

木ねじによるパーティクルボードの接合性能

藤元, 嘉安
九州大学農学部木材工学教室

森, 稔
九州大学農学部木材工学教室

<https://doi.org/10.15017/22313>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 38 (1), pp.45-57, 1983-07. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

木ねじによるパーティクルボードの接合性能

藤元 嘉安・森 稔

九州大学農学部木材工学教室

(1983年3月17日 受理)

Performance of Wood Screw Joints for Particleboard

YOSHIYASU FUJIMOTO and MINORU MORI

Laboratory of Wood Technology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-08, Fukuoka 812

緒 言

木製家具の部材接合には、一般にだぼ、くぎ、木ねじなどが用いられている。これらの中で、だぼやくぎについては以前からかなり研究がなされており、これらの引抜き抵抗および接合部の強度あるいは剛性など接合性能に関する数多くの報告(例えば、古澤ら, 1981; 安藤ら, 1980)がなされている。しかし、木ねじについては、その引抜き抵抗に関する研究(例えば、野口・今井, 1979)がほとんどであり、実際に組立てられた構造体としての接合性能の評価を行なった研究は乏しい。

そこで、本研究では、木ねじによる木質部材の接合性能を評価するための基礎資料を得る目的から、近年、家具部材として使用量が増加しつつあるパーティクルボードを用い、最も単純な場合として、棚板と側板をL字型に接合した試験体について、接合部の静的曲げ試験および繰返し曲げ試験を行なった。また、最近、ロックダウン方式の家具が普及しつつあるが、その接合用金具の一種であるねじ込み式ナットを用いて接合した場合や、ロックダウン方式とは逆の立場として、木ねじと接着剤とを併用して接合した場合についても実験を行なった。

なお、これまでにも木材について、木ねじの引抜き抵抗や締結作業に大きな影響をおよぼすねじ込みトルクと案内孔寸法との関係についての研究(野口・今井, 1979)がなされているが、パーティクルボードについての報告は少ない。そこで、本報では、組立て部材の曲げ試験に先立ち、パーティクルボードの案内孔の寸法と木ねじのねじ込みトルクおよび引抜き抵抗と

の関係について実験を行なった。

I. 木ねじのねじ込みトルクと引抜き抵抗

1. 実験方法

供試材には、市販の厚さ 20 mm, 3層構造のパーティクルボード(比重 0.71(表面層 0.97, 内層 0.57), 含水率 9.5%)を用いた。試験片の寸法は、縦 50 mm×横 50 mm とし、その端面あるいは板面に各種寸法の案内孔をあけ、木ねじをねじ込んだ。

供試木ねじには、JIS B 1112(十字穴付き木ねじ)に規定するステンレス製のさら木ねじ、直径、長さ各3種を用いた。その寸法およびボードへのねじ込み深さを Table 1 に示す。端面へのねじ込み深さについては、後述の組立て部材の曲げ試験における棚板部へのねじ込み深さと等しくなるように、木ねじの全長から板厚 20 mm を引いたものとした。板面へのねじ込み深さについては、板厚と等しく 20 mm とした。

本実験で使用した案内孔の直径と、その木ねじの呼び径に対する比(案内孔径比)、および案内孔の深さと、その木ねじのねじ込み深さに対する比(案内孔深さ比)をそれぞれ Table 2, 3 に示す。端面ねじ込みでは、案内孔径比、案内孔深さ比ともに変化させて実験を行なったが、板面ねじ込みでは、ねじの先端が厚さ 20 mm のボードから完全に突き出るようにねじ込み、案内孔深さ比を 1.0 とし、案内孔径比だけを变化させて実験を行なった。

木ねじをねじ込む場合、試験片に対し垂直にねじ込むため、ボール盤の主軸チャックを利用した。また、その主軸の下降量を示す目盛りによつてねじ込み深さを規制した。所定の深さまでねじ込んだのち、トルク

Table 1. Wood screw size and depth of penetration (unit: mm).

Wood screw		Depth of penetration	
Diameter	Length	Edge	Face
4.5	38	18	—
4.5	50	30	20
4.5	63	43	—
5.1	50	30	20
6.2	50	30	20

Table 2. Diameter ratio of pilot hole.
 D : Diameter of wood screw (mm).
 D' : Diameter of pilot hole (mm).

D	D'	D'/D
4.5	1.0	0.22
	2.0	0.44
	2.5	0.56
	3.0	0.67
	3.5	0.78
5.1	4.0	0.89
	1.2	0.24
	2.0	0.39
	3.0	0.59
	3.5	0.69
6.2	4.0	0.78
	4.5	0.88
	1.2	0.19
	2.5	0.40
	3.5	0.57
6.2	4.0	0.65
	5.0	0.81
	5.5	0.89

Table 3. Depth ratio of pilot hole.

L : Depth of penetration (mm).
 L' : Depth of pilot hole (mm).

L	L'	L'/L
18.0	5.0	0.28
	10.0	0.56
	15.0	0.83
30.0	8.0	0.27
	17.0	0.57
	25.0	0.83
43.0	12.0	0.28
	24.0	0.56
	36.0	0.84

ドライバー（東日製作所，40 FTD）によりねじ込みトルクを測定した。

恒温恒湿室（20°C，65% RH）に24時間以上放置したのち，インストロン型強度試験機（東洋ポールドウィン製，STM-F-1000）を用い，荷重速度 2 mm/min で引抜き試験を行なった。試験に用いた治具を Fig. 1 に示す。治具の下方は試験機のムービングヘ

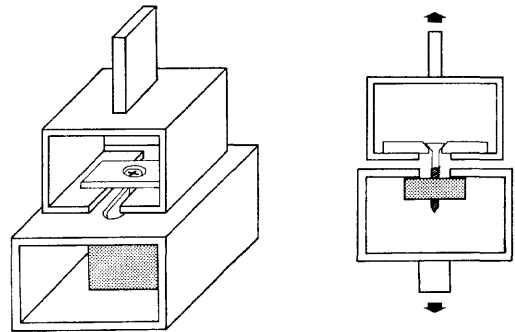


Fig. 1. Jig for withdrawing wood screws from particleboard specimens. Specimen holder attaches to moving head of universal testing machine. Screw holder attaches to load cell of testing machine.

ッドに，上方はロードセルに接続されている。ロードセルにより測定された最大荷重をもつて引抜き抵抗とした。

2. 実験結果と考察

2.1 案内孔寸法とねじ込みトルクおよび引抜き抵抗との関係

案内孔寸法による木ねじのねじ込みトルクおよび引抜き抵抗の変化の一例として，Fig. 2 に直径 4.5 mm，長さ 50 mm の木ねじをボード端面に 30 mm ねじ込んだ場合の結果を示す。案内孔深さ比が大きいつきは，案内孔径比が 0.6~0.7 以上になるとねじ込みトルク，引抜き抵抗ともに急激に減少するが，案内

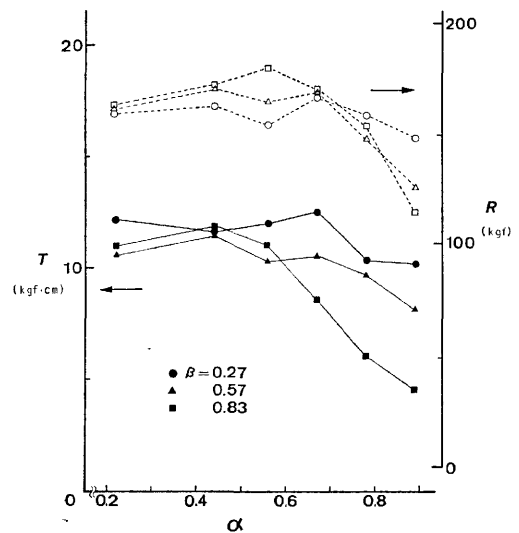


Fig. 2. Relationship of driving torque (T) and withdrawal resistance (R) to diameter ratio of pilot hole (α). β : Depth ratio of pilot hole.

孔深さ比が小さいときは、案内孔径比によるねじ込みトルク、引抜き抵抗の変化はあまり認められない。このことは、いずれの木ねじ寸法についても同様であるが、寸法の大きなものほど案内孔径比による変化が著しくなる。また、それぞれのねじ寸法に対し、引抜き抵抗が最大となるような案内孔径比の値が存在し、その値はおよそ0.45~0.65である。

2.2 引抜き抵抗とねじ寸法、案内孔径比との関係

Eckelman (1975) の研究結果を参考にし、木ねじの引抜き抵抗がパーティクルボードの比重の自乗に比例することを前提として、次の実験式を導いた。

$$R_e = K_e \cdot D^{\frac{1}{2}} \cdot (L - D/3) \cdot S_G^2 \quad (1)$$

$$R_f = K_f \cdot D^{\frac{1}{2}} \cdot L \cdot S_G^2 \quad (2)$$

ここで、

R_e, R_f : パーティクルボード端面あるいは板面からの木ねじ引抜き抵抗 (kgf)

K_e, K_f : 端面あるいは板面からの引抜きに対する係数

D : 木ねじの直径 (cm)

L : 木ねじのねじ込み深さ (cm)

S_G : パーティクルボードの比重

式(1)において、 $(D/3)$ は木ねじ先端のテーパによる有効ねじ込み深さの減少量(先端効果)を示すが、式(2)では、木ねじ先端がボードから完全に突き

出るようにねじ込んで実験を行なったため、これを除去した。比重は、端面からの引抜きについてはパーティクルボード内層部の気乾比重(0.57)を、板面からの引抜きについてはボード全体としての気乾比重(0.71)を用いた。

Fig. 3 に式(1)から求めた K_e の値と案内孔径比 α との関係を示す。案内孔深さ比が0.27および0.28の場合は、 α に関する K_e の変動がほとんどないため省略した。また、直径が6.2 mmの木ねじについても、ねじ込み時にボードが破壊し極端な強度低下を示したので省略した。 K_e の値の α に関する2次回帰を求めると次式が得られる。

$$K_e = 285 - 500 \cdot (\alpha - 0.50)^2 \quad (3)$$

同様に、板面からの引抜きについて

$$K_f = 310 - 340 \cdot (\alpha - 0.55)^2 \quad (4)$$

式(3)、(4)より式(1)、(2)は

$$R_e = \{285 - 500 \cdot (\alpha - 0.50)^2\} \cdot D^{\frac{1}{2}} \cdot (L - D/3) \cdot S_G^2 \quad (5)$$

$$R_f = \{310 - 340 \cdot (\alpha - 0.55)^2\} \cdot D^{\frac{1}{2}} \cdot L \cdot S_G^2 \quad (6)$$

となる。

上式より、パーティクルボードの木ねじ引抜きにおいて、端面、板面のいずれの場合でも、木ねじ直径の1/2の案内孔をあけたときに最大の引抜き抵抗が得られることが分かる。しかし、案内孔径比が0.5のときはねじ込みトルクが大きくねじ込みが容易に行なえないため、実際には、ねじ込みが比較的小さいトルクで容易に行なえ、しかも比較的高い引抜き抵抗が得られるよう0.6~0.7の案内孔径比を用いた方が効果的であると思われる。

2.3 ねじ込みトルクと引抜き抵抗との関係

パーティクルボード端面に各種寸法の木ねじをねじ込んだ場合のねじ込みトルクと引抜き抵抗との関係をFig. 4に示す。直径を一定としねじ込み深さを変化させた場合は、ねじ込み深さの増加に伴いねじ込みトルク、引抜き抵抗ともに増加し、両者は高い相関関係を持つ。これに対し、ねじ込み深さを一定とし直径を変化させた場合は、直径の増加に伴いねじ込みトルクは増加するが、引抜き抵抗の増加は比較的小さい。このことは、木ねじを板面にねじ込んだ場合にも同様のことが認められる (Fig. 5)。

これは、直径の増加に伴い木ねじの円筒部とパーティクルボードとの接触面積が増加し、また、接触面から木ねじ中心までの距離が増加することにより、ねじ

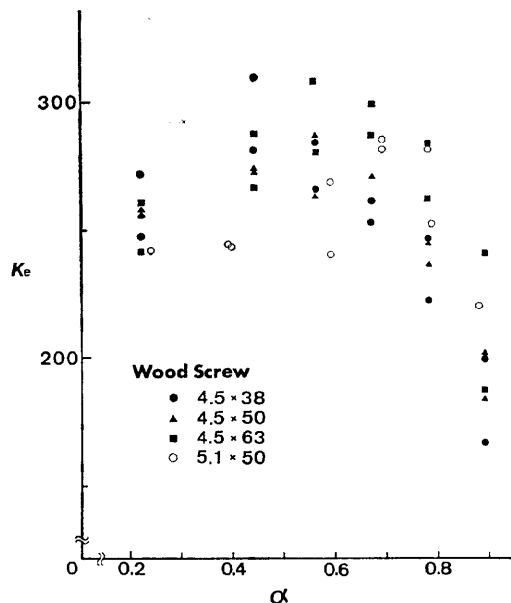


Fig. 3. Relationship between diameter ratio of pilot hole (α) and coefficient (K_e).

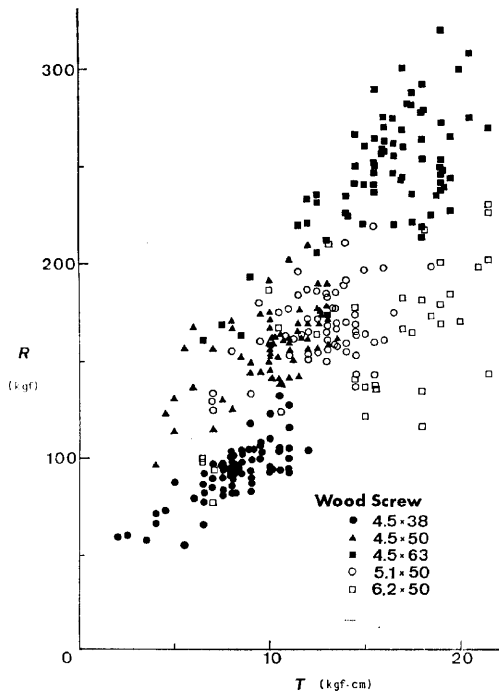


Fig. 4. Relationship between driving torque (T) and withdrawal resistance (R) in the case of edge withdrawal.

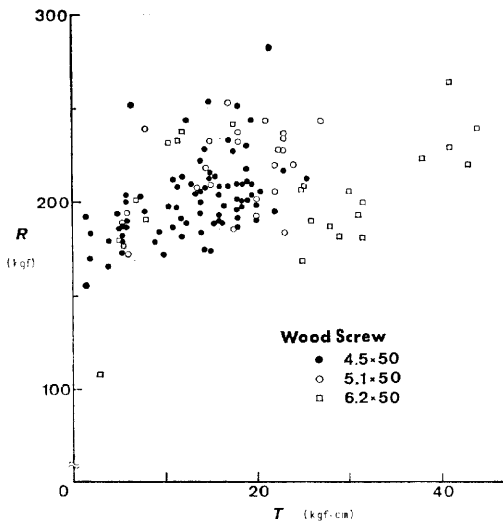


Fig. 5. Relationship between driving torque (T) and withdrawal resistance (R) in the case of face withdrawal.

込みトルクが指数的に増加するのに対し、直径の増加に伴い単位ねじ込み深さ当りのねじ山数が減少し、引抜き抵抗が対数的にしか増加しないためであろうと考

えられる。

より大きな引抜き抵抗を得ようとする場合、ねじ直径を増加させてもねじ込みに必要なトルクが大きくなり、かえって作業能率が悪くなるばかりであり、ねじ込み深さを深くした方がより効果的であると言える。

II. 組立て部材の曲げ剛性と破壊強度

1. 実験方法

1.1 試験片

供試材には、市販の厚さ 20 mm、3層構造のパーティクルボード(比重 0.79(表面層 1.03, 内層 0.68), 含水率 10.3%)を用いた。

まず、910 mm×1,820 mm のボードから、ボードの長手方向と試験片の長手方向とが同じになるように、幅 90 mm、長さ 350 mm に木取りし、たわみの理論値計算に必要な曲げヤング係数を測定した。曲げヤング係数測定は、インストロン型強度試験機を用い、スパン 300 mm、荷重速度 2 mm/min で行なつた。

次に、試験片を長さ 200 mm と 150 mm に切断し、それらをそれぞれ側板、棚板として、側板の板面と棚板の端面とが接合面となるように L 字型に組立てた。

木ねじによる接合では、JIS B 1112(十字穴付き木ねじ)に規定するステンレス製のさら木ねじを用いた。側板での案内孔径比および案内孔深さ比はそれぞれ 0.89, 1.0 とした。棚板での案内孔径比、案内孔深さ比は、前項の基礎実験の結果より、ねじ込みトルクが比較的小さく、しかも引抜き抵抗の比較的高い値として、Table 4 に示すように、案内孔径比約 0.67、深さ比約 0.83 を用いた。ねじ込みトルクについては、あらかじめねじを完全にねじ込んだ場合のねじ込みトルクを測定しておき、その値を基準にねじ込みを行なつた。

Table 4. Pilot hole size and driving torque of wood screw for bending test. D : Diameter of wood screw (mm). L_s : Length of wood screw (mm). L : Depth of penetration into the rail (mm). D' : Diameter of pilot hole (mm). L' : Depth of pilot hole (mm). T : Driving torque (kgf·cm).

D	L_s	L	D'	(D'/D)	L'	(L'/L)	T
4.5	38	18	3.0	(0.67)	15	(0.83)	34
4.5	50	30	3.0	(0.67)	25	(0.83)	44
4.5	63	43	3.0	(0.67)	36	(0.84)	55
5.1	50	30	3.5	(0.69)	25	(0.83)	56
6.2	50	30	4.0	(0.65)	25	(0.83)	80

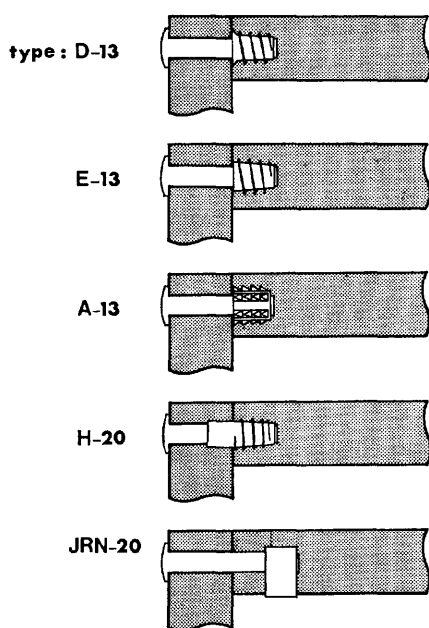


Fig. 6. Knife thread insert nut types tested. Figures indicate depth of penetration into the rail (mm).

ねじ込み式ナットはムラコシ精工製であり、その形状を Fig. 6 に示す。D, E, H タイプはナットを棚板にねじ込む方式のものであるが、EタイプはDタイプの座の部分がないものであり、Hタイプは側板にもナットがはめ込まれるタイプである。Aタイプはナットを圧入する方式のものである。図において、数字は棚板へのねじ込み深さ (mm) を示している。Hタイプは側板へはめ込まれる長さが 7 mm であるため、全長からその値を引いた長さが棚板へのねじ込み深さとなる。JRN タイプは差込みねじ方式であるので、棚板端面からナットの棚板端面より最も離れた所までの距離をねじ込み深さとしている。ナットのねじ込みトルクを Table 5 に示す。Aタイプは約 20 mm/min で圧入した。いずれのナットも内側に雌ねじが切つて

Table 5. Driving torque of insert nut.

Insert nut type	Driving torque (kgf · cm)
D-13	28
D-20	38
D-25	45
E-13	28
E-20	35
H-20	25
A-13	—
JRN	—

あり、そこへ直径 6 mm のコインボルト (JCK タイプ) をねじ込むことにより緊結を行なう。このときのねじ込みトルクはすべてのナットに対し 50 kgf · cm とした。

接着剤はエポキシ樹脂接着剤として、Chiba Geigy 社 Araldite Standard (主剤, 硬化剤等重量混合), 水性ビニルウレタン樹脂接着剤として、大鹿振興社 PI-120 (主剤 100 部に対し 硬化剤 15 部混合) を用いた。両者とも塗布量を 300 g/m² とし、ハタガネでずれない程度に軽く圧縮して接着を行なった。エポキシは推積時間 0 分, 圧縮時間 15 時間以上とし、ビニルウレタンは 堆積時間 10 分, 圧縮時間 2 ~ 3 時間とした。

試験片はすべて組立て後 1 週間以上保養し実験を行なった。

1.2 実験装置

静的曲げ試験には、オルゼン型強度試験機を用いた。側板の下面を固定し、棚板の接合面から 12 cm 離れたところに曲げ荷重を加えた。荷重速度は、2.50 ~ 2.97 mm/min とした。

繰返し曲げ試験に用いた疲労試験機を Fig. 7 に示す。本試験機は片持梁型式で、ピストン①の運動により先端に重錘②を付した片持梁③を上下させ、片持梁に連結するワイヤー④により試験片⑤に一定荷重を繰返し載荷する方式のものである。また、本試験機は自動的に荷重を一定に保持することが困難であるため、一定時間毎に⑥のハンドルで試験片支持台⑦を上下させることにより、③の片持梁上に置いた水準器により片持梁が水平な位置で荷重が加わるように荷重レ

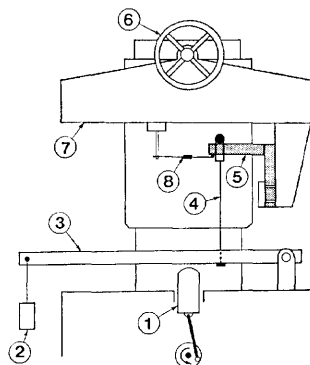


Fig. 7. Repetitive loading test machine. ① Piston, ⑤ Specimen, ② Weight, ⑥ Handle, ③ Cantilever, ⑦ Supporting bed, ④ Loading wire, ⑧ Strain gauge for measuring deflection.

ベルの調節を行なつた。繰返し周期は 50 c. p. m とした。

1.3 測定方法と測定項目

静的試験では、荷重ヘッドの下降距離によりたわみを、ロードセルにより荷重を測定し、荷重点における荷重—たわみ曲線から角度変化に関する剛性を求めた。

疲労試験では、荷重—破壊繰返し数の関係を求めるとともに、片持梁式の変位測定ビームによりたわみを測定し、繰返し数と剛性との関係を求めた。

2. 角剛性

それぞれの接合方法による組立て部材の曲げ荷重に対する剛性を評価するため、Rinkefeil and Wienert (1967) の研究報告を参考にし、以下に述べる角剛性を用いた。

Fig. 8(a) に示すラーメンについては、これを B 点で切断して、先端に集中荷重 P を受ける片持梁 BC (同図(b)) と、先端に曲げモーメント ($M = P \cdot l$) を受ける片持梁 AB (同図(c)) に置き換えることができる。すると点 C のたわみ W_c は、梁 BC の剛体としての回転によるもの ($l \cdot \theta_b$) と、片持梁としてのたわみ W との和からなり、次式で表わされる。

$$\begin{aligned} W_c &= l \cdot \theta_b + W = \frac{M \cdot a}{E \cdot I} \cdot l + \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} \\ &= \frac{P \cdot l^2}{3 \cdot E \cdot I} (l + 3a) \end{aligned} \quad (7)$$

ここで

E : 試験片の曲げヤング係数 (kgf/cm²)

I : 試験片の断面 2 次モーメント

実際には、接合部は完全な剛ではなく、接合部の角度が変化するため、点 C におけるたわみは理論値より大きくなる。すなわち、たわみの測定値 W'_c と理論

値 W_c との差 ($\Delta W_c = W'_c - W_c$) が接合部の角度変化に相当する。そこで、接合部の単位角度変化当りに要する曲げモーメントにより角剛性 S を定義した。

角度変化 $\Delta \theta = \tan \Delta \theta = \Delta W_c / l$ であるから、角剛性は

$$S = \frac{P \cdot l^2}{\Delta W_c} \text{ (kgf} \cdot \text{cm/radian)} \quad (8)$$

あるいは、

$$S = \frac{P \cdot l^2 \cdot \pi}{\Delta W_c \cdot 180} \text{ (kgf} \cdot \text{cm/}^\circ) \quad (8')$$

本研究では、式 (8') を用い、 l は接合面から荷重点までの距離 (12 cm)、 a は固定端から木ねじ中心までの距離 (11.5 cm) とし、比較値として荷重 10 kgf における角剛性を求め、それぞれの方法による接合部の剛性の評価を試みた。

3. 実験結果と考察

3.1 木ねじの位置、個数および試験片幅の影響

直径 4.5 mm、長さ 50 mm の木ねじを用い、Fig. 9 に示す木ねじの配置、試験片の幅により実験を行なつた。

木ねじの個数を変化させた場合の結果を Fig. 10 に示す。試験片幅 90 mm に対して、木ねじが 3 個のときに破壊荷重が最大となる。それ以上の個数では木ねじ間隔が狭くなり、また、パーティクルボードの内部結合力が低下し、棚板端面が割れやすくなるため、破壊荷重は逆に減少する。これに対し、角剛性は木ねじ数の増加に伴い直線的に増加する。試験片の破壊形態を観察すると、木ねじが多いときは、棚板端面の割れが著しく、木ねじの変形が少ない。逆に、木ねじが少ないときには、棚板の割れが少なく木ねじの変形が大きい。このことから、木ねじの増加に伴い木ねじ 1 個当りに加わる力が減少し、木ねじの変形が小さくなる

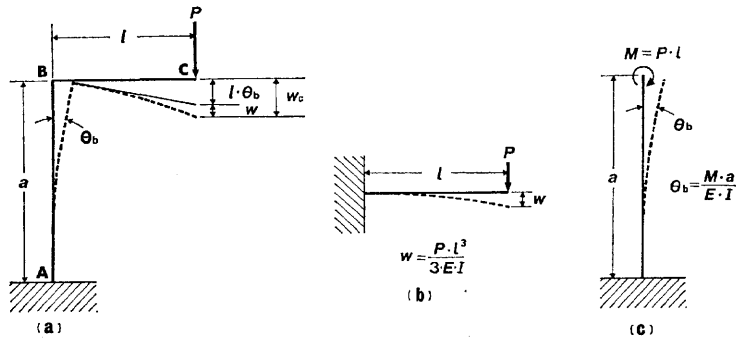


Fig. 8. Schematic diagram for derivation of deflection on L-type construction. E : Young's modulus of the specimen (kgf/cm²). I : Moment of inertia of the specimen.

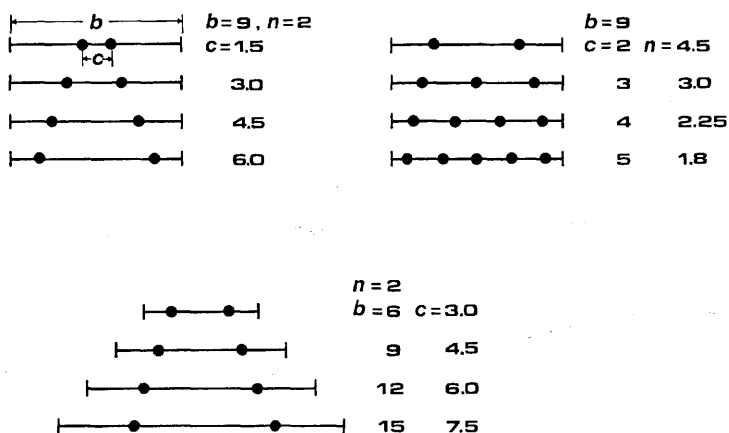


Fig. 9. Placement of wood screw and width of test specimens. b : Width of test specimen (cm), c : Screw spacing (cm), n : Number of screws.

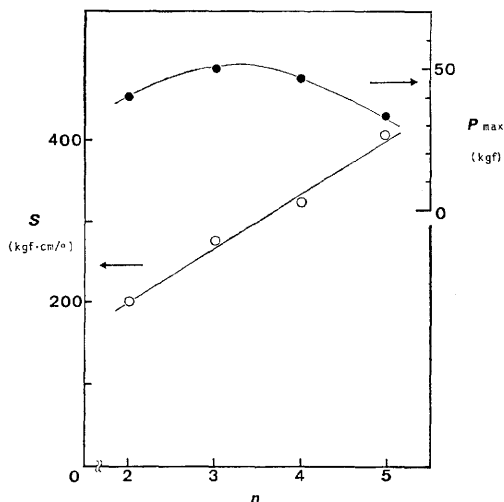


Fig. 10. Relationship of angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) to number of wood screws (n).

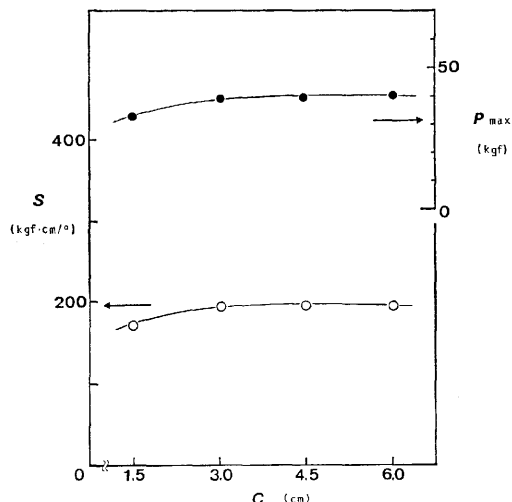


Fig. 11. Relationship of angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) to placement of screws (c : screw spacing).

ため角剛性が増加すると考えられる。また、木ねじ数の増加に伴う引抜き抵抗の増加も剛性の増加に寄与していると考えられる。

木ねじの位置(木ねじ間隔)に関する実験結果を Fig. 11 に示す。木ねじ間隔が 1.5 cm と非常に狭いときに破壊荷重、剛性ともにやや低い値を示すほかは、両者とも木ねじ間隔に関係なくほぼ一定の値を示す。棚板端面の割れ、木ねじの変形とも木ねじ間隔による差はほとんどなく、木ねじの位置は極端でない限り破壊荷重、剛性に影響しないことが分かる。

試験片の幅に関する結果を Fig. 12 に示す。試験片幅が 6 cm のときは、棚板端面の割れが大きく、破

壊荷重、角剛性ともに低い値を示す。幅が 9 cm 以上では、破壊荷重はほぼ一定の値を示すが角剛性は低下する。試験片幅が大きくなるにつれて木ねじの変形が大きくなっていることから、試験片幅の増加に伴い木ねじが変形しやすくなり、剛性が低下するのであろうと推察できる。

3.2 木ねじ寸法の影響

直径 4.5 mm の木ねじ 3 個を用いた場合の木ねじの長さや破壊荷重および角剛性との関係を Fig. 13 に示す。本実験において、接合部の性能に関し木ねじの棚板端面にねじ込まれた部分が重要となるため、棚板へのねじ込み深さによって考察を行なう。破壊荷重は

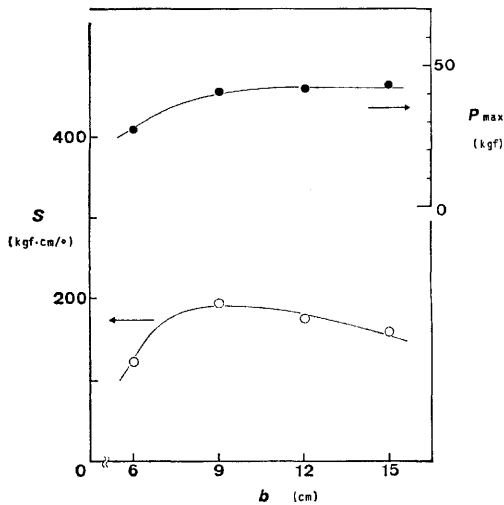


Fig. 12. Relationship of angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) to width of test specimens (b).

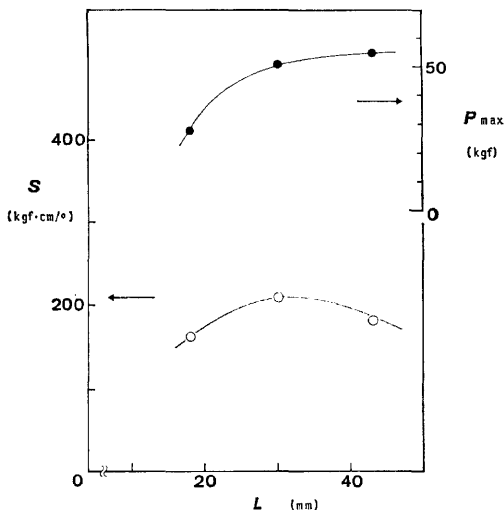


Fig. 13. Relationship of angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) to depth of penetration into the rail (L), (wood screw).

ねじ込み深さの増加に伴い対数的に増加する。これに対し、角剛性はねじ込み深さ 30 mm のときに最大となり、ねじ込み深さ 43 mm では逆に低い値を示す。この理由は、徳田 (1977) のくぎのせん断による変形についての研究結果から、次のように推察できる。ねじ込み深さが小さい場合は、変形エネルギーが木ねじ全体に分散され、ねじ込み表面での変形がおさえられるため、棚板端面付近での変形量が小さくなる。逆に、ねじ込み深さが大きい場合は、ねじのボード内部

にある部分の変形が小さいため、棚板端面付近での木ねじの変形量が大きくなる。このため、ねじ込み深さの増加に伴い木ねじは曲りやすくなり、引抜き抵抗の増加との関連から剛性が最大となるようなねじ込み深さの値が存在すると考えられる。また、ねじ込み深さの増加に伴い棚板端面の割れが大きくなり、強度はある一定のねじ込み深さ以上では増加の割合が減少する。

木ねじの直径と破壊荷重および剛性との関係を Fig. 14 に示す。試験片の厚さが一定であったため、木ねじの直径が増すにつれ棚板端面が割れやすく破壊荷重が減少する傾向を示す。また、木ねじ直径の増加に伴い木ねじの曲げに対する抵抗が強くなり変形しにくくなり、剛性は対数的な増加を示す。

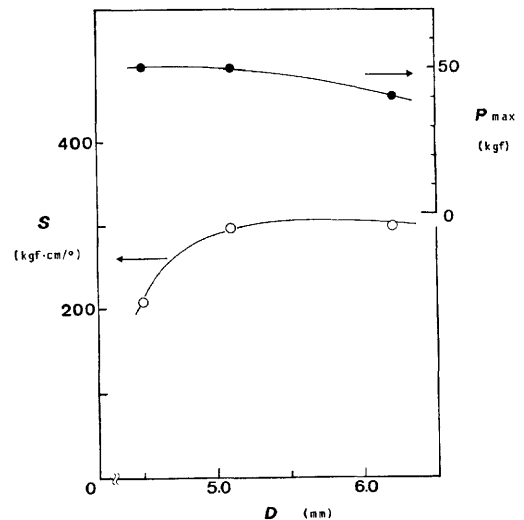


Fig. 14. Relationship of angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) to diameter of wood screw (D).

3.3 ねじ込み式ナットによる角剛性と破壊強度

ねじ込み式ナット 2 個を用いて接合した場合の、ナットの型式による差異を Fig. 15 に示す。D, E, H タイプでは、破壊荷重、剛性ともにほとんど差は認められない。圧入式の A タイプは圧入する時にボードを損傷するため、破壊荷重、角剛性ともに極端に低い値を示す。逆に、JRN タイプは構造上引抜きに対する抵抗が高いため、非常に高い剛性を示し、また、破壊荷重も大きい。

D, E タイプおよび木ねじについて、ねじ込み深さと破壊荷重および角剛性との関係を Fig. 16 に示す。ここで、木ねじの場合は 3 個、ねじ込み式ナットの場

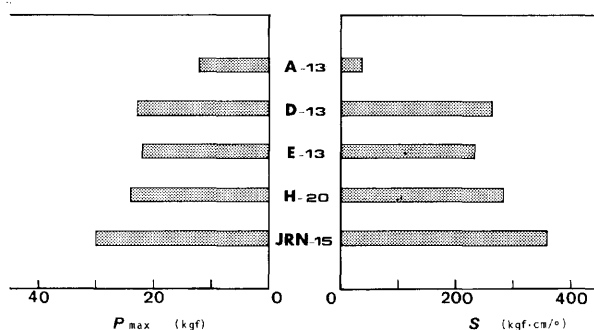


Fig. 15. Angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) for insert nuts.

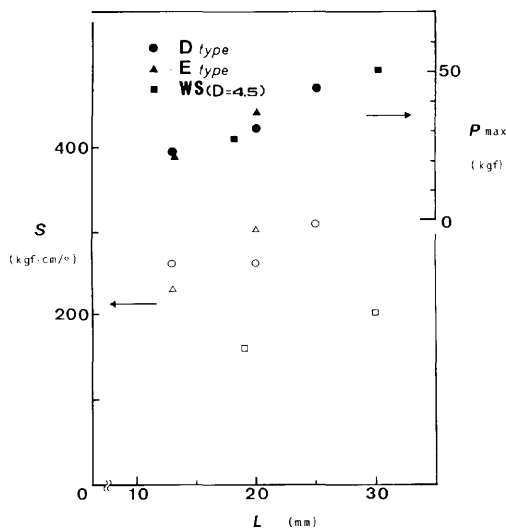


Fig. 16. Relationship of angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) to depth of penetration into the rail (L), (insert nut).

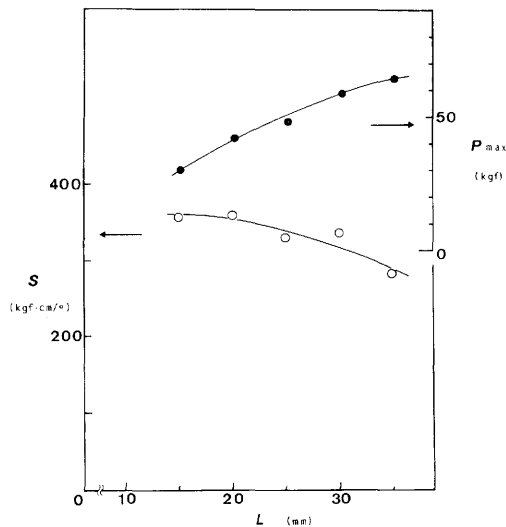


Fig. 17. Relationship of angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) to depth of penetration into the rail (L), (JRN).

合は2個を用いて接合している。ねじ込み深さ 30 mm までの間では、ねじ込み深さに伴い破壊荷重はほぼ直線的に増加する。また、ねじ込み式ナットの破壊荷重は木ねじと同じやや高い値を示す。ねじ込み式ナットを用いた場合の角剛性は、ナットの引抜き抵抗が大きく、また、直径が大きいため曲げに対する抵抗も大きいので、ナット2個でも木ねじ3個よりかなり高い値を示す。

JRN タイプにおけるねじ込み深さと破壊荷重および角剛性との関係を Fig. 17 に示す。破壊荷重はねじ込み深さの増加に伴い対数的に増加し、その値は他のタイプと同じか、やや高い値を示す。これに対し、角剛性はねじ込み深さに伴い減少する傾向を示す。JRN タイプは引抜きに対する抵抗が非常に大きいため、ボルトが短いときは曲げに対する抵抗が強く剛

性は高いが、ボルトが長くなるにつれてボルトが曲がりやすくなり剛性は低下する。

3.4 接着剤併用の効果

接着剤の併用に関する実験結果を Fig. 18 に示す。接着剤のみによる接合の場合、エポキシ樹脂とビニルウレタン樹脂とでは、破壊荷重は前者がやや高く、角剛性は後者がかなり高い値を示した。接着剤と木ねじとを併用すると、強度、剛性ともに向上する。この場合、強度の向上にはエポキシが、剛性の向上にはビニルウレタンが効果的であることが示される。エポキシの併用による強度の向上は、次に述べる破壊形態の差から説明できる。

木ねじのみ、接着剤のみ、両者の併用およびねじ込み式ナットによる破壊形態を Fig. 19 に示す。木ねじ、ねじ込み式ナットDタイプ、JRN タイプの場合、

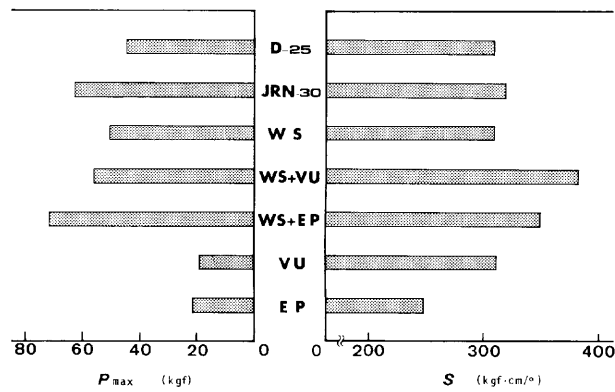


Fig. 18. Angular stiffness (S) and fracture load (P_{max}) for fasteners and adhesive.

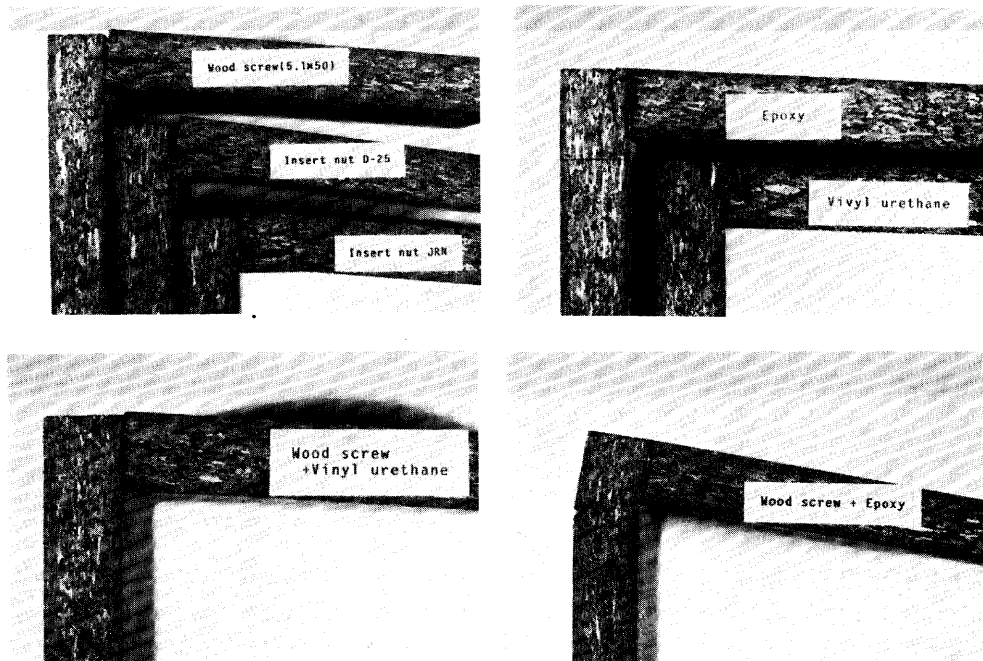


Fig. 19. Fracture types of L-type constructions tested.

いずれも棚板の内層から割れるような破壊形態を示す。接着剤の場合、どちらも接着層で破壊せず、側板から割れるような破壊形態を示す。木ねじとビニルウレタンとの併用の場合、側板の表面層からのはく離による破壊と、棚板の内層からの破壊とが起こつている。木ねじとエポキシとの併用の場合、接着剤により棚板の端面がかなり強固になっており、棚板内層での割れが抑制され、また、木ねじにより側板の割れが抑制されるため、側板が接合位置の1~2cm下方で折れるような破壊形態を示す。

3.5 繰返し荷重に対する強度と角剛性

木ねじ（直径 5.1 mm、長さ 50 mm）3 個、ねじ込み式ナット（タイプ D-25、JRN-30）2 個、エポキシ樹脂接着剤および木ねじとエポキシとの併用により接合した場合について疲労試験を行なつた。いずれの接合法においても Fig. 20 に示すように、荷重 P_f と破壊繰返し数 N との間に、両対数グラフ上で負の直線相関が認められ次式が成立する。

$$\text{木ねじについて } P_f = 46.8 N^{-0.03}$$

$$\text{エポキシについて } P_f = 18.2 N^{-0.09}$$

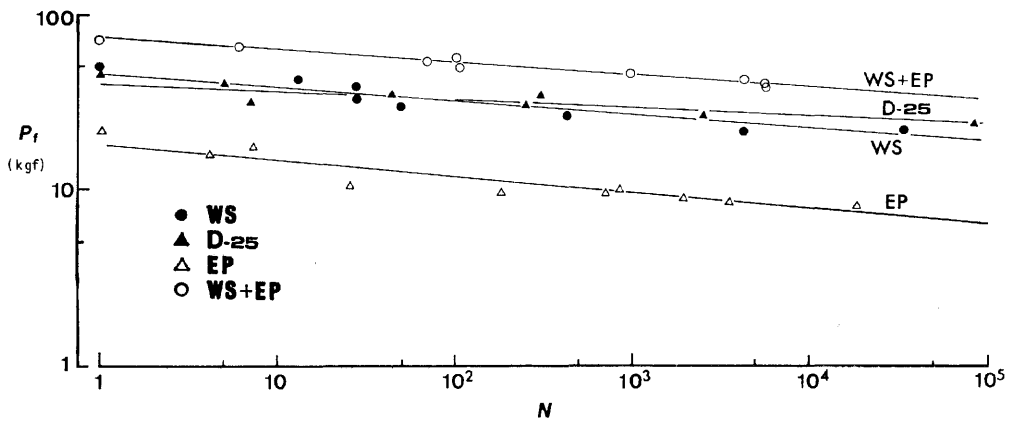


Fig. 20. Relationship between load applied to fatigue test specimen (P_f) and repetition number to fracture (N).

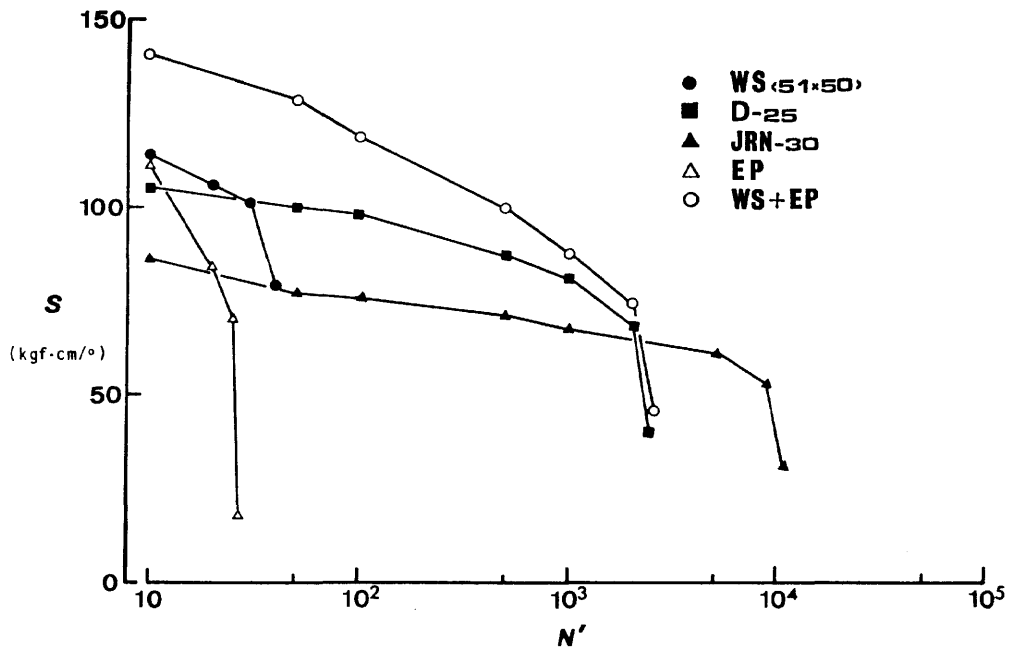


Fig. 21. Variation of angular stiffness (S) with increase of repetition number (N'), (applied load ratio: 60%).

併用について $P_f = 72.4 N^{-0.07}$
 D-25について $P_f = 40.7 N^{-0.05}$

(9)

式(9)は疲労の性能を表わすものである。右辺の定数は静的強度に相当するものであり、 N の指数は疲労の進行度合を示す。いずれの接合法においても疲労の進行度合に大きな差異は認められず、静的強度の高いものほど繰返し荷重に対し高い強度を示す。

荷重比を一定(60%)にした場合の剛性の低下を

Fig. 21に示す。木ねじのみ、あるいは接着剤のみの場合は、繰返しに伴う剛性の低下が著しく、併用およびD-25の場合は、剛性の低下の割合が小さい。JRNは繰返し荷重に対し強度に関する性能はよいが、剛性に関する性能は劣る。

結 論

パーティクルボードを供試材料として、その接合部の性能を評価するための基礎資料を得る目的から、案

内孔寸法と木ねじのねじ込みトルクおよび引抜き抵抗との関係、ならびに木ねじ、ねじ込み式ナットおよび接着剤による接合部の静的あるいは繰返し曲げ荷重に対する強度および剛性について基礎実験を行ない、以下の結論を得た。

(1) 長さの異なる木ねじについては、引抜き抵抗はねじ込みトルクに比例して増加するが、直径の異なる場合は、ねじ込みトルクの増加に伴う引抜き抵抗の増加が少ない。また、各寸法の木ねじに対して、その引抜き抵抗は案内孔径比がほぼ0.5のときに最大値をとる。

(2) 木ねじにより接合したL字型試験片に曲げ荷重を加えた場合、その破壊荷重は木ねじの長さおよび棚板の内部結合力に支配される。また、角度変化に関する剛性は、木ねじの引抜き抵抗および曲げあるいはせん断による変形に対する抵抗に支配される。

(3) ねじ込み式ナットを用いて接合した場合は、圧入式のAタイプを除いて、強度および剛性ともに木ねじの場合より高い値を示す。

(4) 木ねじと接着剤を併用することにより、強度および剛性ともに改善することができる。とくに、エポキシ樹脂接着剤を用いた場合、強度を著しく向上させることができ、その破壊形態にも顕著な差異が認めら

れる。

(5) 繰返し曲げ試験では、いずれの接合法においても、荷重と破壊繰返し数との間には、両対数グラフ上で負の直線相関が認められる。また、疲労強度は静的強度に支配される。

文 献

- 安藤直人・平田俊次・平田信也・大熊幹章 1980 支持条件が棚板の剛性に及ぼす影響について. 木材工業, 35: 256-260
- Eckelman, C. A. 1975 Screwholding performance in hardwoods and particleboard. *For. Prod. J.*, 25: 30-35
- 古澤富志雄・赤松 明・小野田重雄 1981 だぼ接手の引抜き抵抗と埋込み長さの実効限度. 木材工業, 36: 596-600
- 野口昌巳・今井重人 1979 木ねじの引き抜き抵抗に及ぼすねじ山と案内孔の効果. 材料, 28: 617-622
- Rinkefeil, R. und H. Wienert 1967 Prüfungen an Winkerverbindungen. *Holztechnologie*, 8: 58-62
- 徳田迪夫 1977 木材の釘接合に関する研究(第1報) ソフテックスによる釘のせん断変形量の測定. 木材学会誌, 23: 17-24

Summary

The experimental study presented in this paper consists of two series of tests concerned with jointing performance of wood screws for particleboard.

In the first series of tests, withdrawal tests of wood screws from the face or edge of particleboard were performed. In withdrawal tests, the sizes of wood screw and pilot hole were varied and the driving torque was also measured. In the second series of tests, two specimens (rail and post) of particleboard were constructed in the form of L-type with wood screws, knife thread insert nuts or adhesive, and the rail was placed in the flat position. The bending load (out-of-plane force) was applied to it, and static and repetitive bending tests of L-type construction were carried out. And from the measured results, the angular stiffness of the L-type construction was calculated from Eq. (8').

The results obtained are as follows.

(1) Under a constant diameter of wood screw, driving torque and withdrawal resistance increase with increase of the length of screw. However, under a constant length of wood screw, driving torque increases with increase of the diameter of screw, but withdrawal resistance decreases. These results indicate that it is more effective to use longer wood screws than to use thicker screws.

(2) Withdrawal resistance of each size of wood screw is affected by the diameter ratio of pilot hole to wood screw and it shows the largest value at the diameter ratio 0.5. Considering a labor efficiency at the jointing work, however, it seems better to use the diameter ratio 0.6 to 0.7.

(3) The bending fracture load of L-type constructions connected with wood screws is affected considerably by the length of wood screw and is under control of the internal bond strength of particleboard.

The angular stiffness of L-type construction depends on both withdrawal resistance and the resistance to the deformation of the wood screw caused by bending load. The fracture load and the angular stiffness show larger values in the case that the L-type construction is connected with insert nuts than those in the case of wood screws.

(4) The strength and the stiffness of L-type construction are improved by jointing with both wood screws and adhesive. Especially, by use of epoxy resin, the strength increases remarkably.

(5) The fatigue strength of L-type construction connected with each type of joints is in proportion approximately to their static strength.