

プレカット工場から排出される厚物構造用合板端材の 曲げ強度性能と家具仕口を想定した接合性能の検討*

Studies of Bending Strength Properties and Connecting Properties about Furniture Joints for the Remnant of 24mm and 28mm-thick Structural Plywood Discharged from Factories of Prefabricating System *

● 堀江秀夫／富山大学芸術文化学部

HORIE Hideo / Faculty of Art and Design, University of Toyama

● Key Words: Reuse, Hand-made furniture, Coarse-threaded screws, Dwell-joints

再利用, 手作り家具, コーススレッドスクリュー, ダボ

要旨

The purpose of this research is to use the remnant of 24mm and 28mm-thick Structural Plywood discharged from factories of prefabricating system, as material for hand-made furniture.

I studied about the kind, bending strength properties and connecting properties of the remnant.

The results of the tests are summarized as follows.

The remnant in Toyama prefecture is two kinds of thicknesses (24mm, 28mm) and three kinds of species of veneer (a Japanese cypress, a larch, a Japanese cedar). These confirmed the free of charge and available thing if they could obtain consent on the side of the factory.

From results of bending test of five kinds pieces of the remnant in Toyama prefecture, there was strong linear relationship between Young's modulus and bending strength. Therefore, like the lumber, the stress-grading is possible. Also, in case of small section member in the remnant, there is not a problem on the bending strength.

24HS remnant (thickness:24mm, surface layers: Japanese cypress, core layers: Japanese cedar) were comparatively many emissions and smoothness of the surface. Therefore, it should design hand-made furniture, presupposing that it uses 24HS remnant.

From results of strength test of joints which used two Coarse-threaded screws (CTS) with length from 45mm to 90mm and 24HS remnant of 60mm width, CTS of 65mm length suited as connector of chair. The short-term allowable moment resisting of this connector was estimated to be 33 N・m.

Also, from results of strength test of joints which used two dwell-joints (10mm diameter, 60mm length) and 24HS remnant of 50mm width, the short-term allowable moment resisting of this connector was estimated to be 51 N・m.

1. はじめに

近年、プレカット材を利用した在来工法木造住宅が増え、平成27(2015)年時点でプレカット率は91%に達している¹⁾。また、国産針葉樹を原料とした厚さ24mmまたは28mmの厚物構造用合板(JAS構造用合板の特類2級、東京合板工業組合・東北合板工業組合加盟各社は「ネダノン」という名称で商標登録している)を床下地材として用い、直接床梁に接合することで床根太・火打ち梁を省略して剛な水平構面をつくるネダレス工法が急速に普及し^{2,3)}、プレカット工場では床用の厚物構造用合板のプレカットが行われるようになった。これに伴い、プレカット工場からは厚物構造用合板の端材が排出されているが、合板には接着剤が使用されているため、柱や梁のような無垢材のように製紙用チップとして再生利用できず、主に焼却処分されていることが予想される。そこで木質廃棄物の再資源化という観点から、プレカット工場から排出される厚物構造用合板端材を再利用できないかと考えた。

また、材料としての木材の良さやその利用の意義を学ぶ教育活動として「木育」が行われている^{4,5)}。適切に管理された森林から伐採された木材を使うことは、森林の整備に貢献するだけでなく、地球温暖化の防止や大気・水・土壌などの環境維持に貢献するという意義がある。平成27(2015)年の針葉樹合板の国内生産量は

*本研究の一部は、2013年度日本木材学会中部支部大会(2013年11月、富山)および2014年度日本木材学会大会(2014年3月、東京)において発表した。

257万 m^3 、そのうち構造用合板が239万 m^3 を占め、国産材の割合は79%まで達している⁶⁾。針葉樹構造用合板の一種である厚物構造用合板は、国産材の需要拡大に大きく寄与し、国内人工林の整備に貢献していることから、その端材は優れた木育資材である。

プレカット工場から排出される厚物構造用合板端材の再資源化を考えた場合、形状・量が不安定であるため、工業製品の材料のようなものには向かないが、木育を推進するため開かれることが多い木工教室や日曜大工等で製作する「手作り家具」材料としての再利用には適している。とくに平滑ではない合板積層面があまり気にならない屋外用家具の材料には適している。なぜなら、

- ・寸法を除けば新品同様である
- ・一定厚さになっているため鉋削の必要がない乾燥材である
- ・厚さが24mmまたは28mmと厚いため側面に釘・木ネジ・ダボ等の接合具を打ち込むことができる
- ・合板であるため狂い難く割れ難い
- ・構造用のため屋外使用が可能である
- ・国内人工林の整備や環境維持の面から木育教育の資材に相応しい

といった利点があるからである。さらに、「プレカット工場の了解が得られれば無料で入手可能」だからである。加えて、全国の木工教室で用いられている電動工具の調査結果⁷⁾では、サンダ、電動ドライバ、ルータ、ジグソー、トリマ、ドリル、ボール盤、糸鋸、電動丸ノコの9種類が使われていた。「これらの電動工具があれば、厚物構造用合板端材を家具製作の材料に利用することは今すぐ可能」だからである。とは言っても、手作り合板家具に関する市販の本⁸⁻¹²⁾は厚さ9mm~18mmの広葉樹合板を材料とする内容で、針葉樹厚物構造用合板には対応していない。

一方、厚物構造用合板は、3尺×6尺の寸法で使われることを前提としたJAS 2級品であり、その材質は大判での測定結果が公表されている^{13,14)}ものの、端材のように細く切り使いされた場合の材質は不明である。さらに、最近普及しているコーススレッドスクリューのような接合具による接合強度も不明である。

そこで本研究では、プレカット工場から排出される厚物構造用合板端材を「手作り家具」材料として再利用することを目的に、富山県内プレカット工場の調査から、その排出実態、曲げ強度性能、接合強度性能を明らかにした。

2. 富山県内プレカット工場から排出される厚物構造用合板端材の実態調査

平成23年度富山県木材業者登録名簿に登録されてい

るプレカット業14社に、電話で厚物構造用合板を取り扱っているかを尋ねたところ8社が該当した(図1)。このうち7社から協力を得られ、面接調査と提供してもらった厚物構造用合板端材の寸法調査を行った。

2.1 方法

2012年7月~8月の間で該当した7社のプレカット工場に訪問し、工場の性格、厚物構造用合板の加工法、厚物構造用合板端材の一時保存時の結束の有無、厚物構造用合板端材の廃棄処理方法、請け負っている住宅の厚物構造用合板の利用率、取り扱っている厚物構造用合板の厚さ、単板の樹種を聞き取りした。

さらに、保管されていた厚物構造用合板端材を軽トラックに積める分量だけ提供してもらい、それを大きさ別に分類し、種類別に量を算出した。また、単板の樹種、寸法を測定した。

2.2 結果

面接調査の結果を表1に示す。

プレカット工場の性格は、外部工務店からの受注生産のみを行う「専門工場」、工務店の「内製工場」、工務店の内製工場だが外部からの受注生産もする「一部専門工場」に分類された。

内製工場と一部専門工場は、厚物構造用合板の加工を手動電動工具で行っている所がほとんどである上に、自社で施工する住宅に対しては使い回しが効くため、小さな端材が多く出る。専門工場は厚物構造用合板の加工がCAD/CAMを使用した機械加工で行われ、柱や梁などの部材と同様にライン化されているため、大きな端材が内製工場と比べると多く出ている。

入手した端材の種類を表2に示す。



図1 富山県内で厚物構造用合板を取り扱う木造在来工法住宅用プレカット工場の分布

(注) ●…協力の得られた工場

▲…協力の得られなかった工場

表1 富山県内プレカット工場の実態調査結果
(2013年現在)

	工場の性格	厚物合板の加工法	厚物合板端材の一時保存時の結束	厚物合板端材の処理方法	請負っている住宅の厚物合板の利用率
A社	専門工場	CAD/CAM	有	焼却(自社)・パーティクルボード工場へ	95%
B社	専門工場	CAD/CAM	有	合板業者に引き取ってもらっている	80%
C社	内製工場	手動電動工具	無	燃料用チップ	95%
D社	専門工場	CAD/CAM	有	合板業者に引き取ってもらっている	80%
E社	一部専門工場	手動電動工具	無	焼却(業者)	60%
F社	一部専門工場	NCルーター	無	焼却(自社)・使いまわす	80%
G社	一部専門工場	手動電動工具	無	焼却(自社)・使いまわす	100%

強度性能を重視して単板樹種はカラマツおよび28mm厚を主体とする工場もあったが、多くは工務店の要望に応じて、安価な芯層単板スギ、化粧性を考慮した表層単板ヒノキ、軽量の24mm厚を使い分けていた。

どの工場も、工場が求める条件を守るならば無料で厚物構造用合板端材を提供するとのことであった。

提供してもらった端材の寸法を測定し、図2に示すように、机や椅子の脚になるような端材(脚)、天板になりそうな広くて大きな端材(甲板)、その二つの中間の大きさの端材(中間)、使用不可能な小さな切れ端(木端)の次の4種類に分類した。

木端：30cm角以下、幅4cm以下、長さ45cm以下

脚：幅20cm以下かつ長さ45cm以上

甲板：幅45cm以上かつ長さ100cm以上

中間：脚と甲板の中間の寸法

この分類に基づき、入手した端材の量は、図3に示すとおり、端材の寸法区分ごとの排出量は各工場で異なっており、比較的大面積の甲板および中間は厚さ24mmの端材に多かった。



(区分前の入手時の状態)

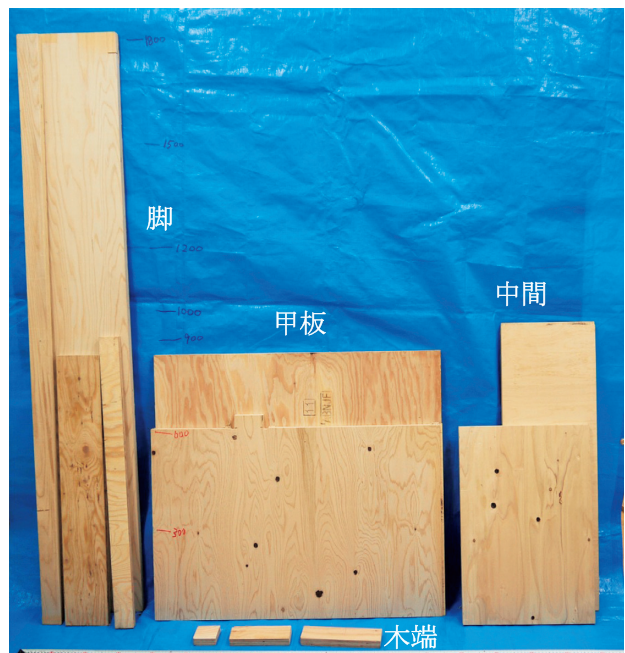


図2 4種類に分類した端材の代表例

表2 入手した厚物構造用合板端材の種類

種類別記号	合板厚さ(mm)	単板積層数	単板の樹種		
			表層単板	芯層単板	
24H_H	24	9	ヒノキ	ヒノキ	ヒノキ
24H_H・S		9	ヒノキ	スギ	ヒノキ
24H_S		7	ヒノキ	スギ	スギ
24K_K・S		9	カラマツ	カラマツ	スギ
24K_S		7	カラマツ	スギ	スギ
28H_H	28	9	ヒノキ	ヒノキ	ヒノキ
28K_K		9	カラマツ	カラマツ	カラマツ
28K_K・S		9	カラマツ	カラマツ	スギ
28K_S		9	カラマツ	スギ	スギ

2.3 考察

新設住宅着工数変動するため厚物構造用合板の取り扱量も変動することから、端材排出量を把握することは困難である。しかし、端材を結束して保管している2工場(2012年調査時は3工場あったが、現在、B社は端材をすべて自社のボイラー燃料に回しているため2工

場とした)では、安定して端材が排出される5~10月の間では図4に示す結束された端材の山(幅1m×長さ2m×高さ1m=2m³程度)が5~6山/月が排出されているとのことであった。調査の結果、この山の中には使用不可能な「木端」が含まれているほか厚さ12mm構造用合板の端材も含まれており、使用可能な「脚」「甲板」「中間」の量はおよそ山の1/3程度であった。これらを考慮すると、2工場の年間排出量は、

5山×2m³/山×1/3×6ヶ月/年×2工場=40m³/年
厚さ28mm×91cm×182cmの厚物構造用合板に換算すると

40m³/年÷(0.028×0.91×1.82)m³/枚=862枚/年と推定され、この2工場分だけでも富山県内での木工教室等で使用するには十分な量と思われる。

また、木工教室等のためプレカット工場から端材を貰い受ける場合、結束されている端材の山をもつ工場ならば、工場のフォークリフトで持参したトラックに乗せてもらい面倒な積み込み作業を省略でき、貰い受ける側も工場側も好都合である。

この結束されている端材の山をもつ工場の中のA社からは、厚さ24mm表層単板ヒノキの端材が多く得られた。

家具の材料としては表面が平滑な表層単板ヒノキの厚物構造用合板端材が相応しいこと、また端材が結束された山となっているため貰い受け作業が楽であることから、富山県内においてはA社プレカット工場の端材が木工教室等で使用する材料には適していることが分かった。

なお、プレカット工場から無料で厚物構造用合板端材を提供してもらう条件を整理した結果は、次のとおりである。

(厚物構造用合板端材の入手方法)

プレカット工場に事前に連絡をとり、貰い受けるための条件を確認する。

その際、次の条件を満足していなければならない。

①目的が公共のためであること

例えば、「○○○小学校での木工教室」や「○○○児童クラブの木工教室」で利益を得ないこと。

②団体であること

端材の受け渡し、その後の端材の処理を責任もってできる団体であること。

個人利用のためには、提供してもらえない。

③当日は、迷惑をかけないこと

梱包された端材の山を崩すことなくフォークリフトで積んでもらえるようにトラックで行くこと。また、工場敷地内では禁煙かつウロウロしないこと

④使用後の報告書の提出

何に使用したのか、残材はどのように処分したのかを簡単に報告すること。

端材の中には使用不可能な木端が多量に含まれているので、自治体の粗大ゴミ受入情報¹⁵⁾を確認し、粗大ゴミとして適正に処分しなければならない。

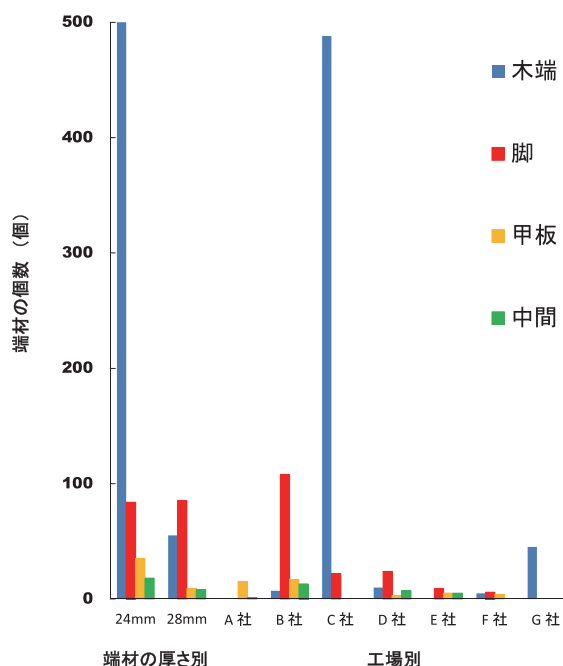


図3 1回の調査で得られた端材の量



図4 端材を結束保管している2工場の端材の山 (左:A社, 右:D社, 2012年7月撮影)

3. 厚物構造用合板端材の曲げ強度性能

厚物構造用合板は、91cm×182cmまたは91cm×91cmの寸法での曲げ試験結果で品質保証されたJAS構造用合板2級品であり^{13,14)}、端材のように細く切り使われた場合の材質は不明である。このため、家具部材としての最小幅は50mm前後と思われること、また入手した端材は幅50mm前後で長さ900mm~1800mmの寸法が多かったことから、幅40mmの試験片について曲げ試験を行い、小断面材の厚物構造用合板の曲げ強度性能を把握した。

3.1 材料

試験に用いた厚物構造用合板端材は、富山県内プレカット工場7社のうち比較的大型の端材が比較的多量に排出されている工場（A, B, Dの3工場）から入手した中から、表面・側面の平滑性に優れる表層ヒノキ芯層ヒノキ、表面の平滑性に優れ比較的安価な表層ヒノキ芯層スギ、平滑性は悪いが安価で大量に排出されている表層カラマツ芯層スギを選んだ。具体的には、次の5種類である。

- 24HH（24mm厚，9プライ，表層ヒノキ芯層ヒノキ）
- 24HS（24mm厚，7プライ，表層ヒノキ芯層スギ）
- 24KS（24mm厚，7プライ，表層カラマツ芯層スギ）
- 28HH（28mm厚，9プライ，表層ヒノキ芯層ヒノキ）
- 28KS（28mm厚，9プライ，表層カラマツ芯層スギ）

3.2 曲げ試験方法

表3に示す幅40mm試験片440片（平均含水率9.0%）について、フラットワイズ加力（スパン350mm）とエッジワイズ加力（スパン560mm）、表層単板の繊維走向と材軸が平行と材軸と直交での3点曲げ試験を行った。表中には、実測した試験片の平均密度も示した。

試験は、容量10kN強度試験機を用いてクロスヘッドスピード5mm/分で行い、曲げヤング係数、比例限度力度、曲げ強さ、比例限度係数（＝比例限度力度／曲げ強さ）を求めた。

3.3 曲げ試験結果

試験片の厚さ・加力面別の密度と曲げ強度性能の関係を図5に示す。

24mm厚と28mm厚を比較すると、単板積層数の多い28mm厚はバラツキは小さい。

加力面を比較すると、単板の構成方法が強度性能に大きく影響するフラットワイズ加力は、ヤング係数が低くなっており、また曲げ強さのバラツキが大きくなっている。

今回入手した端材では、曲げ強度性能はHH > HS > KSの順となった。

次に、試験片の厚さ・加力面別の曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図6に示す。加力面や繊維走向にかかわらず直線相関が見られる。そこで、厚さ別に加力面ごとの回帰直線を求めたのが図7である。この図から、製材同様に、厚物構造用合板端材もストレスグレーディングが可能であることが分かる。

なお破壊形態をみると、合板特有のローリングシアー破壊する試験体は、24HH試験片を除いて、フラットワイズ加力の場合に見られた。

第3表 曲げ試験片の種類

試験片記号	厚さ(mm)	単板の積層数	単板の樹種		表単板の繊維走向	加力面	試験片数	密度の平均値(g/cm ³)
			表層	芯層				
24HH 平行エッジ	24	7	ヒノキ	ヒノキ	平行	エッジワイズ	32	0.494
24HH 直交エッジ					直交		30	
24HH 平行フラット					フラットワイズ	36	0.482	
24HH 直交フラット						直交		30
24HS 平行エッジ			ヒノキ	スギ	平行	エッジワイズ	28	0.464
24HS 直交エッジ					直交		29	
24HS 平行フラット					フラットワイズ	29	0.458	
24HS 直交フラット						直交		28
24KS 平行エッジ			カラマツ	スギ	平行	エッジワイズ	10	0.439
24KS 直交エッジ					直交		16	
24KS 平行フラット					フラットワイズ	23	0.425	
24KS 直交フラット						直交		24
28HH 平行エッジ	28	9	ヒノキ	ヒノキ	平行	エッジワイズ	24	0.482
28HH 直交エッジ					直交		0	
28HH 平行フラット					フラットワイズ	26	0.480	
28HH 直交フラット						直交		9
28KS 平行エッジ			カラマツ	スギ	平行	エッジワイズ	18	0.455
28KS 直交エッジ					直交		15	
28KS 平行フラット					フラットワイズ	18	0.462	
28KS 直交フラット						直交		15

計 440

今回の曲げ試験の目的は、端材のように細く切り使われた場合の曲げ強度性能を確認することにある。このため、91cm×182cmまたは91cm×91cmの寸法での曲げ試験結果が示された文献¹⁴⁾中から、本試験での用いた試験片に単板構成に近いデータを選び出し、比較したものを表4に示す。

今回の試験値と文献値を比較すると、曲げヤング係数については試験値の方が小さくなっているが、曲げ強さはほぼ文献値を上回っている。試験体寸法および試験方法がまったく異なるデータの比較ではあるが、厚物構造用合板を細く切り使いしても強度的に問題はないことを確認した。

3.4 考察

平滑性と曲げ強度性能に優れた24HH・28HHが木工教室等で用いる家具用部材には最高である。しかし、プレカット工場での使用量は少なく、入手し難い欠点がある。一方、24HSは24HHに及ばないものの、家具部材として重要な平滑性に優れ、また比較的プレカット工場での使用量は多く入手し易い長所がある。

入手のし易さは最も重要であることから、木工教室等では24HS（24mm厚、表層ヒノキ芯層スギ、図8）を使用することを前提に、作品の設計を行うべきと思われる。

そこで、図9～図11に、24HHの曲げ強度性能を改めて示した。

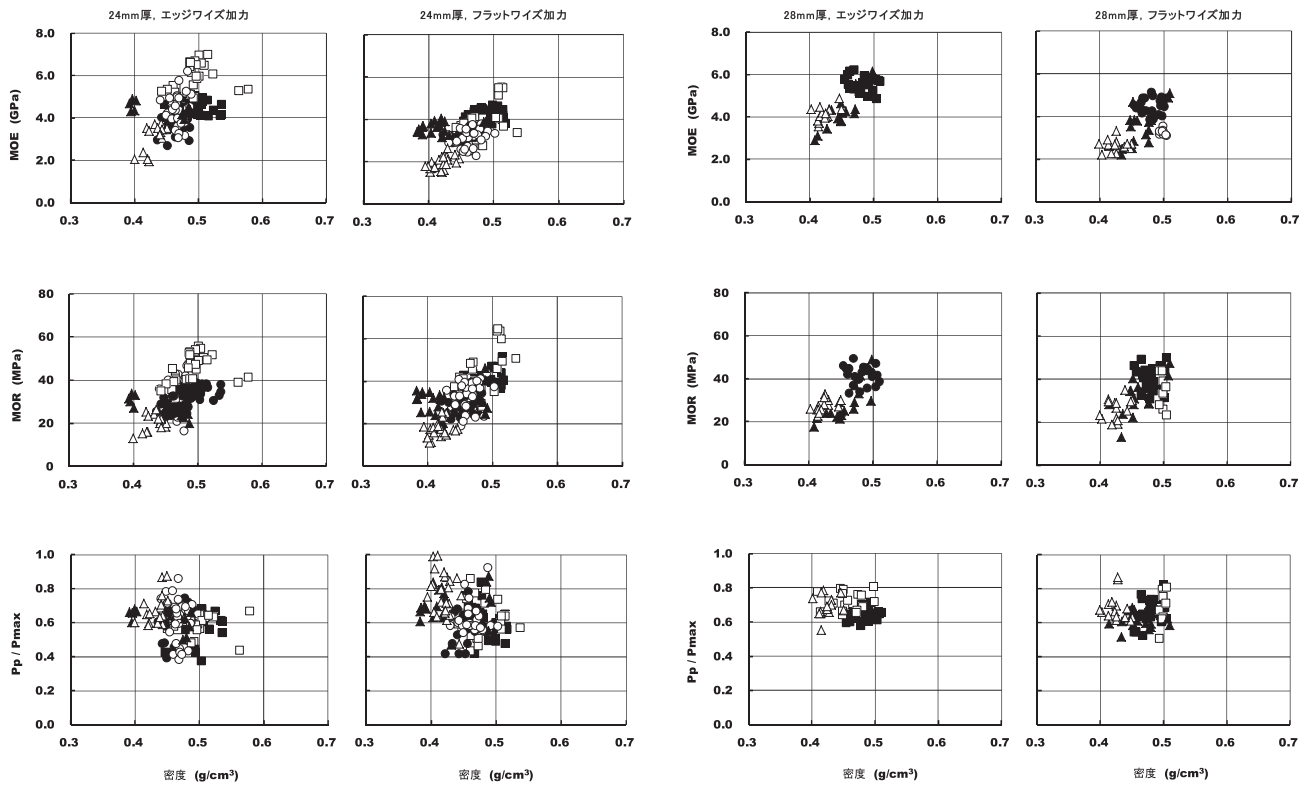


図5 試験片の厚さ・加力方式別の密度と曲げヤング係数MOE, 曲げ強さMOR, 比例限度係数Pp/Pmaxの関係

(凡例) ■ : HH平行, ● : HS平行, ▲ : KS平行
□ : HH直交, ○ : HS直交, △ : KS直交
(記号が示す単板樹種は表3を参照のこと)

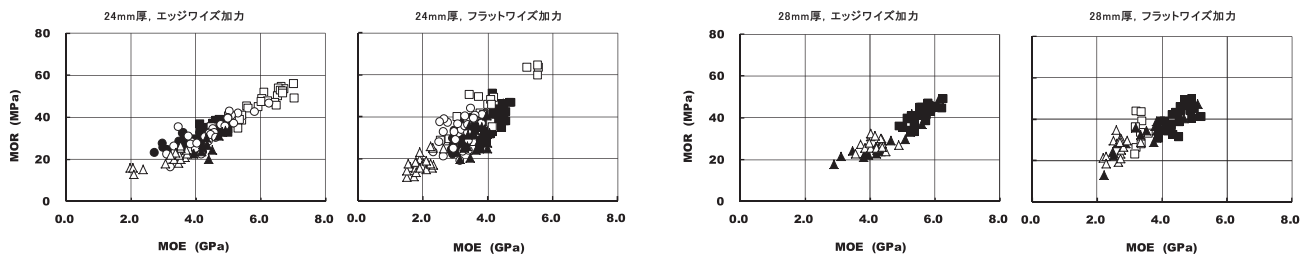


図6 試験片の厚さ・加力方式別の曲げヤング係数MOEと曲げ強さMORの関係

(凡例) ■ : HH平行, ● : HS平行, ▲ : KS平行
□ : HH直交, ○ : HS直交, △ : KS直交
(記号が示す単板樹種は表3を参照のこと)

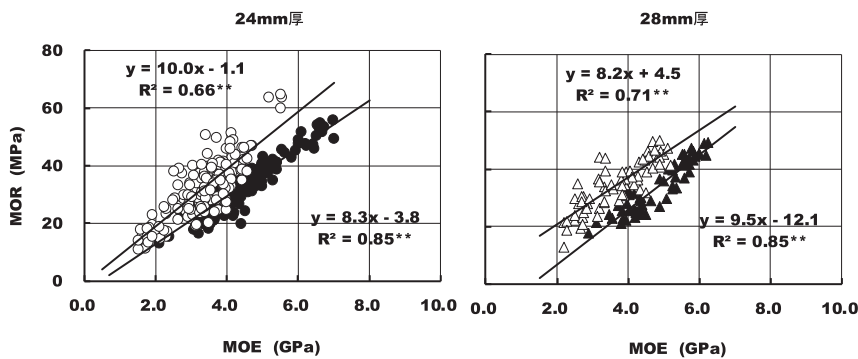


図7 試験片の厚さ別の曲げヤング係数MOEと曲げ強さMORの関係

(凡例) ● : 24mmエッジワイズ加力
○ : 24mmフラットワイズ加力
▲ : 28mmエッジワイズ加力
△ : 28mmフラットワイズ加力

表4 試験結果(フラットワイズ加力)と文献値との比較

合板厚さ (mm)	単板の樹種		単板積層数	表層単板厚さ (mm)	表単板の繊維走向：平行			表単板の繊維走向：直行			出典
	表層	芯層			密度 (g/cm ³)	MOR (MPa)	MOE (GPa)	密度 (g/cm ³)	MOR (MPa)	MOE (GPa)	
24	ヒノキ	ヒノキ	9	2.0	0.48	38.1	4.16	0.47	41.6	3.78	本研究
			9	3.26	0.49	35.3	7.62	0.49	21.0	3.28	文献9
	ヒノキ	スギ	7	1.5	0.46	31.1	3.27	0.46	33.4	3.13	本研究
			9	3.1	0.45	35.3	6.86	0.44	20.9	2.16	文献9
	カラマツ	スギ	7	2.0	0.42	30.6	3.71	0.42	17.6	1.95	本研究
			7	1.8	0.43	20.6	5.78	0.43	21.4	3.45	文献9
28	ヒノキ	ヒノキ	9	2.8	0.48	410	4.50	0.50	34.4	3.29	本研究
			9	3.26	0.50	36.8	7.96	0.50	20.9	3.24	文献9
	カラマツ	スギ	9	2.0	0.46	32.4	3.51	0.43	26.0	2.66	本研究
			9	1.9	0.44	22.7	5.60	0.44	20.8	3.28	文献9



図8 24HSの外観とスタンプ

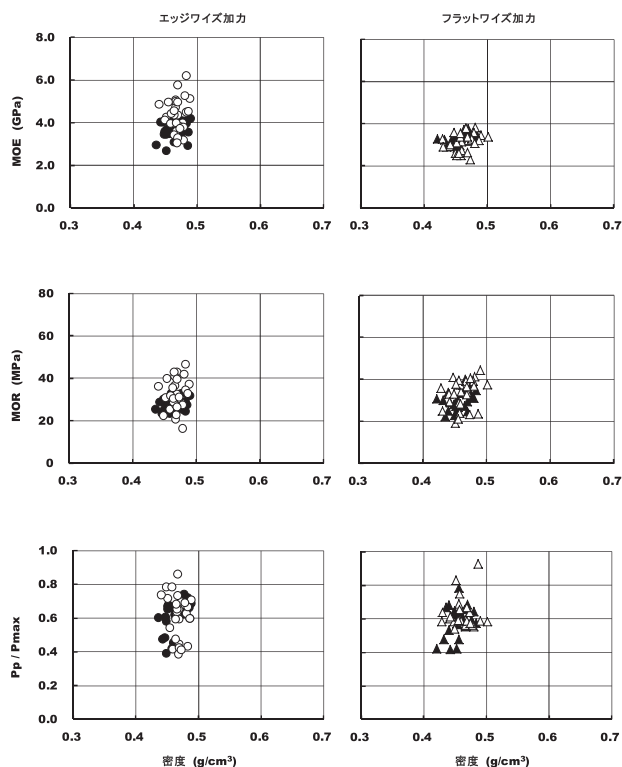


図9 24HS試験片の加力面別の密度と曲げヤング係数MOE, 曲げ強さMOR, 比例限度係数Pp/Pmaxの関係
(凡例) ●: エッジワイズ加力・平行
○: エッジワイズ加力・直交
▲: フラットワイズ加力・平行
△: フラットワイズ加力・直交

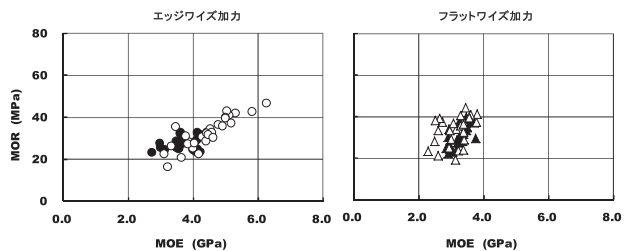


図10 24HS試験片の加力面別の曲げヤング係数MOEと曲げ強さMORの関係

- (凡例) ●: エッジワイズ加力・平行
○: エッジワイズ加力・直交
▲: フラットワイズ加力・平行
△: フラットワイズ加力・直交

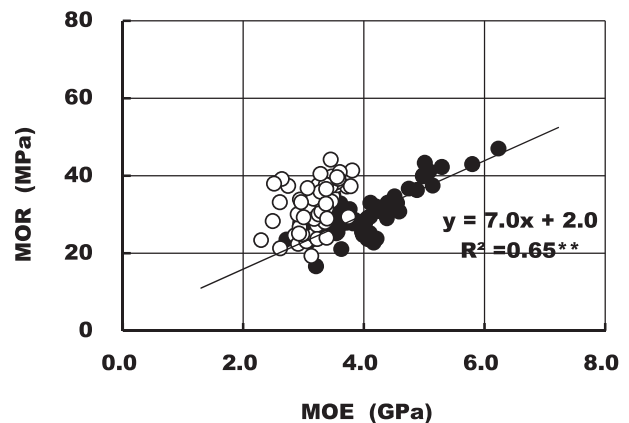


図11 24HS試験片の曲げヤング係数MOEと曲げ強さMORの関係
(凡例) ●: エッジワイズ加力, ○: フラットワイズ加力

4. 椅子の脚-前・後台輪の仕口を想定したコーススレッドスクリューによる接合部の短期許容耐力

最近の携帯式電動ドライバの普及および保持力の面から、建築現場での合板、石膏ボード、金物の接合には、釘に代わって木ネジが特にコーススレッドスクリュー(以後、CTSと呼ぶ)が多く使われるようになってきている。

通常の木製小椅子の脚と台輪の仕口には、「脚-横台輪の仕口」(脚と台輪ともに縦使いで、ホゾまたはダボ

を深く差し込むことができることからホゾ接合またはダボ接合が一般的である)と、「脚-前・後台輪の仕口」(脚は平使い、台輪は縦使いで、ホゾまたはダボを深く差し込むことができないため強度を求めないダボ接合または金物接合が一般的である)の二種類が使われている¹⁶⁾。

厚物構造用合板端材による椅子を想定した場合も、この二種類の仕口が考えられ、「脚-横台輪の仕口」の場合、CTSを用いようとする脚と台輪を合わせて非常に長

い先孔をあけなければならない、単板の年輪の影響で正確な先孔あけは困難であることから、CTSは不適である。

一方、「脚一前・後台輪の仕口」にはCTSが適していると思われる。しかし、その接合性能は未知であるため、厚物構造用合板による「脚一前・後台輪の接合」に適したCTSの種類・使用条件と接合耐力について検討した。

なお、接合試験体を製作するにあたっては、CTSの頭が見える部材を「女木」、CTSのネジ部が食い込む部材を「男木」と呼ぶこととする¹⁷⁾。また、部材の長手方向と表層単板の繊維走向が平行の場合を「繊維平行」と呼び、直交の場合を「繊維直交」と呼ぶこととする。

また、一連の試験では、「女木」には常に「繊維直交」を用い、さらに直径3mmの先孔を材幅の中央にあけた。「男木」は、女木の前孔をガイドとして利用して、直径3mm長さ64mmの木工用ドリル刃を用いて木口面の中央に深さ40mmまでの先孔をあけた。

4.1 材料

用いた厚物構造用合板は、前章で用いた24HSのプレカット工場端材である。

用いたCTSは、図12に示したモト・コーポレーション製の半ネジ型である。その公称寸法と実測寸法を表5に示す。

4.2 適正なCTS長さの検討

表6に示した製造条件（三元配置）によりT型仕口試験体を製作し、その引抜き試験を行った。

4.2.1 方法

厚さ24mm×幅100mm×長さ900mmの端材から幅を二等分して、幅50mm×長さ440mmの女木2本と幅50mm×長さ730mmの男木2本を採取し、一方を因子Cの先孔あり、他方を先孔なしの試験体とした。先孔加工には、直径3.0mm有効長さ64mm木工用ドリル刃を用いた。

最初に一对の女木と男木を用いて、長さ45mmCTS1本で接合した。具体的には、インパクト・ドライバである程度締め付けた後、手締めでCTS頭が材表面と同じ面位置になるまでとした。接合した試験体は、容量10kN強度試験機を用いてクロスヘッドスピード2mm/分で接合部の引抜き試験を行った。破壊後、男木は長さ45mmCTSが食い込んだ部分を切断した。次に、同じ一对の男木と女木を用い、女木の45mmCTSをねじ込んだ位置から60mmはなれた位置に、長さ51mmCTSで接合し、同様に引抜き試験を行った。その後も、同じ要領で長さ57mm、65mm、75mm、90mmのCTSで接合した後、引抜き試験を行った。

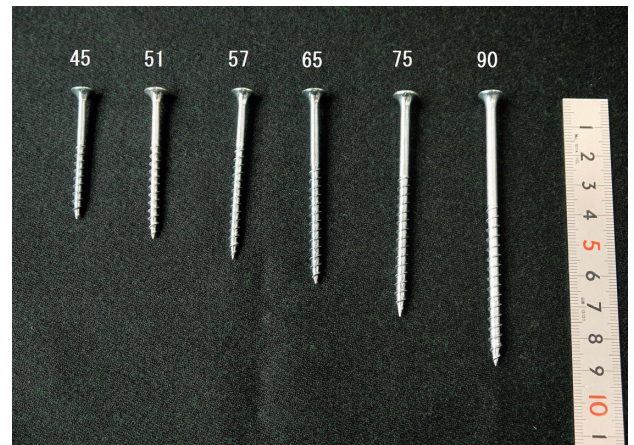


図12 試験に用いたCTSの形状

表5 CTS（半ネジ型）の記号と寸法

記号	公称寸法 (mm)	実測した10本の平均値 (mm)			
		全長	頭径	軸径	軸長さ
CTS45	3.8×45	44.58	7.89	2.64	18.8
CTS51	3.8×51	51.17	8.03	2.64	19.3
CTS57	3.8×57	57.29	7.99	2.64	19.3
CTS65	4.2×65	64.48	8.29	2.98	25.4
CTS75	4.2×75	74.86	8.26	3.08	29.7
CTS90	4.2×90	89.00	8.33	3.28	39.2

表6 T型仕口試験体の製造条件

因子	水準					
A CTSの種類	45	51	57	65	75	90
B 男木の繊維走向	繊維平行			繊維直交		
C 男木の前孔の有無	あり			なし		
繰返し数	5					

試験風景を図13に示す。

このようにして、CTSの種類や先孔の有無といった水準が異なっても同じ材料を用いた試験とした。

試験では、最大荷重のほかに、ロードセルによる荷重とクロスヘッド移動量から荷重-変位曲線を描き、比例限度荷重と最大荷重を求めた。

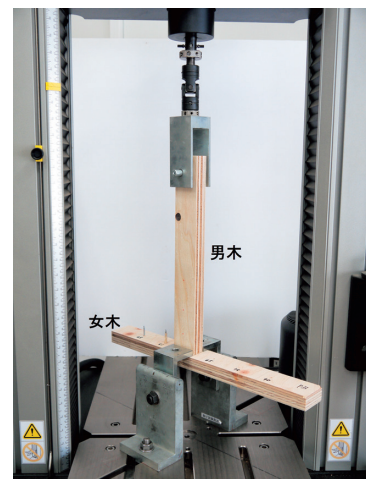


図13 引抜き試験風景

4.2.2 結果

試験に用いた女木および男木の含水率は平均8.9%、平均密度0.429(最小0.403~最大0.464)g/cm³であった。

最大荷重と比例限度荷重について、三元配置分散分析を行った。その結果、因子A(CTSの種類)の主効果のみが高度に有意であった(図14)。

破壊形態の代表例を図15に示す。

家具に用いる接合具の場合、長さが短く扱い易いこと、破壊には至らなくても人に不安感を与えると好ましくないことから比例限度荷重が大きいこと、安全性の面からは最大荷重が大きいこと、の3点が重要である。

この考えに従い、最大荷重と比例限度荷重について因子Aの各水準間の平均値の差の検定を行った。その結果を大小関係で表わすと、

(最大荷重の場合)

CTS45 << CTS51 << CTS57 << CTS65 ≒ CTS75 ≒ CTS90
(比例限度荷重の場合)

CTS45 << CTS51 ≒ CTS57 ≒ CTS65 ≒ CTS75 ≒ CTS90
となった。

比例限度荷重の場合にはCTS長さ51mm以上であればほぼ同程度、最大荷重の場合にはCTS長さ65mm以上であればほぼ同程度であることから、CTS65が最適と判断できる。

一方、破壊形態をみると、CTS45の全試験体は男木におけるネジ部の引抜けであり、一方、CTS90の全試験体は女木における頭貫通であった、CTS51からCTS75については、長さが長くなるにつれてネジ部の引抜けから頭貫通に移行してゆく傾向がみられた。このことから、座金を用いて頭貫通破壊を防止することができればCTS90の引抜き強度は増大することが予想できた。

4.3 適正な接合条件の検討

前節の検討結果から、厚物構造用合板の仕口接合にはCTS65が適していることが分かった。また、座金を用

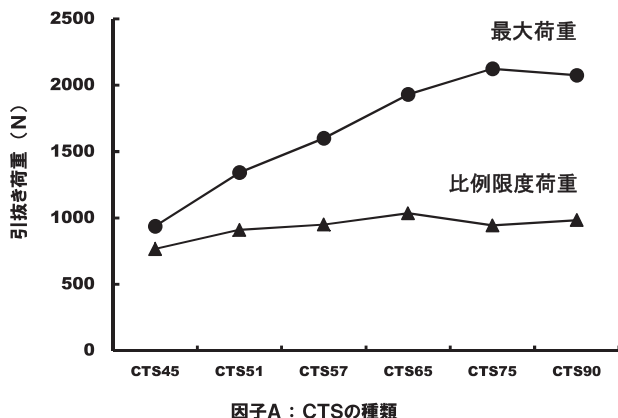


図14 因子A (CTSの種類)の要因効果図

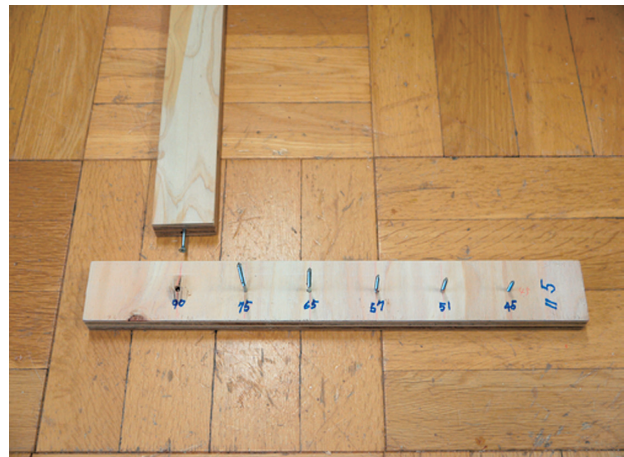


図15 CTS90のみが女木の頭貫通で破壊し、他の長さのCTSは男木のネジ部引抜けで破壊した試験体の一例

表7 6種類の引抜き試験体の製造条件

試験体 No.	CTSの種類	山形座金の種類と有無	座ぐりの有無
1	CTS65	座金1あり	あり
2	CTS65	なし	なし
3	CTS65	座金1あり	なし
4	CTS90	なし	なし
5	CTS90	座金1あり	なし
6	CTS90	座金2あり	なし

いることによりCTS90の引抜き強度は増大することが予想できた。

この結果から、CTS65とCTS90を用いて接合した試験体について前節同様の引抜き試験を行い、その結果から適切な接合仕様について検討した。具体的には、表7に示した6種類の引抜き試験体(CTS2種類、座金の種類2種類、座ぐりの有無)を製作し、引抜き試験を行った。なお、座ぐりの深さは10mmとした。

4.3.1 方法

男木は厚さ24mm×幅60mm×長さ730mm(繊維直交)、女木は幅60mm×長さ440mm(繊維直交)とし、男木には深さ40mmの径3mmの先孔を開けた。

山型座金は通信販売で購入した市販品2種類を用いた(図16)。座金1のカタログ仕様は、呼び寸法:M4、高さ:2.5mm、外径:11.5mm、材質:黄銅、表面処理:ニッケル、価格:2,990円/1000個である。薄板を打ち抜き加工で作られており、安価ではあるが、引抜き試験時には大きく変形してしまい再使用できない状態となった。座金2のカタログ仕様は、呼び寸法:M4、高さ:2.4mm、外径:12mm、材質:黄銅、表面処理:クロム、価格:22,900円/1000個である。削り出し加工で作られており、高価ではあるが、接合部に用いた破壊試験後でも変形はみられず再使用できる状態であった。

座ぐりは、直径12mm竹用ドリルを用いて深さ

10mmとした。これは、座ぐり加工は接合具を隠す方法であり、通常、座ぐり孔に接着剤を塗布したダボで埋木されるが、今回は埋木を行っていない。

共通な条件として、全試験体には径3mm長さ64mmの木工用ドリル刃を用いて、女木を貫通した上で男木に深さ40mmの先孔を開けた。

最初に一对の女木と男木を用いて、まず試験体1を製作した。具体的には、インパクト・ドライバである程度締め付けた後、手締めでCTS頭が材表面と同じ面位置になるまでとした。製作した試験体は、前節同様、容量10kN強度試験機を用いてクロスヘッドスピード2mm/分で引抜き試験を行った。破壊後、男木はCTSが食い込んだ部分を切断した。次に、同じ一对の男木と女木を用い、女木のCTSをねじ込んだ位置から60mmはなれた位置に、次の試験体2を製作し、同様に引抜き試験を行った。その後も、同じ要領で試験体3～6を製作し、その引抜き試験を行った。

このようにして、6種類の試験体とも同じ材料を用いた試験とした。

試験では、最大荷重のほかに、ロードセルによる荷重とクロスヘッド移動量から荷重-変位曲線を描き、比例限度荷重、直線域の勾配を求めた。

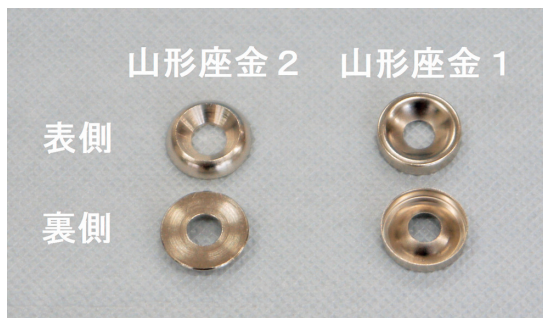


図16 使用した2種類の山形座金

4.3.2 結果

試験に用い女木および男木の含水率は平均9.8%、平均気乾密度0.436（最小0.401～最大0.465）g/cm³であった。

試験結果を、試験体2「CTS65・座金なし・座ぐりなし」を通常の接合具と見做し、これを基準としたときの比率で、図17に示す。また、図18に座金をつけても頭貫通で破壊する試験体5の破壊例を示す。

最大荷重について、試験体No.ごとの平均値の差の検定を行った結果、試験体2に対して試験体1、試験体3、試験体4、試験体5との間に有意差はなかったが、試験体6との間には高度な有意差があった。予想どおり、頭貫通が起りにくくするため座金を用いると、CTS90の最大荷重は増大した。

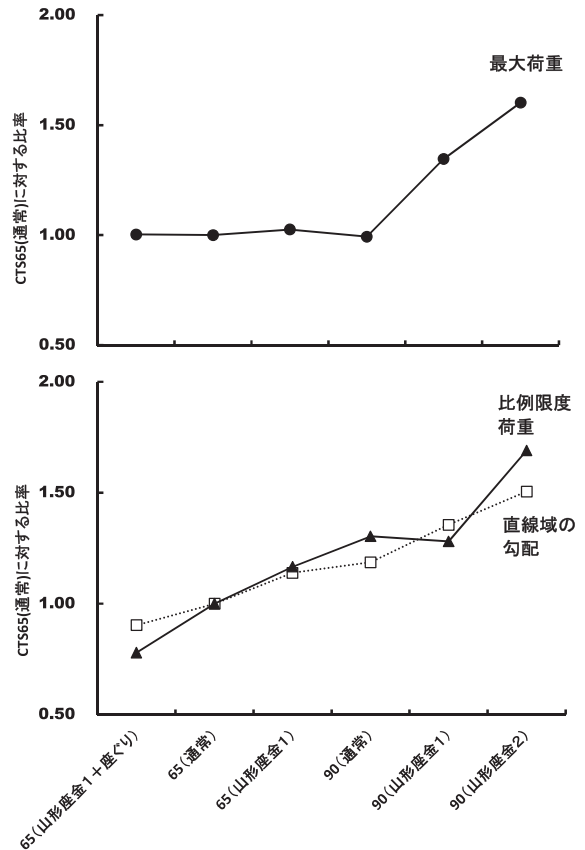


図17 試験体2「CTS65・座金なし・座ぐりなし」を基準としたときの比率で示した各試験体の性能(平均値)

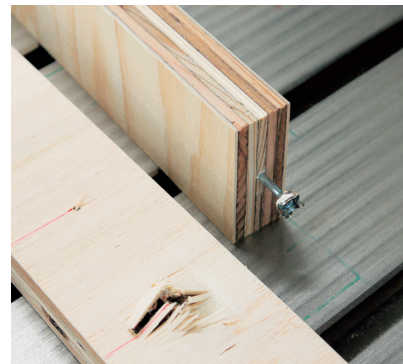


図18 頭貫通で破壊した試験体5(山形座金1を用いたCTS90)の一例

比例限度荷重について、試験体No.ごとの平均値の差の検定を行った結果、最大荷重と同様の傾向がみられ、試験体6との間には有意差があった。

勾配について、試験体No.ごとの平均値の差の検定を行った結果、最大荷重と同様の傾向がみられ、試験体6との間には高度な有意差があった。

以上の結果から、通常の座金のないCTS65に対して、接合具を隠すために座ぐりする場合でも、座金1を用いることにより強度性能の低下を防げることが分かった。また、CTS90と高価な座金2を用いることにより、通常の座金のないCTS65の1.5倍に引抜き荷重を増大で

ることが分かった。

4.4 L型仕口試験体の強度性能

前節の検討結果から、厚物構造用合板の仕口の接合には、通常はCTS65を用い、高強度を求めるときはCTS90に山形座金2を用いることが適切であることが分かった。

次に、これらの接合具を用いた仕口の強度性能を確認するため、表8に示した製造条件（三元配置）によりL型仕口試験体を製作し、その強度試験を行った。

4.4.1 方法

用いた材料は、前節と同様の厚物構造用合板24HS、CTS65とCTS90、山形座金2、欧州産ブナ材の直径10mm長さ40mm螺旋溝付きダボである。このダボ材は、家具組み立て時に接合位置がずれないようにするためのもので、接着剤は用いていない。ダボ加工には手間がかかり強度上の長所はないものの、1本のダボによっ

表8 L型仕口試験体の製造条件

因子	水準	
A 接合具の種類	CTS65	CTS90 (山形座金2付き)
B 部材の繊維走向	繊維平行	繊維直交
C 加力方式	圧縮	引張
繰返し数	7	

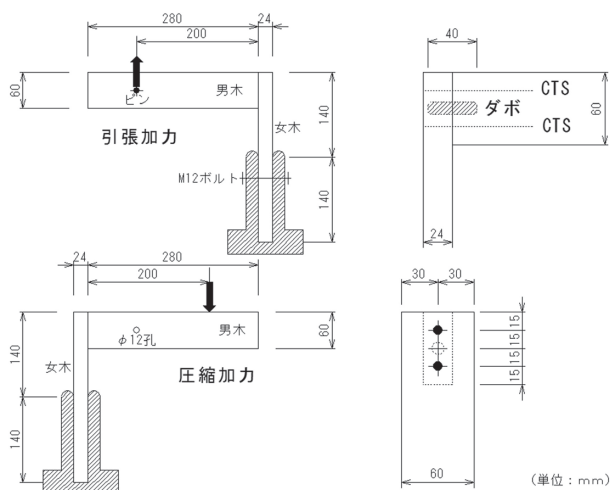


図19 L型仕口試験体の形状と試験方法

て早く正確に組み立てることができる大きな長所があることから採用した。

図19にL型仕口試験体の形状と試験方法を示す。

予備実験により、先孔をあけてCTSをねじ込んでも割れが一切発生しない端開き距離は15mmであることを確認していたため、CTSのねじ込み位置は材端から15mm離れた位置としている。

予め密度を測定した幅60mm×長さ900mmの厚物構造用合板から、試験条件間での部材密度に有意差が生じないものを選定し、長さ280mmの部材を3本木取り、1本目を圧縮形式加力の女木に、2本目を引張形式加力の女木に、3本目を圧縮および引張形式加力の男木（部材の一端を圧縮形式加力の試験体の接合部に、他端を引張形式加力の試験体の接合部とした）にした。

男木と女木に直径10mmのダボ孔をあけ、ダボを差し込んで接合部の位置を決めたのち、直径3mm長さ64mmの木工用ドリル刃を用いて、女木を貫通した上で男木に深さ40mmの先孔を開けた。次に、インパクト・ドライバでCTSをある程度締め付けた後、手締めでCTS65の頭が材表面と同じ面位置になるまで、山形座金2を付けたCTS90は座金が材表面に密着するまで締め付けた。

試験は、容量10kN強度試験機を用いてクロスヘッドスピード10mm/分、圧縮形式または引張形式で試験体にモーメント荷重を加えた。この場合のモーメントアームは、男木と女木の接触面から加力点までの距離200mmとした。試験では、最大モーメントのほかにロードセルによる荷重とクロスヘッド移動量から荷重-変位曲線を描き、比例限度モーメント、直線域の勾配を求めた。

4.4.2 結果

各試験体の含水率は平均10.9%、密度は平均0.433（最小0.413～最大0.471）であった。試験条件ごとの部材密度の平均値に有意差はなかった。

求めた直線域の勾配、比例限度モーメント、最大モーメントについて三元配置分散分析を行った結果を図20に示す。また、代表的な破壊例を図21に示す。

CTS65の破壊形態は、部材密度が低い場合は、女木の曲げ変形、女木へのCTS頭部のめり込みと男木・女木の接触面でのめり込み、引張側接触面に隙間発生、引張側CTSの引き抜け、という順が多かった。部材密度が高い場合は、女木の曲げ変形、女木へのCTS頭部のめり込みと男木・女木の接触面でのめり込み、引張側接触面に隙間発生、女木のローリングシアー破壊または曲げ破壊、という順が多かった。

山形座金2付きCTS90の破壊形態は、全て、女木の曲げ変形、女木へのCTS東部のめり込みと男木・女木

分散分析結果

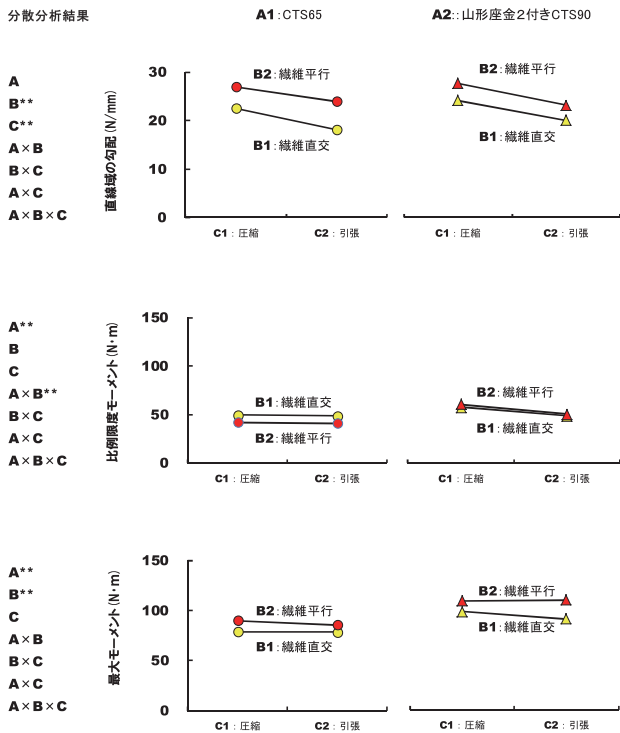


図20 三元配置分散分析結果と要因効果図



図21 引張加力によるCTS65仕口(左)と山形座金2付きCTS90仕口(右)の代表的な破壊形態

の接触面でのめり込み、引張側接触面に隙間発生、女木のローリングシア破壊または曲げ破壊、という順であった。

図19から、直線域の勾配、比例限度モーメント、最

大モーメントのそれぞれで有意な因子が異なるが、有意となった主効果に着目すると、因子A(接合具の種類)は山形座金2付きCTS90が強く、因子B(部材の繊維走向)は繊維平行が強く、因子C(加力方式)は影響しない、ことが分かる。

また、比例限度係数(最大モーメントに対する比例限度モーメントの比率)を全試験体56体について求めると、平均0.54(最小0.35~最大0.81)変動係数16.8%とバラツキは大きくない。このことから、今回の接合具の場合の比例限度係数は1/2とするのが妥当と思われる。

4.4.3 考察

家具の製作あたり、接合具の種類は事前に決めて用意することなどに対して、部材の繊維走向は入手できた厚物構造用合板端材次第であり、加力方式も、通常、繰り返し加力されることが想定される。つまり、因子A(接合具の種類)以外の因子Bと因子Cに対してはランダムな状態を想定した強度性能が現実的である。こうした考えから、接合具がCTS65の場合28体(部材密度の平均0.433g/cm³)と山形座金2付きCTS90の場合28体(部材密度の平均0.434g/cm³)の最大モーメントについてまとめたのが表9である。なお、5%下限値とは、信頼水準75%における95%下側許容限界値^{18,19)}である。

比例限度モーメントは最大モーメントの1/2程度であることから、少ない試験片数であるが、本試験での接合部仕様の場合、短期許容モーメント耐力はCTS65が33 N・mおよび山形座金2付きCTS90が39 N・mと推定された。座金を付けたCTS90は期待したほど耐力が増大しなかったことから、接合具は座金を用いないCTS65が適している。

5. 椅子の脚-横台輪の仕口を想定したダボによる接合部の短期許容耐力

前章で述べたとおり、通常の木製小椅子の「脚-横台輪の仕口接合」の場合、コーススレッドスクリューを用いようとするとう脚と横台輪を合わせて非常に長い先孔をあけなければならない、単板の年輪の影響で正確な先孔あけは困難であることから、コーススレッドスクリューは不適である。そこで本章では、「脚-横台輪の仕口」を想定したダボによるL型仕口試験体を作製し、その接合耐力について検討した。

5.1 材料

用いた材料は、前章と同じ厚物構造用合板24HS、欧州産ブナ材の直径10mm長さ60mm螺旋溝付きダボ、水性高分子-イソシアネート系接着剤(屋外用を想定

した構造用接着剤、オオシカ製ピーアイボンドTP117、主材100：架橋剤15、ダボとダボ孔に両面塗布、胴付き面に両面塗布、強度試験で嵌合、養生期間7日)である。

5.2 方法

ダボ接合2種類(部材の繊維走向が「繊維平行」と「繊維直交」)と剛接合の計3種類のL型仕口試験体を製作し、その強度性能を確認した。

あらかじめエッジワイズ中央集中荷重による曲げ剛性試験(スパン750mm、クロスヘッドスピード5mm/分、10MPaまで加力)を行って曲げヤング係数を測定した幅50mm長さ900mmの繊維直交および繊維平行の厚物構造用合板1片から、長さ400mmの女木と長さ350mmの男木を各1片木取り、横ボール盤を用いてダボ孔加工を行い、接合した。比較対照として、450mm×900mmの厚物構造用合板から、L型に削り抜いた剛接合試験体2体を木取り、同時に隣接部位から曲げ剛性試験体も木取り、曲げ剛性試験体から求めた密度と曲げヤング係数を剛接合試験体の密度と曲げヤング係数と見做した。

試験体形状を図22に示す。

表9 接合具の違いによる最大モーメント(N・m)の比較

	CTS65	CTS90 (山形座金2付き)
平均	83	102
最小	62	73
最大	100	130
標準偏差	9.0	13.1
試験片数	28	28
5%下限値	66	77

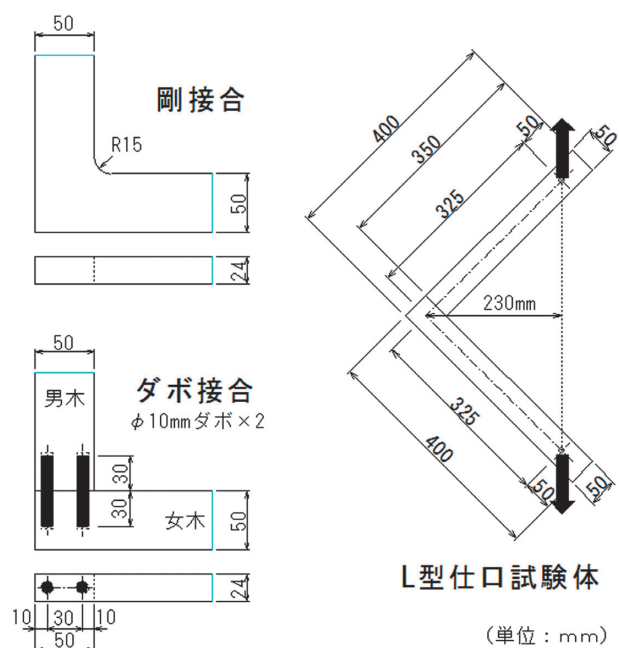


図22 L型仕口試験体の形状と試験方法

木工実技の教科書¹⁷⁾によると、ダボの直径は部材厚さの1/3~1/2、ダボの長さは直径の3~4倍が標準となっているため、部材厚さ24mmに対して直径10mm長さ60mmのダボを用いた。また、ダボ孔の加工位置も教科書に従った。

部材の密度および曲げヤング係数がほぼ同じダボ接合(表面単板の繊維走向「繊維直交」6体、「繊維平行」6体)と剛接合6体のL型仕口試験体を製作した。

試験は、容量10kN強度試験機を用いてクロスヘッドスピード5mm/分、引張形式で試験体にモーメント荷重を加えた。この場合のモーメントアームは、男木と女木の部材中心線の交点から加力線までの距離230mmとした。試験では、最大モーメントのほか、ロードセルとクロスヘッド移動量から荷重-変位曲線を描き、直線域の勾配、比例限度モーメント、比例限度係数(=比例限度モーメント/最大モーメント)を求めた。

5.3 結果

試験体ごとの部材の密度および曲げヤング係数の平均値に有意差はなかった。

部材の含水率は平均12.8%、密度は平均0.433(最小0.417~最大0.452)g/cm³、曲げヤング係数は平均3.88(最小3.36~最大4.40)GPaであった。

部材の密度および曲げヤング係数と試験結果の関係を図23に示す。

直線域の勾配、最大モーメントに対しては、当然のこととして剛接合が優れ、ダボ接合の繊維直交、ダボ接合の繊維平行の順である。

比例限度モーメントに対しては、3種類に有意差はなかった。ただし、比例限度係数の平均値は、剛接合0.64、ダボ接合の繊維直交0.80、ダボ接合の繊維平行0.84となっており、ダボ接合は脆性的な破壊をしていることが分かる。このことから今回の3種類の試験体の比例限度係数は、製材と同様に、設計上は2/3(=0.67)とするのが安全と思われる。

5.4 考察

家具製作にあたり、部材の繊維走向は入手できた厚物構造用合板次第であることから、部材の繊維走向はランダムな状態を想定した強度性能が現実的である。そこで、ダボ接合の最大モーメントをまとめたのが表10である。

比例限度係数は2/3が妥当であることから、極めて少ない試験片数であるが、本試験での接合部仕様の場合、短期許容モーメント耐力は剛接合が119N・mおよびダボ接合が51N・mと推定された。

剛接合は標準偏差が小さかったため、ダボ接合の2.3倍の許容耐力となった。この結果から、大判の端材が入

手できる場合には、ジグソーを用いた割り抜き方式で仕口を構成した方が強度上有利となる。例えば、一般的な寸法の脚貫のない単純な小椅子に体重80kgの人が座った瞬間を想定した場合、仕口に発生する最大モーメントは、前脚－横台輪の仕口では約48N・m、後脚－横台輪の仕口では約215 N・m となることが報告されている¹⁶⁾。これに耐える椅子を厚物構造用合板端材で設計すると、前脚－横台輪の仕口には今回試験した台輪幅50mmのダボ接合とし、後脚－横台輪の仕口には割り抜き方式で接合部幅を大きく取った形状を用いると良いことが分かる。また、前脚－前脚輪および後脚－後脚輪の接合には、今回試験した台輪幅60mmのCTS65接合を作用すればよい。

なお、ダボ接合の耐力は、部材幅を50mmから60mmに変更すれば、部材の中立軸からダボ位置までの距離（モーメントアーム）が増加するためモーメント耐力を高めることができる。または、ダボ接合の試験体12体中6体はダボの引抜で破壊しており、今回のダボ長さ60mmを80mmに変更して接着面積を増やすことによりモーメント耐力が増す可能性がある。しかし、ダボの直径を12mmに変更すると、接着剤塗布後にダボが膨潤し、ダボ孔にダボを挿入する際に部材を引き裂く可能性が高いことから、直径の変更は避けるべきである。

6. 結論

本研究では、プレカット工場から排出される厚物構造用合板端材を手作り家具の材料として有効利用することを目的に、厚物構造用合板端材の排出実態、曲げ強度性能、接合強度性能を明らかにした結果は、次のとおりである。

富山県内のプレカット工場の調査から、厚物構造用合

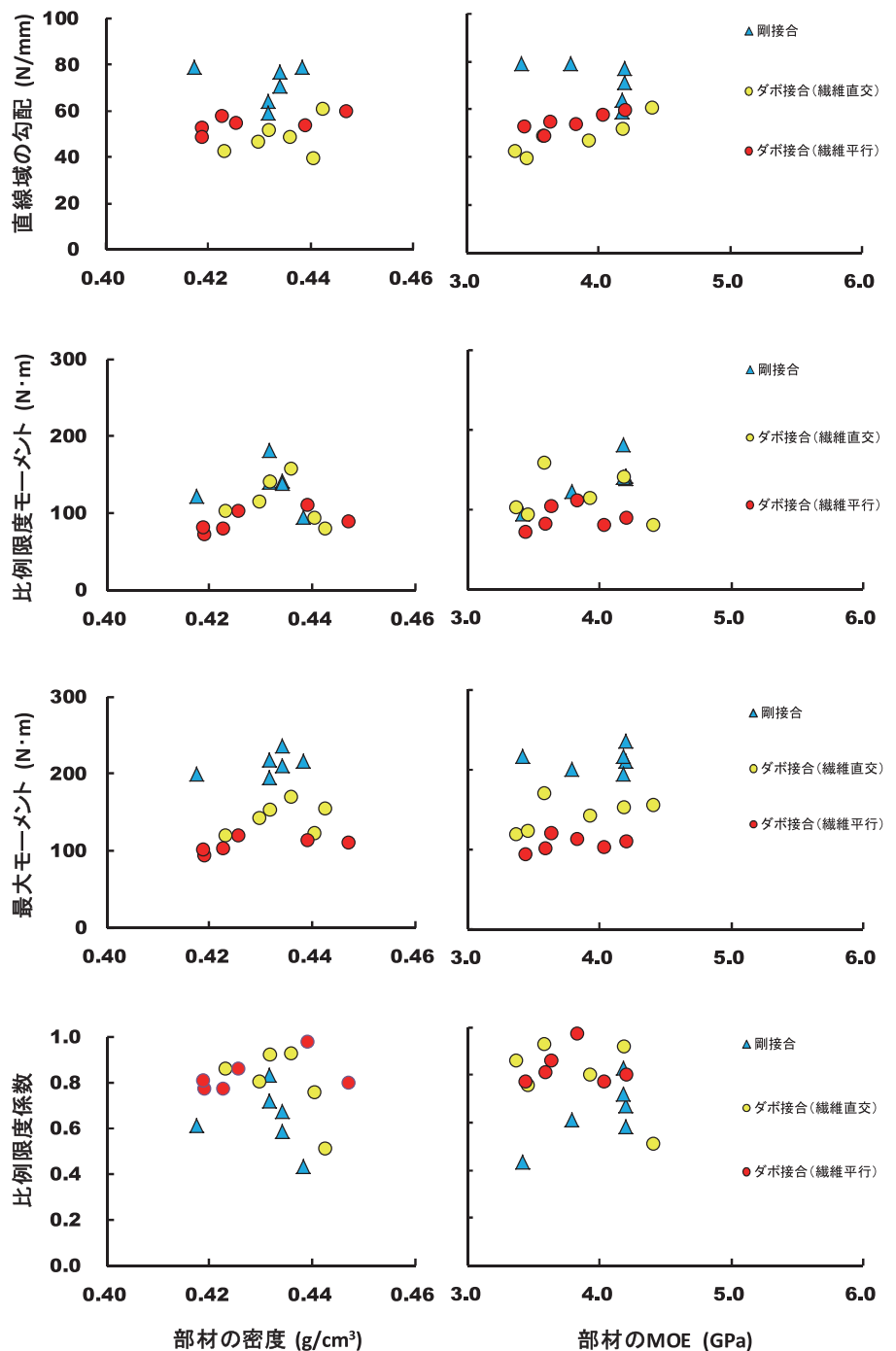


図23 部材の密度および曲げヤング係数MOEと接合性能の関係

板端材として、厚さ2種類：24mm、28mm、単板の樹種3種類：ヒノキ、カラマツ、スギが排出されていた。これらは、工場側の了解を得られれば無料で入手可能なことを確認した。

富山県内のプレカット工場から入手した厚物構造用合板端材5種類から幅40mmの試験片を木取り曲げ試験を行い、その曲げ強度性能を把握した。その結果、端材の曲げヤング係数と曲げ強さの間に強い直線相関が認められ、製材同様に、ストレスグレーディングが可能であった。また、厚物構造用合板を細く切り使いしても強度上の問題はなかった。

表10 剛接合とダボ接合の最大モーメント(N・m)の比較

	剛接合	ダボ接合
平均	212	126
最小	195	94
最大	236	171
標準偏差	14.6	24.4
試験片数	6	12
5%下限値	178	76

24HS(24mm厚の表層単板ヒノキ芯層単板スギ)端材は、排出量が比較的多く表面の平滑性がよいことから、この端材を使用することを前提に手作り家具の設計を行うべきと思われた。

24HS端材(幅60mm)と長さ45mmから90mmの6種類のコーススレッドスクリュー(CTS)各2本による接合部の強度試験を行った。その結果、長さ65mmのCTSが家具の接合具(椅子を想定した場合の「脚前・後台輪の仕口」として適していた。少ない試験片数の結果ではあるが、CTS65mm接合部の短期許容モーメント耐力は33 N・mと推定された。

また、椅子を想定した場合の「脚横台輪の仕口」として24HS端材(幅50mm)とダボ(直径10mm、長さ60mm)2本による接着接合部の強度試験を行った。少ない試験片数の結果ではあるが、そのダボ接合部の短期許容モーメント耐力は51 N・mと推定された。

7. おわりに

富山県内のプレカット工場を調査した結果、すべての工場で厚物構造用合板の端材が工場廃棄物として排出されています。これは全国に点在するプレカット工場においても当てはまることであり、木育教育に相応しい材料かつ無料で入手可能なこの厚物構造用合板端材を利用しないのは「もったいない」ことです。

今後、余暇を楽しむ高齢者人口の増加とともに、安価で扱いやすい電動工具の普及に合わせて厚物構造用合板端材を使った「手作り家具」を楽しむ時代が到来して欲しいと思っています。本研究がその一助となれば幸いです。

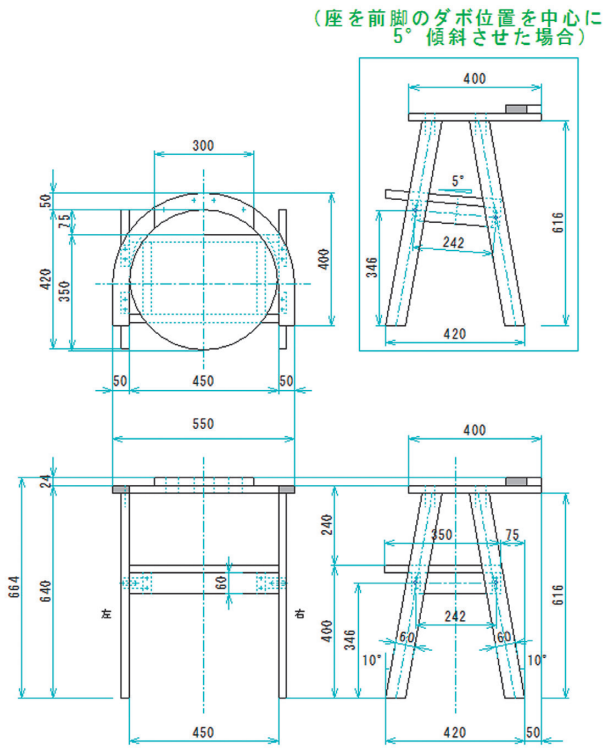
最後に、本研究の成果に基づく「屋外用手作り家具」の設計例を図24に紹介します。塗装は、屋外用水性塗料2回塗りとし、2年ごとに再塗装します。

謝辞

プレカット工場の実態調査に快く協力していただいた関係者の皆様に感謝いたします。また、その調査を担当してくれた富山大学芸術文化学部生(当時)の奥野さつき、荒井彩絵の両氏ならびに椅子の設計に協力してくれた吉田淳氏に感謝いたします。

文献

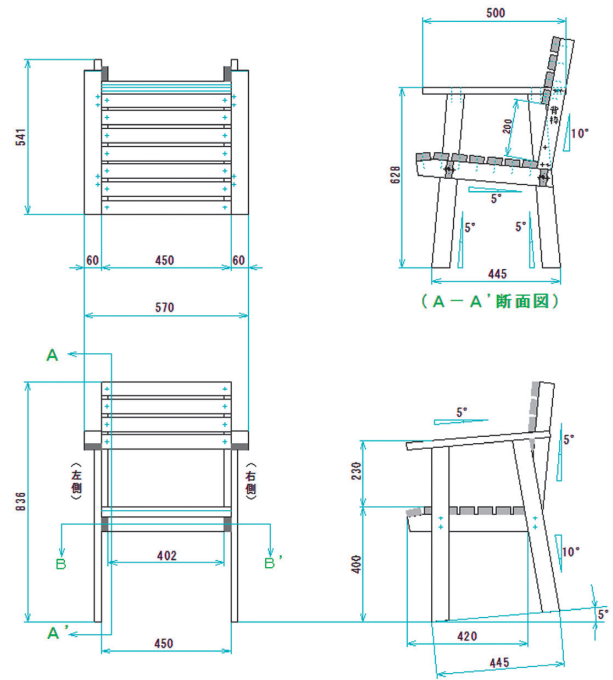
- 1) “平成28年度 森林・林業白書”, 林野庁, 2017, pp.155-156.
- 2) 渋沢龍也, 青木謙治, 杉本健一, 原田寿郎: 厚物構造用合板に関する研究開発(1), 木材工業67(3), 98-101(2012).
- 3) 渋沢龍也, 青木謙治, 杉本健一, 原田寿郎: 厚物構造用合板に関する研究開発(2・完), 木材工業67(4), 152-157(2012).
- 4) 山下晃功, 浅田茂裕: 木育の現状と将来展望, 木材工業66(2), 48-53(2011).
- 5) “平成28年度 森林・林業白書”, 林野庁, 2017, pp.176-177.
- 6) “平成28年度 森林・林業白書”, 林野庁, 2017, pp.152-154.
- 7) “手づくり木工辞典特別編集全国木工教室・材料店ガイド”, 婦人生活社, 2002, pp.9-120.
- 8) 高木圭一: “木工合板の手作り家具”, 美術出版社, 1982.
- 9) 大滝正明: “大滝正明の合板で作るオリジナル家具”, 婦人生活社, 1999.
- 10) 荒井 章: “発想を生かす合板工作”, 山海堂, 2003.
- 11) “1枚の板から作る楽しい!合板木工”, 学習研究社, 2008.
- 12) “基本の日曜大工”, 学研パブリッシング, 2011, pp.164-167.
- 13) ネダノンマニュアルVer.8 第IV部 実験データ, <http://jpma.jp/data/nedanon/04.pdf>, (2017.8.28.アクセス)
- 14) 神谷文夫, ほか6名: 厚物構造用合板の単板構成と曲げヤング係数・曲げ強さ, 日本建築学会大会 学術講演梗概集(北海道), 材料特性(2)構造Ⅲ, 109-110(2013).
- 15) 例えば, 「高岡市/直接持ち込みできるごみ」, <https://www.city.takaoka.toyama.jp/kankyo/kurashi/gomi/kate/mochikomi/index.html>, (2017.8.28.アクセス)
- 16) “家具の事典”, 剣持 仁, 川上信二, 垂見健三, 藤盛啓治 編, 朝倉書店, 1986, pp.331-349.
- 17) “木材加工系実技教科書”, 高齢・障害・求職者雇用支援機構 職業能力開発総合大学校 基盤整備センター 編, 雇用問題研究会, 2015, pp.91-92.
- 18) “木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—2006年第4版”, 日本建築学会, 丸善, 2006, pp.152-154.
- 19) “木質構造接合部設計マニュアル”, 日本建築学会, 丸善, 2009, pp.315-316.



(凡例) + : コース スレッド スクリュー (記号 : CTS) 脚と側幕板の取付け : 長さ45mmCTS
 その他の取付け : 長さ65mmCTS
 ● : φ10mm長さ40mm隠しダボ (注) 先孔はφ3mm

ランドバック型椅子

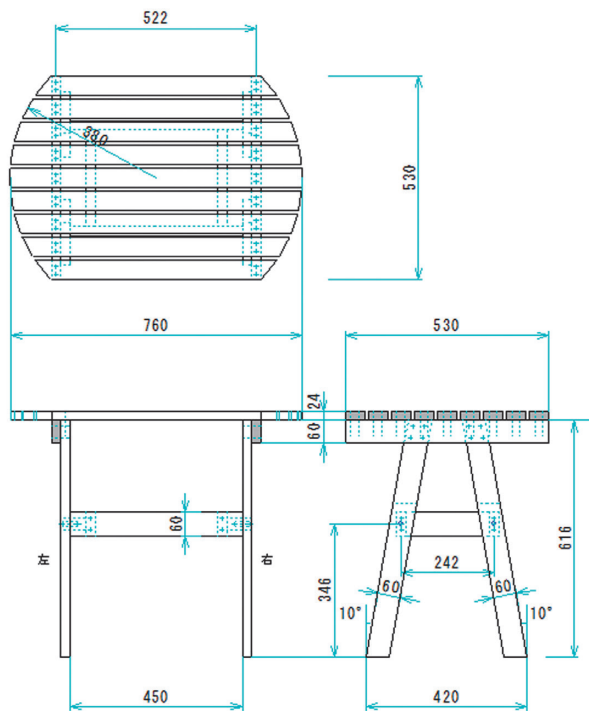
(広い端材から、肘掛と座面を削り貫いて使用し、軽量である。)



(凡例) + : コース スレッド スクリュー (記号 : CSS) ● : φ10mm隠しダボ
 側座枠と前脚・後脚の接合、背枠と後脚の接合は長さ45mmCSS
 前座枠と前脚の接合、後座枠と後脚の接合は長さ75mmCSS
 その他の接合は長さ51mmCSS

自由型椅子 (基本設計 : 吉田 淳 氏)

(細い端材だけを使用、座面や背の角度を自在に変更できる特徴がある。)



(凡例) + : コース スレッド スクリュー (記号 : CTS) 脚と側幕板の取付け : 長さ45mmCTS
 その他の取付け : 長さ65mmCTS
 ● : φ10mm長さ40mm隠しダボ (注) 先孔はφ3mm



ランドバック型椅子

自由型椅子

テーブル

(ランドバック型椅子の構造を基本とし、細い端材だけを使用している。)

(単位 : mm)

図24 厚物構造用合板端材による屋外用手作り家具設計例