

第 5 章 高耐力壁と接合金物を組合せた解析モデル

(改良案)

【注】令和7年3月以降に、第4章に載せている面材の面内せん断試験の結果に誤りがあったことが判明しました。このため、本書のWebでの公開に当たっては、この章で関連する説明・報告内容等の修正を行いました。

5. 高耐力壁と接合金物を組合せた解析モデル（改良案）

5.1 はじめに

本章では、耐力壁について弾塑性解析モデルを用いた増分解析に（株式会社 構造システム SNAP ver. 7.0.1.5 を使用）より、実験を行った耐力壁の特性を再現また実験を行っていない仕様についての耐力予測等を行うことを目的とした。

また、詳細計算法に係わる検討として各種釘の一面せん断性能を用いた検討を行う。

5.2 解析モデルについて

5.2.1 モデルの概要

解析モデルの各部要素は柱、梁、胴つなぎ材等の軸材は、断面積 A 、ヤング係数 E を設定する。面材釘は要素試験（ASTM 準拠試験、グレー本準拠試験）からバイリニアやトリリニアモデルとする。

面材釘の特性値は ASTM 準拠試験やグレー本準拠試験等の結果から設定した。面材釘のせん断ばねは昨年度まで面材釘複数本分を集約して配置していたが、より精密に再現するため実際に留め付ける本数分をせん断ばねとしてモデル化した。モデルの概要図にあるように、面材釘のせん断ばねは 1 箇所 に 2 軸で配置する。

柱脚固定式の耐力壁試験を再現するモデルを構築する際には、柱脚金物の引張ばねは実験結果よりバイリニアモデルで設定する。

表 5-1 柱脚固定式耐力壁の解析モデルの概要

項目	モデル化概要
壁高さ×長さ	3680mm（横架材芯距離）×910mm（柱芯距離）
梁	120mm×360mm、E105-F300 （断面積 $A=120\text{mm} \times 360\text{mm}$ 、ヤング係数 $E=10.5 \times 10^3\text{N/mm}^2$ で設定）
柱	120mm×120mm、E95-F315 （断面積 $A=120\text{mm} \times 120\text{mm}$ 、ヤング係数 $E=9.5 \times 10^3\text{N/mm}^2$ で設定）
柱脚接合金物	柱脚金物 TB-D9 実験の $P-\delta$ よりバイリニアモデルに設定
柱-梁	ピン接合
柱-胴つなぎ材	ピン接合
柱脚	ピン接合
面材釘	面材釘は留め付けた個所数分モデル化を行う。特性値は下記 4 種類とする。 ①要素試験（ASTM 準拠、単調載荷）の $P-\delta$ よりトリリニアに設定 ②要素試験（グレー本準拠）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定 ③要素試験（ASTM 準拠、単調載荷）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定 ④要素試験（ASTM 準拠、正負交番）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定

昨年度解析モデルからの変更点として面材釘の実本数分のモデル化の他に胴つなぎ材、土台側受材を追加、柱脚金物の水平変位を拘束するため鉛直方向ローラーを追加した。

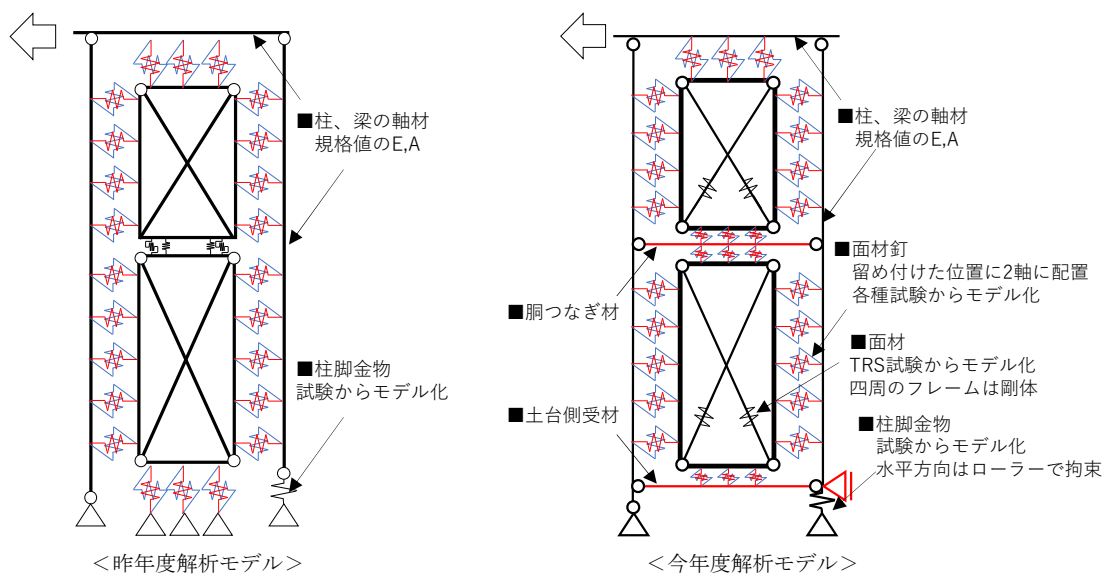


図 5-1 柱脚固定式の耐力壁試験を再現した解析モデルの概要

5.2.2 各部ばねの設定

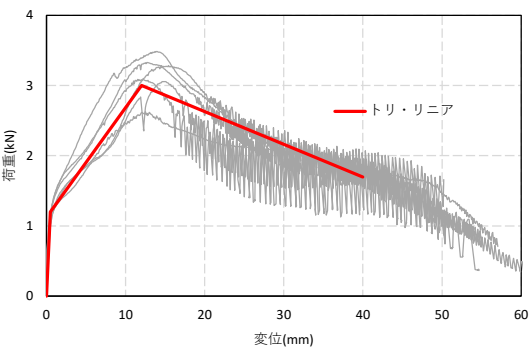
(1) 面材釘のモデル化

1) 構造用合板 18mm 厚全層カラマツ-CNZ75

面材釘のせん断ばねは各要素試験の結果から、下記①～④のように設定した。

① 要素試験（ASTM 準拠、単調載荷）の P-δ よりトリリニアに設定

面材釘 1 本あたりの剛性は、釘の一面せん断試験結果より以下の通り設定した。

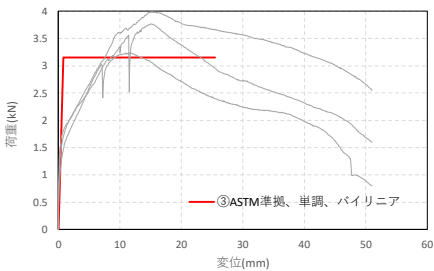


$f_c = 1.2 \text{ kN}$ 、 $d_c = 0.5 \text{ mm}$ 、
 $f_y = 3.0 \text{ kN}$ 、 $d_c = 12 \text{ mm}$ 、
 $K1 = 2.4 \text{ kN/mm}$
 $K2 = \alpha \times K1 \text{ kN/mm}$
 $K3 = \beta \times K1 \text{ kN/mm}$
 $\alpha = 0.065$
 $\beta = -0.019$

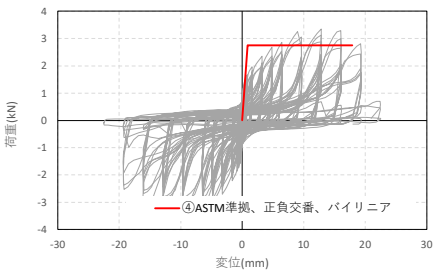
- ② 要素試験（グレー本準拠）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定
- ③ 要素試験（ASTM 準拠、単調載荷）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定
- ④ 要素試験（ASTM 準拠、正負交番）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定

図 5-2 [表 4-10 一部抜粋]

試験方法	ASTM (要素)		グレー本 (壁)
加力方法	単	繰	—
接合具	CNZ75		
面材	構造用合板 全層カラマツ、18mm 厚		
	—		$G_{実} = 53 \text{ kN/cm}^2$
$\Delta p_v \text{ (kN)}$	3.15	2.75	3.00
$k \text{ (kN/cm)}$	21.8	17.4	20.00
$\delta v \text{ (cm)}$	0.15	0.16	0.15
$\delta u \text{ (cm)}$	2.55	1.79	2.08
	↑③	↑④	↑②



<ASTM 準拠 単調>



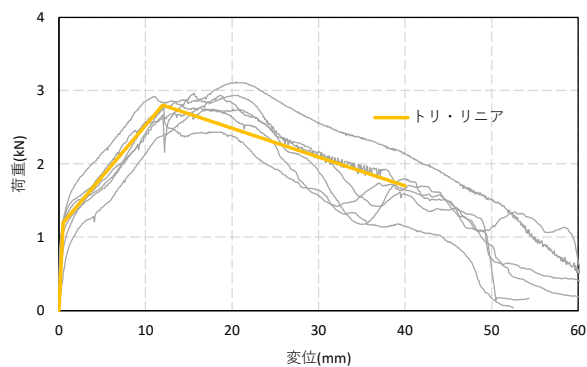
<ASTM 準拠 正負交番>

図 5-3 面材釘のせん断ばねの設定

2) 構造用合板 24mm 厚全層スギ-CNZ75

面材釘のせん断ばねは各要素試験の結果から、下記①～④のように設定した。

① 要素試験（ASTM 準拠、単調载荷）の P-δ よりトリリニアに設定



$$f_c = 1.2 \text{ kN}, d_c = 0.5 \text{ mm},$$

$$f_y = 2.8 \text{ kN}, d_c = 12 \text{ mm},$$

$$K1 = 2.4 \text{ kN/mm}$$

$$K2 = \alpha \times K1 \text{ kN/mm}$$

$$K3 = \beta \times K1 \text{ kN/mm}$$

$$\alpha = 0.058$$

$$\beta = -0.016$$

② 要素試験（グレー本準拠）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定

③ 要素試験（ASTM 準拠、単調载荷）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定

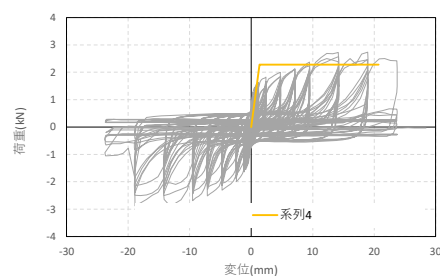
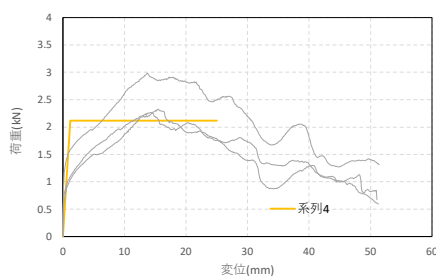
④ 要素試験（ASTM 準拠、正負交番）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定

試験方法	ASTM (要素)		グレー本 (壁)
加力方法	単	繰	—
接合具	CNZ75		
面材	構造用合板 全層スギ、24mm 厚		
	—		$G_{実} = 43 \text{ kN/cm}^2$
Δp_v (kN)	2.12	2.28	2.78
k (kN/cm)	12.0	12.0	11.58
δv (cm)	0.12	0.14	0.24
δu (cm)	2.50	2.07	2.58

↑ ③

↑ ④

↑ ②



<ASTM 準拠 単調>

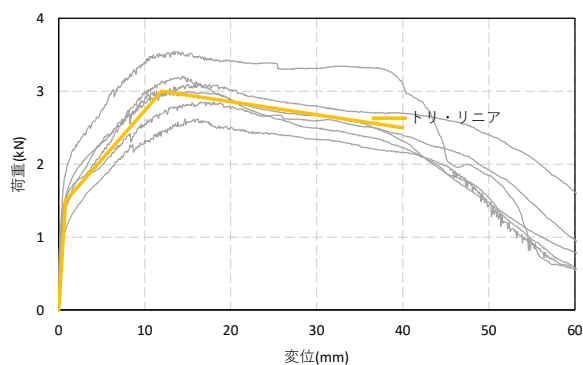
<ASTM 準拠 正負交番>

図 5-4 面材釘のせん断ばねの設定

3) MDF 18mm 厚-CNZ75

面材釘のせん断ばねは各要素試験の結果から、下記①～④のように設定した。

① 要素試験（ASTM 準拠、単調載荷）の P-δ よりトリリニアに設定



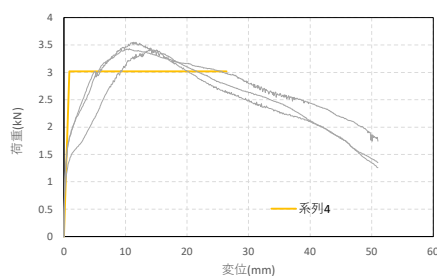
$f_c = 1.5 \text{ kN}$ 、 $d_c = 0.8 \text{ mm}$ 、
 $f_y = 3.0 \text{ kN}$ 、 $d_c = 12 \text{ mm}$ 、
 $K_1 = 1.9 \text{ kN/mm}$
 $K_2 = \alpha \times K_1 \text{ kN/mm}$
 $K_3 = \beta \times K_1 \text{ kN/mm}$
 $\alpha = 0.071$
 $\beta = -0.010$

① 要素試験（グレー本準拠）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定

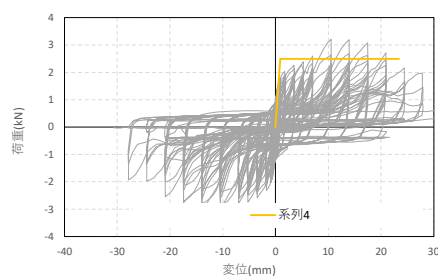
② 要素試験（ASTM 準拠、単調載荷）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定

③ 要素試験（ASTM 準拠、正負交番）の評価結果（平均値）よりバイリニアに設定

試験方法	ASTM (要素)		グレー本 (壁)
加力方法	単	繰	—
接合具	CNZ75		
面材	MDF 18mm 厚		
	—		$G_{実} = 96 \text{ kN/cm}^2$
$\Delta p_v \text{ (kN)}$	3.02	2.49	2.96
$k \text{ (kN/cm)}$	19.5	19.0	17.41
$\delta v \text{ (cm)}$	0.09	0.09	0.17
$\delta u \text{ (cm)}$	2.64	2.34	2.07
	↑ ③	↑ ④	↑ ②



<ASTM 準拠 単調>

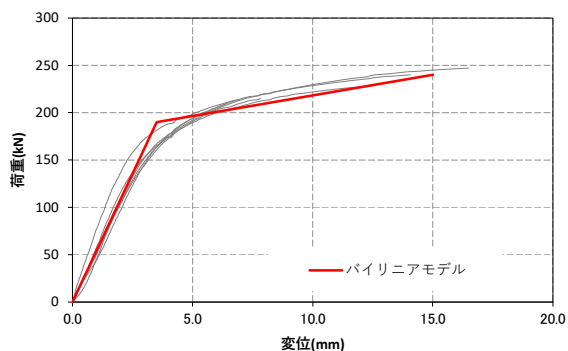


<ASTM 準拠 正負交番>

図 5-5 面材釘のせん断ばねの設定

(2) 柱脚金物 TB-D9 のモデル化

引張ばね①の特性は、2019 年度実施した柱脚接合金物試験「HD-D9」(=TB-D9)の試験結果に基づいて設定した。試験体 6 体の荷重変形関係を平均して、その平均の荷重変形関係に合うような骨格曲線とし、終局耐力を 200kN となるような引張ばねとして設定した。



$P_y = 160 \text{ kN}$, $d_c = 0.5 \text{ mm}$,

$K_1 = 53.3 \text{ kN/mm}$

$K_2 = 0.23 K_1$

(3) 面材のせん断パネルのモデル化

面材のせん断パネルは、TRS 試験で得られたせん断弾性係数 G から、たすき掛けブレースの単軸ばねに変換する。

910×1820 の面材の単軸ばねの設定例を以下に示す。

$$G = \frac{\tau}{\gamma}$$

$$\tau = \frac{Q}{tB}, \quad \gamma = h/D$$

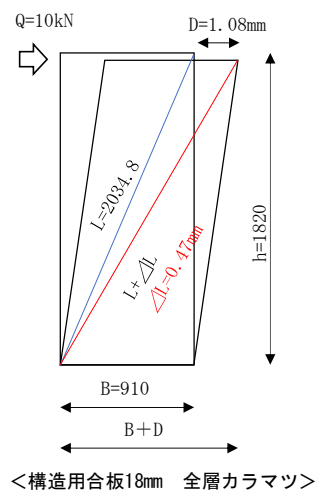
$$G = \frac{Qh}{tB}$$

$$K = \frac{Q}{D} = \frac{GtB}{h}$$

ここで、 G :せん断弾性係数、 Q :せん断力、 t :面材厚、 B :面材幅、 h :面材高さ、 D :面材のせん断変形量

たすき掛けブレースのばね K は、

$$K = \frac{N}{2\angle L} = \frac{LQ}{2\angle LB}$$



種類	せん断弾性 ^{※1} G (kN/cm ²)	面材厚さ t (mm)	幅 B (mm)	高さ h (mm)	断面積 As (mm ²)	K ^{※2} (kN/mm)	せん断力 Q (kN)	変位 D (mm)	ブレース長 L (mm)	ブレース軸力 N (kN)	水平変位 B+D (mm)	∠L mm	ブレース 1本分のばね	
													N/2	K
構造用合板18mm 全層カラマツ	53	18	910	1820	16380	4.8	10.0	2.10	2034.8	22.361	912.1	0.94	11.18	11.9
構造用合板24mm 全層スギ	43	24	910	1820	21840	5.2	10.0	1.94	2034.8	22.361	911.9	0.87	11.18	12.9
MDF 18mm	96	18	910	1820	16380	8.6	10.0	1.16	2034.8	22.361	911.2	0.52	11.18	21.6

※1: TRS試験結果

※2: $\tau = G \cdot \gamma$

$P/As = G \cdot \angle L/h$ より

$K = G \cdot As/h$

5.3 解析結果

5.3.1 グレー本準拠試験の試験体再現モデル

5.2.1 で提案した解析モデルについて、グレー本準拠の釘の一面せん断試験の試験体について解析を行い再現可能か確認する。グレー本準拠の試験結果と解析結果の比較を図 5-7 に示す。

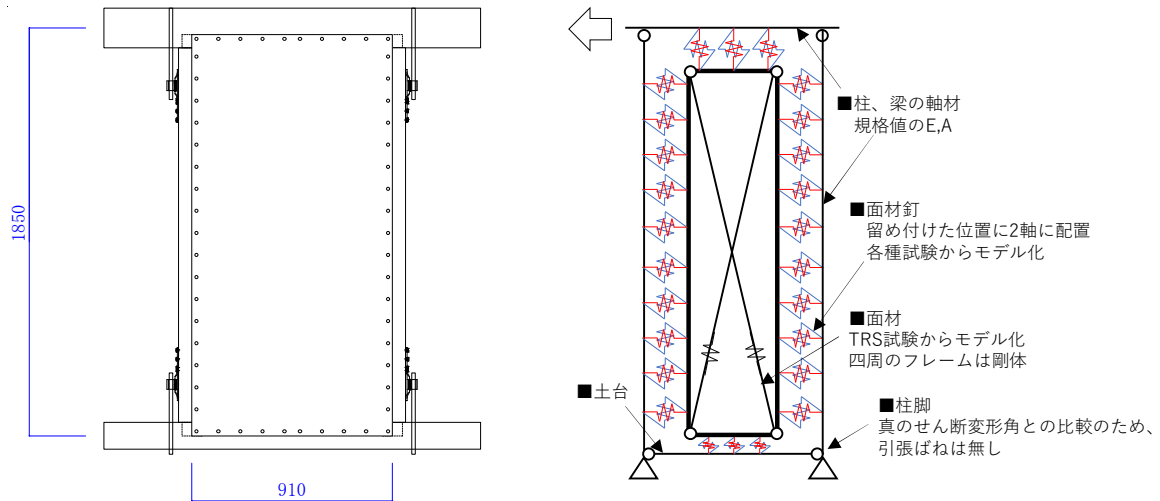


図 5-6 グレー本準拠試験の試験体を再現した解析モデル概要

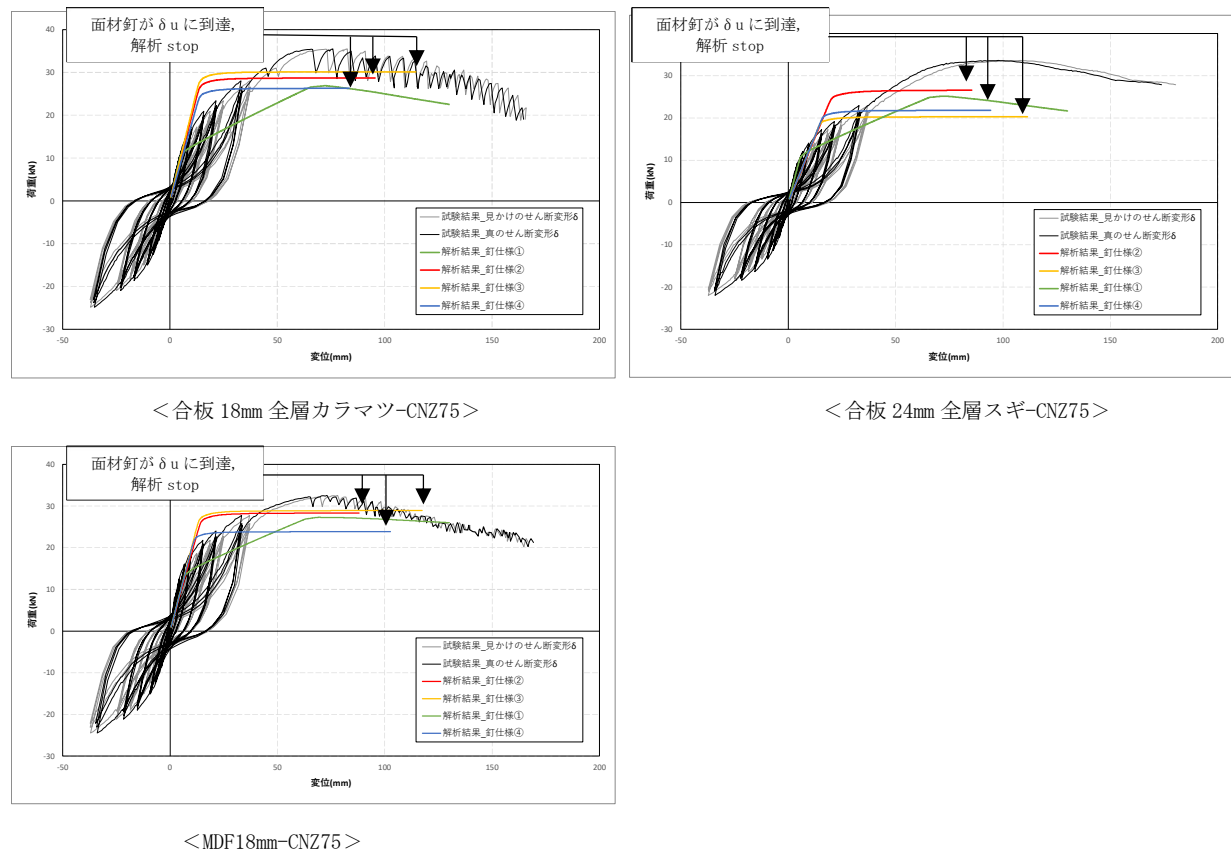


図 5-7 実験結果と解析結果の比較

5.3.2 タイロッド式耐力壁試験体の再現モデル

タイロッド式の耐力壁試験を再現する解析モデルを図 5-8 に示す。真のせん断変形と比較するため、タイロッドを引張ばねとしてモデル化は行わない。

解析結果は、初期剛性は試験結果と整合するが試験は変形が大きくなると徐々に剛性低下していくが、解析では変形に伴う剛性低下を再現できなかった。

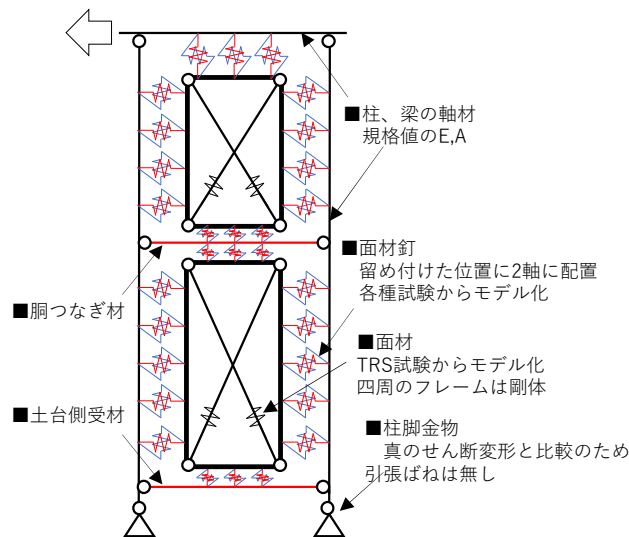


図 5-8 タイロッド式耐力壁試験体を再現した解析モデル概要

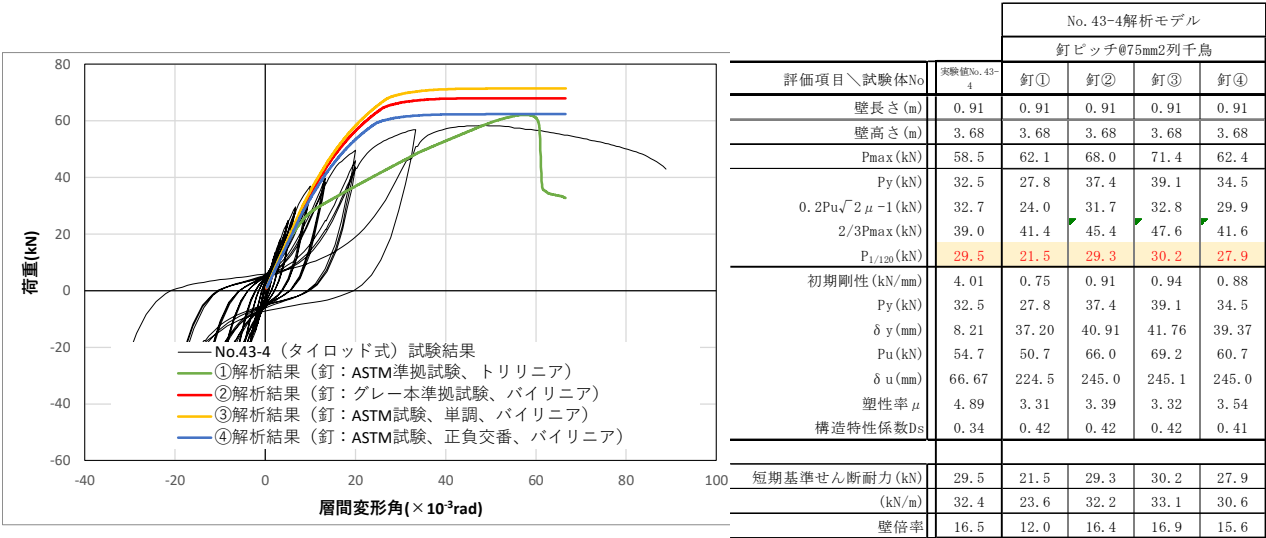


図 5-9 実験結果と解析結果の比較

5.3.3 柱脚固定式耐力壁試験体の再現モデル

柱脚固定式で実施した No. 54 (No. 43 構造用合板 18mm 厚、全層カラマツ、大壁仕様の柱脚固定仕様) の実験結果と、面材釘の特性値①～④の解析結果の比較を図 5-10 に示す。面材釘の特性値① (ASTM 準拠トリリニアモデル) を用いた場合、初期剛性は壁実験と整合するが、その後剛性が低下し整合しなくなった。また、特性値②～④を用いた場合は、概ね実験結果と整合する結果となった。柱脚接合金物の降伏が早い時点で発生しているの、その影響を大きく受けていることが予想された。

構造特性値についても特性値②～④の場合は概ね壁実験の結果と整合することがわかった。

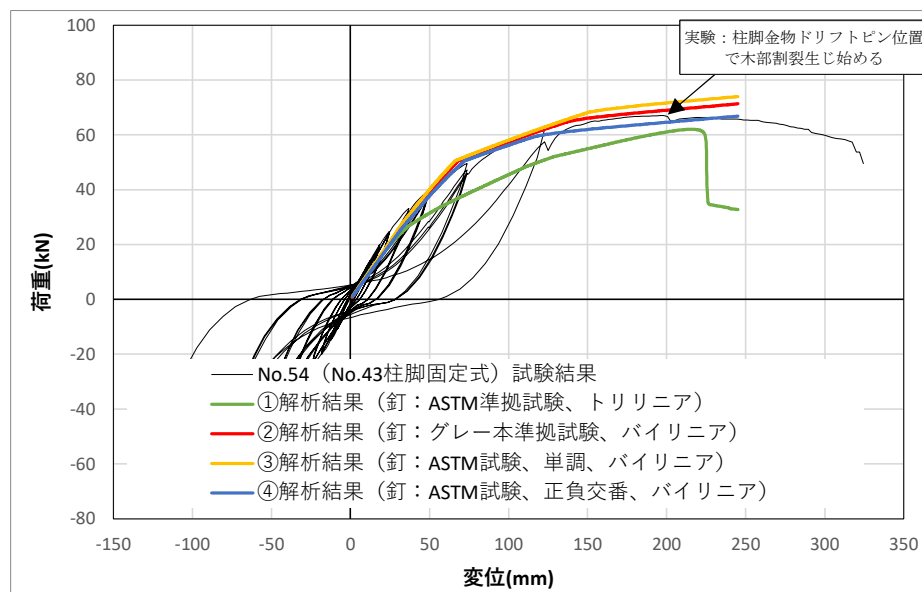


図 5-10 荷重変形関係の比較

表 5-2 構造特性値の比較

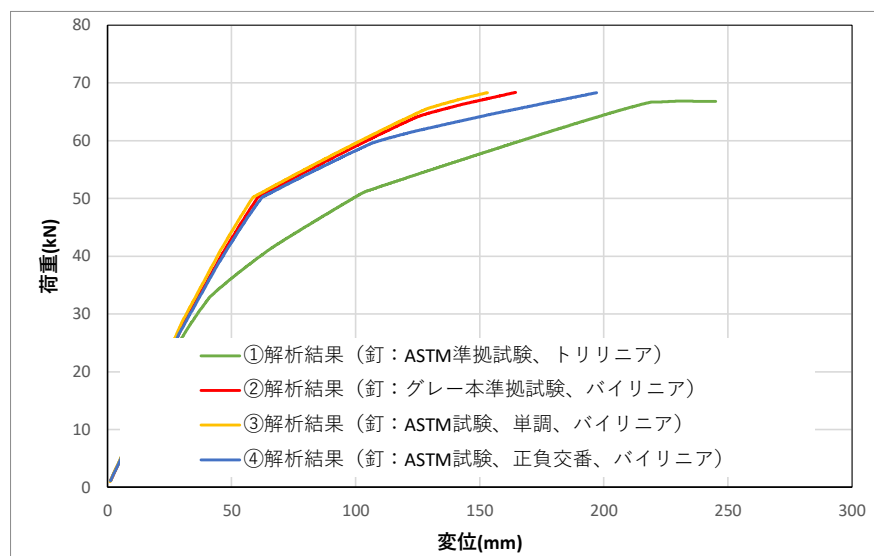
評価項目 \ 試験体No	No. 54解析モデル				
	No. 54 (実験値)	釘ピッチ@75mm2列千鳥			
		釘①	釘②	釘③	釘④
壁長さ (m)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
壁高さ (m)	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
P _{max} (kN)	66.9	62.0	71.3	74.0	66.8
P _y (kN)	35.7	31.0	46.3	47.1	44.6
0.2P _u √2μ-1 (kN)	29.7	22.4	28.3	29.0	27.0
2/3P _{max} (kN)	44.6	41.3	47.5	49.3	44.5
P _{1/120} (kN)	29.2	23.4	25.4	26.0	24.5
初期剛性 (kN/mm)	0.85	0.64	0.76	0.78	0.73
P _y (kN)	35.7	31.0	46.3	47.1	44.6
δ _y (mm)	41.93	48.76	61.05	60.62	61.23
P _u (kN)	62.1	53.9	65.4	67.2	62.1
δ _u (mm)	245.33	225.3	245.0	245.1	245.0
塑性率 μ	3.36	2.66	2.84	2.83	2.87
構造特性係数Ds	0.42	0.48	0.46	0.46	0.46
短期基準せん断耐力 (kN)	29.2	22.4	25.4	26.0	24.5
(kN/m)	32.1	24.6	27.9	28.5	27.0
壁倍率	16.4	12.6	14.3	14.6	13.8

5.3.4 柱脚固定式耐力壁試験体 未実施仕様の特性予測

5.3.3節で示した解析モデルにおいて面材が MDF18mm 厚の場合や、釘ピッチが変わった場合について解析を行い耐力の予測を行う。

■MDF 18mm 厚／大壁仕様／縦列 CNZ75@75mm 2 列千鳥、横列 CNZ75@200mm 2 列千鳥

タイロッド式で試験を行った No. 46 について、柱脚金物 TB-D9 を配置した場合の解析し、耐力を予測した。

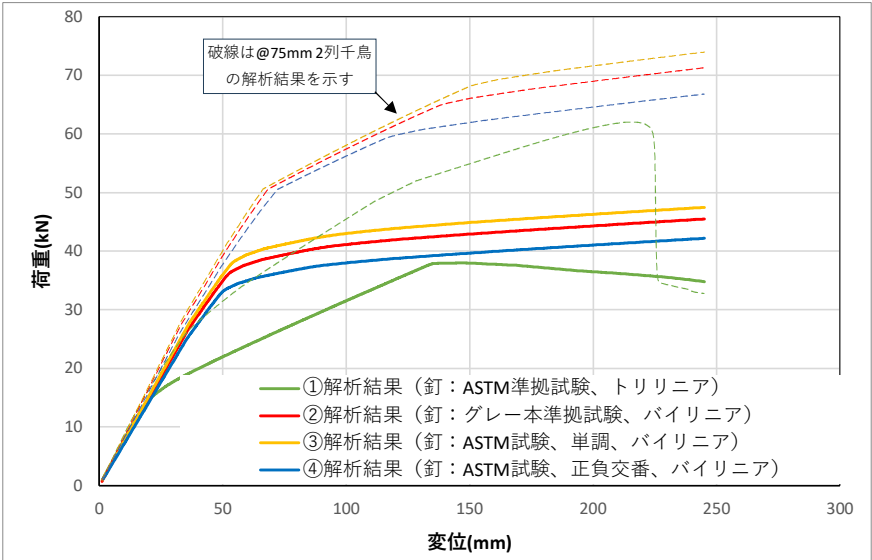


No.46 + 柱脚接合金物モデル

評価項目\試験体No	釘ピッチ@75mm2列千鳥			
	釘①	釘②	釘③	釘④
壁長さ (m)	0.91	0.91	0.91	0.91
壁高さ (m)	3.68	3.68	3.68	3.68
Pmax (kN)	66.8	68.4	68.3	68.3
Py (kN)	36.3	45.6	45.6	45.6
0.2Pu√2μ-1 (kN)	26.3	23.2	22.6	25.7
2/3Pmax (kN)	44.5	45.6	45.5	45.5
P1/120 (kN)	26.4	28.3	29.2	28.0
初期剛性 (kN/mm)	0.72	0.85	0.88	0.83
Py (kN)	36.3	45.6	45.6	45.6
δy (mm)	50.21	53.66	51.95	54.78
Pu (kN)	58.6	62.0	61.6	62.2
δu (mm)	245.07	164.44	153.05	197.07
塑性率 μ	3.02	2.25	2.18	2.64
構造特性係数Ds	0.45	0.53	0.55	0.48
短期基準せん断耐力 (kN)	26.3	23.2	22.6	25.7
(kN/m)	28.9	25.5	24.8	28.3
壁倍率	14.8	13.0	12.7	14.4

■構造用合板 18mm 全層カラマツ／大壁仕様／縦列 CNZ75@150mm 2 列千鳥、横列 CNZ75@200mm 2 列千鳥

構造用合板 18mm 全層カラマツの大壁仕様について縦列を CNZ75@150mm 2 列千鳥とした場合の解析を行った。@150mm 2 列千鳥とした場合、面材釘の終局変位を迎えるのが遅く、結果的に評価としては CNZ75@75mm 2 列千鳥に比べ 2～3 割程度低い耐力となった。



		No. 54解析モデル				
		釘ピッチ@75mm2列千鳥				
評価項目\試験体No	No. 54 (実験値)	釘①	釘②	釘③	釘④	
壁長さ(m)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	
壁高さ(m)	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	
Pmax(kN)	66.9	62.0	71.3	74.0	66.8	
Py(kN)	35.7	31.0	46.3	47.1	44.6	
0.2Pu√2μ-1(kN)	29.7	22.4	28.3	29.0	27.0	
2/3Pmax(kN)	44.6	41.3	47.5	49.3	44.5	
Pl/120(kN)	29.2	23.4	25.4	26.0	24.5	
初期剛性(kN/mm)	0.85	0.64	0.76	0.78	0.73	
Py(kN)	35.7	31.0	46.3	47.1	44.6	
δy(mm)	41.93	48.76	61.05	60.62	61.23	
Pu(kN)	62.1	53.9	65.4	67.2	62.1	
δu(mm)	245.33	225.3	245.0	245.1	245.0	
塑性率μ	3.36	2.66	2.84	2.83	2.87	
構造特性係数Ds	0.42	0.48	0.46	0.46	0.46	
短期基準せん断耐力(kN)	29.2	22.4	25.4	26.0	24.5	
(kN/m)	32.1	24.6	27.9	28.5	27.0	
壁倍率	16.4	12.6	14.3	14.6	13.8	

釘ピッチ@150mm2列千鳥				
釘①	釘②	釘③	釘④	
0.91	0.91	0.91	0.91	
3.68	3.68	3.68	3.68	
38.0	45.5	47.5	42.2	
16.6	34.2	35.6	31.7	
19.4	22.7	23.5	21.4	
25.3	30.3	31.6	28.1	
17.9	22.7	23.3	21.7	
0.64	0.70	0.72	0.67	
16.6	34.2	35.6	31.7	
25.71	48.66	49.44	47.17	
33.4	42.7	44.7	39.5	
245.04	245.04	245.09	245.01	
4.73	4.03	3.95	4.17	
0.34	0.38	0.38	0.37	
16.6	22.7	23.3	21.4	
18.2	24.9	25.6	23.5	
9.3	12.7	13.1	12.0	

5.4 詳細計算法に係わる検討

グレー本準拠や ASTM 準拠の試験により求めた釘の一面せん断性能を用い、グレー本の詳細計算法に適用する。計算する耐力壁の仕様はグレー本準拠の試験体（釘の一面せん断性能を求める試験体）とし、釘の一面せん断性能は②グレー本準拠（ばらつき、低減係数 0.95 を考慮）、②ASTM 準拠（単調載荷、平均値）、③ASTM 準拠（正負交番載荷、平均値）とする。

表 5-3 グレー本準拠試験と詳細計算結果の耐力比較（壁長さあたり kN/m）

		合板カラマツ 18mm	合板スギ 24mm	MDF18mm
試験結果		20.4	17.4	20.3
詳細計算結果	釘性能②	25.2	22.8	23.9
	釘性能③	28.2	19.0	27.0
	釘性能④	24.1	20.4	22.3

表 5-4 グレー本準拠試験の構造特性値

真のせん断変形角評価 ■グレー本準拠（ $\delta u=1/15\text{rad}$ ）

評価項目\試験体No	カマツ-1	カマツ-2	カマツ-3	平均値	標準偏差	変動係数 Cv	ばらつき係数	50%下限値	壁長1mあたりの短期基準せん断耐力 (kN/m)	相当倍率
壁長さ (m)	0.91	0.91	0.91							
壁高さ (m)	1.85	1.85	1.85							
Pmax (kN)	35.5	35.8	34.1	35.1	0.7	0.020	0.991	34.8		
Py (kN)	18.1	19.1	19.5	18.9	0.571	0.030	0.986	18.6	20.4	10.4
0.2Pu $\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	20.7	22.5	23.0	22.1	0.979	0.044	0.979	21.6		
2/3Pmax (kN)	23.6	23.8	22.8	23.4	0.471	0.020	0.991	23.2		
P _{1/150} (kN)	18.6	20.4	20.8	20.0	0.948	0.048	0.978	19.5		

※低減係数 α は乗じていない

評価項目\試験体No	スキ-1	スキ-2	スキ-3	平均値	標準偏差	変動係数 Cv	ばらつき係数	50%下限値	壁長1mあたりの短期基準せん断耐力 (kN/m)	相当倍率
壁長さ (m)	0.91	0.91	0.91							
壁高さ (m)	1.85	1.85	1.85							
Pmax (kN)	33.6	35.9	33.9	34.5	1.0	0.030	0.986	34.0		
Py (kN)	15.4	17.5	16.3	16.4	0.842	0.051	0.976	16.0		
0.2Pu $\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	18.2	20.1	18.2	18.8	0.901	0.048	0.977	18.4		
2/3Pmax (kN)	22.4	23.9	22.6	23.0	0.679	0.030	0.986	22.7		
P _{1/150} (kN)	15.4	17.4	15.9	16.2	0.853	0.053	0.975	15.8	17.4	8.9

※低減係数 α は乗じていない

評価項目\試験体No	MDF-1	MDF-2	MDF-3	平均値	標準偏差	変動係数 Cv	ばらつき係数	50%下限値	壁長1mあたりの短期基準せん断耐力 (kN/m)	相当倍率
壁長さ (m)	0.91	0.91	0.91							
壁高さ (m)	1.85	1.85	1.85							
Pmax (kN)	32.5	38.6	34.7	35.3	2.5	0.071	0.967	34.1		
Py (kN)	18.3	20.2	18.2	18.9	0.920	0.049	0.977	18.5	20.3	10.4
0.2Pu $\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	22.9	24.6	21.9	23.1	1.118	0.048	0.977	22.6		
2/3Pmax (kN)	21.7	25.7	23.1	23.5	1.664	0.071	0.967	22.7		
P _{1/150} (kN)	20.0	21.7	19.6	20.4	0.919	0.045	0.979	20.0		

※低減係数 α は乗じていない

詳細計算諸元

■構造用合板 18mm 厚全層カラマツ-CN75

		釘性能②	釘性能③	釘性能④	
①釘の一面せん断データ 全層カラマツ-CN75	k	18.8	21.8	17.4	kN/cm
	δ_v	0.15	0.15	0.16	cm
	δ_u	2.08	2.55	1.79	cm
	$\angle P_v$	2.82	3.15	2.75	kN
②面材について					
	厚さ t	18	18	18	mm
	面積 A_w	16562	16562	16562	cm ²
	せん断弾性係数 G_B	53	53	53	kN/cm ²
③釘の配列による I_{xy} 、 Z_{xy} 、 C_{xy}					
	I_{xy}	3.5912	3.5912	3.5912	
	Z_{xy}	0.0909	0.0909	0.0909	
	C_{xy}	1.0932	1.0932	1.0932	
④面材張り大壁の 回転剛性K0					
	$K0 = A_w / (1/I_{xy} \cdot k) + (1/G_B \cdot t)$				
	K0=	1044276	1198278	971291	kN・cm/rad
⑤変形角1/150rad時の モーメントK0/150 (=M150)					
	K0/150	6961.84154	7988.52096	6475.27658	kN・cm
⑥面材張り大壁の 降伏モーメントMy					
	$My = A_w \cdot Z_{xy} \cdot \angle P_v$				
	$My = \sum My_i =$	4245.1	4741.8	4139.7	kN・cm
⑦面材張り大壁の 終局モーメントMu					
	$Mu = C_{xy} \cdot My$				
	$Mu = \sum Mu_i =$	4640.7	5183.8	4525.5	kN・cm
⑧面材張り大壁の 塑性率 μ					
	$\mu = (\delta_u \cdot G_B \cdot t + \delta_v \cdot I_{xy} \cdot k) / \{ \delta_v (G_B \cdot t + I_{xy} \cdot k) \}$				
	$\mu =$	13.02	15.79	10.56	
⑨面材張り大壁の $0.2\sqrt{2\mu-1} \times Mu$					
	$0.2\sqrt{2\mu-1} \times Mu =$	4643.7	5732.5	4060.1	kN・cm
⑩面材張り大壁の 許容せん断耐力Pa					
	$P_y = 1/H \times My =$	22.9	25.6	22.4	kN
	$P_{150} = 1/H \times K0/150 =$	37.6	43.2	35.0	kN
	$0.2\sqrt{2\mu-1} \times P_u = 1/H \times 0.2\sqrt{2\mu-1} \times Mu =$	25.1	31.0	21.9	kN
	Pa=	22.9	25.6	21.9	kN
		25.2	28.2	24.1	kN/m
		12.9	14.4	12.3	倍

■構造用合板 24mm 厚全層スギ-CNZ75

		釘性能②	釘性能③	釘性能④	
①釘の一面せん断データ	k	11.17	12	12	kN/cm
全層カラマツ-CNZ75	δ_v	0.23	0.12	0.14	cm
	δ_u	2.56	2.5	2.07	cm
	$\angle Pv$	2.57	2.12	2.28	kN
②面材について					
	厚さ t	24	24	24	mm
	面積 A_w	16562	16562	16562	cm ²
	せん断弾性係数 G_B	43	43	43	kN/cm ²
③釘の配列による					
I_{xy} 、 Z_{xy} 、 C_{xy}	I_{xy}	3.5912	3.5912	3.5912	
	Z_{xy}	0.0909	0.0909	0.0909	
	C_{xy}	1.0932	1.0932	1.0932	
④面材張り大壁の					
回転剛性 K_0	$K_0 = A_w / (1/I_{xy} \cdot k) + (1/G_B \cdot t)$				
	$K_0 =$	639508	685122	685122	kN・cm/rad
⑤変形角1/150rad時の					
モーメント $K_0/150$ (=M150)	$K_0/150$	4263.38483	4567.48208	4567.48208	kN・cm
⑥面材張り大壁の					
降伏モーメント M_y	$M_y = A_w \cdot Z_{xy} \cdot \angle Pv$				
	$M_y = \sum M_{yi} =$	3868.7	3191.3	3432.2	kN・cm
⑦面材張り大壁の					
終局モーメント M_u	$M_u = C_{xy} \cdot M_y$				
	$M_u = \sum M_{ui} =$	4229.3	3488.8	3752.1	kN・cm
⑧面材張り大壁の					
塑性率 μ	$\mu = (\delta_u \cdot G_B \cdot t + \delta_v \cdot I_{xy} \cdot k) / \{ \delta_v (G_B \cdot t + I_{xy} \cdot k) \}$				
	$\mu =$	10.75	20.04	14.23	
⑨面材張り大壁の					
$0.2\sqrt{(2\mu-1)} \times M_u$	$0.2\sqrt{(2\mu-1)} \times M_u =$	3830.0	4361.7	3932.8	kN・cm
⑩面材張り大壁の					
許容せん断耐力 P_a	$P_y = 1/H \times M_y =$	20.9	17.3	18.6	kN
	$P_{150} = 1/H \times K_0/150 =$	23.0	24.7	24.7	kN
	$0.2\sqrt{(2\mu-1)} \times P_u = 1/H \times 0.2\sqrt{(2\mu-1)} \times M_u =$	20.7	23.6	21.3	kN
	$P_a =$	20.7	17.3	18.6	kN
		22.8	19.0	20.4	kN/m
		11.6	9.7	10.4	倍

■MDF18mm 厚-CNZ75

		釘性能②	釘性能③	釘性能④	
①釘の一面せん断データ	k	29.7	19.5	19.0	kN/cm
全層カラマツ-CNZ75	δ_v	0.09	0.09	0.09	cm
	δ_u	1.95	2.64	2.34	cm
	$\angle Pv$	2.67	3.02	2.49	kN
②面材について					
	厚さ t	18	18	18	mm
	面積 A_w	16562	16562	16562	cm ²
	せん断弾性係数 G_B	96	96	96	kN/cm ²
③釘の配列による					
I_{xy} 、 Z_{xy} 、 C_{xy}	I_{xy}	3.5912	3.5912	3.5912	
	Z_{xy}	0.0909	0.0909	0.0909	
	C_{xy}	1.0932	1.0932	1.0932	
④面材張り大壁の					
回転剛性 K_0	$K_0 = A_w / (1/I_{xy} \cdot k) + (1/G_B \cdot t)$				
	$K_0 =$	1661680	1114642	1087148	kN・cm/rad
⑤変形角1/150rad時の					
モーメント $K_0/150$ (=M150)	$K_0/150$	11077.8659	7430.94955	7247.65027	kN・cm
⑥面材張り大壁の					
降伏モーメント M_y	$M_y = A_w \cdot Z_{xy} \cdot \angle Pv$				
	$M_y = \sum M_{yi} =$	4019.3	4546.1	3748.3	kN・cm
⑦面材張り大壁の					
終局モーメント M_u	$M_u = C_{xy} \cdot M_y$				
	$M_u = \sum M_{ui} =$	4393.9	4969.8	4097.6	kN・cm
⑧面材張り大壁の					
塑性率 μ	$\mu = (\delta_u \cdot G_B \cdot t + \delta_v \cdot I_{xy} \cdot k) / \{ \delta_v (G_B \cdot t + I_{xy} \cdot k) \}$				
	$\mu =$	20.47	28.23	25.05	
⑨面材張り大壁の					
$0.2\sqrt{2\mu-1} \times M_u$	$0.2\sqrt{2\mu-1} \times M_u =$	5553.2	7402.2	5742.6	kN・cm
⑩面材張り大壁の					
許容せん断耐力 P_a	$P_y = 1/H \times M_y =$	21.7	24.6	20.3	kN
	$P_{150} = 1/H \times K_0/150 =$	59.9	40.2	39.2	kN
	$0.2\sqrt{2\mu-1} \times P_u = 1/H \times 0.2\sqrt{2\mu-1} \times M_u =$	30.0	40.0	31.0	kN
	$P_a =$	21.7	24.6	20.3	kN
		23.9	27.0	22.3	kN/m
		12.2	13.8	11.4	倍

5.5 まとめ

(1) 弾塑性解析モデル

- ・解析モデルは各種要素試験から設定したばね値から構築することで、概ね耐力壁の挙動を追うことができることが確認できた。面材釘のせん断ばねの設定方法によっては実験結果を再現できない場合もある。面材釘の特性値の設定方法は、更に検討が必要である。
- ・柱脚固定式耐力壁試験を再現したモデルでは、柱脚接合金物の降伏が早い時点で発生しており、解析結果がその影響を大きく受けていることが予想された。各部の接合方法や拘束方法などのモデル化を検討する必要がある。
- ・釘ピッチによる耐力予測は、面材釘の終局変位を迎えるタイミングで耐力評価が大きく変わるようである。釘ピッチが変わった場合の耐力評価については上記のモデル化方法を含め、更に検討が必要である。

(2) 詳細計算法

グレー本の詳細計算法に適用しグレー本準拠試験（釘の一面せん断性能を求める試験）の試験体について計算を行った。グレー本準拠試験で算定した面材釘の特性値を用いた場合は、実験結果とほぼ同値となったが、ASTM 試験から算定した面材釘の特性値を用いた場合、単調載荷の釘性能を用いた場合は試験結果に比べ2割程高い耐力となり、正負交番載荷の釘性能を用いた場合はほぼ同値となることが分かった。

ASTM 試験（単調載荷）から算定した面材釘の特性値を用い、グレー本の詳細計算を行う場合には、釘特性値に低減係数等を乗じたうえで行う必要がある。

本事業の標準仕様の耐力壁（壁高さ 3.68m、上下 2 枚張り）への適用方法については、要検討である。