

改良應力表層板靜曲強度之研究(-)

周 群

摘 要

實心及空心厚板在家具製造及室內裝潢廣泛使用，但各有其優缺點。若包括縱樑及橫檔於空心板之中空部份，則其結構類似用於建材之應力表層板，這種改良應力表層板兼具實心及空心厚板之優點。本研究目的在從理論及試驗上來探討 T 型樑及工字樑之靜曲表現，研究結果，將為後繼改良應力表層板研究之基礎。試驗之影響因子包括表、底、心層之厚度，理論推導則採橫斷面轉換法，以表、底、心層之彈性係數推測 T 型樑及工字樑之彈性係數。

研究結果發現由薄表層合板及厚心層木條組成之 T 型樑，具最佳靜曲強度；工字樑測試中，則以心層木條愈厚者，強度愈佳；且彈性係數與破壞係數相關性良好。理論預測結果顯示，T 型樑之預測彈性係數值，均較試驗值為低；工字樑之彈性係數預測，以表、底層合板同厚者，效果最佳。

關鍵詞：T 型樑、工字樑、應力表層板、靜曲強度、橫斷面轉換法。

周群，1990，改良應力表層板靜曲強度之研究(-)，林業試驗所研究報告季刊，5(3):153-164

Bending stiffness of modified stressed-skin panels (I)

Chun Chou

[Summary]

Two types of thick panels, solid-core and spaced-core, are used intensively in furniture and interior decorating. Both panels have their disadvantages. A panel with better stiffness is therefore constructed by including stringers and blockings in the center void of spaced-core panels. These modified panels, which are similar to the stressed-skin panel used in construction, are inexpensive, light, and strong. Both experimental and theoretical analyses on bending stiffness of T-beam and I-beam are included in this study, which will provide the basis for subsequent study on the bending stiffness of modified stressed-skin panel. Factors affecting the bending behavior of T-beam and I-beam are the thickness of surface, center, and bottom layers of the constructed beams. The method of transformed cross section was used in theoretically estimating the MOE of beams.

This study shows that T-beams, constructed with thin plywood as surface layer and thick solid wood strip as center layer, have the best bending strength. In the I-beam test, a good correlation was found to present between MOE and MOR. Theoretical analysis shows that a underestimated MOE in T-beam tests, and that best

78年12月送審

79年 2月通過

estimations were shown in I-beams with the same thickness of surface and bottom layer.

Key words : T-beam, I-beam, stressed-skin panel, bending strength, transformed cross section.

Chou, Chun. 1990, Bending stiffness of modified stressed-skin panels (I), Bull., Taiwan For. Res. Inst. New series, 5(3):153-164.

一、緒 言

應力表層板(APA, 1984)是一種三層構造之厚板，表、底層為合板，心層為實木條所組成，由橫斷面觀之，類似多數工字，故亦可稱為多重工字樑。一般用在結構之隔間上，取其質輕與強度佳。若改良應力表層板之心層架構，如減少木條厚度、增加木條寬度、減少木條間距、加上橫樑(blockings)等，則可應用在桌面、門板、裝潢隔間上，來取代目前廣為使用的空心板及木心板等，以提供業界新的利用途徑。

Kollmann 等(1974)在其著述中指出三夾板(sandwich panel)之靜曲強度，以各層之厚度、彈性係數及蒲松氏比代入公式，即可求出平板單位寬度之靜曲剛性，相當於樑之靜曲剛性EI，彈性係數×慣性距，其缺點是三層寬度須一致。Timoshenko 氏(1959)對各類平板之靜曲表現有詳細描述，利用偏微分方程式，求得平板在各種荷重條件下之靜曲變形曲線，但其主要著重於均質性材料。Amana 氏(1967)利用有效寬度(effective breadth)及剛性係數(stiffening factor)來

預測 T 型樑、工字樑及雙重工字樑之靜曲特性，缺點是須預知各層之剪力、蒲松氏比等不易測得之數值，且應用之公式繁雜。Bodig 氏(1982)在其書中引用結構力學上常採之橫斷面轉換法(Transformed cross section)於多層構造之平板，以表層彈性係數為基準，根據心、底層之彈性係數，來調整心層及底層之寬度，就改良後之面積求得中性軸及慣性距，再之以之推測 T 型樑、工字樑、及多重工字樑之靜曲表現。

全程計劃分為理論及試驗二部份，試驗方面從算各種樑及平板之靜曲試驗，探討各因子(如表、底、心層厚度、心層構造及膠合劑種類)之影響；理論部份則以已知各層之彈性係數，引用橫斷面轉換法，來推測各型樑之靜曲彈性係數，並與實驗值相比較，以印證理論之準確性。本研究目的在從事 T 型樑及工字樑之靜曲試驗及理論推測，供後繼續試多重工字樑與使用不同膠合劑之試驗基礎。

二、理論基礎

圖1顯示一剪力樑正進行簡單之中央集中荷重靜曲試驗，可得出剪力樑之彈性係數(MOE)及破

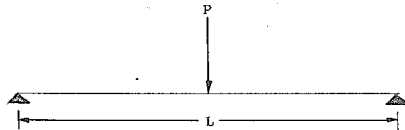


Figure 1. Configuration of a central-load bending test.

壞係數(MOR)如下：

$$MOE = P_1 * L^3 / (48 * Y_1 * I) \dots\dots(1)$$

$$MOR = P_2 * L * Y_2 / I \dots\dots(2)$$

式中：MOE=彈性係數(kgf/cm)，

MOR=破壞係數(kgf/cm)，

P₁ = 比例限度荷重(kgf)，

P₂ = 最大荷重(kgf)，

L = 跨距(cm)，

Y₁ = 比例限度變形(cm)，

Y₂ = 由樑之上表面至中性軸，與由底面至中

性軸，兩距離中較大者(cm)，

I = 慣性距(cm²)。

若圖1所示之樑為均質性(即各層之MOE相同)，且橫斷面為長方形，則I = 寬度×厚度⁴/12；圖2為 T 型樑及工字樑之斷面，T 型樑之中性軸及慣性距之計算如下：

$$y = (0.5 * Tc * Tc * Wc + (Tc * 0.5 * Ts) * Ts * Ws) / (Tc * Wc + Ts * Ws)$$

$$I = (Ws * Ts ** 3 / 12) + (Ws * Ts * (Tc + 0.5 * Ts - y) ** 2) + (Wc * Tc ** 3 / 12)$$

$$+(W_c \cdot T_c \cdot (0.5 \cdot T_c - \bar{y}))^2 + \dots \dots \dots (3)$$

而工字標之中性軸與慣性距則為：

$$\bar{y} = \frac{(0.5 \cdot T_b \cdot W_b \cdot T_b + (T_b + 0.5 \cdot T_c) \cdot W_c \cdot T_c + (T_b + T_c + 0.5 \cdot T_s) \cdot W_s \cdot T_s)}{(W_b \cdot T_b + W_c \cdot T_c + W_s \cdot T_s)}$$

$$I = (W_s \cdot T_s^3 / 3 / 12) +$$

$$(W_s \cdot T_s \cdot (T_b + T_c + 0.5 \cdot T_s - \bar{y}))^2 + (W_c \cdot T_c \cdot (3 / 12) + (W_c \cdot T_c \cdot (T_b + 0.5 \cdot T_c - \bar{y}))^2) + (W_b \cdot T_b \cdot (3 / 12) + (W_b \cdot T_b \cdot (0.5 \cdot T_b - \bar{y}))^2) \dots \dots \dots (4)$$

式中y表示底層表面至中性軸之距離，其餘各值則參考圖2。
若為非均質性之標，則可依表、底及心層之

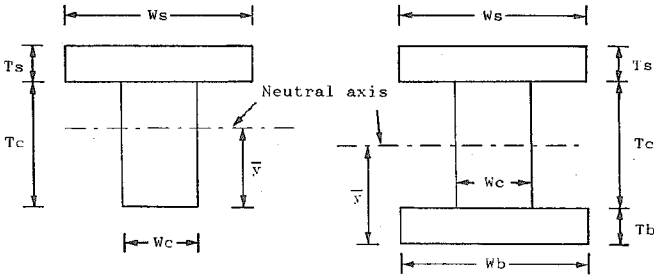


Figure 2. Cross section of T- and I-beam specimens.

不同 MOE，以表層為準，依下式調整及底層之寬度(transformed cross section)：

$$MOE_s : W_c = MOE_c : W_c^3$$

$$MOE_s : W_b = MOE_b : W_b^3$$

式中S,C及b分別指表、心及底層，而W_c³及W_b³為根據不同MOE而調整過之心層及底層寬度，將之代入式(3)及式(4)中之W_c及W_b，可得到調整後之y'及I'，代入式(1)中即可推測出理論之MOE值。

三、材料與方法

本研究採ASTM(1983)規定之中央集中荷重靜曲試驗，由本所現有之Instron萬能強度試驗機進行測試，荷重速度採5mm/min；荷重以荷重細胞(Load cell)測之，中央變形則由變形計(dial gauge)測得，荷重細胞與變形計之信號連接至XY記錄器上，繪成荷重—變形圖，以供分析，每一種處理均採3個重複(replication)。

(一)合板及實木

本研究使用省製柳桉合板及進口柳桉實木製作T型標及工字標；合板測試依不同厚度(0.3、0.6、0.9、1.2及1.8cm)分為5組，寬度及跨距(span)列於表2；實木測試則依不同寬度(1.8

、2.4、3.0及4.5cm)分為4組，厚度為1.8cm，跨距為28.8cm。

(二)T型標

表層(flange)為寬度4.5cm、不同厚度之合板，使用PVAc膠與心層(web)柳桉實木(寬1.8cm)膠合而成，橫斷面見圖2，靜曲試驗跨距(span)為55cm。表層厚度分0.3、0.6、及0.9cm3種，心層厚度分1.2、1.8、2.4及3.0cm4種，共12組。

(三)工字標

製作方式與T型標類似，只是多加一寬4.5cm，不同厚度之合板為底層(見圖2)，心層厚度分1.2、1.8、2.4及3.0cm4種，前三種厚度之心層均有表+底層厚度為0.3+0.3、0.45+0.45、0.3+0.6、0.3+0.9、0.6+0.6、0.6+0.9及0.9+0.9等7組與之配合，心層厚為3.0cm者，則缺表+底層厚度為0.6+0.9及0.9+0.9等二組，故全部為26組，跨距均為55cm。

(四)膠合條件

T型標及工字標均採PVAc膠經冷壓而成，布膠量為215g/m²，冷壓壓力為10kg/cm²，冷壓時間為24hrs。

四、結果與討論

靜曲試驗所測之值有四：比例限度荷重、比

例限度變形、最大荷重及最大變形，其中某些試片之最大變形因超過線性變形計之最大測量值1.5cm，故最大變形值未列入討論。由觀測值所求得之彈性係數(MOE)及破壞係數(MOR)亦列

入圖表之討論中。

(一)靜曲試驗

1.實木及合板之基本性質分別列於表1及表2，表2中之標示厚度(Nominal thickness)為選辦合

Table 1. Basic properties of wood material. ⁽¹⁾

Thickness (cm)	Width (cm)	MOE ⁽²⁾ (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	MC (%)	SG ⁽³⁾
1.80	1.8	144,110	1,092.6	9.5	0.59
1.80	2.4	136,164	1,129.4	9.8	0.54
1.81	3.0	137,953	1,092.5	9.5	0.58
1.80	4.5	132,568	1,136.7	9.4	0.58
Average		137,699	1,112.8		

(1) Values are means of 3 replications.

(2) Loading span used is 28.8 cm.

(3) SG is based on oven-dry weight and air-dry volume.

Table 2. Basic properties of plywood material. ⁽¹⁾

thickness (cm)		Loading span (cm)	Width (cm)	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	MC (%)	SG ⁽²⁾
Nominal	Actual						
0.3	0.273	14.4	2,523	100,456	626.2	9.64	0.51
0.6	0.590	28.8	2,520	83,999	373.7	10.60	0.43
0.9	0.900	43.2	5,073	53,163	348.3	10.24	0.47
1.2	1.187	57.6	5,033	47,540	302.7	10.55	0.49
1.8	1.783	84.6	5,040	60,648	329.7	9.75	0.54

(1) Values are means of 3 replications.

(2) SG is based on oven-dry weight and kiln-dry volume.

板時之依據，其實際厚度(Actual thickness)列於第二欄，為敘述方便起見，在後文中皆引用標示厚度。

圖3顯示實木及合板之MOE分別受合板厚度及實木寬度之影響程度；實木不隨寬度之變化而變化，針對4組12根實木之MOE進行統計之F-test，得到之F概率為0.117，故證實於95%信賴度下，木條寬度對實木MOE無影響，故在本研究之理論推導中，採用實木MOE之平均值(137,699kgf/cm²，表1)；合板厚度在1.2cm以下者，其MOE則明顯隨合板厚度增加而下降，F-test之概率為0.0004，故知不同合板厚度具不同之MOE，在理論推導中，擬依不同之合板厚度代

入適宜之MOE，其中合板厚度為0.45cm者未經測試，但其MOE值可以內差法由0.3及0.6cm厚之合板推算之。

2. T型樑

共有不同厚度12組、36根T型樑接受測試，其中75%(27根)屬心層實木破壞，17%屬表層合板破壞，而脫膠破壞者僅佔3%，故知布膠量及膠合條件對T型樑已足夠，表層合板與實木間未有相對位移產生。

表3列出T型樑各組之平均值，其中比例限度荷重及最大荷重隨總厚度增厚而遞增，但MOE及MOR則無明顯差異。比例限度荷重隨心層厚度增加而加大，而表層厚度之影響不顯著；但表層

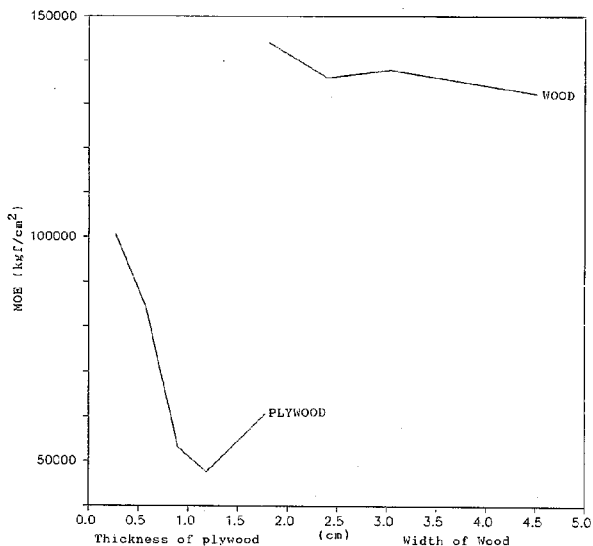


Figure 3. MOE of wood and plywood.

Table 3. Results of T-beam tests.

Thickness (cm)		Proportional		Maximum load (Kgf)	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
Surface	Center	Load (kgf)	Slip (cm)			
0.273	1.2	26.67	1.563	44.17	85 484	761.31
0.273	1.8	54.58	1.191	89.17	86 310	789.83
0.273	2.4	70.00	0.773	117.92	82 949	639.99
0.273	3.0	106.67	0.680	198.33	80 957	729.86
0.580	1.2	34.17	1.367	47.92	68 368	564.6
0.580	1.8	52.50	0.872	75.42	69 733	495.44
0.580	2.4	86.25	0.778	145.00	66 741	609.72
0.580	3.0	100.00	0.498	213.33	71 290	626.06
0.900	1.2	27.92	0.643	83.33	73 262	705.84
0.900	1.8	80.42	0.854	123.75	73 491	633.95
0.900	2.4	100.00	0.627	179.58	69 438	613.91
0.900	3.0	117.50	0.437	275.00	71 007	672.99

(1) Proportional load, proportional slip, maximum load, MOE, and MOR listed are means of 3 replications.

合板厚為0.9cm之T型樑，其比例限度荷重大於其它T型樑(圖4)。最大荷重受表、心層厚之影響，呈現與比例限度荷重相同之趨勢。MOE與表、心層之關係，可由圖5看出，表層合板為0.3cm所構成之T型樑具最佳之MOE，但表層為0.6及0.9cm者，其MOE差異不大，且心層厚對MOE之影響不大。MOR則不因表、心層厚度之差異影響；但表層厚為0.3cm之T型樑，有最大之MOR。

區6顯示36根T型樑間MOE與MOR之關係，經由直線迴歸分析得出：

$$MOR = 104.6 + 0.007328MOE$$

其相關係數(R^2 , coefficient of determination)為0.3455。

由以上討論得知T型樑之比例限度荷重及最大荷重受心層木條厚度之影響大，而MOE與MOR則因表層厚薄而呈顯著差異。

3.工字樑

工字樑之測試分為26組共78根，最終破壞型式為脫膠者占65.4%(51根)，其中屬底層合板與心層木條間脫膠者則佔38根，因承受引張應力之故；其餘未脫膠者，其最大荷重均較脫膠者為大，且以底層合板破裂佔多數。

工字樑各組之測試平均值列於表4，比例限度荷重與最大荷重隨總厚度增加而遞增，但總厚度對MOE及MOR無顯著影響。一般而言，比例限度荷重隨各層厚度增加而加大，以心層厚度影響最大，底層厚度次之(圖7)。三層厚度對最大荷重

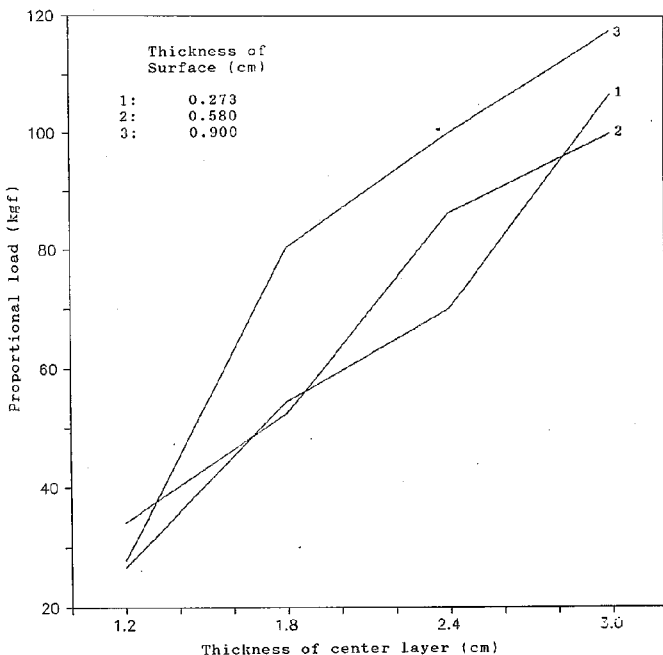


Figure 4. Relationship between average proportional load and layer thickness of T-beam tests.

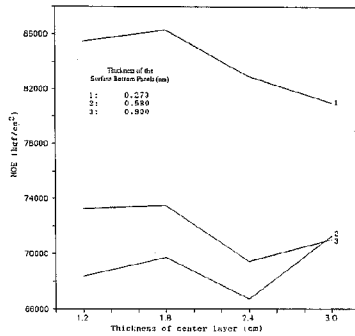


Figure 5. Relationship between average MOE and layer thickness of T-beam tests.

Table 4. Results of I-beam tests.

Surface	Thickness (cm)		Proportional		Maximum	MOE (kgf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
	Bottom	Center	Load (kgf)	Slip (cm)	Load (kgf)		
0.273	0.273	1.2	29.17	1.247	37.50	50,756	260.07
0.273	0.273	1.8	57.08	0.893	87.08	62,725	397.92
0.273	0.273	2.4	74.58	0.640	126.25	62,320	394.75
0.273	0.273	3.0	120.00	0.572	232.50	68,422	532.44
0.273	0.580	1.2	26.25	0.892	46.92	37,694	261.34
0.273	0.580	1.8	41.67	0.547	73.33	47,832	262.66
0.273	0.580	2.4	57.08	0.425	128.75	50,101	324.98
0.273	0.900	3.0	94.58	0.355	254.58	61,452	460.45
0.273	0.900	1.2	34.17	0.603	42.08	47,585	183.81
0.273	0.900	1.8	67.50	0.487	143.75	62,020	422.46
0.273	0.900	2.4	87.92	0.463	155.42	49,529	330.29
0.273	0.430	3.0	130.83	0.442	225.00	52,980	363.02
0.430	0.430	1.2	31.52	0.912	44.58	41,411	218.53
0.430	0.430	1.8	48.33	0.717	80.00	40,759	254.62
0.430	0.430	2.4	90.00	0.622	158.33	50,785	359.11
0.430	0.580	3.0	129.58	0.567	222.08	51,286	380.42
0.580	0.580	1.2	33.75	0.883	52.08	29,867	186.12
0.580	0.580	1.8	58.75	0.600	95.00	40,510	229.79
0.580	0.580	2.4	83.33	0.448	184.58	46,666	327.16
0.580	0.900	3.0	109.17	0.360	285.00	50,382	389.59
0.580	0.900	1.2	63.33	0.687	111.25	47,519	318.59
0.580	0.900	1.8	65.00	0.385	119.17	49,254	239.96
0.580	0.900	2.4	93.75	0.350	187.50	50,244	283.06
0.900	0.900	1.2	88.33	0.612	172.50	51,966	365.42
0.900	0.900	1.8	95.83	0.488	141.67	41,571	216.65
0.900	0.900	2.4	143.33	0.413	269.58	48,779	315.50

(1) Proportional load, proportional slip, maximum load, MOE, and MOR listed are means of 3 replications.

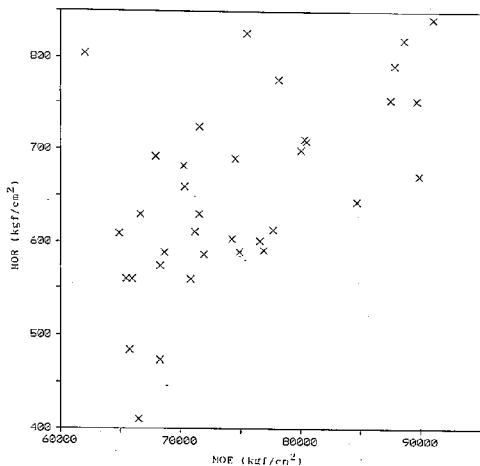


Figure 6. Relationship between MOR and MOE of T-beam tests.

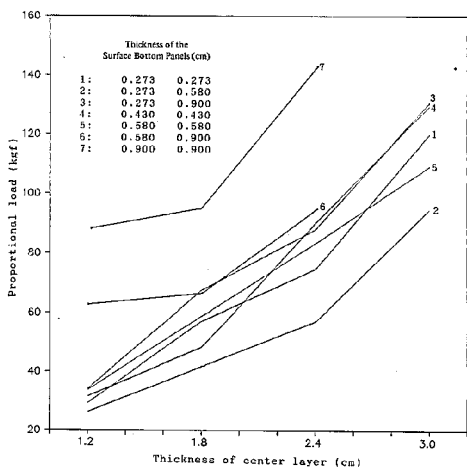


Figure 7. Relationship between average proportional load and layer thickness of I-beam tests.

之影響，則與比例限度荷重相似。圖8顯示表、底及心層對工字樑MOE之影響，因表層合板厚為0.6及0.9cm者會使圖趨於複雜，故未列入；一般而言，MOE隨心層增厚及表、底層減薄而加大。MOE受各層厚度之影響，亦與MOE類似。

工字樑測試中，MOE與MOR之關係於圖9顯示，經由直線迴歸可得下式：

$$MOR = -95.84 + 0.008352 MOE$$

其相關係數， R^2 ，為0.6476

由以上討論可知心層厚度對工字樑的4個強度指標(比例限度荷重、最大荷重、MOE及MOR)之影響，較其它二層厚度為大且一致，且由於工字

樑厚度方向之對稱性較T型樑為佳，故MOE與MOR間呈良好相關性。

二. 理論推導

1. T型樑

表5所列為T型樑之試驗與預測之MOE值，試驗MOE值之上限(upper limit)及下限(lower limit)，是根據3個重複在95%信賴區間計算。預測之MOE值均小於試驗值，原因可能在於T型樑之橫斷面(圖2)呈高度不對稱，導致過於低估之預測值；比較表5中試驗與預測MOE之比值，可知表層愈薄，預測效果愈佳(比值愈接近1)，因薄合板之MOE較接近心層實木之MOE(表1及表2)。

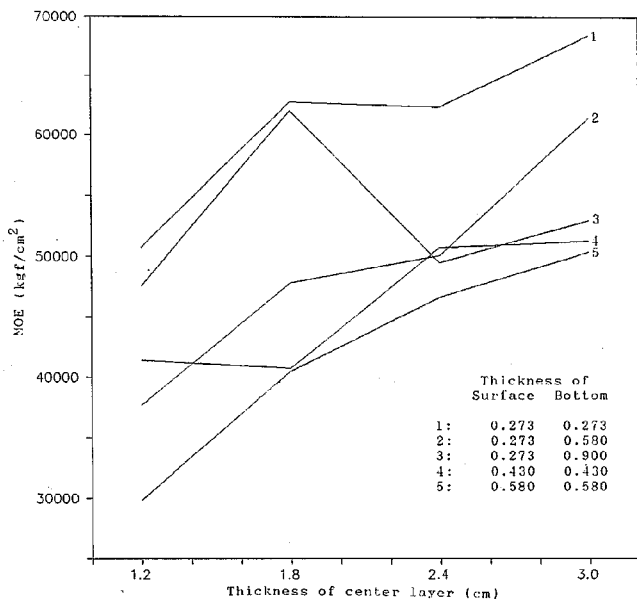


Figure 8. Relationship between average MOE and layer thickness of I-beam tests.

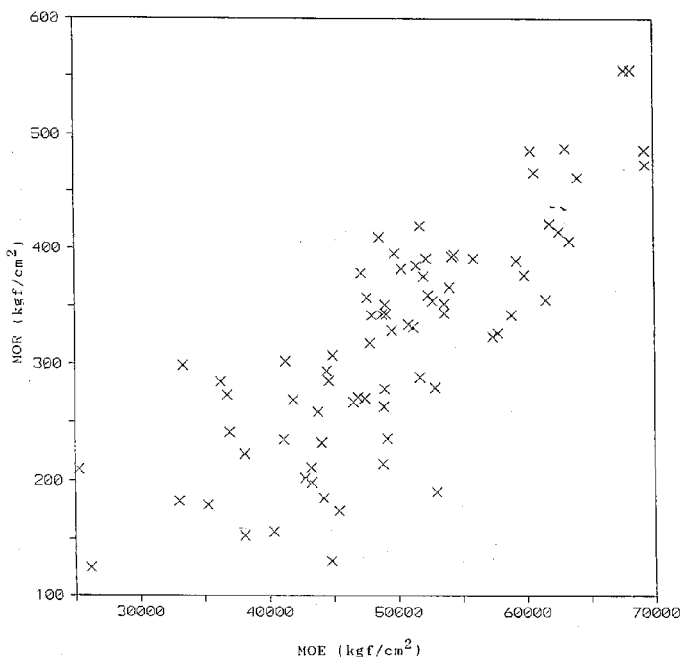


Figure 9. Relationship between MOR and MOE of I-beam tests.

2. 工字樑

試驗及預測之MOE值列於表6，其中只有表十心十底層厚為 $0.3+2.4+0.3$ 、 $0.3+3.0+0.3$ 、 $0.3+1.8+0.9$ 及 $0.45+3.0+0.45$ 等四組之預測MOE值不在95%信賴區間內，故預測結果良好(試驗MOE與預值MOE之比值近於1)；若表、底層厚度相差大，則預測效果較差，因表、底層之MOE值差距大(表2)。

五、結論與建議

本研究可獲得下列結論與建議：

(一)合板之MOE，受其厚度之影響大；

(二)T型樑之靜曲試驗顯示，表層愈薄(MOE愈大)，心層愈厚(比例限度荷重與最大荷重均強)，則強度性質愈佳；

(三)工字樑之心層厚度，影響其強度性質最大，心層厚者強度佳；工字樑之MOE與MOR相關性良好；

(四)T型樑之理論預測MOE值，均較試驗值為低；工字樑之理論預測模式，以表底層同厚者，效果最佳；

(五)工字樑之破壞型式，以心層與底層間脫膠者佔多數，後繼平板試驗，宜採用膠合性能較PVAc為佳之種類。

Table 5. Experimental and estimated MOE of T-beam tests.

Thickness (cm)		Experimental MOE ¹⁾ (kgf/cm ²)			Estimated MOE (kgf/cm ²)	Ratio ²⁾
Surface	Center	Mean	Upper	Lower		
0.273	1.2	85,484	104,896	65,072	70,899	1.206
0.273	1.8	86,310	116,740	55,881	70,856	1.218
0.273	2.4	82,949	117,149	43,749	67,352	1.222
0.273	3.0	80,957	109,589	52,344	65,085	1.244
0.580	1.2	68,368	78,881	57,855	51,373	1.331
0.580	1.8	69,733	96,606	42,851	52,403	1.331
0.580	2.4	66,741	74,881	58,602	49,875	1.338
0.580	3.0	71,290	74,680	67,690	52,833	1.349
0.900	1.2	73,262	115,346	31,178	43,227	1.695
0.900	1.8	73,491	93,025	53,957	43,294	1.698
0.900	2.4	69,438	90,455	48,420	40,621	1.709
0.900	3.0	71,007	73,918	68,098	41,041	1.730

(1) Values are means and 95% confident intervals of 3 replications.

(2) Ratio = mean of exp. MOE/estimated MOE.

Table 6. Experimental and estimated MOE of I-beam tests.

Thickness (cm)			Experimental MOE ¹⁾ (kgf/cm ²)			Estimated MOE (kgf/cm ²)	Ratio ²⁾
Surface	Bottom	Center	Mean	Upper	Lower		
0.273	0.273	1.2	50,756	63,073	38,438	47,892	1.060
0.273	0.273	1.8	62,725	87,503	37,948	57,447	1.092
0.273	0.273	2.4	62,320	65,663	57,877	55,708	1.119
0.273	0.273	3.0	69,422	71,895	64,948	59,954	1.141
0.273	0.580	1.2	37,694	59,683	15,706	38,950	0.968
0.273	0.580	1.8	47,832	77,684	17,990	46,200	0.992
0.273	0.580	2.4	50,101	83,337	16,854	49,331	1.016
0.273	0.580	3.0	51,452	67,857	56,047	50,267	1.037
0.273	0.580	1.2	47,585	68,045	27,124	60,963	0.781
0.273	0.900	1.8	52,020	72,595	51,446	77,425	0.801
0.273	0.900	2.4	49,529	97,373	1,694	60,190	0.823
0.273	0.900	3.0	52,980	72,097	33,853	42,710	0.845
0.430	0.900	1.2	41,411	54,484	28,339	39,657	1.044
0.430	0.430	1.8	40,759	69,469	12,046	37,913	1.075
0.430	0.430	2.4	50,795	57,740	43,829	46,023	1.103
0.430	0.430	3.0	51,286	56,916	46,656	45,430	1.129
0.580	0.430	1.2	29,857	80,868	-1,135	28,815	1.036
0.580	0.580	1.8	40,510	54,310	26,711	37,985	1.066
0.580	0.580	2.4	46,666	57,693	35,839	42,578	1.066
0.580	0.580	3.0	50,382	57,784	42,960	44,834	1.124
0.580	0.580	1.2	47,519	57,554	37,473	57,514	0.826
0.580	0.900	1.8	49,254	66,339	30,168	57,584	0.855
0.580	0.900	2.4	50,244	59,767	40,722	56,739	0.886
0.900	0.900	1.2	51,986	67,953	35,980	49,856	1.042
0.900	0.900	1.8	41,571	66,392	16,750	38,281	1.086
0.900	0.900	2.4	48,779	56,441	39,117	43,029	1.134

(1) Values are means and 95% confident interval of 3 replications.

(2) Ratio = mean of exp. MOE/estimated MOE.

致 謝

本研究承行政院國家科學委員會經費補助，編號NSC-78-0409-B054-04，特此致謝。

引用文獻：

廖坤福 1985 “中小徑木製造木心合板” 農委會林業特刊第1號：中小徑木利用研討會論文集。

Amana, E. J., and L. G. Booth. 1967, "Theoretical and experimental studies on nailed and glued plywood stressed-skin component : Part I. Theoretical study", J. of Wood Science, Vol. 4(1).

American Plywood Association, 1984, "Plywood design specification, Supplement

3 : Design and fabrication of plywood stressed-skin panel".

American Society for Testig and Materials. 1982, Annul Book of Standards, Vol 04.09, Wood, Philadelphia, Pa. 19103.

Bodig, J., and B. A. Jayne. 1982. Mechanics of wood composites. Van Nostrand Reinhold Co. Inc.

Lekhitskii, S. G. 1968. Anisotropic plates, Gordon and Breach, New York.

Timoshenko, S., and S. Woinowsky-Krieger. 1959. Theory of plates and shells, 2nd ed., McGraw-Hill, New York.

U. S. D. A. 1974. Wood handbook : Wood as an engineering material. Agriculture handbook No. 72.