

工学院大学新宿校舎の地震被害想定に関する研究

D 3 - 0 2 0 7 7 堀 勝則

地震応答解析 首都圏直下型地震 東海地震

1. はじめに

首都圏ではいくつかの大地震の発生が予想されているが、特に首都圏直下型地震、東海地震は切迫性が指摘されている。そして、そのような大規模地震が発生した場合、甚大な被害が予想され、地震対策の強化が緊急の課題となっている。

特に、都心にキャンパスをおく工学院大学新宿校舎は高層ビルから成り、大地震時には様々な被害が予想されるため、学生・教職員の安全に加え、建物機能の維持のためにも、大学独自の対策を立てる必要がある。

そこで、本研究では工学院大学新宿校舎を対象に、振動解析モデルを作成し、その妥当性を応答解析と地震観測記録から検証する。次に地震応答解析により、大地震時の被害想定を行う。

2. 振動解析モデル

2.1 振動解析モデル概要

地震応答解析を行うにあたり、工学院大学新宿校舎の解析モデルを構造計算書⁶⁾を元に作成した。対象とする建物は、STEC 街区大学高層棟のみとした。

構造モデルは、剛床と仮定し、建物も整形であるため、30 質点直列質点系振動モデルとし弾塑性応答解析とした。下部構造は剛とし基礎固定とする。減衰定数は、2% (剛性比例型) とし、固有周期は EW3.14sec、NS3.3sec とした。また、復元力特性は、荷重増分法で求めた荷重 - 変形曲線より、各層ごとにトリリニア型の復元特性を定めた。

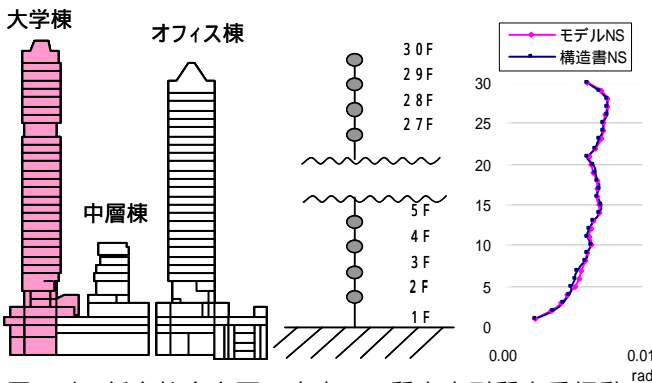


図 1 左 新宿校舎立面 中央 30 質点直列質点系振動モデル 右 層間変形角による構造計算書との比較

2.2 設計地震波による比較

作成した振動解析モデルの妥当性を計るため、構造計算書で採用されている設計用入力地震波 (EL CENTRO 波、TAFT 波) を、作成した解析モデルに入力させることで、構造計算書の計算結果と比較した。図 1 右に EL CENTRO 波による各階の最大層間変形角の比較を示す。その結果、構造計算書の計算結果と近い値を示しており、作成した振動解析モデルの妥当性を示した。

2.3 強震観測記録による地震応答特性

新宿校舎により行われている強震観測記録及び常時微動記録から地震時の新宿校舎の地震応答特性を調べた。図 2 に観測記録における固有周期と最大変位の関係を示す。その結果、常時微動や現在までに観測されている強震記録では、構造計算値に比べ、固有周期が

8~9 割程度 (常時微動: NS2.89, EW2.75) であること、入力が大きくなるにつれて各モードの固有周期が伸びる非線形性を示すこと、NS、EW の各 1 次モードの減衰定数は 1% 前後 (常時微動: NS0.7%, EW1.1%) と小さいこと、などが明らかになった。この結果は構造値と異なっているが、本研究では大地震を想定しており、非構造部材などが塑性化することで、固有周期、減衰は構造計算値に近づくことが予測できる。

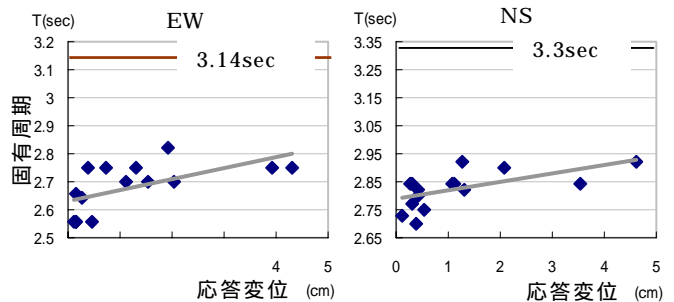


図 2 観測記録における固有周期と最大変位の関係

次に、この強震観測記録の中から、特に大きな応答を示した千葉県北西部地震 (2005/09/04) の観測記録を利用し、振動解析モデルの妥当性を確認する。千葉県北西部地震に対し、新宿校舎 1 階で観測された地震波を、作成した振動解析モデルに入力することで、29 階での観測記録と、解析結果の比較をした。図 3 に 29 階における観測記録と解析結果の変位波形を示す。この結果、変位波形において、近い特性を読み取ることができた。観測記録と解析結果に差が出ている部分は、解析モデルが減衰 2% で作成されているのに対し、観測地震での減衰が低い値にあるためである。

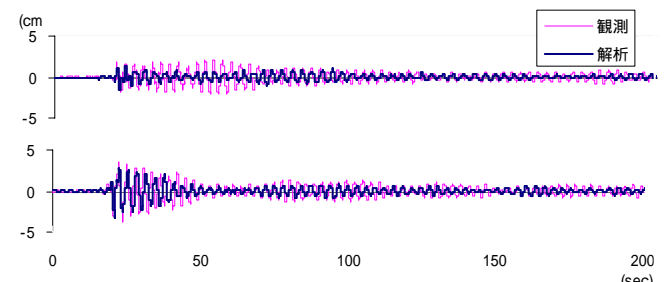


図 3 29 階における観測記録と解析結果の変位波形

よって、本研究では大地震を想定し振動解析モデルを作成していることから、固有周期、減衰に構造計算値を採用していることの妥当性が言える。この結果から、作成した振動解析モデルを、本研究で行う地震応答解析のモデルとして採用する。

3. 想定地震と解析結果

3.1 入力地震動の概要

本研究では、首都圏で切迫性のある大地震として、首都圏直下型地震、東海地震を取り上げ、この二つの地震に対して新宿校舎の地震被害想定を行った。

まず、首都圏直下型地震は、新宿校舎での最悪の場合を想定して、新宿の直下の地殻内で地震が発生する直下型地震を想定した。それに伴い、想定地震波として、1994 年ロサンゼルスで発生した、ノースリッジ地震 (M6.7)

の直上で観測された記録²⁾を採用した。

次に想定東海地震⁴⁾は、震源モデルを中央防災会議の東海地震の震源モデルに基づいて作成し、工学院大学新宿校舎における強震動予測の結果を使用した。予測手法は、周期1秒以上は経験的グリーン関数法、周期1秒以下は統計的グリーン関数法のハイブリット法により作成されている。関東平野の地盤モデルは、佐藤モデル⁴⁾に従いモデル化された。

図4に入力地震動の概要を示す。これより、直下型地震は最大加速度、最大速度が大きな値を示しており、短周期成分が卓越している。また、震源近傍で見られるパルス波がこの波形からも読み取ることができる。

東海地震は、最大加速度、最大速度が小さい値を示しているものの、周期2.5~3秒程度で長周期成分が卓越しており、長時間の応答を示していることが分かる。

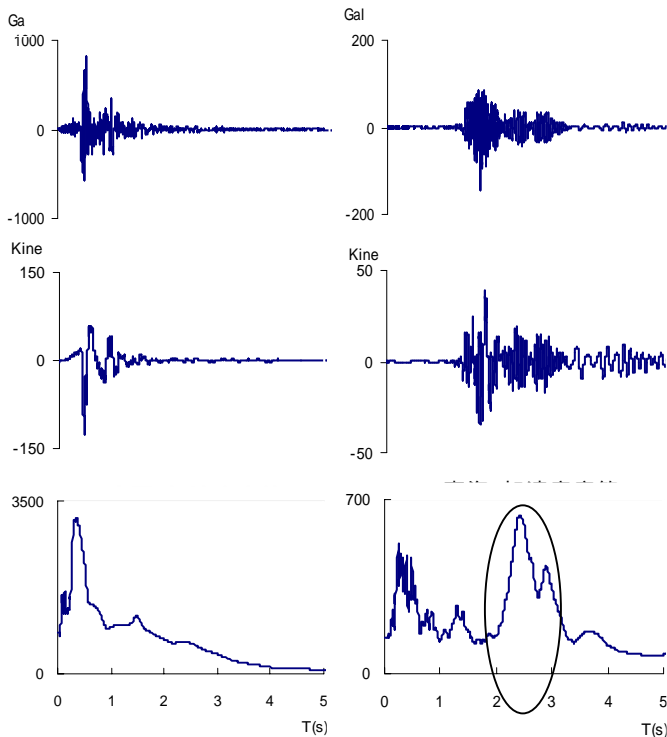


図4 入力地震動概要

3.2 地震応答解析結果

想定した首都圏直下型地震、東海地震の応答解析結果における、各階ごとの床応答加速度、最大層間変形角を図5にそれぞれ示した。

まず、床応答加速度の結果(図5左)では、設備耐震基準値⁷⁾も同時に示している。直下型地震の解析結果は、最大加速度、最大速度が大きいこともあり1階部分では800 Galと非常に大きな入力値を示し設備設計基準値を超える値である。また、最上階でも800 Galの応答を示し、最小応答階においても、400 Gal程度の値を示していることから、家具または事務機器の転倒の可能性が十分あり、設備機器に関しても損傷の恐れのある結果となった。⁵⁾また、東海地震の解析結果は、最大加速度、最大速度が小さいため、最大の応答を示している最上階で300 Gal程度であり、一応の安全性が確保できている。

次に、最大層間変形角の結果(図5右)では、構造計算書の設計基準値1/100の値も同時に示している。直下型地震の解析結果は、NS、EW方向それぞれで1/100の値を超えており、特にNS方向に関しては起生階である25階において1/60の値を示す結果となった。また同様に、東海地震の解析結果においても、最大加速度、最大速度

が小さいにもかかわらず、大きな層間変形を示しており、特にEW方向に関しては起生階である10階において1/25の値を示している。これは、長周期成分が長時間入力した影響が出ていると考えられる。このことから、直下型地震、東海地震共に、層間変形に依存している部材、具体的には非構造壁や建具に加え、昇降機や配管の設備機器に損傷が出る可能性が考えられる。⁵⁾さらに直下型地震では、建物躯体に残留変形が生じ建物としての機能に支障をきたす結果となった。

また、EW成分の16、21階の結果に見られる、不規則な応答値は、実験機器室をブレースにより補強しているためである。

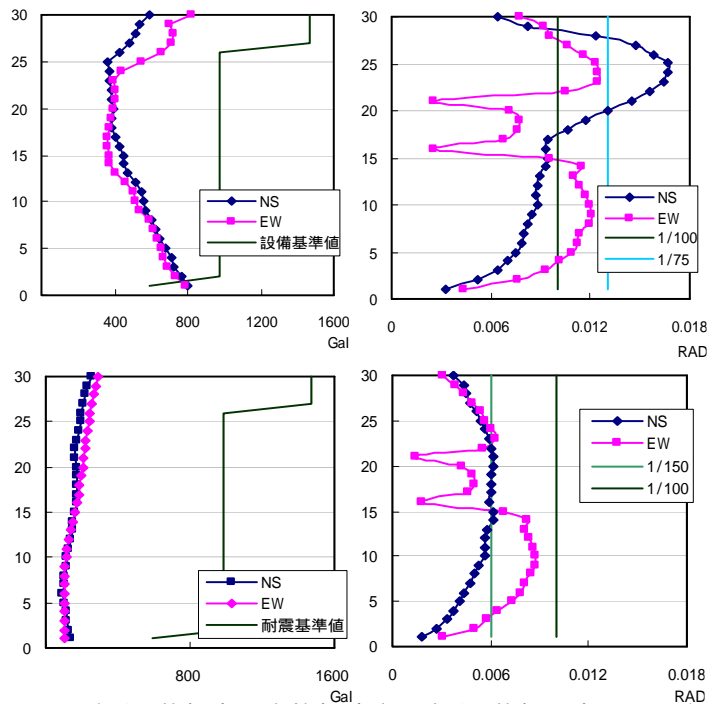


図5 左上 首都直下応答加速度 右上 首都圏直下層間変形角 左下 東海応答加速度 右下 東海層間変形角

5. まとめ

本研究では、工学院大学新宿校舎における首都圏直下型地震、東海地震の被害想定を行った。この結果、最悪の場合を想定した首都圏直下型地震では、建物機能の維持に支障をきたすレベルとなった。一方、東海地震では長周期成分の影響により、層間変形に依存する設備機器または非構造部材に被害の可能性を示す結果となった。

今後の課題として、新宿で想定される地震を、強震動予測の手法を用いて作成した直下型の想定地震波により被害予測を行うこと。また、本研究で行った地震被害想定に加え、非構造部材や建築設備について、部位・系統毎に耐震性検討を行う必要がある。

[謝辞]

本研究において、想定東海地震波を大成建設吉村智昭博士・清水建設早川崇氏より提供していただきました。また、久田研究室の鱈沢曜氏、久保智弘氏、松井健太郎氏には多くのご指導をしていただきました。ここに記して感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 工学院大学新宿校舎の地震防災に関する研究/久田嘉章 近藤龍也 広沢雅也
- 2) Bulletin, Seismological Society of America The Northridge California Earthquake of January 17, 1994
- 3) 関東平野における想定東南海地震・想定東海地震の長周期地震動評価/吉村智昭
- 4) 関東平野における東海地震の広帯域な強振動予測/早川崇
- 5) 建築物の非構造部材及び設備の総合的な耐震性評価手法に関する 考察/瀧ヶ崎進
- 6) STEC 街区大学高層棟-構造計算書
- 7) 建築設備耐震設計・施工指針 2005年版/日本建築センター
- 8) 松井語録/松井健太郎