

低層 RC 造事務所建物の地震被害予測に関する研究

(その 4) 地震応答解析モデルを用いたパラメータスタディ

正会員 ○宮腰淳一^{*1} 同 中村祥保^{*2}
 同 護 雅史^{*3} 同 福和伸夫^{*4}
 同 後藤盛昌^{*5}

地震応答解析 低層 RC 造事務所建物 復元力特性
 被害率 兵庫県南部地震 南海トラフの地震

1. はじめに

本研究¹⁾では、低層 RC 造事務所建物の耐震診断結果を用いて実被害と整合するモデル作成手法の確立を目的とした検討を行っている。本稿では、既報(その 3)¹⁾で示した地震応答解析モデルの精度向上を目指したパラメータスタディを行うとともに、想定地震に対する被害率の算定を行った。

2. 地震応答解析モデルによる被害率評価

2.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、各階を 1 質点とした等価せん断型のスウェイ・ロッキングモデルとし、耐震診断結果、常時微動計測結果、および静的弾塑性解析結果に基づいて、各層の復元力特性をラーメン架構と壁架構と別々に設定した。具体的な作成方法は、既報(その 3)¹⁾を参照されたい。

本稿では、既報(その 1)¹⁾で示した耐震診断を行った低層 RC 造事務所建物のうち、常時微動計測結果による固有周期が明瞭な事例を対象に地震応答解析モデルを作成した。モデル数は、NS 方向、EW 方向で合計 36 とする。

2.2 被害率の算定

被害率の算定は、既報(その 3)¹⁾と同様の手法とし、地震応答解析から被害率の算定を行う。

入力地震動は、兵庫県南部地震で観測された大阪ガス葺合供給所の地震波の N315E 成分とし、最大速度で 60cm/s から 160cm/s まで 20cm/s 毎に被害率を算定する。その際、入力損失効果²⁾を考慮し、入力地震動の振幅を 0.9 倍する。

この入力地震動を用いた地震応答解析結果から得られる最大層間変形角 θ を用いて下式より算定する。

$$\text{被害率}(\%) = \frac{\theta \text{が被害のクライテリアを超えた建物棟数}}{\text{全建物の棟数}} \times 100(\%)$$

ここで、被害のクライテリアは、 $\theta > 1/150$ で中破以上、 $\theta > 1/75$ で大破以上とする。

被害率の算定では、兵庫県南部地震の地震動の特徴である方向性の補正を行う。

2.3 兵庫県南部地震の被害率曲線との比較

既報(その 3)¹⁾と同様に、実被害との対応をみるために、林・他(2002)による兵庫県南部地震の被害率曲線³⁾と比較する。この被害率曲線は、2~5 階建て建物(ピロティなし)に対する、1971 年以前と 1972~1981 年の被害率曲線を、対象建物の年代別棟数で重み付き平均したものを用いる。

3. 地震応答解析モデルを用いたパラメータスタディ

3.1 終局せん断耐力の影響の検討

まず、終局せん断耐力の余力について分析するため、既報(その 1)¹⁾で静的増分解析を実施した 6 建物を対象に、①耐震診断に用いる「せん断耐力式」、②「コンクリート圧縮強度」、③「積載荷重」に着目し、耐震診断結果 (Is 値) に与える影響を検討した。

3.1.1 せん断耐力式

通常、耐震診断では、せん断耐力式として、実験結果のほぼ下限値を評価した (1) 式 (荒川 min 式) が用いられているが、本研究では実状を反映する意味で、(1) 式右辺第 1 項目の係数を 0.053 から 0.068 とした平均式を用いることで、耐震診断結果に与える影響を検討した。

$$Qu = \left\{ \frac{0.053 p_{se}^{0.23} (Fc + 180)}{M/(Q \cdot l) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_{se} \cdot \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_{0e} \right\} \cdot b_e \cdot j_e \quad (1) \text{ 式}$$

せん断耐力式を下限式から平均式にすることにより、Is 値は対象とした 6 建物の平均で 1.11 倍となった。

3.1.2 コンクリート圧縮強度

コンクリート圧縮強度試験の結果 (29 棟) より、コンクリートの実状の強度は設計基準強度より約 30% 高いことが分かった。この結果を反映して、耐震診断を実施した結果、Is 値は対象とした 6 建物の平均で 1.06 倍となった。

3.1.3 積載荷重

設計の観点から考えると、設計で用いる積載荷重は安全側評価となっており、実状に即しているとは言い難い。そこで、積載荷重の影響検討として、実状の積載荷重を設計時の 50% と想定して、耐震診断結果に与える影響を検討した。この結果を反映して、耐震診断を実施した結果、Is 値は対象とした 6 建物の平均で 1.04 倍となった。

3.1.4 終局せん断耐力への影響

3.1.1~3.1.3 の検討結果より余力を評価すると、既報(その 3)¹⁾で作成した地震応答解析モデルの終局せん断耐力を 1.2 倍程度とするのが妥当であると考えられる。

この終局せん断耐力の割増の妥当性について、兵庫県南部地震の被害率曲線³⁾との比較により検証する。地震応答解析モデルとして以下の 4 ケースを設定する。①余力を考慮した標準的なモデルとして、終局せん断耐力を 1.2

倍したケース（モデル A）、②終局せん断耐力を 1.0 倍したケース（モデル B）、③1.5 倍としたケース（モデル C）④通常設計で用いるモデルとして、終局せん断耐力を 1.0 倍、基礎固定、固有周期を $T=0.02 \times h$ (h : 建物高さ(m)) より算定（①～③は常時微動計測による固有周期）したケース（設計モデル）を設定する。図 1 に、ケース①～④の計算被害率と被害率曲線³⁾との比較を示す。図より、モデル A が被害率曲線と概ね対応することがわかる。また、モデル B および設計モデルは過大評価、モデル C は過小評価傾向にあることがわかる。以上より、モデル A（終局せん断耐力を 1.2 倍）の妥当性が確認できる。

3.2 固有周期の影響の検討

既報（その 3）¹⁾で示した地震応答解析モデルに適用する固有周期の影響について検討する。図 2 に、対象建物（36 モデル）に対する最小 Is 値と固有周期係数（常時微動計測による固有周期 T を建物高さ h で除した値）の関係を示す。固有周期係数は最小 Is 値とは相関が低い傾向にあることから、固有周期係数は、最小 Is 値に依存せず一定と考え、0.013（平均値）とする。この固有周期係数をモデル A に適用したケース（モデル A'）とモデル A および被害率曲線³⁾との比較を図 3 に示す。モデル A' は、被害率曲線と概ね対応することがわかる。以上より、常時微動計測結果から固有周期を求めることができない場合にも、適用性があることが明らかとなった。

4. 南海トラフの地震による被害率の算定

実被害との整合性を検証することにより構築した地震応答解析モデル（モデル A）の適用性の検討として、南

海トラフの地震に対する被害率を試算する。入力地震波は、中央防災会議による東海・東南海・南海地震による名古屋市中区の工学的基盤の地震波の NS 成分とした。この地震波は最大加速度 211cm/s^2 、最大速度 38cm/s であり、これを最大速度で 60cm/s から 160cm/s まで 20cm/s 毎に基準化して被害率を算定する。

モデル A と設計モデルによる計算被害率を図 4 に示す。図より、設計モデルに比べて、モデル A の被害率は小さく、最大速度 100cm/s で約 $1/3$ 程度の被害率となることがわかる。

5.まとめ

本稿では、低層 RC 造事務所建物を対象として、兵庫県南部地震の実被害を説明できる地震応答解析モデルの構築に向けた検討を行った。また、構築した地震応答解析モデルの適用性の検討として南海トラフの地震による被害率を試算した。

【参考文献】

- 佐々木・他：日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.705-710, 2008.
- 安井・他：日本建築学会構造系論文集, 第 512 号, pp.111-118, 1998.
- 林・他：日本建築学会構造系論文集, 第 528 号, pp.135-142, 2002.

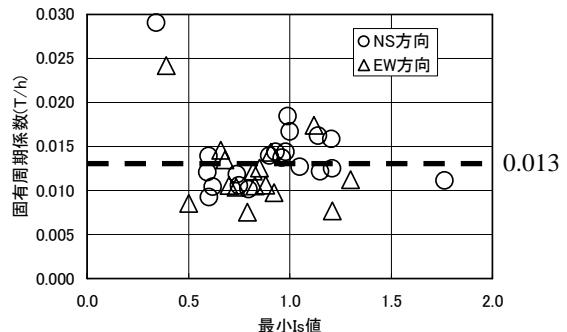


図 2 最小 Is 値と固有周期係数の関係

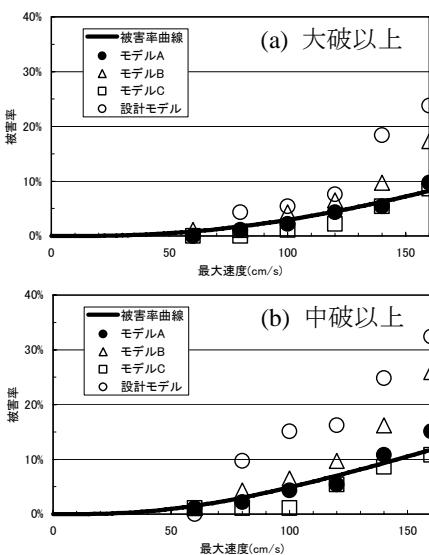


図 1 計算被害率と被害率曲線の比較
(終局せん断耐力の影響)

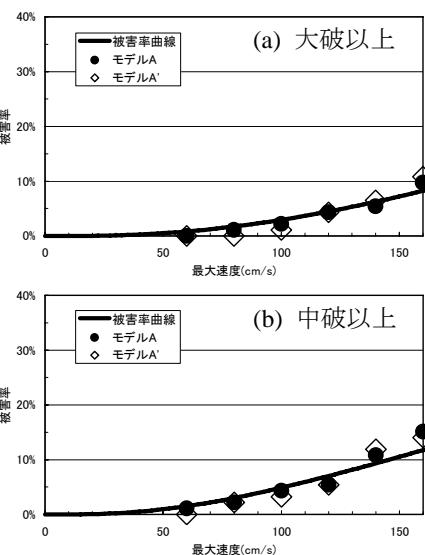


図 3 計算被害率と被害率曲線の比較
(固有周期の影響)

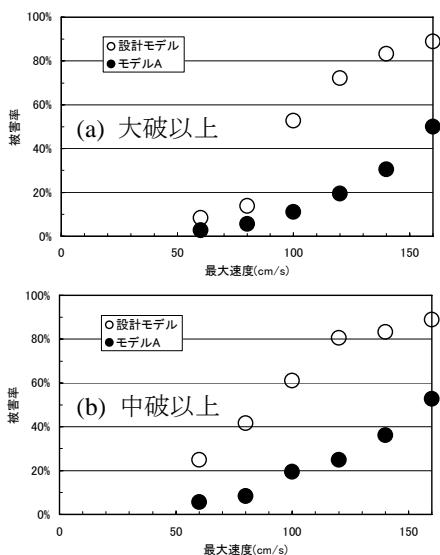


図 4 南海トラフの地震による被害率

*1 清水建設(株) 技術研究所 博士(工学)

*2 中部電力(株)

*3 名古屋大学大学院環境学研究科准教授・博士(工学)

*4 名古屋大学大学院環境学研究科教授・工博

*5 中電不動産(株)

*1 Institute of Technology, Shimizu Corp., Dr.Eng.

*2 Chubu Electric Power Co.

*3 Assoc.Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*4 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*5 Chuden Real Estate Co., Inc.