

드라이빙핀전용 전단연결재를 이용한 합성보의 탄소성 거동

Elasto-Plastic Behaviors of Composite Beam using Shear Connectors installed in Driving Pins

양 일 승¹⁾ · 오 영 호²⁾ · 이 만 재³⁾
Yang, Il Seung · Oh, Young Ho · Lee, Man Jae

요 약 : 합성보는 철골보와 콘크리트슬래브를 스티드볼트로 일체화한 구조이며, 일반적으로 용접을 이용한 스티드볼트(Stud Bolts)가 연결재로 많이 사용된다. 그러나, 스티드볼트는 감전사고와 같은 전기재해나 용접불량 등 문제점을 가지고 있다. 따라서, 드라이빙핀을 이용한 기계적 접합이 대안으로 대두되고 있다. 본 연구는 드라이빙핀 전용 제안형 전단연결재를 이용한 합성보의 횡하중(지진하중이나 풍하중)시 구조적 성능을 평가하고자 한다. 기존형 합성보와 제안형 합성보는 안정된 탄소성 거동을 나타내었으며 기둥주변에서 콘크리트 압괴로 내력이 저하되었다. 따라서, 제안형 합성보는 기존형 합성보를 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

ABSTRACT : The adoption of a composite beam system is regarded as a simple but effective solution because it improves the overall stiffness, strength and stability of the structure by welding shear studs. However, welding shear studs poses problems including electric shock and weld defects. Mechanical methods have emerged as an alternative to metallurgical methods for connecting the H-beam and shear connector. Four specimens were tested in order to compare the structural behavior of the proposed composite beams with that of the classical composite beam given the condition of horizontal loading. With the original composite beam (FCB-SB specimen) using stud bolts, hysteresis loops are stable, but its strength decreased with the crashing of the concrete slab around the column. The suggested composite beams using shear connectors also yielded stable hysteresis loops. Consequently, use of the suggested composite beams instead of the original composite beam are recommended.

핵심어 : 합성보, 기계적 접합, 드라이빙핀, 타중충, 제안형 전단연결재,

KEYWORDS : composite beam, metallurgical method, driving pin, power actuated tool, suggested shear connector

1. 서론

건축물의 고층화, 장스팬화에 따른 기존 구조시스템의 한계를 극복하기 위하여 합성구조 시스템이 널리 보급되고 있다. 특히, 합성보(composite beam)는 철근콘크리트 슬래브와 이것을 지지하는 강재보가 일체화하여 하중에 저항하도록 전단연결재(shear connector)를 사용한 보로서 강성, 강도 그리고 구조적인 안정성을 향상시킬 수 있는 효율적인 방법이다(한국강구조학회, 2011). 전단연결재는 합성보에서 강재보와 철근콘크리트 슬래브의 미끄러짐(slip)을 방지하고, 두 부

재 사이의 수평전단력에 저항하는 것으로, 용접에 의한 스티드커넥터(stud bolt)가 일반적으로 사용되고 있다. 그러나, 용접을 이용한 스티드커넥터는 감전사고와 같은 전기재해, 3D업종 기피에 용접불량 등 여러 문제점을 가지고 있다. 한편, 기계적 접합 형식인 그림 1과 같이 화약의 폭발력을 이용하여 드라이빙핀을 발사해서 강재와 강재를 순간적으로 접합시키는 기계적 접합은 전원이 불필요하여 전기재해의 염려가 없고, 코드가 없기 때문에 이동이 자유롭고, 여러 개소의 동시작업이 가능하다. 반면, 발포음에 의한 소음대책과 강재 단면 결손 등을 고려해야 하고, 화약을 취급하기 때문에 엄중

1) 교신저자. 동신대 건축공학과 조교수, 공학박사

(Tel: 061-330-3129, Fax: 061-330-3103, E-mail: yang1688@dsu.ac.kr)

2) 동신대 건축공학과 대학원, 석사과정(sjdu@nate.com)

3) 센다이공업대학 건축공학과 조교수, 공학박사(manjaelee@dsu.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2012년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

한 주의가 필요하다(Hilti, 2006). 김원일 외 4인(2008)은 드라이빙핀이 구조용 강재의 인장특성을 미치는 영향을 평가하였다. 또한, 양일승 등(2009, 2010)은 제안형 전단연결재의 전단성능 및 연직하중 시 드라이빙핀전용 전단연결재를 이용한 합성보에 대한 내력을 평가하고 있다(3),4),5). 본 연구에서는 횡하중 시 드라이빙핀전용 전단연결재를 이용한 합성보의 구조적 성능을 평가하고자 한다.



그림 1. 기계적 접합(드라이빙핀 전용 전단연결재)

2. 실험계획

2.1 실험체 개요

실험체의 형상은 그림 2에 나타난 것과 같다. 철골보는 H-194x150x6x9(SS400)이고 전체길이(L)는 2,350mm이고, 콘크리트슬래브는 1750x600 x100(mm)이고, 압축강도(fck)는 21MPa를 사용하였다. 또한, 콘크리트슬래브의 철근은 슬래브 면내 전단력을 고려하여 장변, 단변 모두 D10(SD 345)을 180(mm)간격으로 단배근하였다. 한편, 기둥은 합성보의 소성 힌지 발생을 유도하기 위하여 H-250x250x9x14(SS400)을 사용하고 있으며, 높이는 합성보의 영향을 고려하여 750mm로 하였다. 각 실험체의 주요변수는 표 1과 그림 3에 나타난 것과 같이 전단연결재의 형상이며, 스타드볼트(SB), H사의 HVB80, 및 제안형인 PBT, WT4를 사용하고 있다. 용접에 의한 스타드볼트는 직경(ϕ)이 16이고, 길이는 80mm이며, H사의 전단연결재인 HVB80의 형상은 80x50x24.3x2.0(mm)이다. 또한, 제안형 전단연결재인 PBT와 WT4의 크기는 각각 80x25x60x2.0(mm)와 80x50x60x2.0(mm)이다. 여기서, 드라이빙핀전용 전단연결재는 모두 L형 형상이며, 전단연결재는 2개(단, WT4는 4개)의 드라이빙핀으로 가력방향과 평행으로 설치하였다. 단, PBT실험체는 콘크리트 타설에 따른 장부효과를 기대하며, 플레이트 중앙에 ϕ 50(mm) 구멍을 설치하여 있다. 전단연결재 수량(피치)은 완전합성보의 성능을 발휘하도록 설계하였다. 스타드볼트와 WT4를 설치한 FCB-SB실험체와 FCB-HVB80실험체는 설치된 전단연결재 개수가 14개이며, 2열 250mm간격으로 설치하였으며, FCB-HVB80실험체와 HVB-PBT실험체의 전단연결재 개수

는 22개이며, 2열 170mm간격으로 설치하였다.

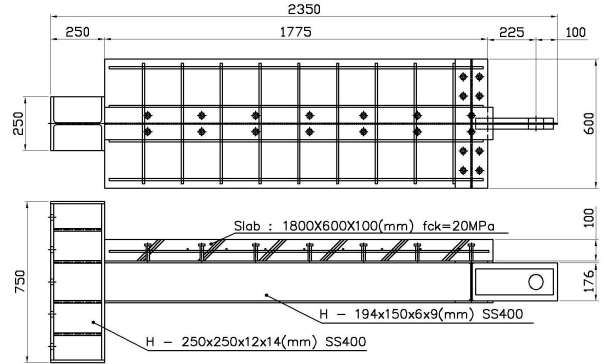


그림 2. 실험체 형상

표 1. 실험체의 주요변수

실험체명	전단연결재	
	종류	수량(피치)
FCB-SB	SB, ϕ 16	14ea(2@250)
FCB-HVB80	HVB80(H사)	22ea(2@170)
FCB-PBT	PBT	22ea(2@170)
FCB-WT4	WT4	14ea(2@250)

<SB>	<HVB80>	<PBT>	<WT4>

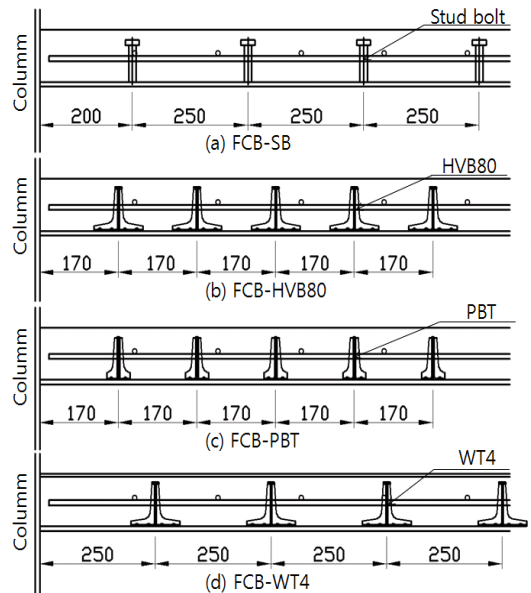


그림 3. 실험체의 주요변수

2.2 실험체의 가력

휨실험체의 가력은 그림 4에 나타난 것과 같이 스트롱프레이밍(strong frame)에 설치된 실험체를 500kN용량의 서보

스크류잭(servo-screw jack)을 사용하여 실험체의 기동표면으로부터 2,000mm 떨어진 위치에서 상하반복 가력하였다.

그림 5는 가력계획/loading program)을 나타내고 있다. 그림에 나타난 것과 같이 합성보의 탄소성 거동, 균열의 진전상황, 전단연결재와 콘크리트슬래브의 슬립(slip) 등을 파악하기 위해서 $\pm 1/400\text{rad}$, $\pm 1/200\text{rad}$, $\pm 1/100\text{rad}$, $\pm 1/67\text{rad}$, $\pm 1/50\text{rad}$, $\pm 1/40\text{rad}$, $\pm 1/30\text{rad}$, $\pm 1/20\text{rad}$ 순으로 가력하였으며, 마지막 사이클에서는 실험체의 최대내력을 확인할 수 있도록 가력하였다. 단, 각 사이클의 목표 변위에 도달한 후에는 가력을 일시 정지시킨 후 균열이나 좌굴유무, 실험체의 이상 유무 등을 확인한 후에 가력하였다. 가력속도(loading speed)는 $1/400\text{rad}$ 에서 $1/200\text{rad}$ 까지의 탄성범위에서는 2mm/min 정도의 속도로 가력하였으며, $1/100\text{rad}$ 이후는 5mm/min 의 속도로 가력하였다.

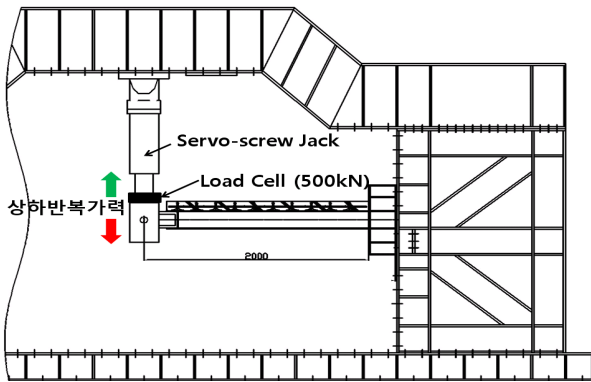


그림 4. 실험체 설치 상황

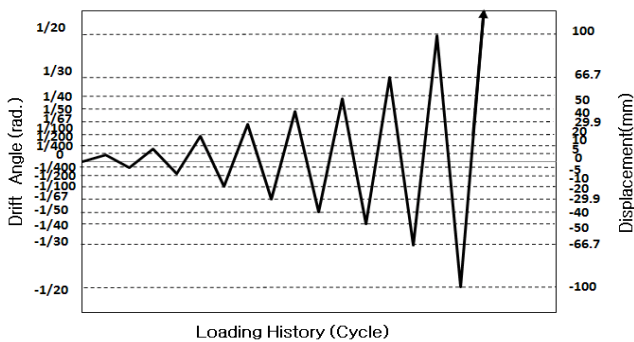
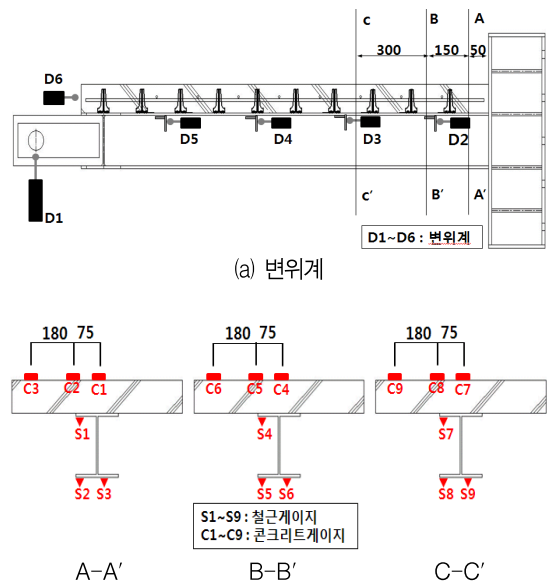


그림 5. 가력계획

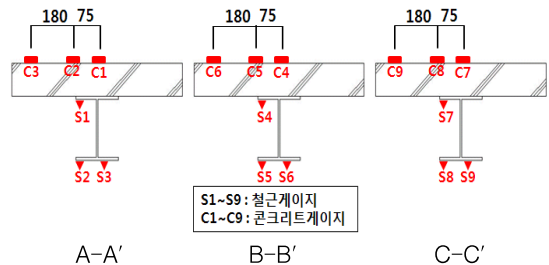
2.3 변위계와 스트레인게이지 위치

그림 6은 각 실험체에 대한 변위계와 스트레인게이지 부착 위치를 나타내고 있다. 합성보의 변형각, 콘크리트슬래브와 철골보의 슬립 등을 측정하기 위하여 고정밀도 변위계(displacement transducer)를 설치하였다. 합성보의 처짐은 변위계 D1을 설치하여 측정하였으며, 콘크리트슬래브와

철골보의 슬립은 변위계 D2~D6을 설치하여 측정하였다. 또한, H형강보의 변형률과 증립축 위치를 측정하기 위해 기동 표면으로부터 50, 200, 500(mm) 떨어진 위치의 단면에 강재게이지 각각 3장씩 부착(S1~S9)하였으며, 철골기둥의 상부와 하부의 변형도를 파악하기 위하여 S10, S11를 부착하였다. 마지막으로, 콘크리트 표면의 변형도를 파악하기 위하여 기동표면으로부터 50, 200, 500mm 떨어진 단면에서 철골보 웹중심에서 0, 75, 255(mm) 위치에 콘크리트게이지를 부착(C1~C9)하였다.



(a) 변위계



(b) 스트레인게이지

그림 6. 변위계 및 스트레인게이지 위치

2.4 소재시험 결과

콘크리트의 압축강도 시험체는 KS F 2403에 준하여 제작하였으며, 압축강도 특성은 KS F 2405(콘크리트 압축강도 시험방법)에 준하여 평가하였으며, 콘크리트 인장강도는 활렬 시험으로 측정하였다. 강재는 KS B 0801(금속재료 인장시험편)에 의해 인장시험편을 제작하였으며, 인장시험은 KS B 0802(금속재료 인장시험 방법)에 따라 수행하였다. 강재의 인장시험결과는 표 3과 같다. 소재시험은 9,800kN용량의 유압식 만능시험기(UTM)를 사용하였다. 소재시험은 각각 3개씩 수행하였다. 콘크리트와 강재의 소재시험 결과의 평균치는 각각 표 2, 표 3에 나타내고 있다.

경화전 콘크리트의 슬럼프(slump)는 212mm이고, 콘크리트의 압축강도(fck)와 인장강도(ft)의 시험결과는 각각 20.8MPa, 1.87MPa로 나타났다.

H형강보의 플랜지(웹)의 항복강도와 인장강도는 각각

346.4(362.3)MPa, 447.1(472.7)MPa이고, 철근의 항복강도와 인장강도는 각각 474.0MPa, 617.6MPa이었다. 또한, 전단연결계의 항복강도와 인장강도의 항복강도와 인장강도는 332.3MPa, 409.1MPa로 나타났다.

표 2. 콘크리트 소재시험 결과

설계기준 강도 (MPa)	슬럼프 (mm)	탄성계수 (GPa)	압축강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	휨강도 (MPa)
21	212	20.74	20.8	1.87	3.29

표 3. 강재의 물리적 특성

시험체	두께 (mm)	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	항복비 (%)
기둥	12	326.4	411.2	21.3	79.3
플랜지	6	346.4	447.1	36.4	70.7
웹	9	362.3	472.7	39.1	65.5
철근	D10	474.0	617.6	34.6	77.0
전단연결계	1.9	332.3	409.1	22.6	81.2

3. 합성보의 내력 산정

수평하중을 받는 합성보는 기둥과 접하는 면에서 콘크리트 슬래브의 압괴가 예상되기 때문에 합성보의 유효폭(b_e)은 H형강 기둥의 폭(250mm)으로 가정하였다. 그림 7에는 합성보의 소성중립축이 상부플랜지에 있는 경우의 응력분포를 나타내고 있으며, 완전 합성보의 소성모멘트는 식(1), (2)에 의하여 산정하였다.

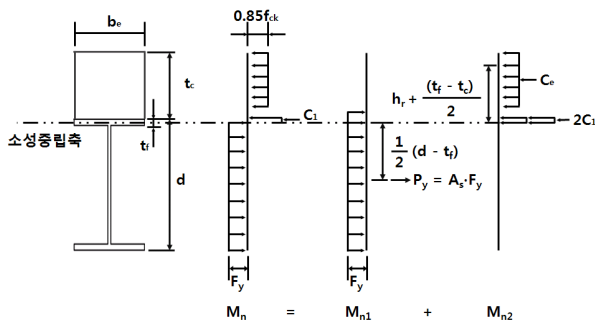


그림 7. 합성보의 응력분포

$$C_e = \min(C_{e1}, C_{e2}) \quad (1)$$

$$P_{yw} \leq C_e \leq P_y \quad (\text{소성중립축이 상부플랜지내})$$

$$M_p = 0.5(d - t_f) P_y + (0.5t_c + 0.5t_f) \times C_e \quad (2)$$

여기서,

$$C_{e1} = A_s \times F_y (N)$$

$$C_{e2} = 0.85 \times f_{ck} \times t_c \times b_e (N)$$

$$P_{yw} = (d - 2t_f) t_w F_{wy} (N)$$

t_c :콘크리트슬래브의 두께(mm)

t_f :상부플랜지의 두께(mm)

d :하부플랜지부터 슬래브 상부까지의 높이(mm)

A_s :철골보의 단면적(mm²)

b_e :콘크리트 슬래브의 유효폭(mm)

M_p :완전합성보의 전소성모멘트(N·mm)

4. 실험 결과 및 분석

4.1 모멘트-변형각 곡선

그림 8에는 각 실험체의 모멘트와 변형각 곡선과 최종 파괴상태의 균열도를 나타내고 있다. 여기서, 모멘트는 가력하중과 합성보의 길이(L=2m)를 곱한 값으로 정의하였으며, 변형각은 가력부 처짐(δ)을 보스팬(L=2,000mm)으로 나눈 값으로 정의하였다. 또한, H형강보와 합성보의 소성모멘트를 그림 안에 나타내었다.

기존 스타드볼트(stud bolt)를 이용한 FCB-SB실험체는 -1/200rad.에서 첫 번째 콘크리트의 휨 균열(crack)이 발생하였으며, -1/100rad.에서는 균열이 3개로 증가하였으며 하중 증가에 따른 균열의 개수는 계속해서 증가하였다. 그리고, +1/30rad.에서는 콘크리트슬래브의 압괴가 관찰되었으며, 최종 사이클에서 콘크리트슬래브의 압괴로 내력이 저하되는 것을 알 수가 있었다. 또한, -1/20rad.에서 기둥근처에서 하부플랜지의 좌굴이 관찰되었다.

H사의 기계적 접합형식의 전단연결재인 HVB80을 이용한 FCB-HVB80실험체는 FCB-SB실험체와 마찬가지로 -1/200rad.에서 첫 번째 콘크리트의 휨 균열이 발생하였으며, -1/100rad.에서는 균열이 5개로 확대되었으며, -1/50rad.에서는 균열이 8개 관찰되었다. 또한, +1/40rad.에서 콘크리트가 압괴되기 시작하였으며, 최종적으로는 콘크리트슬래브 압괴로 내력이 저하되었다.

제안형 전단연결재인 PBT를 이용한 FCB-PBT실험체는 -1/200rad.에서 첫 번째 콘크리트의 휨 균열이 발생하였으며, -1/100rad.에서는 균열 개수가 3개로 증가되었으며, 하중 증가에 따라서 균열 개수가 증가하였다. 또한, +1/30rad.

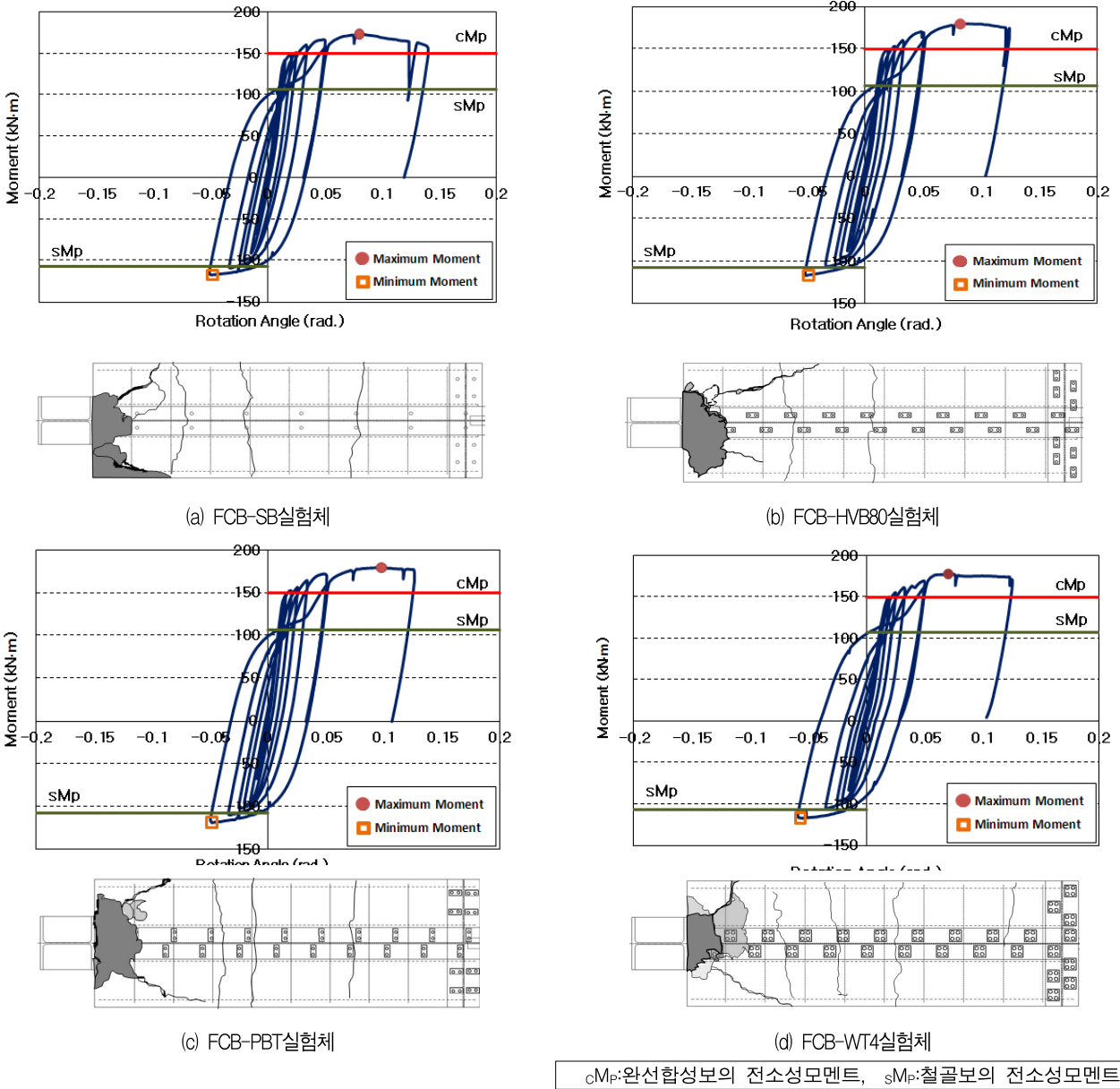


그림 8. 모멘트와 변형각 관계

에서 콘크리트슬래브의 압괴가 관찰되었으며, $-1/30\text{rad}$.에서는 하부플랜지의 좌굴도 관찰되었다. 최종적으로는 마지막 사이클에서 콘크리트슬래브의 압괴로 내력이 결정되었다. 마지막으로, 제안형 전단연결재인 WT4를 이용한 FCB-WT4실험체는 $-1/200\text{rad}$.에서 첫 번째 콘크리트의 휨균열이 발생하였으며, $-1/100\text{rad}$.에서는 균열 개수가 4개로 증가되었으며, 하중 증가에 따라서 균열 개수가 증가하였다. 또한, $+1/40\text{rad}$.에서 콘크리트슬래브의 압괴가 관찰되었으며, $-1/20\text{rad}$.에서는 하부플랜지의 좌굴이 육안으로 관찰되었다. 최종적으로는 마지막 사이클에서 콘크리트슬래브의 압괴로 내력이 결정되는 것을 알 수가 있었다. 그림 8에 나타난 것과 같이, 모든 실험체에서 안정된 이력거동을 나타내었으며,

최종적으로는 콘크리트슬래브의 압괴(crush of concrete slab)로 인해 내력이 크게 저하되었다. 또한, 모든 실험체에서 기둥 근처에서 철골보의 하부플랜지에서 국부좌굴(local buckling)이 발생하였으며, 철골보의 파괴는 발견되지 않았다.

4.2 최대모멘트와 최소모멘트

그림 9에는 각 실험체의 최소모멘트와 최대모멘트를 나타내고 있다. 또한, 그림 안에 합성보의 전소성모멘트는 식(2)에 의해 계산된 값이고, 부방향의 전소성모멘트는 콘크리트슬래브를 무시한 순수철골보의 전소성모멘트를 나타내고 있다.

그림에서 나타난 것과 같이 스티드볼트를 이용한 FCB-SB 실험체의 최대모멘트는 173.7kN.m으로 계산치보다 높은 값을 나타내었다. 드라이빙핀 전용 전단연결재인 HVB80을 이용한 FCB-HVB80실험체의 최대모멘트는 180.1kN.m로 FCB-SB실험체에 비해 약간 높은 값을 나타내었다. 본 연구진에 의해 제안된 FCB-PBT실험체와 FCB-WT4실험체의 최대모멘트는 179.8kN.m, 177.9kN.m로 다른 실험체와 큰 차이가 없는 것을 알 수가 있었다. 또한, 모든 실험체에서 콘크리트슬래브가 인장을 받는 부모멘트에서 최소모멘트는 116.9~118.4MPa로 큰 차이가 없는 것을 알 수가 있었다. 따라서, 제안형인 드라이빙핀 전용 전단연결재가 기존의 용접에 의한 스티드볼트를 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

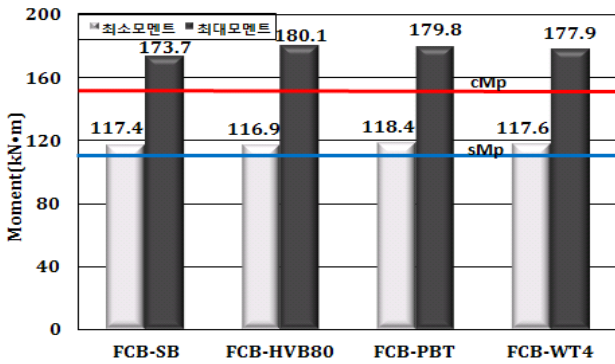


그림 9. 합성보의 최소·최대모멘트

4.3 각 실험체의 강성변화율

그림 10에는 각 실험체의 강성변화율(stiffness variation)을 나타내고 있다. 여기서, 강성(Ki)은 각 사이클에서 최대모멘트(Mi)를 최대모멘트시 변형각(θi)으로 나눈 값으로 정의하였다. 그림에 나타난 것과 같이 모든 실험체에서 정모멘트와 부모멘트의 강성은 큰 차이가 있는 것을 알 수가 있으며 1/67rad. 이후에는 강성이 크게 저하되었다. 1/200rad.에서 기존 스티드볼트를 이용한 FCB-SB실험체의 정모멘트 시 강성(K+1/200)은 10,829kN·m/rad.인 반면 부모멘트 시 강성은 6,826kN.m/rad.으로 큰 차이를 나타내었다. 반면에 HVB80을 이용한 FCB-HVB80실험체의 정모멘트시 강성(K+1/200)은 11,304kN.m/rad.으로 큰 차이가 없었다. 한편, 제안형인 FCB-PBT실험체와 FCB-WT4실험체의 강성(K+1/200)은 각각 12,304kN.m/rad., 11,548kN.m/rad.으로 약간 높은 값을 나타내었다. 이와 같이 큰 차이가 없는 것은 각 실험체가 완전합성보를 만족하도록 전단연결재 개수를 설계하였기 때문이다.

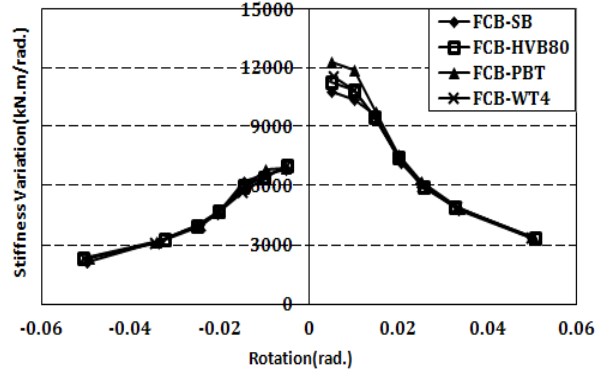


그림 10. 각 실험체의 강성변화율

4.4 철골보와 콘크리트 슬래브의 슬립

그림 11에는 1/200rad.과 1/20rad.에서 각 실험체의 철골보와 콘크리트슬래브의 슬립량(slip)을 나타낸 것이다. 여기서, 슬립은 기둥의 표면에서 200, 500, 1200(mm) 떨어진 위치에서 측정한 값이다. 그림에서 나타난 것과 같이 기둥 표면에서 멀어질수록 슬립이 커지는 것을 알 수가 있다. 기존의 스티드볼트를 이용한 FCB-SB실험체의 경우, 탄성영역(1/200rad.)에서 슬립은 0.052mm인 반면 소성영역(1/20rad.)에서 슬립은 0.402mm로 커지는 것을 알 수가 있었다. 한편, H사의 FCB-HVB80실험체는 탄성영역에서 0.032mm인 반면 소성영역에서는 0.430mm로 스티드볼트 실험체보다 슬립이 커지는 것을 알 수가 있었다. 한편, 제안형인 FCB-PBT실험체와 FCB-WT4실험체는 탄성영역에서 최대슬립이 0.032mm인 반면 소성영역에서는 0.460mm로 나타났다. 즉, 기계식 접합을 이용한 전단연결재는 탄성영역에서는 지압면적이 크기 때문에 슬립이 적지만, 소성영역인 경우, 전단연결재의 변형으로 인해 슬립이 크게 발생한 것으로 판단된다.

표 4. 철골보와 콘크리트슬래브의 슬립

실험체명	변형각 (rad.)	합성보 기둥으로부터 떨어진 거리 (mm)		
		200	500	1200
FCB-SB	1/200	0.012	0.018	0.052
	1/20	0.024	0.296	0.402
FCB-HVB80	1/200	0.010	0.012	0.032
	1/20	0.058	0.350	0.430
FCB-PBT	1/200	0.002	0.006	0.017
	1/20	0.13	0.319	0.416
FCB-WT4	1/200	0.008	0.014	0.019
	1/20	0.09	0.326	0.460

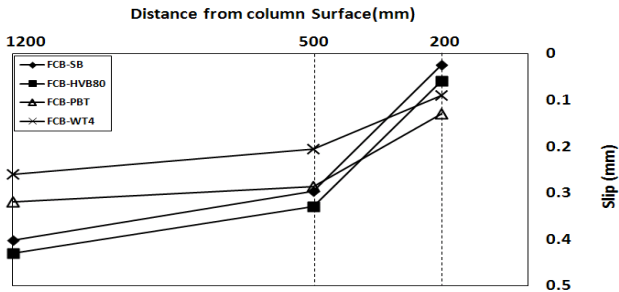


그림 11. 합성보의 각 위치에서 슬립(+1/20rad.)

4.5 각 단면에서의 중립축 위치

그림 12에는 각 실험체 있어서 기둥표면으로부터 50mm떨어진 위치에서의 중립축 위치(neutral axis)를 나타내고 있다. 여기서, 중립축은 상부플랜지와 하부플랜지를 직선으로 연결해서 계산하였다. 기존 스테드볼트를 이용한 FCB-SB실험체의 경우에 +1/200rad.과 1/30rad.에서 중립축 위치가 각각 하부플랜지로부터 186.8mm, 163.2mm이었다. 즉, 탄성영역에서는 합성효과로 인해 중립축 위치가 상부플랜지 안에 있지만, 콘크리트슬래브의 균열 등으로 인해 중립축 위치가 아래쪽으로 내려온 것을 알 수가 있었다. 반면, FCB-HVB80실험체의 1/200rad.과 1/30rad.에서 중립축 위치는 하부플랜지로부터 182.3mm, 158.6mm로 FCB-SB실험체에 비해서는 합성효과가 약간 작은 것을 알 수가 있었다. 퍼포본드형(PBT) 전단연결재를 사용한 PCB-PBT실험체의 1/200rad.과 1/30rad.에서 중립축 위치는 하부플랜지로부터 각각 188.8mm, 159.5mm으로 H사의 PCB-HVB80실험체보다 약간 높게 나타났다. 마지막으로, 드라이빙핀을 4개 설치하는 드라이빙핀전용 전단연결재 WT4를 사용한 FCB-WT4실험체의 1/200rad.과 1/30rad.에서 중립축 위치는 각각 185.2mm, 166.1mm으로 FCB-SB실험체와 유사한 값을 나타내었다.

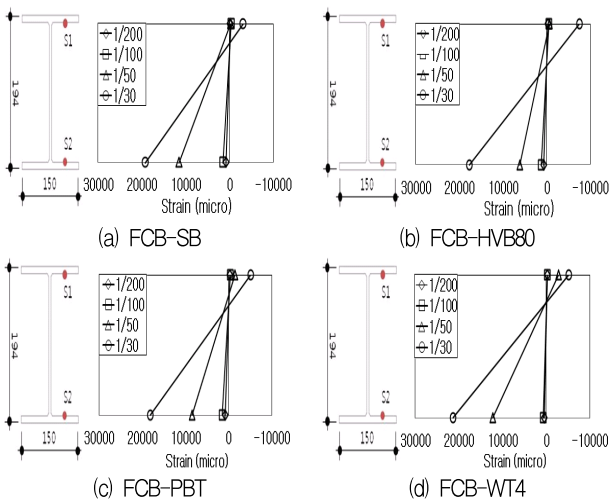


그림 12. 각 실험체의 중립축위치

4.6 각 실험체의 에너지흡수능력

그림 13에는 각 실험체의 각 변형각에서 에너지흡수능력을 나타내고 있다. 기존 스테드볼트를 사용한 FCB-SB실험체의 에너지흡수능력은 +1/20rad.에서 14.69kN.m.rad.으로 나타났으며, H사의 FCB-HVB80실험체는 14.38kN.m.rad.로 FCB-SB실험체와 큰 차이가 없었다. 한편, 제안형인 FCB-PBT실험체와 FCB-WT4실험체의 동일 변형각에서 에너지흡수능력은 각각 15.07kN.m.rad.과 14.50kN.m.rad.으로 유사한 값을 나타내었다.

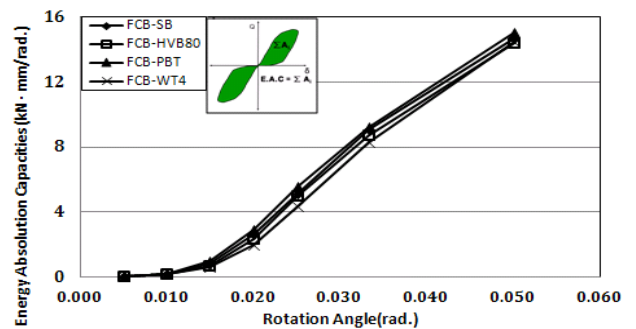
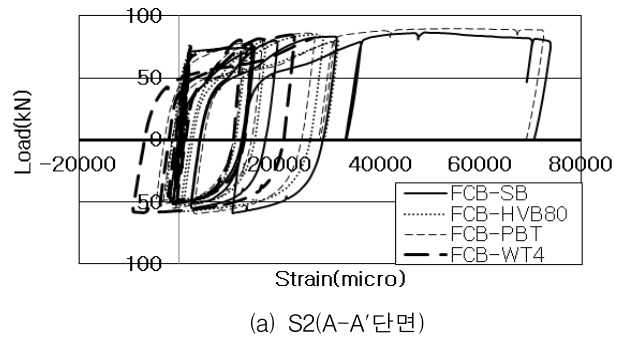


그림 13. 각 실험체의 에너지흡수능력

4.7 철골보의 변형도 분포

그림 14에는 기둥으로부터 50mm, 500mm떨어진 위치에서 철골보 하부플랜지에 부착한 강제용 스트레인게이지(S2, S8)에서 측정된 변형도 분포를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 기둥 표면에서 50mm 떨어진 위치에 부착한 하부플랜지의 변형도는 소성영역에 있지만, 기둥으로부터 500mm 위치에서는 마지막 사이클을 제외하고는 탄성영역에 있는 것을 알 수가 있었다.



(a) S2(A-A' 단면)

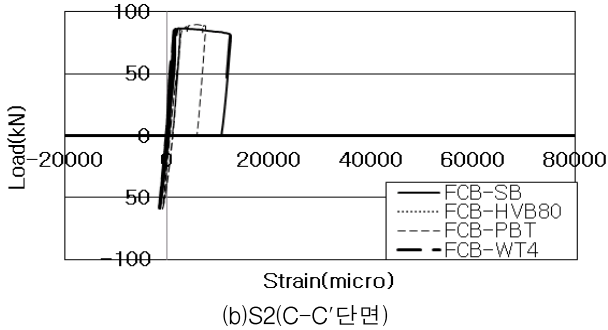


그림 14. 철골보의 변형도 분포

4.8 콘크리트슬래브의 변형도 분포

그림 15에는 기둥표면으로부터 50mm 떨어진 단면에서 합성보 중앙으로부터 콘크리트슬래브 폭방향으로 0mm, 70mm, 250mm 위치에 +1/50rad의 변형도 분포를 나타내고 있다. 또한, 그림 안에 계산상의 유효폭(Bf)의 1/2의 값을 표시하였다. 스티드볼트를 사용한 PCB-SB실험체를 포함한 모든 실험체에서 철골보의 웹 위치에서 멀어질수록 변형도가 작아지는 것을 알 수가 있었다. 이는 기둥단부에서 콘크리트슬래브의 유효폭은 기둥의 폭인 250mm로 산정하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

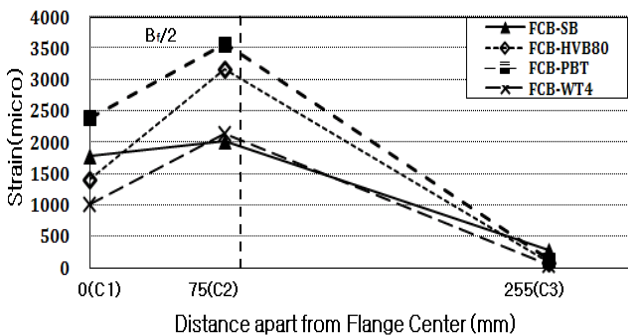


그림 15. 콘크리트 슬래브 변형도 분포(+1/50rad.)

5. 결론

수평하중 하에서 드라이빙핀전용 전단연결재를 이용한 합성보의 구조적 성능을 평가하고 있으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 콘크리트슬래브와 철골보를 용접에 의한 스티드볼트로 일체화한 FCB-SB실험체는 안정된 이력거동을 나타내었으며, 기둥단부의 지압과괴로 내력이 저하되었다. 또한, FCB-SB실험체의 최대내력은 각각 8.1kN.m/rad, 173.7kN.m로 다른 실험체와 큰 차이가 없는 것을 알 수가 있었다.
- (2) 제안형 전단연결재인 PBT, WT4를 사용한 합성보는 안정된 이력거동을 나타내었으며, 기존 스티드볼트 실험체와 유사한 거동을 나타내었다. 따라서, 제안형 전단연결재를 이용한 합성보의 설계도 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

“이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 한국과학재단(KRF-2008-313-D01130) 지원을 받아 수행된 연구임”
 “이 논문은 2011년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행연구임(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)”

참고 문헌

강구조학회(2011) 강구조설계, 구미서관.
 양일승, 최성모(2011) 드라이빙핀이 사용된 구조용 강재의 인장 특성, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제26권, 제3호, pp. 53-60.
 양일승, 황성철(2010) 기계적 접합을 이용한 제안형 전단연결재의 전단성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회연합논문집, 대한건축학회지회연합회, 제12권, 제2호, pp. 169-176.
 양일승(2009) 연직하중 시 드라이빙핀전용 전단연결재를 이용한 합성보의 내력, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제29권, 제1호, pp. 365-368.
 김원일, 정용훈, 황성철, 양일승, 김순철(2008) 드라이빙핀이 사용된 강재의 기계적 특성, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 대한건축학회, 제28권, 제1호, pp. 575-578.
 Hilti (2006) Direct Fastening Technology Manual - Product Information, Edition 02/2006, pp. 29.

(접수일자 : 2011. 10. 11 / 심사일 2011. 10. 13 / 심사완료일 2011. 12. 7)