

地震応答解析の妥当性に関する一検討 —種々の加振レベルを用いた応答再現性検証—

(株)大林組 正会員 ○樋口 匡輝
(株)大林組 正会員 樋口 俊一

1. はじめに

近年、地盤の地震応答解析に対するV&V (Verification and Validation) が注目されている。本研究では、既往の遠心模型振動実験結果を基に、地盤と構造物の相互作用を考慮した地震応答解析を実施し、加振レベルを変化させた際の解析結果の妥当性について検討した。

2. 遠心模型振動実験の概要

解析対象とした遠心実験は、文献1)で報告されているものである。本実験で用いられた縮尺 1/25 の模型と、計測器の配置を図1 に示す。表層地盤としては乾燥地盤(Case1)と飽和地盤(Case2)の2 ケースが実施されたが、本研究では乾燥地盤(Case1)を対象とした。

加振条件としては、同一波形で加振レベルを変化させた Case1-d1~d7 の7 ケースが実施されたが、本研究では d3 (小加振), d4 (中加振), d6 (大加振) の3 ケースを対象とした。再現解析における入力加速度には、図1 に示した加速度計 AN7X における記録を用いた。各加振ケースにおける AN7X の最大加速度を表1 に、Case1-d6 における加速度時刻歴を図3 に示す。

3. 解析モデル

解析モデルを図2 に示す。解析モデルは、実験模型と同様の 1/25 スケールで奥行き方向の 1/3 を考慮した 2 次元モデルとし、有限要素解析プログラム「O-EFECT」²⁾を用いて地盤と構造物の相互作用を考慮した全応力解析を実施した。地盤およびフーチングは四角形要素、杭はファイバー要素、上部構造 (門形フレーム) は線形はり要素、せん断土槽は質点とスカラーばねでモデル化した。表層地盤以外のモデル化については文献1)と同様である。

表層地盤の材料特性は、要素シミュレーションにおけるせん断ひずみ 0.1%付近のせん断剛性 G が、繰返し三軸試験結果と近い値となるように設定した。このときの要素シミュレーションの結果を図4 に示す。地盤の深さ方向については、加振実験と併せて実施された

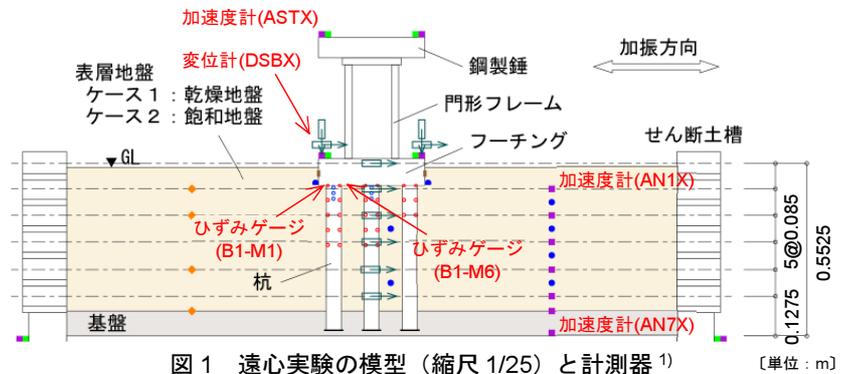


図1 遠心実験の模型 (縮尺 1/25) と計測器¹⁾ [単位: m]

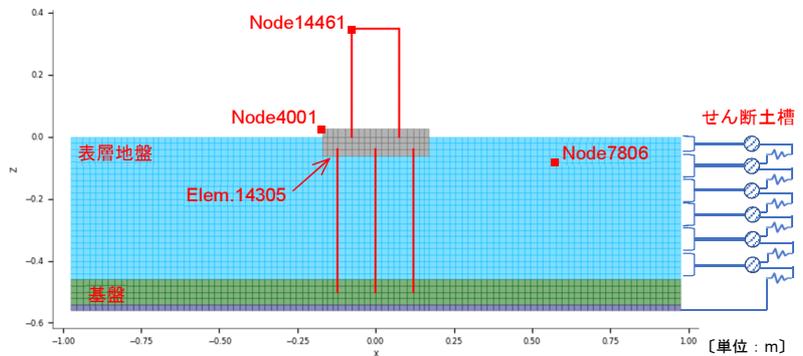


図2 解析モデル

表1 加振ケースごとの基盤加速度最大値

加振ケース	最大加速度 (AN7X)
Case1-d3	54 m/s ²
Case1-d4	87 m/s ²
Case1-d6	193 m/s ²

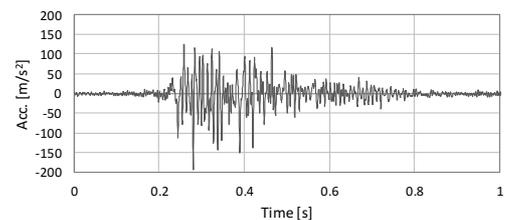


図3 AN7X 加速度時刻歴 (Case1-d6)

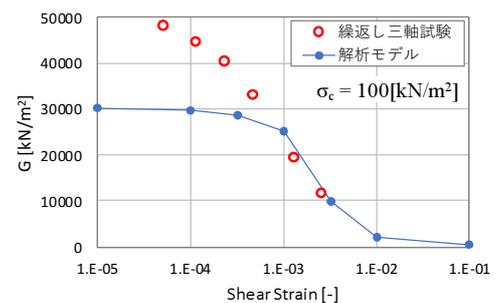


図4 要素シミュレーション結果

キーワード 応答解析の妥当性, 地盤-構造物相互作用, 全応力解析

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL042-495-1015

ベンダーエレメント実験の結果を基に、初期せん断剛性および硬化パラメータを有効拘束圧の 0.325 乗に比例する形で設定した。

4. 解析結果と考察

表1 に示した加振ケースのうち、Case1-d6 (大加振) における応答時刻歴を図5 に示す。ここでは応答値の代表として、図1, 図2 に示す地盤加速度 (AN1X), フーチング変位 (DSBX), 杭頭鉄筋ひずみ 2ヶ所 (B1-M1, B1-M6) の 4つを示した。地盤加速度は、0.2~0.3s 付近と 0.4~0.5s 付近については良く整合しているが、実験で加速度が大きくなっている 0.3~0.4s 付近では過小評価となった。この原因としては、せん断土槽のモデル化の影響や、表層地盤の非線形性のモデル化に課題があることが考えられる。フーチング変位および杭頭鉄筋ひずみについては、応答の位相や最大値が概ね整合する結果となった。鉄筋ひずみの応答では、群杭の内側に比べて外側の方が地盤ばねの影響を受けて高振動数である点など、群杭効果の影響が再現できていることも確認できた。

図5(d)の鉄筋ひずみにおいて、解析で最大となった時刻 (0.2866[s]) と、実験で最大となった時刻 (0.2900[s]) について、当該時刻におけるそれぞれの杭鉄筋ひずみ (群杭内側) の分布を図6 に示す。図6 には併せて、解析における当該時刻の土のせん断ひずみ分布も図示している。鉄筋のひずみ分布についても概ね整合していること、土のせん断ひずみ分布からも群杭の影響が考慮できていることが確認できた。

解析 3 ケースにおける入力加速度と応答最大値の関係を図7 に示す。

(b)フーチング変位と(d)内側鉄筋ひずみは良く整合しているが、(a)地盤加速度と(c)外側鉄筋ひずみでは差異が目立ち、特に地盤加速度は大加振において過小評価となる解析結果となった。地盤と群杭外側の応答において差異が目立ったこと、小加振における地盤加速度は整合していることから、前述同様に、表層地盤の非線形性の設定に課題があることが考えられる。

5. まとめ

既往の遠心模型振動実験における乾燥地盤ケースを基に、地盤と構造物の相互作用を考慮した全応力解析を実施した。その結果、時刻歴やフーチング、杭鉄筋の応答最大値は概ね整合したが、大加振時の地盤加速度最大値は過小評価する結果となった。

参考文献

- 樋口俊一, 堤内隆広, 大塚林菜, 伊藤浩二, 江尻譲嗣: RC 造杭基礎構造物の遠心模型振動実験, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.68, No.4, I_642-I_651, 2012.
- 伊藤浩二: 動的有効応力解析プログラム「EFFECT」(その1) -基礎理論と地盤構成モデル-, 大林組技術研究所報, No.51, 1995.

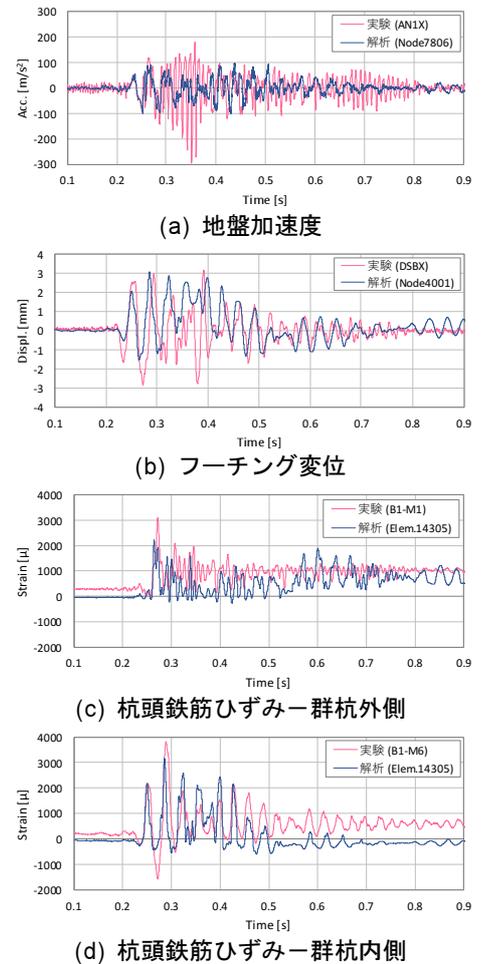


図5 解析結果時刻歴 (Case1-d6)

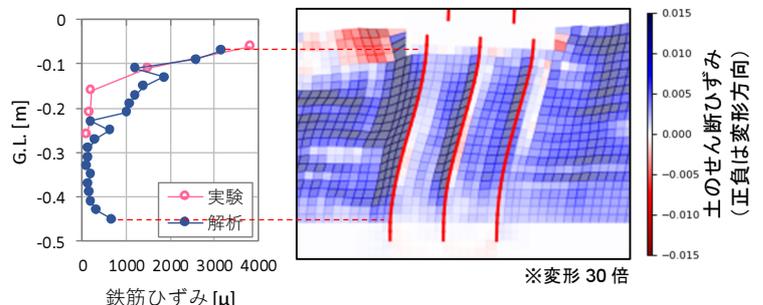


図6 ひずみ分布 (Case1-d6, 解析:0.2866[s], 実験:0.2900[s])

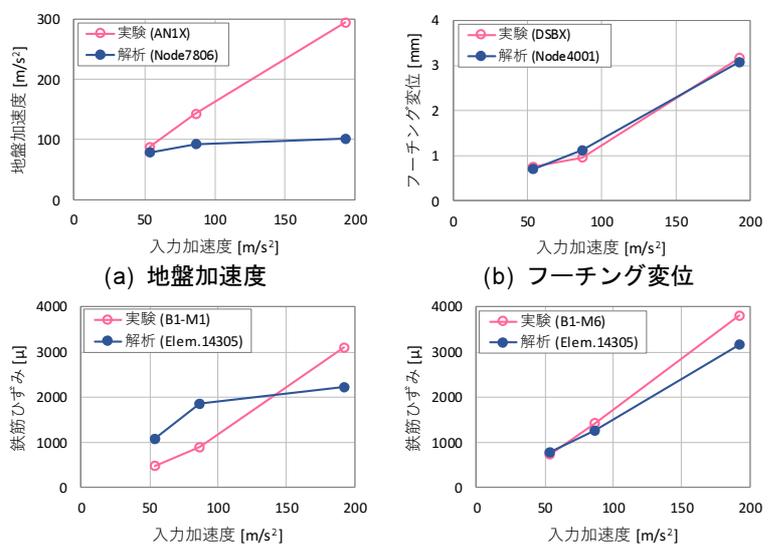


図7 入力加速度と応答最大値