

# S24

## 枠組壁工法中層建築物の 構造設計法の合理化に関する検討

---

三井ホーム株式会社  
一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会

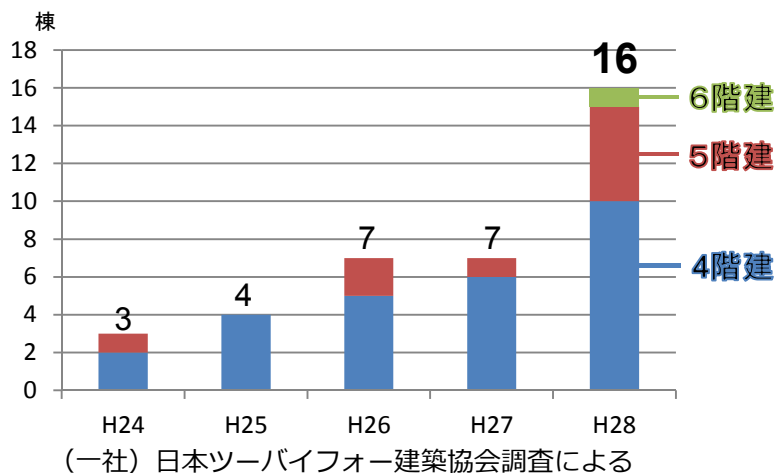
平成30年4月25日

---

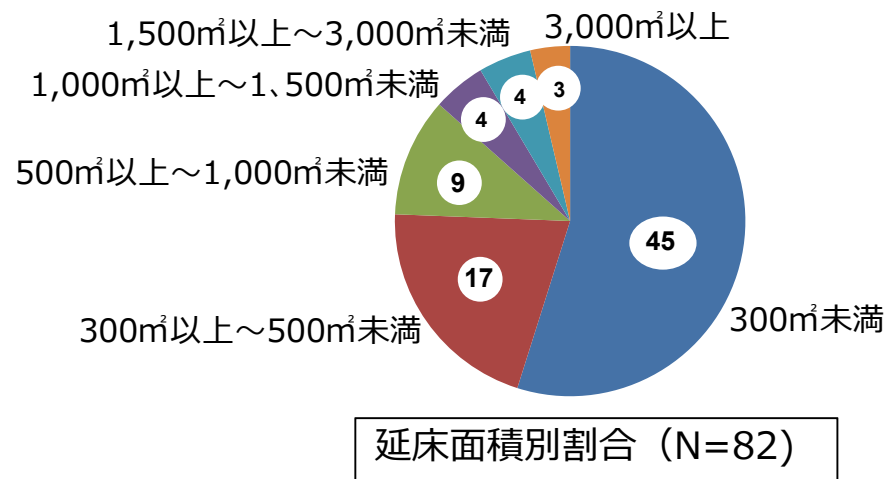
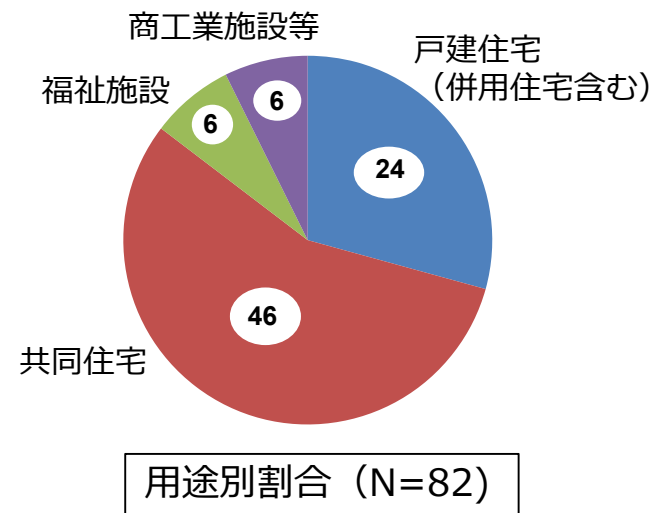
---

# 1. 中層枠組壁工法建築物の実績

中層枠組壁工法建築物（4階建以上）が近年増加している。（累計82棟 平成16年から平成28年）



建築事例) 5階建特別養護老人ホーム



## 2. 本事業の背景・目的

- ・ 枠組壁工法建築物は、昭和49年にオープン化されてから40年が経過。
- ・ 1997年の告示改正では、保有水平耐力計算等の安全確認により性能規定化が行なわれた。
- ・ 2000年の基準法改正により木造建築での耐火建築物建築が可能となった。
- ・ 4階建て以上の枠組壁工法建築物では、平13国交告第1540号の規定により保有水平耐力計算が求められる。

(在来軸組工法では高さ31m以下は保有水平耐力計算は不要)



本事業では

構造計算適合性判定の手続き省略、

構造設計者による構造計算や指定確認検査機関による審査の

合理化のために枠組壁工法中層建築物に係る許容応力度等計算による構造設計法について検討を行う。

根拠法令

**平13国交告第1540号**

### **第一 階数**

地階を除く階数は三以下としなければならない。

### **第九 保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算**

令第八十一条第二項第一号イに規定する保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算を次の各号に定める。（一～五 略）

### **第十二 令第三十六条第二項第一号の規定に基づく技術的基準の指定**

令第三十六条第二項第一号の規定に基づき、第九に規定する構造計算を行った場合に適用を除外することができる技術的基準として、第一及び第三から第七までの規定（第五第一号の規定を除く。）に定める技術的基準を指定する。

## 3. 調査方法

### 3-1)実態調査及び考察

平成26年~28年に計画された4階建て以上の枠組壁工法建築物29件に対し、構造計画・計算に係る実態調査およびヒアリングによる課題抽出の実施。

### 3-2)構造計算法の違いによる考察

同一プランで保有水平耐力計算と許容応力度等計算を行い、耐力壁の仕様や壁量と耐力壁脚部の接合金物仕様を比較し、異なる計算法の関係性（許容応力度等計算から大地震時の結果を推定）を考察する。

### 3-3)耐震要素に関する性能確認

実態調査から、使用された高強度耐力壁や耐力壁脚部固定金物等の仕様を試験成績書・評価書や構造解析等により、性能確認を行う。

※実態調査の結果から、耐力壁は「枠組壁工法建築物構造計算指針」に準拠、若しくは実験による性能確認されたもので、接合金物はメーカーの製品が採用されていたため本調査は不要とした。

### 3-4)許容応力度等計算による適用範囲の検討

本事業における課題解決に向け、構造解析等によりパラメータを変化させながら適用範囲の絞り込みの為の検討を行う。

## 4. 実態調査及び考察

### ■ アンケート調査実施

対 象 : 平成26年～平成28年着工分 **29棟**  
(一社)日本ツーバイフォー建築協会に1時間耐火の使用承諾の依頼が提出された建物。

調査項目 : 平面形状と耐力壁配置  
耐力壁仕様と構造特性  
接合金物と構造特性  
層間変形角  
構造計算ソフト  
構造計算適合性判定審査期間など

## 29邸名のうちアンケート10邸名（回答率34%）

## 階数・面積・用途

- ・ 階数は、4階～6階建て  
（上層の4層分が枠組壁工法。4層を超える下層はRC造）
- ・ ホテル・特養、寄宿舍など、住宅以外の用途の建築物が目立つ

		2x4床面積 m <sup>2</sup>					
		～500	501～1000	1001～1500	1501～2000	2001～2500	2501以上
階数	6F		⑨ホテル 781.2m <sup>2</sup>				
	5F			⑦共同住宅 1413.7m <sup>2</sup>			⑩特養 7312.2m <sup>2</sup>
				⑧共同住宅 1433.7m <sup>2</sup>			
	4F	⑥共同住宅 69.9m <sup>2</sup>	④寄宿舍 538.63m <sup>2</sup>			①特養 2097.1m <sup>2</sup>	②特養 4021.7m <sup>2</sup>
		⑤医院併用 389.5m <sup>2</sup>	③賃貸併用 885.2m <sup>2</sup>				

白抜き数字が着工済。それ以外は未着工。(平成29年7月時点)

## 構造の仕様

- ・ 高強度耐力壁 6件
- ・ 有開口耐力壁（杉山式）利用 3件
- ・ ミッドプライウォール 1件
- ・ 5階建て以上ではタイダウンを採用

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
耐力壁	面材厚さ(mm)	12 (両面)	12 (両面)	9 (両面)	12 (両面)	9 (両面)	12 (両面)	18 (片面)	18 (片面)	15 (片面)	12 (MPW)
	釘のピッチ(mm)	100	50	50	100	50	100、75	50	50	50	100
	釘の種類	CN65	CN50	CN50	CN65	CN50	CN65	CN65	CN65	CN65	CN75
	許容耐力(KN/m)	15.6	18.4	20.2	15.6	20.2	18.2	14.3	14.3	17.3	27.3
	壁倍率換算	8.0	10.2	10.3	8.0	10.3	9.3	7.3	7.3	8.8	
	終局耐力(KN/m)	23.4	21.2	30.0	23.4	30.0	27.3	43.3	43.3	49.7	43.6
金物	最大許容引抜力(KN)	41.0	72.0	94.0	47.6	73.0	118.3	318.0	318.0	318.0	245.9
	最大終局引抜力(KN)	193.2	193.5	225.0	224.9	291.0	250.3	410.5	410.5	410.5	280.1
	最下階	ホールダウン	ホールダウン	タイダウン	タイダウン	独自開発	タイダウン	タイダウン	タイダウン	タイダウン	タイダウン
各階のDs		0.3	0.35	0.3、 0.35	0.3	0.3、 0.35	0.3	0.35	0.35	0.35	0.36
たて枠断面		206	206	606(1F)	206	608(1F)	2-204(1,2F) 204 (3,4F)	206	206	206	206
下枠のめり込み対策		D.Firに変更	たて枠の本数 増し	D.Firに変更	D.Firに変更	D.Firに変更	D.Firに変更	D.Firに変更	D.Firに変更	D.Firに変更	たて枠の本数 増し
耐震壁応力算定モデル		まぐさ部分を単純梁とする連層耐力壁モデル									



## 5. 構造計算法の違いによる考察

### ■ 内 容

3階建て、4階建てについて、同じプランで「保有水平耐力計算」と「許容応力度計算」の構造仕様を比較する。

### ■ 耐力壁仕様

3階建て：告示仕様

4階建て：1、2階及び3階X方向に高倍率耐力壁  
(釘打ちCN50@50)

### ■ 比較項目

- ・ 必要耐力壁量に対する余裕率
  - ・ 耐力壁脚部の引き抜き力
- 
-

## 必要耐力壁量に対する余裕率について

$D_s$ （構造特性係数）が0.30の場合、ルート3、ルート1の余裕度の数値は概ね一致し、 $D_s$ が0.35の層で数値に差が出る。

### 3階建て壁量余裕度

方向	階	ルート1 (地震)	ルート3	$D_s$
X	3	0.26	0.27	0.30
	2	0.51	0.55	0.30
	1	0.52	0.57	0.30
Y	3	0.21	0.22	0.30
	2	0.43	0.47	0.30
	1	0.49	0.54	0.30

### 4階建て壁量余裕度

方向	階	ルート1 (地震)	ルート3	$D_s$
X	4	0.50	0.55	0.30
	3	0.77	0.97	<b>0.35</b>
	2	0.81	0.97	<b>0.35</b>
	1	0.76	0.89	<b>0.35</b>
Y	4	0.43	0.48	0.30
	3	0.73	0.80	0.30
	2	0.69	0.85	<b>0.35</b>
	1	0.73	0.89	<b>0.35</b>

# 耐力壁脚部の引き抜き力について

## 3階建て耐力壁脚部引き抜き力

単位:kN

壁番号	ルート1		ルート3		比率(ルート3/ルート1)	
	左端	右端	左端	右端	左端	右端
X0-1	13.77	3.19	70.62	70.62	5.13	22.14
X0-2	3.09	—	62.44	—	20.21	—
X0-3	—	13.87	—	62.44	—	4.5
X4-1	6.41	2.01	15.38	7.26	2.4	3.61
X4-2	5.26	1.81	23.5	31.62	4.47	17.47
X4-3	1.02	8.87	21.75	21.75	21.32	2.45
X8-1	11.63	0.32	70.22	70.22	6.04	219.44
X8-2	6.62	5.33	64.4	52.75	9.73	9.9
X8-3	0.33	12.27	58.57	70.22	177.48	5.72
Y0-1	12.97	0.53	74.72	74.72	5.76	140.98
Y0-2	6.22	6.22	74.72	74.72	12.01	12.01
Y0-3	0.53	12.97	74.72	74.72	140.98	5.76
Y4-1	4	3.38	12.31	12.31	3.08	3.64
Y4-2	3.69	3.69	12.31	12.31	3.34	3.34
Y4-3	4.15	3.23	12.31	12.31	2.97	3.81
Y4-4	2.31	5.08	12.31	12.31	5.33	2.42
Y8-1	15.82	4.52	63.87	35.42	4.04	7.84
Y8-2	4.81	—	26.61	—	5.53	—
Y8-3	—	—	—	—	—	—
Y8-4	—	15.53	—	55.07	—	3.55

ルート3/ルート1比率

ave	max	min
26.42	219.44	2.40

# 耐力壁脚部の引き抜き力について

## 4階建て耐力壁脚部引き抜き力

単位:kN

壁番号	ルート1		ルート3		比率(ルート3/ルート1)	
	左端	右端	左端	右端	左端	右端
X0-1	84.85	46.11	177.75	177.75	2.09	3.85
X0-2	46.11	84.85	177.75	177.75	3.85	2.09
X3-1	43.59	22.99	114.73	114.73	2.63	4.99
X6-1	34.8	14.19	79.76	79.76	2.29	5.62
X8.5-1	79.22	46.84	158.43	158.43	2	3.38
X8.5-2	50.4	82.78	177.75	117.75	3.53	1.42
Y0-1	131.9	122.36	273.38	273.38	2.07	2.23
Y0-2	121.48	132.78	273.38	273.38	2.25	2.06
Y4-1	53.4	49.49	88.44	131.79	1.66	2.66
Y4-2	34.78	68.63	144.84	144.84	4.16	2.11
Y5.5-1	28.65	4.86	130.16	130.16	4.54	26.78
Y5.5-2	20.32	3.46	130.16	130.16	6.41	37.62
Y5.5-3	13.29	37.07	130.16	130.16	9.79	3.51

ルート3/ルート1比率

ave	max	min
5.59	37.62	1.42

## 6. 許容応力度等計算による適用範囲の検討

ーパラメトリックスタディ実施ー

### ■内 容

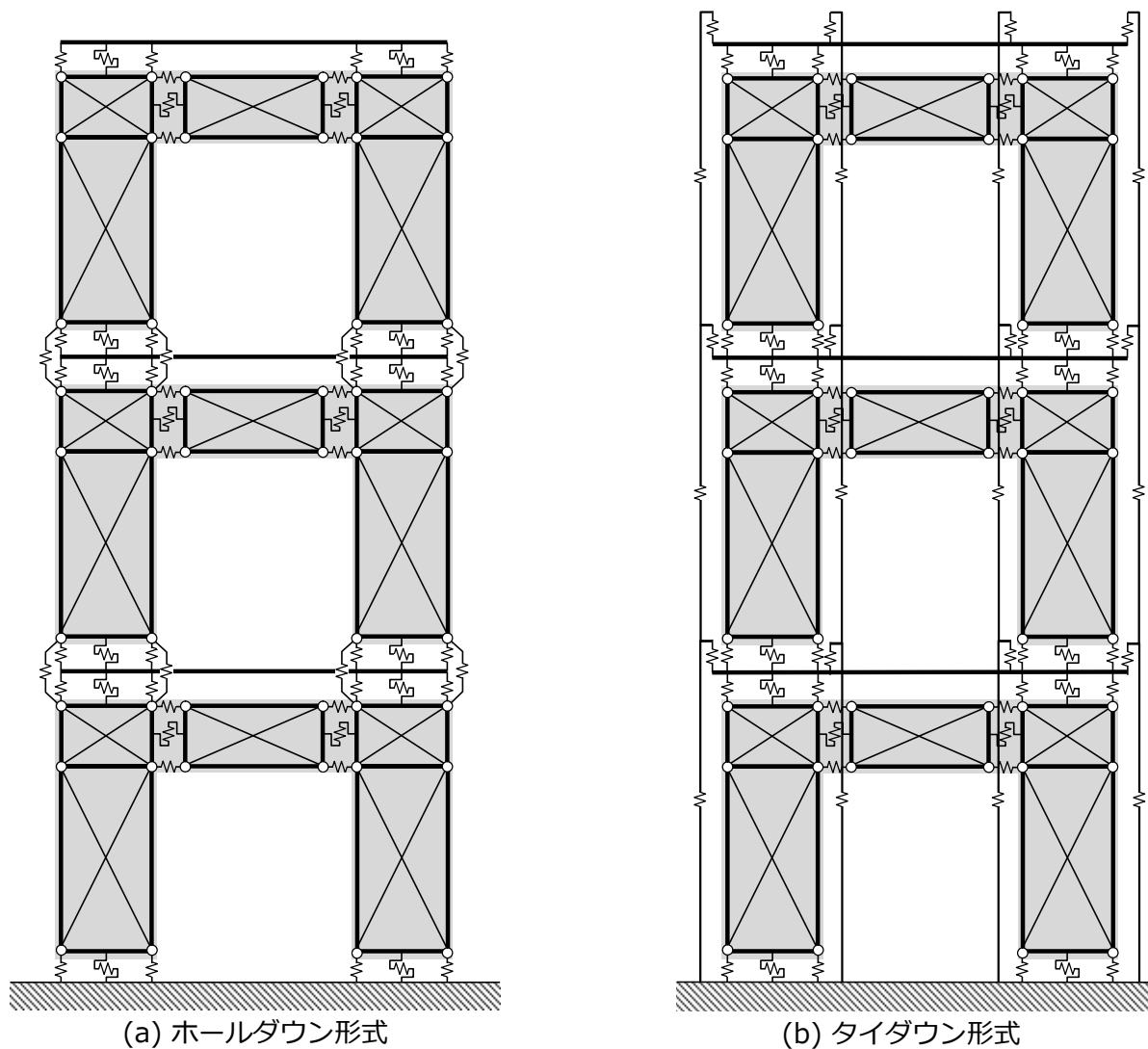
多層階鉛直構面の平面構造モデルについて増分解析を行う。



許容応力度等計算により、安全限界検定を満足するよう各部材の「応力割増率」を求める。

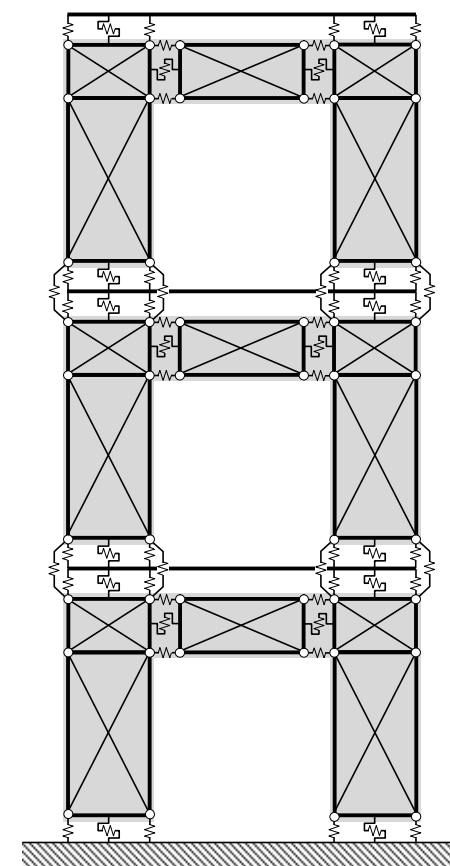
## 6-1. 構造モデル

〈開口両側に耐力壁が配置された1スパン架構モデル〉



## 6-2. 解析パラメータ

項目	内容
層数	3~6
耐力壁幅	1.0, 1.5, 2.0m
開口幅	2.0, 4.0m
階高	2.8, 3.3m
垂れ壁	有, 無
耐力壁 壁倍率	5, 10, 15, 20, 25
最上階 壁充足率	1.5, 2.0
耐力壁引抜き抵抗形式 (固定金物)	ホールダウン(3, 4層) タイダウン (4~6層)



(a) ホールダウン形式

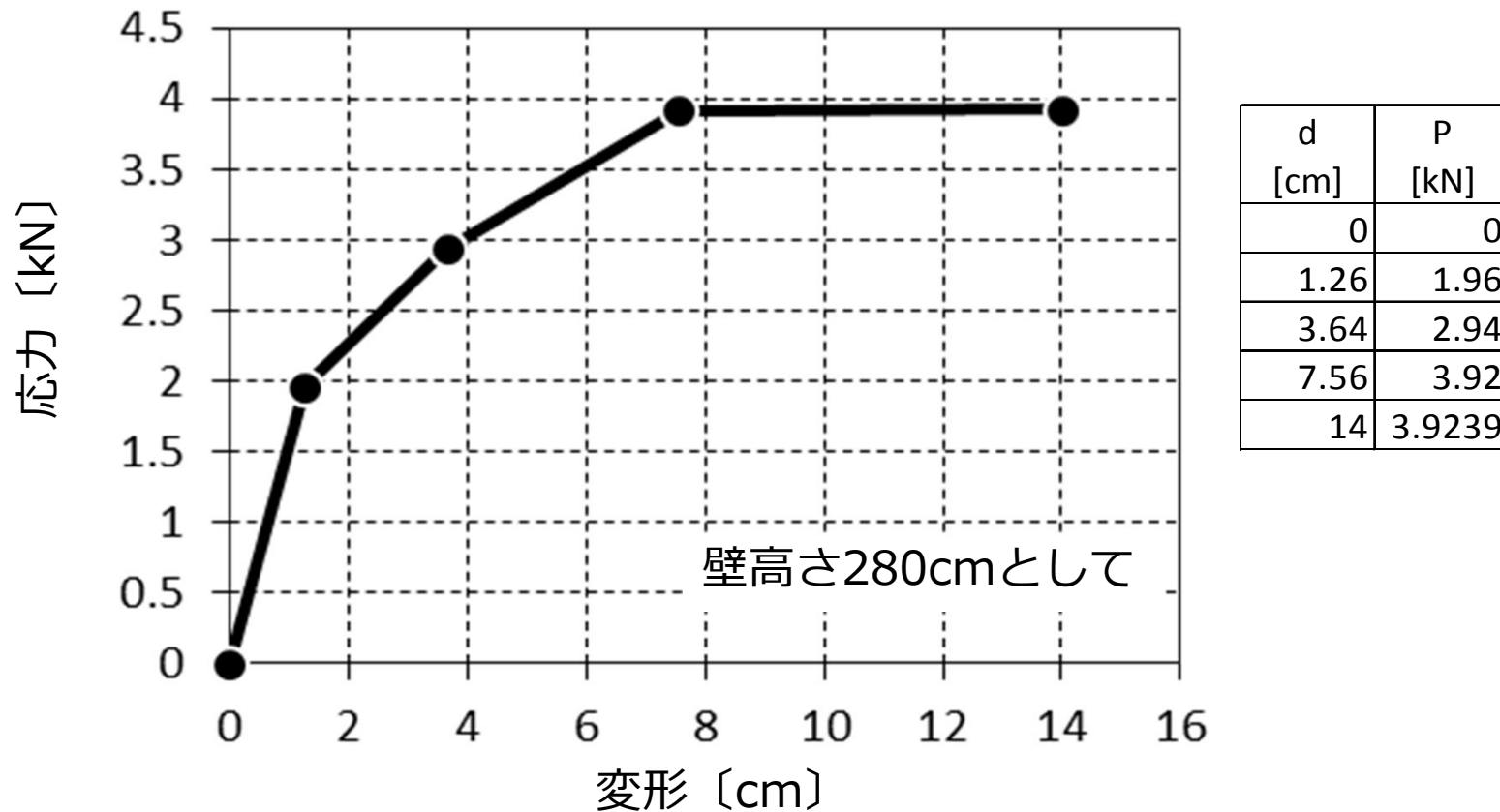
## 6-3. 要素の応力変形特性の設定方法

部 位	応力変形関係
①壁置換ブレース	【非線形】 当該壁の面内せん断力に対する応力変形関係。
②壁枠組材	【線形】 曲げ剛性は0、軸剛性は剛相当。 枠組材の剛性は壁の応力変形関係に含まれると解釈。
③梁(横架材)	【線形】 部材断面に応じた曲げ剛性。軸方向は剛相当。
④耐力壁上下端引張バネ (ホールダウン)	【線形・圧縮には無抵抗】 接合部(ホールダウン)の引張剛性。
⑤耐力壁上下端圧縮バネ	【線形・引張には無抵抗】 たて枠の根太に対するめり込み剛性。
⑥垂壁端引張バネ	【非線形・圧縮には無抵抗】 掛け張り面材の接合具の応力変形関係。 垂壁上端は剛相当。
⑦垂壁端圧縮バネ	【非線形・引張には無抵抗】 耐力壁たて枠に対するめり込み剛性。 垂壁上端は剛相当。
⑧各部せん断バネ	【剛相当】 せん断応力検出用として剛相当。
⑨タイダウン引張バネ	【線形】 タイダウンロッドの引張剛性。
⑩タイダウン座金圧縮バネ	【非線形】 タイダウン座金の根太に対するめり込み剛性。



### ①壁置換ブレース【非線形】

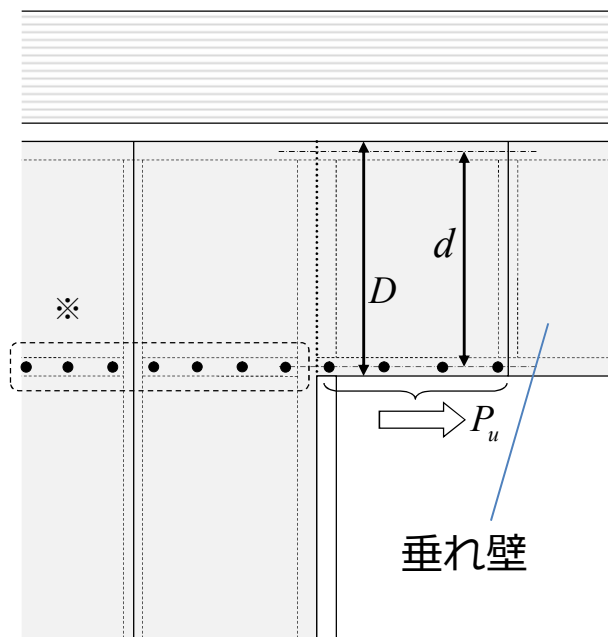
合板張り耐力壁の面内せん断試験の結果に基づき  
応力変形関係を設定した。



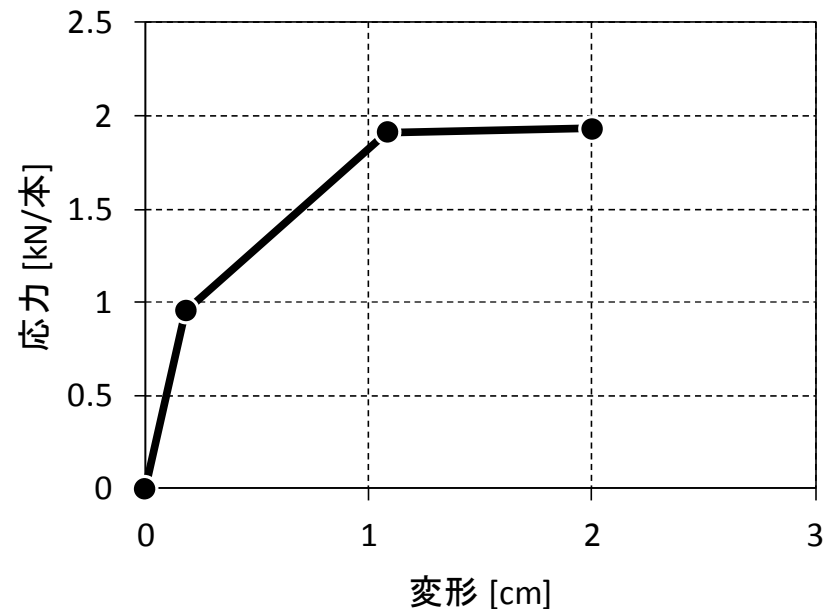
耐力壁の応力変形関係（壁倍率1.0×壁長1.0m）

## ⑥垂れ壁下端引張バネ【非線形・圧縮には無抵抗】

- ・面材が掛け張りになっているものとし、垂れ壁下端の引張バネには面材接合具の応力変形特性とした。
- ・接合具本数：面材の曲げ強さが面材接合具のせん断強さから決定される曲げ耐力と等しいものとして算出。



開口隅部の構成



面材接合具(CN65+OSB12mm) の  
応力変形関係

## 6-4. 許容応力度等計算で大地震時の結果を推定する 割増率について

ベースシア係数0.2時の地震力による応力に対して検定時に乗じる応力割増率 $R_f$ を、終局時(保有水平耐力時)検定を満足することを条件として次のように求める。

塑性変形部材(耐力壁など)  $R_f = \max(R_{f1}, 1.0)$

弾性部材(床梁、枠組材、接合部など)  $R_f = \max(R_{f1}, R_{f2}, 1.0)$

ここで、

$$R_{f1} = \frac{Q_{aw}}{Q_u} \cdot \frac{D_s}{0.2} \quad , \quad \text{[参考]} \quad R'_{f1} = \frac{Q_{150}}{Q_u} \cdot \frac{D_s}{0.2}$$

$$R_{f2} = \frac{f_s}{F} \cdot \frac{S_u}{S_{aw}}$$

$f_s$  : 短期許容応力度または短期許容耐力

$F$  : 基準強度または終局耐力

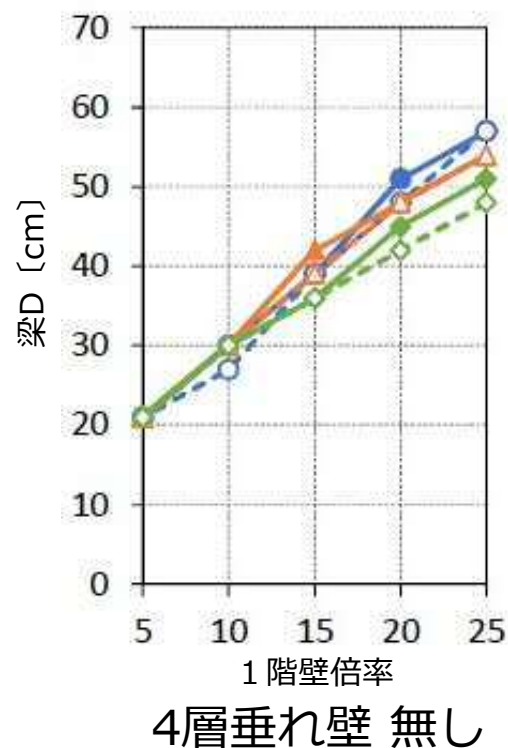
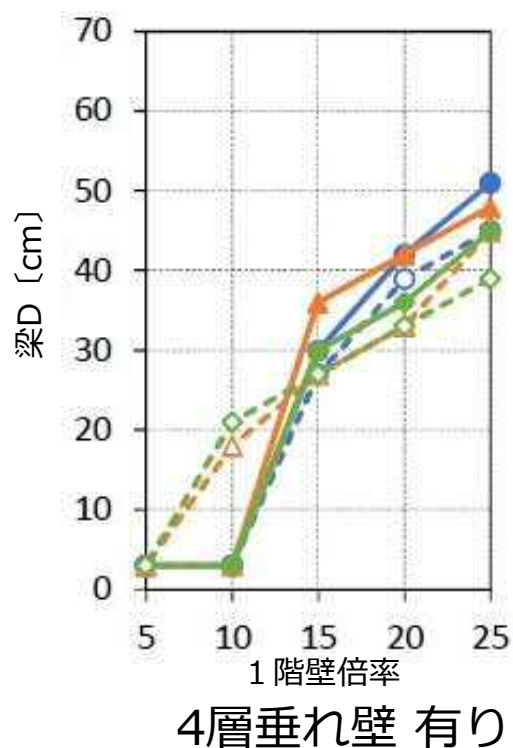
$S_u$  :  $Q_u$ 時応力 ( $Q_u$ :解析終了時 (=最大応答時) のベースシア)

$S_{aw}$  :  $Q_{aw}$ 時応力 ( $Q_{aw}$ :いずれかの壁の負担水平力が許容水平耐力の達するときのベースシア)

## 6-5. 解析結果

### <垂れ壁の有無について>

- ・ 4層以上の架構では、垂れ壁有りでも1階の壁倍率が10以上（開口幅2mの場合）で床梁が必要となる。
- ・ 1階壁倍率が大きくなるにつれて必要な梁せいは大きくなり1階壁倍率が20倍で、40cm程度必要となる。

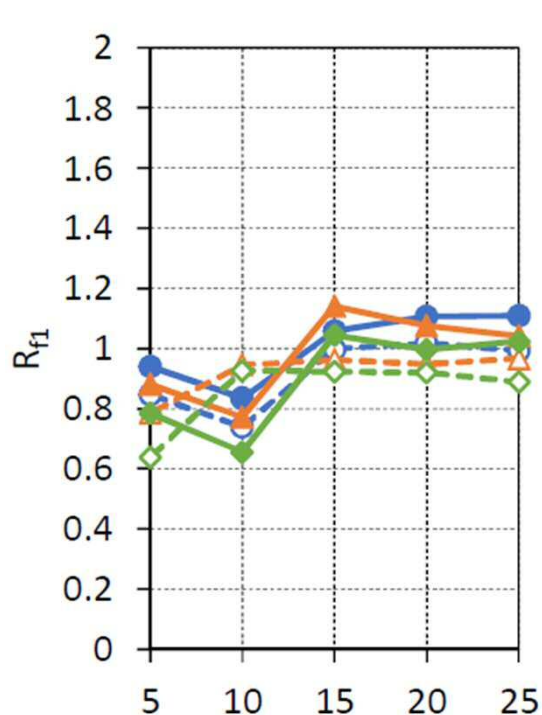


Lw:耐力壁幅  
Lo:開口幅

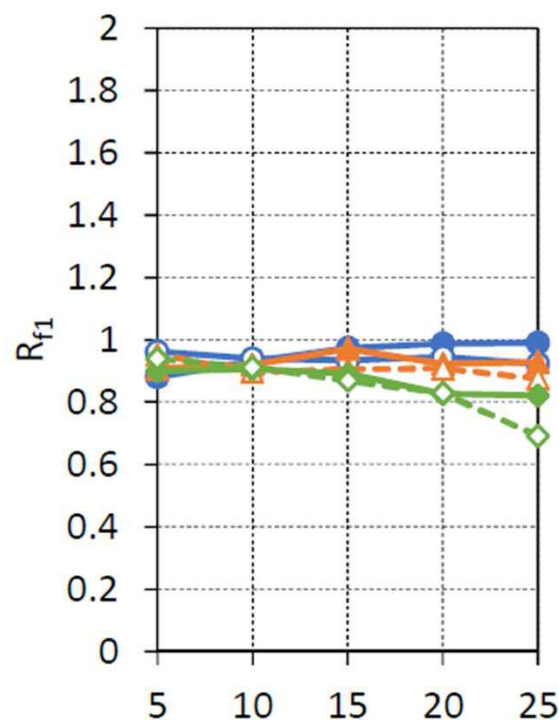
## 6-5. 解析結果

### 〈耐力壁応力割増率 $R_{f1}$ について〉

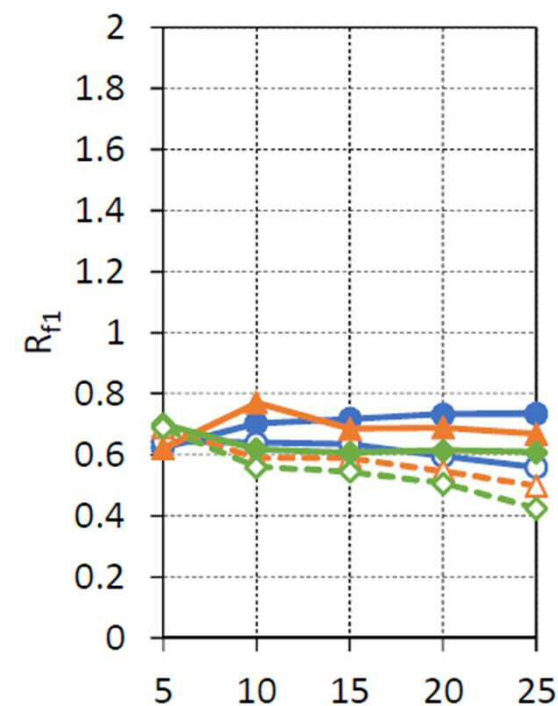
- ・ 4層・垂れ壁有りで1階壁倍率10以下で1以下。
- ・ 4層・垂れ壁無しで1階壁倍率によらずほぼ1以下。
- ・ 5層以上はいずれの場合も1以下。



1階壁倍率  
4層垂れ壁 有り



1階壁倍率  
4層垂れ壁 無し



1階壁倍率  
6層垂れ壁 無し

## 6-5. 解析結果

〈梁・接合部の応力割増係数  $R_{f2}$  について〉

### $R_{f2}$ の概略値

層数	壁端 <sup>※1</sup>	垂壁有り			垂壁無し		
		$R_{f2G}$	$R_{f2T}$	$R_{f2C}$	$R_{f2G}$	$R_{f2T}$	$R_{f2C}$
3	HD	—	1.4	1.3	2.1	1.3	1.4
4	HD	2.1	1.5	1.4	1.9	1.4	1.4
4	TD	2	1.3	1.4	2.1	1.3	1.4
5	TD	2	1.3	1.4	2.2	1.2	1.4
6	TD	2.2	1.3	1.4	2.3	1.3	1.4

※HD：ホールダウン、TD：タイダウン

$R_{f2G}$ ：床梁の $R_{f2}$

$R_{f2T}$ ：耐力壁上下端引張力の $R_{f2}$

$R_{f2C}$ ：耐力壁上下端圧縮力の $R_{f2}$

## 6-6. 解析結果まとめ

- ・耐力壁の応力割増率 $R_{f1}$ について、概ねすべてのケースで1.0以下であることから、耐力壁の検定について特段の応力割増しは必要ない。
- ・梁、接合部の応力割増率 $R_{f2}$ については、梁についての割増率 ( $R_{f2G}$ ) は2.1前後となり、耐力壁上下端の引張力および圧縮力の割増率 ( $R_{f2T}$ および $R_{f2C}$ ) は、1.4前後である。  
解析結果を考慮して $R_{f2}$ の推奨値を設定する。






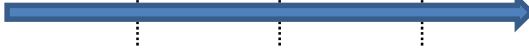
### $R_{f2}$ の推奨値

垂壁有り			垂壁無し		
$R_{f2G}$	$R_{f2T}$	$R_{f2C}$	$R_{f2G}$	$R_{f2T}$	$R_{f2C}$
2.2	1.5	1.4	2.3	1.4	1.4

## 7. 本年度の計画

平成30年度は平成29年度の検討結果を元に以下の検討を計画している。

- (3) 耐力壁及び接合方法等の耐震要素に関する性能の確認
- (4) 許容応力度等計算による適用範囲の設定
- (5) 構造設計法の妥当性確認実験
- (6) 構造設計法（構造計算指針案）の提案

工 程	平成29年度	平成30年度
(1)実態調査		
(2)異なった計算法による結果の照合と課題の抽出		
(3)耐力壁及び接合方法等の耐震要素に関する性能確認		
(4)許容応力度等計算による適用範囲の設定		
(5)構造設計法の妥当性確認実験		
(6)構造設計法の提案（構造計算指針案）		