

鋼構造建築物の層剛性と耐力のばらつきを考慮した耐震安全性
[表層地盤の増幅を考慮した場合]

正会員 ○澤田憲司*1
同上 永野康行*2
同上 朝川剛*3
同上 山川誠*4

製品誤差 剛性増大率 質点系モデル
地震応答解析 鋼構造建築

1. はじめに

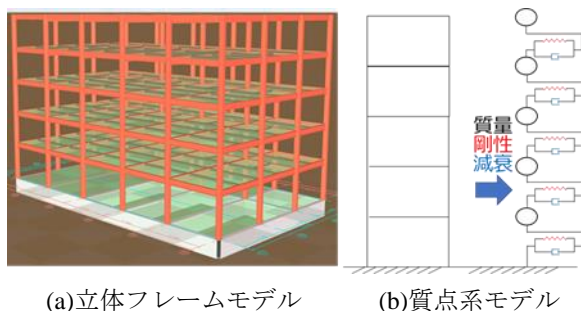
本研究の目的は、鋼構造建築物を対象に建築部材の製品誤差と床スラブによる梁の剛性増大率の変化を考慮した場合の層の剛性・耐力の変化を考慮し、これら変化が地震応答解析を行った際に各層の最大変位応答と最大加速度応答に与える影響について検討することである。また、その応答結果が設計時に採用される標準の結果に対してどれほどの変化量があるのか検討する。

2. 検討方法

本論文では鋼構造建築構造において、建築物を立体フレームでモデル化し、静的増分解析により製品誤差と合成梁による剛性増大率の変化を考慮した復元力特性を設定する。その後、多質点系モデルにより地震応答解析を行い、最大層間変形角、最大絶対加速度を求める。標準の情報と比較した際にどの程度応答結果に変化が出るのか検討する。製品誤差は、鋼材はロット番号ごとに作成しているため製品誤差に偏りがでる（標準より1つが小さければ全部が小さくなる）と考え、1部材の製品誤差を最小とすればすべてを最小になると仮定した。それに伴い、製品誤差が最大の場合には剛性増大率も大きくなる（本研究では0.2増）と仮定し検討を行った。

標準モデルの応答結果に対して誤差を含んだモデルの応答結果の変化を見るため、変化量を使用した。変化量は式①より求めた。

$$\text{変化量}[\%] = \frac{(\text{標準モデルの結果} - \text{増減モデルしたモデルの結果})}{\text{標準モデルの結果}} \times 100 \dots \text{①}$$



(a)立体フレームモデル

(b)質点系モデル

図1 検討方法イメージ図

3. 例題

3.1 建物モデル

建物モデルとして、構造設計・部材断面事例集^[2]（以下、事例集）よりS-1モデルを使用した。また、使用部材の実際にある製品誤差を調べ、その製品誤差と合成梁による剛性増大率の変化を考慮した。製品誤差は青木らの研究^[3]を参考に決定し、剛性増大率の変化は大阪府指定・指定構造計算適合性判定機関^[4]を参考に決定した。製品誤差のモデル名として最大・標準・最小の3つにした。その決定した部材と剛性増大率を表1と表2に示す。

表1 製品誤差を含んだ断面^[3]

| 部材 | 材料 | 断面(mm) |
|----|--------|--|
| 柱 | BCR295 | □-500 (-2.5, +1.5) × 500 (-2.5, +1.5) ×22 |
| 梁① | SN490 | H-600 (-2.5, +1.5) × 250 (±2.5) ×12×22 |
| 梁② | SN490 | H-600 (-2.5, +1.5) × 250 (±2.5) ×12×19 |
| 梁③ | SN490 | H-600 (-2.5, +1.5) × 200 (±2.5) ×12×22 |

※1 X方向の部材のみ製品誤差を考慮している。

※2 500 (-2.5, +1.5) は最小497.5で最大501.5ということを示す。

表2 剛性増大率の変化^[4]

| 剛性増大率φ | 0.2減 | 標準 | 0.2増 |
|--------|------|-----|------|
| 両側スラブ | 1.8 | 2 | 2.2 |
| 片側スラブ | 1.3 | 1.5 | 1.7 |

3.2 静的増分解析

静的増分解析を行うにあたり、SS7にて作成した立体フレームモデル化した。SS7にて設定されている推定崩壊荷重を与え、静的増分解析を行った。推定崩壊荷重までのステップ数を101とした。

3.3 地震応答解析

静的増分解析の結果より多質点系モデルを作成し、DynamicPROにて地震応答解析を行った。減衰には剛性比例型として減衰定数0.02とした。地震応答解析に用いた

入力地震動には水平方向入力地震動の設定^[5]を参考に観測波 3 波と告示波 3 波を使用した。観測波 3 波には EL Centro 1940 NS と Taft 1952 EW と Hachinohe 1968 NS を使用した。告示波 3 波には Shakepro-L の解説書^[6]に記載している地盤を建設地表層地盤とし、稀に発生する地震動と極稀に発生する地震動を想定するため工学的基盤において最大速度を 250mm/s と 500mm/s に振幅調整を行い、作成した。

3.4 静的増分解析

静的増分解析結果から地震応答解析にて用いるため、2 折れ点に近似することとした。2 折れ点からは初期剛性と剛性低減率を求めた。第 1 折れ点のステップは 1F のステップを基準に決めた。1F のステップ数は各モデルの Q- δ 曲線を重ね合わせ目視にて決定した。最終ステップには保有水平耐力の基準である層間変形角 1/75 の点とした。

3.5 地震応答解析結果

地震応答解析の結果を比較するため安全基準として 250mm/s にて最大速度振幅調整した結果には層間変形角 1/120、500mm/s にて最大速度振幅調整した結果には保有水平耐力の基準である層間変形角 1/75 と倒壊の基準である層間変形角 1/50 を使用して検討を行った。製品誤差：標準—剛性増大率：標準の 500mm/s に振幅調整した最大絶対加速度結果と製品誤差：最大—剛性増大率 0.2 増の 500mm/s に振幅調整した最大絶対加速度結果の変化量を求めたものを図 1 に示す。

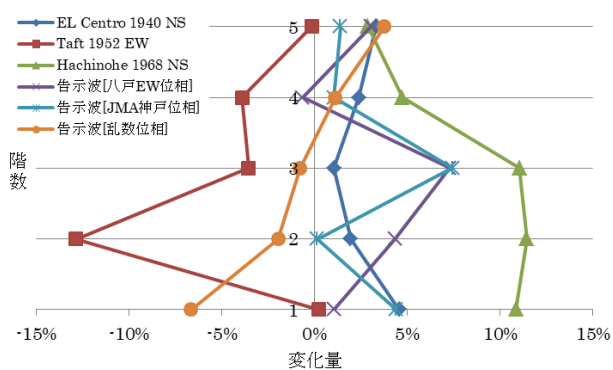


図 1 変化量の結果（最大絶対加速度）

[最大速度振幅 500mm/s]

標準の結果と増減したモデルの結果での変化量を求めると $\pm 10\%$ 前後変化が出ることがわかった。図 1 に示した結果以外の変化量も求めると $\pm 10\%$ 前後変化が出た。

最大層間変形角の結果では観測波は倒壊基準とした 1/50 を超えなかったが、告示波は 1~3F までの 1/50 を超える結果となった。これより、建設地の地盤状況を考慮

し検討する必要があるのではないかと考えられる。

5. まとめ

本研究では、鉄骨の実際にある製品誤差の範囲を調べ、考慮した場合の影響について調べることにした。また、床スラブによる剛性増大率の変化を考慮し、この二つの変化に対しての影響を検討した。

誤差を考慮した際に初期剛性を比較すると最大で 1 割出ることが確認できた。この初期剛性と剛性低減率を含んだモデルにて地震応答解析を行い、最大層間変形角と最大絶対加速度を求めた。標準モデルの結果と増減したモデルの結果を変化量にて比較すると $\pm 10\%$ 程度の結果範囲があった。

今後は設計時にも製品誤差などがあつた際にも今回の例題と同様の方法にて求めることでその結果にて安全性を検討できると考えている。また、表層地盤の増幅を考慮した場合に結果が大きくなったことより、建設地の表層地盤の状況も考える必要があると考える。

謝辞

本研究のモデル作成及び解析にはユニオンシステム社の告示波作成ソフト ShakePRO-L Ver.1.29 と解析ソフト Super Build/SS7 Ver.1.1.1.15 と DynamicPRO Ver.7.17 を使用した。ここに記し謝意を示す。

参考文献

- [1] 上田哲弘, 永野康行, 朝川剛, 山川誠: 建築部材の製品誤差による不確定性を考慮した耐震ロバスト性の評価手法, 日本建築学会近畿支部研究発表会, pp325-328, 2022.06
- [2] 財団法人日本建築防災協会: 構造設計・部材断面事例集, pp496-501, 2007年6月27日
- [3] 青木博文, 松永一宏, 増田正之, 赤井正樹: 鋼構造骨組みの製作誤差が構造強度に及ぼす影響に関する実測調査日本建築学会学術講演梗概集(東海), pp805-806, 1988.10
- [4] 大阪府, 大阪府指定・指定構造計算適合性判定機関: 大阪府内の構造計算適合性判定に係る「よくある質疑事項の解説」, 4.1.5 合成梁の剛性増大率, 2013年3月
- [5] 一般財団法人日本建築総合試験所: 時刻歴応答解析建築物構造安全性能評価業務方法書, pp4-5, 2021.01
- [6] ユニオンシステム株式会社, ShakePRO-L.pdf, pp57-67, 2017.01

^{*1} 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 博士前期課程院生

^{*2} 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授・博士(工学)

^{*3} 東京電機大学未来科学部建築学科 准教授

^{*4} 東京理科大学工学部 教授・博士(工学)

Graduate Student, Grad. Sim. Studies, University of Hyogo

Prof., Grad. Sch. Info. Sci., University of Hyogo, Dr. Eng.

Associate Professor, Tokyo Denki University

Prof., Tokyo University of Science., Dr Eng