

製材品等の高付加価値化技術の開発

—地域材を利用した床構面の開発—

藤田 和彦・石井 利典

藤田和彦・石井利典：製材品等の高付加価値化技術の開発—地域材を利用した床構面の開発—，広島県林技セ研報36：7～15，2004．太田川流域スギ・ヒノキ材を活用した床構面（スギラチス，ヒノキラチス，スギパネルタイプ）を開発し，従来タイプも含めて，その強度性能評価を行った。その結果，次のような性能が明らかになった。なお，床倍率は各種類とも1体であるため，推定値である。

- 1) 従来タイプは初期の変形も小さく，靱性があり床倍率は2.5であった。
- 2) ラチスタイプは，初期の変形は大きいものの，靱性があることが分かった。床倍率1.1であり，スギ板＋火打ちと同等であった。
- 3) スギパネルタイプは，スギパネルをコースレッドで止めつけただけの構造であるが，構造用合板12mm以上，根太@340以下，転ばし，N50@150以下の床倍率1.0と同等の性能があった。

1 はじめに

広島県の太田川流域の民有林面積¹⁾は16.3万haあり，そのうちスギは2.6万ha（16%），ヒノキは2.8万ha（17%）植林されている。県内のスギ人工林は4.8万haあるため，太田川流域のスギ人工林は県内の53%を占める。また，同様に県内のヒノキ人工林は8.9万haで，太田川流域のヒノキ人工林は県内の31%を占める。

同じく，太田川流域の民有林蓄積は2,416万m³あり，スギは713万m³（30%）ヒノキは407万m³（17%）である。県内のスギ人工林蓄積は1,330万m³あるため，太田川流域のスギ人工林は県内の54%を占める。また，同様に県内のヒノキ人工林は1,118万m³で，太田川流域のヒノキ人工林は県内の36%を占める。

このように太田川流域は県内のスギ人工林中の面積・蓄積とも53%以上あり，ヒノキも31%以上を占める人工林の多い流域である。これらの資源は成熟過程にあり，今後出材増が見込まれる。また，川下には人工110万人を越える広島市という消費地を控えている。

そこで，これらの消費地に対し，太田川流域スギ・ヒノキ材を活用した構造性能の確かな高品質住宅部材の製品開発を行い，川上から川下の材料供給を促進することとした。本年度は，耐力壁の力の流れを伝える重要な箇所である床について開発を行った。

また，前述したように床は耐力壁の力の流れを伝えるが，耐力壁より先に破壊しては構造上安全であるとは言えない。このため剛性のある床構造が求められるが，開

放空間を考慮し，意匠性を有する床材の検討も行った。

2 試験方法

2.1 試験体

試験体の仕様は次の図に示すとおりである。梁，柱，火打ち，根太にはスギを，ラチス構造材にはスギ及びヒノキを使用した。図1が比較のための従来の在来工法タイプ，図2が従来タイプであるがプレカット材を使用したときの「転ばし」と言われるタイプで，どちらも床材には12mm厚の針葉樹構造用合板を釘打ちしている。図3は根太の代わりに斜材を入れラチスタイプとし，枠材をつけて合板と同じ910mm×1820mmの寸法にして，梁材の上に敷きこみ，斜材に高剛性を期待した。ラチスはスギ，ヒノキ両方の材料を使用した。床材は本実加工のスギフローリングをフローリング用コースレッドで止めつけた。図4は図2のタイプの火打ちのない構造に，スギフローリング2枚あわせのパネルを6枚コースレッドで止めつけた。スギフローリング2枚あわせの原理は，フローリングの横方向からヒノキ棒を挿入してフローリング2枚を引寄せせるものである。断面が鼓状に加工されたヒノキ棒を凸形とし，スギフローリングの幅方向に凹形とする。凹形のミゾを切ったところへ凸形をはめ込むような形である。これにより接着剤や釘を使用せず，1枚のパネルが出来上がる。なお，試験体は各1体づつ計5体製作した。

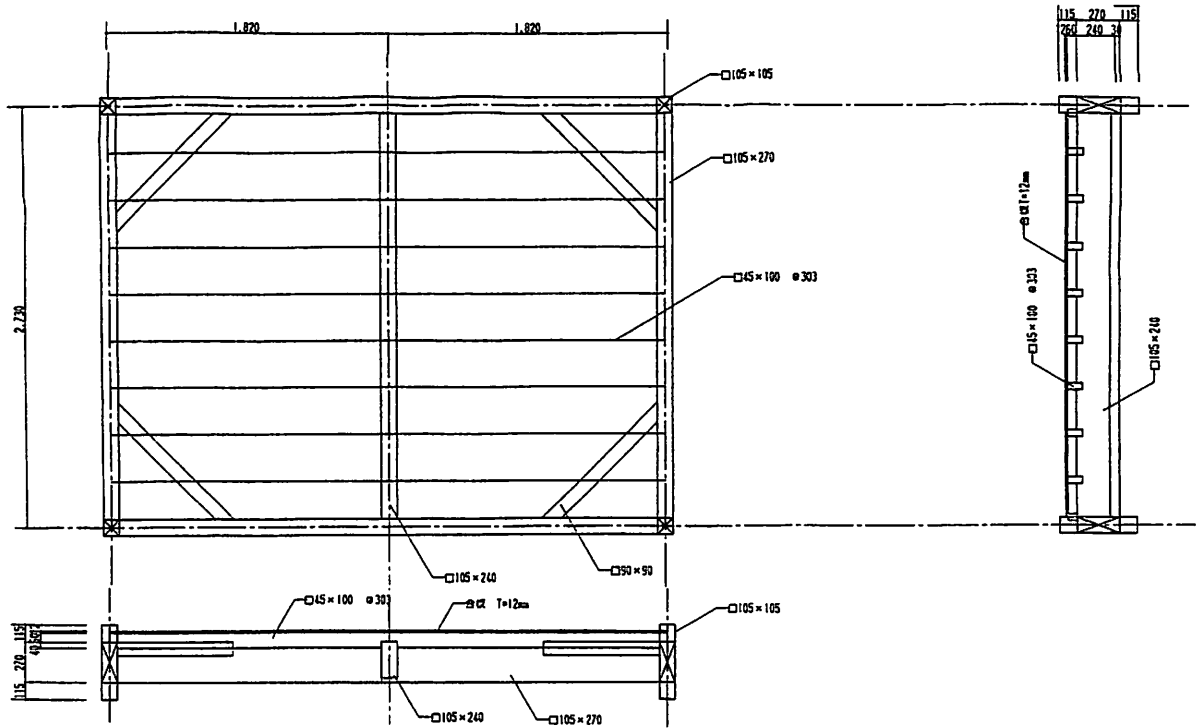


図1 従来タイプ (No.1)

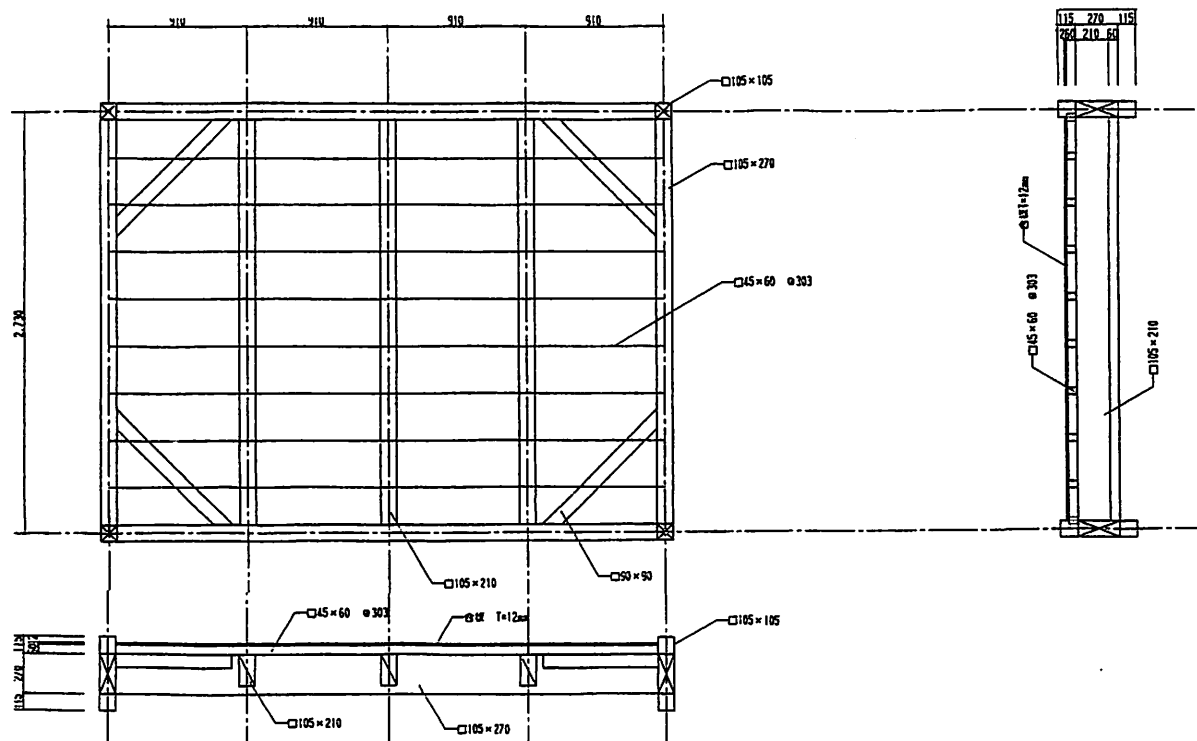


図2 プレカット従来タイプ (No.2)

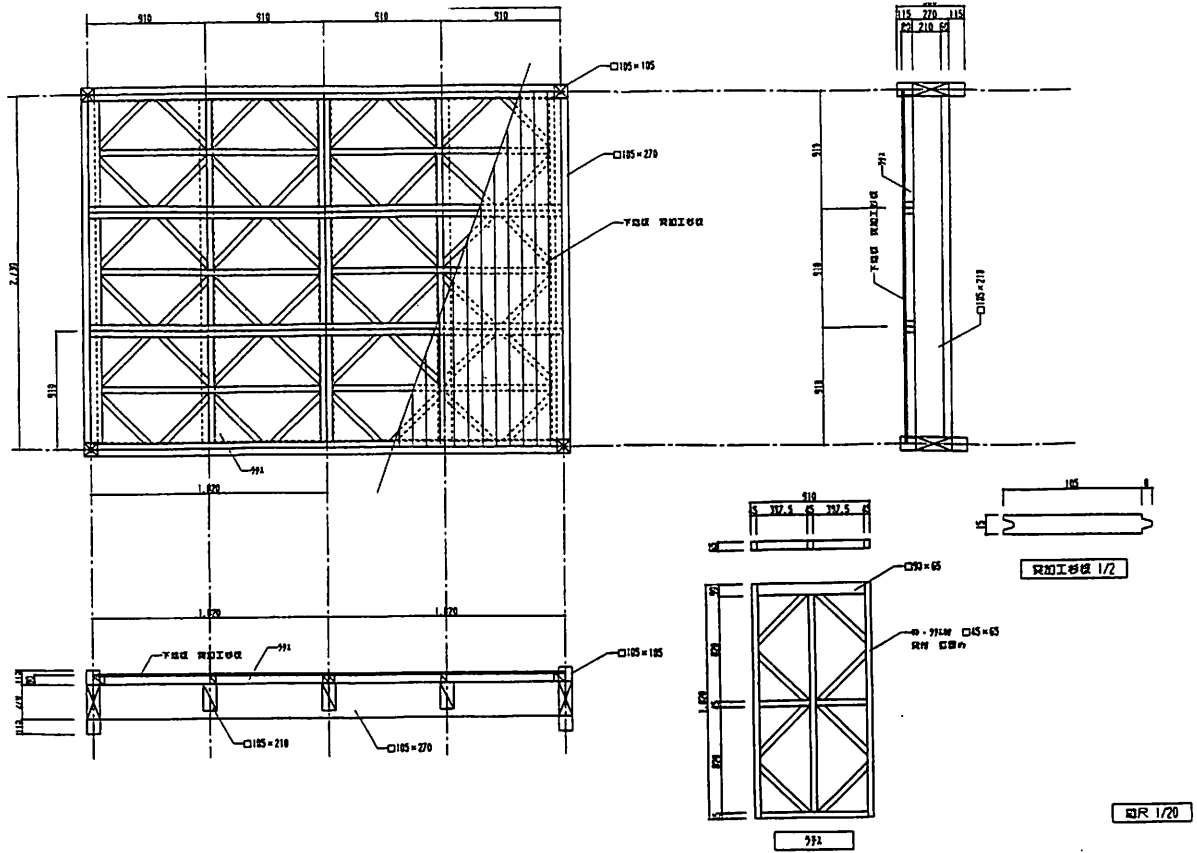


図3 ラチスタブ (No.3-1スギ, No.3-2 ヒノキ)

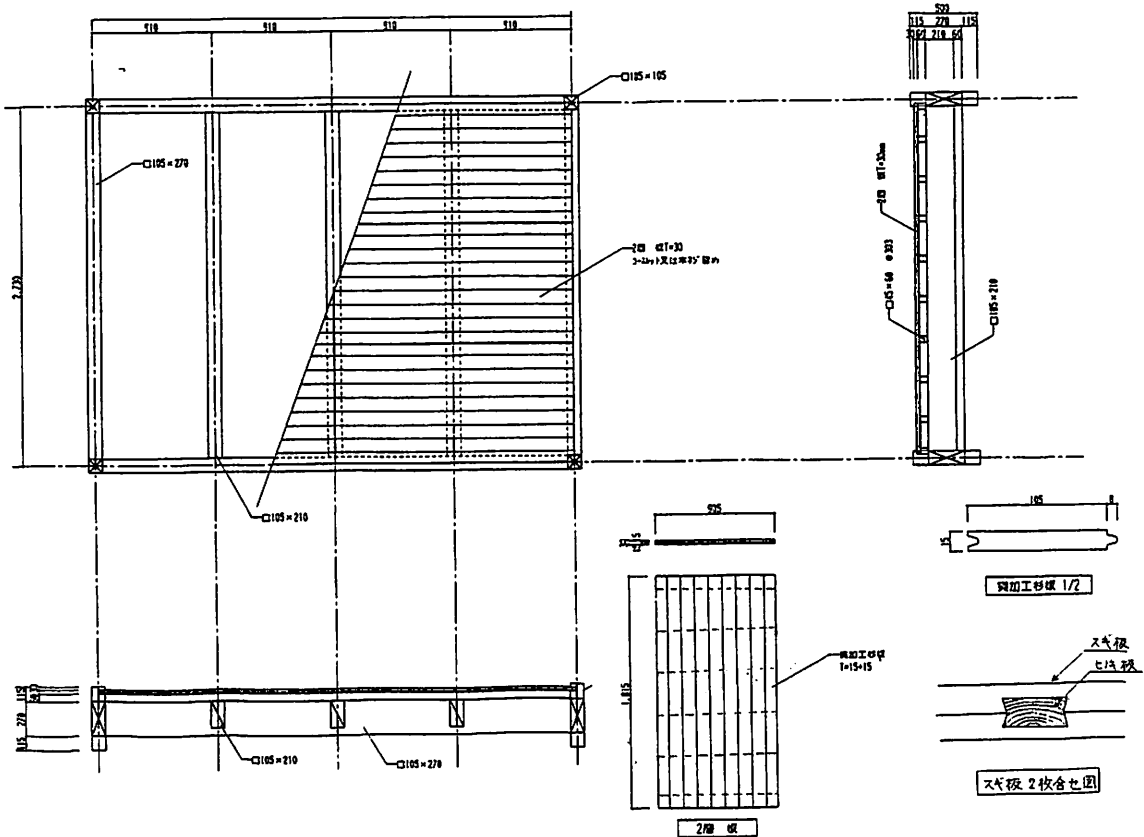


図4 スギパネルタイプ (No.4)

2.2 試験方法

耐力壁・床構面の試験方法²⁾にしたがい、写真5のように試験体を設置し、正負交番繰返し荷重を加えた。今回の試験は軸組みの仕口部分が先行して破壊しないようタイロッド式で行った。このため、真のせん断変形角が±1/600, ±1/450, ±1/300, ±1/200, ±1/150, ±1/100, ±1/75 および±1/50(rad) となるまで荷重を加え、最後に正側で加力し、最大荷重の80%まで荷重が低下するか、あるいは変形角が1/15以上になったときに試験を終了した。

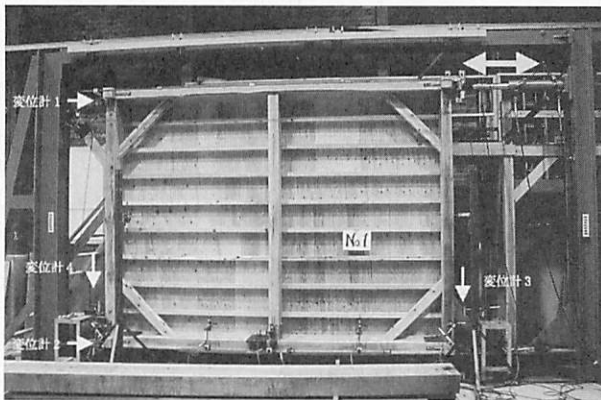


写真1 試験方法

見かけのせん断変形角 $\gamma = (\delta_1 - \delta_2) / H$ (rad)
 脚部のせん断変形角 $\theta = (\delta_3 - \delta_4) / V$ (rad)
 真のせん断変形角 $\gamma_0 = \gamma - \theta$ (rad)

δ_1 : 柱頂部の水平方向変位 (mm) 変位計H₁
 δ_2 : 柱脚部の水平方向変位 (mm) 変位計H₂
 H: 変位計H₁とH₂の間の標点間距離 (mm)
 δ_3 : 柱脚部の鉛直方向変位 (mm) 変位計V₃
 δ_4 : 柱脚部の鉛直方向変位 (mm) 変位計V₄
 V: 変位計V₃とV₄の間の標点間距離 (mm)

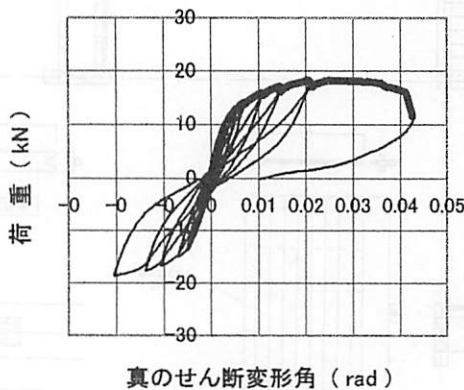


図 荷重-変形角曲線

3 試験結果

3.1 評価方法

まず、試験結果の評価方法³⁾についての説明を行う。はじめに、各々の試験体の荷重-変形角曲線の終局加力を行った側の最初の荷重-変形角曲線より包絡線を求める。言い換えると、図5に示す荷重-変形角曲線の外側部分(太い曲線部分)をつないだ曲線を作成する。

得られた包絡線から次の手順にしたがい、図6に示す完全弾塑性モデルを作成し評価を行った。

- ① 包絡線上の0.1P_{max}と0.4P_{max}を結ぶ第I直線を引く。
- ② 包絡線上の0.4P_{max}と0.9P_{max}を結ぶ第II直線を引く。
- ③ 包絡線に接するまで第II直線を平行移動し、これを第III直線とする。
- ④ 第I直線と第III直線の交点の荷重を降伏耐力P_yとし、この点からX軸に平行に第IV直線を引く。
- ⑤ 第IV直線と包絡線との交点の変位を降伏変位δ_yとする。
- ⑥ 原点と(δ_y, P_y)を結ぶ直線を第V直線とし、それを初期剛性Kと定める。
- ⑦ 最大荷重後の0.8P_{max}荷重低下域の包絡線上の変位を終局変位δ_uと定める。
- ⑧ 包絡線とX軸およびδ_uで囲まれる面積をSとする。
- ⑨ 第V直線とδ_uとX軸およびX軸に平行な直線で囲まれる台形の面積がSと等しくなるようにX軸に平行な第VI直線を引く。
- ⑩ 第V直線と第VI直線の交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力P_uと定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位δ_vとする。
- ⑪ 塑性率μ = (δ_u/δ_v)とする。

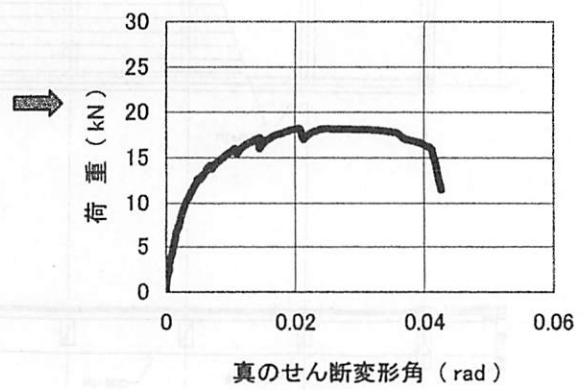


図 包絡線

図5 包絡線作成方法

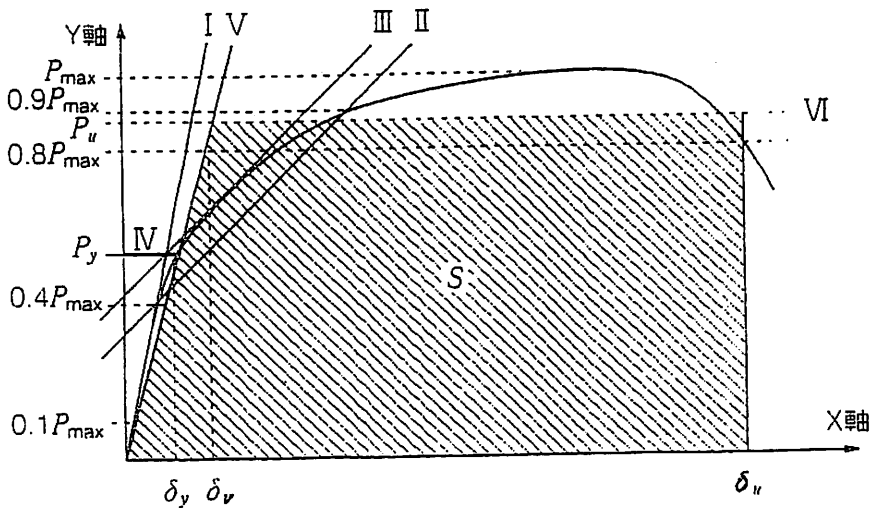


図6 完全弾塑性モデルによる評価方法

⑫ 構造特性係数 D_s は、塑性率 μ を用い、 $D_s = 1/\sqrt{(2\mu-1)}$ とする。

続いて、床倍率の算定に必要な短期基準せん断耐力を求めた。短期基準せん断耐力は次の (a) ~ (d) の3体分の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値の最も小さい値とするとされている。今回は試験体が1体ずつであったため、1体の結果を平均値となるよう想定して計算した。なお、ばらつき係数は、母集団の分布形を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準75%の50%下側許容限界値をもとに次式により求めた。変動係数を20%と仮定した。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot K$$

CV : 変動係数

K : 定数0.471 (n=3)

- (a) 降伏耐力 P_y
- (b) 終局耐力 P_u に $(0.2/D_s)$ を乗じた値
- (c) 最大荷重 P_{max} の $2/3$
- (d) 特定変形時の耐力 タイロッド式：真のせん断変形角 $1/150\text{rad}$

3.2 試験結果

試験結果の概要を表1に示す。No1とNo2の従来タイプは初期剛性が高く、特にNo2が最大荷重や塑性変形も大きく、完全弾塑性モデルに近い形となった。これにより、スギを軸材料と火打ちや根太にも使用して、十分に剛床が製作できることが分かった。また、No3-1のスギラチタイプは初期剛性は低いものの、ラチスの斜材の圧縮やめり込みが発揮され、粘り強い床構造であった。No3-2のヒノキラチスは、試験体が途中で試験機の後ろ側にずれたため試験を中止したため、最大荷重などは低い値となったが、 $1/15\text{rad}$ まで試験が続行されれば、最大荷重は40kN近くまで上がり、靱性も発揮されたと考えられる。No3-1, No3-2とも構造用合板ではなく、スギのフローリングのみで線的な床面を構成したため、初期剛性が低くなったと考えられる。No4はスギの面材のみで床の剛性を高くしようと考えたタイプであるが、初期剛性は低かった。面材のせん断性能は試験後半から発揮されているため、試験初期において、止め付けに使ったコースレッドの頭や胴部がスギ材へめり込むことによって、初期剛性が低くなったと考えられる。この構法の止め付け部を改良すれば、火打ちなどの斜材を使用せずとも、各評価の値を高くする可能性があることが分かった。

表1 面内せん断試験結果

試験体 No	最大荷重 Pmax kN	降伏耐力 Py KN	降伏変位 δy rad	初期剛性 K	終局変位 δu rad	降伏点変位 δy rad	終局耐力 Pu kN	塑性率 μ	構造特性係数 Ds	0.8Pmax面積 S kN*rad
No1	39.82	22.41	0.009296	2410.86	0.038212	0.014198	34.23	2.691	0.478	1.0650
No2	46.60	29.58	0.011472	2578.15	0.054753	0.016381	42.23	3.342	0.419	1.9665
No3-1	31.28	14.91	0.017306	861.57	0.071746	0.029843	25.71	2.404	0.512	1.4611
No3-2	31.88	15.36	0.008329	1843.95	0.037313	0.013621	25.12	2.739	0.473	0.7661
No4	44.11	24.56	0.022221	1105.32	0.064135	0.035054	38.75	1.830	0.613	1.8059

試験体 No	(a) 降伏耐力 Py	(b) 終局耐力 Pu*(0.2/Ds)	(c) 2/3Pmax	(d) 1/150rad変形時の耐力
No1	22.410	14.332	26.545	17.878
No2	29.576	20.139	31.069	22.190
No3-1	14.910	10.035	20.851	9.057
No3-2	15.358	10.631	21.255	13.912
No4	24.561	12.637	29.409	9.395

床倍率を表2に示す。床倍率は次式により算定した。

表2 床倍率

$$\text{床倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L)$$

P_a : 短期許容せん断耐力 (kN/m)

1.96 : 壁倍率=1を算定する数値 (kN/m)

L : 壁の長さ, 3.64 (m)

試験体No	床倍率
No1	1.8
No2	2.5
No3-1	1.1
No3-2	1.3
No4	1.1

表3 住宅の品質確保の促進に関する法律の床構面の仕様と床倍率

仕 様	床倍率
構造用合板12mm以上, 根太@340以下, 半欠き, N50@150以下	1.6
構造用合板12mm以上, 根太@340以下, 転ばし, N50@150以下	1.0
幅180スギ板12mm以上, 根太@340以下, 転ばし, N50@150以下	0.3
木製火打ち90×90, 隅長750以上, 平均負担面積2.5㎡以下, 梁せい240以上	0.8

表3には、住宅の品質確保の促進に関する法律で性能を示されている床構面の仕様と床倍率¹⁾の一部を抜粋した。

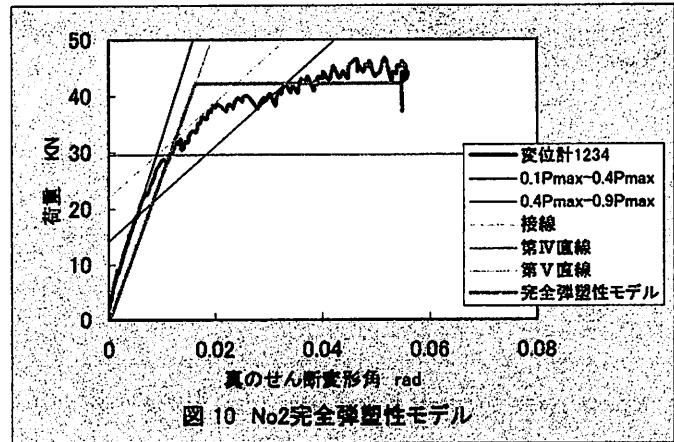
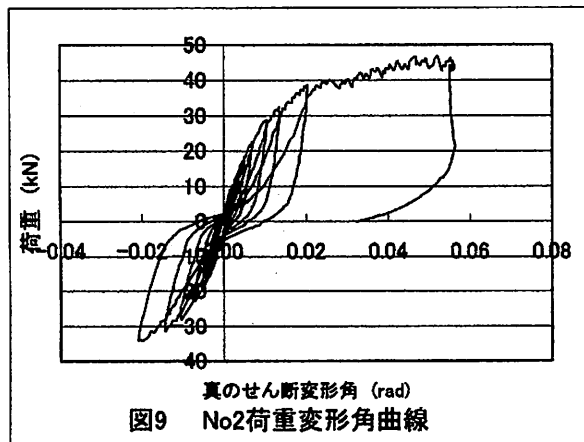
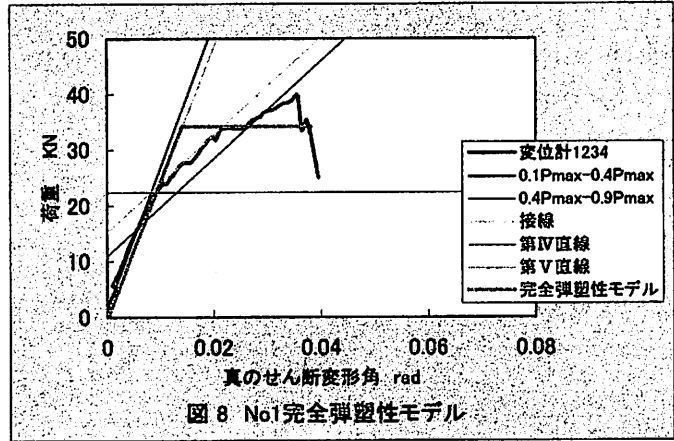
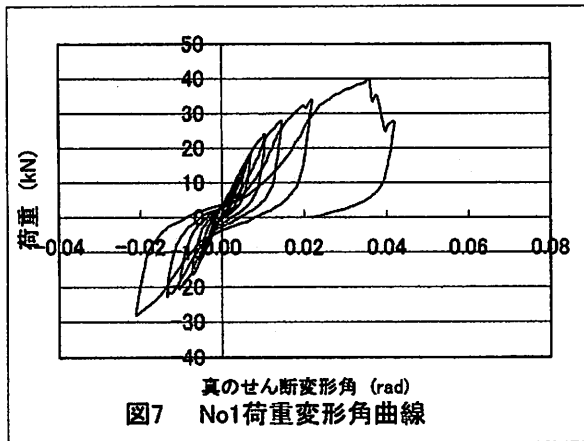
No1の試験体は、表3では根太半欠きでの床倍率は1.6とさらに火打ちが入るため0.8を加算して2.4となる。しかしながら、実験では1.8となった。これは押し引きをする方向と根太が平行になったため、根太と横架材との半欠きのめり込み作用が期待できなかったためと考えられる。

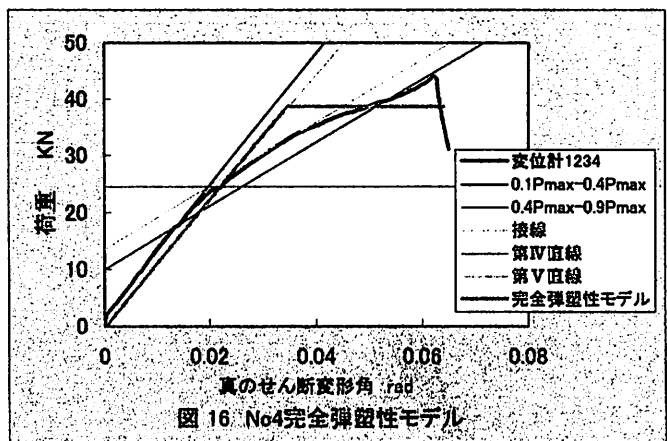
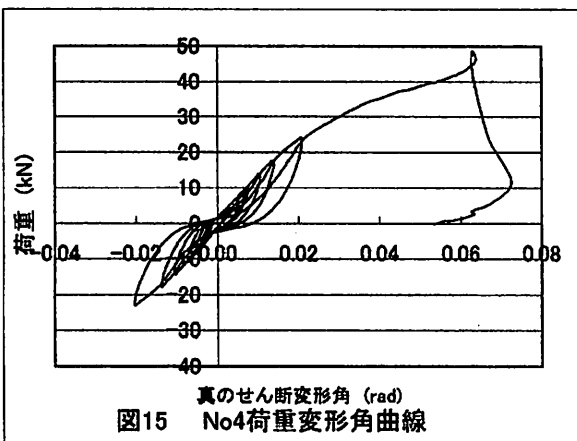
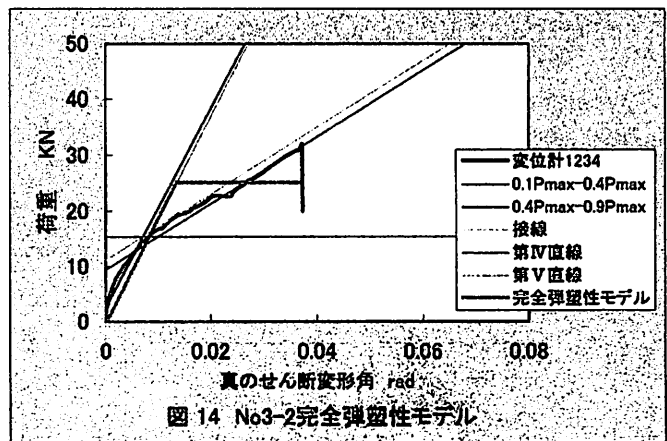
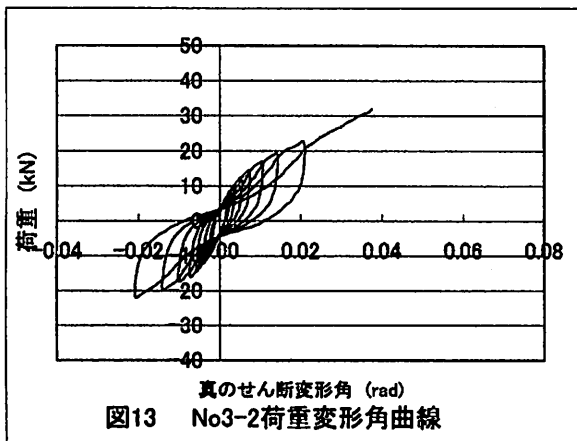
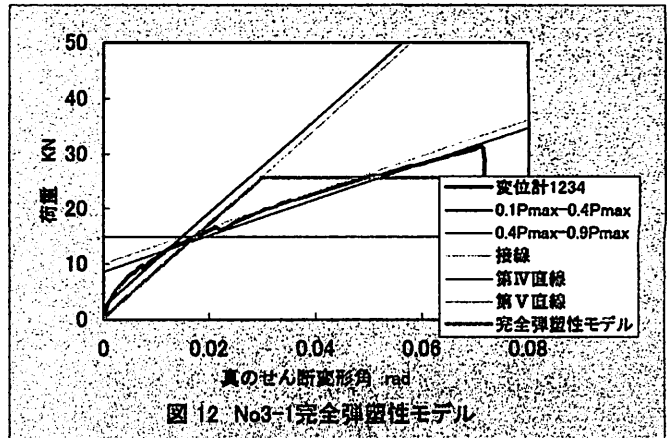
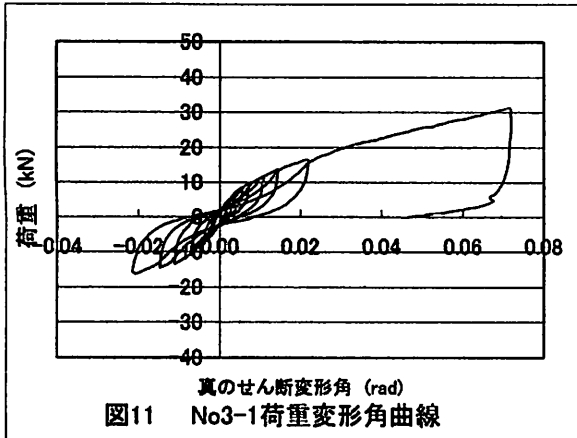
No2の試験体は、表3では根太転ばしの床倍率は1.0とさらに火打ちが入るため0.8を加算して1.8となる。No2の試験結果は2.5であり、1.8を十分超えている。No1と違うところは、根太と加力の方向が90度になったこと、横架材が2本増えて根太を止める釘本数が増えたこと、接合部のめり込み耐力が増加したことなどが考えられる。

No3-1とNo3-2はラチス構造で仕様樹種がスギとヒノキの違いである。双方の試験結果床倍率にあまり差がないのは、倍率を計算するデータに差がないためで、軸材がすべてスギでヒノキの硬さを吸収してしまったことや、ラチス構造が弱く、斜材をもう少し密にする必要があったと考えられる。それにおいても、表3から見ると、スギ板0.3+火打ち0.8合計1.1の床倍率と同等またはそれ以上であった。

No4は火打ちもなくスギパネルをコースレッドで止めつけただけの構造であるが、表3の構造用合板12mm以上、根太@340以下、転ばし、N50@150以下の床倍率1.0と同等の性能があることが分かった。

各試験体の荷重-変形角曲線、包絡線および完全弾塑性性モデルは次のとおりである。





4 まとめ

地域材を利用した床構面の結果は次のようにまとめられる。

- ・従来タイプは初期の変形も小さく、靱性があり床倍率は2.5であった。
- ・ラチタイプは初期の変形は大きいものの、靱性があることが分かった。しかしながら、フローリングにせん断性能の高い材料を選択することで初期剛性も高くできる。床倍率1.1は、スギ板+火打ちと同等であった。

- ・スギパネルタイプはスギパネルをコースレッドで止めただけの構造であるが、構造用合板12mm以上、根太@340以下、転ばし、N50@150以下の床倍率1.0と同等の性能があることが明らかとなった。

5 終わりに

今回の試験結果から、地域材のスギ・ヒノキを利用した床構面は十分な強度を持つことが確認できた。地域材の用途拡大や流通促進にあたり、床構面での製品化の可能性を示唆できたと思われる。

広島県林技セ研報36(2004年)

最後になったが、今回の試験に当たり、試験体の製造に協力していただいた方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 広島県農林水産部林務総室，広島県環境生活部環境創造総室：林務関係行政資料：2001 p20-21,p24-25
- 2) 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：2001 p137-138
- 3) 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：2001 p146
- 4) 平成12年7月19日建設省告示第1654号（最終改正平成12年12月25日建設省告示第2452号）



No3-2 ヒノキラチスタイプ



No1 従来タイプ



No4 スギパネルタイプ



No3-1 スギラチスタイプ