

## 市販木毛セメント板の吸湿および曲げ試験

今 村 浩 人<sup>(1)</sup>Hiroto IMAMURA : Sorption and Bending Tests of Cemented  
Excelsior Board on the Market

**要 旨**：遮音性、断熱性に優れている木毛セメント板は、原料が木材とセメントという資源的な利点をもっている。しかし、市販品の物性に関する資料は極めて少ない。本研究は2社の製品について吸湿試験および曲げ試験を行ったものである。主な結果はつぎのとおりである。木毛セメント板の平衡含水率および厚さ膨潤率は比重（単位体積  $V_s$  当たりの重さ  $W_s$ ）が大になるほど低くなる。なお、木毛に対するセメント硬化物の重量比は比重とともに小になる。曲げ強さ ( $\sigma$ ) およびヤング係数 ( $E$ ) は比重とともに増大する。木毛セメント板の長辺方向の  $\sigma$  と  $E$  は、短辺方向におけるものより大きく、この傾向は比重が大になるほど小さくなる。 $\sigma$  と  $E$  は、単位体積当たりの木毛量 ( $V_w/V_s$ ) とセメント硬化物の量 ( $V_c/V_s$ ) の関数で表わされる。

## I はじめに

木毛セメント板は、遮音性、断熱性に優れた材料であり、また原料が資源的に比較的安定しているため、今後とも需要が伸びることが予想される。しかしながら、市販の木毛セメント板についての基礎的データは極めて少ないのが現状である。そこで、本研究では市販木毛セメント板の吸湿試験および曲げ試験を行ったものである。

## II 試料および測定方法

## 1. 試 料

本実験で供試した木毛セメント板は2つのメーカー（A、B）により製造されたものであり、本報告ではそれぞれ試料 A、試料 B とよぶ、わが国には70前後の木毛セメント板メーカーがあるといわれ、それぞれ製造方法が若干異なるようである。また同一メーカーにおいても木毛に用いる樹種が一定でない場合が多く、これらが製品の材質を変化の多いものにしてしまうと考えられる。したがって、試料 A、試料 B がわが国の標準的な木毛セメント板であるとは断言できないが、両工場の設備および生産量の規模から、わが国の代表的な木毛セメント板の一部であるとみなしてよいと思われる。

両製品とも主としてマツ科の木毛および早強セメントを用いてつくられ、182×91 (cm)、厚さ2 (cm) である。購入した木毛セメント板は試験体作製まで屋内で貯蔵した。試料 A および試料 B についてそれぞれ5枚ずつ供試した。

## 2. 試 験 方 法

## (1) 吸 湿 試 験

吸湿量測定に用いた試験体は原板の任意の位置から選びその寸法は5×4~5×2 (cm) である。試験体

の数は、試料 A では 70、試料 B では 74 である。これらの試験体をアルミホイルの受け皿に入れ、105°C で 24 時間加熱し、全乾重量を測定したのち、45%、75% および 90% RH の恒温恒湿室に入れた。なお、上記試験体のうち 61 個について厚さ膨潤率を測定した。

(2) 曲げ試験

1 枚の木毛セメント板を長辺で半分につきよ断し、その一つから曲げ試験体の長さ方向が原板の長さ方向と一致する試験体（縦方向試験体）を取り、他方からこれと垂直方向の試験体（横方向試験体）を取った。曲げ試験体は 35×5×2 (cm)、スパン 30 (cm) である。曲げ試験は島津オートグラフ I S-5000 を用い、チャートスピード 100 mm/min、クロスヘッドスピード 5 mm/min で行った。試験体の数は縦方向では試料 A、試料 B とともに各湿度条件において 54~56 個、横方向では 53~54 個である。

(3) 木毛量とセメント量の測定

木毛セメント板を構成する木毛とセメント硬化物の重量を求めた。

以下の説明のため、記号をつぎのように定める。

|              | 重さ    | 体積    | 比重              |
|--------------|-------|-------|-----------------|
| 試験体          | $W_s$ | $V_s$ | $\rho_s$        |
| おもり          | $W_p$ | $V_p$ | $\rho_p$        |
| 排せきされた液体 (水) | $W_l$ | $V_l$ | $\rho_l (=1)$   |
| 木毛           | $W_w$ | $V_w$ | $\rho_w (=0.5)$ |
| セメント硬化物      | $W_c$ | $V_c$ | $\rho_c (=2.0)$ |

いま、試験体におもりをつけて、比重  $\rho_l$  の液体に浸せきしたとき、つぎの式が成立する。

$$\frac{W_w}{\rho_w} + \frac{W_c}{\rho_c} + V_p = \frac{W_l}{\rho_l} \quad (1)$$

$W_w = W_s - W_c$  であるから、セメント硬化物の重量はつぎのようになる。

$$W_c = \frac{\rho_c \rho_w W_l - \rho_w \rho_c \rho_l V_p - \rho_c \rho_l W_s}{\rho_w \rho_l - \rho_c \rho_l} \quad (2)$$

使用する液体は、試験体の膨潤をさけるため非極性であることが望ましいが、作業性および試験体の個体差（ばらつき）を考慮して水（比重  $\rho_l = 1$ ）とした。また、木毛の比重は樹種および水の浸透の程度によって異なるが、ここではすべて気乾容積重に近い値である 0.5 を用いた。セメント硬化物の比重はセメントブロックの圧縮試験<sup>1)</sup>のさいの実測値の平均に近い 2.0 を用いた。

試験体は曲げ試験に供した縦方向試験体のうち試料 A では 42 個、試料 B では 32 個を用い、それぞれについて両端部から 2 個ずつ合計 4 個を取った。測定の手順としては、まず上皿天秤の上に置いたピーカーに水を入れ、ピーカーに水面の位置を記して秤量する。つぎに試験体におもりをつけて水に沈め、気泡を可能な限り除きピペットで元の水位まで水を取り去り再び秤量する方法をとり、試験体およびおもりの体積と等しい水の重さを求めた。

III 結 果

1. 吸湿曲線

Fig. 1 は 20°C、45%、75%、90% RH における試料 A の吸湿曲線を示す。各条件下での試験体数は 22~26 個であり、比重の平均値は 0.45 である。各条件において、いずれも 4 週間で吸湿平衡に達するこ

Fig. 1 吸湿曲線 (試料A)  
Sorption curve (sample A).

○ : 45% RH  
△ : 75% RH  
● : 90% RH (20°C)

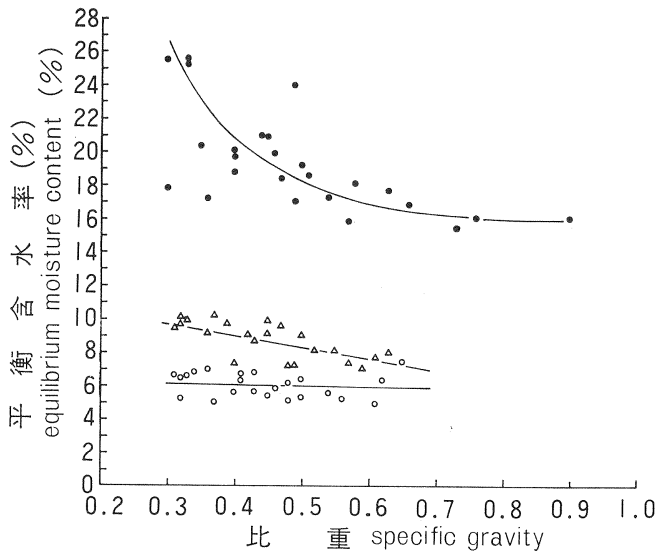
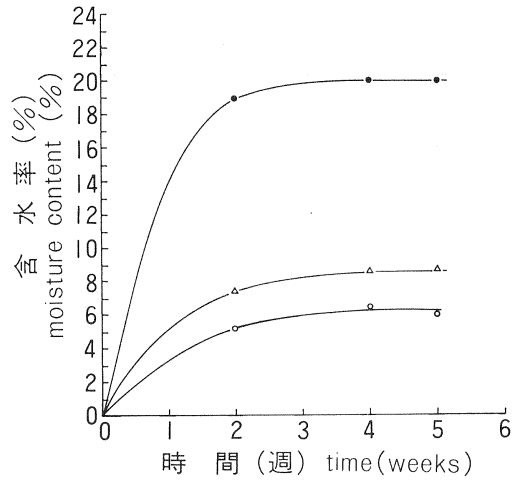
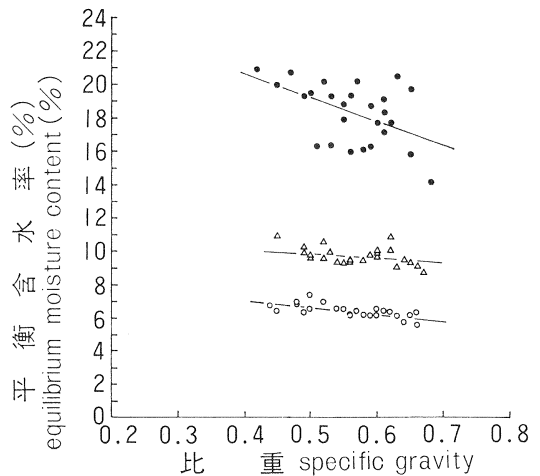


Fig. 2 平衡含水率と比重  
(試料A)  
Relation between equilibrium moisture content and specific gravity (sample A).

○ : 45% RH, △ : 75% RH  
● : 90% RH (20°C)

Fig. 3 平衡含水率と比重 (試料B)  
Relation between equilibrium moisture content and specific gravity (sample B).

○ : 45% RH, △ : 75% RH  
● : 90% RH (20°C)



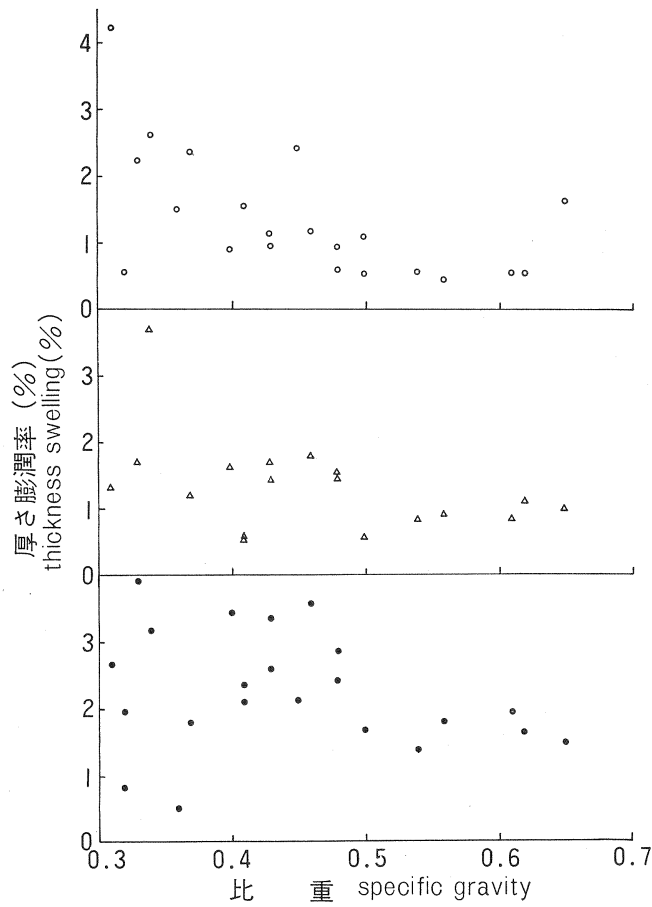
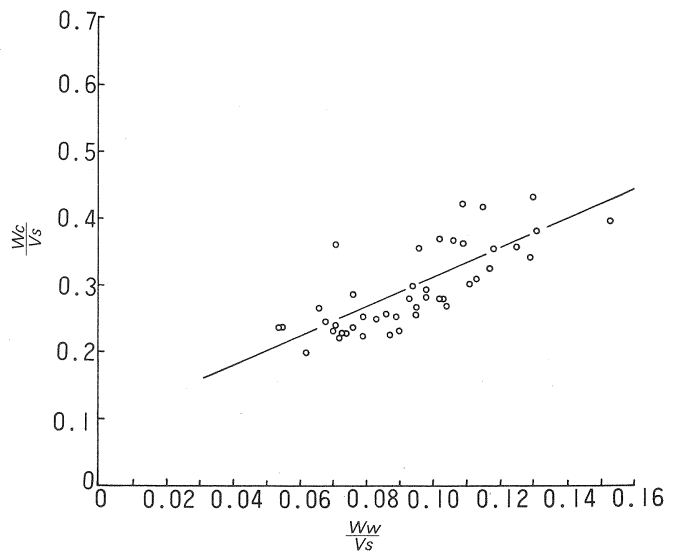


Fig. 4 厚さ膨潤率と比重 (試料A)  
 Relation between thickness swelling and specific gravity (sample A).  
 ○ : 45% RH, △ : 75% RH  
 ● : 90% RH (20°C)

Fig. 5 一定の体積におけるセメント硬化物 ( $W_c/V_s$ ) と木毛 ( $W_w/V_s$ ) の重量 (試料A)  
 Relation between gravity of hardened cement ( $W_c/V_s$ ) and wood wool ( $W_w/V_s$ ) in unit volume of the board (sample A).



とがわかる。

## 2. 比重と吸湿率

Fig. 2, Fig. 3 にそれぞれ試料 A および試料 B の各湿度条件下での平衡含水率と比重との関係を示す。両試料とも比重が大になれば平衡含水率が低下する傾向があり、低下する程度は 90% RH において大きい。

## 3. 比重と厚さ膨潤

Fig. 4 に各湿度条件下での含水率平衡に達した試験体（試料 A）の厚さ膨潤率と比重の関係を示す。データはばらつくが、膨潤率は比重が大になれば低下する傾向がみられる。これは平衡含水率と比重の関係（Fig. 2, 3）と類似する。

吸湿量と膨潤量は、セメント硬化物については無視できるものとする、試験体の木毛量と共に増大することが予想される。単位体積当たりの木毛重量（ $W_w/V_s$ ）とセメント硬化物の重量（ $W_c/V_s$ ）との関係は Fig. 5 に示すように直線関係にあって、回帰曲線と相関係数（ $r$ ）はつぎのとおりである。

$$\frac{W_c}{V_s} = 2.18 \frac{W_w}{V_s} + 0.09 \quad (r=0.77) \quad (3)$$

また、 $W_s/V_s = W_c/V_s + W_w/V_s$  であるから次式をえる。

$$\frac{W_s}{V_s} = 3.18 \frac{W_w}{V_s} + 0.09 \quad (4)$$

これらの式から求めた  $W_c/W_w$  と比重の関係は Fig. 6 のようになり、木毛に対するセメント硬化物の重量比は比重とともに低下する。すなわち、比重が大になれば、単位体積当たりの木毛重量とセメント硬化物重量が増大し、その増加率は木毛の方が大きい。しかし比重が大になるにしたがって、試験体内部の木毛に水分が近づきにくくなるため、木毛量の増加が単純に吸湿量および膨潤量の増大を意味しないと考えられる。

## 4. 比重と曲げ強さおよびヤング係数

Fig. 7 に試料 A の曲げ強さ（ $\sigma$ ）と比重の関係、Fig. 8 に曲げヤング係数（ $E$ ）と比重の関係を示す。それぞれ上が縦方向、下が横方向である。同じ要領で Fig. 9, 10 に試料 B について示す。

曲げ強さ、ヤング係数ともに比重とともに増大するが、調湿した湿度条件には明確な関係がみられない。

比重と  $\sigma$  あるいは  $E$  の直線関係は一般に知られていて<sup>2)3)</sup>、利用価値の高いものであるが、式としてはゼロ比重において  $\sigma$  または  $E$  がゼロにならない不都合がある。

曲げ強さとヤング係数の原板における縦と横の方向性を検討するため、指数関数の式を用い、20°C、75% RH で調湿した試験体について検討した。曲げ強さまたはヤング係数の横方向に対する縦方向の比、すなわち曲げ強さまたはヤング係数の異方性（ $\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp}$  または  $E_{\parallel}/E_{\perp}$ ）と比重の関係を Fig. 11, 12 に示す。試料 A、試料 B

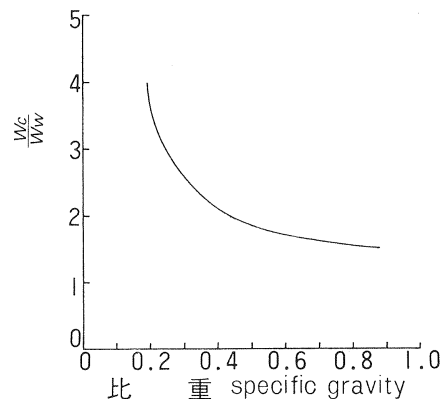


Fig. 6 木毛とセメント硬化物の重量比（ $W_c/W_w$ ）と比重（試料 A）  
Relation between hardened cement—wood wool ratio and specific gravity (sample A).

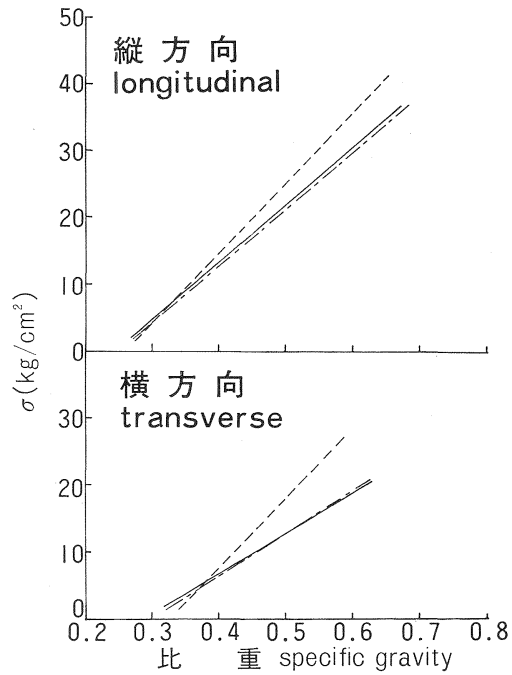


Fig. 7 曲げ強さ ( $\sigma$ ) と比重 (試料A)  
Relation between bending strength  
( $\sigma$ ) and specific gravity (sample A).  
—— : 45% RH, ..... : 75% RH  
- - - - : 90% RH (20°C)

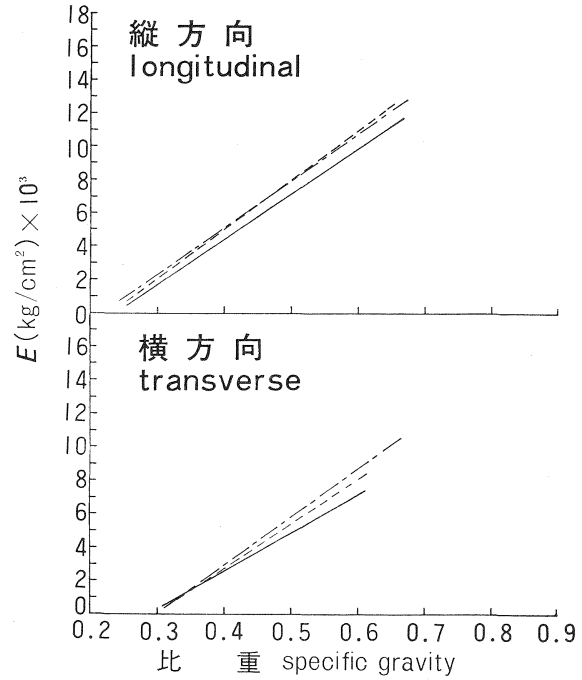


Fig. 8 ヤング係数 ( $E$ ) と比重 (試料A)  
Relation between Young's modulus  
( $E$ ) and specific gravity (sample A).  
—— : 45% RH, ..... : 75% RH  
- - - - : 90% RH (20°C)

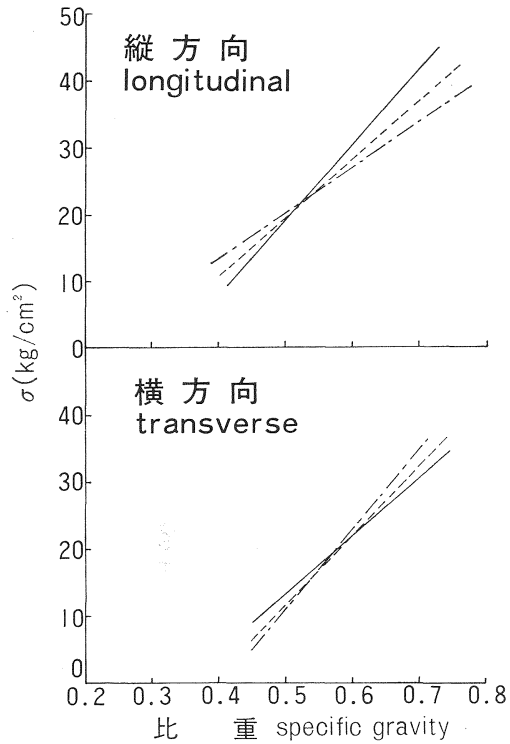


Fig. 9 曲げ強さ ( $\sigma$ ) と比重 (試料B)  
Relation between bending strength  
( $\sigma$ ) and specific gravity (sample B).  
—— : 45% RH, ..... : 75% RH  
----- : 90% RH (20°C)

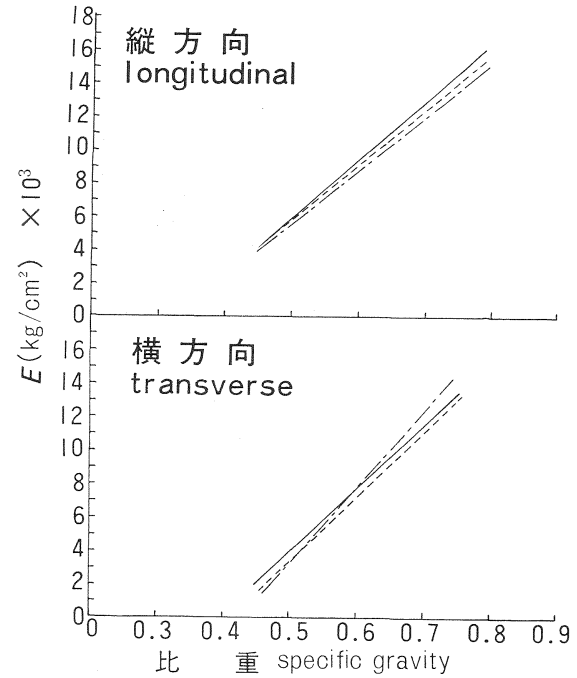


Fig. 10 ヤング係数 ( $E$ ) と比重 (試料B)  
Relation between Young's modulus  
( $E$ ) and specific gravity (sample B).  
—— : 45% RH, ..... : 75% RH  
----- : 90% RH (20°C)

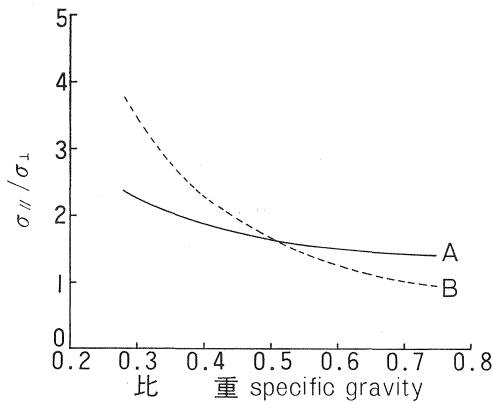


Fig. 11  $\sigma_{//}/\sigma_{\perp}$  と比重

Relation between value of  $\sigma_{//}/\sigma_{\perp}$  and specific gravity.

$\sigma_{//}$ : 縦方向曲げ強さ longitudinal bending strength  
 $\sigma_{\perp}$ : 横方向曲げ強さ transverse bending strength

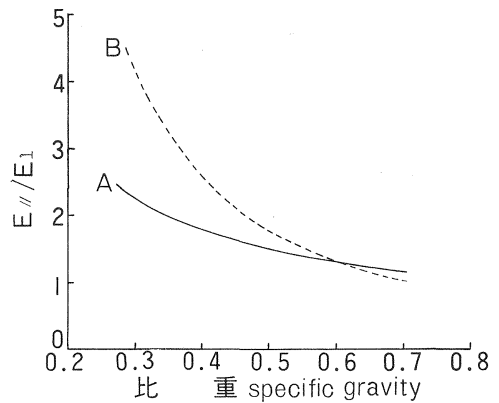


Fig. 12  $E_{//}/E_{\perp}$  と比重

Relation between value of  $E_{//}/E_{\perp}$  and specific gravity.

$E_{//}$ : 縦方向ヤング係数 longitudinal Young's modulus  
 $E_{\perp}$ : 横方向ヤング係数 transverse Young's modulus

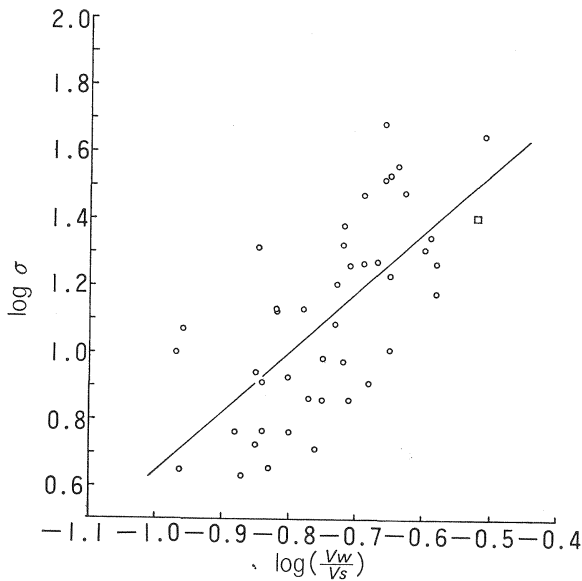


Fig. 13 曲げ強さ ( $\sigma$ ) におよぼす木毛の容積分率 ( $V_w/V_s$ ) の影響 (縦方向)  
 Influence of volumetric fraction of wood wool ( $V_w/V_s$ ) on bending strength ( $\sigma$ ) (longitudinal).

○: 試料 A sample A  
 □: 試料 B (代表値) sample B (mean value)

とも  $\sigma_{//}/\sigma_{\perp}$  と  $E_{//}/E_{\perp}$  は比重が大になるほど小さくなるのがわかる。これらの方向性は、原板の長辺に平行に木毛が配向するためと考えられる。この配向は、木毛とセメントの混合物がマット状に成型されるときピッカーロール (多数のひっかけ棒のついたドラム) の下を通過するため形成されるものとする、木毛とセメントの混合物が少ない (比重小) ほど配向が増しやすいことが理解できる。

### 5. 木毛量, セメント量と曲げ強さおよびヤング係数

曲げ強さとヤング係数は比重と密接な関係にあるが、比重は木毛とセメント硬化物の量によって決定される。たとえば、比重が大であることはつぎのどちらかによる。すなわち、1) 木毛とセメント硬化物の重量比が一定で、単位体積当たりの空隙率が小であること、2) 空隙率が一定で、木毛に対するセメント



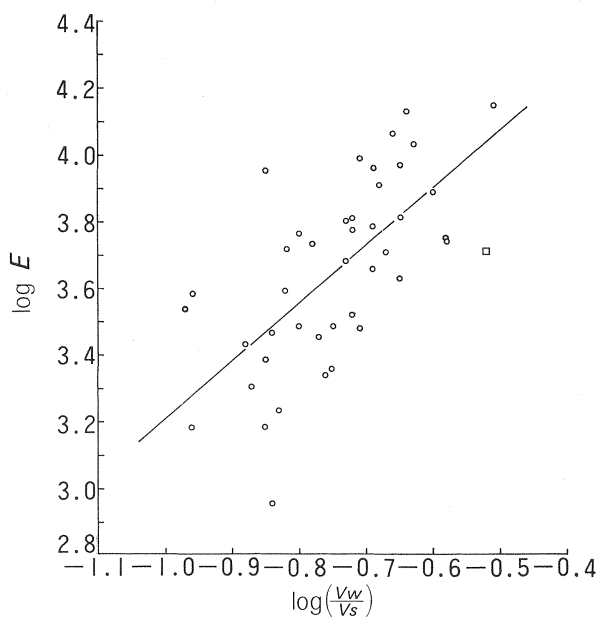


Fig. 14 ヤング係数 ( $E$ ) におよぼす木毛の容積分率 ( $V_w/V_s$ ) の影響 (縦方向)

Influence of volumetric fraction of wood wool ( $V_w/V_s$ ) on YOUNG'S modulus ( $E$ ) (longitudinal).

- : 試料 A sample A
- : 試料 B (代表値) sample B (mean value)

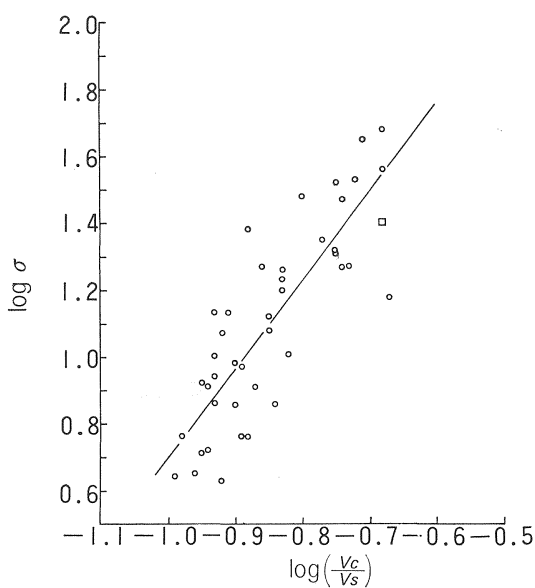


Fig. 15 曲げ強さ ( $\sigma$ ) におよぼすセメント硬化物の容積分率 ( $V_c/V_s$ ) の影響 (縦方向)  
Influence of volumetric fraction of hardened cement ( $V_c/V_s$ ) on bending strength ( $\sigma$ ) (longitudinal).

- : 試料 A sample A
- : 試料 B (代表値) sample B (mean value)

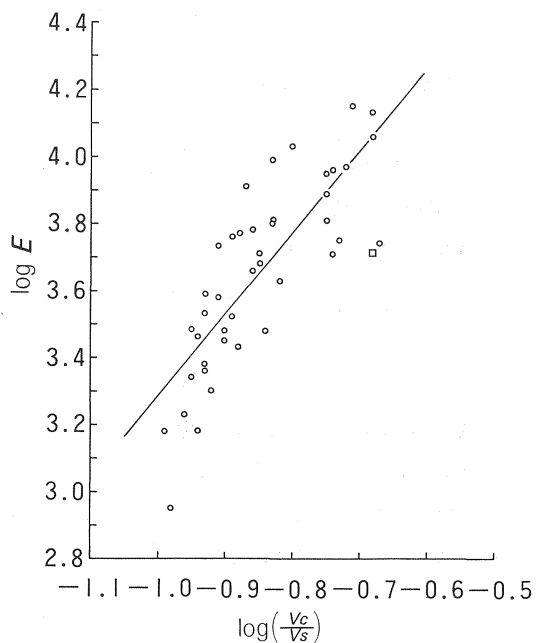


Fig. 16 ヤング係数 ( $E$ ) におよぼすセメント硬化物の容積分率 ( $V_c/V_s$ ) の影響 (縦方向)  
Influence of volumetric fraction of hardened cement ( $V_c/V_s$ ) on YOUNG'S modulus (longitudinal).

- : 試料 A sample A
- : 試料 B (代表値) sample B (mean value)

硬化物の重量比が大であることである。したがって木毛およびセメント硬化物の重量比あるいは体積比は比重と同様に重要な要素である。

試料 A について、20°C、75% RH における縦方向の曲げ強さ ( $\sigma$ ) およびヤング係数 ( $E$ ) と単位体積当たりの木毛体積 ( $V_w/V_s$ ) の関係をそれぞれ Fig. 13 および 14 に示す。これらの式および相関係数 ( $r$ ) はつぎようになる。

$$\sigma = 275 \left( \frac{V_w}{V_s} \right)^{1.80} \quad r = 0.67 \quad (5)$$

$$E = 8.71 \times 10^4 \left( \frac{V_w}{V_s} \right)^{1.73} \quad r = 0.66 \quad (6)$$

同じ条件での  $\sigma$  および  $E$  と単位体積当たりのセメント硬化物 ( $V_c/V_s$ ) との関係をそれぞれ Fig. 15 および 16 に示す。これらの式および相関係数はつぎようになる。

$$\sigma = 2239 \left( \frac{V_c}{V_s} \right)^{2.65} \quad r = 0.83 \quad (7)$$

$$E = 5.37 \times 10^6 \left( \frac{V_c}{V_s} \right)^{2.45} \quad r = 0.81 \quad (8)$$

(5) 式と (7) 式あるいは (6) 式と (8) 式を単純にかけ合わせ、平方に開いてつぎの関係をえる。

$$\sigma = 784.7 \left( \frac{V_w}{V_s} \right)^{0.90} \left( \frac{V_c}{V_s} \right)^{1.33} \quad (9)$$

$$E = 2.16 \times 10^6 \left( \frac{V_w}{V_s} \right)^{0.87} \left( \frac{V_c}{V_s} \right)^{1.23} \quad (10)$$

$\sigma$  あるいは  $E$  の実測値と計算値の有意差を検定した結果、両者の間に有意差は認められない。

試料 B について ( $V_w/V_s$ ) あるいは ( $V_c/V_s$ ) から (9) 式、(10) 式を用いて  $\sigma$  あるいは  $E$  を求めると、 $\sigma$  については実測値よりも計算値の方が 0.96~3.06 倍(平均 1.92 倍)、 $E$  については 1.07~3.60 倍(平均 2.11 倍)大きい。これらの平均値 (1.92 または 2.11) を用いて (9) 式および (10) 式の係数部分のみをかえるとつぎようになる。

$$\sigma = 409.3 \left( \frac{V_w}{V_s} \right)^{0.90} \left( \frac{V_c}{V_s} \right)^{1.33} \quad (11)$$

$$E = 1.02 \times 10^6 \left( \frac{V_w}{V_s} \right)^{0.87} \left( \frac{V_c}{V_s} \right)^{1.23} \quad (12)$$

試料 B の  $\sigma$  あるいは  $E$  の実測値と (11) 式あるいは (12) 式による計算値について有意差を検定した結果、両者の間に有意差は認められない。

このように、 $\sigma$  あるいは  $E$  には ( $V_w/V_s$ ) と ( $V_c/V_s$ ) が相互に影響をおよぼすが、それぞれの寄与の程度は (9)~(12) 式の指数部分から推察されるとおり、セメントの方が木毛より大きい。

#### IV ま と め

木毛セメント板の含水率は 4 週間で平衡に達する。平衡含水率は木材のそれより低く、また高い湿度条件では比重が大になるほど低下する傾向がある。

吸湿による厚さ膨潤率は、比重が大になるほど小さくなる傾向がある。

曲げ強さ ( $\sigma$ ) およびヤング係数 ( $E$ ) は比重が大になるほど増大する。また、湿度条件の影響は少ない。木毛セメント板の長辺方向における  $\sigma$  および  $E$  の値は、短辺方向におけるものより大きく、これら

の比率は比重が大になるほど小さくなる傾向がある。

単位体積当たりの木毛量 ( $V_w/V_s$ ) およびセメント硬化物の量 ( $V_c/V_s$ ) と  $\sigma$  の関係は (9) 式または (11) 式のようになり、 $E$  については (10) 式または (12) 式のようになる。

本文をまとめるにあたり山井木材利用部長、阿部資源利用科長、高木耐候処理研究室長、川端資料室長にご指導いただいた。ここに感謝いたします。

## 文 献

- 1) 高木 純：林試研報，295，193～195（1977）
- 2) 茅原正毅・高野了一・水本克夫：木材と技術，4，8～10（1970）
- 3) 波岡保夫・穴沢 忠・高橋利男：林産試月報，4，17～23（1971）

**Sorption and Bending Tests of Cemented Excelsior Board on the Market**Hiroto IMAMURA<sup>(1)</sup>

## Summary

The cemented excelsior board (wood wool cement board) used in this experiment was bought from two manufacturers authorized by Japan Industrial Standard. In the report, the samples from the manufacturers A and B were named sample A and sample B respectively.

Sample A and sample B were composed of Pinaceae wood and high early strength cement. The size of the original board was  $182 \times 91 \times 2$  (cm).

The bending strength properties were examined in the directions parallel and perpendicular to the length of the board. The size of the bending specimen was  $35 \times 5 \times 2$  (cm). The span was 30 (cm).

The amount of the wood wool and the hardened cement of the specimen were determined by measuring the volume of water equal to the sum of the volume of the wood wool and the hardened cement. The specific gravity of the wood wool and hardened cement were assumed to be 0.5 and 2.0 respectively. For this measurement, two specimens were cut from the both ends of each bending specimen tested.

The moisture content of the board was equilibrated in four weeks (Fig. 1). The number of the specimen in each condition was 22~26 and the average specific gravity was 0.45.

Fig. 2 shows the relationship between the thickness swelling and the specific gravity. Although the values show some scatter, the tendency is that the thickness swelling decreases as the specific gravity increases.

The bending strength ( $\sigma$ ) and the Young's modulus ( $E$ ) increase with the specific gravity ( $W_s/V_s$ ) (Figs. 7~10).  $\sigma$  and  $E$  increase with  $(V_w/V_s)$  or  $(V_c/V_s)$  as shown in Figs. 13~16.  $(V_w/V_s)$  and  $(V_c/V_s)$  are the volume of the wood wool and the hardened cement in unit volume of the board respectively. From these relationships,  $\sigma$  and  $E$  are expressed in terms of  $(V_w/V_s)$  and  $(V_c/V_s)$  (Eqs. 9~12).

---

Received July 12, 1979

(1) Wood Utilization Division