

# 건축물의 친환경 시공·해체를 위한 재료 분리형 GLT-Steel 보 개발

## Development of a Separable Glued-Laminated Timber (GLT)-Steel Beam for Eco-Friendly Construction and Dismantling of Buildings

방성준<sup>1</sup> · 오정권<sup>2\*</sup>

Pang, Sung-Jun<sup>1</sup> · Oh, Jung-Kwon<sup>2\*</sup>

**Abstract :** In this study, an easily recyclable separable glued-laminated timber (GLT)-steel beam was developed, and a structural design method was presented. The GLT and steel were mechanically composited using self-tapping screws. The GLT-steel beam was designed to fail in the compression of GLT. The bending moment and load-carrying capacity of the GLT-steel beam were predicted based on composite beam theory and compared with experimental test data. As a result, the GLT-steel beam exhibited ductile behavior, and compression failure of GLT was observed. The screw connection showed no damage while the steel plate was extended. The load-carrying capacity of GLT after failure was similar to the load resistance predicted by the compressive strength of GLT and the tensile strength of steel. This indicates that the ductile behavior of the GLT-steel beam can be safely designed by the tensile strength (yield) of steel.

**키워드 :** 구조용집성재, 강재, 합성보, 휨성능, 보강

**Keywords :** glued-laminated timber, steel, composite beam, bending performance, reinforcement

### 1. 서론

목재는 나무가 자라면서 흡수한 탄소를 저장하고 있는 재료이고, 건축물의 구조재로 장기간 사용함으로써 건축물의 탄소저감에 기여할 수 있다[1]. 구조용집성재(Glued-Laminated Timber, GLT)는 무게 대비 휨강도가 높아 보 부재로 많이 사용되고 취성파괴 되기 때문에 설계값은 5% 하한치를 기준으로 한다[2]. 목재는 취성파괴로 인해 높은 안전율이 적용되고 있으므로 적절한 보강으로 취성 파괴가 아닌 연성 거동하도록 설계할 수 있다면 목재를 더 효율적으로 사용할 수 있는 방안이 될 것이다. 기존의 여러 연구자는 접착제를 사용하여 목재와 강재를 결합하는 방안을 연구하였고, 휨강성이 향상됨을 보고하였다. 한편, GLT와 강재를 접착하였을 때 접착 박리의 위험[3]이 보고되었고, 접착제의 친환경성 및 안전성(내구성)이 확보되어야 한다.

본 연구에서는 건축물 축조 및 해체에 대한 친환경적인 해결 방법으로 재료의 결합 및 재분리가 가능한 GLT-강재 보를 개발하고자 하였다. 건축물 해체 및 부재 폐기시 재료를 쉽게 분리할 수 있도록 GLT와 강재를 접착 없이 self-tapping screws를 사용하여 기계적으로 결합하였다.

### 2. 재료 및 방법

GLT(80mm(폭)×120mm(두께)×2400mm(길이), 8개)의 휨탄성계수를 측정하여 휨탄성계수가 유사하도록 두 그룹으로 나누었다. 한 그룹(3/8)은 강재보강을 하지 않고, 다른 그룹(5/8)은 강재로 보강하였다. GLT는 국산낙엽송(Larix kaempferi Carr, 밀도 550kg/m<sup>3</sup>) 층재 4층(흡수율: 12±2%)을 사용하여 제작하였다. GLT 하부에 강판(Steel Plate Hot Commercial, SPHC(KS D3501 2018))을 설치하였다. 강판과 GLT는 self-tapping screws (VGS Ø9×160mm (ETA-11/0030 2019))를 사용하여 고정하였다(그림 1).

개발 합성보의 휨강성과 하중저항능력을 평가하기 위해서 만능강도시험기(Zwick GmbH & Co., Ltd., Ulm, Germany)를 사용하여 시편의 처짐과 하중을 측정하였다. 목재의 지압변형을 제외한 시편의 순수한 휨처짐을 측정하기 위해 ASTM D198(2010)에 따라 시편의 중립축에 Yoke를 설치하여 시험을 진행하였다.

1) 서울대학교, BK조교수

2) 서울대학교, 부교수, 교신전자(jungoh@snu.ac.kr)

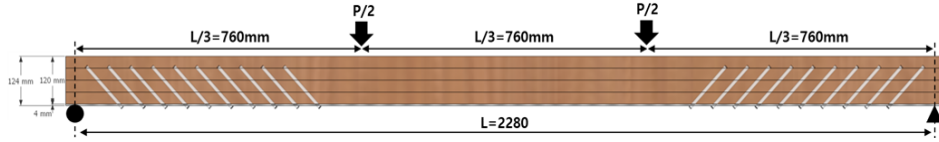


그림 1. GLT-강재 합성보

### 3. 결과 및 고찰

1. GLT의 경우, 인장측 취성파괴 후 하중저항은 0으로 감소하였다. 그러나 GLT-강재 합성보는 GLT 파손 후에도 약 30kN의 하중저항을 유지하는 연성거동을 보였다. 강재 보강에 의해 GLT 보의 휨강성은  $0.166 \times 10^{12} \text{ N/mm}^2$ 에서  $0.263 \times 10^{12} \text{ N/mm}^2$ 로 약 58.5% 향상되었다.
2. 합성보 이론과 목재와 강재의 역학적 성능으로 GLT-강재 합성보의 하중저항성능을 예측하였다. 강재의 최대인장강도로 하중저항성능을 예측하였을 때 예측값은 약 32kN으로 실험적으로 측정된 보의 연성거동 측정치와 유사하였다(그림 6). 모든 시험편은 항복강도로 예측된 값(약 21kN) 보다 높은 하중저항성능을 보였다. 따라서 GLT-강재 합성보는 강재의 항복강도로 안전하게 설계할 수 있을 것으로 사료된다.
3. 개발된 GLT-강재 합성보는 접착제를 사용하지 않고 self-tapping screws만을 사용하여 기계적으로 결합되었다. 강재가 소성거동할 때까지 screw 결합부는 손상이 없었다. 이는 screw의 뺏힘저항이 강재가 항복하여 소성 거동할 때까지 GLT와 강재 사이에 발생하는 전단력을 충분히 지지하였음을 의미한다.

GLT		GLT-강재 합성보	
그림 2. GLT 보의 파괴형상	그림 5. GLT-강재 합성보의 파괴형상		
그림 3. GLT 보의 하중-변위 그래프	그림 6. GLT-강재 합성보의 하중-변위 그래프		
그림 4. GLT 보의 휨응력분포	그림 7. GLT-강재 합성보의 휨응력분포		

### 감사의 글

이 연구는 2023년도 한국연구재단 이공분야기초연구사업(창의도전연구기반지원)의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임(과제번호: NRF-2021R1I1A1A01045628).

### 참고문헌

1. Resch, E., Andresen, I., Cherubini, F., and Brattebø, H., Estimating dynamic climate change effects of material use in buildings—Timing, uncertainty, and emission sources, Building and Environment. 2021. pp. 1-13.
2. Pang, S.-J., Lee, J.-J., and Oh, J.-K., Evaluation of allowable bending stress of dimension lumber; Confidence levels and size-adjustment, Journal of the Korean Wood Science and Technology. 2013. pp. 432-439.
3. Metelli, G., Preti, M., and Giuriani, E., On the delamination phenomenon in the repair of timber beams with steel plates, Construction and Building Materials. 2016. pp. 1018-1028.