

既存 RC 造学校建築の耐震性能(その 2:復元力特性の設定)

RC 造学校建築 静的弾塑性解析 復元力特性
耐震診断

正会員 ○白瀬 陽一*¹ 同 竹生 修治*²
同 宮腰 淳一*³ 同 福和 伸夫*⁴
同 飛田 潤*⁵

1. はじめに

現在、地震応答解析に用いられている復元力特性は、部材単体実験データ等より推定されているが、建物の地震被害を考える際には、腰壁・垂壁といった 2 次部材の影響を考慮し、より実挙動に近いモデルを考える必要がある。(その 2)では、(その 1)で明らかになった RC 造学校建築の典型的なモデルを用いて静的弾塑性解析を行うことにより、建物の被害推定に用いることが可能な復元力特性を構築する。

2. 静的弾塑性解析

2.1 解析対象建物の概要

(その 1)から、典型的な校舎建築と考えられる以下の建物を解析対象とする。階高は各階 3.85m で 4 階建て建物である。

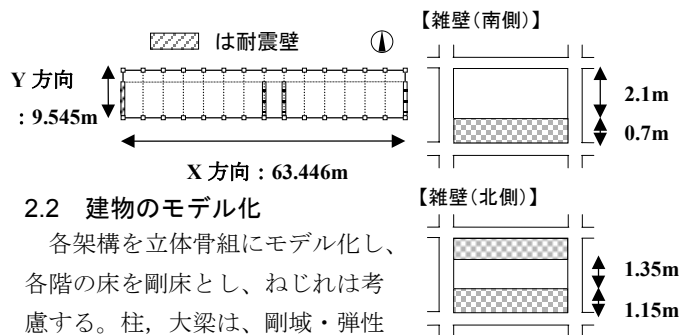


図 1 解析対象建物

2.2 建物のモデル化

各架構を立体骨組にモデル化し、各階の床を剛床とし、ねじれは考慮する。柱、大梁は、剛域・弾性域および中央部材によって構成され、中央部材の端部がフェイス位置に対応する。大梁のモデル(図 2)はスラブによる曲げ剛性の割り増しを行う。中央部材は軸力と 2 軸曲げの相関を考慮できるマルチスプリングモデル (MS モデル) と、2 軸せん断の相関を考慮できるマルチシアースプリングモデル (MSS モデル) により構成されている。ねじれは弾性として扱う。MS モデルはフェイス位置に配置され、中央部材端の 2 平板間に複数の弾塑性軸バネが断面の形状に合わせて配置されている。平板間には、軸方向変形 u_x と 2 軸回りの回転変形 θ_y 、 θ_z の 3 自由度を持ち、軸力と 2 軸曲げの相関を考慮した弾塑性挙動をするものとする。

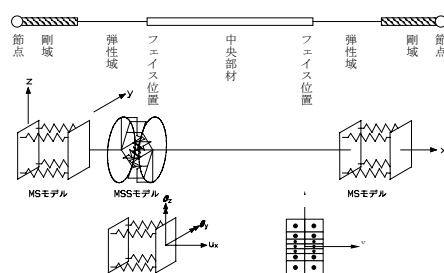


図 2 柱・大梁のモデル化

耐震壁は、図 3 のようにエレメント置換する。壁柱の脚部を軸力と曲げの相関を考慮できる弾塑性スプリングモデルとし、せん断性状は弾塑性せん断ばねモデルで表す。壁柱頭部の曲げおよび壁梁は弾性とする。また開口部による影響は、せん断剛性に(1)式のせん断剛性低下率 γ を乗じ考慮する。

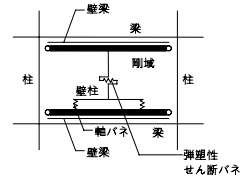


図 3 耐震壁のモデル化

$$\gamma = 1.0 - 1.25 \sqrt{(\sum L_0 H_0 / LH)} \quad (1)$$

L_0 、 H_0 : 開口部の長さ、高さ

L 、 H : 耐震壁の長さ、高さ

腰壁・垂壁は図 4 のように分割し、外周の柱・梁を変断面部材とすることにより雑壁の剛性評価を行う(TypeA)。また、図 5 のように梁を変断面部材として扱い、腰壁・垂壁に MS を付加することにより雑壁の剛性と耐力の評価を行う(TypeB)。

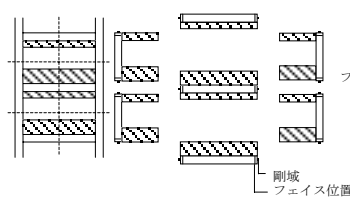


図 4 雑壁の剛性のモデル化

【TypeA】

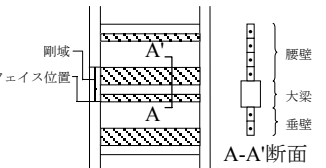


図 5 雑壁の剛性・耐力のモデル化

【TypeB, C】

解析は腰壁・垂壁の扱い等について以下の 3 タイプのモデルに対して行った。

【TypeA】腰壁・垂壁の剛性と、腰壁・垂壁を無視した柱・梁の剛域を評価し、腰壁・垂壁の耐力を無視する。設計で一般的に用いられるモデルに相当する。

【TypeB】腰壁・垂壁の剛性と、腰壁・垂壁を考慮した柱・梁の剛域、腰壁・垂壁の耐力を評価する。2 次部材の剛性・耐力を考慮した詳細モデルに相当する。

【TypeC】腰壁・垂壁の剛性と、腰壁・垂壁を考慮した柱・梁の剛域を評価し、梁は弾性とした。耐震診断(2 次診断)に対応するモデルに相当する。

荷重分布形は設計用地震荷重と相似形を基本とするが上層階で終局耐力に達しない場合は適宜分布形を変更する。

2.2 静的弾塑性解析結果

図 6 に 3 タイプの解析から得られた 1 階、3 階の層せん断力-層間変形関係を比較して示す。図 6 より X 方向については【TypeA】に比して【TypeB】はおよそ 1.6 倍、【TypeC】は

およそ 2.2 倍の耐力を有していることがわかる。Y 方向について、【TypeA】と【TypeB】の差は外力分布形の違いによる。

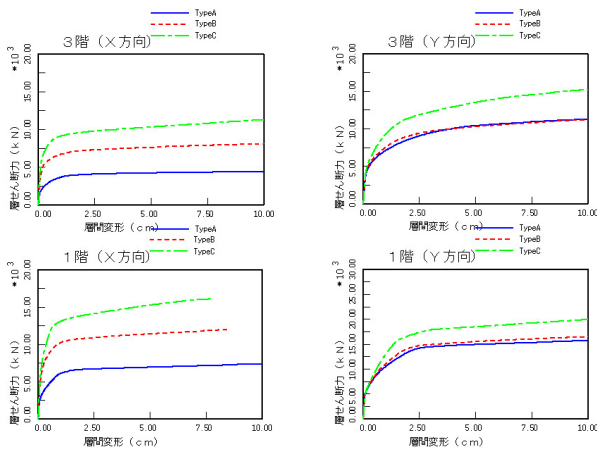


図 6 層せん断力-層間変形関係比較

3. 復元力特性

静的弾塑性解析の結果に基づき、振動解析用に各層ごとに Tri-Linear 型の復元力特性に近似する。スケルトンカーブは、下記のように設定する。(図 7)

- ・第 1 折点：各層のいずれかの部材がクラックを発生する点。
- ・第 2 折点：各層のいずれかの部材が降伏した層間変位で静的弾塑性解析結果と振動応答解析用 Tri-Linear モデルの面積が等しくなる層せん断力となる点。
- ・第 3 折点：層間変形角が 1/50 程度または静的弾塑性解析の最終ステップとなる点。

表 1 には、その結果得られたタイプ別の剛性・耐力関係を復元力特性とともに示す。図 8 には復元力特性の凡例を示す。表 1 中の Q_u は耐震診断で得られる各層の終局耐力を、 ΣW はその階より上の重量を示す。表 1 より、第 2 次診断に対応した【TypeC】は、せん断力係数については診断と対応しているが、腰壁・垂壁の耐力を評価した【TypeB】は耐震診断(Q_u)に比べ終局耐力(Q_3)が X 方向で 0.82~0.89 倍、Y 方向で 0.58~0.95 倍となっている。この要因として Y 方向については、静的弾塑性解析において梁の耐力にスラブ効果が入っていないことや上層が完全に終局に達していないことが考えられる。表 2 に

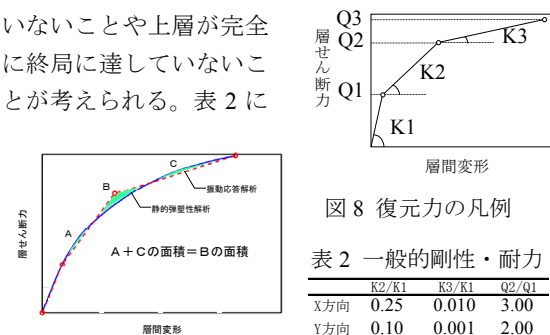


図 8 復元力の凡例

表 2 一般的剛性・耐力

	K2/K1	K3/K1	Q2/Q1
X 方向	0.25	0.010	3.00
Y 方向	0.10	0.001	2.00

図 7 スケルトンカーブ

は、一般的に解析で用いられている剛性、耐力の関係^{2),3)}を示す。表 1 と表 2 の値を比較すると Y 方向については、一般的に用いられる復元力特性と概ね対応がとれているが、X 方向については腰壁・垂壁の評価によって剛性・耐力に差異が生じる結果となった。したがって、建物の地震被害を検討する際は一般的な剛性・耐力の関係を用いるだけでなく、腰壁・垂壁を評価した復元力特性も含め解析を行う必要があると考えられる。

4. まとめ

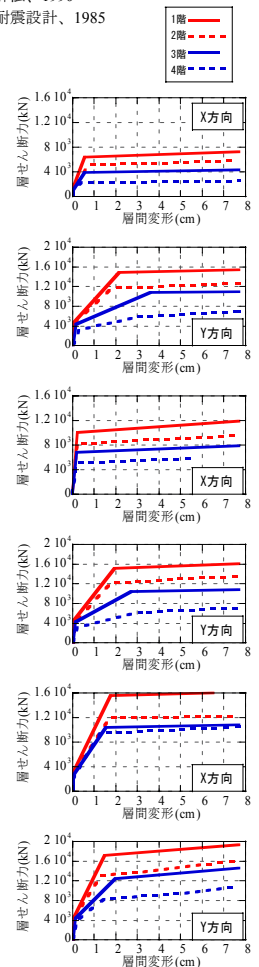
本研究では、(その 1)で明らかになった一般的な学校建築を対象として、より詳細なモデルを用いて静的弾塑性解析を行うことにより、被害検討の際に用いることが可能な復元力特性の構築を行った。今後は、梁のスラブ効果等を考慮した静的弾塑性解析を行い、復元力特性の検討を行う。さらに愛知県全体の建物に対し、 I_s 値を用いて耐力の高さ方向分布を求め、応答解析を行うことにより建物の地震被害を含めた検討をする予定である。

参考文献

- 1) 石井正人、斉藤安生、浅野美次、堀井昌博：マルチスプリングモデルの特性 その 1 部材剛性の特性とその適正化、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp383-384、1997
- 2) 青山博之：鉄筋コンクリート建物の終局強度型耐震設計法、1990
- 3) 梅村魁、大澤畔、武田壽一：鉄筋コンクリート構造の耐震設計、1985

表 1 タイプ別復元力特性

【TypeA】								
TypeA	階数	K2/K1	K3/K1	Q2/Q1	Q3/ ΣW	$Q_u/\Sigma W$	Q3/ Q_u	
X 方向	4	0.15	0.001	3.08	0.46	1.26	0.37	
	3	0.16	0.002	3.47	0.35	0.76	0.46	
	2	0.15	0.002	4.05	0.30	0.56	0.54	
	1	0.21	0.003	4.12	0.27	0.50	0.54	
Y 方向	4	0.09	0.020	1.87	1.23	2.17	0.57	
	3	0.07	0.001	2.54	0.88	1.05	0.83	
	2	0.10	0.004	2.65	0.65	0.76	0.86	
	1	0.08	0.002	3.11	0.58	0.64	0.91	
【TypeB】								
TypeB	階数	K2/K1	K3/K1	Q2/Q1	Q3/ ΣW	$Q_u/\Sigma W$	Q3/ Q_u	
X 方向	4	0.50	0.003	9.88	1.04	1.26	0.82	
	3	0.63	0.003	11.72	0.63	0.76	0.83	
	2	0.65	0.003	15.35	0.49	0.56	0.88	
	1	0.72	0.004	15.86	0.45	0.50	0.89	
Y 方向	4	0.08	0.014	1.96	1.26	2.17	0.58	
	3	0.07	0.003	2.47	0.87	1.05	0.83	
	2	0.10	0.004	2.90	0.69	0.76	0.92	
	1	0.08	0.002	3.29	0.61	0.64	0.95	
【TypeC】								
TypeC	階数	K2/K1	K3/K1	Q2/Q1	Q3/ ΣW	$Q_u/\Sigma W$	Q3/ Q_u	
X 方向	4	0.09	0.003	4.50	0.54	1.26	0.43	
	3	0.08	0.001	3.91	0.56	0.76	0.73	
	2	0.09	0.001	3.81	0.64	0.56	1.14	
	1	0.11	0.001	4.95	0.61	0.50	1.21	
Y 方向	4	0.17	0.019	2.12	1.88	2.17	0.87	
	3	0.12	0.011	2.82	1.17	1.05	1.11	
	2	0.15	0.010	3.16	0.83	0.76	1.10	
	1	0.13	0.005	3.72	0.73	0.64	1.14	



*1 ㈱日建設計 構造設計室 修士(工学)
*2 名古屋大学大学院環境学研究科 大学院生
*3 清水建設㈱ 技術研究所 博士(工学)
*4 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博
*5 名古屋大学大学院環境学研究科 助教授・工博

*1 Structural Engineering Dept., Nikken Sekkei Ltd., M.Eng.
*2 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
*3 Institute of Technology, Shimizu Corporation, Dr.Eng.
*4 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng..
*5 Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng..