

連層耐震壁を有するRC造4層建物縮小試験体の振動台実験による被災度評価と応答予測

その3 架構の安全限界と破壊形式の評価

残存耐震性能	振動台実験	連層耐震壁	正会員	○三浦 耕太*1	正会員	藤田 起章*2
荷重増分解析	安全限界	終局変形	正会員	田畑 佑*3	正会員	Alex Shegay*4
			正会員	前田 匡樹*5	正会員	Hamood Alwashali*6
			正会員	関 松太郎*7		

1. はじめに

その3では、解析結果、実験結果それぞれに基づいて算定した、架構の安全限界と破壊形式の比較検討結果を示す。

2. 解析結果に基づく架構の安全限界と破壊形式の評価

2.1 安全限界及び破壊形式の評価方法

松川らの研究⁷⁾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(性能曲線)において、保有耐震性能指標⁸⁾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⁸⁾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、耐震壁が破壊する点と柱梁が破壊する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。 $\alpha_w > \alpha_F$ 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。

2.2 解析モデル

安全限界の評価に用いる解析モデルは、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。曲げバネ及び壁のせん断バネは、ひび割れ及び降伏点を折れ点とするトリリニア型のモデルを用い、軸ばね及び柱・梁のせん断バネは弾性とした。各バネの折れ点(ひび割れ強度と終局強度)は、鉄筋及びコンクリートの材料試験結果に基づき、略算式⁹⁾で求めた。梁の曲げ強度を求める際のスラブの有効幅は、スパンの0.5倍とした。また、靱性指針⁹⁾に従って、各部材の終局変形角を求めた。各部材の曲げ終局強度及び終局変形角の算定結果を表1に示す

長期荷重は梁の分布荷重として加えた。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、通常のモデル(耐震壁破壊前モデル、図1(a))に加えて、耐震破壊後の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、図1(b))の解析も行った。

2.3 安全限界及び破壊形式の評価結果

2.1に示した方法に従い、解析結果に基づいて、試験体の安全限界と破壊形式を評価した結果を図2に示す。尚、性能曲線の計算においては、壁破壊点(いずれかの壁が終局変形角に達した点)までは、耐震壁破壊前モデルを、壁破壊点~柱梁破壊点(いずれかの柱梁が終局変形角に達した点)では、耐震壁破壊後モデルを用いている。即

表1 部材の曲げ強度と終局変形角

	柱		壁				梁		
	C1		CW1		CW2		G1	G2	G3
	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向			
曲げ終局強度(kN・m)	7.0	9.5	184.9	21.0	15.1	89.2	7.2	10.4	4.0
終局変形角(rad.)	0.041	0.041	0.021	0.043	0.044	0.022	0.047	0.043	0.060

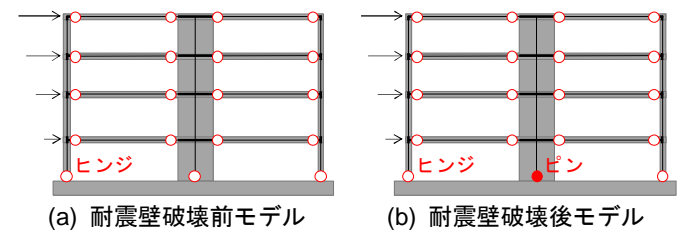


図1 荷重増分解析用のフレームモデル

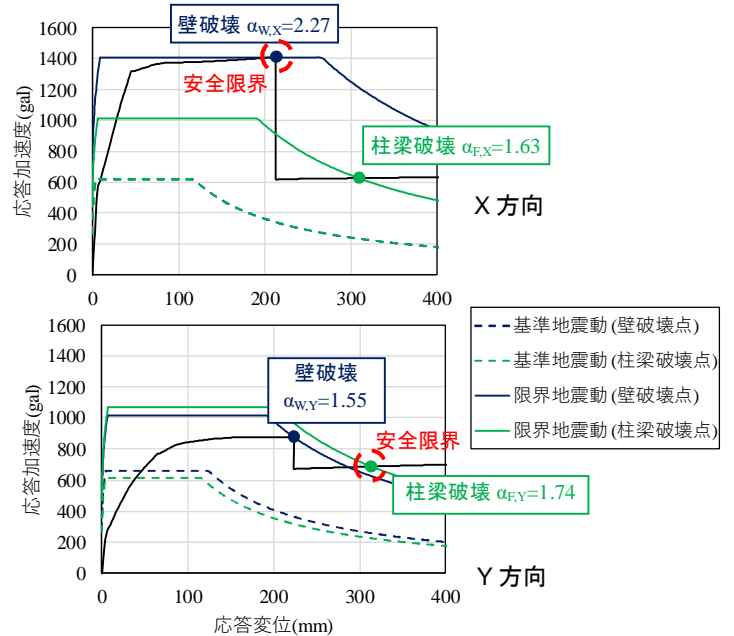


図2 解析結果に基づく架構の安全限界の評価結果

ち、壁の水平耐力は、壁破壊点において急激に低下し、0になると仮定している。

保有耐震性能指標は、X方向では $\alpha_{w,X} > \alpha_{F,X}$ 、Y方向では $\alpha_{F,Y} > \alpha_{w,Y}$ となっており、X方向が壁支配型、Y方向が柱梁支配型の架構であると判断出来る。

3. 実験結果に基づく架構の安全限界と破壊形式の評価

3.1 安全限界及び破壊形式の評価方法

(1) 部材の破壊点の確認

加振後の損傷観察において、壁の破壊(損傷度Vに達し

た点として定義)が最初に確認された加振を、Run W とすると、壁の実際の破壊点は、その直前の加振 (Run W-1) と Run W の応答の間に存在すると言える。

(2) 保有耐震性能指標の定義

2.1 の定義に倣い、壁破壊に基づく保有耐震性能指標 $e\alpha_W$ を、壁が終局変形に達する以前の加振 (Run 1~Run W-1) における最大入力倍率として求める。同様に、柱梁の破壊に基づく保有耐震性能指標 $e\alpha_F$ を、Run W~Run F-1 (柱梁の破壊が確認された加振の直前の加振) の最大入力倍率として求める。

(3) 安全限界と破壊形式の評価

保有耐震性能指標が、 $e\alpha_W > e\alpha_F$ の場合、架構の破壊形式は壁支配型であり、Run 1~Run W-1 の最大入力倍率における応答 ($e\alpha_W$ に対応する応答) が架構の安全限界点であると判断出来る。 $e\alpha_F > e\alpha_W$ の場合、破壊形式は柱梁支配型であり、 $e\alpha_F$ に対応する応答が、架構の安全限界点であると判断出来る。尚、 $e\alpha_W = e\alpha_F$ の場合は、架構の安全限界変形を、小さめ (安全側) に評価するため、 $e\alpha_W$ に対応する応答を安全限界として定義する。

3.2 安全限界及び破壊形式の評価結果

3.1 の方法に基づいて、架構の安全限界を評価した結果を図 4 に示す。同図では、各加振の 1 層の層せん断力最大時刻における応答変位 (代表変位) と加速度を、実験結果として示している。また、解析に基づく評価結果 (図 2) を合わせて示している。実験においては、X 方向は Run 9、Y 方向は Run 7 で壁の破壊が確認されたが、柱梁の破壊は確認されなかった。そこで、各方向の最終加振 (Y 方向の Run 7 と X 方向の Run 9) を、柱梁破壊の直前に対応する加振 (図 3 の Run F-1) と見なすこととした。

実験結果における、壁破壊に基づく保有耐震性能指標は、X 方向は $e\alpha_{W,X} = 260\%$ 、Y 方向は $e\alpha_{W,Y} = 170\%$ であり、解析結果と概ね等しい値となった。一方、柱梁破壊に基づく保有耐震性能指標は、X 方向では $e\alpha_{F,X} = 260\%$ であり、解析値よりも大きい結果となった。これは、その 2 にも示したように、曲げ破壊した壁の変形能力 (破壊後の残存耐力) が解析の想定よりも高かったためと考えられる。一方、壁がせん断破壊した Y 方向では、 $e\alpha_{F,Y} = 120\%$ であり解析値 $\alpha_{F,Y}$ よりも小さい結果となった。これは、 $\alpha_{F,Y}$ の計算で用いた解析モデル (図 1(b) のモデル) では、壁脚の損傷のみを考慮しているのに対し、実験においては、最終加振以前の加振 (~Run6) によって、柱梁に累積損傷が生じ、耐震性能の低下が生じていたためと考えられる。

以上に示した結果から、X、Y 方向共に、 $e\alpha_W \geq e\alpha_F$ であり、試験体は壁支配型の架構であったと言える。また、両方向ともに、Run 5 (壁破壊以前の最大入力) に対する

応答が、安全限界点であると判断出来る。Y 方向では、解析に基づく評価と異なる結果であり、差異の要因である、解析における累積損傷の考慮については、今後の課題である。

4. まとめ

RC 造 4 層建物縮小試験体について、解析結果、実験結果それぞれに基づく、架構の安全限界と破壊形式の評価結果を示した。X 方向では、破壊形式及び安全限界点が、解析と実験で一致したが、Y 方向では、異なる結果となった。

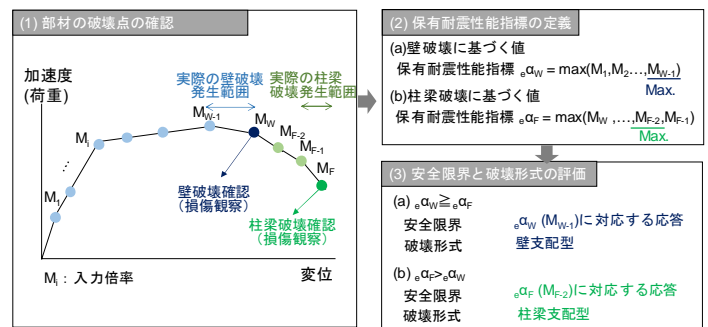


図 3 実験結果に基づく架構の安全限界・破壊形式の評価方法

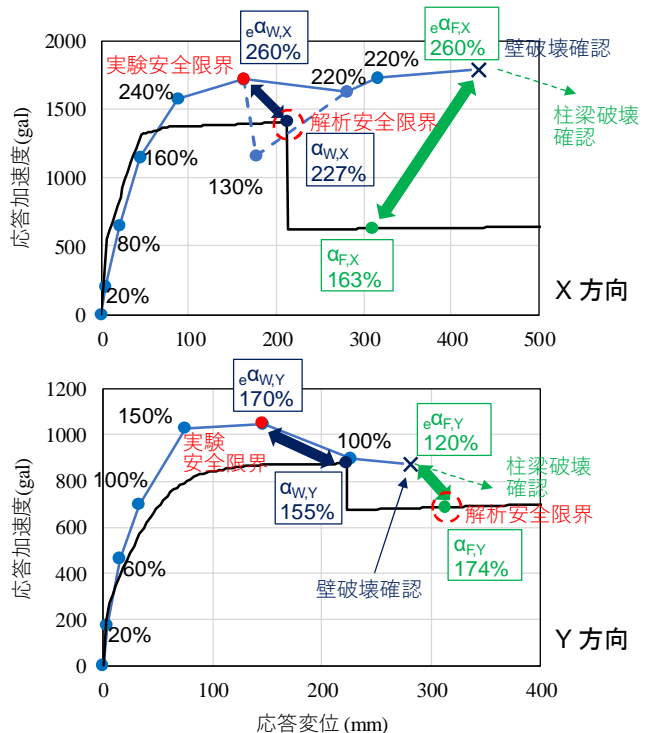


図 4 実験結果に基づく架構の安全限界・破壊形式の評価結果

*1 大林組 技術研究所

*2 東北大学大学院工学研究科 博士課程前期

*3 久米設計

*4 東北大学大学院工学研究科 学術研究員・Ph.D.

*5 東北大学大学院工学研究科 教授・博士 (工学)

*6 東北大学大学院工学研究科 助教・博士 (工学)

*7 建築研究所 工学博士

*1 Technical Research Institute, Obayashi Corporation

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

*3 KUME SEKKEI Co., Ltd.

*4 Researcher, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.

*5 Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.

*6 Assistant Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ. Ph.D.

*7 Building Research Institute, Dr. Eng..