

木造立体迷路の梁接合部強度の確認実験の支援

及び強度検証業務

試験計画書・報告書

2023 年 3 月

一般社団法人 日本建築構造技術者協会

§ 0 はじめに

2021 年に発生した木造立体迷路床板落下事故に関連して、当該施設の構造強度に関する規準類は定められておらず、また建築確認制度の対象外でもあることから、消費者庁では消費者保護と再発防止の観点から、施設が本来所有する構造強度およびその検証方法が適切かどうかを調査することとなった。

本業務は、この調査の一環として消費者庁消費者安全課から一般社団法人日本建築構造技術者協会（以下 JSCA と呼ぶ）へ委託された業務である。なお、実験は一般財団法人ベターリビングが実施する。

木造立体迷路 構造計算書作成 WG 委員名簿

主査	太田俊也	技術委員会（三菱地所設計）
委員	大沼耕平	広報委員会（アルテック）
	岡本憲尚	木質系部会（岡本構造研究室・SAM）
	小崎 均	構造レビュー委員会（日建ハウジングシステム）
	高見澤孝志	JSCA 東京幹事（ハシゴタカ建築設計事務所）
	嵐山正樹	専務理事

目次

§ 1. 目的	P1
§ 2. 業務工程	P2
§ 3. 実験の計画	P4
3.1.1 基本システム	P4
3.1.2 材料データ	P4
3.2 実験リスト	P5
3.3.1 試験体の概要	P6
3.3.2 試験体	P8
3.3.3 試験方法	P8
§ 4. 既基準類による強度算出	P10
§ 5. 実験結果	P12
§ 6. まとめ	P15

別紙資料

別紙 1. 試験体製作立会い報告	P1
別紙 2. 実験立会い写真	P6
別紙 3. XXXXXXXXXX 社関連資料	P11
別紙 4. パネリードのせん断耐力資料	P13
別紙 5. 木質構造設計規準抜粋資料	P25
別紙 6. 比重及びヤング係数の実験結果資料	P39
別紙 7. 柱梁接合部の実験結果資料	P42

§ 1 目的

木造立体迷路施設の主要な構造要素である梁は、その端部において柱にコーチスクリュー上下2段で接合され、かつ、そのコーチスクリューは柱に対して斜めに打設されている。このような接合方法は一般的でなく、その接合部強度は明確ではないので、実験にて確認するものである。

また、床落下箇所の梁では、一方の端部の上側コーチスクリューが打ち直されて施工されていたことが判明している。このことが構造強度に影響を及ぼすかどうかも確認する。

§ 2 業務工程

§ 3. 実験の計画

3.1.1 基本システム

梁(1 スパン)と両端柱による H 型の架構を基本とする。

1) 基本性能把握のため中央載荷（中央加力標準試験体）

梁の変位を測定し材料のヤング係数を類推する。

2) 接合部せん断強度に着目して端部集中載荷（端部加力標準試験体）

特殊なコーチスクリューの使用方法であるため実験にてせん断耐力を確認する。

3) 接合部曲げ強度は低いと推測されるので実験対象としない。

4) 施設強度には、柱に比べて梁、筋交いの性能がより重要と思われるので

接合部を含む柱は実験対象としない。

5) 施工不良の影響の確認のため、端部にコーチスクリューを増打ちし端部集中載荷

（端部加力増打ち試験体）

完全な再現とはいかないが木質構造設計規準の接合部間隔を逸脱するため増打ちによる影響を把握する。

6) 実験の期間や費用、実験に使用できる材料の量を考慮して各試験体数を 3 体とする。

3.1.2 材料データ

柱梁材の材料情報が無いことから比重、含水率を計測する。

ヤング係数は中央加力標準試験体により類推する。

コーチスクリュー、コーススレッドの寸法計測も行った。

3.2 実験リスト

	試験の種類	加力	試験体数	主目的	その他
中央加力 標準試験 体	梁の載荷試験 H 型 (L=1200)	梁中央鉛直 単調漸増載荷	3 体	梁の載荷性能	
端部加力 標準試験 体	梁端接合部せん断試験 H 型 (L=1200)	梁端部鉛直 単調漸増載荷	3 体	梁端接合部のせん断強度	
端部加力 増打ち試 験体	梁端接合部せん断試験 H 型 (L=1200) コーチスクリュー打ち直し	梁端部鉛直 単調漸増載荷	3 体	コーチスクリュー施工の 影響の有無	
筋交い試 験 T	筋交い構面強度試験 (筋かい引張) B=1200、H=2400 の構面	頂部水平 単調漸増載荷	3 体	筋交いが引張力を受ける 場合の筋かい構面強度	
筋交い試 験 C	筋交い構面強度試験 (筋かい圧縮) B=1200、H=2400 の構面	頂部水平 単調漸増載荷	3 体	筋交いが圧縮力を受ける 場合の筋かい構面強度	

2022.10.27 JSCA

3.3.1 試験体の概要

1) 中央加力標準試験体

梁端接合部のせん断性能、梁の曲げ剛性及び鉛直支持能力を求める

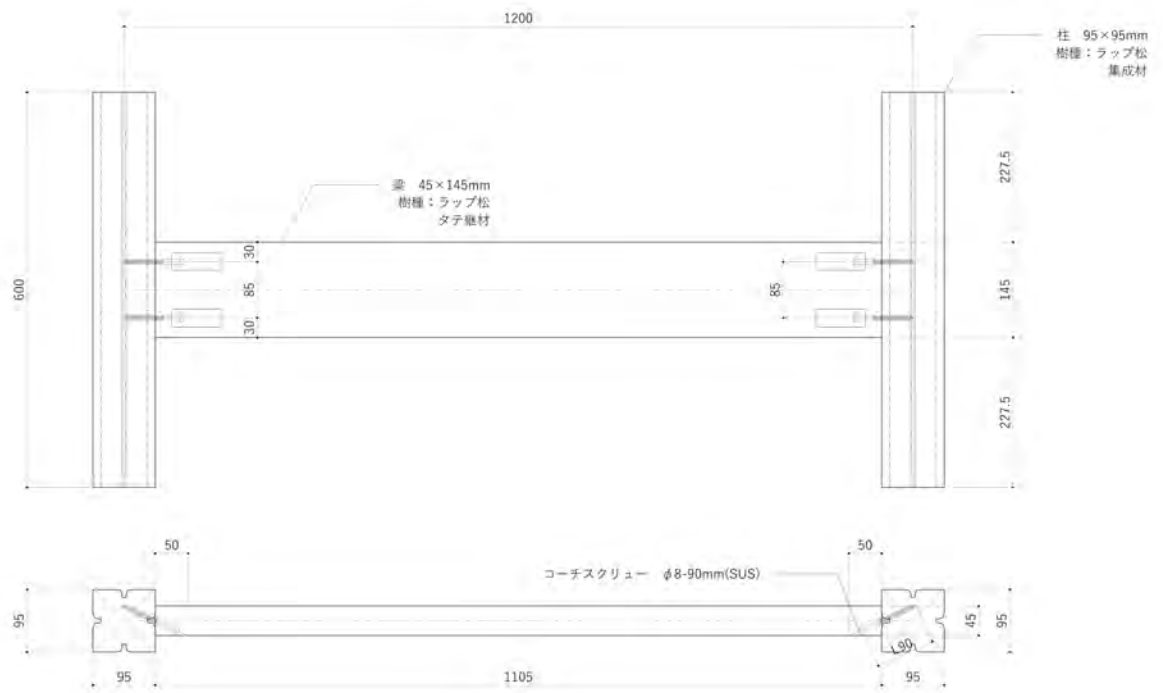
- ・試験体 梁スパン 1200mm
- ・数量 各 3 体
- ・加力 梁中央に鉛直集中加力、単調漸増載荷
- ・測定 1200mm：荷重、鉛直変位（梁中央・両端）、回転角（両端）

2) 端部加力標準試験体

梁端接合部のせん断強度を求める

- ・試験体 梁スパン 1200mm
- ・数量 各 3 体
- ・加力 梁端から 150mm の位置に鉛直集中加力、単調漸増載荷
- ・測定 荷重、鉛直変位（梁両端）、

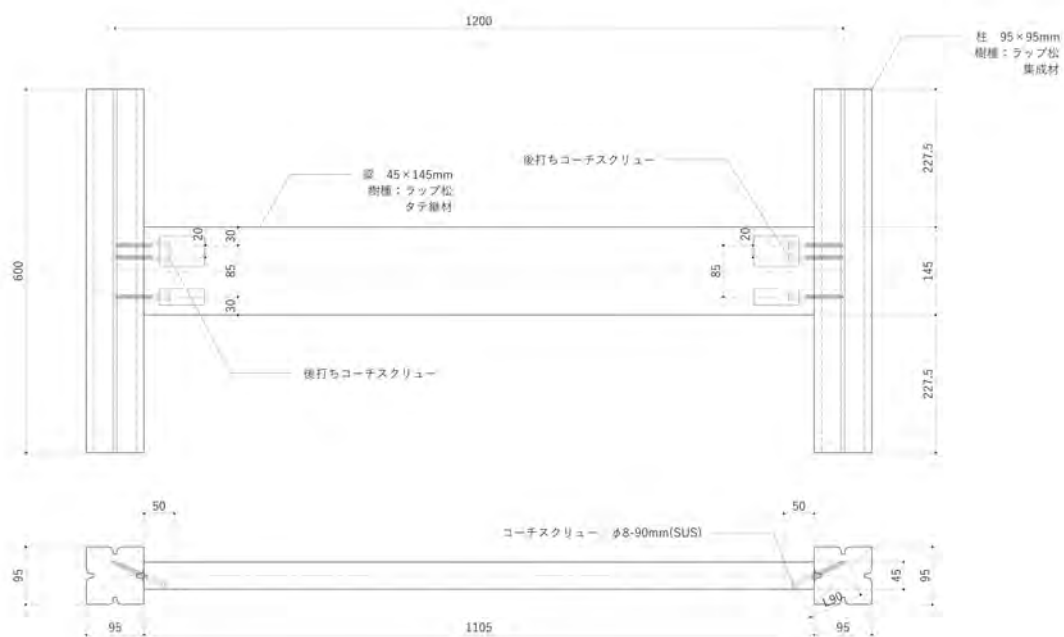
試験体図



3) 端部加力増打ち試験体

増打ちによる影響を把握するため梁端接合部のせん断強度を求める

- ・試験体 梁スパン 1200mm
- ・数量 各 3 体
- ・加力 梁端から 150mm の位置に鉛直集中加力、単調漸増載荷
- ・測定 荷重、鉛直変位（梁両端）、



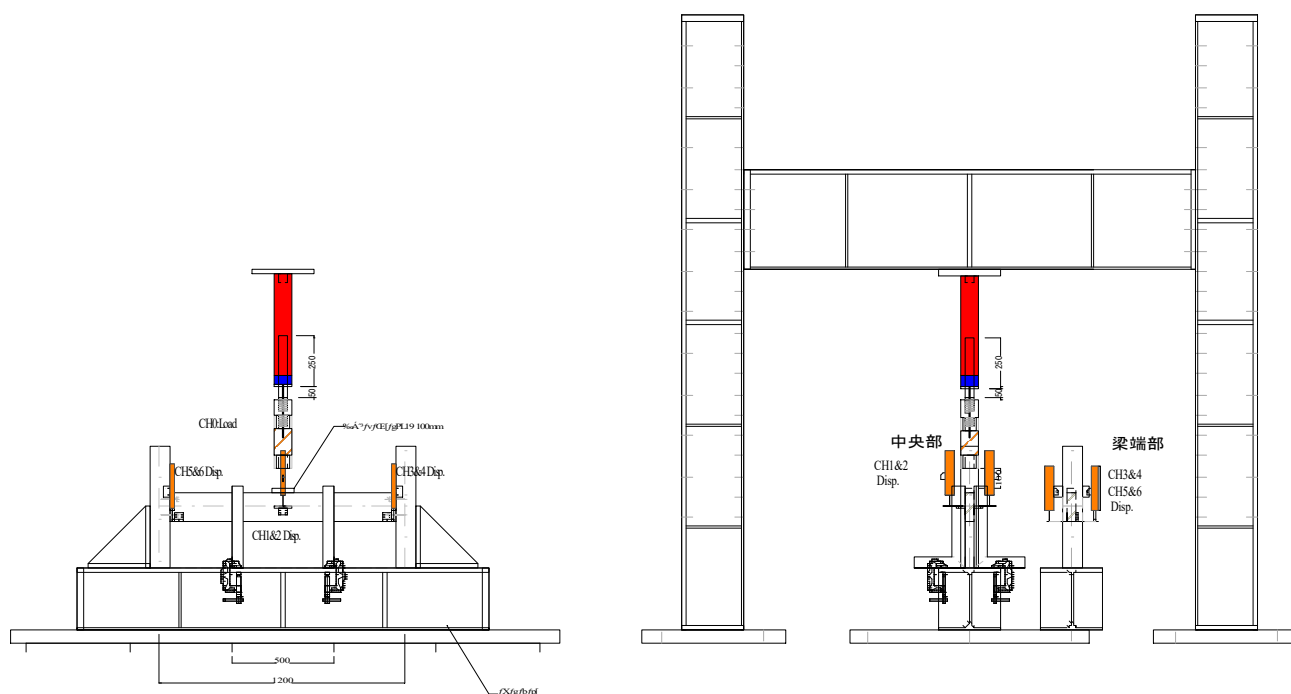
3.3.2 試験体

柱－梁接合部試験の試験体は、柱が 95×95mm の正方形断面、梁が幅 45mm×高さ 145mm の長方形断面からなり、柱と梁はステンレス製コーチスクリュー(直径 8mm 長さ 90mm 黒色)より輸入した材料) 2 本を用いた斜め打ちで接合されている。柱、梁とも樹種は黒松 (黒松 JAS 0600 附属書 D 樹種及び樹种群の略号における SPF 又は Spruce-Pine-Fir に示される樹種オウシュウアカマツに相当する。) である。柱は集成材、梁はタテ継ぎ材である。

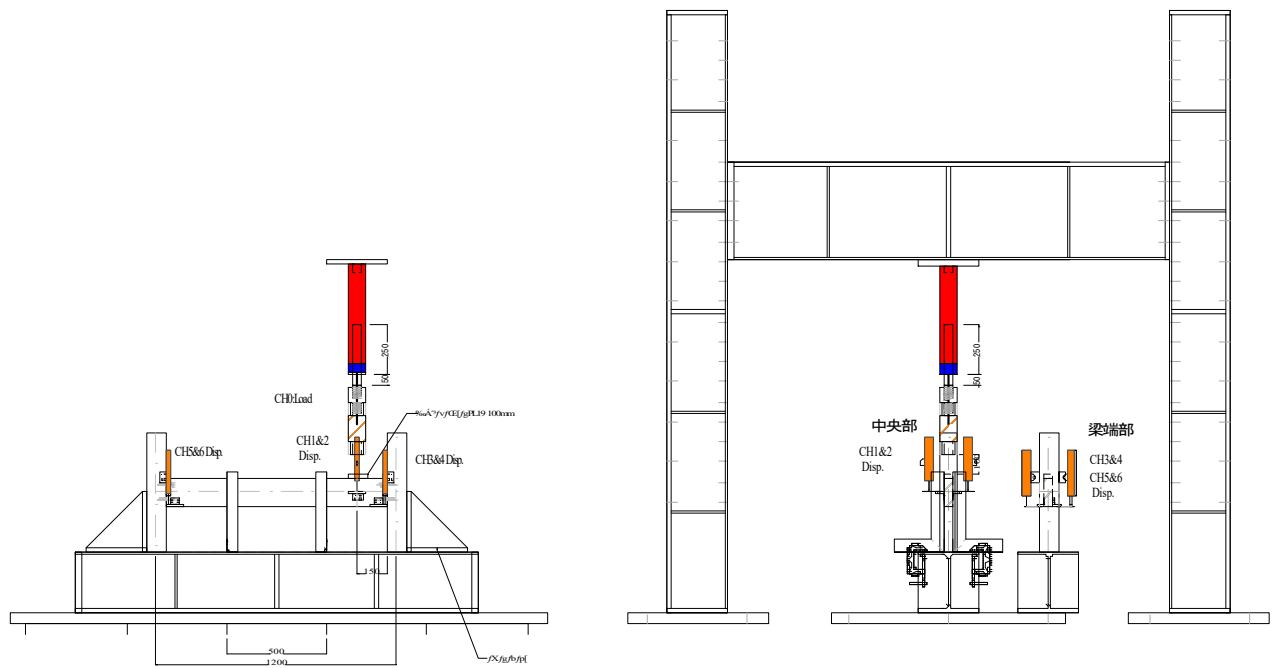
試験体形状は、両側に長さ 600mm の柱を配し、その中央に長さ 1105mm の梁を設置した H 形である。(柱芯々間距離 1200mm)

3.3.3 試験方法

柱－梁接合部試験は、接合部のせん断性能を確認するため梁端から 150mm の位置を加力する梁端加力試験と、梁の鉛直荷重支持能力、梁材の曲げ剛性及び両側梁端接合部のせん断性能を確認するため、梁中央部を加力する梁中央加力試験の二種類とする。なおコーチスクリュー打ち直しの性能試験は、梁端加力試験とする。



梁中央加力試験の試験装置図、計測機器設置図



梁端加力試験の試験装置図、計測機器設置図

§ 4. 既規準類による強度算出

4.1 接合部せん断強度及び曲げ強度について

本件のように適宜筋かいを配置した架構かつ小断面の柱―梁接合部では梁端部の剛性及び耐力は無視し単純梁にて検討することが一般的であるので曲げ強度について本件では触れない。

梁の接合部せん断強度については「木質構造設計規準・同解説(日本建築学会)」に準拠し定める。「別紙 5」

斜め打ちである本件のような接合形式は想定されていないため類推は難しいので、垂直打ちとして算出する。

次頁の(a)～(f)の木材同士の接合におけるせん断耐力を算出する。

・ M8 のラグスクリュー L=90mm を仮定した場合

$$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$$

C：接合形式より決定される係数 0.15 （降伏モード e にて決定）

F_e ：主材の支圧強度 22.4N/mm^2 (木質構造設計規準 J2 グループより)

F'_e ：側材の支圧強度 11.2N/mm^2 (木質構造設計規準 J2 グループより)

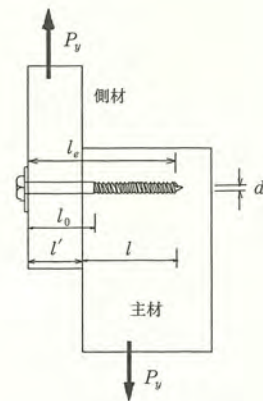
F：接合部の基準材料強度 235N/mm^2

d：接合具径 8mm

l：主材厚 60mm

l'：側材厚 30mm

※本件は側材の木口方向に打ち込む形式であり、木質構造設計指針が想定している形式とは異なるがこの式を適用した。



$$\text{降伏せん断耐力 } P_y = 0.15 \times 22.4 \times 8 \times 60 / 1000 = 1.658\text{kN}$$

$$\text{短期せん断耐力} = 2/3 P_y = 1.1\text{kN/本}$$

既存構造計算書（製作者側作成）では短期せん断耐力を 5.8kN/本としており約 5 倍大きな耐力設定となっている。

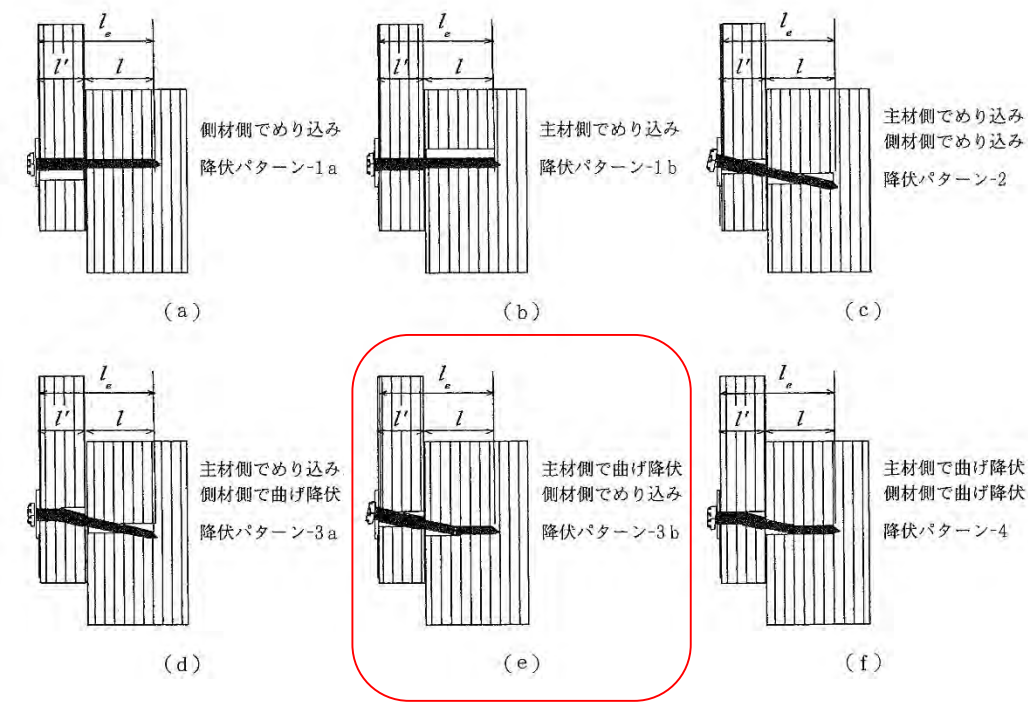
〔参考〕

・日本のビスメーカーであるシネジック社製パネリードでは斜め打ちの試験を実施しており本件とビス形状は異なるが参考として示す。「別紙 4」

径 8mm、長さ 140mm、45 度斜め打ちの場合の 1 本あたりのせん断強度は 3.25 kN とされている。（主、側材はスギの製材）

またカタログには斜め打ちは直打ちに比べて 7 割程度の強度が示されている。

想定した降伏モード 木-木ラグスクリュー（コーチスクリュー）接合の場合



§ 5. 実験結果

5.1 接合部のせん断耐力について

試験体数3のため最大荷重及び損傷発生時荷重の95%下側許容限界にて許容せん断耐力を算出する。

実験結果は下記の通りとなる。数値の根拠は「別紙 7」を参照。

試験体	中央加力標準 試験体	端部加力標準 試験体	端部加力増打 ち試験体
最大荷重 $P_{max}(kN)$	7.33	7.73	5.10
最大荷重 $2/3P_{max}(kN)$	4.89	5.15	3.40
損傷発生時荷重 $P_{s1}(kN)$	6.81	4.87	3.19
損傷発生時荷重 $P_{s1} \times 0.8(kN)$	5.45	3.90	2.55

考察

- ・最大荷重 P_{max} に注目すると中央載荷と端部載荷ではほぼ同値 7kN 強となり端部増打ちにおいてはせん断耐力が他よりも減少する傾向であった。
- ・いずれの試験体においてもコーチスクリュー上部の木材割裂により荷重低下し、その後下側コーチスクリューが曲げ変形し割裂側の梁がせん断破壊する形式となった。増し打ちは割裂の影響が大きく耐力低下につながったと考える。

5.2 材料について

既存施設製作の[]社より柱、梁とも樹種は[]と報告を受けていたが、「別紙 6」の結果より「オウシュウアカマツ」と同等と考える。

日本においては製材としての「オウシュウアカマツ」の性能規定がないため、性能が同等と思われる樹種を以下に記す。

・比重について

実験平均値 $442kg/m^3$ (比重 0.44) →木質構造規準 J2 グループ「ひば」、「ひのき」(0.44)相当

・ヤング係数について

実験平均値 $8225N/mm^2$ →告示 1452 号無等級材「あかまつ」($8000N/mm^2$) 相当

・曲げ強度

実験値 95%下側限界値で最大曲げ応力度 $38N/mm^2$ →告示 1452 号機械用製材 E130「あかまつ」($30.6 N/mm^2$) 相当

5.3 強度算出式と実験との比較について

梁のせん断耐力について下記に比較表を添付する。

試験体	中央加力標準 試験体	端部加力標準 試験体	端部加力増打 ち試験体
最大荷重 $P_{max}(kN)$	7.33	7.73	5.1
最大荷重 $2/3P_{max}(kN)$	4.89	5.15	3.40
損傷発生時荷重 $P_{s1}(kN)$	6.81	4.87	3.19
損傷発生時荷重 $P_{s1} \times 0.8(kN)$	5.45	3.90	2.55
検証降伏せん断耐力 (kN) ：計算値	3.30	3.30	

計算値はラグスクリューの降伏せん断耐力 $P_y = 1.65 \times 2$ 本
木質構造設計規準から算出した耐力は実験結果を表せない。
実験結果から許容値を設定することが必要である。

§ 6 まとめ

6.1 梁端接合部の許容せん断耐力

「木質構造設計規準・同解説」(日本建築学会 2006)に基づき、梁端接合部の短期許容せん断耐力 sPa を、実験で得られた降伏耐力 P_y と最大荷重 P_{max} の $2/3$ のうち小さい方と定義し、次式により算出する。

$$sPa = \min(P_y, 2/3P_{max})$$

降伏耐力 P_y は、本実験における初期損傷が梁端接合部の割裂破壊という脆性破壊であったため、初期損傷発生時荷重 P_{s1} の 0.8 倍とした。

$$P_y = 0.8 \cdot P_{s1}$$

なお、ばらつきを評価するため、実験で得られた数値を統計処理に基づき、信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値として評価する。

3 体の端部加力標準試験体の結果より、 $P_{s1} = 4.87 \text{ kN}$ 、 $P_{max} = 7.73 \text{ kN}$ であるため、

$$P_y = 0.8 \cdot P_{s1} = 0.8 \times 4.87 = 3.90 \text{ kN}$$

$$2/3P_{max} = 2/3 \times 7.73 = 5.15 \text{ kN}$$

となり、これらのうち小さい方として短期許容せん断耐力 sPa は以下となる。

$$sPa = 3.90 \text{ kN}$$

この値の $1/2$ を長期許容せん断耐力 $_{LPa}$ と定義する。

$$_{LPa} = 1/2 sPa = 1.95 \text{ kN}$$

設計に用いる長期許容せん断耐力としては、さらに部材の使用環境を考慮した低減係数を考慮することが一般的である。そこで当該施設の部材が、外部雨ざらしの使用環境であることを考慮して低減係数を 0.8 とし、

$$\text{設計用長期許容せん断耐力} = 0.8 \cdot _{LPa} = 1.56 \text{ kN}$$

と評価することが当該施設においては妥当であると考ええる。

6.2 コーチスクリュー増し打ちの影響

梁端部のコーチスクリューを増し打ちした端部加力増打ち試験体と標準仕様の端部加力標準試験体の実験結果を比較すると以下となる。

端部加力試験	初期損傷発生時荷重 P_{s1} (kN)	最大荷重 P_{max} (kN)
増打ち仕様	3.19	5.10
標準仕様	4.87	7.73

初期損傷発生時荷重、最大荷重共に増打ち仕様の試験体の方が小さく、コーチスクリューを増し打ちすることにより、梁端接合部のせん断耐力は減少する結果となった。

増打ち仕様の梁端接合部の設計用長期許容せん断耐力を標準仕様の場合と同様に計算すると 1.02kN となり、標準仕様の試験体での値 1.56kN の 65%程度となる。これは増打ち仕様試験体の内、試験体記号 A3 の初期損傷発生時荷重が特に小さいことに起因している。

試験体の破壊形式は、増打ち仕様の試験体、標準仕様の試験体ともに、コーチスクリュー上部の木材割裂により荷重低下し、その後下側コーチスクリューが曲げ変形し割裂側の梁がせん断破壊する形式となっている。コーチスクリューを増し打ちすることによって割裂の影響が大きくなり、せん断耐力の低下につながった可能性が高いと考えられる。

6.3 梁部材全体の破壊形式

中央加力標準試験体による、初期損傷発生時の端部せん断力は最小でも 7.82kN であり、3 体の試験体とも端部加力標準試験体の初期損傷発生時荷重よりも大きな値となっている。また、損傷は 3 体の試験体とも梁端部で発生しており、材中央部に損傷は発生していない。つまり、梁スパン 1200mm の本部材においては、梁部材全体の耐力は梁部材の曲げ耐力ではなく、梁端接合部のせん断耐力で決定される。

6.4 梁部材の樹種

既存施設製作の [] 社から、樹種は [] と報告を受けていたが、実験で得られた梁部材の比重、ヤング係数、曲げ強度の値からは、梁材の樹種は「オウシュウアカマツ」同等と考えられる。

以上

別紙資料

別紙 1.試験体の作成立ち合いについて

立体迷路試験体製作立ち合い記録

立会者：白木氏(消費者庁) 小崎 高見澤(記録作成)

日時：2022 年 12 月 6 日 14：00-15：00

■試験体の進捗

立会中に試験体 A/B とも製作が終わり出来高 100%であった。

予定通り 12/9 にベターリビングへ納品予定

■試験体の精度について

全てでないが A/B 一体ずつスケールにて検尺し図面通りであることを確認した。

コーチスクリューの配置寸法が図面と異なったため試験体図を訂正し追って送付予定

■材料について

・頂いた資料では製材であったが現物は集成材であり、XXXXXXXXXXの担当者に等級を確認したが不明とのこと。

・柱は 3 プライと 2 プライの 2 種類、長さ方向のフィンガージョイントを確認した。

本件の実験では 3 プライと 2 プライが混在したものとなる。

・梁は幅方向(45mm)の積層はなく長さ方向のフィンガージョイントを確認した。

・接着剤は不明だが色がクリアであるためレゾルシノールではない。

・構造計算書によると比重 0.8 と記載があるが、持った感触では軽いので欧州赤松やスギ程度の比重と想定される。

・斜材(筋交い)の樹種は SPF 材（等級は不明）と確認が取れた。試験体図を修正し後日送付予定。柱、梁及びコーチスクリューはヨーロッパから輸入し、その他の部材はカナダより輸入した材を使用している。柱、梁のフレームは下穴や柱接合などシステム化されているが、その他材料はカナダ産のツーバイ材、接合金物は日本で市販のものを使用し現地と工場で製作している。

・使用材料は一年前に日本に到着したもので倉庫内に保管していたもの。倉庫に屋根はあるが外壁などではなく含水率は計測していないが高いように思われる。

■接合部について

・コーチースクリューはヨーロッパから輸入しており材質は SUS。XXXXXXXXXXの方は亜鉛メッキ仕様であった。日本のコーチースクリューとは異なり六角頭でなくネジ式となっていた。軸部は日本で使用するものと同様のものに見受けられた。

・柱に溝加工、梁側は横差し加工されているが日本の在来軸組工法の柱―梁の関係のように梁のせん断力を柱に伝達するような機構ではないため、コーチースクリューは梁のせん断力、軸力をすべて負担する機構となっている。

・3 本打ちの部分は試験体図では 30mm としていたが実状は約 20mm の間隔で接合されていた。

材の割れなどは確認できなかった。

梁寸法計測

- ・ 梁寸法規定値通りであることを確認



- 柱寸法計測・ 梁寸法規定値通りであることを確認 ・ 報告と異なる集成材であることを確認



柱一梁寸法計測

- ・ 増し打ち部の寸法を計測。
- ・ タテ継ぎ材であること(フィンガージョイントの存在)を確認
- ・ コーチスクリュー打設時に割れの無いことを確認



施工状況・出荷時(輸出時)先穴もあけていることを確認



全体写真・全長寸法規定値通りであることを確認



接合具写真・コーチスクリューの長さを確認 報告と異なる 90mm であることを確認

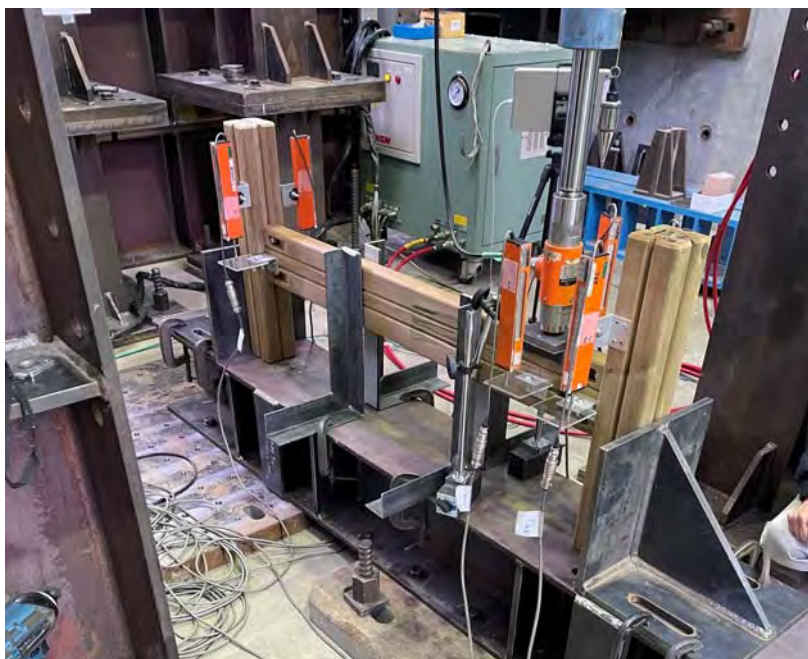


別紙 2.実験立ち合い写真

実験後の試験体



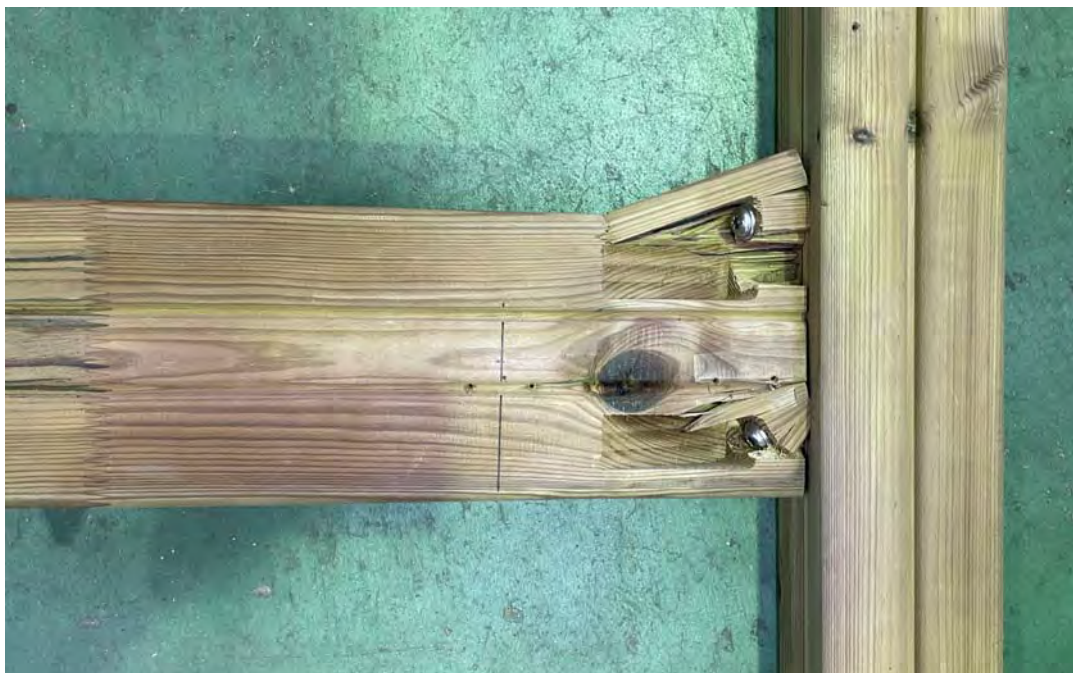
柱一梁接合部 B 実験（端部載荷）



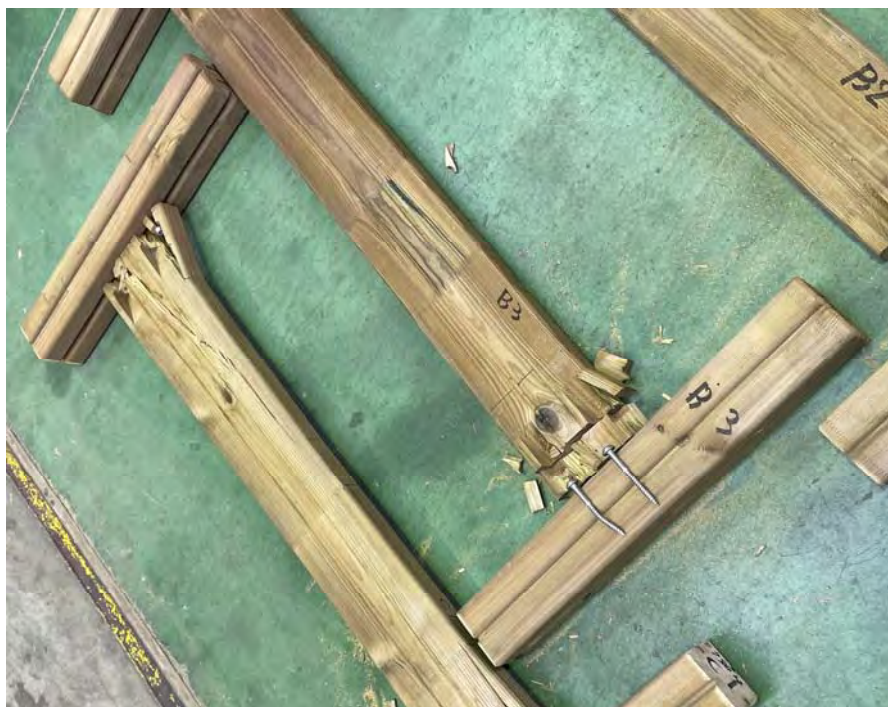
柱一梁接合部 B 実験終了時：梁上部の割裂



柱一梁接合部 B 実験終了時：梁の状況 上部の割裂が見受けられる



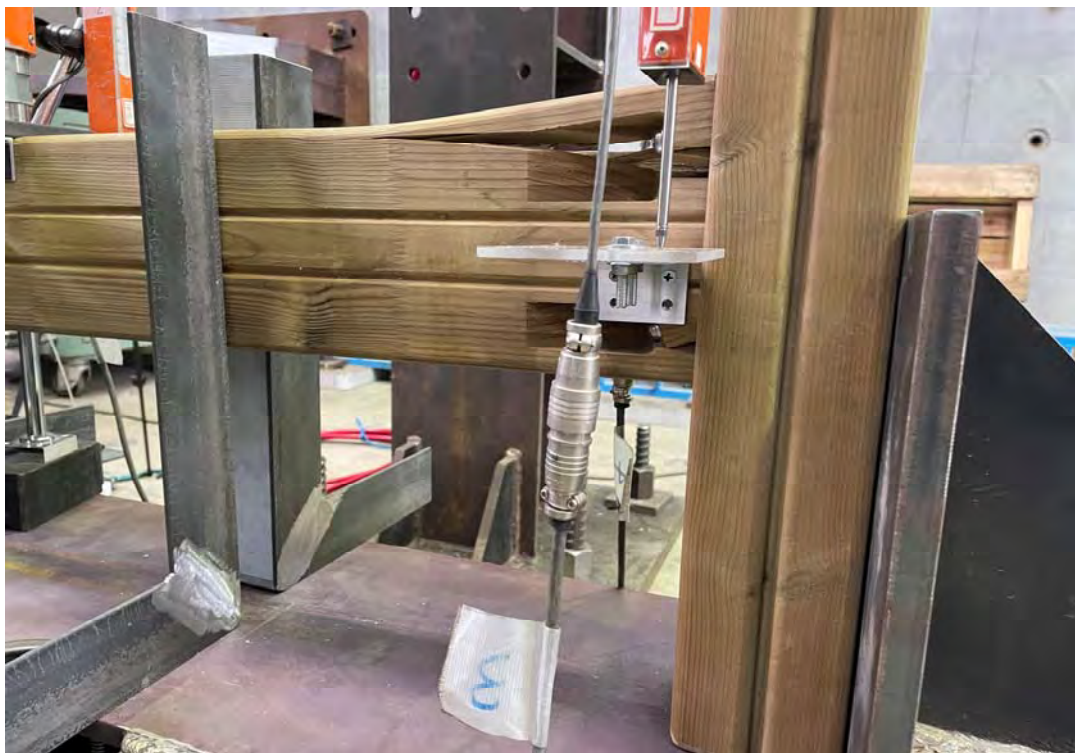
柱一梁接合部 B 実験終了時：接合の状況 下段のコーチスクリューの曲げ変形が見受けられる



柱一梁接合部 C 実験（中央載荷）



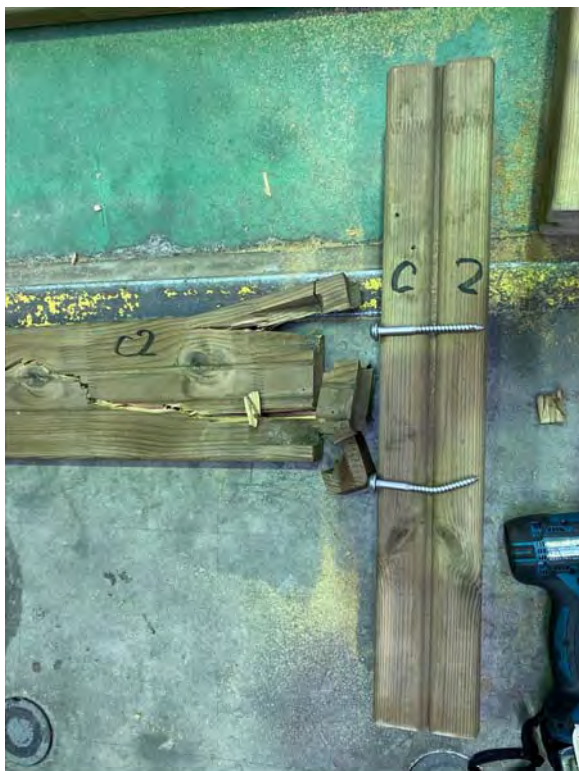
柱一梁接合部 C 実験終了時：梁上部の割裂



柱一梁接合部 C 実験終了時：梁の状況 上部・下部双方の割裂が見受けられる



柱一梁接合部 C 実験終了時：接合部の状況 下段のコーチスクリューの曲げ変形が見受けられる



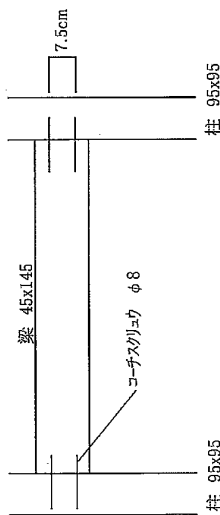
別紙 3.  より提示されたせん断強度等資料

梁端部の曲げ耐力

3-7長期柱・梁の耐力

鉛直時

G梁部材



柱 95x95

157688 mm³

柱 95x95

Z= BD²/6= 45x145²/6=

Lfb= 8.0 N/mm²

sfb= 16.0 N/mm²

MAL= LfbxZ= 8.0x157688= 1261504 Nmm = 1.26 kNm

Mas= sfbxZ= 16.0x157688= 2523008 Nmm = 2.52 kNm

QaL= 0.8x45x145/1.5= 3480 = 3.48 kN

QaAs= 1.6x45x145/1.5= 6960 = 6.96 kN

コナスクリュー φ8 許容引抜耐力

PwL= 0.5x9.8x120 ρ^{0.8} dL= 0.5x9.8x120x0.8^{0.8}x0.8x7.5= 2964 N = 2.9 kN

Pws= 9.8x120 ρ^{0.8} dL= 9.8x120x0.8^{0.8}x0.8x7.5= 5927 N = 5.9 kN

Pw= 許容引抜耐力

ρ= 0.8 比重

d= 0.8 cm 径

L= 7.5 cm 打ち込み長さ

コナスクリュー φ8 許容せん断耐力

4 ≤ L/d ≤ 10 として

PL= 0.5x9.8x125 ρ dL= 0.5x9.8x125x0.8x0.8x7.5= 2940 N = 2.9 kN

Ps= 9.8x125 ρ dL= 9.8x125x0.8x0.8x7.5= 5880 N = 5.8 kN

P= 許容せん断耐力

ρ= 0.8 比重

d= 0.8 cm 径

L= 7.5 cm 打ち込み長さ

梁部材の許容曲げ耐力 e: ボルト間距離= 7.5 cm

MAL= PLe = 2.9x7.5= 21.8 kNcm = 0.21 kNm

Mas= Pse = 5.9x7.5= 44.3 kNcm = 0.44 kNm

梁部材長期最大応力

L= 120 cm B= 120 cm

根太・梁材を含めた床単位荷重

床 梁 根太

w= 1.5+0.06/1.2+0.02x3/1.2= 1.6 kN/m² → 1.7 kN/m²

wL= 1.7x1.2+0.3= 2.34 kN/m 0.3 は「へいだらけ」の荷重

ML= wLxL²/10= 2.34x1.2²/10= 0.34 kNm > MaL=0.21kNm

QL= wL/2= 2.4x1.2/2= 1.44 kN < QaL=3.48kN

よって、MLがMaLより大きいので梁端部はピン扱いとし、鉛直時応力の梁端部曲げ負担は0とする。

地震時せん断力も100%耐震壁とする。

短期 水平時の圧縮耐力

B x D 45x145

Lk= 120-9.5= 111

A= 4.5x14.5= 65.3 cm²

Iy= 14.5x4.5³/12= 110 cm⁴

断面2次半径 √I/A= 1.29

λ= Lk/1.29= 85.7

η= 1.3-0.01 λ= 0.44

fks= 0.44x1440= 634 N/cm²

NAs= fksxA= 634x4.5x14.5= 41369 N = 41.3 kN

各階の軸荷重 水平せん断力

5F 4 19.6 kN

4F 6 35.1 kN

3F 9 74.2 kN

2F 11 132.1 kN

1F 11 198.2 kN

∴OK

許容せん断力(軸列数xNAs)

< 165 kN (4x41.3)

< 248 kN (6x41.3)

< 372 kN (9x41.3)

< 454 kN (11x41.3)

< 454 kN (11x41.3)

∴OK

コナスクリューの引張とせん断の耐力

別紙 4：パネリードのせん断耐力資料

パネリードXを用いた横架材接合

羽子板ボルト留め



パネリードX留め 「木口打ち」 「仕口斜め打ち」



■施工方法

「ハウスプラス確認検査株式会社 発行 評価書 別紙」に準じる。

横架材：①においては、JAS機械等級区分構造用製材E70以上、JAS同一等級構成構造用集成材E75-F270以上、又はJAS対称異等級構成構造用集成材E75-F240以上
 ②および④においては、ベイマツ製材 JAS機械等級区分E110以上
 ③においては、JAS同一等級構成構造用集成材E75-F270以上、又はJAS対称異等級構成構造用集成材E75-F240以上
 仕 口：下木側には深さ15mm以上、高さ(成)105mm以上の大入れ加工を施すこと

①スギ等製材・集成材

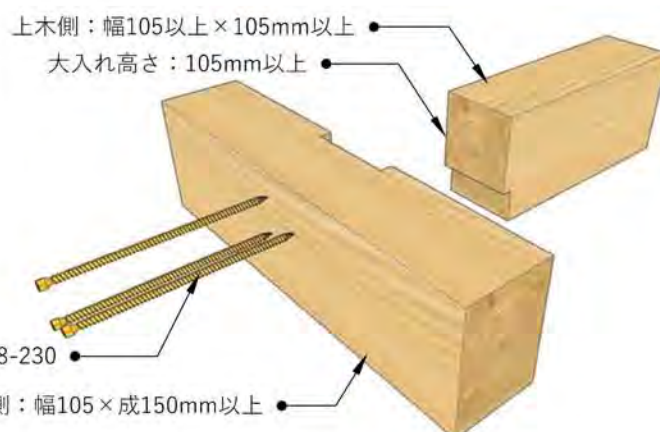
木口打ち

短期許容引張耐力 **10.4kN**
 HP評価(木) -17-011-1

②ベイマツ製材

短期許容引張耐力 **17.3kN**
 HP評価(木) -20-012

PX8-230
 3本使用



仕口斜め打ち

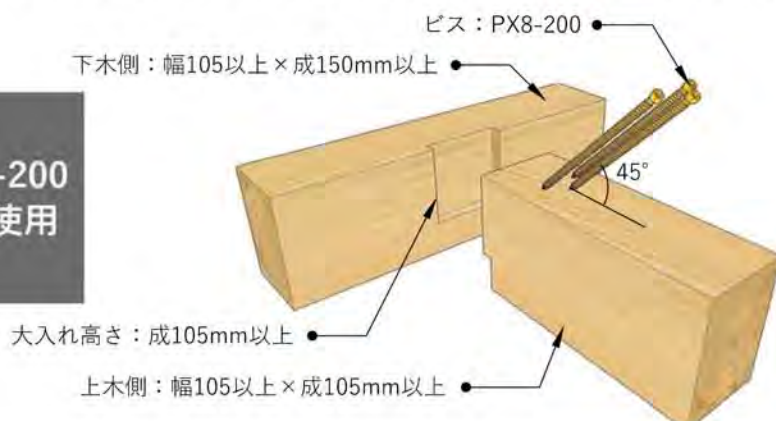
③スギ等集成材

短期許容引張耐力 **7.7kN**
 HP評価(木) -17-010

④ベイマツ製材

短期許容引張耐力 **11.5kN**
 HP評価(木) -20-010

PX8-200
 3本使用



■注意事項

- 本資料中の短期許容引張耐力を運用する際には、それぞれ「評価書」「評価書 別紙」が必要です。
- 「斜め仕口打ち」仕様でビスを施工する際は、専用の斜め打ち治具をご使用ください。

■製品に関するお問い合わせは



シネジック株式会社

〒981-3341 宮城県富谷市成田1-5-9 TEL：022-351-7330 FAX：022-351-7335

Official Web Site <http://www.synebic.co.jp>

E-mail info@synebic.co.jp

RD-21568-0
2022年2月18日

シネジック株式会社
代表取締役 荻部 泰輝

試験報告書

試験名 一面せん断試験(スギ、斜め下45° 施工)

品名 PX8-140 【SIP-PF-S15(8)】

担当者 R&D推進室 石森 一樹

試験場所 シネジック株式会社

試験日 2022年2月17日

注意事項 この試験報告書を転載するときは、必ず全文を記載して下さい。

承認	審査	担当
		

2. 試験体

2.1 試験体の詳細を表2.1に示す。

2.2 試験体の重量・密度および含水率を表2.2に示す。

2.3 ねじの詳細図面を図2.1に示す。

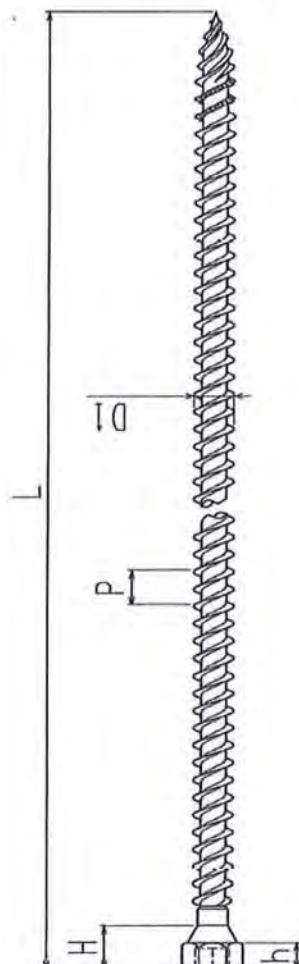
表2.1 試験体詳細

項目	仕様詳細
接合部位	主材 - 側材
ねじ	名称 : PX8-140 【SIP-PF-S15(8)】 寸法 : ねじ径8.0mm、長さ140mm
主材	種類 : スギ製材 品質 : 目視等級3級 SD20 寸法 : 105×105mm、長さ450mm
側材	種類 : スギ製材 品質 : 目視等級3級 SD20 寸法 : 105×52.5mm、長さ450mm

表2.2 試験体の重量・密度および含水率

試験 No.	主材			側材①			側材②		
	重量	密度	含水率	重量	密度	含水率	重量	密度	含水率
	(g)	(g/cm ³)	(%)	(g)	(g/cm ³)	(%)	(g)	(g/cm ³)	(%)
No.1	2004	0.40	13.50	817	0.33	10.00	861	0.35	9.50
No.2	1942	0.39	8.50	836	0.34	7.75	826	0.33	8.75
No.3	1957	0.39	11.50	833	0.34	8.50	895	0.36	9.25
No.4	1935	0.39	7.25	870	0.35	9.50	810	0.33	9.25
No.5	1982	0.40	11.25	877	0.35	8.75	816	0.33	10.25
No.6	2036	0.41	11.50	813	0.33	7.50	863	0.35	9.50
平均値	1976	0.40	10.58	841	0.34	8.67	845	0.34	9.42
標準偏差	39.03	0.01	2.28	26.78	0.01	0.97	33.19	0.01	0.49

※含水率は各材料の両側面2箇所での平均値とする。



PX8:T-40

品番	B	W	H	h	P _{max}	D1
PX6-L (SIZE:110~170)	7.80~ 8.00	8.70 MIN	7.20~ 7.60	3.85~ 4.15	6.00	5.80~ 6.10
PX8-L (SIZE:110~320)	9.70~ 10.00	10.80 MIN	9.00~ 10.00	6.20~ 6.70	7.00	7.75~ 8.10

UNIT: mm

サイズ	Ｌ
110	110±1.75
140	140±2.00
170	170±2.00
200	200±2.30
230	230±2.30
260	260±2.60
290	290±2.60
320	320±2.85

UNIT: mm

材 質	SWCH22A相当(JIS G 3507-2)	表面処理	クロメート	名 称	パネリード X
備考		承認	検査	検 図	
			加減	製 図	
			考案	尺 度	2021年8月25日
				1/1	
				第三角法	
				図面番号	SIP-PF-S15(8)

シネジック 株式会社

図2.1 試験試料詳細

3. 試験結果

3. 1 試験結果を表3. 1、図3. 1に示す。

表3. 1 測定結果

試験内容	一面せん断試験						
ねじ	PX8-140 (4 本)						
測定項目	1mm時 荷重	3mm時 荷重	5mm時 荷重	10mm時 荷重	30mm時 荷重	最大荷重	最大点変 位 [mm]
No.1	22.752	26.256	23.326	19.589	12.846	26.281	2.87
No.2	22.810	26.638	24.932	21.011	14.141	26.643	3.05
No.3	24.726	29.646	26.707	21.775	10.204	29.668	3.10
No.4	20.904	24.197	22.216	18.680	13.465	24.211	2.68
No.5	21.557	24.800	22.834	18.462	13.124	24.802	3.01
No.6	22.505	27.143	25.940	21.294	17.564	27.182	2.77
最小値	20.904	24.197	22.216	18.462	10.204	24.211	2.68
最大値	24.726	29.646	26.707	21.775	17.564	29.668	3.10
平均値	22.542	26.447	24.326	20.135	13.557	26.465	2.91
平均値/4	5.636	6.612	6.081	5.034	3.389	6.616	←ねじ1本あたり

[荷重単位:kN]

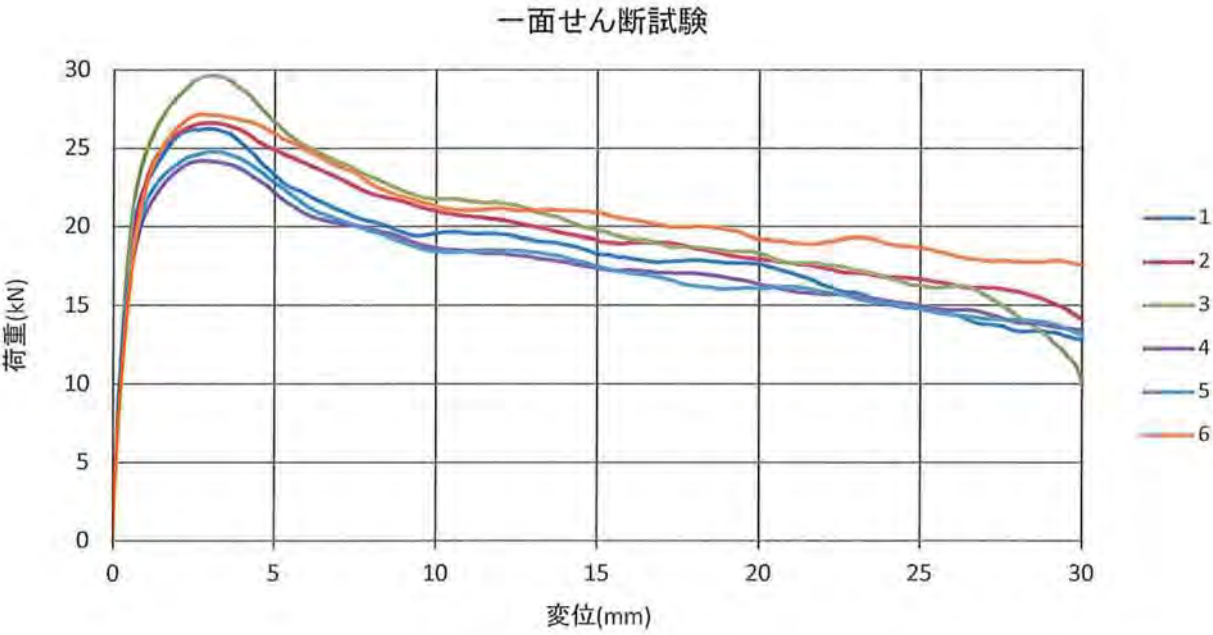


図3. 1 荷重－変位 比較図

4. 短期基準接合耐力の算定

短期基準接合耐力の算定は「財団法人 日本住宅・木材技術センター木造軸組工法住宅の許容応力度設計①(2017年版) 第4章 4.4 継手・仕口接合部の試験 4.4.4 評価方法」に準じて行う。

4.1 特性値の算出

荷重-変位曲線から完全弾塑性モデルにより降伏耐力 P_y 等の特性値(表4. 2)を算出し図4. 1～図4. 6 に示す。

4.2 短期基準接合耐力は、下記に示す方法により算出する。(表4. 1)

下記の①、②の試験荷重の平均値にばらつき係数を乗じた値の小さい方を短期基準接合耐力とする。

① 降伏耐力 P_y

② 最大荷重 P_{max} の $2/3$ の値

4.3 ばらつき係数は次式による。

ばらつき係数 $= 1 - CV \cdot K$

CV : 変動係数

K : 信頼水準75%の95%下限許容限界を求めるための定数(右記参照)

試験体数 n	K
3	3.152
4	2.681
5	2.464
6	2.336

表4. 1 短期基準接合耐力の算定

試験体	PX8-140	
	P_y [kN]	$2/3P_{max}$ [kN]
No.1	4.09	4.38
No.2	3.95	4.44
No.3	4.69	4.94
No.4	3.76	4.04
No.5	3.80	4.13
No.6	3.97	4.53
試験体数 n	6	
K	2.336	
平均値	4.04	4.41
標準偏差	0.338	0.322
変動係数 CV	0.084	0.073
ばらつき係数	0.805	0.829
短期基準接合耐力 [kN]	3.25	3.65

※ねじ1本あたりのデータを記す

表4. 2 各特性値算定結果

試験体 項目		PX8-140						
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	平均
降伏耐力 [kN]	P_y	4.09	3.95	4.69	3.76	3.80	3.97	4.04
降伏変位 [mm]	δ_y	0.42	0.44	0.49	0.43	0.40	0.49	0.44
終局耐力 [kN]	P_u	6.01	6.06	6.73	5.47	5.67	6.23	6.03
終局変位 [mm]	δ_u	7.05	9.40	7.44	8.86	7.80	9.24	8.30
初期剛性 [kN/mm]	K	9.83	9.07	9.66	8.69	9.46	8.10	9.13
降伏点変位 [mm]	δ_v	0.61	0.67	0.70	0.63	0.60	0.77	0.66
塑性率	μ	11.53	14.07	10.67	14.09	13.01	12.02	12.57
構造特性係数	D_s	0.21	0.19	0.22	0.20	0.20	0.21	0.21

※ねじ1本あたりのデータを記す

【包絡線グラフ作成システム : PickPoint3.292】

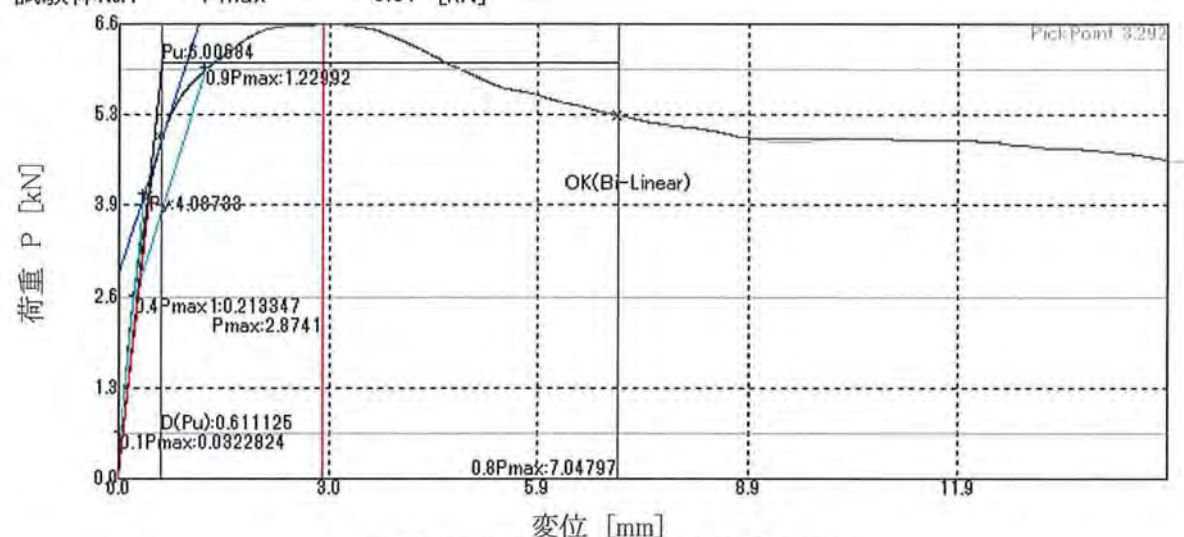
試験体No.1 $P_{max} = 6.57$ [kN]

図4.1 試験体No.1の荷重 - 変位 包絡線

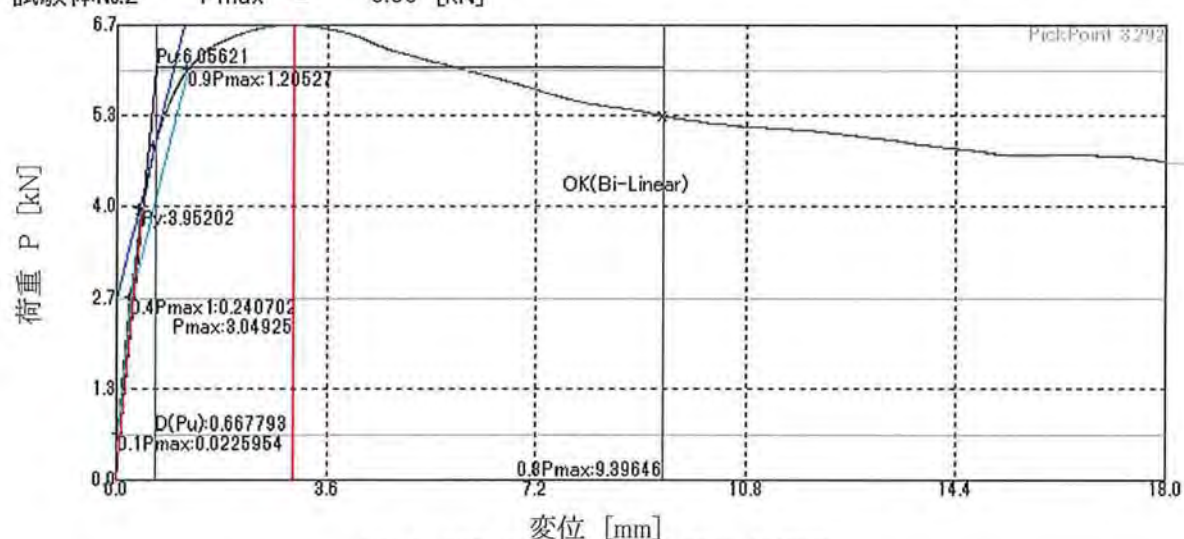
試験体No.2 $P_{max} = 6.66$ [kN]

図4.2 試験体No.2の荷重 - 変位 包絡線

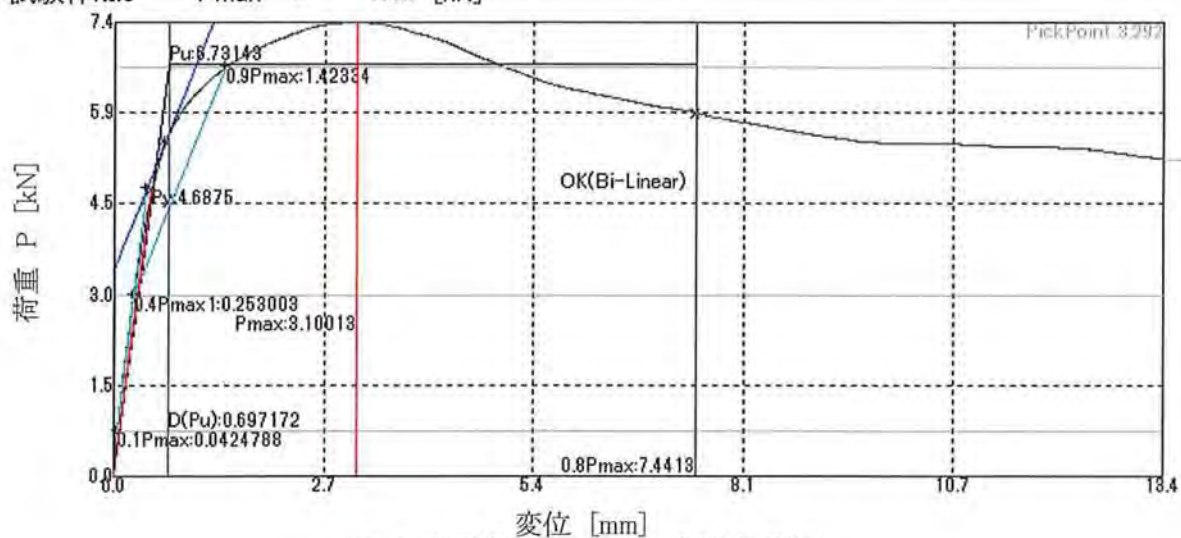
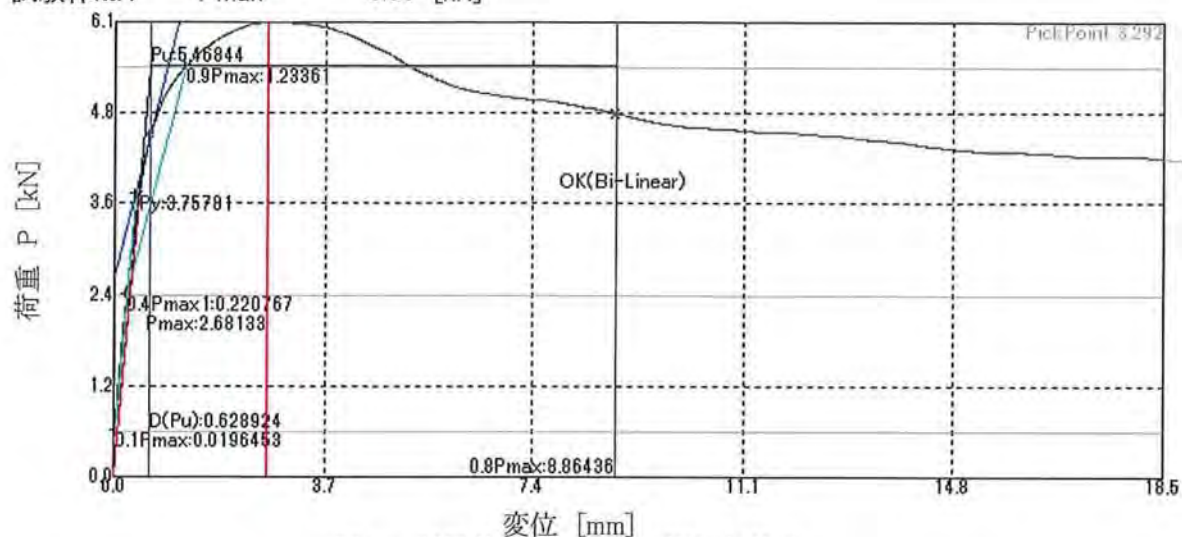
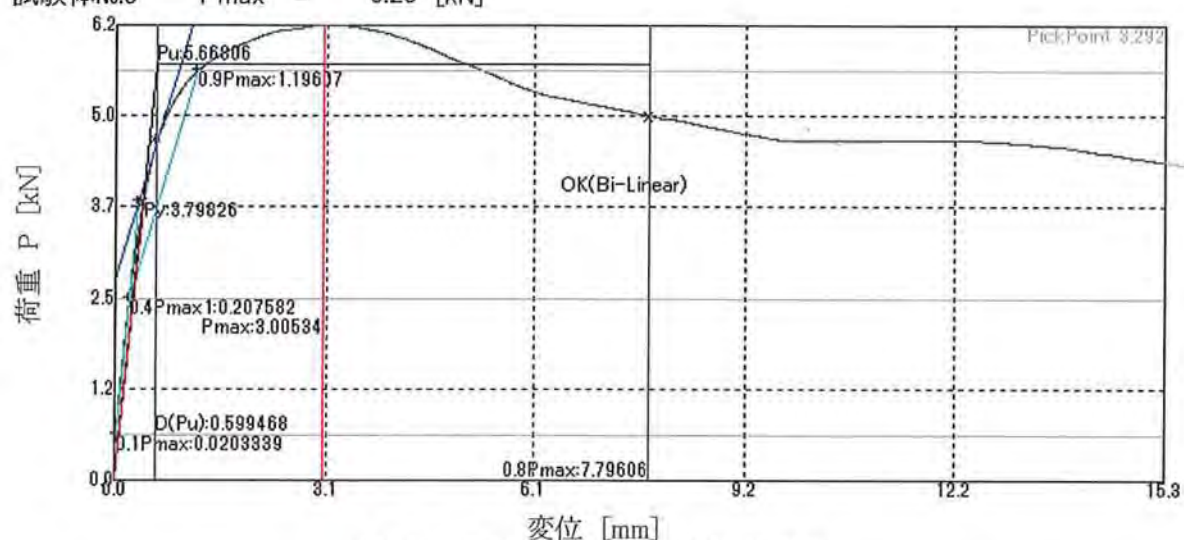
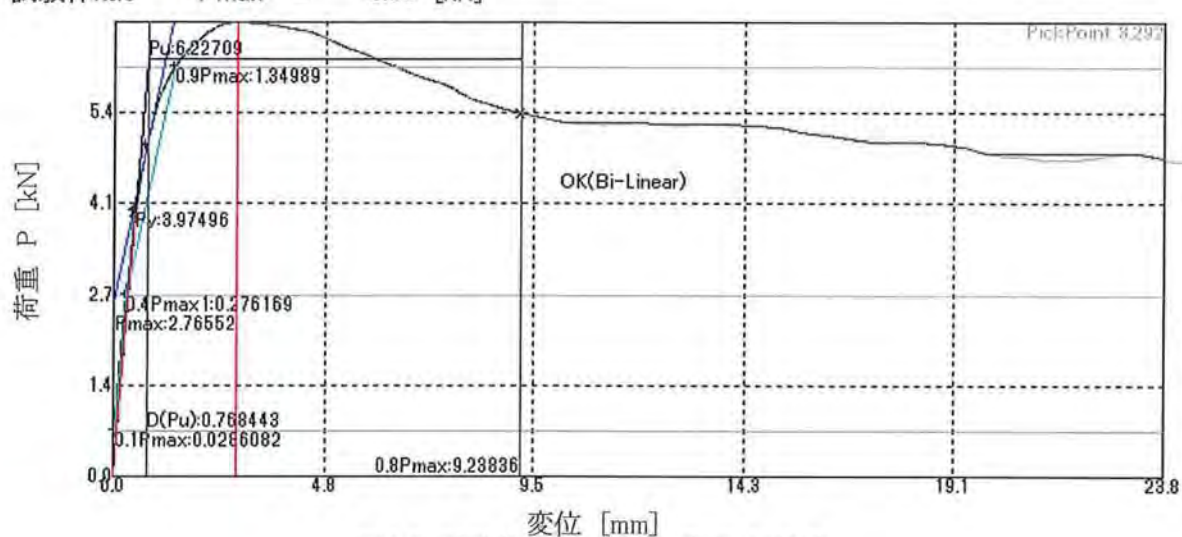
試験体No.3 $P_{max} = 7.42$ [kN]

図4.3 試験体No.3の荷重 - 変位 包絡線

試験体No.4 $P_{max} = 6.05$ [kN]試験体No.5 $P_{max} = 6.20$ [kN]試験体No.6 $P_{max} = 6.80$ [kN]

5. 試験写真

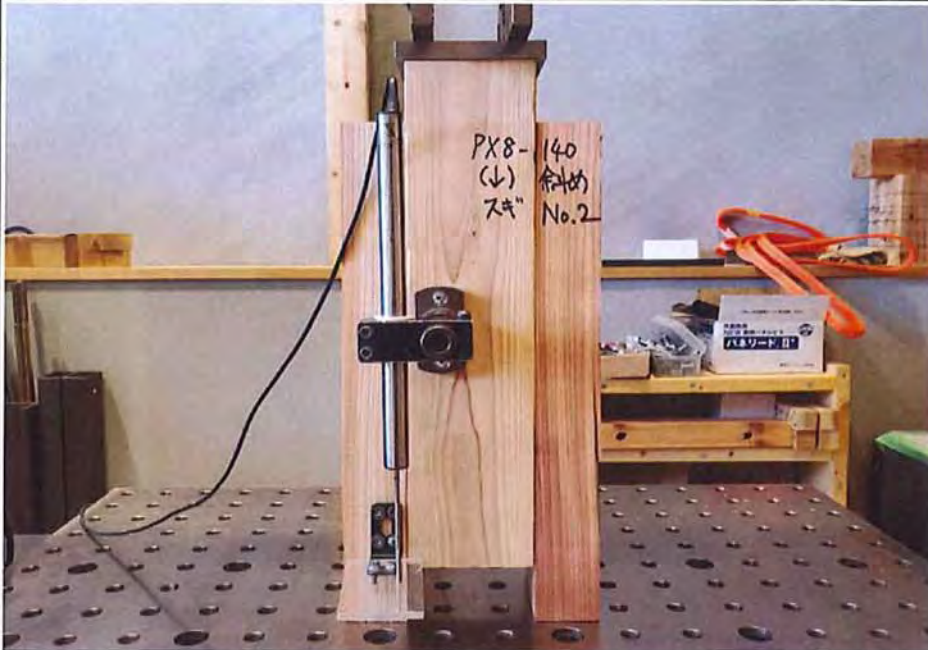
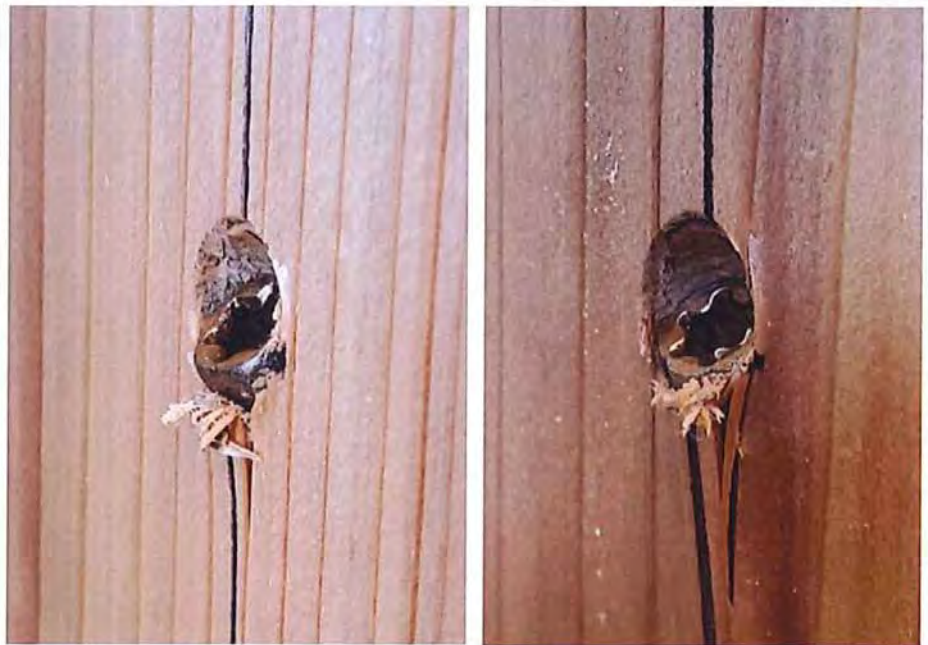
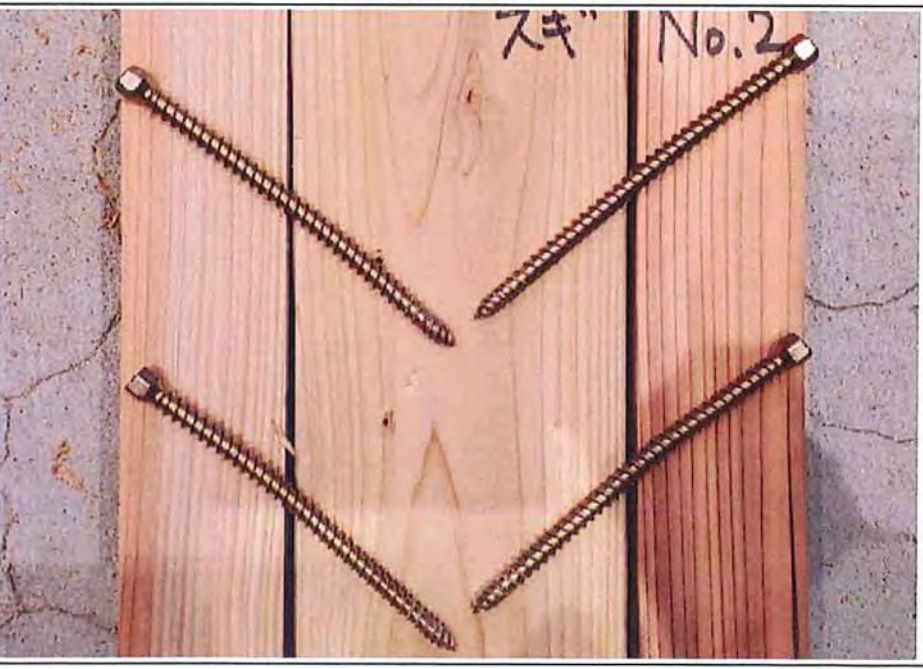
写真 No.1 試験日 2022年2月17日 試験 No.2 概要説明 試験体概要図	
写真 No.2 試験日 2022年2月17日 試験 No.2 概要説明 試験体加力前 ねじ頭部拡大図	
写真 No.3 試験日 2022年2月17日 試験 No.2 概要説明 試験体加力後 全体図	

写真 No.4 試験日 2022年2月17日 試験 No.2 概要説明 試験体加力後 ねじ頭部拡大図	
写真 No.5 試験日 2022年2月17日 試験 No.2 概要説明 試験体加力後 (左)側材の破壊性状 (右)主材の破壊性状	
写真 No.6 試験日 2022年2月17日 試験 No.2 概要説明 試験体加力後 ねじの変形状	

別紙 5：木質構造設計規準抜粋資料

木質構造設計規準・同解説

— 許容応力度・許容耐力設計法 —

Standard for Structural Design
of Timber Structures

日本建築学会

5%下限值採用根拠資料

工時に平衡含水率の状態まで乾燥した材を使用することが理想的である。しかしながら、現実には、大きな断面の製材品をこの状態まで天然または人工乾燥することは、経済的な面から困難であるといわざるをえない。したがって、改善の策として、施工後直ちに大きな荷重を受ける部材については、少なくとも平均含水率 20% 以下の材を使用することが望ましい。なお、構造用集成材および構造用単板積層材（LVL）については、製品時の含水率がそれぞれ 15% および 14% 以下となっているので、部位・状況に応じてこれらの材料を選択することも一つの方法である。

以上は構造耐力の観点からの説明であるが、最近では、木材の収縮に起因する仕上材料の損傷回避（クレーム対策）やプレカット部材の加工精度（施工能率）向上のために乾燥材を使用することが多くなってきている。これに伴い、含水率に対する要求も厳しくなっており、材断面の平均含水率を議論するまでに至っている。この場合、短時間に急速乾燥させることを優先するあまり、部分的に過乾燥状態を生じさせ、その結果として製材の強度性能低下を招く事態を懸念する声があることも事実である。製材の人工乾燥にあたっては、含水率に対する要求を満たし、かつ、強度性能の低下を引き起こすことのないような配慮が必要である。

- ② 耐久性：床下部分に使用される土台など腐朽が生じるおそれがある構造部材に対しては、耐久性の高い樹種、あるいは防腐処理を施された材料を用いる。なお、耐久性が高いといわれている樹種であっても、心材に比べて辺材部分は腐朽しやすいので、辺材部を含む材を使用する場合には何らかの防腐処理をしておくことが必要である。

木質系構造用材料を、湿潤状態となるおそれのある箇所など（使用環境Ⅰ、Ⅱ）に使用する場合には、耐水性、耐久性の高い接着剤を用いた製品を選択しなければならない。

402 構造用材料の基準材料強度

402.1 基準強度特性値 (f_0)

構造用材料の基準強度特性値 (f_0) は、原則として標準試験体を用いた標準試験により得られた強度分布における 5% 下限値とする。ただし、基準強度特性値の全部または一部について、合理的に推定が可能な場合には推定値に基づき決定してもよい。

2002 年の改定では、構造用材料の標準試験による実験値に基づいた設計用強度特性値決定のプロセスを明確にすることを目指した。従前の設計標準では、例えば、普通構造材など一定の規格材について各樹種群に対応して許容応力度を定めていたが、その決定プロセスは必ずしも明文化されているとはいえないものであった。

近年、世界各国から各種の製材・木質系材料が輸入されるようになり、また、新しい木質系材料が開発されるなど、今までの規格にない木質系材料が登場してきている。それらの材料を構造用として使用するために、許容応力度をはじめとする設計用強度性能値を決定する必要が必須となってきた。これらの状況に対応するためには、従来のように規格に対応して設計用強度特性値を定めるのではなく、材料の強度特性値に関する実験値に基づいた設計用強度特性値決定プロセスを規定化

しておくことが最善の方法であると判断するに至った。

構造用材料の基準強度特性値 ($_0F$) は設計用強度特性値決定の根幹をなす数値で、これに各種の条件を勘考する諸係数を乗じることにより各種の設計用強度特性値を誘導することになる。これにより標準的な試験データに基づき設計用材料強度ひいては設計用許容応力度決定プロセスを明確にすることができる。

構造用材料として用いられる木質材料は強度にばらつきを持っている。そこで、各種木質系材料の基準強度特性値の決定については強度特性値のばらつきを考慮することとし、原則として、5% 下限値を基準強度特性値 ($_0F$) と定義する。「5% 下限値」は木材・木質材料の分野において「5th percentile: 百分位数の第5位」の訳語として慣用的に用いられている用語である。統計学上で「信頼水準 75% における 95% 下側許容限界値」と定義される値と同じである。5% 下限値は、順位統計によって算出する方法、強度データを適当な分布（正規分布、対数正規分布、ワイブル分布など）にあてはめ、分布パラメータによって算出する方法がある。

算出方法の一例を挙げると、ある構造用材料に対して行った標準強度試験より得られた強度分布が正規分布と仮定される場合には、以下の式によって基準強度特性値を求めることができる。

$$_0F = \bar{x} - K \cdot s \quad (402.1)$$

ここで、 $_0F$: 基準強度特性値

$\bar{x}$: 平均値

K : 表 402.1 の試験体数に対応した値

s : 標本標準偏差

表 402.1 信頼水準 75% における下側許容限界値を求めるための係数 K

試験体数	下側許容限界		試験体数	下側許容限界		試験体数	下側許容限界	
	95%	50%		95%	50%		95%	50%
3	3.152	0.471	11	2.074	0.211	50	1.811	0.096
4	2.681	0.383	12	2.048	0.201	100	1.758	0.068
5	2.464	0.331	15	1.991	0.179	200	1.732	0.048
6	2.336	0.297	20	1.932	0.154	500	1.693	0.030
7	2.251	0.271	25	1.895	0.137	1000	1.679	0.021
8	2.189	0.251	30	1.869	0.125	1500	1.672	0.017
9	2.142	0.236	35	1.849	0.115	2000	1.669	0.015
10	2.104	0.222	40	1.834	0.108	3000	1.664	0.012

基準強度特性値 ($_0F$) を強度分布の 5% 下限値とする考え方は世界標準といってよく、これにより世界的な木質材料の材料強度にかかわるデータベースの活用も容易になる。ただし、実際の設計に用いる設計用材料強度や許容応力度などの値は、基準強度特性値に劣化影響係数、荷重継続期間影響係数、含水率調整係数などの諸係数を乗じて算出することになるので注意が必要である。

なお、材料の基準強度特性値はすべて試験データに基づいて設定するのが理想的ではあるが、すべての条件について実験を行うことは難しいことも事実である。したがって、基準強度特性値の全

部または一部については、既往の研究結果を援用するなど合理的に推定が可能な場合には推定値に基づき決定してもよいこととした。

402.2 基準材料強度 (F)

構造用材料の基準材料強度 (F) は、基準強度特性値 ($_0F$) に使用環境における劣化影響係数 (K_t) を乗じて決定する。劣化影響係数は、原則として、通常の使用環境に対応した促進劣化試験等の結果に基づいて決定する。なお、曝露状態のように、熱・温湿度繰返し・紫外線等の環境が通常とは異なる特殊な環境で使用する場合には、その影響を勘案した劣化影響係数を設定しなければならない。

基準材料強度 F を式で表せば、次のようになる。

$$\text{基準材料強度 } (F) = \text{基準強度特性値 } (_0F) \times \text{劣化影響係数 } (K_t)$$

接着して製造する一部の材料においては、接着部分が熱・温湿度繰返し・紫外線等によって劣化する。このような傾向は、接着層が外部から守られている集成材と単板積層材などにあっては、比較的低い。木材の小削片や繊維を接着し、かつ断面が比較的小さい（薄い）面材（ボード）などでは著しい。そこで、劣化影響係数は、集成材と単板積層材にあっては 1.0、構造用合板にあっては事故的水濡れによる劣化なども考慮して、曲げ強さに対して $3/4$ 、圧縮・引張強さに対して $6/7$ を適用する。その他の木質系ボード類にあっては、現在、耐久性を付与するための技術開発を進めている最中でもあり、一般的な数値を定めるまでには至っていないので、材料ごとに実験などにより劣化影響係数を定めることとした。

日本農林規格に対応した構造用製材、構造用集成材、構造用単板積層材および普通構造材に関する基準材料強度値を、巻末の「設計資料」中に一括表示した。同表には、構造用製材、構造用集成材、構造用単板積層材の繊維方向の強度、繊維に直角方向の強度（部分圧縮（めり込み）強度、全面圧縮強度）も表示した。これらは基本的には実験データに基づくものの、そのほか次のような方針で決定されている。

- ① 構造用製材の繊維に直角方向の強度（めり込み強度）は欠点の影響を受けないと考えられるので、従前の許容応力度は気乾状態の無欠点小試験体による比例限度応力度に基づき、欠点による低減係数を 1.0 として定めていた。今回の改定においてもその考え方は変わらないが、曲げ、引張、圧縮およびせん断の各強度の表示方法との整合性を図るため、従前の設計規準における長期許容応力度を 3 倍した値を繊維に直角方向の強度（めり込み強度）とし、それを SI 単位に換算した値とした。また、全面圧縮の場合の基準強度特性値は、普通構造材の圧縮基準強度特性値に、針葉樹については 0.125、広葉樹については 0.2 の係数を乗じて算出しているが、これも従前と同様の扱いである。材中間部におけるめり込みの加力状態は、繊維方向と加力方向とのなす角度 (θ) が $0^\circ \sim 10^\circ$ では繊維方向の値を、 θ が $70^\circ \sim 90^\circ$ では繊維に直角方向の値をそれぞれとり、その中間の角度では直線補間した値とする。材端における部分圧縮（めり込み）については、中間部加力状態の値に針葉樹の場合 0.8、広葉樹の場合 0.75 の調整係数を乗じた値としている。なお、材端の定義を最新の研究結果に基づき変更し、材端の長さが

コーチスクリーのせん断耐力算出根拠資料

6. 接合部の設計

601 総 則

601.1 適用 範囲

本節の規程は、メカニカル（機械的）な接合具を用いた木材同士あるいは木材と鋼板との接合部、ならびに接着剤を用いた接合部に適用する。木材以外の木質系材料とメカニカルな接合具を用いた接合部については、接合具と木質系材料の強度特性および接合メカニズムを勘案することにより接合部の強度特性を合理的に評価できる場合に限る、本節の規程を適用することができる。

601.2 許容耐力・終局耐力・使用限界変形

接合部の設計に当たっては、接合部を構成する個々の単位接合部に作用する応力が、その単位接合部の設計用許容耐力を超えないようにするとともに、終局時に接合部全体が、木材の割裂、せん断等により脆性的に破壊しないようにする。やむを得ず、接合部において靱性を確保できない場合は、終局耐力に対して十分な余力を有するように設計を行う。

メカニカルな接合部の設計にあたっては、比重（樹種）、設計断面、荷重角度、接合具の個数・配置・間隔、荷重条件、偏心、木材の含水率などの影響を考慮する。

(1) 接合部の許容耐力と諸係数

接合部単体の設計用許容耐力は、接合部の基準許容耐力の値に、設計条件に応じ接合部に関する荷重継続期間影響係数（ K_d ）、含水率影響係数（ K_m ）を乗じて定める。

接合部に関する荷重継続期間影響係数（ K_d ）：継続載荷実験などによる接合部のクリープ破壊特性に基づき決定する。なお、通常の場合（接合部のクリープ特性が木材のクリープ特性に依存している場合）には、長期、中長期、中短期および短期に対しそれぞれ1.1、1.43、1.6、2.0とすることができる。

接合部に関する含水率影響係数（ K_m ）：含水率が木材などの強度に及ぼす影響を勘案して、「405 使用環境区分」に応じて決定する。一般に、木材の支圧強度が決定要因となる場合の係数は常時湿潤状態（「405 使用環境区分」の使用環境Ⅰに相当）において使用する場合0.7、断続的に湿潤になる状態（「405 使用環境区分」の使用環境Ⅱに相当）において使用する場合0.8とすることができる。なお、接合部を気乾状態において使用する前提であっても、施工時に木材の含水率が20%以上である場合の係数は0.7とする。

(2) 接合部の終局耐力

接合部の終局耐力は、原則として実験、数値解析、理論解析などにより求める。終局耐力が接合部の降伏耐力等により合理的に評価できる場合はこれにより行うことができる。

(3) 接合部の使用限界変形

接合部の使用限界変形は、接合部の許容される変形量に応じて接合部の許容耐力の範囲内で定める。

601.3 接合部の設計に用いる基準比重と対応樹種

接合部の設計においては、木材を比重によって表6.1に示す3グループに区分して取り扱う。なお、対応する樹種グループについては下限気乾比重（含水率15%時）を参考に便宜的に定めたものであり、使用する木材の比重を特定できる場合にはそれに従うことができる。

表 6.1 基準比重と対応樹種

グループ	樹 種	基準比重*
J1	べいまつ・くろまつ・あかまつ・からまつ・つが 等 (比重が0.50程度のもの)	0.42
J2	べいひ・べいつが・ひば・ひのき・もみ 等 (比重が0.44程度のもの)	0.37
J3	とどまつ・えぞまつ・べにまつ・スプルース・すき・べいすぎ 等 (比重が0.38程度のもの)	0.32

[注] *基準比重：樹種グループ内の気乾比重（含水率15%）の下限値

601.4 荷重角度（荷重と木材繊維のなす角度）

荷重角度は、1つの接合具に加わる力の合力方向と接合部材の繊維方向とのなす角度をいう。荷重角度が0°~90°の範囲の許容耐力は一般に(6.1)式により計算する。

$$P_{\theta} = \frac{P_{90} \cdot P_{00}}{P_{90} \sin^2 \theta + P_{00} \cos^2 \theta} \quad (6.1)$$

記号 P_{θ} ：角度 θ のときの許容耐力 (N)

P_{90} ：繊維方向の許容耐力 (N)

P_{00} ：繊維と直角方向の許容耐力 (N)

θ ：荷重角度（度）

601.5 接合具の配置間隔

(1) 接合具の間隔は接合具の中心間距離で表す。また、平行方向間隔および直角方向間隔として、図 6.1 のように部材の繊維方向または繊維と直角方向の距離を用いる。

(2) 接合具の配置間隔は、接合部に要求される耐力と靱性を発揮できるように十分大きくしなくてはならない。

(3) 縁距離および端距離は、接合具に要求される耐力と靱性を発揮できるように十分大きくしなくてはならない。

(a) 縁距離は接合具の中心から部材の最も近い縁までの距離とする。なお、縁距離には、作用する力の方向によって、荷重負担側縁距離 [図 6.1 (a) A] と荷重非負担側縁距離 [図 6.1 (a) B] の 2 種類がある。

(b) 端距離は接合具の中心から部材の端までの距離とする [図 6.1 (a) における C における C は荷重非負担側端距離で、荷重が逆向きの場合は荷重負担側端距離となる]。部材端が斜めに切断してある場合は、接合具の直径 (D) の 1/4 の距離をずらした点から端部までの距離とする。

(4) 接合具軸は、隣接する接合具の中心を結ぶ線とする。複数の接合具を一群とみなすことのできる場合の接合具軸は、接合具群の剛心を結ぶ線とする。

(5) 接合具軸角度は接合具軸と部材長軸とのなす角度を指す（ジベル接合にのみ適用）。

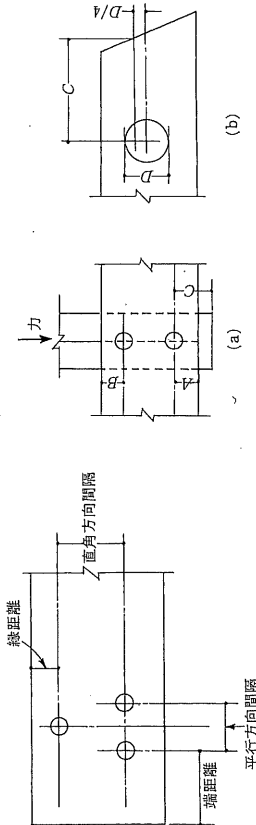


図 6.1 縁距離と端距離

602 曲げ降伏型接合具を用いた接合

602.1 一般事項

本節の規程は、木材と木材または木材と鋼板を緊結するボルト接合部、ドリフトピン接合部、ラグスクリーユー接合部、釘接合部および木ねじ接合部に適用する。木材と鋼板以外を組み合わせた接合については、各材料の強度特性、接合形状とメカニズムを勘案することにより、本節の規程により接合部の耐力が合理的に規定されたと判断される場合に限り、本節の規程を適用することができる。

接合部の設計に当たっては、接合部を構成する個々の単位接合部に作用する応力が、その単位接合部の設計用許容耐力を超えないようにするとともに、接合部 [全体] についても、これに作用する応力が、木材の割裂、せん断、引張り等による脆性的な破壊を考慮した設計用許容耐力を超えないように設計する。

(1) 単位接合部

(a) 基準許容せん断耐力と設計用許容せん断耐力

単独の接合具よりなるボルト接合部、ドリフトピン接合部、ラグスクリーユー接合部、釘接合部および木ねじ接合部における基準許容せん断耐力 (p_0) は (6.2) 式による。

$$p_0 = \min \left\{ \begin{array}{l} jK_0 \cdot p_y \\ jK_0 \cdot j \cdot K_m \cdot p_{90} \end{array} \right\} \quad (6.2)$$

記号 p_0 : 単位接合部の基準許容せん断耐力 (N)

p_y : 単位接合部の降伏せん断耐力 (N)

p_{90} : 単位接合部の終局せん断耐力 (N)

jK_0 : 基準係数。荷重継続期間影響係数の基準となる基準期間に対応させるための調整係数で接合部のクリープ破壊特性に基づき決定する。接合部のクリープ特性が木材のクリープ特性に依存する場合は、 $1/2$ とする。

jK_j : 安全係数。接合部の強度特性を勘案して決定する。通常は $2/3$ としてよい。

単独の接合具よりなるボルト接合部、ドリフトピン接合部、ラグスクリーユー接合部、釘接合部および木ねじ接合部における設計用許容せん断耐力 (p_d) は (6.3) 式による。

$$p_d = jK_d \cdot j \cdot K_m \cdot p_0 \quad (6.3)$$

記号 p_d : 単位接合部の設計用許容せん断耐力 (N)

p_0 : 単位接合部の基準許容せん断耐力 (N)

jK_d : 荷重継続期間影響係数

K_m : 含水率影響係数

jK_d および K_m は、「601.2 (1) 接合部の許容耐力と諸係数」による。

(b) 降伏せん断耐力

単位接合部の降伏せん断耐力 (p_y) は、(6.4) 式による。

$$p_y = C \cdot F_c \cdot d \cdot l \quad (6.4)$$

記号 p_y : 単位接合部の降伏せん断耐力 (N)

C : 接合形式とその破壊形式等によって定まる接合形式係数、次項 (c) 参照

F_c : 主材の基準支圧強度 (N/mm²)

d : 接合具径 (mm)

l : 主材厚 (mm)、主材に接する接合具の長さ主材厚よりも小さい場合は有効長さ

(c) 接合形式係数 C の値

接合形式係数 C の値は、接合形式 (図 6.3 (a) 参照) に応じて (i)~(v) の値をとる。ただし、式中の記号は次による。

a : 側材厚/主材厚 (t'/t)

t' : 側材厚 (mm)、側材に接する接合具の長さ側材厚よりも小さい場合は有効長さ

β : 側材と主材の支圧強度の比 (F'_c/F_c)

F_c および F'_c : 主材および側材の基準支圧強度 (表 6.2 参照) (N/mm²)

γ : 接合具の基準材料強度と主材の基準支圧強度の比 (F/F_c)

F : 接合具の基準材料強度 (N/mm²)。ただし、釘および木ねじ接合具については、「602.5 (2) (a) (ii)」表 6.9 および「602.6 (2) (a) (ii)」表 6.12 による。

表 6.2 木材の比重と基準支圧強度

グループ	樹種	基準比重	基準支圧強度 (N/mm ²)	
			繊維方向	繊維直角方向
J1	べいまつ・くろまつ・あかまつ・からまつ・つが 等 (比重が 0.50 程度のもの)	0.42	25.4	12.7
	べいひ・べいつが・ひば・ひのき・もみ 等 (比重が 0.44 程度のもの)			
J2	とどまつ・えぞまつ・べにまつ・スプルース・すき・べいすき 等 (比重が 0.38 程度のもの)	0.37	22.4	11.2
J3	とどまつ・えぞまつ・べにまつ・スプルース・すき・べいすき 等 (比重が 0.38 程度のもの)	0.32	19.4	9.7

[注] 1) 接合具の径 (d) は 26 mm 以下、径が 26 mm を越える場合は実験等により求める。
2) 釘と木ねじは荷重方向にかかわらず繊維方向の値をとる。
3) 荷重方向が繊維に傾斜する場合は、601.4 の (6.1) 式により求めることができる。

(i) 木材の主材および側材よりなる 2 面せん断接合の接合形式係数 C

次の 4 式のうち最小値をとる。モード I ~ IV は、図 6.3 (b) に対応する降伏モードを示す。

モード Ia : $2a\beta$

モード Ib : 1

$$\text{モード III} : \sqrt{\frac{8a^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{8\beta\gamma\left(\frac{d}{l}\right)^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{2a\beta}{2\beta+1} \quad (6.5)$$

$$\text{モード IV} : \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8\beta\gamma}{3(1+\beta)}}$$

(ii) 木材の主材および鋼板を添え板とする 2 面せん断接合の接合形式係数 C

次の 2 式のうち最小値をとる。モード I, IV は、図 6.3 (b) に対応する降伏モードを示す。

モード I : 1

$$\text{モード IV} : \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8}{3} \gamma} \quad (6.6)$$

(iii) 木材の主材の中央に鋼板を挿入した 2 面せん断接合の接合形式係数 C

次の 3 式のうち最小値をとる。モード I, III, IV は、図 6.3 (b) に対応する降伏モードを示す。

モード I : 1

$$\text{モード III} : \sqrt{2 + \frac{8}{3} \gamma \left(\frac{d}{l}\right)^2} - 1$$

$$\text{モード IV} : \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8}{3} \gamma} \quad (6.7)$$

(iv) 木材の主材および側材よりなる 1 面せん断接合の接合形式係数 C

次の 6 式のうち最小値をとる。モード I ~ IV は、図 6.3 (b) に対応する降伏モードを示す。

(3) ドリフトピンの配置

ドリフトピンの配置についてはせん断を受けるボルトの配置と同様に定めた。

繊維直角方向の荷重に対しては、縁距離、端距離を本規程に即して取った場合でも、終局耐力は木材の割裂で決まるので、本規程は許容せん断耐力を求めるうえでの最低限の規程であると考えられる。繊維直角方向の荷重に対する終局耐力は、縁距離、端距離のほか、主材厚（有効長さ）とドリフトピン径の比 (l/d) にも依存する。縁距離、端距離が変わる場合の荷重-変位曲線の変化を図 602.10 に示す²⁾。

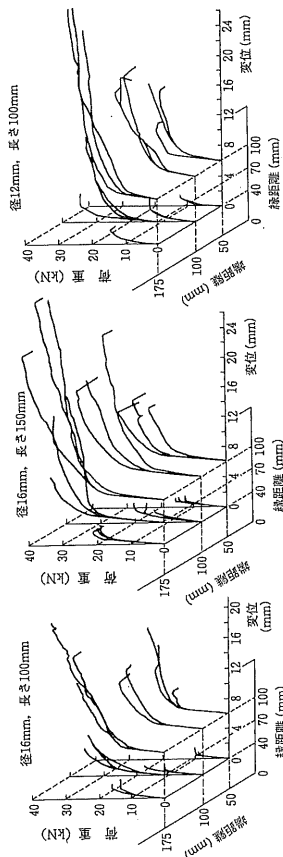


図 602.10 ドリフトピンの端距離・縁距離が荷重-変位曲線に及ぼす影響

(4) ドリフトピン接合の注意事項

ドリフトピン接合のせん断剛性（主材と側材の単位相対量に対するせん断力、初期剛性）については、弾性床上の梁の曲げ理論の適用が可能である。ドリフトピンの場合には、ピンと孔の径が同一でガタがないので、ボルト接合以上に同理論の適合性が高い。ただし、同理論の適用により与えられる剛性はあくまでも初期剛性であり、実際のドリフトピン接合の荷重変形関係では、短期許容耐力に達する以前に初期剛性で与えられる直線域を離れていることに注意されたい。

ドリフトピン接合では木材の乾燥により、接合部近傍に割れが生じたり、ドリフトピンの脱落などが生じたりしないよう注意する。

鋼板挿入型ドリフトピン接合の先孔のクリアランスに関しては、直径 15.5 mm（実測値）のドリフトピンを、スギ集成材に穴けた直径 14.5, 15.4, 15.9, 16.2 mm（実測値）の先孔に圧入する試験と繊維に直角方向のせん断試験の結果が報告されている²⁾。それによれば、直径 15.9 mm の先孔が圧入に最適で抜けにくかったが、最大耐力には先孔のクリアランスの影響が認められなかった。しかしながら、先孔径がドリフトピンの径より小さすぎると木材に有害な割れを生じるおそれがあるので注意を要する。

ドリフトピンを多数本用いた接合部の許容せん断耐力の低減に関しては、ボルト接合と同様の考慮をする。

1) 川元紀雄ほか：ドリフトピン接合部の繊維に直交する方向のせん断耐力（第 1 報）縁距離、端距離が最大荷重に及ぼす影響、木材学会誌、38、pp.37-45、1992
2) 遠矢良太郎ほか：ドリフトピン接合の先孔クリアランスと接合耐力-スギ集成材について、第 43 回日本木材学会大会研究発表要旨集、18、1993

602.4 ラグスクリュー接合

(1) ラグスクリューの品質

ラグスクリューは、材質および形状が規格化された一定の品質を有するものとする。材質は JIS G 3507 に規定される冷間圧造炭素鋼線材 SWRCH10R あるいはそれと同等以上の強度を有するものとする。

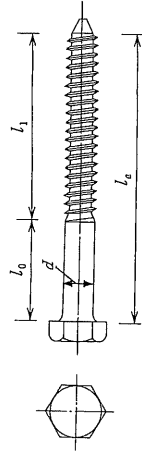
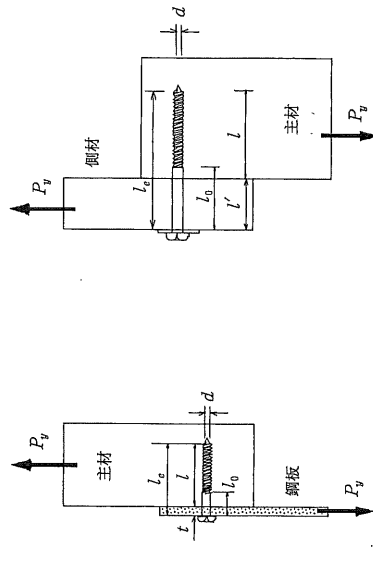


図 6.7 ラグスクリューの形状



(a) 鋼板を側材とする場合 (b) 木材を側材とする場合
図 6.8 ラグスクリューの接合形式

(2) 接合形式とラグスクリューの形状

ラグスクリュー接合の接合形式は、図 6.8 (a) および (b) とする。ラグスクリューの埋め込み有効長さ (l) は胴部直径 (d) の 8 倍以上とする。木材を側材とする場合、側材の厚さ (l') は、胴部直径 (d) の 3 倍以上とする。

(3) 座金および鋼板の厚さ

座金および鋼板の厚さは、「602.2 (1) (a)」表 6.4 と同じとする。

(4) 単位接合部の設計用許容せん断耐力

(a) 単位接合部

(i) 基準許容せん断耐力・設計用許容せん断耐力

単位ラグスクリュー接合部の基準許容せん断耐力は、「602.1 (1) (a)」(6.2) 式により、設計用許容せん断耐力は「602.1 (1) (a)」(6.3) 式により求める。「602.1 (1) (d)」に基づき、終局耐力 (ϕ_{u0}) を降伏耐力 (ϕ_y) から類推する場合は、単位ラグスクリュー接合部の設計用許容せん断耐力は (6.27) 式によることことができる。

$$p_a = \frac{1}{3} \cdot j \cdot K_d \cdot j \cdot K_m \cdot \tau_a \cdot p_v \quad (6.27)$$

記号 p_a : 単位ラグスクリュー接合部の設計用許容せん断耐力 (N)

p_v : 単位ラグスクリュー接合部の降伏せん断耐力 (N)

τ_a : 終局強度比, 「602.4 (4) (a) (iii)」による

$j \cdot K_d$: 荷重継続期間影響係数

$j \cdot K_m$: 含水率影響係数

$j \cdot K_d$ および $j \cdot K_m$ の値は「601.2 (1)」による。

(ii) 降伏せん断耐力

単位ラグスクリュー接合部における降伏せん断耐力 (p_v) の値は, 「602.1 (1) (b)」(6.4) 式による。この場合, (6.4) 式における (i) は, 図 6.8 における (i) とする。ラグスクリュー接合における降伏モードは, 「602.1 (1) (c) (iv) および (v)」とし, 接合形式係数 (C) の値は, (6.8) 式および (6.9) 式により求める。

木材を側材とする場合で, ラグスクリュー胴部の長さ (l_d) が, (2d + l') より小さい場合, 降伏せん断耐力を計算する際の径 (d) はスクリュー部の径とする。

(iii) 終局せん断耐力

単位ラグスクリュー接合部の終局せん断耐力 (p_u) は, 実験によるほか「602.1 (1) (d)」(6.10) 式における (τ_u) の値を鋼板添え板の場合は 1.1, 木材側材の場合は 1.0 として求める。

(iv) 剛性係数

単位ラグスクリュー接合部の剛性係数 (k_p) は「602.1 (1) (e)」(6.11) 式による。基準剛性係数 (k_{p0}) は, 実験, 理論または解析等により求める。

(v) クリープを考慮した変形

クリープを考慮した接合部の変形 (Δ_p) は, 「602.1 (1) (f)」(6.12) 式による。木材およびこれに類似するものをラグスクリューで緊結した接合部の C_{90} の値は, 木材と同様とすることができる。

(b) 接合部 [全体]

(ii) 基準許容せん断耐力・設計用許容せん断耐力

ラグスクリュー接合部における接合部 [全体] の基準許容せん断耐力 (P_p) は, 「602.1 (2) (a)」(6.13) 式により, 設計用許容せん断耐力 (P_d) は, 「602.1 (2) (b)」(6.14) 式により求める。木材またはこれと同等の性質を有する材料を接合する場合の設計用許容せん断耐力 (P_d) は, (6.28) 式によることができる。

$$P_d = \frac{1}{3} \cdot j \cdot K_d \cdot j \cdot K_m \cdot P_{p0} \quad (6.28)$$

記号 P_d : 設計用許容せん断耐力 (N)

P_{p0} : 基準終局せん断耐力 (N)

$j \cdot K_d$: 剛性係数, 「602.1 (2) (a)」表 6.3 による

$j \cdot K_d$: 荷重継続期間影響係数

$j \cdot K_m$: 含水率影響係数

ラグスクリュー接合部の接合種別は, 「602.1 (2) (a)」による。

(iii) 基準終局せん断耐力

ラグスクリュー接合部における基準終局せん断耐力 (P_{p0}) は, 実験, 理論または解析等により求めるほか, 「602.1 (2) (c)」(6.15) 式により求めることができる。ただし, 木材が割裂やせん断, 引張等により破壊しない場合, 複数のラグスクリューを用いて構成された接合部の基準終局せん断耐力は (6.29) 式により求めることができる。

$$P_{p0} = j \cdot K_d \cdot \tau_u \cdot p_u \quad (6.29)$$

記号 P_d : 木材が割裂やせん断, 引張り等により破壊しないと仮定した場合の接合部 [全体] の終局せん断耐力 (N)

p_d : 単位接合部の降伏せん断耐力 (N)

τ_u : 終局強度比, 「602.4 (4) (a) (iii)」による

n : ラグスクリュー本数

$j \cdot K_m$: ラグスクリュー本数に基づく耐力の低減係数, $j \cdot K_m$ の値は実験, 理論, または解析により求める。

(5) ラグスクリュー接合部におけるその他の注意事項

(a) ラグスクリューを木口に打ち込んだ場合のせん断耐力は側面打ちの場合の値の 2/3 とする。

(b) ラグスクリューの配置間隔, 縁距離および端距離等は同じ胴部径のドリフトピンに対する規程を適用する (602.3 (3) 表 6.8)。

(c) 胴部の先穴は胴部の径と同径とし, その長さも胴部と同寸とする。ねじ部の先穴は, 樹種グループ J1 で径の 60~75%, その他の樹種グループでは 40~70% とし, その長さは少なくともねじ部の長さと同じにする。

(d) ラグスクリューはその先穴にレンチなどで回しながら挿入する。ハンマーなどで打ち込んではいない。なお, 挿入を容易にするために適当な潤滑剤を用いてもよい。

(6) ラグスクリュー接合の引抜耐力

(a) 単位接合部

(i) ねじ部の単位長さ当たりの設計用許容引抜耐力

ラグスクリュー接合のねじ部の単位長さ当たりの設計用許容引抜耐力 (p_d) は, (6.30) 式による。

$$p_d = \frac{1}{3} \cdot j \cdot K_d \cdot j \cdot K_m \cdot P_{pr} \quad (6.30)$$

記号 p_d : ねじ部の単位長さ当たりの設計用許容引抜耐力 (N/mm)

P_{pr} : ねじ部の単位長さ当たりの終局引抜耐力 (N/mm)

$j \cdot K_d$: 荷重継続期間影響係数

$j \cdot K_m$: 含水率影響係数

$j \cdot K_d$ および $j \cdot K_m$ の値は「602.1 (2)」による。

なお, ラグスクリューのねじ谷部断面の応力度が, その材料の許容応力度を越えないことを確認する。

(ii) ねじ部の単位長さ当たりの終局引抜耐力

ラグスクリューのねじ部の単位長さ当たりの終局引抜耐力は (6.31) 式により求める。

$$P_{pr} = 17.7 \tau_u^{0.8} \cdot d \quad (6.31)$$

記号 P_{pr} : 単位長さ当たりの終局引抜耐力 (N/mm)

τ_u : 木材の基準比重 (601.3 表 6.1)

d : ラグスクリューの胴径 (mm)

(b) 接合部 [全体]

(i) 許容引抜耐力

接合部全体の許容引抜耐力を求める際には, 偏心モーメントにより端部の接合部に負担力が集中することを考慮し, 単位接合部の許容引抜耐力から計算される合計耐力を適切に低減する。

(ii) 終局引抜耐力

引抜に抵抗するラグスクリュー接合の接合種別は JC とする。

(c) ラグスクリュー接合の注意事項

(i) 構造耐力上主要な部分においてラグスクリューを引抜方向に抵抗させることはできるだけ避ける。やむを得ず使用する場合は, その耐力を側面打ちの 3/4 を越えない値とする。

(ii) せん断と引抜きを同時に受ける場合

荷重が木材の表面に対し, ある角度をもって作用し, ラグスクリュー接合がせん断と引抜きを同時に受ける場合, それをせん断と引抜きに分けて検討する。

602.4 ラグスクリュー-接合

(1) ラグスクリューの品質

ラグスクリューの形状などについては、製造者団体の規格、あるいはドイツの DIN 規格に準じたものとし〔図 6.7 参照〕、材質は JIS G 3507 に規定される冷間圧造用炭素鋼線材 SWRCH10R あるいはそれと同等以上の強度を有するものとする。

(2) 接合形式とラグスクリューの形状

これまでの基準では、ラグスクリュー-接合に用いることができる側材として、鋼板のみが規定されていた。しかし、今回の改定では、最近におけるラグスクリュー-接合の木造分野での急速な普及に伴う応用範囲の拡大と、北米などでは以前から木材の側材が認められていたという事実を勘案して、木材の側材も (6) の注意事項を十分遵守するという条件の下で、利用可能とした。

本文図 6.8 に本規準で対象とするラグスクリュー-接合の形態と各部の寸法の定義を示す。ラグスクリューの有効長さ l_e は胴部直径 d の 8 倍以上とする。木材を側材とする場合は、ラグスクリュー-胴部の長さ (l_0) は、原則として、側材長さ l' より若干長め ($l_0 \geq l'$) とする。もし l_0 が l' より小さい場合は、スクリュー部の谷径を d と見なし許容耐力を計算する。

(3) 座金および側材の寸法

鋼板を側材とする場合の鋼板の厚さは、「602.2 ボルト接合部」における表 6.4 における座金の厚さ以上とする。

木材を側材とする場合の側材厚さ l' は、以下の (6) で詳述する理由から、胴部直径を d として $l'/d \geq 3$ 以上とすることとする。また、胴部の長さ l_0 は側材厚さ l' を超える必要がある ($l_0 \geq l'$) が、満たされない場合は、ラグスクリューの谷径を直径 d と置いて、許容耐力の計算を行うこととする。座金の厚さは、「602.2 ボルト接合部」における表 6.4 における座金の厚さと同じとする。

(4) ラグスクリュー-接合の許容せん断耐力

これまで、ラグスクリュー-接合のせん断耐力は、主として徳田¹⁾の実験結果に基づき、許容耐力を求めてきた。すなわち、実験結果をもとに、ラグスクリューの母材への打ち込み長 l と軸径 d の比 l/d が 10 を超えると耐力は一定になることとし、また耐力は従来ボルト耐力式に慣用されていたように d の 2 乗に比例するとし、この仮定に基づいて l/d ごとに比重と最大耐力に関する回帰直線を求め、各種グループの比重分布 (正規、変動係数 10%) を仮定して、モンテカルロシミュレーションによってそれぞれの樹種グループの 5% 下限値を求めた。そして、この 5% 下限耐力と l/d 、比重との関係性を求め、最終的に 5% 下限耐力を下記の式で与えていた。

$$P_{0.05} = 24.5 \rho \cdot d \cdot l \quad (4 \leq l/d \leq 10)$$

$$P_{0.05} = 245 \rho \cdot d^2 \quad (l/d \geq 10)$$

そして、短期許容せん断耐力 P_a は安全率 2.0 を適用して $P_a = P_{0.05} \times 1/2$ として求められていた。これに対し、本改定版ではラグスクリュー-接合も曲げ降伏型接合員の一つであり、北米規格

1) 徳田通夫：ラグスクリュー-接合部のせん断耐力及び強度、木造化推進標準施工マニュアル作成等事業報告書 (3)、日本住宅木材技術センター、1987

NDS⁹⁾で採用されているように、ヨーロッパ型剛塑性理論 (EYPT 式) によって、その降伏耐力が推定可能であるという立場に立って、ラグスクリュー-接合のせん断降伏耐力を EYPT 式で計算する方式を採用した。

本規準では、本文図 6.8 の (a) に示す鋼板側材ラグスクリュー-接合の場合は、図 602.11 に示す 3 種類の降伏モードを想定し、また本文図 6.8 の (b) に示す木材側材の場合は、図 602.12 に示す 6 種類の降伏モードを想定して、それぞれのモードについての力の釣合条件から降伏耐力を求め

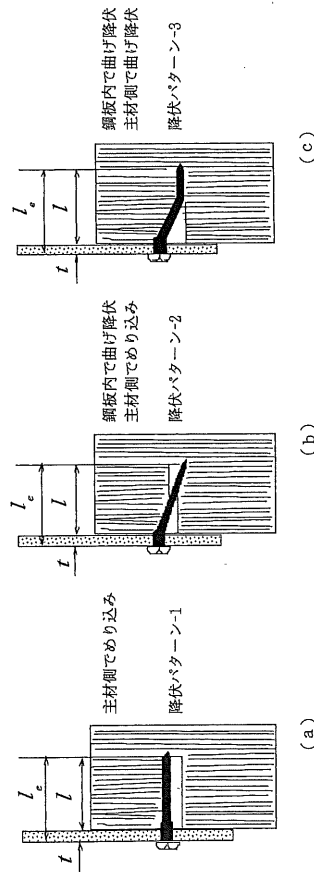


図 602.11 想定した降伏モード、鋼板側材ラグスクリュー-接合

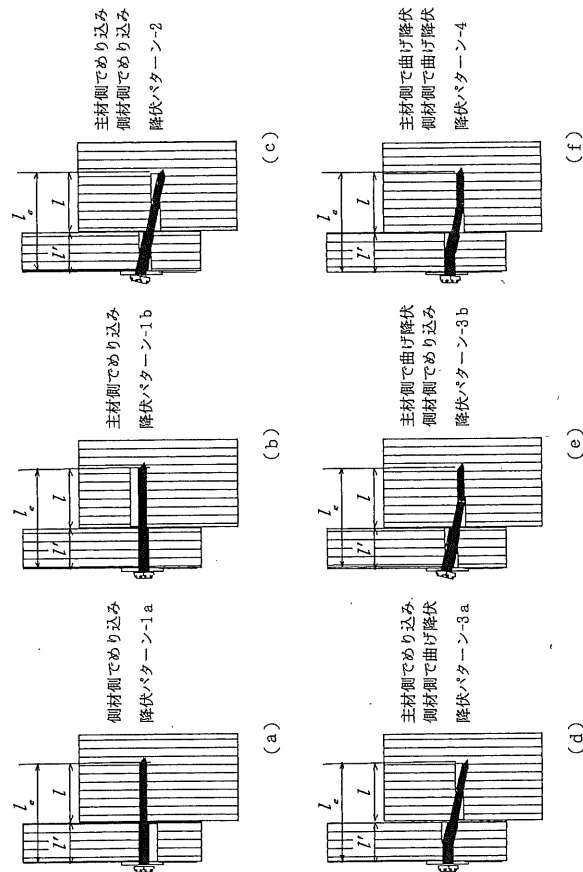


図 602.12 想定した降伏モード、木-木ラグスクリュー-接合の場合

1) National Forest Products Association: National Design Specification for Wood Construction, 1991 Edition, 1250 Connecticut Avenue, N. W. Washington, D. C. 20003

ている。

本規準では、ダボ型接合員のせん断降伏耐力を EYT 式で算定する場合、木材の基準支圧強度が、樹種グループ別に与えられているが、対象とする木材の比重もしくは密度の値が実験などによって、正確に把握されている場合には、密度と基準支圧強度に関する回帰式から支圧強度を求めることも可能である（602.1（1）解説参照）。

（5）ラグスクリュー接合の許容引抜耐力

ラグスクリュー接合の引抜耐力実験は、現在までのところ我が国では佐藤ら¹⁾によって行われたものだけである。そこで、本規準では、旧規準で決定された許容引抜耐力の算定式をそのまま踏襲した。なお、旧規準においては、比重・胴径と引抜耐力の回帰曲線を求め、ばらつきを考慮した係数として 3/4、安全率 2 を適用して許容耐力を導いている。

なお、ここに与えられている許容耐力は、側材が鋼板である場合に適用するもので、木材が側材の場合については適用できない。

（6）木材を側材とする場合の注意事項

我が国では、これまで木材を側材とするラグスクリュー接合を認めていなかった。その理由の一つは、我が国におけるラグスクリューの利用が集成材構造の接合分野からスタートし、多くの場合、鋼板を側材とする集成材接合部の範囲で利用されていたため、木材を側材とするラグスクリュー接合の必要性があまりなかったためと考えられる。しかし、ラグスクリューはボルトでは施工が困難な箇所でも、片面から現場施工ができるという利便性のため、現在では木造住宅の多くの分野において、その利用範囲が拡大している。住宅分野では、木材と木材を 1 面せん断接合する状況も考えられるので、本規準では、木材を側材とするラグスクリュー接合についても、考慮することとした。木材を側材とするラグスクリュー接合の場合、側材で割裂が発生しやすいことが想定される。しかし、我が国では、木材を側材としたラグスクリュー接合の実験例がほとんどないため^{2),3)}、この分野で実績のある北米の設計マニュアル⁴⁾で、木-木接合の許容応力度表から、木材の側材 l' とラグスクリューの胴部直径 d の比 l'/d がどの程度の範囲で使われているかを拾いだし、ヒストグラムとして表したのが図 602.13 である。

- 1) 佐藤雅敏：ラグボルトの強度特性（II）、引抜き耐力の評価、日本建築学会大会学術講演集録集録造系、1984
- 2) 池野貞二郎ほか：製材を側材とする多数本打ちラグスクリュー接合部のせん断耐力評価（その 1）実験方法と実験結果の概要、日本建築学会大会学術講演集録集録造系、pp. 87-88、2001
- 3) 小松幸平ほか：製材を側材とする多数本打ちラグスクリュー接合部のせん断耐力評価（その 2）ラグ本数と強度性能の関係並びに許容耐力の試算、日本建築学会大会学術講演集録集録造系、pp. 89-90、2001
- 4) Keith F. Faherty and Thomas G. Williamson：WOOD Engineering and Construction Handbook, Second Edition, 5.42-5.54, MacGraw-Hill, 1995

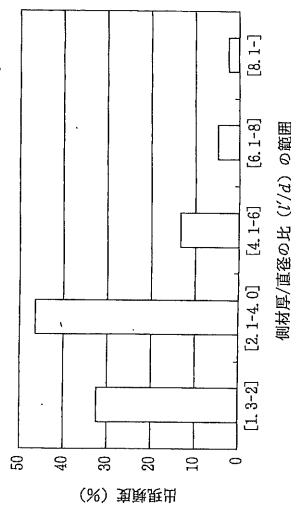


図 602.13 北米の設計マニュアル⁴⁾において、木-木一面ラグスクリュー接合部の許容耐力表に現れる木材側材 l' と胴部直径 d の比 l'/d の出現頻度

この図より、北米の設計マニュアルで考慮されている比 l'/d は 2~4 の範囲が最も多いと判断されたので、本規準ではこれを 3 と見なして、 $l'/d=3$ を一つの材厚/胴径比の条件とした。

（7）多列打ちによる耐力低減効果

木材を側材とし、ラグスクリューを多列打ちした場合は、1 本の場合に比べ一本当たりの耐力は減少する。図 602.14 はその一例を示す。 f_{A_k} は以下により精算することができる。図中に示したように、現在北米の NDS⁵⁾で使われている低減係数は実験の傾向を比較的正確に予測している。

この結果を根拠として、本規準でも、北米規格と同じ、Lantos の理論式⁶⁾に基づく多列本接合の

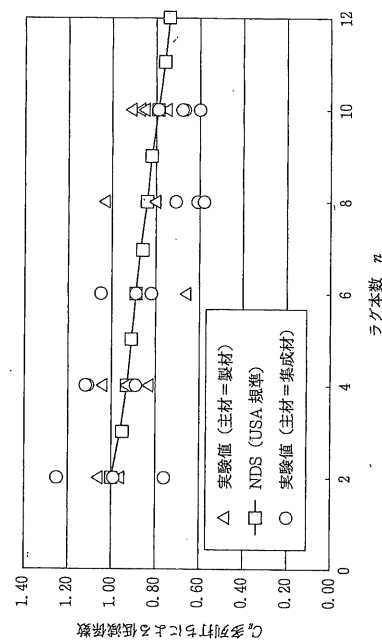


図 602.14 多列打ちによる耐力低減傾向⁵⁾

- 1) Keith F. Faherty and Thomas G. Williamson：WOOD Engineering and Construction Handbook, Second Edition, 5.42-5.54, MacGraw-Hill, 1995
- 2) National Forest Products Association：National Design Specification for Wood Construction, 1991 Edition, 1250 Connecticut Avenue, N. W. Washington, D. C. 2003
- 3) 小松幸平ほか：製材を側材とする多数本打ちラグスクリュー接合部のせん断耐力評価（その 2）ラグ本数と強度性能の関係並びに許容耐力の試算、日本建築学会大会学術講演集録集録造系、pp. 89-90、2001
- 4) G. Lantos：Load Distribution in a Row of Fasteners Subjected to Lateral Load, Wood Science, 1(3), pp. 129-136, 1969

— 264 — 木質構造設計標準 (解説)

場合の耐力低減式 (602. 4. 1) 式を適用することができる。
また、ラグスクリユーを多列本使用する場合は、必ず千鳥配置とする。相互間隔、縁距離、端距
離などの規定はボルトの規定に準ずる。

多列本打ちの場合の耐力低減係数

$$C_g = \left[\frac{m(1-m^{2n})}{n\{(1+R_{za} \cdot m^n)(1+m) - 1 + m^{2n}\}} \right] \left[\frac{1+R_{za}}{1-m} \right] \quad (602. 4. 1)$$

ここで、

$$R_{za} \text{ は } \frac{E_0 A_0}{E_i A_i} \text{ または } \frac{E_0 A_i}{E_i A_0} \text{ の小さい方}$$

$$m = u - \sqrt{u^2 - 1}$$

$$u = 1 + \frac{SK_g}{2} \left(\frac{1}{E_0 A_0} + \frac{1}{E_i A_i} \right)$$

ただし、 E_i 、 E_0 ：主材および側材のヤング係数 (N/mm²)

A_i 、 A_0 ：主材および側材の断面積 (mm²)

K_g ：接合具の剛性係数 (N/mm)

S ：接合具の間隔 (mm)

n ：接合具本数

(8) その他

- (a) ラグスクリユーを木口に打ち込んだ場合のせん断耐力は側面打ちの場合の値の2/3をとる。
- (b) ラグスクリユーの配置間隔、縁距離および端距離などは同じ胴部径のドリフトピンに対する規準を適用する。

(c) 座金の厚さと大きさは、同じ胴径のボルト接合部における規定値を用いる。

- (d) 胴部の先穴は胴部の径と同径とし、その長さも胴部と同寸とする。ねじ部の先穴は、樹種グループJ1でねじ径の60～75%、その他の樹種グループでは40～70%とし、その長さは少なくともねじ部の長さと同じにする。

(e) ラグスクリユーはその先穴にレンチなどで回しながら挿入する。ハンマーなどで打ち込みではならない。なお、挿入を容易にするために適当な潤滑剤を用いてもよい。

(7) ラグスクリユー接合の剛性係数

ラグスクリユー接合部の剛性係数 K_g は、側材厚さが無視できる鋼板を側材とする場合は、ナット部分を回転拘束条件、他端を自由端条件と置いた弾性床理論¹⁾による(602. 4. 2)式で計算可能である。なお、初期締め付け力による主材と側材間の摩擦抵抗があるため、計算された剛性より実際の初期剛性は高い場合が多い。

$$K_g = 4\Phi\lambda^3(EI)_s \tanh \lambda l_2 \quad (602. 4. 2)$$

ただし、

1) 小松幸平：集成材骨組み構造における接合の研究、木材学会誌、38(11)、pp. 975-984、1992

1) 澤田 総：一面せん断における釘着材のSLIP MODULUS K_s の誘導、北大木材加工学教室・研究資料、1975

$$\Phi = \frac{1+\tau q}{1+\tau^2}$$

$$\tau = \cos \lambda l_2 / \cosh \lambda l_2, \quad q = \sin \lambda l_2 / \sinh \lambda l_2$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k d}{4(EI)_s}}, \quad k: (\text{木材のめり込み剛性: N/mm}^3)$$

$$k_0 = E_0 / (31.6 + 10.9d) \quad (0 \text{ 度方向加力})$$

$$k_{90} = k_0 / 3.4 \quad (90 \text{ 度方向加力})$$

($EI)_s$ ：ラグスクリユーの曲げ剛性

E_0 ：主材のヤング係数

木材を側材とする場合も弾性床理論式で剛性係数を求めることができるが、側材側についても変形を計算しなければならぬため、算定式は(602. 4. 3)式のように、かなり複雑になる¹⁾。

$$K_s = 4\Phi\lambda^3(EI)_s \quad (602. 4. 3)$$

ただし、

$$\Phi = \frac{J_1 + \omega J_2}{K_1 + 2\omega K_{12} + \omega^2 K_2}$$

$$J_1 = \coth \lambda l_1 (1 + \tau_1 q_1) (1 - q_2^2), \quad J_2 = \coth \lambda l_2 (1 + \tau_2 q_2) (1 - q_1^2)$$

$$K_1 = \coth^2 \lambda l_1 \{ (1 + \tau_1^2) (1 - q_2^2) + \omega^2 (1 - \tau_1^2) (1 + q_2^2) \}$$

$$K_2 = \coth^2 \lambda l_2 \{ (1 - \tau_2^2) (1 + q_1^2) + \omega^2 (1 + \tau_2^2) (1 - q_1^2) \}$$

$$K_{12} = \coth \lambda l_1 \cdot \coth \lambda l_2 \{ (1 - \tau_1 q_1) (1 + \tau_2 q_2) + \omega^2 (1 + \tau_1) (1 - \tau_2 q_2) \}$$

$$q_1 = \frac{\sin \lambda l_1}{\sinh \lambda l_1}, \quad q_2 = \frac{\sin \lambda l_2}{\sinh \lambda l_2}$$

$$\omega = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}, \quad \tau_1 = \frac{\cos \lambda_1 l_1}{\cosh \lambda_1 l_1}, \quad \tau_2 = \frac{\cos \lambda_2 l_2}{\cosh \lambda_2 l_2}$$

ここに、添字1は側材、添字2は主材を表わす。

(8) 剛性係数に及ぼす長期荷重の影響

ラグスクリユー接合の剛性が長期荷重を受けてどのように変形するかという点に関しては実験データがなく、正確には分らない。しかし、木材のめり込み剛性 k が長期荷重の影響を受けて短期の1/2倍になると仮定すれば、上式からある程度の程度の推定は可能である。

別紙 6：比重及びヤング係数の実験結果資料



曲げスパン 810 mm 厚さ45mmの18倍

加力方式 3点曲げ中央集中荷重

曲げ強さ $\sigma_{max} = M/Z = ((P_{max} \cdot L)/4)/((bh^3)/12)$

$b = 140 \text{ mm}$
 $h = 45 \text{ mm}$
 $Z = 47,250 \text{ mm}^3$

$I = (bh^3/12) = 1,063,125 \text{ mm}^4$ $E = L^3/48I \times (\Delta P/\Delta \delta)$

最大荷重					
	(kN)	M(Nmm)	Z(mm ³)	σ_{max} (N/mm ²)	$\Delta P/\Delta \delta$ (N/mm)
A1	13.29	2,690,486	47,250	56.9	840
A2	10.83	2,192,873	47,250	46.4	756
A3	11.66	2,361,555	47,250	50.0	725
B1	9.95	2,014,268	47,250	42.6	678
B2	11.76	2,381,400	47,250	50.4	838
B3	12.64	2,560,005	47,250	54.2	901
平均				50.1	790
標準偏差				5.2	84
95%下限値				38.0	

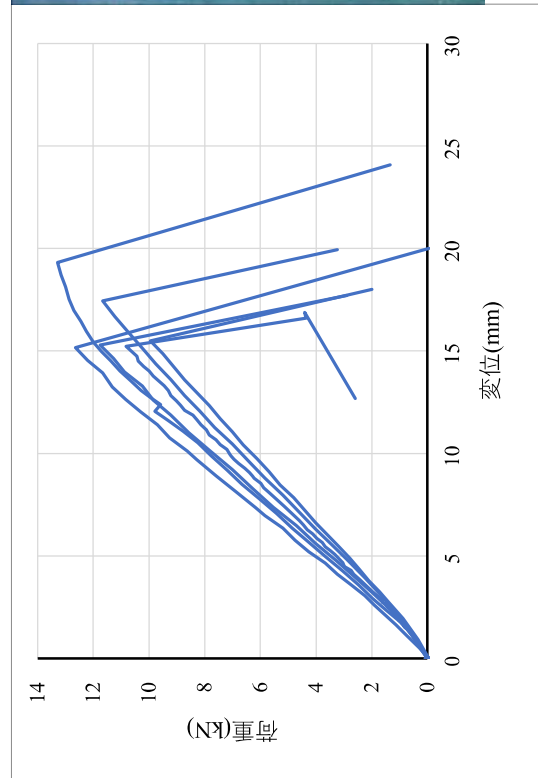


表 2.2 柱、梁部材の密度、含水率測定結果

試験体種類	試験体記号	部材	密度 ρ (kg/m ³)	高周波容量式 含水率 W (%)	全乾法 含水率 W (%)
端部加力 増し打ち	A1	柱-R	463	12.5	14.6
		柱-L	443	15.0	15.0
		梁	444	13.5	13.9
	A2	柱-R	431	13.5	15.5
		柱-L	436	13.0	14.4
		梁	439	13.0	14.1
	A3	柱-R	442	17.0	15.2
		柱-L	431	18.0	15.3
		梁	449	15.5	14.6
端部加力	B1	柱-R	445	17.5	14.8
		柱-L	455	18.5	15.2
		梁	435	15.0	14.2
	B2	柱-R	426	15.5	15.2
		柱-L	440	16.5	15.0
		梁	448	15.5	14.2
	B3	柱-R	437	15.0	15.8
		柱-L	429	17.0	14.9
		梁	471	13.5	13.9
中央加力	C1	柱-R	440	14.0	14.4
		柱-L	417	16.5	14.9
		梁	466	13.0	14.9
	C2	柱-R	449	15.5	16.1
		柱-L	446	18.0	15.3
		梁	462	15.0	13.2
	C3	柱-R	432	16.5	14.8
		柱-L	444	16.0	15.4
		梁	422	14.5	13.2
平均			442	15.3	14.7
標準偏差			13	1.7	0.7
変動係数(%)			3.0	11.2	4.8

備考 柱-R は、端部加力でのせん断破壊が生じた柱を示す。

密度は、質量を体積（公称断面、溝幅 5mm×深さ 10mm 考慮）で除して求めた。

高周波容量式含水率は、高周波容量式木材水分計（HM-520 ケツト科学研究所）を用いた。全乾法による含水率 W は、乾燥前の質量 w と全乾質量 w_0 を用い下式で求めた。

$$W = \frac{w - w_0}{w_0} \times 100$$

別紙 7：柱梁接合部の実験結果資料

4. 試験結果

4.1. 試験体仕様 A（増し打ち仕様）・梁端加力

試験体仕様 A（増し打ち仕様）・梁端加力の試験結果を表 4.1 に、荷重－変位曲線を図 4.1 に示す。なお図中の●は、初期損傷発生時を示す。また破壊状況を表 4.2 及び写真 4.1 に示す。

表 4.1 試験体仕様 A（増し打ち仕様）・梁端加力の試験結果

試験体記号	損傷発生時			最大荷重 $P_{sl, max}(kN)$
	荷重 P_{sl} (kN)	変位 $\delta_{sl}(mm)$	変位 $\delta_{s2}(mm)$	
A1	6.65	1.61	0.04	7.96
A2	6.90	2.19	0.02	6.90
A3	5.12	2.08	0.01	6.73
平均	6.22	1.96	0.02	7.20
標準偏差	0.96	0.31	0.02	0.67
95%下側許容限界	3.19	----	---	5.10

備考：信頼水準 75%の 95%下側許容限界は、式 5 により求めた。

変位の 95%下側許容限界は算出しない。

表 4.2 破壊状況

試験体記号	破壊状況
A1	最初に梁端コーチスクリュー打ち込み部（上段）の木部が 割裂により荷重低下 その後下側コーチスクリューが曲げ変形 上側 2 本のコーチスクリューは、変形が確認できなかった。 A1, A2, A3 試験体とも同様の破壊状況を示す。
A2	
A3	

4.2. 試験体仕様 B（標準仕様）・梁端加力

試験体仕様 B（標準仕様）・梁端加力の試験結果を表 4.3 に、荷重－変位曲線を図 4.2 に示す。
 なお図中の●は、初期損傷発生時を示す。また破壊状況を表 4.4 及び写真 4.2 に示す。

表 4.3 試験体仕様 B（標準仕様）・梁端加力の試験結果

試験体記号	損傷発生時			最大荷重 $P_{s1,max}(kN)$
	荷重 $P_{s1}(kN)$	変位 $\delta_{s1}(mm)$	変位 $\delta_{s2}(mm)$	
B1	7.49	4.93	0.11	8.76
B2	6.22	2.90	0.02	9.14
B3	7.24	2.59	0.07	9.69
平均	6.99	3.47	0.07	9.20
標準偏差	0.67	1.27	0.05	0.47
95%下側許容限界	4.87	—	—	7.73

備考：信頼水準 75%の 95%下側許容限界は、式 5 により求めた。

変位の 95%下側許容限界は算出しない。

表 4.4 破壊状況

試験体記号	破壊状況
B1	最初に梁端コーチスクリュー打ち込み部（上段）の木部が 割裂により荷重低下 その後下側コーチスクリューが曲げ変形 上側コーチスクリューは、変形が確認できなかった。 B1, B2, B3 試験体とも同様の破壊状況を示す。
B2	
B3	

4.3. 試験体仕様 C (標準仕様)・中央加力

試験体仕様 C (標準仕様)・中央加力の試験結果を表 4.5 に、荷重－変位曲線を図 4.3 に示す。
 なお図中せん断力 P_s －変位 δ_s で●は、初期損傷発生時を示す。また破壊状況を表 4.6 及び写真
 4.3 に示す。

表 4.5 試験体仕様 C (標準仕様)・中央加力の試験結果

試験体記号	損傷発生時			最大荷重 $P_{s, \max}(\text{kN})$	梁部材の ヤング率 E (N/mm^2)
	荷重 P_s (kN)	変位 $\delta_{s1}(\text{mm})$	変位 $\delta_{s2}(\text{mm})$		
C1	8.77	6.97	2.51	8.77	7,381
C2	8.43	4.36	0.99	8.80	6,583
C3	7.82	4.58	1.39	8.11	7,596
平均	8.34	5.30	1.63	8.56	7,187
標準偏差	0.48	1.45	0.79	0.39	534
95%下側 許容限界	6.81	---	---	7.33	---

備考：信頼水準 75%の 95%下側許容限界は、式 5 により求めた。

変位、ヤング率の下側許容限界は算出しない。

表 4.6 破壊状況

試験体記号	破壊状況
C1	最初に左右の梁端コーチスクリュー打ち込み部（上段）の 木部が割裂により荷重低下 その後下側コーチスクリューが曲げ変形 上側のコーチスクリューは、変形が確認できなかった。
C2	最初に片側の梁端コーチスクリュー打ち込み部（上段）の 木部が割裂により荷重低下 その後下側コーチスクリューが曲げ変形し最終的に割裂側の梁が せん断破壊した。（反対側 割裂破壊せず）
C3	最初に片側の梁端コーチスクリュー打ち込み部（上段）の 木部が割裂により荷重低下 その後下側コーチスクリューが曲げ変形し最終的に割裂側の梁が せん断破壊した。（反対側 割裂破壊せず、ボルト頭部局部せん断破壊）