

T형 합성보의 내력평가에 관한 연구

A Study on the strength evaluation for T-type Composite Beam

김 상 모¹⁾ · 김 규 석²⁾
Kim, Sang Mo Kim, Kyu Suk

요 약 : 일반적인 합성보는 콘크리트 슬래브와 H형강 철골보 사이에 작용하는 수평전단력을 쉬어코넥터로 연결하여 휨내력 및 강성을 증가시킨 구조이다. H형강대신 U형 철골을 사용하고 그 속에 콘크리트를 채운 새로운 형태의 합성보 시스템이라 할 수 있는 T형 합성보의 구조 특성을 실험에 의해 분석하고, 기존의 합성보 설계이론을 토대로 내력평가를 하는 데 그 목적이 있다. 또한 T형 합성보의 구조설계 및 시공에 필요한 기초자료를 제시하고자 한다

ABSTRACT : Composite action can be achieved by providing shear connectors between the steel top flange and concrete topping. Composite sections are stiffer than the sum of the individual stiffness of slab and beam. They can therefore carry heavier loads or similar loads with appreciably smaller deflection. They are also less prone to transient vibration. In this study, T-type Steel Composite beam (TSC-beam) was developed and tested. The test results of TSC beam were compared with the theoretical results based on composite actions.

핵심 용 어 : T형 합성보, 콘크리트 채움, 쉬어코넥터, 수평전단력, 합성효과, 내력 평가

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

1. 서 론

합성보는 철근콘크리트 바닥 슬래브와 철골보의 합성작용으로 하중에 저항하도록 구성한 보다. 철골보와 콘크리트 슬래브의 경계면에서 발생하는 수평전단력에 저항하기 위해 쉬어코넥터(Shear Connector)가 필요하며, 쉬어코넥터가 배치된 합성보 구조는 철골보의 효율적인 사용뿐만 아니라 구조물 전체의 강성 및 내력을 높여 준다.

현재 국내에서 건설되는 주거용 건축물의 골조형식은 최대한 면적 확보를 위해 내력벽식 구조형식을 일반적으로 사용해 왔다. 그러나 내력벽식 구조형식은 입주 후 구조적 변경이 불가능하기 때문에 급변하는 사회적 요구를 만족시키지 못하고 있는 실정이다. 최근에 이러한 문제점을 극복하고자 공간의 자유도를 높일 수 있는 강재를 활용한 골조-전단벽식 구조형식을 사용한 주거용 고층건축물이 도입되고 있다. 하지만 이러한 강구조 건축물도 원자재비 상승과 층고의 증가에 따른 경제성뿐만 아니라 처짐, 진동과 같은 사용성에 문제점을 드러내고 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 새롭게 제안된 T형 합성보(이하 TSC라 칭함 : T type Steel Composite beam)는 하부 강판과 양측 면에 G, H, Z 등의 형태로 접은 강판이나 기성재의 형강을 용접 또는 볼트접합하여 구성한다. 즉, 골이 큰 데크플레이트 형상으로 시공시 거푸집의 기능과 인장재 역할을 극대화함으로써 휨 강성을 증가시킨 보로 기존 RC보를 강판으로 감싼 구조형상이다. 따라서, TSC보는 철골구조와 철근콘크리트 구조의 장점을 조합한 구조 즉, 철근콘크리트조의 경제성과 철골조의 공기단축 그리고 휨 강성 개선에 의한 층고절감 및 처짐, 진동 등의 사용성을 개선시킨 구조형식이다.

본 연구는 새로운 합성보 시스템이라 할 수 있는 TSC 합성보에 대한 연구결과와 일부로, TSC보의 구조성능을 실험에 의거 분석하고, 기존의 합성보 설계이론을 토대로 내력평가를 하여 TSC보의 구조설계 및 시공에 필요한 기초 자료를 제시하고자 한다.

1) 성회원, 동국대학교 대학원 건축공학과 박사과정
(Tel.02)2068-4896(Ext.230), Fax.02)2068-7275, E-mail:sensesm@korea.com
2) 정회원, 동국대학교 건축공학과 교수, 공학박사(kimks@dongguk.edu)

본 논문에 대한 토의를 2004년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

2. TSC보의 이론해석

합성보의 실험결과 휨 내력은 철골의 전단면에 항복강도를 적용하고 콘크리트의 압축단면에 $0.85F_c$ 강도를 적용한 소성 설계 이론에 의한 해석결과에 가까운 것으로 나타나 있다. 소성해석을 위한 유효단면은 철골부분(U자형)의 전단면과 유효 슬래브의 단면으로 구분할 수 있다. 합성작용을 위한 전단철볼로는 일반적으로 상부 플랜지 및 하부 철판에 스티드를 용접 접합하여 사용한다. 잘 양생된 콘크리트에 매립된 이 전단접합 철볼은 수평전단을 구속하여 소성내력을 재분배 할 수 있는 연성적인 재질이어야 한다.

TSC보 합성단면의 극한 휨모멘트 강도는 소성모멘트의 내력으로 계산한다. 소성모멘트의 내력을 계산하기 위한 기본가정은 정모멘트와 부모멘트 부분으로 구별하여 다음과 같이 가정한다.

2.1 소성응력 분포

2.1.1 정모멘트의 소성응력 분포

정모멘트의 경우 압축응력은 슬래브의 유효폭(B) 내의 압축영역에 $0.85F_c$ 응력이 그림 1과 같이 균등하게 분포하는 것으로 가정한다. 압축영역의 높이는 철골의 인장내력과 같은 곳에 위치하는 것으로 하며, 콘크리트의 인장력은 무시한다. 철골은 소성중립축을 중심으로 상부는 압축으로 하부는 인장으로 균등한 항복응력(F_y)으로 분포하는 것으로 가정한다.

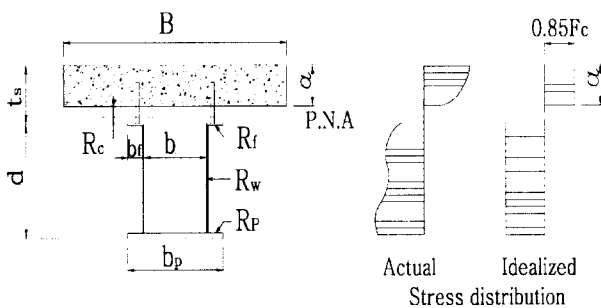


그림 1. 소성 응력 분포

2.1.2 부모멘트의 소성응력 분포

부모멘트의 소성응력은 슬래브의 유효폭(B) 내에 있는 보 길이방향의 철근 단면적(A_s)과 철근의 항복강도(F_y)가 작용하는 것으로 가정한다. 이때 철골은 소성중립축을 중심으로 하부는 압축으로 상부는 인장으로 균등하게 항복응력(F_y)이 분포하는 것으로 가정한다. 여기서, 철골 부분의 부모멘트 내

력을 전강도 평가하려면 웨브는 물론 하부 플레이트도 충분히 접합되어야 한다.

2.2 소성 중립축과 정모멘트의 휨내력

소성중립축은 철골의 항복응력(F_y)과 콘크리트의 압축응력($0.85F_c$)으로 평가하여 구한다.

철골의 인장내력(R_s)은 철골 단면적(A_s)에 항복응력(F_y)을 곱하여 산정하고, 콘크리트의 압축내력(R_c)은 콘크리트 슬래브 두께(t_s)에 슬래브 유효폭(B)을 고려하여 식(1)과 같이 산출한다.

$$\begin{aligned} R_s &= A_s \cdot F_y \\ R_c &= 0.85F_c \cdot t_s \cdot B \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 철골단면은 소성중립축의 위치에 따라 인장력과 압축력이 작용할 수 있으므로 상부 플랜지(R_f), 웨브(R_w) 그리고 하부 플레이트(R_p)로 구분하여 고려하면 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned} R_f &= A_f \cdot F_y, & A_f &= 2t_f \cdot b_f \\ R_w &= A_w \cdot F_y, & A_w &= 2t_w \cdot [d - (t_f + t_p)] \\ R_p &= A_p \cdot F_y, & A_p &= t_p \cdot b_p \\ R_s &= R_f + R_w + R_p = (A_f + A_w + A_p) \cdot F_y \end{aligned} \quad (2)$$

그리고 콘크리트 부분과 철골부분의 합성작용을 위한 수평전단내력(R_q)은 스티드의 전단내력($\sum V_{stud}$)과 콘크리트의 전단내력(V_c)의 합으로 나타내며 식(3)과 같다.

$$R_q = V_c + \sum V_{stud} \quad (3)$$

$$\text{여기서, } V_c = 0.53\sqrt{F_c} \cdot b \cdot l_o$$

$$\sum V_{stud} = n \cdot 0.5A_{st}\sqrt{F_c \cdot E_c}$$

A_{st} : 상부 스티드의 단면적

콘크리트 슬래브의 유효압축내력(C)은 인장 철골의 단면내력 그리고 콘크리트와 철골에 작용하는 수평전단에 대한 합성 정도에 따라 다르게 평가된다. 그러나 TSC보는 단면 특성상 상부 플랜지가 적으므로 충분한 소성내력을 갖기 위해서는 완전합성이 되도록 하는 것이 바람직하다.

$$\text{압축력 } C = \min.(R_s, R_c, R_q)$$

완전합성 단면에서 소성중립축의 위치는 콘크리트의 압축내력과 철골부분의 인장내력의 상대크기에 따라 다음의 3가지 경우로 구분할 수 있다.

2.2.1 철골부분이 전단면 인장을 받는 경우(소성중립축이 콘크리트 내부에 위치하는 경우)

상부콘크리트 부분의 압축력이 하부 철골부분의 인장력보다 큰 경우로 이때의 소성중립축은 그림 2와 같이 슬래브에 해당하는 콘크리트 내부에 위치하게 된다.

이때 힘의 평형 조건으로부터 $F_y \cdot A_s \leq 0.85F_c \cdot B \cdot t_s$ 로 표시할 수 있으며, 콘크리트 압축 응력분포는 식(4)와 같다.

$$F_y \cdot A_s = 0.85F_c \cdot B \cdot a \text{로부터}$$

$$a = \frac{F_y \cdot A_s}{0.85F_c \cdot B} \quad (4)$$

소성 휨내력은 철골보의 상부 A점에서 인장 및 압축력에 대한 모멘트의 합산으로 식(5)와 같이 계산할 수 있다.

$$M_p = F_y \cdot A_s \cdot y_s + 0.85F_c \cdot B \cdot a \cdot (t_s - \frac{a}{2}) \quad (5)$$

여기서 y_s 는 철골부분의 상부 표면에서 철골단면의 도심까지 거리로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$y_s = \frac{A_f \cdot \frac{t_f}{2} + A_w \cdot [t_f + \frac{(d-t_f-t_p)}{2}] + A_b \cdot (d - \frac{t_p}{2})}{A_s}$$

2.2.2 중립축이 상부 플랜지에 위치하는 경우

중립축이 상부 플랜지에 위치하는 경우 응력분포 형상은 그림 3과 같으며, 그 범위는 힘의 평형조건으로부터 식(6)과 같이 표현할 수 있다.

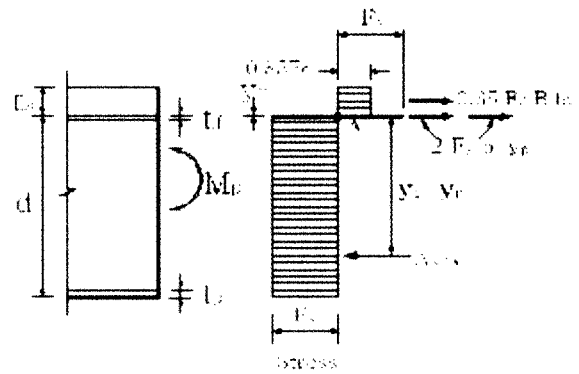


그림 3. 소성중립축이 상부 플랜지에 위치하는 경우 개념도

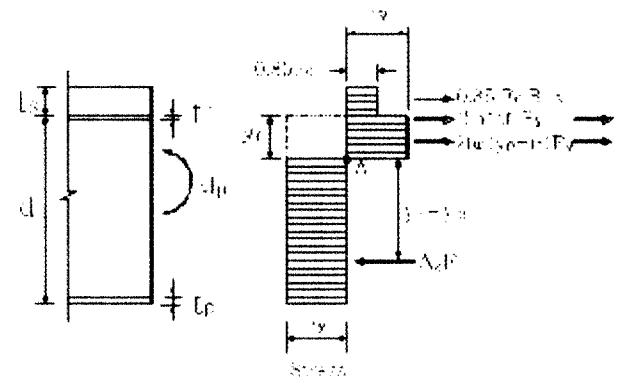


그림 4. 소성중립축이 웨브에 위치하는 경우 개념도

$$0.85F_c \cdot B \cdot t_s \leq F_y \cdot A_s \leq 0.85F_c \cdot B \cdot t_s + 2 \cdot 2 \cdot F_y \cdot b_f \cdot t_f \quad (6)$$

또한 플랜지의 상부 표면으로부터 중립축까지의 거리(y_p)는 $0.85F_c \cdot B \cdot t_s = F_y \cdot A_s - 2 \cdot 2 \cdot F_y \cdot b_f \cdot y_p$ 로부터 식(7)과 같이 구할 수 있다.

$$y_p = \frac{F_y \cdot A_s - 0.85F_c \cdot B \cdot t_s}{2 \cdot 2F_y \cdot b_f} \quad (7)$$

이 때 소성 휨내력은 중립축으로부터 각각의 도심까지의 거리에 단면력을 곱하여 식 (8)과 같이 계산한다.

$$M_p = 0.85F_c \cdot B \cdot t_s \cdot (y_p + \frac{t_s}{2}) + 2 \cdot 2F_y \cdot b_f \cdot y_p \cdot (\frac{y_p}{2}) + F_y \cdot A_s \cdot (y_s - y_p) \quad (8)$$

2.2.3 소성 중립축이 웨브에 있을 경우

콘크리트의 압축력은 슬래브부분 ($0.85F_c \cdot B \cdot t_s$)과 웨브 부분 ($0.85F_c \cdot b \cdot y_p$)으로 구분하여 평가할 수 있으며, 철골

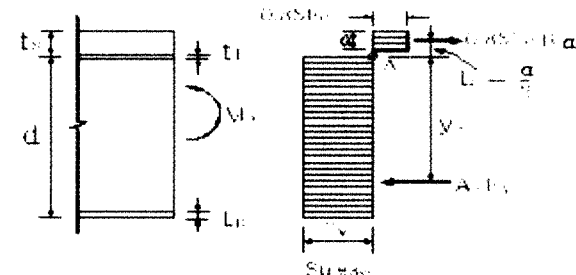


그림 2. 소성중립축이 콘크리트 슬래브 내에 위치하는 경우 개념도

부분의 내력은 $F_y \cdot A_s - 4 \cdot F_y \cdot [b_f \cdot t_f + t_w \cdot (y_p - t_f)]$ 이다.

휨의 평형조건식 (9)로 부터 철골 상부 플랜지의 표면에서

$$0.85F_c \cdot B \cdot t_s + 0.85F_c \cdot b \cdot y_p + 4 \cdot F_y \cdot b_f \cdot t_f + 4 \cdot F_y \cdot t_w \cdot (y_p - t_f) = F_y \cdot A_s \quad (9)$$

중립축까지의 거리 y_p 는 식 (10)과 같다.

$$y_p = \frac{F_y \cdot A_s + 4 \cdot F_y \cdot t_w \cdot t_f - 4 \cdot F_y \cdot b_f \cdot t_f}{0.85F_c \cdot b + 4 \cdot F_y \cdot t_w} - \frac{0.85F_c \cdot B \cdot t_s}{0.85F_c \cdot b + 4 \cdot F_y \cdot t_w} \quad (10)$$

이 때 소성 휨내력은 식 (11)과 같다.

$$M_p = 0.85F_c \cdot B \cdot t_s \left(y_p + \frac{t_s}{2} \right) + 0.85F_c \cdot b \cdot y_p \left(\frac{y_p}{2} \right) + 4 \cdot F_y \cdot b_f \cdot t_f \left(y_p - \frac{t_f}{2} \right) + 2 \cdot F_y \cdot t_w \cdot (y_p - t_f)^2 + F_y \cdot A_s (y_s - y_p) \quad (11)$$

2.3 부모멘트의 휨내력

일반 H-형강 철골보를 사용하는 합성보에서 보의 전 길이에 걸쳐 정모멘트가 작용하는 단순보는 합성효과를 적용하고 부모멘트가 발생하는 연속보 또는 강점접합부를 갖는 보는 일반적으로 합성작용을 무시하고 철골보로 계산한다.

만일, 부모멘트 영역에서 쉬어 코넥터가 있는 경우 유효 슬래브 폭내의 길이방향 철근과 철골보 사이에는 합성작용이 일어난다. 이 휨강도는 합성단면의 소성응력 분포로부터 계산할 수 있다.

부모멘트의 영역에서 철골부분과 철근이 합성작용을 하면 그림 5와 같은 소성응력 분포로 휨강도를 계산할 수 있다.

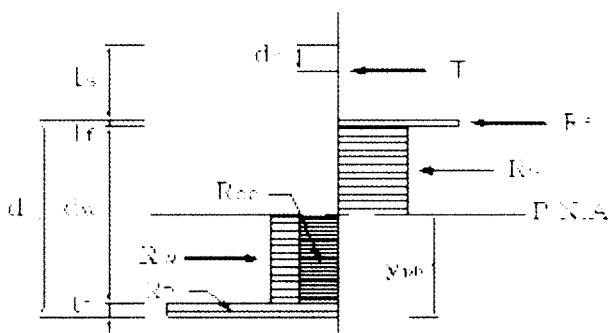


그림 5. 소성 중립축의 위치(부모멘트의 경우)

부모멘트 영역의 수평전단내력은 스티드의 전단내력(R_{qq})으로 하고 콘크리트의 전단내력은 인장영역으로 무시한다.

$$R_{qq} = \sum V_{stud} = n \cdot 0.5A_s \sqrt{F_c \cdot E_c} \quad (12)$$

인장력(T)은 유효슬래브 폭 내의 보 길이방향 철근 단면적(A_s)에 철근 항복강도(F_y)를 곱한 것과 부모멘트의 영역내에 쉬어 코넥터 내력(V_u)의 합 중 작은 값으로 한다.

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$T = \sum V_u \quad (13)$$

또한 최대 인장력(T_{max})은 철골 단면적(A_s)에 항복강도(F_y)의 곱한 값 이하가 되도록 한다.

$$T_{max} = A_s \cdot F_y$$

소성중립축은 정모멘트 영역과 같은 방법으로 계산할 수 있다. 철골의 압축내력(R_{cs})은 압축철골 단면적(A_{cs})에 항복응력(F_y)을 곱하여 산정하고, 콘크리트의 압축내력(R_{cc})은 하부표면에서 중립축까지의 거리(y_{pb})에 보폭(b)을 고려하여 산출한다. 다만, 압축력이 작용하는 철골은 콤팩트 단면이어야 한다.

$$R_{cs} = A_{cs} \cdot F_y$$

$$R_{cc} = 0.85F_c \cdot y_{pb} \cdot b \quad (14)$$

여기서 철골단면이 소성중립축의 위치에 따라 인장력과 압축력이 작용할 수 있으므로 정모멘트의 경우와 같이 세 가지로 구분하여 고려할 수 있으나, 일반적으로 대부분의 중립축은 Web에 위치하게 되며, 이 경우에 중립축의 위치는 휨의 평형조건 $T + R_f \leq R_p + R_u + R_c$ 으로부터 식 (15)와 같이 표시할 수 있다.

$$y_{pb} = d - \frac{R_u + R_p + R_{cc} - (R_f + T)}{4t_w \cdot F_y + 0.85F_c \cdot b} \quad (15)$$

보의 부방향의 전소성 모멘트는 소성중립축에 대하여 하부 플레이트의 소성내력, 상부 플랜지의 소성내력, 보강철근의 소성내력, 웹 및 콘크리트부분의 소성내력에 팔 길이를 곱하여

식 (16)과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 M_{cp} = & R_p \cdot (y_{pb} - \frac{t_p}{2}) + R_j \cdot (d - y_{pb} - 0.5t_j) \\
 & + T \cdot (d + t_s - d_j - y_{pb}) \\
 & + t_w \cdot F_v \cdot [(y_{pb} - t_p)^2 + (d - t_j - y_{pb})^2] \\
 & + 0.85f_{ck} \cdot b_o \cdot \frac{(y_{pb} - t_p)^2}{2}
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

3. 실험계획

3.1 실험체

실험체의 단면형상은 그림 6과 같다. 새롭게 제안된 TSC보의 내력을 평가하기 위해 표1과 같이 하부 강판의 두께(PL-6, 12, 18 mm)를 변수로 3종류의 실험체를 계획하였다. 인장철근은 배근하지 않았으며, 압축철근만 3-D22 (SD40)로 배근하였다.

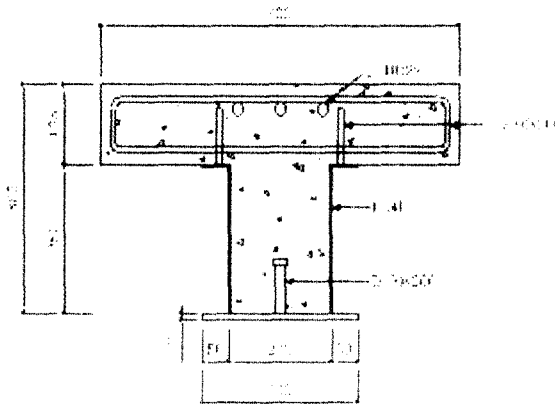


그림 6. 실험체의 형상

상부 플랜지의 쉬어 케넥터는 D10@200mm간격으로 이형 철근을 갈매기 모양(ㄷ)으로 설치하였고, 하부 플레이트에는 스티드 Ø19를 200mm간격으로 하였다. 하부 플레이트의 스티드는 콘크리트와 플레이트를 일체화 시키고, 하부에서 발생될 인장균열의 집중현상 등을 제어하기 위해 설치하였다.

스티드 설치에 대한 간격 등은 계속 연구 중이며 본 연구에서는 상부 쉬어 코넥터와 동일 배치간격으로 설치하여 이에 대한 영향을 배제하였다. 또한 이것은 본 연구의 연구범위는 아니다. 실험체의 지지간 거리는 4.0m(실험체길이 : 4.5m)이고, 슬래브 폭은 70cm로 계획하였다. TSC보의 웹강판의 두께는 판 폭 두께비를 고려하여 4mm로 하였다.

표 1. 실험체 일람표

실험체 명 ¹⁾	하부 판두께	용접 방법	상부쉬어 코넥터	하부쉬어 코넥터	비고
TSC06C-R20S20	6mm	연속	D10@200	Φ19@200	
TSC12C-R20S20-1	12mm	연속	D10@200	Φ19@200	
TSC12C-R20S20-2	12mm	연속	D10@200	Φ19@200	
TSC18C-R20S20	18mm	연속	D10@200	Φ19@200	

주) 실험체명 : TSC12C-R20S20

- 하부 쉬어 코넥터(Φ19@200)
- 상부 쉬어 코넥터(D10@200)
- 웨브와 하부 플레이트의 집합(연속용접)
- 하부 플레이트의 두께(mm)

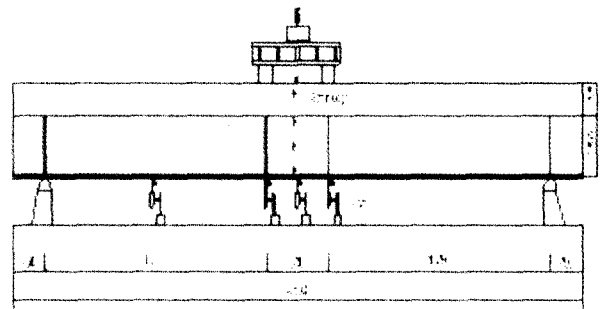


그림 7. 실험체 설치도

3.2 가력 및 측정방법

실험체의 가력은 그림 7과 같이 200tf의 만능시험기(UTM)를 사용하여 2점 가력을 하였으며, 치짐량을 측정하기 위해 가력점 하부와 보의 중앙부 및 하중점과 지점부 중앙에 변위계를 설치하였다. 또한 지점 외측의 회전각을 측정하기 위해 변위계를 설치하였다.

스트레인게이지는 인장응력을 받는 하부 인장플레이트에 변위계의 설치위치와 동일하게 4개를 부착하였으며, 콘크리트 슬래브 중앙부 3개소에 콘크리트용 스트레인게이지를 부착하였다. 또한 중립축의 위치를 파악하기 위해 철골부재의 웨브와 콘크리트 내부에 각각 3개, 2개의 스트레인게이지를 부착하였다.

3.3 소재 시험

실험체에 사용된 각 두께별 철판(SS400)과 철근(SD40)의 인장강도 시험결과는 표 2와 같다. 콘크리트의 배합비는 표 3과 같다.

공시체는 시험체 제작 시 동일한 조건으로 제작하여 양생(26일) 후 시험한 결과 압축강도 242.5 kgf/cm²을 얻었다.

표 2. 인장강도 시험결과

시험편	항복강도 (tf/cm ²)	인장강도 (tf/cm ²)	항복비 (%)	연신율 (%)
PL-4	3.36	4.18	0.80	33.40
PL-6	3.34	4.58	0.73	37.46
PL-12	3.24	4.40	0.74	42.54
PL-18	2.83	4.59	0.62	44.50
D10	4.65	6.12	0.76	27.88
D22	4.44	6.54	0.68	30.22

주) * 항복비 = 항복강도/인장강도
 ** 강재 인장시험편 강종 : SS400
 *** 철근 인장시험편 강종 : SD40

표 3. 콘크리트의 배합비

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

주) W : 물 C : 시멘트 S : 잔골재량
 G : 굵은 골재(최대치수 25mm)

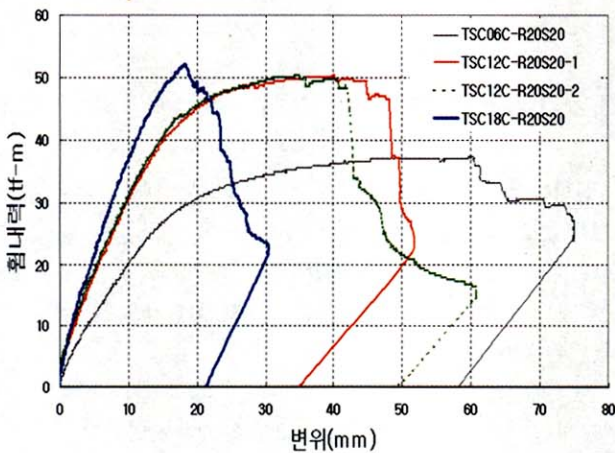


그림 8. 하중-변위 곡선

4. 실험 결과 및 분석

4.1 하중-변위 곡선

그림 8은 실험체의 하중-변위 곡선이다. 하부 플레이트의 두께가 18mm인 가장 두꺼운 실험체가 초기강성 및 인장 플레이트의 항복시 내력이 가장 크게 나타났으나 상부 쉬어 케넥터의 내력부족(부분합성거동)으로 최대내력에 도달하지 못

하고 조기에 수평전단파괴되어 내력이 저하되었다.

하부 플레이트의 두께가 12mm인 기준형 실험체는 최대내력에 도달한 후 상부 쉬어 케넥터의 파괴와 함께 내력이 저하되었다. 두께가 6mm인 실험체는 최대내력에 도달한 후 지속적인 연성거동을 하다가 상부 쉬어 케넥터의 파괴에 따라 내력이 저하되었다.

4.2 파괴성상

4.2.1 TSC12C-R20S20(기준형) 실험체

최대하중에 도달한 후 상부의 쉬어 케넥터가 점차적으로 파괴되면서 상부 플레이트가 국부좌굴을 일으키고 웨브의 국부좌굴이 발생하였다. 콘크리트 부분의 균열은 수평전단에 의해 발생한 균열 및 보의 하단에서부터 진전된 휨 균열이 슬래브 측면으로 진행되면서 최종파괴에 이르렀다(그림 9, 10).

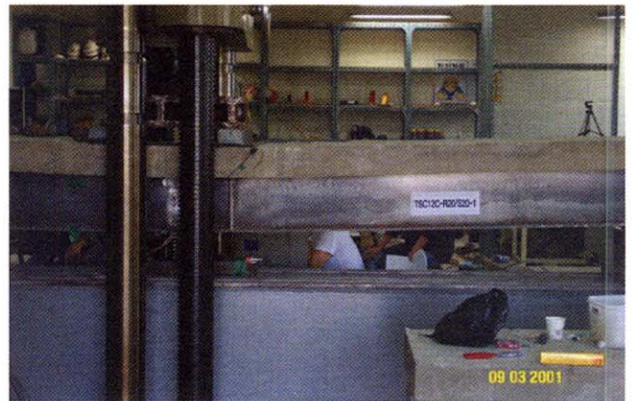


그림 9. TSC12C-R20S20실험체의 파괴성상(전경)

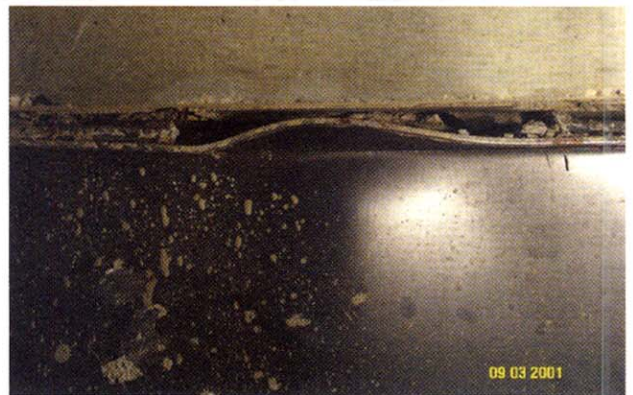


그림 10. TSC12C-R20S20실험체의 수평전단파괴 성상

4.2.2 TSC06C-R20S20 실험체

기준형과 비교하여 하부플레이트의 두께가 얇으므로 초기강성은 떨어지나 하중이 증가하여도 완전합성에 가까운 작용으

로 상·하부 쉬어 케넥터의 파단 또는 웨브의 국부좌굴 현상은 발생하지 않았으며 전 단면이 소성내력을 발휘할 때까지 충분한 변형 능력을 발휘하였다(그림 11).

4.2.3 TSC18C-R20S20 실험체

기준형과 비교하여 초기강성이 우수하고 최대내력도 높았지만 상부 쉬어케넥터가 파단되면서 충분한 소성내력을 발휘하지 못하고 52.5 tf·m 부근에서 파괴되었다(그림 12).

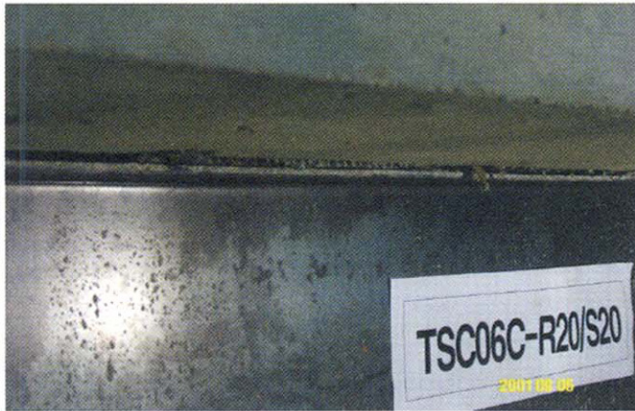


그림 11. TSC06C-R20S20 실험체의 수평전단파괴 성상



그림 12. TS812C-R20S20 실험체의 수평전단파괴 성상

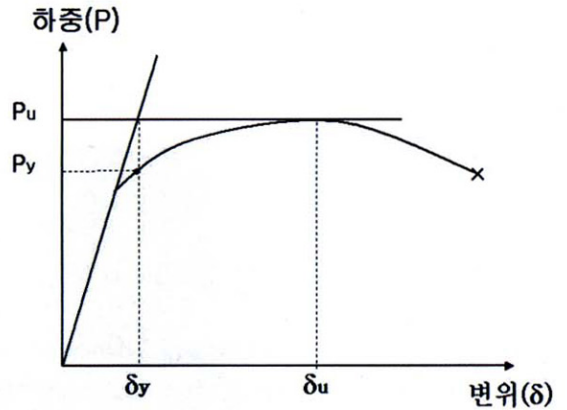


그림 13. 항복하중 산정법

4.3 실험결과 분석

실험결과에서 항복 내력은 그림 13과 같은 방법으로 평가하였다. 항복내력은 초기강성과 최대내력의 선을 교차 시켜 만나는 점을 항복변위로 산정하였고, 이 항복변위와 실험곡선이 만나는 점의 하중을 항복하중으로 정의하였다¹⁰⁾. 초기강성은 최대하중 60%의 기울기를 기준으로 산정하였다.

실험결과 최대내력과 이론해석결과 최대 소성모멘트는 표 4와 같다. 이론해석에 의한 내력값은 소재실험을 통해 구한 각 두께별 철관의 항복강도와 콘크리트의 압축강도를 적용하여 계산한 소성모멘트 값이다.

상부 플랜지에 쉬어 케넥터로 부착한 이형철근(D10) 및 콘크리트의 수평전단력을 평가 1~4하여 합성율을 고려한 이론값보다 실험값이 10~24% 높게 나타났다. 완전합성으로 고려할 경우 TSC06은 110%정도로 높게 나타났으나, TSC12 실험체는 약 96%, TSC18 실험체는 86% 정도로 부족함을 나타냈다.

이 결과로 보아 실제 합성효과는 계산치 보다 상회하는 것으로 판단된다. 즉, 하부 플레이트의 두께가 6mm인 경우에는 완전합성에 가까우나, 12, 18mm는 불완전합성으로 판단된다.

표 4. 실험결과 및 휨내력 대한 비교분석

실험체 명 ¹⁾	실험		이론해석			최대 휨내력비 (실험/이론)		합성률 (%)
	항복휨내력	최대휨내력	항복휨내력	최대휨내력		M_u / M_{u1}	M_u / M_{u2}	
	$M_y (tfm)$	$M_u (tfm)$	$M_y (tfm)$	$M_{u1} (tfm)$	$M_{u2} (tfm)$			
TSC06C-R20S20	30.0	37.35	26.9	30.0	34.0	1.24	1.10	65.2
TSC12C-R20S20-1	39.5	50.39	34.9	41.7	51.7	1.21	0.97	47.4
TSC12C-R20S20-2	40.0	49.68				1.19	0.96	
TSC18C-R20S20	43.5	52.15	40.1	47.2	60.9	1.10	0.86	47.4

M_{u1} : 불완전 합성의 경우(2-D10@200)

M_{u2} : 완전 합성으로 가정할 경우

5. 결 론

TSC 합성보의 실험적 연구 및 소성해석에 의한 내력평가 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 기존 H형강 합성보의 설계식과 같은 해석방법으로 유도한 내력평가는 최대내력이 실험결과 값보다 안전측으로 평가되었다.
- (2) TSC18C-R20S20 실험체는 최대내력을 발휘하지 못하고 조기에 상부의 쉬어커넥터가 파괴되면서 내력이 저하했으며, TSC06C-R20S20 실험체는 최대내력에 도달한 후에도 충분한 연성거동을 보였다. 이로부터 상부 쉬어커넥터에 의한 합성효과가 최대내력 발휘와 최대내력 이후 연성거동에 중요하기 때문에 완전합성이 되도록 설계해야한다.

이상과 같은 결과로부터 합성보의 압축측인 상부플랜지의 역할을 슬래브가 대신함으로써 철골물량을 줄일 수 있으며, 내부에 채워진 콘크리트의 영향에 의한 처짐 및 진동 등의 사용성을 개선할 수 있다고 판단된다. 또한 최대내력 이후에 충분한 연성거동을 위해 상부 스티드는 완전합성을 이루도록 배치하여야 한다.

참 고 문 헌

선병택(1981), "이형철근을 이용한 합성보의 Shear Connector내력에 관한 연구", 한양대, 대한건축학회지

25권 101호 pp. 47-51.
 한상윤(1987), "합성보에 있어서 이형철근을 사용한 Shear Connector의 내력에 관한 실험적 연구", 중앙대, 대한건축학회학술대회 논문집 7권 제1호, pp. 445-448.
 홍순조(1982), "합성보 Shear Connector 설계 및 시공에 관한 연구", 청주대, 대한건축학회지 26권 105호 pp. 48-53.
 황만규, 이은택(1986) "합성보에 있어서 Bond Shear Connector의 내력에 관한 실험적 연구(I)(II)", 중앙대, 대한건축학회학술대회 논문집, pp. 193-196.
 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 Vol.104, No.ST9*, pp.1409-1426
 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", McGraw Hill.
 日本建築學會(1998), "鋼構造限界狀態設計指針同解説".
 建設省建築研究所(1994.12), (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'.

(접수일자 : 2003. 4. 9 / 심사일 2003. 5. 1 / 심사완료일 2003. 7. 24)