



●姿図・寸法

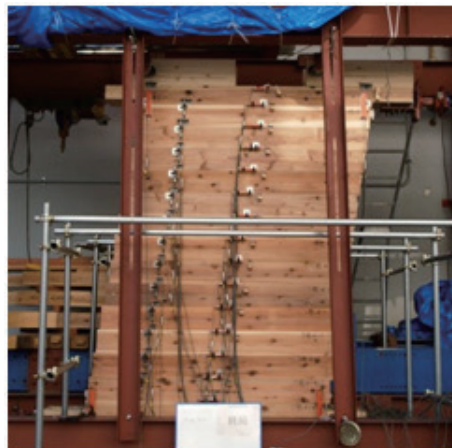
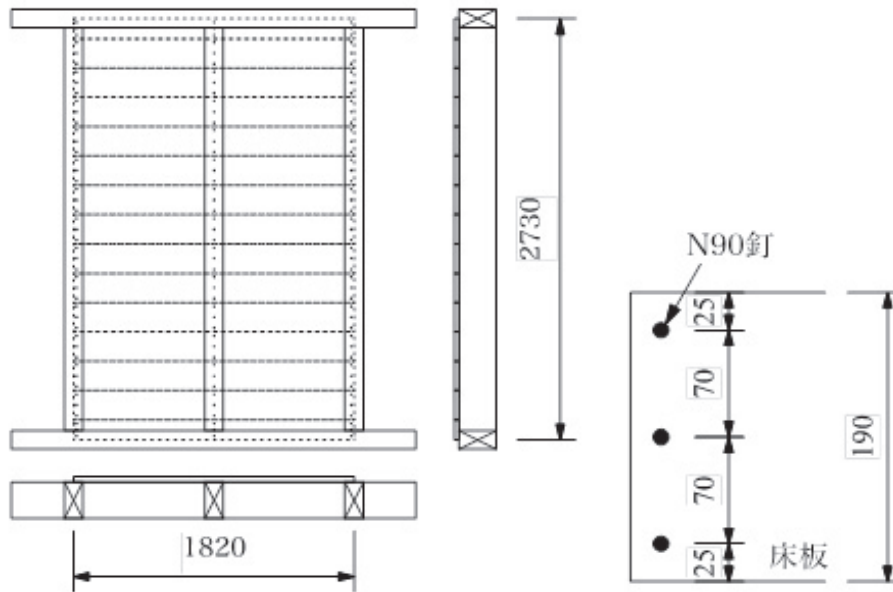


図 床構面試験体

【使用材料】

木材 :

梁桁材：スギ、断面寸法 120 × 240mm

板材：t=30mm、働き巾 190mm、長さ 1820mm、本実加工有り（スギ）

接合具：釘は、N90 釘を 1 箇所あたり 3 本用いている（釘ピッチは 70mm）。

仕口接合：仕口は腰掛け蟻継ぎとし、四隅の仕口にはビス留めホールダウン金物を使用。

●適用条件

板幅が 120 ～ 300mm 程度の小幅板を床下地材として梁桁材に釘を脳天打ちした床構面の設計に用いる。板幅が大きくなり、いずれかの釘配列 2 次モーメント（（公財）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」参照）が無視できない程度に大きくなる場合には適用できない。なお、釘は板の幅方向に対して対称となるように配置する。



●概要

スギ小幅板を梁桁材に釘で脳天打ちした床構面の面内せん断性能を求める試験である。本仕様では、床板を梁桁材に直貼りした場合の面内せん断性能を検証している。

●参照先

- ・ 瀧野敦夫、安曇良治、岡本滋史、中川岳士、渋谷朋典、村上雅英：摩擦による耐力上昇を考慮した伝統的構法に用いる床構面の面内せん断性状の予測式、日本建築学会構造系論文集、No.703、pp.1329-1336、2014.9
- ・ 特定非営利活動法人 緑の列島ネットワーク：平成 23 年度国土交通省補助事業報告書 伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会報告書、平成 24 年

●接合具

N90・・・JIS A 5508 鉄丸くぎ

●理論式

< 1. 完全バイリニア型 >

床面全体の回転剛性と回転モーメントは次式により評価することができる¹⁾。

$$\text{床面全体の回転剛性 (kNm/rad.) } K_{F\theta} = 2 \cdot k_n \cdot d^2 \cdot N \quad (1)$$

$$\text{床面全体の回転モーメント (kNm) } M_{Fa} = 2 \cdot P_{na} \cdot d \cdot N \quad (2)$$

ここで、

k_n ：床板－梁桁間の釘接合部 1 本当たりの初期剛性

P_{na} ：床板－梁桁間の釘接合部 1 本当たりのせん断耐力

N ：床面全体の床板と根太・梁との釘接合点の総数（釘接合点：下図に示すように床板と根太・梁との交差部で釘により接合されている部位を表し、偶力モーメントが生じる釘の組み合わせとなる接合点の個数とする。）

$$N = \left(\frac{L_y}{p} + 1 \right) \left(\frac{L_x}{w} \right) \quad (3)$$

d ：釘接合点の釘の間隔（下図参照）

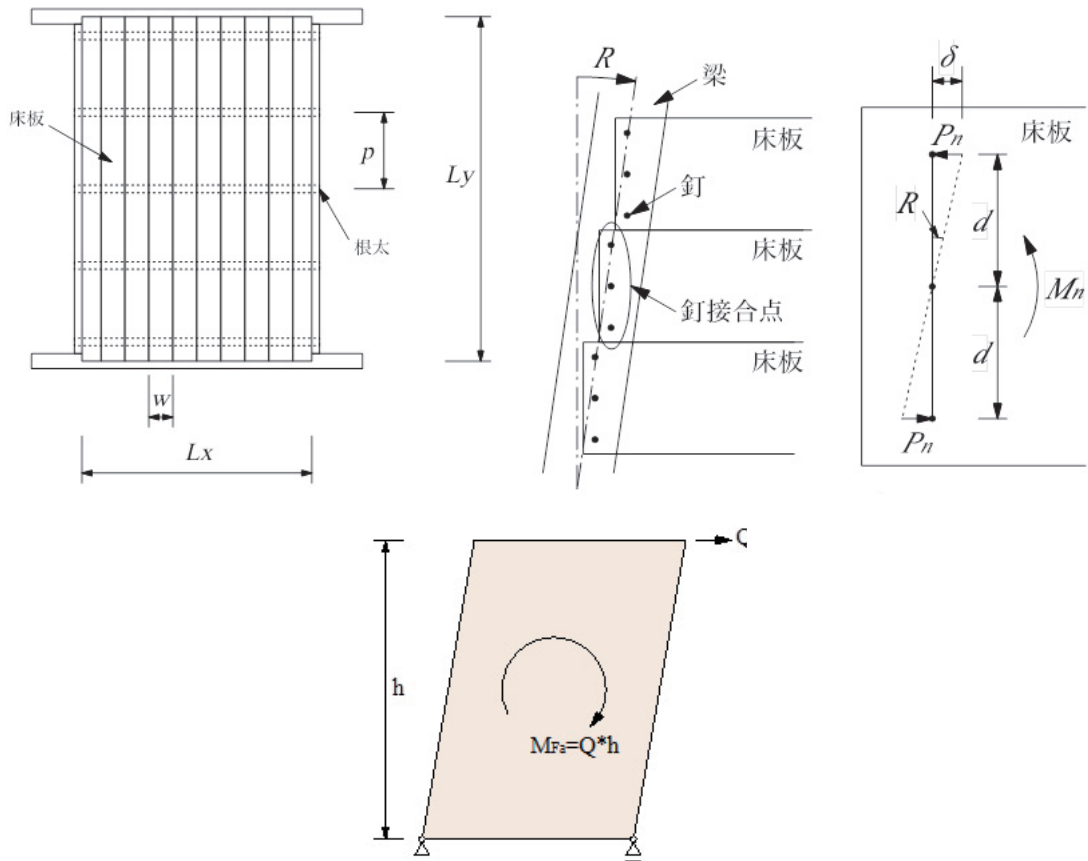


図 記号の定義および抵抗メカニズム

文献

- 1) 摩擦による耐力上昇を考慮した伝統的構法に用いる床構面の面内せん断性状の予測式: 瀧野敦夫、安曇良治、岡本滋史、中川岳士、渋谷朋典、村上雅英、日本建築学会構造系論文集、No.703、pp.1329-1336、2014.9

表 1 床板-梁桁間の釘接合部 1 本当りの初期剛性およびせん断耐力

床板・野地板の種類	梁・桁・根太・垂木の種類	釘の種類	初期剛性 kn (kN/m)	せん断耐力 Pna (kN)
スギ/厚み 15mm	スギ	N45	837.8	0.44
スギ/厚み 24mm	スギ	N75	689.1	0.67
スギ/厚み 30mm	スギ	N90	1251.1	0.80
スギ/厚み 38mm	スギ	N125	1332.6	1.07
スギ/厚み 24mm	ベイマツ	N75	786.6	0.97
スギ/厚み 30mm	ベイマツ	N90	1066.0	1.06
スギ/厚み 38mm	ベイマツ	N125	1492.9	1.39
ヒノキ/厚み 30mm	スギ	N90	1668.7	0.94
ヒノキ/厚み 30mm	ベイマツ	N90	1786.5	1.39

< 2. 包絡線型 >

< 1. 完全バイリニア型 > と考え方は全く同様に、用いる床板-梁桁間の釘接合部 1 本当りの特性値を生の実験データを用いることで床面全体の特性値を推定することができる。具体的には、式 (2) の P_{na} に表 2 の値を用い、対応するせん断変形角は釘のせん断変形量を釘間距離 d で除して求める (式 (4) 参照)。

$$R = \frac{\delta}{d} \quad (4)$$

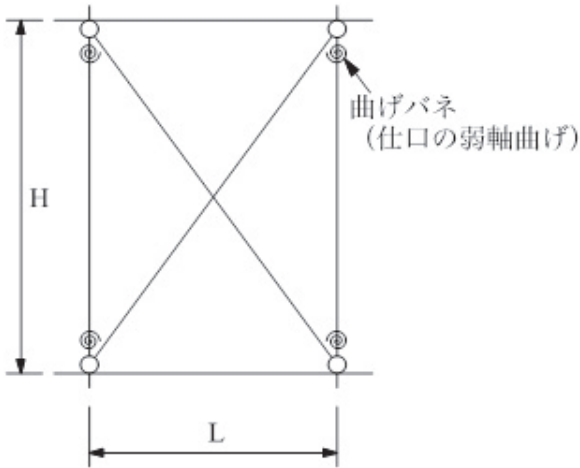
表 2 床板-根太・野地板-垂木間の釘接合部 1 本当りのたりのせん断力-滑り関係の包絡線データ

釘の種類	N45	N75	N90	N125	N75	N90	N125	N90	N90
板樹種	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	ヒノキ	ヒノキ
厚さ	15mm	24mm	30mm	38mm	24mm	30mm	38mm	30mm	30mm
根太・垂木樹種	スギ	スギ	スギ	スギ	ベイマツ	ベイマツ	ベイマツ	スギ	ベイマツ
変位 mm	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	330.1	300.8	514.8	479.1	430.9	592.1	657.3	563.5	874.6
0.4	411.2	461.4	701.8	819.8	623.3	793.2	1002.6	834.2	1144.0
0.6	450.9	535.1	769.8	944.2	739.6	905.4	1168.1	954.5	1308.5
0.8	486.0	608.7	837.8	1068.5	831.3	997.3	1331.1	1056.5	1428.3
1	504.9	675.8	905.2	1158.8	898.5	1066.0	1428.6	1112.5	1517.1
1.2	523.8	718.0	937.1	1224.2	949.0	1121.1	1517.2	1166.5	1588.1
1.4	542.7	760.3	969.0	1289.5	999.5	1176.2	1605.8	1200.9	1659.1
1.6	556.4	801.0	1000.9	1332.2	1042.8	1220.2	1645.3	1235.2	1707.8
1.8	566.6	834.1	1032.8	1371.2	1069.8	1248.5	1684.9	1261.4	1750.4
2	576.8	867.3	1064.7	1398.9	1096.1	1275.8	1724.4	1279.4	1792.8
3	627.8	955.2	1144.8	1531.2	1215.3	1412.3	1898.1	1369.4	2004.9
4	659.1	1043.1	1224.8	1611.8	1307.7	1521.6	2071.8	1421.2	2151.3
6	702.3	1090.2	1301.4	1692.5	1478.9	1703.1	2243.4	1524.8	2391.0
8	700.5	1137.3	1374.2	1737.1	1586.8	1836.4	2415.0	1494.8	2484.0
10	689.7	1142.9	1389.3	1744.2	1693.2	1925.7	2410.3	1458.7	2500.5
12	679.0	1148.5	1404.4	1751.3	1799.7	2015.0	2405.6	1422.7	2517.0

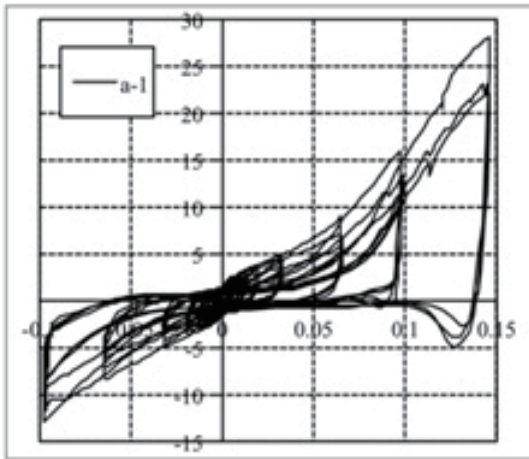
●モデル化

等価モデル：

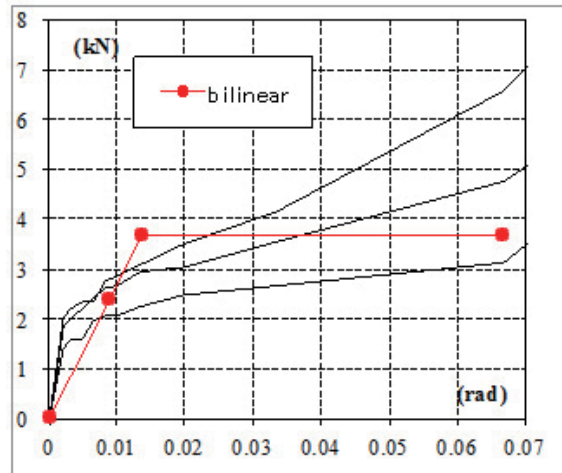
床構面のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する



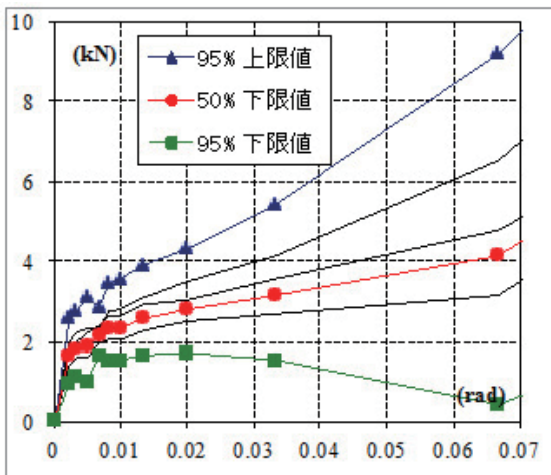
●荷重変形



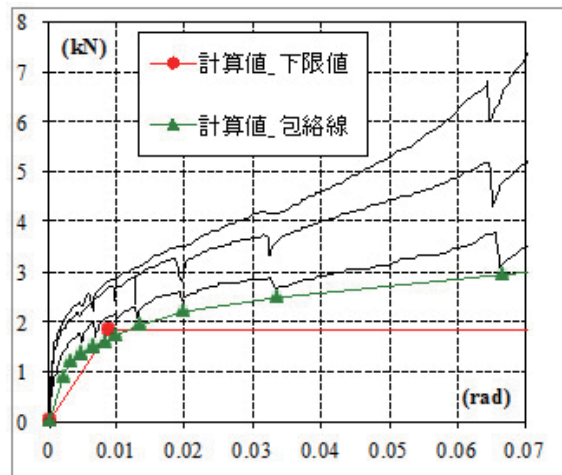
【全データ】



【正側包絡線 (軸組の結果を除去)】



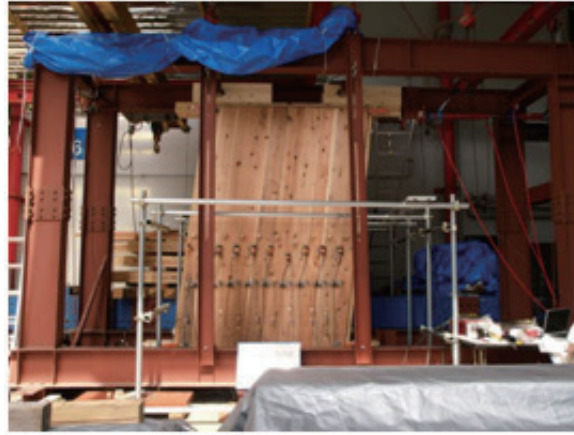
【代表点 (軸組の結果を除去)】



【理論値との比較 (軸組の結果を除去)】

●破壊性状

載荷の早い段階から板と板とのずれ変形が生じ始め、ずれ変形の増大に伴い荷重が緩やかに上昇する。また、1/15rad 以降の荷重増大は板間の摩擦が原因である。



●特性値（軸組の結果を除去して算出）

試験体名称	Py (kN)	0.2Pu/Ds (kN)	2/3Pmax (kN)	P(1/120) (kN)	K (kN/rad)	Pu (kN)	Pmax (kN)	γy (rad)	γv (rad)	γu (rad)	μ	Ds
a-1-1	2.09	1.87	2.52	2.06	238.9	3.03	3.78	0.009	0.013	0.067	5.27	0.32
a-1-2	3.19	2.25	4.55	2.75	221.8	5.20	6.82	0.014	0.023	0.067	2.84	0.46
a-1-3	2.58	2.52	3.44	2.62	325.0	4.05	5.17	0.008	0.012	0.067	5.35	0.32
試験体数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
平均値	2.62	2.22	3.50	2.48	261.9	4.09	5.25	0.010	0.016	0.067	4.49	0.37
最大値	3.19	2.52	4.55	2.75	325.0	5.20	6.82	0.014	0.023	0.067	5.35	0.46
最小値	2.09	1.87	2.52	2.06	221.8	3.03	3.78	0.008	0.012	0.067	2.84	0.32
変動係数	0.17	0.12	0.24	0.12	0.17	0.22	0.24	0.28	0.32	0.00	0.26	0.18
95%上限値	4.04	3.06	6.12	3.42	404.16	6.90	9.18	0.02	0.03	0.07	8.15	0.58
50%下限値	2.41	2.09	3.11	2.33	240.62	3.68	4.67	0.01	0.01	0.07	3.94	0.34
95%下限値	1.21	1.37	0.89	1.53	119.61	1.29	1.33	0.00	0.00	0.07	0.82	0.16

注：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、 γy 降伏点変形角、 γu 終局変形角

試験体名称	特定変形角時のP(kN)										
	450	300	200	150	120	100	75	50	30	15	10
	0.0022	0.0033	0.005	0.0067	0.0083	0.01	0.0133	0.02	0.0333	0.0667	0.1
a-1-1	1.40	1.61	1.59	1.99	2.06	2.08	2.26	2.50	2.68	3.13	6.75
a-1-2	2.02	2.22	2.34	2.34	2.75	2.83	3.10	3.50	4.17	6.55	11.25
a-1-3	1.82	2.01	2.22	2.42	2.62	2.66	2.94	3.06	3.56	4.77	7.82
試験体数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
平均値	1.75	1.95	2.05	2.25	2.48	2.52	2.77	3.02	3.47	4.82	8.61
最大値	2.02	2.22	2.34	2.42	2.75	2.83	3.10	3.50	4.17	6.55	11.25
最小値	1.40	1.61	1.59	1.99	2.06	2.08	2.26	2.50	2.68	3.13	6.75
変動係数	0.147	0.131	0.161	0.083	0.121	0.127	0.131	0.137	0.176	0.289	0.223
95%上限値	2.56	2.75	3.09	2.84	3.42	3.54	3.91	4.32	5.39	9.22	14.65
50%下限値	1.63	1.83	1.90	2.16	2.33	2.37	2.60	2.82	3.18	4.16	7.70
95%下限値	0.94	1.15	1.01	1.66	1.53	1.51	1.62	1.72	1.55	0.42	2.56

6	水平構面等 - 床・野地板		
1	小幅板直張り		

概要

板幅が 120 ～ 300mm 程度の小幅板を下地材として梁桁材に釘脳天打ちした床構面である。仕上げ用の床のように実部分から釘を斜め打ちして留め付けるような仕上げ用の床構面は、対象外である。また、床構面は壁などの鉛直構面と異なり建物により大きさが異なるため、壁のように実験結果を直接設計用データとして用いることができない。よって、要素試験結果から力学モデルを介して設計で対象とする床構面の性能を推定することができる計算モデルが必要となる。さらに、小幅板を用いた床構面の面内せん断耐力は構造用合板を用いた床構面などと比べて非常に低いため、床板の抵抗耐力に比べて周辺軸組の抵抗モーメントが無視できないほど大きくなる。そのため、実験結果はできる限り周辺軸組のみの実験結果を踏まえて軸組の影響を除去した結果を示すようにしている。

○力の伝達方法

小幅板を用いた床構面では板幅が非常に小さいことから、板の長手方向へのずれ変形が支配的となり、釘接合点においての主として長手方向への釘のせん断力による偶力によって抵抗モーメントが生じる。大変形領域では板間の摩擦力が増大し、摩擦力による耐力上昇が見られるが、乾燥収縮により板間に隙間が生じやすいこと、床構面には大変形領域の性能が特に必要ではないことから摩擦力による耐力上昇はここでは考慮しない。

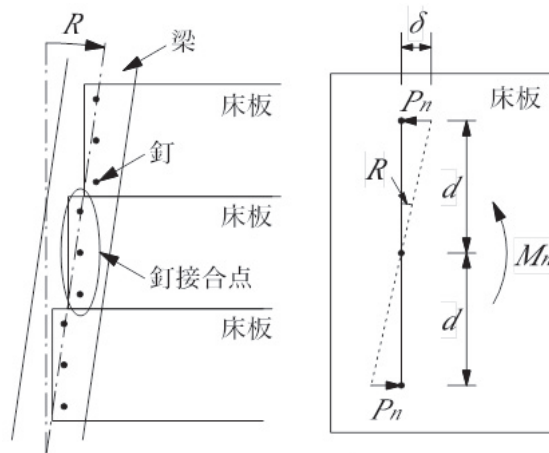


図1 小幅板直貼り仕様の床構面のモデル化の例

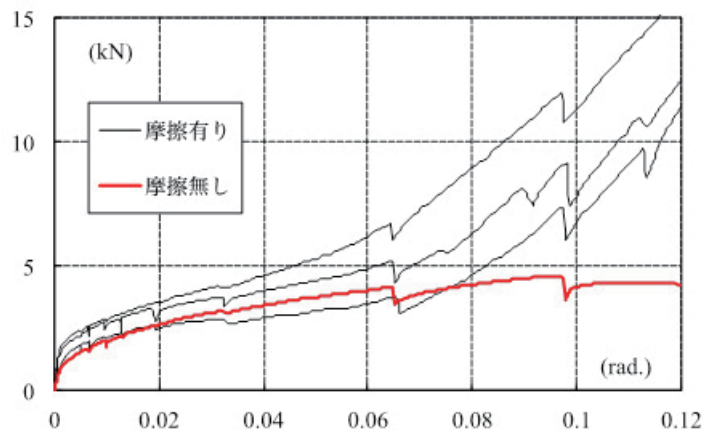


図2 床構面のせん断性能における摩擦の有無による比較

○設計における考え方と適用範囲

小幅板を用いる床構面の初期剛性と降伏耐力は非常に小さい。そのため、板材の抵抗モーメントに対して周辺軸組の抵抗モーメントも無視できない程度の剛性と耐力を有しているが、軸組の実験データ（特に弱軸方向の実験データ）は現時点でほとんど存在していないことから、設計値からは除外している。

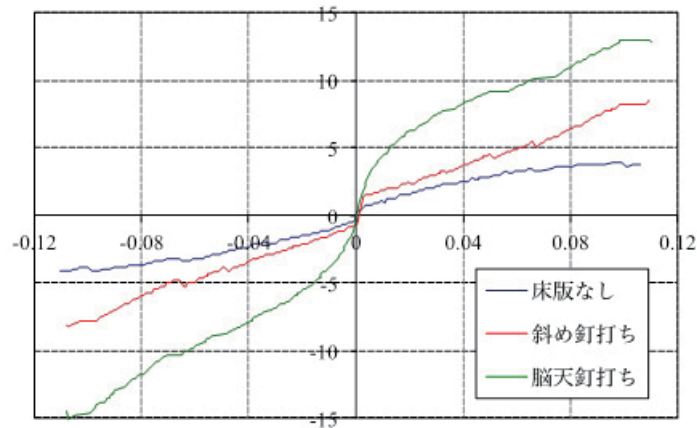


図3 床構面（床版なし・斜め釘打ち・脳天釘打ち）のせん断加力試験の比較

○データ収集の対象とした文献

対象とした文献の一覧を以下に示す。

使用データ No.	文献
No.1	<ul style="list-style-type: none"> 瀧野敦夫、安曇良治、岡本滋史、中川岳士、渋谷朋典、村上雅英：摩擦による耐力上昇を考慮した伝統的構法に用いる床構面の面内せん断性状の予測式、日本建築学会構造系論文集、No.703、pp.1329-1336、2014.9 特定非営利活動法人 緑の列島ネットワーク：平成23年度国土交通省補助事業報告書 伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会報告書、平成24年
No.2～3	<ul style="list-style-type: none"> 特定非営利活動法人 緑の列島ネットワーク：平成23年度国土交通省補助事業報告書 伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会報告書、平成24年 瀧野敦夫、中川岳士、村上雅英：伝統的構法に用いる床構面の面内せん断性能に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.69-70、2012.9
No.4～5	<ul style="list-style-type: none"> 澤田紗代子、山崎義弘、國分直輝、坂田弘安、五十田博、中川貴文、荒木康弘：様々な荷重分布下における板張り水平構面の面内せん断挙動、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.411-412、2015.9

6	水平構面等 - 床・野地板		
1	小幅板直張り		

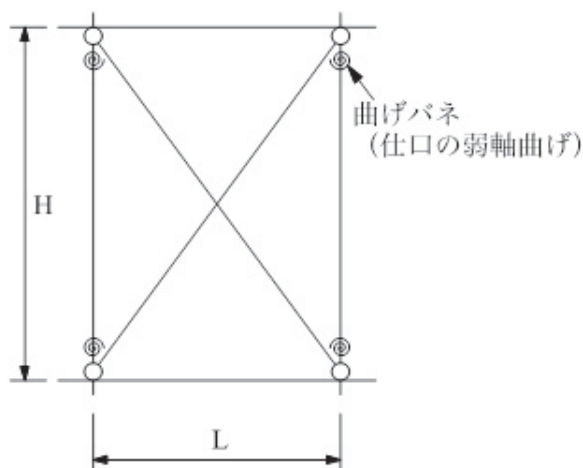
解説

○構造システムと施工の注意点

施工の際は、定められた釘のピッチを遵守すること、釘頭を過度にめり込ませないことが重要である。

○解析モデル

解析モデルとしては、軸組材接合部は梁桁仕口の弱軸曲げに対する曲げバネを考え、床板の剛性は等価軸剛性を持つブレースに置換することでモデル化が可能である。



床構面のモデル化

○設計用データ

設計値に用いる床板一根太・野地板一垂木間の釘接合部 1 本あたりの初期剛性とせん断耐力の詳細について示す。

釘の一面せん断性能を求めるための実験

釘の一面せん断性能を求めるための実験として、木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）（(財)日本住宅・木材技術センター）に「面材くぎ等 1 本あたりの一面せん断耐力様子を算定するための試験」方法が記載されており、原則はこの試験方法に従って実施すべきである。しかし、「理論式」でも述べたように、伝統的構法に用いられる小幅板を用いた床構面においては、一方向のずれ変形が支配的となるため、簡易な評価法によって設計式を誘導することが可能となる。この考え方にに基づき、文献 1) では図 2 に示す小型の壁体試験体を用いて釘 1 本あたりのせん断性状を求めている。なお、この試験体では大変形域での床板間に生じる摩擦の影響を除外するために、板と板との間に試験時に接触しない程度の隙間を設けている。

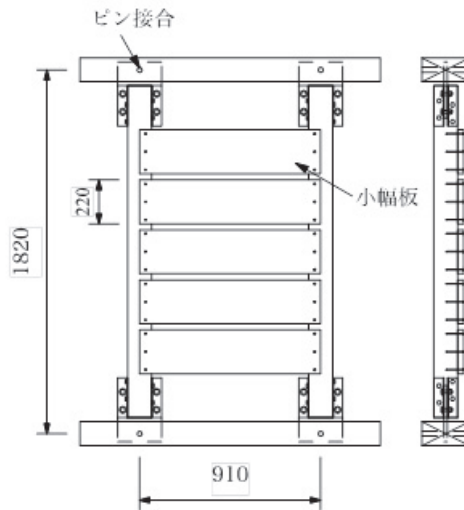


図2 小型壁体試験体

文献

- 1) 瀧野敦夫、安曇良治、岡本滋史、中川岳士、渋谷朋典、村上雅英：摩擦による耐力上昇を考慮した伝統的構法に用いる床構面の面内せん断性状の予測式、日本建築学会構造系論文集、No.703、pp.1329-1336、2014.9

理論値の比較に使用可能なデータ

「釘の一面せん断性能を求めるための実験」で述べた実験方法から得られた釘単体の一面せん断性能の結果¹⁾を示す。試験体は表2に示すように、板材の樹種および厚みと梁材の樹種の組み合わせをパラメータとした。図3～図5に試験結果から次式により変換して得られた釘1本あたりのせん断力-滑り関係を示す。

$$P_{n(\delta)} = \frac{Q_{(R)} \cdot H}{2 \cdot d \cdot N}$$

$$\delta = d \cdot R$$

ここで、

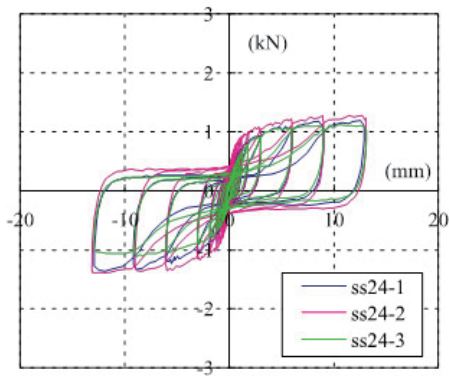
$Q_{(R)}$:試験体に作用したせん断力、 R :真の変形角、 H :試験体高さ、 N :釘接合点数、 d :釘間距離。

表2 試験体一覧

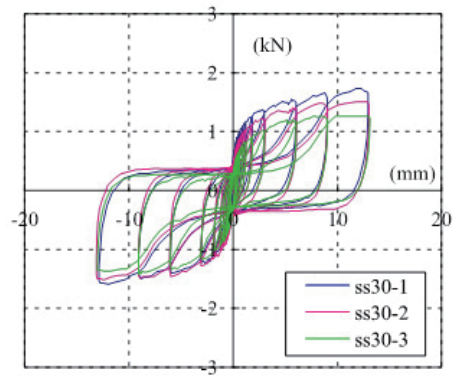
試験体名称	軸組	床板			試験体数	
		樹種	厚み	釘		
ss38	スギ	スギ	38mm	N125	脳天打ち	3
ss30			30mm	N90	脳天打ち	3
ss24			24mm	N75	脳天打ち	3
sh30		ヒノキ	30mm	N90	脳天打ち	3
bs38	ベイマツ	スギ	38mm	N125	脳天打ち	3
bs30			30mm	N90	脳天打ち	3
bs24			24mm	N75	脳天打ち	3
bh30		ヒノキ	30mm	N90	脳天打ち	3

文献

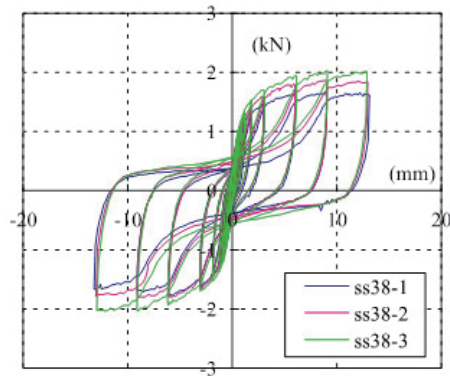
- 1) 特定非営利活動法人 緑の列島ネットワーク：平成24年度国土交通省補助事業報告書 伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験検討委員会報告書、平成25年



【床板スギ(t=24mm)・軸組スギ】

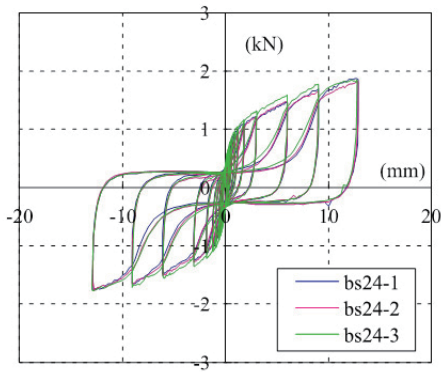


【床板スギ(t=30mm)・軸組スギ】

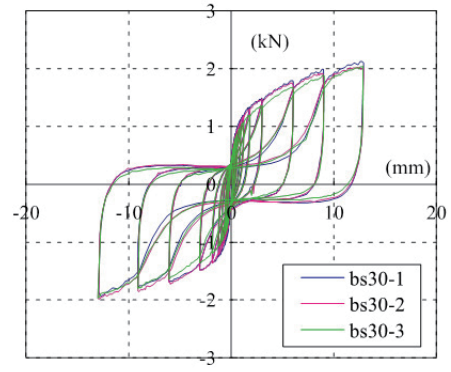


【床板スギ(t=38mm)・軸組スギ】

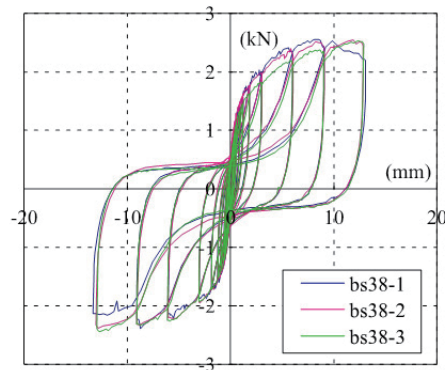
図3 釘1本あたりのせん断力-滑り関係 (ssシリーズ)



【床板スギ(t=24mm)・軸組ベイマツ】

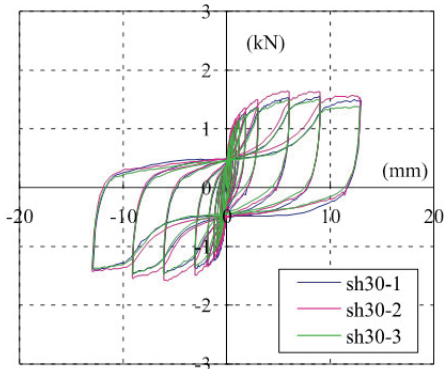


【床板スギ(t=30mm)・軸組ベイマツ】

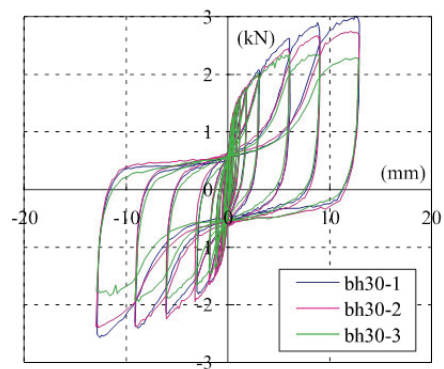


【床板スギ(t=38mm)・軸組ベイマツ】

図4 釘1本あたりのせん断力-滑り関係 (bsシリーズ)



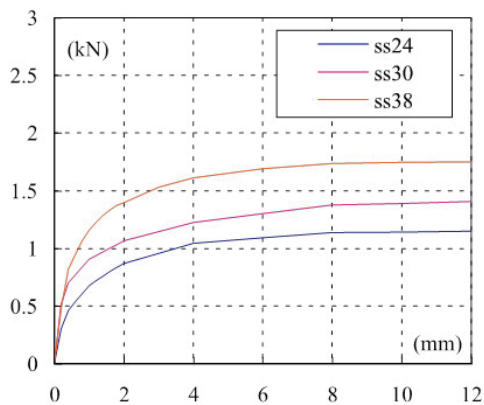
【床板ヒノキ(t=30mm)・軸組スギ】



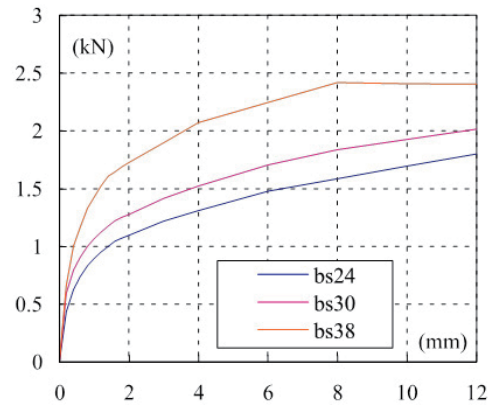
【床板ヒノキ(t=30mm)・軸組ベイマツ】

図5 釘1本あたりのせん断力-滑り関係 (hシリーズ)

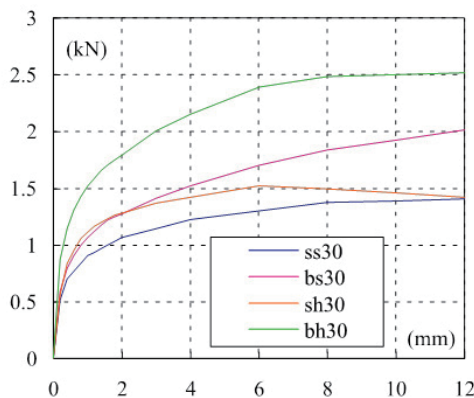
図6に釘1本あたりのせん断力-滑り関係の包絡線の50%下限値を比較した結果を示す。床板と軸組とを固定した場合 (ss シリーズ、bs シリーズ)、板厚が大きくなるにつれて降伏点近傍から耐力が上昇する傾向が見られる。しかし、初期剛性については、板厚の差による初期剛性の差はほとんど出なかった。板厚が全て 30mm の結果で比較すると、最も耐力が大きかった試験体は bh30 (床板ヒノキ・軸組ベイマツ) で、ss30 (床板スギ・軸組スギ) 試験体の2倍ほどの耐力が得られた。bs30 (床板スギ・軸組ベイマツ) と sh30 (床板ヒノキ・軸組スギ) 試験体は、降伏点付近まではほぼ同様の性能を示したが、降伏点以降においては bs30 (床板スギ・軸組ベイマツ) の方が耐力が上昇する結果となった。また、全てのシリーズにおいて、初期剛性の差は小さかった。



【床板スギ・軸組スギ(ss)シリーズ】



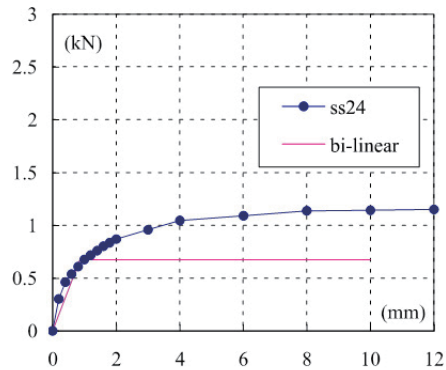
【床板スギ・軸組ベイマツ(bs)シリーズ】



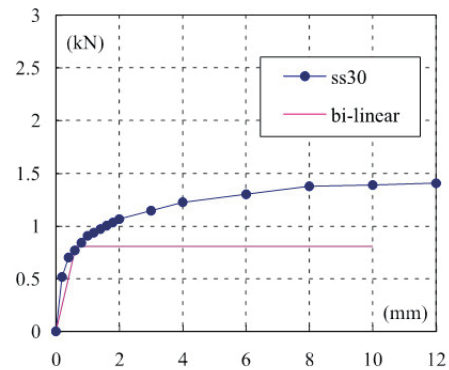
【床板厚 30mm】

図6 釘1本あたりのせん断力-滑り関係の包絡線 50% 下限値の比較

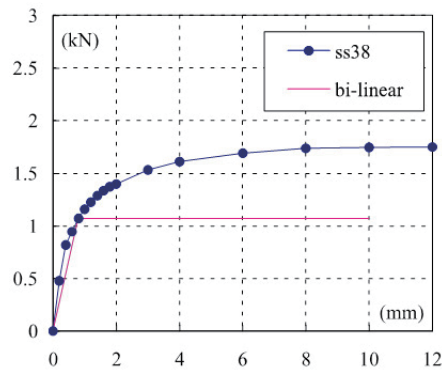
以上の結果を用いて、釘 1 本あたりのせん断力-滑り関係の包絡線データを完全弾塑性近似した結果を図 7～図 9、表 3 に示す。ここで、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に記載される方法を用いて、10mm までのデータにより完全弾塑性近似を行い、完全弾塑性近似の初期剛性と降伏耐力の 2 つの指標を表 3.6.5-3 にまとめる。安全側の評価とするために、降伏耐力を釘 1 本あたりのせん断耐力とした。



【床板スギ(t=24mm)・軸組スギ】

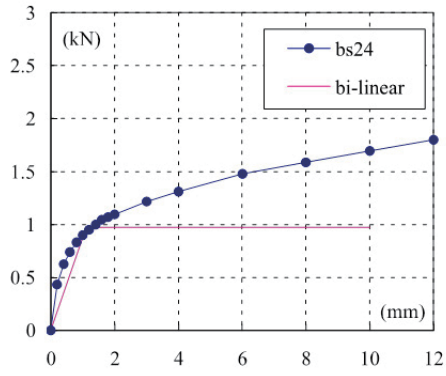


【床板スギ(t=30mm)・軸組スギ】

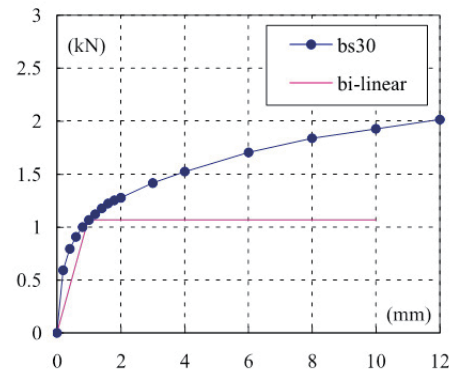


【床板スギ(t=38mm)・軸組スギ】

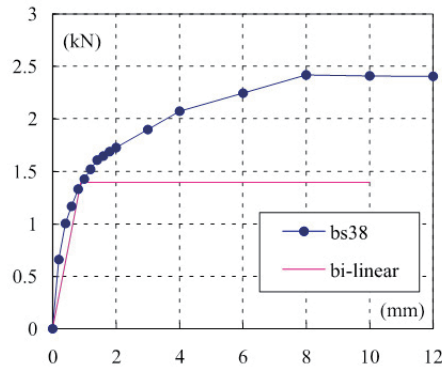
図 7 釘 1 本あたりのせん断力-滑り関係の完全弾塑性近似結果 (ss シリーズ)



【床板スギ(t=24mm)・軸組ベイマツ】

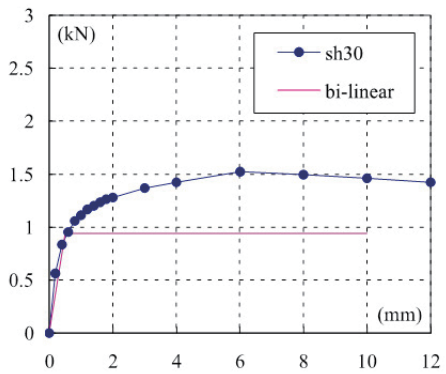


【床板スギ(t=30mm)・軸組ベイマツ】

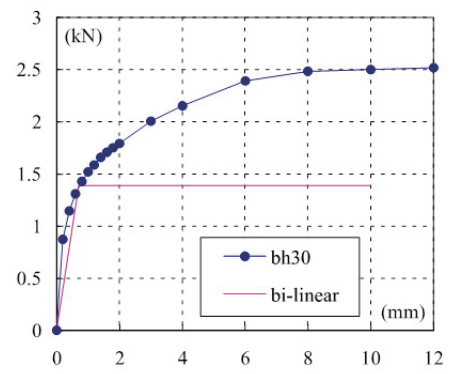


【床板スギ(t=38mm)・軸組ベイマツ】

図8 釘1本あたりのせん断力-滑り関係の完全弾塑性近似結果 (bsシリーズ)



【床板ヒノキ(t=30mm)・軸組スギ】



【床板ヒノキ(t=30mm)・軸組ベイマツ】

図9 釘1本あたりのせん断力-滑り関係の完全弾塑性近似結果 (hシリーズ)

表3 床板—根太・野地板—垂木間の釘接合部1本当たりのたりのせん断力—滑り関係の包絡線データ

釘の種類	N75	N90	N125	N75	N90	N125	N90	N90
板樹種	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	ヒノキ	ヒノキ
厚さ	24mm	30mm	38mm	24mm	30mm	38mm	30mm	30mm
根太・垂木樹種	スギ	スギ	スギ	ベイマツ	ベイマツ	ベイマツ	スギ	ベイマツ
変位 mm	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N	荷重 N
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	300.8	514.8	479.1	430.9	592.1	657.3	563.5	874.6
0.4	461.4	701.8	819.8	623.3	793.2	1002.6	834.2	1144.0
0.6	535.1	769.8	944.2	739.6	905.4	1168.1	954.5	1308.5
0.8	608.7	837.8	1068.5	831.3	997.3	1331.1	1056.5	1428.3
1	675.8	905.2	1158.8	898.5	1066.0	1428.6	1112.5	1517.1
1.2	718.0	937.1	1224.2	949.0	1121.1	1517.2	1166.5	1588.1
1.4	760.3	969.0	1289.5	999.5	1176.2	1605.8	1200.9	1659.1
1.6	801.0	1000.9	1332.2	1042.8	1220.2	1645.3	1235.2	1707.8
1.8	834.1	1032.8	1371.2	1069.8	1248.5	1684.9	1261.4	1750.4
2	867.3	1064.7	1398.9	1096.1	1275.8	1724.4	1279.4	1792.8
3	955.2	1144.8	1531.2	1215.3	1412.3	1898.1	1369.4	2004.9
4	1043.1	1224.8	1611.8	1307.7	1521.6	2071.8	1421.2	2151.3
6	1090.2	1301.4	1692.5	1478.9	1703.1	2243.4	1524.8	2391.0
8	1137.3	1374.2	1737.1	1586.8	1836.4	2415.0	1494.8	2484.0
10	1142.9	1389.3	1744.2	1693.2	1925.7	2410.3	1458.7	2500.5
12	1148.5	1404.4	1751.3	1799.7	2015.0	2405.6	1422.7	2517.0

表4 床板—梁桁間の釘接合部1本当たりの初期剛性およびせん断耐力

床板・野地板の種類	梁・桁・根太・垂木の種類	釘の種類	初期剛性 kn (k N/m)	せん断耐力 Pna (k N)
スギ/厚み 15mm	スギ	N45	837.8	0.44
スギ/厚み 24mm	スギ	N75	689.1	0.67
スギ/厚み 30mm	スギ	N90	1251.1	0.80
スギ/厚み 38mm	スギ	N125	1332.6	1.07
スギ/厚み 24mm	ベイマツ	N75	786.6	0.97
スギ/厚み 30mm	ベイマツ	N90	1066.0	1.06
スギ/厚み 38mm	ベイマツ	N125	1492.9	1.39
ヒノキ/厚み 30mm	スギ	N90	1668.7	0.94
ヒノキ/厚み 30mm	ベイマツ	N90	1786.5	1.39