

應用非破壞性技術檢測柳杉木結構集成材之強度

◎林業試驗所森林利用組·李銘鐘、周群

台灣佔全球人口只有0.3%，但二氧化碳的排放量卻佔了1%以上，因此，我們必須善盡減少溫室氣體排放和減緩全球暖化之責。增加造木木結構用材有助於降低二氧化碳排放量，可將碳長久固定，林產物之長遠有效利用亦是京都議定書中重要的事項，將柳杉間伐木開發製造木結構集成材，提昇柳杉材之價值在這方面自有研究之空間。其一是直接經濟上利益若能由針葉樹低品等之柳杉材，提昇其結構強度，則有更為顯著之經濟效益；其二是柳杉間伐材得以如此較為長期使用，延長產品壽命，有利森林資源環境保育等之因素。自然在其間接誘因下，促進森林經營，促使健全森林資源，更加利於林業長期發展。

柳杉造林疏伐木其未成熟材比例高，將原木以非破壞性強度檢測分等，強度佳者應用在結構用材上。原木製成板材乾燥後，再依其非破壞性強度分級，且將去除多節之短料以縱向指接延長材料長度，經成層積後可增加材料尺寸，將小材變成大料如圖1且可依需要製成彎曲弧度造型。



圖1. 柳杉木結構集成材(李銘鐘 攝)

為建立以非破壞性方法檢測木材之強度，黃彥三(1990)曾藉由木材的音速與動彈性係數關係，以評估材質，圖2為利用紅橡木氣乾材之振動試驗結果，顯示木材的音速與動彈性係數兩者呈顯著正相關，而測定音速時，只須求得共振頻率及測試材長度，即可評估材質。

本試驗則以低成本及簡單的方法，利用電腦軟體(Fast Fourier Vibration analyzer)即可完成非破壞性強度檢測，以改進往昔端賴貴重儀器方能進行檢測。

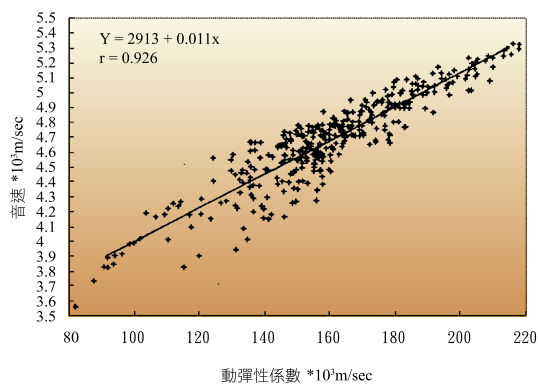


圖2. 紅橡木氣乾材之振動試驗音速與動彈性係數(黃彥三, 1990)





圖3. 板材進行非破壞性打音振動檢測(李銘鐘 攝)



圖4. 棋型樑非破壞性打音振動檢測(李銘鐘 攝)

本試驗於竹東地區砍伐柳杉間伐材樣木，材料長7.5m共12段，立木之胸高直徑為25~30cm，檢測原木段生材音速平均為3376m/s。於德豐木業公司鋸製厚度為2.1公分板材為集成元進行人工乾燥。柳杉板材集成元進行非破壞性打音振動強度檢測，將柳杉板材以兩橡膠條支撐，一端以鐵槌敲擊另一端用麥克風接收訊號如圖3。鐵槌重量約為板材重0.5~5%，柳杉板材檢測音速分佈於3612~5904m/s，將較低音速之板材組合於層積樑中間，以間苯二酚膠雙面佈膠，佈膠量約為250g/m²。

當檢測彎曲成弧形的棋樑時，係利用麥克風加筆記型電腦及Fast Fourier Vibration analyzer軟體，以鐵槌敲擊(圖4)，可快速計算出試材之共振頻率(圖5)。

依下列公式分別計算出音速及縱向動彈性係數—

$$V = 2Lf$$

V：音速(m/s)；L：試材長度(m)；
f：縱振動共振頻率(Hz)。

$$MOE_{dyn, long} = \rho V^2$$

MOE：縱向動彈性係(kgf/cm²)數；
ρ：密度(g/cm³)；V：音速(m/s)。

當進行板材檢測時，藉由Fast Fourier Vibration analyzer軟體，受測試材需以軟質橡膠支稱，方能使之自由振動，敲鎚重量為受測

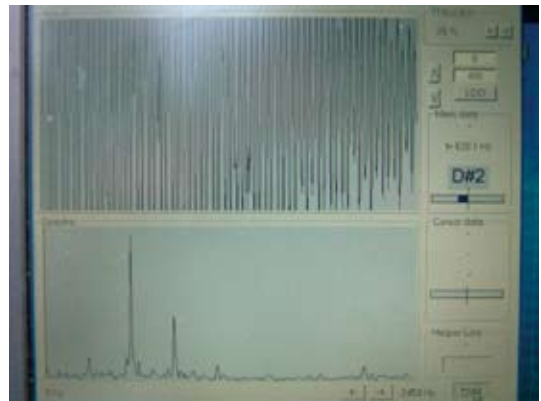


圖5. 棋型樑之共振頻率(李銘鐘 攝)

試材重0.5~5%，而敲擊力量大小並不會改變共振頻率值。一般以第一個共振頻率峰值為最大，偶有極少數會發生第二個共振頻率峰值較第一個共振頻率值為大，此時需手動選擇第一個共振頻率值，即可正確檢測木材之非破壞強度。此為一般使用者較易發生錯誤之處，並對非破壞強度檢測之可靠度產生疑慮。

在金融海嘯肆虐下，木竹材加工業多所面臨經營困難，如何將研究理論化為實際可應用的技術，以協助木竹材加工業，實為當務之急。經驗證以打音振動非破壞性的強度檢測方法，具有低成本、且操作方法簡單，準確性也高，木材加工業者易於用於品質管制，將可提高產品之品質及價格，對提升競爭力將有所助益。⊗

◎ 參考文獻請逕洽作者