

## 4層および10層鉄筋コンクリート造骨組のモード分析と等価1自由度評価

### その1. 保有水平耐力

○正会員 TEP Mesa<sup>\*1</sup>, 同 吉川 拳人<sup>\*2</sup>, 同 姜 在道<sup>\*3</sup>, 同 土佐内 優介<sup>\*4</sup>, 同 長江 拓也<sup>\*5</sup>, 同 梶原 浩一<sup>\*6</sup>,  
同 福山 國夫<sup>\*7</sup>, 同 壁谷澤 寿海<sup>\*8</sup>, 同 塩原 等<sup>\*9</sup>, 同 壁谷澤 寿一<sup>\*10</sup>

Eーディフェンス実験, 1次モード応答, 保有水平耐力

#### 1. はじめに

2010年度および2015年度に実施した4層と10層の鉄筋コンクリート造骨組実験について報告する。試験体を図1に示す。詳細については文献1, 文献2を参照されたい。10層骨組は基礎固定条件の実験を対象とする。いずれの骨組も同様の設計方針を採用しており, 二次設計, 保有水平耐力の検定において, いずれもFrame方向に $D_s=0.30$ , Wall方向に $D_s=0.35$ を採用し, 必要値と同等の(必要値をわずかに超える)設計条件が意図された。実験データはASEBF<sup>3)</sup>において公開されている。JMA 神戸波 100%加振における各層の層せん断力-層間変形角関係を図2に示す。ここでは, 骨組応答性状を1自由度縮約することで, マクロな視点から保有水平耐力の設計値と実験値を比較する。

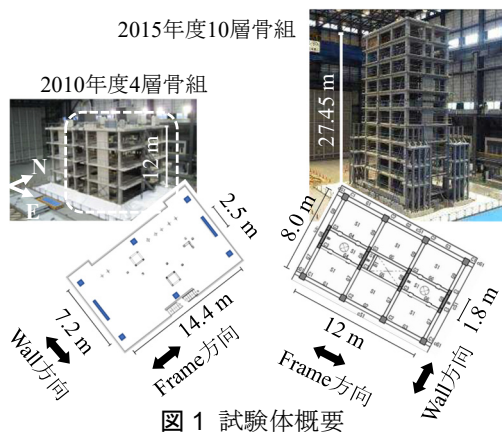


図1 試験体概要

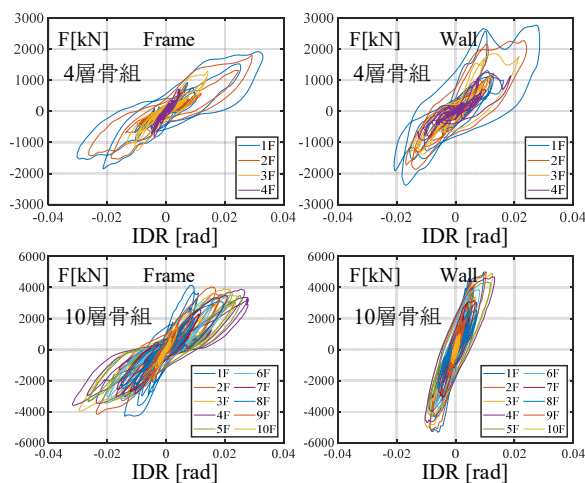


図2 層せん断力-層間変形角関係

#### 2. 固有振動モードと1自由度縮約

JMA 神戸波 10%加振, 25%加振, 50%加振, 100%加振時の実験データより抽出した1次, 2次, 3次の固有振動モード形状を図3に示す。手法としては, 変形分布に最も近い条件として, 一定振動モードの2乗累積和を最小とする抽出手法<sup>4)</sup>を1次, 2次, 3次の順で適用した。図において, 加振倍率による顕著な差は見取れない。

1自由度縮約の概要については, 文献5を参照されたい。1次モードと2次モードの全体質量に対する有効質量の割合を図4に示す。4層骨組では2次モードまでで, 概ね全体質量に達している。10層骨組では2次モードまでで全体の90%に達している。等価高さの全体高さに対する割合を表1に示す。本稿では, 1次モード応答の評価を対象とする。10層骨組について, 1自由度縮約後の代表加速度 ${}_1Sa$ -代表変位 ${}_1Sd$ 履歴を図5に示す。また, 基礎位置において記録された加速度波形に基づき, 減衰定数 $h=0.05$ - $0.20$ のときの $Sa$ - $Sd$ スペクトルを重ねて示す。Wall方向とFrame方向のいずれの方向も履歴のピークが $Sa$ - $Sd$ スペクトルと対応していることが分かる。4層骨組についても, 同様に履歴のピークが $Sa$ - $Sd$ スペクトルと対応する<sup>5)</sup>。

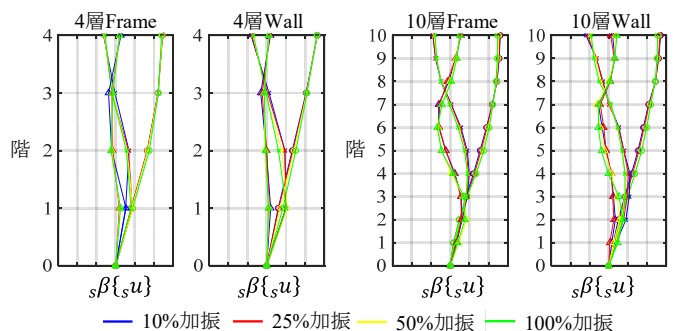


図3 固有振動モード形状

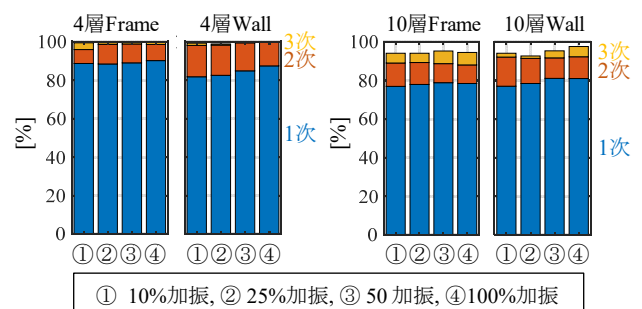


図4 全体質量に対する有効質量の割合

Modal response and SDOF assessment of four-story and ten-story reinforced concrete frames: Part 1. Ultimate Strength Capacity

Mesa TEP, Kento YOSHIKAWA, Jae-Do KANG, Yusuke TOSAUCHI, Takuya NAGAE, Koichi KAJIWARA,

Kunio FUKUYAMA, Toshimi KABEYASAWA, Hitoshi SHIOHARA, Toshikazu KABEYASAWA

3. 設計に対する保有水平耐力の水準評価

4 層骨組, 10 層骨組の各方向について 1 次モード応答を対象に, 1 自由度縮約における代表加速度  $iSa$  -代表変位  $iSd$  履歴を全ての加振結果について図 6 に重ねて示す。横軸は等価高さ  $iH$  で除して全体変形角とした。

$iSa$  に対応する保有水平耐力の水準について, 実験値としては  $iSa-iSd/iH$  履歴の骨格曲線 (青の実線) の  $iSd/iH=0.008\sim0.012$  rad の区間における平均値を採用することとした。一方, 設計値については, Frame 方向, Wall 方向それぞれ, 設計時の  $Ds$  採用値を参照し, 1 次モードの有効質量割合の逆数を乗じて評価した。図中に保有水平耐力水準の実験値と設計値を破線で示した。

以上を整理した内容を表 2 に示す。設計値に対する実験値の比率を正側と負側に対してそれぞれ求めている。平均すると, 4 層骨組と 10 層骨組の Frame 方向は, いずれも 1.53 となった。4 層骨組と 10 層骨組の Wall 方向は, それぞれ, 1.71 と 1.79 となった。これらの比について, Wall

方向が Frame 方向に対して, 4 層骨組で 1.12 倍, 10 層骨組で 1.17 倍大きくなった。

引き続き, 両試験体に対する実験データ分析を進めてゆく。各種の数値解析検証に取り組み, 保有水平耐力の定量評価, 地震応答評価の精度向上に貢献する。

参考文献

- 1) 長江拓也他: 4 階建て鉄筋コンクリート造建物を対象とした大型振動台実験, 日本建築学会構造系論文集, 669 号, pp.1961-1970, 2011
- 2) 梶原浩一他: E-ディフェンスを用いた 10 階建て鉄筋コンクリート造建物 (2015) の三次元震動台実験 その 1~5, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 II, pp.863-872, 2016
- 3) ASEBI: 防災科学技術研究所ホームページ, <https://www.edgrid.jp/>
- 4) 滝沢春男: 梁崩壊型塑性架構の動的機構形成における定モード成分の抽出, 構造工学論文集, vol. 36, pp.245-258, 1990
- 5) 松森泰造他: 純フレーム構造骨組および連層耐震壁フレーム構造骨組を有する 4 層コンクリート系建物の 1 次モード応答評価: E-ディフェンス実験 その 1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.581-582, 2013

表 1 全体高さに対する等価高さ割合 [%]

|             | 4層Frame |        | 4層Wall |         | 10層Frame |         | 10層Wall |        |
|-------------|---------|--------|--------|---------|----------|---------|---------|--------|
|             | 1st     | 2nd    | 1st    | 2nd     | 1st      | 2nd     | 1st     | 2nd    |
| JMA神戸波 100% | 70.65   | -29.58 | 72.44  | -13.19  | 67.24    | -12.35  | 68.45   | -12.68 |
| JMA神戸波 50%  | 71.37   | -22.43 | 73.68  | -5.358  | 67.54    | -12.79  | 68.4    | -11.48 |
| JMA神戸波 25%  | 71.72   | -19.73 | 74.75  | -0.3106 | 68.82    | -3.995  | 68.94   | -6.227 |
| JMA神戸波 10%  | 71.56   | -28.55 | 75.08  | 1.374   | 69.48    | -0.2827 | 69.42   | -3.87  |

表 2 保有水平耐力の実験値と計算値の比較

|                | 4層 X(Frame) |        | 4層 Y(Wall) |        | 10層 Y(Frame) |       | 10層 X(Wall) |        |
|----------------|-------------|--------|------------|--------|--------------|-------|-------------|--------|
|                | 正           | 負      | 正          | 負      | 正            | 負     | 正           | 負      |
| 構造特性係数 $Ds[-]$ | 0.3         |        | 0.35       |        | 0.3          |       | 0.35        |        |
| 設計値 $[m/s^2]$  | 3.302       |        | 4.401      |        | 3.708        |       | 4.227       |        |
| 実験値 $[m/s^2]$  | 4.665       | -5.456 | 7.424      | -6.398 | 5.124        | -6.21 | 7.646       | -7.464 |
| 比率 $[-]$       | 1.41        | 1.65   | 1.84       | 1.58   | 1.38         | 1.67  | 1.81        | 1.77   |

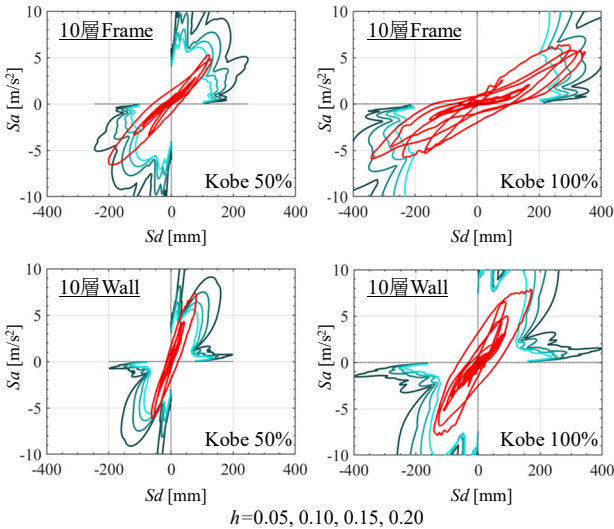


図 5 代表加速度-代表変位履歴と  $Sa$ - $Sd$  スペクトル (10 層)

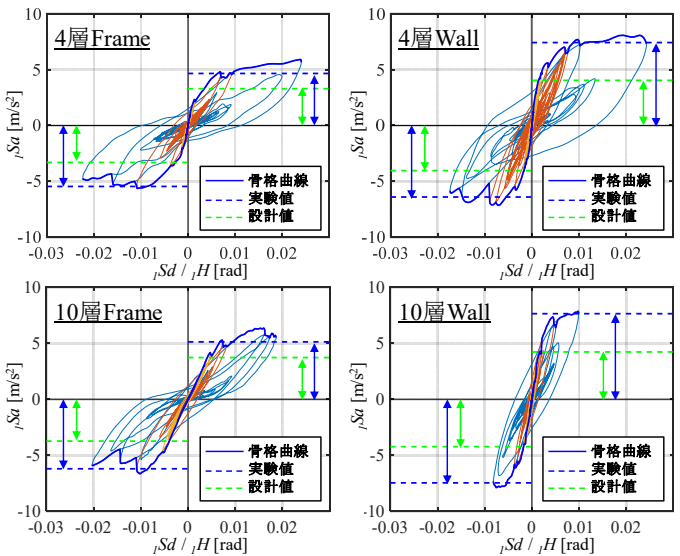


図 6 代表  $iSa-iSd/iH$  履歴 (4 層と 10 層全加振)

\*1 飯嶋建築事務所 (元名古屋大学学生)  
\*2 名古屋大学大学院生  
\*3 ソウル技術研究院 主任研究員・博士 (工学)  
\*4 フジタ技術センター 研究員・修士 (工学)  
\*5 名古屋大学減災連携研究センター 准教授・博士 (工学)  
\*6 国立研究開発法人防災科学技術研究所 部門長・博士 (工学)  
\*7 国立研究開発法人防災科学技術研究所 客員研究員  
\*8 東京大学地震研究所 名誉教授・工博  
\*9 東京大学大学院工学系研究科 教授・工博  
\*10 首都大学東京大学院都市環境科学研究科 准教授・博士 (工学)

\*1 IJIMA Structural Design Office  
\*2 Graduate School, Nagoya University  
\*3 Senior Researcher, SIT, Dr. Eng.  
\*4 Researcher, Fujita Corporation, M. Eng.  
\*5 Assoc. Prof., Nagoya University, Dr. Eng.  
\*6 Manager, NIED, Dr. Eng.  
\*7 Visiting Researcher, NIED, Dr. Eng.  
\*8 Emeritus Prof, ERI, The University of Tokyo, Dr. Eng.  
\*9 Professor, The University of Tokyo, Dr. Eng.  
\*10 Assoc. Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.