

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1 研究の位置づけと実験計画の概要

被災度判定	応答予測	残存耐震性能	正会員	○前田 匡樹*1	正会員	藤田 起章*2
RC造架構	連層耐震壁	振動台実験	正会員	田畑 佑*3	正会員	三浦 耕太*4
			正会員	Alex Shegay*5	正会員	Hamood Alwashali*6
			正会員	関 松太郎*7		

1. 研究の目的と全体構成

地震被害を受けた建物の継続使用の可否の判断や復旧計画を立案するためには、被災建物の残存耐震性能を正確に評価して被災度を判定することが重要である。現在用いられている指標として、日本建築防災協会の「震災建築物の被災度区分判定基準（以下、被災度判定基準）」¹⁾における耐震性能残存率 R がある。梁曲げ降伏型の全体崩壊形を形成する建物の耐震性能残存率 R は、建物内の部材の曲げ終局強度 M_u の合計値に対する、地震によって低下した部材強度 ηM_u (η : 耐震性能低減係数) の合計値の比率として算定される(図1)。

$$R = \frac{\sum \eta_i M_{ui}}{\sum M_{ui}} \quad (1)$$

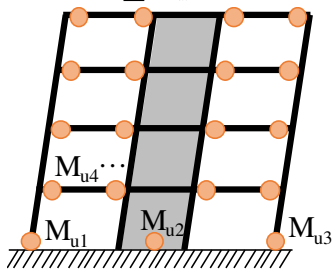


図1 現行基準における耐震性能残存率 R の算定方法

筆者らは、耐震性能残存率 R や耐震性能低減係数 η の評価について、様々な研究を行ってきた^{2)~7)}など。本研究では、高層集合住宅などによく用いられる連層耐震壁を有するRC造架構を対象とした振動実験を行い、部材の損傷度に基づく残存耐震性能評価や、応答観測記録を用いた将来の地震に対する応答予測法を開発することを目的とする。耐震壁を有するラーメン架構では、剛性・耐力が高い耐震壁と靱性に富むラーメン架構から建物が構成されるため、地震応答時には、耐震壁部分のひび割れや損傷、破壊が先行し、徐々にラーメン架構の負担応力が増加するという挙動が予想される。一方で、被災度判定基準では、建物の耐震性能残存率 R を評価する際、各部材の性能低下が全体に及ぼす影響(以下、寄与度と呼ぶ)を、曲げ終局耐力 M_u のみに基づいて定めている。実際には、連層耐震壁と、柱・梁部材の変形能力が異なるため、適切な評価が出来ないことが考えられる。

そこで、本研究では、柱梁と壁の変形能力の違いを考慮して、建物の残存耐震性能を評価する手法を提案する。RC造4層建物縮小試験体の振動台実験を実施し、提案手法の妥当性を確認する。さらに、経験した中小地震での観測記録に基づいて、解析モデルを修正し、将来の大地震による応答を予測する手法についても検討する。本報その1

では、研究計画の概要と振動実験の計画、その2では、振動台実験結果の概要を示し、その3では、架構の安全限界状態と破壊形式を評価した結果を示す。その4では、中層地震における観測結果を使用して、将来の地震における構造物の応答を予測する手法を示す。その5では、建物の残存耐震性能を評価するための新しい手法を提案し、その結果を現行基準法と比較する。

2. 振動台実験の計画

2.1 試験体概要

振動台実験の試験体は、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みカニズムを形成するように設計した。X方向とY方向で、耐震壁と柱梁ラーメンの強度負担率を変化させ、X方向は耐震壁の負担率を60%として、耐震壁の破壊が建物全体の終局限界となるように、一方、Y方向は柱梁ラーメンの負担率を80%程度とし、柱梁の破壊が支配的な架構となるように設計した(図3)。

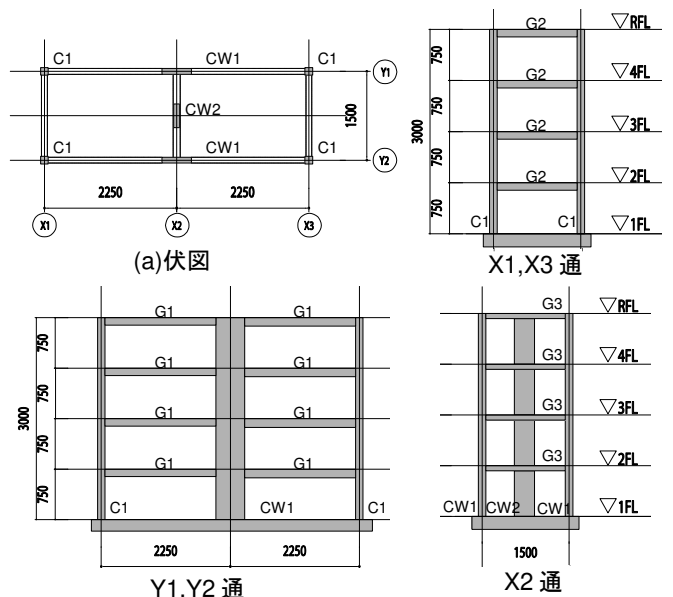


図2 試験体の伏図・軸組図

表1に部材の断面・配筋の一覧を示す。コンクリートはFc30、鉄筋はSD390(D13)、SD345(D10,D6)、SD295A(D4)を用いた。図2(a)に示したように、試験体はX方向2スパン、Y方向1スパンである。

Shake-table testing of a 4-storey RC structure to develop methods for damage evaluation and seismic response prediction of structures
Part 1 Outline and motivation of experiment
MAEDA Masaki, FUJITA Kisho, TABATA Yu, MIURA Kota, Alex SHEGAY, Hamood ALWASHALI, and SEKI Matsutaro

表 1 部材断面と配筋一覧

部材	壁			梁			スラブ
	柱	CW1	CW2	G1	G2	G3	
	C1						
寸法(mm)	130×130	80×700	70×400	100×140	100×150	120×90	70
主筋	6-D10	24-D10	8-D13 + 6-D6	3-D6	4-D6	2-D6	D4@80(X方向)
補強筋	D4@60	D4@60	D4@100(中子筋@50)	D4@60	D4@60	D6@30	D4@60(Y方向)

Y1,Y2 ラーメンは、それぞれ中央の X2 通りに耐震壁 (CW1) を配置している。Y 方向は、X1,X3 通りは 1 スパンラーメンで、X2 通りのみ中央に壁 (CW2) が配置されている。各部材の配筋は、前述の耐震壁と柱梁ラーメンの耐力比となるように曲げ強度を設計し、せん断破壊が発生しないよう横補強筋量を決めた。

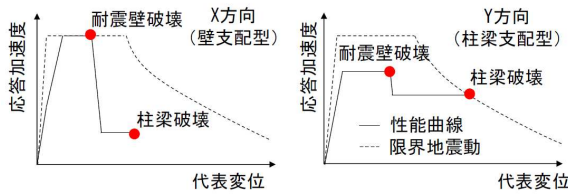


図 3 試験体の破壊形式

2.2. 入力地震波

入力地震波は、限界耐力計算法告示の第 2 種地盤応答スペクトルに適合する人工波とし、1995 年兵庫県南部地震の JMA 神戸の位相 (X 方向は NS 位相、Y 方向は EW 位相) を用いた (図 4 及び図 5)。水平 2 方向の同時加振とし、順次入力倍率を大きくして合計 9 回 (RUN1~RUN9) の加振を行った。各 RUN の入力倍率は、被災度で、概ね軽微、小破、中破、大破と目標とする被害レベルを決めて、入力倍率を調整した (表 2)。その詳細については、その 2 以降で説明する。

表 2 各 RUN の地震波入力倍率の一覧

Run	入力倍率		目標応答 (X,Y方向共通)		
	X方向	Y方向	状態	被災度	頂部変形(mm)
1	20%	20%	ひび割れ発生前後	軽微	1.5
2	80%	60%	ひび割れ発生～降伏前	軽微	8
3	160%	100%	一部の部材が降伏	軽微	13.5
4	240%	150%	メカニズム到達	小破	30
5	260%	170%	メカニズム到達～終局	中破	50
6	130%	100%	小振幅 (残存耐震性能確認)	中破	50以下
7	220%	120%	終局	大破	100
8	220%		終局 (X方向追加加振)	大破	100
9	260%		終局 (X方向追加加振)	大破	100

※加振波は告示波 JMA神戸位相 (X方向: NS位相、Y方向: EW位相)

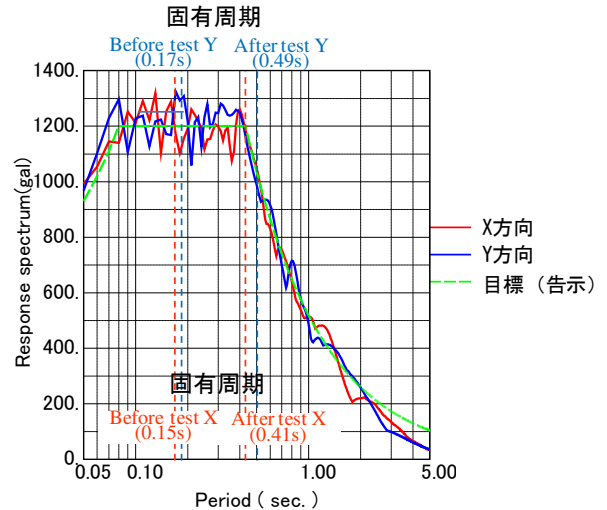
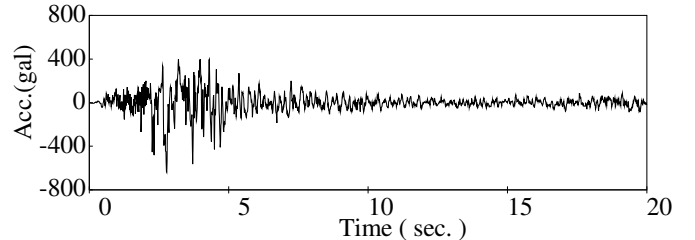
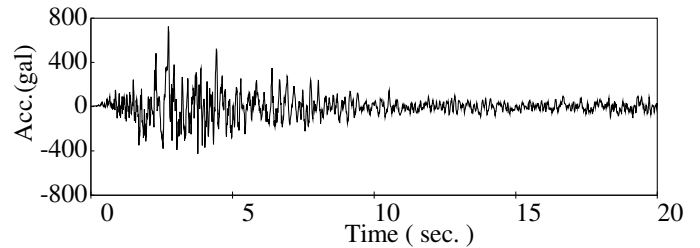


図 4 使用した地震波の応答スペクトル



(a) X方向 (告示波 神戸 NS 位相)



(b) Y方向 (告示波 神戸 EW 位相)

図 5 地震波の加速度時刻歴

3. まとめ

実験結果はその 2 に記載する。

*1 東北大学大学院工学研究科 教授・博士 (工学)
 *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 大林組 技術研究所
 *5 東北大学大学院工学研究科 学術研究員・Ph.D.
 *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 Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.
 *2 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.
 *3 KUME SEKKEI Co., Ltd.
 *4 Technical Research Institute, Obayashi Corporation
 *5 Research Fellow, 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