

木造住宅の耐震性を学ぶ

目次

- ・ 構造計画の概要
- ・ 釘の間隔が耐力壁のせん断耐力に及ぼす影響を把握する実験実習
- ・ 耐力壁の施工精度（初期の釘頭のめり込み）が耐力壁のせん断耐力に及ぼす影響を把握する実験実習
- ・ 釘の1面せん断試験の実験実習

耐力壁とは？

耐力壁とは主に**地震力**、**風荷重等**の**水平力**に抵抗する部材である。
建築基準法は、耐力壁について

- ① バランスよく配置する
 - ② 耐力壁の仕様
 - ③ 耐力壁の仕様による補強金物の選定
 - ④ 施工方法
- 等を規定で定めている。

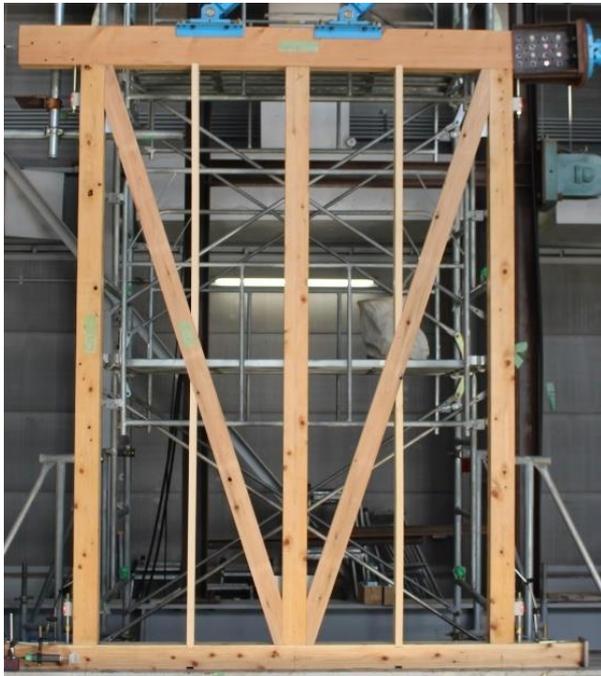


図1 筋かい耐力壁



図2 面材耐力壁

どんな耐力壁があるの？

木造耐力壁に関する規定は「建築基準法施行令46条（構造耐力上必要な軸組等）4項」で示している。

表1 筋かい耐力壁の種類と壁倍率

	軸組の種類	壁倍率
(1)	土塗壁又は木ずりその他これに類するものを柱及び間柱の片面に打ち付けた壁を設けた軸組	0.5
(2)	木ずりその他これに類するものを柱及び間柱の両面に打ち付けた壁を設けた軸組 厚さ1.5cm以上、幅9cm以上の木材又は径9mm以上の鉄筋の筋かいを入れた軸組	1
(3)	厚さ3cm以上、幅9cm以上の木材の筋かいを入れた軸組	1.5
(4)	厚さ4.5cm以上、幅9cm以上の木材の筋かいを入れた軸組	2
(5)	厚さ9cm角以上の木材の筋かいを入れた軸組	3
(6)	(2)から(4)までに掲げる筋かいをたすき掛けに入れた軸組	(2)～(4)までの数値の2倍
(7)	(5)に掲げる筋かいをたすき掛けにいれた軸組	5

どんな耐力壁があるの？

木造耐力壁に関する規定は「建築基準法施行令46条（構造耐力上必要な軸組等）4項」で示している。

表2 筋かい以外の耐力壁の種類と壁倍率

	軸組の種類	壁倍率
(8)	その他(1)から(7)までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有するものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの ○昭56建告1100（倍率の数値）	0.5から5までの範囲以内において国土交通大臣が定める数値
(9)	(1)又は(2)に掲げる壁と(2)から(6)までに掲げる筋かいを併用した軸組	(1)又は(2)のそれぞれの数値と(2)から(6)までのそれぞれの数値の和

どんな耐力壁があるの？

「建築基準法施行令46条（構造耐力上必要な軸組等）4項」で規定する「その他(1)から(7)までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有するものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの」は、昭和56年建設省告示第1100号で仕様を示している。**壁倍率3を超える仕様は平成30年3月に追加された。**

表3 大壁耐力壁の種類 面材

	材料	釘打の方法		壁倍率
		釘の種類	釘の間隔	
(1)	構造用パーティクルボード 構造用MDF	N50	外周部7.5cm その他15cm 以下	4.3
(2)	構造用合板 厚さ9mm以上 化粧ばり構造用合板 厚さ9mm以上	CN50	外周部7.5cm その他15cm 以下	3.7
(3)	構造用パネル 厚さ9mm以上	N50		
(4)	構造用合板 厚さ7.5mm以上 化粧ばり構造用合板 厚さ7.5mm以上	N50	15cm以下	2.5
(5)	パーティクルボード 厚さ12mm以上 構造用パーティクルボード 構造用MDF 構造用パネル			

どんな耐力壁があるの？

「建築基準法施行令46条（構造耐力上必要な軸組等）4項」で規定する「その他(1)から(7)までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有するものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの」は、昭和56年建設省告示第1100号で仕様を示している。**壁倍率3を超える仕様は平成30年3月に追加された。**

表4 大壁耐力壁の種類 面材

	材料	釘打の方法		壁倍率	
		釘の種類	釘の間隔		
(6)	ハードボード 厚さ5mm以上	N50 CN50	15cm以下	2.0	
(7)	硬質木片セメント版 厚さ12mm以上				
(8)	炭酸マグネシウム板 厚さ12mm以上	GNF40 又は GNC40		15cm以下	2.0
(9)	パイプセメント版 厚さ8mm以上				1.5
(10)	構造用せっこうボードA種 厚さ12mm以上				1.7
(11)	構造用せっこうボードB種 厚さ12mm以上				1.2
(12)	せっこうボード 厚さ12mm以上				0.9
	強化せっこうボード 厚さ12mm以上				

どんな耐力壁があるの？

「建築基準法施行令46条（構造耐力上必要な軸組等）4項」で規定する「その他(1)から(7)までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有するものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの」は、昭和56年建設省告示第1100号で仕様を示している。**壁倍率3を超える仕様は平成30年3月に追加された。**

表5 大壁耐力壁の種類 面材

	材料	釘打の方法		壁倍率
		釘の種類	釘の間隔	
(13)	シーリングボード 厚さ12mm以上	SN40	外周部分10cm その他20cm 以下	1.0
(14)	ラスシートに定めるもののうち角波亜鉛鉄版の厚さ0.4mm以上、メタルラスの厚さ0.6以上	N38	15cm以下	1.0

どんな耐力壁があるの？

「建築基準法施行令46条（構造耐力上必要な軸組等）4項」で規定する「その他(1)から(7)までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有するものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの」は、昭和56年建設省告示第1100号で仕様を示している。**壁倍率3を超える仕様は平成30年3月に追加された。**



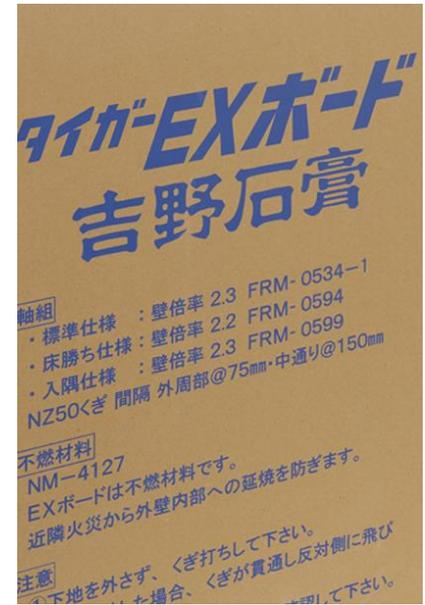
針葉樹構造用合板
倍率：2.5



ハイベストウッド
倍率：2.5、3.0、4.0
※施工方法によって異なる



ダイライト
倍率：2.5



構造用せっこうボード
倍率：2.3

図3 大壁耐力壁の各種類

疑問 1 : 筋かい耐力壁と面材耐力壁はどちらが多用されてるの？

疑問 2 : どちらがいいの？

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角：試験前

載荷荷重：

kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角：+1/150rad (変位：18.2mm)

載荷荷重：

5.99 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



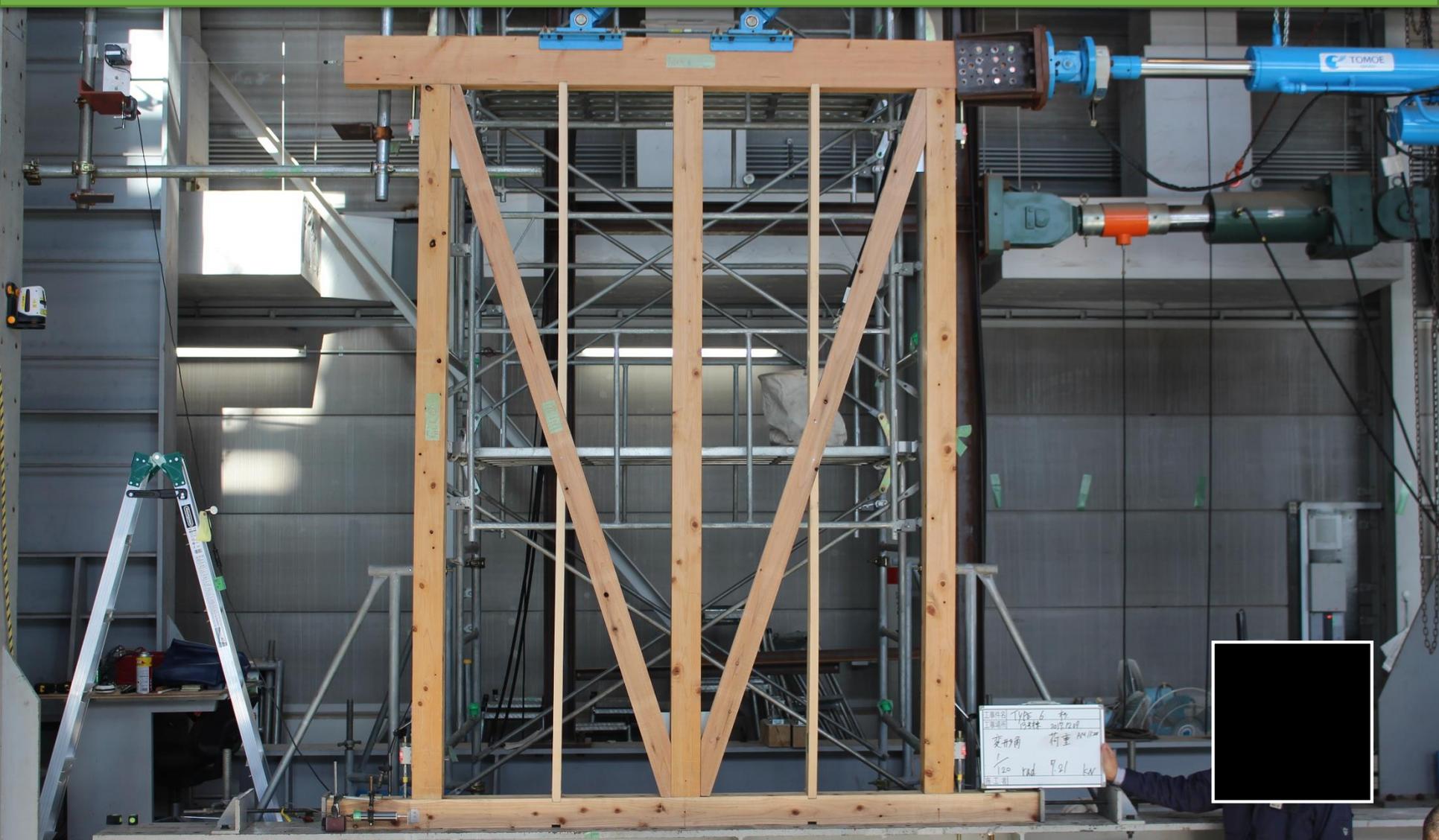
筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角： $-1/150\text{rad}$ (変位： -18.2mm)

載荷荷重：

7.39 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



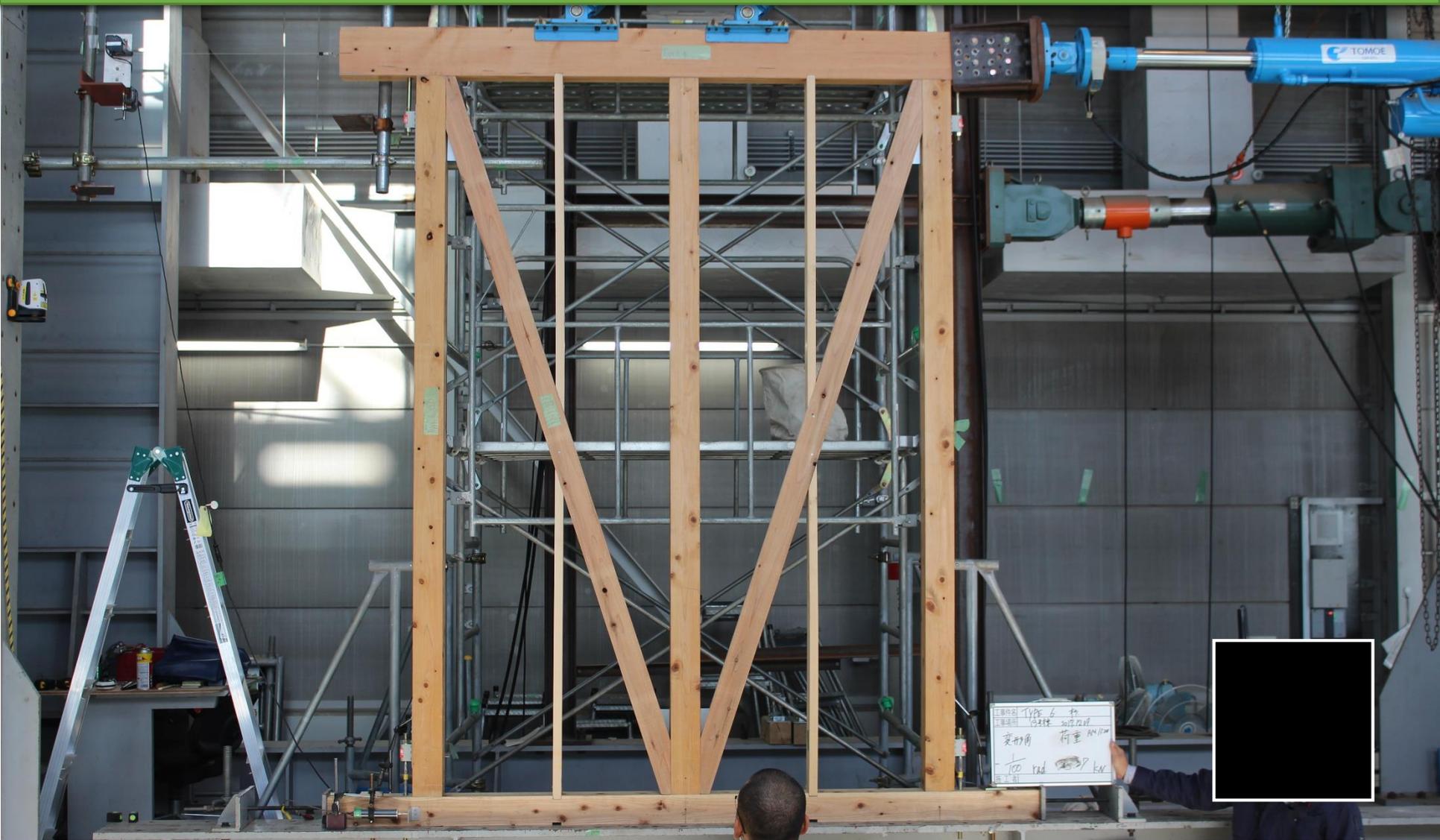
筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角：+1/100rad（変位：27.3mm）

載荷荷重：

7.21 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



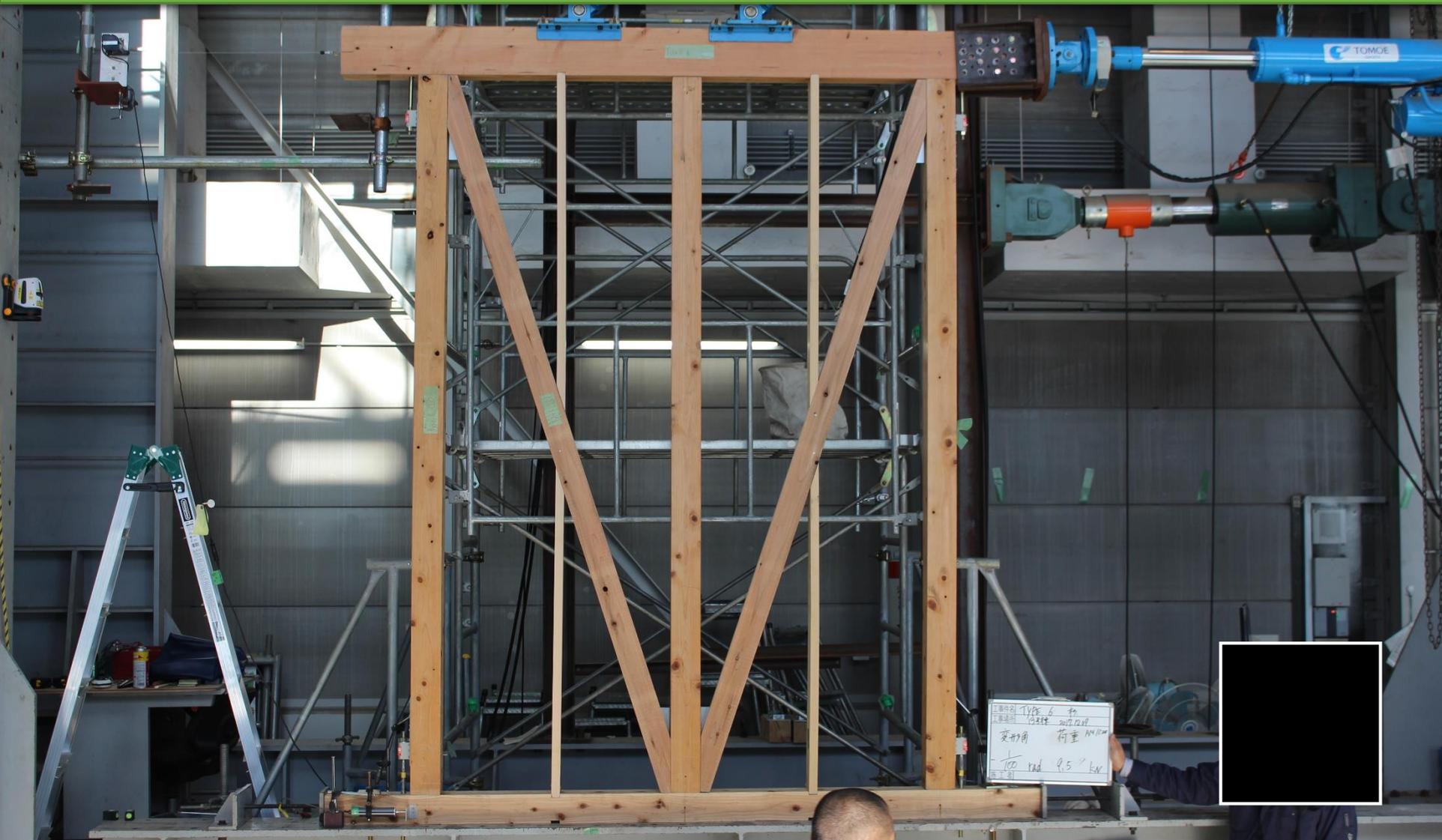
筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角： $-1/100\text{rad}$ (変位： -27.3mm)

載荷荷重：

8.27 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)

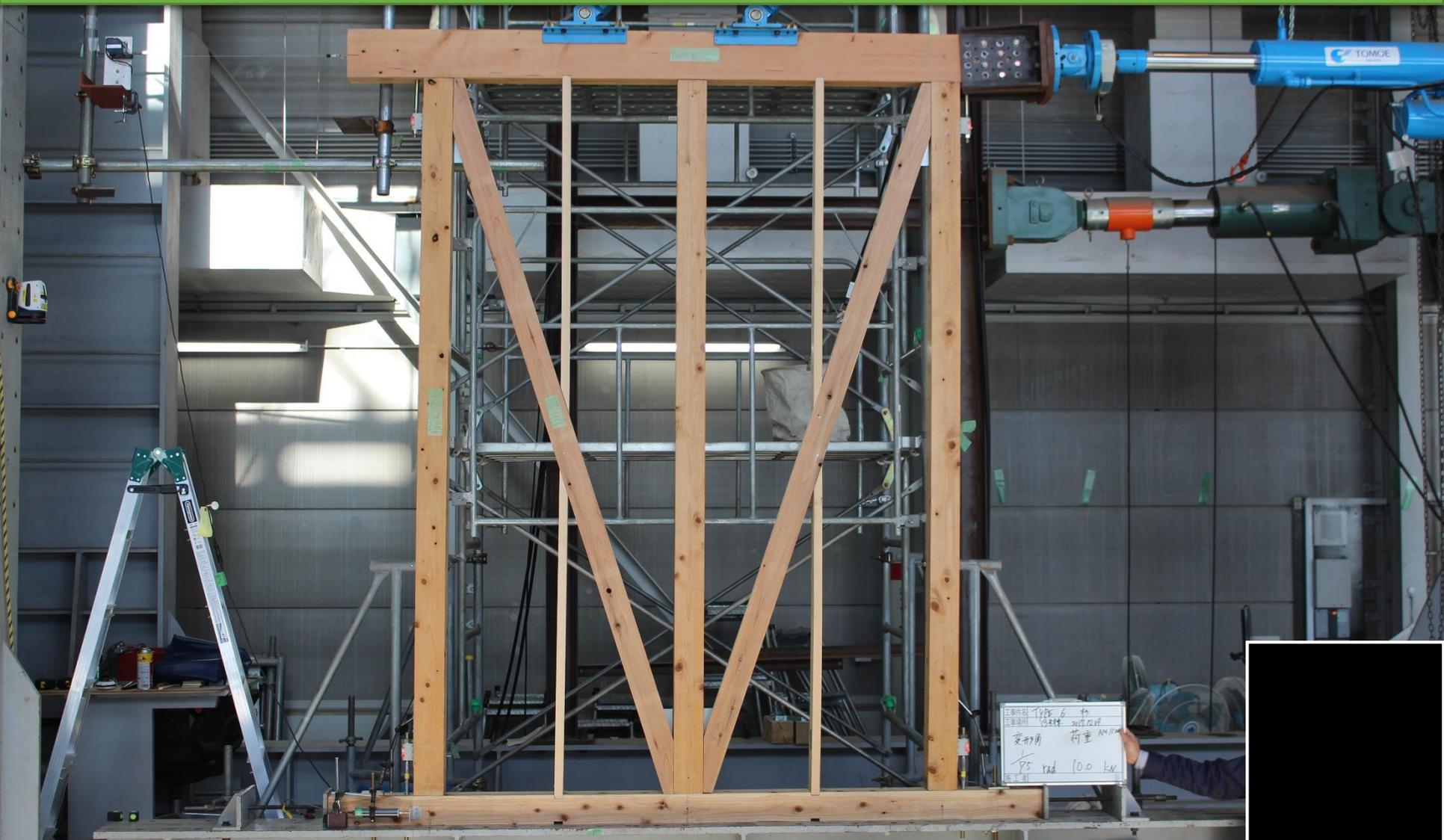


筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角： $-1/100\text{rad}$ (変位： -27.3mm)

載荷荷重： 9.5 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角：+1/75rad (変位：36.4mm)

載荷荷重：

10.0 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



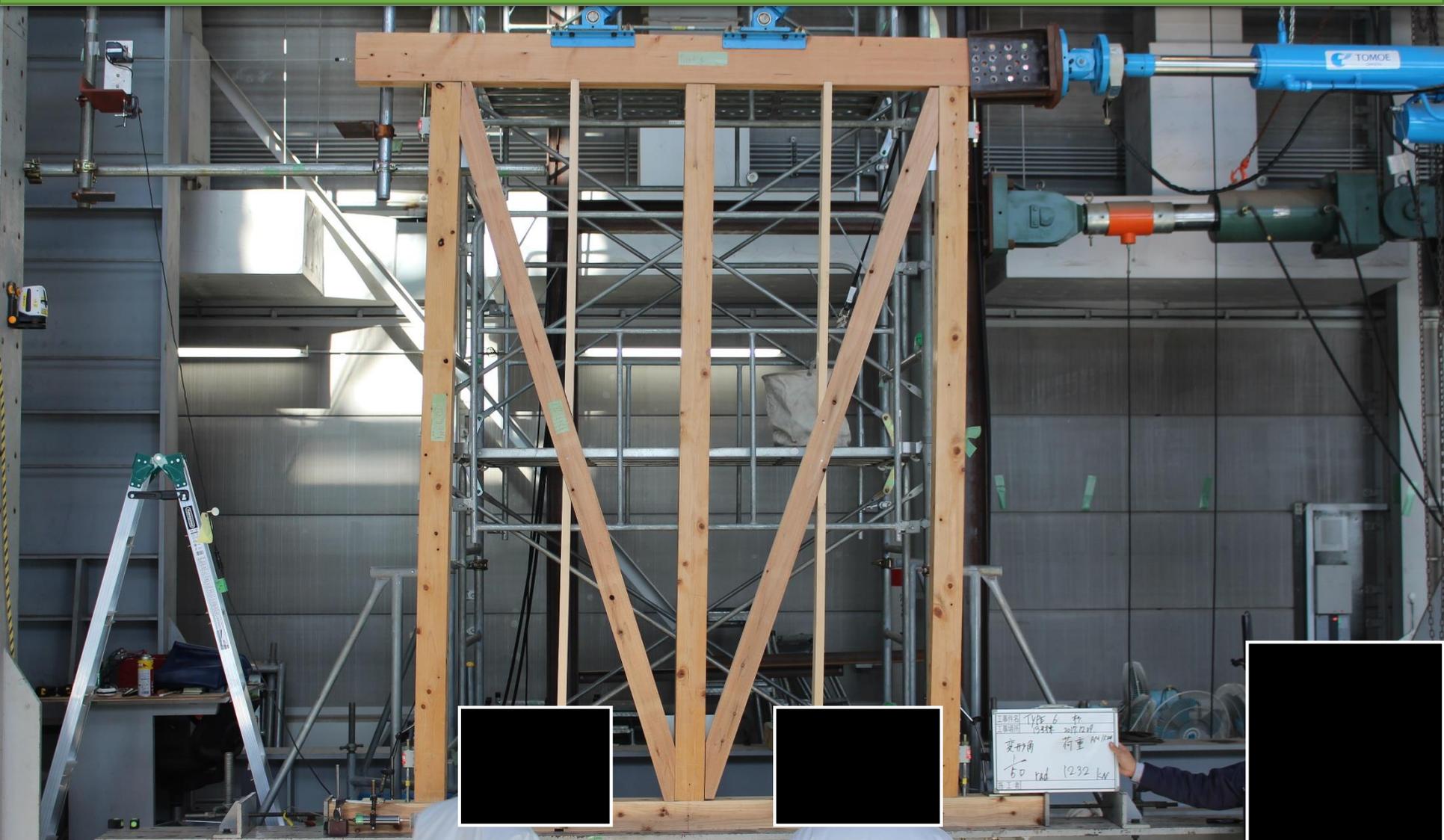
筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角： $-1/75\text{rad}$ (変位： -27.3mm)

載荷荷重：

11.1 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



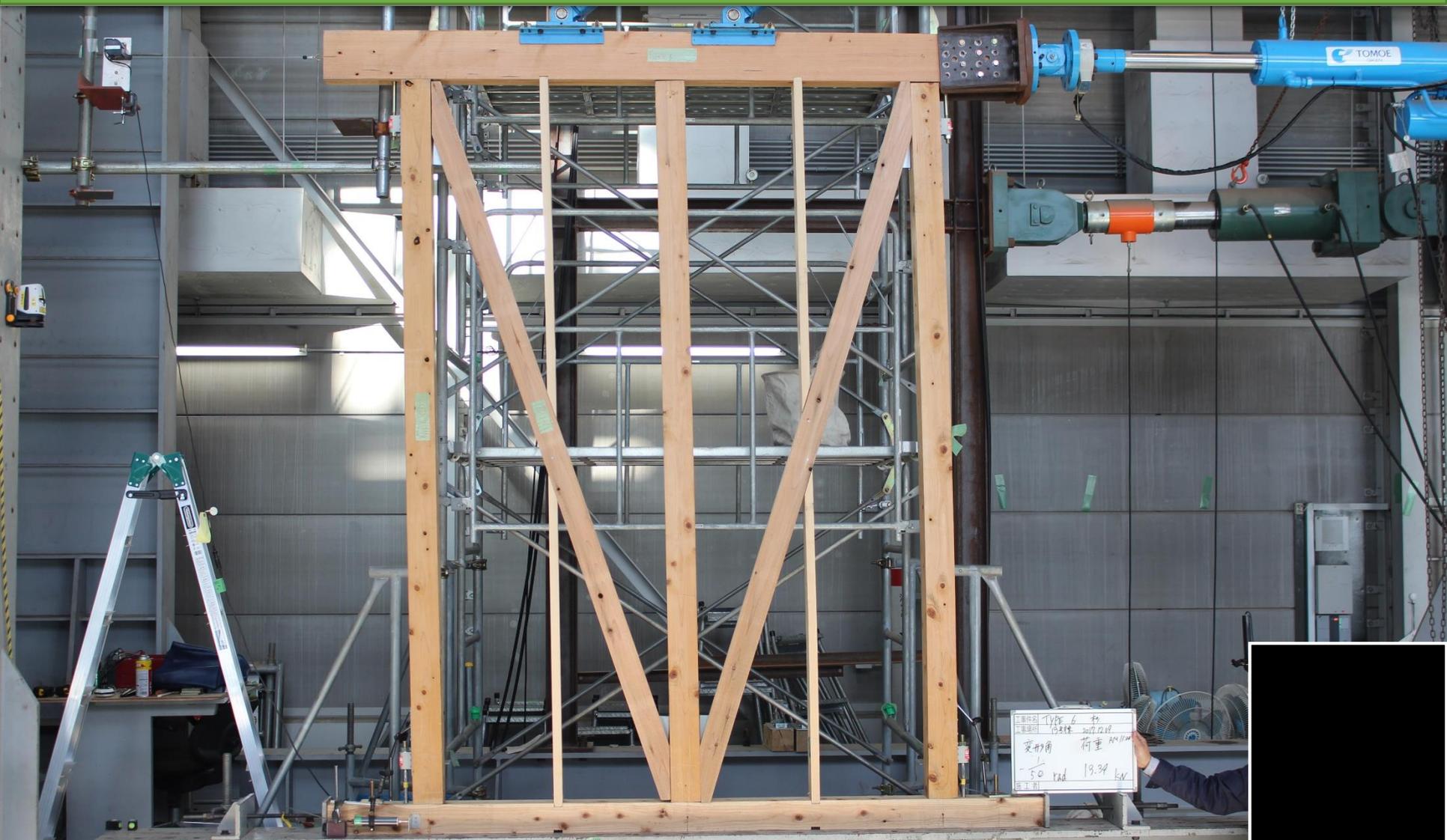
筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角：+1/50rad (変位：54.6mm)

載荷荷重：

12.3 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



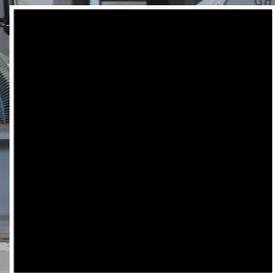
筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角：-1/150rad (変位：-54.6mm)

載荷荷重：

13.3 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角：+1/30rad (変位：90.9mm)

載荷荷重：

12.4 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)



筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角： $-1/30\text{rad}$ (変位：90.9mm)

載荷荷重：

14.7 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)

破壊性状

弱軸への座屈による
曲げ引張側で破断



1/30rad付近で破壊。
最大荷重 14.7kN
P 120 : 7.21kN

筋かい : 45 × 90、補強金物 : リベロⅡ

変形角 : +1/30rad付近 (変位 : 90.9mm)

載荷荷重 :

14.7 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (筋かい編)

破壊性状

圧縮筋かいの弱軸への**座屈**による
曲げ引張側で破断

筋かい：45×90、補強金物：リベロⅡ

変形角：+1/30rad付近（変位：90.9mm）

載荷荷重：

14.7 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



試験名 K-150-1
 試験日 3月 20日 2018年
 変位
 試験前
 kN

面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150 変形角：試験前（変位：0.0mm） 載荷荷重： kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



変形角 荷重
1/150rad 8.70 kN

面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150	変形角：+1/150rad (変位：18.2mm)	載荷荷重： 8.7 kN
------------------------	---------------------------	--------------

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150

変形角： $-1/150\text{rad}$ (変位： -18.2mm)

載荷荷重： 9.5 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



事件名 K-150-1
 試験種 20/80/722
 変形角 10.91
 1/100rad kN

面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150 変形角：+1/100rad (変位：27.3mm) 載荷荷重： 10.9 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



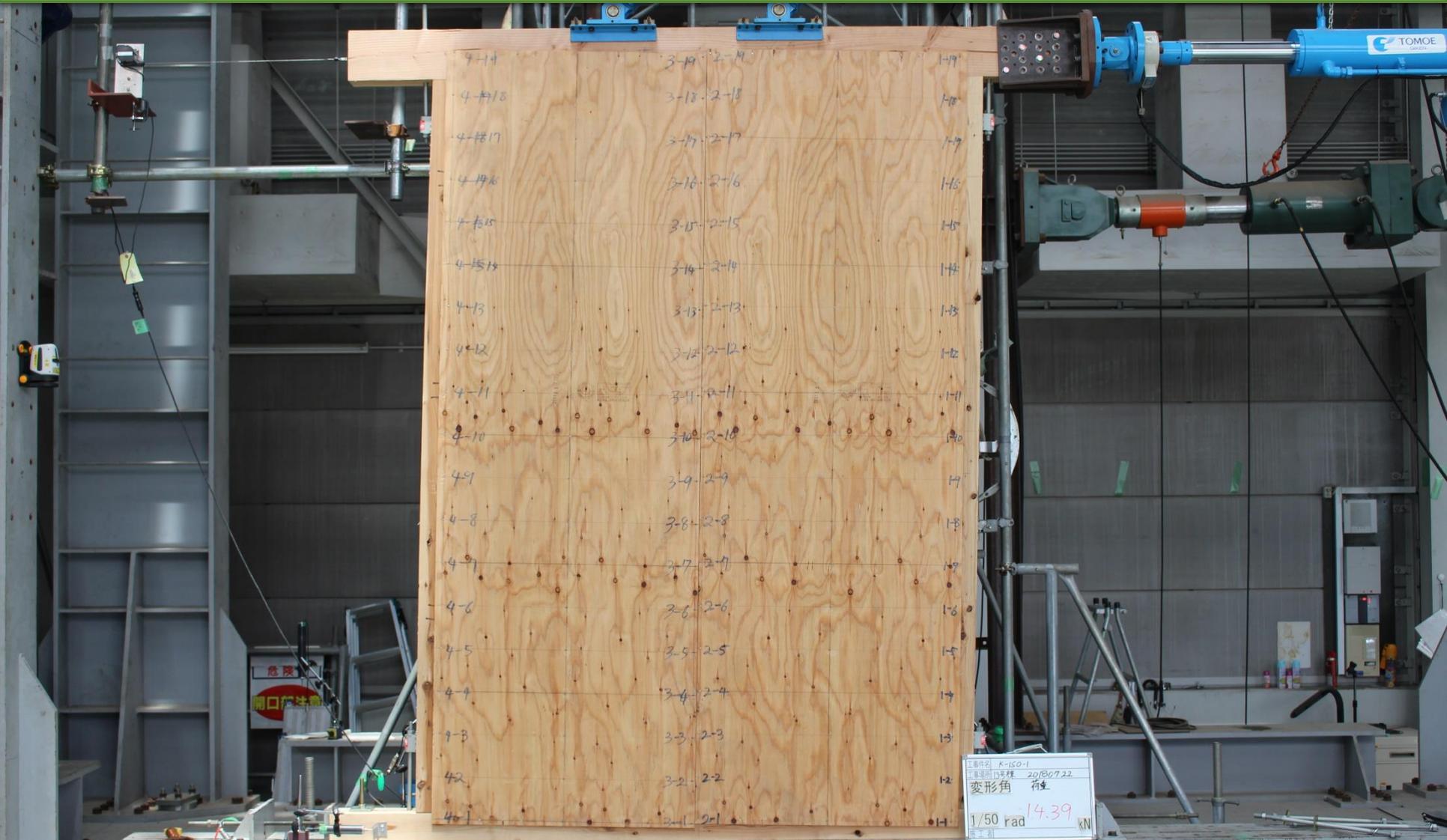
面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150 変形角： $-1/100\text{rad}$ (変位： -27.3mm) 載荷荷重： 11.7 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150	変形角：+1/75rad (変位：36.4mm)	載荷荷重： 12.3 kN
------------------------	--------------------------	---------------

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



実験件名 K-150-1
 試験機関 国研 20180722
 変形角 荷重
 1/50 rad 14.39 kN
 所長 訓

面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150

変形角：+1/50rad (変位：54.6mm)

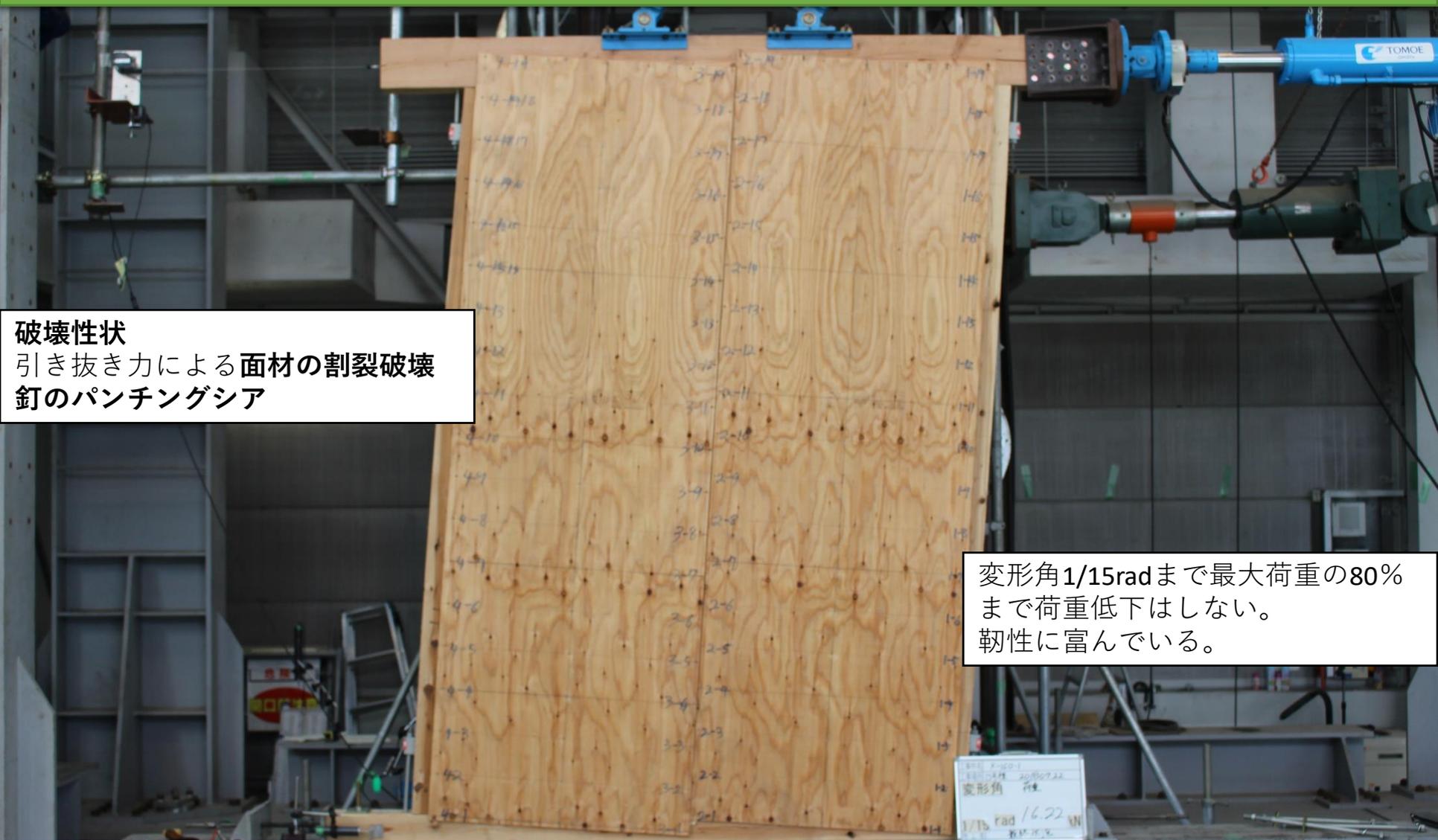
載荷荷重： 14.3 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150 変形角： $-1/50\text{rad}$ (変位： -54.6mm) 載荷荷重： 14.8 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



破壊性状
引き抜き力による**面材の割裂破壊**
釘のパンチングシア

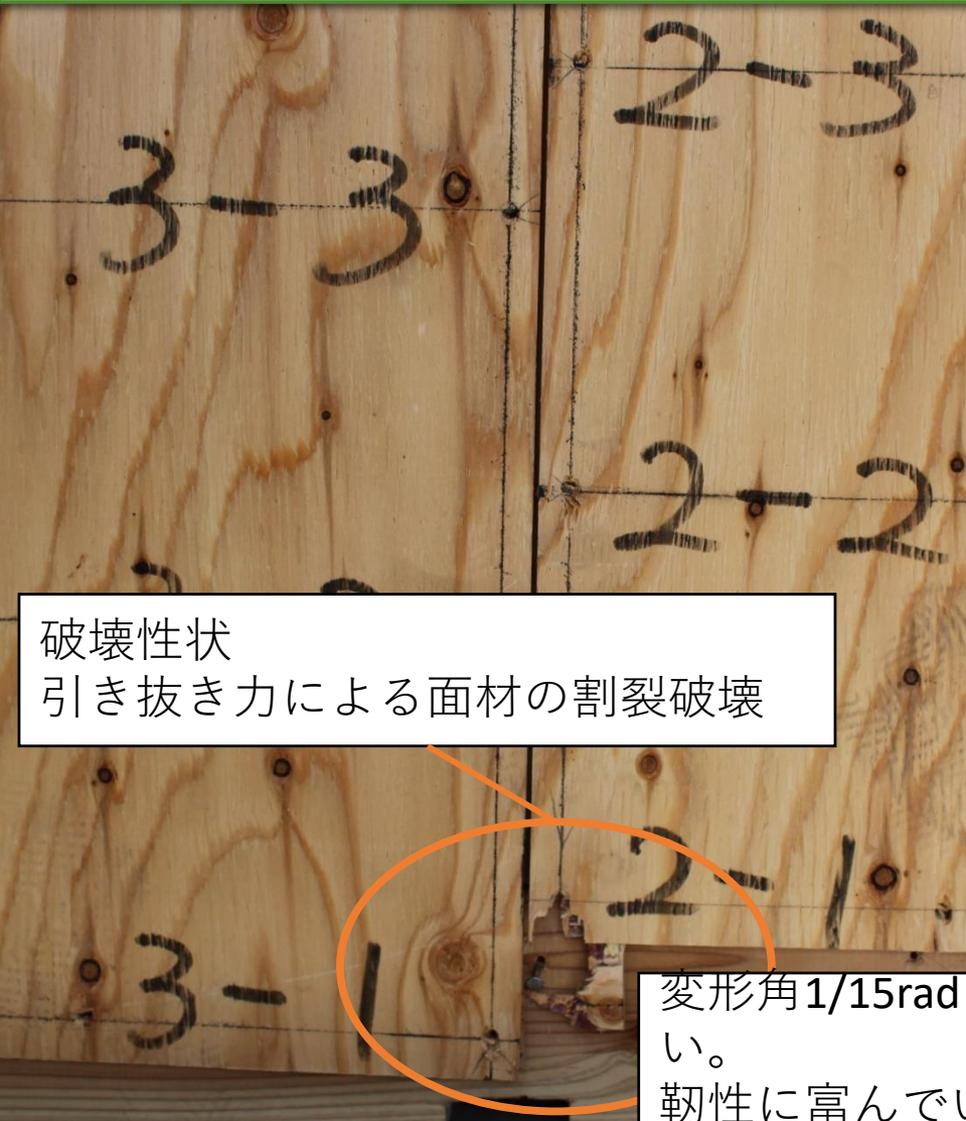
変形角 $1/15\text{rad}$ まで最大荷重の80%
まで荷重低下はしない。
靱性に富んでいる。

面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150

変形角： $+1/15\text{rad}$ (変位：182mm)

載荷荷重： 16.7 kN

筋かい耐力壁と面材耐力壁の比較 (針葉樹合板編)



破壊性状
引き抜き力による面材の割裂破壊



破壊性状
引き抜き力による釘のパンチングシア

変形角 $1/15\text{rad}$ まで最大荷重の80%まで荷重低下はしない。
靱性に富んでいる。

面材：針葉樹構造用合板9mm、N50@150

変形角： $+1/15\text{rad}$ (変位：182mm)

載荷荷重： 16.7 kN

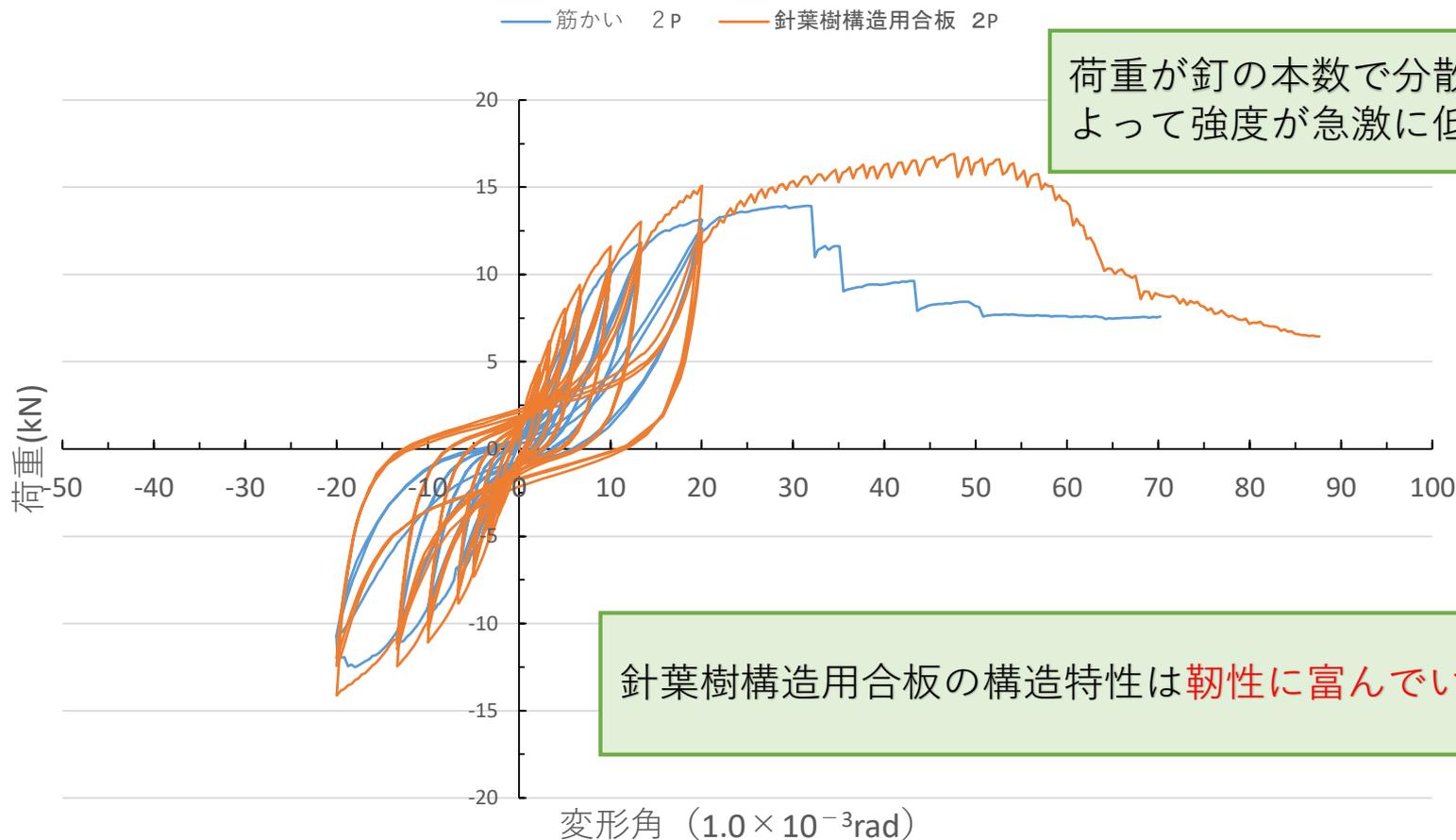


図4 変形角と荷重の関係

筋かいの最大せん断耐力：13.94 kN
針葉樹構造用合板の
最大せん断耐力：16.9 kN

筋かいの壁倍率：1.65 (告示：2.0)
針葉樹構造用合板の壁倍率：2.3
(告示：2.5)

筋かいの構造特性係数：0.44
針葉樹構造用合板の
構造特性係数：0.30

筋かい耐力壁と面材耐力壁はどちらが主流？

実験結果より

外壁の耐力壁は、筋かい耐力壁より面材耐力壁を多用している。

その特徴は

- ①施工が容易である。
- ②構造的特性が安定している。
- ③靱性に富んでいる。
- ④気密性に優れている。
- ⑤耐震性能は、釘の太さや釘の本数を増やす（間隔を密にする）
だけで向上する。

等が挙げられる。

構造計画で注意することは？

建築基準法で示す構造計画に**壁量設計**がある。この構造計画は有効かつ簡便な方法だが、以下の**前提条件**がある。これらが満たされない場合は、壁量設計を適用すべきではない。

①耐力壁端柱の柱頭柱脚接合部が、耐力壁よりも先に破壊しない。

→主要構造部は先行破壊しない。

→鉛直荷重を支持できなくなり、倒壊するかもしれない。

②床などの水平構面が耐力壁に比べて十分に剛いこと。

→個々の壁の耐力の合計値が、建物の耐力になることが仮定。

→水平構面も先行破壊してはいけない。

③耐力壁が、平面的にも立面的にも、概ね均等に配置されている。

→極端にねじれるような建物は想定していない。

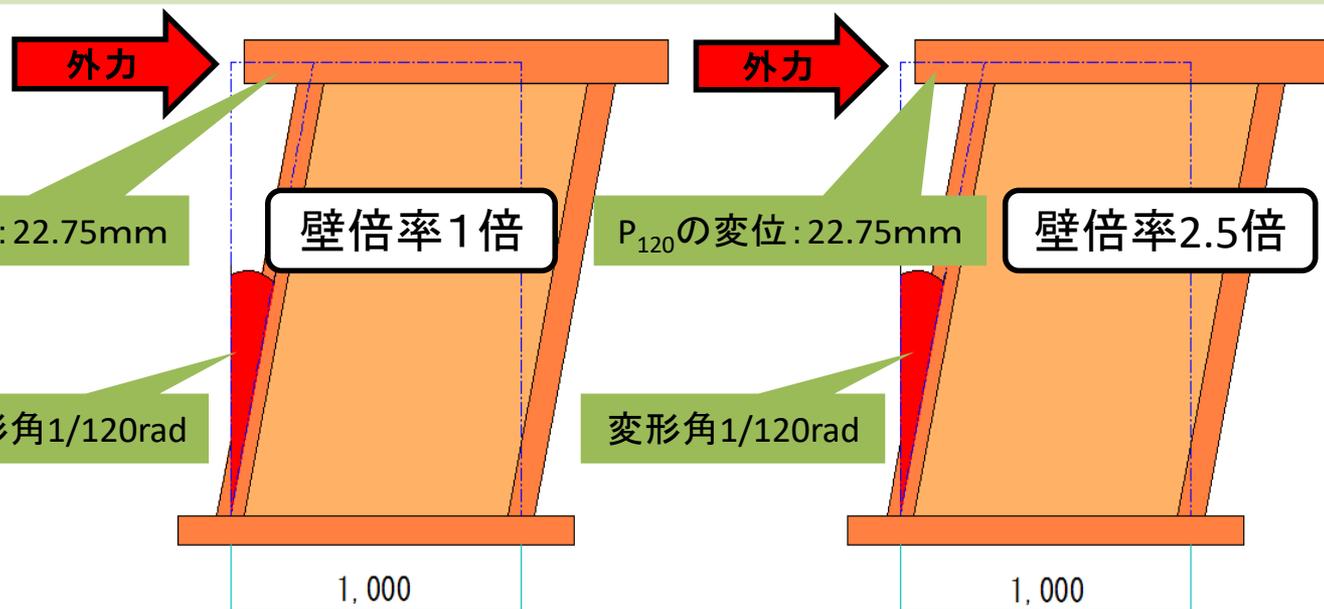
ここで、壁倍率とは？

壁倍率とは

壁長さ1m当たりの耐力を表す数値

特定変形角P120の外力の予測式

$$\text{壁倍率} \times 1.96\text{kN/m} \times \text{壁長} = \text{特定変形角P120の外力}$$



壁倍率1倍の場合

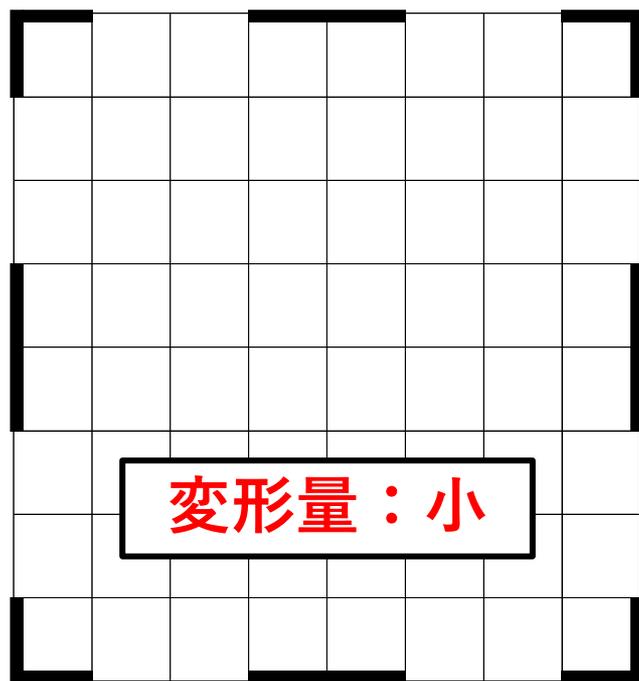
$$1.0 \times 1.96 \times 1.0\text{m} = 1.96\text{kN}$$

壁倍率2.5倍

$$2.5 \times 1.96 \times 1.0 = 4.9\text{kN}$$

図5 短期基準せん断耐力の算出例

耐力壁の配置は何に気を付けるの？



重心と剛心が
近寄る耐力壁
の配置が重要



バランスよく
配置すること

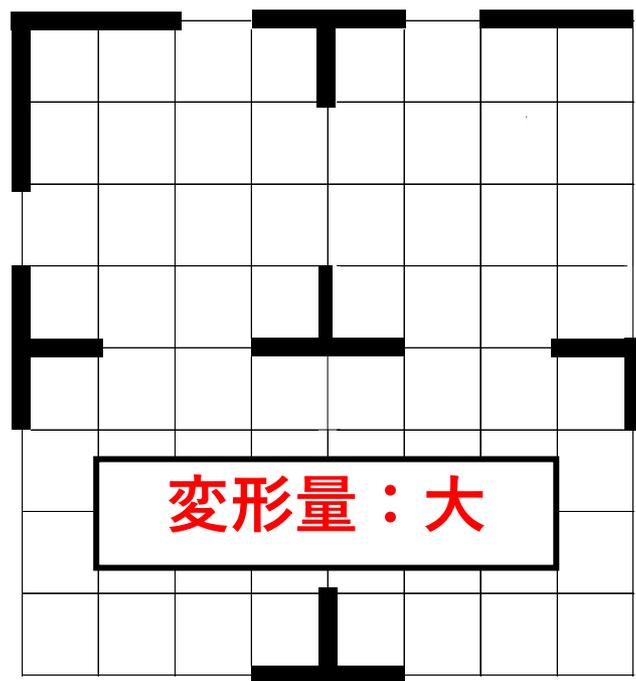


図6 バランスの良い耐力壁の配置計画

図7 バランスの悪い耐力壁の配置計画

凡例

耐力壁：■

- ・建物外周に対称的に耐力壁が配置されている。



損傷・倒壊しにくい建築物

- ・耐力壁が偏って配置されている。
- ・建物外周に耐力壁が配置されていない。



損傷・倒壊しやすい建築物

バランスよく配置するとは？

新築の木造住宅の耐震性を確認する場合、一般的に活用する計算方法は壁量計算若しくは許容応力度計算を用いる。

① 壁量計算で4分割法でバランスを検討する。

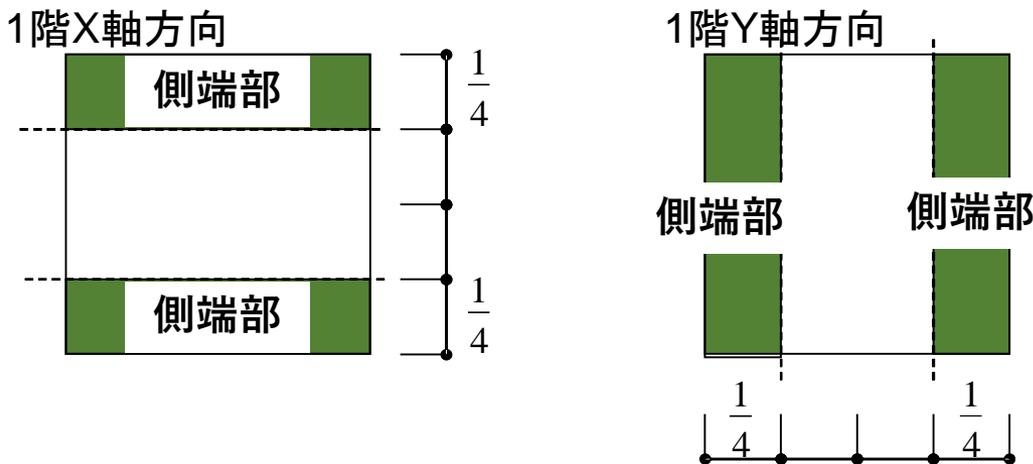


図8 4分割法の計算事例

① 耐力壁のバランスを両側端部に必要壁量が基準法で規定したバランス若しくは量を満たしているかを確認する。

バランスチェック：壁率比 0.5以上

② 許容応力度計算で偏心率の算出する。

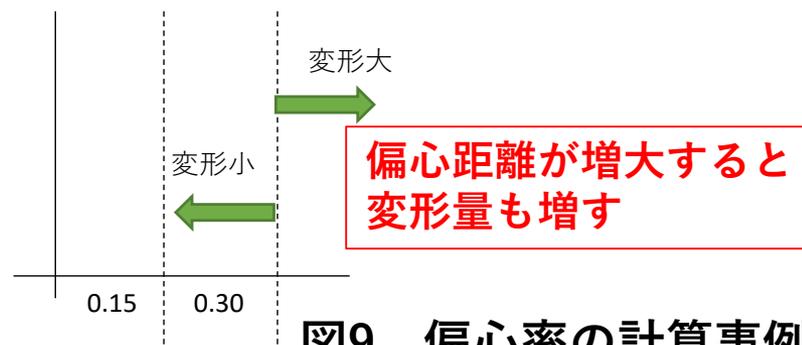
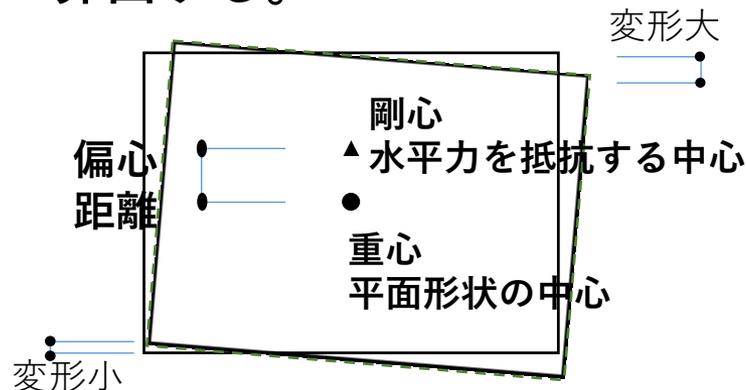


図9 偏心率の計算事例

② 偏心距離を基に算出する。
バランスチェック：偏心率 0.3以下

構造計画で注意することは？

- ① **耐力壁端柱の柱頭柱脚接合部が、耐力壁よりも先に破壊しない。**
 - 主要構造部は先行破壊しない。
 - 鉛直荷重を支持できなくなり、倒壊するかもしれない。
- ② **床などの水平構面が耐力壁に比べて十分に剛いこと。**
 - 個々の壁の耐力の合計値が、建物の耐力になることが仮定。
 - 水平構面も先行破壊してはいけない。
- ③ **耐力壁が、平面的にも立面的にも、概ね均等に配置されている。**
 - 極端にねじれるような建物は想定していない。

①～③の条件を満足させるためにはどんな注意が必要なの？

接合部を堅固に固定する。

つまり

補強金物の選定が重要である。

耐力壁の接合部はどんなものがあるの？



ホールダウン金物
25kN用

ホールダウン金物
20kN用

羽子板ボルト

コーナー金物
20kN

図10 接合金物の一部

どうやって接合金物を決定するの？N値計算って？

在来軸組構法では、①筋かい端部②柱頭・柱脚の接合金物③横架材の継手・仕口の金物設計をしなければならない。

ここでは、耐力壁を構成する柱の上下、いわゆる柱頭・柱脚金物の選定を解説する。柱頭・柱脚金物の選定は、N値計算後におこなう。

N値計算式

- 1) 平屋建ての柱、2階建ての2階の柱

$$N = A1 \times B1 - L$$

N:接合部倍率の数値

A1:当該柱の両側における軸組の壁倍率の差

B1:出隅の場合0.8、その他の場合0.5

L:出隅の場合0.4、その他の場合0.6

- 2) 2階建ての1階の柱

$$N = A1 \times B1 + A2 \times B2 - L$$

N、A1、B1:1)に同じ

A2:当該柱の上の2階柱両側の軸組の壁倍率の差

B2:出隅の場合0.8、その他の場合0.5

L:出隅の場合1.0、その他の場合1.6

N値で何を算出するの？

N値を算出すると、柱頭・柱脚に作用する**引き抜き力 (T)** を次の式で算出できる。

1) 平屋建ての柱、2階建ての2階の柱

$$T = (\Delta Q_{a1} \times H_1) \times B_1 - N_w$$

ΔQ_{a1} : 単位長さ当たりの許容せん断耐力 (kN/m)

H_1 : 耐力壁の高さ (m)

B_1 : 出隅の場合0.8、その他の場合0.5

T=柱の引き抜き力 (kN)

N_w = 鉛直荷重により当該柱に加わる圧縮力 (kN)

2) 2階建ての1階の柱

$$T = (\Delta Q_{a1} \times H_1) \times B_1 + (\Delta Q_{a2} \times H_2) \times B_2 - N$$

ΔQ_{a1} 、 H_1 、 B_1 、 N_w : 1) に同じ

ΔQ_{a2} : 単位長さ当たりの許容せん断耐力 (kN/m)

H_2 : 耐力壁の高さ (m)

B_2 : 出隅の場合0.8、その他の場合0.5

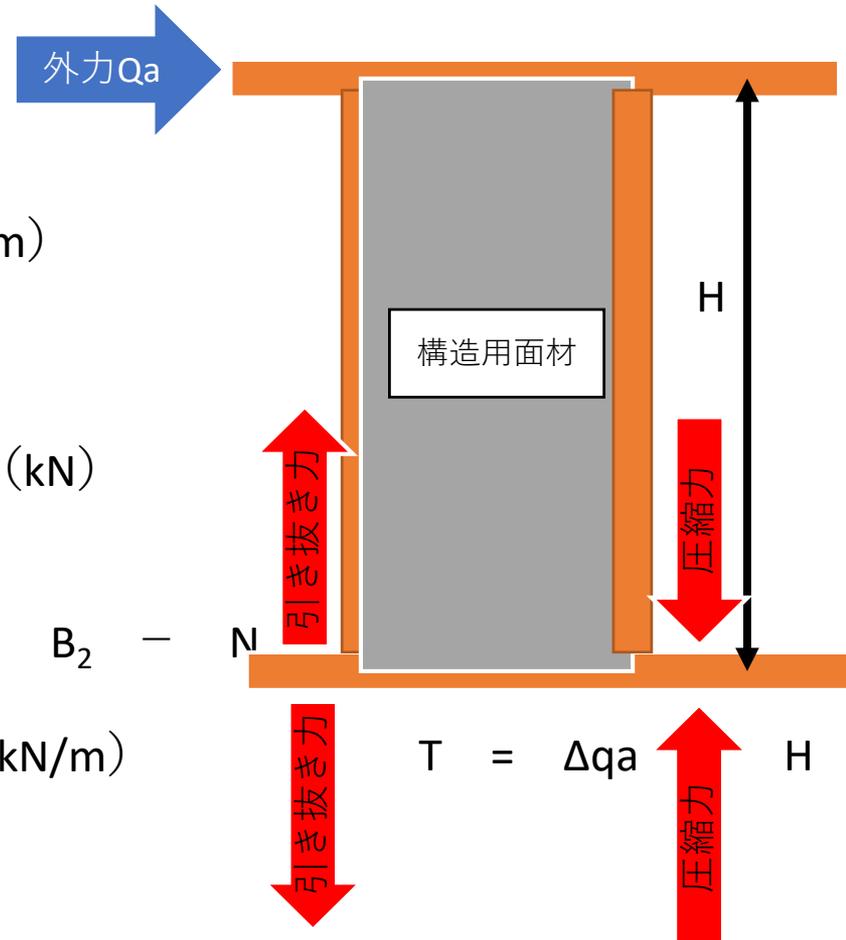


図11 応力の流れ

引き抜き力の値で何が決まるの？

N値を算出すると、柱頭・柱脚に用いる**接合金物**が明確になる。

表6 筋かい耐力壁の種類と壁倍率

N値	必要耐力 (kN)	接合金物
0.0 ≦	0.0	短ほぞ差し、かすがい打ち
0.65 ≦	3.4	長ほぞ差しこみ栓打ち、かど金物 (CP・L) ZN65-5
1.0 ≦	5.1	かど金物 (CP・T) ZN65-5、山形プレート (VP) ZN90-8
1.4 ≦	7.5	羽子板ボルト (M12)、短冊金物 (M12)
1.6 ≦	8.5	羽子板ボルト (M12+ZS50)、短冊金物 (M12+ZS50)
1.8 ≦	10.0	ホールダウン金物 (HD-B10、S-HD10)
2.8 ≦	15.0	ホールダウン金物 (HD-B15、S-HD15)
3.7 ≦	20.0	ホールダウン金物 (HD-B20、S-HD20)
4.7 ≦	25.0	ホールダウン金物 (HD-B25、S-HD25)
5.6 ≦	30.0	ホールダウン金物 (HD-B30、S-HD30)

筋かい耐力壁と面材耐力壁はどちらが主流？

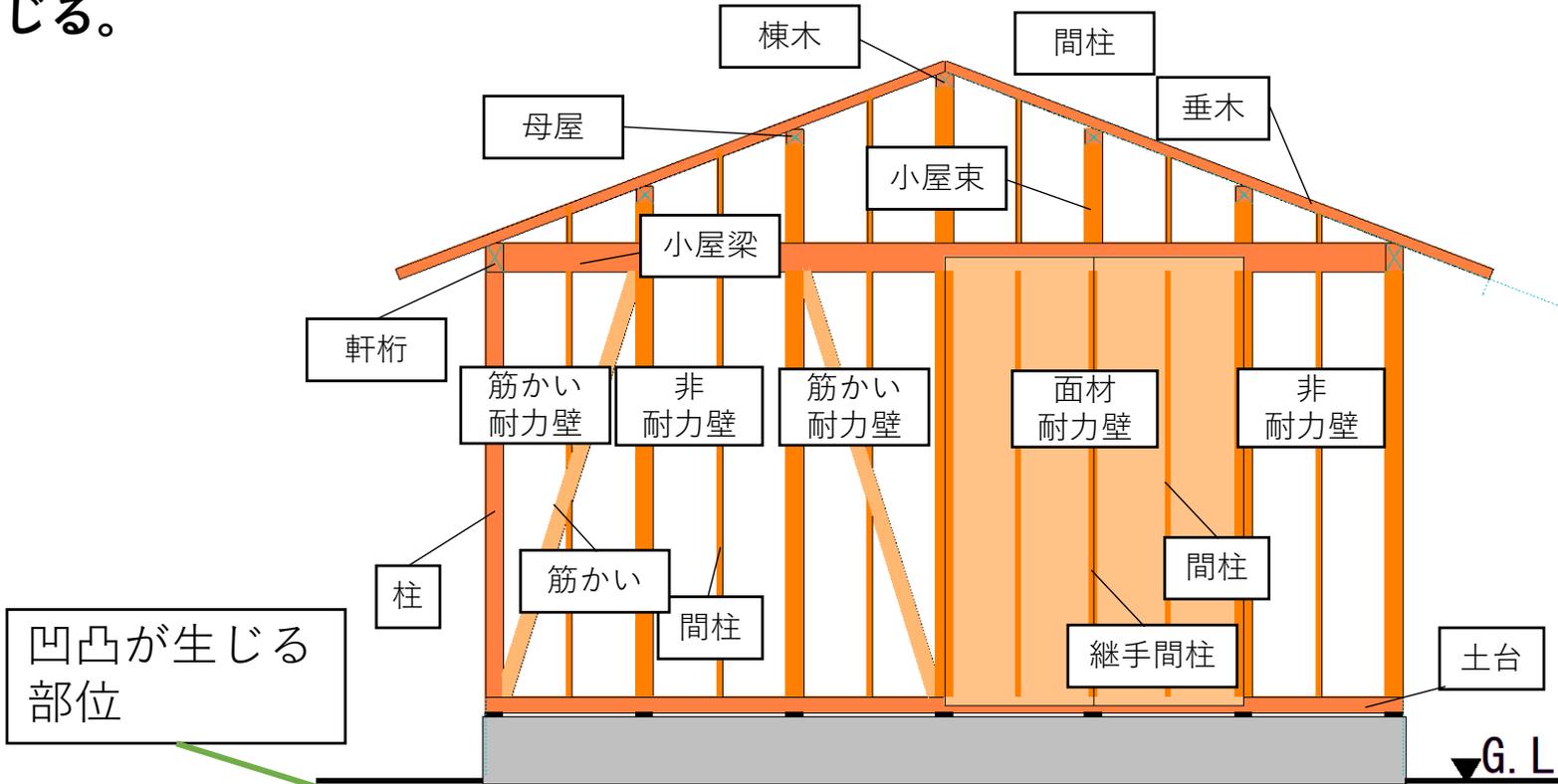
疑問1：柱と柱の内側に施工する筋かい壁から柱の表面に施す面材壁にした場合、施工で困ることはないの？

疑問2：耐力壁でない壁はどうやって施工するの？外壁に凹凸ができるのでは？

疑問3：外壁をすべて耐力壁にするの？建物が硬くならない？予想しない部位が壊れるのでは？

面材耐力壁は構造計画時に困ることはないの？

筋かい耐力壁の場合、筋かいは柱幅の内側に納まる。よって外壁材の下地は柱の表面の施すことができる。しかし、面材耐力壁の場合、**非耐力壁と耐力壁の柱面に凹凸が生じる。**



図● 在来工法の軸組図

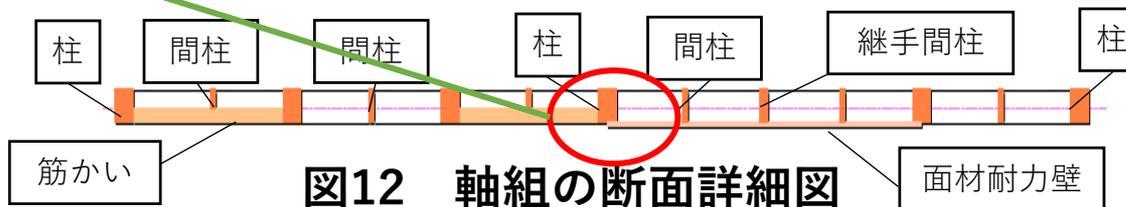


図12 軸組の断面詳細図

面材耐力壁は構造計画時に困ることはないの？

筋かい耐力壁の場合、筋かいは柱幅の内側に納まる。よって外壁材の下地は柱の表面の施すことができる。しかし、面材耐力壁の場合、非耐力壁と耐力壁の柱面に凹凸が生じる

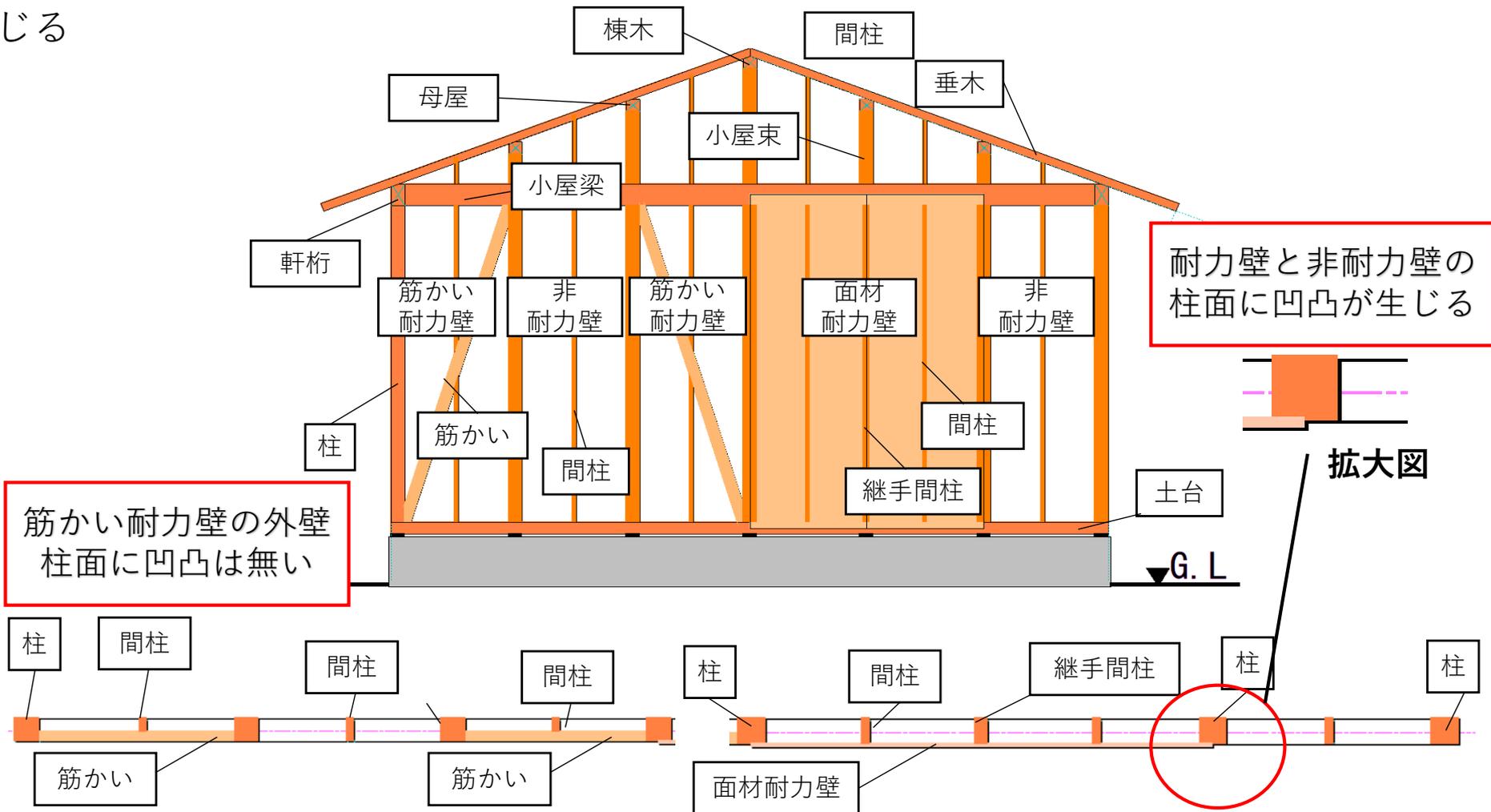


図13 筋かい耐力壁と面材耐力壁の断面詳細図

面材耐力壁は構造計画時に困ることはないの？

筋かい耐力壁の場合、筋かいは柱幅の内側に納まる。よって外壁材の下地は柱の表面の施すことができる。

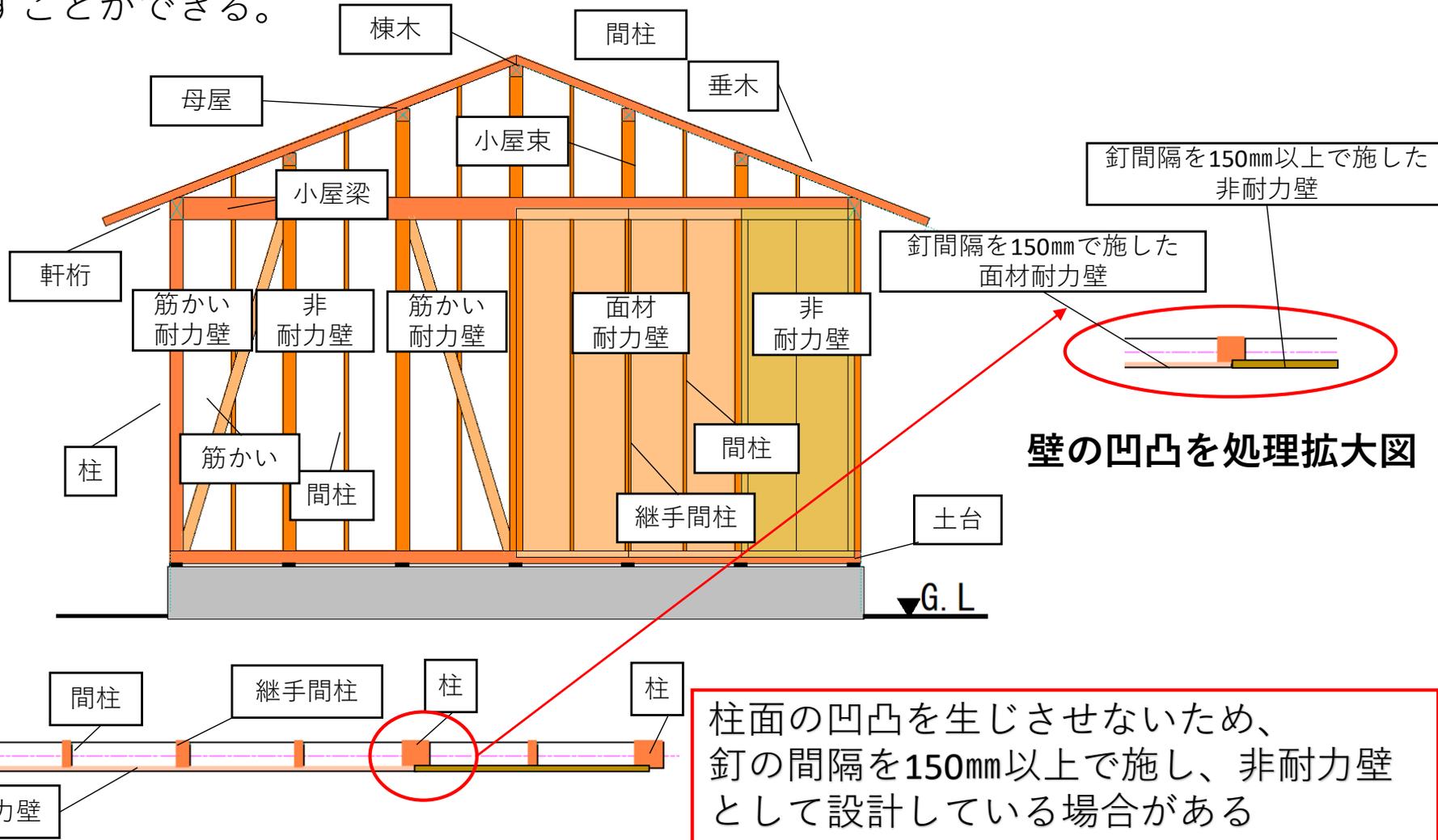


図14 筋かい耐力壁と面材耐力壁の断面詳細図

面材壁を非耐力壁と見なした場合に残る不安とは？

バランスを調整するため、基準法の規定150mm以上の釘間隔で壁を施し
非耐力壁と見なす事例がある。

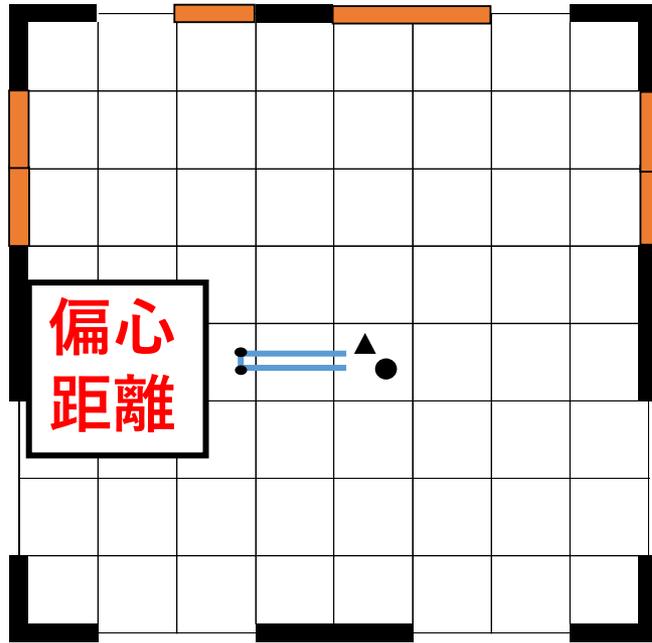


図15 非耐力壁とみなした壁の配置計画例
凡例

耐力壁： **■** 非耐力壁と見なす壁： **■**

非耐力壁と見なせるほど
耐力が小さいのか？

不安感が拭えない

偏心距離が増し
変形量も増すかもしれない

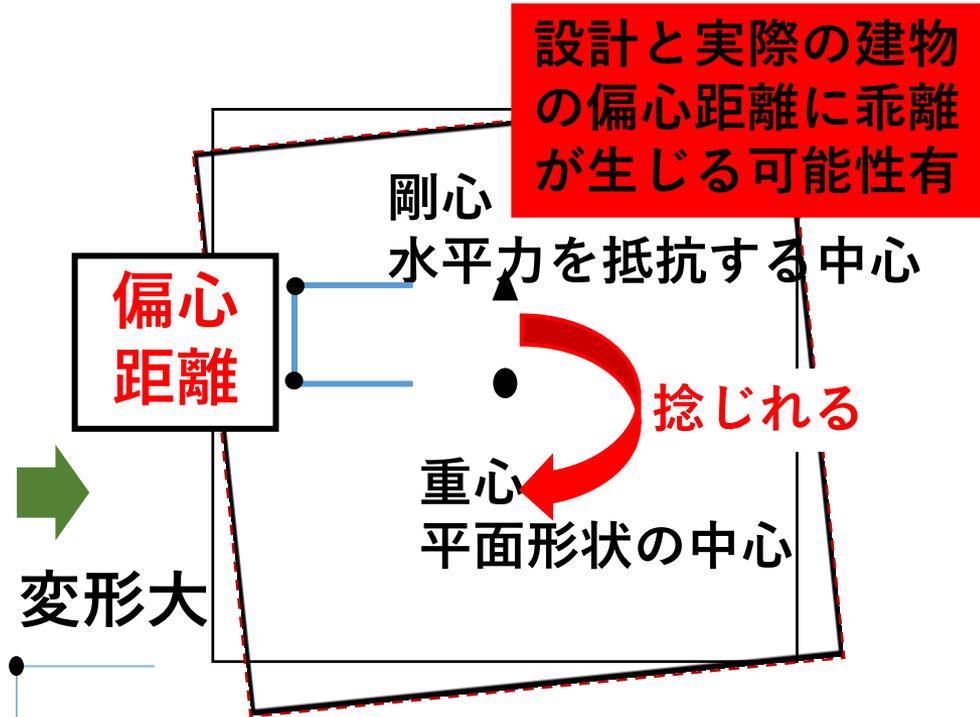


図16 非耐力壁とみなした
壁の配置で懸念される問題

非耐力壁とみなす雑壁の耐力は加味しなくていいの？

疑問

疑問 1：釘の間隔を150mm以上にすることで非耐力壁とみなし、壁量計算の壁長に加算しないが、耐力を加算した構造設計をしなくていいの？

疑問 2：非耐力壁とみなした雑壁が耐力を有しているならば、設計段階の壁のバランスと実体の壁のバランスに乖離があるのではないか？

疑問 3：釘の間隔によって最大荷重や壁倍率はどれほど変化するの？

目的：釘の間隔（非耐力壁）による壁のせん断耐力を把握する。

耐力壁	標準	釘間隔	：150mm
非耐力壁			：200mm
非耐力壁			：300mm
非耐力壁			：600mm

の耐力を把握し、壁のバランスを保つ構造計画に活かす。

試験体概要 釘間隔の変化による検討（非耐力壁の検討）



図17 標準試験体

表7 釘間隔の変化による検討

試験体名	試験体概要	壁倍率
K-150 (標準)	釘間隔150mm ↓ ×1.3	2.5
K-200	釘間隔200mm	? ↓ ×2.0
K-300	釘間隔300mm	? ? ↓ ×4.0
K-600	釘間隔600mm	? ? ?

高倍率仕様は、くぎの間隔を規定より密にしても高倍率になるの？

構造用合板耐力壁の高倍率仕様が平成30年に追加された。高倍率の壁を使用した場合、平面計画はより自由になり、大きな開口部や広い部屋を設計できる。しかしながら、高倍率の壁には大きな外力が左右することにより、**損傷してはならない主要構造部が損傷するのではないかという不安が拭えない。**

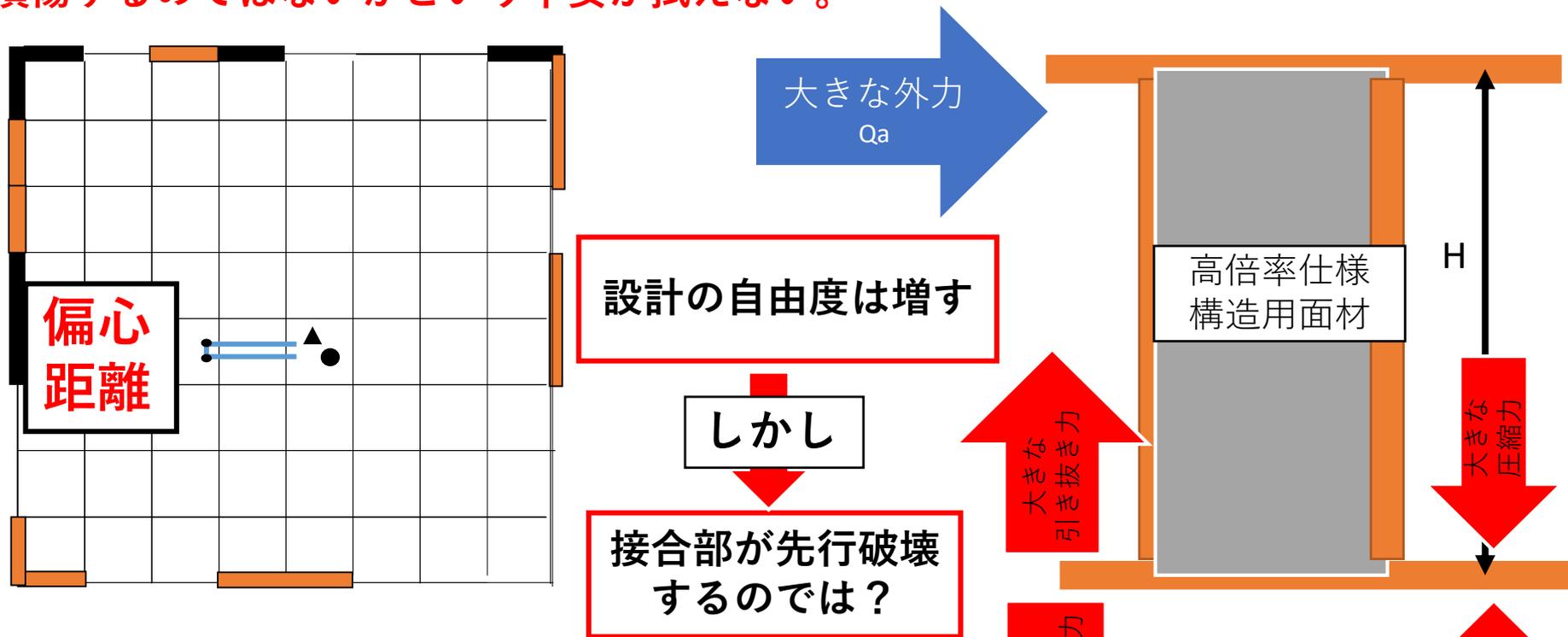


図18 高倍率仕様壁の配置計画例

凡例

耐力壁： 高倍率仕様壁：

図19 応力の流れ

非耐力壁とみなす雑壁の耐力は加味しなくていいの？

疑問

疑問 1：高倍率仕様耐力壁が追加された75mm間隔で釘を施した耐力壁の柱脚は先行破壊しないの？大丈夫？

疑問 2：釘の間隔を75mm以下に施工しても大丈夫？どこまでせん断耐力は向上し続けるの？壁倍率も同様に上がるの？

目的：釘の間隔（高倍率仕様）壁のせん断耐力を把握する。

耐力壁	標準	釘間隔	：150mm
耐力壁			：100mm
耐力壁	高倍率仕様		：75mm
耐力壁			：50mm

のせん断耐力や構造的特性を把握し、構造計画に活かす。

試験体概要 釘間隔の変化による検討（高倍率の検討）

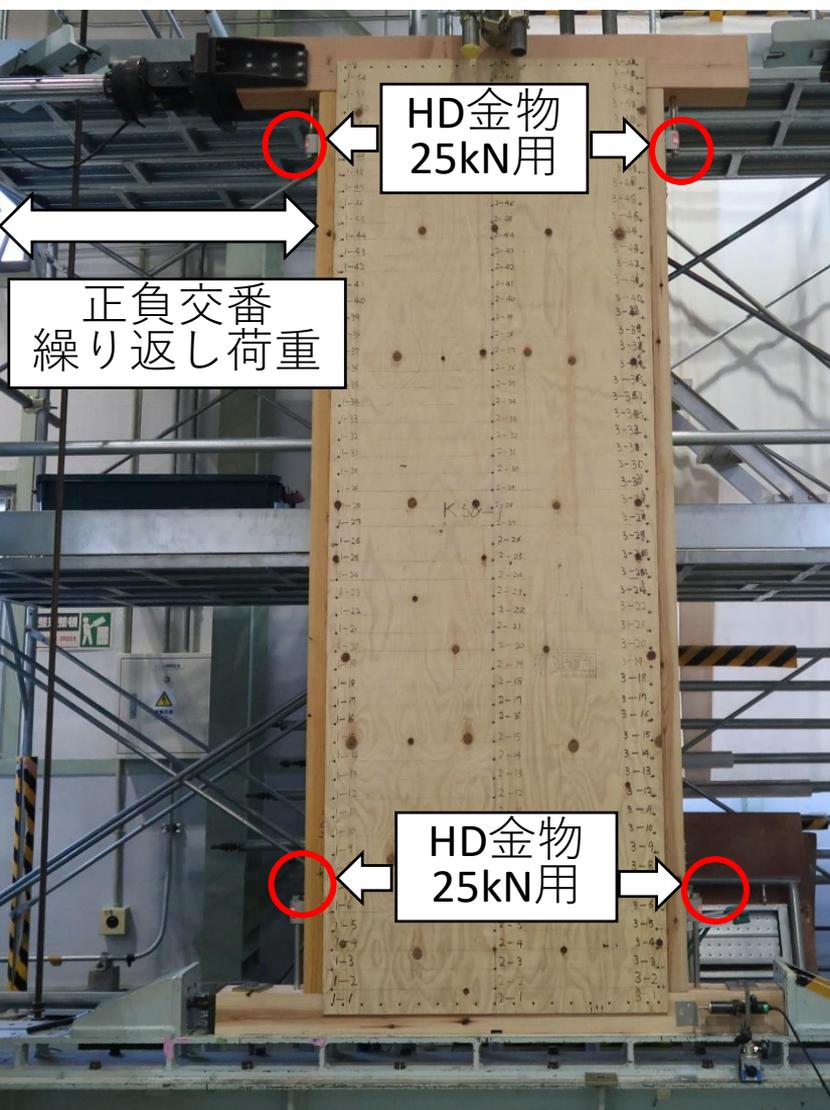


図20 高倍率の試験体

高倍率壁仕様の試験体は、釘の間隔が耐力壁のせん断耐力に及ぼす傾向を把握するために1P（標点間距離：910mm）とする。

表8 釘間隔の変化による検討

試験体名	試験体概要 釘の間隔	壁倍率
K-50	50mm 1体	??
K-75 (CN50の場合)	75mm 1体	3.7
K-100	100mm 1体	?
K-150 (標準)	150mm 1体	2.5

※本実験ではK-75はN50で実施

柱脚固定式

構面の隅角部分となる柱脚・柱頭を
引き寄せ金物で補強して行う方法

どんな試験をやるの？



図21 無載荷柱脚固定式試験法の様子

タイロッド式

部材の外側から桁から土台の
広がりを強制することで行う方法

どんな試験をやるの？

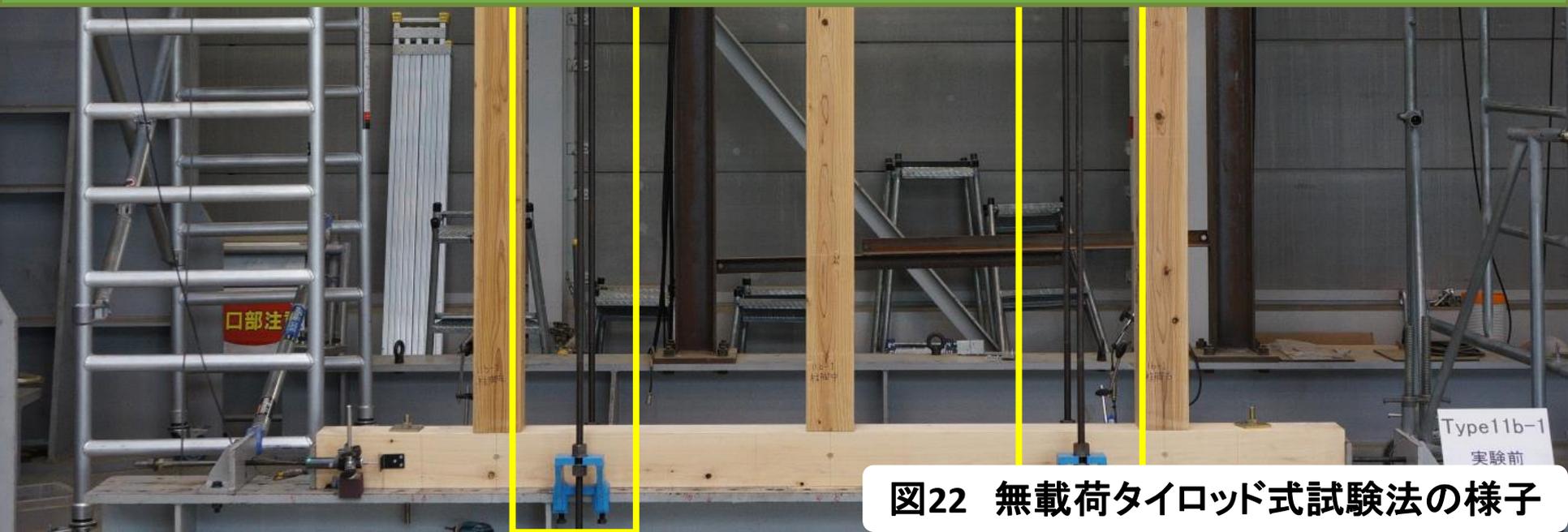


図22 無載荷タイロッド式試験法の様子

どんな試験方法？

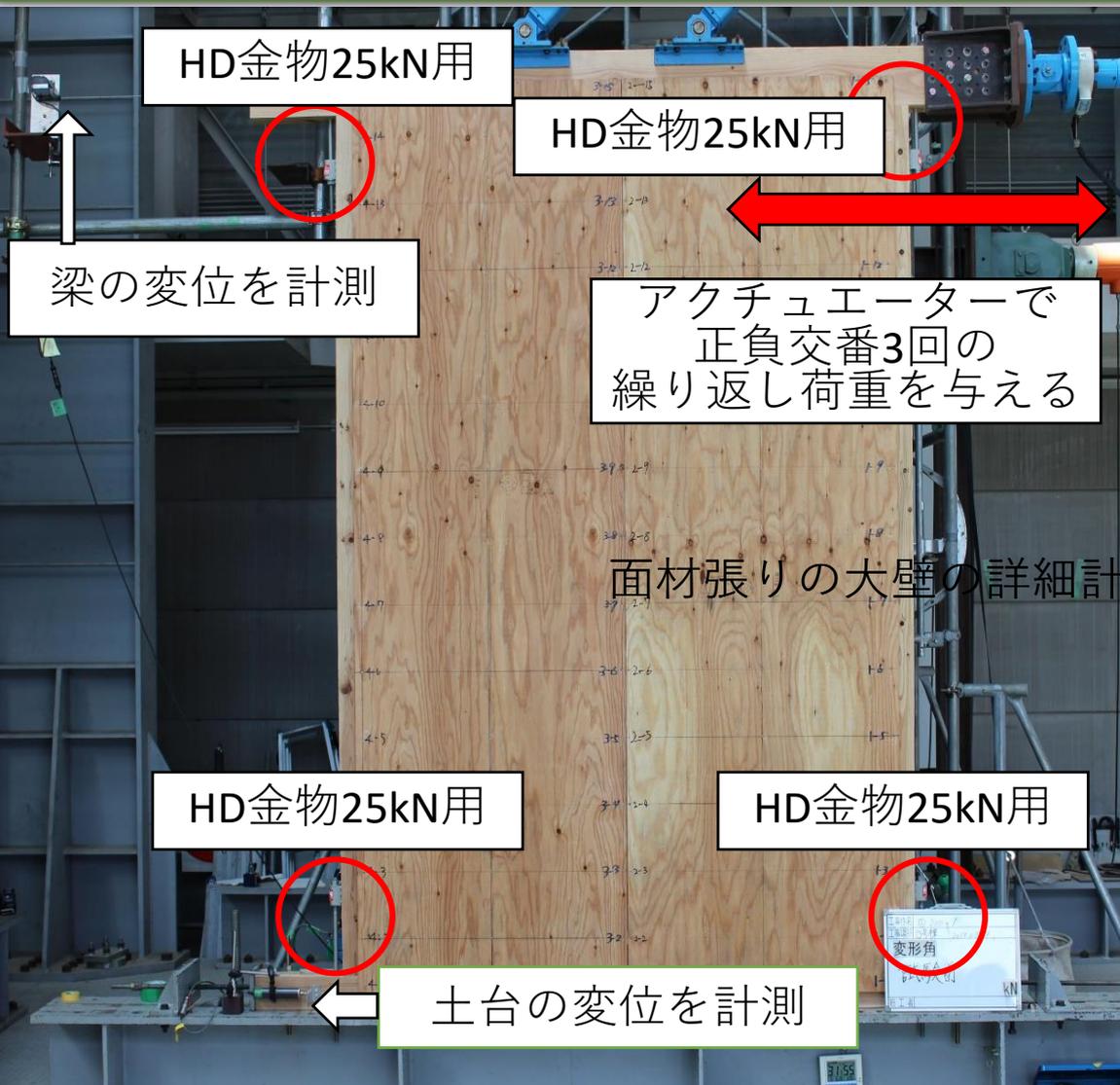


表9 荷重スケジュール

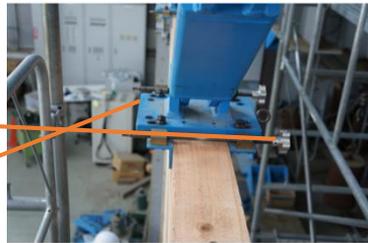
見かけのせん断変形角 (rad)	加速度 (mm/sec)
± 1/450	0.5
± 1/300	0.5
± 1/200	0.5
± 1/150	0.5
± 1/100	0.5
± 1/75	0.5
± 1/50	0.5
± 1/30	0.5

引き切り 1/15rad
 もしくは
 最大荷重の80%に荷重低下
 で終了。

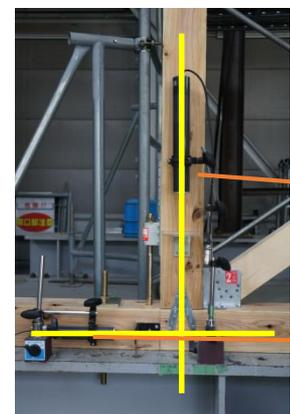
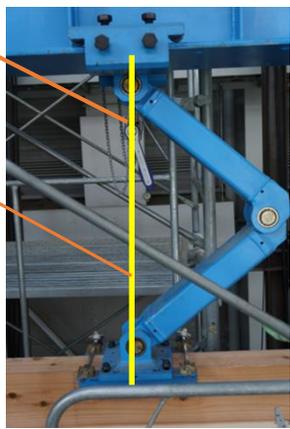
図23 柱脚固定式無荷重試験方法

試験体の設置方法は？気を付けることは？

- 振れ止め
- 概ね鉛直
 - チェーン外す
 - 締め付け
(背面固定、
ノブは均等に回す)
 - ボルト締め付け



- 順序
- 1.アンカーボルト差し込み
 - 2.振れ止め
 - 3.アクチュエータ
 - 4.アンカーボルト、ホールダウン金物固定
 - 5.変位計



- 変位計
- 梁にS字フック
土台芯より2730mm
 - ワイヤー変位計設置
 - 変位計(100mm、50mm)設置
柱：土台面から200mm程度、
土台：柱のほぞ部分を避ける
 - 土台芯に設置
 - 計測前に動作、信号確認



- アクチュエータ
- 先端治具緩める
(試験体の傾きに注意)
 - ラグスクリー固定
(水平に留意)
 - つかみ部分固定
 - ピン外す

図24 試験体設置に係るチェック事項

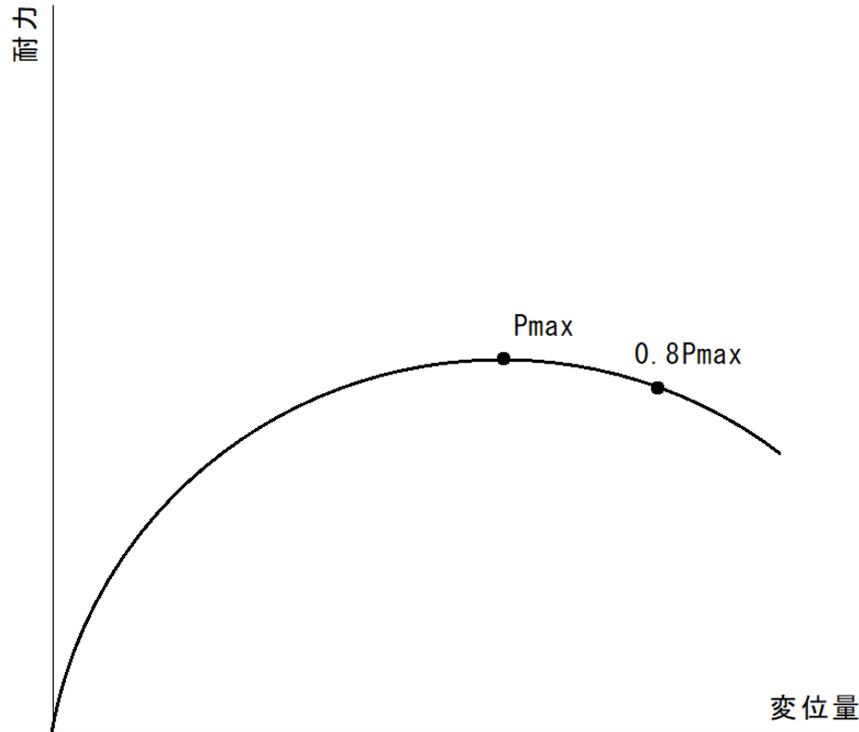
試験方法



図25 試験方法

どんな評価方法？

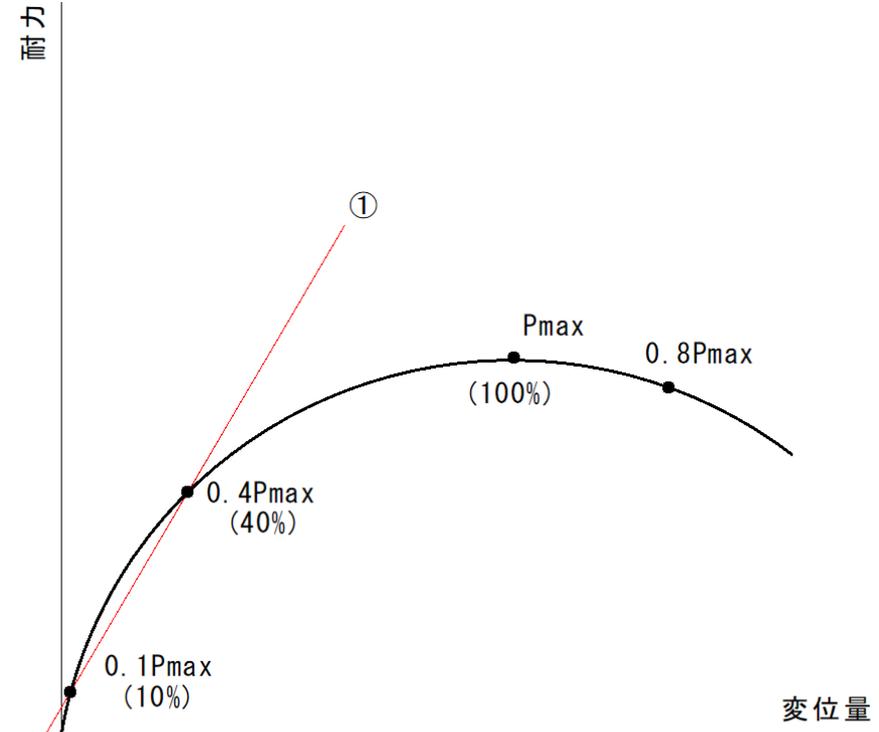
変位と荷重の関係



試験によって得られた数値のモデル「荷重変形曲線」

実験データをCSV形式で保存し、
散布図でグラフを描く

変位と荷重の関係



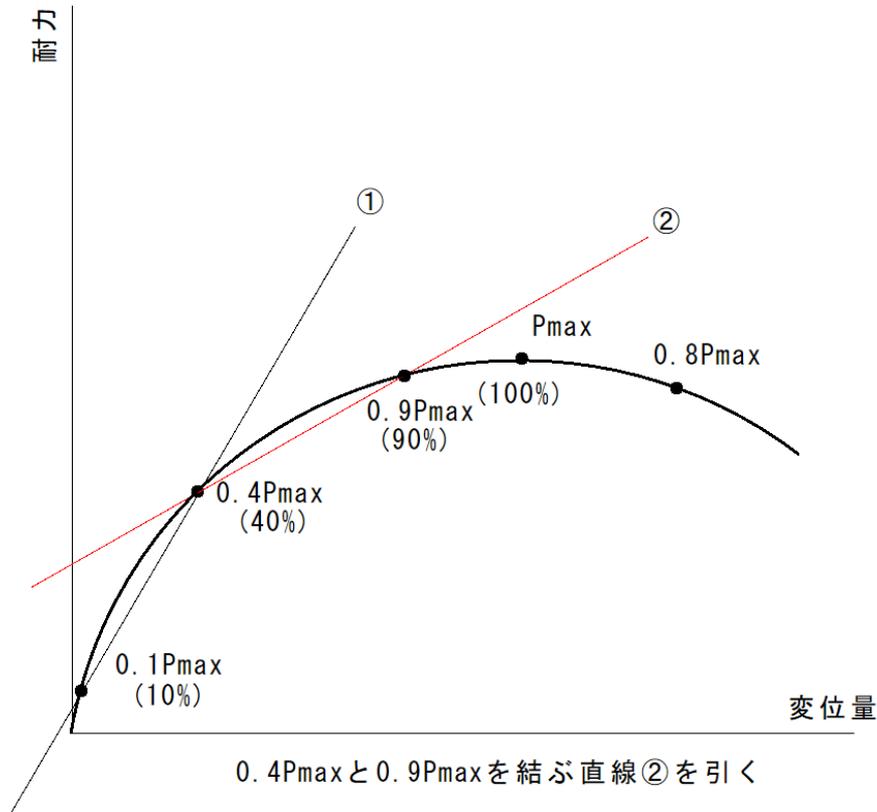
0.1Pmaxと0.4Pmaxを結ぶ直線①を引く

0.1Pmaxと0.4Pmaxを結ぶ直線①
を引く

図26 完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方

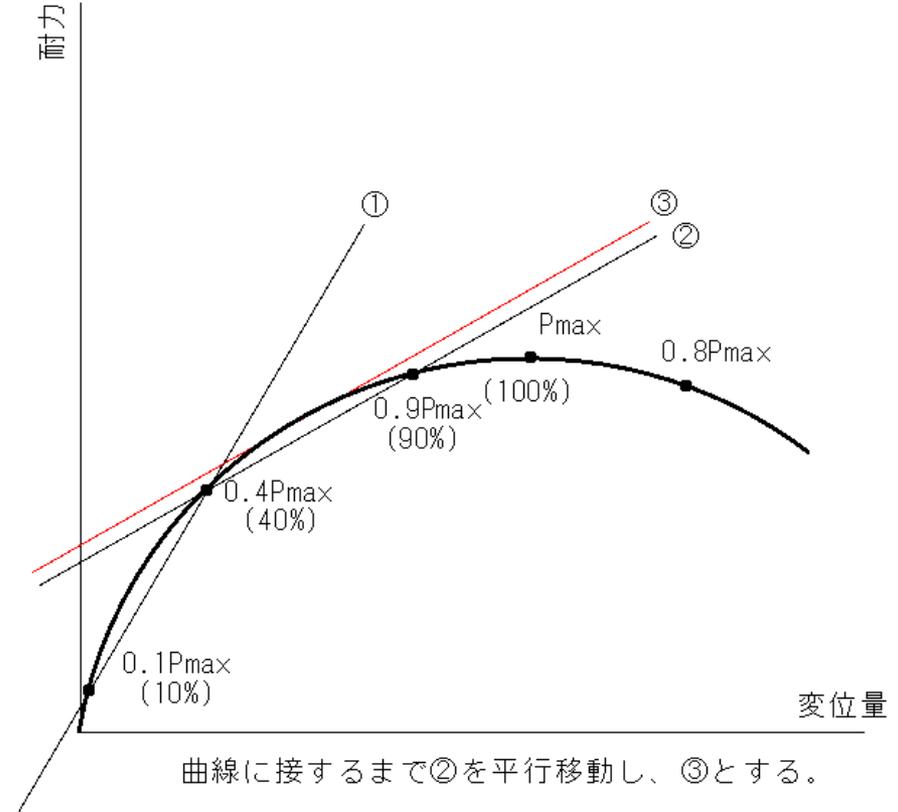
どんな評価方法？

変位と荷重の関係



0.4Pmaxと0.9Pmaxを結ぶ直線②
を引く

変位と荷重の関係

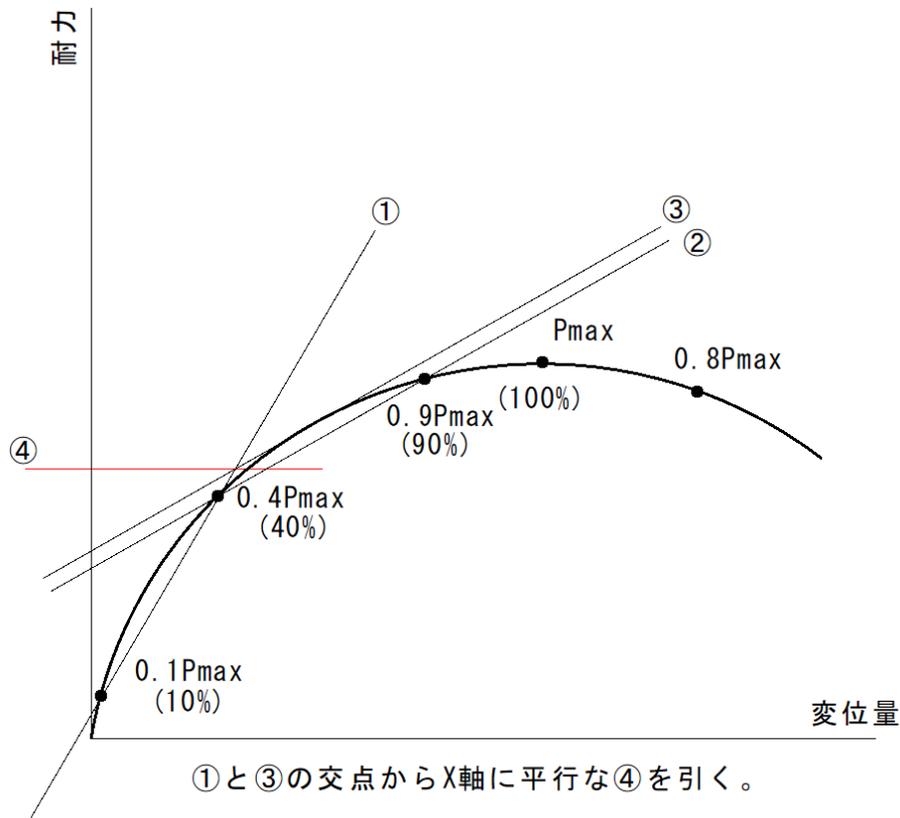


曲線に接するまで②を平行移動
し、③を引く

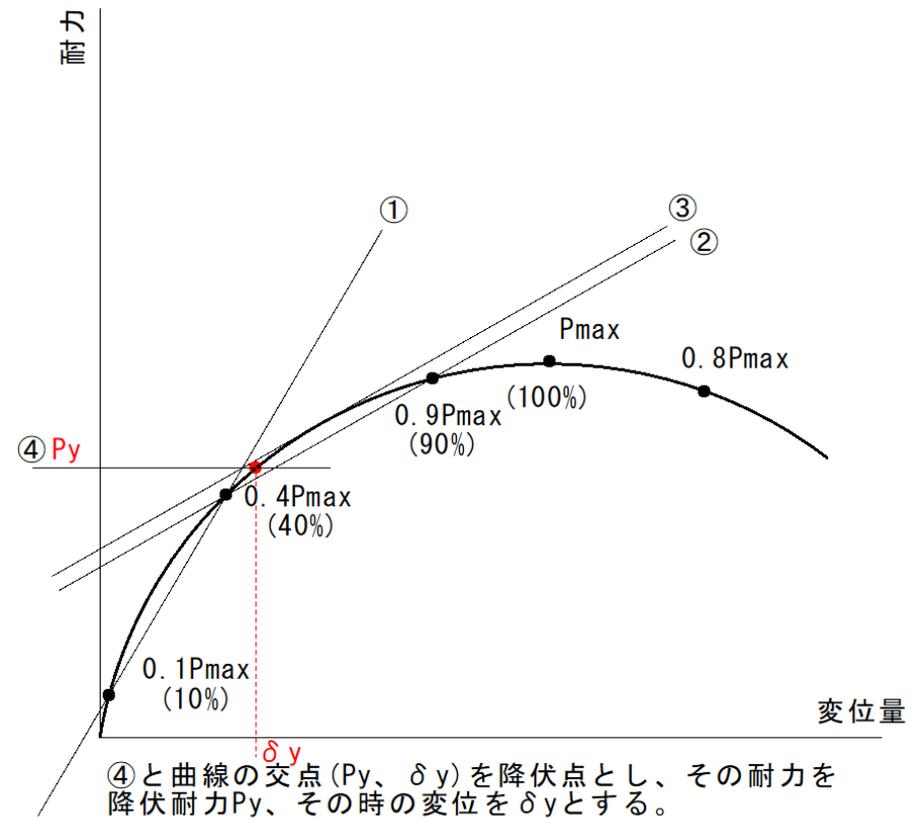
図27 完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方

どんな評価方法？

変位と荷重の関係



変位と荷重の関係



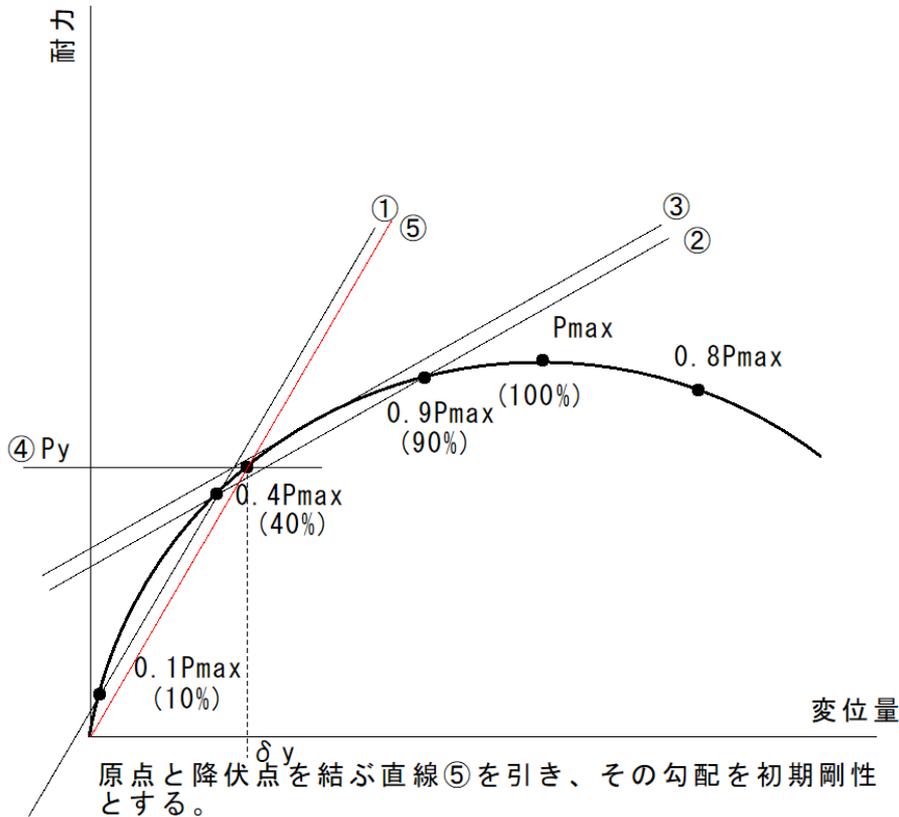
①と③の交点からX軸に平行な④を引く

④と曲線の交点 (P_y, δ_y) を降伏点とし、その耐力を降伏耐力 P_y 、その時の変位を δ_y とする

図28 完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方

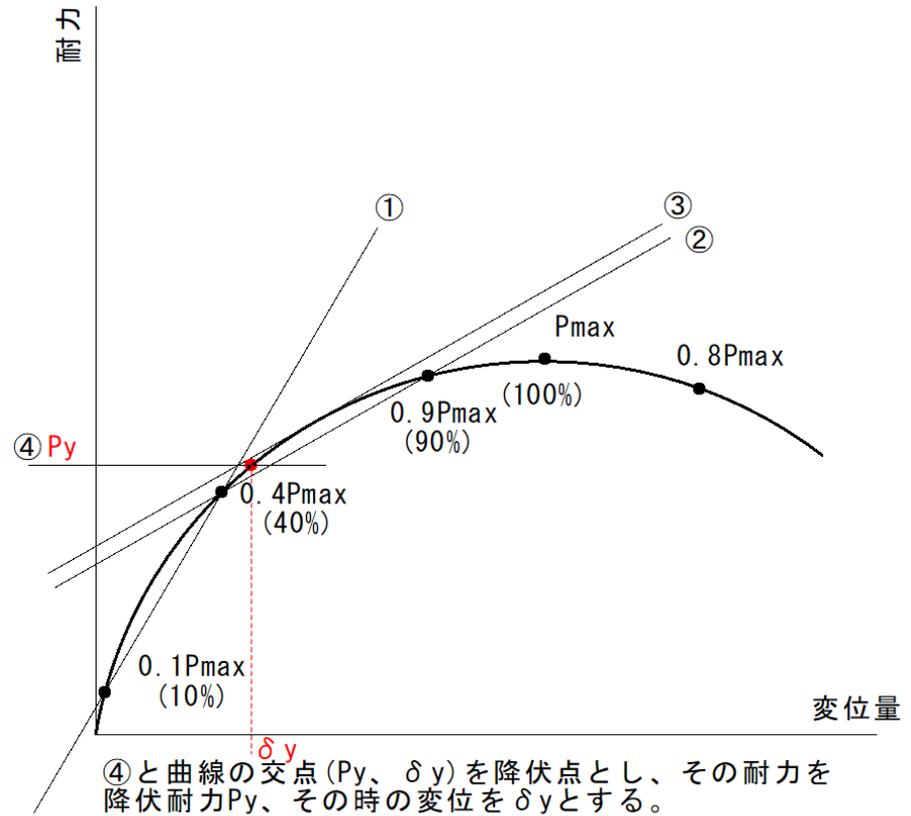
どんな評価方法？

変位と荷重の関係



原点と降伏点を結ぶ直線⑤を引き、その勾配を初期剛性 K とする。

変位と荷重の関係

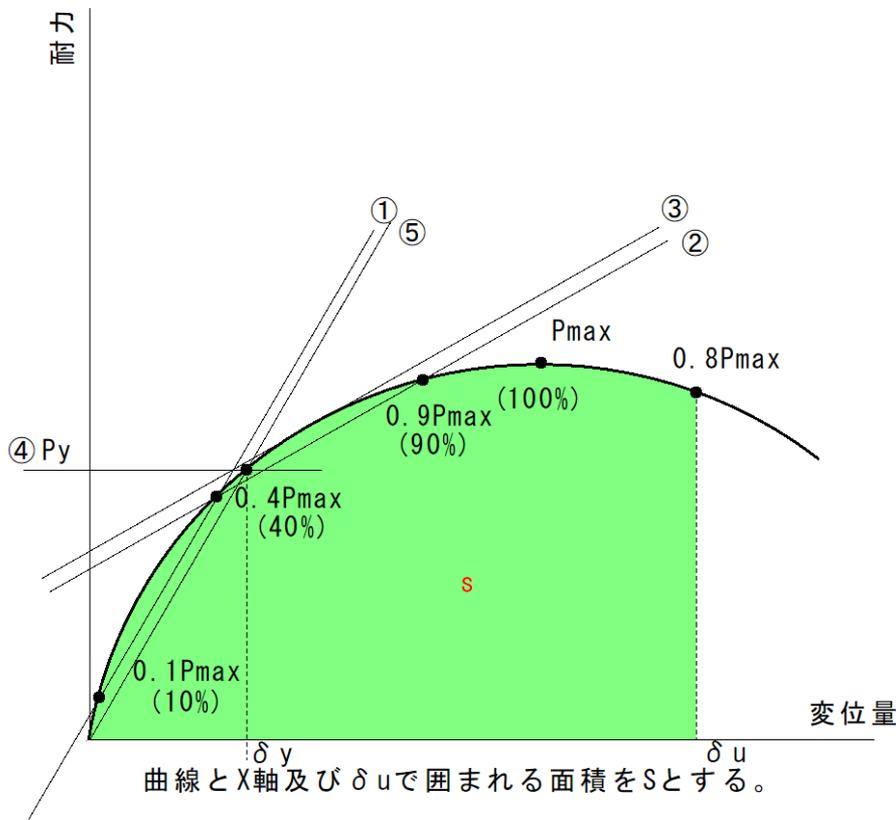


④と曲線の交点(P_y, δ_y)を降伏点とし、その耐力を降伏耐力 P_y 、その時の変位を δ_y とする

図29 完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方

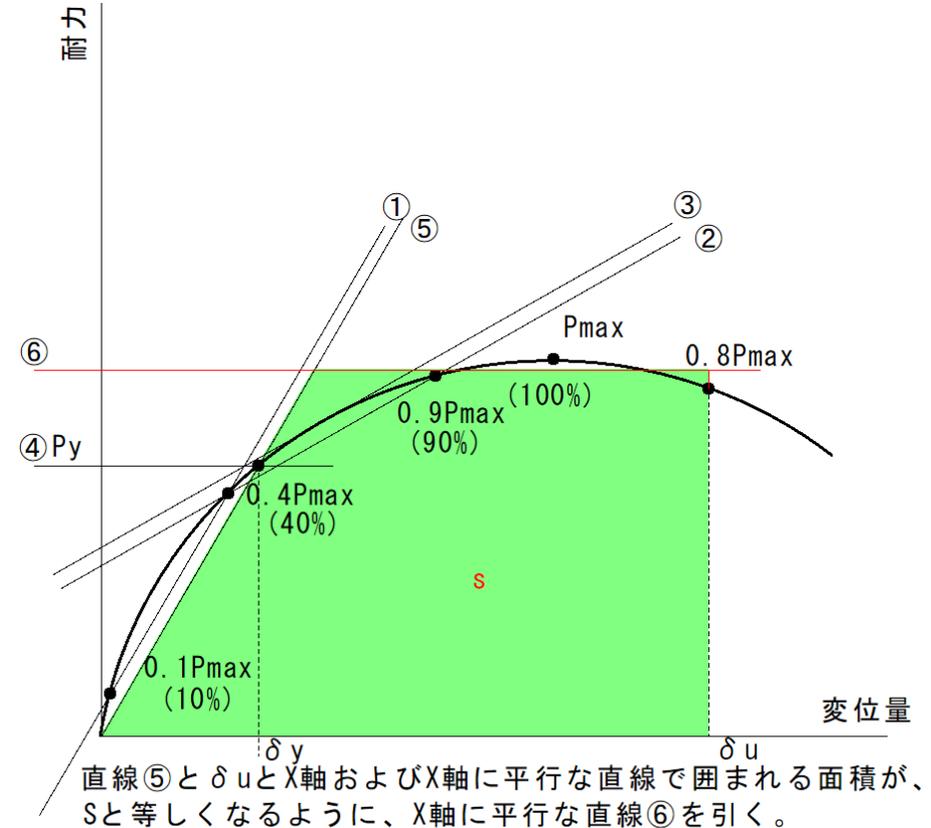
どんな評価方法？

変位と荷重の関係



曲線とX軸および δu で囲まれる面積をSとし、外力を吸収したエネルギーとなる。

変位と荷重の関係

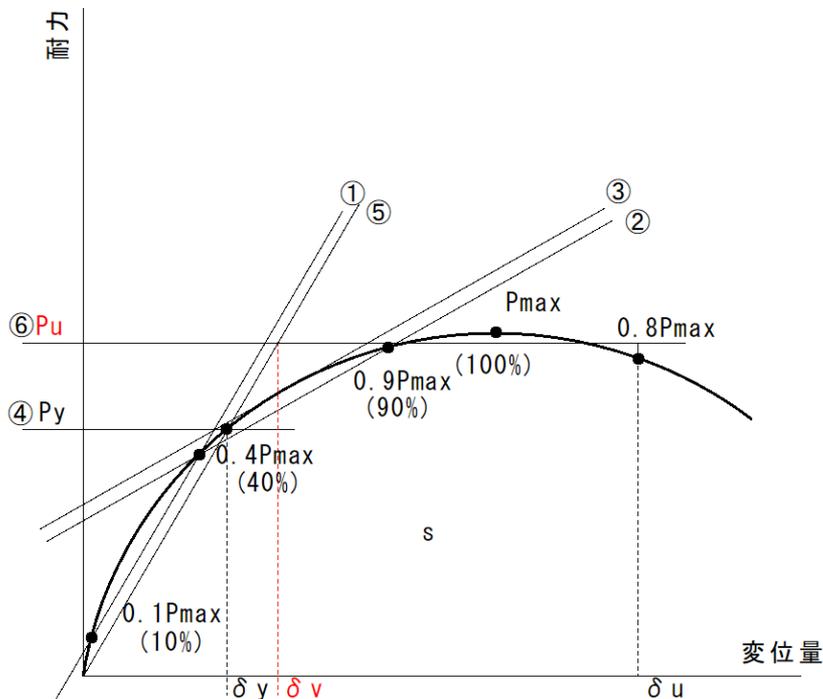


直線⑤と δu とX軸およびX軸に平行な直線で囲まれる面積Sと等しくなるようにX軸に平行な直線⑥を引く。

図30 完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方

どんな評価方法？

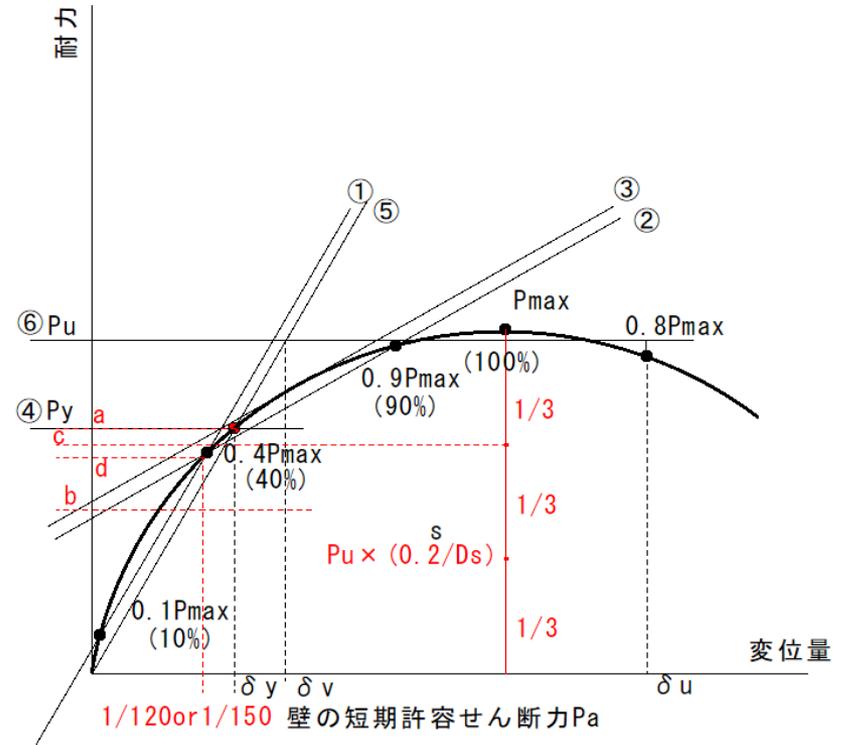
変位と荷重の関係



直線⑤と⑥の交点 ($\delta v / \delta u$) を完全弾塑性モデルの仮想降伏点とし、その時の耐力を終局耐力 P_u 、その時の変位を仮想降伏点変位 δv とする。

直線⑤と⑥の交点 ($\delta v / \delta u$) を完全弾塑性モデルの仮想降伏点とし、その時の耐力を終局耐力 P_u 、その時の変位を仮想降伏点変位 δv とする。

変位と荷重の関係



壁の短期許容せん断耐力 P_a は、
a、b、c、dの最小値となる。

図31 完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方

どんな評価方法？

包絡線の作成

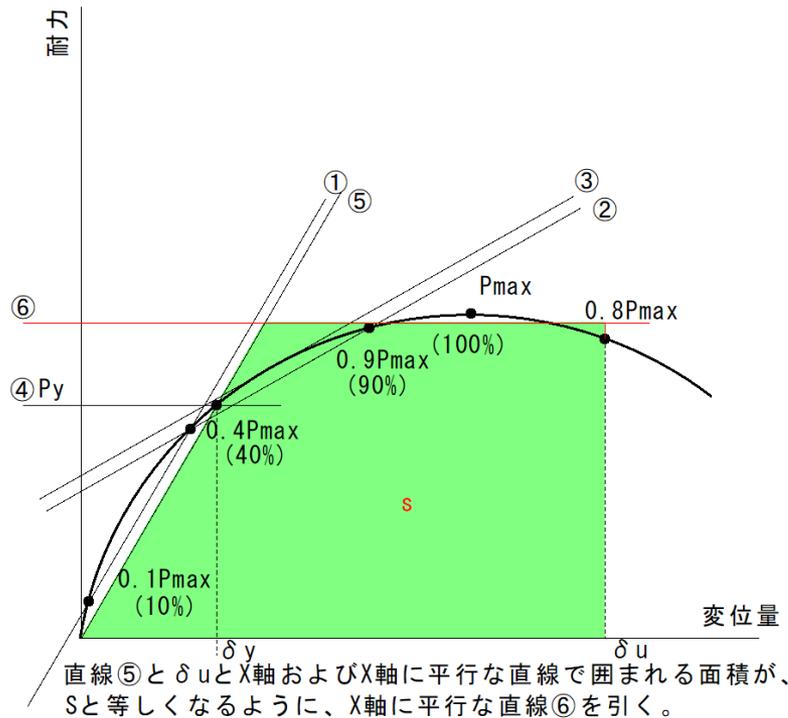


図32 完全弾塑性モデルによる降伏耐力、終局耐力の求め方

壁倍率の評価方法

短期基準せん断耐力 P_0 の算出

①降伏耐力 P_y →中地震を想定

②終局耐力 P_u に $0.2 \cdot v(2\mu - 1)$ を乗じる→大地震を想定

③最大荷重 P_{max} の $2/3$ →強風時

④特定変形角時の耐力

→損傷限界における加算則の担保

の最小値

引用元:(公)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(2017年版)

壁倍率 = ばらつき係数 α × 短期許容せん断耐力 P_a / (1.96kN/m × L_m (壁長))

α ・・・施工環境の影響、施工性の影響 材料の耐久性等

試験結果

釘間隔がせん断最大耐力、特定変形角時のせん断耐力、
壁倍率に及ぼす影響

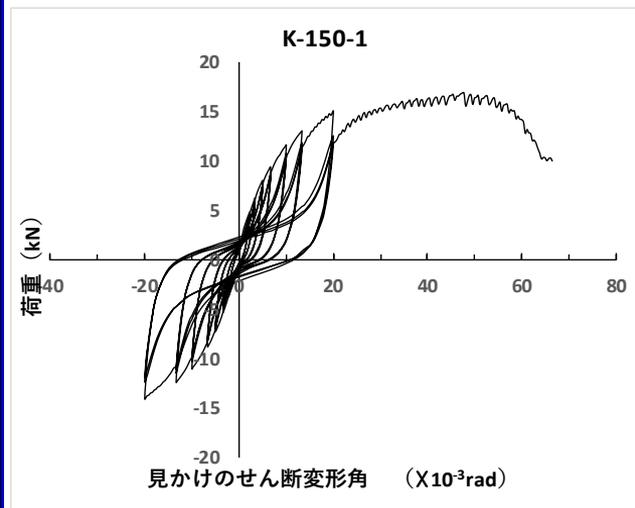
非耐力壁のせん断耐力の検討 試験結果 K-150(2P)

試験体記号	構造評価	材種	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t=9									※壁倍率の算出では低減係数αを乗じていない。		
			単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率	告示 壁倍率
				No.1	No.2	No.3								
構造用合板	①Py	(kN)	10.80	8.31	8.09	9.07	1.50408203	0.16588183	0.92186966	8.36	8.36	2.3	2.5	
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	8.97	9.04	8.66	8.97	0.20359791	0.02270628	0.98930534	8.87				
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	11.27	9.31	8.98	11.27	1.23909231	0.10992137	0.94822703	10.69				
フレーム	④P120	(kN)	10.46	9.73	9.62	10.46	0.456545	0.04364675	0.97944238	10.24				
1820*2730	Pmax：最大耐力	(kN)	16.91	13.97	13.47	基準耐力	基準剛性	最終破壊性状写真						
木材断面寸法	Pu：終局耐力	(kN)	15.24	12.79	12.29	(kN/m)	(kN/rad/m)							
柱・土台：杉KD105*105	K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	1.22	1.35	1.42	(精密診断)	(精密診断)							
梁：米松KD105*180	μ：塑性率	-	4.83	6.75	6.70									
継手間柱：杉 45*105	Ds：構造特性係数	-	0.34	0.28	0.28									
間柱：杉 30*105	δy：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	8.85	6.16	5.69	(実験値)	(実験値)							
針葉樹構造用合板t=9	δv：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	12.49	9.48	8.65									
N50@150	δu：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	60.29	63.96	57.92									

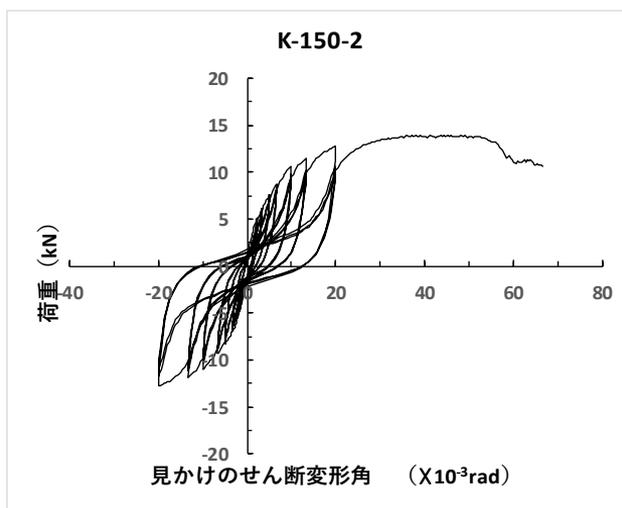
各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係

① 面材の割裂の状況 (引張側)

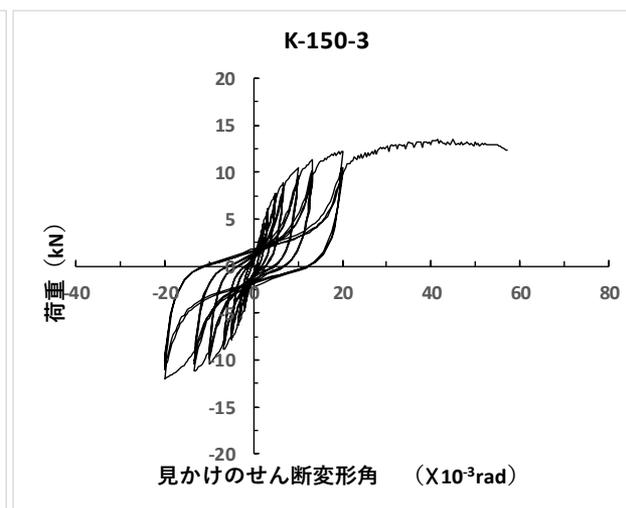
② 釘のパンチングアウト、構面材座屈の状況 (引張側)



③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-150-1

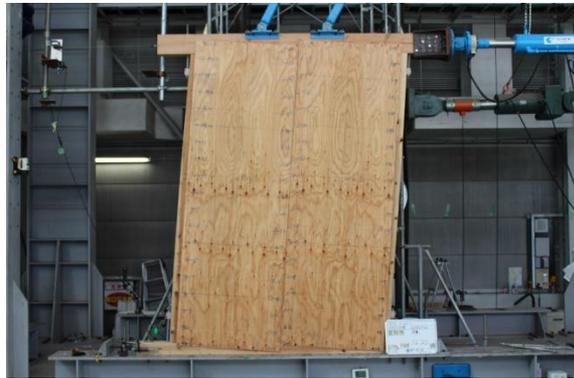


④ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-150-2



⑤ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-150-3

図33 K-150 (2P)の試験結果



①K-150 全体写真



③面材の浮き(13mm)と釘のパンチング状況



②釘のパンチング状況

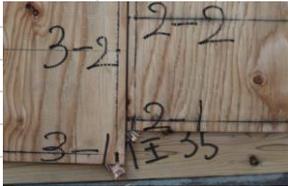
図34 K-150の破壊性状

表10 K-150の試験結果

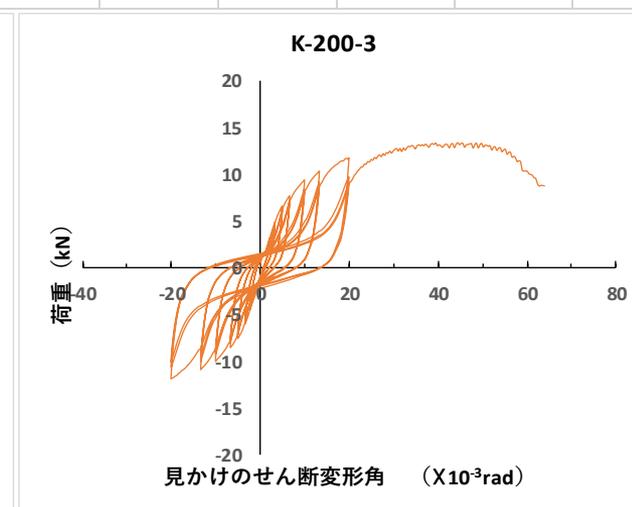
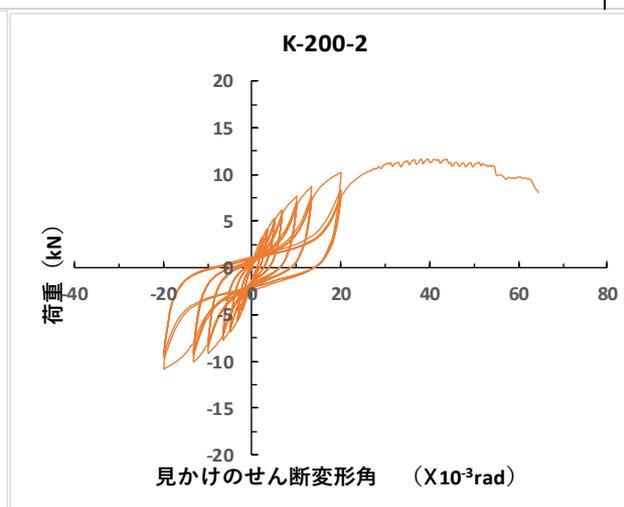
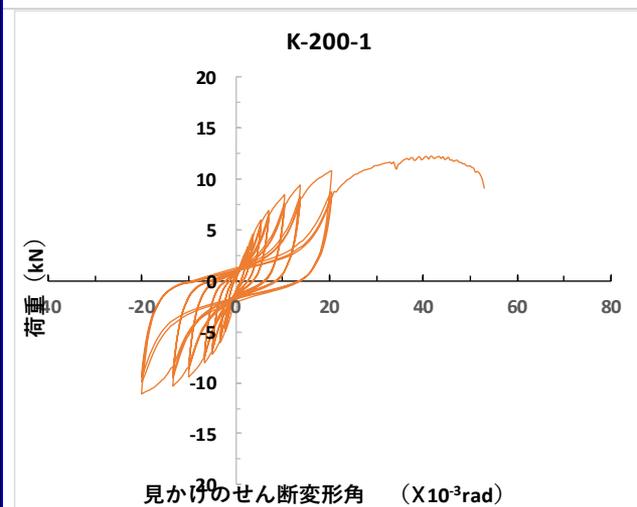
最大荷重(平均)	14.78 kN
P_{120} の荷重(平均)	10.46 kN

※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。

非耐力壁のせん断耐力の検討 試験結果 K-200(2P)

K-200		材種	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t=9					※壁倍率の算出では低減係数 α を乗じていない。					
試験体記号	構造評価	単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率	告示 壁倍率
			No.1	No.2	No.3								
構造用合板	①Py	(kN)	7.58	6.91	8.16	7.55	0.62152313	0.08231528	0.96122951	7.26	5.81	1.6	
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	6.12	6.20	7.27	6.12	0.6446395	0.10540136	0.95035596	5.81			
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	8.17	7.73	8.90	8.17	0.59027769	0.07223821	0.9659758	7.89			
フレーム	④P120	(kN)	7.56	8.76	8.45	7.56	0.62292322	0.08239725	0.96119089	7.27			
1820*2730	Pmax：最大耐力	(kN)	12.26	11.59	13.34	基準耐力	基準剛性	最終破壊性状写真					
木材断面寸法	Pu：終局耐力	(kN)	11.02	10.43	12.11	(kN/m)	(kN/rad/m)						
柱・土台：杉KD105*105	K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	0.92	0.82	1.03	(精密診断)	(精密診断)						
梁：米松KD105*180	μ ：塑性率	-	4.35	4.92	5.01								
継手間柱：杉 45*105	Ds：構造特性係数	-	0.36	0.34	0.33								
間柱：杉 30*105	δy ：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	8.26	8.45	7.88	(実験値)	(実験値)	<p>①継手間柱部分の 面材の割裂の状況</p> <p>②釘のパンチングアウト、 構面外座屈の状況（圧縮側）</p>					
針葉樹構造用合板t=9	δv ：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	12.00	12.74	11.70								
N50@200	δu ：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	52.18	62.64	58.58								

各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係



③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-200-1

④ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-200-

⑤ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-200-3

図35 K-200 (2P)の試験結果



①K-200 全体写真



②釘のパンチング状況



③面材の浮き(10mm)と釘のパンチング状況

図36 K-150の破壊性状

表11 K-200の試験結果

最大荷重(平均)	12.39 kN
P_{120} の荷重(平均)	7.56 kN

※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。

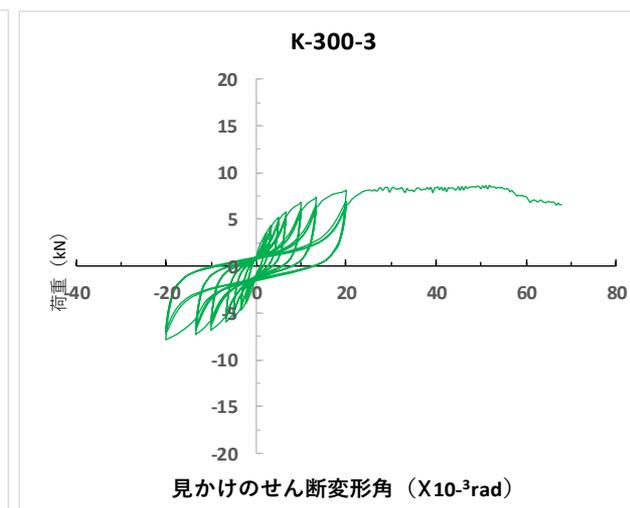
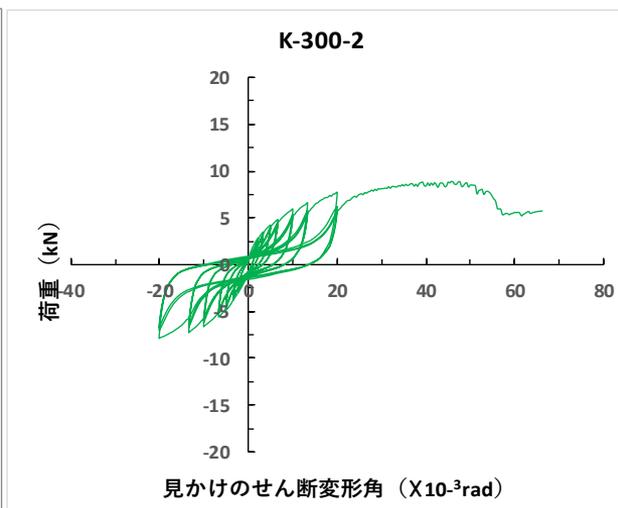
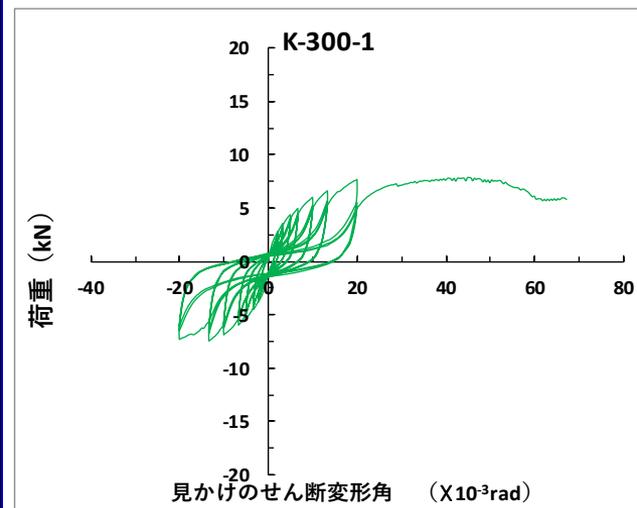
非耐力壁のせん断耐力の検討 試験結果 K-300(2P)

K-300		材種	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t=9					※壁倍率の算出では低減係数 α を乗じていない。					
試験体記号	構造評価	単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率	告示 壁倍率
			No.1	No.2	No.3								
構造用合板	①Py	(kN)	4.42	5.28	4.93	4.87	0.43328634	0.08887974	0.95813764	4.67	4.67	1.3	2.5
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	5.23	4.49	6.40	5.23	0.96622955	0.18484896	0.91293614	5.23			
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	5.28	5.95	5.71	5.28	0.34091505	0.06462599	0.96956116	5.28			
フレーム	④P120	(kN)	5.43	5.35	6.19	5.43	0.46360903	0.0853792	0.9597864	5.43			
1820*2730	Pmax：最大耐力	(kN)	7.91	8.92	8.56	基準耐力	基準剛性	最終破壊性状写真					
木材断面寸法	Pu：終局耐力	(kN)	7.06	7.96	7.75	(kN/m)	(kN/rad/m)						
柱・土台：杉KD105*105	K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	0.88	0.65	1.08	(精密診断)	(精密診断)						
梁：米松KD105*180	μ ：塑性率	-	7.35	4.47	9.03								
継手間柱：杉 45*105	Ds：構造特性係数	-	0.27	0.35	0.24								
間柱：杉 30*105	δy ：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	5.00	8.13	4.55	(実験値)	(実験値)						
針葉樹構造用合板t=9	δv ：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	8.00	12.25	7.17								
N50@300	δu ：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	58.77	54.81	64.73								

各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係

①面材の割裂の状況 (引張側)

②釘のパンチングアウト、構面外座屈の状況 (圧縮側)



③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-300-1

④ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-300-

⑤ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-300-3

図37 K-300 (2P)の試験結果



①K-300 全体写真



②釘のパンチングの状況



③面材の浮き(未計測)と釘のパンチング状況

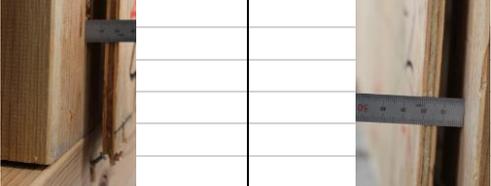
図38 K-300の破壊性状

表12 K-300の試験結果

最大荷重(平均)	5.62 kN
P_{120} の荷重(平均)	3.87 kN

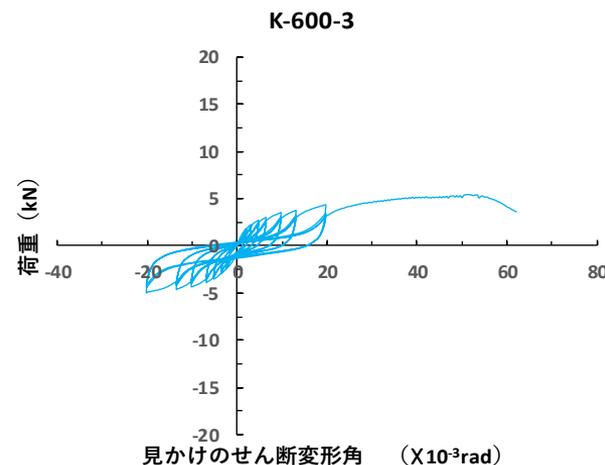
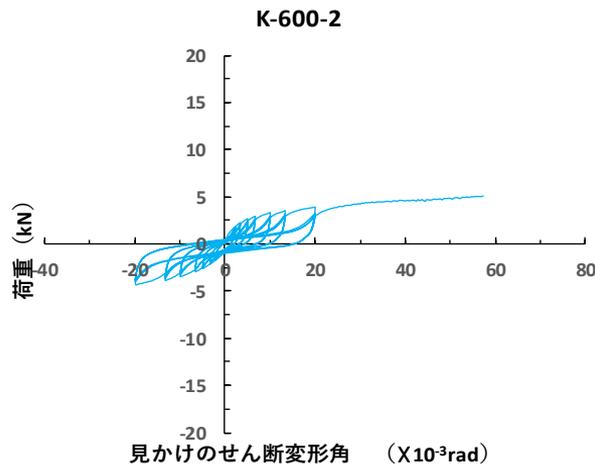
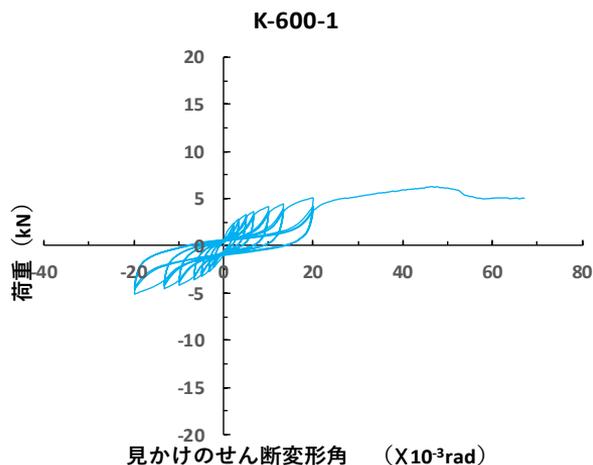
※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。

非耐力壁のせん断耐力の検討 試験結果 K-600(2P)

K-600		材種	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t=9						※壁倍率の算出では低減係数 α を乗じていない。				
試験体記号	構造評価	単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率	告示 壁倍率
			No.1	No.2	No.3								
構造用合板	①Py	(kN)	3.61	2.91	3.01	3.18	0.37858248	0.11921893	0.94384789	3.00	3.00	0.8	2.5
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	3.86	3.25	2.82	3.86	0.52007484	0.13488849	0.93646752	3.86			
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	4.23	3.42	3.59	4.23	0.42377747	0.10027704	0.95276951	4.23			
フレーム	④P120	(kN)	3.87	3.07	3.17	3.87	0.43588989	0.11263305	0.94694983	3.87			
1820*2730	Pmax：最大耐力	(kN)	6.34	5.13	5.39	基準耐力 (kN/m)	基準剛性 (kN/rad/m)	最終破壊性状写真					
木材断面寸法	Pu：終局耐力	(kN)	5.32	4.39	4.64								
柱・土台：杉KD105*105	K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	0.56	0.45	0.40	(精密診断)	(精密診断)						
梁：米松KD105*180	μ ：塑性率	-	7.06	7.33	5.13								
継手間柱：杉 45*105	Ds：構造特性係数	-	0.28	0.27	0.33								
間柱：杉 30*105	δy ：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	6.46	6.49	7.49	(実験値)	(実験値)						
針葉樹構造用合板t=9	δv ：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	9.53	9.79	11.55								
N50@600	δu ：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	67.21	71.79	59.22								

各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係

破壊の様子



③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-600-1

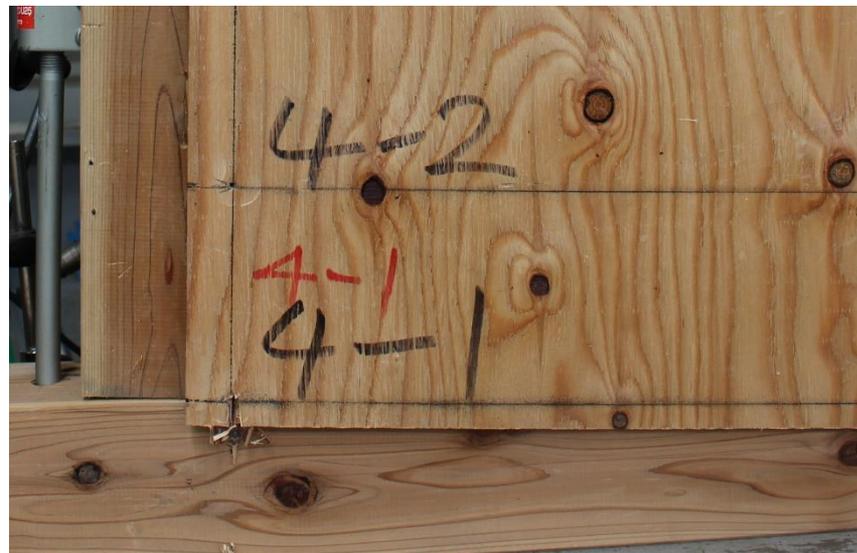
③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-600-2

③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-600-3

図39 K-600 (2P)の試験結果



① K-600 全体写真



② 釘のパンチング状況

※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。



③ 面材の浮き(13mm)と釘のパンチング状況

図40 K-600の破壊性状

表13 K-600の試験結果

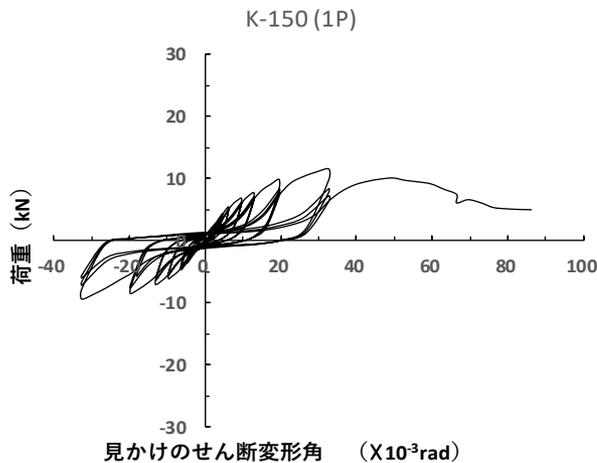
最大荷重(平均)	8.46 kN
P_{120} の荷重(平均)	5.43 kN

高倍率壁仕様の検討 試験結果 K-150(1P)

K-150 (1P)		材種	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t=9							※壁倍率の算出は低減係数を乗じていない。		
試験体記号	構造評価	単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率
			No.1	No.2	No.3							
構造用合板	①Py	(kN)	6.74	/	/	6.74	/	/	/	/	5.35	3.0
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	5.35	/	/	5.35	/	/	/			
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	7.75	/	/	7.75	/	/	/			
フレーム	④P120	(kN)	6.47	/	/	6.47	/	/	/			
1820*2730	Pmax：最大耐力	(kN)	11.63	/	/	基準耐力 (kN/m)	基準剛性 (kN/rad/m)	/	/			
木材断面寸法	Pu：終局耐力	(kN)	9.87	/	/	/	/	/	/			
柱・土台：杉KD105*105	K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	0.73	/	/	(精密診断)	(精密診断)					
梁：米松KD105*180	μ：塑性率	-	4.18	/	/	/	/					
継手間柱：杉 45*105	Ds：構造特性係数	-	0.37	/	/	/	/					
間柱：杉 30*105	δy：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	9.22	/	/	(実験値)	(実験値)					
針葉樹構造用合板t=9	δv：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	13.49	/	/	/	/					
N50@150	δu：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	56.40	/	/	/	/					
各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係												

① 面材の割裂の状況（引張側）

② 釘のパンチングア
構面材座屈の状況



高倍率壁仕様の試験体は、釘の間隔が耐力壁のせん断耐力に及ぼす傾向を把握するために1P(標点間距離:910mm)とする。

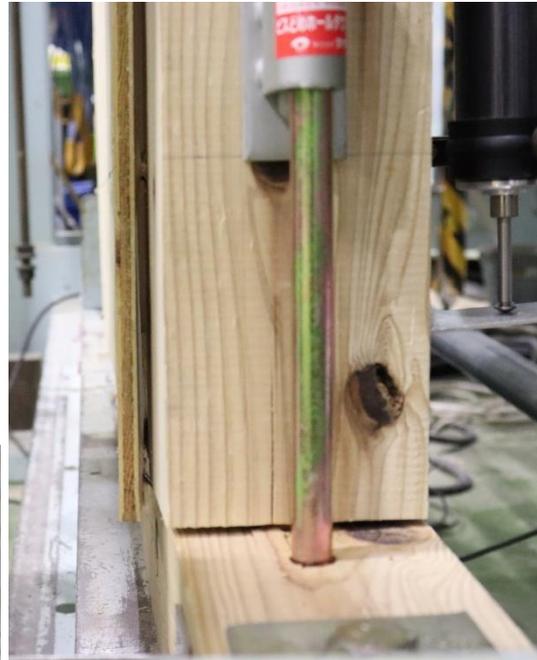
③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-150-1P

図41 K-150 (1P)の試験結果

高倍率壁仕様の検討 試験結果 K-150(1P)



①K-150(1P) 全体写真



③面材の浮きの状況



②釘のパンチングシア状況

図42 K-150(1P)の破壊性状

表14 K-150(1P)の試験結果

最大荷重(平均)	11.63 kN
P_{120} の荷重(平均)	6.47 kN

※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。

高倍率壁仕様の検討 試験結果 K-100(1P)

試験体記号	構造評価	単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率
			No.1	No.2	No.3							
構造用合板	①Py	(kN)	9.46			9.46					6.07	3.4
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	6.07			6.07						
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	10.73			10.73						
フレーム	④P120	(kN)	9.62			9.62						
1820*2730	Pmax:最大耐力	(kN)	16.09			基準耐力	基準剛性	最終破壊性状				
木材断面寸法	Pu:終局耐力	(kN)	13.79			(kN/m)	(kN/rad/m)					
柱・土台:杉KD105*105	K:初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	1219.55			(精密診断)	(精密診断)					
梁:米松KD105*180	μ:塑性率	-	2.92									
継手間柱:杉 45*105	Ds:構造特性係数	-	0.45									
間柱:杉 30*105	δy:降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	0.01			(実験値)	(実験値)					
針葉樹構造用合板t=9	δv:モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	0.01									
N50@150	δu:終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	0.03									

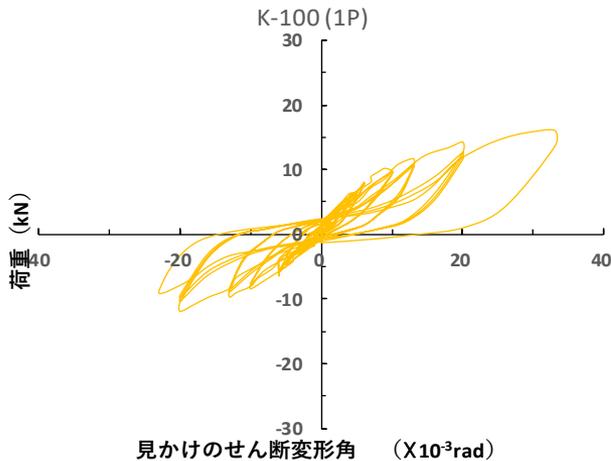


①面材の割裂の状況 (引張側)



②釘のパンチングア
構面材座屈の状況 (引張側)

各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係



③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-100-

高倍率壁仕様の試験体は、釘の間隔が耐力壁のせん断耐力に及ぼす傾向を把握するために1P (標点間距離:910mm)とする。

高倍率壁仕様の試験体は、釘の間隔が耐力壁のせん断耐力に及ぼす傾向を把握するために1P(標点間距離:910mm)とする。

図43 K-100 (1P)の試験結果



①K-100 全体写真



③HD金物のビスによる引き抜き力による柱の直交破断の様子

図44 K-100(1P)の破壊性状



②くぎの圧縮力によるパンチングシア状況

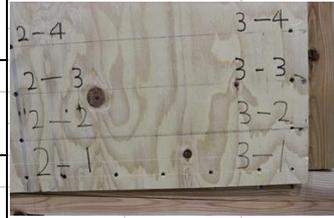
表15 K-150の試験結果

最大荷重(平均)	16.09 kN
P_{120} の荷重(平均)	9.62 kN

※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。

高倍率壁仕様の検討 試験結果 K-75(1P)

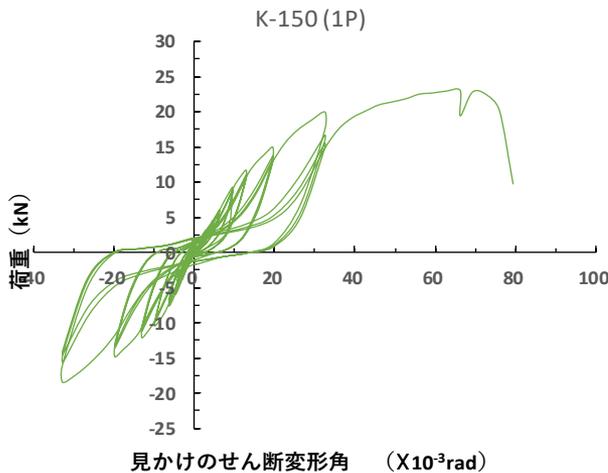
K-75 (1P)		材種	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t=9					※壁倍率の算出は低減係数を乗じていない。				
試験体記号	構造評価	単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率
			No.1	No.2	No.3							
構造用合板	①Py	(kN)	14.15			14.15					8.27	4.6
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	9.01			9.01						
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	15.27			15.27						
フレーム	④P120	(kN)	8.27			8.27						
1820*2730	Pmax：最大耐力	(kN)	22.91			基準耐力 (kN/m)	基準剛性 (kN/rad/m)					
木材断面寸法	Pu：終局耐力	(kN)	20.66									
柱・土台：杉KD105*105	K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	0.78			(精密診断)	(精密診断)					
梁：米松KD105*180	μ：塑性率	-	2.88									
継手間柱：杉 45*105	Ds：構造特性係数	-	0.46									
間柱：杉 30*105	δy：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	18.07			(実験値)	(実験値)					
針葉樹構造用合板t=9	δv：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	26.39									
N50@150	δu：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	76.00									



①面材の割裂の状況（引張側）

②釘のパンチングア
構面材座屈の状況（引

各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係



高倍率壁仕様の試験体は、釘の間隔が耐力壁のせん断耐力に及ぼす傾向を把握するために1P(標点間距離:910mm)とする。

③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-75-1P

図45 K-75 (1P)の試験結果



①K-75 全体写真



③引張力によるくぎのパンチングシアの様子



②引張力によるHD金物の塑性変形の様子

図46 K-75(1P)の破壊性状

表16 K-75の試験結果

最大荷重(平均)	22.91 kN
P_{120} の荷重(平均)	8.27 kN

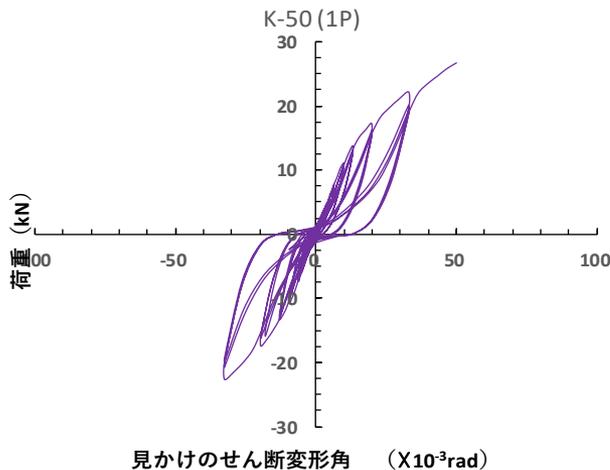
※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。

高倍率壁仕様の検討 試験結果 K-50(1P)

試験体記号	構造評価	単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率	
			No.1	No.2	No.3								
K-50(1P)		材種	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t=9									※壁倍率の算出は低減係数を乗じていない。	
構造用合板	①Py	(kN)	14.37			14.37						8.32	4.7
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	8.32			8.32							
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	17.84			17.84							
フレーム	④P120	(kN)	10.21			10.21							
1820*2730	Pmax：最大耐力	(kN)	26.77			基準耐力 (kN/m)	基準剛性 (kN/rad/m)						
木材断面寸法	Pu：終局耐力	(kN)	22.37										
柱・土台：杉KD105*105	K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	1.00			(精密診断)	(精密診断)						
梁：米松KD105*180	μ：塑性率	-	2.23										
継手間柱：杉 45*105	Ds：構造特性係数	-	0.54										
間柱：杉 30*105	δy：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	14.32			(実験値)	(実験値)						
針葉樹構造用合板t=9	δv：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	22.30										
N50@150	δu：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	49.70										



各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係



③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-50-1P

高倍率壁仕様の試験体は、釘の間隔が耐力壁のせん断耐力に及ぼす傾向を把握するために1P(標点間距離:910mm)とする。

図47 K-50 (1P)の試験結果

高倍率壁仕様の検討 試験結果 K-50(1P)



①K-50(1P) 全体写真



②引張力によるHD金物の割裂破壊の様子



③引張力によるHD金物の塑性変形の様子

図48 K-50(1P)の破壊性状

表17 K-50(1P)の試験結果

最大荷重(平均)	22.37 kN
P_{120} の荷重(平均)	10.21 kN

※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。

試験結果

グラフの見方

- ・ 特定変形角で試験機を止めるので荷重は一度低下します。
- ・ グラフ傾きが初期剛性の強さになります。
- ・ 特定変形角以外での荷重低下は、耐力壁が損傷していることを示します。

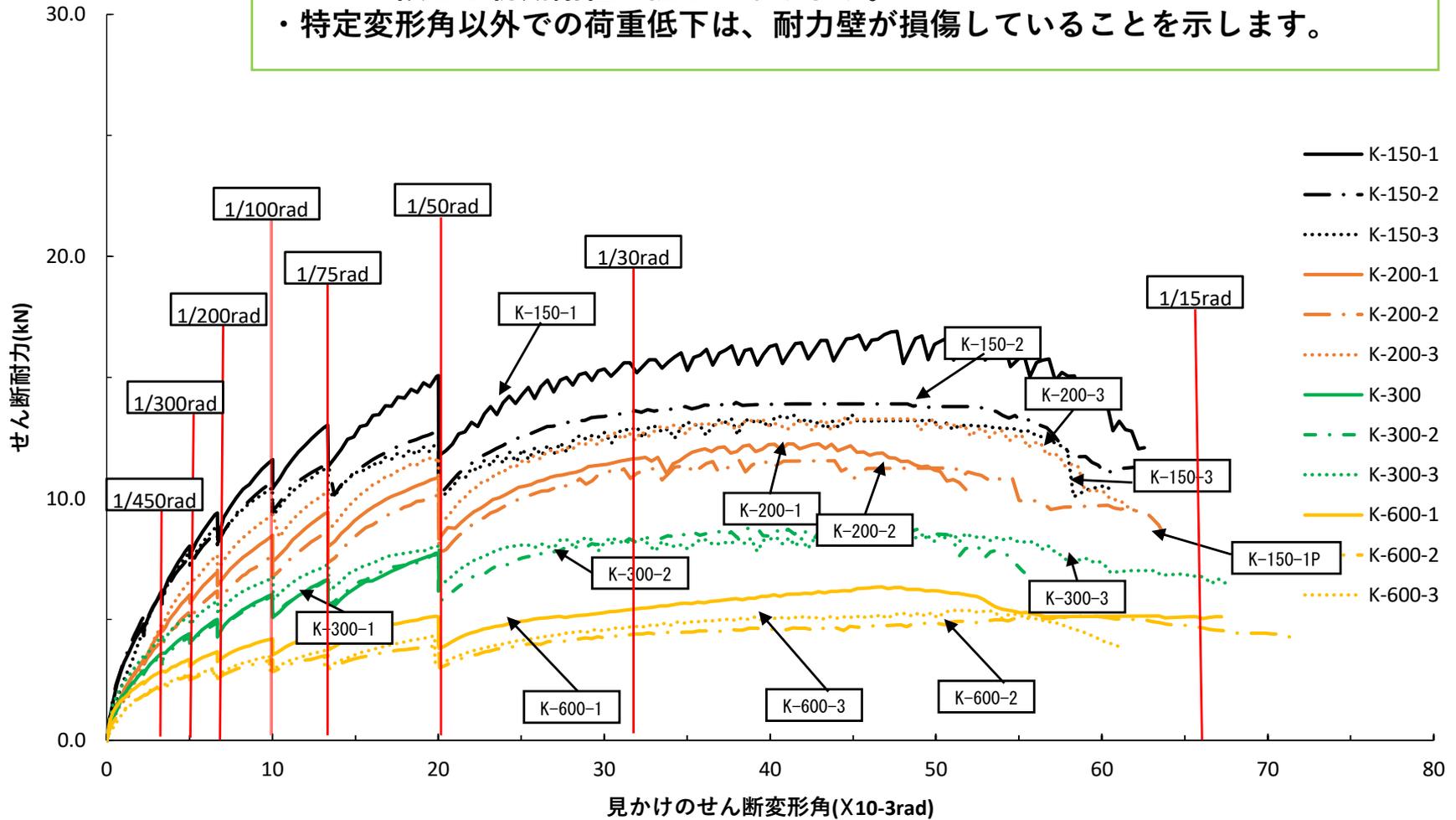


図49 見かけのせん断変形角とせん断耐力の関係

試験結果

グラフの見方

- ・特定変形角で試験機を止めるので荷重は低下します。損傷を示す荷重低下ではありません。
- ・グラフ傾きが初期剛性の強さになります。
- ・特定変形角以外での荷重低下は、耐力壁が損傷していることを示します。
- ・靱性力は、荷重は上昇しないが変位は伸びている状況进行评估します。
- ・K-75-1Pは初期剛性、最大荷重、靱性力に富んでいることが分かります。
- ・K-50-1Pは初期剛性、最大荷重は大きい、構造部材が損傷する最も避けたい破壊性状です。

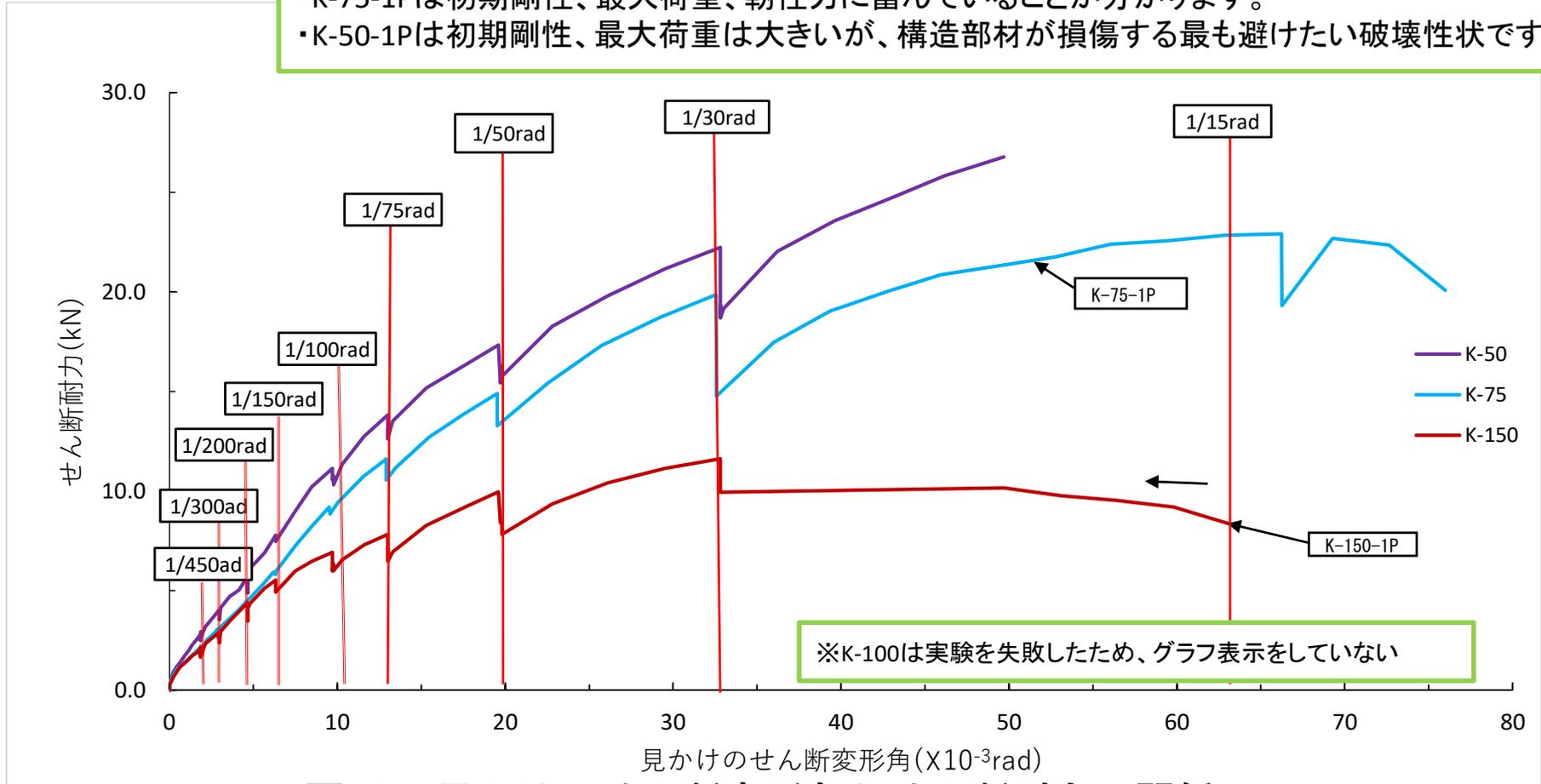


図50 見かけのせん断変形角とせん断耐力の関係

試験結果

K-150、K-200、K-300、K-600の壁長は1820mm、K-150-1P、K-75-1P、K-50-1Pの壁長は910mmである。
本来は耐力壁のせん断耐力は壁長に比例される。本実験では、壁長の長い試験体より、1m当たりの釘の本数の多い試験体の方がせん断耐力を有する結果となった。

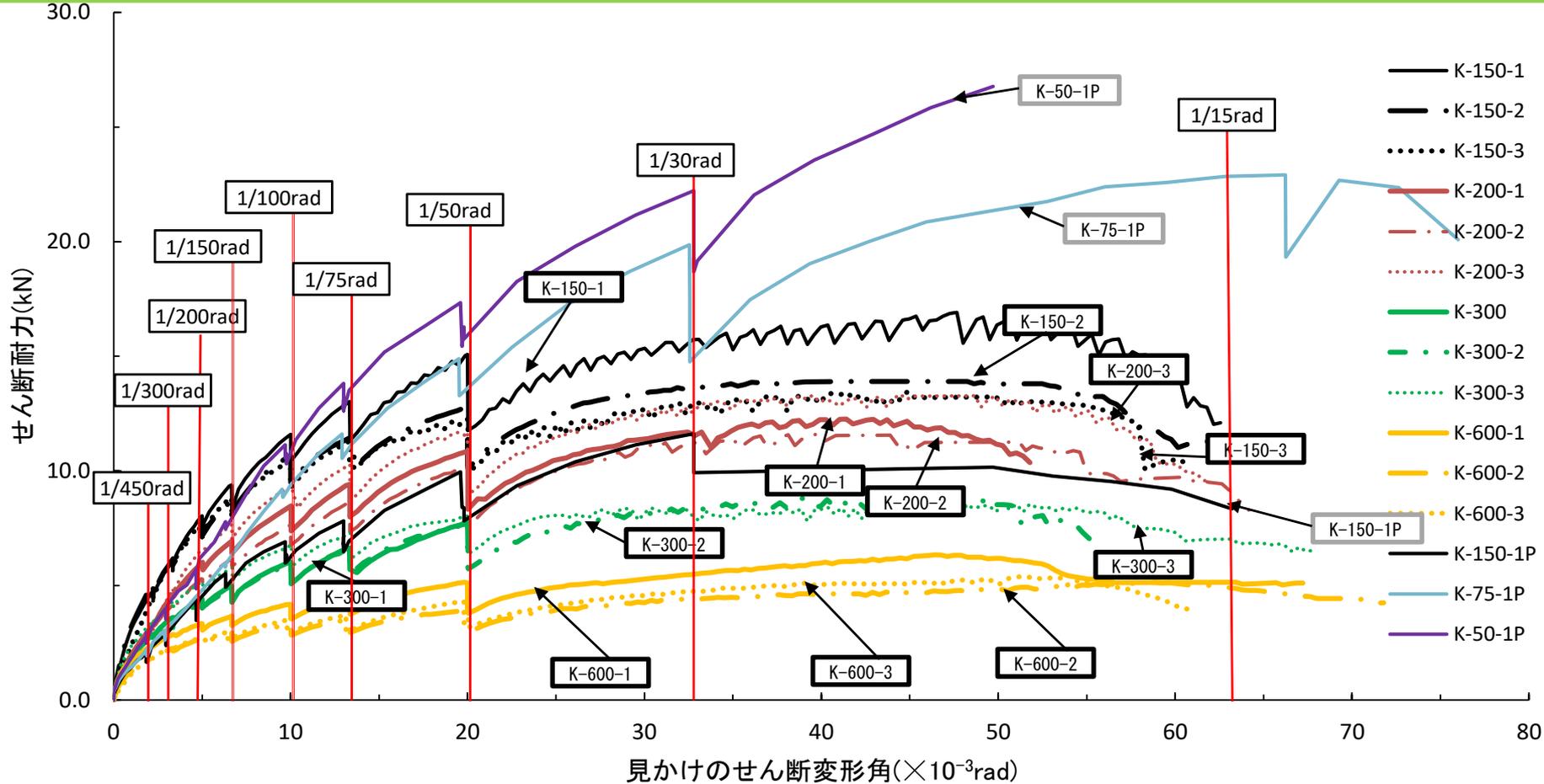


図51 見かけのせん断変形角とせん断耐力の関係

試験結果 バイリニアモデル

グラフの見方

- ・ 包絡線で描いた曲線を一次関数式に置換し、評価します。
- ・ X軸に平行な線端部からY軸に垂直な線を引くと台形が描けます。この台形の面積が水平力を吸収したエネルギーであり、耐震性を有無を判断します。
- ・ グラフ傾きが初期剛性の強さになります。
- ・ X軸に平行な線が長いほど靱性力に富んでいると読み取ります。

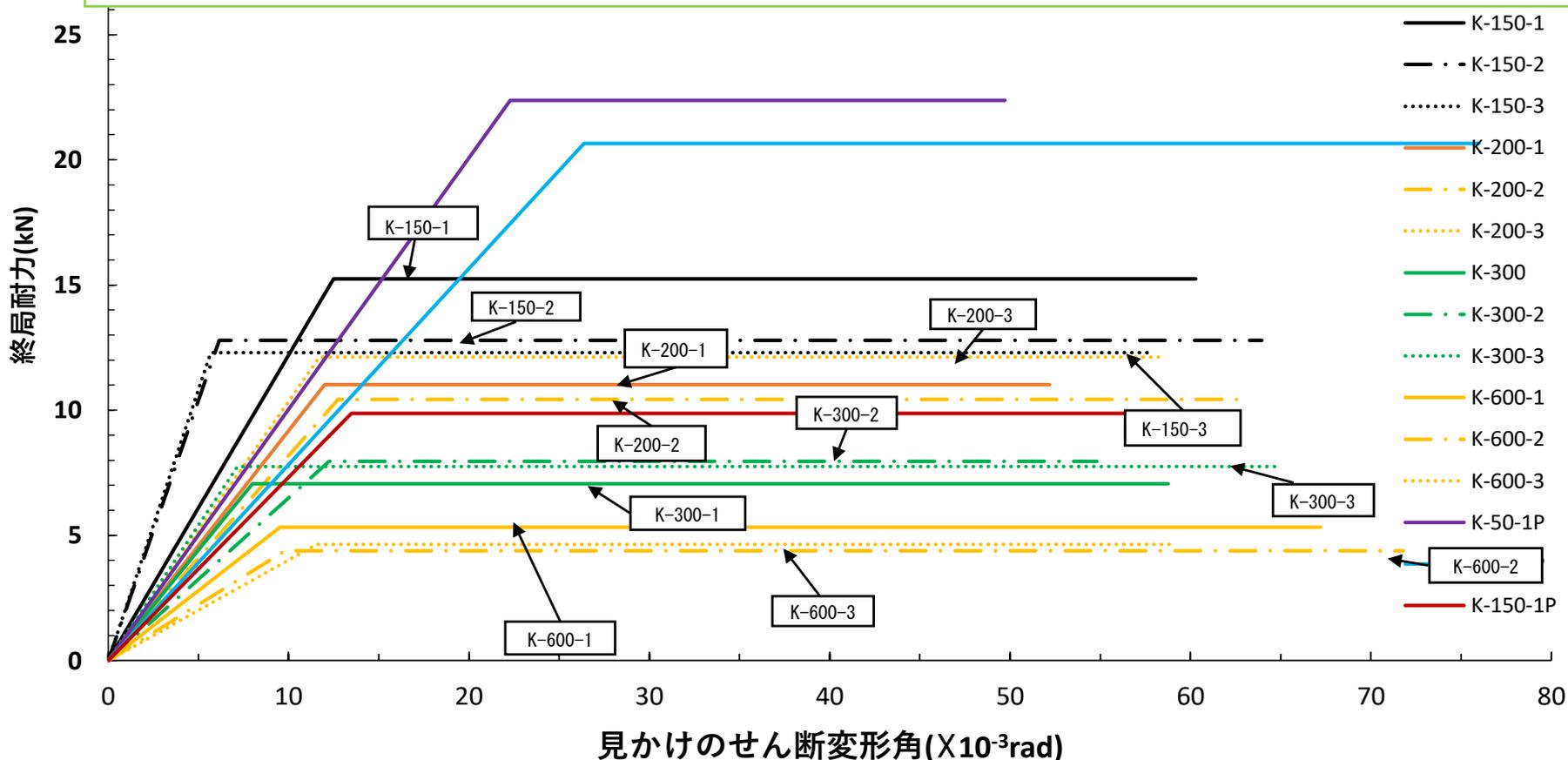


図52 見かけのせん断変形角とせん断耐力の関係

試験結果 釘間隔と最大耐力の関係 (2P)

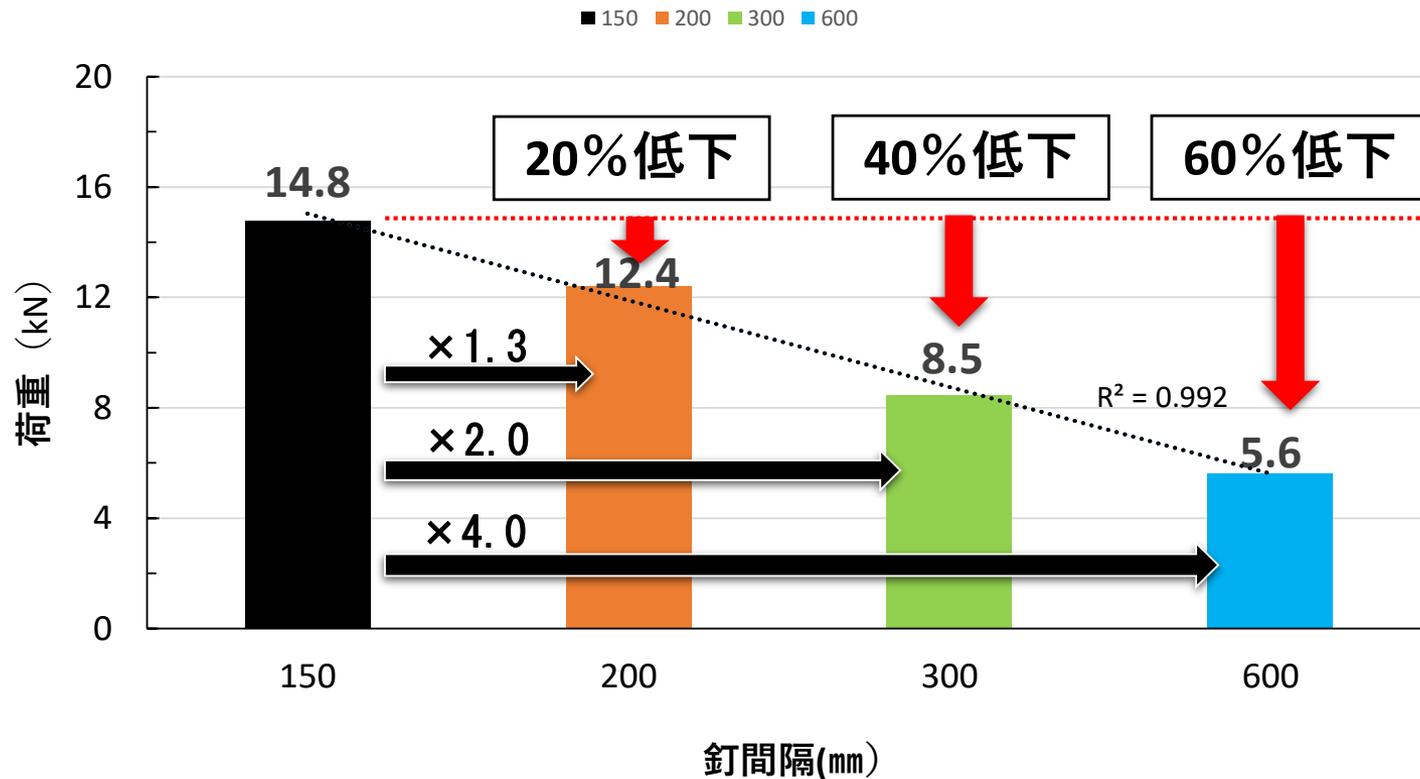


図53 釘間隔と最大せん断耐力の関係

- 釘間隔：200mm → 最大せん断耐力20%低下
- 釘間隔：300mm → 最大せん断耐力40%低下
- 釘間隔：600mm → 最大せん断耐力60%低下

試験結果 釘間隔と最大耐力の関係 (1P)

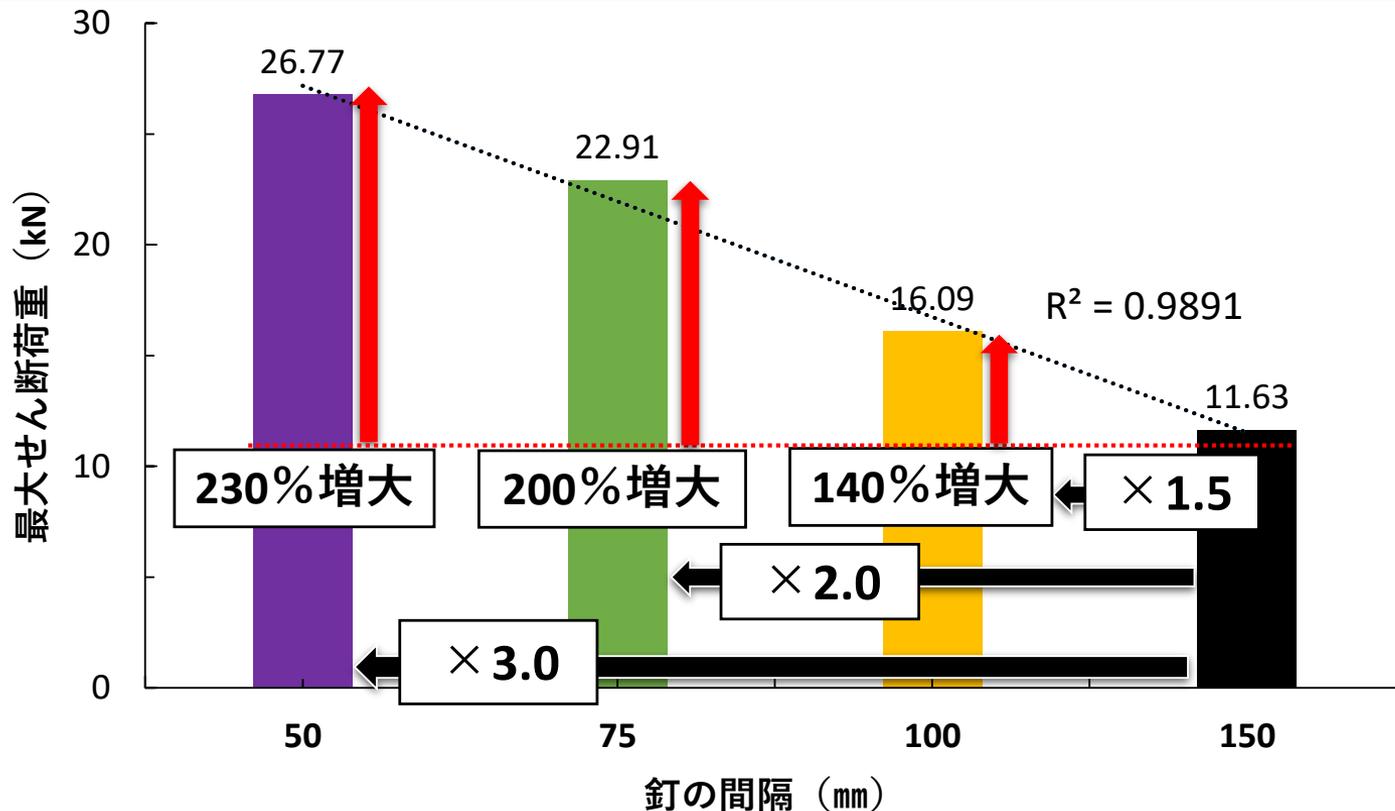


図54 釘間隔と最大せん断耐力の関係

- 釘間隔：100mm → 最大せん断耐力**140%増大**
- 釘間隔：75mm → 最大せん断耐力**200%増大**
- 釘間隔：50mm → 最大せん断耐力**230%増大**

試験結果 釘間隔と P_{120} せん断耐力の関係 (2P)

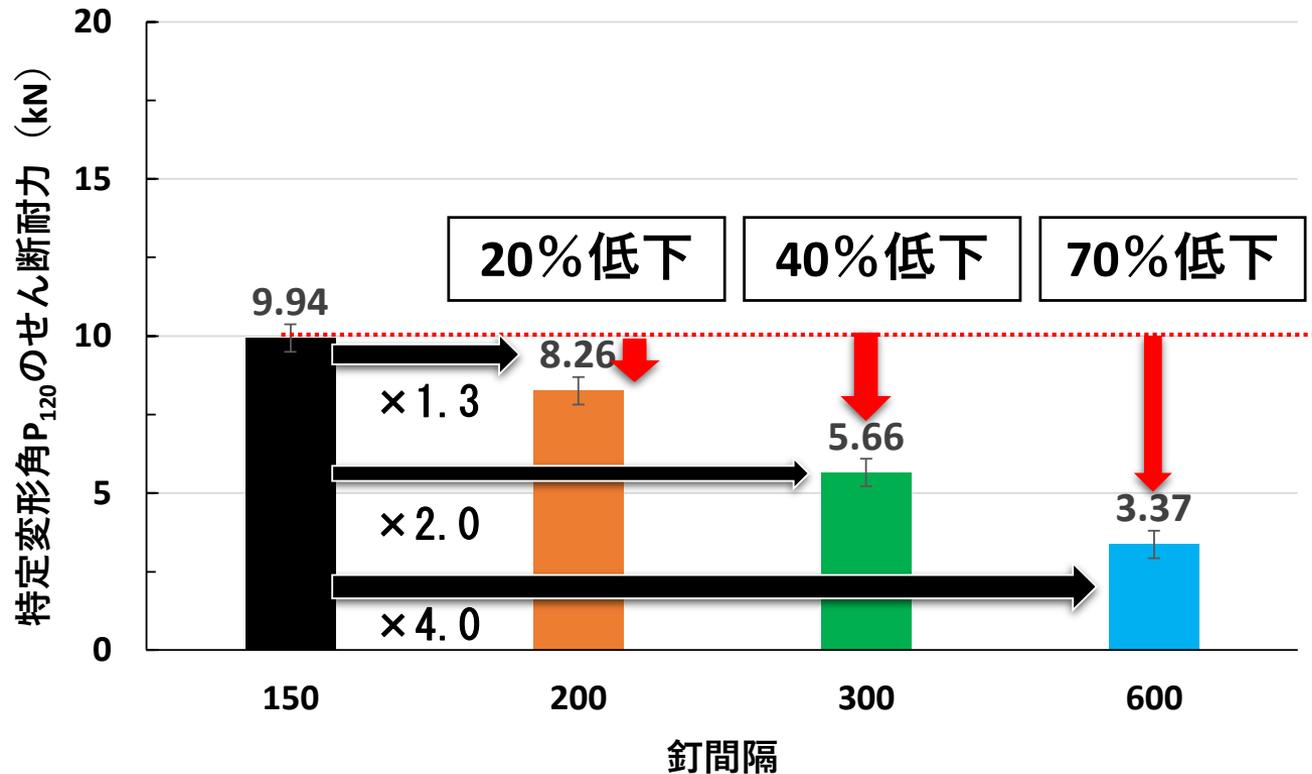


図55 釘間隔と P_{120} のせん断耐力の関係

釘間隔：200mm → P_{120} 20%低下
釘間隔：300mm → P_{120} 40%低下
釘間隔：600mm → P_{120} 70%低下

※ P_{120} は特定変形角1/120radを示す。

試験結果 釘間隔と P_{120} せん断耐力の関係 (1P)

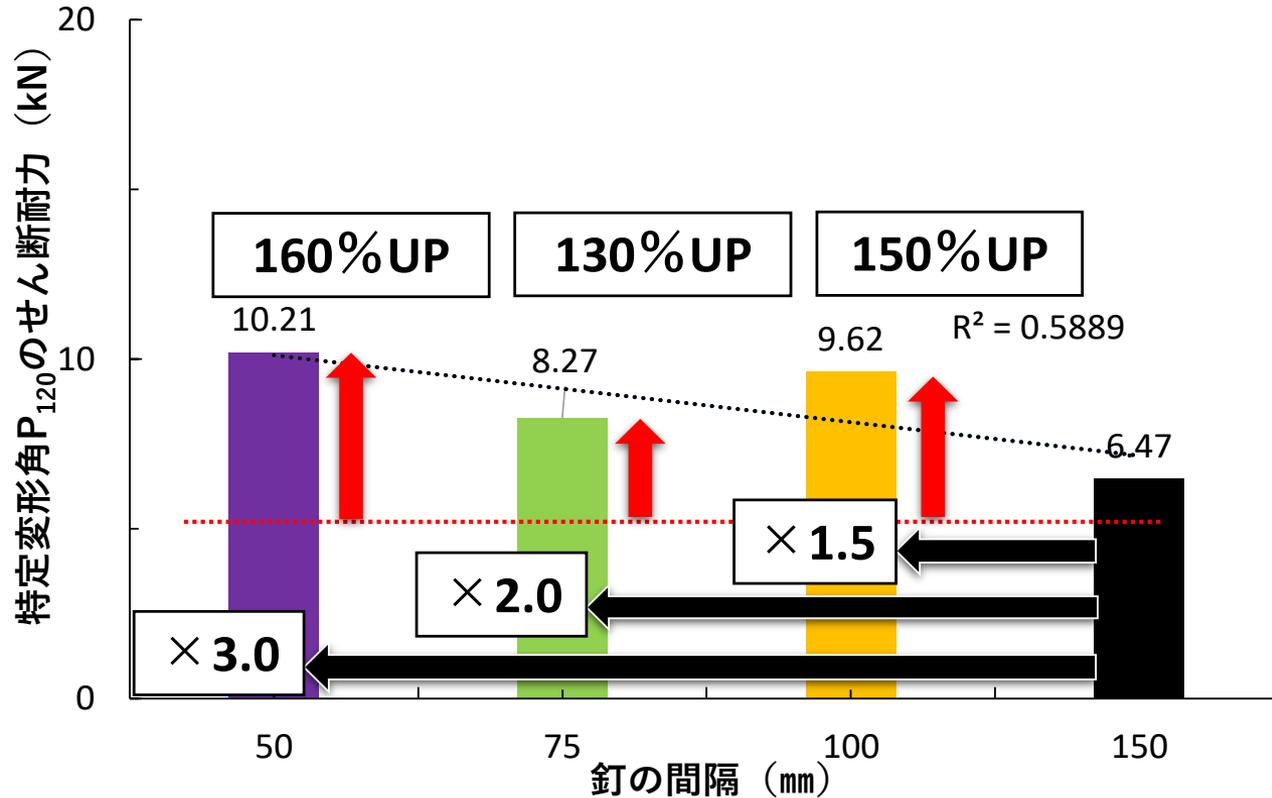


図56 釘間隔と P_{120} のせん断耐力の関係

- 釘間隔 : 100mm → P_{120} 150%UP
- 釘間隔 : 75mm → P_{120} 130%UP
- 釘間隔 : 50mm → P_{120} 160%UP

※ P_{120} は特定変形角1/120radを示す。

試験結果 釘間隔と終局耐力Puの関係 (2P)

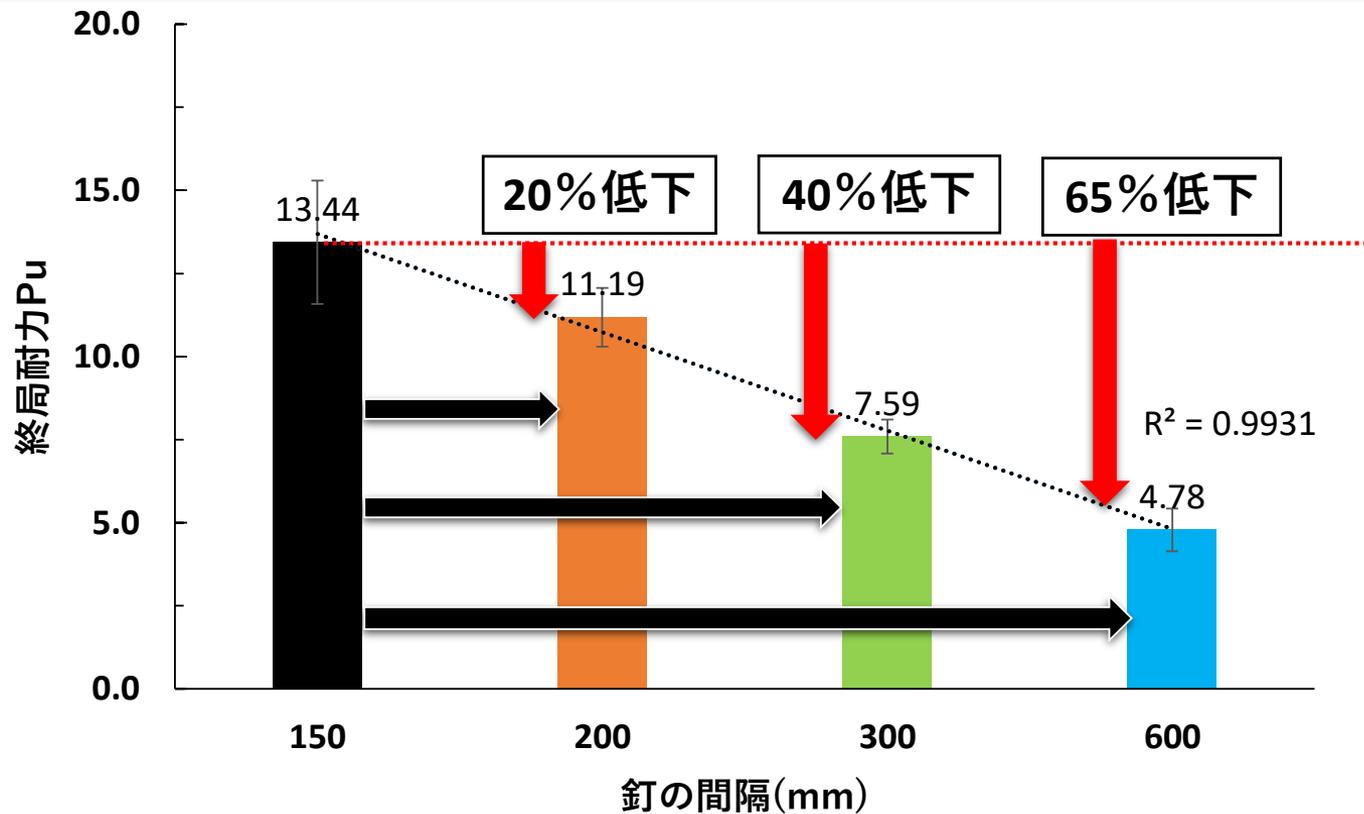


図57 釘間隔と終局耐力Puの関係

- 釘間隔：200mm → 終局耐力20%低下
- 釘間隔：300mm → 終局耐力40%低下
- 釘間隔：600mm → 終局耐力65%低下

試験結果 釘間隔と終局耐力Puの関係 (1P)

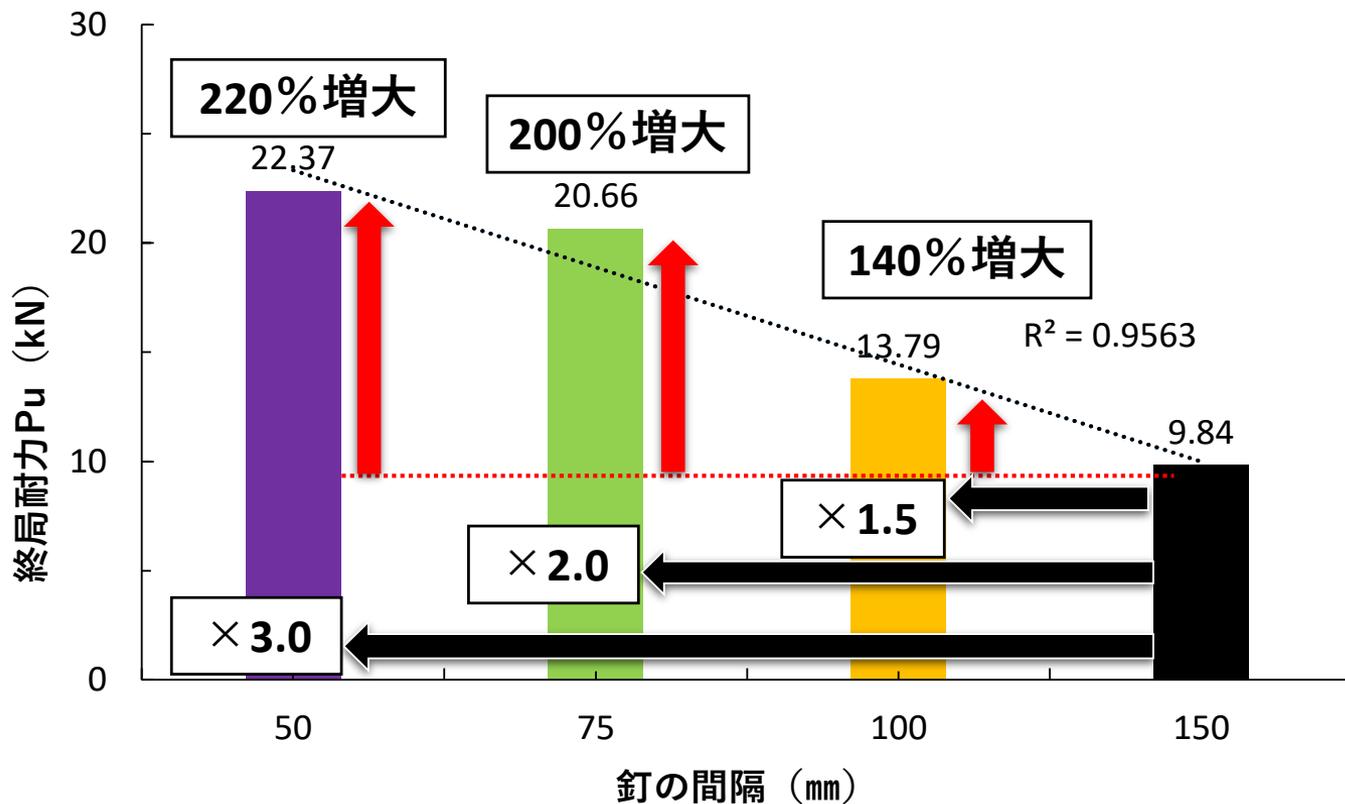
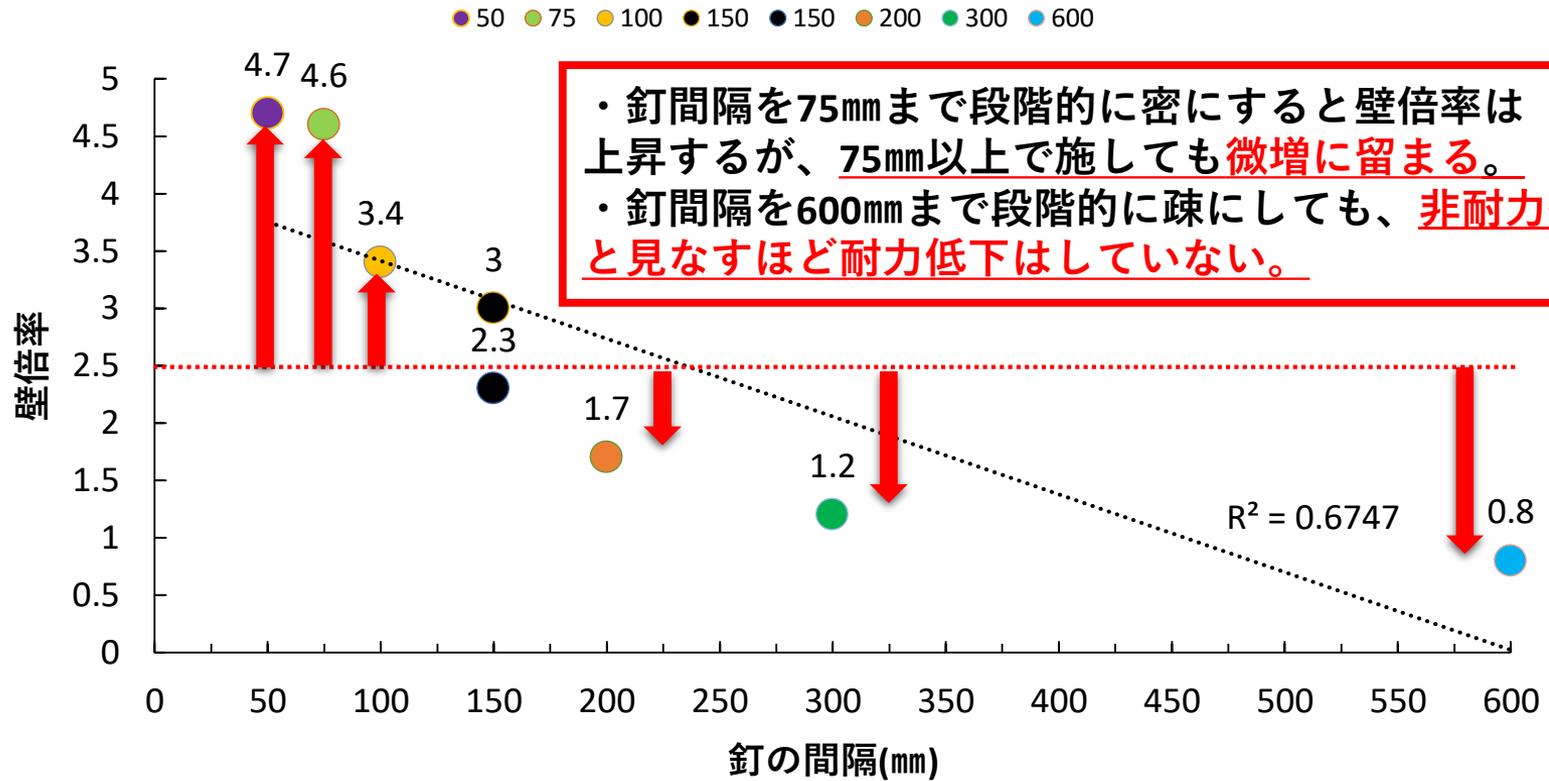


図58 釘間隔と終局耐力Puの関係

- 釘間隔：200mm → 終局耐力20%低下
- 釘間隔：300mm → 終局耐力40%低下
- 釘間隔：600mm → 終局耐力65%低下

試験結果 釘間隔と壁倍率の関係



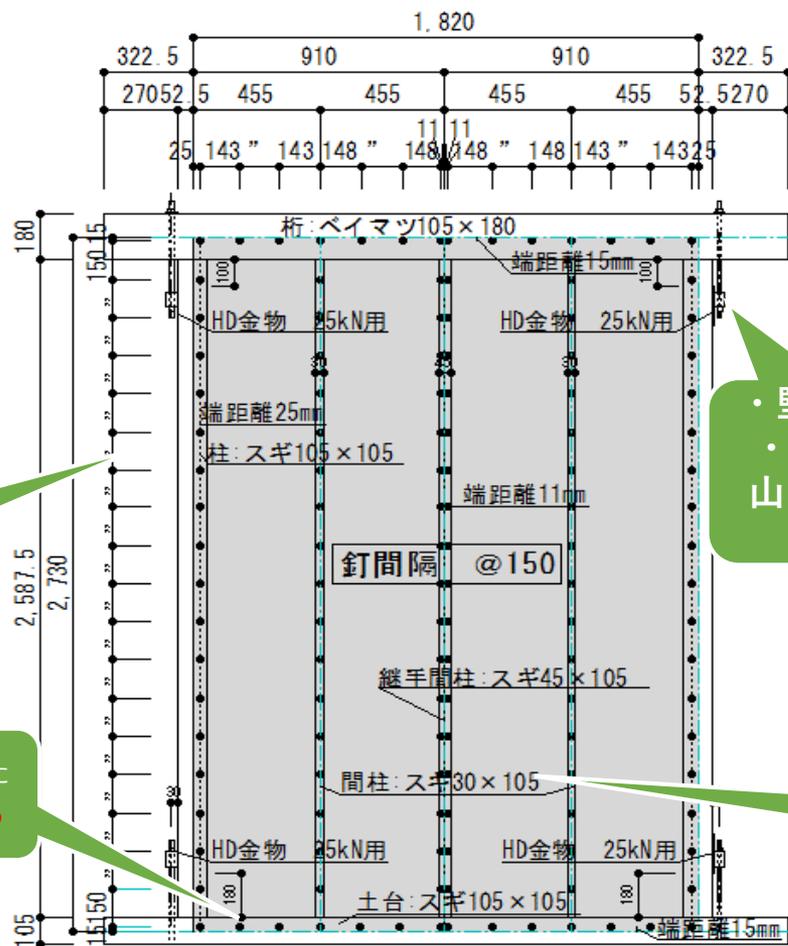
試験体 1P	図59 釘間隔と壁倍率の関係	試験体 2P
釘間隔：150mm：壁倍率 3.0		釘間隔：150mm：壁倍率 2.3
釘間隔：100mm：壁倍率 3.4		釘間隔：200mm：壁倍率 1.7
釘間隔：75mm：壁倍率 4.6		釘間隔：300mm：壁倍率 1.2
釘間隔：50mm：壁倍率 4.7		釘間隔：600mm：壁倍率 0.8

施工精度の検証 ～面材編～

参考：住宅金融支援機構
フラット35対応 木造住宅工事仕様書

耐力壁の施工方法 ～構造用面材編～

面材耐力壁の施工方法は、住宅金融支援機構フラット35対応 木造住宅工事仕様書で示している。施工者は、この規定を参考に施工している。



・反力が無いと耐力は発揮しない
 ・ネジ部分が破断しないため

・堅固に固定
 ・HDのねじ山は3山以上確保

面材種類 壁倍率2.5
 構造用合板
 →7.5mm以上→9.0mmを多用
 パーティクルボード
 →12mm以上
 構造用パネル
 →JASに適合するもの

間隔
 150mm以下

面材端部を欠きとった場合は釘を増し打ち

釘：N50、CN50も可→太いから耐力は大きくなる

図60 面材耐力壁の施工方法

耐力壁の施工方法 ～構造用面材編～

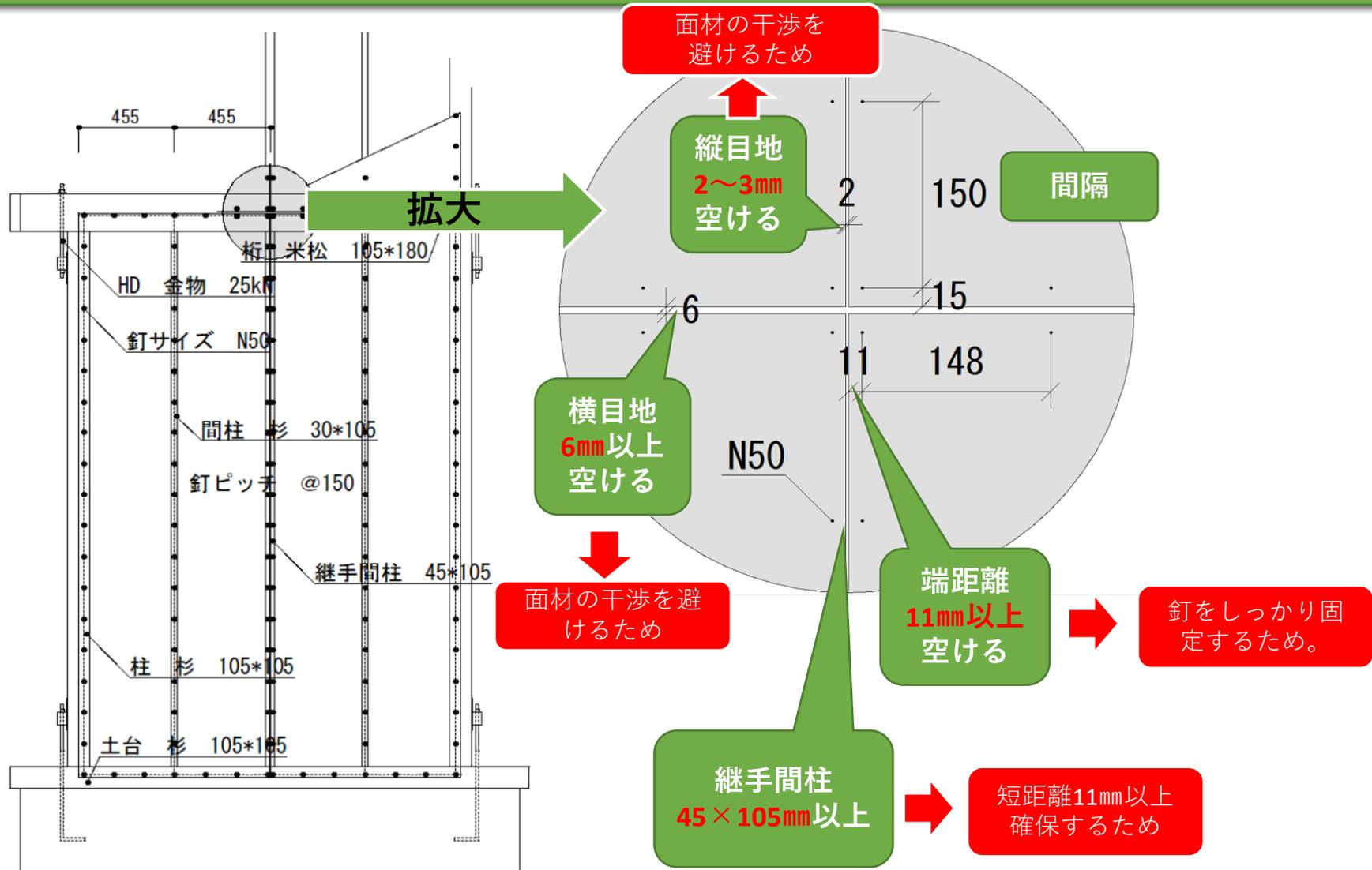


図61 面材耐力壁の施工方法

面材耐力壁を施す施工精度（釘のめり込み）は耐力に影響しないの？

施工方法の変化

近年は面材耐力壁が主流。



材料の変化

多種多様な面材が開発された。



工具の変化

釘打ちはエアー釘打ち機に変化した。



施工精度は？

釘が面材へめり込む場合がある。

生産性を重視して生じる

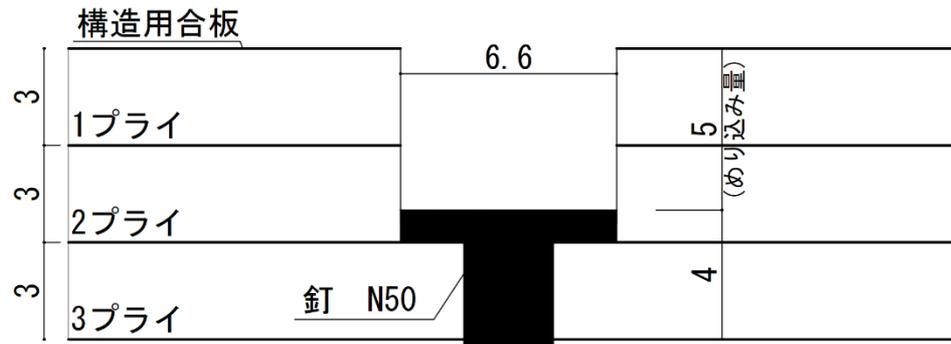


図62 施工不良である釘のめり込み

釘のめり込みに危機感を感じない現場施工者が多数いる。



品質の保証ができるとは言い難い



表18 釘のめり込みの有無による検討

試験体名	試験体概要
K-150 (標準)	釘間隔150mm
K-150-M	釘間隔150mm 初期のめり込み (面材厚の50%程度)

図63 施工不良である釘頭の初期めり込みが有る試験体

試験結果 比較

釘のめり込み量がせん断最大耐力、特定変形角時のせん断耐力、
壁倍率に及ぼす影響

試験結果 K-150-M

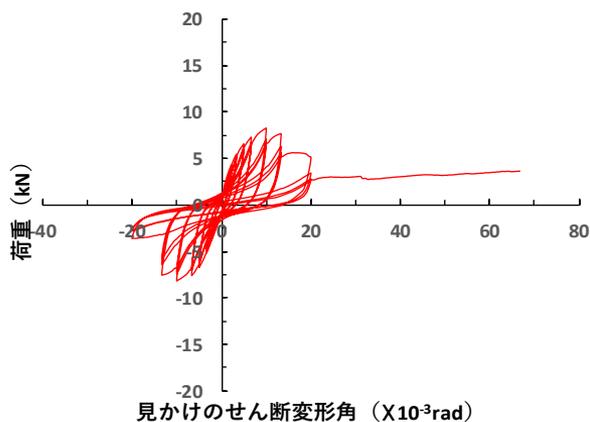
K-150-M		釘のめり込量：平均5mm弱	材種	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t=9					※壁倍率の算出では低減係数αを乗じていない。				
試験体記号	構造評価	単位	試験体			平均値 (kN)	標準偏差 S D	変動係数 CV	ばらつき係数 1-CV・0.471	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率	告示 壁倍率
			No.1	No.2	No.3								
構造用合板	①Py	(kN)	4.70	4.70	4.32	4.57	0.21927984	0.04794284	0.97741892	4.47	3.17	0.8	2.5
静的水平加力断試験	②Pu・0.2/Ds	(kN)	3.42	4.32	4.37	3.42	0.53365789	0.15600945	0.92651955	3.17			
柱脚固定式	③2/3Pmax	(kN)	5.47	6.19	5.56	5.47	0.38747641	0.07079522	0.96665545	5.29			
フレーム	④P120	(kN)	7.66	8.76	7.873	7.66	0.58340066	0.07616197	0.96412771	7.39			
1820*2730	Pmax：最大耐力	(kN)	8.21	9.28	8.35	基準耐力	基準剛性	最終破壊性状写真					
木材断面寸法	Pu：終局耐力	(kN)	7.20	7.83	7.12	(kN/m)	(kN/rad/m)						
柱・土台：杉KD105*105	K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)	1.79	1.92	1.85	(精密診断)	(精密診断)						
梁：米松KD105*180	μ：塑性率	-	3.32	4.30	5.21								
継手間柱：杉 45*105	Ds：構造特性係数	-	0.42	0.36	0.33								
間柱：杉 30*105	δy：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)	2.63	2.45	2.78	(実験値)	(実験値)						
針葉樹構造用合板t=9	δv：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)	4.02	4.09	3.84								
N50@150	δu：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)	13.35	17.57	20.02								

各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係

① 釘パンチングアウトの様子 (引張側)

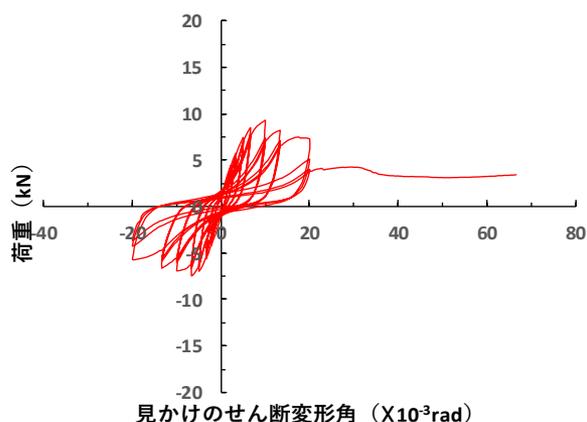
② 継手間柱部の面材の割裂破壊の様子

K-150-M-1



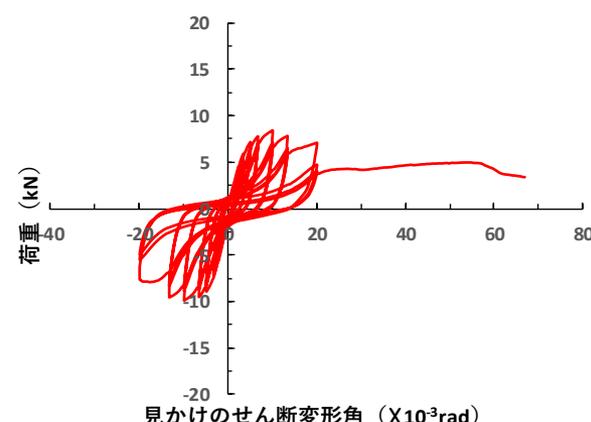
③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-150-M-1

K-150-M-2



④ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-150-M-

K-150-M-3



④ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 K-150-M-

図64 K-150-M (2P)の試験結果

試験結果 K-150-M



① K-150-M 全体写真



② 釘のパンチングシア状況

※ P_{120} は特定変形角 $1/120\text{rad}$ を示す。



③ 面材の割裂破壊の状況

図65 K-600の破壊性状

表19 K-150-Mの試験結果

最大荷重(平均)	8.61 kN
P_{120} の荷重(平均)	7.66 kN

試験結果 釘のめり込みの有無と最大せん断耐力の関係

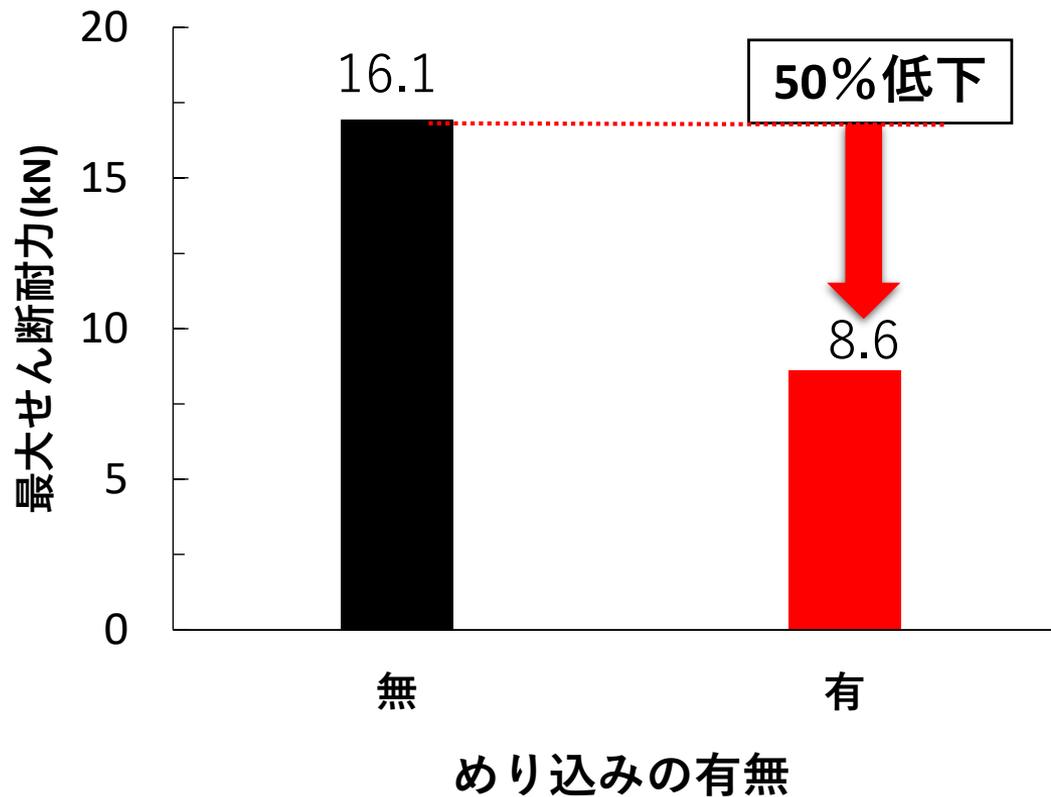


図66 釘のめり込みの有無と最大耐力の関係

釘のめり込み有 \longrightarrow 最大耐力は50%低減する

釘5mm弱のめり込みは、最大せん断耐力の低下に影響を及ぼす。

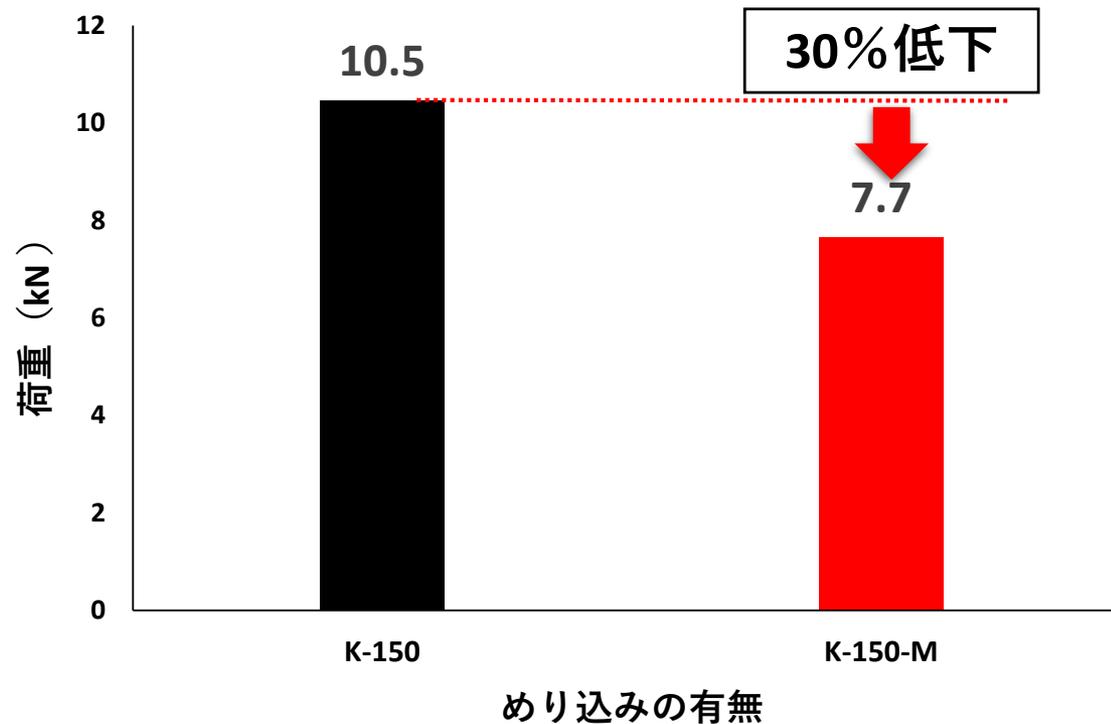


図67 釘のめり込みの有無と最大耐力の関係

釘のめり込み有 → P_{120} で30%低下

釘5mm弱のめり込みは、 P_{120} 時のせん断耐力の低下に影響を及ぼす。

試験結果 釘のめり込みの有無と壁倍率の関係

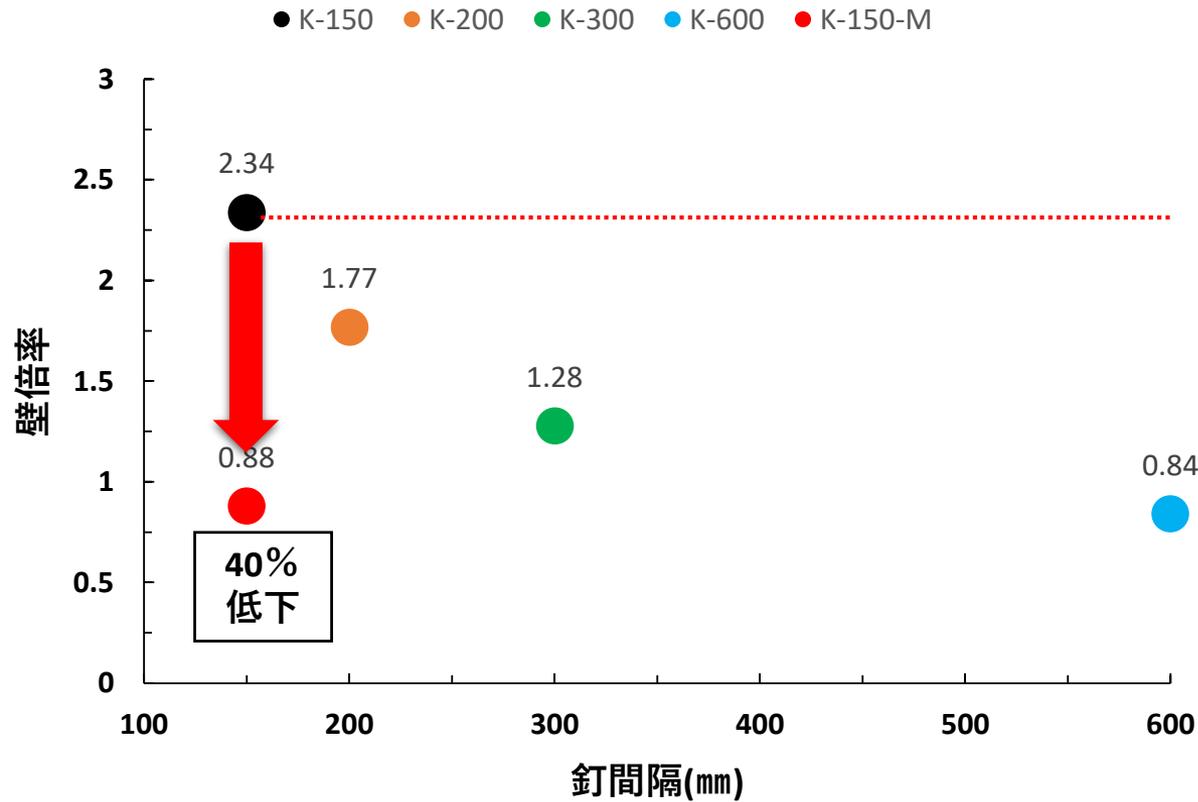


図68 釘間隔と壁倍率の関係

釘のめり込み有 → 壁倍率40%低減

釘間隔150mmでめり込みが5mm弱ある場合、壁倍率は40%低減する

まとめ

- ① 構造用合板耐力壁の釘の間隔を建築基準法で規定した釘の間隔150mmから200mm、300mm、600mmと3段階で変化させた場合の壁倍率は、「1.7」「1.2」「0.8」と低下した。つまり構造用合板の非耐力壁を150mm以上の釘間隔で施しても、耐力はあることがわかった。
- ② 構造用合板耐力壁の釘の間隔を建築基準法で規定した釘の間隔150mmから100mm、75mm、50mmと3段階で変化させた場合、釘の間隔75mmまでの耐力壁の壁倍率は上昇するが、釘の間隔50mmでは著しく上昇しなかった。
- ③ 初期の釘頭めり込みが合板厚の50%程度を有する構造用合板耐力壁の壁倍率は、「0.8」まで低下する施工不良であることがわかった。

参考資料 要素実験

～釘の1面せん断試験～

面材張りの大壁の詳細計算方法とは？

大壁耐力壁の許容せん断耐力および壁倍率の算定

日本住宅木造技術センターの「面材張りの大壁の詳細計算方法」は、釘の要素実験(1面せん断試験)をおこない、データ解析で得られた実験データを(1)～(7)の式に代入すると、釘で施した面材張りの大壁耐力壁の許容せん断耐力および壁倍率を算出できる。

面材張りの大壁の詳細計算方法

面材張りの大壁の許容せん断耐力 Pa [kN]

$$Pa = \frac{1}{H} \times \min \left\{ \begin{array}{l} My \\ K_0/150 \\ 0.2\sqrt{2\mu - 1} \times Mu \end{array} \right\} \dots (1)$$

せん断剛性 K [kN・rad]

$$K = \frac{K_0}{H} \dots (2)$$

回転剛性 K_0 [kN・cm/rad]

$$K_0 = Aw \times \Delta K_0 \dots (3)$$

$$\Delta K_0 = \frac{1}{\left[\frac{1}{Ix \times k} + \frac{1}{GB \times t} \right]} \dots (4)$$

降伏モーメント My

$$My = Aw \times Z_{xy} \times \Delta Pv \dots (5)$$

終局モーメント Mu

$$Mu = C_{xy} \times My \dots (6)$$

釘で決まる面材壁の靱性率 μ

$$\mu = \frac{\delta u \times GB \times t + \delta v \times I_{xy} \times k}{\delta v (GB \times t + I_{xy} \times k)} \dots (7)$$

※ H : 階高[m] Aw : 面材の面積 [cm²]

くぎのせん断耐力を把握するには？（要素実験）

釘のせん断耐力を把握するには、**1面せん断試験（要素実験）**をおこなう。

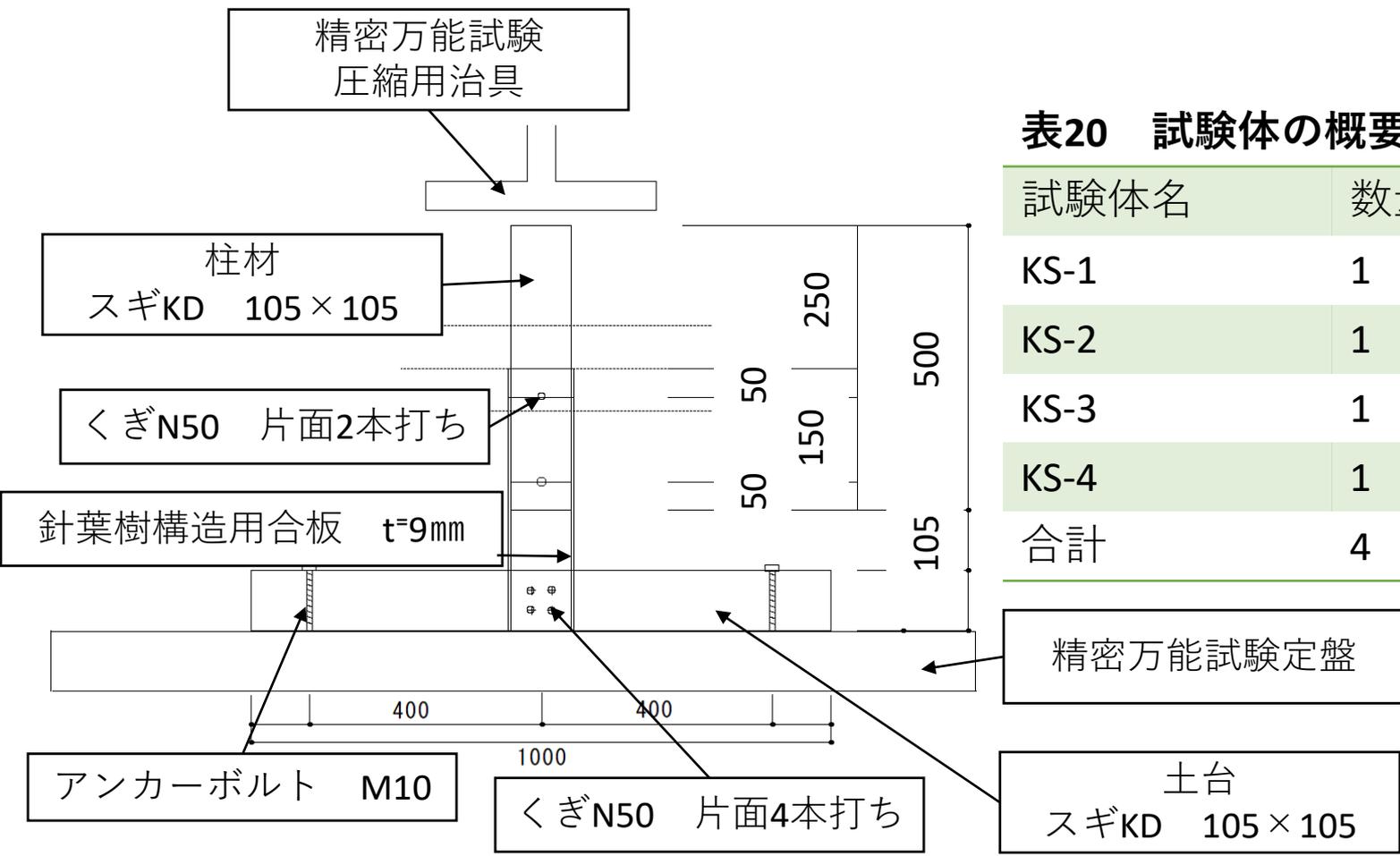


表20 試験体の概要

試験体名	数量
KS-1	1
KS-2	1
KS-3	1
KS-4	1
合計	4

図69 1面せん断試験体の概要

釘のせん断耐力を把握するには？（要素実験）

釘のせん断耐力を把握するには、**1面せん断試験（要素実験）**をおこなう。

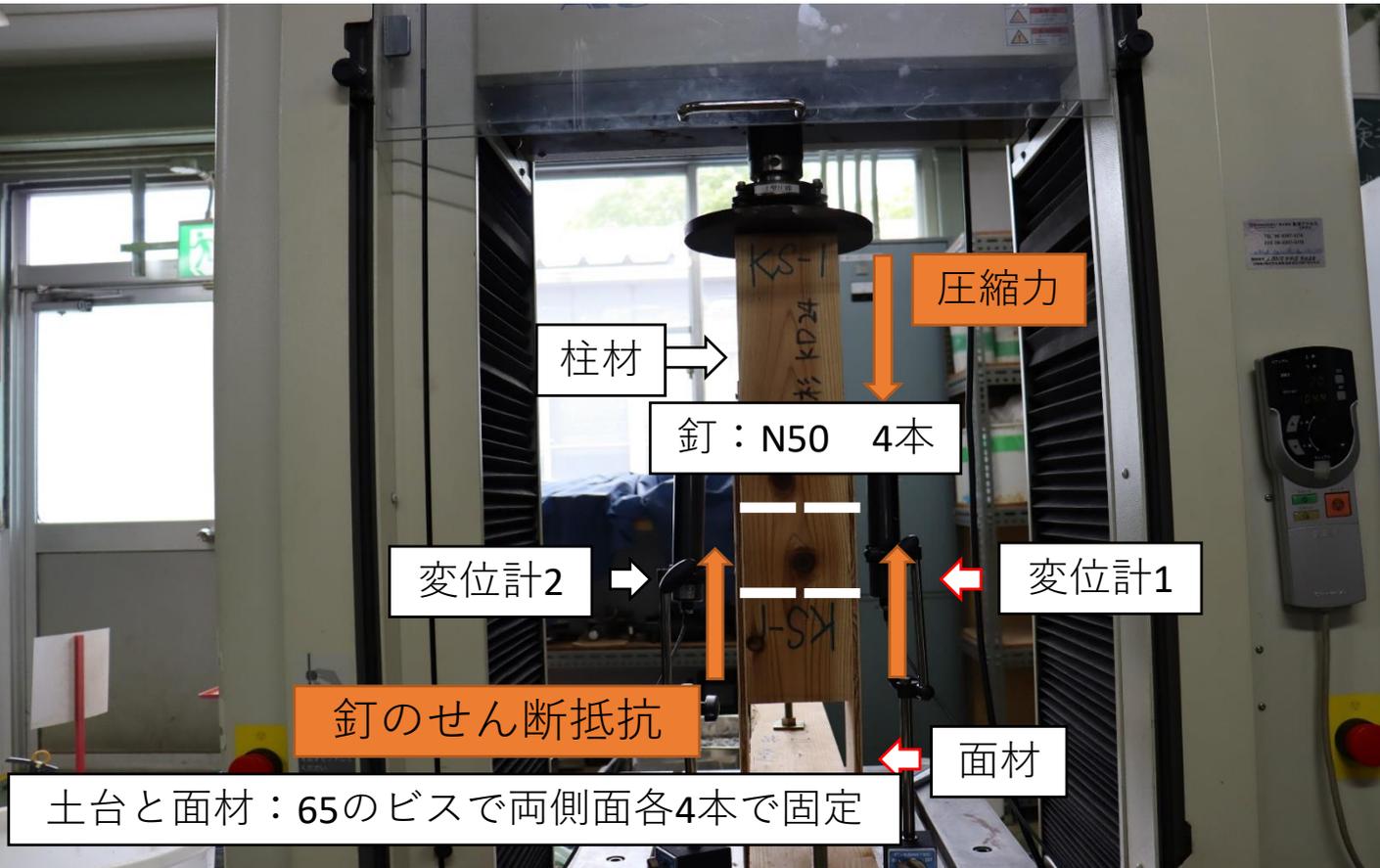


図70 1面せん断試験の様子

試験方法

1面せん断試験

・加力加速度

2mm/min

・変位が**30mm**に達す

もしくは

最大荷重の

80%まで荷重が低下
した場合

評価方法

「完全弾塑性モデルに
よる降伏耐力及び終局
耐力の求め方」

1面せん断試験の結果

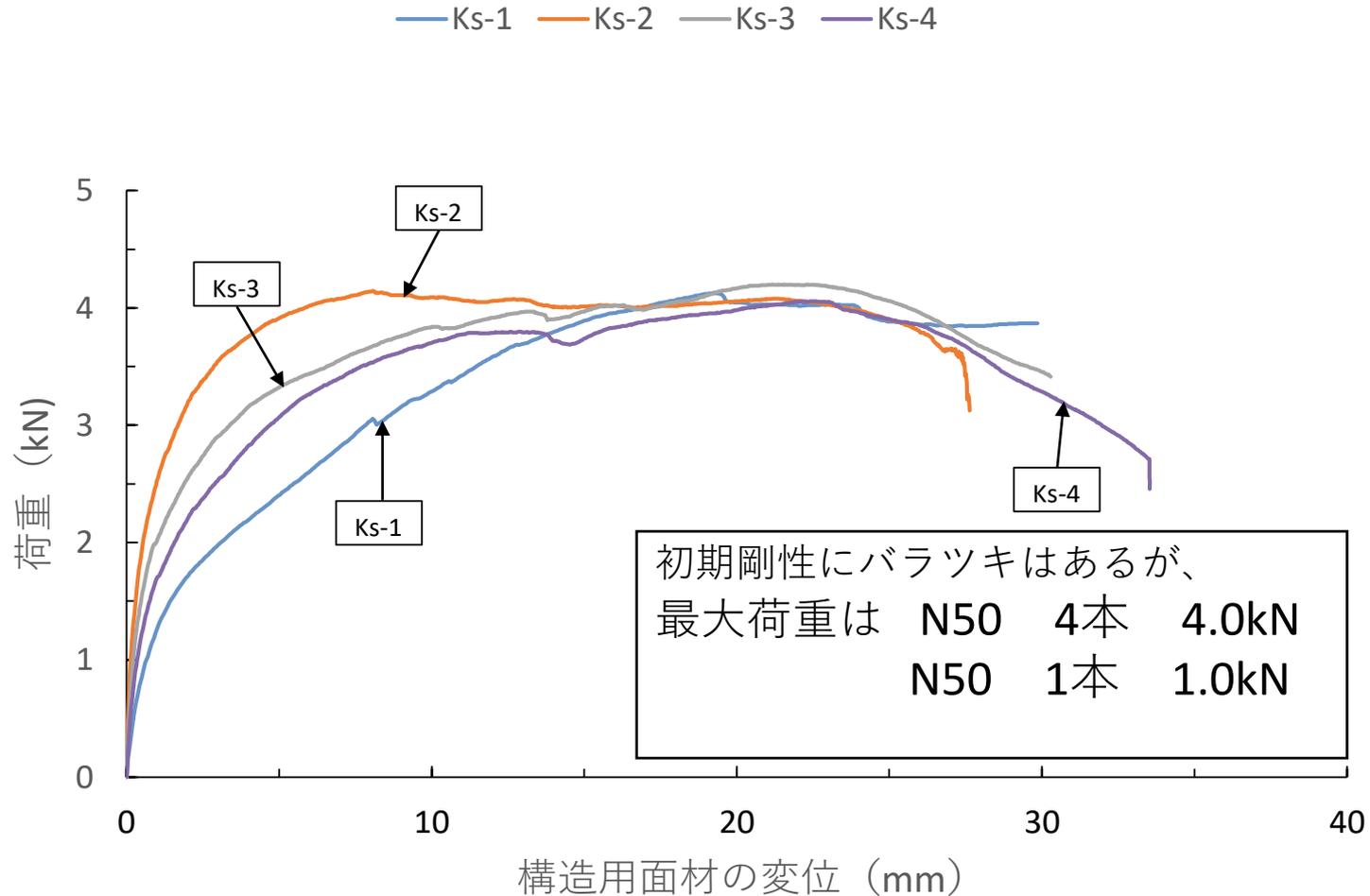
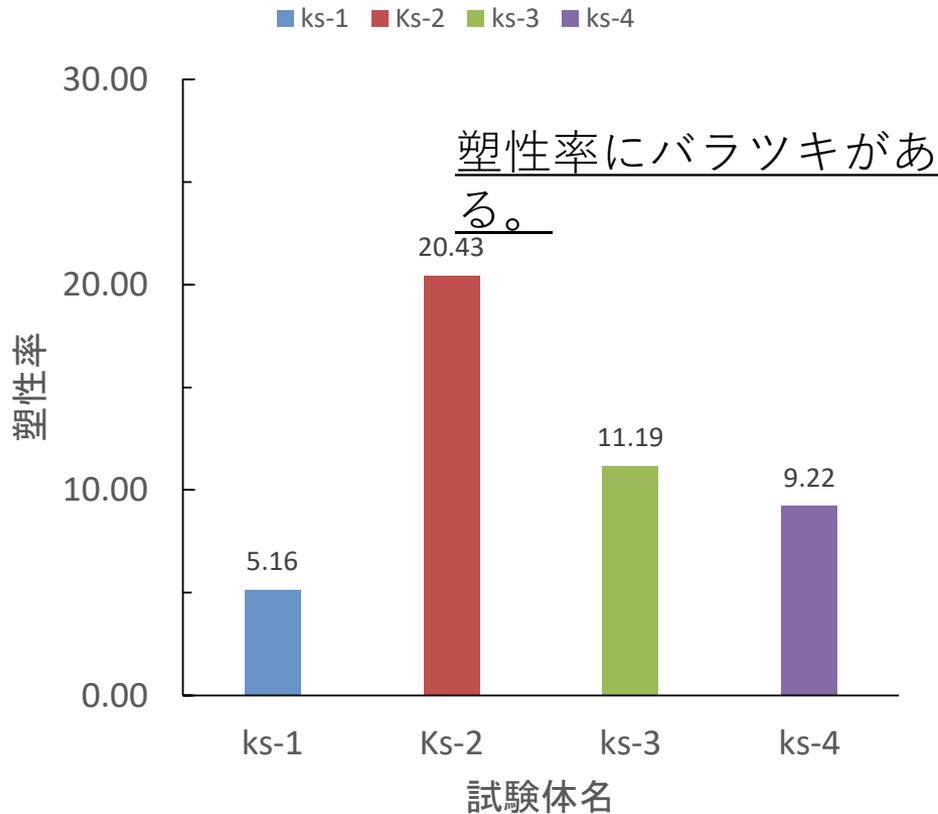


図71 構造用面材の変位と荷重の包絡線の関係

1面せん断試験の結果

試験体毎の塑性率の比較



試験体毎の初期剛性Kの比較

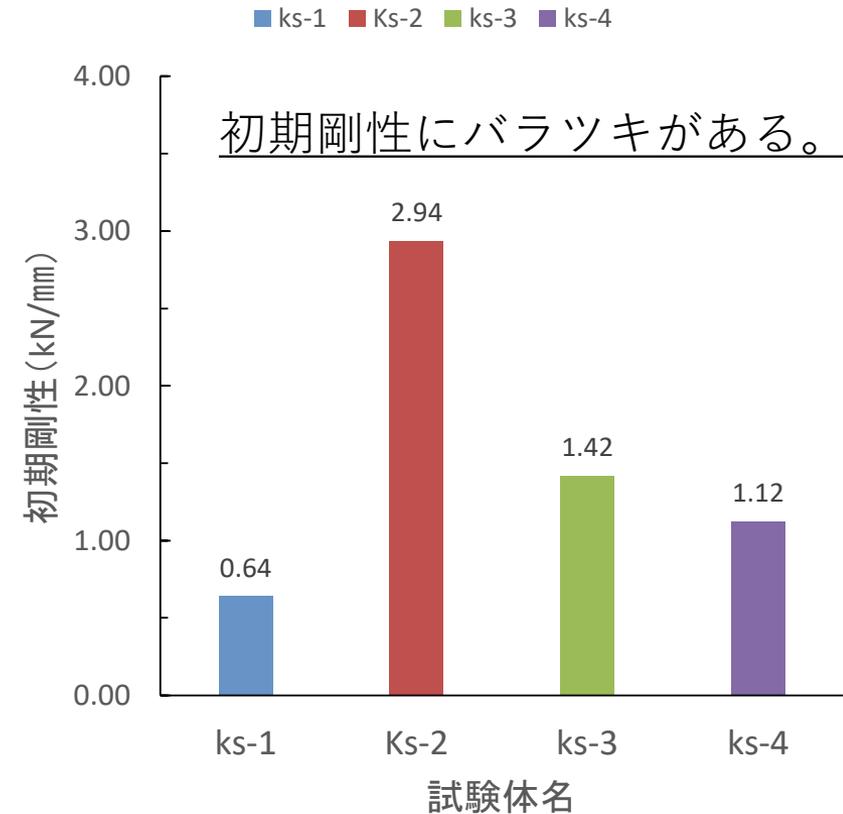
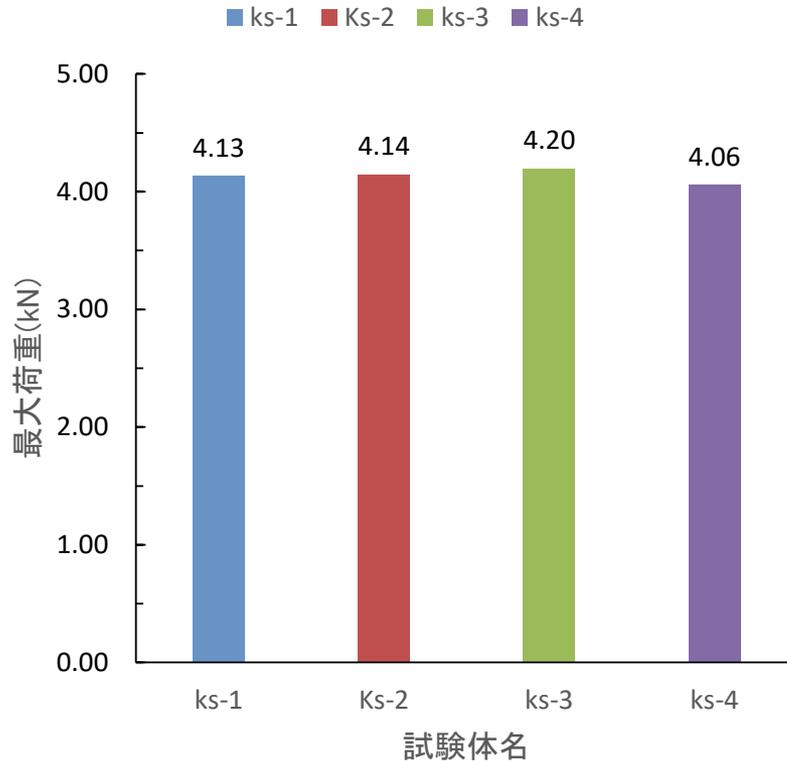


図72 試験体毎の塑性率および初期剛性Kの比較

試験体毎の最大荷重の比較



- 最大荷重はばらつかなかった。

1本で1.0kN程度のせん断力を有する。

しかしながら

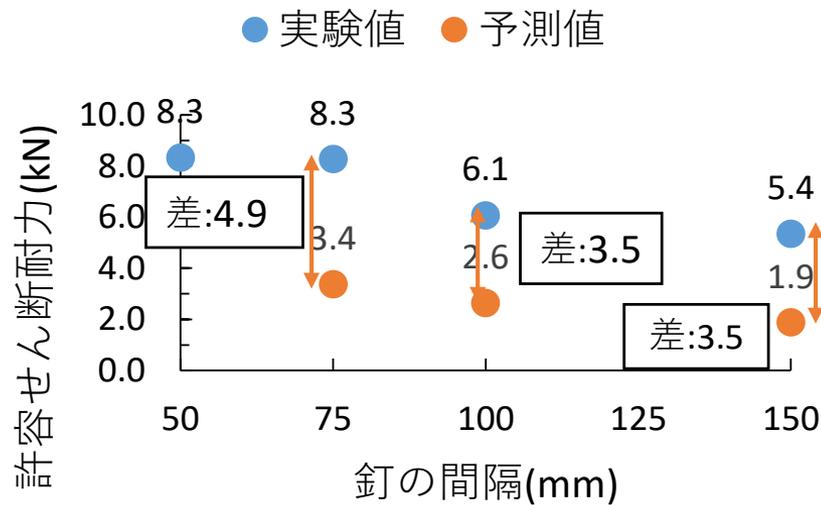
試験体数を増加して検証する必要がある。

図73 試験体毎の最大荷重の比較

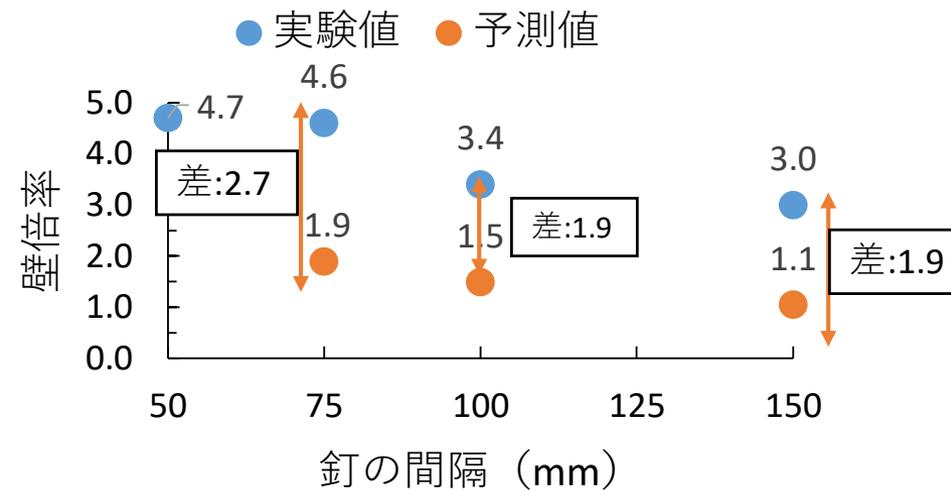
面材張りの大壁の詳細計算方法の検証結果

壁倍率の算定

日本住宅木造技術センターの「面材張りの大壁の詳細計算方法」に一面せん断試験で得た実験値を代入して検証した。



釘の間隔と耐力壁の許容せん断耐力の関係



釘の間隔と耐力壁の壁倍率の関係

図73 面材張りの大壁の詳細計算方法と実験値の比較

試験体数が少なかったこともあり、予測式から得た予測値と実験値で乖離があった。今後は試験体数を増して予測することが重要である。

参考文献

- 1) 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター. 木造軸組構法の許容応力度設計 (2017年). 公益財団法人 日本住宅木材技術センター. 2017.5
- 2) 独立行政法人 住宅金融支援機構. 【フラット35】対応 木造住宅工事仕様書解説付. 井上書院. 2021.5.15

訓練における教材の使用効果

～実習前後の確認テストの正答率の増減で検証～

訓練効果の検証

受講生の木造住宅の耐震性に関する習得度を確認するため、構造実験実習の実習前後で同一の**確認テスト**をおこない、正答率の増減を検証した。

表1 確認テストの構成（設問 25問）

設問分野	設問数	設問項目	設問内容
施工	15	耐力壁の施工方法	耐力壁の詳細な施工方法
構造	6	木質構造計画	在来軸組工法の力の流れ
法規	4	耐力壁に関する建築基準法	建築基準法で整理されている壁倍率に関すること
総合	25		

- どの年度も正答率は上昇
- 施工の分野は大幅に上昇
- 訓練単位を問わず 正答率は大幅に上昇

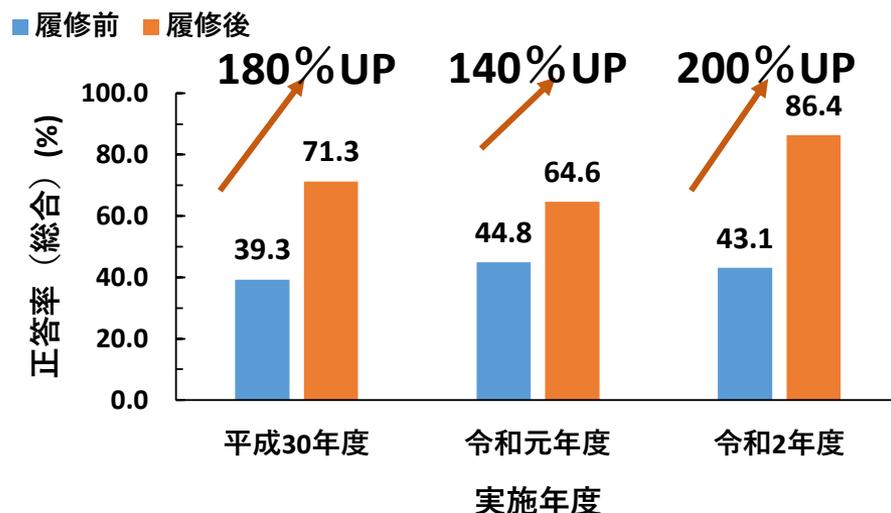


図1 年度毎の正答率の比較

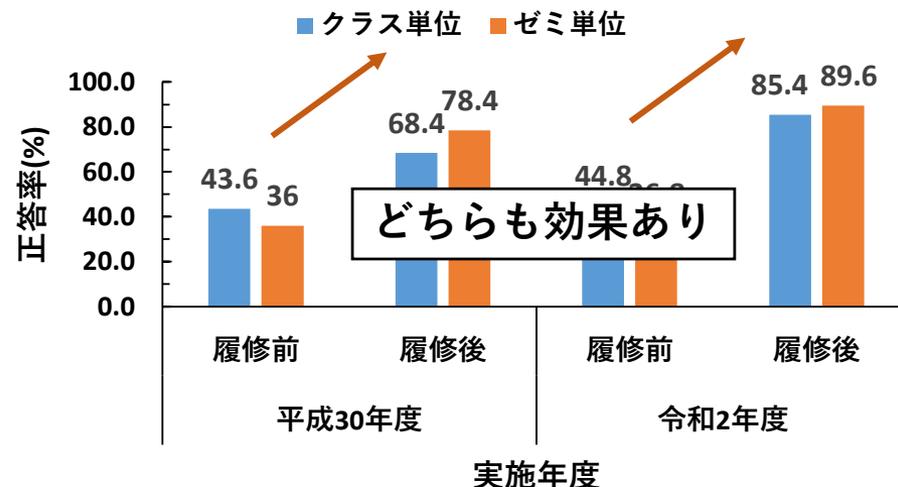


図2 訓練単位による比較

確認テストに使用教材の効果から得られた知見を要約する。

1. 構造実験実習で得たデータを活用し作成した「**木造住宅の耐震性を学ぶ**」教材は、**耐震要素や応力の流れを可視化した有用な教材**であると示唆された。
2. 「**木造住宅の耐震性を学ぶ**」教材は、**クラス単位およびゼミナール単位のどちらの訓練単位でも有用である**と示唆された。

耐震要素を可視化した構造実験実習を得た実験データを活用した教材は
木造住宅の耐震性を可視化して学ぶ有用な教材である。

令和〇年度

〇〇職業能力開発大学校 〇〇課程 〇年生

構造実験実習

テーマ：

木造軸組工法における耐力壁の面内せん断試験実習

1. 背景

耐力壁とは建築物に作用する地震荷重、風荷重の水平荷重等に抵抗する重要な部材である。建築基準法施行令や建設省告示では、耐力壁の仕様別の壁倍率や耐力壁をバランスよく配置すること、構造耐力上必要な軸組等を釣り合い良く配置すること、柱頭・柱脚の補強金物の選定方法、施工方などを規定している。

壁倍率の値は0.5~5.0まで示され、耐力壁の要素を複合させた場合、各耐力壁の倍率を加算し上限を「5.0」としている。これは接合部が耐力壁の損傷より先行破壊を避けるために示している。許容応力度計算では、水平構面の検討、断面算定、アンカーボルトの引抜き評価、偏心率など詳細に評価するため壁倍率の上限を「7.0」までとしている¹⁾。

個々からは、実験内容の背景を作文してください。

2. 試験体概要

試験体の概要は、配布した図面で

本試験で予測される変形角 $1/120\text{rad}$ 時のせん断耐力を予測式から算出せよ。

さらに告示の壁倍率から柱頭・柱脚に左右する引き抜き力を算出せよ。

試験体名	概要	告示 壁倍率	予測短期基準 せん断力 (P_0) 式	柱脚に作用する引抜き力 (kN)
Type 1-1				
Type2-1				
Type3-1				
Type4-1				

3. 予測値

3.1 短期許容せん断耐力の算定

短期許容せん断耐力の算定 P_a は次式により計算する。

$$P_a = P_0 \times \alpha$$

ここで P_0 : 実験により決定された耐力壁の短期基準せん断力

α : 耐力に影響を及ぼす係数で、耐力壁の構成材料の耐久性・使用環境の影響、施工性の影響、壁量計算前提を満たさない場合の影響、等を勘案して定める係数
※本実験では α は検討しない。よって $\alpha = 1.0$ とする。

3.2 壁倍率の算定

壁倍率は、次式により算定する。

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

但し、 P_a : 短期許容せん断力 (kN)

1.96 : 倍率=1 を算定する数値 (kN/m)

L : 試験体の壁の長さ (m)

算出された数値は 0.5~5.0 までの範囲の数値とし、原則として 0.1 毎に端数切り捨てることとする。

4. 試験方法

鉛直構面及び水平構面の剛性とせん断耐力を算定するための試験方法は、(財)日本住宅・技術木造センターで規定されており、仕口の先行破壊を想定しない柱脚固定式 (図 5.1.①) と横架材間距離をタイロッドで一定に保つタイロッド式 (図 5.1.②) に 2 つある。

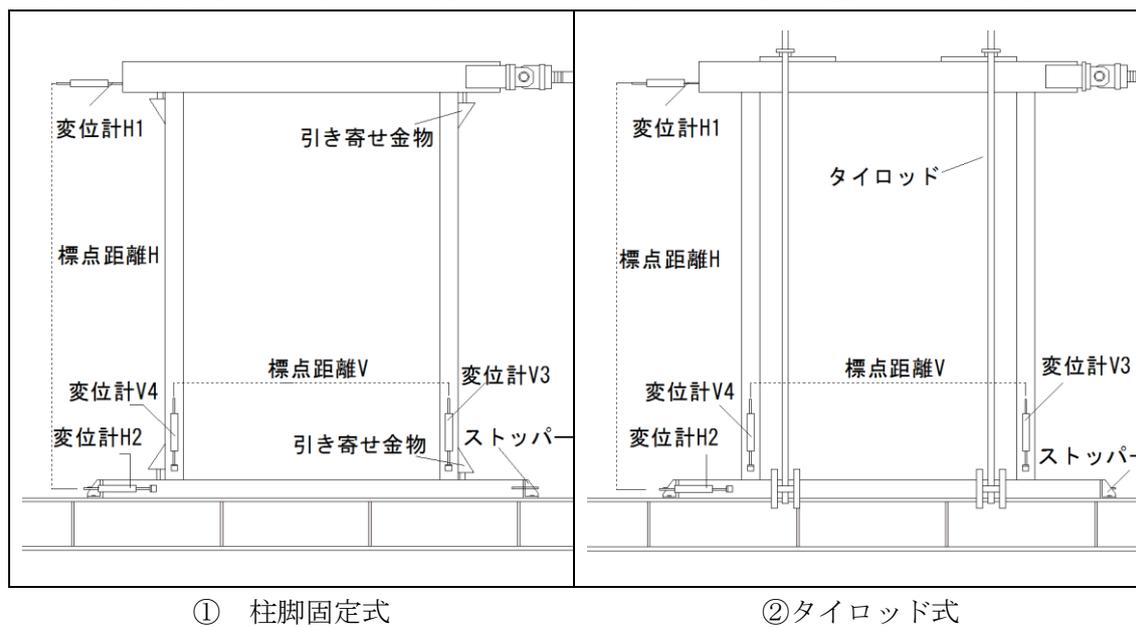


図 5.1 試験体の設置方法

4.1 柱脚固定式

図 5.1①に示す柱脚固定式の試験方法は、面内のせん断耐力によって生じる柱頭柱脚の先行破壊を想定しない試験方法である。壁の短期基準せん断耐力の算定は、柱頭・柱脚を先行破壊してはならないことが前提である。本実験では、柱頭・柱脚にホールダウン金物、土台と剛体を 2 か所のアンカーボルト M16 で堅固に固定する。

実験の制御方法は、見かけのせん断変形角で実施する。

4.2 タイロッド式

図 5.2②に示すタイロッド式の試験方法は、柱脚を固定せずに土台の下部の剛体と桁の上端をタイロッドで挟み、横架材寸法を一定とし、曲げ変形の入りにくい状態で短期基準せん断力を算定する方法である。

実験の制御方法は、真のせん断変形角で実施する。

4.3 加力方法

加力方法は正負交番繰り返し加力し、繰り返し履歴は表 5.1 に示す。繰り返し回数は履歴の同一変形角で 3 回を原則とする。(壁の場合は、1/30rad をおこなうことが望ましい。)

表 5.1 載加プログラム

見かけ・真の せん断変形角	変位	サイクル数	加力速度
(rad)	(mm)	累計 19 サイクル	0.5
±1/450	6.1	3	0.5
±1/300	9.1	3	0.5
±1/200	13.7	3	0.5
±1/150	18.2	3	0.5
±1/100	27.3	3	0.5
±1/75	36.4	3	0.5
±1/50	54.6	3	0.5
±1/30	90.9	3	0.5
引き切り	変位角が 1/15rad まで		

5 評価方法

5.1 変位の測定

変位測定は、図 5.1.①、5.1.②に示すとおり 4 か所で変形量を計測する。

- ①変位計 H1：梁材の水平方向
- ②変位計 H2：土台の水平方向
- ③変位計 V3：右柱脚部の鉛直方向
- ④変位計 V4：左柱脚部の鉛直方向

5.2 制御方法

- ・見かけのせん断変形角

$$\gamma = (\sigma_1 - \sigma_2) / H \text{ (rad)}$$

- ・脚部のせん断変形角

$$\theta = (\sigma_3 - \sigma_4) / V \text{ (rad)}$$

- ・真のせん断変形角

$$\gamma_0 = \gamma - \theta \text{ (rad)}$$

但し、 σ_1 ：梁の水平方向変位 (mm) (変位計 H1)

σ_2 ：土台の水平方向変位 (mm) (変位計 H2)

H：変位計 H1 と H2 の間の標点距離 (mm)

σ_3 ：右柱脚部の鉛直方向変位 (mm) (変位計 V3)

σ_4 ：左柱脚部の鉛直方向変位 (mm) (変位計 V4)

V：変位計 V3 と V4 の間の標点距離 (mm)

5.3 包絡線の作成

短期基準せん断耐力 P_0 は次の (a) ~ (d) に掲げる耐力について、それぞれの耐力の平均値にばらつき係数を乗じて算出した値のうち最も小さい値とする。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、統計処理に基づく信頼水準 75% の 50% の下側許容限界をもとに次式により求める。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k$$

但し、CV：変動係数

k：試験体数に依存する定数 (n=3 の場合、0.471)

(a)降伏耐力 P_y

(b)終局耐力 P_u に $0.2 \cdot \sqrt{2\mu - 1}$ を乗じる

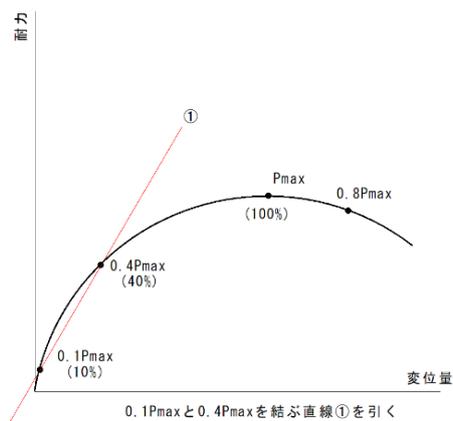
(c)最大耐力 P_{\max} の $2/3$

(d)特定変形時の耐力

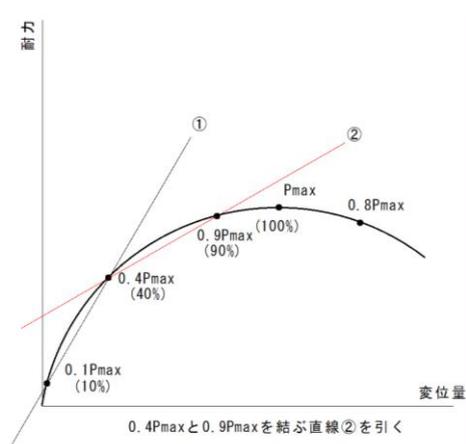
(タイロッド式：真のせん断変形角 $1/150\text{rad}$)

(載荷式又は無載荷式：見かけのせん断変形角 $1/120\text{rad}$)

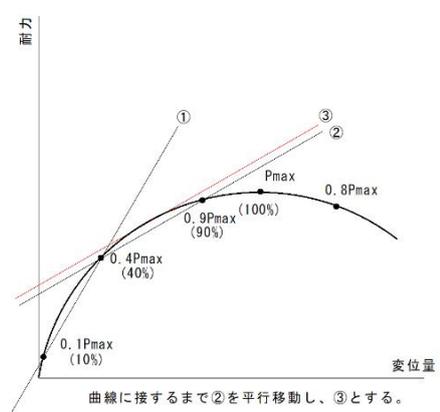
①包絡線上の $0.1P_{\max}$ と $0.4P_{\max}$ を結ぶ第 I 直線を引く。



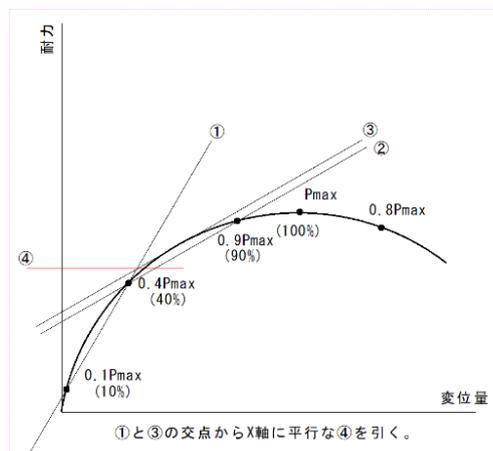
②包絡線上の $0.4P_{\max}$ と $0.9P_{\max}$ を結ぶ第 II 直線を引く。



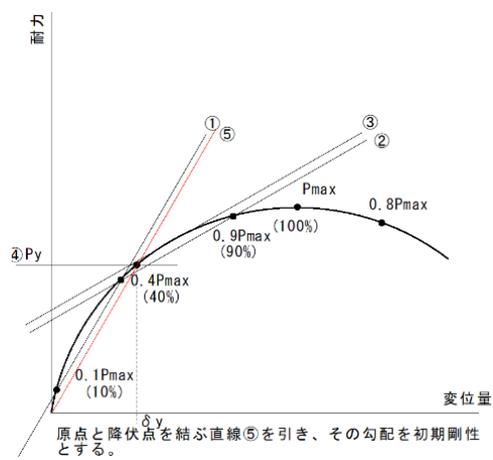
③包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。



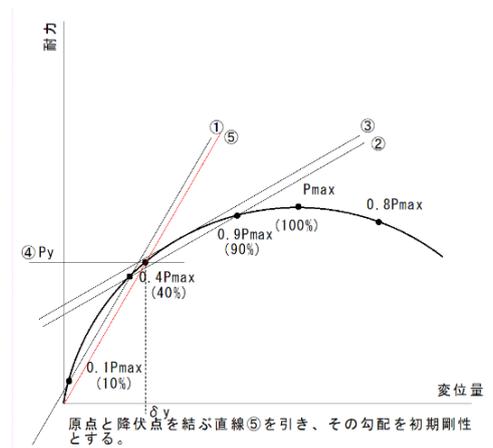
④第Ⅰ直線と第Ⅲ直線の交点の荷重を降伏耐力 P_y とし、この点から X 軸に平行に第Ⅳ直線を引く。



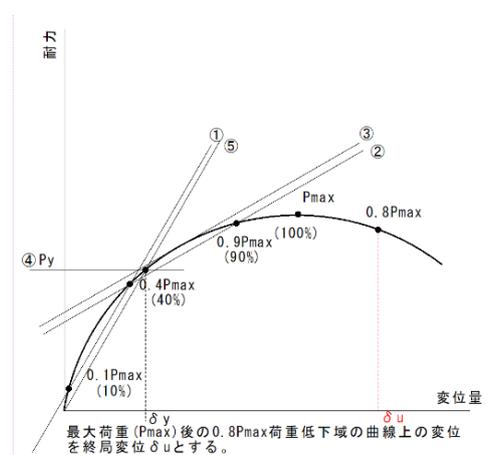
⑤第IV直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δy とする。



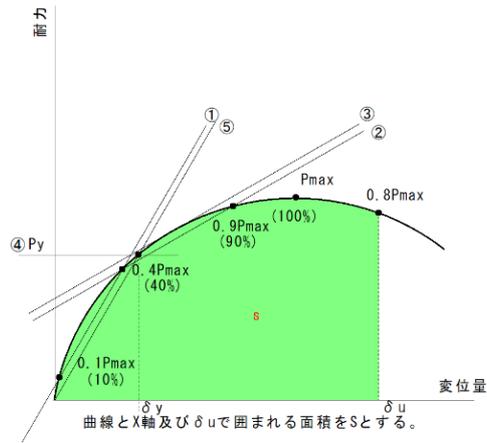
⑥原点と $(\delta y, P_y)$ を結ぶ直線を第V直線とし、それを初期剛性Kと定める。



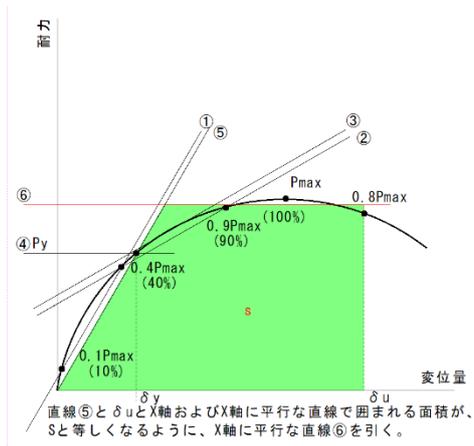
⑦最大荷重後の $0.8 P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位又は $1/15\text{rad}$ のいずれか小さい変位を終局変位 δu と定める。



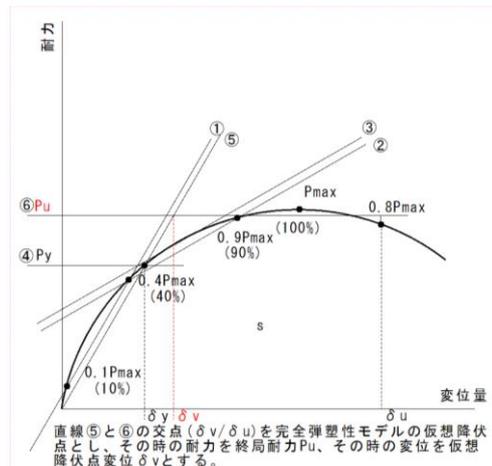
⑧包絡線とX軸及び $X=\delta u$ で囲まれる面積をSとする。



⑨第V直線と $X=\delta u$ とX軸及び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直線と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。



5.4 短期許容せん断耐力の算定

短期許容せん断耐力 P_a は、次式により算定する。

$$P_a = P_0 \times \alpha \cdots (5 \text{ 式})$$

ここで、 P_0 : (2) より求めた短期基準せん断耐力 (kN)

α : 考えられる耐力低減の要因を評価する係数で、耐力壁構成材料の耐久性・使用環境の影響、施工性の影響、壁量計算の前提条件を満たさない場合の影響等を勘案して定める係数。

5.5 壁倍率の算定

倍率は、次式により算定する。

$$\text{倍率} = P_a \times (1/1.96) \times (1/L) \cdots (6 \text{ 式})$$

ここで、 P_a : (5) より求めた短期許容せん断耐力 (kN)

1.96 : 倍率 = 1 を算定する数値 (kN/m)

L : 試験体の壁の長さ (m)

算出された数値は、0.5 から 5.0 までの範囲の数値とし、原則として 0.1 毎に端数を切り捨てることとする。

試験体名 試験体記号	材種	構造評価 単位	柱：スギ、桁：ベイマツ、間柱・継手間柱：スギ、構造用合板 t = 9			※壁倍率の算出では低減係数 α を乗していない。				
			試験体 No.1	No.2	No.3	変動係数 CV	ばらつき係数 $1-CV \cdot 0.471$	Po (kN)	壁倍率	告示 壁倍率
①Py	(kN)									
②Pu・0.2/Ds	(kN)									
③2/3Pmax	(kN)									
④P120	(kN)									
Pmax：最大耐力	(kN)									
Pu：終局耐力	(kN)									
K：初期剛性	(*10 ³ kN/rad)									
μ ：塑性率	-									
Ds：構造特性係数	-									
δy ：降伏変形角	(*10 ⁻³ rad)									
δv ：モデル降伏点変形角	(*10 ⁻³ rad)									
δu ：終局変形角	(*10 ⁻³ rad)									
各試験体の見かけの変形角と荷重曲線の関係										
最終破壊性状写真										

⑤ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 試験体名-3

④ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 試験体名-

③ 見かけのせん断変形角と荷重の関係 試験体名-1

付録-1 実験報告書 (雛形)

試験体名					
	柱1	柱2	土台	桁	パネル
含水率					
ヤング係数					
密度					
圧 or 引	変形角	変位(mm)	荷重(kN)	備考	
圧 or 引	1/450rad				
圧 or 引	1/450rad				
圧 or 引	1/300rad				
圧 or 引	1/300rad				
圧 or 引	1/200rad				
圧 or 引	1/200rad				
圧 or 引	1/150rad				
圧 or 引	1/150rad				
圧 or 引	1/100rad				
圧 or 引	1/100rad				
圧 or 引	1/75rad				
圧 or 引	1/75rad				
圧 or 引	1/50rad				
圧 or 引	1/50rad				
圧 or 引	1/30rad				
圧 or 引	1/15rad				
メモ欄(試験前状況や途中の破壊状況を記録)					

付録-2 メモリアル (雛形)

参考文献

- 1) 公益財団法人 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
(2017年版)、公益財団法人 日本住宅・木材技術センター、2017.5
- 2) 独立行政法人 住宅金融支援機構.【フラット 35】対応 木造住宅工事仕様書 解説付.
井上書院. 2021.5.15

別紙 1

確認テスト

木質構造建築物の耐力壁に関する確認テスト

関東職業能力開発大学校

専門課程 建築 科 年 学生番号 氏名

実施日 平成 30 年 月 日

木質構造の耐力壁に関する確認テスト

問題	問題	解答欄
問題 1	木質構造建築物に作用する鉛直荷重はどれを示すか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。	
	① 積載荷重 ②固定荷重 ③風荷重 ④地震荷重	
問題 2	木質構造建築物に作用する水平荷重はどれを示すか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。	
	① 積載荷重 ②固定荷重 ③風荷重 ④地震荷重	
問題 3	木質構造建築物で鉛直荷重を主に支持する部材はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。	
	① 基礎 ②土台 ③柱 ④耐力壁 ⑤小屋梁	
問題 4	木質構造建築物で水平荷重に抵抗する主な部材はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。	
	① 基礎 ②土台 ③柱 ④耐力壁 ⑤小屋梁	
問題 5	木質構造建築物の耐力壁は建築物に作用するどの荷重に抵抗しているか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。	
	① 積載 ②自重 ③風荷重 ④地震荷重 ⑤土圧	
問題 6	構造用合板を耐力壁として使用する場合、何mm以上の構造用合板を使用しなければならないか、適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 5 mm ②7.5 mm ③9 mm ④12 mm ⑤15 mm	
問題 7	問題 6 で解答した構造用合板を耐力壁として施工する場合の壁倍率はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 1.0 ②1.5 ③2.0 ④2.5 ⑤3.0	
問題 8	構造用合板を骨組に固定する釘の種類はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。	
	① N45 ②N50 ③N65 ④CN50 ⑤CN65	
問題 9	構造用合板を骨組に問題 7 で解答した釘の間隔は何ミリ以下にしなければならないか、適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 100 ②125 ③150 ④175 ⑤200	
問題 10	構造用合板を骨組に固定する場合、汎用ビスを併用した施工方法を採用しても良いか悪いか、適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 良い②悪い	

問題 11	構造用合板の耐力を発揮するため注意すべき施工方法はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 柱を太くする②梁を大きくする③柱頭・柱脚の固定を堅固にする	
問題 12	構造用面材を縦張りする場合、胴差部分以外の縦目地部分は、何ミリ程度空けるとよいか、最も適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 1～2 mm ②2～3 mm ③3～4 mm ④4～5 mm ⑤5～6 mm	
問題 13	1階と2階の上下同位置で構造用面材を使用する場合、胴差で構造用面材相互間は何ミリ以上のあきが必要か、適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 2 mm ②3 mm ③4 mm ④5 mm ⑤6 mm	
問題 14	木質構造建築物に大きな水平力が作用した場合どの部材で壊われると良いか、適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 耐力壁 ②骨組の接合部 ③柱 ④梁 ⑤基礎	
問題 15	筋かい 45×90 を用いた耐力壁の壁倍率はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 1.0 ②1.5 ③2.0 ④2.5 ⑤3.0	
問題 16	筋かい 45×90 を用いた耐力壁を用いた場合、構造骨組と筋かい端部の固定方法を答えなさい。	
	① 釘のみ ②専用ビスのみ ③筋かいプレートとスクリュー釘 ④ 筋かいプレートと専用ビス	
問題 17	筋かい 45×90 をたすき掛けした壁倍率はどれか、解答欄に記入せよ。	
	① 2.0 ②2.5 ③3.0 ④ 3.5 ⑤4.0	
問題 18	筋かい 45×90 と構造用合板を併用した壁倍率はどれか、解答欄に記入せよ。	
	① 2.5 ②3.0 ③ 3.5 ④4.0 ⑤4.5	
問題 19	筋かい 45×90 を用いた耐力壁を用いた場合、その筋かいは上下の横架材に達していないといけないか答えなさい。	
	① 達しなければならない ②達しなくてもよい ③品質性能試験済の金物を使用した場合は達しなくてもよい。	
問題 20	筋かい 45×90 を用いた耐力壁を用いた場合、その筋かいと他の造作材が干渉した場合、どちらを欠きこむか答えなさい	
	① 筋かい ②造作材	

問題 21	筋かい 45×90 をたすき掛けすることによって干渉する筋かいと間柱どちらを欠きとる施工方法が適切か、適当な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 間柱 ②筋かい ③筋かいと間柱	
問題 22	面材を耐力壁として使用する場合、釘で施す注意事項で最も適当な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 釘頭と面材をそろえる程度にする②釘をかなりめり込ませる	
問題 23	面材を耐力壁として使用する場合、釘と面材端部の最低限の端距離はどの程度か、適当な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 3 mm ②5 mm ③7 mm ④10 mm	
問題 24	面材を継ぐ継手間柱で最低限の断面寸法はどれか、適当な番号を解答欄に記入せよ（柱材を 105 mm×105 mmとし大壁とする）。	
	① 27 mm×105 mm ②30 mm×105 ③36 mm×105 mm ④45 mm×105 mm	
問題 25	面材と柱頭・柱脚金物が干渉し面材を欠きとる場合、適切な施工方法はどれか適当な番号を解答欄に記入せよ。	
	① 釘で増し打ちする ②何もしない ③ビスで増し打ちする。	

木質構造の耐力壁に関する確認テスト **解答**

	問題	解答欄
問題 1 構造	木質構造建築物に作用する鉛直荷重はどれを示すか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。 ① 積載荷重 ②固定荷重 ③風荷重 ④地震荷重	1,2
問題 2 構造	木質構造建築物に作用する水平荷重はどれを示すか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。 ① 積載荷重 ②固定荷重 ③風荷重 ④地震荷重	3,4
問題 3 構造	木質構造建築物で鉛直荷重を主に支持する部材はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。 ① 基礎 ②土台 ③柱 ④耐力壁 ⑤小屋梁	1,2,3,5
問題 4 構造	木質構造建築物で水平荷重に抵抗する主な部材はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。 ① 基礎 ②土台 ③柱 ④耐力壁 ⑤小屋梁	4
問題 5 構造	木質構造建築物の耐力壁は建築物に作用するどの荷重に抵抗しているか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。 ① 積載 ②自重 ③風荷重 ④地震荷重 ⑤土圧	3,4
問題 6 施工	構造用合板を耐力壁として使用する場合、何mm以上の構造用合板を使用しなければならないか、適切な番号を解答欄に記入せよ。 ① 5 mm ②7.5 mm ③9 mm ④12 mm ⑤15 mm	2
問題 7 法規	問題 6 で解答した構造用合板を耐力壁として施工する場合の壁倍率はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。 ① 1.0 ②1.5 ③2.0 ④2.5 ⑤3.0	4
問題 8 施工	構造用合板を骨組に固定する釘の種類はどれか、適切な番号を解答欄に記入せよ。なお複数ある場合は複数記入せよ。 ① N45 ②N50 ③N65 ④CN50 ⑤CN65	2,4
問題 9 施工	構造用合板を骨組に問題 7 で解答した釘の間隔は何ミリ以下にしなければならないか、適切な番号を解答欄に記入せよ。 ① 100 ②125 ③150 ④175 ⑤200	3
問題 10 施工	構造用合板を骨組に固定する場合、汎用ビスを併用した施工方法を採用しても良いか悪いか、適切な番号を解答欄に記入せよ。 ① 良い②悪い	2

問題 11 施工	構造用合板の耐力を発揮するため注意すべき施工方法はどれか、適当な番号を解答欄に記入せよ。	3
	① 柱を太くする②梁を大きくする③柱頭・柱脚の固定を堅固にする	
問題 12 施工	構造用面材を縦張りする場合、胴差部分以外の縦目地部分は、何ミリ程度空けるとよいか、最も適当な番号を解答欄に記入せよ。	2
	① 1～2 mm ②2～3 mm ③3～4 mm ④4～5 mm ⑤5～6 mm	
問題 13 施工	1階と2階の上下同位置で構造用面材を使用する場合、胴差で構造用面材相互間は何ミリ以上のあきが必要か、適当な番号を解答欄に記入せよ。	5
	①2 mm ②3 mm ③4 mm ④5 mm ⑤6 mm	
問題 14 構造	木質構造建築物に大きな水平力が作用した場合どの部材で壊われると良いか、適当な番号を解答欄に記入せよ。	1
	① 耐力壁 ②骨組の接合部 ③柱 ④梁 ⑤基礎	
問題 15 法規	筋かい 45×90 を用いた耐力壁の壁倍率はどれか、適当な番号を解答欄に記入せよ。	3
	① 1.0 ②1.5 ③2.0 ④2.5 ⑤3.0	
問題 16 施工	筋かい 45×90 を用いた耐力壁を用いた場合、構造骨組と筋かい端部の固定方法を答えなさい。	3,4
	① 釘のみ ②専用ビスのみ ③筋かいプレートとスクリュー釘 ④ 筋かいプレートと専用ビス	
問題 17 法規	筋かい 45×90 をたすき掛けした壁倍率はどれか、解答欄に記入せよ。	5
	① 2.0 ②2.5 ③3.0 ④ 3.5 ⑤4.0	
問題 18 法規	筋かい 45×90 と構造用合板を併用した壁倍率はどれか、解答欄に記入せよ。	5
	① 2.5 ②3.0 ③ 3.5 ④4.0 ⑤4.5	
問題 19 法規	筋かい 45×90 を用いた耐力壁を用いた場合、その筋かいは上下の横架材に達していないといけないか答えなさい。	3
	① 達しなければならない ②達しなくてもよい ③品質性能試験済の金物を使用した場合は達しなくてもよい。	
問題 20 施工	筋かい 45×90 を用いた耐力壁を用いた場合、その筋かいと他の造作材が干渉した場合、どちらを欠きこむか答えなさい	2
	① 筋かい ②造作材	

問題 21 施工	筋かい 45×90 をたすき掛けすることによって干渉する筋かいと間柱 どちらを欠きとる施工方法が適切か、適当な番号を解答欄に記入せよ。	1
	① 間柱 ②筋かい ③筋かいと間柱	
問題 22 施工	面材を耐力壁として使用する場合、釘で施す注意事項で最も適当な番 号を解答欄に記入せよ。	1
	① 釘頭と面材をそろえる程度にする②釘をかなりめり込ませる	
問題 23 施工	面材を耐力壁として使用する場合、釘と面材端部の最低限の端距離は どの程度か、適当な番号を解答欄に記入せよ。	4
	① 3 mm ②5 mm ③7 mm ④10 mm	
問題 24 施工	面材を継ぐ継手間柱で最低限の断面寸法はどれか、適当な番号を解答 欄に記入せよ（柱材を 105 mm×105 mmとし大壁とする）。	4
	① 27 mm×105 mm ②30 mm×105 ③36 mm×105 mm ④45 mm×105 mm	
問題 25 施工	面材と柱頭・柱脚金物が干渉し面材を欠きとる場合、適切な施工方法 はどれか適当な番号を解答欄に記入せよ。	1
	① 釘で増し打ちする ②何もしない ③ビスで増し打ちする。	