

## 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4 加速度センサ記録に基づく修正解析モデルによる建物応答予測に関する検討

加速度センサ	ヘルスマonitoring	応答予測	正会員	○田畑 佑*1	正会員	藤田 起章*2
被災度判定	層間変位	層せん断力	正会員	三浦 耕太*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4では、中小地震時の観測記録に基づいて設計時の解析モデルを修正し、将来の地震における構造物の応答を推定する手法を提案する。また、提案手法の妥当性検証のため、縮小試験体の振動台実験に対し提案手法を適用する。

### 2. 修正解析モデルによる応答推定手法の提案

#### 2.1 提案手法の概要

杉本らの研究<sup>10)</sup>において、縮小20層RC造建物の振動台実験がなされ、現行の設計慣行に基づく解析モデルでは、実建物の耐力・剛性・重量のばらつき等の影響により、実建物の応答性状を必ずしも精度よく表すことができない場合があることが分かった。

梨本、菊池らの研究<sup>11),12)</sup>により、建物の各層に設置された加速度センサの観測記録に基づいて、設計時の解析モデルを修正する手法が提案されている。本報ではより簡便な解析モデルの修正手法の提案を行う。設計モデルの増分解析から抽出した頂部変形-1層せん断力関係に縦・横方向の拡張のための補正係数を乗じることで、観測した履歴ループとの誤差が小さくなるようにフィッティングを行う。

これは、現行の設計慣行に基づいた解析モデルが必ずしも実性状を表すとは限らないと認識しつつも、その応答性状は類似していることから、「実建物の頂部変形-ベースシア関係は、解析モデルのそれを縦横方向に拡張した形で与えられる」と仮定したことによる。概念図を図1に示す。

### 2.2 補正曲線の算出

観測曲線において最大応答点を抽出した包絡線と、補正曲線とのY軸方向の誤差を計算し、その誤差が最小となる補正曲線を最適補正曲線、誤差が小さい方から上位r%の補正曲線の平均値を平均補正曲線と呼ぶこととし、算出した補正係数を解析モデルの修正(建物頂部変形-ベースシア関係の拡張)に用いる。これら補正曲線概念図を図2に示す。

振動台実験の各加振の観測データに基づき、設計時の解析曲線に補正係数を乗じた補正曲線の推移を図3に示す。最適補正曲線は加振ごとに耐力や変形能にばらつきがみられるのに対して、平均補正曲線はRun.3以降はほぼ同様の補正結果となっていることが分かる。

### 2.3 設計解析モデルの修正

解析にはすべて弾塑性解析プログラム SNAP ver.7 を使用し、試験体を部材端部に単軸バネを有する立体弾塑性フレームとしてモデル化した。試験前に作成された解析モデルは、部材を線材置換した柱と梁要素からなる弾塑性応力解析モデルとし、架構各層は剛床と仮定している。梁の曲げ強度と剛性を計算する際のスラブの有効幅は梁スパンの0.1Lとした。

上記の設計モデルに対し、加振ケースごとの結果をもとに算出した耐力補正係数を $\alpha$ 、変形補正係数を $\beta$ とし、解析モデルのすべての曲げバネの耐力に $\alpha$ を乗じることで耐力を、材料のヤング率に $\alpha/\beta$ を乗じることで剛性を修正した。提案修正解析モデルの作成方法の詳細は文献13)を参考にされたい。

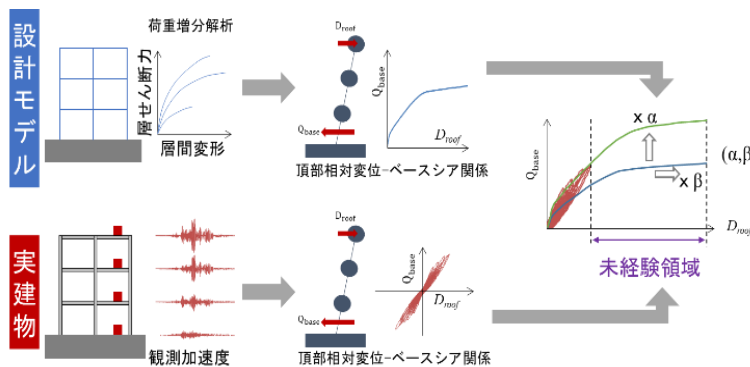


図1 本研究における応答補正のイメージ図

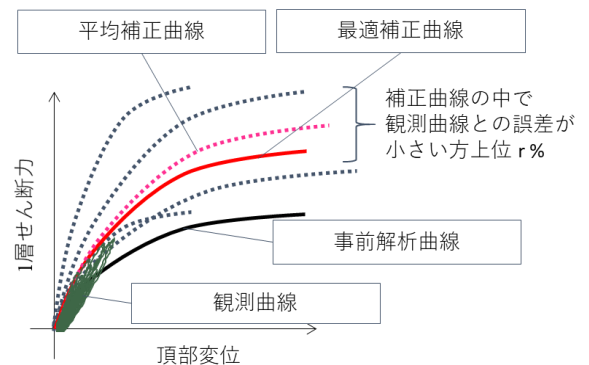


図2 補正曲線概念図

Shake-table testing of a 4-storey RC structure to develop methods for damage evaluation and seismic response prediction of structures  
Part4 Estimation of RC building response by updating an analytical model based on accelerometer records from previous excitations  
TABATA Yu, FUJITA Kisho, MIURA Kota, Alex SHEGAY, MAEDA Masaki, Hamood ALWASHALI and SEKI Matsutaro

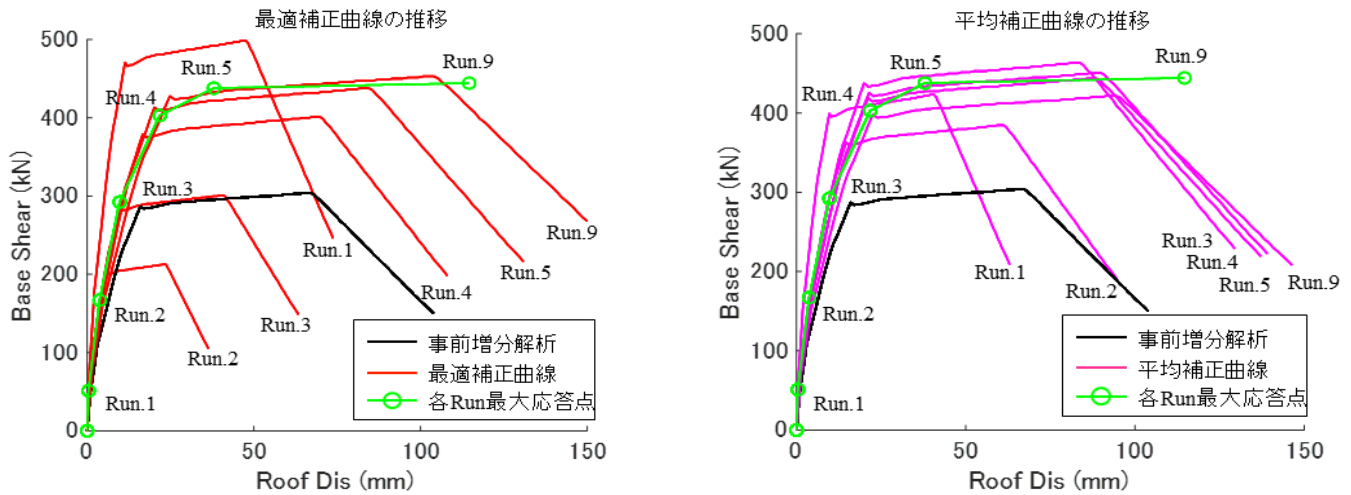


図3 補正曲線の推移 (左: 最適補正曲線 右: 平均補正曲線)

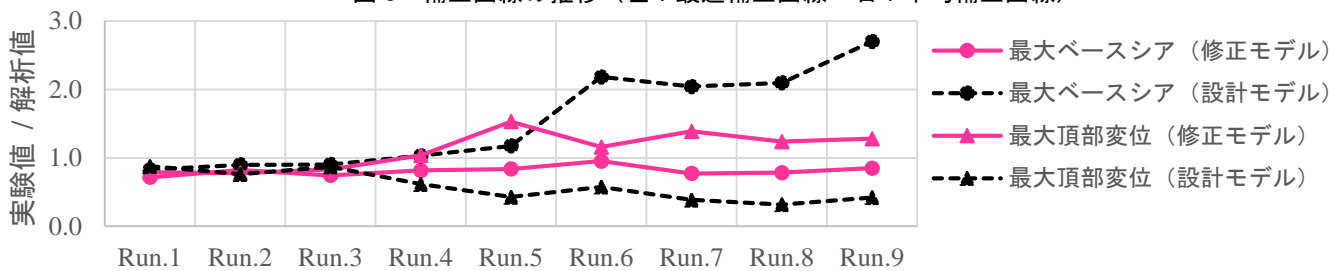


図4 応答推定精度の推移

### 3. 実験への適用による提案修正解析モデルの妥当性検証

本検討では弾性領域で得られる応答（すなわち、中小地震による応答）に基づいて解析モデルを修正し、未経験の大地震時の応答を推定することができれば有用であると考え、架構の最大耐力（メカニズム）手前である Run.3 終了時に得られた応答に基づき修正解析モデルを作成し、地震応答解析により以降の加振での応答を再現できるかについて検討を行った。解析モデルの修正には平均補正係数を用いることとした。

修正解析モデルによる地震応答解析を実施した。また、比較のため修正を行わず設計時の解析モデルでも同様の解析を実施している。地震波は実験時に実際に入力した倍率を用いて連続解析を行った。

解析の結果から、各 Run での最大ベースシア、建物頂部での最大相対変位を実験値との比をとったものを図4に示す。両モデルによる解析値は、Run.1~3 までおおそ実験値を捉えている。しかし降伏点を迎える Run.4 以降、設計モデルの解析において、ベースシアと頂部変位の解析値と実験値との差異は Run を追うごとに開いていく。これは設計時に想定した材料強度やスラブの梁への寄与効果に

起因するものと考えられる。これに対し、Run.3 終了時の応答をもとに補正を行い、作成した修正モデルにおける解析値は、ベースシアと頂部変位の両方において、おおむね精度よく実験結果を再現することができている。

### 4. まとめ

加速度センサ記録と設計時の情報に基づき、設計時の解析モデルを修正する手法を提案し、縮小4層試験体の振動台実験に対し本手法を適用することでその妥当性の検証を行った。

本振動台実験において、設計時に標準的な手法で作成された解析モデルの地震応答解析によって、耐力や変形の観点で Run.1~3 の小変形領域の応答をおおむね再現することができた。

弾性領域での観測応答記録に基づいて、修正した解析モデルによる地震応答解析は、修正前の設計モデルに比べ、その後の大変形領域での耐力、変形能力をおおそ精度よく再現することができた。これにより全体崩壊形を示す RC 造架構について、弾性域の応答に基づき解析モデルを修正することで、将来に起こりうる未経験の大地震に対する応答推定の可能性を示した。

\*1 久米設計

\*2 東北大学大学院工学研究科 博士課程前期

\*3 大林組 技術研究所

\*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 KUME SEKKEI Co., Ltd.

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

\*3 Technical Research Institute, Obayashi Corporation

\*4 Research Fellow, 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