

紅檜、扁柏與鐵杉單株內木材強度變異性

唐讓雷

摘 要

本報告針對省產重要經濟樹種紅檜、台灣扁柏及鐵杉之單株內木材強度，嗣取材樹高部位與斷面方位之變異性進行研究與討論，根掉各強度之測試與分析結果說明，三種不同樹種間，木材單株內強度變異不盡相同，紅檜材與台灣扁柏材均趨向於隨樹高而強度增加，然而鐵杉材則顯示基部之木材強度較大，不同強度性質中，以靜力抗彎曲與縱向壓縮最能說明變異之趨向，剪力強度在鐵杉材試驗中失去其一致性，而硬度性質因變異因子之控制不易而難以說明單株內變異之特性。鐵杉材彈性係數優於紅檜與扁柏材，而台灣扁柏與鐵杉均比紅檜材強度高，鐵杉材似不及紅檜或台灣扁柏材，強度差異較大。

關鍵詞：木材強度性質，木材性質變異性，單株內變異性，紅檜，台灣扁柏，鐵杉，省產材，重要經濟樹種。

唐讓雷，1990，紅檜、扁柏與鐵杉單株內木材強度變異性，林業試驗所研究報告季刊，5(2):81-90.

Within Trunk Variability of the Strength Property of Wood from Taiwan Red Cypress, Taiwan Yellow Cypress and Chinese Hemlock.

Jung-Lei Tang

[Summary]

The Variation in the wood strength properties within a single tree trunk was studied using the wood from Taiwan red cypress, Taiwan yellow cypress, and Chinese hemlock. The study factors included height position and radial direction within the tree trunks. Among the three species studied, both Taiwan red cypress and yellow cypress showed increasing trend in wood strength with increasing heights, whereas Chinese hemlock showed the highest wood strength values near the base of the trunk. The static bending and compression strengths showed more distinct variation pattern within a tree trunk. Chinese hemlock had the highest elasticity value among the tree species studied. Both Chinese hemlock and Taiwan yellow cypress showed greater wood strength than that of Taiwan red cypress. Chinese hemlock, however, had larger variation of wood strength than the wood of Taiwan yellow cypress and Taiwan red cypress.

Key words: Wood strength property, Wood property variation, within trunk variation Taiwan red cypress, Taiwan yellow cypress, Chinese

1989年12月送審
1990年2月通過

hemlock, domestic wood in Taiwan, important economical wood species in Taiwan.

Jung-Lei Tang, 1990. Within Trund Variability of the Strength Property of Wood from Taiwan Red Cypress, Taiwan Yellow Cypress and Hemlock. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series 5(2):81-90.

一、緒 言

木材性質隨著不同樹種而有顯著差異，又因其屬生物體，材料性質在單株立木之幹材內，亦因部位不同產生變異 (Haygreen and Bowyer, 1987)，這些變異自然影響林產加工有關之研究，故當分析研究一木材性質時，對取樣之地區，取材之部位等等，均須有所周詳之控制與說明。

木材性質之變異及其程度之不同，對木材作為日常加工之材料，常造成莫大之困擾，林學研究之學者專家多年來之努力，均有一理想，即希望能以提供變異小，材質穩定而趨於均質之木質材料，有藉於遺傳及育種之方法，或利用加工技術以達到此目標者。國內樹種衆多，材性與變異間之關係研究資料，並不充份以供參考，未來此方面之研究發展，仍有待基礎資料之收集與建立。

木材為吾人生活必備之材料，有關其應用，強度性質為一重要考慮之因子，而木材之強度有優於其他之材料者，以高比強度為例，其引張強度較鐵材大三倍，壓縮比強度更甚於混凝土五倍，具有高耐衝擊之抵抗力量，然木材之強度並非在橫斷面上不同部位均一致的，同時亦隨樹高不同而改變，至於其變異程度與大小，自然決定其材質之優劣。材料強度之變異性，亦包括其方向性之變異，大凡合成材料或無機天然材料等，均因製造方法等因素，而使其強度，在不同座標之方向而有不同程度之變異，有些近乎均質 (isotropic)，有些則異方向性 (anisotropic) 明顯，至於生物材料如本研究所言之木材，則屬後者，又就實木而言，更因其縱向、徑向及弦向之極度差異，而特在一般材料強度中稱之為直交異方向體材料 (orthotropic material)，簡化成三直交座標，與假定同座標方向為均質以作理論基礎分析

(Bodig and Jayne, 1982)，由於前述這些強度變異之特性，對不同強度性質，以致外力之方向、荷重方式及設計等，均有不同之影響 (Wood Products Publications, 1978; WWPA, 1974)。

本研究為針對木材強度性質變異性分析，以省產重要之經濟樹種為試材，作單株內木材強度性質之變異性測定，藉由不同強度性質之一系列試驗，測定樹高與斷面部位、各樹種在單株直幹內，強度性質變異之大小與模式，若能予以客觀之評定，建立標準與基本資料，當能作為培育或選育優良樹種，或爾後木材利用發展上之重要參考。本報告討論紅檜、扁柏與鐵杉之試驗資料分析結果，至於其他樹種，以及綜合分析針葉葉材等，則分別由另篇報告發表。

二、試驗材料與方法：

本研究採用台灣扁柏 (Taiwan yellow cypress; *Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)、鐵杉 (Chinese hemlock; *Tsuga chinensis* var. *formosana*) 及紅檜 (Taiwan red cypress; *Chamaecyparis formosensis*) 三樹種之單株幹材。

紅檜，台灣扁柏及鐵杉均採自本省林務局前大雪山林區管理處鞍馬山工作站，海拔高約 2,275 公尺。三材種均以選取一生長良好之中勢木為代表，伐倒後之直幹材，依紅檜、台灣扁柏與鐵杉、分別為 32、30 及 25.5 公尺長。於各直幹材之基部， $\frac{1}{4}$ 高度、 $\frac{2}{4}$ 高度及 $\frac{3}{4}$ 高度分別截取 1 至 1.1 公尺長之原木試材，標示其立木時之東西南北方向與樹高方向後，或大剖或以原木形態載運回林試所製材實驗室，由於各樹種直幹材長不一，故各樹種之原木試材高度部位亦異，詳細資料請參閱表 1。

表1 三樹種之取材樹高部份

| 樹 種 | 取 材 高 度 (公尺) | | | | 直幹材長(公尺) |
|------|--------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| | 基 部 | $\frac{1}{4}$ 高度 | $\frac{2}{4}$ 高度 | $\frac{3}{4}$ 高度 | |
| 紅 檜 | 1.2-2.3 | 6.6-7.7 | 12.5-13.9 | 19.0-20.4 | 32 |
| 臺灣扁柏 | 1.0-2.1 | 6.6-7.7 | 13.7-14.9 | 21.2-22.4 | 30 |
| 鐵 杉 | 1.0-2.0 | 7.8-8.8 | 13.3-14.3 | 18.3-19.3 | 25.5 |

前述原木或大剖材(均有詳細標明部位), 均原則上以原有原木部位組合, 再以由原木髓心沿東西南北向鑿製之方式, 鑄製直紋徑面板(quarter-sawn), 每一樹種之每一取材高度, 均計製成四片, 厚約三分之三板材, 此階段、暫將這些板材試材妥為堆積於通風良好之氣乾棚內, 當近平衡量後, 再行切削為兩公分厚, 並由髓心朝徑皮方向依序鋸切為 2 公分寬之木條, 注意編號以茲追蹤各試驗木條之原屬部位, 進一步調濕平衡處理以備用。

由這些備製好之木條, 依序製作靜力抗彎曲, 縱向壓縮, 剪力強度以及硬度測試驗片, 隨即以強度試驗機, 測定其各項強度及其相關性質與其輔助資料, 有關試片之標準尺寸以及測試時之負荷方式, 速度與其他測定所需之標準等, 均依中國國家標準 CNS453-455 及 460 與參考 JIS 之標準以行之。由於試材含水率略有不均, 同時為減少調整幅度, 各強度值均依規定校正至含水率 16% 時之水準, 以茲比較 (Bodig and Jayne, 1982)。

三、結果與討論

表 2 所列為台灣扁柏之各不同強度測試結果

表2 依樹高度部位與方位之 F 值檢定結果(臺灣扁柏)

| 變異因子 | 破壞係數 | 彈性係數 | 壓縮強度 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|
| 取材高度 | 22.26 * | 9.54 * | 105.22 * | 132.22 * | 15.24 * | 17.37 * |
| 取材方位 | 5.06 * | 12.22 * | 14.55 * | 4.09 * | 3.18 * | 0.97 |

* 表示在 0.05 水準下顯著。

表3 各種強度均數值依取材樹高與方位之顯著性測定(臺灣扁柏)

| 變異因子 | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向壓縮 (kgf/cm ²) | 剪 力 (kgf/cm ²) | 側面硬度 (kgf/mm ²) | 端面硬度 (kgf/mm ²) | |
|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|
| 取材高度 | 1* | 821.06 B*** | 89,255 A | 422.41 C | 79.26 D | 4.64 B | 1.65 BC |
| | 2 | 793.18 C | 87,046 BC | 397.65 D | 91.45 C | 4.37 B | 1.50 C |
| | 3 | 925.94 A | 92,834 AB | 507.77 B | 112.80 B | 4.89 B | 1.79 B |
| | 4 | 911.04 A | 83,463 C | 575.21 A | 141.15 A | 6.05 A | 2.33 A |
| 取材方位 | E** | 875.27 A | 97,593 A | 475.18 A | 102.62 AB | 4.77 AB | 1.82 A |
| | W | 790.95 B | 85,383 B | 424.04 B | 95.83 B | 4.54 B | 1.67 A |
| | S | 866.09 A | 98,250 A | 492.36 A | 101.96 AB | 5.25 A | 1.76 A |
| | N | 845.60 A | 84,088 B | 470.21 A | 107.28 A | 4.54 A | 1.86 A |

* 1 = 基部, 2 = 1/4 高度, 3 = 3/4 高度, 4 = 3/4 高度

** E = 東, W = 西, S = 南, N = 北

*** 英文字母相同者表示結果在 0.05 水準下不顯著。

顯著性分析, 乃依據試材取得之方位與樹幹內不同高度二因子所作之統計分析資料歸類列表。

若依靜力抗彎曲強度, 縱向壓縮、剪力強度、硬度之平均值, 分別按單株幹材內不同取材高度及同高度之方向部位, 作顯著性測驗結果分析, 可得下列表 3。

進一步以台灣扁柏之各不同強度性質測試結果, 依同一取材方位但不同取材高度部位作比較, 其結果如表 4, 表 5 則為依同一樹高但不同方位之測試結果比較分析值。

表 6 與表 7 則分別說明台灣扁柏之各種強度均值, 依前二表之顯著性分析。

由台灣扁柏之各種木材強度測定值及其分析可知, 各強度值均顯現顯著性差異, 這些顯著性差異, 不但發生在不同樹高部位, 亦出現在不同之取材方位。若觀察各強度之大小分佈, 在樹高取材方面, 不論表 3 或表 6 均說明, 台灣扁柏之幹材, 在較高部位, 有較高之木材強度, 不過, 並非所有之測定結果均肯定最高取材部位之強度為最高, 如表 6 所示, 根據不同方位而分析可知, 以東向之破壞係數與壓縮強度或北向之破壞係數, 均以 3/4 高度之部位, 其強度為最高。

以不同方位之變異因子作討論時, 由所得資料可以看出, 大都以西方之材質較差, 但若以表

7之結果，將各強度測值，以不同取材高度部位 間比較時，則明顯說明，此一現象並不存在，同

表4 各種強度性質在同方位之不同高度間變異F值檢定(臺灣扁柏)

| 變異因子 | 破壞係數 | 彈性係數 | 縱向壓縮 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|---------|---------|----------|---------|--------|---------|
| E | 2.88 * | 2.18 | 10.43 * | 40.82 * | 3.37 * | 13.47 * |
| W | 12.01 * | 40.56 * | 45.25 * | 33.84 * | 9.61 * | 6.98 * |
| S | 6.14 * | 0.63 | 15.87 * | 21.38 * | 5.93 * | 3.45 * |
| N | 25.32 * | 12.13 * | 115.01 * | 50.04 * | 5.84 * | 4.18 * |

*表示在0.05水準下顯著
E, W, S, N如表3取材方位

表5 各種強度性質在同高度之不同方位間變異F值檢定(臺灣扁柏)

| 變異因子 | 破壞係數 | 彈性係數 | 縱向壓縮 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 1 | 2.28 * | 5.56 * | 8.56 * | 4.35 * | 1.33 | 3.54 * |
| 2 | 15.63 * | 26.21 * | 37.17 * | 4.70 * | 2.97 * | 1.22 |
| 3 | 12.61 * | 3.76 * | 3.36 * | 8.94 * | 1.52 | 4.07 * |
| 4 | 0.61 | 4.36 * | 22.49 * | 1.58 | 4.45 * | 1.99 |

*表示在0.05水準下顯著
1, 2, 3, 4如表3取材高度。

表6 同方位之不同高度間各強度均值之顯著性(臺灣扁柏)

| 變異因子 | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向壓縮 (kgf/cm ²) | 剪力 (kgf/cm ²) | 側面硬度 (kgf/mm ²) | 端面硬度 (kgf/mm ²) | |
|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|
| 東 | 1 * | 839.74 AB | 439.03 B | 79.07 C | 4.42 B | 1.43 C | |
| | 2 | 827.76 B | | 431.76 B | 87.37 C | 4.48 B | 1.43 C |
| | 3 | 937.18 A | | 536.58 A | 116.08 B | 5.30 A | 1.97 B |
| | 4 | 888.67 AB | | 482.17 B | 146.80 A | 4.79 AB | 2.93 A |
| 西 | 1 | 810.19 AB | 100,036 A | 402.59 B | 70.36 C | 4.52 B | 1.61 B |
| | 2 | 708.71 B | 79,880 B | 369.11 C | 93.24 B | 3.83 B | 1.48 B |
| | 3 | 568.71 C | 72,829 BC | 405.46 B | 104.67 B | 4.25 B | 1.29 B |
| | 4 | 864.42 A | 68,845 C | 523.90 A | 136.61 A | 5.45 A | 2.12 A |
| 南 | 1 | 769.61 B | | 414.59 C | 84.03 C | 4.54 B | 1.01 B |
| | 2 | 877.24 B | | 492.07 B | 105.18 B | 5.15 B | 1.70 B |
| | 3 | 877.07 B | | 506.29 B | 95.82 BC | 4.78 B | 1.49 B |
| | 4 | 971.36 A | | 592.23 A | 132.81 A | 7.15 A | 2.40 A |
| 北 | 1 | 843.06 A | 82,970 B | 434.96 C | 86.17 C | 5.13 B | 1.98 A |
| | 2 | 827.54 C | 70,502 C | 306.61 D | 82.87 C | 4.10 B | 1.39 B |
| | 3 | 1,062.93 A | 96,047 A | 505.72 B | 132.23 B | 4.52 B | 2.07 A |
| | 4 | 905.92 B | 88,459 AB | 699.64 A | 150.92 A | 6.77 A | 2.05 A |

*如表3之取材高度

表 7 同樹高之不同方位間各強度性質均值之顯著性(臺灣扁柏)

| 變異因子 | | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向壓縮 (kgf/cm ²) | 剪力 (kgf/cm ²) | 側面硬度 (kgf/mm ²) | 端面硬度 (kgf/mm ²) |
|-------|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 基部 | 東 | 836.74 A | 108,146 A | 439.03 A | 79.07 AB | | 1.43 B |
| | 西 | 810.19 AB | 100,036 A | 402.60 B | 70.36 B | | 1.61 B |
| | 南 | 798.81 B | 101,258 A | 414.59 B | 84.03 A | | 1.61 B |
| | 北 | 843.05 A | 82,970 B | 434.96 A | 86.17 A | | 1.98 A |
| 1/4高度 | 東 | 827.76 A | 96,687 A | 431.76 B | 83.37 B | 4.48 AB | |
| | 西 | 708.71 B | 79,880 B | 369.11 C | 93.24 AB | 3.83 B | |
| | 南 | 877.24 A | 99,517 A | 492.07 A | 103.18 A | 5.15 A | |
| | 北 | 627.54 C | 70,502 C | 308.61 D | 82.86 B | 4.10 B | |
| 1/2高度 | 東 | 937.18 AB | 91,420 A | 536.58 A | 116.08 B | | 1.97 AB |
| | 西 | 588.71 C | 72,829 B | 405.46 B | 104.67 BC | | 1.29 C |
| | 南 | 877.07 B | 96,744 A | 506.29 A | 95.82 C | | 1.49 BC |
| | 北 | 1,062.93 A | 96,047 A | 592.72 A | 132.23 A | | 2.07 A |
| 3/4高度 | 東 | | 88,702 A | 482.17 C | | 4.79 C | |
| | 西 | | 68,845 B | 523.90 C | | 5.45 BC | |
| | 南 | | 93,498 A | 592.23 B | | 7.15 A | |
| | 北 | | 88,459 A | 699.64 A | | 6.77 AB | |

時亦無法判定方位間變異之規則性或模式。此外，部份強度變異之顯著性亦消失了，尤其是在木材硬度性質方面。與一般之台灣扁柏強度相較(馬子斌等, 1979)，該單株之靜力抗彎強度稍差，剪力亦稍弱，而縱向壓縮則約相當，硬度稍強。

有關紅檜之木材強度測試結果，亦依試材在直幹材內取材高度與方位二位二因子作變異分析，其結果之F值列於下表8。

有如表2，紅檜各種木材強度變異亦甚顯著，表8結果說明紅檜材隨樹高方向與不同方位均有顯著變異存在。下列表9，乃進一步測定不同強度性質之平均值，在整合樹高取材部位或方位間之顯著性剖析，由表值可見，不論靜力抗彎曲強度或縱向抗壓，均顯示紅檜材隨樹高方向，其材性增強，但有趣的是抗剪力強度，則反明顯下降，是否有其他因素影響其變異，有待進一步探

討，紅檜材亦同時顯示隨樹高方向，其硬度亦顯著增加。

由表9之結果來討論木材強度隨取材方位之因子而變異時，似趨向東西向優於南北向之現象，這些以抗彎強度破壞係數、縱向壓縮與硬度語性質均較明顯，不過，以剪力而言，最弱材質乃在西向部位。

若以紅檜材之各種強度測定值，依採不同取材高度，以同方位歸類作變異分析，其結果如表10，而表11則係以不同方位，根據不同之取材高度作變異分析之結果。

根據表10，進一步分析其均值之顯著性如表12。

根據表11，紅檜材之各種強度測定均值之顯著性分析如表13。

以本試驗所得之結果顯示，紅檜材之一般強度性質均弱於台灣扁柏材，此與前所發表之報告

表8 依取材高度與方位之F值檢定結果(紅檜)

| 變異因子 | 破壞係數 | 彈性係數 | 壓縮強度 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| 取材高度 | 20.30 * | 28.86 * | 68.25 * | 4.38 * | 17.86 * | 8.34 * |
| 取材方位 | 6.36 * | 42.26 * | 24.40 * | 8.88 * | 2.48 | 2.75 |

*表示在0.05水準下顯著。

表9 各種強度性質均值依取材樹高與方位之顯著性檢定(紅檜)

| 變異因子 | | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向壓縮 (kgf/cm ²) | 剪力 (kgf/cm ²) | 側面硬度 (kgf/mm ²) | 端面硬度 (kgf/mm ²) |
|------|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 取材高度 | 1 * | 579.90 B | 66,412 B | 286.94 C | 83.26 A | 2.86 C | 0.94 C |
| | 2 | 583.30 B | 64,053 B | 319.30 B | 81.20 A | 3.48 B | 1.21 B |
| | 3 | 589.97 B | 68,261 B | 300.75 C | 74.75 A | 3.40 B | 1.18 B |
| | 4 | 764.57 A | 92,685 A | 412.12 A | 52.15 B | 5.06 A | 1.47 A |
| 取材方位 | E ** | 595.86 AB | 57,880 C | 319.08 A | 92.09 A | 3.48 A | 1.20 A |
| | W | 618.95 A | 76,709 A | 320.85 A | 69.02 C | 3.42 AB | 1.17 A |
| | S | 559.70 C | 66,569 B | 286.75 B | 74.06 BC | 3.05 B | 0.99 B |
| | N | 589.01 B | 63,505 B | 294.03 B | 79.95 B | 3.23 AB | 1.08 AB |

* 如表3

** 如表3

表10 不同強度性質在同方位之不同取材高度間變異F值檢定(紅檜)

| 變異因子 | | 破壞係數 | 彈性係數 | 縱向壓縮 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|---|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| 取材方位 | 東 | 2.72 | 9.19 * | 35.92 * | 1.39 | 2.23 | 5.47 * |
| | 西 | 16.17 * | 11.13 * | 77.00 * | 8.09 * | 18.37 * | 3.54 * |
| | 南 | 5.92 * | 10.63 * | 2.86 | 5.66 * | 5.30 * | 0.28 |
| | 北 | 0.00 | 0.81 | 2.90 | 5.88 | 5.42 * | 4.06 * |

* 表示在0.05水準下顯著

表11 不同強度性質在同高度下之不同取材高度間變異F值檢定(紅檜)

| 變異因子 | | 破壞係數 | 彈性係數 | 縱向壓縮 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|----|--------|---------|---------|---------|------|--------|
| 取材高度 | 1. | 2.05 | 38.82 * | 0.64 | 0.04 | 1.01 | 0.34 |
| | 2. | 5.40 * | 4.95 * | 35.01 * | 16.30 * | 2.07 | 2.87 * |
| | 3. | 6.67 * | 10.30 * | 6.88 * | 7.43 * | 0.75 | 2.47 |

* 表示在0.05水準下顯著

資料相似(馬子斌, 1979), 不過此單株紅檜材之強度, 除去硬度與壓縮外, 所測得之靜曲破壞係數均顯著低於其他研究之平均值結果(王松永, 1986; 馬子斌等, 1979), 此亦說明異株間之變異, 暫不在本研究中討論。由表12之結果可見, 紅檜材有如台灣扁柏材, 強度性質隨樹高而增加, 有關此一紅檜材之特性, 亦曾在其他研究報告中提及(洪國榮, 1989), 不過本試驗中, 亦同時說明北向方位之此一趨勢並不顯著, 又由剪力強

度值顯現出相反之趨向結果, 但是, 若再檢討不同之方位, 則可發現不規則之結果出現。

在同取材之高度內, 比較不同方位之測試結果, 如表11與13所示, 再度之說明不同方位間之變異趨勢並不一致, 此乃與取材高度所得者相異, 因此, 難以歸納成任何模式, 除此之外, 一些木材強度性質結果, 也因依不同方位之歸類分析, 而失去其顯著性, 尤以硬度性質為然。

由於近樹冠之高度部位(即4/5樹高), 有大枝

表12 同方位之不同高度間各強度性質均値之顯著性(紅檜)

| 變異因子 | | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向壓縮 (kgf/cm ²) | 剪力 (kgf/cm ²) | 側面強度 (kgf/mm ²) | 端面硬度 (kgf/mm ²) |
|------|----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 東 | 1* | 585.78 B | 52,593 B | 286.84 C | | | 0.97 B |
| | 2 | 630.53 A | 59,690 A | 303.78 A | | | 1.42 A |
| | 3 | 574.68 B | 62,101 A | 307.74 B | | | 1.25 AB |
| 西 | 1 | 542.73 C | 74,554 BC | 280.75 C | 81.70 A | 2.82 B | 0.98 B |
| | 2 | 573.37 C | 67,560 C | 318.78 B | 58.94 B | 3.18 B | 1.20 AB |
| | 3 | 656.38 B | 79,511 B | 313.64 B | 76.66 A | | |
| | 4 | 764.57 A | 92,685 A | 412.12 A | 52.15 B | 5.06 A | 1.47 A |
| 南 | 1 | 504.11 BC | 53,666 B | | 82.11 A | 2.71 B | |
| | 2 | 524.92 B | 58,167 B | | 72.19 AB | 3.14 AB | |
| | 3 | 590.38 A | 73,691 A | | 62.87 B | 3.42 A | |
| 北 | 1 | | | 285.48 B | 85.52 A | 2.75 B | 0.85 B |
| | 2 | | | 290.46 AB | 85.91 A | 3.66 A | 1.15 AB |
| | 3 | | | 307.70 A | 65.97 B | 3.24 AB | 1.27 A |

*如表三之取材高度

表13 同取材高度不同方位面各強度測定均値之顯著性(紅檜)

| 變異因子 | | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向壓縮 (kgf/cm ²) | 剪力 (kgf/cm ²) | 側面強度 (kgf/mm ²) | 55面硬度 (kgf/mm ²) |
|-------|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 基部 | 東 | 585.18 AB | 52,593 C | | | | |
| | 西 | 542.73 A | 74,554 A | | | | |
| | 南 | 594.11 A | 73,688 A | | | | |
| | 北 | 589.03 AB | 66,889 B | | | | |
| 1/4高度 | 東 | 630.53 A | 59,690 B | 373.76 A | 103.65 A | | 1.42 A |
| | 西 | 573.37 BC | 67,560 A | 318.78 B | 58.94 C | | 1.20 AB |
| | 南 | 524.92 C | 58,167 B | 292.37 C | 72.19 BC | | 1.04 B |
| | 北 | 599.15 AB | 69,822 A | 290.46 C | 85.91 B | | 1.15 AB |
| 3/4高度 | 東 | 574.68 B | 62,101 B | 307.74 A | 88.82 A | | |
| | 西 | 656.38 A | 79,511 A | 313.64 A | 76.66 AB | | |
| | 南 | 540.38 B | 63,091 B | 273.57 B | 62.87 C | | |
| | 北 | 586.80 B | 68,713 B | 307.74 A | 66.97 BC | | |

條存在之故，紅檜材之該段取材原木，除去西向方位可備製強度試材外，其他東、南與北向均無法製取，因此，表11，12及13均無3/4樹高之分析資料。

下列表14為鐵杉材之各強度測試結果，依樹高取材部位與方位因子而分析之結果。

根據鐵杉材之單株內取材高度與不同方位，

進一步分析其間各不同木材強度性質之平均値變異顯著性，所得結果列於下表15，由表15結果顯示，鐵杉材在樹高方向或不同部位之變異，沒有明顯之特定趨勢。

為求進一步瞭解，並分析鐵杉材之強度變異模式，特以下列表16與17，將測定值依取材高度或取材方位歸類，以茲檢驗不同高度間或不同

表14 依取材高度與方位之F值檢定測驗結果(鐵杉)

| 變異因子 | 破壞係數 | 彈性係數 | 壓縮強度 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|--------|--------|--------|---------|------|------|
| 取材高度 | 5.27 * | 4.49 * | 0.65 | 27.22 * | 0.29 | 2.59 |
| 取材方位 | 9.99 * | 6.35 * | 2.98 * | 3.10 * | 1.76 | 0.26 |

* 表示在0.05水準下顯著。

表15 各不同強度均值依取材高度與方位之顯著性測度(鐵杉)

| 變異因子 | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向壓縮 (kgf/cm ²) | 剪力 (kgf/cm ²) | 側面硬度 (kgf/mm ²) | 端面硬度 (kgf/mm ²) | |
|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|
| 取材高度 | 1 * | 825.64 AB | 111,916 A | 430.77 A | 67.56 C | 4.84 A | 1.59 B |
| | 2 | 774.45 BC | 107,252 A | 420.77 A | 105.70 B | 4.77 A | 1.80 AB |
| | 3 | 737.71 C | 89,906 B | 423.56 A | 141.90 A | 4.83 A | 1.94 AB |
| | 4 | 835.06 A | 104,817 A | 430.59 A | 134.70 A | 4.51 A | 1.90 A |
| 取材方位 | 東 | 776.51 B | 100,444 BC | 428.80 AB | 117.36 A | 4.88 AB | 1.71 A |
| | 西 | 731.20 B | 91,578 C | 427.59 AB | 110.72 A | 4.46 B | 1.79 A |
| | 南 | 867.48 A | 117,575 A | 444.87 A | 111.21 A | 4.84 AB | 1.74 A |
| | 北 | 776.12 B | 105,331 AB | 413.17 B | 95.16 B | 5.12 A | 1.69 A |

* 如表三之取材高度1,2,3,4 注解

表16 各種強度性質在同方位之不同高度間變異F值檢定(鐵杉)

| 變異因子 | 破壞係數 | 彈性係數 | 縱向壓縮 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|--------|--------|--------|---------|------|------|
| 東 | 0.76 | 6.38 | 1.97 | 6.44 * | 0.19 | 1.61 |
| 西 | 7.76 * | 9.71 * | 0.67 | 6.46 * | 0.61 | 0.30 |
| 南 | 0.93 | 0.75 | 1.53 | 18.01 * | 0.83 | 0.93 |
| 北 | 3.08 | 6.45 * | 4.35 * | 14.13 * | 2.95 | 2.11 |

* 表示在0.05水準下顯著

表17 各強度性質在同取材高度下之不同方位間變異F值檢定(鐵杉)

| 變異因子 | 破壞係數 | 彈性係數 | 縱向壓縮 | 剪力 | 側面硬度 | 端面硬度 |
|------|--------|---------|--------|--------|--------|------|
| 1. | 0.06 | 2.16 | 1.65 | 3.36 * | 2.74 * | 1.13 |
| 2. | 5.11 * | 1.75 | 5.52 * | 1.39 | 0.91 | 0.03 |
| 3. | 8.23 * | 11.02 * | 2.63 * | 1.37 | 0.38 | 0.11 |
| 4. | 2.43 | 2.46 | 0.92 | 0.67 | 0.00 | 0.05 |

* 表示在0.05水準下顯著
1,2,3,4如表3取材高度。

方位間之顯著性，或變異趨勢。

表 18 與 19 則分別指出鐵杉材之各種不同強度測定值，根據前列二表之變異，而分析之各強度均值之顯著性進一步檢定結果。

很顯然的，雖由表 15 無法獲得鐵杉材隨樹高走向之變異特徵，但經表 18 之處理後，從有顯著

差異之強度均值中，如西北向或北向之抗彎強度與縱向壓縮強度，可得知鐵杉材基部材質強於近樹梢部位，而由於東向與南向部位之不顯著結果，影響了表 15 之分析資料，在此需要強調的是剪力強度結果之分析，仍然缺乏有系統之結論，在鐵杉材之資料中可看出，剪力強度之結果並不能

表 18 同方位之不同取材高度間各強度測定均值之顯著性(鐵杉)

| 變異因子 | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向係數 (kgf/cm ²) | 剪力 (kgf/cm ²) |
|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 東 | 1. | | | 100.67 B |
| | 2. | | | 97.21 B |
| | 3. | | | 131.39 A |
| | 4. | | | 135.33 A |
| 西 | 1. | 826.43 A | 97,539 A | 92.54 B |
| | 2. | 706.63 A | 103,082 A | 98.42 B |
| | 3. | 800.07 A | 56,935 B | 157.68 A |
| | 4. | 505.82 B | 100,096 A | 122.55 B |
| 南 | 1. | | | 80.65 C |
| | 2. | | | 114.50 B |
| | 3. | | | 90.77 C |
| | 4. | | | 138.72 A |
| 北 | 1. | 831.56 A | 121,337 A | 451.61 A |
| | 2. | 749.70 AB | 105,100 A | 383.08 B |
| | 3. | 725.22 B | 82,714 B | 377.36 B |

表 19 同取材高度之不同方位間各強度性質測定均值之顯著性(鐵杉)

| 變異因子 | 破壞係數 (kgf/cm ²) | 彈性係數 (kgf/cm ²) | 縱向壓縮 (kgf/cm ²) | 剪力 (kgf/cm ²) | 側面硬度 (kgf/mm ²) |
|------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 基部 | 東 | | 409.66 B | 100.67 A | 4.69 AB |
| | 西南 | | 423.97 AB | 92.53 A | 4.26 B |
| | 南 | | 435.69 AB | 80.65 B | 5.15 AB |
| | 北 | | 451.61 A | 81.60 B | 5.52 A |
| 材高度 | 東 | 735.30 B | | 417.51 ¹ BC | |
| | 西 | 706.63 B | | 438.19 AB | |
| | 南 | 885.38 A | | 469.38 A | |
| | 北 | 749.70 B | | 383.03 C | |
| 材高度 | 東 | 773.07 AB | 105,124 A | 440.51 A | |
| | 西 | 530.07 C | 56,935 C | 424.75 A | |
| | 南 | 882.72 A | 105,791 A | 427.14 A | |
| | 北 | 725.22 B | 82,714 B | 377.36 B | |

有效指出有關鐵杉材之變異趨向，是否剪力破壞面，因應力集中與作用力之定位等問題，而增加了春秋材之變異因子於試驗測試中，仍有待由其他樹種之試驗結果中以求證。硬度性質之測定，在鐵杉材試驗裡，幾乎失去其顯示單株內性質變異之功能，有關此一結果，在前述之紅檜材與台灣扁柏材，亦有相似現象出現，一般而言，硬度之測定方法甚局限於一小面積內，其結果即對該特定試材之代表性，亦需予以求證，故若由此觀點而論，以硬度性質來研究單株內強度性質之變異，應不若其他木材強度指標有效。

鐵杉材強度性質有若台灣扁柏材，均比紅檜材之強度為大，而鐵杉材之彈性係數更居於台灣扁柏材之上，不過由於本研究係針對單株內之分析，不同樹種間之強度差異，不宜以單株之取樣以作討論。以不同取材高度之各方位間強度變異分析結果(如表 19)可看出，鐵杉材各方位間之差異，亦如台灣扁柏與紅檜材，沒有特定趨勢，在對高度之試材測定結果裡，各強度之差異，均不具顯著性。由於近樹梢高度取材原木含枝條之故，北向方位所製取之試片均不合標準，而予以去除在本研究中。

有關強度之分析，在橫面上由髓心向樹皮方向之模式，將進一步整合不同樹種之測試資料，以針闊葉樹材之方式進行分析與討論，宜作綜合性報告發表。

四、結 論

本研究係針對我省產經濟樹種紅檜、扁柏與鐵杉之強度變異分析，試材取自大雪山林區之駝馬山工作站生長優良之中勢木，各樹種選取一株，並由不同樹高部位以及不同方位取材製作試片，所測定之強度性質包括靜力抗彎曲，縱向壓縮、剪力及硬度，並按取材高度與方位進行變異分析，本研究重點在於單株內之變異性。

由試驗結果說明，三樹種之單株內強度變異不盡相同，紅檜與台灣扁柏均趨向隨樹高而木材強度增加，然而鐵杉材則以基部之材質強度最高

，在所選定之各種強度性質中，以靜力抗彎曲與縱向壓縮之結果較能指出強度變異之趨勢而具代表性，剪力雖亦表現其顯著性在單株內，但趨勢之說明並不明顯，尤以鐵杉材之結果為然，硬度性質之變異不易控制，而顯現不出其定性之效果，一般而言，鐵杉材具最佳之彈性係數，而台灣扁柏與鐵杉材均比紅檜材之強度大，由試驗之資料可查覺鐵杉材之強度變異大於紅檜或台灣扁柏材，有關其由髓心向樹皮方向之變異與標準模式，擬歸納其他所測樹種，分別以針闊葉樹材分析與討論，作綜合報告發表。

致 謝

本研究承行政院國科會經費補助，約顯助理馬蓮子小姐協助試驗，特此致謝。

引用文獻

- 馬子斌、陳政靜、熊如珍、黃清哈、陳欣欣、劉恩湧 1979 重要商用木材之一般性質。林業叢刊第 1 號，省林業試驗所。
- 王松永 1986 紅檜喬木材之組織與機械性質研究。中華林學季刊 19(1):77-90。
- 洪國榮 1989 台灣紅檜材組織構造與物理性質之研究。國立台灣大學博士論文。
- Bodig, J., and B. A. Jayne. 1982. Mechanics of wood and wood composites. Van Nostrand Reinhold Co., New York, N.Y. USA.
- Haygreen, J.G., and J.L. Bowyer. 1987. Forest products and wood science. The Iowa State University Press, Iowa, USA.
- Wood Products Publications. 1978. The Wood Book. Wood Products Publications, Tacoma, Washington, USA.
- Western Wood Products Association. 1974. Western woods use book-Structural data and design. WWPA Portland, Oregon, USA.