

木材의 硬度에 關한 研究

洪淳一* · 李元用**

Studies on the Hardness of Woods

Soon-il Hong* · Won Yong Lee**

SUMMARY

This study was performed to investigate the hardness of wood related to the wood surface, sap and heartwood, early and latewood, specific gravity, annual ring width and moisture content on major Korean tree species such as *Pinus koraiensis*, *Abies holophylla*, *Larix leptolepis* and *Quercus valiablis*.

The results were summarized as follows:

1. The arithmetic mean values of wood hardness on cross section were respectively 8.0 kg / mm² on *Quercus valiablis*, 7.4 kg / mm² on *Larix leptolepis*, 5.1 kg / mm² on *Pinus koraiensis* and 4.7 kg / mm² on *Abies hollophylla*.
2. Generally hardness of wood on cross section was greater than the others and the proportion of cross section hardness to radial was respectively 2.8 on *Quercus valiablis*, 2.6 on *Larix leptolepis*, 3.8 on *Pinus koraiensis*, and 4.1 on *Abies holophylla* and that proportion was tend to be decrease as specific gravity increased.
3. It was recognized that the hardness of sap and heartwood was different from each of the tree species and generally heartwood hardness was somewhat greater than sapwood.
4. Generally latewood hardness with in a ring was greater than earlywood and the proportion of earlywood hardness to latewood decreased as specific gravity increased.
5. The relations between hardness of wood and specific gravity show a high positive correlation on all sample tree species.
6. The values of hardness decreased with increasing annual ring width.
7. Hardness of wood on *Abies holophylla* was greatest in oven dried wood and it was decreased as moisture content increased, but not changed with moisture content abve F.S.P.. The proportion of oven dried wood hardness to green are respectively 3.0 on cross, 2.4 on radial and 1.9 on tangential section.

* 江原大學校 大學院 林產加工學科 : Dept. of Wood Science and Tech. Graduate School, Kangweon Nat'l. Univ.,

** 江原大學校 林科大學 林產加工學科 教授 : Dept. of Wood Science and Tech., Kangweon Nat'l. Univ.,

1. 緒 論

2개의 物體를 서로 맞대고 壓力을 加할때 壓入部의 永久變形이 凹部로 되어 남게되는데 이때 이 凹部를 생기게 하려는 힘에 對한 抵抗을 硬度(hardness)라 한다.

그런데 木材의 硬度를 測定하는데 있어 갖추어야 할 條件을 생각해보면 ①가장 軟한 材部로부터 堅고한 材部까지 均一한 方法으로 測定할 수 있을 것 ②木口, 板目 및 柁木面의 3斷面을 測定할 수 있을 것 ③削片板이나 纖維板에도 똑같은 方法으로 測定하여 木材와 比較할 수 있을 것 ④方法이 간편하고 또한 正確히 測定할 수 있을 것 ⑤測定된 硬度의 數値가 木材의 理學的 및 다른 機械的 性質과의 關連性을 갖을 것 등을 들 수 있다.

이러한 여러가지 條件을 생각하여 볼 때 오늘날 世界的으로 많이 使用되고 있는 木材의 硬度試驗은 主로 鋼球를 壓入시키는 方法이다. 즉 一定한 直徑의 鋼球를 一定한 壓力으로 壓入시킬때 凹部의 깊이를 測定하는 方法과 一定한 깊이까지 壓入시키는데 要求되는 힘을 測定하는 方法이 있는데 어느 것이나 壓入部의 表面積 또는 投影面積當의 壓入力으로 나타내고 있다.

鋼球를 壓入할때의 變形은 木口面에서는 主로 목재의 縱壓縮인데 反하여 縱斷面에서는 橫壓縮에 이어 纖維方向의 引張力의 기여도가 增大되어 纖維의 直角方向의 剪斷力도 關여하게 된다. 村瀨에 의하면 鋼球의 壓入部의 彈性變形 領域은 대단히 적으며 針葉樹材에 直徑 10mm程度의 鋼球가 접촉할 때 木口面에서는 20kg정도, 柁目面에서는 5kg정도의 荷重에서도 이미 塑性

變形이 생긴다고 推定되고 있다.

이러한 木材의 硬度에 關한 研究는 과거부터 많이 實施되고 있다. 그 主要한 것을 보면 木材와 比重 및 含水率과 硬度와의 關係에 대해 宮島⁹⁾는 一般的으로 全乾狀態에서 纖維飽和點(F.S.P)까지 水分을 흡수하게 되면 硬度는 점차 감소되며 F. S. P.以上에서는 硬度에 큰 變化가 없음을 보고하고 있다. 또한 Mörath E¹¹⁾는 各 比重別 橫斷面과 縱斷面(柁目面, 板目面)과의 硬度差에 對하여 報告하고 있으며 또한 木材의 硬度와 다른 機械的 性質과의 關連性에 對하여도 研究되고 있다. 특히 壓縮強도와 young係數와의 關係에 對해 緒方等^{12), 13)}은 橫斷面 硬度와 縱壓縮強도와의 關係에 對해 報告하고 있으며 특히 澤田과 近藤은¹⁵⁾ 木材의 機械的 強度와의 關係를 研究하여 橫斷面의 硬度의 測定值로 縱壓縮強도를 추정할 수 있는 實驗式을 求하고 있다.

따라서 本 研究에서는 우리나라산 樹種의 硬度에 關한 研究가 아직 體系的으로 實施되지 않고 더욱이 木材의 合理的인 利用을 위한 이들에 關한 基礎資料도 없으므로 우선 우리나라의 主要한 經濟的 樹種이고 造林樹種인 잣나무, 낙엽송, 전나무의 針葉樹材와 참나무인 潤葉樹材를 供試木으로 選定하여 이들의 樹種에 對한 硬度의 出現狀態와 斷面別 心邊材別 早晚材別 硬度의 出現狀態, 그리고 木材의 比重 年輪幅 및 含水率과 硬度와의 關係등에 對하여 研究 調査하였다.

II. 材料 및 方法

1. 供試木

本研究를 實施하기 爲하여 伐採된 供試木은 本大學 演習林 7林班 加小班(江原道 洪川郡 北方 北方1里 所在)의 人工 造林地에서 比較的 生長이 優秀한 잣나무(*Pinus koraiensis* s. et z.) 와 낙엽송(*Larix letolepis*)을 1株씩 選定하여 伐採하였으며 굴참나무(*Quercus variabilis* Bl.)와 전나무(*Abies holophylla* Max.)는 市中 製材소에서 生育狀態가 양호한 原木을 구입하여 供試木으로 選定하였다. 이들의 供試樹種에서 1.2m의 胸高部位에서 차례로 7cm두께의 圓板을 採

取하여 試驗片을 製作하였으며 供試木의 概要는 Table 1과 같다.

2. 供試片의 製作

各 樹種別로 胸高部位에서 採取된 約 7cm두께의 圓板을 깨끗이 鉋削하여 年輪이 比較的 양호한 面을 選定한 다음 硬度測定用 試片을 韓國 工業規格 KSF2212에 의해 1邊의 長이가 40mm되는 立方體(40×40×40mm)의 供試片을 各 樹種別 斷面別 部位別로 10개씩 製作하였으며 전나무材는 生材, F.S.P., 氣乾 및 全乾狀態別로 試片을 製作하였다.

Table 1. Sample trees

Species	D. B. H. (cm)	Tree age (year)	Number of Sample tree
<i>Pinus koraiensis</i>	20	30	1
<i>Quercus variabilis</i>	20	35	1
<i>Abies holophylla</i>	27	45	1
<i>Larix leptolepis</i>	32	35	1

3. 硬度의 測定

KSF2212에 依해 硬度를 測定하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 樹種別 硬度의 出現狀態

Table 2. Statistical values of hardness.

Species	Section	Number of measurement	Ring width(mm)	Specific gravity	Hardness (kg /mm ²)	S. D.	C. V.
<i>Pinus Koraiensis</i>	Cross	90	5.8	0.41	5.07	0.96	5.27
	Radial	60			1.32	0.45	2.95
	Tangential	60			1.33	0.47	2.83
<i>Quercus variabilis</i>	Cross	90	2.6	0.80	7.99	1.05	7.63
	Radial	60			2.67	0.65	4.14
	Tangential	60			3.02	0.82	3.66
<i>Abies holophylla</i>	Cross	90	3.6	0.37	4.70	0.86	5.48
	Radial	60			1.11	0.20	5.67
	Tangential	60			1.17	0.30	3.89
<i>Larix leptolepis</i>	Cross	90	2.3	0.60	7.35	1.72	0.23
	Radial	60			2.99	0.87	0.29
	Tangential	60			2.72	0.85	0.31

Baced on Air dry condition.

Baced on Air dry and volume at test.

各 供試木의 試片에서 測定된 硬度의 통계적 數值를 樹種別 斷面別로 整理한 結果는 Table 2와 같다. 이 結果에 의하면 橫斷面의 硬度에서 是 굴참나무材가 7.99kg/mm²로서 가장 크며 그 다음이 낙엽송材이고 전나무材의 경우는 4.70kg/mm²로 가장 적게 出現되고 있어 大體로 比重이 큰 樹種은 높은 硬度값을 나타내고 있다. 이러한 傾向은 柢目面과 板目面의 硬度에서도 볼수있으나 낙엽송材의 柢目面 硬度는 比重이 큰 굴참나무材보다 약간 큰값을 나타내고 있다. 本研究의 樹種別 硬度值의 結果를 外國의 研究 結果와 比較하여보면 낙엽송材의 경우 日本產 樹種보다 약간 높은 값을 보여주고 있는데 이것은 試驗方法의 차이 또는 生育條件의 차이에 기인 되는 것이라 생각되고 있다.

2. 斷面別 硬度의 出現狀態

各 供試木에서 測定된 木材의 數值를 各 斷面別로 종합하여 柢木面의 測定值를 100으로 하였을때 斷面別의 比較值를 整理한 結果는 Table 3과 같다. 이 結果에 의하면 어느 供試木

Table 3. Comparative values of hardness of wood surface

Species	Cross(C)	Radial(R)	Tangential(T)	2C/R+T
<i>Pinus koraiensis</i>	384	100	101	3.84
<i>Quercus variabilis</i>	299	100	113	2.80
<i>Abies holophylla</i>	423	100	105	4.13
<i>Larix leptolepis</i>	246	100	91	2.58

에 있어서나 橫斷面 硬度가 제일 크며 잣나무材에서는 3.8배, 굴참나무材 2.8배, 전나무材 4.1배, 낙엽송材에서는 2.6배가 柢木面보다 크게 出現되고 있다. 이러한 關係는 一般的으로 比重

이 增大할수록 兩者의 比는 점차 減少되고 있는 것을 알수있다.

한편 Mörath E¹¹⁾의 報告에 의하면 橫斷面의 硬度를 H₁₁, 縱斷面의 硬度를 H_L로 할때 比重 r인 木材에서는

$$r=1.2\sim 1.3 \quad H_{11}/H_L \doteq 1.6$$

$$r=0.6 \quad H_{11}/H_L \doteq 2.0$$

$$r=0.2\sim 0.3 \quad H_{11}/H_L \doteq 2.5$$

로 報告하고 있으며 本試驗의 結果와 같은 傾向을 나타내고 있다. 또한 澤田¹⁹⁾ 등에 의하면 소나무材(氣乾比重 $r_u=0.41\sim 0.47$)에서는 4.76~3.23, 너도밤나무材($r_u=0.58\sim 0.69$)에서는 2.94~2.86, 아까시아材($r_u=0.72\sim 0.78$)에서는 2.22배가 큰을 報告하고 있다.

한편 柢木面과 板木面의 硬度差異는 현저하지 않으며 잣나무材에서는 柢木面=板木面, 굴참나무材와 전나무材에서는 板木面의 硬度가, 낙엽송材에서는 柢木面의 硬度가 약간 크게 出現되고 있다. 이러한 柢木面과 板木面의 硬度差에 대하여 田中, 澤田¹⁵⁾, 滿久, 緒方⁸⁾ 및 大河平¹³⁾ 등의 報告에 의하면 板木面이 더 큰을 報告하고 있으며 그리고 田中, 足立²⁵⁾ 등에 의하면 두 斷面의 差가 없거나 불명확한 것으로 報告되고 있다. 深澤¹⁾과 S. Greene²⁾ 등에 의하면 柢目面이 더 큰것으로 報告되고 있다.

이와같이 木材의 硬度的 性質도 異方性を 나타내고 있는데 이와같은 것은 木材의 解剖學的 性質의 差異에 기인되는 것으로 생각되고 있다. 즉 橫斷面 硬度가 가장 큰것은 木材를 構成하고 있는 各種 要素가 거의 木材의 纖維方向으로 배열되어 있기 때문이며 柢木面과 板木面에서의 差異는 硬度를 測定할 때의 測定되는 부분이 10mm의 微小部分이므로 測定部位에 나타나는

Table 4. Result of hardness of sap and heartwood

Species	Section	Sap and heartwood	Ring width(mm)	Specific gravity	Hardness (kg/mm ²)	S. D.	C. V.
<i>Pinus koraiensis</i>	Cross	Sapwood	4.2	0.37	5.00	1.11	4.51
		Heartwood	7.4	0.44	5.14	0.78	6.56
	Radial	Sapwood	4.2	0.38	1.07	0.23	4.65
		Heartwood	7.4	0.44	1.57	0.47	3.32
	Tangential	Sapwood	4.2	0.38	1.25	0.53	2.38
		Heartwood	7.4	0.44	1.41	0.39	3.61
<i>Quercus variabilis</i>	Cross	Sapwood	2.3	0.80	8.43	0.91	9.26
		Heartwood	2.9	0.81	7.55	0.99	7.62
	Radial	Sapwood	2.3	0.80	3.16	0.85	3.72
		Heartwood	2.9	0.81	2.55	0.72	3.56
	Tangential	Sapwood	2.3	0.80	3.16	0.85	5.23
		Heartwood	2.9	0.81	2.88	0.76	3.72
<i>Abies holophylla</i>	Cross	Sapwood	3.2	0.38	4.46	0.85	5.23
		Heartwood	4.0	0.37	4.94	0.80	6.20
	Radial	Sapwood	3.2	0.38	1.14	1.20	5.48
		Heartwood	4.0	0.37	1.09	1.18	6.00
	Tangential	Sapwood	3.2	0.38	1.11	0.27	4.03
		Heartwood	4.0	0.37	1.24	0.31	3.67
<i>Larix leptolepis</i>	Cross	Sapwood	5.0	0.64	7.34	2.09	0.28
		Heartwood	6.5	0.56	7.35	2.86	0.46
	Radial	Sapwood	5.0	0.64	3.29	0.83	0.23
		Heartwood	6.5	0.56	2.68	1.01	0.37
	Tangential	Sapwood	5.0	0.64	2.07	0.35	0.17
		Heartwood	6.5	0.56	3.04	0.97	0.27

組織의 종류, 예를들면 早·晩材, 放射組織 등에 의하여 생기는 것으로 생각된다.

3. 心·邊材別 硬度의 出現狀態

樹幹의 生長過程에 있어서 그 生理的 機能을 달리하는 邊材部와 心材部를 구분하여 木材硬度의 통계적 數値를 整理한 結果는 Table 4 및 Table 5와 같다. 이 結果에 의하면 邊材와 心材部와의 硬度는 樹種에 따라 다르며 一定한 傾向

을 나타내지 않고 있다. 즉 잣나무材에 있어서는 모든 斷面에서 心材部의 硬度가 邊材部보다 크며(柾木面에서는 더욱 현저함) 굴참나무材에 있어서는 反對로 모든 斷面에서 邊材部의 硬度가 心材部보다 거의 같은 比率로 크게 出現되고 있다. 그러나 전나무材와 낙엽송材에 있어서는 橫斷面과 板木面의 경우 心材의 硬度가 더 크며 柾木面의 경우에는 邊材部가 크게 出現되고 있다.

Table 5. Comparative values of hardness of sap and heart wood.

Species	Section	Sap and heartwood	Hardness (kg/mm ²)
<i>Pinus koraiensis</i>	Cross	Sapwood	100
		Heartwood	103
	Radial	Sapwood	100
		Heartwood	147
	Tangential	Sapwood	100
		Heartwood	113
<i>Quercus variabilis</i>	Cross	Sapwood	100
		Heartwood	90
	Radial	Sapwood	100
		Heartwood	91
	Tangential	Sapwood	100
		Heartwood	91
<i>Abies holophylla</i>	Cross	Sapwood	100
		Heartwood	111
	Radial	Sapwood	100
		Heartwood	96
	Tangential	Sapwood	100
		Heartwood	112
<i>Larix leptolepis</i>	Cross	Sapwood	100
		Heartwood	101
	Radial	Sapwood	100
		Heartwood	81
	Tangential	Sapwood	100
		Heartwood	147

以上과 같이 心邊材間의 硬度는 樹種에 따라 差異가 있다고 하여도 全體的인 면에 있어서는 邊材部보다 心材部의 硬度가 다소 큰것으로 생각되고 있다.

이와같은 事實은 心材는 邊材보다 一般的으로 추출물의 含有量이 많기 때문이라고 생각되며 山田에 의하면 樹脂, 탄닌 또는 기타의 結晶

의 存在는 木材의 硬度를 增加시킨다고 報告하고 있다. 그러나 渡邊에 의하면 邊材에 比하여 心材는 一般的으로 많은 추출물을 含有하고 있으나 이것이 木材의 硬度에 미치는 영향은 보통 적다고 말하고 있다. 따라서 邊材와 心材와의 硬度에 本質的인 差異는 없으며 다른 條件이 똑 같으면 兩者의 差異는 거의 인정되지 않고 있다. 一般的인 傾向으로서는 幼令樹幹에서는 心材가 弱하며 老令樹에서는 邊材가 弱한 것으로 생각되고 있으나 幼令樹幹의 心材는 未成熟材이며 또한 용이도 많고 老令樹의 邊材는 過熟材로서 年輪幅이 대단히 좁고 晚材率이 적기 때문인 것으로 보여지고 있다.

4. 早·晚材別 硬度의 出現狀態

各 供試木의 橫斷面에서 木材의 硬度를 測定할때 直徑 10mm의 鋼球가 材面에 壓入되는 個所가 一年輪內에서 晚材部나 年輪界에서 測定될 때를 晚材, 그렇지 않을때를 早材로 구분하여 整理한 結果는 Table 6 및 Table 7과 같다. 이 結果를 考察하여 보면 모든 樹種에 있어서 晚材部의 測定值가 早材部보다 비교적 크게 出現되고 있으며 전나무材에서는 약 1.4배, 잣나무材에서는 1.2배 더 크며 굴참나무와 낙엽송材의 있어도 약간 더 큼 傾向은 木材의 比重과 매우 상관이 깊으며 比重이 커질수록 兩材部에서 硬度의 差異는 減少되고 있으며 그 比는 거의 1에 接近되고 있다. 다시 말하면 무거운 材일수록 다른 여러 物理的 또는 機械적 性質과 마찬가지로 異方性이 점차 減少되며 等方性에 接近되고 있다.

이러한 事實은 木材의 解剖學的 構成의 差異에 기인되는 것은 너무나 확실한 일이다. 즉 早

Table 6. Statistical values of hardness on early and latewood.

Species	Early and latewood	Number of measurement	Hardness (kg/mm ²)	S. D.	C. V.
<i>Pinus koraiensis</i>	Earlywood	39	4.58	0.71	0.16
	Latewood	48	5.40	1.00	0.19
<i>Quercus variabilis</i>	Earlywood	28	7.67	0.98	0.12
	Latewood	54	7.97	1.00	0.12
<i>Abies holophylla</i>	Earlywood	25	6.30	1.41	0.22
	Latewood	61	8.73	0.60	0.69
<i>Larix leptolepis</i>	Earlywood	21	4.52	1.04	0.23
	Latewood	16	4.80	0.84	0.17

Table 7. Comparative values of hardness of early and latewood.

Species	Earlywood	Latewood
<i>Pinus Koraiensis</i>	100	118
<i>Quercus variabilis</i>	100	104
<i>Abies holophylla</i>	100	139
<i>Larix leptolepis</i>	100	106

材部는 立木의 生長初期에 形成된 材部로서 얇은 壁을 가진 細胞로 形成되며 그 材部는 비교적 유연하며 反對로 晩材部는 立木生長의 후기에 形成된 材部로서 두꺼운 細胞壁을 가진 작은 細胞로 構成되어 그 材部는 비교적 견고하기 때문이다.

5. 比重과 硬度와의 關係

各 供試木(氣乾狀態)에서 測定된 木材의 硬度値와 比重과의 關係를 調査整理한 結果는 Fig. 1과 같다. 이 結果에 의하면 一般적으로 어느 斷面에 있어서나 木材의 比重이 增加함에 따라 木材의 硬度는 점차 커지는 比例的인 關係가 있다. 그러나 그 比重의 增加에 따라 硬度가 커

지는 程度는 斷面別로 다르며 橫斷面의 硬度는 縱斷面의 硬度보다는 그 경사도가 비교적 急進的인 傾向으로서 거의 直線的으로 增加되고 있다. 그러나 柱木面의 硬度는 全體의인 경사도는 비교적 완만하여 比重이 적은 범위에서는 점진적으로 增加되다가 一定한 比重에 도달하면 다소 安定되는 傾向이 있으며 板木面에 있어서는 거의 완만한 경사도를 유지하면서 거의 直線的으로 增加되는 傾向을 나타내고 있다.

6. 年輪幅과 硬度와의 關係

立木의 生長程度가 材質에 미치는 영향을 검토하고 또한 年輪幅에 의한 材質판정의 資料를 얻기 위하여 年輪幅과 材質과의 關係가 많이 研究되고 있다. 따라서 本研究의 木材의 年輪幅과 硬度와의 關係를 斷面別로 整理한 結果는 Fig. 2와 같다.

우선 本研究에서는 同一樹種에서의 年輪幅의 差異가 많은 供試片을 選定하지 못하고 異樹種間의 年輪幅과 硬度와의 關係를 調査하였으므로 兩者의 보다 明確한 關係를 찾아보기는 어려

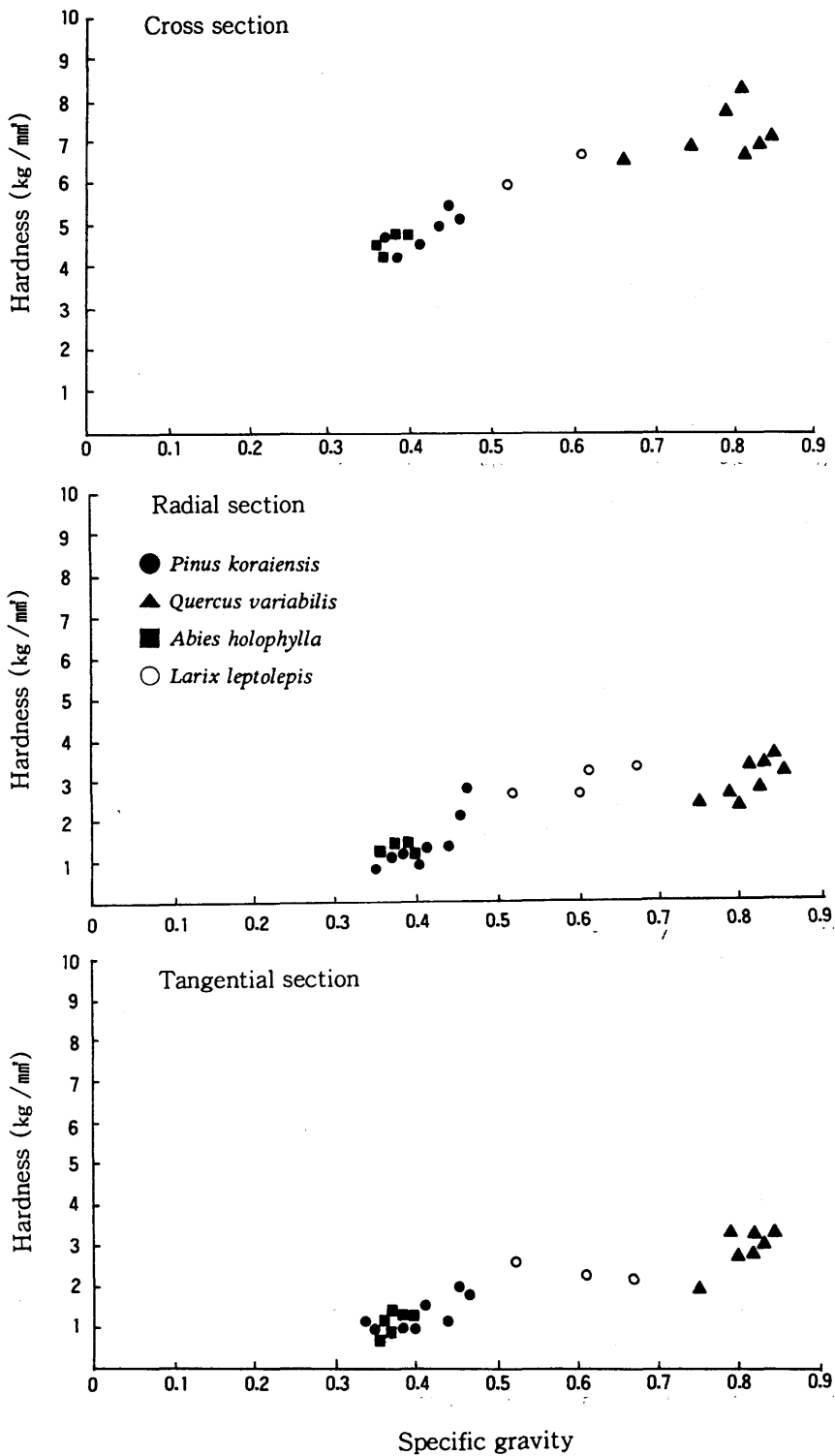


Fig. 1. Relation between hardness of wood and specific gravity in all sample trees.

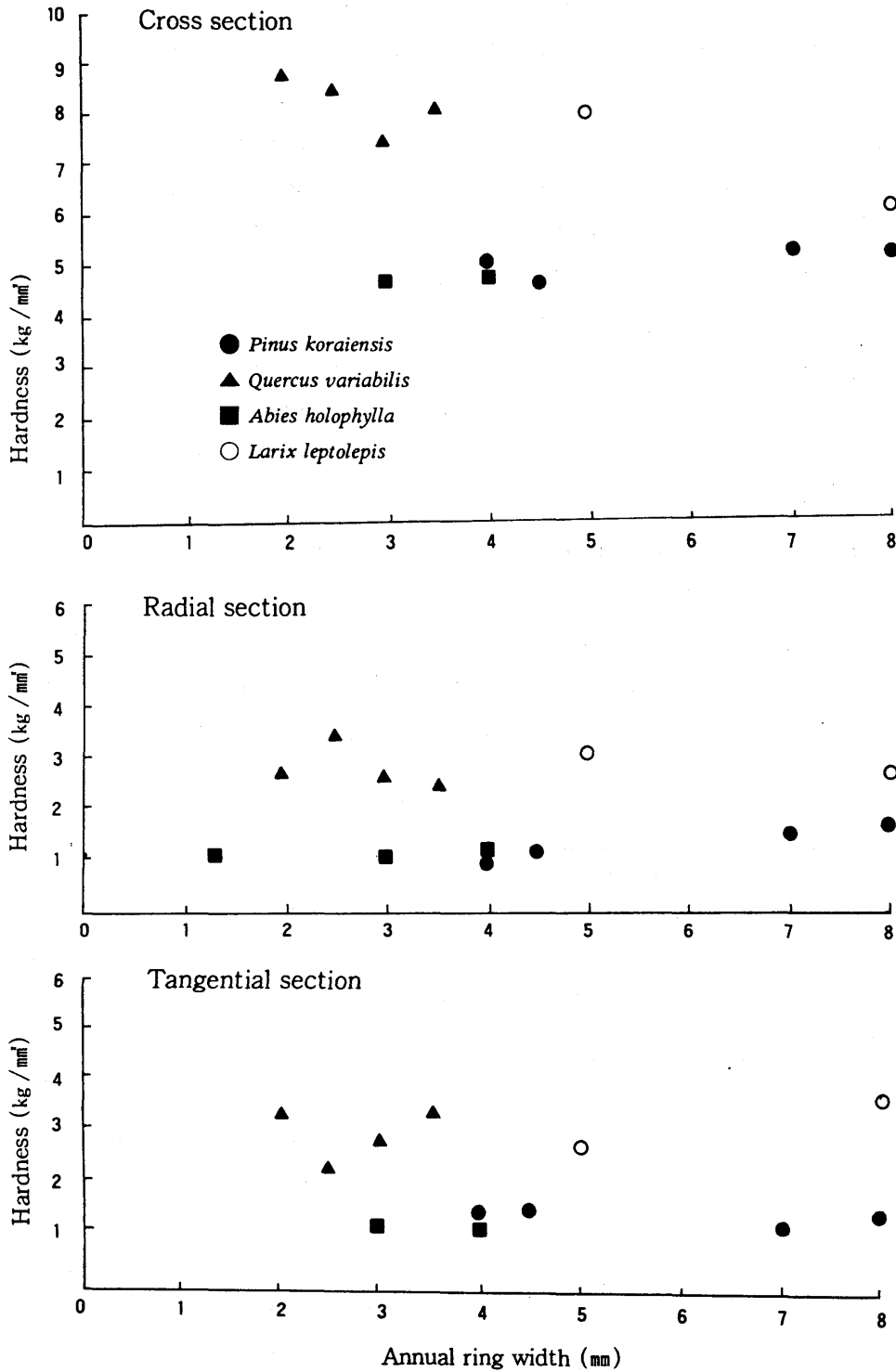


Fig. 2. Relation between hardness of wood and annual ring width in all sample trees.

운 것으로 생각되고 있다. 그러나 全體的인 關係를 考察하면 橫斷面의 硬度에 있어서는 年輪幅이 넓어짐에 따라 硬度는 다소 減少되는 傾向을 나타내고 있다.

이 兩者의 關係를 樹種別로 구분하여 考察하면 잣나무材에서는 어느 斷面에서나 年輪幅이 增加하여도 硬度는 거의 一定하였으며 굴참나무材에서는 橫斷面과 柁木面의 硬度의 경우 年輪幅이 增加하면 硬度는 약간 저하되는 傾向이 있는 것으로 생각되고 있다.

7. 含水率과 硬度와의 關係

木材의 含水率과 硬度와의 關係를 검토하기 위하여 전나무材의 供試片을 生材狀態, F. S. P, 氣乾狀態 및 全乾狀態로 조절하여 各含水率의 狀態別로 硬度를 整理한 結果는 Table 8 및 Table 9와 같다. 이 結果에 의하면 어느 斷面에

Table 8. Result of hardness in *Abies holophylla* under various moisture condition.

Moisture condition	Specific gravity	M.C.	Hardness(kg / ml)		
			Cross	Radial	Tangential
Green	0.85	77.9	2.15	0.85	0.70
F.S.P	0.43	26.1	2.37	0.67	0.82
Air-dry	0.37	11.8	4.70	1.11	1.17
Oven dry	0.35	00.0	6.45	1.09	1.30

Table 9. Comparative values of hardness in *Abies holophylla* under various moisture condition

Moisture condition	Hardness		
	Cross	Radial	Tangential
Green	371	100	121
F. S. P.	343	100	119
Air dry	423	100	105
Oven dry	464	100	94

있어서나 全乾狀態에서의 硬度가 제일 크며 含水率이 增加하면 硬度는 상당히 減少되고 있다. 이러한 關係를 斷面別로 考察하여보면 橫斷面 硬度의 경우가 가장 현저하며 生材의 硬度가 100일때 全乾材는 300으로서 약 3배 增加되고 있으며 柁木面에서는 2.4배, 板木面에서는 1.9 배정도로써 硬度는 橫斷面>柁木面>板木面의 순으로 나타나고 있다.

또한 含水率과 木材의 硬度와의 關係를 보다 구체적으로 考察하기 위하여 整理한 結果는 Fig. 3과 같다. 이 結果에 의하면 어느 斷面에서나 含水率이 生材로부터 全乾狀態로 含水率이 減少하면 硬度는 增加되고 있다. 그러나 生材에서 F. S. P까지의 硬度의 變化는 거의 없어 一定하며 F. S. P로부터 全乾狀態사이에는 含水率의 變함에 따라 硬度의 變化는 심한것으로 나타나고 있다. 즉 다른 強度的 性質과 마찬가지로 F. S. P까지는 木材의 含水率이 增加함에 따라 木材의 硬度는 減少되며 그 以上の 含水率에서는 거의 變化하지 않고 있다.

木材의 含水率과 硬度와의 關係에 대한 研究는 많다. 宮島에 의하면¹¹⁾ 물참나무材의 生材, 氣乾材 및 全乾材에 대하여 試驗한 結果, 木材의 硬度는 각각 各 斷面마다 約 50, 100 및 200의 比率로 增加되었으며 年輪幅 比重 加壓面에 의한 硬度의 差異는 含水率이 적을수록 커진다고 報告하고 있다.

關谷¹⁹⁾에 의하면 木材含水率과 硬度와의 關係는 Janka法과 유사한 美國 林産試驗場의 方法에 의할때 含水率과 壓縮強과의 關係일때와 매우 비슷하며 Markwardt에 의하면 F. S. P以上에 있어서 含水率 1% 增減함에 따라 橫斷面 硬度에서는 4%, 柁木面과 板木面硬度에서는

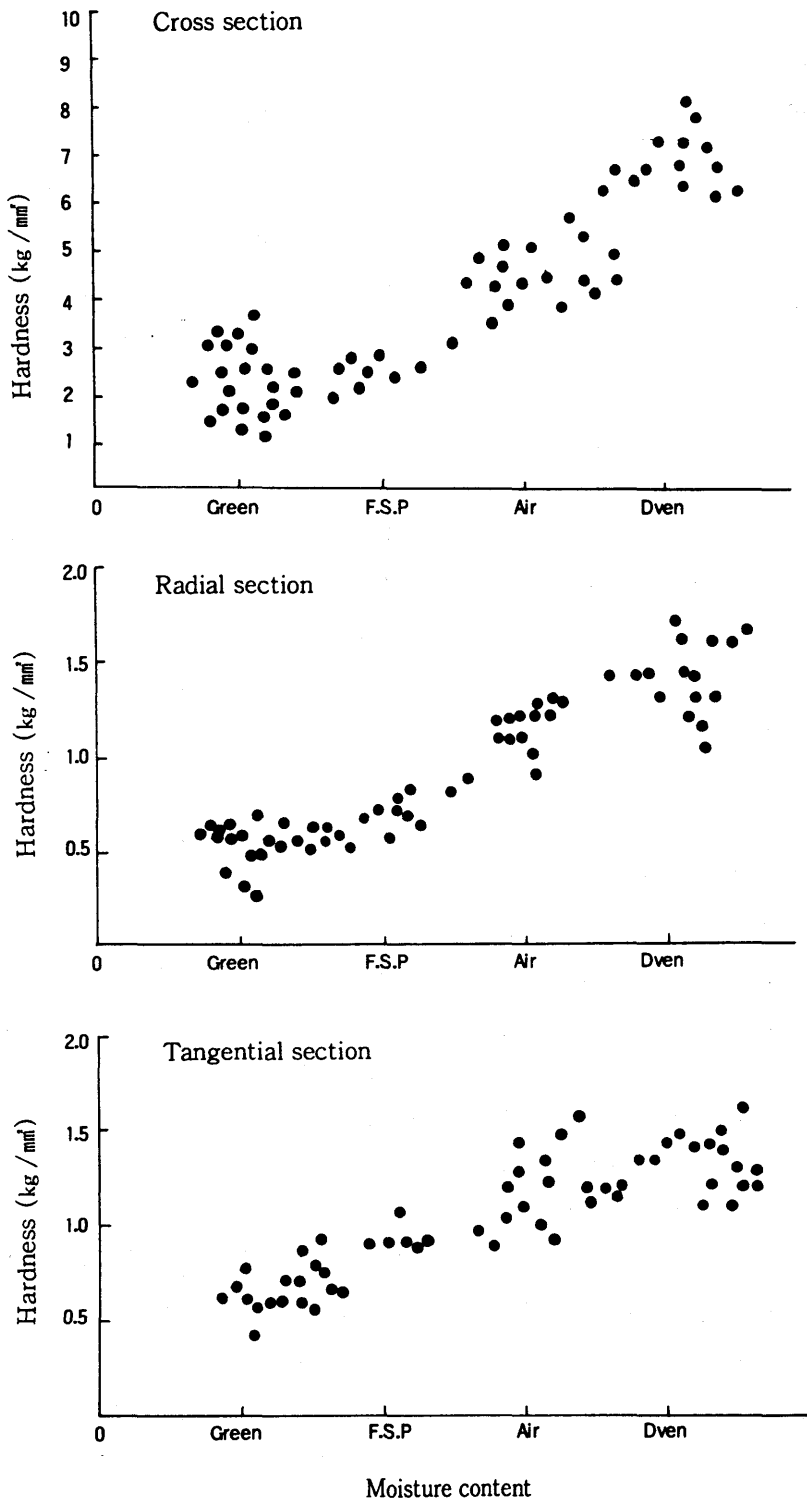


Fig 3. Variation of hardness for *Abies holophylla* under various moisture content

5%의 減增을 보이고 있다.

IV. 摘 要

우리나라의 主要한 經濟的 樹種이고 造林樹種인 잣나무 낙엽송 및 전나무材 등의 침엽수와 참나무材인 활엽수에 對해 木材의 合理的인 利用을 도모하고 材質을 評價하기 위한 資料를 얻기 위해 本大學 演習林의 人工 造林地에서 生育한 供試木을 선정 別채하여 木材의 硬度를 測定한 다음 이들 樹種에 대한 樹種別, 斷面別, 邊·心材別, 早·晚材別 硬度의 出現狀態와 木材의 比重, 年輪幅 및 含水率과 硬度와의 상관관계를 調査하였으며 이것을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 一般적으로 木材의 硬度는 比重의 크기에 따라 커지는 傾向이 있으며 그 硬度의 크기의 순은 굴참나무>낙엽송>잣나무>전나무의 順位였다.
- 2) 木材의 硬度는 橫斷面에서 가장 크며 柁木面 境度(HL)에 대한 橫斷面硬度(H₁₁)와의 比는 잣나무 3.8, 굴참나무 2.8, 낙엽송 2.6으로서 比重이 커질수록 兩者의 差異는 減少되었다.
- 3) 邊材부와 心材부의 硬度의 差異는 樹種에 따라 다르나 全體的인 面에서 관찰하면 心材部가 邊材부의 硬度보다 다소 크게 出現되고 있다. 그러나 굴참나무에서는 邊材部 硬度가 약간 더 컸다.
- 4) 一般적으로 一年輪內에서의 晚材部の 硬度가 早材部 보다 더 크며 早材部 硬度(H_E)에 對한 晚材部 硬度(H_L)와의 比는 比重이 클수록 減少되는 傾向이 있다.
- 5) 木材의 比重이 增加함에 따라 그 硬度는 점차 커지는 비례적인 關係가 있다. 그러나 그

硬度가 增大되는 程度는 斷面(加壓面)에 따라 多少 다르며 橫斷面 硬度가 다른 斷面보다 급진적인 傾向이 있다.

- 6) 全體的으로는 木材의 年輪幅이 넓어짐에 따라 硬度는 점차 감소되는 傾向이 있다. 그러나 그 減少되는 程度는 斷面에 따라 多少 다르며 橫斷面의 硬度에서는 뚜렷이 減少되지 만 縱斷面에서는 뚜렷치 못하다.
- 7) 木材의 硬度는 全乾狀態에서 가장 크며 含水率이 增加되면 硬度는 점차 減少된다. 그러나 F. S. P以上에서는 거의 一定하다. 生材時의 硬度에 對한 全乾時의 硬度와의 比는 斷面에 따라 다르며 橫斷面 3.0, 柁木面: 2.4, 板木面: 1.9로서 硬度가 增加되는 순위는 橫斷面>柁木面>板木面의 순이다.

V. 參考文獻

- 1) 深澤和夫, 青木明治, 1960. 中部地方における 人工植材スギの生長狀況と理學的性質との關係. 第6報. 카타サ試驗. 岐阜大農研究 1:2. 109~117.
- 2) Greene, S. 1959. An investigation of certain physical and mechanical properties of Lig-num-vitae. For. Prod. Jour. 9 : 303-307
- 3) 北原覺一. 1976. 木材物理. 森北出版. 180~185
- 4) 江原大學校 林科大學 演習林 第4次期 營林計劃書. 1985 : 11-14
- 5) 魏煥. 1982. 木材理學. 鄉文社. 270-278
- 6) 北原覺一. 1947. 木材硬度試驗法について. 木材工業 2 : 12-15

- 7) Kollmann, F. 1951. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Aufl., Bd. 1 Berlin / Gohingen / Heidelberg : 909-926.
- 8) 滿久崇磨 後藤輝男, 佐佐木光. 1960. 木材材質に關する調査 (第一報). 大阪營林局.
- 9) 官島 寛. 1958. 若小牧演習林産人工植材ストロブマツ, バンクスマツおよびカラツマの材質試験. 北大演報 19-3: 99-216.
- 10) 東大林産學教室編. 1956. 木材理學び加工實驗書:198.
- 11) Mörath, E. 1932. Studien Über die hygroskopischen Eigenschaften und die Horte der Holzer. Hanover
- 12) 緒方清人, 1956. 木材の硬度, 硬性, カタサ, 日本におけるカタサ試験の史的考察. 木材誌. 2: 114-118
- 13) 緒方清人, 木河平行雄. 1960. ニュージーランド産ラジアーター パインの縦壓縮およびカタサ試験. 木材誌 6: 223-226.
- 14) 大澤正之, 官島 寛. 1952. 北海道産闊葉樹材八種の硬度試験. 北大演報 15-2: 263-301.
- 15) 澤田稔, 辻 完司, 近藤孝一. 1955. 木材のカタ Heidelberg New York. 403-414
- 19) H.P. Brown, A.J. Panshin and C.C. Forsaith, 1952. : Textbook of Wood Technology, Volume II. McGraw-Hill Book Company. 231-250
- 20) Samuel J. Record. 1947. : Mechanical Properties of Wood. John Wiley and Sons. 39-40.
- 21) Hiroshi Miyajima. 1963. : Studies on the Indentation Hardness of Wood. Research Bulletin of the College Experiment Forests, College of Agriculture, Hokkaido University. Vol. 22. No. 2. 539-608.
- サと壓縮強度との關係 (第一報). 林試報 78: 149-174.
- 16) 渡邊治人. 1967. 樹幹丸木の特性. 九州大學農學部木材理學教室 研究資料 No. 67-1.
- 17) 佐道 健. 1985. 表面の力學的性質. 中戸莞二編著 新編木材工學: 228.
- 18) Franz F.P. Kollmann, W.A. Cote. 1968. : Principles of Wood Science and Technology, I, solid wood. Springer-Verlag, Berlin