

현장조립용 OSB 덧댐판 트러스의 강도 및 활용방안¹

김 태 우² · 하 빈² · 장 상 식^{2,†}

The Strength and Applications of OSB Gusset Trusses for Field Assembly¹

Tae-Woo Kim² · Bin Ha² · Sang-sik Jang^{2,†}

요 약

트러스는 북미 지역이나 호주, 뉴질랜드 등 목조주택이 일반화된 지역에 주택을 시공함에 있어 주로 사용되는 구조 부재로써, 공장에서 제작되며 현장에서 제작하기는 힘들다. 반면에, 목조주택규모가 작은 국내에서는 제작비, 운반비, 경험부족 등을 이유로 트러스의 사용이 매우 제한적이며 대부분의 현장에서 서까래 공법으로 시공을 하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 일반적으로 사용되는 금속제 트러스 플레이트가 아닌 현장에 버려지는 OSB를 덧댐판(gusset)으로 사용하여 현장에서 간단하게 제작이 가능한 형태의 경사트러스와 수평트러스를 제작해 보고 그 휨강도를 측정해 봄으로써 소규모 단독주택이 대부분인 목조주택 현장에서 사용가능 여부를 평가하고자 하였다. 경사트러스의 허용하중을 실제하중과 비교하였을 때, 지간거리 6 m에서 지붕경사트러스의 허용하중 및 실제하중은 10.60 kN 및 5.26 kN로 나타내어 사용하기에 충분하다고 판단된다. 지간거리 6 m의 수평트러스를 바닥장선으로 사용할 경우, 허용하중 및 실제하중은 7.18 kN 및 7.43 kN로 나타나 허용하중이 약간 낮기는 하지만 그 차이가 크지 않으므로 구조보강 및 부재의 변경 등을 통하여 사용이 가능한 것으로 판단된다.

ABSTRACT

Trusses are widely used for wooden houses in the areas where wood construction in generalized for residential housings such as North America, Australian, New Zealand. In Korea, joist and rafter system is generally used because of the production cost, transportation cost and lack of experience required for truss manufacturing. In this study, roof trusses and flat trusses were manufactured by using oriented strand board (OSB) gusset plates for field assembly and tested under bending load to obtain the allowable loads. The allowable load and the actual load of 6m span roof trusses were 10.60 kN and 5.26 kN, respectively, which is regarded to be sufficient for use in construction. The allowable load and the actual load of 6m span floor flat trusses were 7.18 kN and 7.43 kN, respectively. For flat trusses, the allowable load is slightly lower than the actual load but the difference in very small, and it is thought that flat trusses can be used for construction by applying small change of structures and members.

Keywords : OSB gusset plate, roof truss, flat truss, allowable load, actual load

¹ Date Accepted August 22, 2014, Date Received September 22, 2014

² 충남대학교 환경소재공학과. Department of Bio-based Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

[†] 교신저자(corresponding author): 장상식(e-mail: ssjang@cnu.ac.kr)

1. 서 론

목조주택이 국내에 지어진지 20여 년이 넘었지만 아직도 목구조는 현장목수들에 의하여 계산되고 재단 및 조립되고 있는 실정이다. 반면에, 목조주택이 일반화된 북미지역 등을 보면 목조주택의 골조공사는 대부분 패널화된 벽체와 트러스로 작업이 되고 있다. 국내에서는 몇몇 업체들만이 패널화 공법을 적용하고 있으며, 트러스를 생산하고 있다.

트러스를 사용하면 부재의 소모량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 긴 지간거리도 소화할 수 있는 많은 이점을 가지고 있다. 하지만 이를 공급하기 위해서는 운반비가 별도로 소요되고 국내 지형 조건상 대형차가 진입하지 못하는 현장이 많아 트러스를 기피하는 경향이 많다. 또한 국내에 지어지고 있는 목조주택은 북미지역에서 지어지고 있는 목조주택에 비하여 그 규모가 매우 작기 때문에 한 현장에 소요되는 트러스의 양이 많지 않다. 따라서 소요량이 적은 트러스를 별도로 주문하여 운반비를 들여가면서 트러스를 시공하는 것 보다는 일반 구조재를 활용하여 서까래 형태로 시공하는 것이 일반화되어 있는 실정이다.

소요량이 적은 트러스를 현장에서 간단하게 조립하여 사용할 수 있다면 별도의 운반비가 소요되지 않으면서 긴 지간거리를 극복할 수 있기 때문에 매우 유용할 것으로 기대된다. 트러스의 공장제작에 사용되는 금속제 트러스 플레이트를 사용하여 현장에서 트러스를 제작하기 위해서는 별도의 장비가 필요하고 현장작업하기에는 많은 어려움이 있다. 반면에 OSB는 대부분의 목조주택 현장에서 사용하고 있으며, 쓰고 남은 OSB가 현장마다 골칫거리가 될 정도로 버려지는 양이 많이 있다. 이를 활용하여 트러스를 현장제작 한다면 버려지는 자재를 재활용하는 측면에서도 많은 이점이 있을 것으로 판단된다.

합판(plywood)을 덧댐판으로 활용하여 트러스를 제작하는 것은 금속제 트러스 플레이트가 일반화되기 이전부터 시공되어 왔으며, 합판을 덧댐판으로 사용한 트러스의 제작방법 및 강도시험 결과 등이 논문으로 발표된바 있다(Angleton. 1960; Cha. 1992). 그러나 북미지역에서 주로 적용되었던 이러한 시험

결과들은 OSB가 아닌 합판을 덧댐판으로 사용하였으며 사용된 못도 최근 사용하고 있는 것과는 다르기 때문에 국내 현장에서 그대로 적용하기는 어려울 것으로 생각된다.

본 연구에서는 현장에서 가장 흔하게 사용하고 있는 구조재, OSB, 건축용철물을 사용하여 지간거리 6 m의 경사트러스(roof truss)와 수평트러스(flat truss)를 제작하고 강도시험을 통하여 국내의 건축현장에 적용이 가능한지를 판단하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구에서는 국내에서 가장 흔하게 사용하는 구조용 목재 및 덮개 재료를 사용하여 현장에서 제작된 트러스를 국내의 환경에서 적용 가능한지를 판단하기 위하여 국내에서 가장 널리 사용되는 구조재료인 북미산 구조재 SPF (spruce (*Picea Glauca.*), pine (*Pinus Banksiana.*) 및 fir (*Abies Alba.*)가 혼합된 상업적 수종 명칭) 중에서 치수는 2 × 4 (38 mm × 89 mm)에 등급은 2등급 이상을 선택하였으며, 캐나다산 두께 11.1 mm의 OSB 그리고 50 mm 길이의 못 총용 나삿니못을 사용하였다.

2.2. 시험편 제작

OSB 덧댐판의 크기 및 못 박기는 Angleton. (1960)이 제시한 것을 참조하여 Fig. 1과 같이 제작하였다. 경사트러스 시험편은 OSB 덧댐판에 75 mm 간격으로 못을 박고 못을 직선으로 박을 때와 엇갈리게 박을 때의 강도 차이를 비교하기 위해 두 가지 종류로 시험편을 각각 6개씩 제작하였다. Figs. 2~3과 같이 제작한 경사트러스의 길이는 6 m이며 경사각은 20°로 하였다. 경사트러스 시험결과, 두 가지 못 박기 종류에서 강도차이가 없었기 때문에 수평트러스 시험편은 못을 직선으로 박는 한 가지 형태로 시험편 6개를 Fig. 4와 같이 제작하였다. 수평트러스의 길이는 6 m이며 높이는 0.5 m로 하였다.

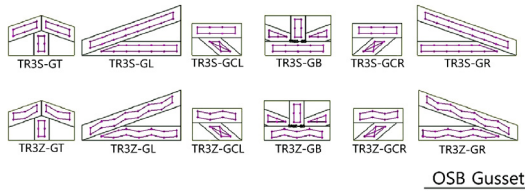


Fig. 1. Shape and nailing of OSB gusset.

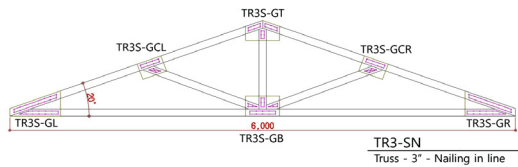


Fig. 2. Shape of roof truss with nailing in line.

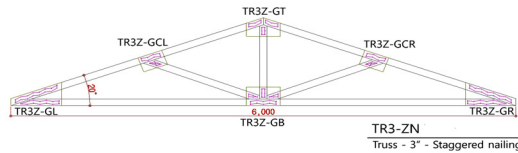


Fig. 3. Shape of roof truss with staggered nailing.

2.3. 시험방법

2.3.1. 경사트러스의 휨 시험

경사트러스의 휨 시험은 Fig. 5와 같이 트러스의 양끝지점을 제외한 상현재 중간의 3개 접합부위에 유압실린더로 동일한 압력을 가하는 방식으로 진행하였으며 트러스 양끝의 지점에는 한쪽에는 핀 그리고 반대쪽에는 롤러를 설치하였다. 상현재의 하중이 가해지는 곳에서 좁은 면적에 과도한 응력 집중이 발생하지 않도록 트러스의 경사각과 반대경사를 갖는 하중 블록을 사용하였다. 휨 시험을 실시하면서 트러스 하현재의 중앙부 처짐을 LVDT로 측정하였으며 처짐한계는 L/240을 적용하였다.

2.3.2. 수평트러스의 휨 시험

수평트러스는 Fig. 6과 같이 1/3점 하중 방식을 채

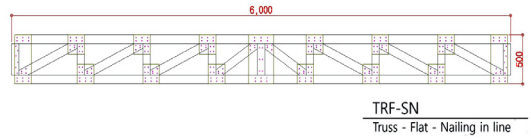


Fig. 4. Shape of flat truss with nailing in line.

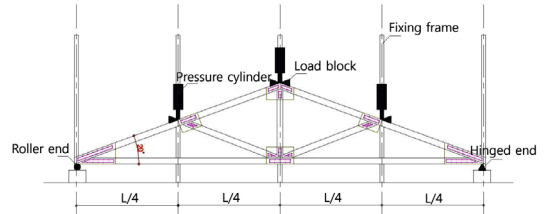


Fig. 5. Bending test of roof truss.

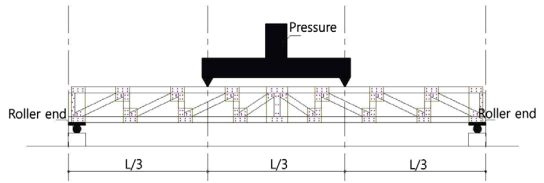


Fig. 6. Bending test of flat truss.

택하여 휨 시험을 실시하였다. 이러한 실대재 휨 시험 방법을 적용하면 중앙의 2개의 하중 점 사이에서 전단력이 작용하지 않기 때문에 전단력의 영향을 배제한 순수한 휨 모멘트의 영향만을 고려한 휨 강도를 얻을 수 있는 장점이 있다. 휨 시험을 실시하면서 트러스 하현재의 중앙부 처짐을 LVDT로 측정하였으며 처짐한계 L/360 또는 L/240을 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 경사트러스의 강도성능

3.1.1. 휨 강도

경사트러스는 하부에 건식천정이 부착되는 형태로 사용하기 때문에 처짐한계 L/240을 초과할 경우 경사트러스로서의 기능을 발휘하지 못한다. 경사트

Table 1. Bending load in deflection (L/240) of roof truss

Specimen No.	Bending strength (kN)	
	Nailing in line	Staggered nailing
1	10.20	9.60
2	9.00	9.00
3	9.60	7.60
4	12.00	11.42
5	11.40	12.00
6	13.10	12.30
Average	10.88	10.32

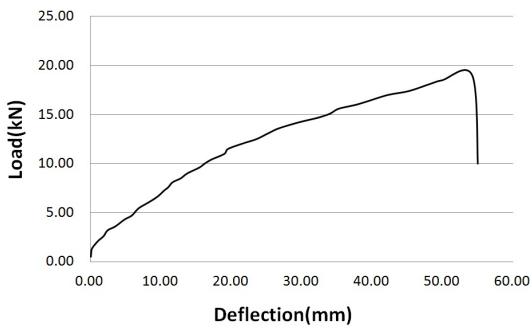


Fig. 7. Load-deflection curve for roof truss under bending loads.

러스에서 못을 직선으로 박았을 때와 엇갈리게 박았을 때에 처짐한계 L/240에서 얻어진 휨 하중 값은 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 두 조건의 하중 값은 거의 차이가 없었으며 최대하중에서도 큰 차이를 나타내지 않았다. 하중변형선도는 두 조건 모두 일반적으로 Fig. 7과 같은 형태를 나타내었다.

시험편 12개의 처짐한계 L/240에서의 허용하중은 10.60 kN을 나타내었다. 실험실 조건상 첫 번째 파괴가 발생하고 실험을 중단했기 때문에 최대 휨 하중은 설정하기 어려웠으나, 첫 번째 파괴 시의 평균 하중은 15.02 kN을 나타내었다.

경사트러스의 허용하중을 실제하중과 비교하면 다음과 같다. 지간거리가 6 m인 트러스를 610 mm (24") 간격으로 설치하고 지붕물매는 4.4/12이며 지붕에는 아스팔트싱글, 시트지, OSB (11.1 mm)를 설치하고



Fig. 8. Failure of upper chord member of roof truss under bending loads.

트러스의 하부에는 석고보드(12.5 mm)를 부착하는 것으로 가정할 경우에 트러스의 자체하중을 포함한 고정하중은 443.4 Pa이 된다. 건축물이 적설하중의 영향이 적은 일반지역에서 시공된다고 가정하면 적설하중 보다는 시공하중(지붕활하중)의 영향이 크며, 시공하중 1 kPa을 합산하면 1.44 kPa이 된다. 한 개의 트러스가 부담해야 하는 하중면적은 $6 \text{ m} \times 0.609 \text{ m} = 3.654 \text{ m}^2$ 이 되며 작용하중은 $1.44 \text{ kPa} \times 3.654 \text{ m}^2 = 5.26 \text{ kN}$ 이 된다. 따라서 실제 작용하중(5.26 kN)이 허용하중(10.60 kN)의 절반 정도에 불과하기 때문에 실제건축현장에서 6 m의 경간까지는 안전하게 사용될 수 있음을 알 수 있다. 이 값은 실제건축현장의 환경과 조건을 반영한 허용하중 보정계수를 적용하지 않은 값이다.

3.1.2. 파괴 형태

금속제 트러스 플레이트를 사용한 트러스는 대부분 접합부에서 파괴가 발생하는 것에 비해 OSB 덧댄판 트러스의 파괴형태는 Fig. 8과 같이 접합부와

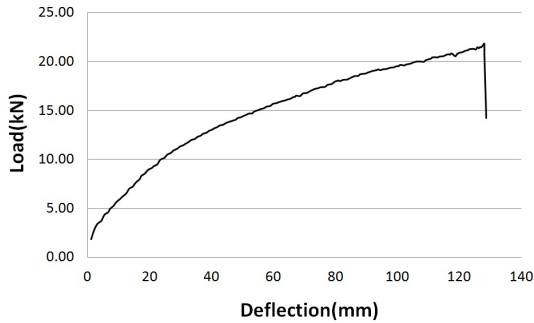


Fig. 9. Load-deflection curve for flat truss under bending loads.

접합부의 중간부재부분에서 파괴가 발생하였다. 이는 다음과 같이 두 가지 이유로 판단된다.

첫 번째는 OSB 덧댐판의 부착강도가 높아 각각의 접합부에서 상하현재 또는 웨브(web) 부재가 자유롭게 회전하지 못하게 되어 부재 자체에 휨 응력이 작용한 것으로 판단된다. Fig. 8과 같이 하중을 가할 경우 접합부에서 OSB가 부재를 붙잡는 힘이 강해 이 근처에서는 부재가 휘어지지 않으나 중간부분에서 급격하게 휘어지는 것을 볼 수 있다.

두 번째는 상하현재 또는 웨브 부재를 일반현장에서 사용하는 2등급을 무작위로 사용했기 때문에 이 부재들의 강도가 1등급 보다 약하며 결점이 많기 때문에 이 부분에서 파괴가 일어났을 것으로 판단된다.

3.2. 수평트러스의 강도성능

3.2.1. 휨 강도

수평트러스의 하중변형선도는 일반적으로 Fig. 9와 같은 형태를 나타내었다. 이때 계산된 하중값은 1/3점 집중하중을 균일분포하중으로 환산하였다.

수평트러스는 바닥장선으로 사용하는 경우에는 처짐한계가 L/360을 적용하고, 천장장선으로 사용하는 경우에는 처짐한계 L/240을 적용한다. 이 연구에 사용된 수평트러스의 경우에 처짐한계 L/360에서의 허용하중은 7.18 kN이며, 처짐한계 L/240에서 허용하중은 9.17 kN을 나타내었다.

수평트러스의 허용하중을 실제하중과 비교하면 아



Fig. 10. Failure of upper chord member of flat truss under bending loads.

래와 같다. 지간거리가 6 m인 트러스를 406 mm (16") 간격의 바닥장선으로 사용하는 것으로 가정하고 위에서부터 강화마루(9 mm), 난방미장물탈(40 mm), OSB (18.3 mm), 트러스, 단열재(R-19), 석고보드 (12.5 m)를 설치하는 경우에 고정하중은 1.05 kPa이 된다. 여기에 바닥활하중 2 kPa을 합산하면 총 작용하중은 3.05 kPa이 된다. 한 개의 트러스가 부담하는 하중면적은 $6 \text{ m} \times 0.406 \text{ m} = 2.436 \text{ m}^2$ 으로써 실제하중은 $3.05 \text{ kPa} \times 2.436 \text{ m}^2 = 7.43 \text{ kN}$ 이다. 이는 허용하중 7.18 kN보다 0.25 kN 큰 값이지만 그 차이가 크지 않으므로 약간의 보강만으로도 충분히 적용이 가능할 것으로 생각된다.

3.2.2. 파괴 형태

Fig. 10과 같이 하중 전달지점 부근의 트러스부재에서 대부분의 파괴가 발생하였다. 수평 트러스도 경사트러스와 마찬가지로 OSB 덧댐판 접합부에서는 파괴가 일어나지 않았다. 만약 실험 조건을 균일 분포하중으로 하거나, 하중전달지점을 여러 개 사용할

경우에는 하중의 균일한 분포로 특정지점에 큰 하중이 작용하지 않기 때문에 허용하중은 더 높게 나올 것으로 예상된다.

바닥장선으로 사용하는 수평트러스의 위층에 내력벽이 있거나 무거운 하중이 좁은 면적에 집중적으로 작용하는 구조인 경우에는 그 부분의 상현재를 보강하여야 집중하중 지점부근에서의 파괴를 방지할 수 있을 것으로 판단된다. 반대로 트러스의 하부 중간부분에 트러스를 받쳐 주는 내력벽이 있는 경우에는 하현재의 해당부분을 보강하여야 수평 트러스의 하현재 파괴를 방지하고 높은 강도를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

OSB 덧댄판을 이용한 경사트러스와 수평트러스를 제작하여 휨 시험을 실시하였다. 경사트러스는 지간거리 6 m에서 충분한 허용강도를 나타내었지만, 수평트러스를 바닥장선으로 사용할 경우 지간거리 6 m의 실제하중에 약간 못 미치는 허용강도를 나타내었다. 그러나 집중하중의 형태로 실험을 한 것과 허용하중 보정계수 등을 적용하지 않은 점 등을 고려할 때 추가적인 구조보강이나 상하현재의 치수증가 등의 개선을 통하여 충분한 강도성능을 지닌 트러스의 제작이 가능할 것으로 생각된다.

OSB 덧댄판의 접착강도는 접착제를 사용하지 않았음에도 충분하였으며, OSB 덧댄판 접합부에는 파괴가 일어나지 않았다. OSB 덧댄판을 너무 크게 할 경우 상현재 자체에 휨 하중이 가해져 강도에 좋지 않은 영향을 주는 것으로 판단된다. 이는 이전에 발표된 합판 덧댄판 트러스 논문과는 다른 형태로써 최근 사용하는 못충용 못은 예전에 사용하던 일반 못과는 달리 나삿니못으로써 못 뽑기 저항력이 매우 좋기 때문으로 생각된다.

못 박기 형태에 따른 허용값의 차이가 있을 것으로 예상되었으나 덧댄판에서의 변형 및 파괴가 전혀 없었기 때문에 특별한 차이를 나타내지 않았다.

이번 연구를 통하여 충분한 강도성능을 지닌 OSB 덧댄판 트러스의 설계 및 제작 가능성을 볼 수 있었다. 따라서 덧댄판의 크기, 웨브재의 간격 및 개수, 웨브재의 형태, 지붕 물매, 수평 트러스의 높이에 따른 시험을 통하여 적절한 테이블을 만들면 OSB 덧댄판 트러스를 현장에서 목수들이 간단하게 제작 및 조립할 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 충남대학교(2014년도 CNU 학술연구비)의 지원을 받아 수행하였습니다.

REFERENCES

- Angleton, H.D. 1960. Nailed-Plywood Gusset Roof Trusses. Historical Documents of the Purdue Cooperative Extension Service, Paper 837.
- Cha, J.K. 1992. Study on Metal Plate Connections and Plywood Gusset Plate Connections for Light-Frame Wood Truss Tension Joint. Journal of The Korean Society of Wood Science Technology 20(1): 46-50.
- KS F 2150. 2004. Method of static bending test for full sized structural lumber, Korean Standards association.
- Park, Y.R., Jang, S.S., Kim, Y.H. 2008. Bending strength test and evaluation of roof truss and flat truss. 2008 conference for The Korean Society of Wood Science Technology, pp. 55-56.
- Plan M 9101. 1986. Building your own Roof Trusses, Canada Plan Service.
- Smith, D. 2004. Update of Roof Truss Designs with Nailing Schedules. Research Highlights of Canada Mortgage and Housing Corporation, Technical Series 04-126.