

3.5 限界耐力計算による各試験体の応答変位と実験結果の比較検討及び今後の検討課題

3.5.1 限界耐力計算法

構造計算は建築基準法施行令第82条の5「限界耐力計算」に従って行う。ただし、木造軸組の場合、安全限界変形角（ $1/30\text{rad} \sim 1/15\text{rad}$ ）付近の塑性領域が長い領域を計算するため、荷重増分法ではなく、変位増分法を用いて計算する。すなわち非線形を考慮して変位を増分させることにより、各ステップでの変形モードを求め応答値を算定する。

固有振動モードについてはステップごとに収斂計算を行い算定する。また、等価粘性減衰定数 h_{eq} は1サイクルの消費エネルギーを図3.5.1に示す三角形に近似して算出する。

$$\text{等価粘性減衰定数 } h_{eq} = \Delta W / 4\pi W$$

ΔW : 1サイクルの消費エネルギー（三角形OABの面積の2倍）

W : ポテンシャルエネルギー $= \delta_1 \cdot Q_1 / 2$

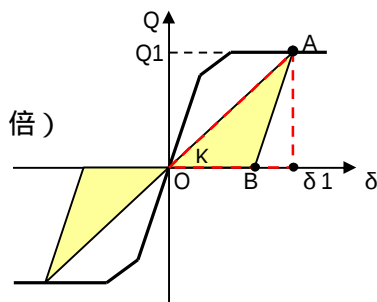


図3.5.1 履歴エネルギー

3.5.2 検討方針

検討方針を以下に示す。

- ・試験体は2階建てで耐震要素がバランスよく配置された No.3A、No.3C と両方向に偏心が大きい No.4A を対象とする。（図3.5.3）
- ・ただし No.3C の長辺方向（X方向）は No.3A とほぼ同じ架構のため検討を省略する。
- ・計算と比較する実験は BCJ-L2 波（2種地盤相当）による応答結果とする。当該波の加速度スペクトルを告示波（2種地盤相当）と比較した結果、図3.5.2に示すように大きな差がないため、計算では告示波（2種地盤相当）のスペクトルを使用する。
- ・試験体の重量は実測値を用いる。（表3.5.1）
- ・計算に用いる構造階高は試験体の梁芯間の寸法とする。（表3.5.1，図3.5.4）
- ・水平構面は剛床が成立するものとして計算する。ただし、No.4A については偏心を考慮してゾーン分けした計算も行う。
- ・減衰は5%とする。

表3.5.1 重量および構造階高

試験体	階	重量 (kN)	構造階高(mm)	
			長辺方向 (X)	短辺方向 (Y)
No.3A	2階	99.57	2715	2565
No.3C	1階	85.99	2685	2835
No.4A	2階	115.93	2715	2565
	1階	140.56	3130	3280

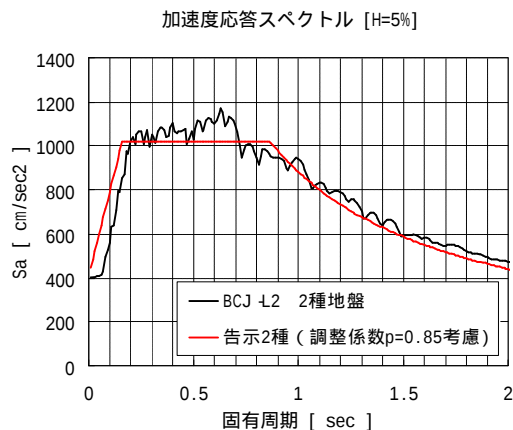
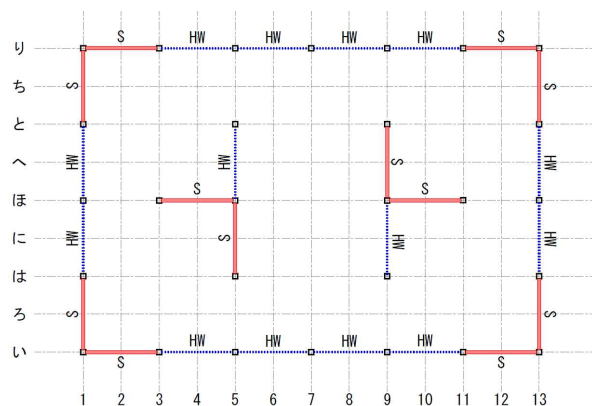
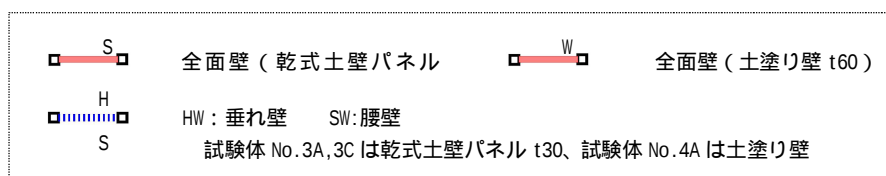
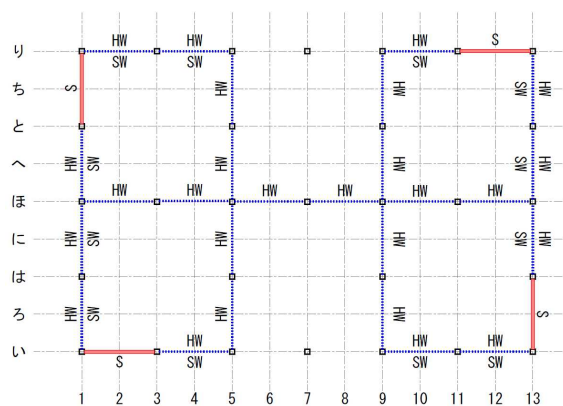


図3.5.2 加速度応答スペクトル比較

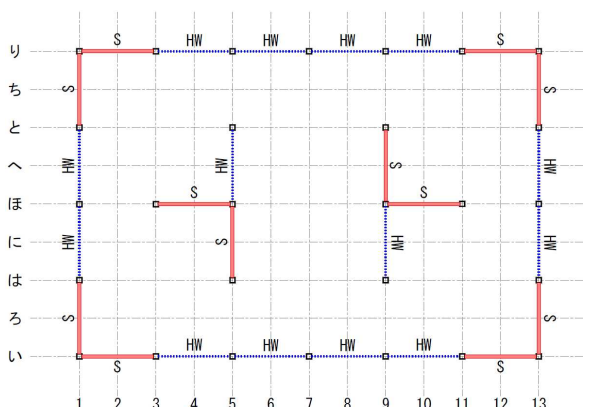


[1 階]

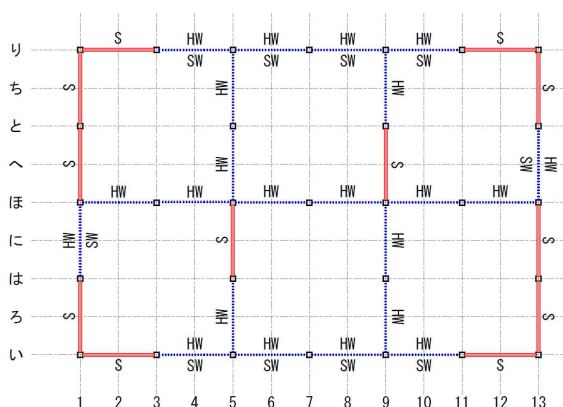


[2 階]

図 3.5.3-1 試験体伏図（試験体 No. 3A）

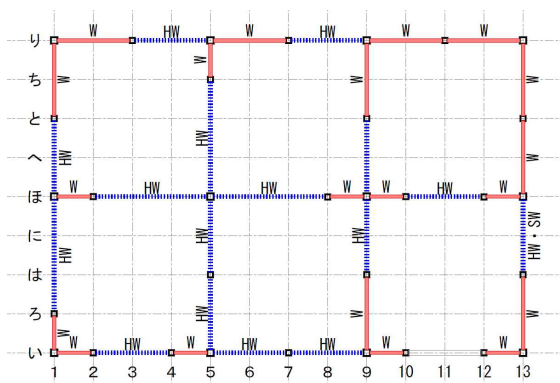


[1 階]

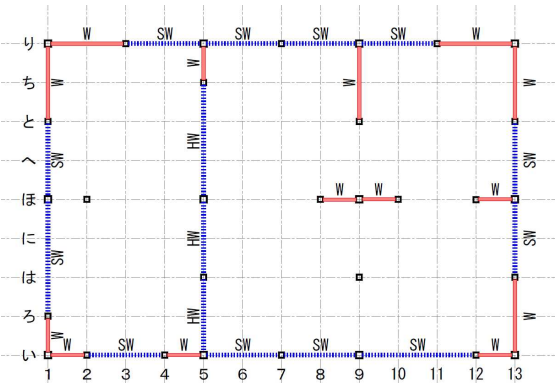


[2 階]

図 3.5.3-2 試験体伏図（試験体 No. 3C）



[1 階]



[2 階]

図 3.5.3-3 試験体伏図（試験体 No. 4A）

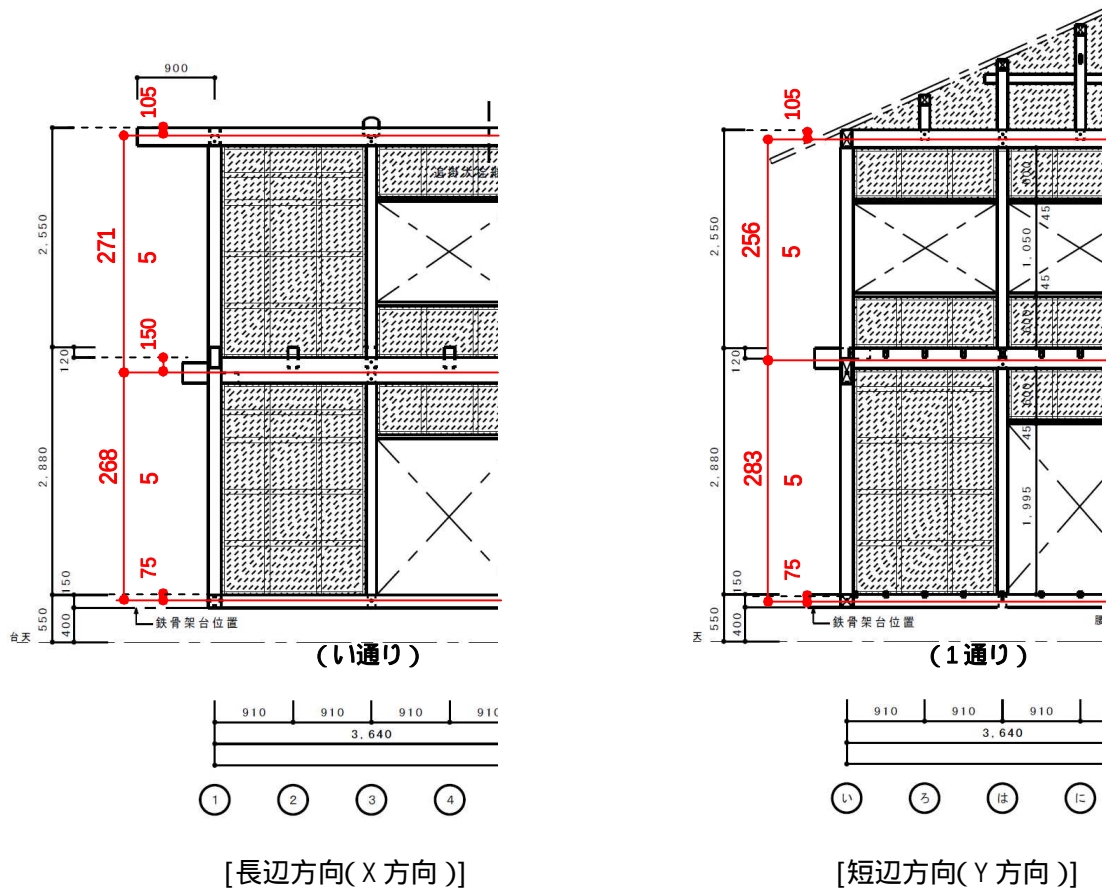


図 3.5.4-1 試験体軸組図 (試験体 No.3A,3C)

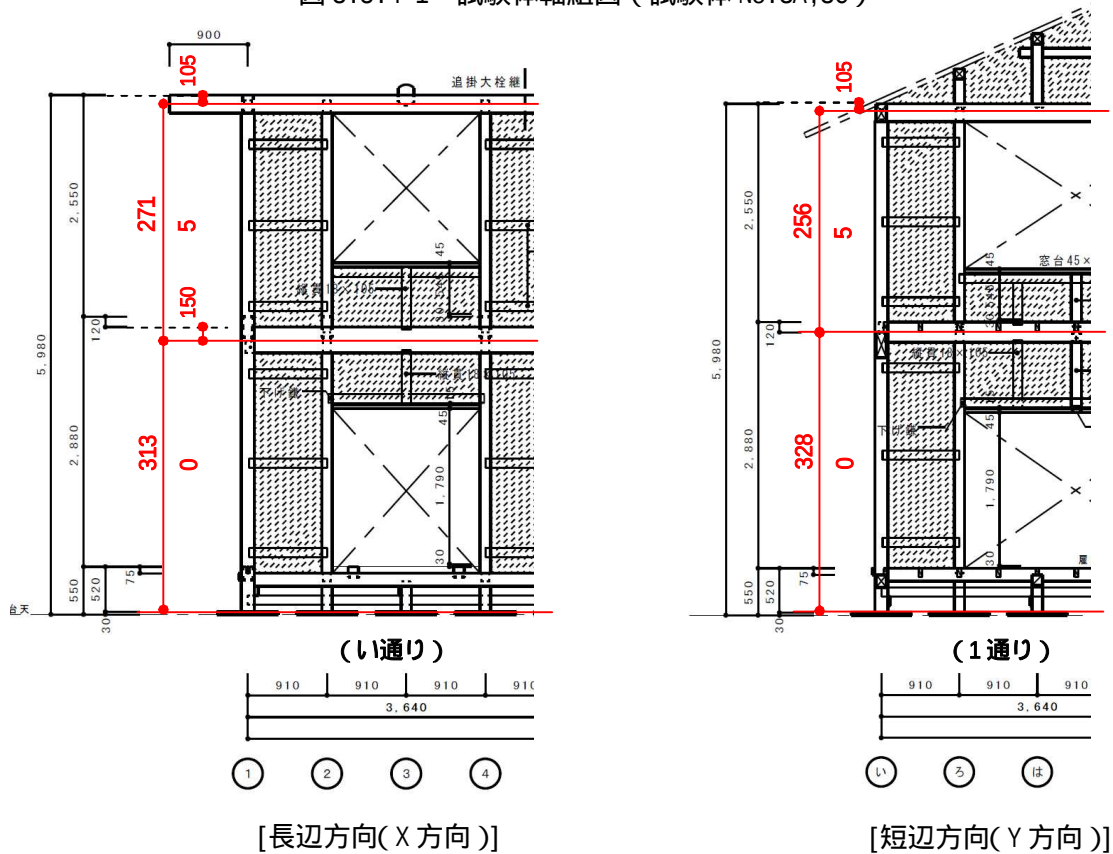


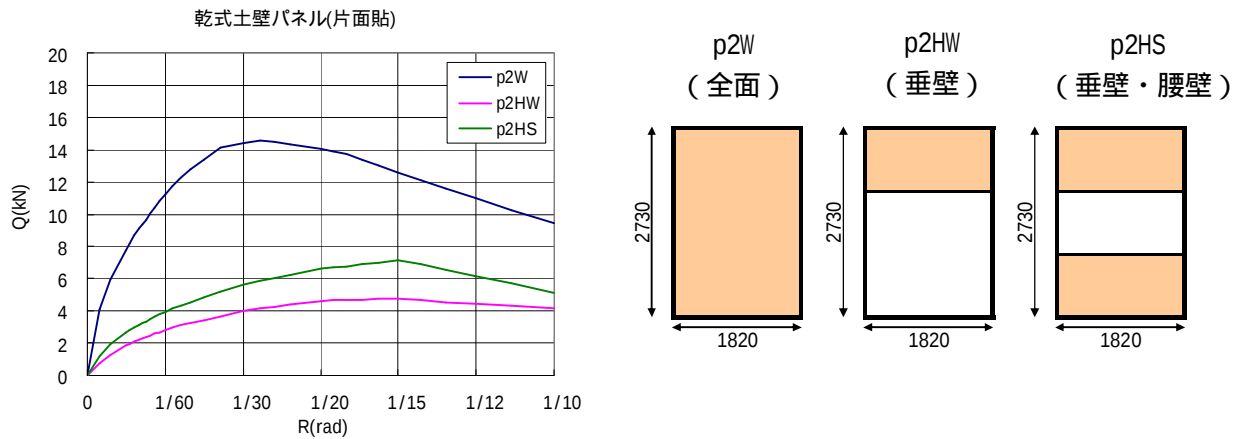
図 3.5.4-2 試験体軸組図 (試験体 No.4A)

3.5.3 試験体の復元力特性

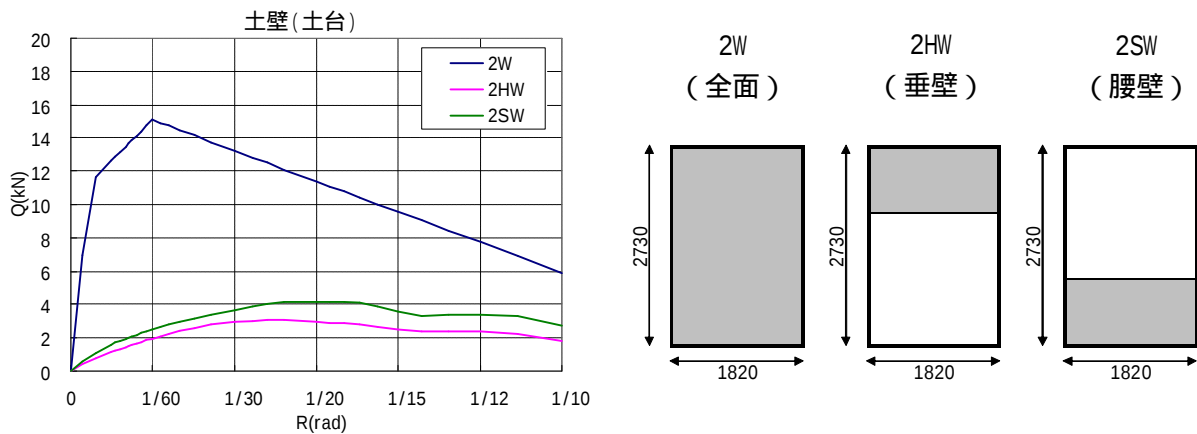
試験体の復元力特性は耐震要素の単位フレーム（1820mm×2730mm）または2スパン組み合わせ（3640mm×2730mm）の加力実験結果に基づき設定する。

図 3.5.5 に要素実験で得られた復元力特性を代表となる層間変形角でプロットしたものを示す。

乾式土壁パネル（片面貼り）の要素実験結果



土壁の要素実験結果



土壁（足固め有）の要素実験結果

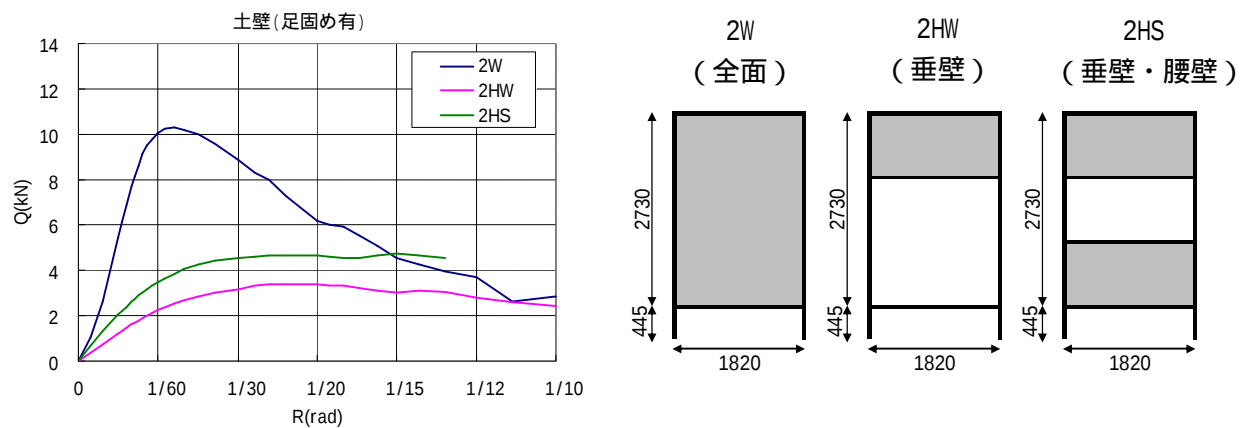
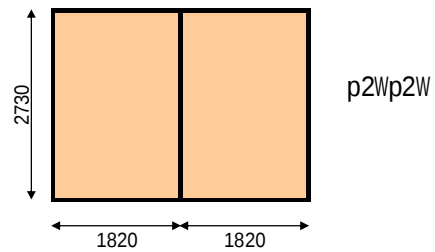
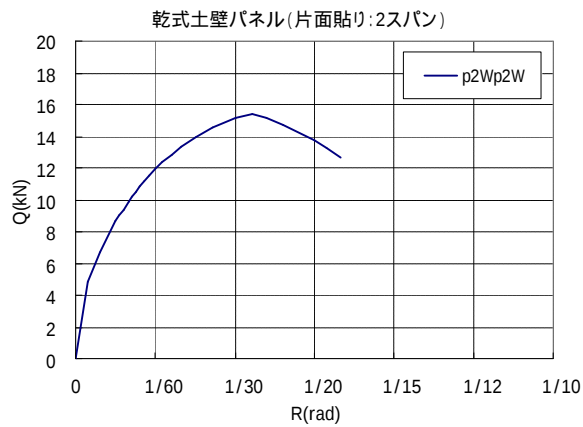


図 3.5.5-1 各耐震要素の実験結果（L=1820）

乾式土壁パネル（片面貼り）の要素実験結果 ＜組合せ＞



土壁（足固め有）の要素実験結果 ＜組合せ＞

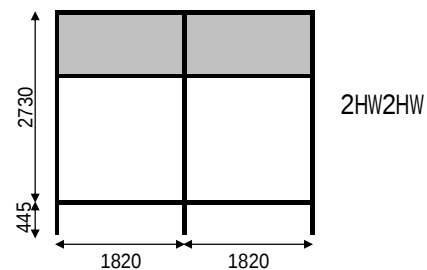
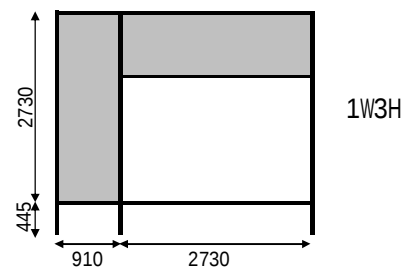
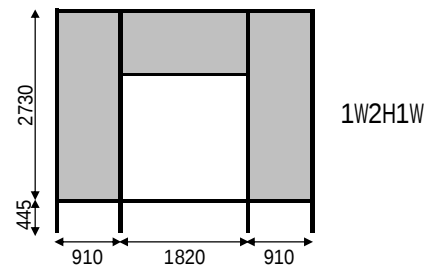
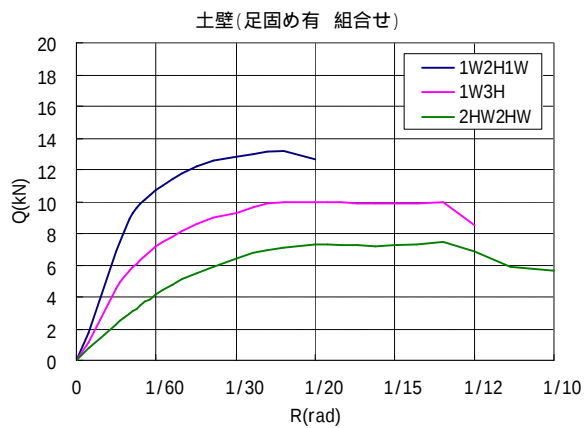


図 3.5.5-2 各耐震要素の実験結果（L=3640）

3.5.4 実験結果との比較（試験体 No.3A・No.3C）

ケーススタディ

実験結果との比較として表 3.5.2 に示すように、「復元力特性の設定方法」「階高および垂れ壁・腰壁高さ等の実験値との違いに対する補正方法」「各耐震要素の復元力特性の組み合わせ方法」をパラメーターとして以下の検討を行う。

表 3.5.2 試験体 No.3A・No.3C の検討内容

ケース	復元力特性の設定方法	実験寸法との違いに対する補正方法	各要素の復元力特性の組み合わせ方法
A	連続フレーム(L=3640)の要素実験結果から設定	補正あり 1)	フレームのみ(耐震要素:ほぞ)の復元力特性を考慮して加算 3)
B	単位フレーム(L=1820)の要素実験結果から設定	補正あり 1)	フレームのみ(耐震要素:ほぞ)の復元力特性を考慮して加算 3)
C	単位フレーム(L=1820)の要素実験結果から設定	補正あり 2)	単純加算 4)
D	単位フレーム(L=1820)の要素実験結果から設定	補正なし	単純加算 4)

1) 補正方法 1

フレームのみ(ほぞ)の復元力は階高に反比例する。

乾式土壁パネル(全面)の復元力はスパン長さ、壁厚に比例する。(補正する該当箇所なし)

乾式土壁パネル(垂壁・腰壁)の復元力は壁厚に比例する。また、垂壁・腰壁高さの違いについては階高に占める割合に比例する。

2) 補正方法 2

乾式土壁パネル(全面)の復元力はスパン長さ、壁厚に比例する。(補正する該当箇所なし)

乾式土壁パネル(垂壁・腰壁)の復元力は壁厚に比例する。また、垂壁・腰壁高さの違いについては階高に占める割合に比例する。

3) 加算方法 1

各耐震要素の復元力からフレームのみ(ほぞ)の復元力を差し引いて、要素のみの復元力を抽出し、フレームのみの復元力と分けて加算する。

4) 加算方法 2

フレームのみ(ほぞ)の復元力の影響が小さいと判断し、フレームのみの復元力を考慮しない。フレームの復元力が含まれた耐震要素の復元力を加算するため、連続するスパン部でフレーム耐力のダブルカウントが発生するが、耐震要素がないフレームの耐力を考慮しないことで相殺できると判断する。

各耐震要素の復元力特性の設定

各ケースにおける耐震要素の復元力特性の設定を表 3.5.3、図 3.5.6 に示す。ケース A は連続した 2 スパンの試験体の実験結果に基づき、ケース B,C,D は 1 スパンの試験体の実験結果に基づき、復元力特性を設定している。なおフレーム(ほぞ)の復元力特性は差がなかったため、ケース A,B ともに 2 スパンの試験体の実験結果を用いる。

乾式土壁パネル(全面)については $1/30\text{rad}$ まではほぼ同じ耐力だが、ケース A の方が $1/25\text{rad}$ 以上における耐力低下が著しい結果となっている。垂壁についてはほぼ同じ復元力特性となっているが、垂壁+腰壁の場合は 2 スパンの試験体の実験結果の方が 15% 程度大きい耐力となっている。

表 3.5.3 各ケースにおける耐震要素の復元力特性

耐震要素	ケース	耐力(kN)						
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15
乾式土壁パネルt30 p2W	A	8.8	12.2	14.1	14.7	14.9	13.5	10.3
	B,C,D	7.8	11.3	13.4	14.4	14.5	14.1	12.6
乾式土壁パネルt30 垂壁 p2HW	A	1.5	2.5	3.1	3.6	3.9	4.3	4.7
	B,C,D	1.8	2.8	3.4	4.0	4.3	4.6	4.8
乾式土壁パネルt30 垂壁+腰壁 p2HS	A	3.2	4.9	5.7	6.5	6.9	7.5	7.9
	B,C,D	2.7	4.0	4.8	5.6	6.0	6.6	7.1
フレーム(ほぞ)	A,B	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

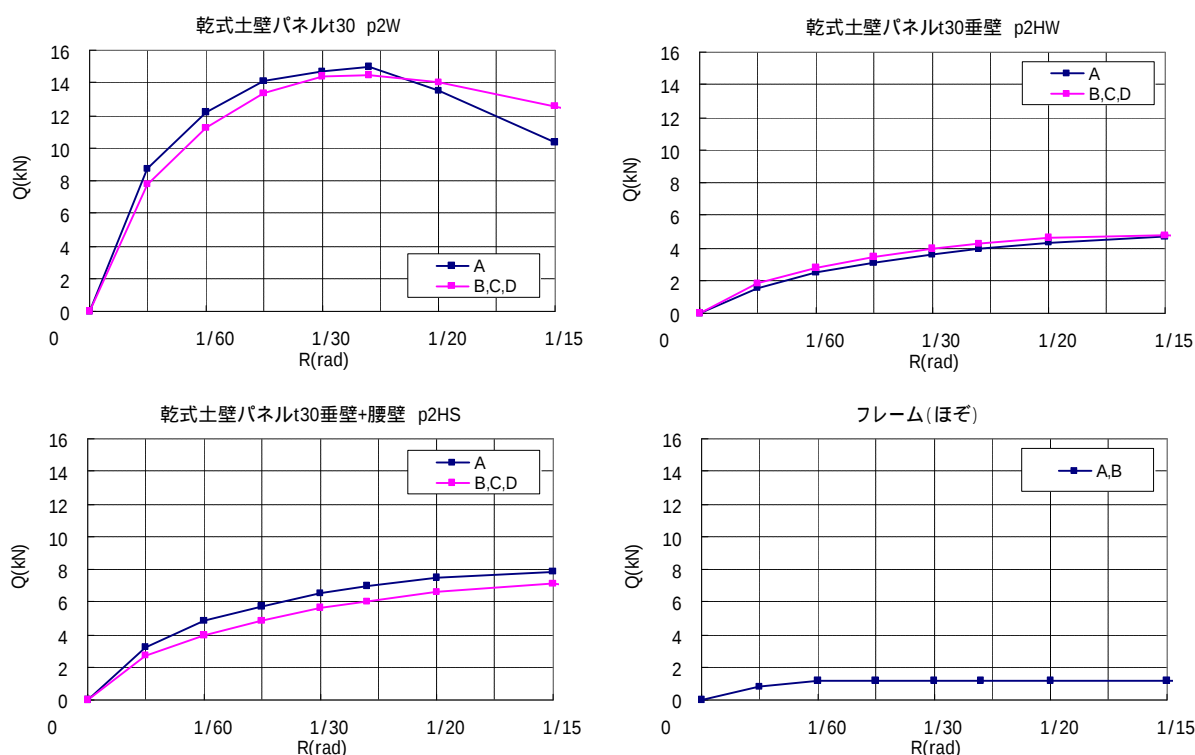


図 3.5.6 各耐震要素の復元力特性の設定

建物全体の復元力特性

各ケースの建物全体の復元力特性を表 3.5.4(1) ~ (3)および図 3.5.7 に示す。

表 3.5.4(1) 建物全体の復元力特性 (No.3A 長辺 X 方向)

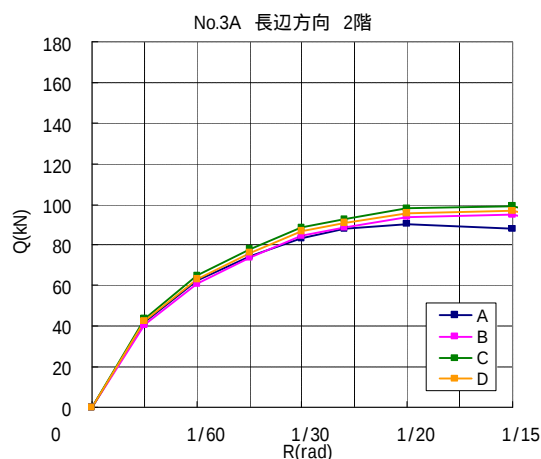
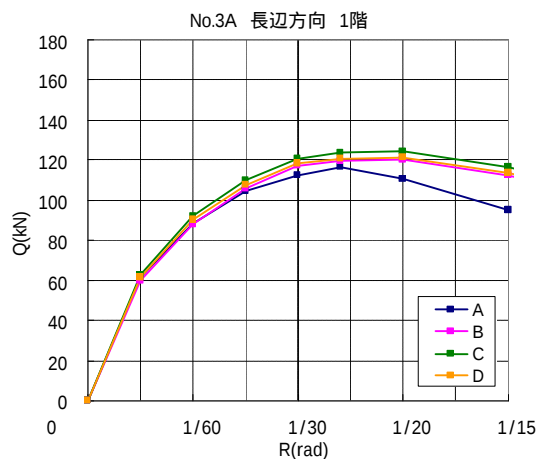
ケース	階	耐力(kN)							最大 CB
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	
A	2階	42.2	62.5	74.5	83.3	87.9	90.2	88.1	0.63
	1階	61.8	88.6	104.7	112.3	116.6	110.9	94.9	
B	2階	41.0	60.6	73.9	84.5	88.7	93.7	95.2	0.65
	1階	59.8	88.0	105.9	117.0	119.8	120.4	112.7	
C	2階	43.8	64.7	78.0	88.6	92.8	97.8	99.3	0.67
	1階	62.5	91.9	109.8	121.0	123.8	124.4	116.6	
D	2階	42.8	63.3	76.3	86.6	90.7	95.5	96.6	0.65
	1階	61.4	90.1	107.7	118.5	121.1	121.4	113.6	

表 3.5.4(2) 建物全体の復元力特性 (No.3A 短辺 Y 方向)

ケース	階	耐力(kN)							最大 CB
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	
A	2階	50.1	74.9	89.2	99.9	105.8	109.6	108.8	0.61
	1階	62.6	89.2	104.0	110.5	113.9	107.3	90.5	
B	2階	49.5	73.5	89.1	101.7	106.9	113.3	115.3	0.62
	1階	59.1	86.5	102.8	112.4	114.4	114.0	105.9	
C	2階	50.5	74.9	90.5	103.1	108.3	114.7	116.7	0.60
	1階	56.8	83.1	99.1	108.5	110.5	109.9	101.8	
D	2階	46.5	68.9	83.2	94.6	99.3	104.8	106.1	0.61
	1階	57.7	84.5	100.8	110.4	112.5	112.1	104.1	

表 3.5.4(3) 建物全体の復元力特性 (No.3C 短辺 Y 方向)

ケース	階	耐力(kN)							最大 CB
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	
A	2階	88.5	126.1	147.1	157.0	162.1	153.9	131.3	0.59
	1階	60.3	86.0	100.2	106.5	109.8	103.4	87.2	
B	2階	82.4	120.6	143.9	158.0	161.3	161.6	151.8	0.59
	1階	56.9	83.4	99.0	108.3	110.3	109.8	102.1	
C	2階	80.2	117.3	140.1	153.9	157.2	157.3	147.7	0.60
	1階	56.8	83.1	99.1	108.5	110.5	109.9	101.7	
D	2階	78.6	115.0	137.2	150.5	153.6	153.4	143.5	0.61
	1階	57.7	84.5	100.8	110.4	112.5	112.1	104.1	



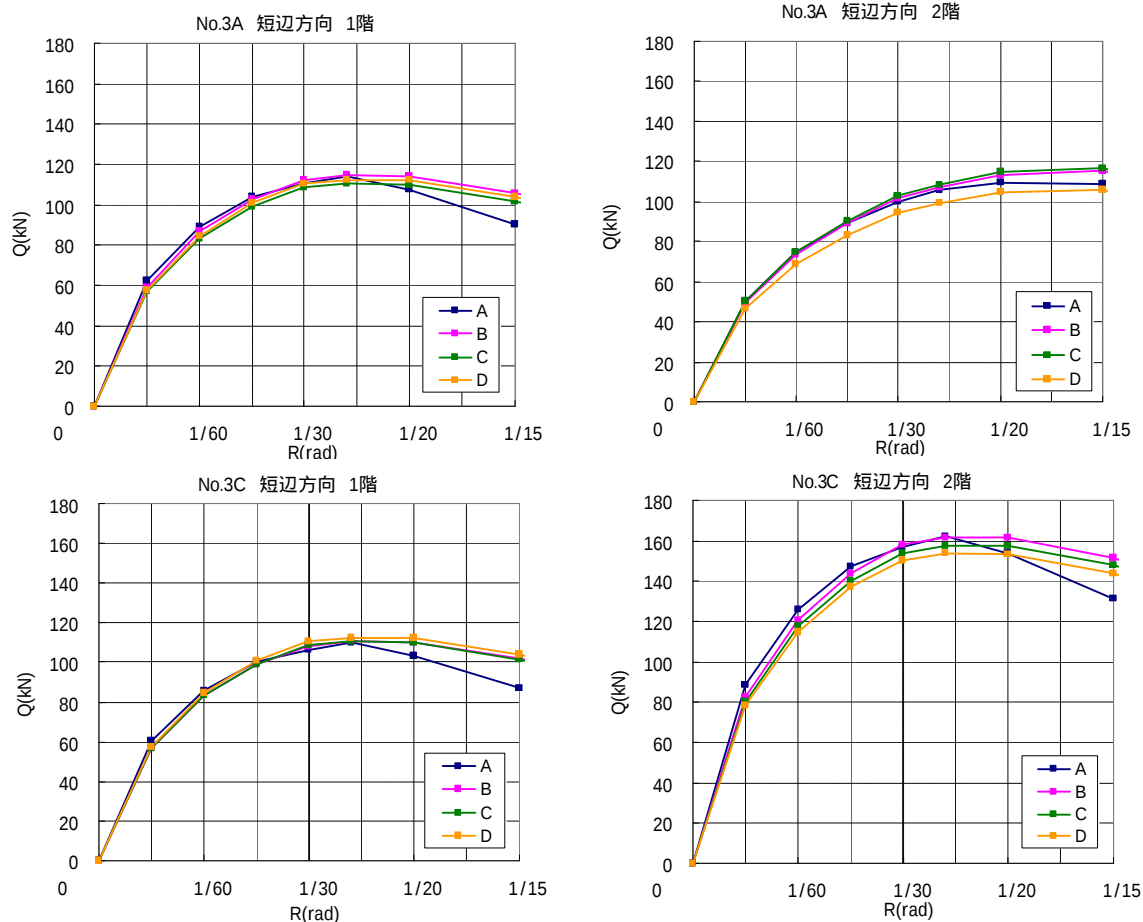


図 3.5.7 建物全体の復元力特性の設定

・ケース A とケース B の違い

1 スパンと 2 スパンの実験結果の違いを試験体の復元力特性に反映させた結果、変形角 $1/25\text{rad}$ までは $\pm 5\%$ 程度の差だが、 $1/15\text{rad}$ 付近ではケース A はケース B に比べて 10% ~ 20% 耐力が小さくなっている。

・ケース B とケース C の違い

ケース B とケース C の復元力特性の差は最大で 5% 程度である。対象とした試験体の構造階高が耐震要素実験の高さ寸法とほぼ同じであったため、階高の補正の有無による差はあまり生じていない。また、フレーム（ほぞ）の耐力についても考慮する数の差が全体の耐力に及ぼす影響は小さい。

・ケース C とケース D の違い

寸法の補正を行わない場合、方向によっては他のケースと差がない場合があるが、短辺方向 2 階のように全体的に 10% 程度の差が生じているところがある。今回のケースでは耐力が低い方の誤差となっているが逆の場合も考えられるため、実験寸法との補正については注意が必要である。

限界耐力計算による応答結果

各ケースの限界耐力計算結果を表 3.5.5 に示す。なお応答値は極めて稀に発生する地震動について示す。

表 3.5.5 各ケースの限界耐力計算結果

試験体	方向	階	ケース				実験結果 1) ()内は最大
			A	B	C	D	
No.3A	長辺方向 (X方向)	2	1/21[1/39]	1/20[1/37]	1/21[1/40]	1/21[1/40]	1/37 (1/36)
		1	1/31[1/30]	1/33[1/30]	1/33[1/30]	1/33[1/29]	1/38 (1/37)
	短辺方向 (Y方向)	2	1/41	1/39	1/43	1/36	1/40 (1/31)
		1	1/26	1/26	1/25	1/26	1/29 (1/26)
No.3C	短辺方向 (Y方向)	2	1/95	1/88	1/90	1/86	1/69 (1/58)
		1	1/24	1/24	1/23	1/24	1/30 (1/24)

1) 実験結果の変形角について

実験結果の変形角は各通りの最大変形角を平均したものと、最大値を示す。なお、変形角は最大層間変形量を 1 階床と 2 階床の計測点間の高さで除したものを示す。

1) 試験体 No.3A 長辺方向の検討結果の比較

応答結果が 1/30rad 付近であることから、ケースによる復元力特性の差があまりなく、応答結果はほぼ同程度の値となっている。

実験結果と比較すると、1 階の応答変位についてはほぼ同程度の結果となっているが、2 階は計算結果の方が実験結果よりも大きくなる結果となっている。[]内に示す応答値は各ステップの固有モードの収斂計算を行わない場合の結果であり、収斂計算を行うと 2 階の応答値が非常に大きくなる結果となった。これは、試験体の 2 階の耐力が 1 階に比べて相対的に小さく、ステップによっては 2 階が先行降伏し、2 階の変形角が 1 階よりも上回るモードが出ているためと考えられる。実験結果でも 2 階の最大層間変形角が 1 階を上回る結果となっている。

2) 試験体 No.3A 短辺方向の検討結果の比較

ケース D の 2 階で違いはあるがその他のケースはほぼ同じ応答結果となっている。

実験結果と比較すると、2 階の変形角がやや小さめではあるが、概ね同じ結果となっている。長辺方向と比べて、1 階が崩壊層となる可能性が高く、1 次モードが支配的であるため、更に整合性の高い応答結果になっていると考えられる。

3) 試験体 No.3C 短辺方向の検討結果の比較

試験体 No.3A の短辺方向とほぼ同じ傾向を示しているが、実験結果と比べて 2 階の応答結果の差が大きくなっている。限界耐力計算の場合は時刻歴解析ではなく、1 次モード形で各階の変形を求めるために、2 次の影響が大きく出る場合は、最大値を過小評価する場合もあり得る。今回の場合、そのようなケースに該当するかを含めて、計算値と実験結果の差が大きくなっている原因について検討する必要がある。

4) まとめ

崩壊層が 1 階となる一般的な建物の場合（試験体 No.3A）限界耐力計算による 1 階の応答結果は実験結果と整合できていることを確認した。ただし、崩壊層が 1 階か 2 階か判別できない場合は、限界耐力計算の前提である 1 次モード以外に 2 次モードの影響があるかについて検討する必要がある。

3.5.5 実験結果との比較（試験体 No.4A）

ケーススタディ

実験結果との比較として表 3.5.6 に示すように、「復元力特性の設定方法」をパラメーターとして以下の検討を行う。

表 3.5.6 試験体 No.4A の検討内容

ケース	復元力特性の設定方法	実験寸法との違いに対する補正方法	各要素の復元力特性の組み合わせ方法
A	連続フレーム(L=3640)の要素実験結果から設定 3)	補正あり 1)	フレームのみ(耐震要素:ほぞ)の復元力特性を考慮して加算 2)
B	単位フレーム(L=1820)の要素実験結果から設定	補正あり 1)	フレームのみ(耐震要素:ほぞ)の復元力特性を考慮して加算 2)

1) 補正方法

フレームのみ(ほぞ)の復元力は柱の太さ・ほぞの幅に比例し、階高に反比例する。

土壁(全面)の復元力はスパン長さ、壁厚に比例する。

土壁(垂壁・腰壁)の復元力は壁厚に比例する。垂壁・腰壁高さの違いについては階高に占める割合に比例する。また、スパンが L=2730mm の場合は既往の実験結果より L=1820 の場合の耐力を 1.25 倍する。

2) 加算方法

各耐震要素の復元力からフレームのみ(ほぞ)の復元力を差し引いて、要素のみの復元力を抽出し、フレームのみの復元力と分けて加算する。

3) 連続フレームの実験結果について

連続フレームの実験結果がないものは単位フレームの結果を使用する。ただし、全面土壁(土台)については足固めありの結果から推定した耐力を用いることとする。

各耐震要素の復元力特性の設定

各耐震要素の復元力特性の設定を表 3.5.7 および図 3.5.8 に示す。

表 3.5.7-1 各ケースにおける耐震要素の復元力特性(土台タイプ)

耐震要素	ケース	耐力(kN)							
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	1/10
土壁t60 2W	A	10.1	12.1	12.8	13.3	13.1	12.5	11.5	8.9
	B	12.7	15.1	14.2	13.3	12.5	11.4	9.6	5.9
土壁t60垂壁 2HW	A,B	1.2	2.0	2.6	3.0	3.1	2.9	2.5	
土壁t60腰壁 2SW	A,B	1.6	2.5	3.2	3.7	4.1	4.2	3.6	
フレーム(ほぞ)	A,B	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	

表 3.5.7(2) 各ケースにおける耐震要素の復元力特性(足固めタイプ)

耐震要素	ケース	耐力(kN)							
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	1/10
土壁t60 (足固め)2W	A	5.6	8.0	9.0	9.3	9.6	9.2	8.2	5.5
	B	5.4	10.1	10.0	8.9	8.0	6.2	4.6	2.8
土壁t60垂壁 (足固め)2HW	A	1.1	2.1	2.7	3.2	3.5	3.7	3.6	2.8
	B	1.2	2.3	2.9	3.2	3.4	3.4	3.0	2.4
土壁t60垂壁+腰壁 (足固め)2HS	A,B	2.1	3.5	4.3	4.5	4.7	4.6	4.8	
フレーム(ほぞ) (足固め)	A,B	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

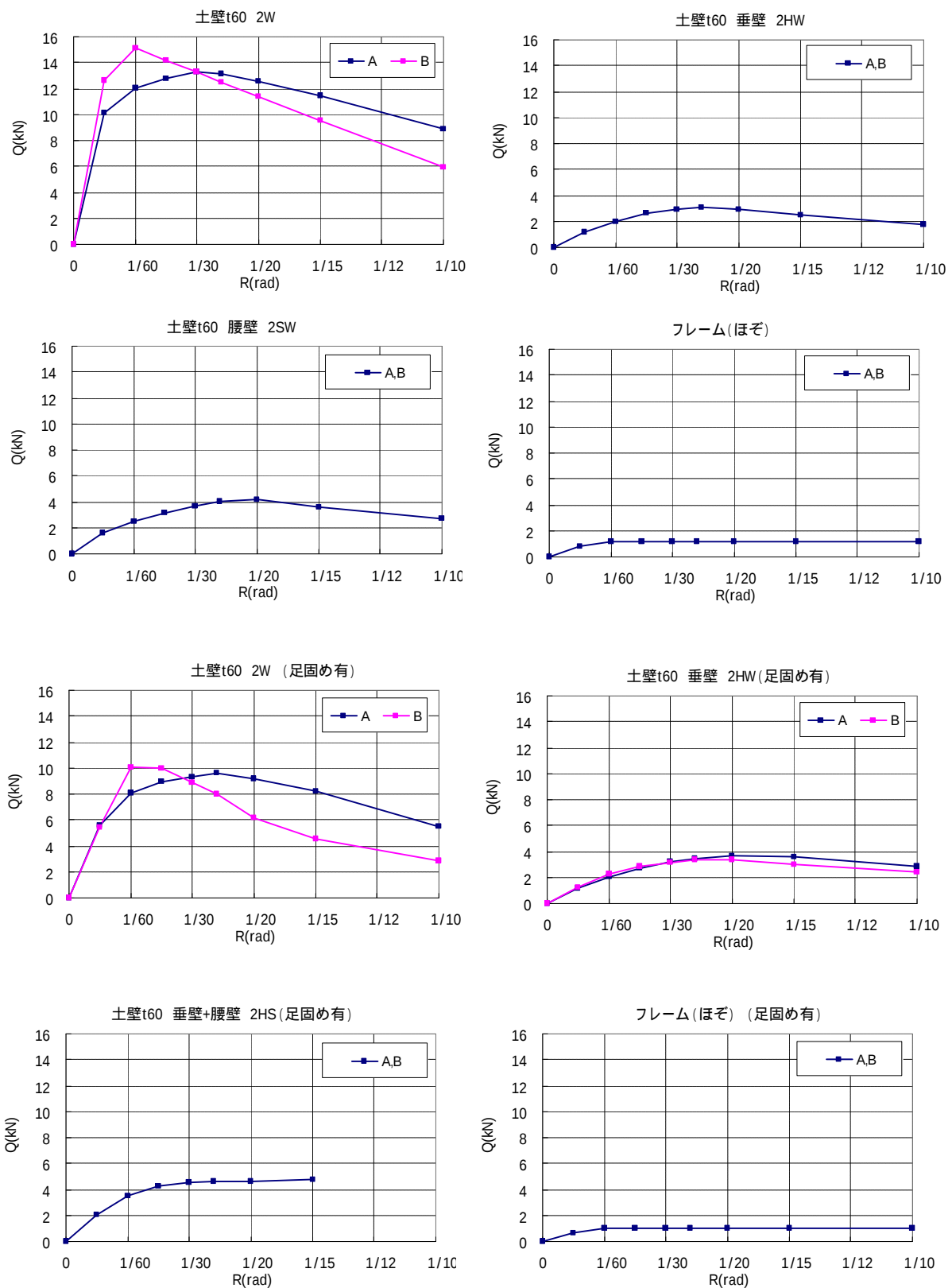


図 3.5.8 各耐震要素の復元力特性の設定

建物全体の復元力特性

各ケースの建物全体の復元力特性を表 3.5.8 および図 3.5.9 に示す。

表 3.5.8-1 建物全体の復元力特性 (No.4A 長辺 X 方向)

ケース	階	耐力(kN)								最大 CB
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	1/10	
A	2階	65.0	83.2	93.1	100.4	103.7	101.9	90.5	69.3	0.42
	1階	52.9	80.5	94.9	102.0	107.1	105.3	97.5	67.9	
B	2階	77.7	98.3	100.2	100.4	100.6	96.2	81.0	54.5	0.41
	1階	52.8	98.5	104.2	98.4	93.4	78.7	62.2	42.7	

表 3.5.8-2 建物全体の復元力特性 (No.4A 短辺 Y 方向)

ケース	階	耐力(kN)								最大 CB
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	1/10	
A	2階	61.7	78.2	86.7	92.5	94.1	91.1	81.6	62.7	0.39
	1階	49.1	75.3	89.1	95.8	100.6	99.0	92.3	66.0	
B	2階	74.3	93.3	93.8	92.5	91.0	85.4	72.1	47.8	0.38
	1階	48.7	90.5	96.5	91.9	87.7	74.8	60.3	43.0	

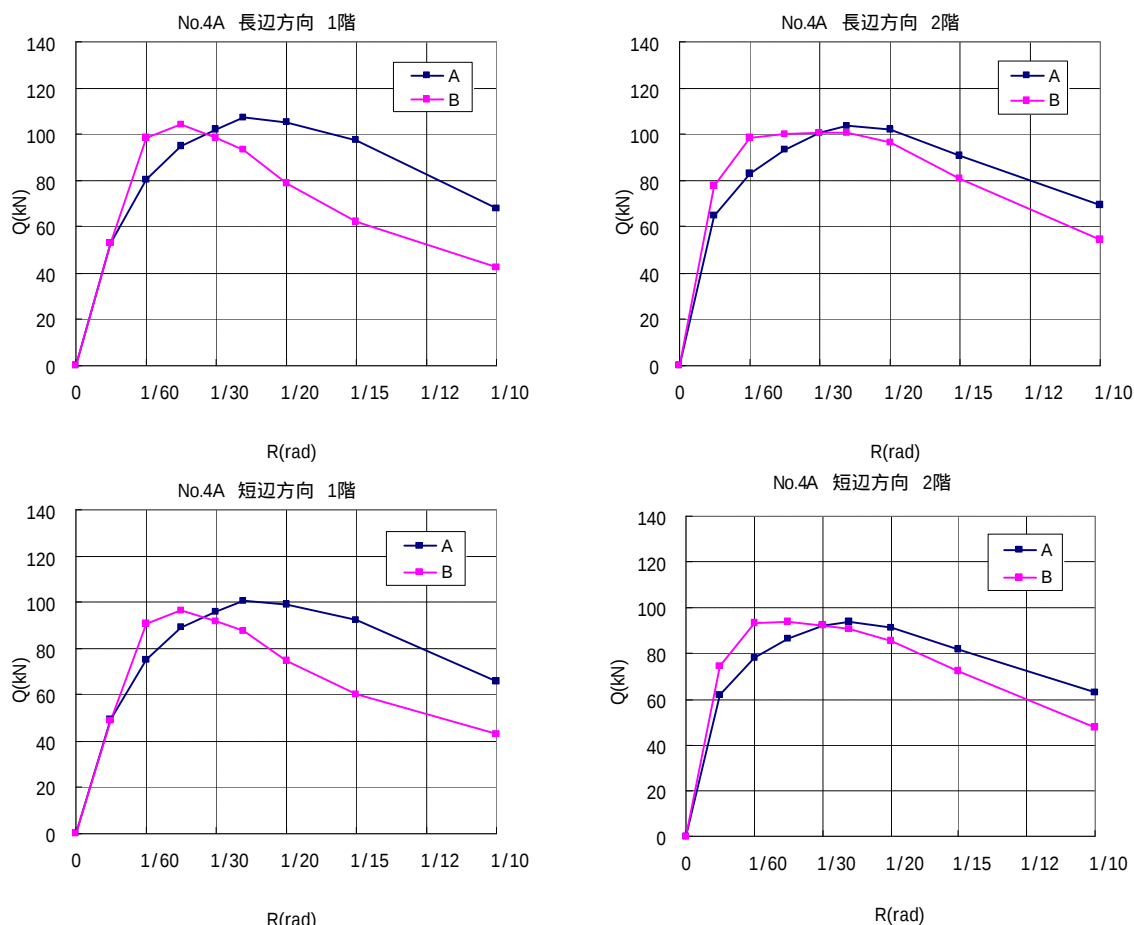


図 3.5.9 建物全体の復元力特性の設定

耐震要素実験の結果によると全面土壁は 1 スパン(L=1820mm)の場合は 1/40rad 付近で最大耐力に達し、その後の耐力低下が著しいが、2 スパン(L=3640)の実験では 1/25rad 付近で最大耐力に達し、その後の耐力低下も 1 スパンに比べて緩やかになっている。そのためケース A とケース B では、全面土壁の復元力特性の違いが建物の復元力特性の違いに現れている。

限界耐力計算による応答結果

各ケースの限界耐力計算結果を表 3.5.9 に示す。なお応答値は極めて稀に発生する地震動について示す。

表 3.5.9 各ケースの限界耐力計算結果

試験体	方向	階	ケース		実験結果 1) ()内は最大
			A	B	
No.4A	長辺方向 (X方向)	2	1/90	1/165	1/40 (1/33)
		1	1/19	1/14	1/35 (1/24)
	短辺方向 (Y方向)	2	1/101	1/183	1/48 (1/39)
		1	1/19	1/14	1/33 (1/15)

1) 実験結果の変形角について

実験結果の変形角は各通りの最大変形角を平均したものと、最大値を示す。

なお、変形角は最大層間変形量を 1 階床と 2 階床の計測点間の高さで除したものを示

1) 長辺方向の検討結果の比較

限界耐力計算の 1 階の応答結果はケース A・ケース B とともに実験結果の応答値よりも 5 割程度大きい値となった。試験体 No.4A は No.3A と比べて重量が重く（約 1.4 倍）、最大耐力を地震用重量で除した CB 値は No.3A の 2/3 程度であるため、試験体 No.3A よりも応答が大きくなる。この原因として最も可能性が大きいのは、柱脚の移動による入力低減効果である。限界耐力計算は柱脚固定として計算しているが試験体は柱脚フリーで、実験でも試験体 No.4A は柱脚が浮き上がったたり移動したりしていることが確認されている。入力低減効果については今後どの程度の効果があるかについて検討する必要がある。

また、2 階の応答結果が大きく異なるのは試験体 No.3A と同様で、この原因について今後検討する必要がある。

2) 短辺方向の検討結果の比較

長辺方向とほぼ同じ結果となっている。実験結果との差も同様と考えられる。

3) まとめ

実験では柱の浮き上がり、移動があったため、単純な比較はできないが、限界耐力計算結果の方が応答が大きく安全側の評価となっているが、差が大きすぎると必要とする耐力が過大になりすぎる可能性があり、応答の評価方法については検討の余地がある。

ケース B よりもケース A の方が実験結果に近いことから、復元力特性はスパン数が多い実験結果を用いた方がより精度が上がることを確認できた。

偏心を考慮した限界耐力計算

試験体 No.4A は両方向に偏心しているが、より偏心の大きい短辺方向について偏心を考慮するために、変形が大きくなると考えられる 1 通り～7 通りまでを取り出した部分モデルで限界耐力計算を行う。

なお各階の地震用重量は 1/2 とする。

最大耐力を地震用重量で除した CB 値はケース A が 0.39→0.32、ケース B が 0.38→0.29 となり、全体に比べて 2 割程度耐力が小さいことがわかる。

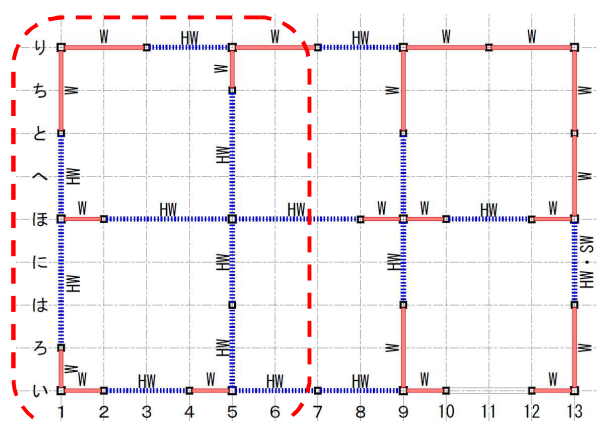


図 3.5.10 試験体 No.4A 部分モデル

表 3.5.10 1～7 通り間の復元力特性

ケース	階	耐力(kN)								最大 CB
		1/120	1/60	1/40	1/30	1/25	1/20	1/15	1/10	
A	2階	26.8	35.1	40.1	43.4	44.5	43.1	38.1	28.7	0.32
	1階	17.6	28.2	34.7	38.4	40.8	41.1	39.0	28.3	
B	2階	31.9	41.1	42.9	43.4	43.3	40.8	34.3	22.7	0.29
	1階	18.0	33.5	37.5	37.4	37.1	33.3	27.7	20.3	

各ケースの限界耐力計算結果を表 3.5.11 に示す。なお応答値は極めて稀に発生する地震動について示す。

表 3.5.11 各ケースの限界耐力計算結果（偏心考慮）

試験体	方向	階	ケース		実驗結果 ()内は最大
			A	B	
No.4A	短辺方向 (Y方向)	2	1/112	-	1/48 (1/39)
		1	1/15	1/10以上	1/33 (1/15)

・検討結果の比較

ケース A によると重心位置における 1 階の変形角が $1/19$ rad に対し、1~7 通り間の部分モデルでは $1/15$ rad となっており、26%程度大きくなっている。

3.5.6 比較検討により得られた知見と今後の課題

1) 比較検討により得られた知見

今回の検討結果により、柱脚固定の場合(試験体 No.3)は耐震要素の復元力特性を把握できていれば限界耐力計算で精度がよい応答値を求めることができると考えられる。「実験寸法との違いに対する復元力の補正方法」や「耐震要素の組合せ方法(加算則)」についても、今回実施した試験体については実験結果と比較して概ね問題ないことが確認した。

石場建て(No.4 試験体)のように柱脚が移動する場合は、移動による入力の高減効果(詳細解析において定性的に確認)が認められるため、今後高減効果を定量的に把握し設計に反映させることが望ましい。

2) 今後の課題

復元力特性のモデル化について

耐震要素の要素実験と同条件の場合は問題ないが、材質・経年変化・仕口形状等、条件が異なる場合を考慮して、どのような復元力特性に設定するかを検討する必要がある。今回は実験結果との比較のため、負勾配を考慮して検討したが、試験方法・測定方法により実験結果の勾配は不安定に変わるため、設計法として復元力特性に負勾配を取り込むかどうかについては、時刻歴応答解析の検証や多くの実験データから慎重に判断しなければならない。

また、通し柱の効果等、まだ耐震部材として解明されていない要素を計算上、どのように見込むかについても検討が必要である。

加算則の妥当性について

今回の試験体では加算則がほぼ成立することが確認できたが、単スパンと連続スパンの実験結果が異なる場合があるため、今後、複数スパンの実験等を行うことにより、更に検証が必要である。

構造階高の設定方法について

今回の試験体は梁レベルや梁の断面のばらつきが少なく、方向別の構造階高に大きな違いは見られなかったが、ロフトがある場合など極端にレベルが異なる場合の評価方法について検討が必要である。

水平面剛性の評価について

今回の検討では建物を部分的に取り出して検討する方法を採用したが、直交方向の効果も含めて、ねじれ振動や、各構面で変形が大きく異なる場合についてどのような検討方法が適切か、確認する必要がある。

振動モードについて

2 階の耐力が 1 階に比べて極端に小さい場合、1 階・2 階のいずれが先に層降伏に至るか特定できない(時刻歴応答解析を行えば、入力地震動の違いによって先に層降伏する層が異なる)ため、このような場合でも精度よく計算を行うためには、詳細解析結果も参考に適切な計算方法を提案する必要がある。