

平成 14 ～ 15 年度重点領域特別研究「道産エンジニアードウッドの新たな利用技術の開発」

道産 形梁の軸組構法用施工マニュアル

- 技術資料編 -

北海道立林産試験場
北海道立北方建築総合研究所

道産 形梁の軸組構法用施工マニュアル
- 技術資料編 -

目次

1. 根太受け金物のせん断試験	1
2. 床組の面内せん断試験	4
3. 屋根組の面内せん断試験	8
4. 参考図書	11

本冊子は、「道産 形梁の軸組構法用施工マニュアル」を技術的に補完する「技術資料編」です。ここで示す実験データは、林産試験場と北方建築総合研究所が平成 14 ～ 15 年度重点領域特別研究「道産エンジニアードウッドの新たな利用技術の開発」において取り組んだ実験結果から抜粋したものです。

【本冊子に関するお問い合わせ】

北海道立林産試験場

〒 071-0198

旭川市西神楽 1 線 10 号

TEL：0166-75-4233（代表）

FAX：0166-75-3621

URL：<http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/>

1. 根太受け金物のせん断試験

1.1. 試験体

試験体の概要を表1に示す。根太受け金物は、道産 形梁専用開発したもので、(社)北海道住宅建築協会が試作した金型により製造され、鋼材には高耐食性溶融めっき鋼板（溶融亜鉛-6%アルミニウム-3%マグネシウム合金めっき鋼板）が使用されている。試験体は、取り付けの軸組の種類で土台用と床梁用、床根太の種類で63タイプと88タイプの計4タイプであった。試験体数は繰り返し加力用の本試験体を各6体とし、そのほかに単調加力用の予備試験体を各1体用意した。床根太の 形梁は長さ530mm、土台と床梁の構造用集成材（トドマツ、強度等級E95-F270）は長さ300～450mmとした。

表1 金物せん断試験の概要

金物タイプ(鋼板厚さ)		床根太	釘打ち		試験体数
			軸組へ	床根太へ	
土台用	IB-D63 (1.6mm)	63タイプ	ZN65×8本	ZN40×6本	6体
	IB-D88 (2.0mm)	88タイプ	ZN65×8本	ZN40×6本	6体
床梁用	IB-H63 (1.6mm)	63タイプ	ZN65×10本	ZN40×4本	6体
	IB-H88 (2.0mm)	88タイプ	ZN65×10本	ZN40×4本	6体

1.2. 試験方法

根太受け金物のせん断試験の様子を図1に示す。試験方法は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」(財団法人日本住宅・木材技術センター、平成14年6月発行、第2版)の接合部試験法に準じて行った。土台用正角材または床梁用平角材に金物を取り付け、そこに掛けた床根太に鋼板を介して加力し、接合部にせん断荷重を加えた。加力はインストロン型強度試験機(容量10tf)を用いて一方向繰り返しとした。繰り返しの履歴は、単調加力の予備試験結果から完全弾塑性モデル解析により得た降伏変位 δ_y の1/2, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16倍の順に繰り返した。変位は、床根太の梁せい中立軸上で金物から25mm離れた4か所で測定し平均値を求めた。変形速度は毎分5mmとし、荷重が最大荷重の8割に低下するまで加力を行った。



図1 金物せん断試験の様子

1.3. 破壊の様子

各タイプのせん断破壊の様子を図2に示す。土台タイプでは軸組へ打ち込んだ釘の引き抜け破壊，床梁タイプでは金物支持部での 形梁フランジのめり込み破壊が主な形態であった。

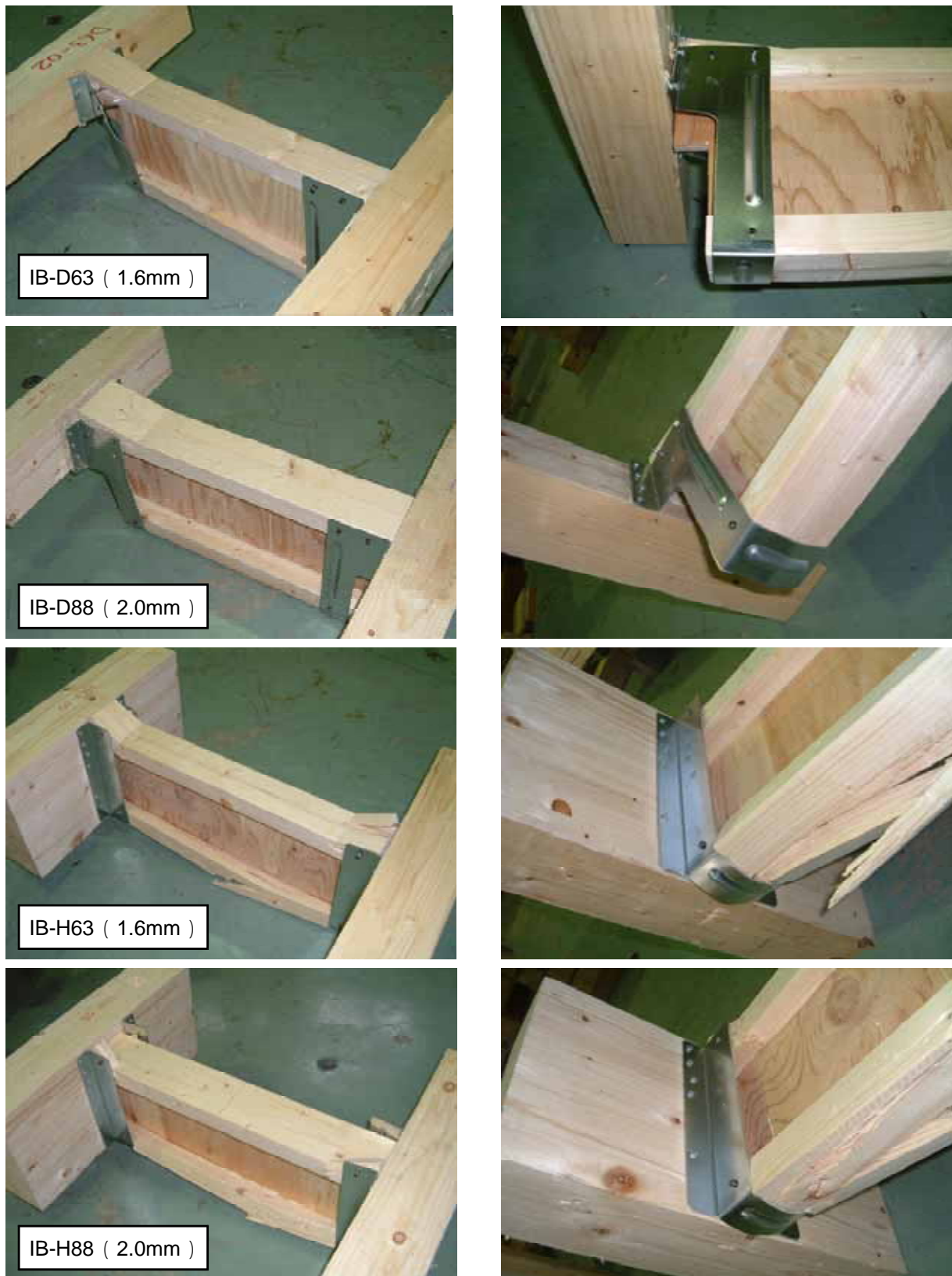


図2 各タイプの破壊の様子

1.4. 試験結果

接合部特性値の算出方法についても「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準拠した。試験で得られる荷重・変位曲線と完全弾塑性モデルにより算出された特性値の一例を図3に示す。

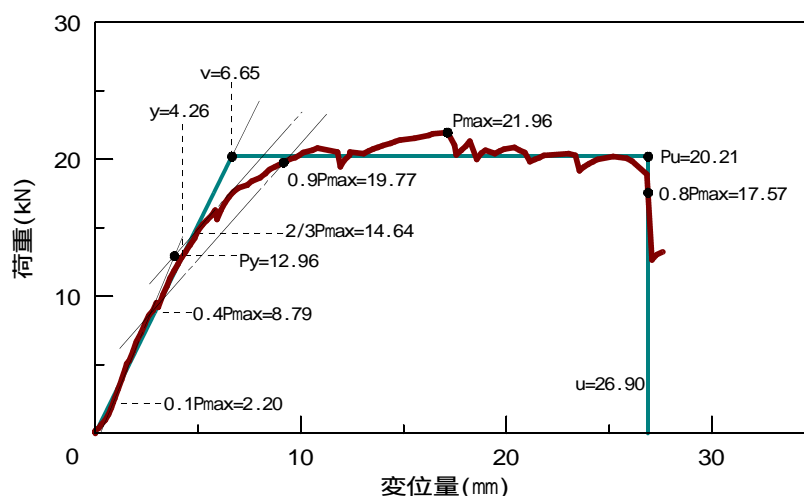


図3 荷重・変位曲線と特性値の一例 (IB-H63-04, 荷重は金物1個あたりの値)

各試験体で得られた特性値のうち、 $2/3P_{max}$ と降伏耐力 P_y について、それぞれの信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値 TL を次式により求めた。

$$TL = A_v \times (1 - CV) \times k$$

ただし、 A_v : 平均値 (kN)

CV : 変動係数

k : 下側許容限界を求めるための試験体数による定数 (6 体のとき $k=2.336$)

次に、 $2/3P_{max}$ と P_y の各 TL のうち小さい方の値を金物 1 個あたりの短期基準接合耐力 sP_t , その 1/2 を長期許容耐力 $L P_t$ とした。

また、床根太が制限スパン L_{sp} のときに金物 1 個に加わる設計荷重 P_{sp} を次式により求めた。

$$P_{sp} = L_{sp} \times W \times p$$

ただし、 W : 住宅居室床の強度用設計荷重 (固定荷重 550 + 積載荷重 1800) = 2350N/m²

p : 床根太間隔 = 0.455m

計算結果を表2に示す。その結果、長期許容耐力 $L P_t$ が設計荷重 P_{sp} を上回り、根太受け金物が床根太の負担荷重を支持するのに十分な耐力を持つことが確かめられた。

表2 金物せん断試験の結果

タイプ	$2/3P_{max}$		P_y		sP_t (kN)	$L P_t$ (kN)	L_{sp} (m)	P_{sp} (kN)
	A_v (kN)	TL(kN)	A_v (kN)	TL(kN)				
IB-D63	11.18	8.27	10.18	6.74	6.74	3.37	4.11	2.20
IB-D88	11.35	9.53	11.05	8.72	8.72	4.36	4.60	2.46
IB-H63	15.10	13.25	13.25	10.94	10.94	5.47	4.11	2.20
IB-H88	14.58	12.87	13.82	9.89	9.89	4.94	4.60	2.46

A_v は平均値、TL は信頼水準 75% の 95% 下側許容限界値、 L_{sp} は床根太間隔 455mm の制限スパンである。枠組壁工法用接合金物 (Cマ - ク表示金物) の長期許容耐力 $L P_t$ は、受け梁の樹種が SPF の場合、JH210 で 2.71kN、BH2-210 で 3.38kN、BH2-212 で 5.88kN である。

2. 床組の面内せん断試験

道産 形梁を軸組構法の2階床組に床根太として使用する場合、床梁に受け金物で床根太を取り付け、構造用面材によって一体化する床組構成が最も実務的であるが、床梁の梁せいによっては床根太と干渉して火打材を取り付けられないおそれがある。火打材は、建築基準法施行令第46条第3項によれば「床組には必ず設けなければならないが、構造計算によって構造耐力上の安全を確認できれば省略可能」である。住宅金融公庫（以下、公庫）の木造住宅工事共通仕様書で「構造用面材によって床組を一体化した剛床仕様では、90×90mmの木製火打材を用いた床組と同等以上の性能を有するため火打材を省略できる」と記されており、形梁を用いた床組でも構造耐力上の安全を確かめる必要がある。

また、品確法の性能表示制度を適用する場合には、構造の安定に関する性能評価において、耐震等級2以上、耐風等級2を得るために、2階床組の床倍率をチェックする必要がある（1階床組ではチェック不要）、床組のせん断性能を把握する必要がある。

そこで、道産 形梁を用いた2階床組の面内せん断試験を行うこととした。

2.1. 試験体

床組試験体は、床梁と床根太の上端を揃えたAタイプ（図4）、バリアフリー住宅の和室対応として床梁から床根太を豊厚50mm分下げたBタイプ（図5）の2種類を基本形とし、試験体数は各3体とした。また、Aタイプにおいて床梁の強度等級や梁せい、面材厚さ、床根太の種類、受け材の有無などをパラメータとしたA1～A5タイプ、Bタイプにおいて施工誤差を想定して面材と床梁の間に5mmのクリアランスを設けたB1タイプ、一般的な二つ割り根太を用いた剛床仕様のCタイプ（図6）を設定し、各1体用意した。試験体の概要を表3に示す。

表3 試験体の概要

試験体名	試験体数	根太位置	床梁等級	床梁せい	面材厚	受け材	根太種類
A	3	フラット	E105	240	12	有	88タイプ
A1	1	"	<u>E95</u>	"	"	"	"
A2	1	"	"	<u>150</u>	"	"	"
A3	1	"	"	240	<u>15</u>	"	"
A4	1	"	"	"	12	無	"
A5	1	"	"	"	"	有	<u>63タイプ</u>
B	3	<u>-50mm</u>	E105	240	12	有	88タイプ
B1	1	"	<u>E95</u>	"	" (クリアランス)	"	"
C	1	フラット	"	"	12	"	<u>二つ割り</u>

床梁にはトドマツ構造用集成材（強度等級E95またはE105）、面材にはカラマツ構造用合板（面材厚さ12mmまたは15mm、特類2級）、合板受け材にはトドマツのツーバイフォー製材、根太受け金物には枠組壁工法用金物（SIMPSON社製）を用いた。

床梁接合部は大入れほぞ掛けと羽子板ボルト（SB・F）とし、根太受け金物は床梁に6本のZN90で固定した。床根太は、スペーサを付けて根太受け金物に落とし込み、6本のZN65で固定した。合板受け材は、隣接する各床根太に2本のN75で固定した。構造用合板は、表層の繊維方向を床根太と直交させて千鳥に張り、外周部と中間部ともにN50を間隔150mmで平

打ちした。Bタイプでは、外周床梁内側にも合板受け材を取り付け、CN90を170mm間隔で平打ちした。Cタイプでは、小梁を1本配置し、二つ割り根太を落とし込んだ。

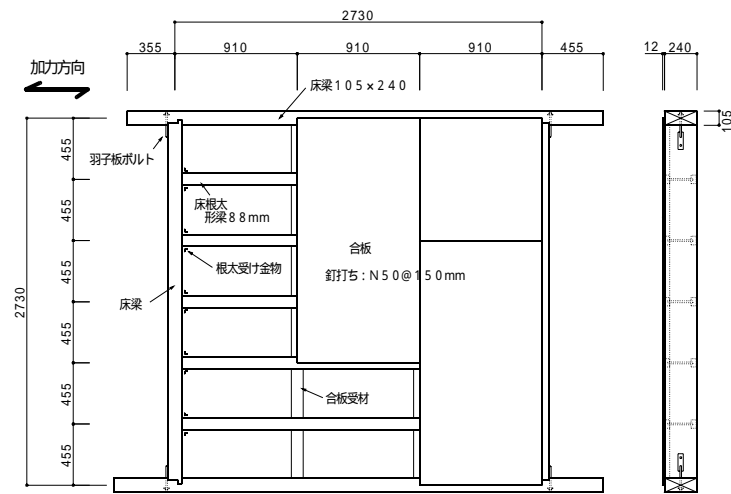


図4 床組試験体(Aタイプ)

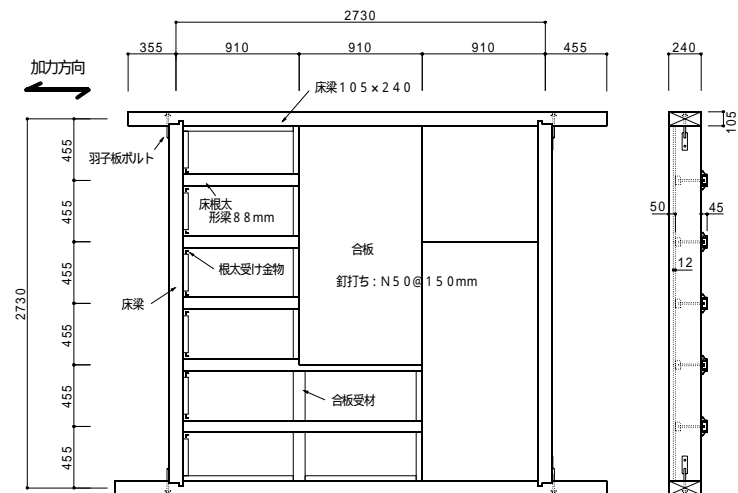


図5 床組試験体(Bタイプ)

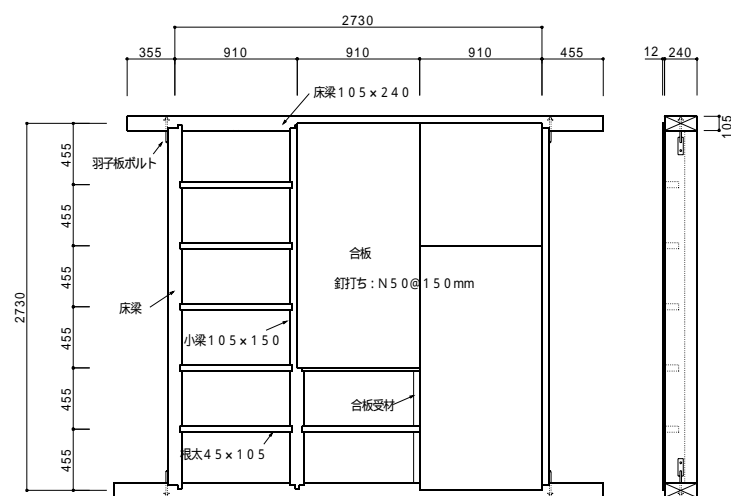


図6 床組試験体(Cタイプ)

2. 2. 試験方法

面内せん断試験の試験方法を図7に示す。試験方法は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に示されている床倍率を算定するための水平構面の面内せん断試験に準じて行い、JIS に準じたタイロッド式とした。加力は、繰り返し荷重試験機（能力 10tf）を用いて正負交番繰り返しとした。繰り返し加力は、真のせん断変形角が 1/600, 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50rad の正負変形時とした。加力は、最大荷重の 80%に低下するまで、または 1/15rad に変形するまで行った。加力する上部床梁の梁せいが 240mm と大きいため、加力梁として 105mm の正角材をボルトと丸座金で取り付けた。上部床梁の水平変位 H1 の計測は、ポテンショメータ式変位変換器（精度 1/10mm）を用いて行い、下部梁の水平変位 H2、左右床梁の鉛直変位 V1 および V2 の計測は、ひずみゲージ式変位変換器（精度 1/100mm）を用いて行った。



図7 面内せん断試験の様子

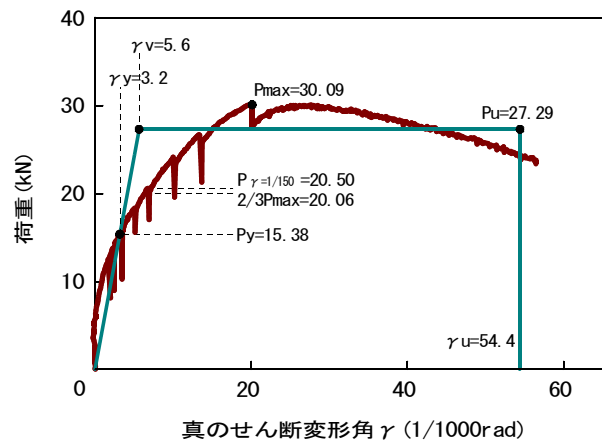


図8 荷重-変形角曲線と特性値の一例

2. 3. 評価方法

床組特性値の評価方法についても「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準拠した。試験で得られる荷重-変形角曲線と完全弾塑性モデルにより算出された特性値の一例を図8に示す。今回、各試験体数は3または1体と少ないため、暫定的な床倍率は以下のように求めた。

①試験で得られた荷重-変形角曲線の包絡線から、最大荷重 P_{max} (kN), 特定変形時（タイロッド式では $\gamma=1/150rad$ ）の耐力 P_{150} (kN), 降伏耐力 P_y (kN), 降伏変形角 γ_y (rad), 終局耐力 P_u (kN), 終局変形角 γ_u (rad), 降伏点変形角 γ_v (rad), 塑性率 μ ($=\gamma_u/\gamma_v$), 構造特性係数 D_s ($=1/(2\mu-1)^{0.5}$) を算出する。

② P_y , $2/3P_{max}$, P_{150} , $0.2P_u/D_s$ の4パラメータの各平均値と変動係数を用いて、次式により暫定床倍率を算出し、そのうちの最小値を選択する。

$$\text{暫定床倍率} = A_v \times (1 - CV \times k) \times \alpha / (1.96 \times L)$$

ただし、 A_v : 4パラメータの各平均値 (kN)

CV : 4パラメータの各変動係数 (既存データをもとに一律 0.2 とした)

k : 信頼水準 75%の 50%下側許容限界値を求めるための定数 (3体のとき $k=0.471$)

α : 構成材料の耐久性, 使用環境, 施工性など考慮した低減係数 (1.0 とした)

1.96: 床倍率 1.0 を算定する数値 (kN/m)

L : 床の有効長さ (本試験では 2.73m)

2. 4. 破壊形態

A タイプでは、面材釘の接合部がせん断変形して合板がずれて、最終的に釘が軸組から引き抜けて合板が離脱した（図9）。

B タイプでは、最初は面材釘によりせん断力に抵抗するが、徐々に合板と床梁とのクリアランスがなくなると、合板が圧縮筋かい効果を発揮するようになり、圧縮側の隅角部の合板が図10のように面外に座屈して荷重が低下した。

A1（床梁等級 E95）、A2（床梁せい 150mm）、A5（I形梁 63mm）では、荷重と変形の関係と破壊形態が類似し、主に釘が引き抜けて外周部の面材がはがれた。

A3（合板厚さ 15mm）では、破壊形態は A1 と同様だが、最大荷重後の荷重低下が急であった。合板が 3mm 厚くなっても釘の打ち込み深さが減少し、釘のせん断性能と引き抜け抵抗が低下したためである。

A4（受け材無し）では、A1 に比べて初期剛性や最大荷重が低く、受け材の有無がせん断性能に与える影響は大きかった。外周部面材はあまりはがれなかった。

C タイプ（公庫剛床仕様）は、A1 とほぼ同様の破壊形態を示した。

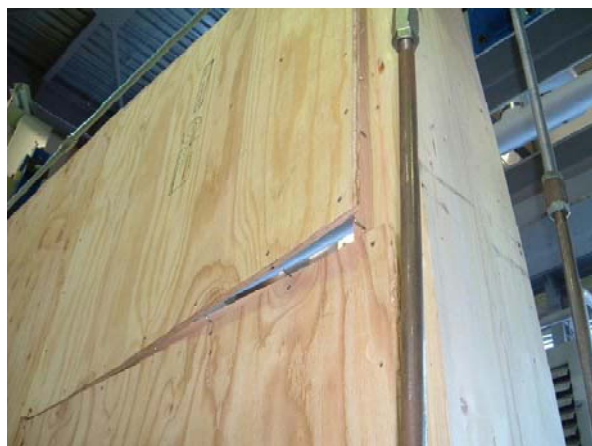


図9 合板の離脱(Aタイプ)



図10 合板の面外座屈(Bタイプ)

2. 5. 結果と考察

せん断耐力の計算結果を表4に示す。

I形梁と床梁をフラットにして面材を張る床組（Aタイプ）では床倍率が2.6となり、公庫剛床仕様（Cタイプ）の2.5とほぼ同等となった。なお、品確法の床倍率では同様の床組仕様で1.4と設定されているが、これは、床根太上の面材釘のみ（川の字配列）を対象としており、また、使用環境や施工性などを考慮して低減しているなど、かなり安全側の値と考えられる。A5（I形梁 63mm）の床倍率はA1とほぼ同等で、床根太の種類の影響は少なかった。A2（床梁せい 150mm）とA3（面材厚さ 15mm）の床倍率はA1よりやや低く、軸組フレームと釘の打ち込み深さの影響が認められた。A4（受け材無し）の床倍率はA1より3割ほど低く、受け材の有無の影響が大きいことが示された。

I形梁を床梁から50mm落として面材を張る仕様（Bタイプ）では、面材釘のせん断性能に加えて合板のめり込みと面外曲げ性能も寄与するようになり、床倍率は3.2と高かった。面材と床梁との間に施工誤差として5mmのクリアランスを設けた場合でも3.0となった。

表4 床組せん断試験の結果

タイプ	K	P_{max}	P_u	D_s	P_y	P_{150}	$2/3P_{max}$	$0.2P_u/D_s$	床倍率
A	4.53	30.2	27.5	0.232	<u>15.3</u>	20.1	20.1	23.7	2.6
A1	6.14	31.3	28.4	0.202	<u>16.0</u>	21.6	20.9	28.1	2.7
A2	4.67	28.1	25.6	0.225	<u>14.9</u>	19.4	18.7	22.7	2.5
A3	5.21	28.3	24.8	0.253	<u>14.5</u>	20.4	18.8	19.6	2.4
A4	2.71	22.3	20.0	0.252	<u>10.8</u>	13.1	14.9	15.8	1.8
A5	4.19	30.5	27.9	0.248	<u>16.4</u>	20.5	20.3	22.5	2.8
B	3.52	45.9	40.5	0.441	23.2	23.4	30.6	<u>18.6</u>	3.2
B1	2.85	41.0	35.6	0.345	<u>17.8</u>	18.3	27.3	20.6	3.0
C	4.92	28.2	25.1	0.229	<u>14.9</u>	19.5	18.8	21.9	2.5

K (10^3 kN/rad): 剛性, P_{max} (kN): 最大荷重, P_u (kN): 終局耐力, D_s : 構造特性係数, P_y (kN): 降伏耐力, P_{150} (kN): 真のせん断変形角が $1/150$ rad 時の耐力。A および B タイプは 3 体の平均値, そのほかは各 1 体の値。下線部は暫定床倍率を決定したパラメータ値。

3. 屋根組の面内せん断試験

道産 形梁を軸組構法の屋根たるきとして使用する場合, 軒桁や棟木に載せることになる。建築基準法施工令第 46 条第 3 項によれば, 小屋梁には火打材, 小屋組には振れ止めを必ず設けなければならないが, 道産 形梁を利用する場合でもそれらを設ける妨げにはならず, 法令上, 構造耐力上の安全を確かめる必要はない。しかし, 品確法の性能表示制度を導入する場合は, 屋根組の床倍率が必要となるため, 屋根組の面内せん断試験を行うこととした。

3.1. 屋根組試験体

屋根組試験体は, 棟木と軒桁の上にとるき 形梁を転ばして載せる方法とした (E タイプ, 図11)。比較のため, E タイプにおいてとるき方向, 受け材の有無, ころび止めやとるきの種類をパラメータとした E1 ~ E5 タイプ, 一般的な二つ割りとるきを用いた在来仕様の F タイプ (図12) を各 1 体用意した。なお, E3 および E4 タイプ (図13と図14) は, 屋根組内部の一部あるいは全体を通気層とする工法を想定したものである。試験体の概要を表5に示す。

表5 試験体の概要

タイプ	試験体数	とるき方向	受け材	ころび止め	とるき種類
E	1	直交	有	42 タイプ	63 タイプ
E1	1	<u>平行</u>	"	"	"
E2	1	直交	無	"	"
E3	1	"	"	<u>208 材</u>	"
E4	1	"	"	<u>206 材</u>	"
E5	1	"	有	42 タイプ	<u>42 タイプ</u>
F	1	直交	有	<u>二つ割り</u>	<u>二つ割り</u>

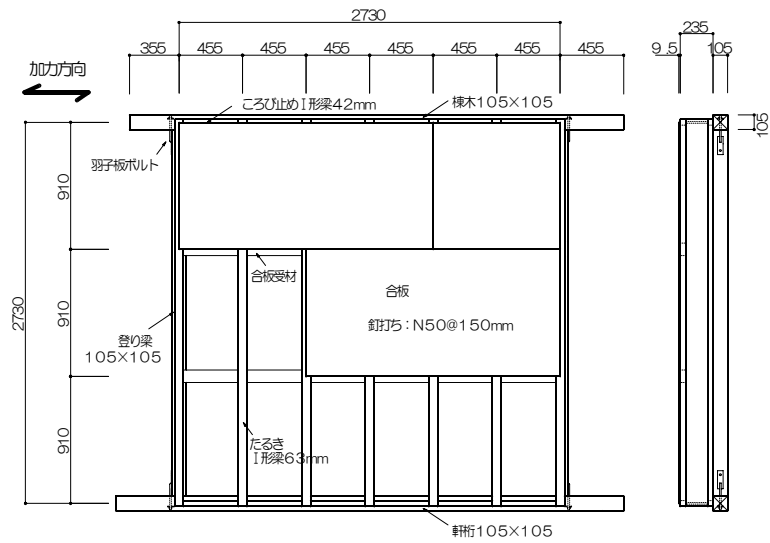


図11 屋根組試験体(Eタイプ)

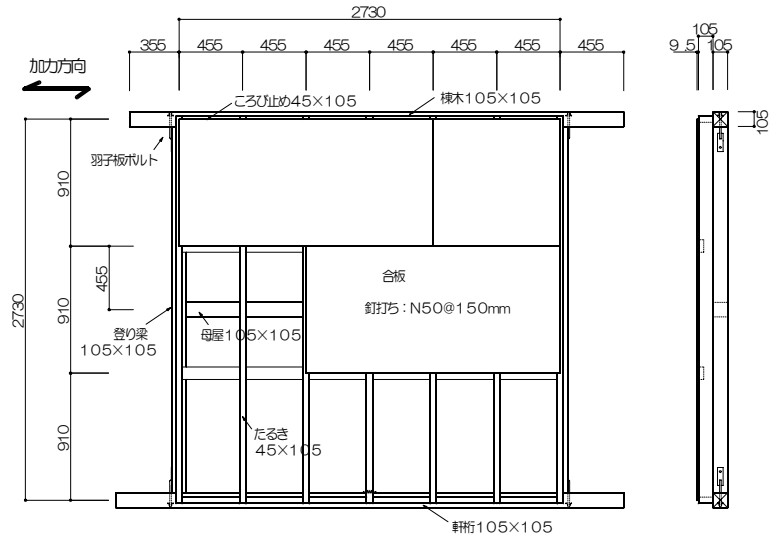


図12 屋根組試験体(Fタイプ)



図13 E3タイプのころび止め



図14 E4タイプのころび止め

軸組にはトドマツ構造用集成材（強度等級 E95）、面材にはカラマツ構造用合板（面材厚さ 9mm，特類 2 級），合板受け材にはトドマツのツーバイフォー製材を用いた。

軸組接合部は大入れほぞ掛けと羽子板ボルト (SB・F) とした。たるき端部と軸組の固定は、Eタイプでは棟木と軒桁に N90 を 2 本平打ち、Fタイプでは棟木、軒桁、母屋に N75 を 2 本斜め打ちとした。いずれのタイプでも登り梁は、たるきと釘打ちせずに棟木と軒桁を連結するための部材とした。ころび止めの固定は、下部フランジから棟木と軒桁に N75 を 4 本平打ち、上部フランジから隣接する各たるきに N75 を 1 本斜め打ちとした。合板受け材の釘打ちは、隣接する各たるきに N75 を 2 本斜め打ちとした。構造用合板は表層の繊維方向をたるきと直交させて千鳥に張り、外周部と中間部ともに N50 を 150mm 間隔で平打ちした。

3. 2. 試験方法と評価方法

試験方法および評価方法は床組のせん断試験と同様とした。

3. 3. 破壊形態

Eタイプでは、たるきの I 形梁が鉛直方向にずれてころび止めが転倒し、端部の N90 が完全に引き抜けたが、面材のズレおよび面材釘のダメージは小さかった (図15)。Fタイプ (在来構法) は、E とほぼ同様の破壊形態であったが (図16)、軸組への釘打ちが弱いため、E より最大荷重が低かった。E2タイプでは、E よりもたるき端部のズレところび止めの転倒が少なかったが、面材のズレと面材釘のダメージが大きかった。E3タイプでは、スパーサに拘束されないウェブ部分で曲げ破壊した (図17)。E4タイプでは、たるき支点部の釘が引き抜けて軸組から離脱した (図18)。E5タイプは、E とほぼ同様の破壊形態であったが、たるきのねじれ剛性が低いために面材のズレはEより小さかった。



図15 たるきのズレ(Eタイプ)



図16 たるきのズレ(Fタイプ)



図17 ウェブの曲げ破壊(E3タイプ)



図18 たるきの離脱(E4タイプ)

3.4. 結果と考察

せん断耐力の計算結果を表6に示す。

形梁をたるきに用いて面材を張る屋根組（Eタイプ）では床倍率が1.7となり、在来屋根組（Fタイプ）の1.3より3割ほど高かった。なお、品確法の床倍率では同様の屋根組仕様（勾配3寸以下）で0.7と設定されているが、たるき上の面材釘のみ（川の字配列）を対象としており、また、使用環境や施工性を考慮して低減しているなど、かなり安全側の値と考えられる。Fタイプを3寸勾配（16.7°）としても床倍率は $1.2 (= 1.3 \times \cos 16.7^\circ)$ で設定値を大きく上回った。

E1（たるき方向が平行）はEよりも床倍率がやや高かった。E2（受け材無し）はEより1割ほど低く、E3（ころび止め208材）はEより3割ほど低く、E4（ころび止め206材）では4割も低かった。E5（形梁42mm）は、Eより1割低かった。

以上の結果から、形梁をたるきに用いると軸組との釘打ちが強固となり、せん断性能の向上が確かめられた。なお、せん断性能は、受け材の省略や42タイプによってやや低下し、面材釘打ちを川の字配列に、ころび止めを軸組に固定しないと大きく低下した。

表6 屋根組せん断試験の結果

タイプ	K	P_{max}	P_u	D_s	P_y	P_{150}	$2/3P_{max}$	$0.2P_u/D_s$	床倍率
E	1.52	16.5	14.6	0.269	10.0	<u>10.0</u>	11.0	10.9	1.7
E1	1.90	19.0	16.6	0.307	11.1	11.7	12.7	<u>10.8</u>	1.8
E2	1.18	16.9	14.7	0.317	9.7	<u>9.0</u>	11.3	9.3	1.5
E3	0.98	14.1	13.0	0.323	8.1	<u>7.2</u>	9.4	8.0	1.2
E4	1.24	9.7	8.8	0.273	<u>5.8</u>	6.8	6.5	6.5	1.0
E5	1.41	13.9	12.4	0.264	<u>8.9</u>	9.2	9.3	9.4	1.5
F	2.19	14.1	13.0	0.213	<u>7.7</u>	10.3	9.4	12.2	1.3

K (10^3 kN/rad): 剛性, P_{max} (kN): 最大荷重, P_u (kN): 終局耐力, D_s : 構造特性係数, P_y (kN): 降伏耐力, P_{150} (kN): 真のせん断変形角が $1/150$ rad 時の耐力。下線部は暫定床倍率を決定したパラメータ値。

4. 参考図書

- (財)住宅金融普及協会:「木造住宅工事共通仕様書 平成15年度版」, 2003.
- (財)住宅金融普及協会:「枠組壁工法住宅工事共通仕様書 平成15年度版」, 2003.
- (財)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」, 2002.
- (社)日本建築学会:「木質構造設計規準・同解説 - 許容応力度・許容耐力設計法 - 」, 2002.
- 北海道立林産試験場・北方建築総合研究所:「平成15年度重点領域特別研究報告書 道産エンジニアードウッドの新たな利用技術の開発」, 2004.

道産 形梁の軸組構法用施工マニュアル - 技術資料編 -

編 集：北海道立林産試験場

北海道立北方建築総合研究所

発 行：北海道立林産試験場

〒 071-0198

旭川市西神楽 1 線 10 号

TEL：0166-75-4233 FAX：0166-75-3621

<http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/>

発行日：2005 年 1 月
