

杭基礎に被害を受けた学校建物の耐震性能に関する研究
(その5) 一体モデルの時刻歴地震応答解析による検討

鉄筋コンクリート造 杭基礎 一体モデル
2011年東北地方太平洋沖地震

正会員 ○秋田知芳*1 同 津森崇行*2
同 稲井栄一*3

1. はじめに

既報その1~その3および前報その4では、荷重増分解析または変位増分解析による静的な検討を実施した。本報その5では、一体モデルを用いた時刻歴地震応答解析による動的な検討を実施する。時刻歴地震応答解析には2011年東北地方太平洋沖地震で観測された地震動から推定した対象建物の入力地震動を使用し、被害のシミュレーションを試みる。ここでは杭頭の被害について着目して考察する。

2. 解析計画

2.1 解析モデル

図1に本解析で使用した一体モデルの概略図を示す。一体モデルは、上部モデル¹⁾に下部モデル²⁾を取り付けたもので既報その3で使用したものを基にしている。各モデルの詳細は文献1)および2)を参照されたい。上部構造の各部材の復元力特性には上部構造の解析で一般的に用いられているものを使用している。杭はFiberモデルを用いておりコンクリートおよび鋼材の一般的な材料特性を使用している。なお、減衰は瞬間剛性比例型とし、減衰定数は5%、積分時間刻みは0.002秒とした。

2.2 解析ケース

基準の I_0 モデルと、表層地盤のN値が小さいことを考慮し杭頭下の節点の水平地盤ばねの剛性をほぼゼロとし、さらに水平地盤ばねの評価精度を考慮し水平地盤ばねの剛性および反力の値を1/2にした I_s モデルの2ケースを設定した。図2に本解析において使用した水平地盤ばねの履歴モデルを示す。水平地盤ばねは剛性低減型の履歴モデルとしているが、 I_s モデルにおける杭頭下の節点の水平地盤ばねのみ弾性の履歴モデルとしている。

2.3 入力地震動

入力地震動には前報その4で求めた、対象建物の最寄りの観測点の地震動を工学的基盤に引き戻した地震動(以下、基盤波と呼ぶ。)を用いた。図3に基盤波の加速度時刻歴および加速度応答スペクトルを観測点の地震動と比較して示す。X方向(建物の長辺方向)がEW、Y方向(建物の短辺方向)がNSに対応する。X方向およびY方向とも基盤波を倍率1.0倍で、杭先端部分から0~170秒間入力した。基盤波のEW方向の最大加速度は 492.4cm/s^2 、基盤波のNS方向の最大加速度は 553.3cm/s^2 である。

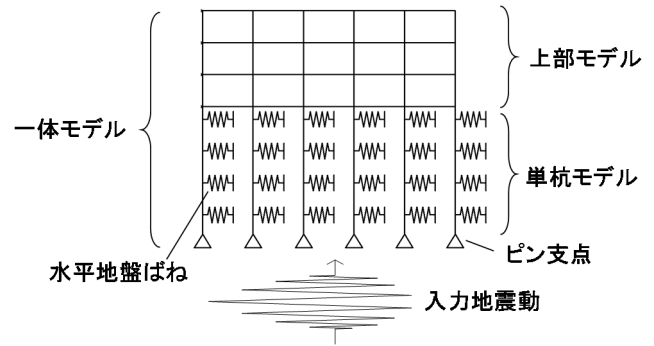


図1 一体モデルの模式図

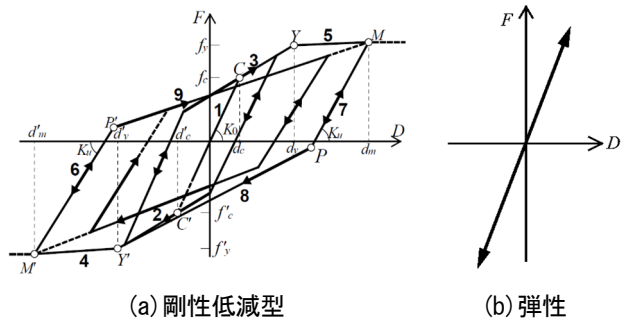


図2 水平地盤ばねの履歴モデル

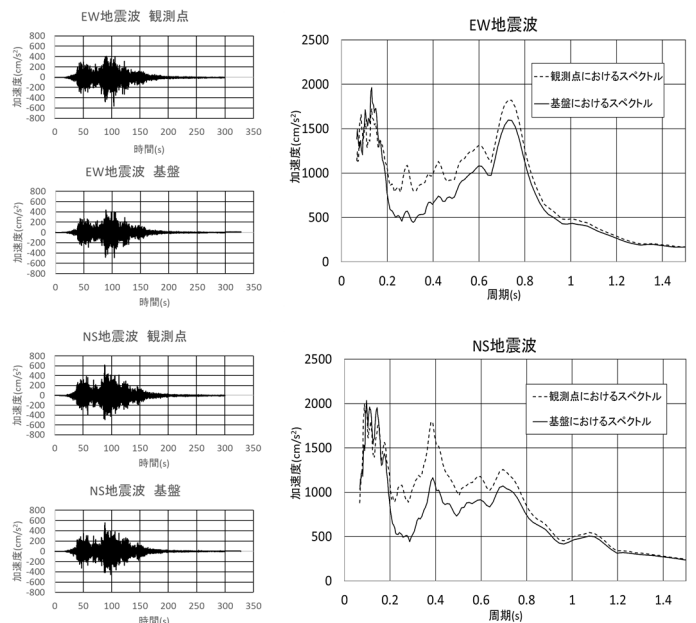


図3 加速度時刻歴と加速度応答スペクトル

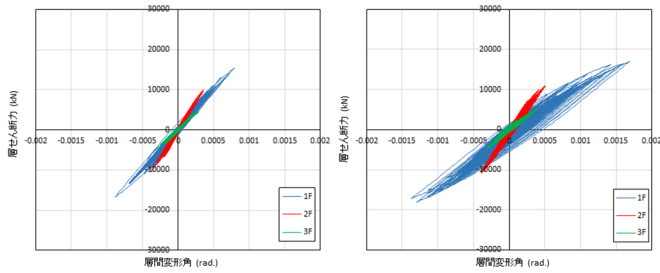


図4 層せん断力—層間変形角関係 (X方向)

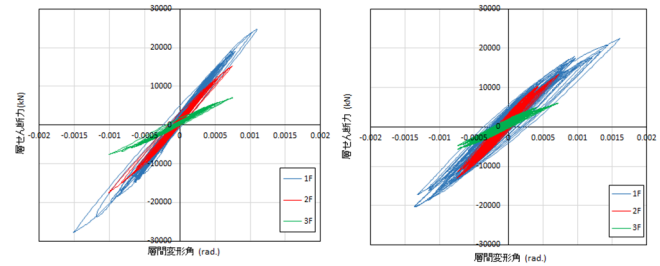


図5 層せん断力—層間変形角関係 (Y方向)

3. 解析結果

3.1 層せん断力—層間変形角関係

図4にX方向、図5にY方向のI₀モデルとI_sモデルの層せん断力—層間変形角関係を示す。X方向について、1階の最大層せん断力はI₀モデルとI_sモデルで概ね同等の値であり、最大層せん断力時のベースシア係数は、I₀モデルがC_B=0.46、I_sモデルがC_B=0.50であった。最大層せん断力時の層間変形角はI₀モデルが8.9×10⁻⁴rad、I_sモデルが13×10⁻⁴radであり、I_sモデルの方が約1.5倍大きかった。Y方向について、1階の最大層せん断力はI₀モデルが2.2×10⁴kN、I_sモデルが2.8×10⁴kNと、I_sモデルの方が約1.2倍大きく、最大層せん断力時のベースシア係数は、I₀モデルがC_B=0.76、I_sモデルがC_B=0.62であった。最大層せん断力時の層間変形角はI₀モデルが1.5×10⁻³rad、I_sモデルが1.6×10⁻³radであり、ほぼ同等であった。

3.2 杭頭降伏箇所

図6にX方向、図7にY方向のI₀モデルとI_sモデルの杭頭降伏箇所とその時のベースシア係数を示す。杭頭の降伏は最も外側の鉄筋が降伏した時点とした。X方向について、I₀モデルでは杭頭降伏は生じなかった。I_sモデルでは、C_B=0.48~0.49でほぼ同時刻に5箇所杭頭が降伏した。実際の被害箇所も降伏したが、それ以外の箇所も降伏した。Y方向について、I₀モデルでは杭頭が4箇所降伏し、実際の被害箇所と1箇所一致したが、実際には被害がなかった場所の杭頭が先に降伏した。I_sモデルでは杭頭が18箇所降伏し、実際の杭頭被害箇所と4箇所一致したが、実際には杭頭被害がなかった場所が先に降伏した。また、いずれのケースでも基礎梁の曲げ降伏や柱のせん断破壊が生じた。

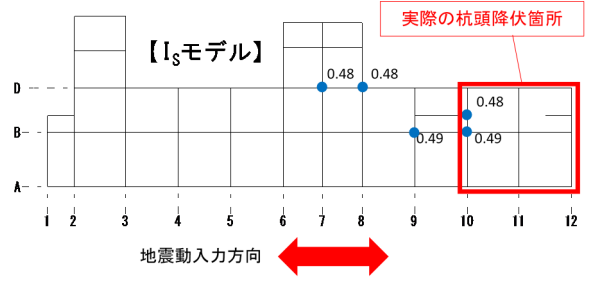
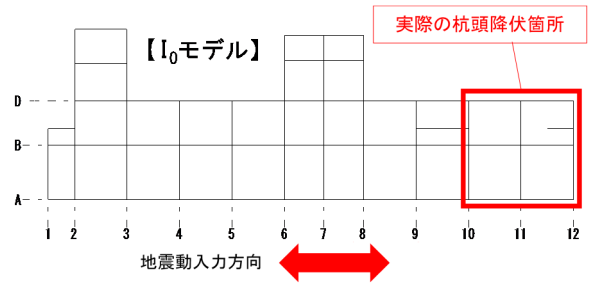


図6 杭頭降伏箇所 (X方向)

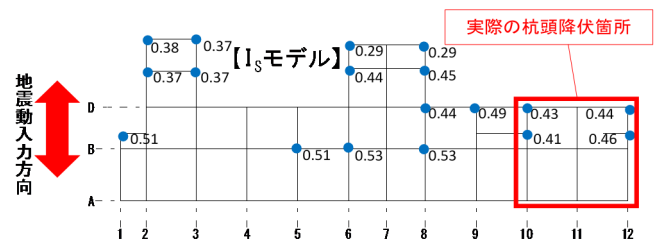
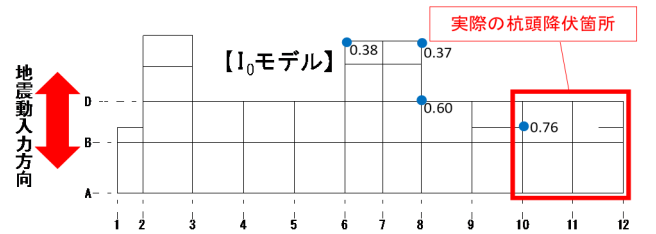


図7 杭頭降伏箇所 (Y方向)

5. まとめ

一体モデルの時刻歴地震応答解析により杭基礎被害のシミュレーションを試みた。その結果、実際の被害と同様、杭頭が損傷したが、被害の無い場所でも多数の杭頭が損傷した。加えて、多くの基礎梁の曲げ降伏や、柱のせん断破壊も生じており、上部構造の実際の被害状況とは異なった。モデル化の方法や入力地震動についてさらに検討が必要である。

謝辞

一体モデルの時刻歴地震応答解析は元山口大学大学院生の矢野なつみ氏の尽力によるものである。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 東田実樹、秋田知芳、稲井栄一、向井智久、柏尚稔、平出務、金子治：杭基礎に被害を受けた学校建物の耐震性能に関する研究その1～その2、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.487-490、2016.8
- 2) 秋田知芳、稲井栄一：杭基礎に被害を受けた学校建物の耐震性能に関する研究その3、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.615-616、2017.8

*1 山口大学大学院創成科学研究科講師 博士(工学) Lecturer, Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ., Dr. Eng.
 *2 山口大学大学院創成科学研究科 大学院学生 Graduate Student, Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ.
 *3 山口大学大学院創成科学研究科教授 博士(工学) Professor, Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi Univ., Dr. Eng.