목재공학 24(3): 12~17
Mokchae Konghak 24(3): 12~17, 1996

뉴질랜드産 라디에타 소나무의 機械的 性質에 關한 硏究[*1]

吳 承 源[*2]

The Mechanical Properties of New Zealand-grown Radiata Pine[*1]

Seung-Won Oh[*2]

ABSTRACT

This study was carried out to investigate some mechanical properties for wood rational utilization of heartwood and sapwood in radiata pine according to basic density, ring width and proportion of latewood which were grown in New Zealand. This result were summarized as follow :

Heartwood showed 35.78(MPa) of the compression strength parallel to the grain while sapwood showed 42.08(MPa). The modulus of rupture in static bending was higher in sapwood showing 86.12(MPa) than in heartwood 72.99(MPa). Heartwood had 7.38(GPa) for the modulus of elasticity in static bending and sapwood 8.17(GPa). As the basic density and proportion of latewood increased: compression strength parallel to the grain, MOR and MOE in static bending had a tendency to increase. As ring width increased: the mechanical properties decreased.

Keywords : *Pinus radiata*, basic density, proportion of latewood, MOR, MOE

1. 서 론

라디에타 소나무는 New Zealand, Australia, Chile, Spain, South Africa 等 世界的 으로 가장 많이 植栽 되어 있는 樹種의 하나이며, 生長이 빠르고 中間 程度의 密度(375~475kg/m^3)를 가진 木材로서, 특히 邊材木이라고 불리울 정도로 邊材 部位가 차지하는 比率이 다른 樹種에 비하여 높은 편이다(Cown, 1992; Kininimonth · Whitehousse, 1991; MOF, 1988).

또한 秋材와 春材의 密度比가 2 : 1 의 (Douglas-fir 5 : 1) 比較的 均質한 木材로서 木理가 고르고 內部 缺點 및 生長 스트레스가 比較的 적으며 接着과 着色및 加工性이 좋아 家具, 建築, 合板 等의 用途로 廣範圍하게 使用되고 있다(Cown, 1992; MOF, 1988).

뉴질랜드의 라디에타 소나무는 1800年代 중반에 캘리포니아로부터 導入된 樹種으로 뉴질랜드 전체 植栽林의 90%(1,156,717ha) 以上을 차지하는 뉴질랜드의 代表樹種이다(Cox *et al*, 1992; MOF, 1988). Wal-

*1 접수 1995년 5월 23일 Received May 23, 1995
*2 전북대학교 농과대학 College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea

ford(1985)는 뉴질랜드의 33개 地域에서 採取한 供試木으로, Bier(1985)는 Kaingaroa Forest에서 자란 28년생, Mishiro(1986)는 4개 地域에서 자란 35년생 이하의 라디에타 소나무로 物理的 性質에 따른 機械的 性質을 調査한 결과 密度가 증가함에 따라 機械的 性質도 증가한다고 하였다. Kininmonth와 Whitehouse (1991)는 모든 强度 特性은 髓에서 樹皮 방향으로 연륜이 증가함에 따라 密度가 증가하여 强度도 증가하며, 연륜폭이 클수록 强度는 감소하지만, 橫引張强度에서는 반대의 경향이 있는데, 이는 microfibril 傾斜角이 髓에서 樹皮 방향으로 갈수록 감소하기 때문이라고 보고한바 있다. 또한 Cown(1992)과 Mishiro 등(1986)은 연륜 폭과 휨强度의 관계에서 연륜폭이 증가할수록 휨强度와 彈性係數는 감소하는 경향이 있다고 밝힌바 있다.

우리 나라는 뉴질랜드의 3대 木材 輸出 상대국의 하나로서, 1993년 基準 原木(1,929,401m^3, 333백만 NZ$), 製材木(36,193m^3, 9백만NZ$), 펄프(69,641tones, 36백만 NZ$), 板材(921,007m^3, 8백만 NZ$) 等 387백만 NZ$ 의 木材를 輸入하고 있는 實情에 있다(MOF, 1994). 따라서 本 硏究에서는 優秀한 針葉樹材로 알려져있는 뉴질랜드産 라디에타 소나무의 密度, 秋材率, 年輪幅에 따른 心·邊材別 縱壓縮强度, 휨强度 等을 KS에 準하여 調査 分析하여 국내에서 사용하는 라디에타 소나무의 用途 開發에 필요한 基礎 資料를 얻고자 本 硏究를 遂行하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 供試木

本 硏究에서 使用한 供試木은 뉴질랜드의 Kaingaroa Forest에서 30~36年生의 比較的 生長이 優秀하고 通直한 林木을 10本씩 採取하여 縱壓縮强度와 휨强度 測定用 供試木으로 使用하였다.

2.2 供試片 製作및 測定方法

採取한 原木의 胸高部位를 절단한 횡단면을 관찰하여 색이 약간 어두운 약 10연륜까지를 心材로, 그 이후를 邊材로 구분하여 供試片 제작에 사용하였다.

供試片 製作은 心·邊材로 구분된 시편을 이용하여 縱壓縮强度 試驗片은 KS F 2206에 準하여 20×20×60mm, 휨强度 試驗片은 KS F 2208에 準하여 20×20×320mm로 radial과 tangential이 정확히 切取되도록 製作하였다. 製作된 試驗片은 F.R.I.(Forest Research Institute, New Zealand)의 恒溫恒濕室(溫度 20±2℃, 濕度 65±5%)에서 약 8주간 보관한 후 平衡含數率 狀態로 만들어 測定用 試驗片으로 使用하였다. 秋材率은 測定用 시험편의 횡단면에서 방사방향의 시편 길이에 대한 秋材의 길이를 백분율로 환산하여 측정하였다.

縱壓縮强度 測定은 荷重 速度를 0.5mm/min.로 하였으며, 휨强度 測定은 Span길이 280mm, 荷重 速度 10mm/min.로 接線方向으로 負荷하여 Modulus of Rupture(MOR), Modulus of Elasticity(MOE)를 調査하였다. 測定機는 Instron Universial Testing Machine(GEC Avery Ltd.)을 使用하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 라디에타 소나무의 物理, 機械的 性質

本 硏究에서 使用한 라디에타 소나무의 心·邊材別, 物理·機械的 性質의 測定 結果는 Table 1, 2 와 같다. 이 結果에서 보는바 와 같이 縱壓縮强度, 휨强度, 휨彈性係數 모두 邊材의 測定値가 心材보다 크게 나타났다. 이는 邊材의 密度가 心材보다 크기 때문에 나타난 結果로 思料되며, Walford(1985)는 뉴질랜드 主要 山林 地域中 33개 地域에서 採取한 라디에타 소나무의 物理的 性質에따른 力學的 性質을 調査한 結果, 力學的 性質에 가장 크게 影響을 미치는 因子는 密度라고 밝힌 바 있다. 또한 縱壓縮强度는 38.93(MPa)로서 Cown(1992)의 38.6(MPa)와 Bier(1983)의 測定値인 38(MPa)와 비슷하나, Hind와 Reid(1957)의 41(MPa)와 Walford(1985)의 測定値인 40.1(MPa) 보다는 적게 나타났다. 휨强度및 휨彈性係數는 79.56(MPa), 7.78(GPa)로서 Hind와 Reid(1957)의 測定値인 76(MPa), 8.1(GPa)와 비슷하나, Bier(1983)의 測定値인 90(MPa), 9.0(GPa)와 Walford(1985)의 測定値인 92.4(MPa), 10.7(GPa) 보다는 적게 나타났다. 이러한 結果는 供試木의 密度차이에 起因된 것으로 思料된다.

3.2 密度와 機械的 性質과의 關係

心·邊材別 密度에따른 縱壓縮强度, 휨强度, 휨彈性係數의 關係는 Fig. 1, 2, 3 에서 보는 바와 같이, 密度가 增加함에 따라 心·邊材의 機械的 性質이 모두 增加하는 傾向을 보였다. Mishiro 等(1986)이 뉴질랜드에서 자란 35年生 以下의 라디에타 소나무의 力學的 性質을 調査한 結果 比重이 增加할수록 縱壓縮强度, 휨强度, 휨彈性係數는 增加하는 傾向이 있다고 報告한 바 있으며, Walford(1985)도 뉴질랜드의 33개 地域에서 採取한 라

Table 1. Mean compression strength parallel to the grain of radiata pine.

	Basic density (kg/m^3)	Ring width (mm)	Proportion of latewood (%)	Strength (MPa)
Heartwood	439.67±40.40	9.16±1.67	25.70±9.01	35.78±7.58
Sapwood	454.73±54.32	8.75±1.30	32.42±8.99	42.08±8.31
Average	447.20±47.36	8.96±1.49	29.06±9.00	38.93±7.95

Table 2. Mean static bending strength of radiata pine.

	Basic density (kg/m^3)	Ring width (mm)	Proportion of latewood (%)	Modulus of Rupture (MPa)	Modulus of Elasticity (GPa)
Heartwood	399.48±46.25	9.16±1.56	27.45±9.84	72.99±16.55	7.38±1.58
Sapwood	466.12±59.46	9.03±1.24	28.55±9.27	86.12±14.85	8.17±1.42
Average	432.80±52.86	9.10±1.40	28.00±9.56	79.56±15.70	7.78±1.50

디에타 소나무의 力學的 性質을 調査한 結果 密度와 縱壓縮强度와의 關係는 r = 0.84, 密度와 휨强度와의 關係는 r = 0.81로 正(+)의 相關關係가 있다고 밝힌 바 있어, 本 硏究 結果와 一致하고 있음을 알 수 있었다.

3.3 年輪幅과 機械的 性質과의 關係

心·邊材別 年輪幅에 따른 縱壓縮强度, 휨强度, 휨彈性係數의 關係는 Fig. 4, 5, 6 에서 보는 바와 같이 年輪幅이 增加할수록 心·邊材의 機械的 性質이 모두 減少하는 傾向을 보였다. Walford(1985)는 라디에타 소나무의 年輪幅이 增加할수록 縱壓縮强度는 r = -0.62, 휨强度는 r = -0.65의 關係로, Kininmonth와 Whitehouse (1991)는 年輪幅과 휨强度와의 關係는 r = -0.60, 年輪幅과 휨彈性係數와의 關係는 r = -0.62로 負(−)의 相關關係가 있음을 밝힌바 있다. 또한 Cown (1992)은 라디에타 소나무와 Douglas-fir의 力學的 性

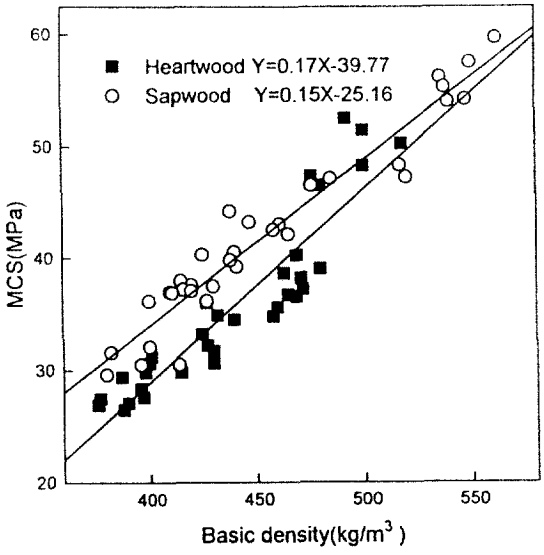

Fig. 1. Relationship between basic density and maximum crushing strength in heartwood and sapwood.

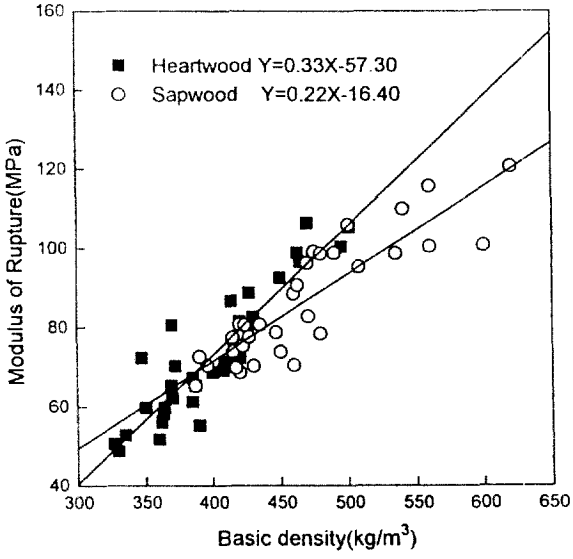

Fig. 2. Relationship between basic density and Modulus of Rupture in heartwood and sapwood.

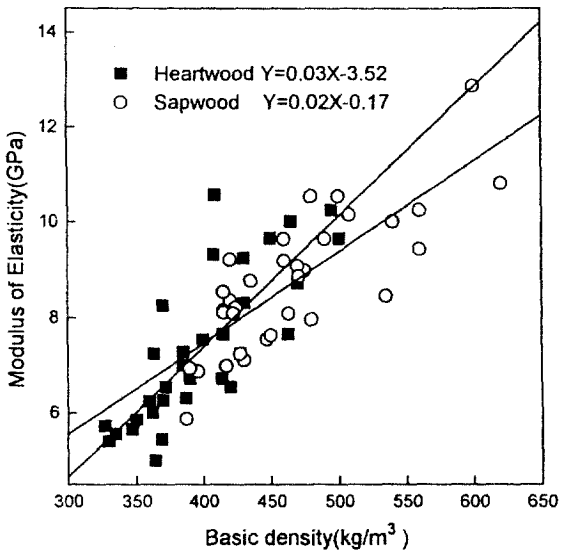

Fig. 3. Relationship between basic density and Modulus of Elasticity in heartwood and sapwood.

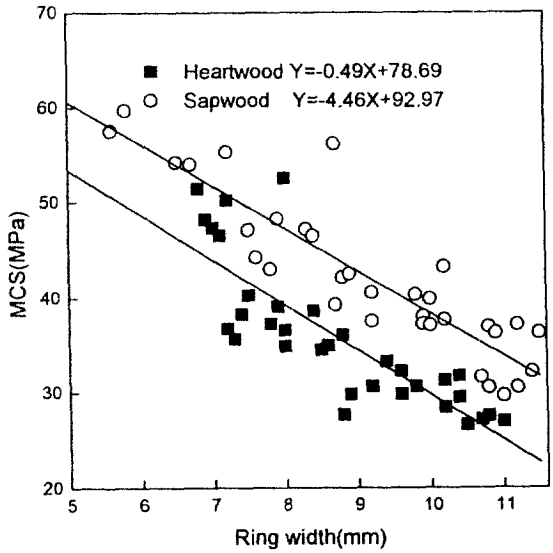

Fig. 4. Relationship between ring width and maximum crushing strength in heartwood and sapwood.

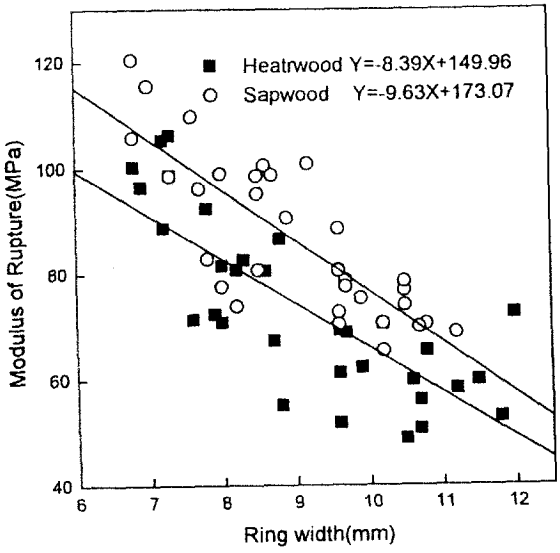

Fig. 5. Relationship between ring width and Modulus of Rupture in heartwood and sapwood.

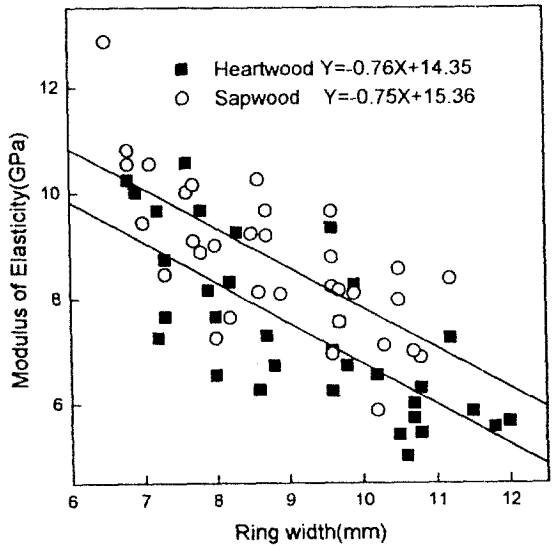

Fig. 6. Relationship between ring width and Modulus of Elasticity in heartwood and sapwood.

質 比較 硏究에서 Douglas-fir 의 年輪幅이 增加할수록 生材는 r = -0.45, 氣乾材는 r = -0.65의 關係로 휨强度는 減少한다고 보고한 바 있다. 이러한 結果는 本 硏究 結果와 一致하고 있음을 알 수 있었다.

3.4 秋材率과 機械的 性質과의 關係

心·邊材別 秋材率에 따른 縱壓縮强度, 휨强度, 휨彈性係數의 關係는 Fig. 7, 8, 9 에서 보는 바와 같이 秋材率이 增加함에 따라 心·邊材의 機械的 性質이 모두 增加하는 傾向을 보였다. Kininmonth와 Whitehouse

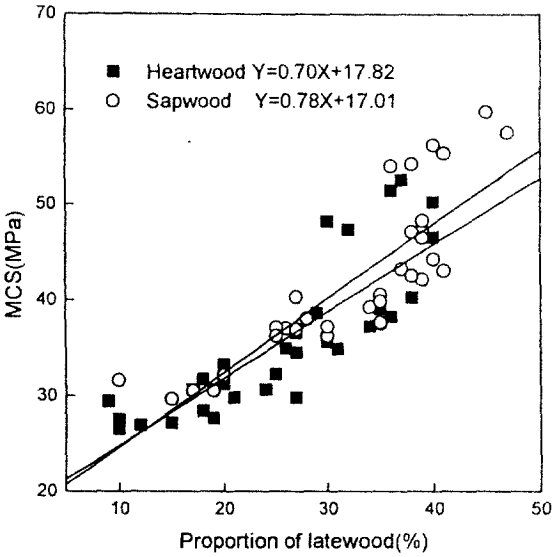

Fig. 7. Relationship between proportion of latewood and maximum crushing strength in heartwood and sapwood.

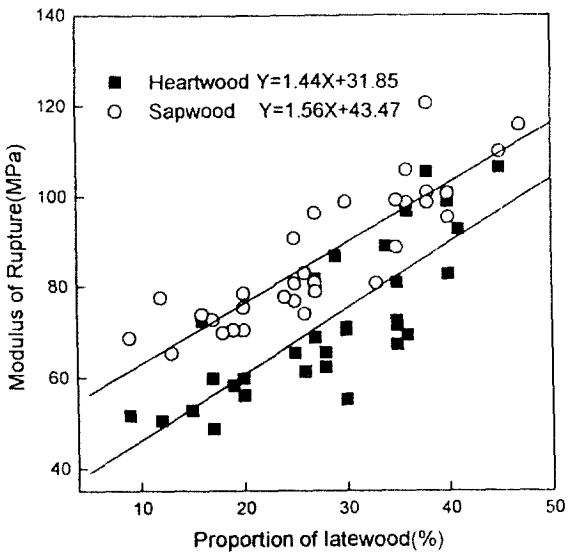

Fig. 8. Relationship between proportion of latewood and Modulus of Rupture in heartwood and sapwood.

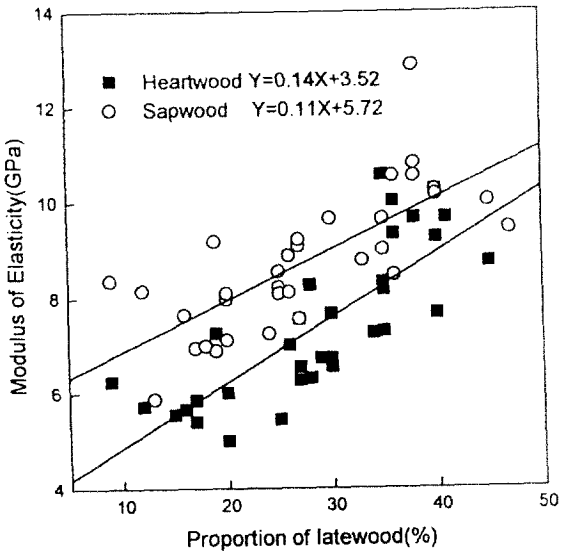

Fig. 9. Relationship between proportion of latewood and Modulus of Elasticity in heartwood and sapwood.

(1991)는 라디에타 소나무의 秋材率과 휨强度의 關係는 r = 0.75, 휨彈性係數는 r = 0.74 로 正(+)의 相關關係가 있어 秋材率이 增加할수록 휨强度와 휨彈性係數는 增加한다고 밝힌 바 있어, 本 硏究 結果와 一致하고 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

뉴질랜드産 라디에타 소나무의 合理的인 利用과 用途開發을 위한 基礎 資料를 얻고자 Kaingaroa Forest 地域에서 자란 라디에타 소나무의 密度, 年輪幅, 秋材率에 따른 心·邊材別 縱壓縮强度, 휨强度 및 휨彈性係數를 調査하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

라디에타 소나무의 縱壓縮强度는 心材 35.78(MPa), 邊材 42.08(MPa)이었으며, 휨强度는 心材 72.99(MPa), 邊材 86.12(MPa), 휨彈性係數는 心材 7.38(GPa), 邊材 8.17(GPa)이었다. 縱壓縮强度, 휨强度, 휨彈性係數는 密度와 秋材率이 增加함에 따라 增加하였으나, 年輪幅이 增加함에 따라 減少하는 傾向을 보였다.

참 고 문 헌

1. Bier, H. 1983. The strength properties of small clear specimens of New Zealand-grown timber. New Zealand Forest Service, FRI Bulletin. NO. 41
2. Bier, H. 1985. Bending properties of structural timber from a 28-years-old stand of New Zealand Pinus radiata. *New Zealand J. Forest Sci.* 15(2) : 233~250

3. Cown, D. J. 1992. New Zealand radiata pine and Douglas fir : Suitability for processing Ministry Forestry, FRI Bulletin. NO.168
4. Cox, O., G. Horgan and F. Maplesden. 1993. The New Zealand forestry sector 1993. New Zealand Forest Service, FRI Bulletin. NO. 185
5. Hind, H. S. and J. S. Reid. 1957 Forest trees and timbers of New Zealand. New Zealand Forest Service Bulletin. NO.12
6. Kininmonth, J. A. and L. J. Whitehouse. 1991. Properties and use of New Zealand radiata pine-Volume one-wood properties. Ministry of Forestry. Forest Research Institute
7. Ministry of Forestry. 1988. New Zealand-radiata pine -A technical appraisal of produce, process, and uses. Ministry of Forestry. Wellington
8. Ministry of Forestry. 1994. Exports of forestry products for the year ended 31 December 1993(provisional). Ministry of Forestry Statical Relase. Wellington, New Zealand
9. Mishiro, A., D. J. Cown and G. B. Walford. 1986. A further examination of the clear-wood properties of *radiata pine* grown in New Zealand. New Zealand Forest Service, FRI Bulletin. No. 104
10. Walford, G. B 1985. The mechanical properties of New Zealand-grown *radiata pine* for export to Australia. New Zealand Forest Service, FRI Bulletin. NO. 93