

잣나무 수간내 재질변동에 관한 연구(Ⅲ)¹
-가도관장·폭, 마이크로피브릴경사각, 압축강도의 수고방향 변동-
김병로², 민두식²

Studies on Variability of Wood Properties in Stem of *Pinus koraiensis*(Ⅲ)¹
-Variations in Tracheid Length and Width, Microfibril Angle and Compression Strength
in the Longitudinal Direction-
Byung-Ro Kim² and Du-Sik Min²

요약

잣나무 조림목의 유용한 이용과 적합한 용도개발을 위한 수간내 재질변동을 조사하였다. 수고방향(수고 약 20m중 0.3, 1.3, 2.3, 5.3m부위)의 가도관장, 가도관폭, 마이크로피브릴경사각, 압축강도를 측정하고, 그들의 변동에 관하여 Duncan의 다중검정법에 의하여 조사하였다. 그 결과 가도관장, 가도관폭 및 압축강도는 대체로 유의차를 보이지 않았으나 마이크로피브릴경각은 유의차를 나타냈다. 그러나 마이크로피브릴경각은 수고에 따라 높아지거나 또는 낮아지는 등 일정한 경향을 보이지는 않았다.

ABSTRACT

Variations in the wood quality were analyzed to utilize Korean pine (*Pinus koraiensis* S. et Z.) efficiently and to develop suitable use, depending on the stem location. Variations in the tracheid length and width, microfibril angle, compression strength were measured at the heights of 0.3, 1.3, 2.3, and 5.3m in the longitudinal direction of the 20m pine and they were analyzed by Duncan's multiple range test. Variations in the tracheid length, width and compression strength did not show significant difference, whereas those in the microfibril angle showed significant difference. However, the microfibril angle did not vary with the height of trees, showing inconsistent pattern in change.

Key words : *Pinus koraiensis*, wood quality, tracheid length and width, microfibril angle, compression strength

¹ 접수 1999년 3월 18일 Received on March 18, 1999.

² 충북대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

서 론

지구상의 유용수종이 생산하는 목재들에 대해 효과적으로 정확히 사용하여 경제성을 높이기 위해서 재질연구는 다양하고 다각적으로 연구되어 오고 있다. 더욱이 최근에는 목재 수출국의 자국의 목재자원보호, 전세계적으로 대두되는 환경문제 등으로 인해 목재의 수급, 확보가 어려워진 이상 앞으로의 자국의 생산 목재의 용도개발을 위한 재질연구 등은 당연 과제로 생각된다. 우리나라의 유용조림수종에 하나인 잣나무는 벌채 전까지는 수실을 얻을 수 있고 벌채 후에는 용재로서 사용할 수 있어 지금까지 중요한 조림수종으로서 취급되어 왔다. 이로 인해 잣나무는 1991년부터 1996년까지 최근 6개년간만도 총 조림면적의 약 30%를 차지하는 54,300ha 정도, 총 조림목의 약 34%를 점유하는 약 1억5천만 본 정도가 조림되었다⁴⁾. 이 잣나무 조림목은 30~40년 후면 벌기령에 달해 용재로 이용할 수 있어 우리나라의 중요한 임목자원의 하나가 된 것이다. 따라서 잣나무의 유용한 이용과 적합한 용도개발을 위한 재질연구가 다양하게 이루어 졌고^{3,5,6)} 앞으로도 잣나무 조림목을 위한 다각적인 재질인자에 대해서 구명되어져야 된다고 생각한다. 따라서 본 연구에서는 잣나무 조림목의 수간내 재질변동조사의 일환으로 전보^{1,2)}에 이어 가도관장, 가도관폭, 마이크로피브릴경각, 압축강도의 수고방향의 변동에 관하여 조사하여 고찰하였다.

재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에 사용된 공시목은 충청북도 제원군 백운면 방학리 소재의 면적 4ha에 1200본 식재된 수령 57년생 잣나무 인공조림지에서 표준목 2본을 선발하여 공시목으로 하였으며 그 개요는 표1과 같다. 임지의 지형은 약 25°의 경사로 남동방향을 이루고 있고, 임분의 표고는 약 530m이다.

2.2 방법

나무1, 2에서 그림1의 A와 같이 1.3m, 2.3m, 5.3m의 각 높이에서 원반을 만들고 원반에서

Table 1. Sample trees

Number	D.B.H(cm)	Height(m)	Age(yrs)
Tree 1	35	20	57
Tree 2	39	23	57

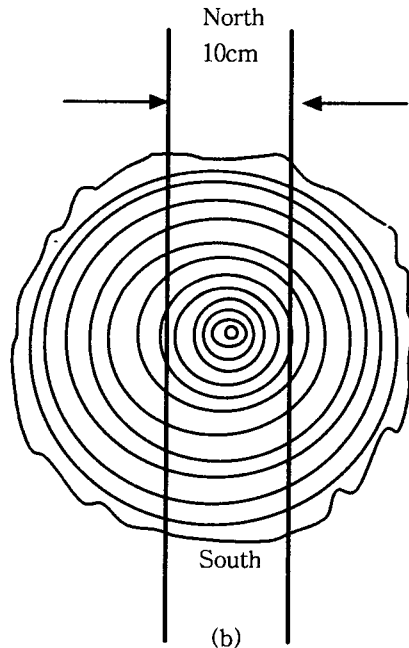
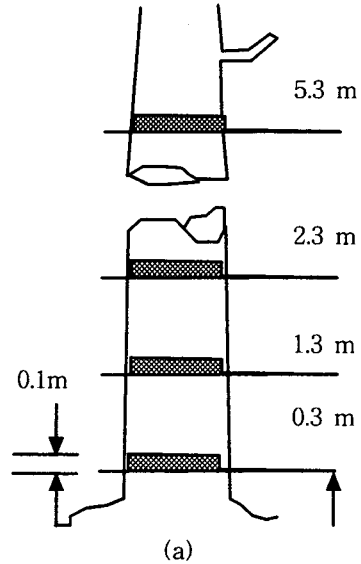


Fig.1. Diagrammatic representation for the preparing formula of test specimens

그림1의 B와 같이 폭10cm로 남북방향으로 채취하였다. 이들에 대해 방사방향으로 반으로 나누어 각각 가도관장과 마이크로피브릴경각 측정용 시험편으로 사용하였다.

2.2.1 가도관장 및 폭 측정

2.2에서 채취된 가도관장용 시험편에서 수를 중심으로 남북방향으로 2, 4, 6 등 짝수에 해당하는 연륜들을 춘, 추재로 나누어 슬츠액으로 처리하여 해리한 후 염색하여 슬라이드그라스 상에서 무작위로 20개씩 가도관장 및 폭을 측정했다.

2.2.2 마이크로피브릴경각 측정

2.2에서 채취된 마이크로피브릴경각용 시험편에서 수를 중심으로 남북방향으로 5, 10, 15, ..., 40번이 해당하는 연륜이 포함되도록 1×1×1(cm) 크기의 블록을 제작한 후 연화시켰다. 이를 슬라이딩 마이크로톰을 이용하여 해당 연륜들에 대해 춘, 추재로 나누어 두께 20~25µm의 접선단면 절편을 만들고 슬츠액으로 15분 처리한 다음 10, 30, 60, 80, 100% 알콜순으로 탈수시킨 후 슬라이드그라스에 올려놓은 다음 옥도·요도가리 수용액을 사용하여 탈리그닌한 후 50% HNO₃를 1방울 떨어뜨려 요드의 침상결정을 형성시킨 후 잔여액을 제거한 후 그리세린을 1방울 떨어뜨린 후 커버그라스로 덮고 사진 촬영후 사진상에서 S₂층의 마이크로피브릴의 경각을 측정했다.

2.2.3 종압축강도 측정

나무1,2에서 그림1의 A의 0.3, 1.3, 2.3, 5.3m의 각 높이에서 원반이 채취된 바로 밑 부분에서 수를 중심으로 남북방향으로 2(R)×2(T)×4(L)cm 크기의 시편을 연속적으로 채취하여 이 시편을 이용해 종압축강도를 측정했다.

결과 및 고찰

3.1 가도관장 및 가도관폭의 변동

Table 2는 나무1, 2의 지상고 1.3m, 2.3m, 5.3m부위에서 수로부터 남북방향으로 짝수연륜에서 조·만재의 평균가도관장을, Table 3은 평균가도관폭을 측정하고 지상고별로 Duncan

의 다중검정법에 의해 가도관장 및 가도관폭의 유의 차를 나타낸 것이다. Table 2를 보면 남북방향에서, 조·만재에서 대체로 가도관장의 유의 차가 없었으나 나무1은 남북방향과 조·만재에서 평균적으로는 2.3m, 5.3m, 1.3m 순으로 나타내고 있으며 남쪽방향의 조·만재에서는 어느 정도의 유의차도 보이고 있다. 나무 2는 전혀 유의 차가 없고 평균적으로 수고가 높아짐에 따라 가도관장이 길어지는 경향으로 거의 5.3m, 2.3m, 1.3m순을 보이고 있다.

平川등(1996)⁷⁾은 수간내의 가도관장의 변동 보고에서 반경방향에서는 Kim등(1998)²⁾의 보고와 같이 수로부터 반경방향으로 증가하다 10~15연륜째 이후에는 거의 일정 치에 달하며, 수고방향으로는 조사한 5분 중 지상고가 높아짐에 따라 길어지는 개체가 3본이고 그 외에는 가도관장의 변동 패턴 및 값이 모두 지상고에 의한 변화는 볼 수 없었다고 보고하고 있다. Table 3의 가도관폭은 가도관장보다는 통계적으로 유의차를 보이고 있으며, 나무1의 북쪽방

Table 2. Duncan's multiple range test for tracheid length of Korean pine

	No.1 Tree		No.2 Tree	
South, EW	2.3m(a) ^{*1} 1.3m(b)	5.3m(a)	5.3m(a) 1.3m(a)	2.3m(a)
South, LW	2.3m(a) 1.3m(b)	5.3m(ab)	5.3m(a) 1.3m(a)	2.3m(a)
North, EW	2.3m(a) 1.3m(a)	5.3m(a)	5.3m(a) 1.3m(a)	2.3m(a)
North, LW	2.3m(a) 1.3m(a)	5.3m(a)	2.3m(a) 1.3m(a)	5.3m(a)

*1 The same letters indicate no significant difference
EW : Earlywood, LW : Latewood

Table 3. Duncan's multiple range test for tracheid width of Korean pine

	No.1 Tree		No.2 Tree	
South, EW	1.3m(a) 5.3m(b)	2.3m(a)	1.3m(a) 2.3m(b)	5.3m(b)
South, LW	5.3m(a) 2.3m(b)	1.3m(a)	2.3m(a) 1.3m(a)	5.3m(a)
North, EW	1.3m(a) 2.3m(b)	5.3m(a)	2.3m(a) 5.3m(a)	1.3m(a)
North, LW	1.3m(a) 2.3m(b)	5.3m(a)	1.3m(a) 2.3m(b)	5.3m(b)

*1 The same letters indicate no significant difference
EW : Earlywood, LW : Latewood

향에서는 수고 1.3m, 5.3m, 2.3m 순으로 가도관장과는 반대의 순으로 일정한 패턴을 보이고 있으나, 나무1의 남쪽방향과 나무2는 가도관장에 대해서는 어느 일정한 패턴을 나타내고 있지 않다.

3.2 마이크로피브릴경각의 변동

Table 4는 나무1, 2의 지상고 1.3m, 2.3m, 5.3m부위에서 수로부터 남북방향으로 5, 10, 15, ---40연륜에서 조·만재의 평균 마이크로피브릴경각을 측정하고 지상고별로 마이크로피브릴경각 차이의 유무를 Duncan의 다중검정법에 의해 조사한 것이다. 표를 보면 마이크로피브릴경각의 수고간 차이는 각 방향의 모든 조·만재에서 유의차를 나타내고 있다. 수고간 마이크로피브릴경각은 어느 일정한 패턴을 나타내고 있지 않으며 또한 가도관장과 마이크로피브릴경각과의 관계를 가도관장과 폭과의 관계와 같이 보면 나무1의 북쪽방향에서는 수고 1.3m, 5.3m, 2.3m 순으로 가도관장과는 반대의 순으로 일정한 패턴을 보이고 있으나, 나무1의 남쪽방향과 나무2는 가도관장과 마이크로피브릴경각사이에 어느 일정한 패턴을 나타내고 있지 않다. 근년 수고방향에 있어서 경각변동에 관해 Donaldson(1992)은 라디에타파인에서 지상고가 높게되면 경각은 작아지고 이후 일정하게 된다고 보고하고 있다. 平川(1996)은 고령목을 대상으로 지상고 차가 큰 부위간의 경각을 비교한 결과 큰 경각 차를 확인한 것으로 보고하고 있다. 즉 지상고 1.2m부위와 21.6m부위의 경각 차는 10~20도의 차이로 1.2m부위 보다 21.6m부위가 적었다고 하고. 또한 유령목의 대상으로도 경각 차를 확인해 1.2, 5.2, 9.2m부위에 대해 1.2m 부위는 경각이 크고 5.2m와 9.2m 부위에는 경각이 적었다고 보고하고 있다.

Fig. 2과 3는 금번 측정한 마이크로피브릴 경각사진으로 나무1의 남쪽과 북쪽방향의 마이크로피브릴 경각의 측정에 사용한 것이다.

3.3 강도의 변동

Table 4는 나무1,2의 지상고 0.3, 1.3m, 2.3m, 5.3m부위에서 수를 중심으로 남북방향으로 2(R)×2(T)×4(L)cm 크기의 시편을 연속적으로

Table 4. Duncan's multiple range test for Mf angles of Korean pine

	No.1 Tree		No.2 Tree	
South, 5.3m(a)	2.3m(ab)	2.3m(a)	1.3m(b)	
EW	1.3m(b)		5.3m(c)	
South, 5.3m(a)	2.3m(ab)	1.3m(a)	2.3m(b)	
LW	2.3m(b)		5.3m(c)	
North, 1.3m(a)	5.3m(b)	2.3m(a)	1.3m(b)	
EW	2.3m(c)		5.3m(c)	
North, 1.3m(a)	5.3m(a)	1.3m(a)	2.3m(b)	
LW	2.3m(c)		5.3m(c)	

^{*1} The same letters indicate no significant difference Mf ; Microfibril, EW ; Earlywood, LW ; Latewood

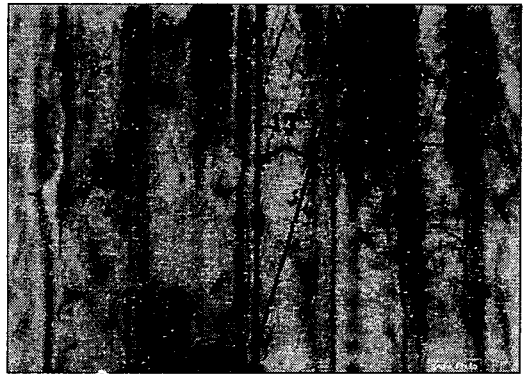


Fig. 2. Microfibril angle of north side of stem in Korean pine



Fig. 3. Microfibril angle of south side of stem in Korean pine

채취하여 이 시편을 이용해 종압축강도를 조사한 것이다. 표를 보면 수고간 남북방향 모두에서 대체로 강도, 비례한도 강도, 영계수의 유의 차를 보이지 않고 있다. 平川(1996)등은 수

고가 높아지면 강도가 커지는 것으로 보고하고 있으나 본 연구의 높이에서는 수고에 따른 유의 차를 보이지 않았으며 평균값 적으로도 수고에 따라 높아지거나 또는 낮아지는 등 일정한 패턴을 보이지 않았다.

이전의 많은 연구보고^{2,7,8)}들과 같이 가도관장과 경각과의 관계는 수고가 높아짐에 따라 가도관장이 길어지고 경각이 작아지는 것으로 알려져 있으나 본 잣나무의 수고방향의 변동은 수고 약 20m중에서 1.3, 2.3, 5.3m부위만을 조사한 것으로 그 높이 범위에서는 본 실험과 같은 결과를 나타냈으며 전 수고내의 변동은 더 조사되어야 할 것으로 생각한다.

Table 5. Duncan's multiple range test for mechanical properties of Korean pine

		No.1 Tree		No.2 tree	
σ_c	South	2.3m(a)	5.3m(a)	5.3m(a)	0.3m(a)
		0.3m(a)	1.3m(a)	1.3m(a)	2.3m(a)
	North	5.3m(a)	1.3m(a)	0.3m(a)	5.3m(a)
		0.3m(a)	2.3m(a)	2.3m(a)	1.3m(a)
σ_{cp}	South	2.3m(a)	5.3m(a)	1.3m(a)	5.3m(a)
		0.3m(a)	1.3m(ab)	0.3m(a)	2.3m(ab)
	North	5.3m(a)	2.3m(a)	5.3m(a)	2.3m(ab)
		1.3m(a)	0.3m(a)	1.3m(ab)	0.3m(b)
E_c	South	5.3m(a)	2.3m(a)	1.3m(a)	0.3m(a)
		0.3m(a)	1.3m(a)	5.3m(a)	2.3m(a)
	North	2.3m(a)	5.3m(a)	5.3m(a)	2.3m(ab)
		1.3m(a)	0.3m(a)	0.3m(bc)	1.3m(c)

*1 The same letters indicate no significant difference.

σ_c ; Compressive strength, σ_{cp} ; Compressive stress proportional limit, E_c ; Young's modulus

결론

잣나무 조림목의 유용한 이용과 적합한 용도 개발을 위한 수간내 재질변동조사의 일환으로 가도관장, 가도관폭, 마이크로피브릴경각, 압축강도의 수고방향(수고 약 20m중 0.3, 1.3, 2.3, 5.3m부위)의 변동에 관에 조사한 결과 가도관장, 가도관폭 및 압축강도는 대체로 유의 차를 보이지 않았으나 마이크로피브릴경각은 유의 차를 나타냈다. 그러나 마이크로피브릴경각은 수고에 따라 높아지거나 또는 낮아지는 등 일정한 패턴을 보이지는 않았다.

인용문헌

1. 김병로. 1995. 잣나무 수간내 재질변동에 관한 연구(I) - 심재와 변재의 생재함수율과 수축율 차이 - . 목재공학 23(1) : 28-34.
2. Kim, B.R. and A. Misshito. 1998. Studies on variability of wood properties in stem of *Pinus koraiensis* (II) - Differences in tracheid length, microfibril angle and compression strength in south and north sides of stem - . Mokchae Konghak. 26(2) : 45 - 50.
3. 강성구. 1993. 잣나무 조림목의 조직 특성의 변동과 미성숙재·성숙재의 재질. 목재공학 21(2) : 73 - 80.
4. 산림청. 1997. 임업통계연보. 웃고문화사. 서울. 646pp.
5. 이원용. 1974. 잣나무의 재질에 관한 연구(III) - 연륜폭과 추재율 - . 한국임학회지 24 : 25 - 443.
6. 이원용·김수창. 1982. 잣나무의 재질에 관한 연구(제6보) - 성숙재와 미성숙재와의 재질의 특징 - . 목재공학 10(1) : 38 - 46.
7. 平川泰彦·藤澤義武. 1996. スギの晩材假導管S2層のマイクロフィブリル傾角の樹高方向における變動. 木材學會誌 42(2) : 107 - 114.
8. Donaldson, L.A. 1992. New Zealand J. For. Sci. 22(1) : 77 - 86.