

杭基礎を有する橋脚の土槽加振実験模型の FEM 解析

(株)大林組 正会員 ○孫 利民 後藤洋三
鹿島建設(株) 高橋祐治

1. 解析目的 橋梁構造物の耐震設計または耐震補強において、上部構造—橋脚—基礎—地盤系の連成を考慮した耐震性検討手法を用いることが要求されつつある。本研究は、このような背景に基づいて実施される予定の杭基礎ハイブリッド土槽加振実験¹⁾の模型を対象とした解析検討である。解析の目的は土槽の境界条件の影響や地盤または構造物の非線形性の影響を把握するものである。

2. 解析対象と解析条件 解析対象は試設計した単柱 RC 実橋脚²⁾の 1/4 スケールの模型実験モデルである。図 1 は構造図と地盤条件を示す。FEM 解析は FLUSH を用いて行ったもので、解析対象が対称のため、ハーフモデルを用いた(図 2 のメッシュ図)。固有値解析(側方境界条件は水平ローラー)から、上部工の最低次周期が 0.609sec、地盤の最低次周期が 0.109secであることを分かった。地盤物性値を道路橋示方書³⁾と建設省土木研究所資料⁴⁾に示す方法によって算定し、応答解析は計 6 ケース(表 1)を実施した。Case1 と 2 は正弦波加振の共振解析で、地盤の側方境界条件の影響を調べるためのものである。Case3 と 4 は道路橋示方書の標準波形 II-I-1 (修正 JMA-NS 波)を基盤入力波として用いた。上部構造または地盤の最低次モードが入力波スペクトルの卓越周期範囲に入るように入力波の時間軸スケールを調整した。地盤の等価線形剛性の収束計算誤差を 5%以内に収められるように、最大入力加速度を 244gal にスケールダウンした。Case5 と 6 は橋脚や杭の非線形性による影響を調べるものである。Case5 には初期剛性を、Case6 には降伏剛性を用いた。杭を塑性破壊させるため、入力波の最大加速度は原波と同様に 818gal を用いた。また地盤の最低次モードを卓越させるため、時間軸を 1/4 に縮小した。また、Case5 と 6 では、地盤に大きな歪みが生じたため、収束計算誤差を 25%まで緩めて計算を安定させた。

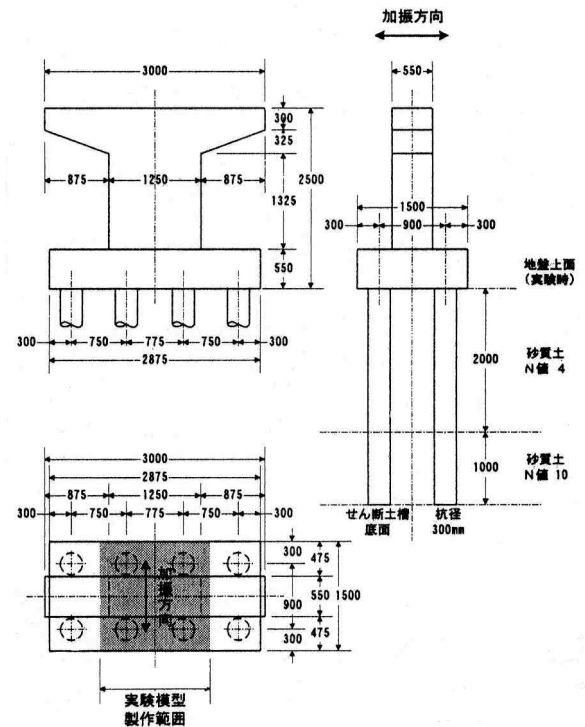


図 1. 解析対象

表 1. 解析ケースと解析条件

ケース名	地盤特性	側方境界条件	構造剛性	入力地震動				
				波形	最大値 (gal)	卓越周期 (sec)	継続時 (sec)	時間軸スケール
Case1	線形	水平ローラー	初期剛性	正弦波	50.0	0.109	10.24	
Case2	線形	エネルギー伝達	初期剛性	正弦波	50.0	0.109	10.24	
Case3	等価線形	エネルギー伝達	初期剛性	道示 II-I-1	244.0	0.075-0.175	10.24	原波の 1/4
Case4	等価線形	エネルギー伝達	初期剛性	道示 II-I-1	244.0	0.3-0.7	40.96	原波
Case5	等価線形	エネルギー伝達	初期剛性	道示 II-I-1	818.0	0.075-0.175	10.24	原波の 1/4
Case6	等価線形	エネルギー伝達	降伏剛性	道示 II-I-1	818.0	0.075-0.175	10.24	原波の 1/4

3. 解析結果の検討 Case1-4 の解析結果の最大応答値を図 2 に示す。Case1 と 2: Case1 の最大応答は Case2 の約 2-3 倍である。地盤側方地表 / 基礎の伝達関数から Case2 の最低次固有周期が 0.094sec であり、短周期側へずれたことを分かった。それが原因で、Case2 の応答値が小さくなった。従って、土槽側壁のせん断剛性と質量を正確に反映出来る境界条件の設定が重要であろう。Case3 と 4: Case4 は上部工に大きな応答加速度と変位が生じており、それによって、橋脚に作用するモーメントとせん断力が大きい。Case3 は地盤が大きく応答したため、地盤変形により杭に作用するモーメントなどが大きかった。基礎構造物の被害を検討する土槽加振実験の場合は、入力波の卓越周期範囲を地盤最低次振動モードの周期にあわせるように時間軸を調整するのがよいであろう。また、上部工の慣性力による影響も同時に検討するなら、上部工の代表的な固有周期もその卓越周期範囲に入れるような相似側でモデル化した方がよいであろう。Case5 と 6: Case6 に用いた橋脚と杭の降伏剛性は

キーワード: 橋脚—杭—地盤, 相互作用, FEM 解析, 等価線形

連絡先: 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4 - 6 4 0 (株)大林組技術研究所土木耐震構造研究室

それぞれ約初期剛性の 1/5 である．構造剛性の低下を考慮することによって，地盤及び構造体の応答加速度が若干小さく，応答変位が若干大きくなる傾向がある．また，Case6 の場合は，杭頭モーメントがひび割れ強度を超えたが，降伏までは至らなかった．両ケースとも，計算がかなり不安定の領域に入っており，高レベル地震入力に対する等価線形手法の限界が感じられ，今後は逐次積分法による非線形時刻歴解析を行う必要があると考える．

謝辞：本研究は平成 11 年度科学技術振興調整費「構造物の破壊過程解明に基づく生活基盤の地震防災性向上に関する研究」の一環として実施したものである．解析に当たって，鹿島建設（株）土木設計本部の砂坂善雄氏，塩崎信久氏，大野晋也氏，（株）フジタ技術研究所の斉藤悦郎氏，岸下崇裕氏からご協力とご意見を賜った．ここに記して感謝の意を表する．

参考文献 1) 小林，田村：第 1 回構造物の破壊過程解明シンポ，p145，2000 年 3 月．2) 高橋ら：同 1)，p151．3) 日本道路協会：1996 年．4) 土研資料：第 1778 号，1978 年．

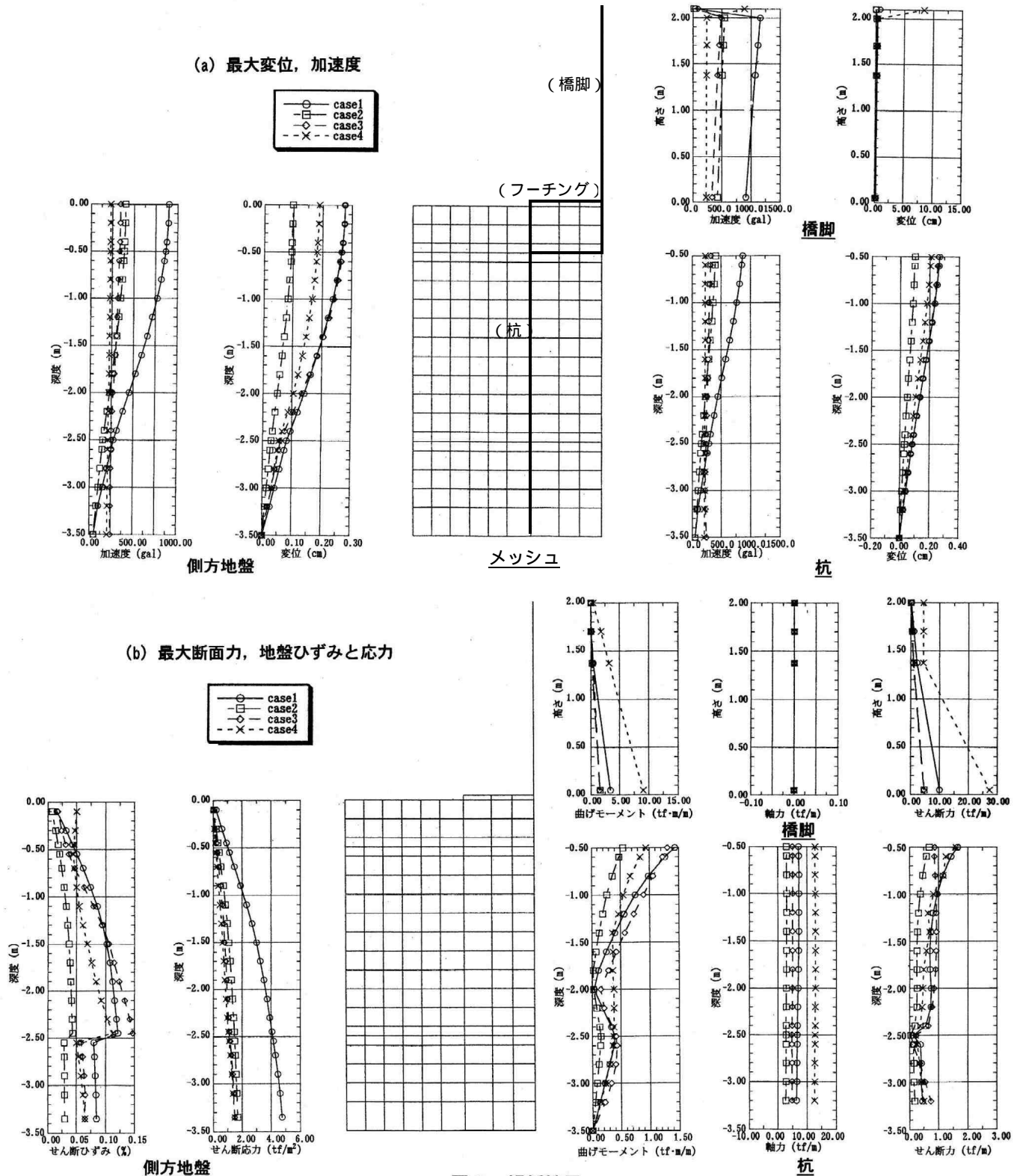


図 2. 解析結果