

RC造4層縮小架構の振動台実験による補修補強建物の性能評価

その1 実験計画の概要と常時微動測定による補修補強効果の確認

			正会員	○三浦 耕太*1	正会員	Alex Shegay*2	正会員	参川 朗*3
			同	藤田 起章*4	同	前田 匡樹*3	同	穴吹 拓也*1
補修	耐震補強	振動台実験	同	増田 安彦*1	同	栗田 康平*1	同	関 松太郎*5
耐震壁	常時微動	固有振動数						

1. はじめに

地震被害を受けた建物を補修補強によって復旧する際には、補修補強後の建物の性能の回復度合いを定量的に把握する必要がある。RC造建物について、日本建築防災協会の被災区分判定基準<sup>1)</sup>には、補修した部材の性能の回復係数の値が示されているが、実験データは十分とは言えず、回復係数は安全側の値として定められている。また、補修した架構全体の性能を実験的に検証した例はほとんど見られない。一方、RC造建物の補強に用いられる耐震補強壁の性能については、これまでも実験等によって検証が行われているが<sup>2)</sup>、面外方向の挙動を含めて、補強壁を含む架構の性能を総合的に検証した例は少ない。

そこで、本研究では、補修補強した建物の性能を明らかにすることを目的として、2019年度に実施した振動台実験<sup>3)</sup>で損傷したRC造4層建物縮小試験体を補修補強し、再度振動台実験を行った。その1では、実験計画及び常時微動測定による補修補強効果の確認結果、その2では長辺方向(X方向)の実験結果の概要、その3では補修による架構の性能回復の検討結果、その4では、短辺方向(Y方向)に設置した鉄製ブロック壁(以下補強壁)の挙動に関する検討結果を示す。

2. 試験体の補修補強計画

2.1 新設試験体の振動台実験における損傷状況

2019年度に実施した振動台実験の試験体(以下新設試験体)は、図1に示すような1/4スケールのRC造4層連層耐震壁付ラーメン建物である。同実験においては、長辺方向(X方向)の1階耐震壁脚部が曲げ破壊し、コンクリートの剥落と主筋の座屈が発生した(写真1(a))、短辺方向(Y方向)では、1階及び2階の耐震壁がせん断破壊した(写真1(b))。また、各階の梁端及び1階の柱脚に曲げ降伏ヒンジが発生した(写真1(c)(d))。

2.2 補修補強方針

X方向は、一般的に使用されている補修工法によって性能を回復させる計画とした。Y方向はRC壁の一部を撤去し、補強壁を新設することで性能を回復、向上させる計画とした。

2.3 各部材の補修補強方法

せん断破壊したY方向1、2階のRC壁は撤去し、新たに補強壁と基礎梁を設置した。補強壁の詳細図と写真は、その4に示す。その他の部材は、損傷程度に応じて4種類の方法で補修した。補修補強方法の種別を表1に、各部材に適用した補修補強方法を図1の軸組図に赤字で示す。また、方法1~3による補修の様子を写真2に示す。

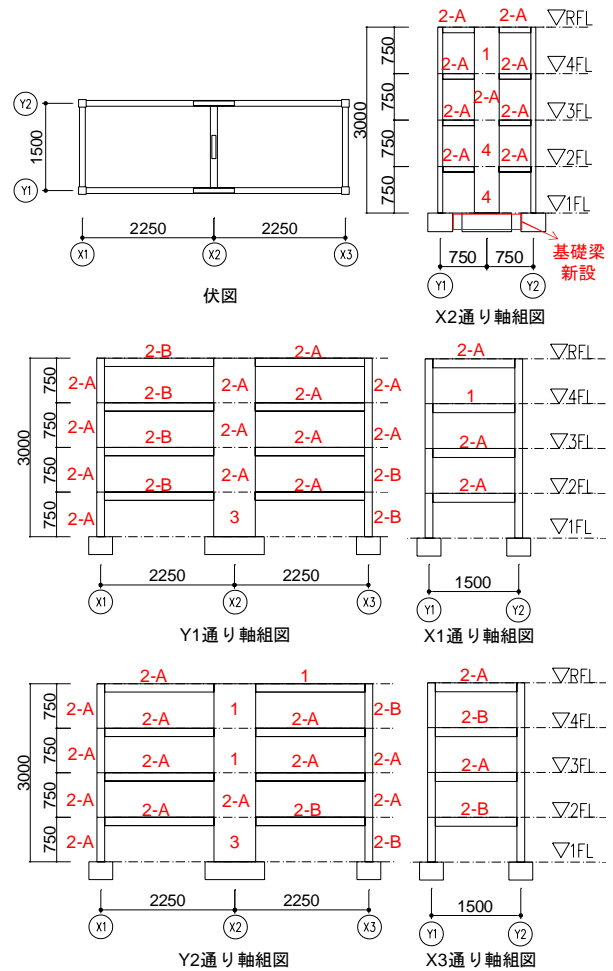


図1 新設試験体の伏図・軸組図と補修補強方法

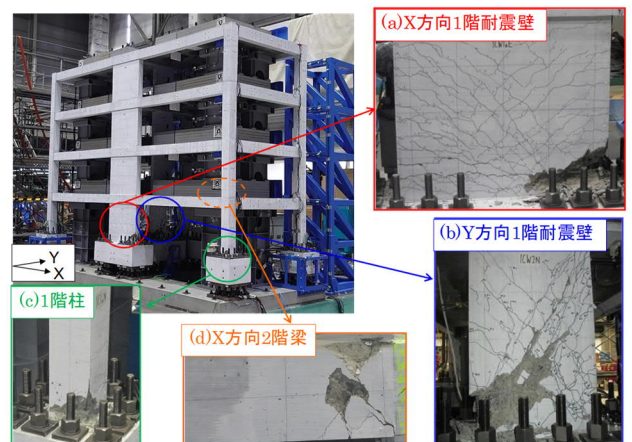


写真1 新設試験体の振動台実験後の損傷状況

Shake-table test of a 4-story repaired and retrofitted RC structure to evaluate seismic capacity (Part1 Motivation of experiment and confirmation of repair and retrofit effect by microtremor observation)

MIURA Kota, Alex SHEGAY, MIKAWA Akira, FUJITA Kisho, MAEDA Masaki, ANABUKI Takuya, MASUDA Yasuhiko, KURITA Kohei and SEKI Matsutaro

### 3. 常時微動測定による補修補強効果の確認

#### 3.1 測定計画

各部材の補修補強による剛性の回復効果を明らかにするため、補修補強工事の各段階（第1回：工事開始前、第2回：X方向1階壁補修、Y方向1,2階壁撤去後、第3回：柱・壁のひび割れ・剥落補修後、第4回：梁・スラブのひび割れ・剥落補修後、第5回：Y方向1,2階補強壁設置後、第6回：振動台に移動、基礎固定後）において常時微動測定を行った。工事中の測定は、基礎を固定しない状態でを行った。1階及びR階の床に加速度計を設置して10分間の計測を行い、R階/1階の伝達関数のピークから、試験体の1次固有振動数を算出した。

#### 3.2 測定結果

試験体の1次固有振動数の推移を図2に示す。図中には、参考として、新設試験体の実験前の固有振動数を合わせて示している。尚、実験前の固有振動数は、試験体に付加錘が設置されている状態での測定値  $f_0'$  を、(1)式を用いて錘が無い状態（工事中と同じ状態）の値  $f_0$  に換算している。

$$f_0 = \sqrt{(m+M)/m} \times f_0' \quad (1)$$

m：試験体重量、M：付加錘重量

固有振動数は、X方向の1階壁の補修（鉄筋交換とコンクリートの打替え）により15%増加した。柱・壁のひび割れ・剥落補修では、X方向で7%、Y方向で18%増加した。梁・スラブのひび割れ・剥落補修では、X方向で48%、Y方向で56%の増加が見られ、補修による剛性回復効果が最も大きかった。Y方向の1,2階の補強壁の設置では、59%の増加が見られた。実験前と比較すると、工事開始前にX方向で41%、Y方向で43%まで低下した固有振動数が、X方向では87%（剛性では75%）まで回復し、Y方向では148%（剛性では219%）に向上した。

#### 4. 加振計画

入力地震波は、2019年度の新設試験体の実験と同一（告示の第2種地盤の応答スペクトルに適合する人工地震波）とした。加振波の詳細については文献3)を参照されたい。水平2方向（一部1方向）の同時加振とし、各加振（Run）の入力倍率は、X方向では新設試験体と応答変形が同程度となるように設定した。加振倍率の一覧を表2に示す。Y方向の加振計画の詳細はその4に示す。

#### 5. まとめ

2019年度に実施した振動台実験で損傷したRC造4層建物縮小試験体を補修補強し、再度加振を行う実験の計画を示した。補修補強工事の各段階において常時微動測定を行い、補修補強による剛性回復の効果を確認した。

#### 参考文献

- 1) 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針、2016.3
- 2) 穴吹拓也，他：鋳鉄製ブロックを用いた耐震補強工法「3Q-Wall®」の開発、大林組技術研究所報、No.81、2017.12
- 3) 前田匡樹，他：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～その5、日本建築学会学術講演梗概集、構造IV、pp.441-450、2020.9

\*1 大林組 \*2 東京工業大学 \*3 東北大学

\*4 大林組（元東北大学）

\*5 建築研究所

\*1 Obayashi Corporation \*2 Tokyo Institute of Technology \*3 Tohoku University

\*4 Obayashi Corporation (Former graduate student of Tohoku Univ.)

\*5 Building Research Institute

表1 補修補強方法の種別

方法	損傷状態	補修内容
1	剥落なし	エポキシ樹脂注入によるひび割れ補修
2-A	軽微な剥落 (鉄筋の露出無し)	エポキシ樹脂注入によるひび割れ補修 ポリマーセメントモルタルによる剥落補修
2-B	大きな剥落 (鉄筋が露出)	エポキシ樹脂注入によるひび割れ補修 エポキシ樹脂モルタルによる剥落補修
3	顕著な剥落 鉄筋の座屈	エポキシ樹脂注入によるひび割れ補修 座屈した鉄筋の交換 コンクリートの一部撤去と再打設
4	せん断破壊	RC壁の撤去 鋳鉄製補強壁と基礎梁の新設



写真2 各方法による補修状況

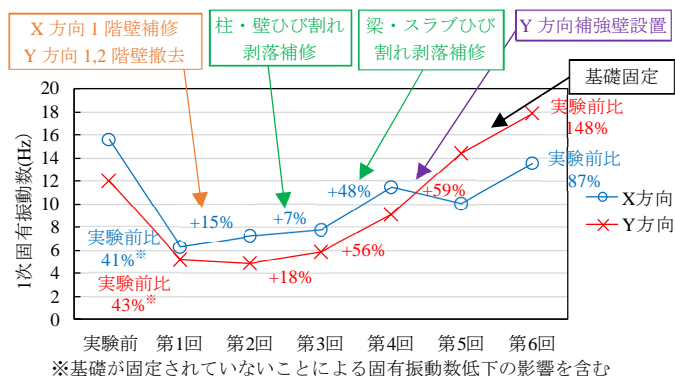


図2 補修工事の各段階における試験体の固有振動数

表2 各加振における入力倍率

Run	入力倍率		新設試験体入力倍率(2019)	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
1	20%	20%	20%	20%
2	80%	100%	80%	60%
3	120%	120%	160%	100%
4	180%	0%	240%	150%
4-2	240%	0%		
5	260%	0%	260%	170%
6	220%	70%	130%	100%
7	280%	100%	220%	120%
8	300%	130%	220%	0%
9	300%	150%	260%	0%
10	0%	200%		