

구조용집성재보와 콘크리트슬래브로 구성된 합성보의 실험적 연구

Experimental study of composite beams consisting structural laminated timber beam with concrete slab

안 현 진* 김 순 철** 문 연 준** 양 일 승***
An, Hyun-Jin Kim, Soon-Chu Moon, Youn-Joon Yang, Il-Seung

ABSTRACT

In the traditional way floors has been constructed there are no shear connectors between the concrete slab and timber joists. In this study, an existing floor system os improved by simply providing normal bolts or lag screw so that the composite action can be achieved. It is evident that the key elements in the composite beam are the shear connectors. The selection of these connectors was based on their shear capacity. The experimental study carried out in this research investigated the flexural behavior of composite beams. The experimental studies of composite beams showed that the ultimated load capacity of the proposed composite beam(LS-S10 specimen) is 1.29 times as high as the noncomposite one. Finally, it can be concluded that LS-S10 specimen consisting structural laminated timber beam and concrete slab can be significantly improved by providing appropriate shear connectors.

요 약

구조재로서 목재는 자연에서 쉽게 얻을 수 있는 재료로서 뛰어난 미관, 가공성 등으로 인해 전통가옥이나 사찰 등에 널리 사용되어져 왔지만, 콘크리트나 강재에 비해 연소와 부식의 우려 등 내구성에 문제를 가지고 있다. 따라서, 목재를 구조부재로 활용하기 위해서는 타 재료와의 하이브리드화가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 구조용집성재보(100x200x3000(mm)), 콘크리트슬래브(800x100x3000(mm), $f_{ck}=21\text{MPa}$) 및 전단연결재(볼트, 래그스크류)로 구성된 합성보의 탄소성거동을 평가하기 위하여 구조 실험을 수행하였다. 실험결과, 전단연결재의 종류와 간격에 무관하게 항복비(항복내력/최대내력)가 크고, 항복 후에는 바로 취성파괴로 연계되었다. 따라서, 이러한 취성파괴를 방지할 수 있는 휨보강(철근, 섬유쉬트 등)이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 전단연결재 배치간격이 좁을수록 합성효과가 우수하여 사용성이 뛰어나기 때문에 경제적 설계와 재료의 효율적 사용이 가능할 것으로 판단된다.

* 정희원, 동신대학교 건축공학과, 석사과정

** 정희원, 동신대학교 문화건축학부 교수

*** 정희원, 동신대학교 문화건축학부 전임강사

1. 서 론

목재가 가지고 있던 문제점(치수, 결점 등)을 개선하여 목재의 한계로 여겨지던 치수와 구조성능의 문제를 해결할 수 구조용집성재는 그 생산단계에서 생산수율이 높고, 소요되는 가공에너지를 감소할 수 있다. 이러한 구조용 집성재는 유럽이나 일본 등에서도 실내체육관이나 수영장, 실내 스케이트장 등을 집성재 구조로 건축하여 환경친화적인 건축물로서 인식되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 목조건물로서 3, 4층의 중저층 건물을 실현하기 위한 기술개발로서 구조용집성재보와 콘크리트슬래브로 구성된 합성보의 구조적 성능을 평가하고자 한다.

2. 실험 개요

2.1 실험체 계획

그림 1에는 구조용집성재보와 콘크리트슬래브로 구성된 합성보 실험체의 단면과 변수를 나타내고 있다. 합성보는 9S-27B급의 구조용집성재보(100x200x3000(mm)), 콘크리트슬래브(800x100x3000(mm), $f_{ck}=21\text{MPa}$) 및 전단연결재(볼트, 래그스크류)로 구성되었다. 또한, 콘크리트슬래브 내의 이형철근은 $D10@200$ 으로 배근하였으며, 전단연결재의 삽입깊이는 푸쉬아웃 실험결과에 근거하여 전단연결재 직경(D)의 6배로 하였다. 그림 1(b)에 나타낸 NC(Non Composite)실험체는 전단연결재를 사용하지 않은 비합성보 실험체이다. 그리고, LS-S10실험체는 래그스크류를 전단연결재로 사용하고 있으며, 간격이 100mm인 실험체이다(그림 1(c)). 그리고, LS-S20실험체와 LS-S30실험체의 전단연결재 간격은 각각 200mm, 300mm인 실험체이다. 마지막으로, 그림 1(d)에 나타낸 B-S10실험체는 볼트를 전단연결재로 사용하고 있으며, 간격은 100mm인 실험체이다. 그림 1(e), (f)는 구조용집성재보와 콘크리트슬래브를 연결하는 전단연결재(래그스크류와 볼트)를 나타내고 있다.

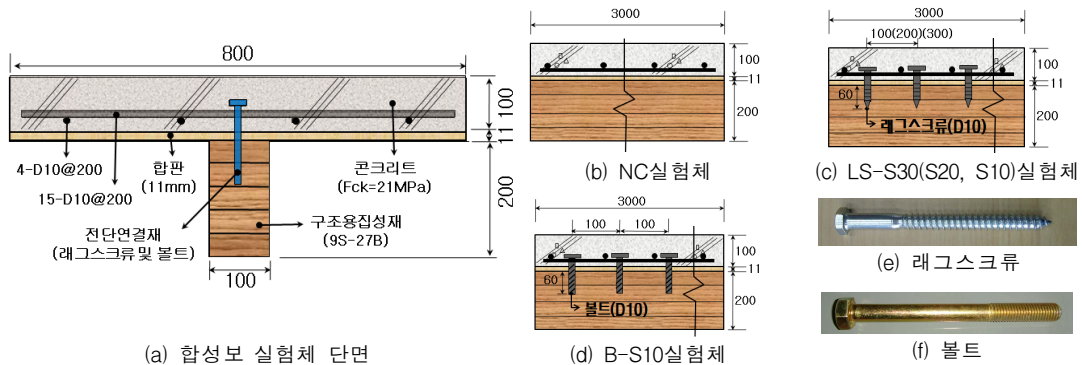


그림 1. 합성보 실험체의 형상

2.2 소재시험 결과

철근의 인장시험과 콘크리트의 압축시험은 각각 3개씩 수행하였으며, 그 평균치는 표 1과 표 2에 나타내고 있는 것처럼 모든 시험체에서 규준치를 만족하고 있는 것을 알 수가 있다.

표 1. 철근(D10)의 인장시험 결과

철근종류	항복강도 f_y (N/mm ²)	인장강도 f_u (N/mm ²)	탄성계수 E_s (kN/mm ²)
D10	372.8	573.46	223.38

표 2. 콘크리트의 물리적 특성표

설계기준 강도 (MPa)	슬럼프 (mm)	압축강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	휨강도 (MPa)
21.0	196	23.90	2.51	3.78

3. 실험결과 및 분석

3.1 모멘트-변형각 관계

그림 2는 합성보의 모멘트와 변형각의 관계를 나타내고 있다. 여기서, 변형각은 실험체 중앙의 변위(D1)를 L/2로 나눈 값으로 한다. NC실험체의 최대모멘트와 최대모멘트시 변형각은 37.5kN.mm와 0.021rad.이었으며, 구조용집성재의 전단파괴로 내력이 급격하게 저하되었다. 또한, 볼트(D10)를 100mm간격으로 설치한 B-S10실험체의 최대모멘트와 최대모멘트시 변형각은 50.6kN.mm와 0.021rad.이었으며, 최대내력 이후에 구조용집성재의 전단파괴에 의해 내력이 크게 저하되었다. 그리고, LS-S30 실험체의 최대모멘트와 최대모멘트시 변형각은 39.2kN.mm와 0.019rad.이었으며, 구조용집성재보의 중앙부에서 전단파괴로 내력이 급격하게 저하되었다. 한편, 래그스크류(D10)를 200mm와 100mm간격으로 설치한 LS-S20실험체와 LS-S10실험체의 최대내력(최대내력시 변형각)은 각각 45.1kN.mm(0.021rad.)과 48.3kN.mm(0.015rad.)이었으며, 최대내력 후 중앙에서 휨균열이 발생한 후 횡전단균열로 진전되면서 내력이 크게 저하되었다.

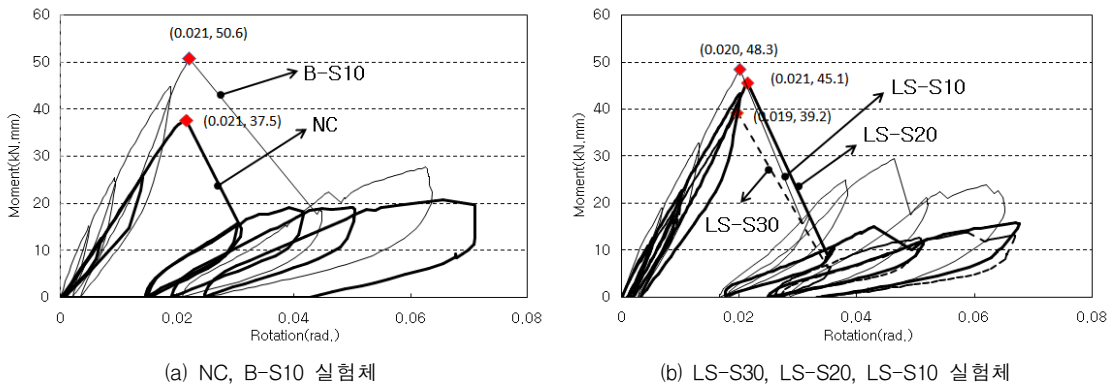


그림 2. 모멘트와 변형각의 관계

3.2 에너지흡수능력

그림 3은 에너지흡수능력을 나타낸 것으로 최대하중까지의 하중-변위곡선을 누적시킨 값으로 정의하였다. 전단연결재를 사용하지 않은 NC실험체의 에너지흡수능력은 1323.1kN.mm로 나타났다. 한편, 래그스크류(D10)를 300mm간격으로 설치한 LS-S30실험체의 에너지흡수능력은 1389.5kN.mm로 비합성보인 NC실험체에 비해 1.05배 정도의 큰 차이가 없는 것을 알 수가 있었다. 그리고, 래그스크류 사용한 LS-S20실험체와 LS-S10실험체의 에너지흡수능력은 각각 1503.2kN.mm과 1704.3kN.mm로 NC실험체의 1.14배, 1.29배 정도의 값을 나타내었다. 마지막으로, 볼트를 전단연결재로 이용한 B-S10실험체의 에너지흡수능력은 1734.5kN.mm로 NC실험체의 1.31배로 가장 우수한 것을 알 수가 있었다. 단, 모든 실험체에서 취성파괴형식으로, 전단연결재 종류에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

3.3 구조용집성재의 중립축 위치

그림 4는 구조용집성재에 부착한 목재용 스트레인이계지(W1, W2)를 이용하여 측정한 변형도로 1/400rad.에서의 값을 나타내고 있으며, 중립축 위치는 압축측변형도와 인장측변형도를 직선으로 연결하여 계산하였다. 전단연결재를 사용하지 않은 NC실험체의 경우, 압축측과 인장측의 변형도는 각각 586 μ , -592 μ 로 나타났으며 중립축 위치는 구조용집성재의 중앙부에서 0.5mm정도 상부에 있었다. 래그스크류를 300mm간격으로 배치한 LS-S30실험체의 압축측과 인장측의 변형도는 576 μ , -614 μ 이고, 중립축 위치는 구조용집성재 중앙에서 2.9mm위치로 NC실험체에 비해서는 약간 상승하지만, 그다지 효

과가 크지 않았다. 또한, 래그스크류를 200mm간격으로 설치한 LS-S20실험체의 압축측과 인장측의 변형도는 530 μ , -640 μ 으로 나타났으며, 중립축 위치는 구조용집성재 중앙에서 8.5mm상부에 위치하고 있었다. 그리고, 래그스크류를 100mm간격으로 설치한 LS-S10실험체의 압축측과 인장측의 변형도는 341 μ , -663 μ 으로 나타났으며, 중립축 위치는 구조용집성재 중앙에서 28.9mm상부에 위치하고 있어서 합성 효과가 가장 우수한 것으로 나타났다. 마지막으로, 볼트를 100mm간격으로 설치한 B-S10실험체의 압축측과 인장측의 변형도는 375 μ , -685 μ 으로, 중립축 위치는 구조용집성재 중앙에서 26.3mm상부에 위치하고 있으며, LS-S10실험체에 비해서는 합성효과가 다소 낮은 것을 알 수가 있다.

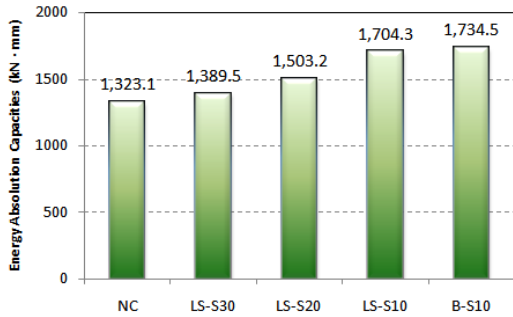


그림 3. 합성보의 에너지흡수능력

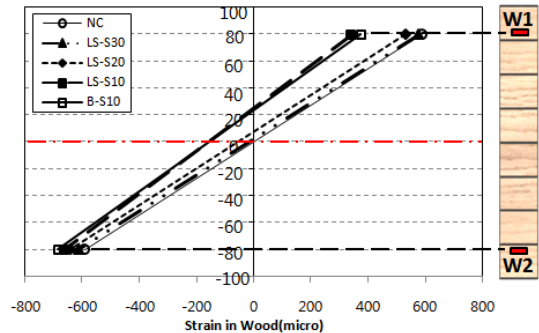


그림 4. 합성보의 중립축 위치

4. 결론

본 연구는 콘크리트슬래브와 목재보로 구성된 전단연결재의 전단성능을 평가하기 위한 합성보 실험을 통하여 구조적 성능을 평가하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 구조용집성재보와 콘크리트슬래브로 구성된 합성보는 항복 후 바로 취성파괴로 연계되었다. 따라서, 이러한 취성파괴를 방지할 수 있는 휨보강(철근, 섬유쉴트 등)이 필요할 것으로 판단된다.
- (2) 합성보의 전단연결재 배치간격이 좁을수록 합성효과를 우수하였다. 특히, 래그스크류를 100mm간격으로 배치한 LS-S10실험체의 초기강성과 최대내력은 비합성보인 NC실험체에 비해 28.3%, 31.8%정도 향상되었다. 따라서, 전단연결재를 적절하게 사용한다면, 경제적 설계와 재료의 효율적 사용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단(지방연구중심대학육성사업/바이오하우징연구사업단)의 지원을 받아 수행 되었습니다.

참고문헌

1. B.H. Ahamadi and M.P. Sake(1993), Behavior of Composite Timber-Concrete Floors, Journal of Structural Engineering, Finland, pp.3111-3130
2. 日本建築學會(2002), 木質構造設計規準・同解説-許容應力度・許容耐力設計法
3. 안현진, 정현모, 나병진, 문연준, 양일승, 김순철(2007), “구조용집성재와 콘크리트슬래브로 연결하는 전단연결재의 푸쉬아웃 실험”, 한국콘크리트학회 2007년 가을학술발표회논문집, 제19권2호, pp.261-264
4. 김순철, 양일승, 황보람, 이한옥(2006), “구조용집성재 최외층재의 휨 성능에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 학술발표대회
5. 한국표준협회(2003), 구조용 집성재(KS F3021)