

試験報告書

スギ厚板張り床構面の面内せん断試験
＜パネル用ネジによる厚板連結張り仕様＞

平成 30 年 12 月

三重県林業研究所

(1) 試験名

スギ厚板張り床構面（パネル用ネジによる厚板連結張り仕様）の面内せん断試験

(2) 試験概要

1) 試験体寸法 床組外枠：長辺 2730 mm×短辺 1820 mm（芯々距離）

2) 試験材料

◆ 床組材：スギ製材（仕口部に大入れ蟻掛け加工）

- ・ 桁 幅 120 mm×高さ 150 mm×長さ 2420 mm 2本/体
(大梁を受ける箇所に蟻穴加工)
- ・ 大梁 幅 120 mm×高さ 150 mm×長さ 2610 mm 2本/体
(材長を3等分する箇所に小梁を受けるための蟻穴加工
及び材端両側に蟻ホゾ加工)
- ・ 小梁 幅 120 mm×高さ 120 mm×長さ 1700 mm 2本/体
(材端両側に蟻ホゾ加工)

◆ 床面材：スギ厚板（側面に本実加工，木裏面に縦溝加工2本）

- ・ 厚板 A 働き幅 210 mm×厚さ 30 mm×長さ 2700 mm 7枚/体
(両側面に本実凹凸加工)
- ・ 厚板 B 働き幅 165 mm×厚さ 30 mm×長さ 2700 mm 1枚/体
(片側面に本実凹加工)
- ・ 厚板 C 働き幅 165 mm×厚さ 30 mm×長さ 2700 mm) 1枚/体
(片側面に本実凸加工)
- ・ 本実加工 幅 10 mm×深さ 8 mm×長さ 2700 mm
- ・ 縦溝加工 上辺 25 mm×底辺 20 mm×溝深さ 3 mm×長さ 2700 mm

3) 床組の組み立て

- ・ 床組は、桁と桁の間に大梁2本を1820 mmピッチで架けて外枠（芯々距離1820×2730 mm）を組み、さらに大梁と大梁の間に小梁2本を910 mmピッチで架けて組んだ。
- ・ 桁と大梁の仕口（大入れ蟻掛け）部は、面内せん断試験時の加力側ではホールダウン金物 HDB-15 を、固定側では HDB-20 を用いて繋いだ。

4) 床面材（厚板）の張り付け

- ・ 張り付け前に、厚板 A の側面（本実凹加工面）及び厚板 C の側面（本実加工無し面）に、一定の深さの先穴（φ12 mm）を、電動ドリルを用いて、側面に対して垂直に3箇所開けた。また、先穴の位置は、隣接する厚板同士で同じ位置にならないように、2パターンの先穴配置を設定し、厚板を張り付ける際は、先穴パターンの異なる厚板が交互になるように配慮した。なお、先穴の深さは、パネル用の P135 ネジ（φ6 mm×長さ 135 mm）をねじ込んで連結する際に、そのネジ長の中央部が厚板同士の連結面で止まるように、厚板 A

は 142 mm、厚板 C は 97 mm とした。

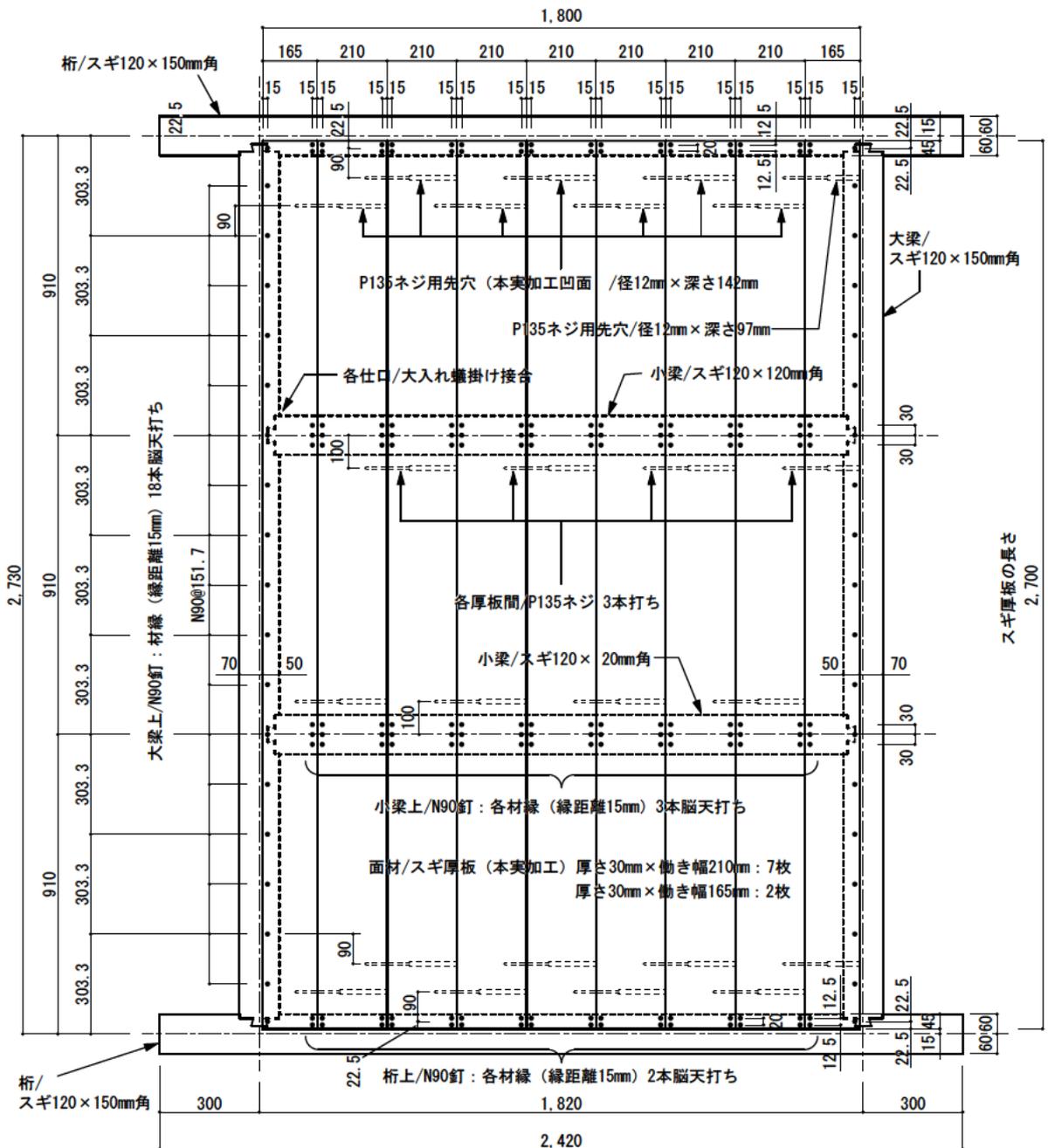
- 厚板を張る方向は縦張りとし、厚板 A を内側に 7 枚、厚板 B 及び厚板 C を両サイドに 1 枚ずつの配置とした。
- 厚板を張り付ける留め具は N90 釘（ $\phi 3.75$ mm×長さ 90 mm）を使用し、厚板の材縁から 15 mm 内側の位置で、かつ材縁と平行する方向に、N90 釘を脳天打ちして張り付けた。
- N90 釘の打つ位置は、床組の上のみとし、厚板 A の場合、小梁上の両材縁に 3 本ずつ、桁上の両材縁に 2 本ずつとした。また、厚板 B 及び厚板 C の場合、連結する側の材縁は、厚板 A と同じく小梁上は 3 本、桁上は 2 本打ちとしたが、反対側の大梁上に掛かる材縁では、基本的に 5 寸ピッチで 18 本打ちとした。
- N90 釘を桁上の厚板に打つ際は、厚板の材端割れを引き起こさないように、N90 釘の胴部径（3.75 mm）とほぼ同寸の $\phi 3.5$ mm のドリルで先穴を開けてから打つように配慮した。
- 厚板の張り付け及び厚板同士の連結は以下の手順に基づいて行った。
 - ①厚板 B を N90 釘で、桁、大梁、小梁に上記打ち方のおり張り付けた後、厚板 B の本実凹面に、連結する厚板 A の凸面をはめ込む。
 - ②厚板 A の凹面に開けた先穴 3 箇所を P135 ネジを挿入した後、各ネジをインパクトドライバーでねじ込み、厚板 B と厚板 A を連結する。
 - ③厚板 A を N90 釘で、上記打ち方のおり桁と小梁に張り付ける。
 - ④厚板 A の凹面に、先穴パターンの異なる厚板 A の凸面をはめ込み、上記②と同じく、P135 ネジにより厚板 A 同士を連結する。
 - ⑤上記③と④を繰り返しながら、厚板 A を計 7 枚張り付ける。
 - ⑥最後に張り付けた厚板 A の凹面に、厚板 C の凸面をはめ込み、上記②と同じく、P135 ネジにより厚板 A と厚板 C を連結する。
 - ⑦厚板 C を N90 釘で、上記打ち方のおり桁、大梁、小梁に張り付ける。

※P135 ネジ（商品名：パネリードⅡ⁺）：全長 135 mm，ネジ外径 6 mm，頭部径 11.5 mm

※N90 釘（商品名：鉄丸釘）：全長 90 mm，胴部径 3.75 mm，頭部径 8.8 mm

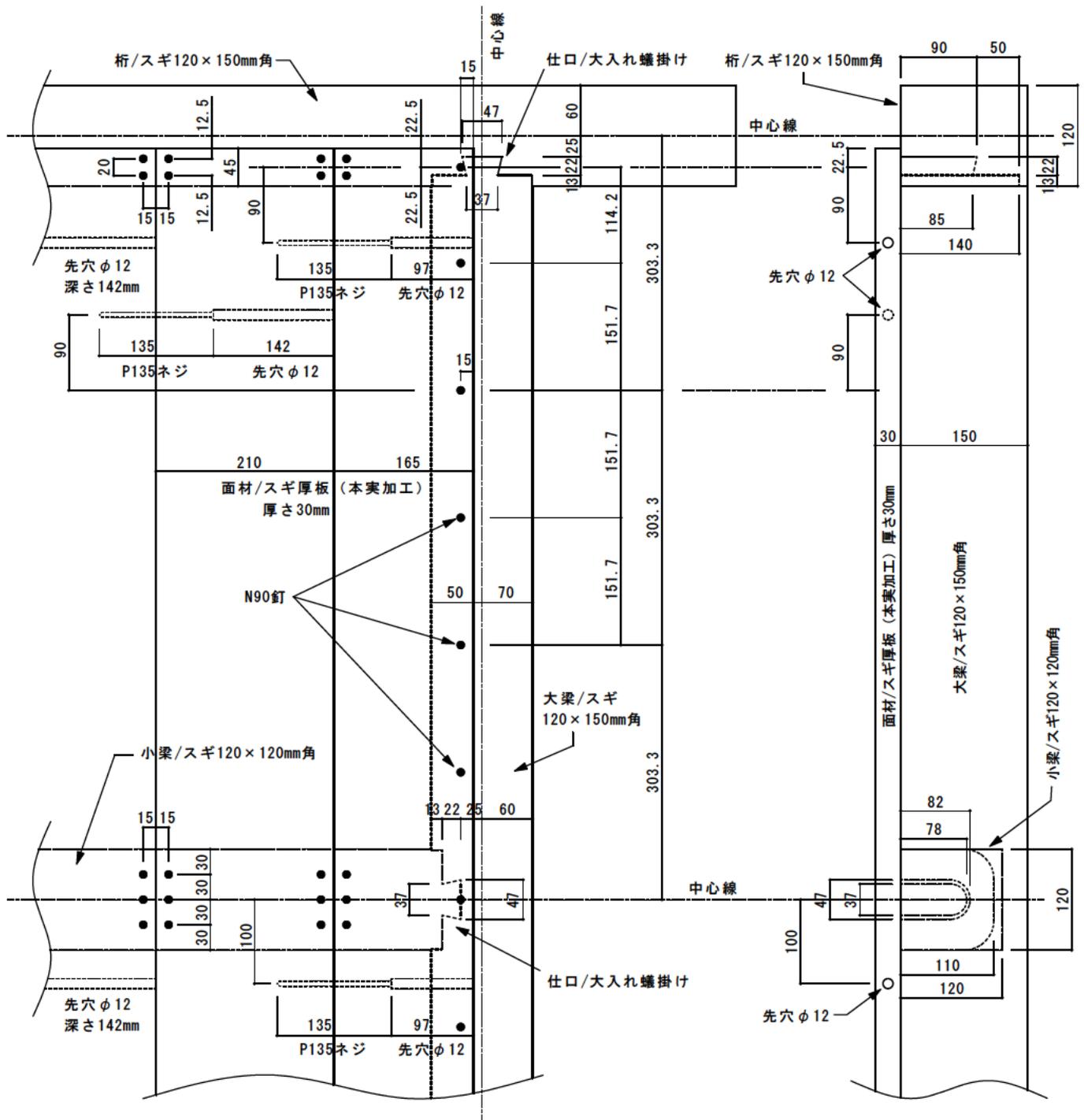
5) 試験体

- ① 試験体は、上記 3)、4) に基づき、同一仕様のもを 3 体作製した (No.1~No.3)。なお、試験体の詳細図を図-1、図-2 に示す。
- ② 各試験材料の密度、含水率を表-1 に示す。なお、密度は、重量を材積で除して求め、床組（桁・大梁・小梁）の含水率は、高周波式木材水分計（HM-520）を用いて、材長方向を 4 等分する位置における 4 材面（計 12 箇所）で測定し、それら各含水率の平均値として求めた。また、厚板の含水率は、同じく HM-520 を用



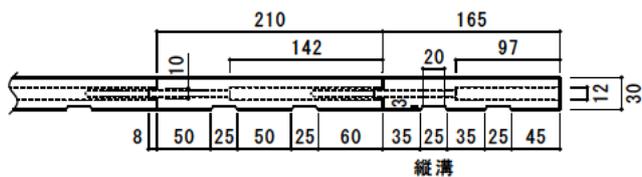
N90釘: 20本/枚×7枚=140本 (板幅210mm)
 28本/枚×2枚= 56本 (板幅165mm)
 計 196本

図-1. スギ厚板張り床構面の試験体図 (全体)



【平面図】

【側面図】



【断面図】

図-2. スギ厚板張り床構面の試験体図 (加力側拡大)

いて、材長方向の任意の 3 箇所測定した各含水率の平均値として求めた。

表-1. 試験材料の密度及び含水率

試験体	No.1		No.2		No.3	
試験材料	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)
桁(加力側)	385	29.0	494	25.9	493	39.8
桁(固定側)	494	35.4	443	22.7	436	27.3
大梁(右側)	382	26.8	516	33.0	457	34.9
大梁(左側)	402	20.0	406	18.6	465	26.1
小梁(上側)	492	30.2	403	12.9	453	13.8
小梁(下側)	449	19.9	399	11.4	447	12.0
厚板	380	13.3	371	12.4	378	13.2

6) 試験方法

試験体の面内せん断試験は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008 年版）」の柱脚固定式に準拠する形で実施した。

◆ 試験装置：面内せん断試験機（株式会社島津製作所）

油圧式ストロークのロードセル容量 100 kN

◆ 変位計：

[変位計①] DTP-05MDS（株式会社共和電業）容量 500 mm

[変位計②, ③] CDP-100（株式会社東京測器研究所）容量 100 mm

[変位計④] DT-50A（株式会社共和電業）容量 50 mm

◆ 負荷速度：1 mm/秒

柱脚固定式による面内せん断試験の概要を図-3 に示す。

① 試験体の試験装置への固定

試験体は、ホールダウン金物 HDB-20 を取り付けた側の桁を下にして試験装置に垂直に立て、試験体下端の桁を、M16 ボルトと座金を用いて試験装置に固定した。なお、固定位置は、桁と大梁の仕口部中心から桁の材端側へ 200 mm 離れた位置の 2 箇所（ボルト用先穴径 18 mm）とした。さらに、固定した桁の長さ方向における中央付近において、桁と試験装置（鋼製フレーム）を大型クランプで挟んで締め付け、面内せん断試験時に固定桁が横ずれ及び浮き上がりしないように配慮した（写真 1-2）。

② 試験体の面外方向に対する振れ止め対策

加力側の桁の上面に桁と同じ断面（120 mm×150 mm）のスギ平角材を載せ、その平角材と加力桁を、M16 の両ネジボルトと座金を用いて固定した（3 箇所）。

また、加力時に、試験体が面外へ振れないように、加力側の桁に載せた平角材の両側面から振れ止めローラーを当てた（写真 1-1）。

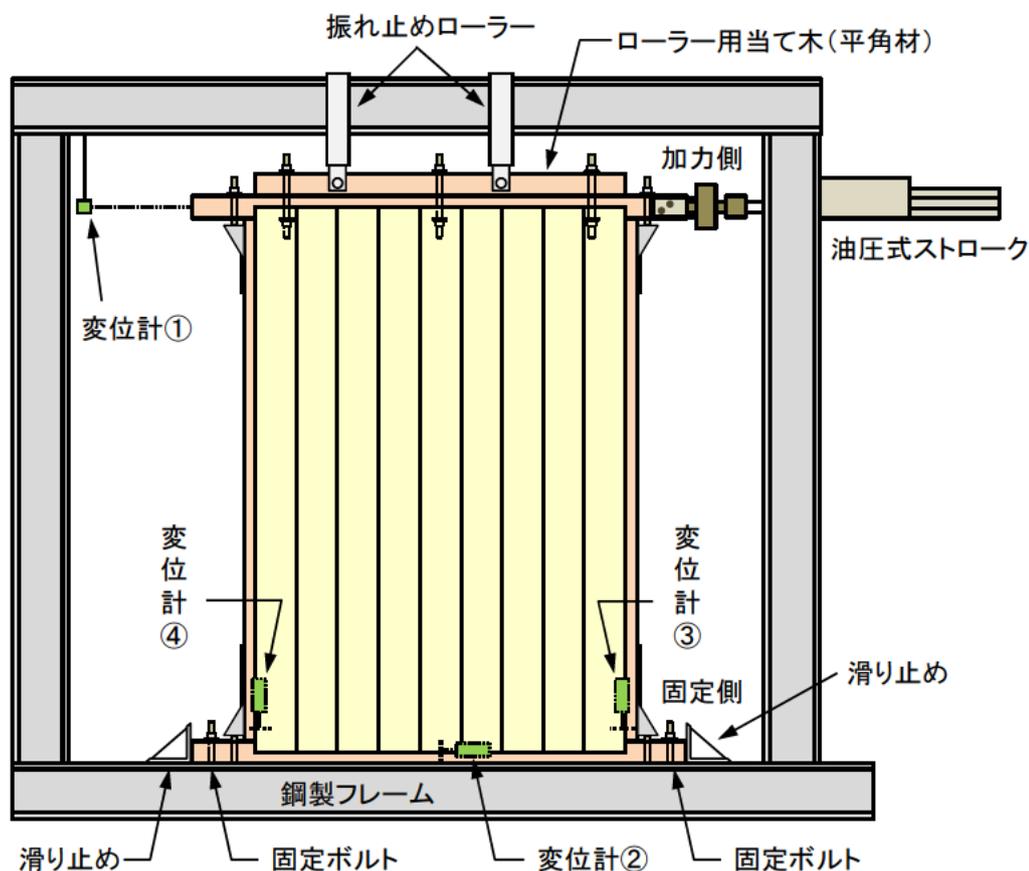


図-3. 柱脚固定式による面内せん断試験の概要図

④ 面内せん断試験の加力方法

加力は、加力側の桁の材端部と油圧式ストローク（容量 100 kN）をコの字形の鋼製治具で繋ぎ、負荷速度 1 mm/秒の正負交番繰り返し加力（繰り返し 1 回）で行った。繰り返し履歴は、見かけのせん断変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30 rad の正負変形時とした。また、最終加力は、油圧式ストロークの押し（正）側において、見かけのせん断変形角が 1/10 rad を超えた時点で終了とした。

⑤ 試験データの収集方法

荷重及び各変位量のデータは、上記ロードセル、変位計をデジタル静ひずみ測定器（株式会社共和電業）に接続して収集した。なお、データ収集間隔は、0.1 秒につき 1 点とした。

7) 試験結果

見かけのせん断変形角 (γ) は次式を用いて算出した。

$$\gamma = (\delta 1 - \delta 2) / L \quad (\text{rad})$$

ただし、 $\delta 1$: 加力側の桁の水平方向変位 (mm) (図-3 変位計①)

$\delta 2$: 固定側の桁の水平方向変位 (mm) (図-3 変位計②)

L : 変位計①と変位計②の垂直距離 (mm)

各試験体の荷重と見かけのせん断変形角の曲線を図-4 に示す。

試験体は、加力に伴って床組が変形し、各厚板間で滑りが生じた (写真 1-3、2-1、2-2、3-1、3-2)。この滑りは、厚板の左右の材縁では常に逆向きとなり、加力方向が押し (正) の場合、右側の材縁が押し上げられ、左側の材縁は押し下げられる (写真 2-4)、また加力方向が引き (負) の場合、右側の材縁が押し下げられ、左側の材縁が押し上げられるといったシーソーのような動きを示し、厚板間の滑り面では、押し下げと押し上げが同時に生じることが確認された。また、滑りに伴って、厚板の材縁に平行に打った N90 釘が材にめり込み、滑りに対して抵抗している様子が窺えた (写真 4-1)。

試験体の破壊は、見かけのせん断変形角が 1/30 rad までは、軋む音以外は特に目立った破壊は見られなかったが、1/30 rad を超え、最終の 1/10 rad に達するまでの間において、桁上の厚板に打った N90 釘が、厚板の滑りに伴い大きく引っ張られ、最終的に桁の材縁部を引き裂く破壊 (写真 1-4、2-3、3-4) や、厚板木口面に木部を突出させる破壊 (写真 2-4) が見られた。また、床組の各仕口部では、床組の変形に伴い、仕口 (大入れ蟻掛け) 部が大きく開く様子が観察された (写真 3-3、3-4)。しかし、荷重は最終の 1/10 rad に達しても増加し続け、荷重を低下させる程の著しい破壊は見られなかった。

試験後、バールを用いて、N90 釘を回転させないように真っ直ぐ上に引き上げ、N90 釘が刺さった状態の厚板を床組から取り外した。その後、厚板を連結している P135 ネジをインパクトドライバーを用いて引き抜き、そのネジを連結していた位置の厚板の上に並べて、N90 釘と P135 ネジの損傷状況を確認した (写真 4-2~4-6)。その結果、N90 釘、P135 ネジともに切断されたものは見られなかったが、曲がりの損傷が大きく、厚板の滑りに対し、抵抗している様子が窺えた。また、引き上げた N90 釘の曲がりの向きから、厚板の滑り方向が判断でき、厚板の左右の材縁において、滑りの向きが逆であることが観察できた。

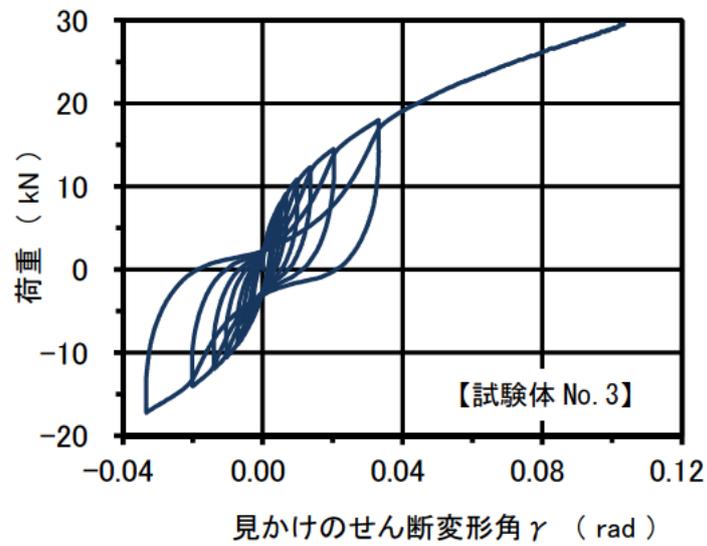
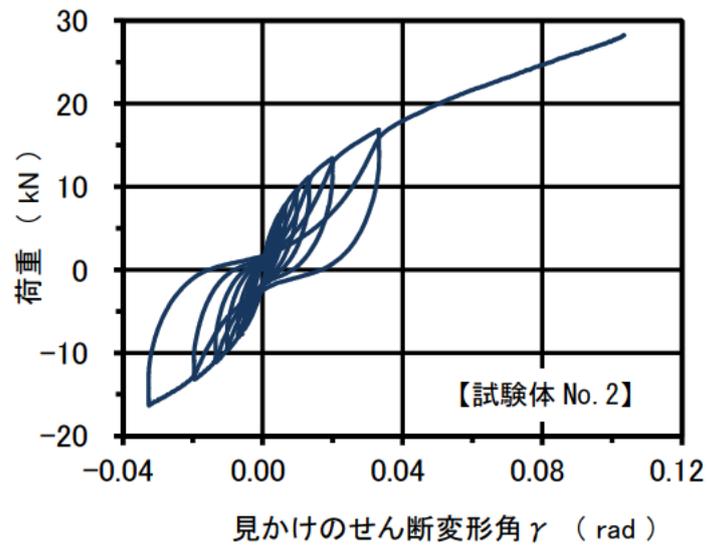
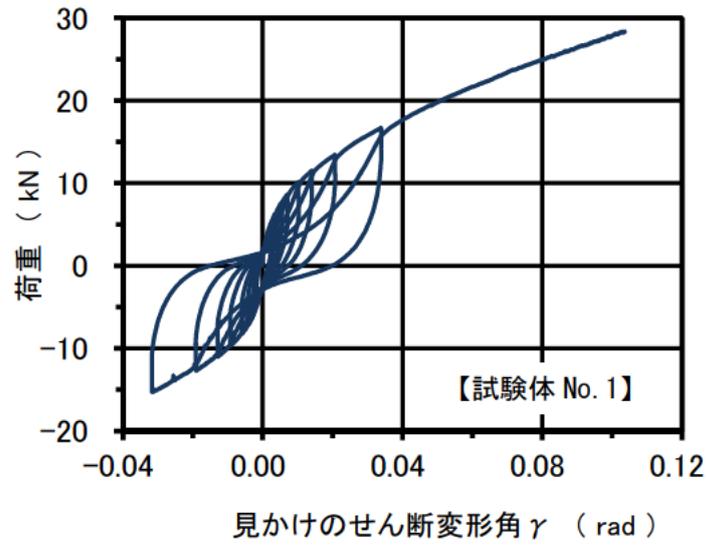


図-4. 荷重と見かけのせん断変形角の曲線（試験体 No. 1~3）

8) 短期基準耐力及び床倍率の算出

8-1) 短期基準せん断耐力 (P_0)

- ① 最終加力側の荷重と見かけのせん断変形角の曲線より包絡線を作成し、完全弾塑性モデルとした。各試験体の完全弾塑性モデルを図-5～図-7に示す。また、そのモデルから得られた各種特性値を表-2に示す。なお、最大耐力は、見かけのせん断変形角が $1/10$ rad 時の荷重値とした。

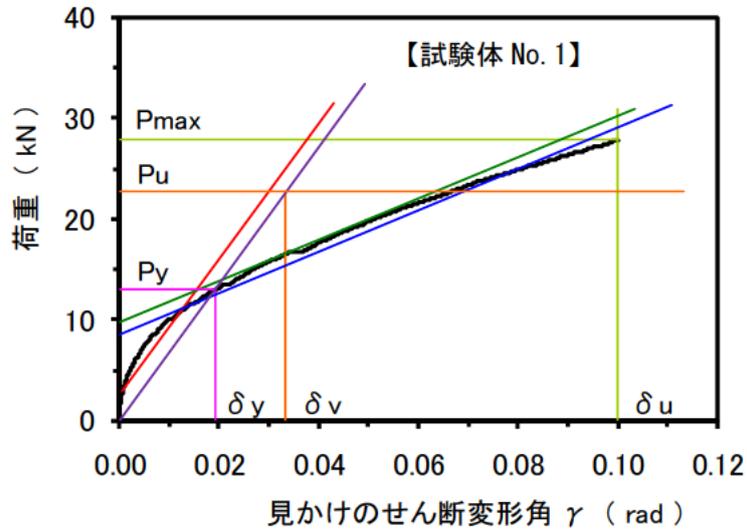


図-5. 荷重と見かけのせん断変形角の包絡線 (試験体 No. 1)

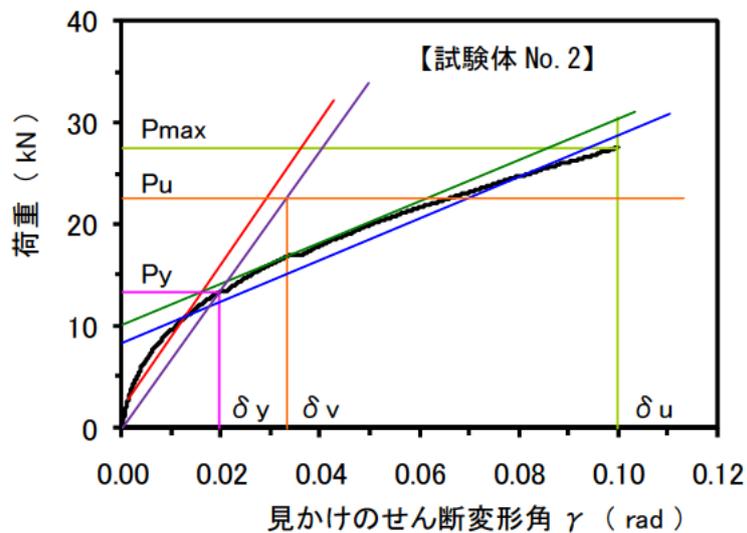


図-6. 荷重と見かけのせん断変形角の包絡線 (試験体 No. 2)

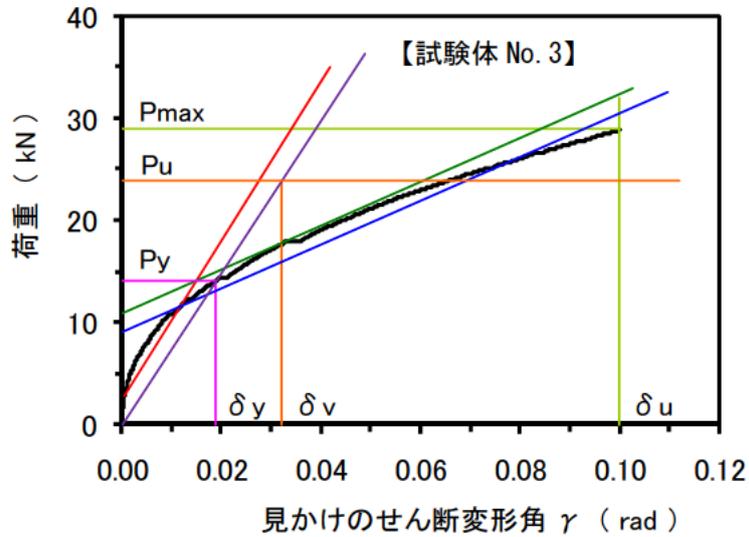


図-7. 荷重と見かけのせん断変形角の包絡線 (試験体 No. 3)

表-2. 荷重と見かけのせん断変形角の包絡線より得られた各種特性値

スギ厚板張り床構面の面内せん断試験(柱脚固定式)					
試験体 No.	No.1	No.2	No.3	平均値	標準偏差
最大耐力 P_{max} (kN/1.82m)	27.85	27.55	29.00	28.13	0.765
最大耐力時変形角 δ_{max} (10^{-3} rad)	100.00	100.00	100.00	100.00	0.000
降伏耐力 P_y (kN/1.82m)	13.00	13.44	14.12	13.52	0.565
降伏変形角 δ_y (10^{-3} rad)	19.14	19.78	18.98	19.30	0.422
終局耐力 P_u (kN/1.82m)	22.69	22.56	23.93	23.06	0.754
終局変形角 δ_u (10^{-3} rad)	100.00	100.00	100.00	100.00	0.000
降伏点変形角 δ_v (10^{-3} rad)	33.41	33.19	32.15	32.92	0.673
剛性 K (kN/rad)	679	680	744	701.05	37.42
塑性率 μ (δ_u / δ_v)	2.99	3.01	3.11	3.04	0.063
構造特性係数 D_s ($1/\sqrt{2\mu-1}$)	0.45	0.45	0.44	0.44	0.005
$P_u \times (0.2/D_s)$ (kN/1.82m)	10.13	10.12	10.93	10.39	0.468
$2/3 \times P_{max}$ (kN/1.82m)	18.57	18.37	19.33	18.76	0.510
1/120 rad時の耐力 (kN/1.82m)	9.25	8.93	10.15	9.44	0.631

② 短期基準せん断耐力 (P_0) は、下記の (a) ~ (d) の各平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値 (50%下限値) のうち最も小さい値として求めた (表-3)。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より求めた。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \times k$$

ただし、CV : 変動係数 (標準偏差/平均値)

k : 信頼水準 75% における 50% 下側許容限界値を求めるための係数
(試験体数 3 体の場合、 $k=0.471$)

(a) 降伏耐力 (P_y)

(b) 終局耐力 (P_u) \times { 0.2/構造特性係数 (D_s) }

(c) $2/3 \times$ 最大耐力 (P_{max})

(d) 見かけのせん断変形角 $1/120$ rad 時の耐力

8-2) 床倍率

上記で求めた短期基準せん断耐力 (P_0) を基に、次式より算出した床倍率を表-3 に示す。なお、床倍率の算出においては、低減係数は考慮していない。

$$\text{床倍率} = P_0 \div P_c \div W$$

ただし、 P_c : 床倍率 1.0 の基準耐力値 = 1.96 (kN/m)

W : 試験体の幅 = 1.82 (m)

表-3. 短期基準せん断耐力と床倍率

耐力項目	平均値 (kN/1.82m)	標準偏差	変動係数	ばらつき 係数	50%下限値 (kN/1.82m)
P_y	13.52	0.565	0.0418	0.980	13.26
$P_u \times (0.2/D_s)$	10.40	0.469	0.0451	0.979	10.18
$2/3 \times P_{max}$	18.76	0.510	0.0272	0.987	18.52
$P_{1/120}$	9.44	0.631	0.0668	0.969	9.15
短期基準せん断耐力 (P_0)					9.15
床倍率					2.56



写真 1-1

スギ厚板張り床構面

試験体 No.1

面内せん断試験前



写真 1-2

スギ厚板張り床構面

試験体 No.1

面内せん断試験前

[固定側の桁]

試験機の鋼製フレーム

と固定側の桁を大型

クランプで挟み、横

ずれと浮き上がりを

防止

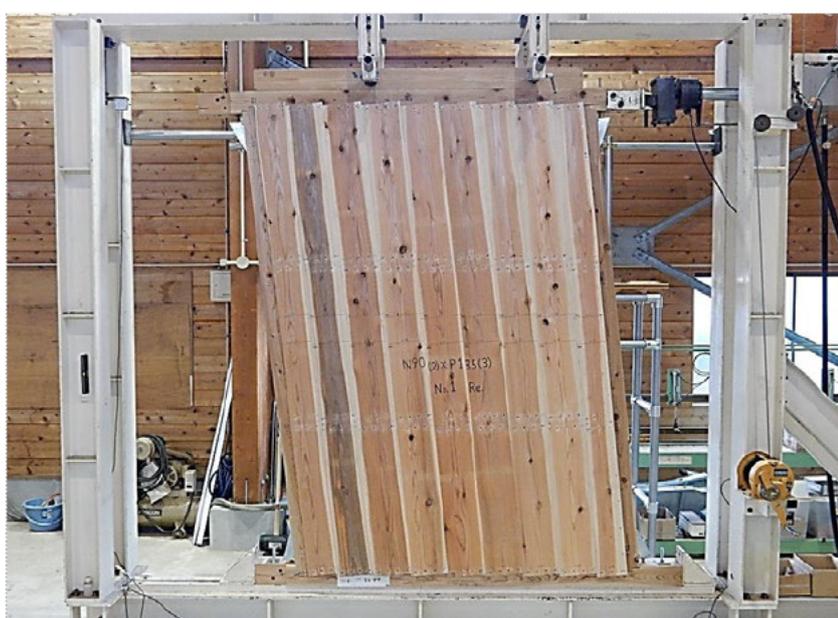


写真 1-3

スギ厚板張り床構面

試験体 No.1

面内せん断試験後

最大耐力 27.85kN

厚板間の滑り状況

注) 厚板の材面上の傷・・・当初、小梁の上では千鳥状、桁の上では直線状にN90釘を打ったが、釘の打ち方を材縁打ちに変更するにあたり、当初の釘を引き抜いた時にできた傷痕



写真 1-4

スギ厚板張り床構面

試験体 No.1

面内せん断試験後

[加力側の桁]

最終加力時に、厚板

間の滑りが大きくなり

厚板に打ったN90釘

が桁の材縁部を引き

裂いた様子



写真 2-1

スギ厚板張り床構面

試験体 No.2

面内せん断試験後

最大耐力 27.55kN

厚板間の滑り状況



写真 2-2

スギ厚板張り床構面

試験体 No.2

面内せん断試験後

厚板間の滑り状況

(中央付近拡大)

注) 厚板の材面上に貼ったガムテープ・・・当初、千鳥打ち(小梁上)または直線打ち(桁上)した時のN90釘の引き抜き痕を隠すために貼り付けたもの



写真 2-3
スギ厚板張り床構面
試験体 No.2
面内せん断試験後
[加力側の桁]
厚板に打ったN90釘
が桁の材縁部を引き
裂いた様子



写真 2-4
スギ厚板張り床構面
試験体 No.2
面内せん断試験後
[加力側の桁]
厚板の滑りにおいて
最終押し下げ側の
材縁部に打ったN90
釘が厚板の木口部
を突出させた様子



写真 3-1
スギ厚板張り床構面
試験体 No.3
面内せん断試験後
最大耐力 29.00kN
厚板間の滑り状況

注) 厚板の材面上に貼ったガムテープ・・・当初、千鳥打ち(小梁上)または直線打ち(桁上)した時のN90釘の引き抜き痕を隠すために貼り付けたもの



写真 3-2
スギ厚板張り床構面
試験体 No.3
面内せん断試験後
厚板間の滑り状況 (下側付近拡大)



写真 3-3
スギ厚板張り床構面
試験体 No.3
面内せん断試験後
[表面／加力側の桁]
桁と大梁の仕口部が 開いた様子



写真 3-4
スギ厚板張り床構面
試験体 No.3
面内せん断試験後
[裏面／加力側の桁]
桁と大梁の仕口部の 開き具合と桁の材縁 部の引き裂き状況

注) 厚板の材面上に貼ったガムテープ・・・当初、千鳥打ち(小梁上)または直線打ち(桁上)した時のN90釘の引き抜き痕を隠すために貼り付けたもの



写真 4-1

試験体 No.3

N90釘めり込み状況

[小梁上の厚板拡大]

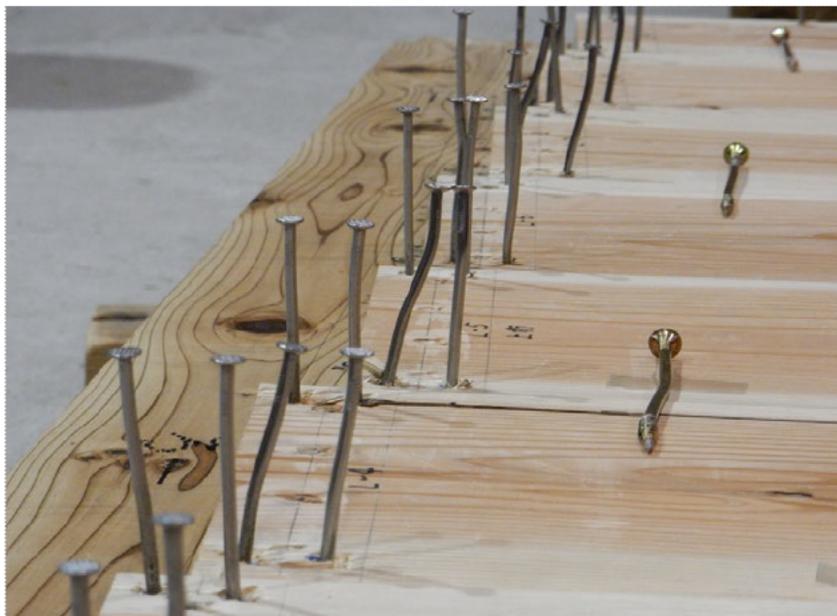


写真 4-2

試験体 No.1

釘&ネジ損傷状況

[加力側の桁周辺]

※ P135ネジ

引き抜き後、厚板上

に並べた状態

※ N90釘

真っ直ぐ上に引き

上げた状態



写真 4-3

試験体 No.1

釘&ネジ損傷状況

[上側の小梁周辺]

※ P135ネジ

引き抜き後、厚板上

に並べた状態

※ N90釘

真っ直ぐ上に引き

上げた状態

注) 厚板の材面上に貼ったガムテープ・・・当初、千鳥打ち(小梁上)または直線打ち(桁上)した時のN90釘の引き抜き痕を隠すために貼り付けたもの



写真 4-4
試験体 No.1
釘&ネジ損傷状況
[下側の小梁周辺]
※ P135ネジ
引き抜き後、厚板上
に並べた状態
※ N90釘
真っ直ぐ上に引き
上げた状態



写真 4-5
試験体 No.1
釘&ネジ損傷状況
[固定側の桁周辺]
※ P135ネジ
引き抜き後、厚板上
に並べた状態
※ N90釘
真っ直ぐ上に引き
上げた状態



写真 4-6
試験体 No.2
釘&ネジ損傷状況
[固定側の桁拡大]
※ P135ネジ
引き抜き後、厚板上
に並べた状態
※ N90釘
真っ直ぐ上に引き
上げた状態

注) 厚板の材面上に貼ったガムテープ・・・当初、千鳥打ち(小梁上)または直線打ち(桁上)した時のN90釘の引き抜き痕を隠すために貼り付けたもの