

리기다소나무 원목형질 조사 및 구조용집성재 제조 수율 평가*¹

심 상 로*² · 여 환 명*^{2†}

Visual Log Grading and Evaluation of Lamina Yield for Manufacturing Structural Glued Laminated Timber of Pitch Pine*¹

Sangro Shim*² · Hwanmyeong Yeo*^{2†}

요 약

우리나라 전역에 사방 및 연료림으로 대량 식재되어 소기의 목적을 달성함과 동시에 치산녹화 성공을 이루는데 크게 기여한 수종인 리기다소나무 제재목의 구조용집성재 라미나로서의 이용가능성을 고찰하였다. 건전한 임분 내에서 평균 흉고직경 32 cm인 리기다소나무를 벌채하여 말구직경 15 cm 이상으로 조재하였을 경우 80% 이상이 2등급 또는 3등급의 원목형질로 구분되어 리기다소나무의 제재목으로서의 이용가능성이 높다고 판단되었다. 구조용집성재 라미나용 주제품의 제재수율은 39.9%, 벽판재 수율은 7.2%, 부제품 수율은 8.1%로 총 원목의 55.2%가 판재로 제재되었다. 옹이를 제거하여 핑거가공한 후 제조한 구조용집성재의 제조수율은 15.3%로 평가되어 옹이를 제거하지 않은 판재의 라미나로의 이용을 위한 옹이재의 휨강도와 압축강도 등의 강도적 성능 평가와 더불어 최적의 라미나 배열을 통한 구조용집성재의 강도 감소 최소화를 위한 연구가 앞으로 필요하다고 판단된다. 본 연구에서 조사된 제재수율과 기타 가공수율 평가는 현재까지 목재산업현장에서 제재목으로서의 이용이 거의 이루어지지 않고 있는 리기다소나무의 효율적인 생산계획을 수립하는데 사용되어질 수 있으리라 기대된다.

ABSTRACT

Pitch pine (*Pinus rigida*) has been planted in Korean forests for several decades, primarily for erosion control and use as a fuel supply. To enhance its value, and especially potential use as lamina

*¹ 접수 2004년 1월 12일, 채택 2004년 2월 28일

*² 국립산림과학원 임산공학부 Department of Forest Products Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

† 주저자(corresponding author) : 여환명(e-mail: hyeo0802@foa.go.kr)

for structural glued laminated timber (glulam), log quality and lumber yield of pitch pine were evaluated in this study. Trees from pure pitch pine stands with an average diameter at breast height of 32 cm were felled and bucked into 3.6m long 15 cm minimum butt-end diameter logs. Over 80% of the logs were classified to No.2 or No.3 visual grade group. Upon sawing total lumber yield was 55.2%, 39.9% for structural glulam lamina, 7.2% for louver, and 8.1% for miscellaneous use. The final lumber yield for manufacturing structural glulam, after cross-cutting to eliminate knots and finger jointing, was only 15.3%. To enhance this manufacturing yield requires that the rate of knot-included lumber used as lamina be raised. However arrangement of the knot-included lamina, whose mechanical properties need to be accurately evaluated, must be optimized to minimize any reduction to the structural glulam strength. The log quality and lumber yield of pitch pine evaluated in this study are expected to facilitate proper planning for wood product manufacture in the Korean lumbering and glulam industrial field, which has not previously dealt with this species.

Keywords: Pitch pine, visual grade, lumber yield, structural glued laminated timber, lamina

1. 서 론

1911년 리기다소나무(Pitch pine, *Pinus rigida*)는 원산지인 미국 동부에서 수원(서울대학교 농과대학)에 들어와 양묘가 처음 시작되었다. 당시 우리나라 임정사의 당면한 과제는 전국에 만연하고 있는 송충으로 인한 적송과 해송의 심각한 피해를 면하기 위한 것과 험하고 척박한 땅에 조림할 수 있는 적수를 선정하기 위한 것이었다. 이와 같은 목적을 달성하고자 외국으로부터 많은 외래수종, 스트로브잣나무(*Pinus strobus*), 방크스소나무(*Pinus banksiana*), 독일가문비나무(*Picea exelsa*), 구주적송(*Pinus sylvestris*), 리기다소나무(*Pinus rigida*) 등이 수입되었는데, 그 중 리기다소나무가 단연 송충의 피해에 대하여 저항성이 클 뿐만 아니라 황폐지 조림에 가장 성적이 좋은 수종으로 판단되었다(박태식 1962, 이필우 1972). 그 후 리기다소나무는 우리나라 전역에 사방 및 연료림으로 대량 식재되어 소기의 목적을 달성함과 동시에 치산녹화 성공을 이루는데 크게 기여한 수종으로 현재 우리나라 전역에 총 48만여 ha에 걸쳐 분포하고 있다. 이중 42만여ha가 III, IV등급으로 벌기령에 도달 또는 곧 도달하기 때문에 본 수종의 대량수요처 개발과 이용기술 개발이 시급한 실정이다.

리기다소나무는 다량의 송진 함유로 인한 가지치기 작업의 곤란, 무육 작업환경이 열악한 경사지 조림으

로 인한 비정상적 무육, 그리고 척박지 조림으로 인한 성장상태 불량 등에 의해 우수한 품질의 목재 생산을 기대키 어렵기 때문에 여러 각도에서의 용도개발 및 이용기술 개발이 요구된다. 리기다소나무는 용재생산용 수종으로 보다는 주로 식생 조성용 수종으로 이용되어 온 수종이기 때문에 리기다소나무의 내음성(김태욱 1965), 광합성(이돈구, 성주한 1984), 솔잎혹과리 침해 저항성(한상억 등 1980) 등 생태, 조림 및 보호에 관한 다양한 연구가 활발히 진행되어 온 반면, 국산 리기다소나무의 목재 성질 및 이용에 관한 연구는 미미하다. 리기다소나무와 같이 저급목재로 인식되어진 수종을 판재나 각재로 이용하고자 할 경우 원목형질과 제재 및 가공수율 등 기초자료 부족은 산업현장에서 판재나 각재의 생산시도 의욕을 저하시킴과 동시에 효율적인 이용을 어렵게 한다. 따라서 본 연구에서는 리기다소나무의 원목형질 조사, 제재수율과 가공수율 조사 및 평가를 통하여 제재목으로서의 이용, 특히 고부가가치재인 구조용집성재용 라미나로서의 이용가능성을 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

경기도 양평군 지체면 일신리 지역의 산에 1967년 조림된 리기다소나무(*Pinus rigida*) 임분 내 흉고직

Table 1. Status of forest land area by age class of pitch pine and Japanese larch (Korea Forest Research Institute 2002)

(unit : ha)

Age-class Species	Total	I	II	III	IV	V	VI
Pitch pine	480,982 (%)	4,052 (0.8)	49,865 (10.4)	322,299 (67.0)	102,254 (21.3)	2,390 (0.5)	122 (0.0)
Japanese larch	641,459 (%)	41,126 (6.4)	256,285 (40.0)	248,330 (38.7)	81,702 (12.7)	12,709 (2.0)	1,307 (0.2)

경이 28 cm 이상으로 비교적 통직한 나무를 선정하여 52본을 벌채하였다. 벌채한 리기다소나무의 평균 흉고직경은 32 cm, 평균 수고는 17 m이었다. 벌목 후 뿌리에 가까운 쪽(지체부)부터 재장 3.6 m로 조재하여 한 나무에서 3개의 길이 3.6 m 원목을 채취하고 지체부로부터 순서대로 1번, 2번, 3번 토막으로 분류하여 집재하였다. 그 중 말구직경이 15 cm 미만의 토막은 시험에서 제외하여 112토막을 준비하였는데, 112토막(1번목 52개, 2번목 50개, 3번목 10개) 원목의 평균 말구직경은 23 cm로 최소말구 직경은 15 cm, 최대말구 직경은 32 cm이었다. 공시목 52본의 연륜폭 조사를 통해 직경생장 상태를 알아보고, 112토막 원목의 육안품질등급구분을 위해 임업연구원고시 제 2000-38호에 따라 재종, 형량 및 형질구분을 실시하였다(임업연구원 2000). 준비된 원목을 구조용집성재 라미나(주제품), 벽판재, 부제품등 용도별로 구분 제재하여 제재수율을 구하였다. 거차직경 44"인 송재차식 띠톱형 제재기에 폭 150 mm 두께 1.5 mm 치진폭 2.5 mm의 띠톱을 장착한 후 접선단면제재(판목제재)를 실시하였다. 주제품은 두께 33 mm와 길이 3.6 m로 고정하고 3가지(소, 중, 대단면 집성재용) 폭(150, 180, 210 mm)별로 제재하여 총 3가지 형태의 판재로 제재하였다. 벽판재는 폭을 120 mm로 고정하고 2가지 두께(21 mm, 27 mm)에 대해 2가지 길이(2.7 m와 3.6 m)로 제재하여 총 4가지 형태로 제재하였다. 부제품은 폭 60 mm와 90 mm 2가지에 대해 각각 2가지 두께(21 mm와 27 mm), 2가지 길이(2.7 m와 3.6 m)를 적용하여 총 8가지 형태로 제재하였다. 구조용집성재 라미나로 사용할 주제품 총 365매 판재의 대패 가공 수율을 조사하였고, 그 중 무작위로 추출된 180매에 대한 용이 크기 및 분포를 조사한 후 용이제거

판재수율을 평가하였다(일본합판검사회 1996). 핑거 접합한 판재의 편면을 각각 1 mm씩 대패가공 함을 가정한 핑거접합 판재의 가공수율 추정과 더불어 집성재마무리 시 양 측면을 각각 10 mm씩 대패가공함을 가정한 마무리 가공수율을 추정하였다.

3. 결과 및 고찰

국내 리기다소나무는 낙엽송 다음으로 많은 양이 조림되어 있는데, 영급별 현황은 Table 1과 같다. 본 시험에서는 1967년 경기도 양평군 지체면 일신리에 조림되어 현재 IV령급에 해당하는 리기다소나무를 벌채하였는데 양호한 생활환경조건에서 자라 원목의 형질과 직경급이 타지역에 비하여 비교적 우수하다고 판단된다.

벌채된 공시목 52본의 연륜폭을 조사한 결과 최근 5년간 평균 연륜폭은 2.85 mm로 계속 성장하고 있음을 알 수 있었다(Table 2). 간벌에 의해 직경생장을 촉진시키고 가지치기에 의해 지하고를 높이는 작업의 필요성에 대해 검토해 볼 필요가 있었다.

3.1. 원목의 육안품질등급 구분

재종구분: 임업연구원고시 제2000-38호에서 규정하는 대경재(말구직경 30 cm 이상)는 2토막, 중경재(말구직경 15이상 30 cm 미만)는 110토막이었다. 임업연구원고시에서 소경목으로 규정하는 말구직경 15 cm 미만의 원목은 본 시험대상 원목에서 제외시켰다.

형량구분: 임업연구원고시에 따른 형량구분 1등급(말구직경 30 cm 이상)이 2토막, 2등급(말구직경 24

Table 2. Growth increments of pitch pine

Year	Annual ring width (mm)		
	Long diameter direction	Short diameter direction	Average
0~5	6.22	4.89	5.56
6~10	6.32	4.96	5.64
11~15	6.14	4.79	5.46
16~20	4.61	3.59	4.10
21~25	3.82	2.97	3.39
26~30	3.81	2.95	3.38
31~35	3.21	2.49	2.85
Average	4.88	3.81	4.39

Table 3. Visual grade of pitch pine log

Classification	Number of log (rate of each grade)				Total
	First grade	Second grade	Third grade	Fourth grade	
First log*1	0	41 (36.6%)	7 (6.3%)	4 (3.6%)	52 (46.5%)
Second log	0	27 (24.1%)	16 (14.2%)	7 (6.3%)	50 (44.6%)
Third log	0	2 (1.8%)	6 (5.3%)	2 (1.8%)	10 (8.9%)
Total	0	70 (62.5%)	29 (25.9%)	13 (11.6%)	112 (100%)

*1: Log cut from near stump when tree was felled and bucked into 3.6m long logs.

이상 30 cm 미만)은 31토막, 3등급(말구 직경 15 이상 24 cm 미만)은 79토막이었으며, 4등급(말구 직경 15 cm 미만)은 없었다.

형질구분: 임업연구원고시에 규정된 웅이, 굵음, 횡단면 활렬, 윤활, 인발, 썩음, 기타 결점 등 7항목에 대한 결점조사를 통해 대경목과 중경목의 형질구분을 실시한 결과 1등급은 없었으며, 2등급이 70토막, 3등급이 29토막, 4등급이 13토막으로 총 원목 중 2등급이 62.5%, 3등급이 25.9%, 4등급이 11.6%이었다. 각 등급별 원목 수와 총 원목대비 등급별 비율은 Table 3과 같다. 이 결과를 통해 건전한 리기다소나무 임분 내 흉고직경 28 cm인 나무를 벌채하여 말구직경 15 cm 이상으로 조제하였을 경우 80% 이상이 2등급 또는 3등급의 원목으로 구분되어 제재목으로서 사용가능성이 높다고 판단되었다.

같은 토막 내에서 각 등급별 비율을 보면, 지제부에서 조제한 길이 3.6 m인 1번목의 경우 총 52개 중 41개인 78.8%가 2등급으로 분류되었다. 2번목의 경

우는 총 50개 중 27개인 54%가 2등급으로 분류되어 제재목으로서의 이용 가능성을 보여주었다. 그러나 3번목의 경우 총 10개중 8개가 웅이가 크고 많으며 굵음도 심하여 3등급 또는 4등급으로 분류되어 3번목의 경우 제재목으로서의 이용 가능성이 낮은 것으로 평가된다. 따라서 3번목의 말구직경이 1번목 또는 2번목과 같더라도 3번목의 경우 제재목으로서의 이용을 피하고 MDF용재 등으로 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3.2. 제재수율

공시원목 112토막을 말구직경사승법에 의해 계산한 결과 원목제적은 19.1 m³이었다. 이 중 주제품 365매의 수율은 39.9%, 벽판재 488매의 수율은 7.2%, 부제품 216매의 수율은 8.1%로 총 원목의 55.2%가 판재로 제재될 수 있었다. 각 제품별 제재수율은 Table 4와 같다. 원목전동 부위별로 제재수율을 평가

Table 4. Lumber yield classified by use of pitch pine

Classification	Width(mm)	Thick(mm)	Length(m)	No. of lumber	Yield(%)
Glulam Lamina (Main Product)	150	33	3.6	145	13.5
	180			124	13.9
	210			96	12.5
	Lamina yield			365	39.9
Louver	120	21	27	5	0.2
			3.6	6	0.3
		27	27	8	0.4
			3.6	104	6.3
		Louver yield			123
Miscellaneous Products	60	21	27	0	0
			3.6	23	0.5
		27	27	0	0
			3.6	31	1.0
	60 mm width miscell. yield			54	1.5
	90	21	27	13	0.4
			3.6	35	1.3
		27	27	23	0.8
			3.6	91	4.2
	90 mm width miscell. yield			162	6.6
Miscellaneous products yield			216	8.1	
Total			704	55.2	

해 본 결과, 총 수율 55.2%에서 1번목으로부터 제재된 수율이 32.9%이고, 2번목으로부터 제재된 수율은 20.3%였다. 3번목으로부터 제재된 수율은 2%로서 3번목의 경우 앞서 원목형질 조사에서도 평가되었듯이 제재수율이 매우 낮아 제재용으로는 부적합하다고 판단된다.

또한 말구직경급별로 제재수율을 조사해 본 결과, 말구직경이 19 cm 미만의 경우 주제품 수율은 30% 미만이고 총수율(주제품, 벽판재, 부제품 수율의 합)은 50% 미만이었다. 말구직경이 19 cm~21 cm인 경우 주제품 수율은 30~40%이고 총수율은 50~53%이었으며, 말구직경이 21 cm 이상인 경우 주제품 수율이 40% 이상이고 총수율은 53% 이상이었다. 따라서 국산재 제재소에서 일반적으로 사용하고 있는 원목의 최소 말구직경인 21 cm 이상의 리기다소나무 원목의 경우 높은 제재수율을 얻을 수 있기 때문에 제

재목으로서의 이용 가능성이 충분하다고 판단되며, 말구직경 19 cm~21 cm의 경우 역시 총수율이 50% 이상인 점으로 미루어보아 이용 가능할 것으로 판단된다. 그러나 말구직경 19 cm 미만 원목의 경우는 부제품의 용도개발 및 원주재 가공 이용성 검토가 선행되어야 할 것으로 판단된다. 폭 21 cm 판재는 대단면 구조용집성재 이용을 상정하여 제재하였으나, 제재수율을 고려해 본 결과 폭 치수를 줄여 제재하여 폭 18 cm와 15 cm 판재수율을 증가시키는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

3.3. 가공수율

구조용집성재 라미나로 사용될 주제품의 제재, 대패, 결점제거, 핑거 및 집성재 마무리 가공수율을 조사 평가한 결과는 Table 5와 같다. 제재수율은

Table 5. Lumber yield classified by manufacturing process

Classification	Log	Lumbering	Planing	Cross cutting	Finger joint	Finishing plane
Volume(m ³)	19.1	7.6	5.5	3.6	3.3	2.9
Process yield(%)	100	39.9	72.7	65.1	92.0	88.0
Cumulative yield(%)	100	39.9	29.0	18.9	17.4	15.3

39.9%, 대패가공 수율은 72.7%, 결점(옹이)제거 수율은 65.1%, 핑어가공 수율은 92.0%, 집성재 마무리가공 수율은 88.0%이었다.

누적가공수율은 대패가공 후 29.0%, 옹이 등의 결점을 제거 후 18.9%, 핑어가공 후 17.4%, 집성재 마무리가공 후 15.3%이므로 옹이 등의 결점을 제거한 판재만을 구조용집성재 라미나로 이용할 경우에는 원목재적의 84.7%가 이용되지 못한다는 결과를 보여준다.

위에서 평가된 수율 중 결점제거 수율은 판재 폭에 대한 집중옹이와 재연부옹이의 지름비를 조사하여 그 지름비가 50% 이상인 경우 불량한 부위를 제거하고 남은 건전판재의 수율을 계산한 것으로서 리기다소나무 특유의 균집된 옹이와 산발적으로 존재하는 큰 옹이의 영향 때문에 결점제거 수율이 낮게 평가되어 질 수 밖에 없었으며, 이것이 생산수율을 크게 떨어뜨리는 주요인으로 작용하였다. 따라서 생산수율 향상을 위해서는 옹이가 제거되지 않은 판재의 라미나로서의 이용이 필요한데 이를 위해서는 옹이제의 휨강도와 압축강도 등의 강도적 성능 평가와 더불어 최적의 라미나 구성 배열을 통한 구조용집성재의 강도 감소 최소화를 유도해야 할 것으로 사료된다.

4. 결론

건전한 임분 내에서 평균 흉고직경 32 cm인 리기다소나무를 벌채하여 밑구직경 15 cm 이상으로 조재하였을 경우 80% 이상이 2등급 또는 3등급의 원목형질로 구분되어 리기다소나무의 제재목으로서의 이용가능성이 높다고 판단되었다. 구조용집성재 라미나용 주제품의 제재수율은 39.9%, 벽판재 수율은 7.2%, 부제품 수율은 8.1%로 총 원목의 55.2%가 판재로 제재되었다. 옹이를 제거하여 핑어가공한 후 제조한 구조용집

성재의 제조수율은 15.3%로 평가되어, 옹이를 제거하지 않은 판재의 라미나로의 이용을 위한 옹이제의 휨강도와 압축강도 등의 강도적 성능 평가와 더불어 최적의 라미나 배열을 통한 구조용집성재의 강도 감소 최소화를 위한 연구 및 옹이에 의한 강도저감 영향이 비교적 적을 것으로 예상되는 기동용 라미나로의 이용이나 보의 압축축 라미나로의 이용을 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서 조사된 제재수율과 기타 생산수율 평가는 현재까지 목재산업현장에서 제재목으로 이용이 거의 이루어지지 않고 있는 리기다소나무의 효율적인 생산계획을 수립하는데 사용되어질 수 있으리라 기대된다.

참고 문헌

- 김태욱. 1965. 천연갱신의 요건으로서의 리기다소나무 곱술 및 회양목의 내음성 조사. 한국임학회지 (4): 33~38.
- 박태식. 1962. 장령기에 가까운 리기다소나무 임분의 맹아갱신에 대한 연구. 한국임학회지 (1): 22~29.
- 이돈구, 성주환. 1984. 솔잎혹파리 침해에 따른 감수성 수종인 소나무와 저항성수종인 리기다소나무에 있어서 광합성 및 엽의 색소변이. 한국임학회지 (65): 1~11.
- 이필우. 1972. 리기다소나무의 목재해부학적 및 물리학적 성질에 관한 연구. 한국임학회지 (16): 33~62.
- 일본합판집사회(재단법인). 1996. JAS 구조용집성재 일본농림규격.
- 임업연구원. 2000. 원목의 규격과 해철. 연구자료 171호. pp. 209.
- 임업연구원. 2002. 경제림육성을 위한 산림실태조사(1999-2001). pp. 128.
- 한상익, 이돈구, 전상근. 1980. 소나무, 해송 및 리기다소나무에 있어서 건전엽 솔잎혹파리 피해엽의 생화학적 물질비교. 한국임학회지 (50): 49~55.