)	연신율 (%)	비고
PL-4	3.36	4.18	0.80	33.4	플레이트
PL-6	3.34	4.58	0.73	37.5	플레이트
PL-12	3.24	4.40	0.74	42.5	플레이트
PL-18	2.83	4.59	0.62	44.5	플레이트
PL-14	2.94	4.43	0.66	40.8	H형강
D10	4.65	6.12	0.76	27.9	철근
D22	4.44	6.54	0.68	30.2	철근

주 1) 항복비 = 항복강도/인장강도

표 2. 콘크리트 배합비

설계강도 (kgf/cm ²)	물시멘트비	S/A	단위 골재량 (kgf/m ³)			
			W	C	S	G
240	50.4	46.9	177	353	843	943

주) S : 잔골재량 G : 굵은 골재(최대치수 25mm)

2.3 소재 시험

실험체에 사용된 각 두께별 철판(SS400)과 철근(SD40)의 인장 시험결과는 표 1과 같다.

콘크리트 배합비는 표 2와 같으며, 실험체 제작 시 공시체를 제작하여 동일한 환경조건에서 양생(26일) 후 시험하였다. 콘크리트 강도는 242.5 kgf/cm²로 설계 강도와 거의 동일하다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 실험결과

표 3은 항복하중과 최대하중 및 변위이다. 항복하중의 산정방법은 그림 3과 같이 초기강성 구배와 최대하중 시 변위를 연결하여 만나는 변위를 항복변위로 하였고, 이 때의 내력을 항복하중으로 하였다.

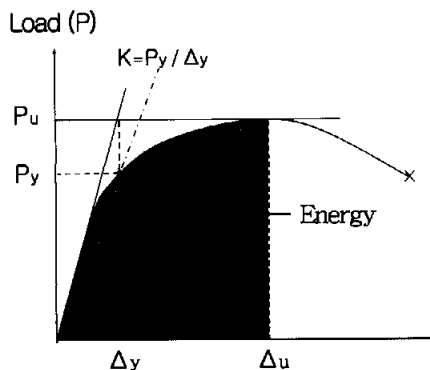
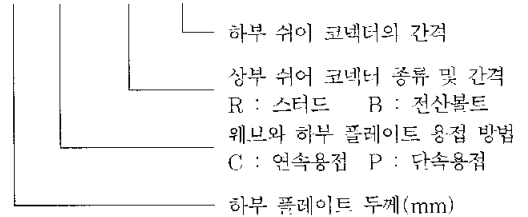


그림 3. 항복내력 산정방법

표 3. 실험결과

실험체명 ¹⁾	항복하중		최대하중		합성율 (%)
	P _y (tf)	δ _y (mm)	P _u (tf)	δ _u (mm)	
TSC12C R20S20-1	46.71	16.2	57.59	39.8	49.3
TSC12C-R20S20-2	48.73	16.6	57.59	34.4	49.3
TSC06C R20S20	34.23	18.7	42.69	59.6	68.2
TSC18C-R20S20	51.55	13.4	59.60	18.2	47.4
TSC12C-R00S20	29.39	10.9	32.62	12.8	17.0
TSC12C-R20S00	37.85	13.3	44.30	17.6	49.3
TSC12C-B40S20	38.26	13.8	46.71	29.4	-
TSC12P-R20S20	45.10	15.9	54.77	37.2	49.3
H형강 합성보	41.08	18.2	47.92↑	42.2↑	100.0
RC T형보	24.97	19.3	28.99↑	48.2↑	100.0

주 1) TSC 12 C - R20 S20



H형강 합성보와 철근콘크리트 보는 최대내력에 도달하기 전 실험여건상 종료되어 최대내력과 변위는 표 3의 실험결과를 상회한다.

TSC 보 실험체는 하부 플레이트의 두께와 상부 쉬어 코넥터의 종류 및 간격에 따라 내력 차이가 크게 나타나, 하부 인장플레이트와 쉬어 코넥터가 내력과 변형능력에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3.2 하중-변위 곡선

3.2.1 인장(보 하부) 플레이트의 두께

그림 4는 하부 플레이트의 두께에 따른 각 실험체의 하중-변위 곡선이다. 하부 플레이트의 두께가 두꺼울수록 내력 및 강성이 크나, 변형능력은 현격히 감소하는 현상을 보인다. 이것은 상부 쉬어 코넥터의 내력부족(부분 합성거동)으로 최대내력에 도달하지 못하고 조기에 수평 전단파괴가 일어나 내력이 저하되었기 때문이다. 각 실험체의 합성율은 표 4와 같다.

하부 플레이트의 두께가 12 mm인 기준형 실험체는 최대내력에 도달 후 상부 쉬어 코넥터의 파괴와 함께 내력이 저하되었고, 두께가 6 mm인 실험체는 최대내력 후 지속적인 연성거동을 보이다 상부 쉬어 코넥터 파괴로 내력이 저하되었다.

3.2.2 쉬어 코넥터의 배치방법

그림 5는 쉬어 코넥터의 배치 형식에 의한 실험체의 하중-변위 곡선이다. 하부 인장 플레이트에 쉬어 코넥터(D19@200)를 설치한 실험체(TSC12C-R00S20)는 항복 후 상부 콘크리트 슬래브와 보의 경계에서 수평전단 파괴로 내력저하가 일어났다.

상부의 쉬어 코넥터(HD10@200용접접합) 대신 보 웹 상단에 전산볼트(@400)를 사용한 실험체(TSC 12C-B40S20)는 상부 쉬어 코넥터가 없는 실험체 보다 약간의 내력은 상승하나 수평전단에 저항하지는 못한 것으로 판단된다.

하부에 쉬어 코넥터가 없는 실험체(TSC12C-R20S00)는 가력하중 44.30 t부터 강성이 급격히 저하하였다.

최대내력도 기준형의 80%정도 이다. 이는 보 하부의 콘크리트 휨 균열이 분산되지 못하고 집중되어 조기에 파단된 것으로 판단된다.

3.2.3 하부 플레이트의 용접 방법

그림 6은 하부 인장 플레이트와 웹 플레이트의 용접형식에 따른 실험체의 하중-변위 곡선이다. 하부 인장 플레이트와 웹플 전 길이에 걸쳐 용접한 실험체(TSC12C-R20S20)와 단속 용접한 실험체(TSC12P-R20S20, 100@100)로 구분하여 제작하였다.

초기강성과 내력 및 변형능력 등은 큰 차이가 없으나, 최대 하중 이후 일정한 변형을 유지하다 급격한 하중저감 현상을 보인다. 그러나 이러한 현상이 단속용접으로 인한 결과는 아닌 것으로 판단된다.

3.2.4 TSC 보와 기준형 보의 비교

그림 7은 기존 철근콘크리트 보 및 합성보와 TSC 보의 하중-변위 곡선을 비교하여 나타낸 것이다.

철근콘크리트 보는 초기강성이 다른 실험체에 비해 크게 떨어졌으나, 균열이 진행되면서 급격한 내력의 저하 없이 지속적인 연성거동을 하였다.

기준형 실험체(TSC12C-R20S20)와 동일한 내력으로 설계한 H형강 합성보는 가력 초기 소리와 함께 일부 슬립현상이 발생하였다. 또한 내력은 TSC 보에 비해 다소 저하되나 상부 쉬어 코넥터의 파괴 후에도 상부 플랜지의 압축저항 거동에 의해 급격한 하중저하 없이 안정적인 거동을 하였다.

TSC 보는 동일내력의 H형강 합성보와 비교하여 초기강성과 내력이 크다. 이는 폐쇄단면에 콘크리트가 채워져 콘크리트가 일부 인장내력에 저항한 것으로 판단된다.

그러나 상부 쉬어 코넥터 파단 후 합성거동을 하지 못해 내력저하가 크다.

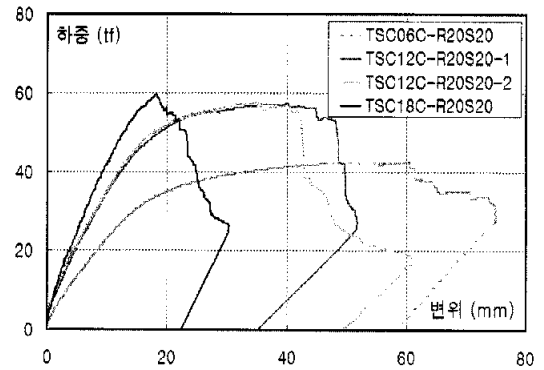


그림 4. 하부 플레이트의 두께

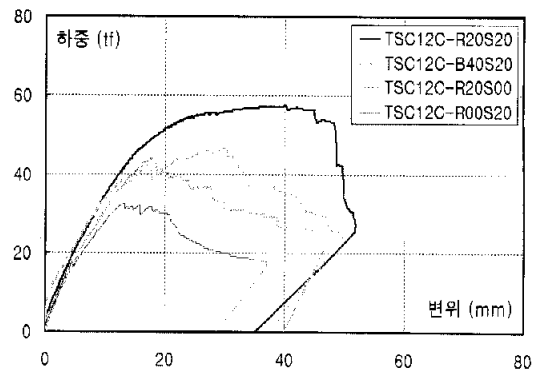


그림 5. 쉬어 코넥터의 배치방법

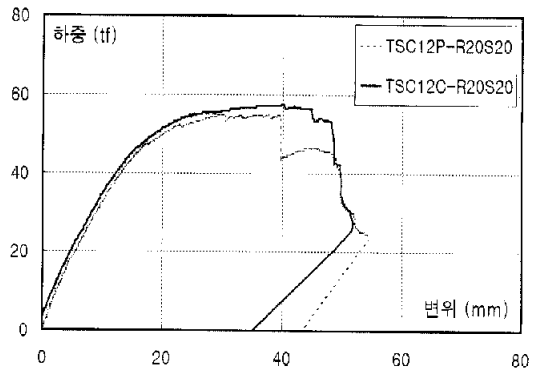


그림 6. 하부와 웹 플레이트 용접방법

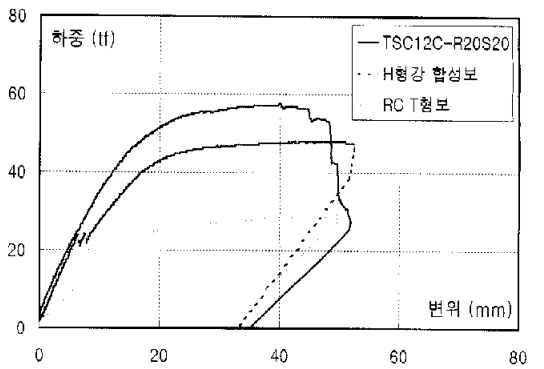


그림 7. TSC 보와 기준형 보

3.3 파괴성상

각 실험체의 파괴양상은 다음과 같다.

3.3.1 TSC12C-R20S20 (기준형 실험체)

최대하중에 도달한 후 상부의 쉬어 코넥터가 점차적으로 파단 되면서 상부 플레이트와 웨브의 국부좌굴이 발생하였다. 콘크리트 부분의 균열은 수평전단에 의해 발생된 균열 및 보의 하단에서부터 진전된 휘 균열이 슬래브 측면으로 진행되면서 최종파괴에 이르렀다(그림 8, 그림 9).

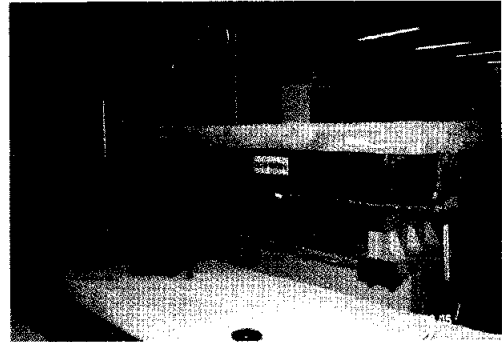


그림 8. 실험체 설치상황

3.3.2 TSC12P-R20S20

하부 인장 플레이트와 웨브 플레이트의 이음매를 단속용접 (100@100)한 실험체는 기준형 실험체와 거의 동일한 거동을 하였고, 파괴 시에도 용접부위는 전혀 손상을 입지 않은 것으로 나타났다.

기준형 실험체와 동일하게 상부 쉬어 코넥터의 파단 이후 콘크리트가 슬래브 부분과 보 부분에 작용하는 수평전단력을 견디지 못하고 파괴되었다.

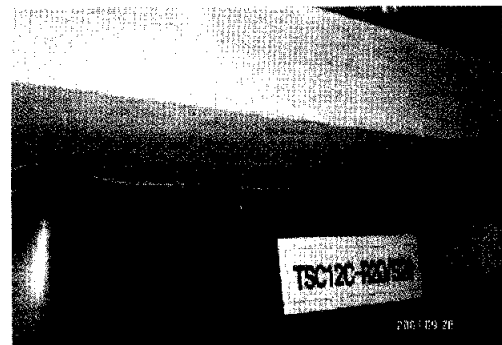


그림 9. 기준형 실험체(TSC12C-R20S20)의 파괴양상

3.3.3 TSC06C-R20S20

상, 하부 쉬어 코넥터를 기준형과 동일하게 설치하고 인장 플레이트의 두께를 6mm로 제작한 실험체이다.

기준형 실험체와 비교하여 초기강성은 저하되나 하중이 증가하여도 완전함성으로 상·하부 쉬어 코넥터의 파단 또는 웨브의 국부좌굴 현상은 발생하지 않았고, 전 단면이 소성내력을 발휘할 때까지 충분한 변형 능력을 발휘하였다.

3.3.4 TSC18C-R20S20

상, 하부 쉬어 코넥터를 기준형과 동일하게 설치하고 인장 플레이트의 두께를 18mm로 제작한 실험체이다.

기준형 실험체와 비교하여 초기강성이 상당히 크고, 최대 내력도 높으나, 인장 플레이트 하단이 항복 변형도에 도달한 후 상부 쉬어 코넥터가 파단 되어 충분한 소성 변형능력을 발휘하지 못하고 파괴되었다.

3.3.5 TSC12C-R00S20

상부에 쉬어 코넥터를 설치하지 않은 실험체이다. 기준형 실험체와 비슷한 강성으로 거동하나, 상부 콘크리트 슬래브와 철골 부분의 슬립현상이 시작되면서 최대 하중에 도달 후 철골의 상부 플랜지 및 웨브가 휘 좌굴하여 콘크리트 부분과 분리되면서 최종 파괴에 도달하였다.

3.3.6 TSC12C-B40S20

상부 쉬어 코넥터 대신 전산볼트를 사용한 실험체이다. 초기강성은 기준형 실험체와 동일하게 유지 하면서 TSC12C-R00S20 실험체 보다 다소 큰 수평전단에 대한 구속력을 갖고 최대내력이 약 30%정도 상승하여 전산볼트가 일부 쉬어 코넥터 역할을 한 것으로 판단된다.

그러나 최종파괴는 상부 플랜지 및 웨브의 국부좌굴과 함께 수평전단에 의해 파괴되었다.

3.3.7 TSC12C-R20S00

하부에 쉬어 코넥터를 설치하지 않은 실험체이다. 콘크리트 하부에 균열이 발생 시 쉬어 코넥터가 없으므로 인해 균열이 집중 되는 것으로 추정된다.

이 때 집중된 균열이 슬래브 상부로 진전되어 상부 쉬어 코넥터에 응력을 집중시키는 효과를 일으켜 상부 쉬어 코넥터의 파단 및 수평 전단파괴로 파단하였다.

4. 분석 및 고찰

4.1 실험결과 분석

표 4는 각 실험체의 실험결과 분석이다. 초기강성과 내력

비, 변형능력, 에너지 소산율 등에 대해 평가하였다.

항복하중 까지 초기강성은 TSC 보의 경우 하부 플레이트의 두께에 따라 약 두 배 이상의 큰 차이를 보이나, 쉬어 코넥터와 하부 스테드 등의 영향은 작다. 또한 TSC 보는 H형강 합성보, 철근콘크리트 보 보다 강성이 큰 것으로 나타났다.

최대 하중에 대한 항복하중의 비로 평가한 내력 비는 하부 플레이트 두께와 쉬어 코넥터 등의 영향과 큰 차이가 없다.

변형능력은 최대하중 시 변위에 대한 실험에 의한 항복하중 시 변위의 비로 하였다. 이 때 하부 플레이트가 18mm인 실험체와 하부 스테드가 없거나 상부 쉬어 코넥터가 없는 경우 항복 후 바로 파단 되어 상당히 낮은 변형능력을 보이고 있다. 반면 그 외의 실험체는 큰 차이가 없고, 하부 플레이트가 6mm인 실험체의 변형능력이 상당히 높다. 이것은 합성보의 합성율과 관계되는 것으로 판단된다.

에너지는 최대하중 시 변위에 대한 하중-변위 곡선의 전면적으로 평가하였다. 이 때 에너지는 변형능력과 동일한 경향을 보여 하부 플레이트가 두꺼운 실험체와 하부 스테드 또는 상부 쉬어 코넥터가 없는 경우 상대적으로 낮다.

에너지 소산율은 전체 에너지에 대한 에너지 소산지표에 대한 비이다. 에너지 소산율은 소성변형배율 등으로 정의되기도 한다.

그림 10은 각 실험체의 에너지와 내력 비이다. 전체적으로 내력비가 높을수록 에너지도 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 항복 후 최대하중까지의 비가 클수록 변형능력이 증가하여 에너지의 증가를 유발하는 것으로 판단할 수 있다.

그림 11는 에너지 소산율과 변형능력비이다. 변형능력이 증

표 4. 실험결과 분석

실험체명	K	P_u/P_y	δ_u/δ_y	E_D	D
TSC12C R20S20-1	2.88	1.23	2.46	2034.9	5.38
TSC12C R20S20-2	2.94	1.18	2.08	1875.8	4.65
TSC06C-R20S20	1.83	1.25	3.19	2532.3	7.92
TSC18C-R20S20	3.85	1.16	1.36	882.2	2.55
TSC12C-R00S20	2.70	1.11	1.18	307.8	1.93
TSC12C-R20S00	2.85	1.17	1.33	606.6	2.42
TSC12C-B40S20	2.77	1.22	2.13	1203.0	4.55
TSC12P R20S20	2.83	1.21	2.33	1814.0	5.05
H형강 합성보	2.25	1.17↑	2.31↑	1857.9	4.96
RC T형보	1.29	1.16↑	2.50↑	1255.5	5.21

주) K : 초기강성 (tf/mm) $K = P_u/\delta_y$
 E_D : 에너지의 합 (tf·mm)
 D : 에너지 소산율 $D = E_D/E_y$
 $E_y = 0.5P_y \delta_y$

가할수록 에너지 소산율도 비례적으로 증가하며 정비례의 관계를 보이고 있다.

4.2 합성율의 영향

TSC 보 변형능력은 인장력을 받는 강재의 단면적, 콘크리트의 마찰, 상부 플레이트와 쉬어 코넥터 관계 등의 영향을 복합적으로 평가해야 한다고 판단된다. 그러나 변형능력에 가장 큰 영향을 미치는 것은 합성율이므로 합성율과 변형능력의 관계에 대해 평가하였다.

TSC 보의 합성율은 바닥 슬래브와 철골 보의 합성작용으로 발생하는 전단력을 쉬어 코넥터가 분담하는 것으로 설계하였다.

표 5. 합성율과 변형능력의 분산분석결과

변동요인	제곱 합	제곱 평균	F 비	P 값
처리	6026.2	6026.2	44.0	0.000
잔차	1368.2	136.8	-	-
계	7394.4	-	-	-

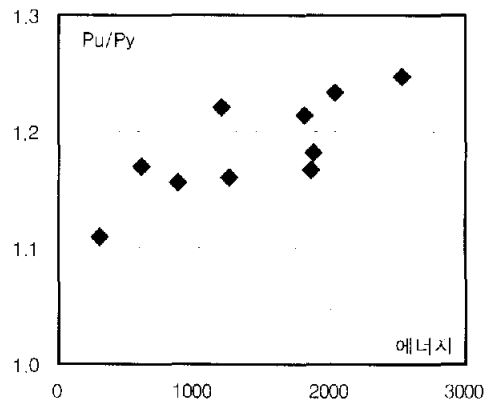


그림 10. 각 실험체의 에너지와 내력비

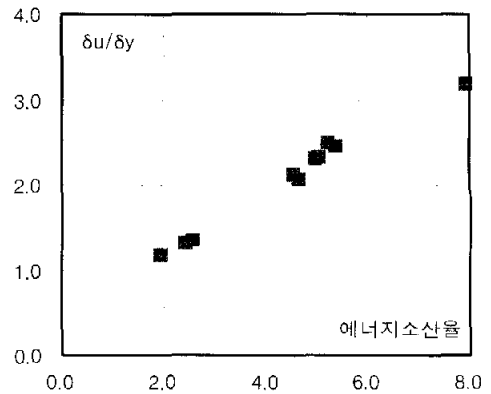


그림 11. 각 실험체의 에너지 소산율과 변형능력비

웹에 전산 볼트를 사용한 실험체와 하부 스테드가 없는 실험체의 경우 합성효과가 명확하지 않으므로 제외했다.

그림 10은 표 4의 실험결과에서 나타난 TSC 보 하부 인장 플레이트 두께 변화에 따른 변형능력의 영향이고, 그림 13은 합성율과 에너지의 관계이다. 그림 12과 동일하게 합성율이 증가할수록 에너지도 증가하여 TSC 보의 변형능력은 합성율과 비례하는 것을 알 수 있다.

표 5는 합성율과 변형능력에 대한 유의확률 5%의 분산분석결과이다. 표에서 잔차는 실험에서 본질적인 불확실성을 나타내는 오차를 의미하며, F 비는 잔차의 제곱 평균에 대한 처리의 제곱 평균 비이다. F 값이 커질수록 처리효과가 유의하다는 증거이고, P 값은 유의확률이다. 분산분석결과 유의확률이 0 으로 나타나 합성율과 변형능력은 통계적으로 유의함을 알 수 있다.

4.3 중립축의 변화

단면의 소성화 과정 및 중립축의 위치를 확인하기 위해 그림 14와 같이 변형률게이지를 부착하여 측정하였다.

4.3.1 인장 플레이트의 두께에 의한 변화

그림 15은 인장 플레이트 두께에 따른 항복 및 최대내력 시의 변형률 분포이다.

하부 인장플레이트가 6, 12mm인 실험체는 항복하는 순간 인장 플레이트가 거의 항복변형률에 도달하였으나, 두께가 18mm인 경우 상부 쉬어 코넥터의 불완전 합성으로 항복변형률에 도달하지 못한 것으로 나타났다.

최대내력 시 변형률은 합성율이 높은 실험체(TSC06C-R20S20)의 경우 전단면이 소성화 되면서 하부 인장 플레이트의 변형도가 크게 나타났으나, 합성율이 낮은 실험체는 변형률이 상대적으로 저하되었다.

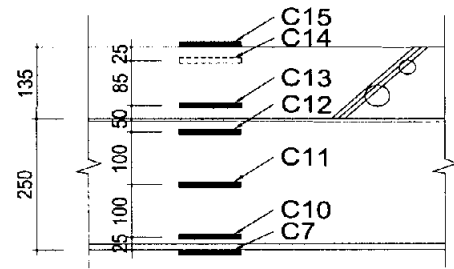


그림 14. 변형률 게이지 부착위치

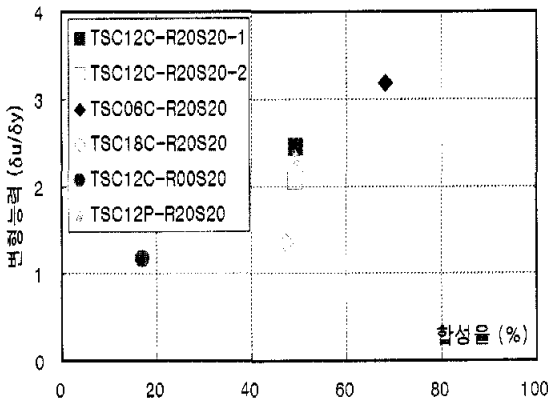


그림 12. 합성율과 변형능력비

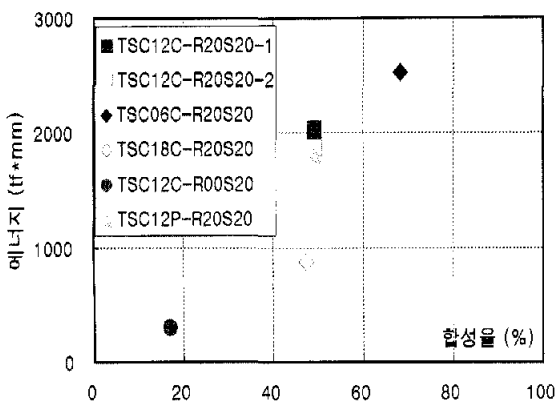
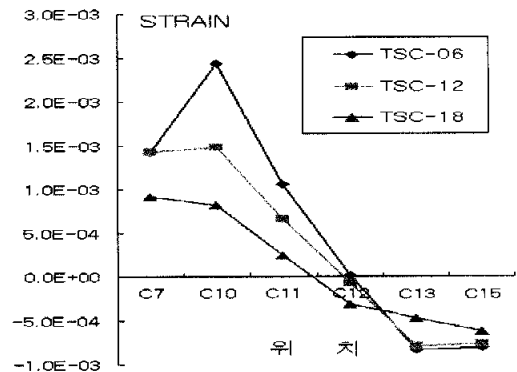
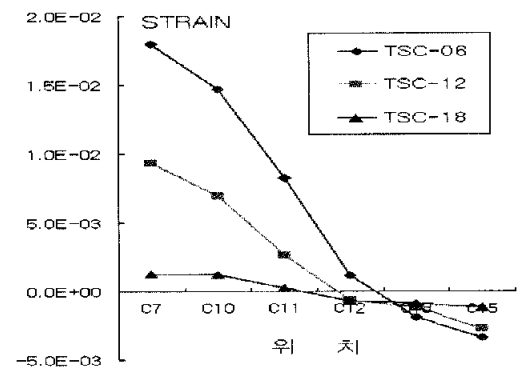


그림 13. 합성율과 에너지

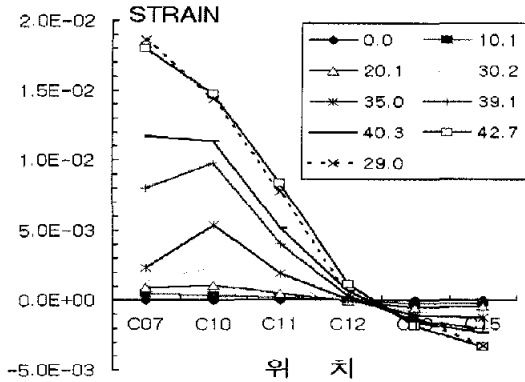


(a) 항복내력

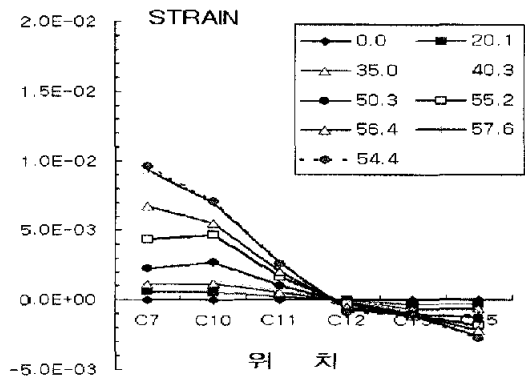


(b) 최대내력

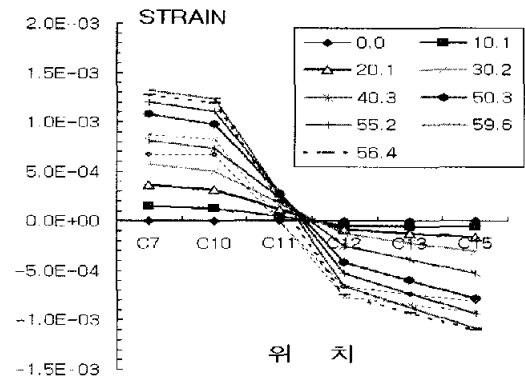
그림 15. 인장 플레이트의 두께에 따른 변형률의 변화



(a) TSC06C-R20S20 실험체



(b) TSC12C-R20S20 실험체



(c) TSC18C-R20S20 실험체

그림 16. 하중 증감에 의한 변형률의 변화

최대내력 시 중립축 위치는 하부 플레이트의 두께가 증가할수록 상부 플랜지에서 웨브로 이동되고 있다. 그러므로 합성효과가 저하되면서 TSC06C-R20S20 실험체는 콘크리트 부분이 TSC18C-R20S20 실험체는 철골의 영향이 지배적인 것으로 판단된다.

4.3.2 내력에 의한 변형률의 변화

그림 16는 하부 인장 플레이트의 두께가 6 · 12 · 18mm인

실험체의 하중 증감에 의한 변형률 변화를 스트레인 게이지의 위치별로 나타낸 것이다. 하부 인장 플레이트의 두께가 18mm인 실험체(TSC18C-R20S20)의 경우 종축의 변형도는 타 실험체에 비해 변형률이 상당히 낮아 단위 표기를 변경하였다.

그림 15과 동일하게 하부 플레이트의 두께가 증가할수록 최대내력 시 변형능력은 감소하는 경향을 보이고 있으며, 중립축위치도 상부 콘크리트에서 웨브로 위치가 변경되고 있다. 또한 하부 플레이트의 변형능력이 상부 콘크리트 보다 월등히 큰 변화를 보이고 있고, 이러한 변화는 항복 전 후 그 경향이 명확해지고 있다.

각 실험체의 변형률 변화는 하부 플레이트 판 두께와 상부 쉬어 코넥터의 합성율에 의한 영향이 복합적으로 나타난 것으로 판단된다. 그러므로 상부 쉬어 코넥터의 합성율이 높은 경우 TSC 보의 변형능력과 함께 스트레인 게이지의 변형율이 증가하는 것으로 판단된다.

5. 결 론

TSC 보의 합성거동에 관한 실험적 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 외부로 강판으로 둘러싸고 내부에 콘크리트를 타설한 형태의 TSC 보의 외부의 강판이 내구재로 이용되어 기존의 합성보와 같이 구조재로 적용이 가능하다.
- (2) 변형능력과 에너지 소산율은 하부 인장 플레이트의 두께 증가에 따라 크게 저하 되는 것으로 나타났다. 이러한 변형능력의 저하는 복합적인 평가가 필요하나 상부 쉬어 코넥터에 의한 합성율의 영향이 가장 큰 것으로 판단된다.
- (3) 하부 쉬어 코넥터가 없는 실험체의 경우 최대내력에 도달하기 전 하중이 저하되며 파괴되었다. 그러나 하부에 쉬어 코넥터가 있는 실험체는 상대적으로 내력과 변형능력 등이 우수한 것으로 나타났다. 이는 하부 쉬어 코넥터가 보 하부의 균열 발생 이후 응력 및 균열 집중을 완화시키는 쉬어키 역할을 하는 것으로 판단된다.

본 연구는 외부에 강판으로 둘러싼 TSC 보의 적용성에 대한 초기 평가이다. 실험 결과 변형능력 확보방안 검토와 하부 스티드의 간격과 배치에 따른 공학적 규명 등이 필요함을 확인하게 되었고, 이에 대해 일부 추가 실험을 진행하며 계속 연구 중이다.

참 고 문 헌

- 김상모, 김규석(2003), T형 합성보의 내력평가에 관한 연구, 한국강구조학회 논문집, 강구조학회, 15권 4호
- 선병택(1981), 이형철근을 이용한 합성보의 Shear Connector내력에 관한 연구, 한양대학교
- 한상윤(1987), 합성보에 있어서 이형철근을 사용한 Shear Connector의 내력에 관한 실험적 연구, 중앙대학교
- 홍순조(1982), 합성보 Shear Connector 설계 및 시공에 관한 연구, 청주대학교
- 황만규, 이은택, 정현수, 김덕재(1986) 합성보에 있어서 Bond Shear Connector의 내력에 관한 실험적 연구 (II), 춘계학술발표회논문집, 대한건축학회, pp 401~404
- 이형교, 이명재(1998) 유공각형강관을 사용한 합성보의 구조성능, 대한건축학회 논문집, 14권 9호 pp55~64
- 천성철, 주영규, 정광량, 김상대(2002) 비대칭 유공 합성보 iTECH beam의 휨성능평가, 대한건축학회 논문집, 18권 4호 pp67~74
- 이찬영, 주영규, 김대영, 정광량, 김상대(2002) iTECH 합성보-RC기둥 모멘트 접합부의 실험적 거동 평가, 대한건축학회 논문집 18권 9호, pp117~124
- 문재대, 곽명근, 허병욱, 배규웅, 문태섭(2003) 층고 절감형 합성보의 휨성능에 관한 실험적 연구, 학술발표회 논문집, 한국강구조학회, pp485~492
- 김종락, 김성배(2003) 고강도강(570N/mm²) 기둥 보 접합부의 용접형식과 접합부상재가 인성에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 19권 3호 pp33~40
- 엄승현, 김원기(2003) 인장가새용 댐퍼의 내진성능에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 19권 9호 pp45~52
- D.L.Mullet(1988), Composite floor systems, The Steel Construction Institute
- W. C. Hansell, T. V. Galambos, M .K. Ravindra, I. M. Viest (1978), Composite Beam Criteria in LRFD, ASCE
- W. F. Chen & I. Sohal (1995), Plastic Design and Second Order Analysis of Steel Frames, Springer Verlag
- Ivan M. Viest, Joseph P. Colaco, Richard W. Furlong, Lawrence G. Griffis, Roberto T. Leon, Loring A. Wyllie Jr(1997), Composite Construction Design for Buildings, ASCE.
- 建設省建築研究所(1996), (社)鋼材俱樂部, 鋼構造物の耐震保有性能評價のための標準試験方法と評價基準の提案
- 日本建築學會(1998), 鋼構造限界狀態設計指針同解説.
- (접수일자 : 2003. 11. 12 / 심사일 2003. 11. 21 / 심사완료일 2004. 3. 22)