

집성재 소시험편의 전단강도에 의한 핀접합부의 모멘트 저항성능 예측*¹

황 권 환*^{2†} · 박 주 생*²

Estimation of Moment Resisting Property for Pin Connection Using Shear Strength of Small Glulam Specimens

Kweonhwan Hwang*^{2†} · Joosaeng Park*²

요 약

집성재의 구조부재로서의 이용에 있어서는 접합철물(connector)과 파스너(fastener)에 의한 접합이 대부분을 차지하고 있다. 이들 접합부의 역학적 거동은 파스너의 지압과 부재의 전단현상으로 설명할 수 있다. 집성재 내의 층재 구성상태에 따른 전단성능, 2면전단 핀접합부의 인발에 의한 전단성능, 실대 기둥-보 2면전단 핀접합부의 모멘트 저항성능을 검토하였다. 집성접착된 부위의 경우, 두 층재간의 보완작용에 의해 밀도 및 전단강도에 있어서도 적층효과를 발휘하였다. 소시험편의 전단강도를 이용한 핀접합부의 2면전단강도와 모멘트 저항성능을 예측할 경우 다소의 보정이 필요할 것으로 판단되었다. 기둥-보 접합부의 모멘트저항성능 예측은 소시험편 전단강도의 10%를 저감하여 이용하면 안전하게 예측가능한 것으로 판명되었다.

ABSTRACT

Most connections for the glulam structural members consisted of connector and fastener. The mechanical behaviour of the connection can be occurred by the dowel bearing resistance and wood shear by the fastener. This study aims at the examination of the shear properties for the small specimen with lamination components and for the full-sized pin connection and the moment resisting property for the double shear full-sized pin connection using structural column and beam members. Small specimens including glue line shows greater density and shear strength

*¹ 접수 2007년 12월 6일, 채택 2008년 4월 24일

*² 국립산림과학원 임산공학부 목재성능과, Div. of Wood Engineering, Dept. of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

† 주저자(corresponding author) : 황권환(e-mail : m54290@hotmail.com)

by the lamination effect than other specimens. It is needed that estimations of double shear property and moment resistance for the pin connections should be adjusted in some degree. For the better and safe estimation of moment resistance strength for the column-beam pin connection, however, the shear strength of small specimens should be deducted by 10%.

Keywords: connector, fastener, dowel bearing, full-sized pin connection, moment resisting property, shear strength, double shear

1. 서 론

국산 조림 낙엽송(일본잎갈나무)의 유효이용을 위한 연구가 최근 다각적으로 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 낙엽송의 우수한 강도적 성능을 이용한 집성재 제조가 현실화되어 각종 구조부재로서 많이 이용되고 있으며, 집성재의 구조재로서 성능파악을 위한 기초 연구 및 실대 구조부재로서의 이용 등이 어느 정도 정립되고 있는 실정이다(황 등, 2007; 김과 홍, 2008). 층재(lamination)로 구성되는 집성재의 구조부재로서의 이용에 있어서는 전통방식의 짜맞춤을 이용하거나 접합철물(핀, 볼트 등)에 의한 접합이 대부분을 차지하고 있다.

삽입형 접합철물을 다우얼형 파스너(dowel type fastener: 못, 핀, 볼트 등)로 고정하는 접합법은 시공 및 접합부 설계가 용이하여 현재 많이 이용되고 있다. 그 중에서도 특히 접합철물을 삽입하여 핀으로 고정하는 접합법은 래그나사못(lag screw)이나 볼트류에 비해 외관상 접합부가 드러나지 않으므로 심미적인 가치가 높아 선호하는 경향이 있다. 접합철물을 이용한 접합방식은 삽입된 접합철물과 목재부를 긴결하는 다우얼형 파스너의 지압, 파스너의 항복에 의한 파괴가 주를 이루고 있다. 이러한 접합부의 항복모드에 대해서는 북미(American Forest & Paper Association, 1999) 및 우리나라 건축법규인 KBCS (대한건축학회, 2005)에서도 1면전단, 2면전단, 다면전단 등으로 구분하여 각각의 전단내력을 산정할 수 있도록 규정하고 있다. 이러한 지압은 일정 직경 이상인 파스너의 경우 목재의 전단파괴를 일으키며 전단현상은 다우얼이 접하는 부분의 목재

성질에 크게 영향을 받는다. 일반적으로 핀은 집성재의 구성요소인 층재에 비해 지름이 작은 것(25 mm 이하)이 많이 사용되므로(대한건축학회, 2006) 층재만의 부분, 층재접착부 등을 포함한 전단성능의 차이를 알아볼 필요가 있다. 또한, 이러한 제반성능의 실제 구조체에의 적용을 위한 검토사항으로 실대 구조체에 대한 모멘트 저항성능을 파악하고 서로간의 관계를 이론 및 실험적으로 검토해 볼 필요성이 있다.

본 연구에서는 집성재 보 부재에 대한 전단소시험편의 전단시험과 실대 보부재에 대한 편접합부 인발시험을 통해 그 전단성능을 파악하였으며, 전단소시험편과 편접합부의 전단성능으로부터 실대 기둥-보 접합부의 모멘트 저항성능에 대해 이론과 실험을 통해 예측가능성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

국산 조림 낙엽송(일본잎갈나무, *Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere) 집성재를 본 연구의 모든 시험체의 공시재료로 이용하였다. 국내에서 제작·판매되는 낙엽송 집성재를 구입하여 각각의 시험에 적합한 조건으로 가공하여 사용하였다. 전단시험편의 치수는 실제 보부재로부터 KS F 2209 (한국표준협회, 2004b)에 의거하여 30 × 30 × 40 mm (전단면 30 × 30 mm)로 랜덤하게 절단·제작하여 소시험편 전단시험에 이용하였으며, 편접합부 전단시험편은 보(140 × 240 × 600 mm)와 ㄷ접합철물(150 × 140 × 35

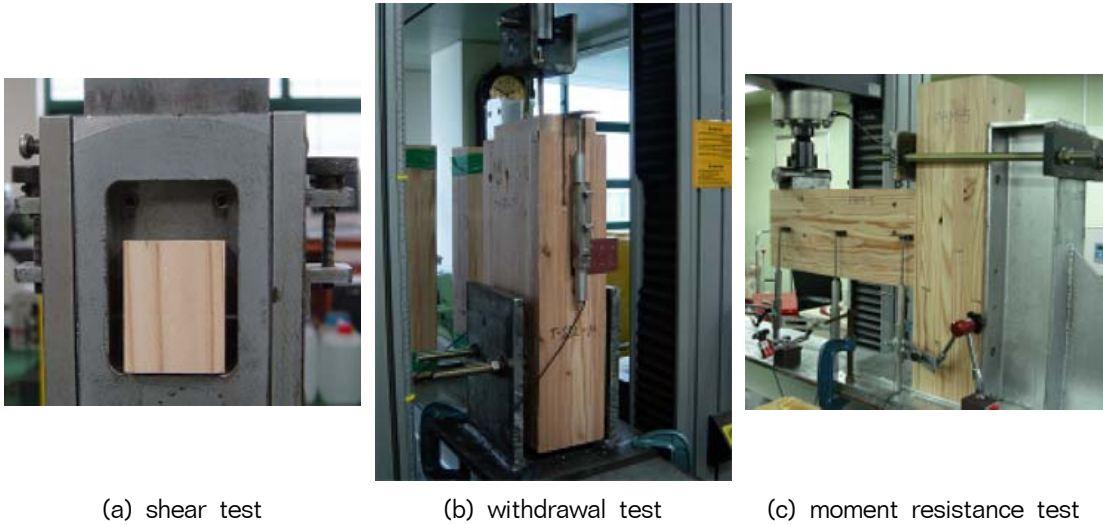


Fig. 1. Shear test (a), withdrawal test of a pin connection (b), and moment resistance test (c).

mm, $t = 4.5$ mm)에 한 개의 12 mm 핀으로 접합부를 형성하여 핀접합부 전단시험에 이용하였다. 또한, 기둥-보 모멘트 접합부는 기둥($180 \times 180 \times 720$ mm)과 보($140 \times 240 \times 600$ mm)로 구성되어 핀접합부 전단시험편과 동일한 접합철물에 두 개의 12 mm 핀으로 고정하여 모멘트 저항시험에 이용하였다.

2.2. 시험방법

2.2.1. 소시험편의 전단시험

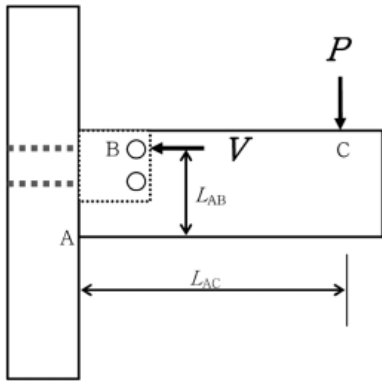
집성재의 전단시험용 소시험편은 층재의 구성을 생각하지 않고 랜덤하게 제작하였으며, 시험방법은 KS F 2209 (한국표준협회, 2004b)에 의거하여 1 mm/min 속도로 압축형 시험을 행하였다. 시험결과로부터 구성요소의 상태별로 기건밀도와 전단강도를 구하여 각 조건에서의 결과를 얻었다. 또한, 실험을 행하기 이전에 전단시험편에 대해 무게와 각각의 치수를 측정하여 KS F 2198 (2001a)에 의거하여 기건밀도를 측정하였다. 시험편 및 시험모습은 Fig. 1(a)에서와 같다.

2.2.2. 2면전단 핀접합부의 전단시험

집성재 보부재에 대해 ㄷ철물의 형태에 맞추어 기계 프리컷(pre-cut)에 의해 1 mm의 공차를 둔 슬릿(slot)과 핀구멍을 가공하였으며, 12 mm 핀접합부를 형성하여 전단시험을 행하였다. 접합부의 전단시험 방법은 KS F 2153(한국표준협회, 2000)에 의거하였으며 본 연구에서의 2면전단 핀접합부는 ㄷ철물을 인발(인장)하는 방식으로 하중을 가하여 실험을 진행하였다. 핀접합부 인장시험의 실제 시험편과 시험 모습은 Fig. 1(b)와 같다.

2.2.3. 기둥-보 핀접합부 모멘트 저항성능

집성재 기둥과 보 부재에 대해 기둥과 ㄷ철물은 두 개의 12 mm 볼트로 구성하였으며, 보와 ㄷ철물은 슬롯(slot)과 두 개의 12 mm 드리프트 핀으로 고정하여 모멘트 저항시험에 이용하였다. 시험방법은 KS F 2153 (한국표준협회, 2000)에 근거하여 기둥 부재를 고정하고 보 부재에 압축하중을 가하는 방식으로 진행하였다. 이 때 하중점과 기둥-보 전단면과의 거리는 0.49 m로 설정하였다. 하중방식은 2 mm/min 속도로 정적하중을 가하여 파괴시까지의



Column : 180 180 720 mm
 Beam : 140 240 600 mm
 $M_{AB} = V \times L_{AB}$
 $M_{AC} = P \times L_{AC}$
 $M_{AB} + M_{AC} = 0$

Fig. 2. Test diagram of column-beam connection. P , load; V , shear force; M , moment (kN · m); L , moment length (m).

변형과 하중을 측정하여 하중-변형 선도를 얻었다. 시험편과 시험모습은 Fig. 1(c)와 같다. 얻어진 하중-변형 선도로부터 모멘트와 변형각을 산정하여 모멘트내력 및 모멘트 회전강성을 산출하였다. 또한, 항복모멘트의 산출에는 5% offset 법을 이용하였다.

Fig. 2는 기둥-보 접합부에 발생하는 모멘트를 간략화하여 나타낸 모식도이다. 그림에서 실제 적용된 하중은 P 이며 소시험편 및 핀접합부의 전단강도는 V 로 나타내었다. 보 하단의 A지점을 모멘트중심으로 하여 보의 B와 C지점에서의 모멘트합을 영으로 하여 B지점의 반력을 산출하기 위하여 다음과 같은 가정을 설정하였다.

- ① 각종 지압요소는 고려하지 않으며, 기둥은 고정단이다.
- ② B지점의 전단력은 상부 핀에서만 작용하며 섬유방향으로만 작용한다.

2.3. 2면전단 핀접합부의 허용전단내력

우리나라 건축구조설계기준(대한건축학회, 2005)

에서는 못, 볼트, 래그나사못 등에 대한 각각의 전단면 구성에 따라 허용전단내력을 계산하는 방법을 규정하고 있다. 본 연구에서의 접합부는 ㄷ철물 삽입형 핀접합부로서 삽입형 철물의 핀접합부에 대한 규정이 현재 없는 상태이므로 볼트접합부에 준하는 것으로 가정하여 2면전단 볼트접합부의 허용전단내력을 구하였다. 기준허용전단내력(Z) 계산을 위한 항복모드는 American Forest & Paper Association (1999)의 2면전단 볼트접합부의 유럽형 항복모드 (European Yield Mode) 중에서 실험을 종료한 후 핀의 항복형태를 관찰한 후 설정하였다.

본 연구에서의 12 mm 드리프트 핀과 2면전단 접합부는 항복모드 IIIs와 IV 중에서 결정하는 것이 타당할 것으로 판단되었으며, 각각의 항복모드에 의한 기준허용전단내력은 식 (1)과 (2)로부터 산출할 수 있다(대한건축학회, 2005 & 2006). 이들 식으로부터 구한 전단내력 중 최소치를 기준허용전단내력으로 설정하였다.

$$III_s \quad Z = \frac{k_3 D t_s F_{em}}{1.6 K_\theta (2 + R_e)} \quad (1)$$

$$IV \quad Z = \frac{D^2}{1.6 K_\theta} \sqrt{\frac{2 F_{em} F_{yb}}{3(1 + R_e)}} \quad (2)$$

여기서,

D = 핀의 직경, mm

F_{em} = 주(중심)부재의 장부축지압내력, MPa

F_{es} = 측면부재의 장부축지압내력, MPa

$F_{e\parallel}$ = 목재의 섬유방향 장부축지압내력 = 79 G (MPa); G =비중

F_{yb} = 핀의 휨항복내력, (240 MPa)

$$k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2 + R_e)D^2}{3F_{em}t_s^2}} = 1.205$$

$K_\theta = 1 + (\Theta_{\max}/360^\circ)$

Θ_{\max} = 목재의 섬유방향에 대한 하중의 각도 ($0 \leq \Theta \leq 90^\circ$)

$R_e = F_{em}/F_{es}$

t_s = 측면부재의 두께, mm

Table 1. Shear strength at various components

Factor	Value	Pith	Nearpith	Solid-L*	Solid-S*	Solid-all	Glulam
Air-dried density (kg/m ³)	Average	479	474	516	536	529	559
	s.d.	18.6	15.2	36.2	38.1	36.9	48.7
	COV (%)	3.9	3.2	7.0	7.1	7.0	8.7
Shear strength (MPa)	Average	9.6	11.1	10.8	11.9	11.5	13.0
	s.d.	1.7	1.7	2.0	2.0	2.0	2.4
	COV (%)	17.5	15.2	18.2	16.9	17.2	18.7

* The annual ring width (ARW) represents comparative size. Solid-L, comparatively broad ARW; Solid-S, comparatively narrow ARW. Legends: s.d., standard deviation; COV, coefficient of variation.

3. 결과 및 고찰

3.1. 집성재 소시험편의 전단성능

집성재 소시험편의 요소 구성상태에 따른 전단성능은 Table 1과 같으며, 표에서와 같이 각각의 조건에 따라 기건밀도의 차이가 나타남을 알 수 있었다. 즉, 수를 포함하거나 수근처의 재를 많이 포함하는 층재가 주를 이루는 시험편(Pith 및 Near pith)에 있어서는 기건밀도가 상대적으로 낮았으며, 전단면이 두 개의 층재로 구성되는 시험편(집성재, Glulam)에 있어서는 가장 높게 나타났다. 전단면이 소재로만 구성되는 시험편(Solid)은 수를 포함하는 시험편에 비해서는 밀도가 높게 나타났으며 집성재 시험편에 비해서는 낮게 나타났다.

전단성능에 있어서는 전반적으로 밀도가 증가할수록 전단강도가 높게 나타났으며, 수(pith)와 연관되거나 연륜폭이 상대적으로 큰 시험편은 전단강도가 낮게 나타났다. 또한, 접착층을 전단면에 포함할 일반 집성재 시험편의 전단강도는 가장 높게 나타났다. 이는 수와 수근처의 재는 미성숙재로 이루어져 그 전단강도가 낮게 나타난 것으로 판명되며 접착면을 전단면에 대해 수직방향으로 갖는 집성재 시험편에 있어서는 적층효과에 의한 강도의 상승효과가 나타난 것으로 판단되었다.

실대구조체의 경우 대경목을 사용하지 못하는 우리나라 집성재 층재 구성에 대해서는 적어도 수나

수부근의 재를 포함할 가능성이 높은 것은 명백하다. 특히, 다우얼형 파스너를 이용한 2면전단형 삽입철물의 경우 전단과피를 유발하는 접촉면은 그다지 넓지 않기 때문에 본 연구에서의 시험편치수 수준일 가능성이 매우 높다. 이러한 문제점을 감안하면 얻어진 전단내력 중에서 최소치를 이용하여 실대구조체의 전단내력을 예측하는 것이 안전할 것으로 여겨진다. 이로써 집성재의 전단강도는 안전을 감안하여 수를 포함하는 재의 전단강도인 9.6 MPa의 값을 이용하기로 하였다.

KS F 3021 (한국표준협회, 2005)에 의하면 낙엽송에 대해 전단허용응력을 2.0 MPa로 규정하고 있다. 이를 본 연구에서의 전단시험결과와 비교하면 전단허용응력은 평균전단강도의 20% 정도에 해당함을 알 수 있다. 10개의 시험편 중 가장 낮은 값(6.7 MPa)을 5% 하한값으로 적용하면 KS기준의 장기허용전단응력의 3.4배를 나타내며, 재료강도는 장기허용응력의 3배에 해당한다(일본건축학회, 1995)는 내용과도 거의 일치한다. 한편, 임업연구원(1994)과 이(1997)의 자료에 의하면 낙엽송의 전단강도는 11.1 MPa로서 본 연구에서의 결과로부터 수근처의 시험편과 유사한 수준인 것으로 나타났다.

3.2. 편접합부 전단성능과 허용전단내력

Table 2의 오른쪽 표는 편접합부의 전단내력을 나타낸 것이다. 12 mm 편 한 개에 대한 편접합부 전단 시험에 의한 5개 시험편의 평균 전단강도는 $47.1 \pm$

Table 2. Shear strength of pin connection and post-beam moment resisting strength.

Post-beam	P_u (kN)	P_y (kN)	M_u (kN · m)	M_y (kN · m)	K_M (kN · m/rad)	Pin	P_u (kN)
PBM-1	18.9	8.0	9.2	3.9	195.6	P12-1	49.3
PBM-2	19.9	7.7	9.8	3.8	202.9	P12-2	45.8
PBM-3	21.7	8.3	10.6	4.1	181.0	P12-3	54.3
PBM-4	20.4	9.4	10.0	4.6	231.0	P12-4	38.9
Ave	20.2	8.4	9.9	4.1	202.7	Ave	47.1
sd.	1.2	0.7	0.6	0.3	21.0	sd.	6.5
COV(%)	5.8	8.5	5.8	8.5	10.4	COV(%)	13.8

Legends: P_u , maximum load; P_y , yield load; M_u , maximum moment; M_y , yield moment; K_M , moment rigidity; Ave, average; sd, standard deviation; COV, coefficient of variation.

6.5 kN로 나타났으며, 변이계수(COV)는 13.8%로 나타났다. 핀접합부 전단시험에 의한 전단내력은 2면전단 중앙부재(주부재)의 전단면적($A = 5440 \text{ mm}^2$)에 대해 핀접합부 평균 전단강도로 산출하면 8.7 MPa이다. 이는 전단 소시험편 중에서 수를 포함한 재의 9.6 MPa보다 10% 정도 낮은 값을 나타내는 것으로 2면전단의 특징상 전단면을 두 곳으로 가정하였기 때문에 실제 핀접합부의 전단파괴는 어느 한쪽의 약한 부위에서 파괴가 진행되는 경향이 있으므로 전체적인 전단내력은 감소하는 것으로 추론된다. 실제 시험에 있어서는 인발부위의 철판 양쪽에 변위 측정용 게이지를 설치하였으나 철판의 용기로 인하여 정확한 변위 측정이 어려워 최대내력만 평가하였다.

또한, 파괴형상은 2면전단의 중앙부재에서 전단파괴가 일어났으며, 측면부재는 할렬파괴가 현저하였다. 실험결과 핀의 항복모드는 IIIs로 판명되었으나 보 너비(140 mm)에 비해 핀의 길이(120 mm)가 짧기 때문에 중앙부(32 mm)와 슬릿(6 mm)을 제외하면 측면부재(45 mm)에 영향을 끼치는 핀의 길이는 그다지 크지 않아 측면부재의 여장(양쪽 측면부재 10 mm 씩)에 대해 핀이 존재하는 것으로 가정하여 휨변형을 일으킨 것으로 간주할 수 있으므로 안전을 위해 항복모드 IV에 대해서도 평가를 행하여 모드 IIIs와 IV 중에서 최소치로 결정하였다. 식 (1)과 (2)로부터 각각의 항복모드를 계산한 결과, 항복

모드 IV에 의한 기준허용전단내력이 최소치로 나타났으며, 그 값은 5.1 kN이었다. 핀접합부 허용전단내력의 경우 하중기간계수(C_D)는 고정하중(DL = 0.9)를 적용하여 4.6 kN의 허용응력을 산출할 수 있었으며, 이는 핀접합부 전단강도(47.1 kN)의 10% 정도에 해당하는 값이다.

3.3. 기둥-보 접합부의 모멘트 저항성능

실대 기둥-보 접합부에 대한 모멘트 저항성능 결과는 Table 2의 왼쪽 표와 같다. 표에서와 같이 4개의 시험편(PBM-1~PBM-4)은 ㄷ철판을 보의 상부에 설치한 것으로 최대모멘트(M_u)는 $9.9 \pm 0.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 드리프트 핀 직경(지름)의 5% offset에 의한 항복모멘트(M_y)는 $4.1 \pm 0.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 모멘트강성(K_M)은 $202.7 \pm 21.0 \text{ kN} \cdot \text{m/rad}$ 으로 나타났다. 각각의 경우에 있어 변이계수(COV)는 10% 정도의 수준으로 KS F 2201(한국표준협회, 2001b)에서 규정한 섬유방향 전단강도 변이계수 15%의 범위보다 낮으므로 다소 안정적인 실험결과인 것으로 판단되었다.

Fig. 3은 각각 4개의 시험편에 대한 보 접합부의 인발에 의한 전단하중과 변위의 관계 및 기둥-보 접합부의 모멘트 저항성능 실험결과를 나타낸 것이다. 핀접합부의 인발형 전단내력에서는 다우얼의 지압 상태 등에 따른 다소의 변이가 나타났으며, 모멘트

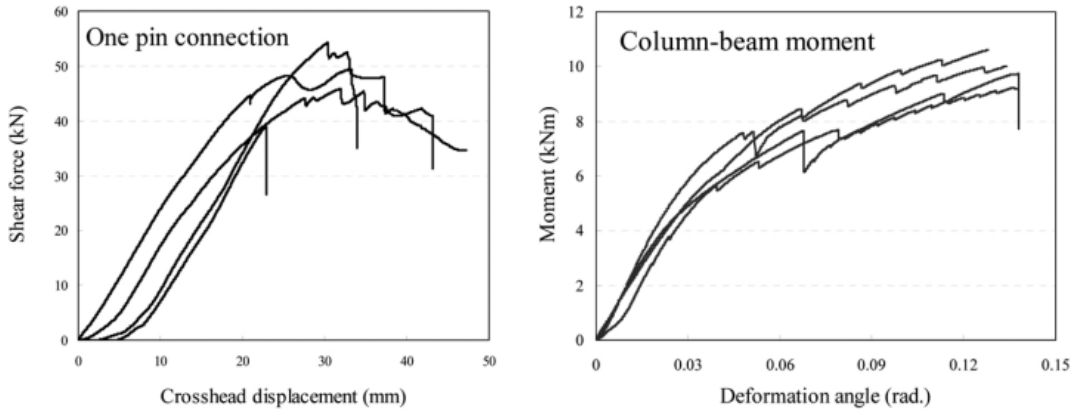


Fig. 3. Shear and moment properties of pin connection.

저항시험에 있어서는 대체적으로 균일한 모멘트 성능을 발휘하였다.

한편, Fig. 2의 B지점에서 일어나는 섬유평행방향의 전단력(V)은 소시험편의 전단시험에 의한 값을 적용한 값(V_s)과 핀접합부의 전단시험에 의한 값(V_T)을 각각 적용하여 기둥-보 접합부의 모멘트저항 성능 및 작용하중(P)을 예측하였다. M_B 의 경우 소시험편의 전단강도(V_s)인 9.6 MPa를 적용하여 10.7 kN·m, 핀접합부의 전단강도(V_T)인 47.1 kN (8.7 MPa)을 적용하면 9.7 kN·m의 모멘트가 작용함을 알 수 있다. 구해진 값들은 B지점에서의 모멘트와 C지점에서의 모멘트가 동일하므로 실제 기둥-보 접합부에 작용한 실제 모멘트인 9.9 kN·m와 비교하면 비슷한 수준인 것을 알 수 있다. V_s 를 이용한 예측값은 순수한 전단강도이므로 실제 2면전단 접합부에 있어서는 회전에 의한 영향 등으로 순수하게 2면전단이 발생하지 않았을 가능성이 있으므로 다소 높게 나타난 것으로 추론되며, V_T 를 이용한 예측값이 미미한 정도이나 낮게 나타난 것은 실제 접합부에 있어서 작용하는 하부 핀의 영향, 볼트와 기둥 및 목재간의 지압효과 등을 고려하지 않았기 때문인 것으로 추론된다. 하지만, 이러한 낮은 예측값은 어느 정도 안전한 예측을 할 수 있으므로 구조계산에의 이용에는 적당한 것으로 여겨진다. 한편, 소시험편에 의한 예측값의 경우, 특히 무결점 소시험편의 문

헌값(임업연구원, 1994; 이, 1997)인 11.1 MPa의 전단강도를 적용하면 12.4 kN·m의 모멘트로 예측되므로 -20% 정도의 보정을 행하여야 한다. 따라서, 집성재 부재를 이용한 다우얼 접합부의 경우 우리나라의 낙엽송 층재와 같이 수를 포함할 가능성이 높을 때에는 수를 포함한 재의 전단시험결과를 적용하되 -10%의 보정을 행하여 적용하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서의 소시험편에 의한 전단강도 값을 이용한 기둥-보 접합부의 이론값과 핀접합부의 전단강도를 이용한 이론값은 실제 접합부의 모멘트 저항성능을 예측하는 모델이 될 수 있을 것으로 판단되었다. 또한, 이러한 모델식은 접합철물의 위치나 모양에 상관없이 접합부 단부에 작용하는 최대 하중 및 최대모멘트내력을 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

집성재 부재를 이용한 다우얼형 접합부의 모멘트 저항성능을 예측하기 위하여 집성재 층재구성에 따른 전단성능으로부터 다우얼형 접합부의 인발시험에 의한 전단성능과 모멘트저항 접합부의 모멘트성능의 관계를 이론과 실험을 통하여 예측가능성에 대해 검토하였다.

집성재 층재구성을 달리한 전단내력성능은 수를 포함하는 재의 강도값이 가장 낮게 나타났으며, 집성재의 층재구성에 따른 적층효과가 있음을 알 수 있었다. 편접합부의 전단성능은 수를 포함하는 소시험편의 전단강도보다 다소 낮게 나타났으나 그 차이는 크지 않아 전단성능의 예측에는 수를 포함하는 소시험편의 전단성능을 이용하는 것이 안전할 것으로 판명되었다. 2면전단 편접합부의 모멘트 저항성능은 수를 포함한 소시험편의 전단강도로 예측한 경우, 10% 정도 높게 평가되었으나 편접합부의 전단성능을 이용한 예측값은 거의 동일하였다. 이로써 편접합부의 전단성능으로부터는 정확하고 안전한 예측을 행할 수 있음을 알 수 있었으며, 집성재 소시험편의 전단성능으로부터는 수를 포함한 부분의 전단강도에 대해 -10% 정도의 보정을 가함으로써 적용성을 향상시킬 수 있는 것으로 판명되었다.

참 고 문 헌

1. 김건호, 홍순일. 2008. 낙엽송 집성재의 Bolt, Drift Pin 접합부의 전단강도 성능 평가-접합구 직경, 세장비, 끝면 거리가 강도에 미치는 영향-. 목재공학 36(1): 69~78.
2. 대한건축학회. 2005. 건축구조설계기준 및 해설-제 8 장 목구조. pp. 634~654.
3. 대한건축학회. 2006. 목조건축 구조설계 매뉴얼. pp. 147~277.
4. 이필우. 1997. 한국산 목재의 성질과 용도(I)-목재의 구조 및 성질과 용도. 서울대학교 출판부. pp. 39~42.
5. 임업연구원. 1994. 한국산 주요목재의 성질과 용도. 연구자료 제95호. pp. 124~125.
6. 한국표준협회. 2000. 목구조 철물 접합부의 전단 시험 방법. KS F 2153.
7. 한국표준협회. 2001a. 목재의 밀도 및 비중 측정 방법. KS F 2198.
8. 한국표준협회. 2001b. 목재의 시험 방법 통칙. KS F 2201.
9. 한국표준협회. 2004a. 침엽수 구조용재의 허용 성질 결정 방법. KS F 2152.
10. 한국표준협회. 2004b. 목재의 전단 시험 방법. KS F 2209.
11. 한국표준협회. 2005. 구조용 집성재. KS F 3021.
12. 황권환, 박주생, 박문재. 2007. 프리컷 방식을 적용한 기둥-보 공법의 수평전단내력. 목재공학 35(6): 1~12.
13. 日本建築學會. 1995. 木質構造設計規準・同解説. pp. 157~163.
14. American Forest & Paper Association. 1999. General dowel equations for calculating lateral connection values. TR12.