

連層耐震壁を有するRC造建物の残存耐震性能評価法に関する研究

その1 RC造4層建物縮小試験体の振動台実験計画と静的荷重増分解析結果

正会員 ○三浦 耕太* 正会員 藤田 起章**
 正会員 田畑 佑** 正会員 Hamood Alwashali***
 正会員 前田 匡樹****

残存耐震性能 振動台実験 連層耐震壁
 荷重増分解析 安全限界 終局変形

1. はじめに

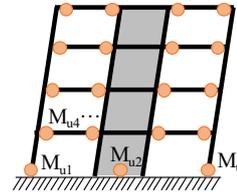
巨大地震発生時における企業の事業継続性の判断とその後の効率的な復旧計画の立案のためには、建物の残存耐震性能を定量的に把握することが重要である。現在用いられている指標として、被災度区分判定基準（以下現行基準）¹⁾における耐震性能残存率 R がある。現行基準では、建物各箇所（部材）の損傷度に応じて定まる耐震性能低減係数 η を、部材の終局耐力 M_u で重みづけ平均して、建物の耐震性能残存率 R を算定することとしている（図1）。即ち、建物の耐震性能に及ぼす各部材の影響度（寄与度）を、耐力のみから決定しており、耐震壁と柱梁等、異なる種類の部材が混在する建物においては、適切な評価が出来ない可能性がある。一方、筆者らは、耐力に加え、部材の位置や変形性能、エネルギー吸収能等を考慮して部材の影響度を評価する手法²⁾³⁾を提案したが、検討対象は純ラーメン建物に限られており、実験等による具体的な検証も不足している。

そこで、本研究では、連層耐震壁を有するRC造建物の残存耐震性能評価法の開発と妥当性検証を目的として、4層建物縮小試験体の振動台実験を計画した。その1では、試験体概要と静的荷重増分解析結果について述べる。その2では、各部材の変形性能の違い等を考慮した残存耐震性能評価法を提案し、試験体に適用した結果を示す。更にその3では、モニタリングシステムへの評価法の適用を見据え、加速度センサの記録を用いた建物応答推定手法について検討を行う。

2. 試験体概要

試験体は図2に示すような、1/4スケールのRC造4層の連層耐震壁（矩形の壁柱）付建物とした。X,Y方向共に1階の耐震壁と柱の脚部及び各階の梁端にヒンジを生じるような曲げ降伏型全体崩壊形のメカニズムとした上で、破壊形式の違いによる影響が検討出来るよう、X方向とY方向で耐震壁の割合を変化させ、X方向は耐震壁の破壊が支配的な架構、Y方向は柱梁の破壊が支配的な架構とすることを設計目標とした（図3）。

各部材の断面情報と、靱性指針⁴⁾に従って計算した、曲げ終局強度及び終局変形角を表1に示す。コンクリートはFe30、鉄筋は径に応じて、SD295A、SD345、SD390の3種類を用いている。耐震壁の耐力の負担割



耐震性能残存率

$$R = \frac{\sum M_{uj}}{\sum M_{uj} \times \eta_j}$$

図1 現行基準における耐震性能残存率 R の評価法

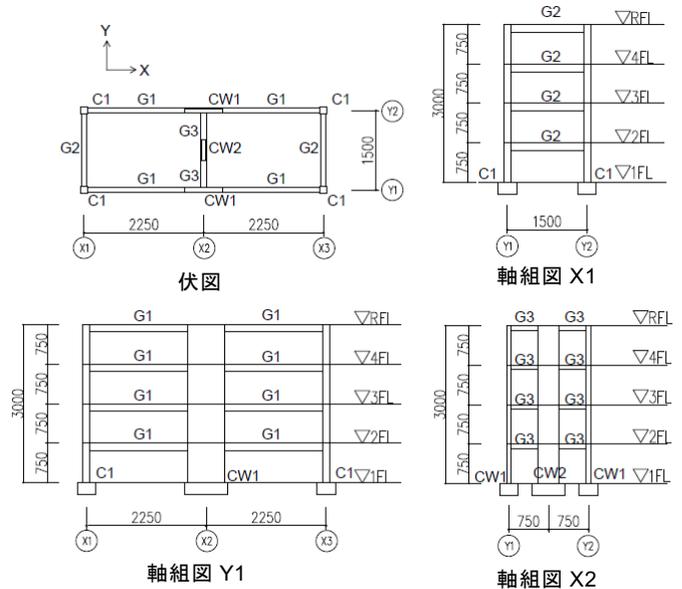


図2 試験体の伏図、軸組図

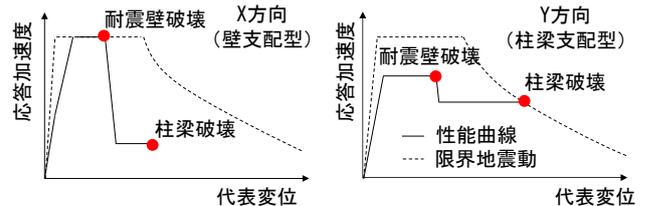


図3 試験体の破壊形式

表1 部材諸元

部材	符号	断面(mm)	主筋	曲げ終局強度 (kN・m)	終局変形角 (rad.)
柱	C1 (X方向)	130×130	6-D10	7.6	0.039
	C1 (Y方向)	130×130		10.3	0.038
耐震壁	CW1 (X方向)	80×700	24-D10	186.0	0.017
	CW1 (Y方向)	700×40		23.0	0.038
梁	CW2	70×400	8-D13	81.0	0.016
	G1	100×140	3-D6	4.6	0.054
	G2	100×150	2-D10	6.9	0.048
	G3	120×90	2-D6	1.8	0.060

合（壁脚の曲げ耐力の合計値／全てのヒンジ位置の曲げ耐力の合計値）は、X方向で約7割、Y方向で約3割である。尚、柱及び耐震壁の長期軸応力度を実大規模と等しくするため、各階のスラブに錘を設置し、層重量が約75kN（建物重量約300kN）となるような計画とした。

3. 試験体の事前解析

3.1 解析モデル及び解析条件

解析モデルは、耐震壁及び柱梁を、材端に曲げバネ、中央にせん断バネと軸ばねを持つ線材に置換したフレームモデルとした。曲げバネはトリリニア型のモデルを用い、せん断バネと軸バネは弾性とした。長期荷重は梁の分布荷重及び節点荷重として加えた。水平外力を A_i 分布に基づいて設定し、静的荷重増分解析を行った。尚、剛性が高く変形能力が低い耐震壁の破壊後に耐力低下した架構の状態を想定し、1階の壁脚をピンとしたモデル（耐震壁破壊後モデル）についても、解析を行った。

3.2 解析結果

荷重増分解析結果における、各層の層せん断力－層間変形角関係を図4に示す。同図中に示した耐震壁破壊点・柱梁破壊点は、いずれかの壁脚・柱梁の変形角が表1に示した終局変形角に達した時点として定義した。

4. 試験体の保有耐震性能指標に基づく破壊形式の評価

4.1 評価方法

松川らによる研究⁵⁾における安全限界評価法では、荷重増分解析結果の層せん断力－層間変形角関係を1自由度系に縮約した代表変位－応答加速度関係（耐力曲線）において、保有耐震性能指標⁶⁾が最大点となる点を、安全限界と定義している。保有性能指標は、文献⁶⁾において、限界地震動（耐力曲線上のある点を通るスペクトルの大きさ）の、基準地震動に対する比率として定義されている。

そこで、本研究では、3.2で定義した耐震壁破壊点と柱梁破壊点それぞれにおいて、保有耐震性能指標 α_w 、 α_f を計算し、試験体の破壊形式を判定することとした。 $\alpha_w > \alpha_f$ の場合、耐震壁破壊点が安全限界となるため、耐震壁支配型、 $\alpha_f > \alpha_w$ の場合、柱梁破壊点が安全限界となるため、柱梁支配型の架構であると判断出来る。

4.2 評価結果

性能曲線と保有耐震性能指標の算定結果を図5に示す。X方向では $\alpha_w > \alpha_f$ 、Y方向では $\alpha_f > \alpha_w$ となっており、2章に示した設計目標通り、X方向が耐震壁支配型、Y方向が柱梁支配型の架構になっていることが確認できる。

5. まとめ

連層耐震壁を有するRC造建物の残存耐震性能評価法

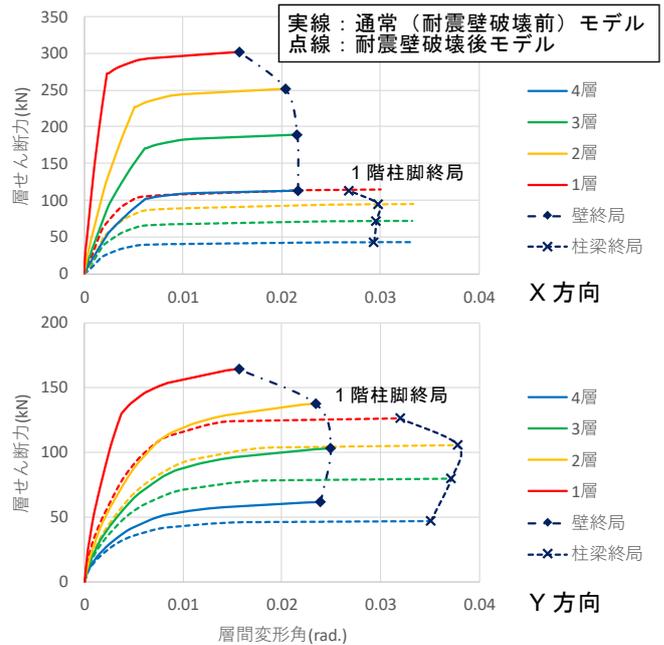


図4 層せん断力－層間変形角関係

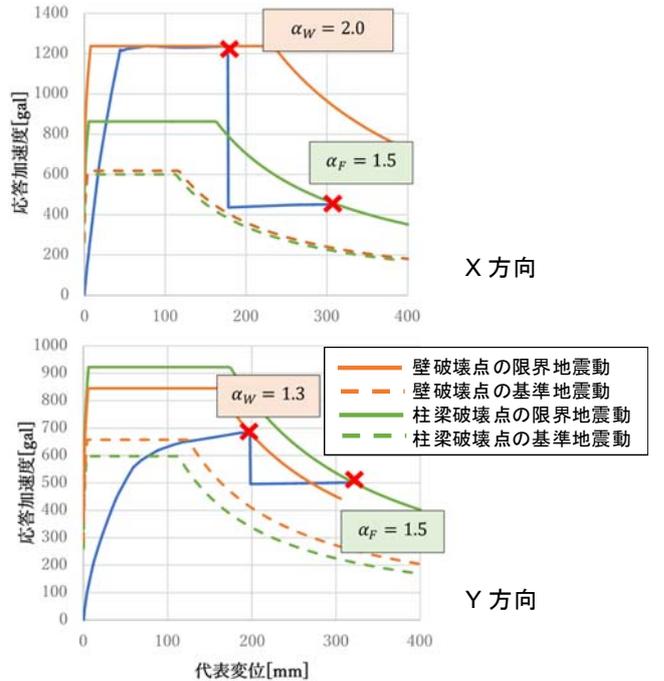


図5 耐力曲線と保有耐震性能指標

の開発と妥当性検証を目的として、4層建物の縮小試験体の振動台実験を計画した。試験体は、曲げ降伏型の耐震壁付ラーメン架構とし、X方向は耐震壁の破壊が支配的、Y方向は柱梁の破壊が支配的となるような設計とした。試験体の静的荷重増分解析を行い、上記の設計条件満足することを確認した。

参考文献は、まとめてその3に示す。

*大林組

**東北大学大学院工学研究科 博士課程前期

***東北大学大学院工学研究科 助教・博士（工学）

****東北大学大学院工学研究科 教授・博士（工学）

*Obayashi Corporation

**Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ..

***Assistant Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ. Dr. Eng.

****Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng