

고강도강을 적용한 콘크리트 채움 U형 하이브리드 합성보 휨성능 평가

Flexural Testing of Concrete-filled U-shape Hybrid Composite Beams with High-strength Steel

소현준¹⁾ · 박창희²⁾ · 이철호³⁾* · 이승환⁴⁾ · 김형섭⁵⁾ · 오하늘⁶⁾
So, Hyun Joon · Park, Chang Hee · Lee, Cheol Ho · Lee, Seung Hwan · Kim, Hyoung Seop · Oh, Ha Nool

ABSTRACT : In this research, the flexural test of concrete-filled U-shape hybrid composite beam, in which SS400 and SM570 steel plates were applied in the web and bottom flange of U-shape steel section respectively, were performed. For evaluating flexural performances, four full-scale specimens were designed considering strain compatibility method and fabricated according to KBC 2009 and AISC 2010 specification. Specimens were tested under four point loading configuration, which generate uniform moment in the center of the composite beam. The test parameters were the effect of hybridized U-shape steel section with a high strength steel in bottom flange and longitudinal variation of steel grade and section via welding splice. Among the test, S3 and S4 are key specimens. S4 is composed of two 6mm-thick cold formed Z section as web and a 12mm-thick SM570 plate as bottom flange by flare welding. S3 has the identical section with S4 except that homogeneous SS400 U-shape steel section is applied at the end part of beam for increasing structural efficiency. The major test results showed that all specimens exhibit the plastic moment capacity and sufficient ductility with end rotation ranging from 0.021 to 0.023radian.

1. 서론

최근 들어 국내외 건설시장에서 원가절감 및 공기단축에 대한 관심이 높아짐에 따라 고강도 강재 및 합성구조에 대한 관심은 갈수록 높아지고 있다. 특히 합성보는 구조역학적으로 콘크리트와 합성작용 발현 시 하부강재 대부분이 인장축에 놓이게 되므로 압축으로 인한 국부좌굴 등의 영향이 최소화 되는 바 고강도 강재의 주요활용처로 주목받고 있다. 본 연구는 위와 같은 합성보 특유의 구조적 특성을 적극 활용하여 고강도 강재를 적용한 합성보 상용화를 목적으로 기존 U형 합성보(Lee et al, 2013)에 SM570급 고강도 강재를 적용시킨 하이브리드 합성보에 대한 연구결과를 기술하도록 한다(그림 1).

2. 실험계획

국내의 합성부재설계기준(KBC 2009)에서 인정하는 변형률 적합법에 의해 4개의 실험체 1~4를 설계 및 제작하였고 주요 변수는 표1에 기술하였다(표1 (1)~(5)). 실험체 제작 시 고려

한 변수는 U형 강판 하부 플랜지에 고강도 강재를 적용함에 따른 하이브리드화 영향(실험체 3), 길이방향 용접 이음부를 통한 강종 및 단면에 대한 유기적 변화(실험체 4)가 구조성능에 미치는 영향 등을 판단하기 위함이었다.

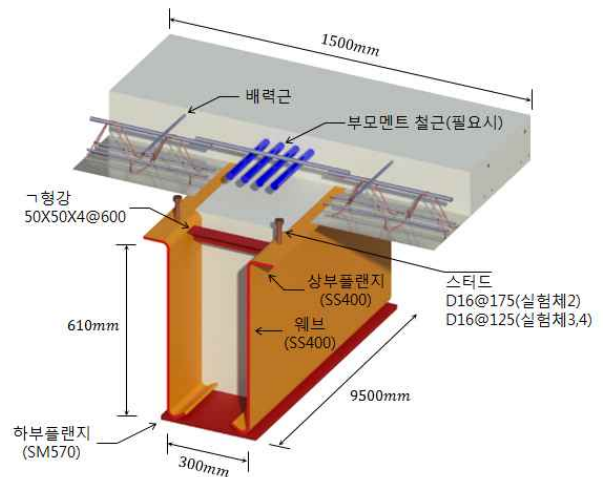


그림1. 콘크리트 채움 U형 하이브리드 합성보

실험체 1은 비교실험체로 콘크리트 슬래브 하부에 H형강(H-594×302×14×23)이 적용되었으며, 실험체 2~4는 냉간성형된 6mm, SS400, Z형강 웹에 플레어(Flare) 용접을 통해 다양한 두께 및 강종의 하부플랜지가 적용될 수 있도록 단면을 구성하였다. 즉, 실험체 2는 하부플랜지가 웹과 동종강재인

* 교신저자(Corresponding Author, ceholee@snu.ac.kr)

- 1) 서울대학교 건축학과 석사과정
- 2) 서울대학교 건축학과 박사과정
- 3) 교신저자, 서울대학교 건축학과 교수
- 4) 센코어테크 대표이사
- 5) 센구조연구소 소장
- 6) 센구조연구소 대리

12mm SS400으로 구성된 실험체이고 실험체 3은 구조적 효율성을 높이기 위해 가력지점부근 중앙 하부플랜지에 12mm SM570을 실험체 단부에는 9mm SS400을 사용한 변단면 실험체이다. 실험체 4는 하부플랜지 전 구간을 12mm SM570을 적용하였다.

한편, 모든 실험체의 슬래브는 폭 1,500mm, 두께 150mm의 30MPa 콘크리트를 타설하여 만들어졌으며 실험은 합성보 중앙가력지점 2m부근이 등분포 모멘트를 받도록 4점 단조 가력하여 휨실험을 수행하였다.

표1. 주요 실험체 구성 및 설계 정보

실험체		실험체1	실험체2	실험체3	실험체4
주요 치수 (mm)	(1) 강재단면	높이	594	610	
		폭	302	300	
		웹두께	14	6	
		상부플랜지	23	6	
	하부플랜지	23	12	12(9)	12
(2) 슬래브 (폭x두께)	1500x150				
(4) 슬래브 철근 및 배근	D10@200 (SD400)				
(5) 전단스터드	2- ϕ 16 @100	2- ϕ 16 @175	2- ϕ 16 @125	2- ϕ 16 @125	
재료 강도 (MPa)	(6) 콘크리트압축강도	32.7	32.1	33.2	34.2
	(7) SS400 ($F_y=235, F_u=400$)	6T- $F_y=295 F_u=456$ 14T- $F_y=393 F_u=554$ 23T- $F_y=356 F_u=545$			
	(8) SM570 ($F_y=450, F_u=570$)	12T- $F_y=492 F_u=637$			
휨강도 (kN-m)	(9) 소성모멘트(공칭기준)	1,929	1,559	2,083	2,083
	(10) 소성모멘트(계측기준)	2,827	1,898	2,485	2,493
	(12) 최대모멘트	2,711	2,074	2,514	2,576
회전각 (rad)	(13) 단부회전각 (최대모멘트 시)	0.021	0.025	0.023	0.021
	(14) 하부플랜지 (최대모멘트 시)	1.4	1.9	2.0	1.7
변형률 (%)	(15) 콘크리트압괴 (최대모멘트 시)	0.25	0.25	0.19	0.16

3. 실험 결과

모멘트, 단부회전각 등의 주요 휨 실험결과는 표1 (12), (13)에 기술한다. 인장시편을 통해 계측된 값을 바탕으로 계산된 계측소성모멘트 M_p (표 1(10))와 실험결과를 비교하면 실험체 1은 97%, 실험체 2는 116%, 실험체 3(그림 2-(a))은 106%, 실험체 4(그림 2-(b))는 108%로 실험체 1을 제외한 합성보들은 모두 소성모멘트를 상회하는 휨성능을 발휘하였다. 최대모멘트 시 단부회전각(rad)은 0.019~0.025rad 정도로 실험체1은 0.021, 실험체2는 0.025, 실험체 3은 0.023, 실험체4는 0.021 정도의 회전능력을 보였다.

실험체 1의 경우 H형강에 사용된 SS400의 계측항복강도 값이 공칭항복강도 대비 1.5~1.7배(표 1(7))로 하부강재의 인장력이 상부콘크리트의 압축력에 비해 큰 값을 보였다. 이에 따

라 소성중립축이 상부콘크리트가 아닌 강재의 상부플랜지에 존재하여 휨강도 및 연성거동에 부정적 영향을 미친 것으로 판단된다. 실험체 4의 경우 최대모멘트 시 콘크리트압괴 변형률이 0.16%로 하부강재변형률 1.7%에서 콘크리트가 조기 압괴하면서 합성보 연성거동에 부정적인 영향을 미친 것으로 판단된다 (그림 2).

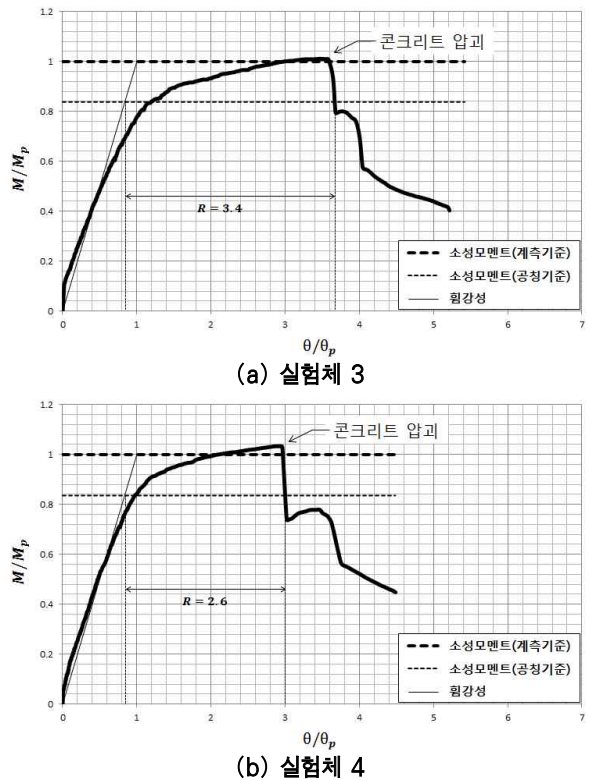


그림2. 주요 실험체 모멘트-회전각 관계

4. 결론

본 연구는 기존 U형 합성보에 SM570급 강재를 적용하기 위한 단면개발 및 휨성능실험을 실시하였다. 적절히 설계된 하이브리드 U형 합성보는 강판 하부 플랜지에 고강도 강재를 적용함에 따른 하이브리드화 영향 및 길이방향 용접 이음부를 통한 강종 및 단면변화에 큰 무리 없이 우수한 휨성능을 발현한 것으로 판단된다.

참고 문헌

대한건축학회(2010), 건축구조기준 및 해설(KBC 2009), 기문당.
 Lee, C. H., et al. (2013) Cyclic Seismic Testing of Composite Concrete-Filled U-shaped Steel Beam to H-Shaped Column Connections, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 139, No. 3, pp.360-378.