

오에스비에 대한 각종 부재의 못전단성능*1

황 권 환*2† · 박 문 재*2

Nail Shear Performance of Structural Members with OSB*1

Kweonhwan Hwang*2† · Moon-Jae Park*2

요 약

최근 국내에서 급격히 그 수요가 증가하고 있는 낙엽송과 북미산 SPF(spruce-pine-fir) 규격재의 구조부재로서의 이용에 있어서 가장 간단하면서 많이 이용되는 파스너(fastener)인 못을 이용한 접합에 대해 그 전단성능을 검토하였다. 못접합은 특히 경골목구조(light frame construction)에서는 최적의 시공법으로 인식되고 있으며, 북미와 일본을 중심으로 못접합부에 대한 연구는 많이 진행되어 왔다. 현재 국내의 경골목구조와 기둥-보 공법에서 많이 이용되고 있는 구조부재(축재와 면재)의 못을 이용한 못접합부에 대해 그 전단성능의 기초적인 검토를 행하였다. 못접합부는 면재를 개입한 상태에서 주부재와 측면부재의 방향성에 따라 구분하여 주부재의 방향, 측면부재의 방향, 못의 종류에 따라 전단시험을 행하여 각각의 방향에 따른 못접합부의 전단성능을 비교·검토하였다. SPF 스티드재에 있어서는 낙엽송 집성재나 낙엽송 소재에 비해 못의 종류, 주부재와 면재의 방향성에 따른 전단성능의 차이가 현저하게 나타났다. 또한, 항복내력 및 최대내력과 접합계수와의 관계는 부재간의 배치상태에 따라 다르게 나타났다.

ABSTRACT

Recently, demands for the structural uses with domestic Japanese larch and SPF(spruce-pine-fir) lumber from North America have been increased. Shear properties of nailed joints that are the most simple and optimum fastening method in wooden constructions, especially in light frame construction. For the nailed joints, in North America and Japan, a number of basic and practical studies have been performed. The shear behaviors for the double nailed joint with variations of member and its direction, were examined. Shear properties of the shear specimens with SPF stud

* 1 접수 2008년 3월 24일, 채택 2008년 4월 30일

* 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)

showed more remarkable variation than larch glulam and larch stud. Furthermore, the relationships between slip modulus and strength are not coincided in every case.

Keywords: Japanese larch, SPF, nailed joints, wooden construction, light frame construction, shear property

1. 서 론

목조주택 수요증가로 인한 국내산 조림수종과 북미산 SPF(spruce-pine-fir) 규격재의 구조부재로서의 이용이 최근 급격히 증가하고 있다. 이와 더불어 국내산 조림 수종의 유효이용이라는 측면에서 다각적으로 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 낙엽송(일본잎갈나무, *Larix kaempferi* Carr.)을 구조부재로서 이용하는 것은 북미산 규격재를 대체하는 목적으로 국내산 규격재의 생산과 성능 파악이 요구되고 있다. 또한, 국내에서는 낙엽송 층재를 이용한 집성재가 많이 이용되고 있으며, 기둥-보 공법의 구조부재로서의 이용과 전단내력벽의 성능파악이 일부 이루어졌다(황 등, 2007). 규격재는 일반적으로 가장 간단한 파스너(fastener)인 못을 이용하여 구조체를 형성하며, 기둥-보 공법의 벽체구성재로서도 많이 이용되고 있다. 못접합은 경골목구조(light frame construction)에서와 같이 구조재간의 접합, 구조재와 면재의 접합에는 최적의 시공법으로 인식되고 있다. 북미 경량목구조공법은 우리나라에서는 1990년에 도입되어 2007년 현재 우리나라 목구조의 90% 정도가 이 공법에 의해 시공되고 있으며, 일본은 우리나라보다 이른 1974년 도입되어 많이 이용되었으나 현재 기둥-보 공법이 주를 이루고 있는 실정이다. 경골목구조 공법에 대해서는 북미와 일본을 중심으로 못접합부에 관한 연구는 많이 진행되어 왔으며, 일본에서는 이를 바탕으로 '경골목구조공법건축물구조계산지침'(일본투바이포건축협회, 2002)이라는 상세 기준이 이루어졌다. 하지만 국내의 경골목구조 및 기둥-보 공법에 관한 연구는 온돌구조의 도입과 구조해석 및 최적 접합철물의 개발 등 많은 과제를 남기고 있어 국산재를 이용한 목구조에 대한

연구가 더욱 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 현재 국내에서 진행되고 있는 경골목구조 및 기둥-보 공법에서 많이 이용되고 있는 부재(층재 및 면재)에 대해 각 부재의 방향성 및 못의 종류에 따른 전단성능을 파악하였다. 못접합부는 면재를 개입한 상태에서 실제로 일어날 수 있는 모든 경우의 수를 상정하여 부재와 면재의 방향성, 일반철선못과 전단내력 증대를 목적으로 사용되는 나사나 철선못으로 나누어 각각의 못접합부에 대해 전단시험을 행하여 시험체 방향조건에 따른 전단성능을 비교·검토하였다. 이러한 못전단성능은 구조체의 전단성능을 예측하는 기초자료로 이용되고 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구의 공시재료로는 황 등(2007)의 연구에서 이용된 벽구조체를 구성하는 각종 부재에 대하여 못으로 접합된 모든 부분의 상태와 동일한 조건의 단위 구조체를 취하였다. 기둥-보 골조구조 부재로는 국내산 조림 낙엽송 집성재, 스테드(stud, 셋기둥) 부재로는 북미산 SPF재와 낙엽송 소재, 벽체 구성용 면재로는 북미산 오에스비(OSB, oriented strand board: 공칭치수 12 mm)를 이용하였다. 낙엽송 집성재와 낙엽송 스테드 부재는 국내에서 제작·판매되는 재료를 구입하였으며, 못(50 mm 일반철선못(CMN50), 80 mm 아연도금 나선형 철선못) 및 SPF 스테드와 오에스비는 수입재를 구입하여 이용하였다. 각각의 재료에 대해 못접합부 전단시험에 적합한 조건으로 주부재의 단면치수를 실제치수로 가

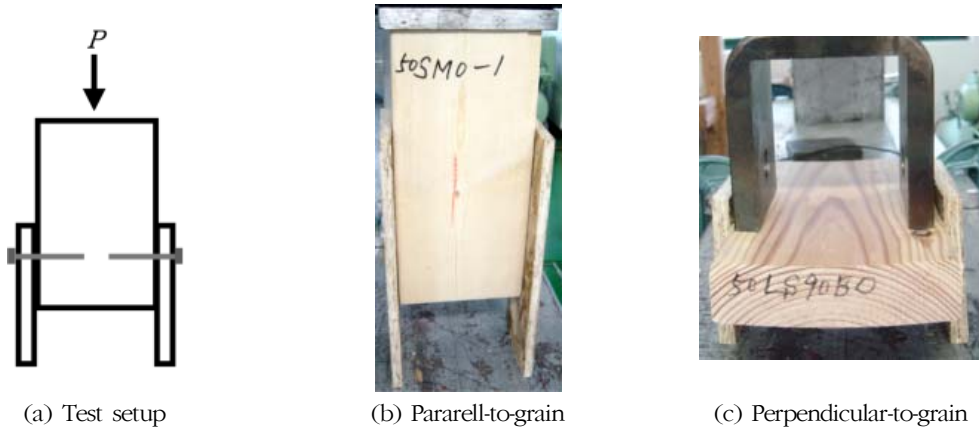


Fig. 1. Nail shear tests.

공 · 제작하여 사용하였다. 각각의 전단시험편은 집성재(섬유평행방향 및 섬유직각방향)에 대해 180 × 180 × 250 mm로 통일하였으며, 스티드 부재에 있어서는 섬유평행방향에 대해 38 × 140 × 250 mm와 섬유직각방향에 대해 38 × 140 × 150 mm로 제작하였다. 오에스비 측면부재는 시험편의 방향에 따라 재하거리 50 mm와 충분한 끝면거리(7 d 이상)를 유지할 수 있도록 각각 절단하여 전단시험용으로 이용하였다. 또한, 각각의 못접합부는 2개의 못으로 양면의 측면부재와 주부재를 접합하여 압축형 2면전단 시험에 사용하였다.

2.2. 시험방법

2.2.1. 시험편의 방향성

못접합부의 전단시험용 시험편은 주부재인 집성재(기둥과 보의 부재) 및 스티드는 섬유평행방향과 섬유직각방향으로 구분하였으며, 면재로 사용되는 측면부재인 오에스비는 스트랜드 방향에 대해 평행방향과 직각방향으로 구분하여 총 4가지의 조건을 설정하였다. 즉, 전체 시험편은 주부재 세 종류, 주부재 방향별 두 종류, 면재의 방향별 두 종류, 각 조건별 시험편수는 최소 10개로 하였다. 못전단시험의 모식도와 일례를 Fig. 1에 나타냈다.

2.2.2. 2면전단 못접합부의 전단시험

못접합부의 시험방법은 KS F 2153 (한국표준협회, 2000)에 의거하여 5 mm/min 속도로 압축형 시험을 행하였다. 못접합부의 전단시험 방법은 압축형과 인장형 시험으로 대별되며, 인장형 전단시험법은 1개의 못접합부에 대해 인장하중에 의해 못전단성을 평가하는 것으로 압축형 하중에 의한 전단시험법보다 정밀한 전단성능을 측정할 수 있다는 이점이 있으나 순수한 전단하중을 부여하기가 어렵고 다소 전단하중이 높게 평가되는 문제점이 있어 다수의 파스너로 접합한 압축형 전단시험법이 많이 이용되고 있어 본 연구에서는 주부재의 양면에 측면부재(면재)를 부착한 못접합부에 대해 압축하중을 가하는 2면전단시험을 통해 파스너(못)의 개수로 하중을 나누어 평균적인 전단성능을 측정하는 방법을 채택하였다. 접합부의 전단변형은 크로스헤드의 변위로 하였으며, 시험편에는 미미한 정도(1~2 N)의 초기하중을 가한 상태에서 행하였으며, 실험종료는 최대하중에 도달한 후 최대하중의 80% 이하로 하중이 감소한 시점으로 하였다. 얻어진 하중-변위 선도로부터 하중을 파스너의 개수로 나누어 항복하중, 최대하중, 접합계수를 산출하였으며, 각각의 방향에 따른 차이와 못의 종류에 따른 결과를 비교하였다. 또한, 실험 후 각각의 부재에 대해 KS F 2198 (2001a)

Table 1. Densities and moisture contents (MC) of used members

Specimen Property	OSB			Glulam			SPF			
	Average	s.d.	COV (%)	Average	s.d.	COV (%)	Average	s.d.	COV (%)	
Density (kg/m ³)										
Total	577	273	4.7	548	115	21	492	282	5.7	
Air-dry	555	25.9	4.7	515	11.5	2.2	431	23.8	5.5	
Oven-dry	561	30.9	5.5	527	12.9	2.4	460	30.7	6.7	
MC (%)	4.0	0.3	6.5	6.4	0.4	6.3	14.1	1.1	7.9	

Legends: OSB, oriented strand board; SPF, spruce-pine-fir lumber; s.d., standard deviation; COV, coefficient of variation; MC, moisture content

에 의거하여 기건밀도를 측정하였으며, KS F 2199 (2001c)에 의거하여 함수율을 측정하였다.

2.2.3. 못접합부 전단성능의 평가

KS F 2153에 의한 못접합부 2면전단 시험과 결과 분석법에 따라 전단성능을 평가하였다. 이 규격은 목구조에 사용되는 철물(못, 볼트 및 래그나사못) 접합부의 전단시험에 대하여 규정하며 그 외의 사항에 대해서는 KS F 2201 (한국표준협회, 2001b)에 따라 행하였다. 접합부의 전단 시험으로부터 하중-변위 선도를 구하여 얻어진 하중에 대하여 사용된 못 개수로 나누어 접합부의 전단성능을 산출하였다. 접합계수는 2개의 직선구간에서 각각의 값을 구하도록 설정하고 있으나, 본 연구에서는 정확히 2개의 직선 구간으로 구분하기 어려워 최초의 기울기에 해당하는 초기 접합계수(K_1)를 본 연구의 접합계수(K_0)로 채택하였다. 못 한 개당 접합계수, 항복내력, 최대내력은 경골목구조 및 기둥-보 공법으로 이루어진 구조체의 내력성능을 예측하는데 이용되고 있다(일본 경골목구조 건축협회, 2002).

3. 결과 및 고찰

3.1. 부재 성능

Table 1은 못접합부의 전단시험에 사용된 부재의 함수율과 각각의 밀도를 나타낸 것이다. SPF 스티드 시험편(SPF)의 함수율은 14%로 나타나 기건상

태임을 확인할 수 있었으나, 오에스비와 집성재의 낮은 함수율에 대해서는 그 원인이 명확하지 않으나 겨울철의 장기간의 실내보관에 의한 낮은 상대습도가 함수율의 저하를 초래한 것으로 추정된다. 오에스비는 Shim & Lee (1998)에 의하면 밀도는 0.58~0.60 g/cm³, 함수율은 7.3%로 보고한 점으로 미루어 다소 낮은 함수율 상태가 가능한 것으로 여겨진다. 한편, 황등(2007)에 의하면 낙엽송 층재(lamination)는 함수율 12%에 대해 전밀도(total density), 기건밀도(nominal density, air-dry density), 전건밀도(oven-dry density)는 각각 0.65, 0.58, 0.63 g/cm³인 것으로 보고하였다. 이는 본 연구에서의 낙엽송 소재와 동일한 것으로 밀도에 대해서는 이 값을 참고하였다. 스티드 부재와 같이 소재(solid) 형태에서는 목재밀도를 정확하게 측정할 수 있으나, 접착제로 성형하는 집성재와 오에스비의 밀도는 소재와 같은 방법으로 측정하여 비교하기는 어렵다. 특히, 오에스비는 제조특성상 압체에 의한 밀도 상승이 예상되어 전밀도 이외의 정확한 밀도 측정 및 판단이 어렵다. 대부분의 공학목재(engineered wood products, EWP)는 각각의 제조방법에 따라 PSL (parallam)과 같이 공극이 다수 존재하거나 LSL (laminated strand lumber)과 같이 표면이 압밀화되는 경우도 있어 밀도에 대한 정의가 불분명한 실정이다. 그리하여 Table 1에서는 제품 상태에서의 무게와 부피로 계산한 전밀도(total density)를 측정하여 함께 제시하였다.

한편, 50 mm 일반못은 무게가 2.6 g, 몸통 직경 2.82 mm였으며, 80 mm 나선형 철선못은 5.1 g,

Table 2. Shear strengths of nail connection with variations of member direction.

Specimen	P_{max} (kN)			P_y (kN)			K_s (N/mm)		
	Average	s.d.	COV (%)	Average	s.d.	COV (%)	Average	s.d.	COV (%)
LS0B0	1.71	0.23	13.7	0.85	0.13	15.6	824	157	19.0
LS90B0	1.85	0.32	17.5	0.72	0.12	17.3	761	220	28.9
LS0B90	1.76	0.25	14.0	0.79	0.12	14.8	707	137	19.4
LS90B90	1.64	0.32	19.8	0.64	0.14	22.1	669	174	26.1
50LS0B0	1.22	0.19	15.4	0.71	0.12	16.8	799	196	24.5
50LS90B0	1.24	0.30	23.9	0.64	0.13	19.7	664	265	39.9
50LS0B90	1.30	0.15	11.5	0.70	0.12	16.9	756	130	17.2
50LS90B90	1.39	0.19	13.9	0.71	0.12	17.4	684	225	32.9
LG0B0	1.51	0.34	22.5	0.65	0.15	23.1	594	195	32.9
LG90B0	1.58	0.32	20.2	0.78	0.11	14.4	524	170	32.4
LG0B90	1.61	0.28	17.5	0.81	0.14	17.1	890	206	23.1
LG90B90	1.80	0.28	15.5	0.86	0.15	147.1	901	255	28.3
50LG0B0	1.29	0.18	13.7	0.63	0.14	22.1	857	173	20.2
50LG90B0	1.39	0.22	15.6	0.70	0.11	15.1	888	233	26.3
50LG0B90	1.24	0.14	10.9	0.64	0.08	12.9	749	201	26.9
50LG90B90	1.39	0.19	13.3	0.66	0.10	15.5	728/	157	21.5
SM0B0	1.60	0.30	18.7	0.80	0.16	20.2	692	232	33.5
SM90B0	1.78	0.37	20.7	0.82	0.19	22.6	586	109	18.6
SM0B90	1.69	0.23	13.6	0.81	0.09	10.9	729	109	14.9
SM90B90	1.65	0.30	18.3	0.72	0.09	13.0	662	104	15.7
50SM0B0	0.93	0.10	10.4	0.63	0.08	12.1	554	224	40.5
50SM90B0	0.77	0.07	9.2	0.45	0.07	15.0	428	119	27.9
50SM0B90	0.90	0.10	11.6	0.59	0.09	14.8	686	214	31.2
50SM90B90	0.95	0.12	12.9	0.57	0.10	17.5	464	131	28.2

Legends: LS, Japanese larch stud; B, OSB; LG, Japanese larch glulam; SM, SPF stud; P_{max} , maximum load; P_y , yield load; K_s , slip modulus; s.d., standard deviation; COV, coefficient of variation; 50, 50 mm common nail; 0, parallel-to-grain; 90, perpendicular-to-grain

3.28 mm로 각각 나타났다. 즉, 파스너의 직경이 전단성능에 큰 영향을 끼치는 다우얼 접합부의 특성상 나선형 철선못의 전단성능은 일반못보다 우수할 것으로 예측할 수 있다.

3.2. 못접합부의 전단성능

Table 2는 못접합부의 전단내력을 나타낸 것이다. 스테드(SPF 및 낙엽송)는 접합계수에 있어서 측면

부재의 방향에 상관없이 주부재에 대해 섬유평행방향이 섬유직각방향에 비해 높게 나타났으며, 항복내력 또한 비슷하거나 거의 같은 경향을 나타내었다. 항복내력은 현행 우리나라 기준인 건축구조설계기준·해설(대한건축학회, 2005)의 못접합부의 기준 허용전단내력 260 N을 2배 이상 높게 나타났다(50SM90B0 제외). 최대내력에 있어서 부재의 방향성에 따른 이러한 경향은 나타나지 않았으며, 최대내력과 접합계수 사이에는 상관성이 관찰되지 않았

오에스비에 대한 각종 부재의 못전단성능

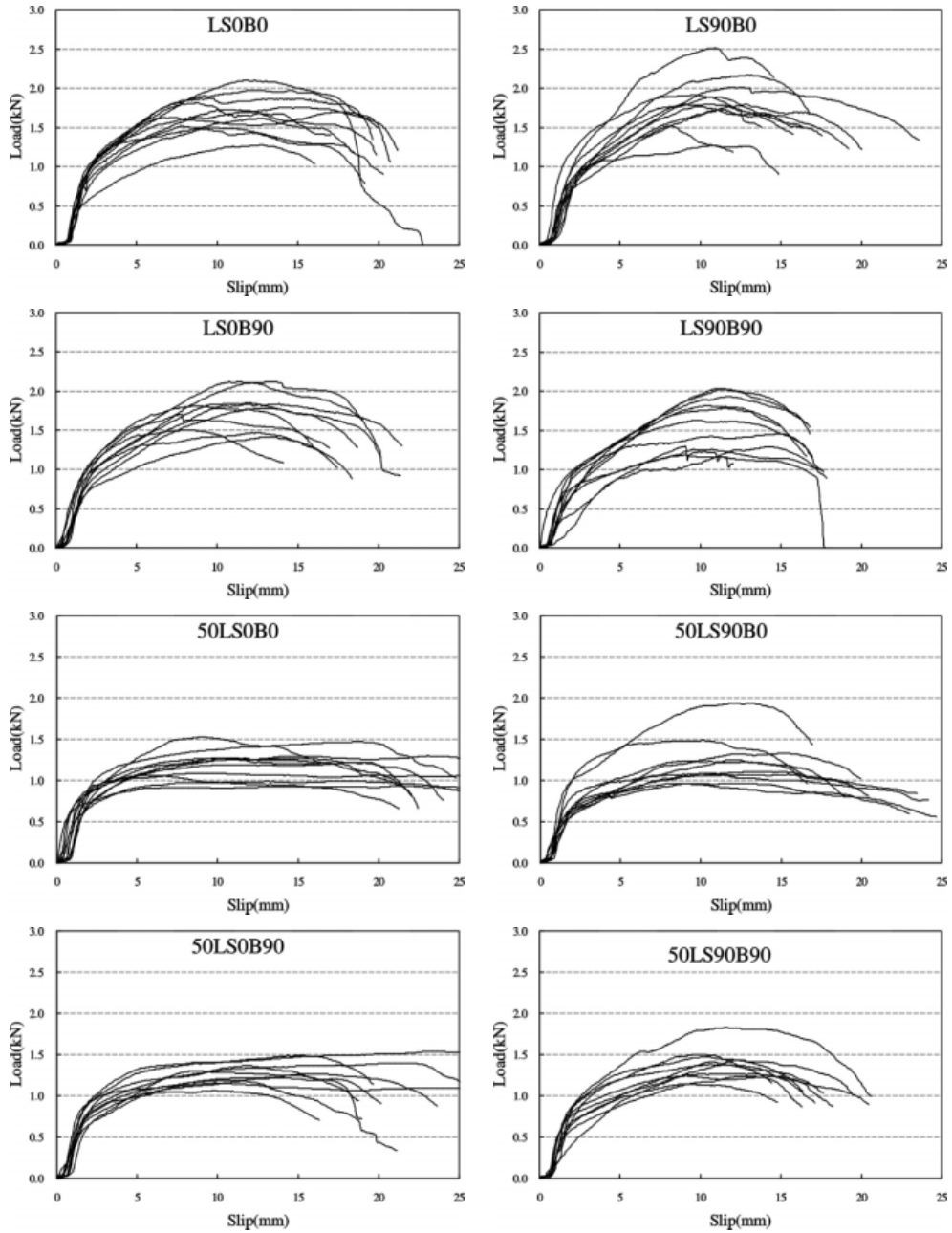


Fig. 2. Load-slip relationships of nailed joints for larch stud. LS, Japanese larch stud; B, OSB; 50, 50 mm common nail; 0, parallel-to-grain; 90, perpendicular-to-grain.

다. 낙엽송 스티드는 전반적으로 SPF 스티드와 비슷한 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

한편, 낙엽송집성재는 SPF 및 낙엽송 스티드에 비해 항복내력과 최대내력은 주부재가 섬유직각방향인

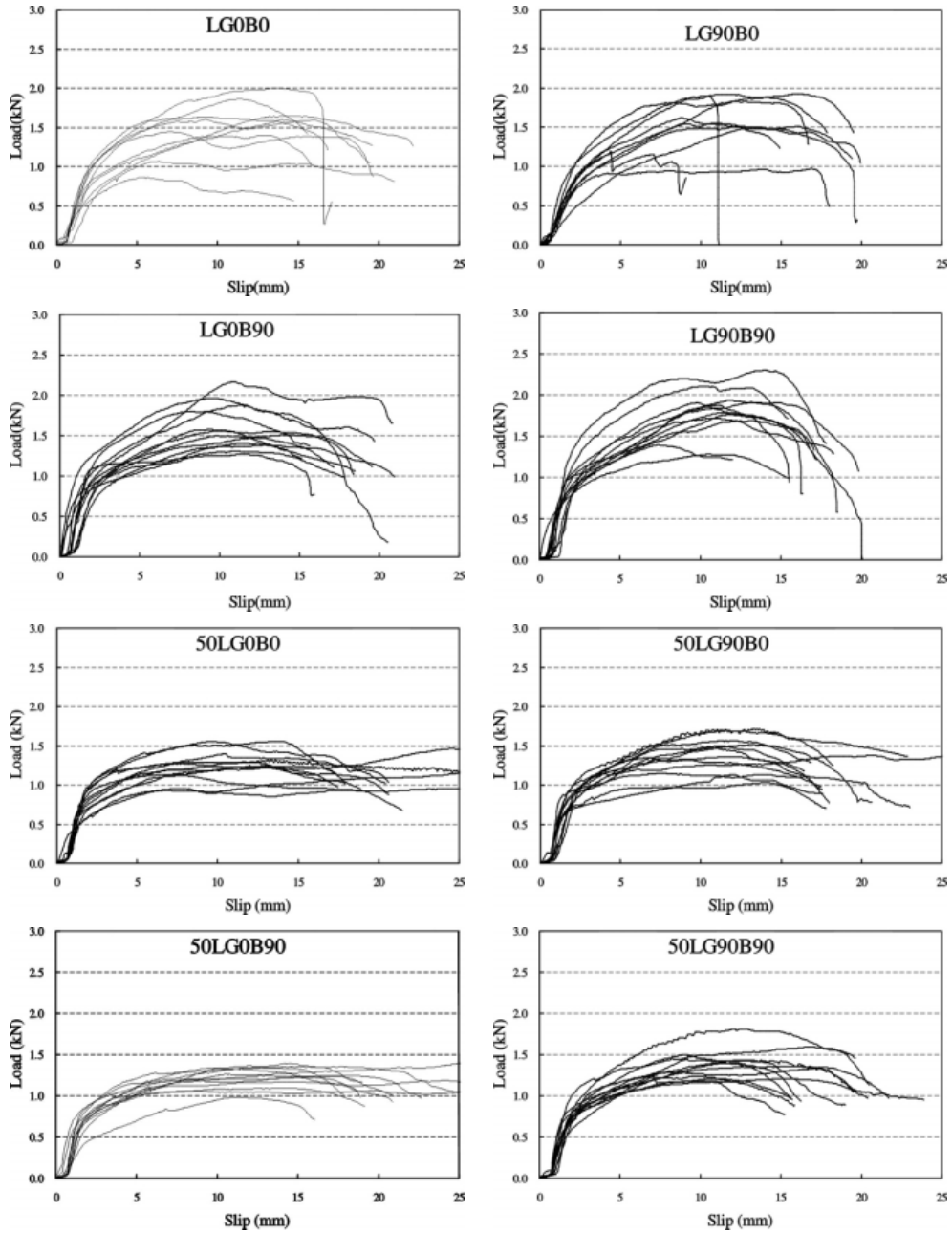


Fig. 3. Load-slip relationships of nailed joints for larch glulam. Legends refer to Fig. 2. LG, Japanese larch glulam.

경우가 더 높은 값을 나타내었으며, 접합계수는 못의 종류와 측면부재의 방향에 따라 각각 다른 성능을 나

타내었다. 즉, 모든 시험체에 있어서 특히 최대내력은 나선형철선못이 높게 나타났으며, 낙엽송 스티드

오에스비에 대한 각종 부재의 못전단성능

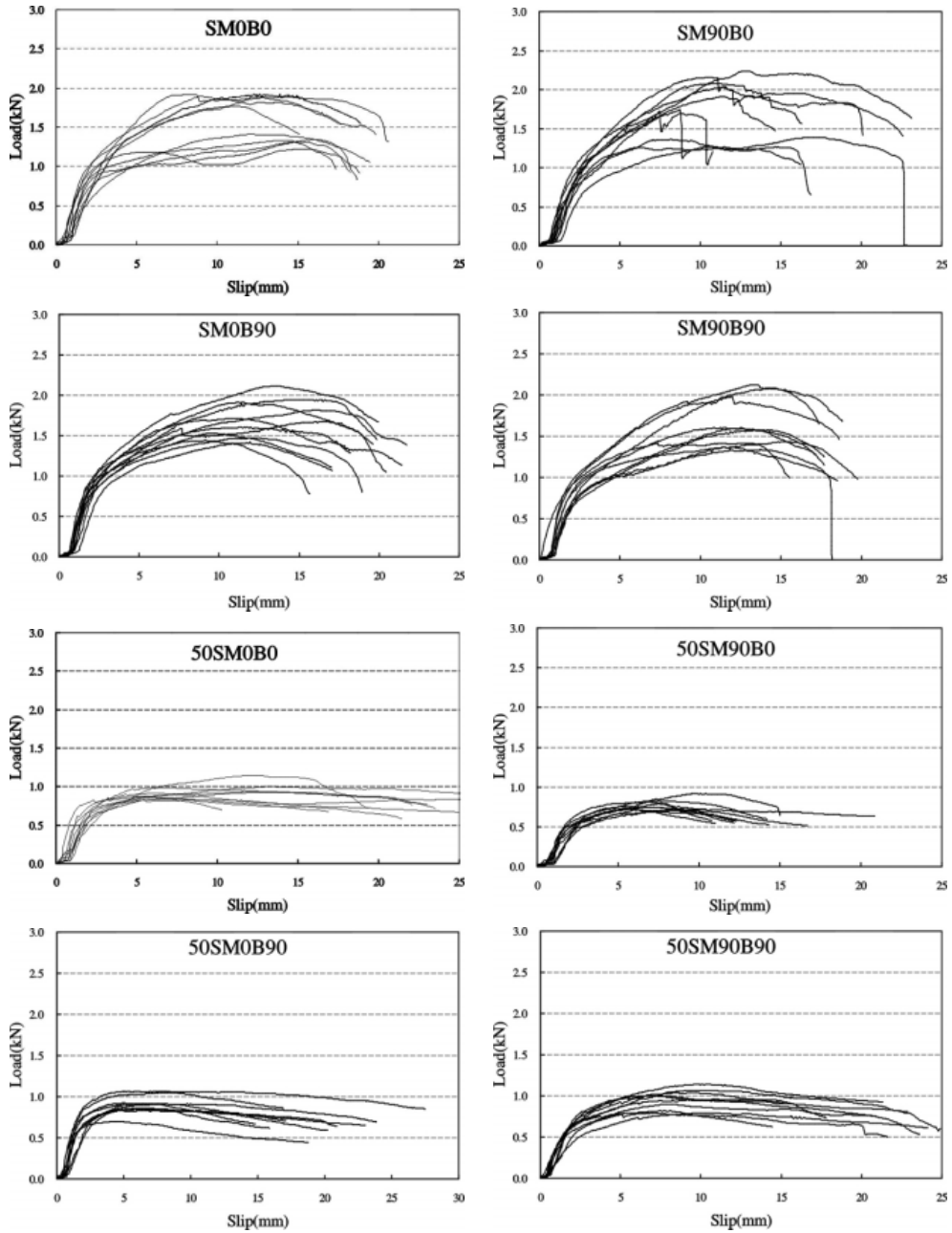


Fig. 4. Load-slip relationships of nailed joints for SPF stud. Legends refer to Fig. 2. SM, SPF stud.

와 오에스비의 방향이 섬유직각방향인 시험편에 있어서는 일반철선못(50LS90B90)의 항복내력이 나선

형철선못(LS90B90)보다 높게 나타나는 경우도 관찰되었다. 한편, 접합계수는 나선형철선못이 일반적

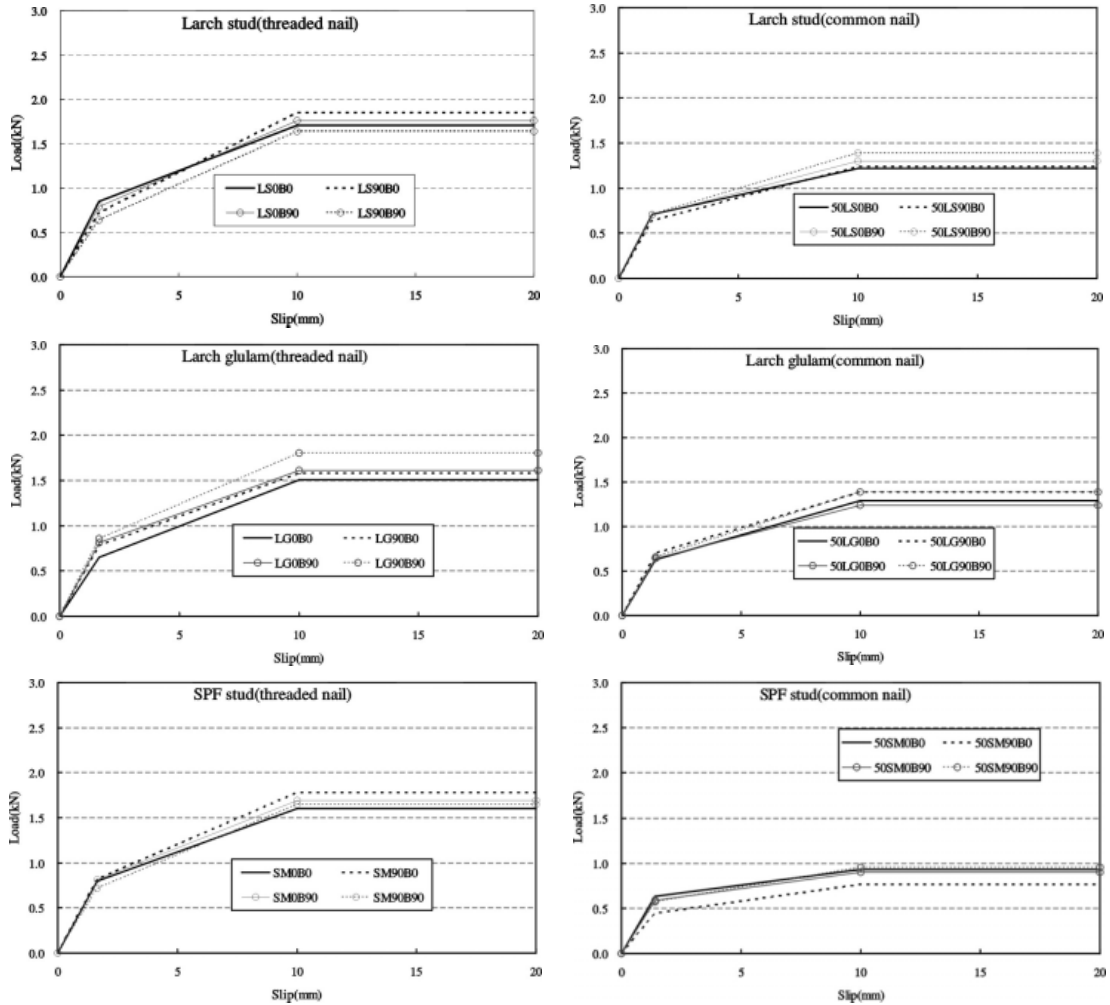


Fig. 5. Modified load-slip relationships of nailed joints. Legends refer to Figs. 2~4.

으로 높게 나타났지만 오에스비가 섬유직각방향일 때 낙엽송소재에서 주부재의 방향과 상관없이 높게 나타났으며, 낙엽송집성재에서는 오에스비가 섬유평행방향일 때 주부재의 방향과 상관없이 높게 나타났다. 얻어진 결과로부터 반드시 주부재나 측면부재가 섬유평행방향일 때 못접합계수가 높게 나타나는 것은 아님을 알 수 있었다(예를 들면, LG0B90와 LG90B90 및 50LG0B0와 50LG90B0).

일반적인 목재의 섬유평행방향은 섬유직각방향에 비해 상대적으로 높은 강도적 성질을 보유하고 있어

스터드와 같이 접합계수의 증가가 두드러지게 나타났다. 하지만, 집성재는 낙엽송의 나선목리에 의한 못결합력 향상과 적응효과로 인해 그 내력성능이 섬유직각방향에서 오히려 높게 나타나거나 접합계수는 일정한 경향성이 없는 등의 불균일한 못접합 내력성능을 나타내었다. 이러한 경향은 낙엽송규격재의 최대내력에서도 일부 관찰되며 부재의 방향과 측면부재의 방향에 따라 전단성능을 구별하여 적용할 필요가 있는 것으로 나타났다. 물론, 부재와 못의 종류에 따른 접합성능은 상대적으로 직경이 작은 못을



Fig. 6. Failures of nails and tested specimens.

사용하는 조건으로 인해 접합부위의 재면 상태와 밀도 등에 따라 크게 영향을 받으므로 본 연구에서와 같이 접합계수의 변이계수가 높게 나타나는 등의 문제점이 있다. 그러나 접합조건에 따른 전체적인 경향을 관찰하고 상세한 실험적인 결과를 축적해야 할 필요성은 있다. 이는 다소 다양한 실험과정 및 복잡한 분석이 필요하지만, 실재 구조체의 진단성능 예측에 있어서는 정밀한 예측을 할 수 있으므로 기초적 적용데이터로서 평가하여야 할 것으로 판단된다.

한편, Fig. 2~4에는 각 조건에서의 하중-변형 선도를 나타낸 것으로, 최대하중의 80% 이하로 하중이 저하한 시점까지를 나타내었다. 장(1999)에 의하면, KS F 2153 (2005)에 의거하여 못접합부를 포함한 각종 철물접합부 및 전단벽의 내력성능은 3단계의 직선 구간으로 나눌 수 있다고 하였으며, 이는 개략적으로 항복내력까지의 구간, 항복내력에서 최대하중까지의 구간, 최대하중에서 하중의 저하가 두드러지는 시점까지의 직선 영역으로 나누는 방식이다. 장(1999)의 연구결과에 의하면 못접합부의 전단변형량이 1.5 mm와 10 mm에서 큰 변화가 일어나는 것으로 판단하였다. 이는 못 몸통의 직경과 관계한 것으로 추론되어 본 실험에서는 각 못 직경의 반지름을 기준으로 0~1.41 mm (일반못) 및 0~1.64 mm (나선형 철선못), 1.41 (1.64)~10 mm, 10~20

mm의 3단계 직선구간을 설정하였다(Fig. 5). 전체 하중-변형 선도에 있어서 각 조건에서의 비교가 용이한 것이 일반 하중-변형 선도와와의 차이라고 할 수 있다. 하지만, 이러한 분석법은 상대적인 하중-변형 선도를 평가 또는 예측하기에 적합하나 실제 하중-변형 선도에서 뚜렷한 세 개의 직선 구간으로 구분하기 어려운 경우에는 적용하기 힘든 문제점이 있으며, 접합부에 따라서는 초기직선부에 해당되는 탄성영역과 항복점 이후의 소성영역으로 구분하는 완전탄소성(일본건축학회, 2006)과 같이 두 개의 직선구간으로 구분하는 것이 내진설계를 고려한 분석에 있어 편리하므로 하중-변형 선도의 경향에 따라 분석하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

Fig. 6은 대표적인 파괴형상을 나타낸 것으로, 일반 철선못은 전단하중에 대해 SPF 스테드에서는 못이 휨변형을 일으키고 전단변형이 증가할수록 못의 인발현상이 두드러졌으며 낙엽송 소재 및 집성재에서는 주부재와 측면부재의 경계부에서 휨변형만 일으키고 전단변형의 증가에 따라 못의 인발없이 측면부재에 대해 못머리가 펀칭쉬어(punching shear)를 일으켜 파괴됨을 알 수 있었다. 한편, 나선형 철선못은 인발은 관찰되지 않고 주부재와 측면부재의 경계부에서 휨변형이 주로 일어났다.

4. 결 론

현재 우리나라에서 경골목구조와 기둥-보 공법에서 많이 이용되어지고 있는 집성재 부재, 스티드 부재 및 면재인 오에스비를 이용한 못접합부에 대해 못의 종류와 각 부재의 방향성에 따라 2면전단 시험을 통하여 그 전단성능을 검토하였다.

접합계수와 항복내력 및 최대내력은 못의 종류와 주부재 및 측면부재의 방향에 따른 대소의 관계가 일정한 경향을 나타내지 않았으며 일반못이 스크류못에 비해 접합계수가 높게 나타나기도 하였다. 또한, 측면부재의 방향과 부재의 방향성에 따라 서로 다르게 나타났다. 따라서, 실대 구조체에 있어서 면재에 접합된 못의 변형을 예측하여 각각의 전단성능을 적용할 수 있는 다양한 경우의 기초 데이터를 얻었으며, 각각의 전단성능은 보다 정확한 구조체의 전단성능 예측에 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 대한건축학회. 2005. 건축구조설계기준 및 해설.
2. 장상식. 1999. 목재-판재 못접합부의 압축 전단 시험. 목재공학회 1999 추계학술발표논문집: 79~84.
3. 한국표준협회. 2005. 목구조 철물 접합부의 전단 시험 방법. KS F 2153.
3. 한국표준협회. 2001a. 목재의 밀도 및 비중 측정 방법. KS F 2198.
4. 한국표준협회. 2001b. 목재의 시험 방법 통칙. KS F 2201.
5. 한국표준협회. 2001c. 목재의 함수율 측정 방법. KS F 2199.
6. 황권환, 박주생, 박문재. 2007. 프리컷 방식을 적용한 기둥-보 공법의 수평전단내력. 목재공학, 35(6): 1~12.
7. 日本ツープイフォー建築協會. 2002. 枠組壁工法建築物構造計算指針.
8. 日本建築學會. 2006. 木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法.
9. Shim K. B. and J. J. Lee. 1998. Prediction of bending behavior for OSB with probability distribution model. 1998 proceedings of the Korean Society of Wood Science and Technology annual autumn meeting, Kwangju, Korea: 63~71.