

침엽수 합판의 구조용 및 콘크리트 거푸집용으로서의 성능 평가*1

이 전 제*2 · 김 광 철*2 · 이 국 식*2

Performance Evaluation of Softwood Plywood as Structural and Concrete-Form Panels*1

Jun-Jae Lee*2 · Gwang-Chul Kim*2 · Guk-Sik Lee*2

요 약

본 연구에서는 향후 공급량이 증가될 것으로 예상되는 라디아타소나무와 국산 낙엽송의 두 수종을 이용하여 합판을 제조하고 구조용 합판 및 콘크리트 거푸집용 합판으로서의 사용 가능성을 검토하고자 하였다.

먼저, 기초적인 재질을 평가하기 위하여 합판의 재질시험 및 못성능 등의 시험을 실시하였고, 콘크리트조 주택 혹은 목조주택 등의 구조용 재료로의 사용을 검토하기 위해 집중하중과 균일분포하중에 의한 구조성능 시험 및 콘크리트 거푸집용으로서의 성능시험을 실시하였다.

합판의 기초 재질에 해당되는 비중, 너비 굽음, 길이 굽음, 비틀림에 대한 실험 결과, 구조용 재료로서의 기준을 만족하였다.

못 측면 저항력, 못 인발 저항력 그리고 못머리 관통력에 대한 실험 결과, 구조용 재료로서의 벽체나 지붕재에 대한 표준성능을 만족하였다.

이들 두 수종으로 제조한 합판의 경우, 집중하중과 균일 분포하중에 의한 구조성능 평가, 콘크리트 거푸집용으로서의 성능 평가 결과를 볼 때 구조용 덧개재, 바탕바닥 마감재, 콘크리트 거푸집용 재료로의 사용이 가능하다고 판단되었다.

ABSTRACT

In present research, the plywoods made of radiata pine or Japanese larch, the potential softwood species in mass supply, were discussed to examine their feasibility as the structural and concrete form panels through the basic properties test.

First, plywood qualities and its nail performance were tested.

The performance test for concrete form or structural panel by concentrated and uniformly distributed load were conducted to investigate the possibility as structural material for light frame and concrete constructions.

Test results of basic quality such as specific gravity, cupping, bowing, and twisting appeared to satisfy the criteria

*1 접수 2000년 6월 10일, 채택 2000년 9월 5일

*2 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture & Life Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

for structural use.

Also, nail performance test results, for roof and wall sheathing panels, nail lateral resistance, nail withdrawal resistance, and nail push head resistance proved to meet the required standard for structural use.

The test results on performance as structural panel by concentrated and uniformly distributed load and as concrete form panel showed that these two species could be used for structural sheathing, subfloor, and concrete form panels.

Keywords : Softwood plywood, structural panel, concrete-form panel, mechanical performance

1. 서론

현재 우리 나라의 연간 목재 수요량은 1,000만 m^3 을 상회하고 있으며, 이 중 약 87%에 달하는 890만 m^3 를 외국에서 수입하고 있는 실정이다(임업연구원, 1992).

1980년대에 들어서면서, 열대활엽수재 산지국인 동남아시아에서는 나왕류 등의 기존 양질 목재자원의 감소와 더불어 자원보유국의 자국(自國)자원의 보호, 자국 목재가공업의 육성, 고용기회의 증대 등의 관점으로부터 정책적으로 원목수출 금지조치 등의 목재자원화 정책을 추진하여 열대활엽수재 원목의 수출이 감소하게 되었다. 세계 원목시장에서의 이러한 자국 이익의 극대화와 환경보존 대책에 따른 변화에 대한 국내의 대응 방안으로는 목재수입 지역의 다변화, 해외자원 개발 및 국산재의 활용도 증대를 통한 수입대체화 방안 등이 검토되고 있다. 특히, 국내의 목재수입 지역이 벌채 규제가 우려되는 동남아시아 및 북미태평양 연안 지역에 편중되어 있으며 더욱이 이들 지역으로부터의 수입량이 전체 수입량의 60% 이상을 차지하고 있는 우리의 현실로서는, 다른 지역으로부터의 수입을 피하는 것이 중요한 과제이긴 하지만, 좀더 실질적이고 궁극적인 차원의 대책으로, 기존 합판 등에 사용되어 온 열대재를 대체할 수 있는 침엽수재로의 전환이 불가피하다.

한편, 국내에서도 그 동안 꾸준히 시행되어 온 조림사업의 결과로 임목축적량이 급속히 증가하여 이미 몇몇 수종에 대해서는 원목의 생산이 가능하게 됨으로써, 이들 국내산 원목의 활용도에 따라서는 수입원목의 대체효과를 거둘 수 있을 것이다. 이러한 점들을 고려할 때, 향후의 국내 원목공급은 침엽수재, 그중에서도 지금까지 사용되지 않았거나 극히

제한적인 용도에만 사용되어 오던 수종의 공급이 증가될 전망이다. 그러나 이와 같은 침엽수재의 공급 비율이 증대될 경우, 이들의 원활한 이용을 위해서는 새로운 용도의 개발 및 그 용도에 대한 적합성 검증이 절실히 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 향후 공급량이 증가될 것으로 예상되는 라디아타소나무와 국산 낙엽송의 두 수종을 이용하여 합판을 제조하고 구조용 합판 및 콘크리트 거푸집용 합판으로서의 사용 가능성을 검토하고자 하였다.

먼저, 기초적인 재질을 평가하기 위하여 합판의 재질 시험 및 못성능과 시험을 실시하였고, 콘크리트조주택 혹은 목조주택 등의 구조용 재료로서의 사용 가능성을 검토하기 위해 집중하중과 균일 분포하중에 의한 구조성능 시험 및 콘크리트 거푸집용으로서의 성능시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에 사용된 합판용 공시수종으로는 국산 낙엽송(*Larix leptolepis*)과 뉴질랜드산 라디아타소나무(*Pinus radiata*)의 두 수종을 사용하였으며 실제 구조용 합판으로 가장 많이 사용되는 1,219×2,438mm(4×8ft)의 규격으로 합판을 제조하였다. 사용된 원목은 낙엽송의 경우 수령이 24~47년, 말구 직경은 22~24cm이었으며, 라디아타소나무는 수령이 17~34년, 말구 직경은 37~54cm이었다.

단판의 구성은 동일 수종으로 하였으며, 합판의 재질 및 못성능 평가에 사용될 합판은 Table 1, 그리고 구조성능 평가에 사용될 합판은 Table 2와 같이 구성하였다.

Table 1. Profiles of plywoods used for the test of basic properties and nail performance.

No. of Ply	Plywood thickness (mm)	Combination of veneers (mm)
5	7.9	1.35-2.0-1.35-2.0-1.35
7	12.6	1.65-2.0-1.65-2.0-1.65-2.0-1.65

Table 2. Profiles of plywoods used for the test of structural and concrete form panel.

No. of Ply	Plywood thickness (mm)	Combination of veneers (mm)	Remarks
5	7.9	1.65-3.1-3.1-3.1-1.65	KS F 3113
5	12.6	2.5-2.5-2.5-2.5-2.5	KS F 3113
7	12.6	1.65-2.0-1.65-2.0-1.65-2.0-1.65	New Zealand

제조조건은 석탄산수지 접착제를 도포량 474g/m²으로 1면 도포하여 열압하였고, 열압조건은 135℃, 11.5kg/cm²의 압력으로 5분간 열압하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 합판재질 시험

제조한 합판에 대하여 비중, 너비 굽음, 길이 굽음, 비틀림과 두께 팽창을 ASTM D 1037(1995)의 방법에 따라 측정하였다. 너비 굽음과 길이 굽음은 양쪽 끝을 현으로 고정한 후 표면에서 가장 먼 거리를 측정하였고, 비틀림은 시편을 평평한 곳에 놓고, 세 모서리를 고정시킨 다음 남은 한쪽 모서리의 솟음 정도(矢高)를 측정하였다. 두께 팽창은 시편을 20±3℃의 물 속에 24시간 동안 침수시킨 후 측정하였다.

2.2.2 못성능 시험

ASTM D 1037(1995)에 제시된 못 측면 저항력, 못 인발 저항력 및 못머리 관통력을 평가하였다. 먼저, 못 측면 저항력 실험은 Fig. 1과 같이 시편을 표판 목리방향에 평행한 것과 직각인 것 두 종류로 수행하였으며, 24시간 침수처리의 효과도 평가하였다. 하중속도는 6mm/min.로 하였고, 사용된 못의 규격은 6d로 하였다. 못 인발 저항력 실험은 Fig. 2에 나타낸 것과 같은 방법에 따라 실시하였으며, 못의 크기 및 실험 조건은 측면 저항력 실험과 동일한 조건으로 하였다. 못머리 관통력 실험은 Fig. 3과 같이 못 인발저항력 실험의 하중 방향을 반대로 하여 수행하였다.

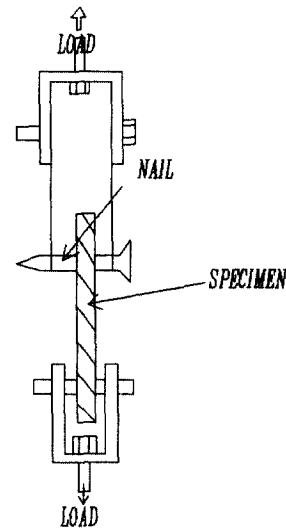


Fig. 1. Device for testing the nail lateral resistance.

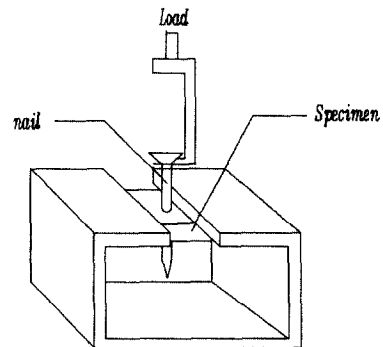


Fig. 2. Device for testing the nail withdrawal resistance.

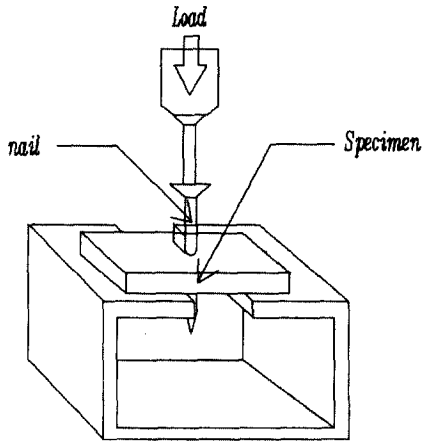


Fig. 3. Device for testing the nail push head resistance.

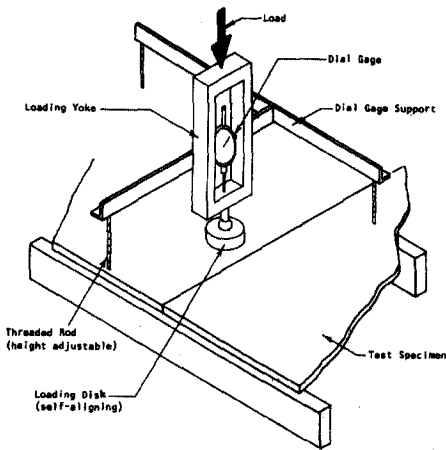


Fig. 4. Device for testing the structural performance by concentrated loading.

2.2.3 구조용 합판으로서의 성능 평가

구조용 합판으로서의 사용에 대한 기초적인 자료를 평가하기 위하여 낙엽송과 라디아타소나무에 대하여 각각 KS(1987)와 뉴질랜드 구조용 합판의 단판 조성(Bier, 1984)을 따라 제조한 합판을 사용하여 휨강도와 휨강성을 평가하였다. 실험은 ASTM D-3043 Method C에 준하는 APA(American plywood association) Test Method S-5(1992)에 따라 수행하였고, 시편의 크기는 1,219×

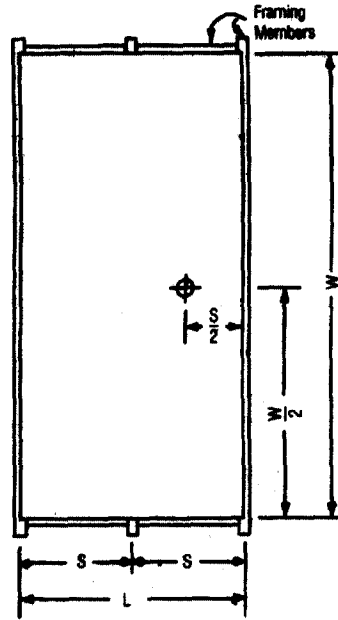


Fig. 5. Specimen for testing the structural performance by concentrated load.

1,219mm(4×4ft)로 하였으며 하중은 표판 섬유방향에 대하여 평행과 직각인 방향의 두 종류로 나누어 평가하였다(Kininmonth & Whitehouse, 1991).

또한 실제 규격(1,219×2,438mm)의 합판에 대하여 집중하중과 분포하중에 대한 성능을 평가하기 위하여 ASTM E 661에 준하여, 집중하중은 APA Test Method S-1(1991)에 따라, 분포하중은 APA Test Method S-2(1991)에 따라 실험을 수행하였다. 실험장치는 Fig. 4와 Fig. 5에 나타난 바와 같다.

2.2.4 콘크리트 거푸집용 합판으로서의 성능평가

낙엽송으로 만든 12.6mm 두께의 합판 및 라디아타소나무로 만든 12.6mm 두께의 합판을 사용하여 60cm×120cm×14cm 규격의 벽체용 거푸집을 제작하여 콘크리트 타설 후 시간경과에 따른 처짐량과 함수율 변화를 평가하였다. 이때, 60cm 간격의 보강장선에 의한 영향도 아울러 평가하였다.

시간의 경과에 따른 거푸집의 수분 흡수율을 조사하기 위하여 함수율 시편을 제작하였다. 함수율 측정용 시편의 크기는 10cm×10cm×10cm의 정

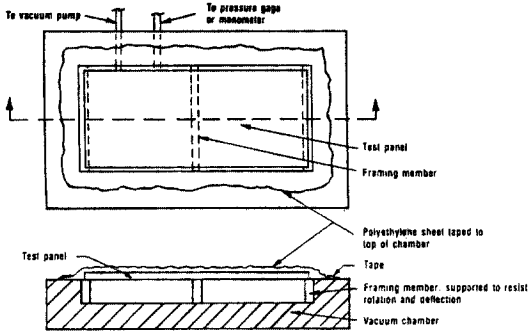


Fig. 6. Device for testing the structural performance by uniformly distributed load.

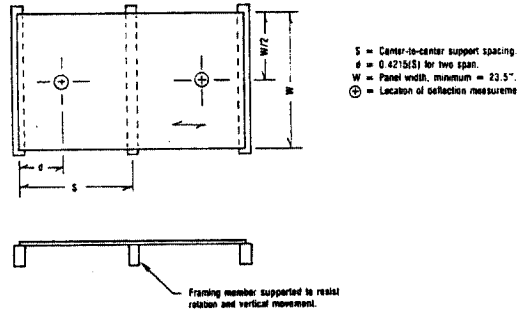


Fig. 7. Specimen for testing the structural performance by uniformly distributed load.

육면체로 제작하였다. 함수율 측정 시간은 타설한 콘크리트가 양생되는 48시간 동안 측정하였다. 측정 간격은 20시간이 지날 때까지는 두 시간 간격으로, 그 이후에는 4시간 간격으로 함수율을 조사하였다(Kim 1995; Okuma 등, 1984).

콘크리트 타설 후 벽체 거푸집의 시간에 따른 처짐량을 알아보기 위하여 일정한 시간 간격으로 처짐량을 조사하였다. 처짐량은 다음의 Fig. 8과 같이, 위치별로 거푸집의 양쪽에 수평으로 현을 설치한 후 벽체 표면과 현까지의 거리를 측정하였다. 다음으로, 콘크리트를 타설한 후 시간별로 거푸집 표면까지의 거리를 측정하여 타설전 거리와의 차이로 처짐량을 측정하였다.

처짐량의 측정 간격은 초기에 콘크리트가 가장 많은 함수율을 함유하기 때문에 콘크리트 타설 초기에는 측정 간격을 2시간 간격, 타설 12시간 이후에는 4시간 간격으로 측정을 하였다.

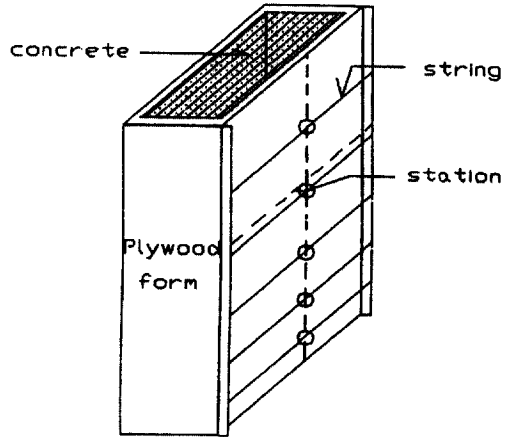


Fig. 8. Method of measurement for the deflection from wall line.

Table 3. Results of the basic properties of plywood.

Species	Thickness of plywood (mm)	Specific gravity	Cup (mm)	Bow (mm)	Twist (mm)
Japanese larch	7.9	0.66	9.6	19.2	33.5
	12.6	0.68	6.5	7.0	18.4
Radiata pine	7.9	0.60	17.0	22.5	52.3
	12.6	0.61	7.0	13.2	38.1

Table 4. Results of nail lateral resistance.

Species of plywood	Thickness of plywood(mm)	Exposure conditions	Maximum Load	
			Grain direction of face veneer	
			Parallel	Perpendicular
----- (kgf) -----				
Japanese larch	7.9	Dry	52	52
		Wet	51	51
	12.6	Dry	66	73
		Wet	59	67
Radiata pine	7.9	Dry	47	51
		Wet	51	50
	12.6	Dry	70	67
		Wet	62	67

3. 결과 및 고찰

3.1 합판의 기초재질 평가

비중, 두께 팽창, 너비 굽음, 길이 굽음 그리고 비틀림에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 합판의 비중은 낙엽송의 경우 0.67, 라디아타소나무는 0.60으로, 이는 합판 제조시의 압축에 의한 것으로, 낙엽송 비중(0.56)에 대해 19.6% 정도, 라디아타소나무 비중(0.49)에 대해 22.4% 정도 증가된 값을 나타내었다.

24시간 침지 후의 두께 팽창의 경우 라디아타소나무로 제조한 두께 12.6mm와 7.9mm의 합판에 있어서 각각 8.3%, 7.5%의 값을 나타냈으며, 낙엽송을 사용한 경우에는 각각 5.1%, 4.3%를 나타내었다.

낙엽송을 사용한 합판이 라디아타소나무를 사용한 합판보다 너비 굽음, 길이 굽음 그리고 비틀림에 있어 보다 작은 값을 나타내었는데, 이것은 두 수종간의 수축률에 있어 라디아타소나무가 더 큰 것에 기인한 것으로, 일반적으로 너비 굽음, 길이 굽음 그리고 비틀림 등은 수축률의 차이로 발생하는 것으로 알려져 있다. 합판의 두께에 있어서는 12.6mm보다 7.9mm의 경우가 더 큰 값을 나타냈는데, 이것은 피착재 함수율의 불균일, 도포량의 불균일, 결점이 많은 심재 사용 등의 원인에 의해 발생할 수 있는 것으로 알려져 있는데(Koch, 1965), 얇은 피

착재(합판)일수록 이러한 영향을 더욱 많이 받았기 때문인 것으로 여겨졌다.

3.2 못성능 평가

Table 4는 낙엽송과 라디아타소나무로 만든 합판의 못 측면 저항력을 나타내고 있다. 두 수종 모두 유사한 값을 나타내고 있으며, 두께의 영향을 보면 12.6mm 합판이 7.9mm 합판보다 약간 높은 값을 나타내었지만, 방향이나 처리 조건에 따른 차이는 나타나지 않았다. 표판 목리에 평행한 방향으로 하중을 가했을 때 라디아타소나무의 12.6mm 두께 합판이 70kgf으로 가장 높게 나타났으며, 표판 목리에 직각으로 하중을 가했을 때는 낙엽송의 12.6mm 두께 합판이 73kgf으로 가장 높게 나타났다.

APA에서 규정하는 합판의 못성능 값은 두께에 따라 못의 크기를 다르게 하여 시험하도록 추천하고 있는데, 12.7mm를 기준으로 하여 그 이하일 때는 6d의 못을 사용하고, 그 이상일 때는 8d의 못의 사용하여 실험을 실시하도록 하고 있다. 본 연구에서는 모두 12.7mm 미만의 두께를 갖는 합판을 사용하였으므로, 모두 6d의 못을 사용하였으며, 못 측면 저항력의 결과 모든 경우에 있어 구조용 합판의 벽체나 지붕재로서의 요구치(기건상태: 45kgf, 침수시: 33.75kgf)를 만족하였다. 그러나, APA에서 규정하는 바닥재용으로서의 요구치 78.75kgf은

Table 5. Results of nail withdrawal resistance.

Species of plywood	Thickness of plywood (mm)	Exposure conditions	Maximum load (kgf)
Japanese larch	7.9	Dry	20
		Wet	17
	12.6	Dry	39
		Wet	31
Radiata pine	7.9	Dry	18
		Wet	20
	12.6	Dry	44
		Wet	34

Table 6. Results of nail push head resistance.

Species of plywood	Thickness of plywood	Exposure conditions	Maximum load (kgf)
Japanese larch	7.9mm	Dry	59
		Wet	61
	12.6mm	Dry	99
		Wet	71
Radiata pine	7.9mm	Dry	52
		Wet	25
	12.6mm	Dry	70
		Wet	54

모두 만족시키지 못했다.

결과적으로, 두 수종 모두 구조용 합판의 벽체나 지붕재로서 사용할 수 있지만, 바닥재용으로서의 사용을 위해서는 합판의 두께를 더 두껍게 조절할 필요가 있을 것으로 사료된다.

Table 5는 못 인발 저항력에 대한 결과를 나타낸 것으로, 못 측면 저항력과 같이 두 수종이 유사한 값을 나타내었다. 가장 낮은 값을 나타낸 것은 낙엽송으로 만든 두께 7.9mm 합판으로 17kgf이었다. 이 값은 APA에서 규정하는 인발 저항력의 최소값 7.5kgf보다 매우 높은 값을 나타내었다.

Table 6에 제시된 못머리 관통력 시험의 결과를 보면, 낙엽송 합판이 라디아타소나무로 만든 합판보다 더 높은 최대하중을 나타내었으며, 특히, 두께 12.6mm 합판의 기건상태시 하중은 99kgf으로 가장 높은 값을 나타내고 있는데, 이는 두 수종간의 합판 비중의 차이(낙엽송 합판 비중 0.67, 라디아타소나무 합판 비중 0.61)에 기인한 결과로 생각된다.

3.3 구조용 합판으로서의 성능 평가

구조용 합판의 성능을 평가하는 기준으로 본 연구에서는 휨에 대한 성질을 평가하였다. 우선, 낙엽송과 라디아타소나무를 사용한 합판의 구조적 성능 평가를 위한 기본자료로서 휨강도와 휨강성의 결과를 Table 7에 나타내었다. 모든 합판에서 목리에 평행한 것이 직각인 것보다 휨강성과 휨강도 모두 다소 높게 나타나고 있는데, 이것은 합판의 표면목리 방향별 강도 실험에 대한 여러 연구들(Biblis & Lee, 1987; Bier, 1984; Chow *et al.*, 1988; Kininmonth & Whitehouse, 1991; Koch, 1965; Terry, 1989)과 일치하는 결과이다. 구조용 합판의 성능 실험으로 본 연구에서는 집중하중과 분포하중에 의한 휨성질을 평가하였다. 먼저, 집중하중시 합판의 처짐량과 최대 집중하중 값은 Table 8과 같다. 구조용 합판의 기준으로 APA(APA, 1992)에서는 지간이 32인치인 지붕재의 경우, 최대처짐량은 0.5인치, 지간이 16인치인 바닥재의 경

Table 7. Results of bending strength and stiffness of plywood.

Species	No. of Ply	Bending stiffness (Ib-in ² /ft)		Bending strength (Ib-in/ft)	
		Stress applied Parallel to strength axis ^c)	Stress applied perpendicular to strength axis	Stress applied Parallel to strength axis	Stress applied perpendicular to strength axis
Radiata pine	5a)	108781	77266	1693	1757
	5b)	116263	36969	1397	761
	7	116950	65372	2157	1439
Japanese larch	5a)	117773	89349	1606	1685
	5b)	172913	58779	2351	1186

a : with 1.65mm thick face veneer
 b : with 2.5mm thick face veneer
 c : face veneer grain

Table 8. Assessment of the ultimate load and the deflection under concentrated load.

Species	No. of Ply	Deflection at 200lb. (in.)		Ultimate concentrated load (lb)	
		Roof-32	Subfloor-16	Roof-32	Subfloor-16
Radiata pine	5a)	0.626	0.147	594	716
	5b)	0.645	0.161	477	580
	7	0.150	0.188	724	878
Japanese larch	5a)	0.516	0.135	796	824
	5b)	0.472	0.115	738	875

a : with 1.65mm thick face veneer
 b : with 2.5mm thick face veneer

우, 최대처짐량은 0.188인치로 규정하고 있다. 또한, 집중하중시 요구되는 최대하중의 최소치는 400 lb이다.

위의 요구치와 실험 결과를 비교해 보면, 처짐량은 지붕재의 경우 라디아타소나무의 1.65mm 두께 단판으로 구성된 7매 합판이 0.15인치, 낙엽송의 2.5mm 두께 단판으로만 구성된 5매 합판이 0.472인치로, 두 경우만이 요구치를 만족하고 있음을 알 수 있다. 그러나, Table 8에 나타난 값들은 평균값으로 APA(APA, 1992)에서 요구하는 10회 이상의 반복 중 90% 이상이 만족해야 한다는 규정에는 모두 만족하지 못하고 있다. 바닥재의 경우 모든 합판에서 처짐량의 기준에 만족함을 알 수 있었다.

최대 하중은 지붕재와 밑바닥재 모두가 APA(APA, 1992)의 요구치를 만족하였다.

결과적으로 낙엽송과 라디아타소나무를 사용한 구조용 합판은 바닥재로 사용시에는 문제가 없으나, 지붕재로의 사용은 허용되지 않는다고 할 수 있다.

Table 9에는 균일분포 하중에 대한 처짐량의 실험 결과를 나타내고 있다. 균일 분포하중에 대한 APA(APA, 1992)의 처짐량 기준은 지붕재 32인치일 때 0.133인치, 바닥재 16인치일 때 0.044인치라고 규정하고 있다. 이러한 요구치와 실험 결과를 비교해 보면, 위의 집중하중의 경우와 유사하게 지붕재로의 사용은 허용되지 않는다는 것을 알았다.

집중하중과 균일분포 하중에 대한 구조성능 실험에서 APA(APA, 1992)에서 규정하는 지붕재의

Table 9. Assessment of the deflection under uniformly distributed load.

Species	No. of Ply	Span rating (in.)	
		Roof-32 at 35 psf	Subfloor-16 at 100 psf
Radiata pine	5a)	0.150	0.028
	5b)	0.120	0.025
	7	0.139	0.027
Japanese larch	5a)	0.145	0.031
	5b)	0.095	0.017

a : with 1.65mm thick face veneer

b : with 2.5mm thick face vene

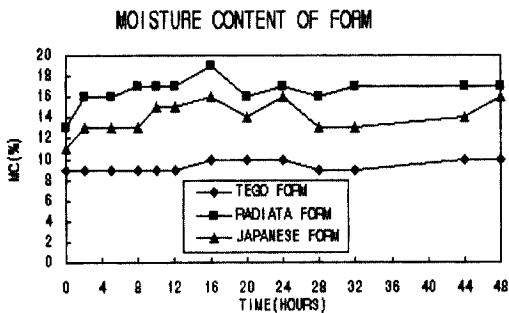


Fig 9. Change of moisture contents in concrete form with time.

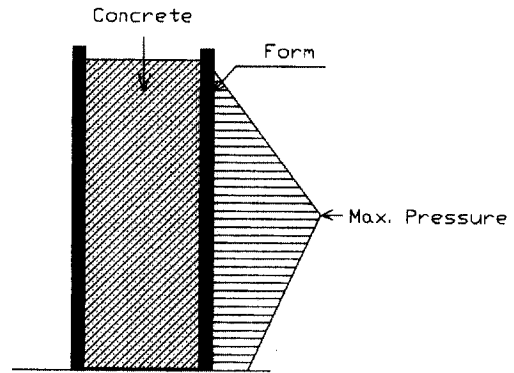


Fig. 10. Distribution of load by casting of concrete.

최대치짐량 기준을 만족하지 못한 것은 본 연구에서 평가한 합판의 두께가 지붕재로 사용하기에는 다소 작은 12.6mm인 것에 기인한 결과로 여겨진다. 일반적으로 주택의 지붕재로 사용되는 합판은 18mm 정도의 두께를 갖는 것으로 알려져 있다. 따라서 추가적으로 낙엽송과 라디아타소나무와 같은 침엽수재를 사용한 합판의 구종성능을 평가하기 위해 보다 두꺼운 합판에 대한 평가가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

3.4 콘크리트 거푸집용 합판으로서의 성능 평가

3.4.1 거푸집의 함수율 변화

함수율은 거푸집의 처짐량과 밀접한 관계가 있는 것으로 예측되어 시간별로 함수율을 측정하였다. 시

간의 경과에 따른 거푸집의 함수율 변화는 Fig. 9에 나타난 것과 같았다.

콘크리트 타설 후 수중에 따른 함수율을 살펴보면, 낙엽송과 라디아타소나무 합판으로 제작한 거푸집은 10% 이상의 초기함수율에서 콘크리트의 수분을 흡수하였지만, 테고합판 거푸집은 테고필름의 영향으로 10% 이하의 함수율을 그대로 유지하였다. Watkinson 등(1990)은 함수율이 5~10% 사이에서 목질 판상재료의 기계적 성질이 가장 우수하게 나타난다고 보고하였다. 만약, 이 범위보다 높은 함수율일 때는 기계적 성질, 즉 MOR, MOE, 내부결합력이 감소한다고 보고하였다. 이와 같은 이유로, 라디아타소나무와 낙엽송을 사용한 합판의 기계적 성질이 저하되어 거푸집으로 사용시 처짐량이 테

필요가 있을 것으로 생각되어진다.

상대적으로 함수율이 높았던 라디아타소나무 합판 거푸집이 가장 큰 처짐량을 나타내었다. 시간경과에 따른 처짐량의 변화는 콘크리트 타설 초기에 가장 현저한 처짐을 나타내고, 그 후에는 처짐량에 별 변화가 없음을 알 수 있었다.

4. 결론

낙엽송과 뉴질랜드산 라디아타소나무, 두 수종의 침엽수를 이용하여 제조한 합판의 구조성능 평가 및 콘크리트 거푸집으로서의 성능시험 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 합판의 기초 재질에 해당되는 비중, 너비 굵음, 길이 굵음, 비틀림에 대한 실험 결과, 국산낙엽송과 라디아타소나무를 사용한 합판은 구조용으로서의 기준을 모두 만족하였다. 이 중 두께 팽창의 경우 라디아타소나무 합판이 낙엽송 합판보다 더 많이 일어났는데 이는 라디아타소나무의 방사방향 수축률이 낙엽송보다 더 크기 때문인 것으로 여겨졌다.
2. 못 측면 저항력, 인발 저항력 그리고 못머리 판통력에 대한 실험 결과, 두 수종 모두 APA 구조용 합판의 벽체나 지붕재에 대한 요구치를 만족하였다. 다만, 측면 저항력에 있어 바닥재로 사용할 경우, APA에서 요구하는 78.75kgf는 만족하지 못하였다. 그러나, 일반적인 바닥재의 경우 두께가 18mm 이상인 합판이 사용되므로 이러한 두께로 제조하였을 경우에는 요구치를 만족할 것으로 예상되므로 못성능에 있어서 구조용 합판으로의 사용에는 문제가 없다고 판단되었다.
3. 집중하중과 균일분포하중에 대한 구조성능 평가 결과, 최대하중의 경우에는 지붕재와 바닥재 모두 APA의 기준을 만족하였으나 처짐량에 있어 지간이 32"인 지붕재로의 사용은 허용되지 않았다. 그러나, 위의 못성능과 마찬가지로 사용되는 합판의 두께를 실제 사용시와 비교하여 유추해 보면 모두 만족하는 것으로 판단해도 무방하리라 여겨진다.
4. 콘크리트 거푸집용 합판으로서의 성능시험에서, 우선 함수율 변화 결과, 거푸집은 콘크리트 타

Fig. 11. Comparison of the deflection by plywood type.

고합판 거푸집보다 클 것으로 예측되었다.

또한, 시간 경과에 따른 수분 흡수는 수종별로 라디아타소나무 합판 거푸집과 낙엽송 합판 거푸집은 모두 콘크리트 타설 후 초기에 급격하게 일어나고 그 후에는 대체적으로 수분 흡수가 일어나지 않음을 알 수 있었다.

3.4.2 벽체 거푸집의 처짐량 측정

벽체 거푸집의 처짐량은 콘크리트의 측압에 의해 발생하는 현상으로 문헌에 의한 측압의 분포는 Fig. 10에 나타낸 것과 같다. 위치별로 최대처짐량은 테고합판 거푸집의 경우 벽체의 윗면으로부터 70~80cm 사이의 위치에서 일어났고, 낙엽송 합판 거푸집은 50~60cm, 라디아타소나무 합판 거푸집은 65~85cm 사이에서 발생하였다.

거푸집의 종류에 따른 처짐량은 Fig. 11에 나타낸 것과 같다. 테고합판 거푸집의 경우 약 11mm, 낙엽송 합판의 경우 11.5mm 그리고 라디아타소나무 거푸집은 약 14.5mm이었다. 거푸집의 수평면상에 보강 장선을 60cm 간격으로 설치했을 경우 처짐량은 테고합판 3.2mm, 낙엽송 합판 6.01mm 그리고 라디아타소나무 합판 거푸집이 6.25mm였다.

일반적으로 국내에서는 보강 장선을 30~60cm(보통 45cm) 간격으로 임의 배치하고 있는 반면, APA(APA, 1990)에서는 안전한 거푸집 제작을 위한 시방서를 다양한 경우에 따라 제시하고 있다. 국내에서도 보강 장선의 효율적인 이용을 위하여 거푸집 설계 시방서에 대한 연구가 이루어질

설 후 초기에 수분을 가장 많이 흡수하고 그 이후에는 별 변화가 없음을 알았으며, 테고합판 거푸집을 제외한 두 수종 합판 거푸집 모두 10% 이상의 함수율을 나타내었다. 거푸집의 종류에 따른 처짐량은 테고합판 거푸집의 경우 약 11mm, 낙엽송의 경우 11.5mm 그리고 라디아타소나무 합판 거푸집은 약 14.5mm이었다. 거푸집에 수평면상에 보강 장선을 60cm 간격으로 설치했을 때의 처짐량은 테고합판의 경우 3.2mm, 낙엽송 합판 거푸집 6.0mm 그리고 라디아타소나무 합판 거푸집이 6.3mm였다. 보강 장선의 효율적인 사용을 기한다면 낙엽송과 라디아타소나무를 사용한 침엽수 합판은 콘크리트 거푸집으로의 사용이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. American Plywood Association. 1990 Concrete forming.
2. American Plywood Association. 1991. Moisture cycleshear test for quality assurance. APA Test Method D&S.
3. American Plywood Association. 1992. Performance standards and polices for structural-use panels. APA PRP-108.
4. American Society for Testing and Materials. 1995. Standard method of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. Standard D 1037-78, Vol. 04.06. ASTM, Philadelphia, Pa.
5. Biblis, E. J. and A. W. C. Lee. 1987. Effect of veneer quality and specimen type on compression properties of southern pine plywood in dry and wet conditions. Forest Prod. J. 37(6) : 49~53.
6. Bier, H. 1984. Pinus radiata plywood: Influence of panel width and loading method on bending properties. New Zealand J. of Forest Sci. 14(3) : 400~403.
7. Chow, P., J. D. McNatt, S. J. Lambrechts, and G. Z. Gertner. 1988. Direct withdrawal and head pull-through performance of nails and staples in structural wood-based panel materials. Forest Prod. J. 38(6) : 19~25.
8. Kim, K. D. 1995. Design concepts of concrete-forming. Journal of the Korea Concrete Institute. 7(4) : 17~25.
9. Kininmonth, J. A. and L. J. Whitehouse. 1991. Properties and uses of New Zealand radiata pine. Vol (1). 55~80.
10. Koch, P. 1965. Effects of seven variables on properties of southern pine plywood. Forest Prod. J. 15(3) : 154~162.
11. Korea Standard. 1987. Standard test method for shear test of plywood. KS F. 3101.
12. Okuma, M., N. Nakamura, and K. Yamada. 1984. Manufacture and performance of radiata pine plywood ¶. Mokuzai Gakkaishi 30(6) : 440 ~ 447.
13. Watkinson, P. J. and N. L. van Gosliga. 1990. Effect of humidity on physical and mechanical properties of New Zealand wood composites. Forest Prod. J. 40(7/8) : 15~20.
14. 임업연구원. 1992. 한국의 목재자원과 수급 및 임산업 현황. 임업연구원 연구자료 제92호.