

非破壞性檢測方法評估 預設缺點對杉木粒片板性質之影響¹

陳載永² 楊善復³ 陳合進³

【摘要】以應力波計時儀（Stress Wave Timer，SWT）及打音頻譜分析系統（Tap Tone Analysis System，TTAS）與振動頻率測定器（Vibration Frequency Tester，VFT）等三種非破壞性檢測儀器，檢測含有外來夾雜物、含水率不均及板密度不均的杉木粒片板。在添加 5 % 金屬屑及砂粒之外來夾雜物於杉木粒片板之板坯的中央或環狀位置，此預先設計之缺點，以應力波計時儀、打音頻譜分析系統及振動頻率測定器等三種非破壞性檢測系統及破壞性檢測技術，未能發現缺點的存在；然而板密度不均及板坯含水率不均之缺點，可經由非破壞性及破壞性兩種檢測系統查覺之，並且其相關性極高。

【關鍵字】粒片板、預設缺點、非破壞性檢測、波速、振動頻率

Effects of Predesigned Defects on the Properties of China-fir Particleboard Evaluated by Nondestructive Testing Methods¹

Tsai-Yung Chen² Shan-Fu Yang³ Ho-Chin Chen³

【Abstract】 During the China-fir particleboard making, predesign to add 5% extraneous metal particles or gravel sand, which concentrated in the center or in ring form of the mat. This defects of panels under recent testing methods could not clear find out, neither by nondestructive testing methods such as stress wave timer (SWT), tap tone analysis system (TTAS) and vibration frequency tester (VFT), nor by destructive testing method such as universal testing machine. Otherwise the uneven forming and uneven moisture content of mat influence the properties of China-fir particleboards obviously, it could be found by both testing systems (non-destructive and destructive testing) the results showed high relationships.

【Key words】 Particleboard, Predesigned Defects, Nondestructive Testing, Wave Velocity, Vibration Frequency.

1. 第 2 作者國立中興大學碩士論文之一部份，國科會研究計畫（NSC87-2313-B005-105）經費補助
A part of master-thesis by the second author, Institute of Forestry, NCHU; This research project was sponsored by the National Science Council. (NSC87-2313-B005-105)

2. 國立中興大學森林系教授
Professor, Department of Forestry, NCHU.

3. 國立中興大學森林系研究生
Graduate student, Department of Forestry, NCHU.

一、前言

以非破壞性檢測法檢測木質複合材之力學性質頗為普遍 (Dunlop, 1980; Pellerin, 1994; 陳載永, 1989), 同時木材工業界及學術界應用非破壞性檢測方法作為實木及製材之缺點檢測與分等 (黃彥三等, 1990, 1993)。立木材質或心腐狀態之偵測, 亦可藉非破壞性檢測方法完成之 (黃彥三, 1997)。

粒片板從原料處理到成板之製造過程中, 可能發生外來異質夾雜物之摻合或抄板疏失而影響粒片板性質, 而這些缺點有時無法及時被發現, 且當板材製成後這些缺點將隨著板材被販售到市場上, 使得公司產品的品質認同度降低, 若能在板材生產中及時發現這些缺點, 將這些有缺點之產品剷除, 如此將可提高產品的信任度。由於粒片板在生產時之原料來源複雜, 為了要探討加工時所造成的缺點對板材的影響, 故本研究擬以杉木粒片為原料, 來探討在抄板時, 設計不正常之缺點組成結構, 如添加金屬、添加砂粒、抄板不均及粒片含水率不均等缺點, 待成板後, 可否藉由應力波計時儀、打音頻譜分析系統及振動頻率測定器等非破壞性檢測儀器, 檢測板材之性質及預先查覺板材之缺點。

二、試驗材料

(一) 杉木粒片：

樹齡約 20 年生之杉木疏伐木, 平均胸高直徑約 20~30 cm, 取自林業試驗所蓮華池分所; 原木先分成未去樹皮、去樹皮及樹皮等三種材料, 隨之經帶鋸機裁切成角材, 再經搗切機 (knife hog) 將木材搗切 (chopping) 成木片, 其木片又經磨切機 (knife-ring flaker) 磨切 (chipping) 成裂片型粒片後, 再乾燥到含水率 3% 以下, 即刻裝入塑膠袋密閉備用。

(二) 膠合劑：

尿素甲醛樹脂, 購自台南木膠股份有限公司。固體含量為 63.5%, 黏度在 25 °C 時為 600±200 cps, pH 值 7.4。

(三) 異質性雜物：如圖 1 所示。

1. 礦物夾雜物: 小於 #35 篩網之細沙、細石粒及綜合碎石。
2. 金屬夾雜物: 細鐵屑、細鋁屑及鐵捲屑。

三、試驗方法

(一) 設計缺點組成之杉木粒片板之製造條件如表 1 所列。

(二) 特殊杉木粒片板之製造

1. 添加異質夾雜物之杉木粒片板製造

上膠粒片秤取一試板所需之粒片量後, 取此已上膠粒片之 1/2 量均勻撒佈於成型框內, 另將預先已稱好重量之異質夾雜物, 亦以

表 1. 杉木粒片板之製造條件

Table 1. Manufacturing conditions for China-fir particleboard with predesigned defects.

編號	異質夾雜物種類及異常板坯	備註
C-M	添加細金屬屑	1. 異質夾雜物添加量 5%
C-S	添加細砂粒	2. 用膠量: UF 10%
C-F	抄板不均	3. 熱壓條件: 壓力 30 kgf/cm ² 、溫度 150 °C、時間 4 min
C-W	含水率不均	4. 試板預定密度: 0.6 g/cm ³ 5. 試板預訂尺寸: 45×45×1.8 cm, 每組條件試板重複 6 片

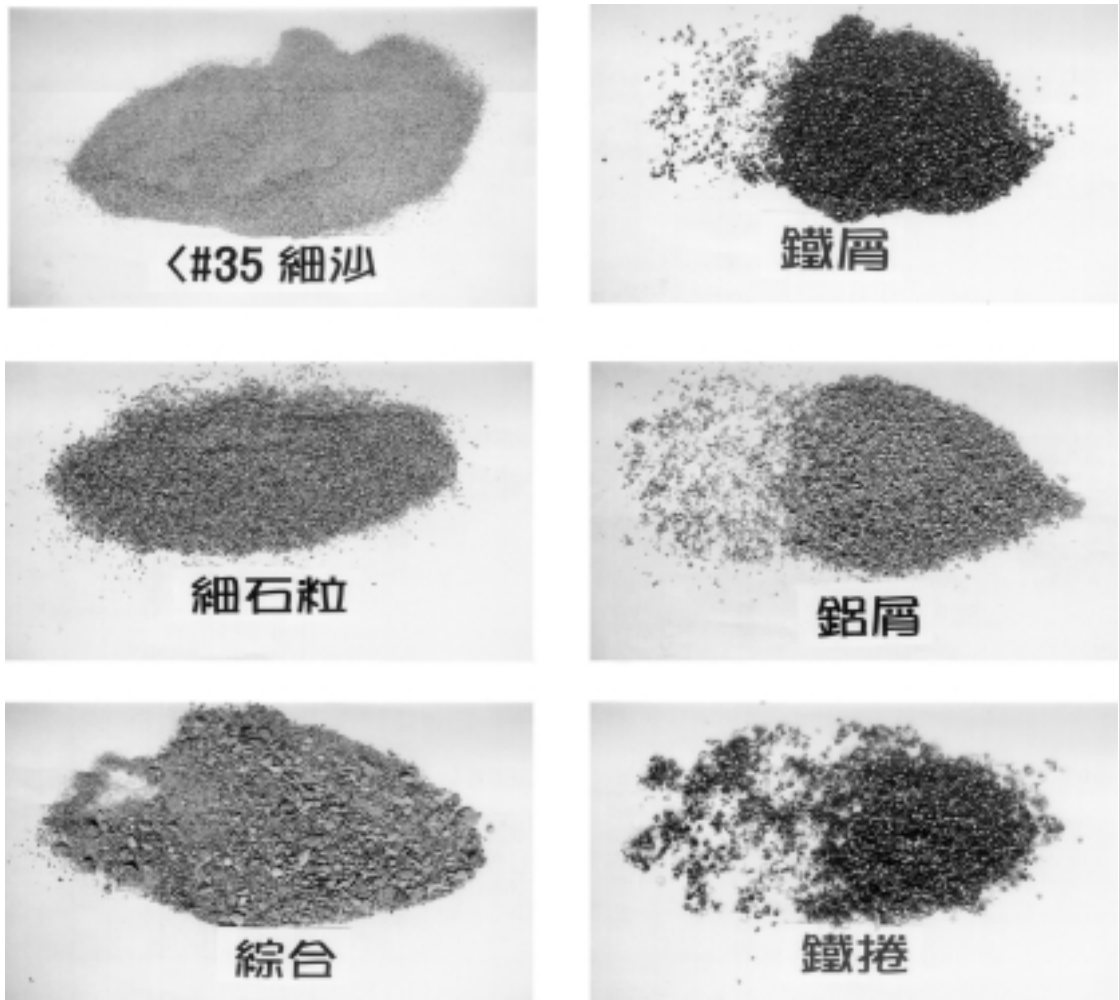


圖 1. 金屬和砂粒夾雜物之形態

Fig. 1. The shape of extraneous metal particles and gravel sands.

人工方式撒佈在直徑約 20 cm 內的圓面積裡 (中央部分)，最後再將剩餘之 $1/2$ 粒片量均勻撒佈於此框內，舖平進行熱壓，如圖 2 所示。金屬和砂粒之異質夾雜物所添加的量為粒片重的 5% (約 100 g)。所加入的金屬夾雜物有鐵屑 (塊狀物)、鋁屑 (片狀顆粒物) 及鐵捲屑 (鑽床條狀捲曲)。而砂粒夾雜物為通過 35 號篩網者；至於細石則能通過 18 號篩網，而未通過 35 號篩網之砂粒；及至綜合砂石夾雜物為含有大小石子及砂土等未經篩選

者。

2. 抄板不均之杉木粒片板製造

抄板撒佈不均之粒片板分成兩種，一為粒片集中在粒片板中央，撒佈面積約為直徑 20 cm \pm 2 cm 之凸圓弧狀，將已稱好之粒片從中取出 240 g (約 10%) 之粒片，其他粒片均勻撒佈，再將已取出之粒片集中撒佈在中央。另一方式，將粒片集中於外側，使呈凹圓弧狀，也是將已稱好之粒片從中取出約 10% 的粒片，其他粒片均勻撒佈，隨之將已



- 圓面積內加入異質夾雜物
1. 金屬夾雜物
鐵屑、鋁屑、鐵捲
 2. 砂粒夾雜物
<#35 細砂、細石、綜合砂石

圖 2. 金屬和砂粒夾雜物撒佈之部位示意圖

Fig. 2. The predesigned position for extraneous metal particles and gravel sands.

取出之粒片集中撒佈於環狀外側（如圖 3 所示）。

3. 含水率不均之杉木粒片板製造

含水率不均撒佈情形，一為將已上膠粒片均勻撒佈，使用市售噴霧瓶，將水噴在板坯上中央圓面積直徑約為 25 cm ± 2 cm，噴水量約全板重的 1.5 % (26.4 g)。另一為將已上膠粒片均勻撒佈，噴水在板坯上成一環狀，寬約 6 cm ± 2 cm，噴水量亦為全板重的 1.5 % (26.4 g) (如圖 4 所示)。

(三) 試材強度測定

試板熱壓完成，於冷卻後，經修邊成

42 cm × 42 cm 之試板，先以應力波計時儀、打音頻譜分析系統及振動頻率測定器之非破壞性測定儀器，首先檢測此全尺寸試板之波速及震動頻率後，將全尺寸試板再裁成 42 cm × 5 cm 之小尺寸試片，隨即再同樣實施非破壞性檢測，最後進行破壞性檢測。

四、結果與討論

(一) 金屬夾雜物之影響

1. 非破壞性試驗

壓製完成之粒片板經冷卻即刻（調濕前）以應力波計時儀測試全試板 7 個測點（圖 2）

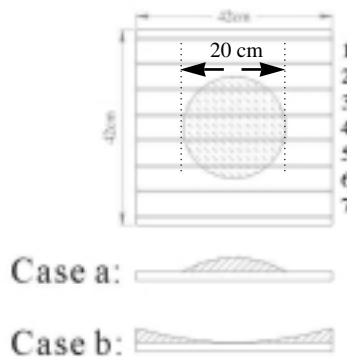


圖 3. 抄板撒佈不均之板坯示意圖

Fig. 3. Mat with assigned uneven forming as case a and b.

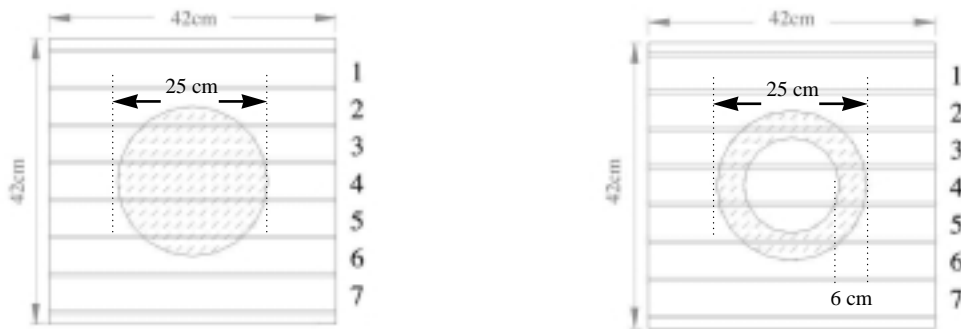


圖 4. 含水率不均之板坯示意圖

Fig. 4. Mat with assigned uneven moisture content.

之應力波波速，爾後置於恆溫恆濕室 (20 °C，65 % RH)，調濕三週後，再取出以應力波計時儀測試其應力波波速，最後將 7 個測點裁切成 7 條試片，其寬度 5 cm，此三種試材之應力波波速綜合列於表 2，由表得知，調濕前、調濕後及裁切後此三種狀態之應力

波波速所呈現之差異性不大。

就調濕前與調濕後而言，調濕後之應力波波速比調濕前之應力波波速慢，在夾雜鐵屑者最大相差 78 m/sec，而鋁屑者最大相差 71 m/sec，夾雜鐵捲屑者最大相差 74 m/sec。就調濕後與裁切後而言，裁切後之應力波波

表 2. 金屬夾雜物粒片板調濕前、調濕後（全尺寸）與裁切後（小尺寸）之應力波波速
 Table 2. The wave velocity of particleboards made of China-fir wood particles with extraneous metal materials which were measured before and after conditioning in full size and cutted in small size.

單位：m/sec

狀態	種類	試材部位	1	2	3	4	5	6	7
調濕前									
SWT	鐵屑		1792	1746	1715	1714	1765	1827	1830
	鋁屑		1769	1745	1746	1755	1755	1758	1777
	鐵捲		1728	1726	1738	1745	1719	1747	1773
調濕後									
SWT	鐵屑		1740	1704	1668	1667	1711	1749	1763
	鋁屑		1730	1707	1681	1711	1715	1707	1696
	鐵捲		1693	1653	1674	1671	1649	1686	1707
裁切後									
SWT	鐵屑		1753	1731	1701	1707	1749	1758	1771
	鋁屑		1749	1726	1718	1711	1726	1696	1703
	鐵捲		1647	1671	1696	1696	1656	1686	1707

速比調濕後者有呈現較快的趨勢，就夾雜鐵屑、鋁屑及鐵捲屑者最大相差分別為 40 m/sec、20 m/sec、41 m/sec。裁切後針對所添加三種不同金屬夾雜物，以三種非破壞性檢測儀器測試結果做探討，金屬夾雜物集中的區域是在中央部位，結果如下列說明：

(1)應力波計時儀檢測結果

杉木粒片板中含各金屬夾雜物與對照組之 MOEd 差異性，如圖 5 所示，對照組之 MOEd 在試材位置中間部分（試材部位 3、4 和 5）比外側的低，而金屬夾雜物主要含量是在試材部位 3、4 和 5 位置，其中間部分之 MOEd 呈現較外側高，但所呈現的趨勢不明顯，且與對照組所呈現的情形不一致。在試材部位 4 之

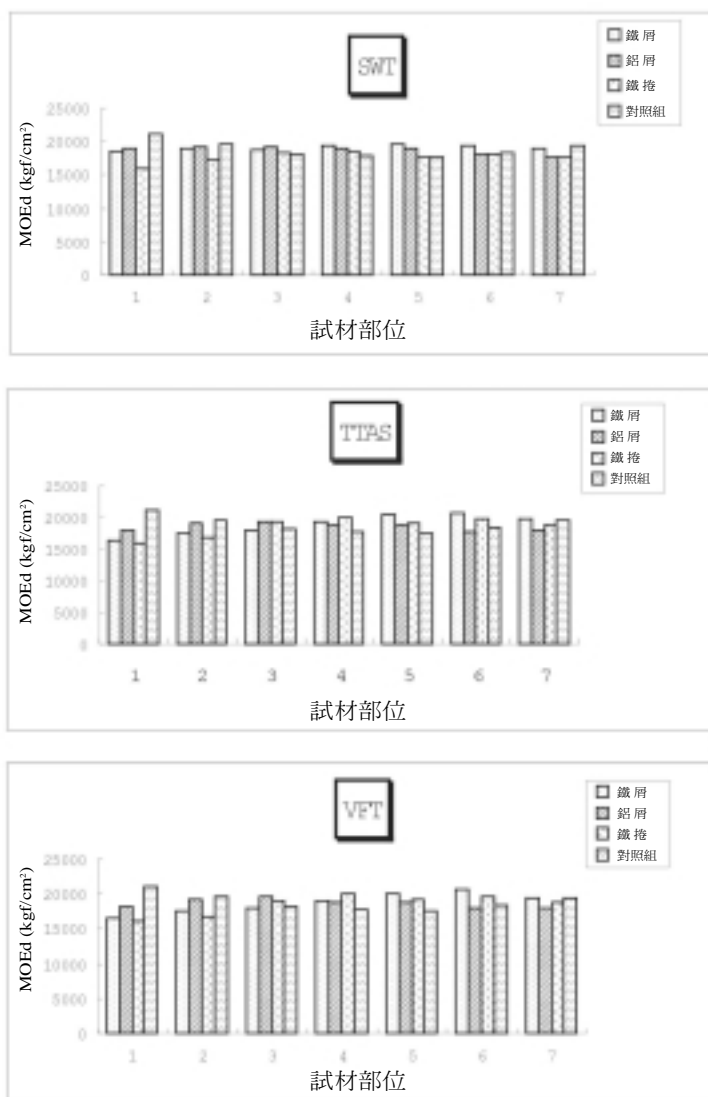


圖 5. SWT、TTAS和VFT檢測金屬夾雜物對杉木粒片板 MOEd 之影響

Fig. 5. Effects of extraneous metal particles on MOEd of China-fir wood particleboards tested by SWT, TTAS and VFT.

表 3. t 檢定判斷應力波檢測板材調濕前後及裁切後之差異性
 Table 3. T - test of specimen conditioning and cutting treatment.

金屬夾雜物	檢測時段		
	調濕前-調濕後	調濕前-裁切後	調濕後-裁切後
鐵屑	有差異性	無差異性	無差異性
鋁屑	有差異性	有差異性	無差異性
鐵捲	有差異性	有差異性	無差異性

*水準度 $\alpha=0.05$

MOEd，於夾雜鐵屑者 19328 kgf/cm²、鋁屑者 18983 kgf/cm²、鐵捲者 18519 kgf/cm²及對照組為 17784 kgf/cm²，大致言之，以含鐵屑夾雜物之 MOEd 為最高，而含鐵捲屑為最低。以 F-檢定分析其結果顯示，含鐵屑之調濕前、調濕後及裁切後無差異性，其它鋁屑及鐵捲者調濕前、後及裁切後有差異性。

(2)打音頻譜分析系統檢測結果

以打音頻譜分析系統所測得的結果，對照組試材中間部位之 MOEd 較外側的低，反之，含金屬夾雜物試材中間部位之 MOEd 較外側的高。就鐵屑而言，最高之 MOEd 為 20393 kgf/cm²，在試材部位 5 與試材部位 4 兩者較高；就鋁屑而言，最高之 MOEd 為

19293 kgf/cm²在試材部位 3 處，與對照組相差 2865 kgf/cm²，而與外側部位 1 和 7 者分別相差 1338 kgf/cm²、1271 kgf/cm²。就含鐵捲屑而言，最高之 MOEd 為 20033 kgf/cm²在試材部位 4 之處，與外側部位 1 和 7 分別相差 4145 kgf/cm²及 1134 kgf/cm²。

(3)振動頻率測定器檢測結果

使用振動頻率測定器檢測的結果與使用打音頻譜分析系統檢測的結果相似，因檢測之振動頻率相當接近。

2.破壞性試驗

圖 6 和圖 7 為金屬夾雜物對杉木粒片板靜曲彈性係數 (MOE) 和靜曲破壞強度 (MOR) 之影響，從圖 6 可看出，含金屬夾雜物之杉木

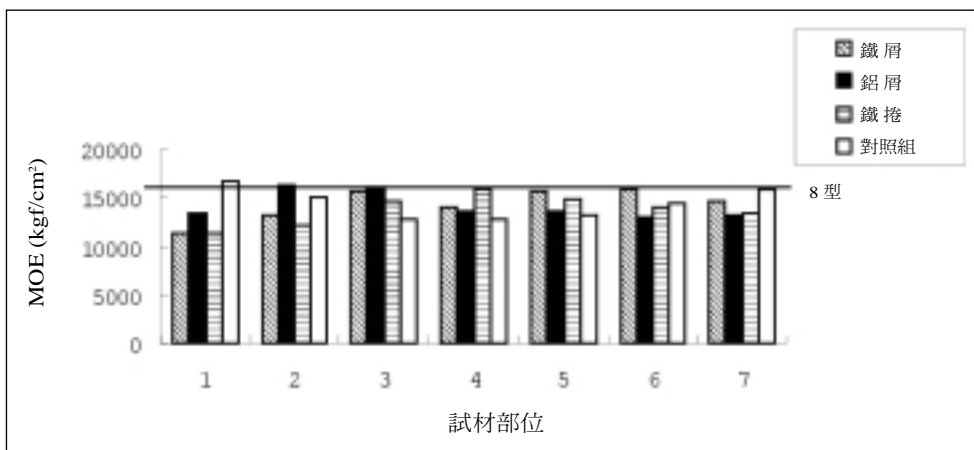


圖 6. 金屬夾雜物對杉木粒片板 MOE 之影響

Fig. 6. Effects of extraneous metal materials on MOE of China-fir wood particleboards.

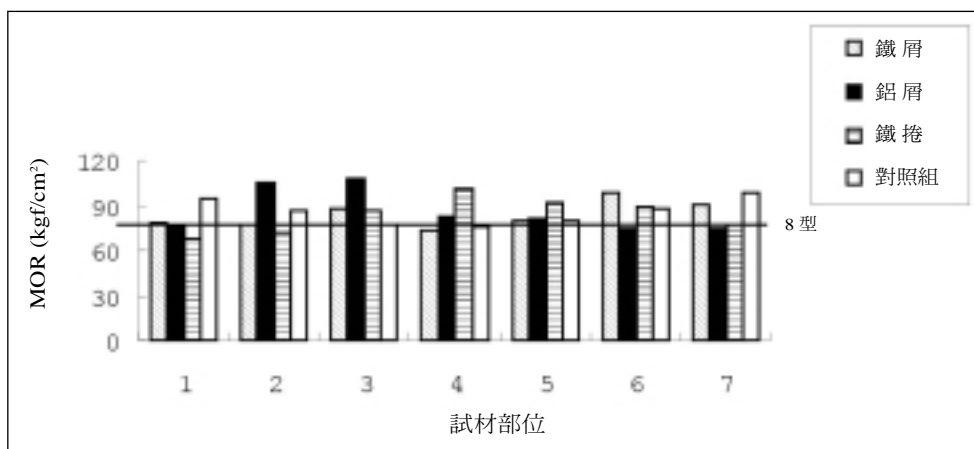


圖 7. 金屬夾雜物對杉木粒片板 MOR 之影響

Fig. 7. Effects of extraneous metal materials on MOR of China-fir wood particleboards.

粒片板在試材部位 1 處之 MOE 為最低，含鐵屑者，其 MOE 較高的部位在第 3、5 和 6，而中間部分比較低，最大的相差 1776 kgf/cm² 之多。含鋁屑時，其 MOE 較高者，卻在試材部位 2 和 3，分別為 16332 kgf/cm² 及 16040 kgf/cm²，而在中間部位僅為 13639 kgf/cm²，差距相當明顯。含鐵捲屑之 MOE 最高在中間，其為 15978 kgf/cm²，往外側遞減；對照組之中間為最低，往外側遞增。夾雜鐵屑者之 MOE 在試材部位 4 比試材部位 3 和 5 低，與非破壞性檢測結果不一致，非破壞性檢測時，部位 4 介於部位 3 和部位 5 之間。而夾雜鋁屑在試材部位 4 有降低之趨勢，但夾雜鐵捲者則呈現提高現象，此可能因鐵屑與鋁屑為顆粒狀，在集中載重時由於應力集中，而使上下層呈剝離的現象，而鐵捲屑為細長捲曲狀有糾結情形。

從圖 7 來說明經破壞性試驗之靜曲強度 (MOR)，與中國國家標準 CNS 2215 粒片板 8 型規格之靜曲強度須達到 80 kgf/cm²。各金屬夾雜物在試材各部位呈一致趨勢，含鐵屑者，由中間部位往外側遞增，然後又遞減，呈波浪狀，試材部位 4 之 MOR 為

73.62 kgf/cm² 未達粒片板 8 型之 82 kgf/cm² 標準。含鋁屑試材之部位 1 往內遞增，至試材部位 3 處，之後中間往另一側遞減，試材部位 4 之 MOR 為 82.46 kgf/cm² 達粒片板 8 型之標準。含鐵捲屑者，為外側往中間遞增，試材部位 4 之 MOR 為 92.49 kgf/cm²。總之，含金屬夾雜物之杉木粒片板與對照組之差異性，經由 t 檢定 (雙尾) 兩母體平均數差，在假設變異數不相等，水準度 0.05 下，差異呈現不顯著。亦即未能以破壞性檢測方法，查知板中含有金屬夾雜物 (表 3)。

比較圖 5 及圖 6 與表 4，可謂以目前現有三種非破壞性檢測儀器無法檢測出金屬夾雜物的存在，在應力波波速方面，試材部位 3、4 和 5，雖有降低的情形，但所呈現的趨勢不明顯。再由表 4 列出金屬夾雜物影響杉木粒片板之 MOEd 與 MOE 之關係，其相關係數介於 0.573 與 0.959。對此結果而言，以目前本研究現有之非破壞性方法及破壞性方法，均尚難預測此缺點存在。

(二) 砂粒夾雜物

1. 非破壞性試驗

表 5 為調濕前、調濕後與裁切後之含砂

表 4. 含金屬夾雜物杉木粒片板之 MOEd 及 MOE 迴歸分析
 Table 4. Regression analysis of MOEd and MOE of China-fir wood particleboards with by extraneous metal materials.

金屬夾雜物	檢測種類	迴歸方程式	相關係數(r)
鐵屑	SWT	MOE=1.61MOEd-16725.5	0.879
	TTAS	MOE=1.22MOEd-9034.6	0.949
	VFT	MOE=1.28MOEd-10092.9	0.959
鋁屑	SWT	MOE=0.94MOEd-3464.9	0.573
	TTAS	MOE=0.59MOEd+3188.3	0.616
	VFT	MOE=0.65MOEd+2104.3	0.648
鐵捲	SWT	MOE=1.66MOEd-15540.3	0.893
	TTAS	MOE=1.05MOEd-5745.1	0.880
	VFT	MOE=1.13MOEd-7220.9	0.926

表 5. 含砂粒夾雜物之杉木粒片板調濕前、調濕後(全尺寸)與裁切後(小尺寸)之應力波波速
 Table 5. The wave velocity of particleboards made of China-fir wood particles which included extraneous gravel sands were measured before and after condition in full size and cut in small size.
 單位：m/sec

狀態	種類	試材部位	1	2	3	4	5	6	7
調濕前									
SWT	<#35		1789	1749	1749	1761	1769	1750	1794
	細石		1810	1730	1714	1722	1741	1737	1749
	綜合		1781	1765	1757	1733	1730	1722	1715
調濕後									
SWT	<#35		1781	1753	1749	1737	1773	1777	1789
	細石		1823	1757	1734	1699	1711	1729	1757
	綜合		1769	1745	1749	1733	1714	1711	1707
裁切後									
SWT	<#35		1801	1753	1757	1781	1757	1761	1797
	細石		1789	1737	1722	1722	1749	1737	1726
	綜合		1777	1745	1769	1722	1711	1711	1688

粒夾雜物杉木粒片板之應力波波速，調濕後者之應力波波速，由外側往中間遞減，其中以含細石者比較明顯，而含綜合砂粒者呈現之趨勢，由試材部位 1 處往部位 7 遞減。一般調濕

前與調濕後之全尺寸板材應力波波速比裁切後之小尺寸試片為慢。總之，不易判斷試片中含砂石夾雜物。

2.破壞性試驗

經過應力波計時儀等非破壞性檢測後之小尺寸試片，隨即進行破壞性試驗，所測得之靜曲彈性係數（MOE）和靜曲破壞強度（MOR），分別如圖 8 和圖 9 所示。含有小於 35 號篩網之砂粒者其 MOE 差異較小，最高與最低的差距僅為 1219 kgf/cm²，而含細石和綜合砂粒者，其 MOE 差異較大，中間部位含細石者，MOE 有降低之情形，但試材部位 5、6 和 7 降低的程度非常大，從

14104 kgf/cm² 降至 11138 kgf/cm²。但中間部位含綜合砂粒者，其 MOE 有增高情形，最高點之 MOE 為 15933 kgf/cm²，但在試材部位 5 至 7 處，非常明顯的降低，最低點之 MOE 為 10500 kgf/cm²。

致於 MOR 性質，含有小於 35 號篩網之砂粒者，MOR 均達 82 kgf/cm² 以上，中間部分有降低之情形，但 MOR 也有 88.17 kgf/cm²。含細石者所呈現的趨勢與

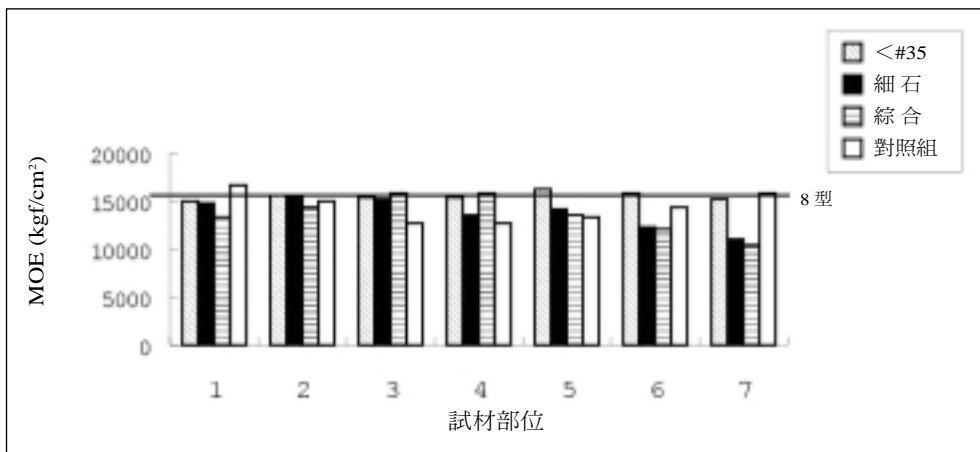


圖 8. 砂粒夾雜物對杉木粒片板 MOE 之影響

Fig. 8. Effects of extraneous gravel sand on MOE of China-fir wood particleboards.

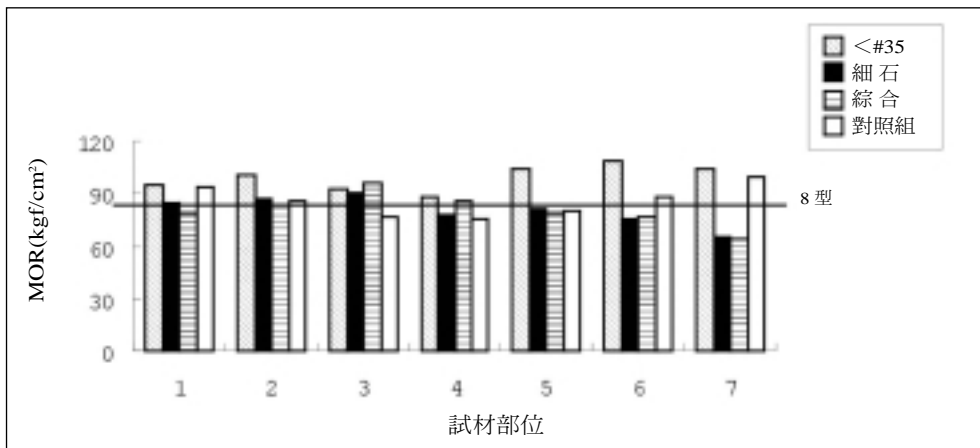


圖 9. 砂粒夾雜物對杉木粒片板 MOR 之影響

Fig. 9. Effects of extraneous gravel sands on MOR of China-fir wood particleboards.

MOE 相似，中間部分與試材部位 7 之 MOR 相差 11.99 kgf/cm²。含綜合砂石者其最高之 MOR，在試材部位 3 為 95.59 kgf/cm²，往外側遞減，與最低值相差 31.12 kgf/cm² 之多。而含小於 35 號篩網之砂粒者，在試材部位 3、4 和 5，雖 MOE 沒有降低的現象，但 MOR 則呈降低之趨勢。

由表 6 所示，砂粒夾雜物影響杉木粒片板

MOEd 及 MOE，經迴歸分析發現，目前以此非破壞性方法及破壞性方法檢測板材強度時，未能預知砂粒夾雜物存在之缺點。

(三) 抄板不均

1. 非破壞性試驗

抄板不均之杉木粒片板在調濕前、調濕後與裁切後，各試材部位之應力波速如表 7 所示。在粒片集中在中央者，裁切後之應力波波

表 6. 砂粒夾雜杉木粒片板之 MOEd 及 MOE 迴歸分析

Table 6. Regression analysis of MOEd and MOE of China-fir wood particleboards with extraneous gravel sands.

砂粒夾雜物	檢測種類	迴歸方程式	相關係數 (r)
<#35	SWT	MOE=0.26MOEd+10438.9	0.244
	TTAS	MOE=0.722MOEd+1462.8	0.782
	VFT	MOE=0.68MOEd+2375.2	0.780
細石	SWT	MOE=1.00MOEd-5124.6	0.567
	TTAS	MOE=1.07MOEd-6122.3	0.924
	VFT	MOE=1.18MOEd-8140.2	0.934
綜合	SWT	MOE=1.36MOEd-12137.8	0.903
	TTAS	MOE=1.03MOEd-5009.7	0.955
	VFT	MOE=1.09MOEd-6038.6	0.964

表 7. 抄板不均之杉木粒片板調濕前、調濕後（全尺寸）與裁切後（小尺寸）之應力波波速

Table 7. Wave velocities of uneven formed particleboard made of China-fir wood particle were measured before and after conditioning in full size and cut in small size. 單位：m/sec

種類	試材部位	1	2	3	4	5	6	7
調濕前								
SWT	粒片中央集中	1781	1834	1876	1893	1864	1831	1739
	粒片外側集中	1872	1781	1622	1477	1571	1728	1834
調濕後								
SWT	粒片中央集中	1798	1875	1896	1918	1885	1870	1769
	粒片外側集中	1915	1817	1637	1490	1582	1749	1860
裁切後								
SWT	粒片中央集中	1832	1918	1934	1944	1904	1891	1779
	粒片外側集中	1921	1829	1594	1478	1563	1779	1872

速比調濕後者快，各試材部位最大差距為 43 m/sec，最小差距為 11 m/sec。其裁切後之應力波波速亦比調濕前快，最大相差 84 m/sec 高（約快 4.6 %），最小相差 40 m/sec（約快 2.3 %）。

就粒片外側集中而言，結果仍為裁切後之應力波波速比調濕後者快，但僅試材部位 3、4 和 5 並非如此。其差距以試材部位 3 之差距為最大（44 m/sec），而試材部位 1 之差距最小（6 m/sec）。裁切後之應力波波速亦比調濕前快，最大相差 51 m/sec（高出 3.0 %），最小相差 1 m/sec。

總而言之，調濕前後之大尺寸試板，對於設計粒片抄板不均集中在中央集中者，即測試部位 2,3,4,5 及 6 者，其波速大於部位 1 和 7 者，尤其以部位 4 最大，反之，設計粒片在外側集中者，測試部位 4 之波速最低，隨之向外側部位漸增。裁切後之小尺寸試片呈現類似趨勢之結果。三種非破壞性檢測儀器之測試結果呈現雷同之趨勢。

2.破壞性試驗

圖 10 為抄板不均影響杉木粒片板 MOE 之結果，對試材部位 3、4 和 5 之粒片在外側

集中者，其密度為 0.3 g/cm^3 （中間部位），而其整片試材平均密度為 0.51 g/cm^3 ，由於中央部位之密度太低故以本研究之破壞性方法未能測得 MOE。當粒片在中央集中者，即試片部位 4，其 MOE 為 28629 kgf/cm^2 ，呈現最大之趨勢，亦如非破壞性之檢測結果，所以 MOE 與 MOEd 呈現極高之相關性，其迴歸式及相關係數如表 8 所示（Y 為 MOE，X 為 MOEd）。

圖 11 為抄板不均對粒片外側集中之杉木粒片板性質 MOR 之影響，在試片部位 3、4 和 5 的中央位置之密度為 0.30 g/cm^3 ，而試片部位 1 之 MOR 為 138 kgf/cm^2 （其平均密度為 0.51 g/cm^3 ）。當粒片中央集中者，試片部位 4 之 MOR 為 215 kgf/cm^2 （其平均密度為 0.70 g/cm^3 ）。試材之平均密度為 0.66 g/cm^3 ，最低之 MOR 在試片部位 7，為 88 kgf/cm^2 ，其密度為 0.58 g/cm^3 。非破壞性檢測方法及破壞性測定方法得到一致，可預測抄板不均缺點之存在趨勢。

（四）板坯含水率不均

1.非破壞性試驗

表 9 為板坯含水率不均之杉木粒片板全

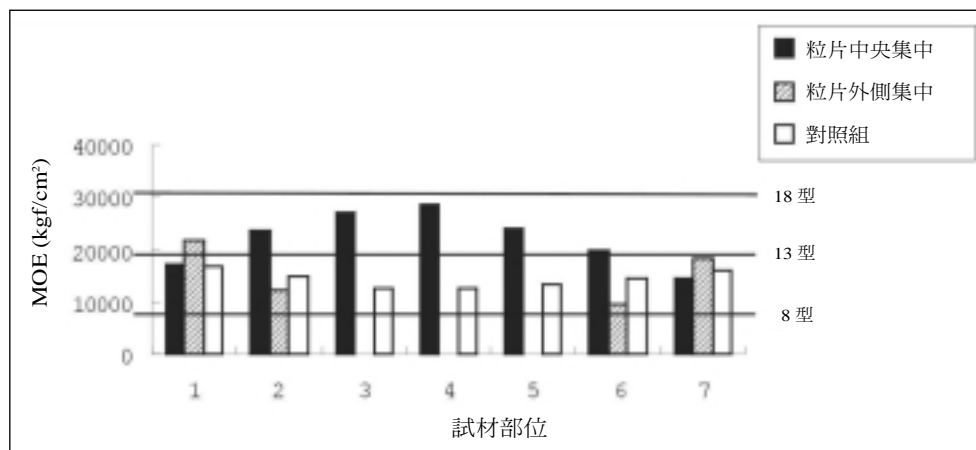


圖 10. 抄板不均對杉木粒片板 MOE 之影響

Fig. 10. Effects of uneven forming on MOE of China-fir wood particleboards.

表 8. 抄板不均影響杉木粒片板 MOEd 與 MOE 關係

Table 8. Relationships between MOEd and MOE of China-fir wood particleboards with Uneven forming affect.

儀器	粒片分佈	迴歸式	相關係數 r
SWT	粒片中央集中	$Y=1.7528X-17482$	0.920
	粒片外側集中	$Y=1.9243X-28730$	0.949
TTAS	粒片中央集中	$Y=1.1653X-6509$	0.987
	粒片外側集中	$Y=0.9464X-2231.8$	0.908
VFT	粒片中央集中	$Y=1.1675X-6525.2$	0.991
	粒片外側集中	$Y=0.932X-2044.7$	0.899

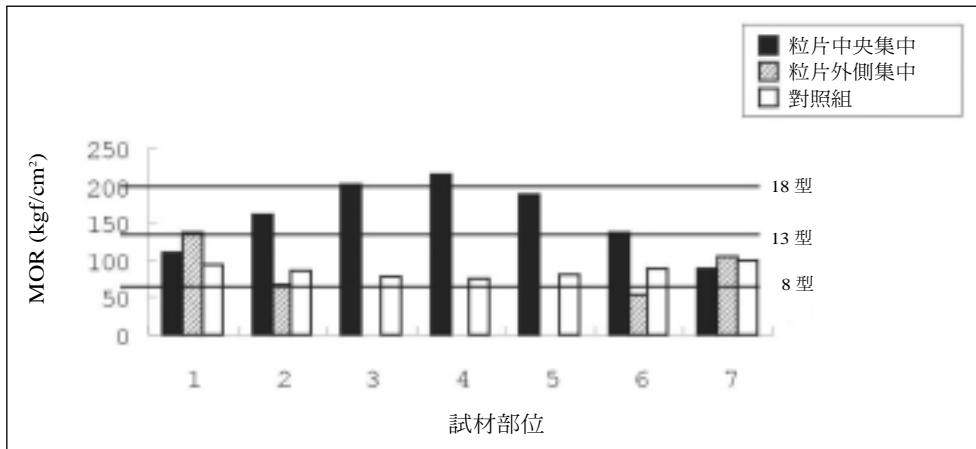


圖 11. 抄板不均對杉木粒片板 MOR 之影響

Fig. 11. Effects of uneven forming on MOR of China-fir wood particleboards.

尺寸試板在調濕前、調濕後和裁切後小尺寸試片之應力波波速，經調濕後而未裁切者之應力波波速有慢於裁切後之應力波波速。就水分在中央集中而言，全尺寸試板調濕前之應力波波速比調濕後之應力波波速快，乃因調濕前含水率低，波速最大相差 30 m/sec，裁切後小尺寸試片之應力波波速與調濕前、調濕後者，最大相差 35 m/sec 和 52 m/sec。而環狀水分提高者，除試材部位 1 和 7 外，以裁切後之應力波波速比調濕前、調濕後快。裁切後之應力波波

速與調濕前、調濕後最大相差為 40 m/sec 和 36 m/sec。設計額外噴水之部位，呈現波速較低，其強度亦應較弱。在中央部位及環狀部位提高板坯水分，成板均呈現蒸汽鼓脹泡現象，三種非破壞性檢測儀器均可測出。

2.破壞性試驗

圖 12 為破壞性檢測設計板坯含水率不均對杉木粒片板 MOE 之影響，對中央含水率提高者而言，在試材部位 4 之 MOE 僅為 4043 kgf/cm²，比試材部位 1 和 7 之 MOE 分別

表 9. 含水率不均之杉木粒片板調濕前、調濕後（全尺寸）與裁切後（小尺寸）之應力波波速
 Table 9. Wave velocity of particleboard with uneven moisture content made of China-fir wood particle were measured before and after conditioning in full size and cut in small size.

種類	試材部位	1	2	3	4	5	6	7
調濕前								
SWT	中央提高水分	1770	1726	1681	1655	1696	1754	1788
	環狀提高水分	1876	1809	1807	1773	1790	1824	1842
調濕後								
SWT	中央提高水分	1752	1696	1679	1653	1684	1749	1771
	環狀提高水分	1849	1801	1809	1775	1782	1813	1832
裁切後								
SWT	中央提高水分	1774	1747	1714	1681	1715	1789	1776
	環狀提高水分	1836	1809	1832	1795	1818	1847	1828

單位：m/sec

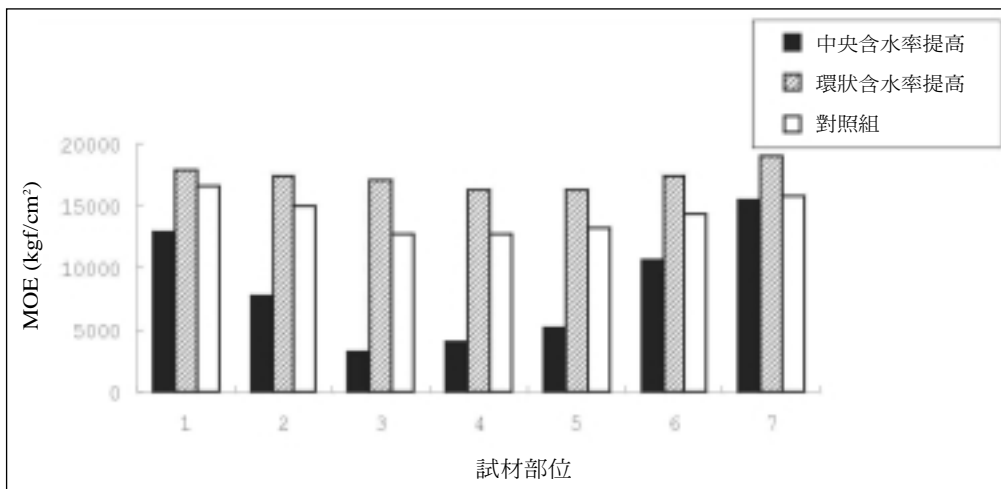


圖 12. 含水率不均對杉木粒片板 MOE 之影響

Fig. 12. Effects of uneven moisture content of mat on MOE of China-fir wood particleboards.

降低 8849 kgf/cm²和 11379 kgf/cm²，即部位 4 比部位 1 和 7 者分別降低 68.6 % 和 73.8 %，與非破壞性檢測結果相似，其原因歸究於蒸汽鼓脹泡之存在。而環狀含水率提高者，在試材部位 4 者之 MOE 則為 16309 kgf/cm²，比試材部位 1 和 7 低 1547 kgf/cm² 和

2651 kgf/cm²，亦即僅降低 9.5 % 和 16.3 %。

圖 13 表示設計板坯含水率不均對杉木粒片板 MOR 性質之影響，在中央含水率提高者，試材部位 4 之 MOR 僅為 30.3 kgf/cm²，即部位 4 之 MOR 值僅為部位 1 和 7 的 33.8 % 和 30.5 % 而已，試材部位 3 之 MOR 為部位

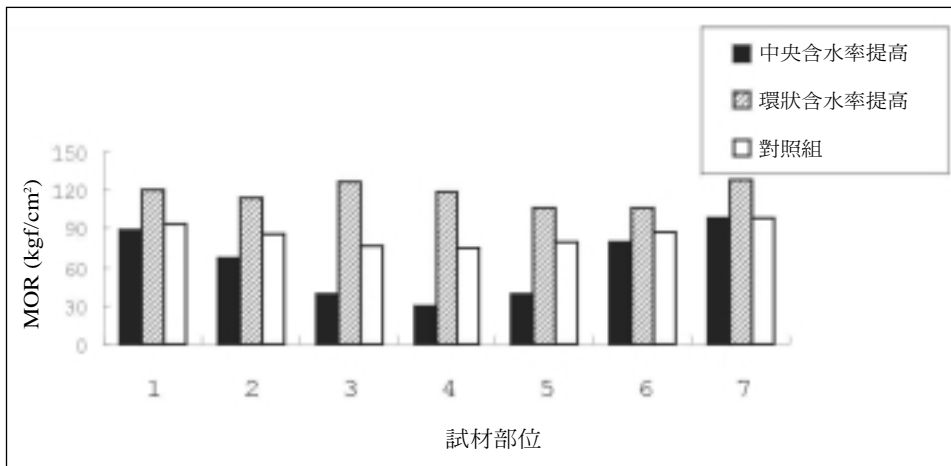


圖 13. 含水率不均對杉木粒片板 MOR 之影響

Fig. 13. Effects of uneven moisture content of mat on MOR of China-fir wood particleboards.

表 10. 板坯含水率不均影響杉木粒片板 MOEd 與 MOE 之關係

Table 10. Uneven moisture content of mat affect the relationships between MOEd and MOE of China-fir wood particleboards.

儀器	板坯水分不均	迴歸式	相關係數 (r)
SWT	中央提高水分	$Y=1.6033X-20492$	0.550
	環狀提高水分	$Y=0.7996X+790.55$	0.762
TTAS	中央提高水分	$Y=1.6154X-18588$	0.896
	環狀提高水分	$Y=0.7963X+733.78$	0.865
VFT	中央提高水分	$Y=1.7367X-20442$	0.902
	環狀提高水分	$Y=0.8068X+544.36$	0.851

1 之 42.9 %。而環狀含水率提高者，在試材部位 5、6 和 4 之 MOR 亦有降低的趨勢。所以 MOE 與 MOEd 之相關性頗高，其迴歸式及相關係數如表 10 所示（Y 為 MOE，X 為 MOEd）。

五、結論

設計粒片板製造缺點，添加金屬及砂粒各 5 % 外來夾雜物在板坯中央，以集中及環狀兩

種方式組成，本研究以應力波計時儀、打音頻譜分析系統和振動頻率測定器等三種非破壞性檢測方法，檢測板材之性質，未能明顯發現缺點存在，亦未能以萬能試驗機之破壞性檢測方法明顯查覺。反之，設計抄板不均與板坯含水率不均之缺點，所製造之杉木粒片板，其性質之差異性，可藉由非破壞性及破壞性檢測技術查覺之。兩種檢測系統之測定結果，具極高相關性。

六、參考文獻

陳載永（1989）非破壞性方法測定粒片板之彈性係數。國立中興大學農林學報 38(2):151-164。

黃彥三、熊如珍、陳欣欣（1990）打音頻譜分析應用於材質評估之可行性。林產工業 9(1)：43-54。

黃彥三、陳欣欣、漆陞忠（1993）非破壞試驗技術應用於原木材質評估之可行性研究。林業試驗所研究報告季刊 8(1):85-98。

黃彥三、陳欣欣、張金成、何逸民（1997）超音波應用於木麻黃立木樹幹心腐之探

測。中華林學季刊 30(4)：445-450。

Dobbin M. J., Wellood, R.W. and Bach, L. (1990) Relationship between small-specimen and large panel bending test on structural wood-based panels. Forest Prod. J. 40(9)：10-16.

Dunlop, J. I. (1980) Testing of particleboard by acoustic techniques. Wood Science and Technology. 14:69-78.

Pellerin, R.F., 1994, Nondestructive evaluation of full-sized particleboard panels using the vibration technique. 9th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. pp.117-122.