

(S41)

# 木造軸組工法における高階高・高耐力壁等の 設計基準の整備に関する検討

事業主体 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター  
技術指導 国立研究開発法人 建築研究所

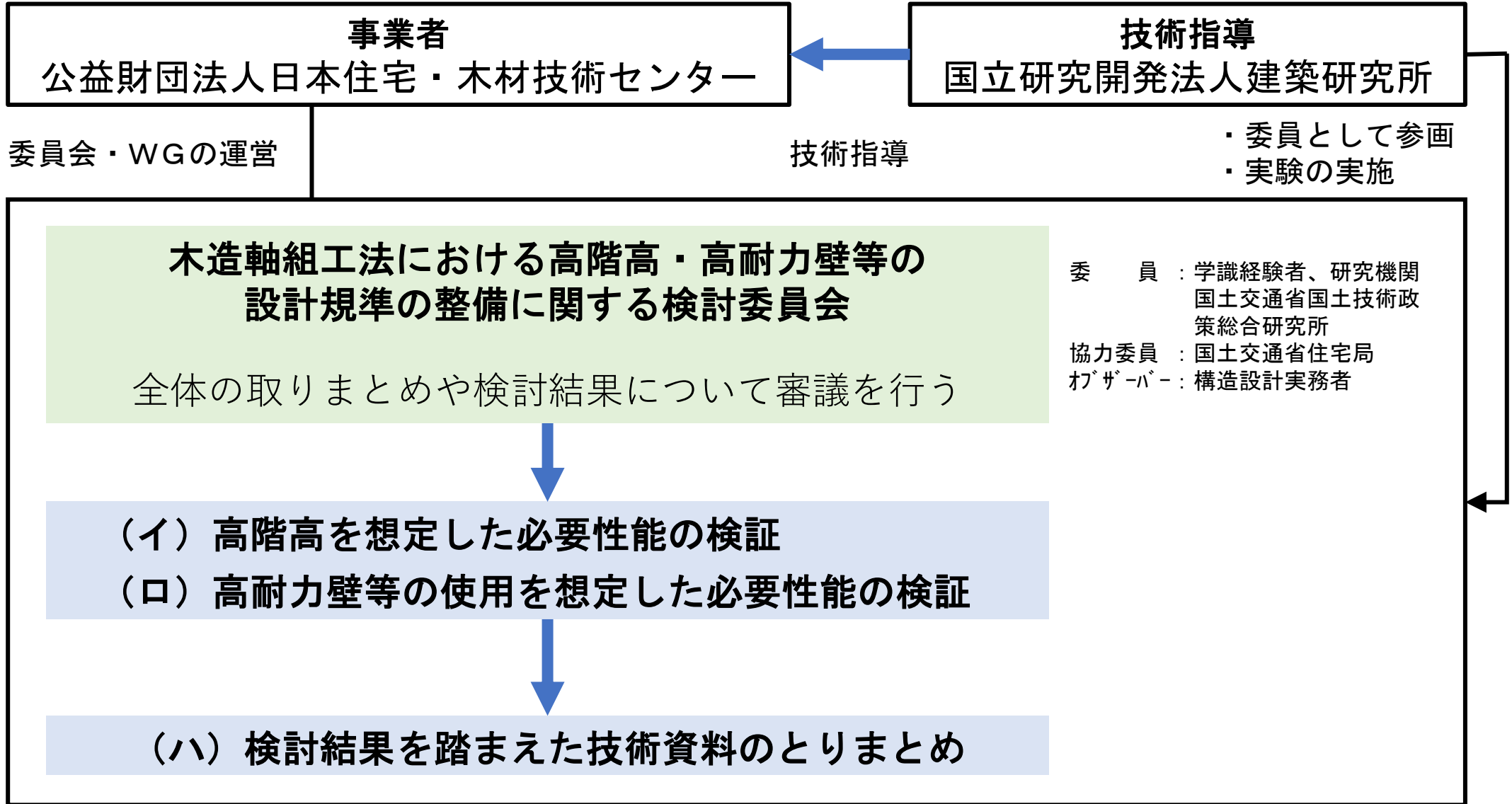
# 事業の目的

木造軸組工法の仕様規定では、一定の壁高さや壁幅を想定し、壁倍率や仕口部（柱頭柱脚接合部）の規定が定められている。

また、地震や風圧力に耐えるためにバランスよく耐力壁を設ける基準があり耐力壁の強さには上限（壁倍率の上限5倍）が定められている。

一方、令和4年6月に公布された改正建築基準法による高さ規定の緩和により今後は階高の高い木造建築物が想定され、仕様規定で設計できる壁高さや壁幅と壁倍率の関係、仕口（柱頭柱脚接合部）に関する規定を整備する必要がある。また、住宅の省エネ化等に伴う建築物の重量化により、5倍を超える高耐力壁や準耐力壁等について仕様規定へ追加することが求められていることから、高耐力壁等を配置する場合に構造安全性の確保のために必要となる周囲の構造部材における必要性能の検証が必要である。

本事業では、階高の高い場合や高耐力壁等を使用した場合の木造建築物において接合部や構造部材等に必要となる性能について検討し、設計基準の整備に資する技術的資料をまとめる。



【令和5年度】

## 【検討委員会】

委員長  
委員

河合 直人	工学院大学
五十田 博	京都大学
稲山 正弘	東京大学大学院
青木 謙治	東京大学大学院
大橋 好光	東京都市大学
中島 史郎	宇都宮大学
中川 貴文	京都大学
逢坂 達男	一般社団法人 日本木造住宅産業協会
坂口 晴一	一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会
槌本 敬大	国立研究開発法人 建築研究所
山崎 義弘	国立研究開発法人 建築研究所
中島 昌一	国立研究開発法人 建築研究所
貞広 修	一般社団法人 日本建築構造技術者協会

協力委員

荒木 康弘	国土交通省 国土技術政策総合研究所
秋山 信彦	国土交通省 国土技術政策総合研究所
岡野 大志	国土交通省 住宅局参事官（建築企画担当）付
杉原 伸一	国土交通省 住宅局参事官（建築企画担当）付
甲斐 菜月	国土交通省 住宅局参事官（建築企画担当）付
高梨 潤	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室
福島 純	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室

オブザーバー

山崎 渉	株式会社 ドット・コーポレーション
平野 陽子	株式会社 ドット・コーポレーション
安曇 良治	銘建工業 株式会社
河尻 出	株式会社 日本システム設計
桜井 郁子	株式会社 日本システム設計

【令和5年度】

## 【検討WG】

主査 委員	五十田 博	京都大学
	河合 直人	工学院大学
	青木 謙治	東京大学大学院
	山崎 義弘	国立研究開発法人 建築研究所
	中島 昌一	国立研究開発法人 建築研究所

協力委員	荒木 康弘	国土交通省	国土技術政策総合研究所
	秋山 信彦	国土交通省	国土技術政策総合研究所
	岡野 大志	国土交通省	住宅局参事官（建築企画担当）付
	杉原 伸一	国土交通省	住宅局参事官（建築企画担当）付
	甲斐 菜月	国土交通省	住宅局参事官（建築企画担当）付

オブザーバー	山崎 涉	株式会社	ドット・コーポレーション
	平野 陽子	株式会社	ドット・コーポレーション
	安曇 良治	銘建工業	株式会社
	河尻 出	株式会社	日本システム設計
	桜井 郁子	株式会社	日本システム設計

# 本成果報告資料の構成

## 木造軸組工法における高階高・高耐力等の設計基準の整備に関する検討

高階高・高耐力壁を想定した周辺部材の構造安全性を検証する。

- ・ 実施概要
- ・ 耐力壁に関する検討
- ・ 柱の小径の検討
- ・ 床組の検討
- ・ 基礎の構造の検討
- ・ まとめ

# 実施概要

## 実施概要

木造軸組工法の階高の高い場合や高耐力壁等を使用した場合の木造建築物において高階高を想定した必要性能の検証、高耐力壁等の使用を想定した必要性能の検証を行い設計基準の整備に向けた検討を実施する。

学識経験者、研究機関、構造設計実務者等により構成される検討委員会の設置及び検討WG（高階高・高耐力 耐力壁等の設計基準検討WG）を開催し、前述の検証を行い検討結果の取りまとめを行う。以下に本事業の検討項目を示す。

検討項目	検討概要
耐力壁に関する検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅の省エネ化等に伴う建築物の重量化による必要壁量の検討</li> <li>必要壁量の増加に伴う準耐力壁の必要性能の検討</li> <li>枠組壁工法における準耐力壁の性能評価方法の検討</li> <li>高階高、高耐力壁の木造軸組工法における引張接合部の必要性能の検討</li> <li>高階高、高耐力壁の既往の解析や実験的検討情報の収集</li> </ul>
柱の小径の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>階高の高い耐力壁を用いる場合の柱の必要小径及び柱頭柱脚接合部の必要性能の検討</li> <li>めり込み補強仕様の整備（既往文献の収集）</li> </ul>
床組の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>平28国交省告示691号関係の高階高、建築物の重量化への対応床開口の影響に関する検討</li> <li>火打ち梁のみで構成された場合の検討</li> </ul>
基礎の構造の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅モデルプランを用いて壁倍率及び階高をパラメータとして長期及び水平短期荷重時における必要性能の比較検討</li> </ul>

# 耐力壁に関する検討

## 住宅の省エネ化等に伴う建築物の重量化による必要壁量の検討

- 令和7年4月に改正予定の建築基準法（以下「改正法」と記載）では、重量化するZEH水準等の木造建築物の仕様の実況に応じた必要壁量を算定できるように改正予定である。



- 木造建築物の「屋根・外壁仕様」「太陽光発電設備(PV)の有無」「外壁開口率」をパラメータとして2階建て木造軸組工法住宅の必要壁量を計算し、現行建築基準法や品確法の必要壁量と比較した。

表 各部の仮定荷重 (kN/m<sup>2</sup>)  
(仮定条件：総2階建て高さ8m、各階階高は2.8m)

部位	仕様	部位	床	備考
屋根	瓦屋根 /葺土無	0.99	1.30	瓦ぶき、天井：令第84条+小屋組： 耐震診断法の参考資料
	スレート 葺き	0.74	1.00	スレート、天井：令第84条+小屋 組：耐震診断法の参考資料
外壁	土塗壁	1.00	1.16	開口率9%
		1.00	0.77	開口率40%
	サイディ ング	0.6	0.70	開口率9%
		0.6	0.46	開口率40%
	モルタル	0.89	1.03	開口率9%
		0.89	0.68	開口率40%
内壁	ボード	0.35	0.20	外壁開口率40%として内壁の存在 割合:70%、開口率60%程度

部位	仕様	部位	床	備考
床	-	0.61	0.61	令第84条
積載	-	0.60	0.60	令第85条
PV設備	-	0.2	0.26	屋根全面設置の想定。 ZEH150棟調査より想定.以下同じ
天井 断熱	-	0.10	0.10	-
外壁 断熱	-	0.07	0.08	開口率9%
	-	0.07	0.05	開口率40%
高断熱	-	0.4	0.05	開口率9%
	-	0.4	0.21	開口率40%



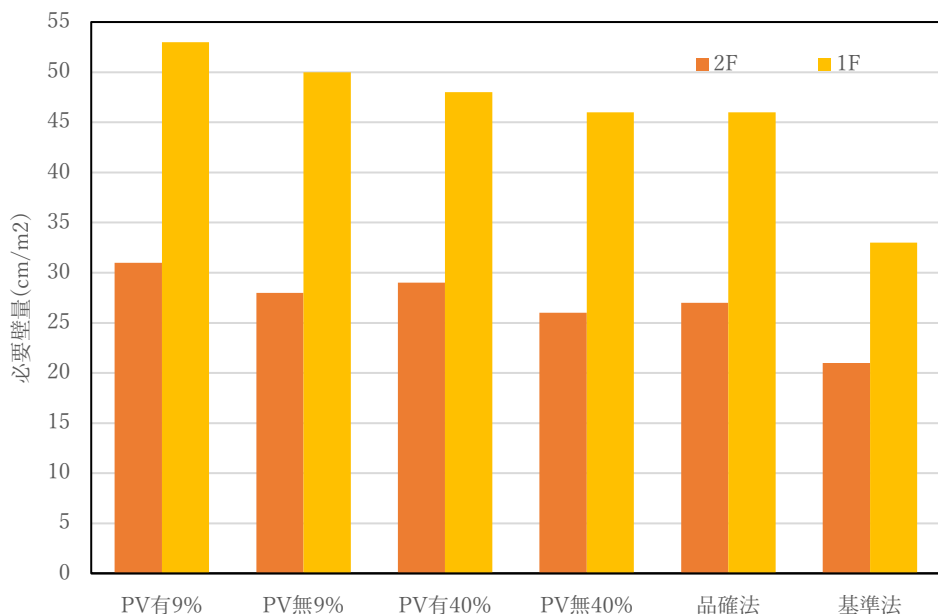
# 耐力壁に関する検討

## 必要壁量の増加に伴う準耐力壁の必要性能の検討

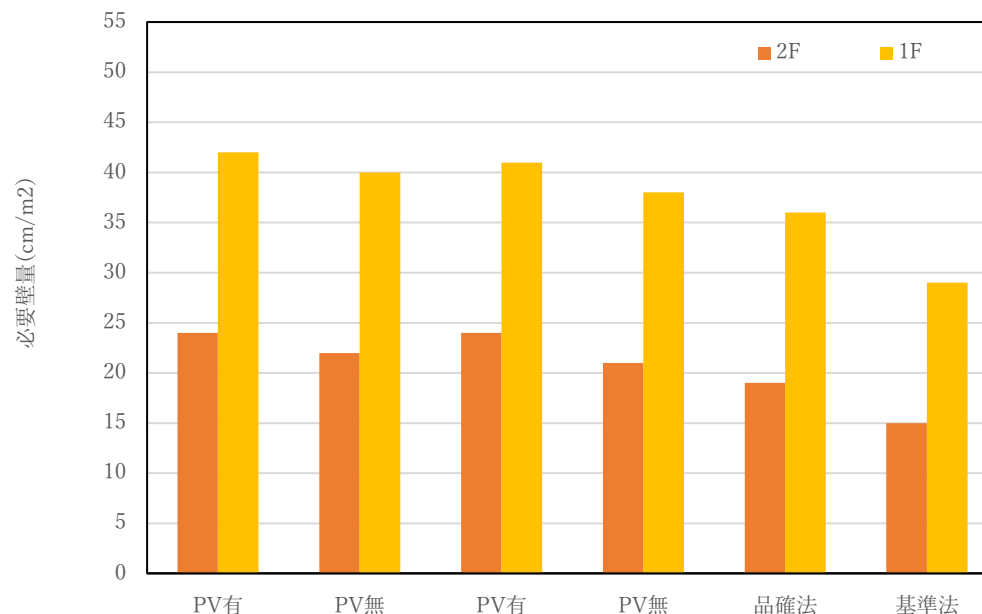
### <検討結果>

- ・ PVの有無で必要壁量は2~3cm/m<sup>2</sup>程度変動する。
- ・ 開口率の影響（9% or 40%）は、瓦屋根+土壁の仕様で4~5cm/m<sup>2</sup>、スレート葺+サイディングの仕様で1~2cm/m<sup>2</sup>程度変動する。外壁が軽いと建物全体の重量に対する寄与度が小さくなるため変動が小さいと考えられる。
- ・ 瓦屋根+土壁（開口率9%）+PV無が品確法重い屋根の等級1相当、スレート葺き+サイディング（開口率9%）+PV無しが品確法軽い屋根の等級1相当を若干上回る程度

### 必要壁量の試算結果



瓦屋根（葺土無）+外壁土壁  
（現行法：重い屋根の仕様）



スレート葺+外壁サイディング  
（現行法：軽い屋根の仕様）

# 耐力壁に関する検討

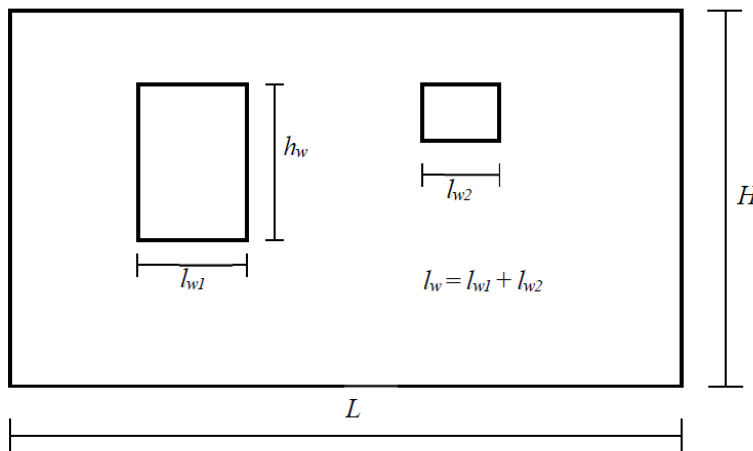
## 枠組壁工法における準耐力壁の性能評価方法の検討

- ・ 枠組壁工法の準耐力壁は「厚さ12mm以上の石膏ボード両面全面打ち」仕様のみ規定されており、倍率は1.0であるが、軸組工法と同様に石膏ボードや他の面材による腰壁・垂れ壁を準耐力壁として評価したいという要望がある。

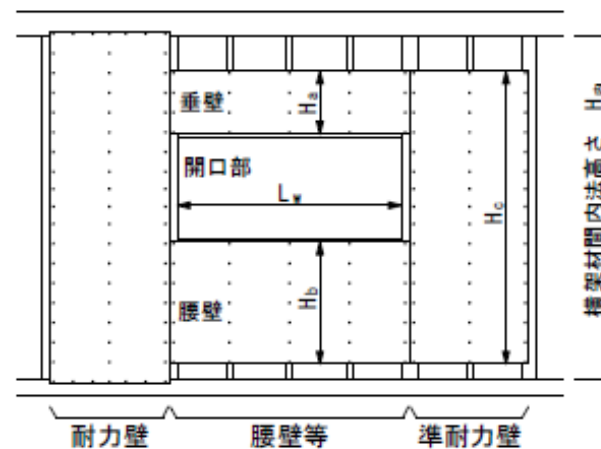


- ・ 枠組壁工法の腰壁・垂壁の性能評価法である枠組壁工法建築物構造計算指針の方法（以下「杉山式」を記載）と品確法における軸組工法準耐力壁の評価方法（「品確法による方法」と記載）で腰壁・垂れ壁の性能を比較し、品確法による方法が枠組壁工法にも適用できるか確認した。

枠組壁工法



軸組工法



面材張り準耐力壁・腰壁等の成立条件

- 昭56建告1100号別表第1のうち、  
(1) 構造用合板、(2) パーティクルボードまたは構造用パネル、(9) せっこうボードを、同表(ろ)欄に定めるくぎ打ち方法で柱及び間柱の片面に打ったもの。
- 面材の高さ(左図の $H_a$ 、 $H_b$ 、 $H_c$ )が36cm以上であること。
- 準耐力壁は $H_c \geq 0.8H_{R1}$ であること。
- 腰壁等は、左図の $L_w \leq 2m$ かつ、左右両側が同じ材料の耐力壁又は準耐力壁ではさまれていること。

$$Q_a = \min \left\{ \begin{array}{l} Q_0 \cdot \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha + \alpha\beta} \\ f_s \cdot (1 - \alpha) \cdot L \cdot t \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \alpha = \frac{l_w}{L} \\ \beta = \frac{h_w}{H} \end{array}$$

$$\text{壁倍率} = \text{昭和56年建告110号別表第一(は)欄の倍率} \times 0.6 \times \frac{\text{面材の高さ}}{\text{横架材間内法高さ}}$$

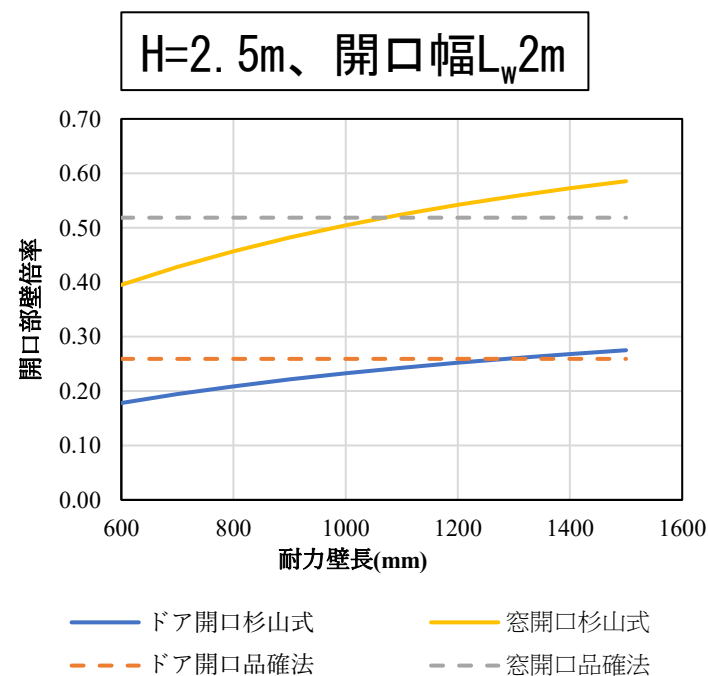
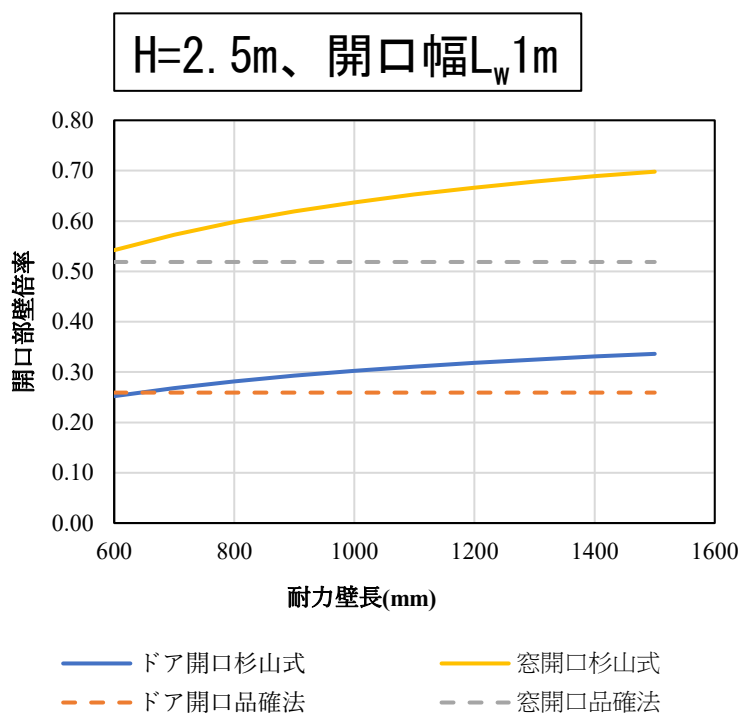
# 耐力壁に関する検討

## 枠組壁工法における準耐力壁の性能評価方法の検討

### <検討結果>

- ・ 開口幅1mでは杉山式による開口部壁倍率は品確法による方法よりも窓開口、ドア開口共に安全側
- ・ 開口長2mでは窓開口、ドア開口ともに、耐力壁長が1000mm以下では杉山式が品確法による方法を下回っていた。

→ 枠組壁工法の腰壁・垂れ壁を軸組工法と同様の方法で準耐力壁の壁倍率を計算する場合、壁長は最低910mm以上とするか、杉山式を用いることが望ましい。



\*縦軸「開口部壁倍率」： $Q_a$ から無開口耐力壁の降伏せん断力を減じ、開口部のみの降伏せん断耐力を開口幅で除し、さらに1960Nで除して壁倍率に換算したもの

# 耐力壁に関する検討

## 高階高、高耐力壁の木造軸組工法の引張接合部の必要性能の検討

- ・ 令和4年6月公布の改正建築基準法の高さ規定の緩和により、高階高の木造建築物が今後増加すると予想される。
- ・ 改正法により5倍超の高耐力壁が使用できるようになり、より高性能の引張接合部が必要になる。



階高・壁倍率・鉛直荷重の増加量をパラメータとして引張接合部の必要性能を検討する。

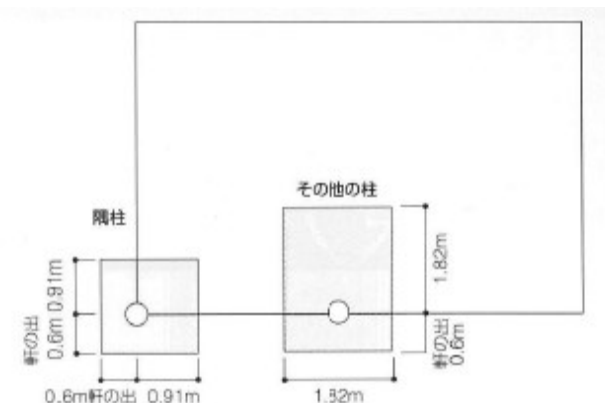
### <検討方法>

- ・ 壁倍率4までを対象に、階高を変化させた場合の引張接合部の必要性能を検討する。  
( H12建告第1460号の壁倍率に対応する引張接合部の仕様表は壁倍率4倍まで考慮しているため)

### 検討パラメータ

階高(m)	2.7	3.0	3.2	3.5
1,2階の壁倍率の組み合わせ	3倍-2倍	3倍-3倍	4倍-3倍	4倍-4倍
鉛直荷重・負担面積	1)N値計算に準じたもの 2)構造計算 (ZEH) に準じたもの			

屋根	950N/m <sup>2</sup> (床面積あたり)
外壁	540N/m <sup>2</sup> (壁面積当たり、開口率10%想定、サイディング)



- 固定荷重に対応する質量の想定
  - ・ 屋根 (セメント瓦) + 天井 : 56kg/m<sup>2</sup> (水平投影面積当たり)
  - ・ 壁 (サイディング・開口部付) : 35 kg/m<sup>2</sup>
  - ・ 2階床 + 天井 : 60kg/m<sup>2</sup>
  - ・ 積載 : 60 kg/m<sup>2</sup>

# 耐力壁に関する検討

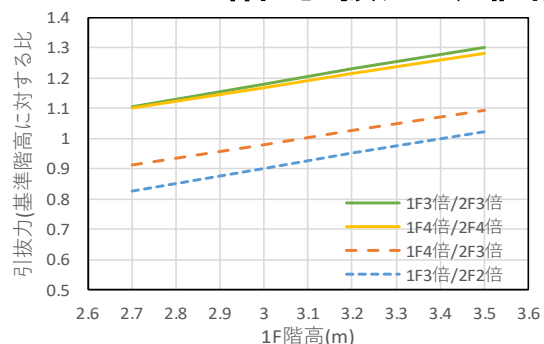
## 高階高、高耐力壁の木造軸組工法の引張接合部の必要性能の検討

### <検討結果>

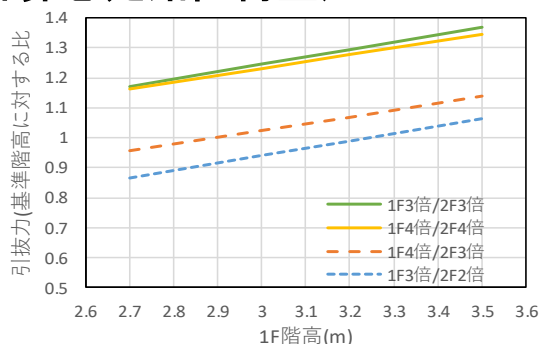
- ・ 1階柱の引抜き力：1階の壁倍率が2階より大きい場合、告示の表の引張接合部の1.1倍以下となる。
- ・ 1、2階が同じ耐力壁仕様だと、階高3.5mでは告示の表の引張接合部の1倍～1.3倍となる。
- ・ 2階柱の引抜き力：1階と同様の傾向で、N値計算想定とZEH水準想定の鉛直荷重で同程度となった。

1, 2階で同じ壁倍率の壁が使用される例は少ないとすると、1, 2階3.2mまでは、現行告示の表の引張接合部に対する必要性能の増加量は5%程度以下となる。

1階 引抜き力 (N値計算想定鉛直荷重)

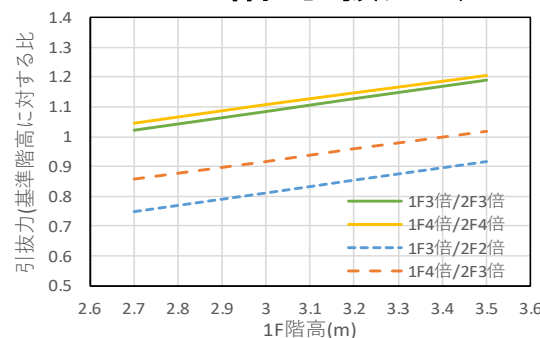


(3)2F = 3.2m

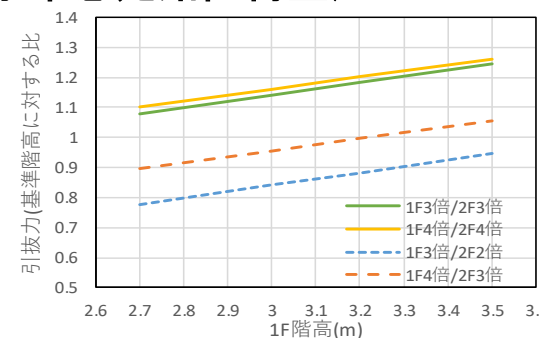


(4)2F = 3.5m

1階 引抜き力 (ZEH水準想定鉛直荷重)

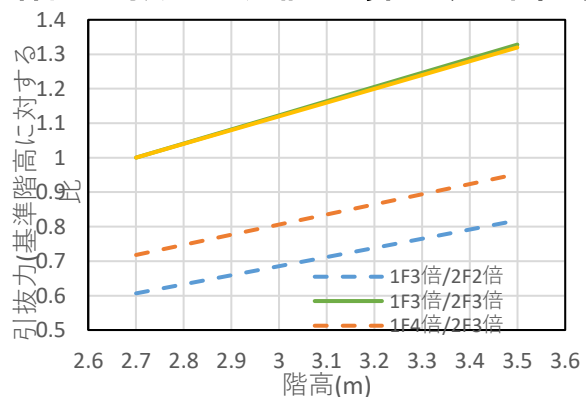


(3)2F = 3.2m

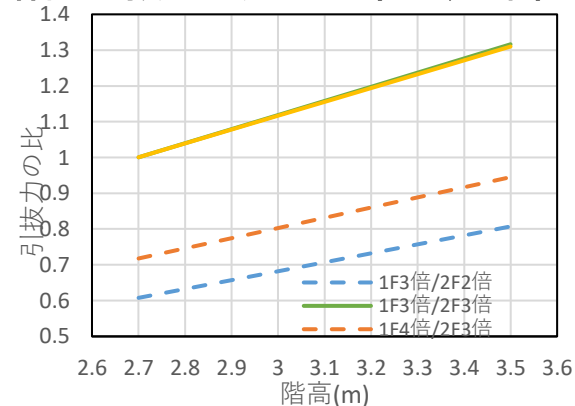


(4)2F = 3.5m

2階 引抜き力 (N値計算想定鉛直荷重)



2階 引抜き力 (ZEH水準想定鉛直荷重)



# 耐力壁に関する検討

## 必要壁量の増加に伴う準耐力壁の必要性能の検討

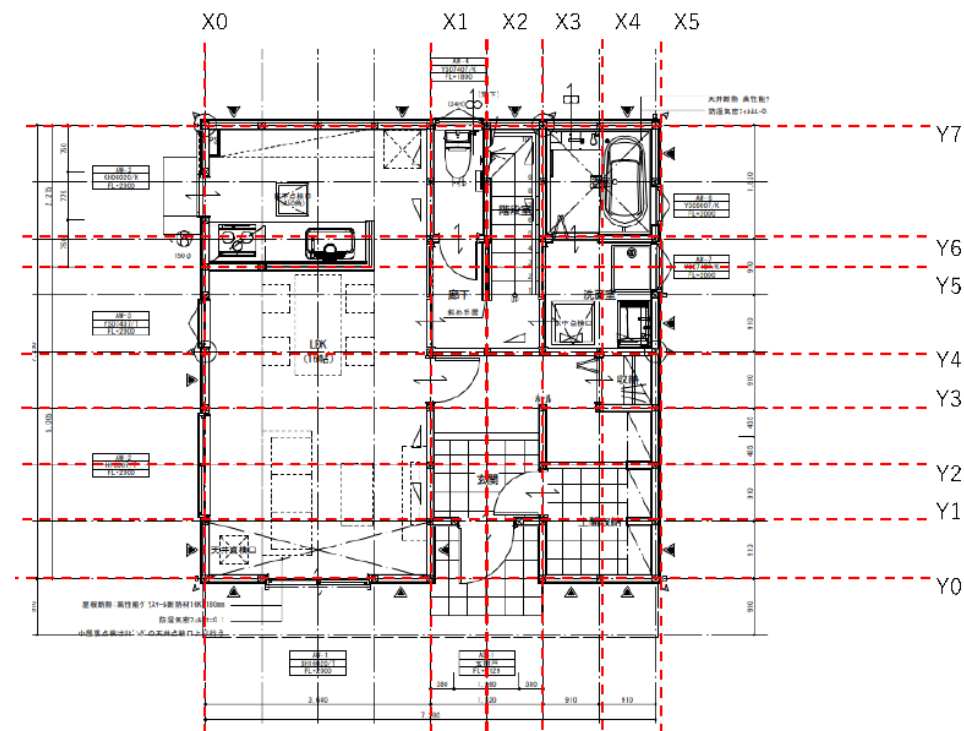
- 改正法では省エネ化等による建築物の重量化に伴い、木造建築物の壁量計算では必要壁量等の基準が見直され、存在壁量として耐力壁に加えて準耐力壁も考慮する予定である。



現行法の必要壁量をギリギリ満足するよう設計した場合に改正法の必要壁量を耐力壁と準耐力壁で満足できるかの検討を行った。木造住宅50棟について検討。

### 検討方法の概要

- ①改正法の現行法からの必要壁量の増加分を計算する
- ②検討建物の存在壁量を計算する。
- ③無開口準耐力壁の壁長を確認する。この際、現行法の必要壁量を超える存在壁量を壁長に換算し、無開口準耐力壁の壁長と仮定して加える。
- ④必要壁量の増加分（①）から品確法の方法による開口部の存在壁量を減ずる。
- ⑤ ④を無開口準耐力壁の壁長（③）で除し、準耐力壁の必要性能（壁倍率）を計算する。  
→準耐力壁必要性能が石膏ボード準耐力壁相当以下（0.43以下）であればOKとする。

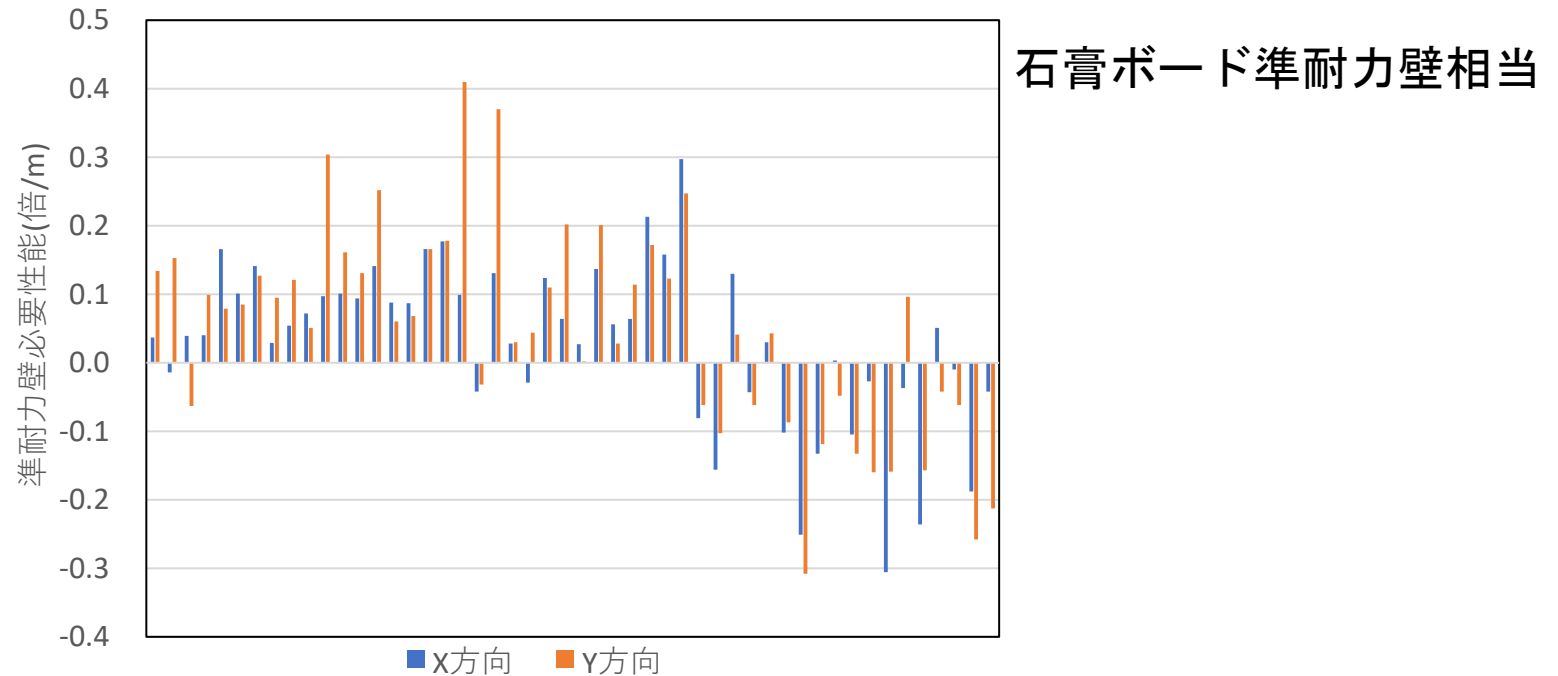


# 耐力壁に関する検討

## 必要壁量の増加に伴う準耐力壁の必要性能の検討

### <検討結果>

現行法の必要壁量を超える存在壁量を壁長に換算し、無開口準耐力壁の壁長と仮定する準耐力壁必要性能は目標値を下回る。



準耐力壁必要性能

# 耐力壁に関する検討

## 高階高、高耐力壁の既往の解析や実験的検討情報の収集

### <検討結果>

高階高、高耐力壁に関する既往の解析や実験的検討情報を収集した。

「高階高」、「高耐力壁」等をキーワードに検索を行い、既往文献の収集を行った。

既往文献は内容を確認した上で下記のとおり試験体高さや壁倍率をパラメータとしてリスト化し、PDFデータとして保存した。収集した文献数は67件となった。

(一部抜粋)

文献名	著者、事業主体等	文献の種類	発行年月等	試験体高さ (mm)		換算壁倍率 (文献中最大壁倍率)
				標点高さ	階高	
国産スギ三層クロスパネルを用いた有開口耐力壁のせん断性能評価	中西 祐季奈 / 稲山 正弘 / 相馬 智明 / 青木 謙治	AIJ大会梗概集	2015-09		2860	7.57
スギ製材を用いた構造要素の開発その1 耐力壁	蒲池 健 / 山田 憲明	AIJ大会梗概集	2014-09		3380	8.71
LVL 面材を用いた高強度耐力壁の開発その2 本試験結果の報告	宮田 雄二郎 / 落合 陽 / 成田 敏基 / 李 元羽 / 青木 謙治 / 稲山 正弘	AIJ大会梗概集	2014-09	3195		14.20
LVL 面材を用いた高強度耐力壁の開発 その1 予備試験	落合 陽 / 宮田 雄二郎 / 成田 敏基 / 李 元羽 / 青木 謙治 / 稲山 正弘	AIJ大会梗概集	2014-09		2925	16.92
大規模木造建築物に用いる高倍率耐力壁の研究・開発	小山内 博樹 / 稲山 正弘	AIJ大会梗概集	2014-09		3360	17.40
中層大規模木造を想定した厚物構造用合板張り高強度耐力壁の面内せん断性能	青木謙治 / 杉本健一 / 神谷文夫	AIJ大会梗概集	2013-08	3500		29.80
横胴縁を併用した発泡プラスチック断熱材による外張断熱時の面材耐力壁の構造耐力	植松 武是 / 中村 拓郎 / 平川 秀樹 / 千葉 隆弘	AIJ大会梗概集	2013-08	不明	不明	6.30
耐震改修を目的とした構造用合板を用いた面材ビス留め耐力壁の面内せん断試験結果	関家 茉莉花 / 野口 弘行 / 丸田 拓郎 / 片桐 徹	AIJ大会梗概集	2013-08	2730		5.20
中大規模木造建築物での利用を想定した厚物構造用合板張り高強度耐力壁の開発	青木謙治 / 杉本健一 / 神谷文夫	AIJ大会梗概集	2012-09	2730~3500		19.20
木造事務所建築物の開発その1 高壁倍率耐力壁の開発 ~耐力壁の水平加力実験~	河野 博紀 / 山根 光 / 高岡 繭子 / 大橋 好光	AIJ大会梗概集	2012-09	不明	不明	12.40
北海道産の厚物面材を用いた軸組構法耐力壁の水平せん断耐力	植松 武是 / 大橋 義徳 / 古田 直之 / 戸田 正彦	AIJ大会梗概集	2012-09	2625		不明
12mm 厚構造用合板張り耐力壁の面内せん断性能に及ぼす合板密度と釘接合の影響	東野 正 / 青木 謙治 / 渋沢 龍也 / 神谷 文夫 / 谷川 信江	AIJ大会梗概集	2012-09		2805	4.90
接合具の2面せん断を利用した真壁仕様面材耐力壁の開発及び力学的挙動に関する研究その1 試験概要・結果	小谷 竜城 / 坂田 弘安 / 早川 浩平 / 山崎 義弘 / 伊東 洋路 / 藤代 東	AIJ大会梗概集	2012-09	2730		10.70
兵庫県南部地震の1.5倍(安全率)の地震力に耐える木造軸組耐力壁の高性能接合金物の開発研究: 本稿耐力壁の2つの壁倍率評価...木筋交と同じ評価法では壁倍率8.41と性能評価業務法では壁倍率6.60	坂田 扶司雄	AIJ大会梗概集	2007-07	2730		6.60
在来軸組工法による真壁仕様高倍率耐力壁の実現のための一試み	鈴木 秀三 / 藤野 栄一 / 杉山 英男	AIJ大会梗概集	2000-07	2870	2907.5	6.95



# 柱の小径の検討

階高の高い耐力壁を用いる場合の柱の必要小径及び

柱頭柱脚接合部の必要性能の検討

木造軸組工法を対象に、階高の高い耐力壁を用いる場合の柱の必要小径及び柱頭柱脚接合部の必要性能に関する検討を行う。本検討で想定する建物等の概要等を以下に示す。

## 1) 建物用途

- ・ 住宅（2階建て）
- ・ 倉庫（平屋）

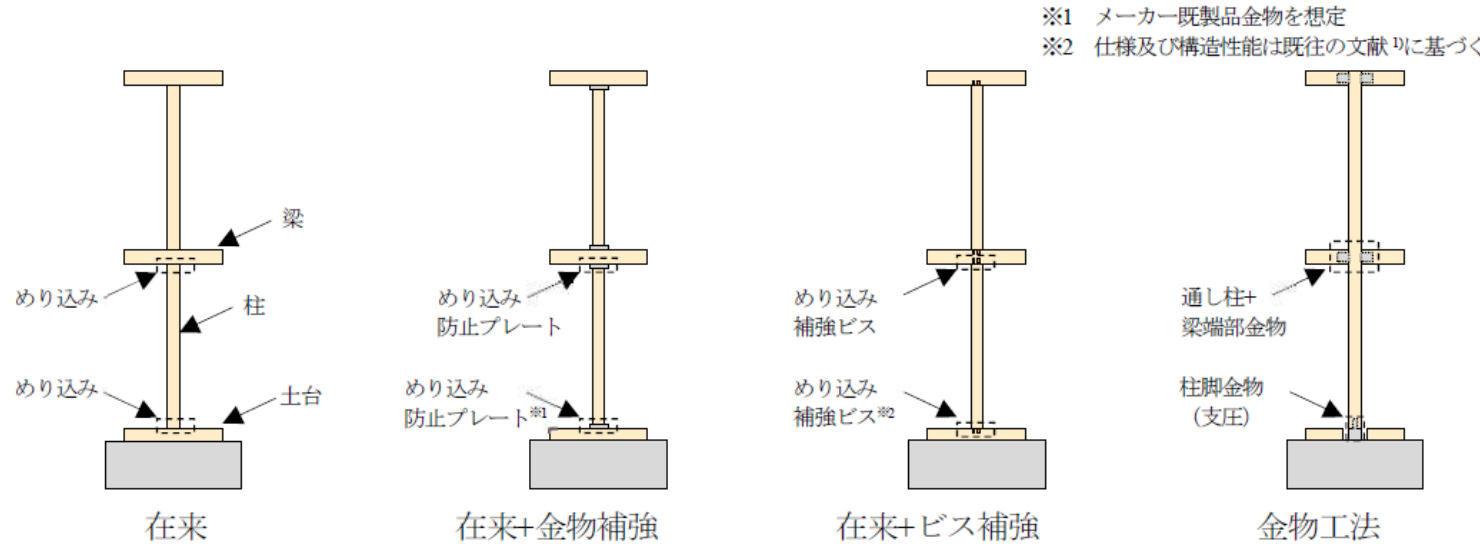
## 2) 階高

- ・ 住宅は3.5m
- ・ 倉庫は6.0m

## 3) 壁倍率

- ・ 住宅 ①1階7倍、2階3.5倍  
②1階5倍、2階2.5倍
- ・ 倉庫 ①7倍 ②5倍

## 4) 柱頭柱脚接合部仕様



## 5) 検討対象樹種

樹種・強度等級	
針葉樹	あかまつ、くろまつ及びめいまつ
	からまつ、ひば、ひのき、べいひ及びべいひば
	つが及びべいつが
	もみ、えぞまつ、とどまつ、べにまつ、すぎ及びスプルース
集成材	E120-F330 (べいまつ等)
	E95-F270 (ひのき等)

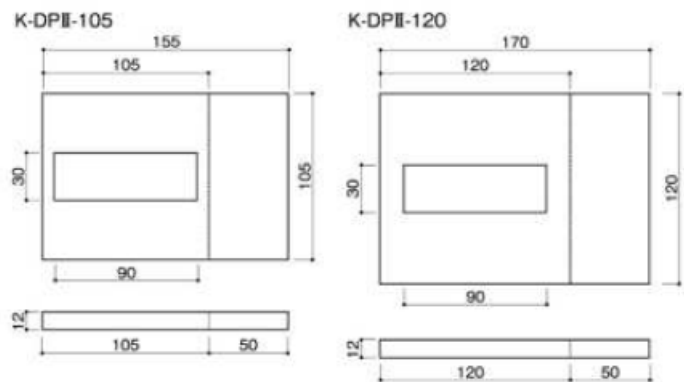
基準強度は告示に基づき設定。めり込み強度は、出隅については建築学会規準に基づき、0.8掛けしたのものも検討

# 柱の小径の検討

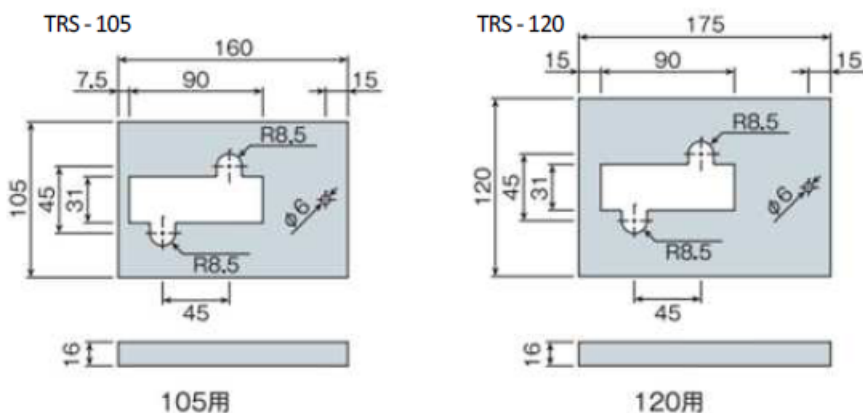
めり込み補強仕様の整備(既存文献の収集)

## めり込み補強仕様の例示

### 既製金物によるめり込み補強



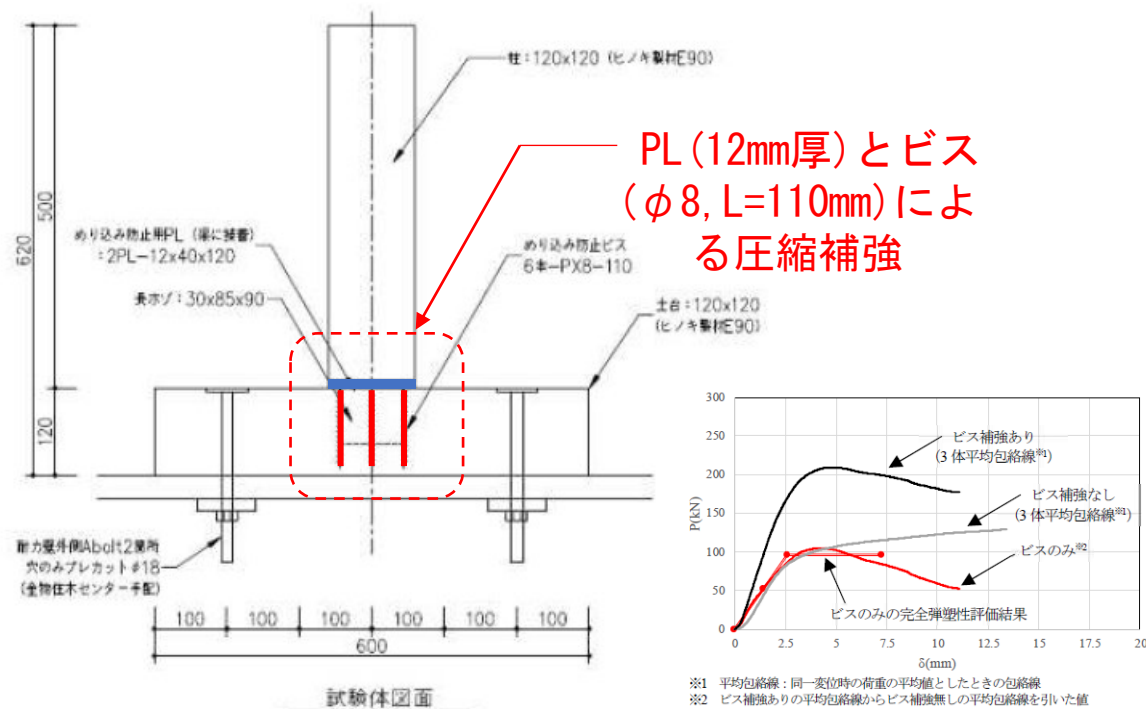
出典 < B X カネシン株式会社 HP <https://www.kaneshin.co.jp/products/productsd.php?icd=1000458&kcd=1-6> >



出典 < 株式会社タツミ HP <https://www.tatsumi-web.com/product/tec-one/tec-one-26/> >

土台へのめり込み面積が1.5倍程度増加

### PL+ビスによるめり込み補強



出典 < 令和2年度林野庁補助事業 木造軸組工法による中大規模木造建築物の構造設計指針 (その2) 作成事業報告書 >

ビスのみの特性値		
$K$	[kN/mm]	37.0
$P_y$	[kN]	51.8
$P_{max}$	[kN]	104.8
$\delta_v$	[mm]	2.59
$\delta_u$	[mm]	7.25

ビス+PLのみで50kN程度短期許容耐力が増加  
従来のめり込み耐力に加算して評価

# 柱の小径の検討

## 必要小径の算出

### 柱の必要小径の算出方法

#### ① 座屈で決まる場合の必要小径 $d_e$

$$\lambda \leq 30 \left( \frac{d_e}{l} \geq \frac{1}{8.66} \right) \text{ の場合}$$

$$: d_e = \sqrt{\frac{w_d \cdot A_e}{\frac{K_d}{3} F_c}}$$

$$30 < \lambda \leq 100 \left( \frac{1}{28.87} \leq \frac{d_e}{l} \leq \frac{1}{8.66} \right) \text{ の場合}$$

$$: d_e = \frac{l}{75.05} \sqrt{\left( \frac{l}{75.05} \right)^2 + \frac{1}{1.3} \frac{w_d \cdot A_e}{\frac{K_d}{3} F_c}}$$

$$\lambda > 100 \left( \frac{d_e}{l} < \frac{1}{28.87} \right) \text{ の場合}$$

$$: d_e = \sqrt{\frac{12 \cdot l^2}{3000} \cdot \frac{w_d \cdot A_e}{\frac{K_d}{3} F_c}}$$

座屈強度  $F_k$  の算出式に  
基づき算出

#### ② むり込みで決まる場合の必要小径 $d_e$

$$\text{在来} : d_e = \sqrt{\frac{w_d \cdot A_e}{\frac{K_d}{3} F_{cv}} + A_t}$$

$$\text{在来+金物補強} : d_e = \sqrt{\frac{w_d \cdot A_e}{\frac{K_d}{3} \cdot (1.5 \cdot F_{cv})} + A_t}$$

補強PLで面積  
が1.5倍を考慮

$$\text{在来+ビス補強} : d_e = \sqrt{\frac{w_d \cdot A_e - P_a}{\frac{K_d}{3} F_{cv}} + A_t}$$

ビス接合部の  
許容圧縮耐力

$$\text{金物工法} : d_e = \sqrt{\frac{w_d \cdot A_e}{\frac{K_d}{3} F_c} + A_t}$$

圧縮強度で検討

ただし、 $l$ : 柱の長さ、 $w_d$ : 設計荷重、 $A_e$ : 荷重の負担面積、 $A_t$ : ほぞ等の仕口加工による接触面積の欠損分、 $P_a$ : ビス接合部（むり込み負担耐力は除く）の許容圧縮耐力、 $F_c$ : 圧縮基準強度、 $F_{cv}$ : むり込みの基準強度、 $K_d$ : 座屈検討においては長期時で1.1、短期積雪時で1.46、長期積雪時で1.6、短期地震時で2、むり込みにおいては長期時及び長期積雪時で1.5、短期積雪時及び短期地震時で2

# 柱の小径の検討

## 必要小径の算出

### 設計荷重と負担面積の想定

#### 住宅検討用設計荷重

部位				2階の2階	2階の1階	
一般	外周	スレート屋根+サイディング	PVなし	WD+L	1520	4260
			PVあり	WD+L+WPV	1780	4520
	外周	スレート屋根+サイディング	PVなし	WD+L	2050	5250
			PVあり	WD+L+WPV	2310	5510
	内部	スレート屋根+サイディング	PVなし	WD+L	1200	3300
			PVあり	WD+L+WPV	1460	3560
内部	瓦屋根+土壁	PVなし	WD+L	1500	3600	
		PVあり	WD+L+WPV	1760	3860	
積雪1m	外周	スレート屋根+サイディング	PVなし	WD+L+WS	4110	6850
			PVあり	WD+L+WPV+WS	4370	7110
	外周	瓦屋根+土壁	PVなし	WD+L+WS	4640	7840
			PVあり	WD+L+WPV+WS	4900	8100
	内部	スレート屋根+サイディング	PVなし	WD+L+WS	3790	5890
			PVあり	WD+L+WPV+WS	4050	6150
内部	瓦屋根+土壁	PVなし	WD+L+WS	4090	6190	
		PVあり	WD+L+WPV+WS	4350	6450	
積雪2m	外周	スレート屋根+サイディング	PVなし	WD+L+WS	6700	9440
			PVあり	WD+L+WPV+WS	6960	9700
	外周	瓦屋根+土壁	PVなし	WD+L+WS	7230	10430
			PVあり	WD+L+WPV+WS	7490	10690
	内部	スレート屋根+サイディング	PVなし	WD+L+WS	6380	8480
			PVあり	WD+L+WPV+WS	6640	8740
内部	瓦屋根+土壁	PVなし	WD+L+WS	6680	8780	
		PVあり	WD+L+WPV+WS	6940	9040	

**一般地域**  
**2階部分：1200～2300N/m<sup>2</sup>程度**  
**1階部分：3300～5500N/m<sup>2</sup>程度**

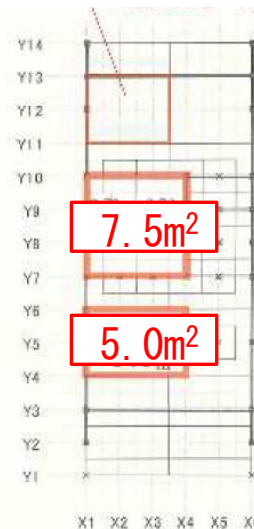
#### 倉庫検討用設計荷重

部位				1階の1階	
一般	外周	スレート屋根+サイディング	PVなし	WD+L	1400
			PVあり	WD+L+WPV	1660
積雪1m	外周	ガルバニウム屋根+ガルバニウム鋼板外壁	PVなし	WD+L+WS	3990
			PVあり	WD+L+WPV+WS	4250
積雪2m	外周	ガルバニウム屋根+ガルバニウム鋼板外壁	PVなし	WD+L+WS	6580
			PVあり	WD+L+WPV+WS	6840

単位：N/m<sup>2</sup>

単位：N/m<sup>2</sup>

#### 住宅検討用負担面積

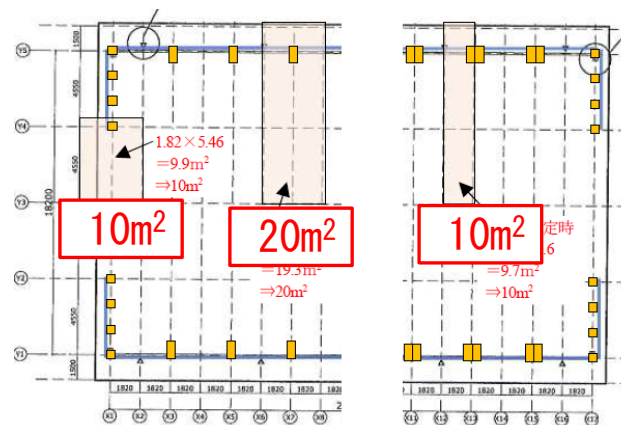


出典 〈日本建築学会 建築構造委員会（木造WG）：「ZEH水準等の建築物における「柱小径」基準の確認」〉

#### □住宅

設計荷重及び負担面積は日本建築学会建築構造委員会のZEH水準等の建築物における「柱小径」基準の確認を参考に設定

#### 倉庫検討用負担面積



出典 〈日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法 中大規模木造建築物の構造設計の手引き（許容応力度設計編） 講習用テキスト〉

#### □倉庫

中大規模グレー本設計例及び木造倉庫の事例を参考に設定

# 柱の小径の検討

## 必要小径の算出

### <柱の必要小径算出結果>

#### [住宅／一般地域／2階建て建物]

- ①在来工法では土台のめり込みで柱の必要小径が決まる。
- ②その他の工法（在来工法+PL補強又はビス補強、金物工法）では柱の座屈で必要小径が決まる。

#### ③長期～中短期荷重に対して

在来工法：負担面積が $5.0\text{m}^2$ 程度⇒土台の樹種をひのき以上とすれば必要小径は120mm以下  
負担面積が $7.5\text{m}^2$ 程度⇒必要小径は120mmを超える

その他の工法：樹種をひのき以上とすれば必要小径は120mm以下

#### ④短期地震時に対して

1階耐力壁が5倍（上階は2.5倍）としたとき

在来工法：負担面積が $5.0\text{m}^2$ 程度⇒必要小径は120mmを超える

その他の工法：負担面積が $5.0\text{m}^2$ 程度⇒必要小径は120mm以下

負担面積が $7.5\text{m}^2$ 程度⇒製材では必要小径は120mmを超える。

集成材なら120mm以下。

1階耐力壁が7倍（上階は3.5倍）としたとき

座屈により必要小径が120mm以上となるケースがほとんど

小径を135mmかつ土台めり込み補強または金物工法とすればほとんどのケースで成立

#### [住宅／多雪地域／2階建て建物]

- ①負担面積が $5.0\text{m}^2$ 程度であっても座屈により必要小径は120mm以上となるケースが多い。
- ②製材では小径を150mmかつ土台めり込み補強または金物工法とすればほとんどのケースで成立する。

# 柱の小径の検討

## 必要小径の算出

### <柱の必要小径算出結果>

[倉庫／一般地域・多雪地域／平屋建て建物／負担面積10m<sup>2</sup>]

①座屈で柱の必要小径が決まる。

②長期～中短期荷重に対して

一般地域：柱の必要断面は120mm×210～360mm程度⇒一般流通材で対応可能

多雪地域：製材の場合は120mm×390mmを超える

集成材の場合の柱の必要断面は120mm×450mm程度

③短期地震時に対して

1階耐力壁が5倍としたとき

一般流通材の製材では対応できないケースはほとんど。

集成材の場合の柱の必要断面は120mm×330mm程度、一般流通材で対応可能

1階耐力壁が7倍としたとき

一般地域で集成材（E120-F330）で120mm×450mm程度

[倉庫／一般地域・多雪地域／平屋建て建物／負担面積20m<sup>2</sup>]

①製材・集成材ともに一般流通材断面で対応できないケースが多い

# 床組の検討

## 関係法令の整理

### 施行令第46条第3項

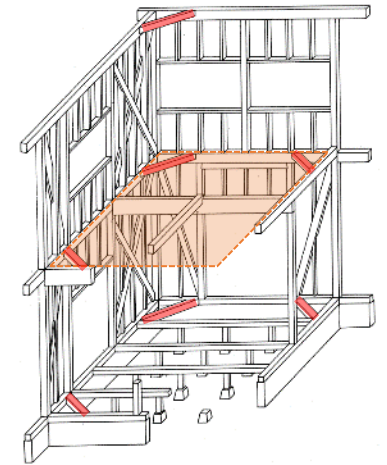
- 3 床組及び小屋ばり組には**木板その他これに類するもの**を国土交通大臣が定める基準に従って打ち付け  
・・・ただし、国土交通大臣が定める基準に従った**構造計算**によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りでない。

### 平28国交告第691号 床組及び小屋ばり組に木板その他これに類するものを打ち付ける基準を定める件

- ・・・床組及び小屋ばり組に木板その他これに類するものを打ち付ける基準は、次のいずれかとする。
- 一 床組及び小屋ばり組の隅角に**火打ち材**を使用すること。
  - 二 床組及び小屋ばり組（次に掲げる基準に適合するものに限る。）の根太又ははり（…略…）に対して、厚さ30ミリメートル以上、幅百80ミリメートル以上の板材を・・・
  - 三 ・・・小屋ばり組（次に掲げる基準に適合するものに限る。）の軒桁に対して・・・

パーティクル  
ボードや構造用  
合板を釘打ちす  
ることによる場  
合も火打ち材と  
みなす

\* 構造関係技術基準解説書



床倍率0.5相当  
の板張りの床組  
(火打ち材なし)



床倍率0.74相当  
( $2/3Q_{max}$ で評価)  
の板張りの小屋  
ばり組  
(火打ち材なし)



## 高階高・建築物の重量化に対してどのような対応が必要か？

(地震力、風圧力の増加)

### ① 現行の平28国交令第691号の規定への影響

#### 1) 火打ち材を使用しない場合：

691号第二の仕様（床組）

691号第三の仕様（小屋ばり組）

#### 2) 火打ち材を使用する場合：

691号第一、パーティクルボードや構造用合板を釘打ちしたものも含む

→ 耐力壁線の間隔(地震)、アスペクト比(風)

→ 必要な内壁量(地震) などを再検討

### ② 高倍率の床組において開口がある場合の評価方法について検討

→ 現状で規定はないが

問題が生じないか検討

### ③ 最低基準の仕様として火打ち梁のみで構成された場合の検討



### 過去の基整促（S25等）と同様の検討手法を用い、現行規定がどのように変化するか調査

#### 4.2.5 仕様規定の検討

式(1)と式(2)を、それぞれ  $l$  と  $l/L$  について解けば、

$$l = \frac{200 \times \text{床倍率}}{\alpha \times \text{地震力に対する床面積あたり必要壁量}} \quad (\text{耐力壁線間距離に関する条件}) \quad (4)$$

$$\frac{l}{L} = \frac{\text{床倍率}}{\alpha \times \text{風圧力の係数}} \quad (\text{床のアスペクト比に関する条件}) \quad (5)$$

式(4)と式(5)から、どのような水平構面が実現可能か検討を行う。

#### 【検討条件】

$\alpha$  : 図 4.2-5 の  $\alpha_3$  を使用

床区画の両側が耐力壁線の場合は、 $e/l = 1/4$

床区画の片側が耐力壁線の場合は、 $e/l = 1/2$  とする ( $\alpha_2$  に一致)

ただし、2階建ての1階・床区画上で上階に耐力壁線なし・床区画の片側が耐力壁線の場合は、床区画の両側が耐力壁線の場合における  $\alpha_3$  の  $e/l$  に 1 を代入

床倍率 : 0.5 (前章の実験結果より)

必要壁量 : 品確法の等級 2 の値の 1/1.25 倍

軽い屋根 平屋 14.4 2階建ての2階 19.7 2階建ての1階 36

重い屋根 平屋 20 2階建ての2階 27.4 2階建ての1階 46.4

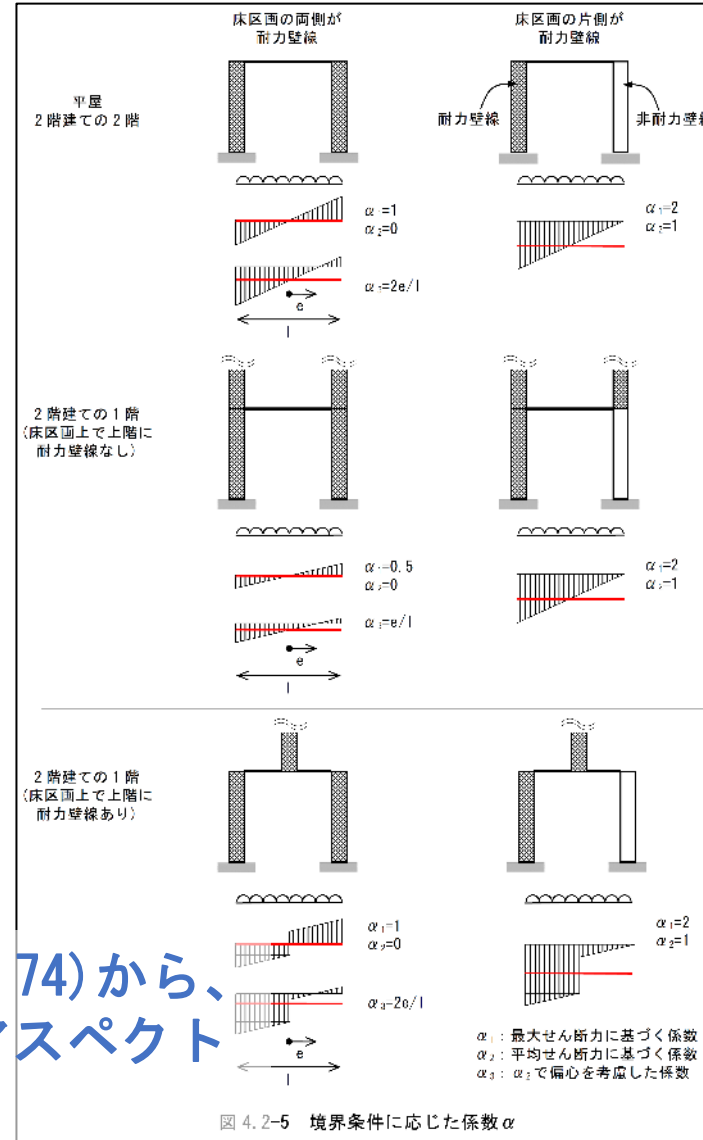
ケース① 一般地域、 $R_f = 1$  ( $K_1 = 1, K_2 = 1.37$ )

ケース② 一般地域、 $R_f = 0.33$  ( $K_1 = 0.60, K_2 = 1.51$ )

風圧力の係数 : 平屋 0.6 ~ 1.38 2階建ての2階 1.19 ~ 2.76

必要壁量 : 品確法の等級 2 の値の 1/1.25 倍

想定する床倍率(床組は0.5、小屋ばり組は0.74)から、必要な仕様規定(耐力壁線の相互の間隔、アスペクト比、内壁量)を定める



# 床組の検討

## 告示691号(板張り床組・小屋組)の検討

### 691号第二(床倍率0.5の板張り床)、耐力壁線の相互の間隔の最大値の例

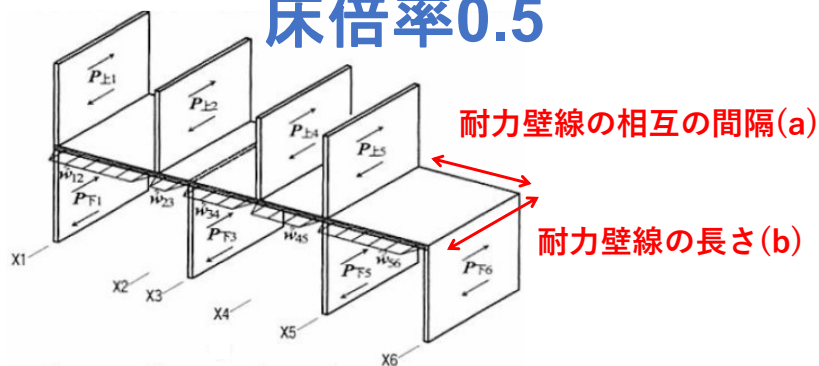
上から順に、階高2.8m想定(現行規定)、3.5m想定、6.0m想定

耐力壁の配置	階数が1の建築物	階数が2の建築物の1階 2階の耐力壁線が1階の耐力壁線の直上にのみある場合	上欄に掲げる場合以外の場合	階数が2の建築物の2階
床組及び小屋ばり組が接する当該階の耐力壁線のいずれもが(i)に該当する場合	10.0 9.2 7.1	8.6 7.8 5.7	4.3 3.9 2.9	6.6 6.1 4.7
右に掲げる場合以外の場合	5.0 4.6 3.6	2.2 (4.4) 1.9 (3.8) 1.4 (2.8)	2.2 1.9 1.4	3.3 3.0 2.4

耐力壁線の配置の改善で回避可能

小屋ばり組(691号第三)

### 床倍率0.5



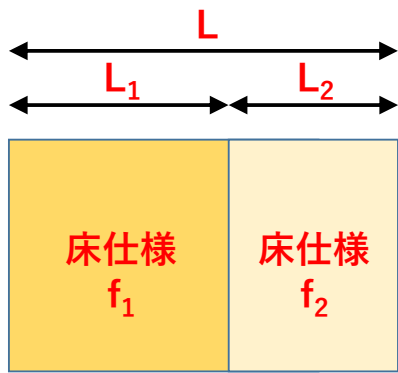
- 高階高(3.5~6.0m)ではプランの制約がやや厳しくなるが、壁配置の改善等により対応可能と思われる(アスペクト比の規定なども同様の傾向)
- 火打ち材を用いる現代的な工法(床倍率3.0の床組(24mm合板)や床倍率1.18の小屋組(9mm合板、勾配30度+火打ち))では、耐力壁線の相互の間隔は8mまで問題なく、その他の規定も不要

# 床組の検討

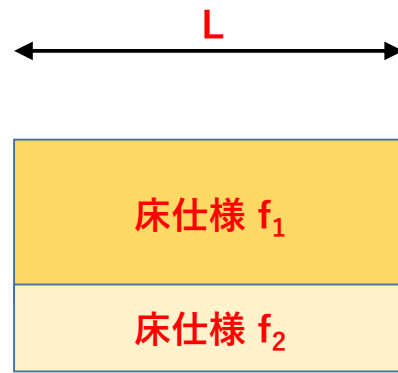
高倍率の床組において開口がある場合

床倍率3.0程度の面材仕様を対象とした既往実験との比較により、品確法等で用いられている評価方法の妥当性を確認

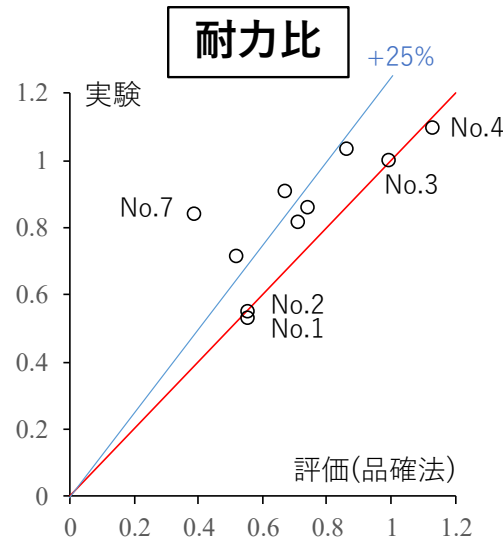
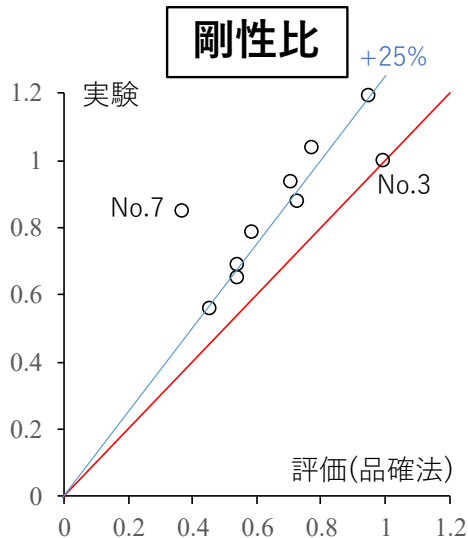
## 【評価方法】



平均存在床倍率  
 $= (f_1 L_1 + f_2 L_2) / L$



平均存在床倍率  
 $= \min(f_1, f_2)$



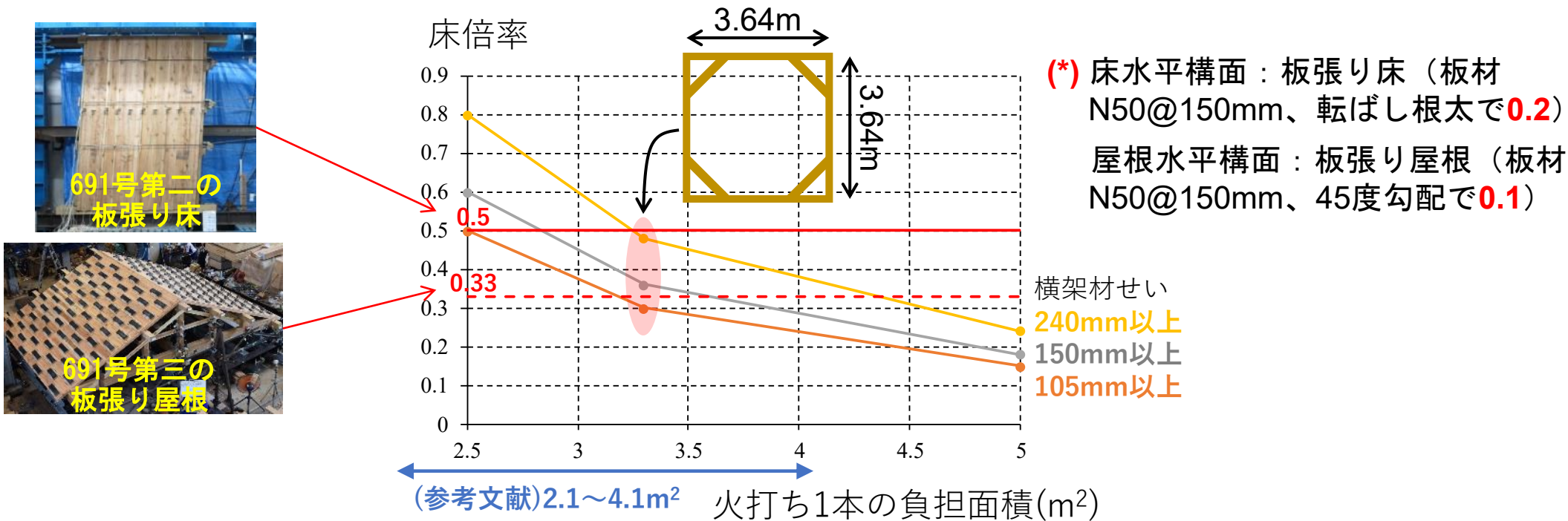
図A1 水平構面の面内せん断実験の試験体一覧

坂田弘安, 中野翔太, 鈴木賢人, 伊東洋路, 藤代東, 大口仁: 厚物構造用合板を用いた有開口水平構面のせん断挙動に関する実験研究, 第672号, pp.231-238, 2012.

# 床組の検討

## 火打ち梁のみで構成された場合

- ・ 火打ち1本の負担面積を文献や図面収集により調査→火打ち梁のみで691号第二、第三と同等以上の床倍率を確保するには、火打ち梁1本の負担面積が小さめの場合に限定される
- ・ 最低限の板張り床（または屋根）(\*)が併用されていることを前提とすれば、691号第二・第三と同等以上の床倍率がある
- ・ 高倍率の火打ち材(パーティクルボードや構造用合板)を用いない場合、691号第二・第三に規定される「耐力壁線の相互の間隔」等を併せて満足させることが望まれる。



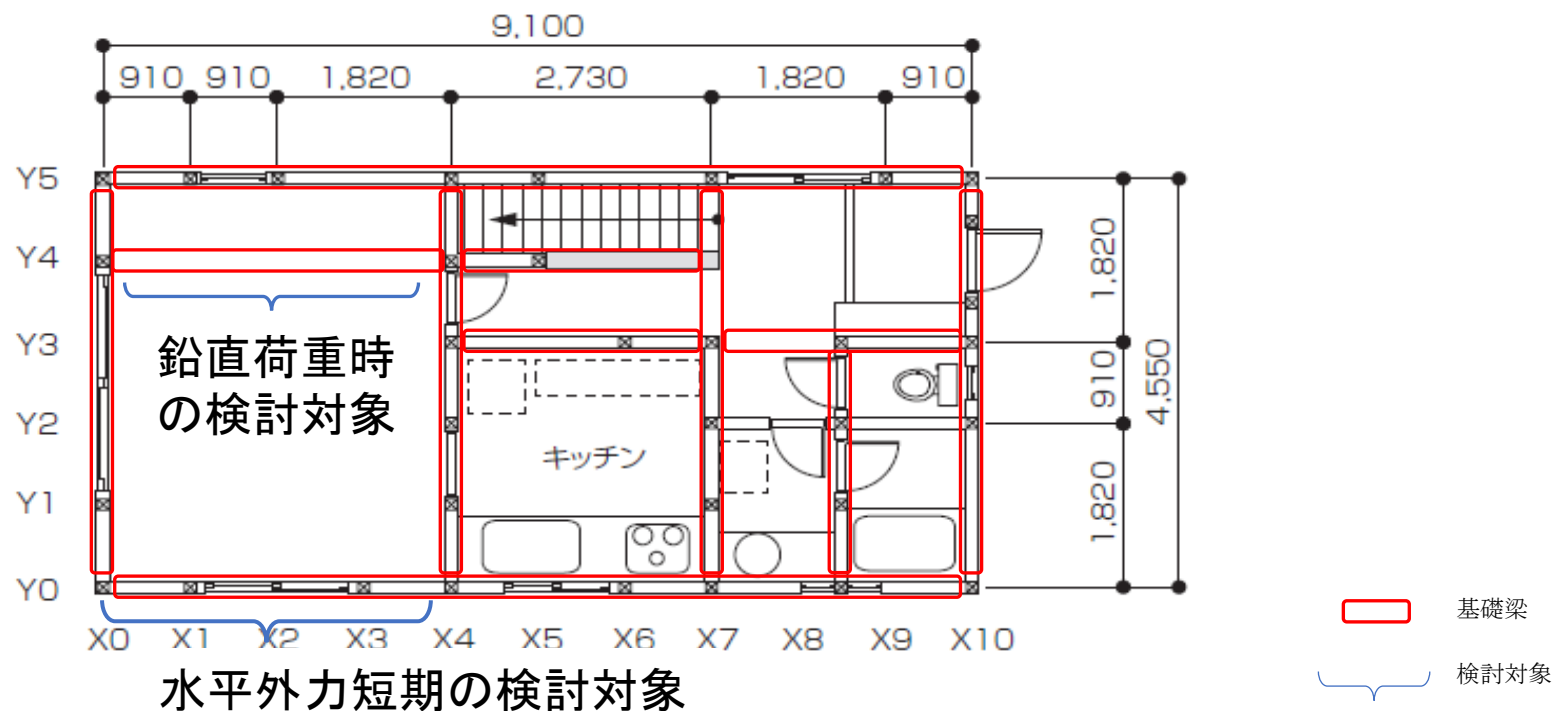
(公財)日本住宅・木材技術センター, 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版), 2017.  
佐畑友哉, 河合直人, 塚崎英世: 木造軸組住宅の架構設計に関する研究—伏図作成業務の実態調査—, 日本建築学会技術報告集, 第72号, pp.1059-1064, 2023.6

# 基礎の構造の検討

住宅モデルプランを用いて壁倍率及び階高をパラメータとして  
長期及び水平短期荷重時における必要性能の比較検討

## 検討概要

住宅モデルプランを選定しその基礎について、固定荷重、階高の組み合わせ、及び耐力壁の壁倍率を変数として、パラメトリックに必要断面を求め、現行規定による必要断面と比較検討する。検討項目は鉛直荷重時基礎梁及びべた基礎底盤、水平外力短期基礎梁とする。



モデルプランの基礎梁配置と検討対象部分

# 基礎の構造の検討

住宅モデルプランを用いて壁倍率及び階高をパラメータとして  
長期及び水平短期荷重時における必要性能の比較検討

## 検討概要

検討変数	変数の値等
固定荷重	<ul style="list-style-type: none"> <li>「重い建物」→ 瓦屋根+モルタル外壁</li> <li>「軽い建物」→ スレート屋根+サイディング外壁</li> </ul>
階高	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.9+2.8m (軒高5.7m) 、3.0m+2.9m (5.9m) 、3.2m+3.2m (6.4m)</li> </ul>
積雪荷重	<ul style="list-style-type: none"> <li>多雪区域 → 積雪深100cm、長期0.7S及び短期1.0S</li> <li>一般地域 → 積雪深100cm、短期のみ</li> </ul>
耐力壁の壁倍率	<ul style="list-style-type: none"> <li>壁倍率2.5倍、5倍、7倍 → 階ごとに共通 (混在無し)</li> </ul>

検討部位	検討方法
基礎梁	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉛直荷重時 → 柱または直交基礎梁との交点を支点とみなした単純梁モデル</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>水平外力短期 → 1階耐力壁脚部の引抜き力が先端に加わる片持ち梁モデル</li> </ul>
べた基礎底盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>長方形平板応力簡易算定式 (2隣辺固定2隣辺単純支持) による</li> </ul>

# 基礎の構造の検討

住宅モデルプランを用いて壁倍率及び階高をパラメータとして  
長期及び水平短期荷重時における必要性能の比較検討

## 結果の抜粋 鉛直荷重時の検討対象（基礎梁）

基礎梁せい (梁幅150mm)	必要断面（配筋）等			
	重い建物		軽い建物	
	現行規定	軒高6.4m	現行規定	軒高6.4m
420mm	NG	NG	1-D16+1-D19	NG
540mm	1-D16+1-D19	1-D16+1-D19	2-D16	1-D16+1D19
640mm	2-D16	2-D16	1-D13+1-D16	2-D16

# 基礎の構造の検討

住宅モデルプランを用いて壁倍率及び階高をパラメータとして  
長期及び水平短期荷重時における必要性能の比較検討

## 結果の抜粋 水平外力短期の検討対象（基礎梁）

新規定軒高	必要断面等			
	1階：7倍、2階：7倍		1階：5倍、2階：2.5倍	
	現行規定 (軒高5.4m)	新規定	現行規定 (軒高5.4m)	新規定
5.9m	梁幅150mm せい640mm 1-D16+1-D19	梁幅150mm せい640mm 1-D16+1-D19	梁幅150mm せい420mm 2-D16	梁幅150mm せい420mm 2-D16
	梁幅240mm せい420mm 2-D16+1-D19	梁幅240mm せい420mm 2-D16+1-D19	梁幅240mm せい420mm 2-D16	梁幅240mm せい420mm 2-D16
6.4m		梁幅150mm せい640mm 1-D16+1-D19		梁幅150mm せい520mm 1-D16+1-D19
		梁幅240mm せい520mm 3-D16		梁幅240mm せい420mm 3-D16



# 基礎の構造の検討

住宅モデルプランを用いて壁倍率及び階高をパラメータとして  
長期及び水平短期荷重時における必要性能の比較検討

## 結果の抜粋 ベタ基礎底盤（一般地域、底盤厚150mm）

新规定軒高	必要断面等			
	重い建物		軽い建物	
	現行規定 (軒高5.4m)	新规定	現行規定 (軒高5.4m)	新规定
5.9m	短辺長さ3.64m NG	短辺長さ3.64m D13-@100	3.64m D13-@100	3.64m D13-@100
	短辺長さ4.55m NG	短辺長さ4.55m NG		短辺長さ4.55m NG
6.4m		短辺長さ3.64m D13-@100		3.64m D13-@100
		短辺長さ4.55m NG		短辺長さ4.55m NG

一階床荷重の建物重量への加算（旧）、非加算（新）の相違によって鉄筋量は増加しない

## 耐力壁に関する検討

### 【住宅の省エネ化等に伴う建築物の重量化による必要壁量の検討】

→木造建築物の「屋根・外壁仕様」「太陽光発電設備の有無」「外壁開口率」をパラメータとして2階建て木造軸組工法住宅の必要壁量を計算し、現行建築基準法や品確法の必要壁量と比較した。

### 【枠組壁工法における準耐力壁の性能評価方法の検討】

→枠組壁工法の腰壁・垂れ壁を軸組工法と同様の方法で準耐力壁の壁倍率を計算する場合、壁長は最低910mm以上とするか、杉山式を用いることが望ましい。

### 【高階高、高耐力壁の木造軸組工法における引張接合部の必要性能の検討】

→1, 2階で同じ壁倍率の壁が使用される例は少ないとすると、1, 2階3.2mまでは現行告示の表の引張接合部に対する必要性能の増加量は5%程度以下となる。

### 【必要壁量の増加に伴う準耐力壁の必要性能に関する検討】

→省エネ水準の木造建築物の現行施行令からの必要壁量の増加分は、準耐力壁等を考慮することにより満足できると考えられる。

## 柱の小径の検討

### 【階高の高い耐力壁を用いる場合の柱の必要小径及び柱脚柱頭接合部の必要性能に関する検討】

階高3.5mの住宅では

- 在来工法では土台のめり込み、その他では柱の座屈で決まる。
- 長期～中短期において、負担面積が $5\text{m}^2$ 程度であれば、土台樹種を檜以上とする事で柱の必要小径は120mm以下となる。
- 地震時を考慮すると、耐力壁5倍では在来工法の柱の必要小径は120mmより大きくなる。その他の工法で集成材を用いると必要小径は120mm以下となる事が多い。負担面積が $5\text{m}^2$ 程度であれば製材でも必要小径は120mm以下となる。

階高6mの倉庫

- 負担面積 $10\text{m}^2$ までであれば長期～中短期では一般流通材の平角断面で対応可能だが地震時には製材の流通断面では対応が難しい。
- 壁倍率5倍であれば集成材か一般流通断面で対応可能。
- 壁倍率7倍に対応できる材料は限定的となる。

## 床組の検討

### 【平28国交告示第691号関係の高階高、建築物の重量化への対応】

- 高階高(3.5~6.0m)ではプランの制約がやや厳しくなるが、壁配置の改善等により対応可能と思われる(アスペクト比の規定なども同様の傾向)
- 火打ち材を用いる現代的な工法(床倍率3.0の床組(24mm合板)や床倍率1.18の小屋組(9mm合板、勾配30度+火打ち))では、耐力壁線の相互の間隔は8mまで問題なく、その他の規定も不要

### 【床開口の影響に関する検討】

- 床倍率3.0程度の面材仕様を対象とした既往実験との比較により、品確法等で用いられている評価方法の妥当性を確認した

### 【火打ち梁のみで構成された場合の検討】

- 火打ち梁のみの床組に、最低限の板張り床(または屋根)が併用されていることを前提とすれば、691号第二・第三と同等以上の床倍率がある
- 高倍率の火打ち材(パーティクルボードや構造用合板)を用いない場合、691号第二・第三に規定される「耐力壁線の相互の間隔」等を併せて満足させることが望まれる

## 基礎の構造の検討

【住宅モデルプランを用いて壁倍率及び階高をパラメータとして

長期及び水平短期荷重時における必要性能の比較検討】

- 鉛直荷重に対する基礎梁の必要断面（配筋）は、建物重量の増加によりランクアップする場合がある。
- 水平外力短期における基礎梁の必要断面は、配置する耐力壁の壁倍率が大きくなるとランクアップする場合があるが、軒高6.4mでは壁倍率5倍以下であってもランクアップする。
- べた基礎底盤の配筋は、一階床を束建てとする前提による計算によると、検討パラメータの範囲内でランクアップを要しない。