

# パーティクルボードの厚さ方向の比重分布と その機械的性質

齊藤 藤市 穴沢 忠  
光 永 隆一 北沢 政幸

木質材料の機械的な性質と比重との間には密接な関係があるので、製造法を検討する場合や、製品の材質を評価する場合、比重が一応の目安とされる場合が多い。<sup>1)・2)</sup>

一般にパーティクルボードは、ソリッドな木材と異なり、材比重が厚さ方向に一様であることは希れで、ボードの製造方法によって、例えば削片樹種<sup>3)</sup>、削片形状<sup>4)</sup>、削片含水率<sup>4)・5)</sup>、熱圧条件<sup>6)</sup>等で種々の違った比重パターンを画く。従ってボードの機械的性質をボードの平均比重で比較判定出来るのは、同一の比重パターンを持つボードに限られるわけで、若し製造工程に変化があれば、ボードの平均比重は最早ボードの強度を表わす目安とならない。<sup>7)</sup>

この試験では、製造条件を異にする各種の市販ボードおよび実験室ボードの厚さ方向の比重分布と、ボードの機械的性質の関係を考察し、ボードの比重パターンによるボード材質の比較判定の適否を検討した。

## 1. 供試材料

市販ボードの3層ボード6種類(3メーカー)、多層ボード4種類(2メーカー)、単層ボード1種類、これに実験室製単層ボード4種類を加えて、計15種のパーティクルボードについて、材質試験を行った。各ボードの試験片は、比較的同一比重のパターンを持つものを選ぶために、市販ボードについては、120cm×240cm、120cm×120cm、或いは90cm×90cm各1枚から、又実験室ボードでは50cm×40cm各4枚からランダムに採取した。各材質試験に供した試験片の総個数は480個である。

## 2. 各ボードの厚さ方向の比重パターン

5cm×50cmの試片につき、表側および裏側より順次1mm、1mm、以下2mm宛のプレナー研削をボード中央附近まで行い、重量および容積減少より、各ボードの厚さ方向の比重分布を求めた。

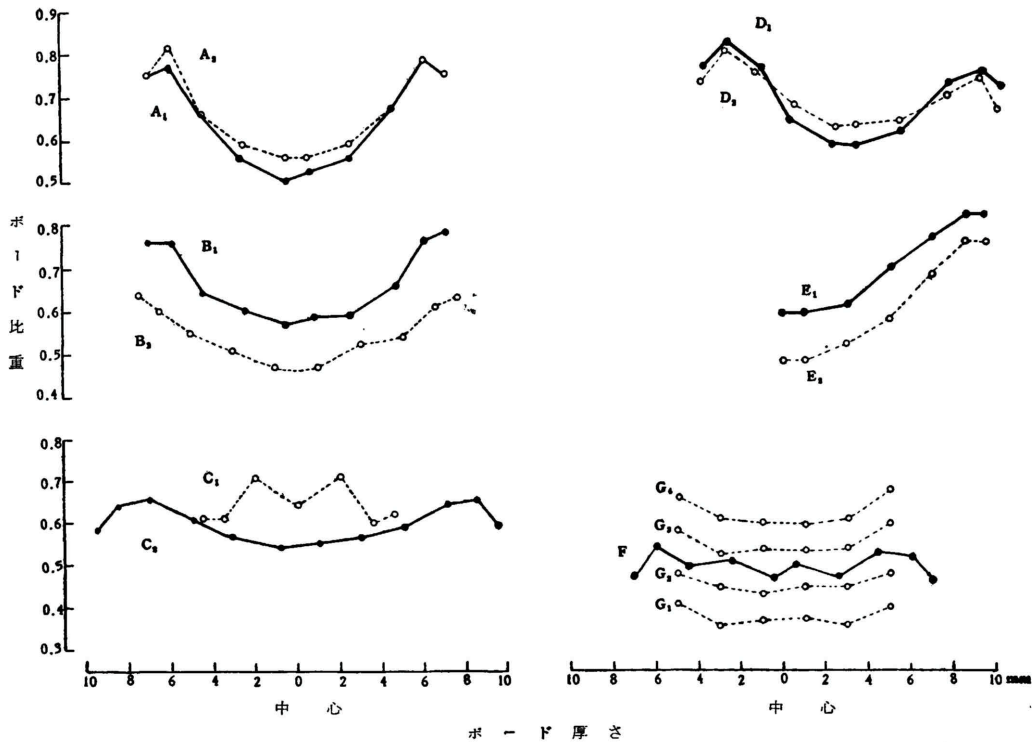
第1図は各ボードの厚さ方向の比重分布を示す。この比重パターンは大別すると2種類になる。ボード表

面が最大比重を示し、以下ボード中心まで一様に漸減するもの、(B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>およびG<sub>4</sub>)とボード表面から1mm前後内部に入った所が最大比重を示し、以下ボード中心に向かって比重が減少するもの(A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>およびF)である。この試験ではボード元来の成型に関係なく前者を3層ボード、後者を5層ボードとみなして、曲げ強さとの関係を考察した。

## 3. 比重パターンと曲げ強さの関係

Keylwerth<sup>10)</sup>は弾性限界内の三層パーティクルボードの曲げ強さを理論的に考察している。しかし実際のパーティクルボードの厚さ方向の比重パターンを求めると、単に心層比重が最小値をとる最小曲線の他に、表層内部で最大値をとり、心層が最小となる最大-最小曲線のものが多数存在する。従って3層構成とともに5層もしくはそれ以上の構成についても考えてみる必要がある。

第2図は表裏対称な5層パーティクルボードの単純



第1図 供試ボードの厚さ方向の比重分布

曲げで、縦歪と縦応力に直線関係があると見なした場合の応力分布を示す。断面に於ける力の釣合から単位巾ビームの抵抗曲げモーメントMを求めると、

$$M = \frac{\sigma_m}{6} T^2 \{ 1 - (1 - \lambda_1)^3 (1 - e') - \lambda_2^3 (e' - e'') \} \dots \dots \dots (1)$$

これを断面係数で除して曲げ破壊係数 b を求めると

$$\sigma_b = \sigma_m \{ 1 - (1 - \lambda_1)^3 (1 - e') - \lambda_2^3 (e' - e'') \} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{但し } e' = \frac{E_2}{E_1}, e'' = \frac{E_3}{E_1}, \lambda_1 = \frac{2t_1}{T}, \lambda_2 = \frac{2t_2}{T}$$

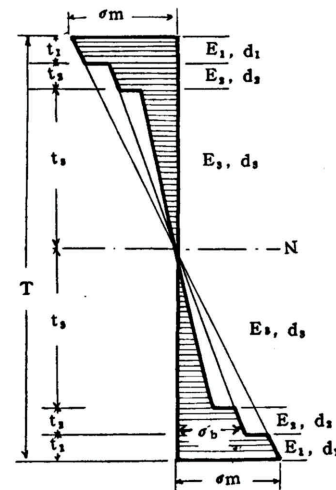
3層構成の場合は  $E_2 = E_3$ 、従って  $e' - e'' = 0$  とおくことにより、

$$\sigma_b = \sigma_m \{ 1 - (1 - \lambda_1)^3 (1 - e') \} \dots \dots \dots (3)$$

外周応力  $m$  は表層の弾性係数に比例することから、 $m$  は表層比重  $d_1$  の函数で表わされる。

$$\text{即ち } \sigma_m = f(d_1) \dots \dots \dots (4)$$

(2), (3) 式の中カッコ内の値を求めるには、各層の弾性係数が既知でなければならず、この算出が非常に煩雑となる。ここでは一つの目安を与えるものとして、



第2図 5層はりの曲げ応力分布

- T: 全厚
- $t_1, t_2, t_3$ : 各層の厚さ
- $E_1, E_2, E_3$ : 各層の弾性係数
- $d_1, d_2, d_3$ : 各層の比重
- $\sigma_m$ : 外周応力
- N: 中心軸

ボード各層の弾性係数は各層の比重に比例すると仮定し、次の関係を導いた。

$$b = f(d_1) \cdot F$$

但しFは構成ファクターで5層構成の場合は

$$F = \left\{ 1 - (1 - \lambda)^5 \left( 1 - \frac{d_2}{d_1} \right) - \lambda^5 \left( \frac{d_2 - d_3}{d_1} \right) \right\}$$

また3層構成の場合は

$$F = \left\{ 1 - (1 - \lambda_1)^3 \left( 1 - \frac{d_2}{d_1} \right) \right\}$$

で示される。

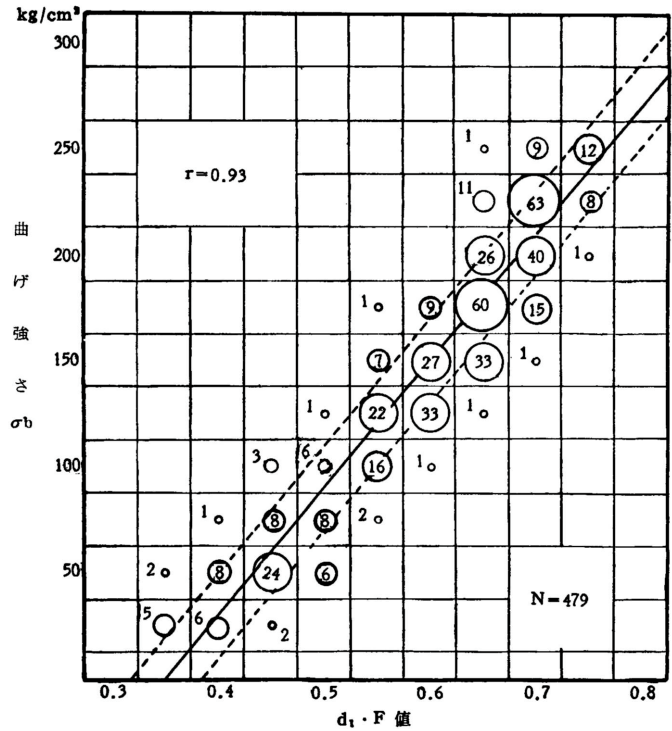
構成ファクターFは典型的なサンドウィッチ構成では1以下となり、ボード層比重が表層、心層で変わらない純粋な単層ボードでは1、表層比重の低下が著しい5層構成では1以上の値をとる。

この試験ではボードの成型方法に関係なく、ボード表面から1mm深さまでを表層、次の1mm深さを第2層、残りを第3層にとった。また3層構成では表層以外を心層としてF値を計算した。

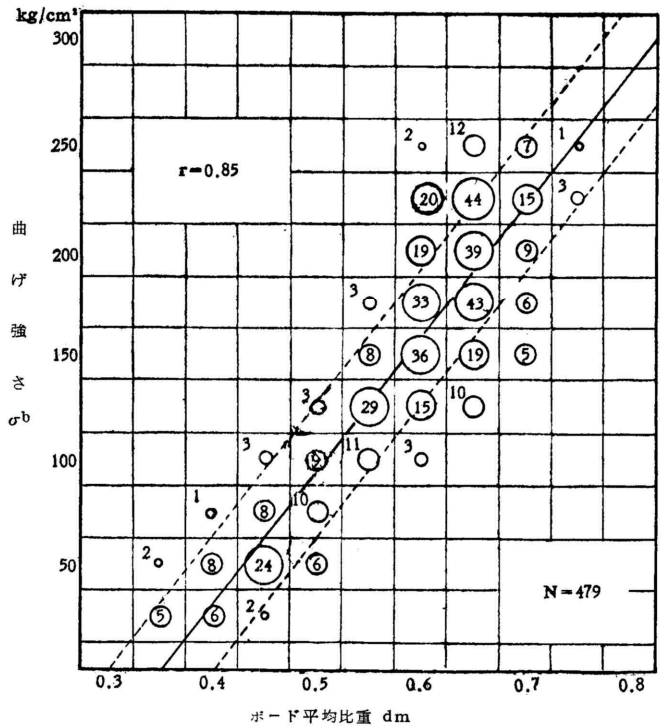
第3図は実際に求めた規格曲げ強さ bと $d_1 \cdot F$  (表層比重×構成ファクター)の相関図表である。両者の相関係数 $r = 0.93$ 、全試験片個数 $N = 479$ 、各マス中に入るテストピースの個数は面積比で示した。図中の直線は最少自乗法で求めたもので次式で示される。

$$b = 595d_1 \cdot F - 210 \quad (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots (6)$$

また図中点線で表わした回帰直線の周りの bの標準偏差 $S_{e_b}$ は、 $S_{e_b} = 21.8 (\text{kg/cm}^2)$ である。



第3図  $d_1 \cdot F$  値と曲げ強さの関係



第4図 ボード平均比重と曲げ強さの関係

この図で明らかのように、 $d_1 \cdot F$ 値と曲げ強さの間には顕著な直線関係があるから、 $d_1 \cdot F$ 値は曲げ強さを推定する一つの良い尺度となりうる。

第4図は比較のために、従来通りボードの曲げ強さとボードの平均比重 $d_m$ の関係をみたものである。この場合の相関係数は $r = 0.85$ であり、横軸に $d_1 \cdot F$ 値をとった第3図に較べて、明らかにデータのバラツキが大きい。最小自乗法で求めた実験式および標準偏差は次の通りである。

$$b = 612d_m - 208 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (7)$$

$$SE = 31.0 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

以上の結果から、ボードの規格曲げ強さは、ボードの製造条件を考慮することなく、製品となったボードの比重分布、即ち $d_1 \cdot F$ 値から充分推定出来ると思われる。

#### 4. 比重パターンとハク離抵抗の関係

ボードの心層比重 $d_c$ とハク離抵抗  $t$ の相関図表を第5図に示す。相関係数 $r = 0.43$ 、全試験片個数  $N = 480$ 、回帰直線および回帰直線の周りの標準偏差は次のようになる。

$$t = 6.4d_c - 0.4 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (8)$$

$$SE = 0.93 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

この回線直線の周りの  $t$ の標準偏差SEは第1表に示したボード個々の標準偏差に較べ約2倍の大きさである。このことは異なる製造条件のボード間のハク離抵抗にかなりの差が存在することを示している。即ちボードの心層比重の他に、削片形状<sup>(11),(12)</sup>、含脂率<sup>(11)</sup>、レジン硬化条件<sup>(7),(8)</sup>等がボードのハク離抵抗に影響するためである。以上の結果ボードのハク離抵抗はボード製造条件と密接な関係にあるため、ボード心層比重のみでボードのハク離抵抗を普遍的に推定することは困難とみられる。

#### 5. 比重パターンと木ねじ保持力の関係

一般に木ねじ保持力には木ねじの形状、材の比重が関係する<sup>(3)</sup>。パーティクルボードについてもこの関係は見られるようである。<sup>(14),(15)</sup>

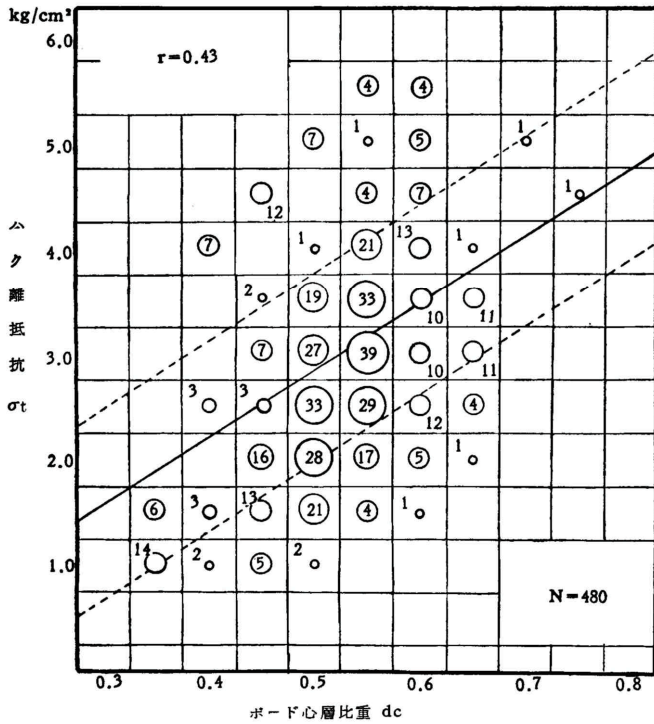
木ねじ保持力とボード層比重の関係を考察する前に、木ねじ長軸方向の形状の変化と保持力の関係をしらべた。第6図は供試木ねじの形状を示す。

厚さ2mmの気乾シナノキ単板(比重0.65)と雑材バ単板(比重0.73)からなる種々の構成の5ply合板を製造して、各表面木ねじ保持力を求めた。この結果

第1表 材 質 試 験 結 果

試 料	曲 げ 強 さ				ハ ク 離 抵 抗			表 面 木 ね じ 保 持 力		
	平均比重	$d_1 \cdot F$	強 さ (kg/cm <sup>2</sup> )	標準偏差 (kg/cm <sup>2</sup> )	心層比重	抵 抗 (kg/cm <sup>2</sup> )	標準偏差 (kg/cm <sup>2</sup> )	層 比 重	保 持 力 (kg)	標準偏差 (kg)
A <sub>1</sub>	0.62	0.69	211	13.5	0.50	3.1	0.41	0.62	41.2	7.4
A <sub>2</sub>	0.65	0.71	220	13.7	0.54	3.6	0.42	0.64	43.3	4.2
B <sub>1</sub>	0.65	0.70	184	21.3	0.57	3.1	0.52	0.64	48.4	8.8
B <sub>2</sub>	0.54	0.56	117	28.8	0.47	2.0	0.65	0.54	29.9	7.7
C <sub>1</sub>	0.58	0.58	135	22.0	0.53	1.9	0.38	0.59	34.3	6.7
C <sub>2</sub>	0.67	0.63	161	34.8	0.64	3.0	0.62	0.68	44.0	11.2
D <sub>1</sub>	0.62	0.67	219	19.3	0.51	2.4	0.40	0.62	37.9	5.7
D <sub>2</sub>	0.63	0.65	184	24.6	0.56	3.1	0.47	0.63	38.1	5.9
E <sub>1</sub>	0.69	0.73	222	16.3	0.58	4.4	0.75	0.73	59.8	7.7
E <sub>2</sub>	0.61	0.64	167	13.5	0.47	2.0	0.32	0.63	37.3	3.4
F	0.47	0.47	54.7	12.6	0.46	2.7	0.99	0.48	23.8	4.7
G <sub>1</sub>	0.38	0.38	35.4	8.0	0.37	1.1	0.21	0.38	10.4	3.2
G <sub>2</sub>	0.45	0.46	68.1	15.4	0.44	2.0	0.50	0.45	17.3	3.1
G <sub>3</sub>	0.54	0.56	125	22.8	0.52	3.2	0.77	0.55	29.3	4.3
G <sub>4</sub>	0.62	0.64	159	17.0	0.58	3.8	0.58	0.64	32.4	5.5





第5図 ボード心層比重とハク離抵抗の関係

を第2表に示す。木ねじのねじ込み深さ約8mmからみて、No. 5合板はシナノキ合板の木ねじ保持力を示しており、この値を基準として各構成合板中のカバ単板が木ねじ保持力におよぼす効果を比較した。

第7図はこの単板の効果とカバ単板を貫通している

木ねじの平均谷径の関係を示したものである。これによるとカバ単板の木ねじ保持力は表層を例外として、カバ単板を貫通する木ねじ谷径の自乗に比例して増大する。表面にカバ単板を用いた場合の保持力の低下は、木ねじをねじ込む際および引抜く時に生じる表層単板の破壊が原因となっていると思われる。

パーティクルボードの表面は方向性が少なく、合板の場合はどこの表面破壊は顕著でない。また実際問題として、このボードの表面破壊はボードの表面性質ばかりでなく、木ねじをねじ込む技術にも大いに関係があり、この影響を定量的に求めるのは困難である。この試験では便宜的に表面破壊を無視することにした。

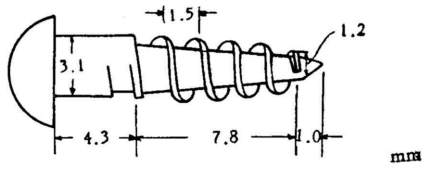
即ち木ねじ保持力はボードの表層も木ねじ谷径の自乗に比例すると仮定して木ねじ貫通部のボード比重を、木ねじ谷径の自乗を重りとする加重平均比重で表わした。

木ねじ貫通部の加重平均比重 $d_w$ は次のように示される。

第2表 カバ、シナノキ 5 Ply 構成合板の表面木ねじ保持力

ボード番号	1	2	3	4	5
ボード構成					
平均木ねじ保持力 (kg)	66.4	81.4	69.9	61.1	56.3
No. 5 ボードとの差 (kg)	10.1	25.1	13.6	4.8	—
カバ単板を貫通している木ねじの谷径 (mm)	2.9	2.4	1.9	1.4	—

(注) 単板厚さ 2 mm  
木ねじ保持力は各50ヶの平均値



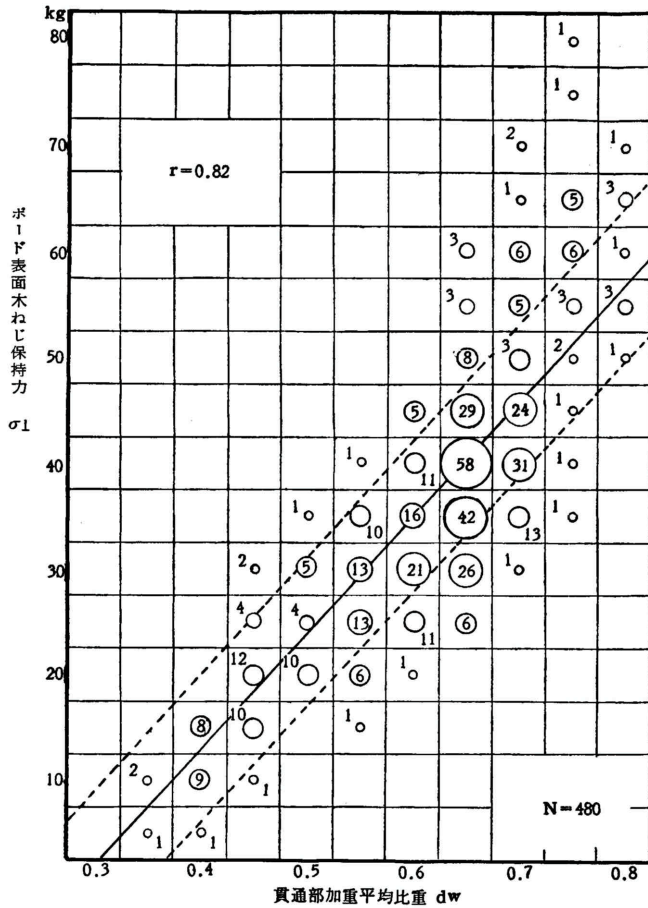
第6図 供試木ねじの模式図

$$d_w = \frac{d_1 \cdot \phi_1^2 + d_2 \cdot \phi_2^2 + d_3 \cdot \phi_3^2 + d_4 \cdot \phi_4^2}{\phi_1^2 + \phi_2^2 + \phi_3^2 + \phi_4^2} \dots\dots\dots(9)$$

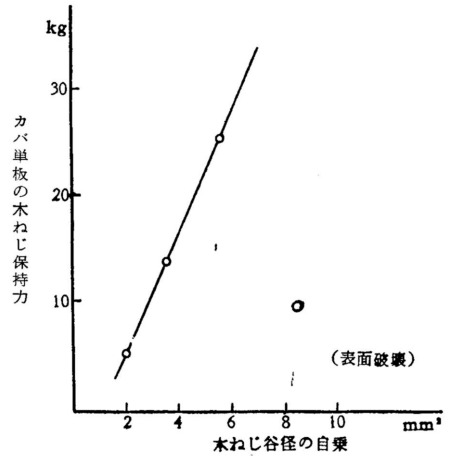
但し $d_1, d_2, d_3$ および $d_4$ : ボード表面から2mm 間隔にとった各層の比重。

$\phi_1, \phi_2, \phi_3$ および $\phi_4$ : 上記各層を貫通する 木ねじの平均谷径。この試験では  $\phi_1=2.9, \phi_2=2.4, \phi_3=1.9, \phi_4=1.4$  (mm)

第8図はボードの木ねじ貫通部の加重平均比重 $d_w$



第8図 貫通部の加重平均比重とボード表面木ねじ保持力の関係



第7図 カバ単板を貫通している木ねじの谷径と保持力の関係

と木ねじ保持力  $\phi_1$ の相関図表を示す。相関係数 $r=0.82$ , 全試験片個数 $N=480$ , 得られた回帰直線および回帰の周りの標準偏差は次の通りである。

$$\phi_1 = 112d_w - 32.9 \text{ (kg)} \dots\dots\dots(10)$$

$$S_e = 7.0 \text{ (kg)}$$

これによると加重平均比重と木ねじ保持力の間には直線的相関があるが、この関係は期待したほど大きいものではない。これを回帰直線の周りの標準偏差 $S_e$ と第1表の各ボードの標準偏差との差があまりないところから判断すると、この原因は各ボードの保持力のバラツキにあると考えられる。前述のボードの表面破壊が木ねじ保持力に影響するためであろう。

第9図は木ねじ長さ方向の形状変化を無視して、単に木ねじ貫通部のボード平均比重 $d_m$ と木ねじ保持力  $\phi_1$ の関係をみたものである。

$$\phi_1 = 133d_m - 43.3 \text{ (kg)} \dots\dots\dots(11)$$

$$S_E = 7.0 \text{ (kg)}$$

この相関関係は第8図の加重平均比重の場合とほとんど同一である。これはボードの表面破壊が木ねじサイズの影響を打消す結果と考えられる。即ち木ねじの形状からみると、ボード表層比重が高いことが表面木ねじ保持力には効果的と考えられるが、実際にはボードの表面破壊が介入するため、木ねじ長さ方向のサイズの影響は弱められ無視出来る。結論として現行の木ねじ保持力試験によるボードの表面保持力に大きなバラツキがあることを考慮に入れば、木ねじ保持力は木ねじ貫通部の平均比重で充分推定出来ると考えられる。

### 6. まとめ

パーティクルボードの厚さ方向の比重分布とボード材質の関係を市販ボード、実験室ボードについて考察し、大要次の結果を得た。

#### 1) 曲げ強さについて

各ボードの比重パターンから判断すると、パーティクルボードの大体5層～3層構成とみなすことが出来る。

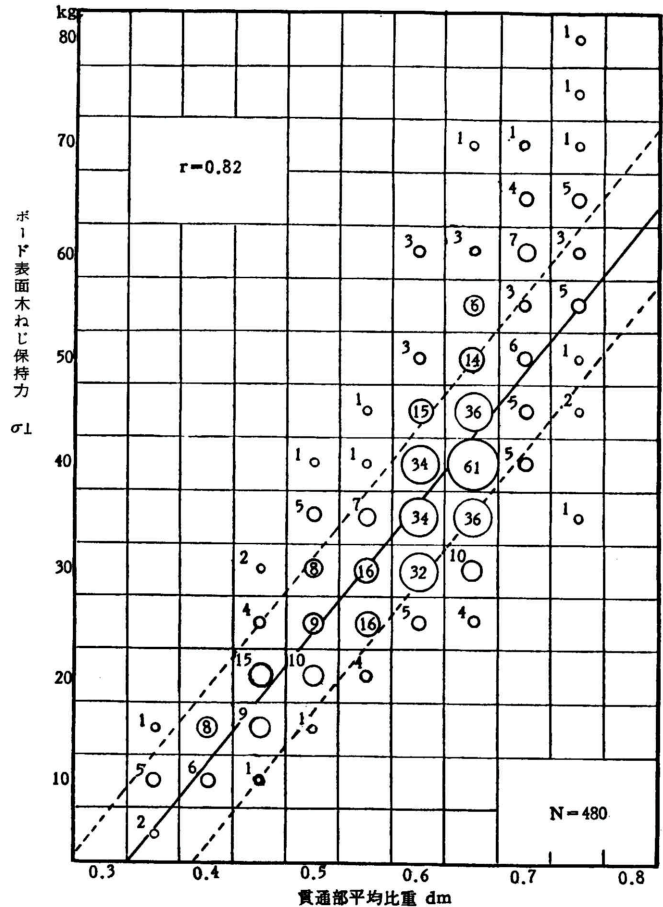
弾性限界内における5層～3層構成のパーティクルボードの単純はりの曲げ強さ  $b$  は、 $b = f(d_1) \cdot F$  の関係にある。但し  $d_1$  は表面から1mm深さの表層比重、 $F$  は構成ファクター。

実際に求めた各ボードの規格曲げ強さと、 $d_1 \cdot F$  値の間には第3図に示す通り高度の直線的相関がある。

この結果、 $d_1 \cdot F$  値よりボードの曲げ強さが充分推定出来る。

#### 2) ハク離抵抗について

ボードの心層比重とハク離抵抗の関係は第5図に示す通りである。ボードのハク離抵抗はボード製造条件



第9図 貫通部の平均比重とボード表面木ねじ保持力の関係

の影響を受け、ボード心層比重のみではボードのハク離抵抗を普遍的に推定することは困難である。

#### 3) 木ねじ保持力について

木ねじ形状からみると(第6図)、ボードの表層比重が高いことが、表面木ねじ保持力には効果的と考えられるが、実際には木ねじのねじ込み、引抜きの際に生ずるボードの表面破壊により、木ねじ長さ方向の形状の影響は無視されるようである。

木ねじ貫通部の平均ボード比重と表面木ねじ保持力の間には高度の直線的相関はないが、(第9図)現行の木ねじ保持力試験に大きなバラツキがあることを考慮に入れば、木ねじ貫通部の平均比重で保持力が充分推定出来る。

## 文 献

- (3) 齊藤市ら：林産月報 156 (1956)
- (6) 岩下睦ら：林産報 126 (1960)
- (15) 岩下 睦：木工生産 5 34 (1960)

- 改良木材料 -