

# 낙엽송 집성재의 Bolt, Drift Pin 접합부의 전단강도 성능 평가\*1

– 접합구 직경, 세장비, 끝면거리가 강도에 미치는 영향 –

김 건 호\*2 · 홍 순 일\*2†

## Shearing Strength Properties of Bolted, Drift-Pinned Joints of the Larix Glulam\*1

– Effects of Fastener Diameter, Slenderness and End-distance  
on Strength Properties –

Keon-Ho Kim \*2 · Soon-Il Hong \*2†

### 요 약

국내산 낙엽송 집성재 볼트, 드리프트 핀 접합부의 내력성능평가를 위해 인장형 전단강도시험을 실시하였다. 인장형 전단시편은 강관삽입형 볼트, 드리프트 핀 접합부 시편과 강관측재형 볼트접합부시편으로 제작하였다. 실험에 사용된 볼트와 드리프트 핀의 직경은 12, 16, 20 mm였다. 시편의 접합구멍은 끝면거리 5, 7 d로 제작하였고 인장하중은 섬유평행방향으로 가하였다. 끝면거리에 따른 접합부의 내력성능을 검토하고 Larsen의 항복추정식을 통해 항복하중을 실측항복하중과 비교하였다. 설계표준 시 끝면거리 7 d의 항복하중을 기준으로 5 d의 저감계수를 산출하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 강관삽입형 접합부에서 드리프트 핀 접합부의 평균최대하중은 직경이 증가함에 따라 볼트 접합부보다 3~30% 정도 크게 나타났다. 볼트 접합부의 경우 강관측재형의 평균최대하중은 강관삽입형보다 1.54~2.07배 크게 나타났다. 동일 직경에서 끝면거리 7 d의 평균최대하중이 5 d보다 8~44% 정도 크게 나타났다.
2. 강관삽입형 접합부의 지압응력은 드리프트 핀 접합부가 볼트보다 1.16~1.41배 더 크게 나타났으며, 7 d가

\* 1 접수 2007년 10월 10일, 채택 2008년 1월 7일

이 논문은 2007년도 강원대학교 산림과학연구소의 학술연구지원사업에 의해 수행되었음.

\* 2 강원대학교 산림환경과학대학 임산공학과, Department of Wood Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

† 주저자(corresponding author) : 홍순일(e-mail: hongsi@kangwon.ac.kr)

- 5 d보다 1.37~1.86배 크게 나타났다. 또한 드리프트 핀 접합부의 세장비는 7.5 이하, 강관삽입형 볼트 접합부의 세장비는 6 이하에서 양호한 내력성능을 보였다.
3. 실측 항복하중과 Larsen이 제안한 항복하중 추정식에 의해 얻어진 항복하중값의 비는 강관삽입형 접합부의 경우 0.80~1.10, 강관측재형 접합부는 0.75~1.46이었다.
  4. 끝면거리 7 d의 항복하중을 기준으로 강관삽입형 볼트접합부의 경우 12 mm 접합부의 저감계수(Ke)는 0.89, 16 mm는 0.93, 20 mm는 0.85였다. 강관삽입형 드리프트 핀 접합부의 경우 12 mm는 0.89, 16 mm는 0.93, 20 mm는 0.93이었다. 강관측재형 직경 12 mm 볼트접합부의 저감계수는 0.79, 16 mm는 0.80이었다.

## ABSTRACT

Shearing strength test in tension type was investigated to determine the shear resistance of bolt and drift-pin connection of domestic larch glulam. The specimen was connected with bolt and drift-pin in the inserted plate type, and only bolt in the side plate type. The diameter of bolt and drift-pin used in the experiment are 12, 16 and 20 mm. The hole of bolt was drilled at the end-distance 5 d and 7 d. Tension load was loaded in the direction parallel to grain. The shear resistance was evaluated according to end-distance through this, the yield load was compared with the experimental yield load, using Larsen's formula. The prototype design strength is based on the yield load of end-distance 7 d and the reduction factor of end-distance 5 d was calculated. The results were as follows.

1. The average of maximum load of drift-pin connection was higher by 3~30% at the inserted type than at bolt connection with increasing diameter. In bolt connection, the average of maximum load of the side type was 1.54~2.07 times higher than that of the inserted type. In the same diameter, the average of maximum load of end-distance 7 d was higher by 8~44% than that of 5 d.
2. The bearing stress was 1.16~1.41 times higher at the inserted connection than at drift-pin connection, and 1.37~1.86 times higher at 7 d than at 5 d. Also, when the slenderness ratio was below 7.5 at drift-pin connection and below 6.0 at inserted connection, the lateral capacity was good.
3. The ratio of the experimental yield load and the predicted yield load calculated by Larsen's formula proposed by Larsen was 0.80~1.10 at inserted connection, and 0.75~1.46 at side connection.
4. When the inserted bolt connection was based on the yield load of end-distance 7 d, the reduction factor was 0.89 at 12 mm connection, 0.93 at 16 mm and 0.85 at 20 mm. The reduction factor was 0.89 at 12 mm the inserted drift-pin connection, 0.93 at 16 mm, 0.93 at 20 mm. The reduction factor was 0.79 at the side connection of the 12 mm bolt connection and 0.80 at 16 mm.

**Keywords:** bolt, drift-pin, diameter, slenderness, end-distance

## 1. 서 론

구조용 집성재로서의 신뢰성을 확보하고 안정성 있는 목구조물을 설계하기 위해서는 접합부 내력 성능평가가 매우 중요하다. 특히 접합부의 내력을 지배하는 중요한 인자로는 접합부를 구성하는 접합구와 접합부재의 특성이 있다. 접합구가 내력에 미치는 인자로는 접합구의 종류, 직경, 세장비 등이 있으며 접합부재는 부재의 두께, 접합형식, 수종, 함수율, 섬유방향에 따른 하중방향 등이 있다. 그 외에 볼트구멍 제작 시 공오차, 볼트간격, 끝면거리 그리고 연단거리 등이 있다(Soltis, L. A., 1987).

본 실험에서는 강판삼입형 볼트, 드리프트 핀 접합부와 강판측재형 볼트접합부의 인장형 전단실험을 실시하여 끝면거리에 따른 낙엽송 집성재 접합부의 강도성능을 검토하였다. 실험에 사용된 접합구의 직경(d)은 12, 16, 20 mm였고, 볼트구멍은 목구조 건축기준에서 제안한 7 d와 기준 이하의 단거리에 따른 강도를 비교하기 위하여 5 d로 제작하였다. 끝면거리와 접합형식에 따른 접합부의 강도적 특성과 파괴형상을 비교하였다. 끝면거리에 따른 실제항복하중(직경의 5% 오프셋(offset)시킨 항복하중)과 Lasen의 항복추정식에 의해 얻어진 항복하중을 비교, 검토하였다. 또한 실제 항복하중값의 회귀선으로 예측된 끝면거리 7 d (d = diameter)의 항복하중을 기준으로 하였을 경우 끝면거리 5 d의 저감계수를 산출하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

집성재 제작용 라미나는 평균함수율 12%, 평균비중 0.61인 일본잎갈나무(낙엽송: *Larix kaempferi* Carr.)재로서 목재유통센터에서 구입하였다. 라미나는 무종접합 제재판으로서 30 × 120 × 3,600 mm를 사용하였다.

### 2.2. 시험체 제작

집성재 제작용 라미나는 종진동의 고유진동수를 이용하여 측정된 영계수를 통해 1~4등급으로 등급 구분하였다. 실제 사용되고 있는 집성재의 볼트접합부 강도측정을 위하여 조합형태를 균일하게 최외각층에 1등급의 라미나를 적층시키고 중간층은 2, 3등급으로 내층은 4등급의 라미나로 적층시켰다. 제작된 집성재는 7 ply로, 크기는 120 × 150 × 3,600 mm이었다.

제작된 집성재를 길이 400 mm로 절단하여 두 Type의 시험체를 제작하였다. Type A는 강판삼입형 시험체로서 두께방향(150 mm)의 센터에 깊이 170 mm, 폭 10 mm 슬릿(slot)을 내어 8 mm 강판을 삼입하여 볼트 및 드리프트 핀으로 접합하였다. 시편의 끝면거리는 접합구(볼트, 드리프트 핀)의 직경에 따라 5 d, 7 d로 하였다. Type B는 강판측재형 시험체로 끝면거리와 접합구멍의 직경은 강판삼입형과 동일하게 제작하였다. 시편의 개수는 접합형식, 접합구직경, 끝면거리에 따라 각 실험 당 5개의 시편을 사용하여 총 90개 시편을 사용하였다.

### 2.3. 볼트, 드리프트 핀의 휨강도 실험

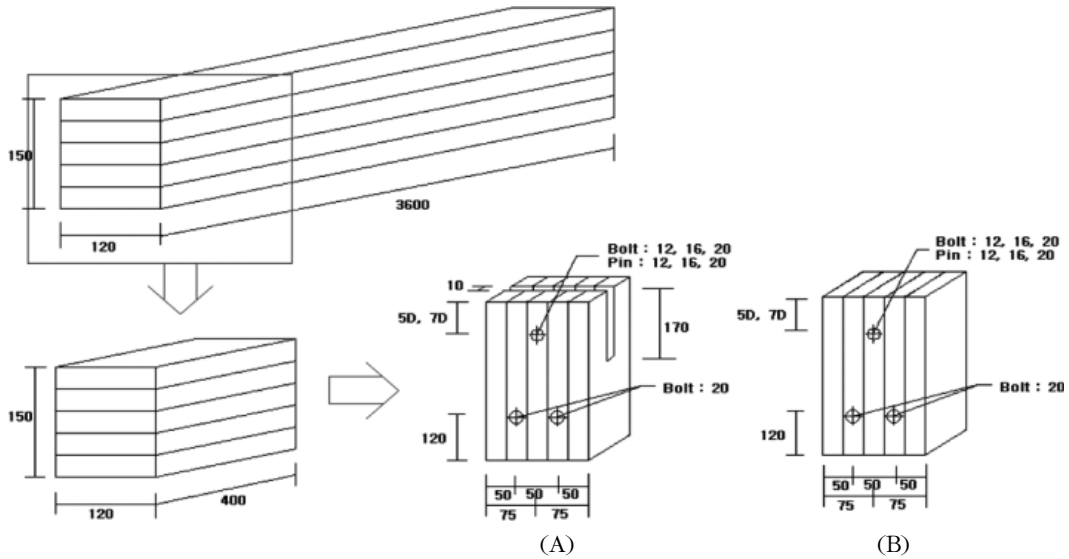
접합구의 휨강도 시험은 지점간 거리가 95 mm로 하여 중앙집중하중을 가하였다. 실험에 사용된 접합구는 볼트, 드리프트 핀으로써 12, 16, 20 mm를 사용하였고, 접합구종류와 직경에 따라 각각 3개씩 실험하였으며 휨 항복강도(Bending yield strength)는 다음 식으로 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{Bending yield strength } (f_y) \\ = \frac{1.5PL}{D^3} \quad (\text{kgf/cm}^2) \end{aligned} \quad (1)$$

P = 5 percent offset load (kgf)

L = span (9.5 cm)

D = bolt (drift pin) diameter (cm)



Note (A): Bolted (Drift-pinned) joint with inserted steel plate  
 (B): Bolted (Drift-pinned) joint with steel side plate

Fig. 1. Shape of specimens.

## 2.4. 인장형 전단 실험

인장형 전단실험은 접합부의 변형 측정을 위해 Figs. 2, 3과 같이 강판에 금속치구를 설치하였다. Type A의 접합부 변형은 양측에 부착된 2개의 50 mm 변위계를 부착하여 측정된 변형값의 평균값을 사용하였다. Type B의 접합부 변형은 양측에 4개의 50 mm 변위계를 부착시켜 각각의 변형값의 평균값을 사용하였다. 하중속도는 ASTM D 5652에 따라 1.0 mm/min로 하였고 시편의 고정부는 두 개의 20 mm 볼트로 사용하여 고정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 직경 및 끝면거리에 따른 강도성능

#### 3.1.1. 강판삽입형 접합부(볼트, 드리프트 핀)

직경 12 mm인 강판삽입형 볼트접합부의 평균최대하중은 7 d가 5 d보다 약 1.2배 크게 측정되었고, 초기강성은 5 d가 7 d보다 더 크게 나타났다(Table

1). 5 d는 순간적인 할렬파단이 대부분이었고 7 d는 최대하중 이후에도 변형이 증가하였다. 직경 16 mm 강판삽입형 볼트 접합부의 평균최대하중은 7 d가 5 d보다 약 1.16배 정도 크게 나타났으며 인성은 7 d가 5 d보다 인성이 좋게 나타났다. 초기강성은 5 d가 7 d보다 더 크게 나타났다. 직경 20 mm 강판삽입형 볼트접합부의 변형은 7 d가 5 d보다 2배 정도 변형이 크게 나타났으며 볼트의 변형은 7 d가 5 d보다 더 많이 변형되었다. 평균최대하중은 1.44배 정도 더 크게 나타났다. 초기강성은 7 d가 5 d보다 더 크게 나타났다.

직경 12 mm 강판삽입형 드리프트 핀 접합부의 평균최대하중은 5 d보다 7 d가 1.28 정도 더 크게 측정되었다. 인성은 7 d가 5 d보다 좋게 나타났고, 초기강성은 7 d가 5 d보다 1.2배 크게 나타났다. 직경 16 mm 강판삽입형 드리프트 핀 접합부의 변형은 5 d순의 경우 순간적으로 파괴로 7 d보다 적게 나타났다. 평균최대하중은 7 d가 5 d보다 1.17배 정도 더 크게 나타났고 초기강성도 같은 경향을 나타내었다. 직경 20 mm 강판삽입형 드리프트 핀 접합부의 변형에서 5 d보다 7 d가 1.5배 정도 더 변형되었다. 초기강성

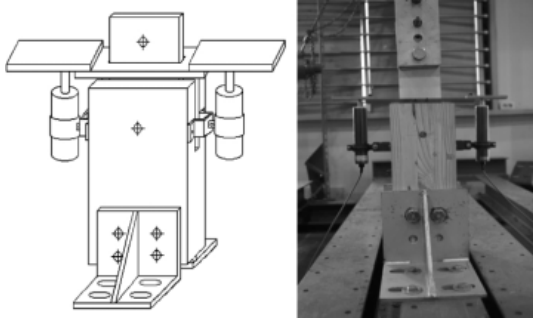


Fig. 2. Test of drift-pined (bolted) joint with inserted steel plate in parallel to the grain loading.

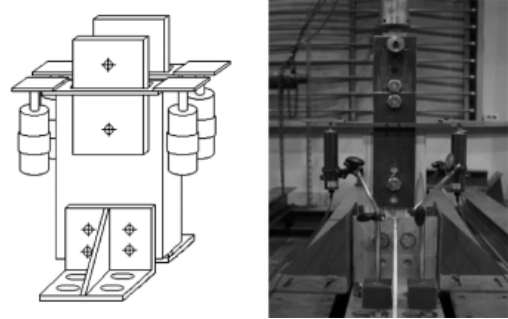


Fig. 3. Test of single-bolted glulam connection with steel side members in parallel to the grain loading.

Table 1. Summary of connection properties

Type	Slenderness <sup>a)</sup>	P <sub>max</sub> (kgf)		P <sub>y</sub> (kgf)		DR <sup>b)</sup>		
		5 d	7 d	5 d	7 d	5 d	7 d	
Bolt	Center	10	2,536	3,041	1,796	2,011	4.68	5.50
		7.5	3,986	4,658	2,731	2,951	4.85	7.69
		6	4,847	6,985	3,765	4,440	1.50	4.95
	Side	10	5,241	5,831	2,190	2,770	5.06	5.02
		7.5	7,245	7,871	3,229	4,051	7.62	5.46
		6	7,504	-	4,121	-	2.19	-
Drift pin	Center	10	2,629	3,380	2,091	2,343	4.54	10.13
		7.5	4,635	5,433	3,858	4,168	4.26	9.88
		6	6,329	6,999	5,101	5,488	2.91	6.28

a) : Slenderness = L / D

L: main member thickness

D: drift pin (bolt) diameter

b) : DR = Deformation on P<sub>max</sub> / Deformation on yield load

은 5 d가 7 d보다 더 크게 나타났으며 평균 최대하중은 5 d보다 7 d가 1.11배 정도 더 크게 나타났다.

### 3.1.2. 강판측재형 접합부(볼트)

강판측재형 볼트 접합부의 평균최대하중은 동일 직경에서 7 d가 5 d보다 1.09~1.11배 크게 나타났고, 강판삽입형 볼트 접합부보다 1.54~2.07배 크게 나타났다. 12 mm 볼트접합부의 5 d는 최대하중 이후에 하중이 감소하면서 변형은 증가하는 경향을 보여주었다. 초기강성은 7 d가 5 d보다 더 크게 나타났다.

최대하중일 때와 실제 항복하중일 때 변형비는 볼트의 파괴와 최대하중 이후에 순간적 파괴로 인해 7 d와 5 d가 비슷하게 나타났다.

### 3.1.3. 접합부의 파괴형상

강판삽입형 볼트, 드립트 핀 접합부의 파괴형상은 직경 12, 16 mm 접합부에서 볼트가 굴곡하면서 집성재의 순간적 할렬파단을 보여주었고, 20 mm 접합부는 볼트가 집성재를 압입하여 할렬파단되었다. 끝면거리가 5 d의 경우 순간적인 할렬파단을 보였고, 7 d는 볼트의 변형과 집성재의 압입에 의해 좋은

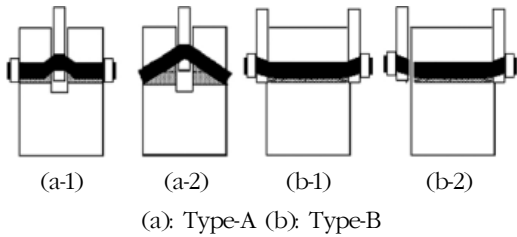


Fig. 4. Failure mode.

인성을 보여주었다. 볼트, 드리프트 핀의 파괴형상은 Fig. 4의 (a)와 같이 파괴되었다.

강관측재형 볼트 접합부의 파괴형상은 직경 12 mm 경우 5, 7 d에서 대부분 집성재의 순간적인 할렬파단을 보였으며, 7 d 시편의 경우 75%는 볼트가 파괴되었다(Fig. 4b-1, 2). 이러한 볼트 파괴는 목구조물의 강도성능에 부정적인 영향을 미치기 때문에 적절한 볼트직경이 제시되어야 한다. 직경 16, 20 mm의 파괴형상은 볼트가 집성재를 압입하면서 집성재가 할렬파단되었다.

### 3.2. 세장비(L/d)와 끝면거리에 따른 지압응력 비교

세장비는 접합구의 직경과 길이의 비이며, 지압응력은 직경의 5% 오프셋시킨 항복하중을 이용하여 구하였다. 끝면거리 5 d의 경우 강관삼입형과 강관

측재형 볼트접합부의 지압응력은 세장비가 증가할 때 완만한 감소를 보였다. 강관삼입형 드리프트 핀 접합부는 세장비 6에서 7.5로 증가할 때 6% 감소하였으나 7.5에서 10으로 감소할 때 28%로 급격히 감소하였다(Fig. 5-a).

끝면거리 7 d의 경우 강관삼입형 볼트접합부의 지압응력은 세장비 6에서 7.5로 증가할 때 17%로 급격히 감소하고 7.5에서 10으로 증가할 때 9%로 완만히 감소하였다. 강관삼입형 드리프트 핀 접합부는 5 D와 비슷하게 7.5에서 10으로 증가할 때 25%로 급격히 감소하였다(Fig. 5-b).

강관삼입형 접합부의 지압응력은 7 d가 5 d보다 8~18% 크게 나타났고, 강관측재형 접합부는 7 d가 5 d보다 25~26%크게 나타났다.

### 3.3. 항복하중추정 및 비교

접합부의 실제항복하중은 하중-변형 곡선의 초기 직선영역을 나타내는 직선과 접합구 직경의 5% 만큼을 횡축의 정방향으로 평행 이동시킨 직선과 하중-변형 곡선의 교점의 하중으로 구하였다.

낙엽송집성재의 강관삼입형 볼트 드리프트 핀 접합부의 항복하중은 낙엽송재의 압입강도와 접합구의 휨 항복 모멘트를 이용하여 Larsen의 항복추정식으로 항복하중을 추정하였다(Larsen, 1974).

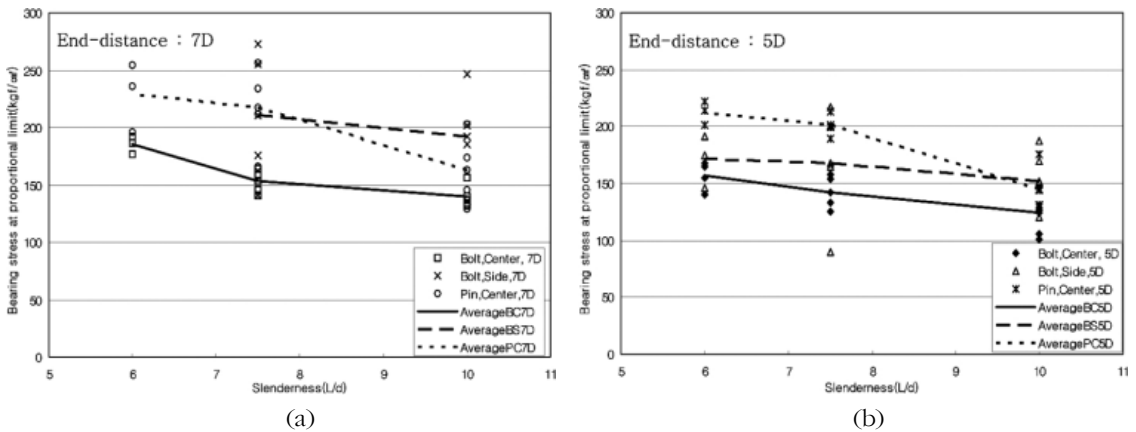


Fig. 5. Relationship of the bearing stress at the yield point and the ratio of slenderness ratio.

Table 2. Summary of bearing stress

Type	Diameters of fasteners (mm)	Type of joint	Average bearing stress (kgf/cm <sup>2</sup> ) <sup>a)</sup>		
			5 d	7 d	7 d / 5 d
Bolt	12	Center	125.7	211.1	1.69
		Side	364.0	404.9	1.10
	16	Center	142.2	242.6	1.71
		Side	377.3	410.0	1.10
	20	Center	156.9	291.0	1.86
		Side	312.7	-	-
Drift pin	12	Center	145.2	234.7	1.62
	16	Center	201.0	283.0	1.41
	20	Center	212.5	291.6	1.37

a) : Bearing stress = Yield load / L × D

$$P_y = s \cdot d \cdot l \cdot \left( \sqrt{\frac{16M}{s \cdot d \cdot l^2} + 2} - 1 \right) \quad (2)$$

$P_y$  : 볼트, 드리프트 핀 접합부의 항복하중

$s$  : 목재의 압입응력(kgf/cm<sup>2</sup>)

\*장기허용압축응력의 3배

$d$  : 볼트(드리프트 핀)의 직경(cm)

$l$  : 주재의 두께(cm)

$M$  : 항복 모멘트(kgf · cm)

강관측재형 볼트, 드리프트 핀 접합부의 항복하중은 다음 식으로 계산하였다.

$$Q_y = \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8}{3}} r \cdot f_e \cdot d \cdot l \quad (3)$$

$Q_y$  : 볼트 접합부의 항복하중(kgf)

$d$  : 볼트의 직경(cm)

$l$  : 주재의 두께(cm)

$f_e$  : 목재의 압입응력(kgf/cm<sup>2</sup>)

$r$  :  $f_y/f_e$

\*  $f_y$  : 볼트의 항복강도(kgf/cm<sup>2</sup>)

동일 직경일 때 강관삽입형 볼트 접합부의 실제항복하중은 12 mm 접합부의 경우 끝면거리가 7 d가

5 d로 감소할 때 11% 감소하였고, 16 mm는 7%, 20 mm는 15% 감소하였다. 강관삽입형 드리프트 핀 접합부의 실제항복하중은 볼트 접합부와 비슷하게 12 mm는 11%, 16과 20 mm는 7% 감소하였다(Table 3).

강관측재형 12 mm 볼트접합부의 경우 끝면거리 5 d의 항복하중은 7 d의 항복하중보다 21%, 16 mm의 경우 20%로 강관삽입형보다 더 큰 감소량을 보였다.

실제 항복하중과 항복추정식에 의한 항복하중의 비는 강관삽입형 볼트접합부의 경우 0.80~1.10이었고, 드리프트 핀 접합부는 0.81~1.01이었다. 강관측재형 볼트접합부의 경우 항복하중비는 0.75~1.46이었다.

### 3.4. 설계표준 시 제안

#### 3.4.1. 저감계수( $K_e$ ) 산정

설계표준 시 기준이 되는 끝면거리(7 d) 이하의 경우 항복하중은 저감계수( $K_e$ )를 기준항복내력에 곱하여 저감하는 것이 바람직하다.

본 실험에서는 실제 5 D와 7 D의 항복하중의 관계를 통하여 저감계수를 산출하였다.

Fig. 6과 같이 SPSS (Statistical Package of the Social Science)를 사용하여 실제 항복하중과 단거리의 관계를 통해 2차 회귀모형을 이용하여 예측항

Table 3. Comparison of yield strength of joint with the experimental results

Type	Diameters (mm)	Type of joint	End-distance	Experimental $P_y$ (kgf)	Calculated $P_y$ (kgf)	E/C <sup>a)</sup>
Bolt	12	center	5 d	1,796 (0.89) <sup>b)</sup>	1830	0.98
			7 d	2,011 (1.00)		1.1
		side	5 d	2,190 (0.79)	1900	1.15
			7 d	2,770 (1.00)		1.46
	16	center	5 d	2,731 (0.93)	2952	0.93
			7 d	2,951 (1.00)		1.00
		side	5 d	3,229 (0.80)	3409	0.95
			7 d	4,051 (1.00)		1.19
	20	center	5 d	3,765 (0.85)	4688	0.80
			7 d	4,440 (1.00)		0.95
		side	5 d	4,121 ( - )	5524	0.75
			7 d	-		-
Drift pin	12	center	5 d	2,091 (0.89)	2570	0.81
			7 d	2,343 (1.00)		0.91
	16	center	5 d	3,859 (0.93)	4134	0.93
			7 d	4,168 (1.00)		1.01
	20	center	5 d	5,101 (0.93)	6208	0.82
			7 d	5,488 (1.00)		0.88

a) E/C = Experimental  $P_y$  / Calculated  $P_y$

b) A ratio of the  $P_y$  of 5d to 7d at each type of joint

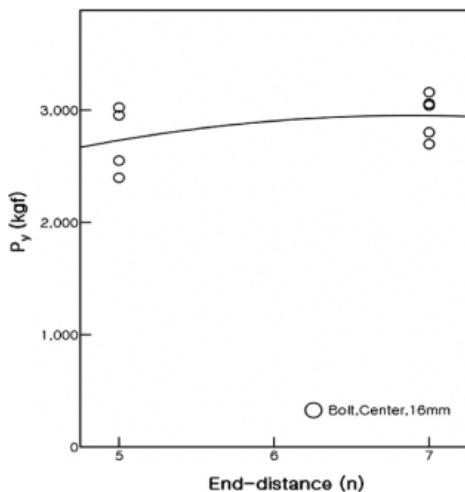


Fig. 6. Effects of end distances on yield loads (Bolt, Center, diameter: 16 mm).

복하중을 구하였다.

$$P_{ry} = b_1 n + b_2 n \quad (4)$$

$P_{ry}$  : 예측항복하중 (kgf)

$n$  :  $e/d$

\*  $e$  : 끝면거리 - 5 d, 7 d

$d$  : 볼트, 드리프트 핀의 직경

$b_1, b_2$  : 회귀계수

Table 4와 같이 이차회귀식을 통해 얻은 예측항복하중과 실제 항복하중의 결정계수는 0.93~0.99로 높은 상관관계를 보여주었다.

저감계수는 식 (4)의 2차 회귀식을 통해 얻어진 7 d의 항복하중을 무차원화시켜(7 d의 값을 1로 무차원) 끝면거리 5 d의 저감계수를 구하였다. 강관삽입



Table 4. Reduction factor ( $K_e$ ) and results of nonlinear regression analyses

Type of connection		Diameter (mm)	$b_1$	$b_2$	$R^2$ *	$K_e$
Bolt	Center	12	538.900	-35.950	0.984	0.89
		16	857.525	-62.275	0.994	0.93
		20	1049.73	-59.356	0.997	0.85
	Side	12	543.889	-21.168	0.963	0.79
		16	813.425	-33.525	0.931	0.80
		20	-	-	-	-
Drift pin	Center	12	627.004	-41.761	0.977	0.89
		16	1212.50	-88.152	0.985	0.93
		20	1610.58	-118.08	0.993	0.93

\*  $R^2$  = coefficient of determination

\*  $K_e = P_{ry (5 d)} / P_{ry (7 d)}$

형 볼트접합부의 경우 12 mm (세장비 10) 접합부의 저감계수( $K_e$ )는 0.89, 16 mm (세장비 7.5)는 0.93, 20 mm (세장비 6)는 0.85였다. 강판삽입형 드리프트 핀 접합부의 경우 12 mm는 0.89, 16 mm는 0.93, 20 mm는 0.93이었다. 강판측재형 직경 12 mm 볼트 접합부의 저감계수는 0.79, 16 mm는 0.80이었다.

### 3.4.2. 저감계수 비교 및 적용

현재 목구조설계기준에서 끝면거리가 설계기준이 하일 경우 볼트에 대한 끝면거리에 의해 결정되는 위치계수의 최소치를 볼트접합부에 대한 기준허용 전단내력에 곱하고 있다. 따라서 끝면거리 5 d의 위치계수는 0.71이다.

강판삽입형 볼트접합부와 드리프트 핀 접합부는 설계기준에서 제안한 저감계수보다 크게 나타났다. 특히 세장비 7.5의 경우 끝면거리가 5 d로 감소할 때 다른 세장비보다 강도성능차이가 적게 나타났다. 볼트접합부와 드리프트 핀 접합부의 저감계수는 세장비 10, 7.5의 경우 비슷했으나 세장비 6의 경우 드리프트 핀 접합부가 더 크게 나타났다. 강판측재형 볼트접합부의 경우 강판삽입형 접합부의 저감계수보다 작게 나타났으나 설계기준에서 제안한 저감계수보다 크게 나타났다.

따라서 낙엽송집성재의 경우 끝면거리에 대한 저감계수는 강판삽입형 접합부보다 강판측재형 접합부 설계 시 더 크게 작용함을 알 수 있었다.

## 4. 결 론

볼트, 드리프트 핀 접합부의 최대하중은 끝면거리와 접합구의 직경이 증가함에 따라 증가하였다.

강판삽입형 볼트, 드리프트 핀 접합부에서 끝면거리 5 d의 파괴형상은 접합구가 집성재를 압입하며 순간적인 할렬과단을 보여주었다. 끝면거리 7 d의 경우 볼트의 굴곡과 집성재의 압입으로 양호한 인성을 보이며 할렬과단되었다.

강판측재형 볼트 접합부는 12, 16 mm 접합부의 경우 대부분 집성재의 순간적인 할렬과단을 보였고, 12 mm 접합부의 경우 약 60%가 볼트의 너트부분의 파괴가 일어났다. 끝면거리 5 d의 지압응력은 강판삽입형, 강판측재형 볼트접합부의 경우 완만한 감소를 보였으나 강판삽입형 드리프트 핀 접합부의 경우 세장비 7.5 이상은 급격한 감소를 보였다. 7 d의 지압응력은 강판삽입형 볼트접합부의 경우 세장비 6 이상은 급격한 감소를 보였고, 드리프트 핀 접합부는 5 d와 비슷한 경향을 보였다. 실측항복하중과 예측항복하중의 비는 강판삽입형 접합부의 경우 0.80~1.10, 강판측재형 접합부는 0.75~1.46이었으며, 끝면거리 5 d보다 끝면거리 7 d가 더 잘 일치하였다.

설계기준시 기준끝면거리(7 d)가 5 d로 감소할 경우 강판삽입형 접합부는 기준에서 제안한 저감계수보다 모두 높게 나타났으며, 세장비 7.5가 0.93로 가장 높게 나타났다. 강판측재형접합부는 강판삽입형

보다 강도성능은 좋게 나타났지만 저감계수는 작게 나타나므로 끝면거리가 강도성능에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. ASTM D 5652-95. 2000. Standard test method for bolted connections in wood and wood-based products.
2. Komatsu, K. and K.-H. Hwang. 1998. Effects of End-Distance and Edge-Distance on The Stiffness and Strength of Drift-Pin Jointed Bongossi Wood with Steel Plate Inserted. 1998. Mokuzaï Gakkaishi. 44(5): 360~367.
3. Hwang, K.-H. and K. Komatsu. 2003. Shear Strength of Joints Composed of Structural Composite Lumber (SCL) with Inserted Steel Plate and Drift Pin. Mokuzaï Gakkaishi. 49(4): 275~286.
4. Larsen, H. J. 1974. IUFRO-V:646-654.
5. Soltis, L. A., M. ASCE, F. K. Hubbard, and T. L. Wilkinson. 1986. Bearing Strength of Bolted Timber Joints. Journal of Structural Eng. 112(9): 2141~2154.
6. Soltis, L. A. 1994. Bolted Connection Research: Present and Future. Wood Design Focus. 5(2): 3~5.
7. Kawamoto, N., K. Komatsu, and M. Harada. 1992. Lateral Strengths of Drift-Pin Joints in Perpendicular to The Grain Loadings II. Mokuzaï Gakkaishi. 38(12): 1111~1118.
8. Smith, I. and L. R. J. Whale. 1987. Characteristic Properties of Nailed and Bolted Joints under Short-term Lateral Load. Journal Inst. Wood Sci. 11(2): 60~64.
9. Soltis, L. A. and T. L. Wilkinson. 1987. FRL General Tech. Rep. FRL-GTR54, FPL:1-21.
10. Hirai, T. 1982. The Effect of Margins on the Lateral Resistance of Bolted Joints Loaded Parallel to Grain. Mokuzaï Gakkaishi. 28(3): 137~142.
11. Hirai, T. 1991. Comparison of The Lateral Resistances of Bolt Joints and Drift Pin Joints. Mokuzaï Gakkaishi. 37(4): 303~308.
12. Hirai, T. and M. Sawada. 1982. The Effect of Margins on The Lateral Resistances of Bolted Joints Loaded Parallel to Grain. Mokuzaï Gakkaishi. 28(3): 137~142.
13. Wilkinson, T. L. 1992. Strength of Bolted Timber Connections with Steel Side Members. Forest Products Laboratory. July. pp. 1~10.
14. 川元弘雄, 小松莘平, 金曲弘行. 1992. ドリフトピン接合部の繊維に直交する方向のせん断耐力(第1報). 木材學會誌, 38(1): 37~45.