

# 국산 간벌재를 이용한 소재심판합판의 개발과 성능평가

오세창

(대구대학교 산림자원학과 교수)

## Development and Performance of Lumber-core plywood made with Thinning Wood

Sei-Chang Oh

Dept. of Forest Resources, Taegu University Kyongsan, 712-714 Korea

### 적 요

간벌재는 수집의 어려움과 뒤떨어지는 재질로 인해 생산량이 증가함에도 불구하고 이용도가 떨어져 생산된 간벌재를 유효하게 사용하기 위하여 작은 각재를 소재심판으로 하고 단판을 표리판 및 부심재로 한 소재심판합판을 제조하고 그 성능을 평가하였다.

제조된 소재심판합판에 있어서 소재심판 구성간의 밀도의 차이는 나타나지 않았다. 압축비는 낙엽송 합판의 경우가 크게 나타나 접착 및 압제로 인한 밀도의 증가가 현저하였다. 수입 소재심판합판의 규격에 비교해 볼 때 제조된 소재심판합판은 함수율규정은 모두 만족시켰으나 밀도에서 낙엽송 합판의 경우가 다소 높게 나타났으며 표리판의 색상은 낙엽송 합판은 적색계로 잣나무 합판은 백색계로 구분되었다. 휨굽음량의 측정에서 소재심판의 구성에 따른 처짐의 차이는 일정한 경향을 보이지 않았다. 이는 처짐의 측정에서 하중을 직접 받는 부위에서의 접합부의 배열에 따른 영향으로 인한 것으로 사료되며 소재심판의 구성보다는 표리판의 구성에 따른 영향이 더 클 것으로 판단된다. 소재심판의 구성에서 접합부 갯수가 많을수록 비파괴시험법에 의한 탄성계수는 감소하는 경향을 보여주어 소재심판합판의 탄성계수는 소재심판의 구성에서 접합부 갯수의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 준내수 침지박리 시험에서 박리되지 않는 길이가 5mm 이상 되어야 하는 규정에 대해 두 합판 모두 규정에 부합된 결과를 보여 주었다.

## 1. 서론

집중적인 치산녹화사업을 통하여 전국에 걸쳐 인공조림된 면적은 전체 산지면적의 1/3수준인 약 250만ha에 달하고 있으며 이중 현재까지 파락된 간벌대상지역은 70만ha에 이르고 있다.<sup>9)</sup> 따라서 조림목의 성장을 촉진시키고 양질의 주벌재를 공급하기 위해 본격적인 간벌작업이 시행되어 상당량의 간벌목이 반출되어 나오고 있으며 생산된 간벌목의 사용에 관

한 연구개발이 강하게 요구되고 있다. 하지만 생산된 간벌목에 대한 인식의 부족과 저급한 재질로 인해 가설재 및 갱목용재 등의 용도 외에는 수요처가 제한되어 결과적으로 많은 유용자원이 이용되지도 못하고 버려지고 있는 실정에 있다. 간벌재의 생산은 산림청 자료에 의하면 5~6 m<sup>3</sup>/ha 정도로 우리나라 전체적으로 볼 때 10~20만m<sup>3</sup>정도이며 향후 그 생산량은 더욱 늘어날 전망이다.<sup>11)</sup> 이를 위해 생산원가의 절감, 유통기구의 확립 및 이용법의 개발에 따른 문제점을 해결하기 위해 많은 방안이 강구<sup>1,2,5,6,7,8)</sup> 되었으

나 여전히 본격적인 이용에는 미흡한 점이 많다.

일반적으로 간벌재는 미성숙재의 비율이 높고 강도가 떨어지며 웅이와 굽음 등의 결점이 많고 비틀림과 갈라짐이 심한 특성을 갖고 있으며 제재 수율이 낮아 일반 제재목으로 사용하기에는 상당히 어려운 문제점을 갖고 있다.<sup>10)</sup> 이로 인해 상대적으로 수요가 뒤쳐질 수 밖에 없어 이의 이용에 대한 색다른 방법을 강구하여 이용효율을 높이고 수요확대를 기해야 할 것이다. 특히 증가일로에 있는 목질계 제품의 수요에 발맞추고 수급이 불안정한 수입재가 대부분을 차지하고 있는 국내의 목재수급 체계에서 기존의 목제품 시장에 대한 국산 대체재의 개발과 유통이 매우 중요한 시점에 이르렀다고 볼 수 있다.

국산 간벌재를 사용한 목질복합재료의 연구는 구조용 제재<sup>1)</sup>, 합판<sup>5)</sup>, 집성재<sup>4)</sup>, MDF<sup>3)</sup> 등이 있으며 소형요소를 적용한 목합재<sup>8)</sup> 등에 관한 많은 연구가 수행되었고 일본에서도 건축용부재로서 주로 제재목<sup>18,19)</sup> 및 집성재<sup>17,20)</sup> 등과 다양한 용도의 개발<sup>21)</sup>에 역점을 두고 간벌재의 유효이용에 관한 많은 연구가 수행되었다. 하지만 원재료인 간벌재는 강도적 성질이 낮으므로 이의 보완을 위해 많은 복합화처리를 함으로써 제조공정이 복잡해 지고 비용이 상승되는 단점이 있다. 이에 따라 목재 블록 및 스트립과 같은 구성요소를 사용하여 복합화처리를 최소화한 재료의 개발 및 이용이 매우 필요하리라 생각된다. 특히 간벌재와 같은 중소경재는 소형의 블록 및 스트립으로 가공하기가 쉬우므로<sup>15)</sup> 매우 효율적인 판상재료의 개발이 가능해진다. 목질복합재료의 경우 그 구조 특성 및 강도 분포상 부재의 안쪽에는 성질이 떨어지는 재료의 배치가 가능하므로 간벌재와 같은 저질재의 적용이 가능하다. 따라서 이를 사용한 판상재료, 특히 차량바닥재<sup>4)</sup>, 가구재, 바닥마루판재<sup>13)</sup>, 팔레트재 등에 사용되는 각종 판상재료를 대체할 수 있는 대체재로서 심판에 블록이나 스트립을 사용하고 단판을 표리판 및 부심판재로 구성된 목질복합판상재료의 하나인 소재심판합판의 제조가 가능하다.

따라서 본 연구에서는 간벌재를 비롯한 국산중소경재의 수요확대를 위해 이를 특수합판의 일종인 소재심판합판 상태로 가공한 목질복합 판상재료를 제

조하고 이에 대한 성능평가를 통하여 효율적인 간벌재의 이용 가능성을 검토하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험재료

#### 1) 시험재료

시험에 사용된 공시재료로는 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙엽송(*Larix leptolepis*) 간벌재이며 벌채된 직경 25cm이하의 재목을 선발하여 제재후 건조시켰다. 제재후의 크기는 두께 15mm, 폭 50mm이며 건조후 함수율은 평균 9.5%였다.

#### 2) 소재심판용 스트립(strip)재 가공

건조된 제재목을 양면대패로 평삭가공하여 두께 12mm, 폭 45mm크기의 심판용 스트립(strip)으로 제작하였다.

#### 3) 소재심판의 구성

심판을 구성함에 있어서 각 스트립은 웅이, 할렐등의 각종 결점을 제거하여 사용하였으며 그림 1에서 보는 바와 같이 4가지 형태로 구성하였다. Control 판넬은 접합부를 배치하지 않았다. 접합방식은 butt joint를 사용하였다.

#### 4) 소재심판 합판의 제조

구성된 심판의 양면에 동일한 수종의 두께 1.5mm 단판을 양면에 각각 2매씩 배치하여 그림 2에서 보는 바와 같은 목리방향이 되도록 하여 소재심판 합판을 제조하였다. 접착제는 라텍스접착제를 사용하였고 도포량은 200g/m<sup>2</sup>으로 하였으며 경화제는 수지중량의 10%를 가하였다. 압체압력은 상온에서 10kgf/cm<sup>2</sup>으로 하여 3시간 동안 유압프레스에서 가압시켰다. 제조된 소재심판 합판의 두께는 15mm였으며 사용된 접착제의 성분은 Latex Polymer 77.1%, CaCO<sub>3</sub> 22.9%인 제품을 사용하였다.

제조된 소재심판합판은 약 20°C의 실내에서 일주일간 양생시킨 후 마무리가공하여 350mm×350mm의

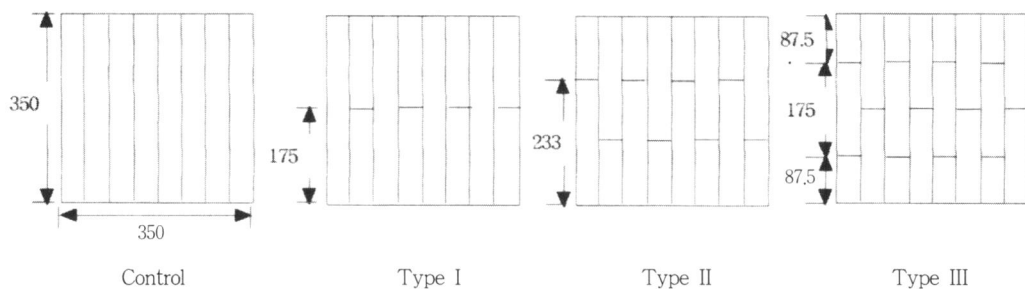


Fig. 1. Lay-out pattern of butt joint in lumber core plywood. (unit : mm)

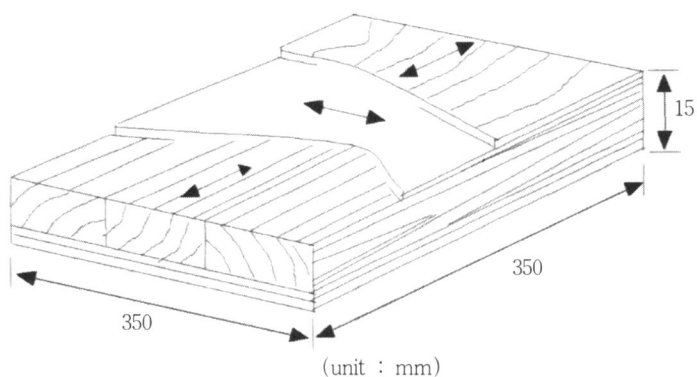


Fig. 2. Grain direction of lumber core plywood.

소재심판 합판을 제조하였다.

2. 시험방법

1) 밀도와 함수율

제조된 소재심판합판의 밀도는 다음 식 (1)로부터 구하였으며 함수율은 접촉식 수분계를 사용하여 판넬의 3곳에서 측정된 결과를 평균하여 구하였다.

$$\text{밀도}(g/cm^3) = W/V \text{ ————— (1)}$$

여기서 W : 기건무게(g) V : 기건부피(cm<sup>3</sup>)

2) 휨굽음량

마루판용 합판의 휨시험법을 채택하여 스패의 중앙부에 3kg와 7kg의 하중을 가할 때 각각의 처짐을

구하여 그 차이를 휨굽음량으로 하였다. 하중은 분동을 사용하였으며 처짐은 정도 0.01mm의 다이얼게이지를 사용하여 측정하였다(그림 3).

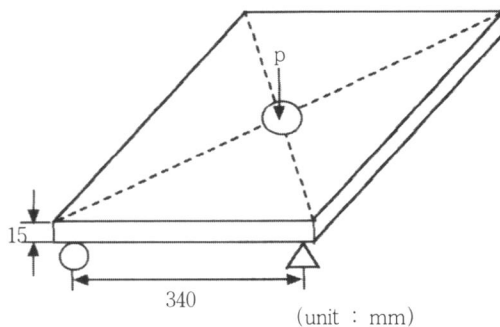


Fig. 3. Single point loading employed for measuring deflection of lumber core plywood.

3) 비파괴시험법에 의한 탄성계수 측정

본 시험에서 사용된 비파괴시험기는 Stress wave timer를 사용하였으며 한쪽에서 Ball hammer로 시편을 타격하고 한쪽에서는 파가 도달하는 시간을 측정하여 비파괴시험에 의한 탄성계수(MOE<sub>ndt</sub>)를 다음 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$MOE_{ndt}(kgf/cm^2) = \rho \times C^2/g \text{ ————— (1)}$$

- 여기서  $\rho$  = 부재의 밀도(g/cm<sup>3</sup>)
- C = 응력파전달속도(m/sec)
- g = 중력가속도(m/sec<sup>2</sup>)

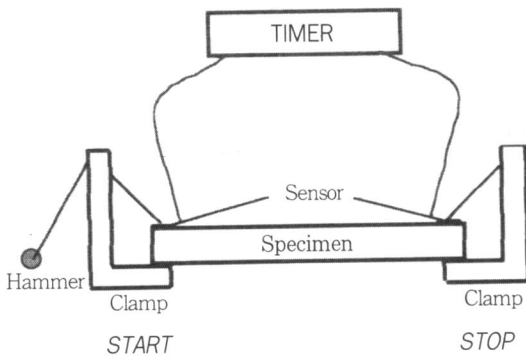


Fig. 4. Schematic diagram of stress wave timer for measuring MOE<sub>ndt</sub> by non-destructive method.

4) 소재심판합판의 침지박리접착력 시험

준내수시험법을 적용하여 시험하였으며 각 소재심판합판에서 채취한 75mm×75mm 크기의 시험편에 대하여 70±3°C의 물에 2시간 담근 다음 60±3°C의 건조기에서 3시간 건조시킨 후 나타난 접착층의 박리된 길이를 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 밀도와 함수율

제조된 소재심판 합판의 밀도와 함수율은 다음과 같다(표 1).

시험된 소재심판 합판의 밀도는 낙엽송 판넬의 경우 0.68~0.73, 잣나무 판넬의 경우에는 0.46~0.50 사이에 있는 것으로 나타났으며 전체적인 평균치는 각각 0.70, 0.49로 나타났다. 낙엽송 합판은 잣나무 합판보다 높은 밀도를 나타내었으며 각 합판에 있어서 소재심판의 구성간의 밀도의 차이는 나타나지 않았다. 실대재 간벌재의 밀도는 잣나무 0.40, 낙엽송 0.47로 조사된 자료<sup>2)</sup>를 바탕으로 압축비(Compression Ratio: 원재료인 소재심판용 목재의 밀도에 대한 제조된 합판의 밀도비)를 구한 결과 잣나무재의 경우 1.23, 낙엽송의 경우 1.49로 낙엽송간벌재의 경우가 크게 나타나 접착 및 압체로 인한 밀도의 증가는 낙엽송 합판의 경우가 현저하였다. 함수율은 낙엽송 합판이 잣나무 합판보다 약간 높게 나타났다.

Table 1. Average density, moisture contents and compression ratio of lumber core plywood.

Panel Type	Density(g/cm <sup>3</sup> )		M.C.(%)		Compression Ratio**	
	KP*	JL*	KP	JL	KP	JL
Control	0.49	0.70	10.8	11.7	1.23	1.49
Type I	0.49	0.70	10.9	11.2	1.23	1.49
Type II	0.48	0.70	11.0	11.6	1.23	1.49
Type III	0.49	0.69	10.8	11.5	1.23	1.49

\* KP : Korean Pine, JL : Japanese Larch  
 \*\* Ratio of plywood density to wood density

현재 국내에는 소재심판합판에 관한 검사기준이 확립되어 있지 않아 인도네시아산 소재심판합판의 수입검사규격<sup>12)</sup>을 적용하여 제조된 합판의 특성을 비교해 보면 이 규격에서 합판의 함수율은 13%이하로 규정된 데에 대해 제조된 합판은 이 규격을 모두 만족시키는 것으로 나타났다. 밀도는 0.6g/cm<sup>3</sup>이하로 규정된 규격에 대해 잣나무 합판은 이 규격을 만족시키나 낙엽송 합판의 경우는 이 기준치를 초과하는 것으로 나타나 소재를 심판으로 한 특수합판의 일종인 소재심판합판의 구성시 밀도를 낮출 수 있는 방안이 요구된다. 따라서 소재심판재가 갖고 있는 밀도에 대해 Compression Ratio를 낮게 하여 제조 합판의 밀도를 낮추어야 할 것으로 사료된다. 표면판의 색상은 적색계와 백색계로 구분된 기준에 따라 구분해본

결과 낙엽송 합판은 적색계로 잣나무 합판은 백색계로 구분되었다.

## 2. 휨변형

제조된 소재심판합판의 측정된 휨변형은 다음과 같았다(그림 2).

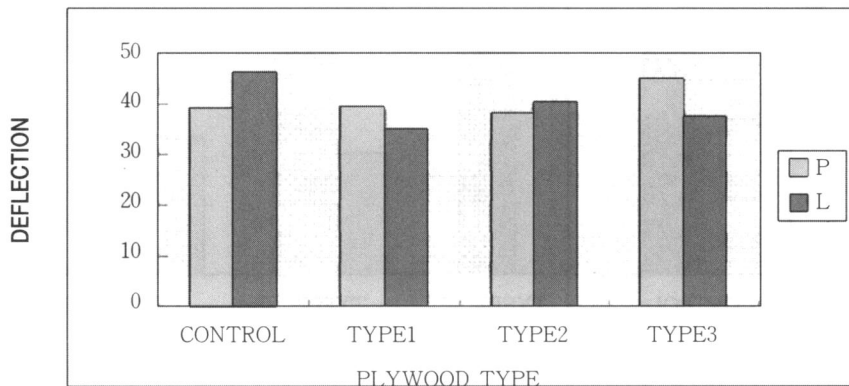
잣나무 합판에서 처짐량은 소재심판의 구성에서 볼 때 접합부가 없는 control 합판과 Type I, II의 합판간의 차이는 없었으나 접합부 수가 가장 많은 Type III 합판에서 가장 큰 처짐량을 보였다. 낙엽송 합판에서 처짐량은 Type I, III 합판에서 가장 적은 처짐량을 보였다. 이러한 경향을 볼 때 휨굽음량은 소재심판의 구성에 따른 영향을 크게 받지 않는 것

Table 2. Comparison of tested panels to standard for lumber core plywood imported from Indonesia.

Item	Density(g/cm <sup>3</sup> )	M.C.(%)	Color in face & back
Standard	< 0.6	< 13%	Red or White
KP*	+**	+	White
JL*	-**	+	Red

\* KP : Korean Pine, JL : Japanese Larch

\*\* + : accepted, - : not satisfied



P : Korean pine, L : Japanese larch

Fig. 4. Bending deflection of lumber core plywood.(unit : 10<sup>-2</sup>mm)

으로 나타났다. 이는 하중이 합판의 가운데에 집중함으로써 하중을 직접받는 부위에서 접합부의 배열에 따른 영향으로 사료된다. 따라서 처짐에서의 주 영향 인자는 소재심판의 구성보다는 표리면 단판의 구성에 따른 영향이 더 클 것으로 판단된다. 처짐은 재료의 탄성계수와 연관되며 탄성계수는 재료의 강도와 밀접한 관련을 맺고 있으므로 재료의 강도에 미치는 주인자는 재료양면의 표면재의 특성에 좌우된다고 볼 수 있다. 집성재의 경우와 같이 재료의 인장축에 강한재료를 배치하여 높은 강도를 갖는 재료의 구성이 가능한 점으로 미루어 볼 때 소재심판재의 구성에 앞서 표리판재의 성질이 가장 중요한 변수가 된다고 볼 수 있다.

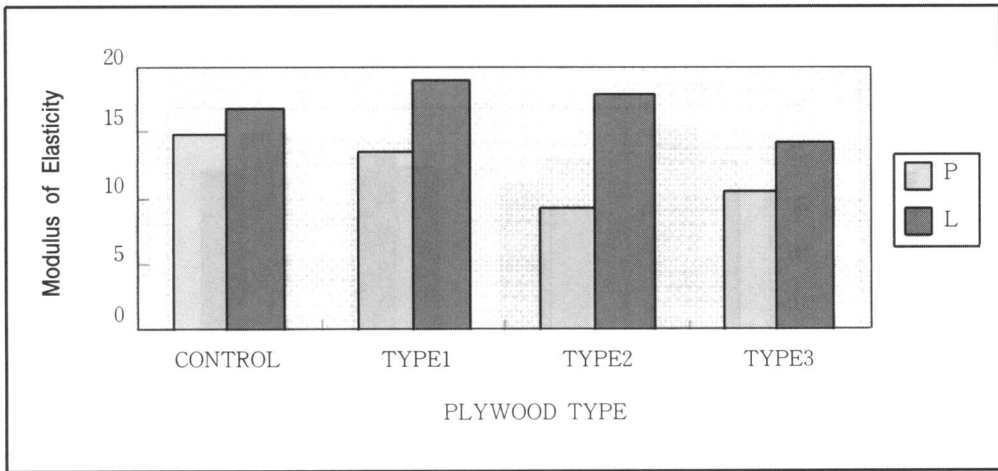
3. 소재심판합판의 비파괴시험에 의한 탄성계수

갓나무 합판에서 탄성계수는 접합부가 없는 control 합판의 경우  $14.5 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 로 나타났으며 Type I 합판은  $13.2 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ , Type II 합판은  $9.5 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ , Type III 합판은  $10.3 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 로 나타났다. 이 결과에서 볼 때 접합부 수가 많을수록 탄성계수는 감소하는 경향을 보여주었다. 낙엽송 합판에서

도 접합부가 가장 많은 Type III 합판에서 가장 낮은 탄성계수값을 보였다. 따라서 소재심판합판의 성능을 나타내는 지표의 하나인 탄성계수의 측정에서 접합부 수가 증가할수록 탄성계수는 감소하는 경향을 보여주었다. 이는 접합부 수가 많아 재료의 불연속부가 많아지는데 따른 영향으로 사료된다. 따라서 소재심판합판제조시 소재심판의 구성에서 접합부와 배열은 재료의 성능에 큰 영향을 미치므로 이를 고려한 합판의 구성이 요청된다.

4. 소재심판합판의 침지박리 접착력

특수합판에 관한 품질기준의 하나인 침지박리 시험에서 갓나무 합판에서 측정된 박리된 길이는 Type III 합판에서 최대 13.6mm의 길이가 측정되었으며 나머지 합판에서는 박리층이 관찰되지 않았다. 낙엽송 합판에서는 최대 53.5mm의 박리길이가 측정되었다. 따라서 박리되지 않은 길이는 최소치가 낙엽송판에서  $75 - 53.5 = 21.5\text{mm}$ 로 나타났다. 동일한 접착층의 박리되지 않은 길이가 각 측면에서 5mm 이상 되어야하는 규정에 대해 두 합판에서 모두 규정에 부합하는 결과를 보여주어 제조된 소재심판합판은 준내수 침지박리시험에 합격하는 것으로 조사되었다.



P : Korean pine, L : Japanese larch

Fig. 5. Modulus of elasticity of lumber core plywood in parallel to grain. (unit :  $\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ )

#### IV. 결론

본 연구는 현재 생산량은 많으나 이용도가 떨어지는 간벌재를 유효하게 사용하기 위하여 작고 짧은 목편을 소재심판으로 사용한 소재심판합판을 제조하여 그 성능을 평가하였다.

제조된 합판의 밀도는 낙엽송 합판은 0.70, 잣나무 합판의 경우는 0.49로 나타났으며 각 합판에 있어서 소재심판의 구성간의 밀도의 차이는 나타나지 않았다. 압축비는 잣나무재의 경우 1.23, 낙엽송의 경우 1.49로 낙엽송 간벌재의 경우가 크게 나타나 접착 및 압축에 의한 밀도의 증가는 낙엽송 합판의 경우가 현저하였다. 수입 소재심판합판의 규격에 비교해 볼 때 제조된 합판은 함수율 규정은 모두 만족시켰으나 밀도에서 낙엽송 합판의 경우가 다소 높게 나타나 이에 관한 대처방안이 요구된다. 표리판 색상은 낙엽송 합판은 적색계로 잣나무 합판은 백색계로 구분되었다.

처짐량은 잣나무 합판의 경우 접합부수가 가장 많은 Type III 합판에서 가장 큰 처짐량을 보였다. 낙엽송 합판에서 처짐량은 Type I, III 합판에서 가장 적은 처짐량을 보여 소재심판 구성에 따른 처짐의 차이는 일정한 경향을 보이지 않았다. 이는 처짐의 측정에서 직접하중을 받는 부위에서의 접합부의 배열에 따른 영향으로 인한 것으로 사료되며 소재심판의 구성보다는 표리판 판재의 구성에 따른 영향이 더 클 것으로 판단된다.

소재심판구성에서 접합부수가 많을수록 비파괴시험법에 의한 탄성계수는 감소하는 경향을 보여주었다. 이는 접합부수가 많을수록 재료의 불연속부가 많아지는데 따른 영향으로 사료된다. 따라서 소재심판합판의 탄성계수는 소재심판의 구성에서 접합부수의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

준내수 침지박리시험에서 각 합판에서 측정된 박리된 길이는 최대 53.5mm 였다. 따라서 박리되지 않은 길이는 최소치가 낙엽송판넬에서  $75 - 53.5 = 21.5\text{mm}$ 로 나타났다. 박리되지 않는 길이가 5mm 이상되어야 하는 규정에 대해 두 합판 모두 규정에 부합하는 결과를 보여 주었다.

#### 참고문헌

1. 박문재, 이춘택, 1989, 낙엽송과 잣나무 간벌실 대재의 구조재료 평가, 임업연구원 연구보고 제 39호: pp.41-48.
2. 박용길, 이춘택, 권중택, 1991, 이동식 제재기를 활용한 간벌소경제 제재실연, 임업연구원 연구보고 제43호: pp.22-27.
3. 박종영, 1992, 국산침엽수재의 MDF원료적성 및 제품성능, 임업연구원 연구보고 제46호: pp.13-25.
4. 서진석, 박용길, 1990, 비파괴강도평가법을 적용한 국산침엽수 집성재의 휨성능, 임업연구원 연구보고 제40호: pp.84-92.
5. 서진석, 1997, 침엽수 가공기술, 임업정보 제80호: pp.15-20.
6. 심근, 박문재, 차재경, 이도식, 1990, 국산재의 용도별 재질평가 및 품질기준(1)-참나무, 낙엽송 간벌재에 대하여, 임업연구원 연구보고 제40호: pp.46-58.
7. 심근, 박문재, 차재경, 이도식, 1991, 국산재의 용도별 재질평가 및 품질기준 (2)-리기다소나무와 잣나무간벌재에 대하여, 임업연구원 연구보고 제43호: pp.28-37.
8. 이춘택, 권중택, 1992, 국산침엽수재의 목할저 제조이용에 관한 연구, 임업연구원 연구보고 제 46호: pp.36-42.
9. 이춘택, 1993, 소경제의 이용방안, 목재공학 21(1): pp.65-73.
10. 이춘택, 1997, 간벌중소경제의 산업화 이용방향, 임정연구 제29호: pp.23-27.
11. 임업연구원, 1994, 한국의 목재자원과 수급 및 임산업 현황, 임업연구원 연구자료 제92호.
12. 세실임산, 1998, 특수가공합판의 제조, 세실무역, p.256.
13. Johnson, J. W., 1978, Edge gluing Douglas-fir lumber to improve strength properties, Forest Product J. 28(11): pp.37-43.
14. Mohd. Hamami Sahri and Paridah Md, Tahir,

- 1998, Properties of laminated timber and lumber decking of tropical wood, TFRI Extension Series No.96: pp.380-394.
15. Rowel, M. Roger, Raymond A. Young and Judith K. Rowel., 1997, Paper and Composite from agro-based resources, Lewis Publishers, p.446.
16. 間伐推進研究会, 1983, 間伐材の有効活用事例集, 地球社, p.303.
17. 千里和茂, 黒田浩司, 1993, 小径材を主材料する大断面集成材に関する研究, 日本建築學大會術講演概要集 構造 3: pp.923-924.
18. 村上和俊, 塚越 勇, 1996, 間伐材の建築構造體への利用に関する研究(1)-間伐材の力學的特性に関する實驗的調査, 日本建築學大會學術講演概要集 構造 3: pp.75-76.
19. 村上和俊, 塚越 勇, 1996, 間伐材の建築構造體への利用に関する研究(2)-間伐材を束ゐる方法, 日本建築學大會學術講演概要集 構造 3: pp.105-106.
20. 最上公彦, 木村 衛, 楠 壽博, 太田道彦, 小 裕一, 1994, 小中径木を用いた大断面 集成材の幅はぎの關必要性について, 日本建築學大會術講演概要集 構造 3 : pp.13-14.