

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6 事前FEM解析モデルの精度検証

振動台実験
大規模モデル

連層耐震壁

FEM解析

正会員 ○米澤 健次*1
正会員 藤田 起章*2
正会員 前田 匡樹*4

正会員 三浦 耕太*1
正会員 Alex Shegay*3

1. はじめに

RC造建物の安全限界や残存耐震性能の評価を目的として、4層建物縮小試験体の振動台実験が実施された¹⁾。本報では、実験前に作成したFEM解析モデルに実験で測定された振動台の加速度を入力し、試験体の応答や損傷の再現精度の検証を行った結果を示す。

2. 解析モデル及び解析条件

事前FEM解析モデルを図1に示す。解析コードは大規模高速化非線形解析ソフト「FINAL-GEO」²⁾を用いた。コンクリートのすべてを六面体のソリッド要素でモデル化し、実物の形状を詳細に再現した。柱・壁・梁の主筋には軸方向のみに剛性を有するトラス要素を用いた。コンクリートと主筋は完全付着とした。柱・壁・梁のせん断補強筋、およびスラブ筋は要素の埋込み鉄筋でモデル化した。各層の垂は、垂積載部分のスラブの比重を大きくすることで考慮した。減衰は、初期剛性比例型として、解析モデルの1次固有周期に対して0.1%を仮定した。総節点数は198,135である。

材料構成則に関しては、Naganumaらの研究³⁾を参考に、コンクリートは等価一軸ひずみに基づく直交異方性モデルとし、非直交分散ひび割れモデルを用いて、多方向に生じるひび割れを考慮した。コンクリートの主応力～等価一軸ひずみにおいて、圧縮側に関しては修正Ahmadモデルを用いた。引張側に関しては、壁とスラブは山口・長沼モデル、柱と梁は出雲モデル(c=1.0)を用いた。また、ひび割れ後は圧縮強度の低減を考慮した。ひび割れ面のせん断伝達特性には長沼モデルを用いた。

入力波には、実験における振動台の実測加速度（並進加速度+回転加速度）を用い、Run3～Run5の3連続加振を行った。各加振の入力倍率と加振波の詳細については文献1)を参照されたい。なお、本検討の主目的は、試験体が概ね最大耐力に達したRun5における応答を、FEM解析結果と実験結果で比較することであるが、Run4以前の加振による損傷がRun5の応答に影響を与えると考えられるため、単独加振ではなく、3連続加振を行うこととした。Run1、2については鉄筋降伏以前であり、影響は小さいと考え、本解析では省略することとした。

3. 解析結果と実験結果の比較

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2に示す。同図上には、Run3～Run5の実験結果を合わせて示している。X方向、Y方向ともに、1層の最大応

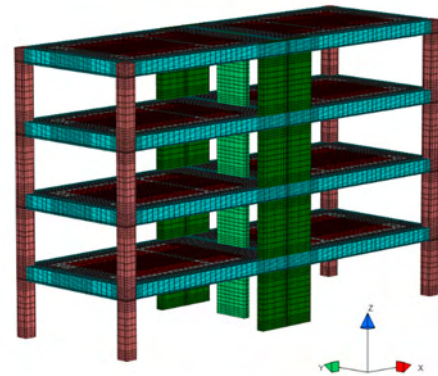
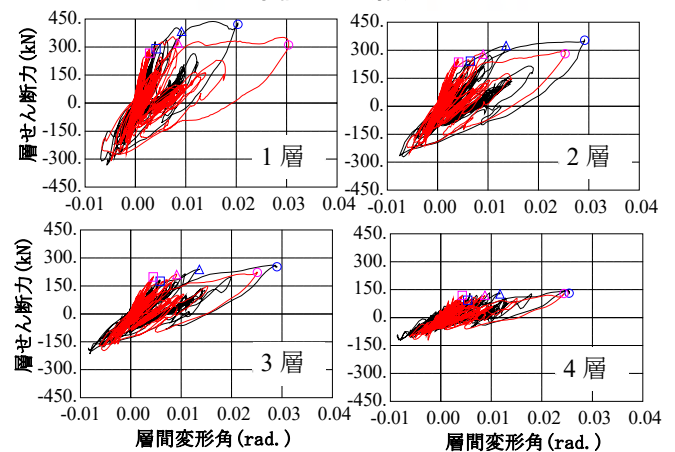
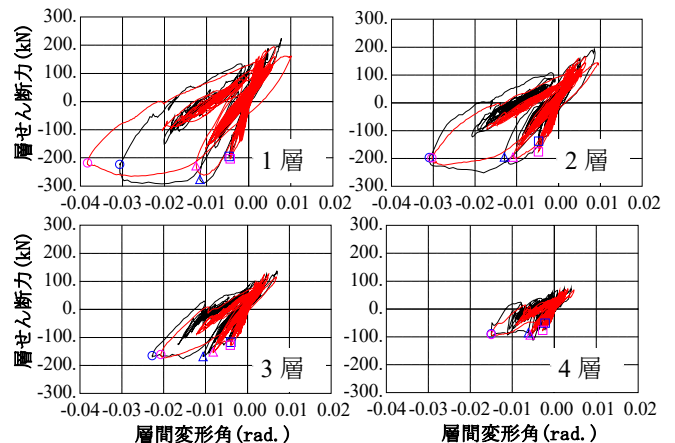


図1 事前FEM解析モデル



(a) X方向



(b) Y方向

— 実験結果 実験最大応答※ □ Run3 ▲ Run4 ○ Run5
— FEM解析結果 解析最大応答※ □ Run3 ▲ Run4 ○ Run5
※層間変形角最大点

図2 解析結果と実験結果の比較
(層せん断力-層間変形角関係)

Shake-table testing of a 4-storey RC structure to develop methods for damage evaluation and seismic response prediction of structures
Part6 Accuracy verification of pretest FE analysis model

YONEZAWA Kenji, MIURA Kota, FUJITA Kisho, Alex SHEGAY and MAEDA Masaki

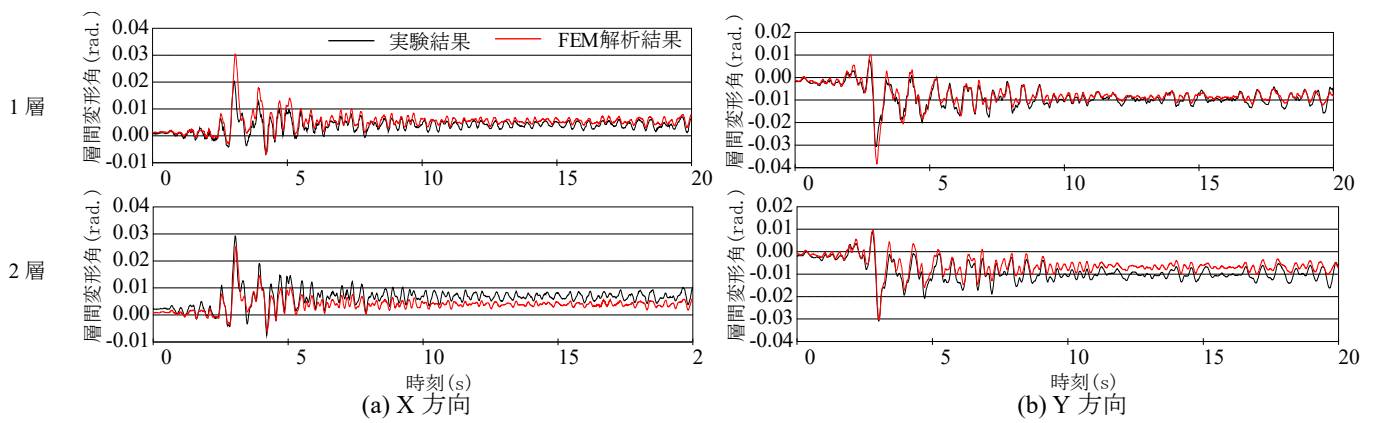


図3 解析結果と実験結果の比較（層間変形角時刻歴）

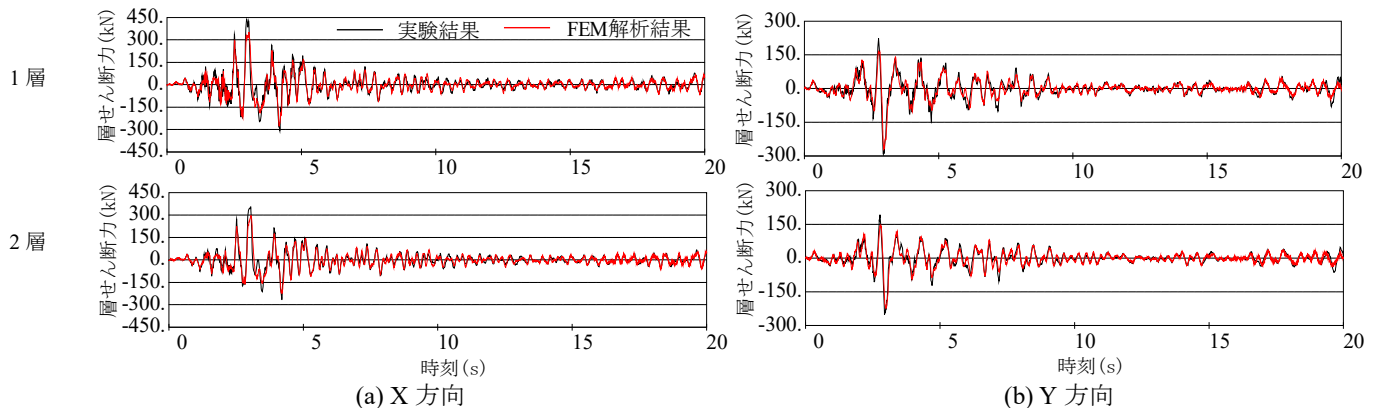


図4 解析結果と実験結果の比較（層せん断力時刻歴）

答層間変形角が、解析は実験よりもやや大きい。これは、FEM 解析において、試験体の最大耐力（最大層せん断力）を小さめに評価しているためと考えられる。その他の層では、実験結果と解析結果が良好に対応しており、Run3、4 における各層の最大応答も、解析と実験で概ね一致している。また、Run5 における、1 層及び 2 層の層間変形角並びに層せん断力の時刻歴波形を、図 3、図 4 に示す。実験と解析が概ね一致していることがわかる。

Run5 加振終了時における解析の損傷状況を、実験と比較して図 5 に示す。解析においては、赤色で示す部分が、最大強度に達し、軟化領域に入ったコンクリート要素を示している。1 階の X 方向耐震壁及び柱の脚部で大部分が軟化領域に入っており、曲げ破壊が進んでいることがわかる。また、1 階の Y 方向耐震壁では、脚部から中央にかけて斜めに軟化領域の発生が見られ、せん断破壊に至っていることがわかる。これらの損傷状況は、実験における損傷状況と概ね一致している。

以上の結果から、FEM 解析によって、試験体の応答並びに損傷状況を精度良く再現できることが確認できた。

4. まとめ

RC 造 4 層建物縮小試験体の振動台実験を対象に、FEM を用いた解析を行った。解析結果における応答や損傷状況は実験結果と良好に対応し、解析手法の妥当性を確認することができた。

赤色はコンクリートの軟化領域を示す

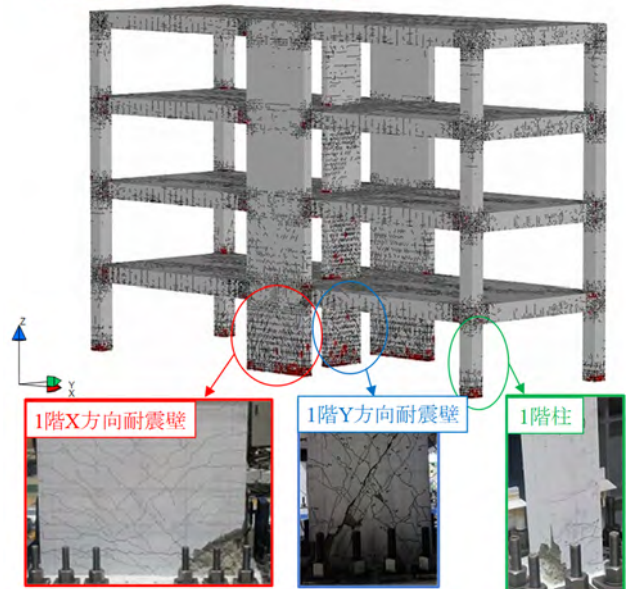


図5 解析結果と実験結果の損傷状況の比較

参考文献

- 1) 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
- 2) 米澤健次, 穴吹拓也, 江尻謙嗣: 大規模・高速化非線形 FEM 解析ソフト「FINAL-GEO」, 大林組技術研究所報, No. 75, 2011.12
- 3) K. Naganuma, K. Yonezawa et. al.: Simulation of Nonlinear Dynamic Response of Reinforced Concrete Scaled Model Using Three-dimensional Finite Element Method, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 586, 2004.8

*1 大林組 *2 大林組 (元東北大学大学院)
*3 東京工業大学 *4 東北大学

*1Obayashi Corporation *2Obayashi Corporation (Former student of Tohoku Univ.) *3Tokyo Institute of Technology *4Tohoku University