

中小地震観測データを用いた RC 造建物の性能曲線推定手法における平均化処理方法の検討

正会員 ○梨本優也*¹ 同 鈴木裕介*²
同 前田匡樹*³

性能曲線 観測記録 損傷推定

1 はじめに

建物の耐用年数長期化を目的として、既報文献 1) において被災建物の応答推定と損傷量推定方法が検討された。しかし、損傷の推定に関して、現行の解析手法では建物の応答性状推定に十分な精度をもたないという結果となった。精度の良い損傷推定には、被災時の建物応答実測データの利用が有効だと考えられる。続く文献 2) において、中小地震観測データを用いて解析モデルを補正し、未経験領域を含む建物の実際の応答性状を推定する手法について検討した。結果として対象実験においては本手法の有用性が確認された。しかしいくつかの課題が提示されたため、本報ではその内の一つである「推定平均補正曲線の平均化処理方法」について検討する。

2 検討に用いる実験の概要

検討に用いる実験は、建築基準整備促進事業（委員長：塩原等東京大学教授）³⁾において 2012 年に E-defense で実施された、縮小 20 層 RC 造試験体の振動台実験である。以下、対象実験の概要を説明するが、詳細については文献 3), 4) を参照されたい。

2.1 試験体

図-1 に試験体図を示す。試験体は高さ 60m, 20 層 RC 造ラーメン架構の高層建物を想定し、1/4 に縮小したもの（高さ 15m）としている。各階の階高は 750mm, 柱断面は 225mm×225mm, 梁断面は 150mm×200mm である。

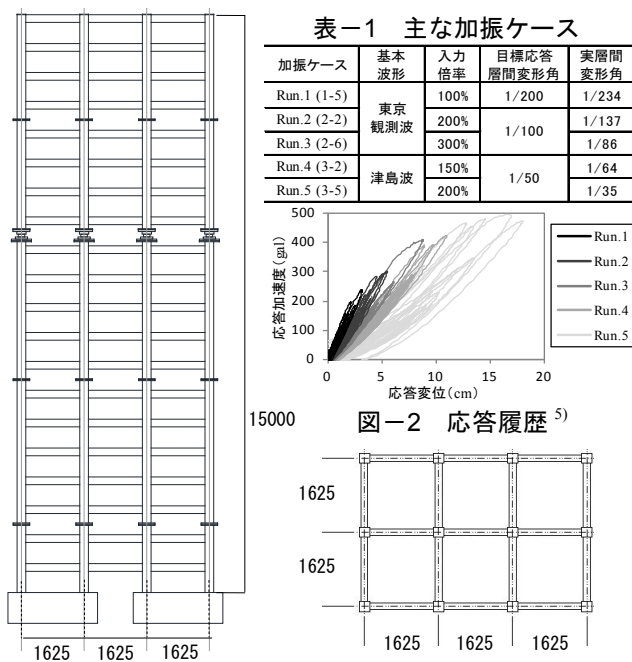


図-1 試験体 軸組図・伏図 (単位: mm) ³⁾

2.2 入力地震波と試験体の応答性状

表-1 に主な加振ケースを示す。表中の東京観測波とは東北地方太平洋沖地震による東京都での観測波、津島波は南海トラフ地震を想定した愛知県での模擬地震波である。また図-2 に各加振ケースに対する試験体応答履歴の動的縮約結果 ⁵⁾を示す。Run.1 以降でひび割れが確認され、Run.3 以降で梁部材の鉄筋の降伏が確認されている。

3 推定方法の検討過程の概要と本報で扱う課題

図-3 に推定方法の検討の流れを示す。現行の設計慣行に基づき作成したフレームモデルの一質点系縮約応答の曲線を解析曲線とし、それに x 軸, y 軸方向に種々の組み合わせの補正係数を掛けて多数の補正曲線を描く。その中から小変形時観測記録（観測曲線）との誤差 Δ_{ob} が最小となるような補正曲線を選び、推定最適補正曲線とした。

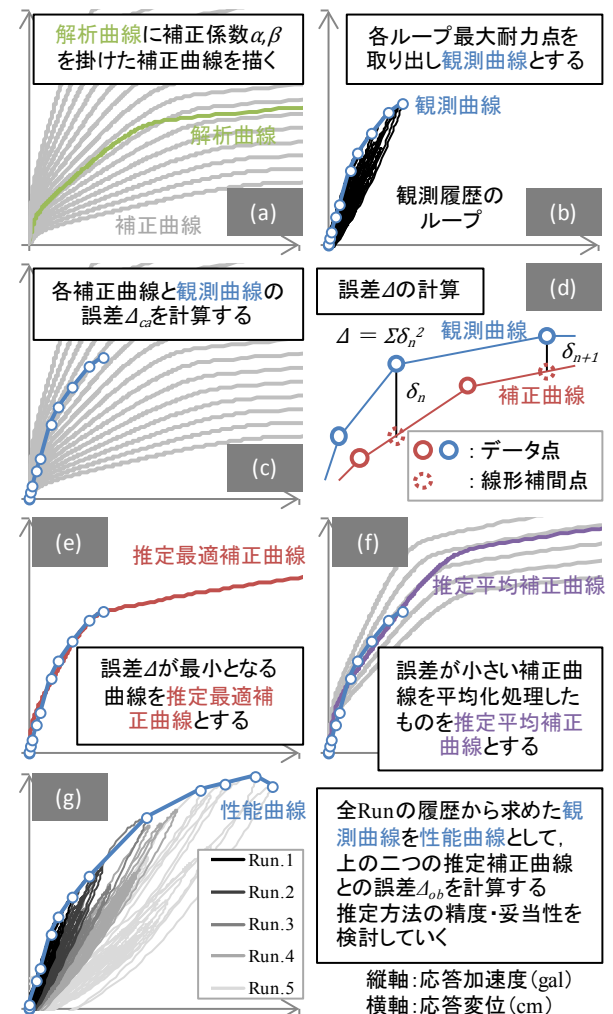


図-3 推定方法の検討の流れ

これと大変形時までの観測データ（性能曲線）との誤差 Δ_{ca} を計算することで推定精度を検証した。しかし推定最適補正曲線では精度の良い結果は必ずしも得られなかった。そこで補正曲線の中から誤差が小さい方から上位の複数を平均化処理し、それを推定平均補正曲線として再度推定精度を検証した。結果は良好に実験値を捉え、その他の塑性率や被災度の推定などにおいても概ね実験値と合致した。各曲線の設定や仮定、適用範囲などその他の詳細は文献2)を参照されたい。

図-4にRun.1での観測曲線を用いた推定の例を示す。文献2)においては観測曲線との誤差が小さい方から上位10%の補正曲線の平均として推定平均補正曲線を定めている。ここでは上位10%程度を用いた推定平均補正曲線が性能曲線と近いものとなるが、上位何%までの平均とするかについては検討が不十分である。本報における目的はこの平均化処理方法の詳細検討である。

4 補正曲線の誤差の分析と平均化処理方法の検討

各曲線と性能曲線との誤差の大きさを評価する指標として、式(1)で定義される σ_{ca} を用いた。また同様に観測曲線との誤差を示す指標を σ_{ob} とする。

$$\sigma_{ca} = \sqrt{\Delta_{ca} / n_{ca}} \quad \text{式(1)}$$

Δ_{ca} : 性能曲線上の各プロット点における任意の曲線とのy軸方向誤差の二乗値の合計

n_{ca} : 性能曲線上のプロット点の数

図-5に縦軸を σ_{ca} 、横軸を σ_{ob} の順位を百分率で表したものとしたグラフを示す（例として観測曲線をRun.1, 3とした場合のみを示す）。全体として右上がりの比例関係があり、 σ_{ob} が小さいほど σ_{ca} が小さくなる傾向がある。これは観測データとのずれが小さくなる補正曲線を選択することの妥当性を示すものである。しかし前述したように誤差が最小となる推定最適補正曲線では推定精度が悪い。これは図-5から分かるようにRun.1のような小変形時では σ_{ca} と σ_{ob} の関係が不安定で、 σ_{ca} の大きいものが σ_{ob} 最小となってしまうためである。またRun.3のように比較的大変形領域までの観測値を用いると σ_{ca} と σ_{ob} の関係が安定し、ばらつきが減っていくことが分かる。

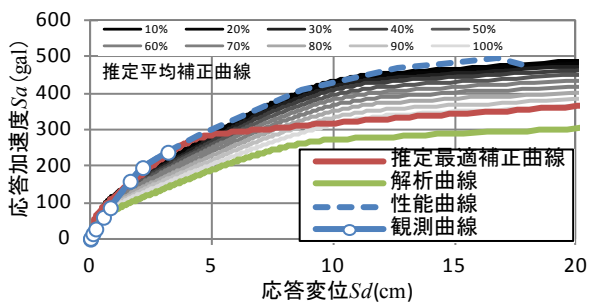


図-4 Run.1の場合の推定に用いる各曲線

続いて平均化処理方法を検討するために、上位 x%までの推定平均補正曲線の σ_{ca} と x (図-5 横軸と等しい) の関係を示す曲線を図-5のグラフに重ねて示す。この際0%は推定最適補正曲線の σ_{ca} とした。Run.1~4のいずれにおいても10%前後で σ_{ca} が最小となりそれ以降は上昇していく傾向を示したため、対象実験においては上位10%の推定平均補正曲線を用いることが有効だと考えられる。

5 まとめ

文献2)で提案した建物の性能曲線推定手法における推定平均補正曲線の平均化処理方法に関する分析・検討を行った。結果として、対象実験に関しては3章に示した方法で平均化することが有効だということが分かった。今後他の実験にも適用することで一般化を図っていく。

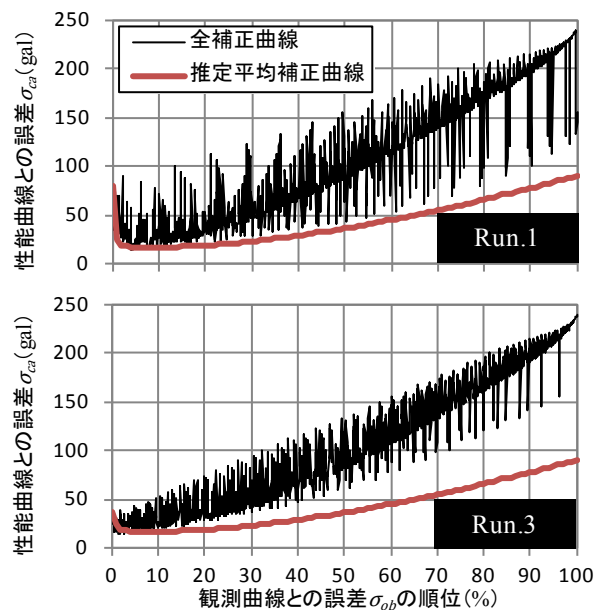


図-5 性能曲線との誤差 σ_{ca} と観測曲線との誤差 σ_{ob}

謝辞

本研究で検討の対象に震動実験は平成23, 24年度国交省建築基準整備促進事業(27-1 長周期地震動に対する鉄筋コンクリート造建築物の安全性検証方法に関する検討)の一環として実施されたものである。実験結果や解析方法については、委員会の検討結果や報告書を参考とさせていただいた。また、実験データは大林組よりご提供頂き、特に杉本訓祥氏にはデータ提供等で多大なご尽力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 梨本優也 ほか: 縮小20層RC造架構の震動実験を用いた損傷推定手法の検討, コンクリート工学年次論文集, vol.36, pp.259-264, 2014
- 2) 梨本優也 ほか: 中小地震観測データを用いたRC造建築物の即時損傷推定と耐震性能評価手法の検討, コンクリート工学年次論文集, 2015 (投稿中)
- 3) (株)大林組 ほか: 平成24年度 国土交通省 建築基準整備促進事業: 27-1: 長周期地震動に対する鉄筋コンクリート造建築物の安全性検証方法に関する検討, 平成25年3月
- 4) 杉本訓祥 ほか: 縮小20層RC造建築物試験体の長周期地震動による震動実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.653-674, 2013.3
- 5) 豊田真士 ほか: 長周期地震動入力による20層RC造フレームの震動台実験に対する事前解析, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.49-54, 2013

*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程
 *2 東北大学災害科学国際研究所 助教・博士(工学)
 *3 東北大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.
 *2 Assistant Professor, IRIDeS, Tohoku Univ., Dr. Eng.
 *3 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.