

動的応答が鉄道杭基礎橋脚に与える影響に関する一考察

ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 ○日野 篤志
鉄道総合技術研究所 正会員 佐名川 太亮

1. はじめに

鉄道構造物の耐震設計¹⁾では、時刻歴応答解析による応答値の算定が推奨されている。時刻歴応答解析は、モデル化手法の選定や履歴モデルの選定、パラメータ設定など難易度は高く、一般的な設計実務においては応答値の算定に静的非線形解析を用いているのが現状である。この場合、動的な影響は、非線形スペクトル法や入力損失の影響²⁾を考慮した補正を行うなどして考慮されている。

そこで本稿では、鉄道標準に示されている非線形・履歴モデルを詳細に組み込んだ構造解析モデルを構築し、モデル化手法や入力地震動の扱いを変更した動的解析を実施し、その影響について確認を行った。

2. 検討条件の設定

(1) 構造物のモデル化 杭長や地盤の条件が異なる3基の杭基礎橋脚(図1)について、構造物、周辺地盤のそれぞれのモデル化を行う。本検討では、構造物と地盤を同時にモデル化した一体モデルと構造物のみをモデル化したバスタブモデルの2タイプでモデル化(図2)を行い、その違いについても確認を行う。

構造物のモデル化は、鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物)³⁾、(コンクリート構造物)⁴⁾、(耐震設計)に準拠して行った。なお、杭と地盤の相互作用ばねについては、耐震標準に示される履歴モデルを実装し用いた。ばね定数や上限値については、基礎標準に準拠したモデル化を行った。

地盤のモデル化は、GHE-Sモデルを用いることとした。各層の基準ひずみは、平均粒径D₅₀を用いて安田・山口の式⁵⁾による算定を行った。なお、各種パラメータの値には、標準パラメータの値を用いた。

(2) 解析条件の設定 入力地震動波形は、耐震標準のL2スペクトルⅡの主要動部分を切り出した20秒の波形を用いた。バスタブモデルへの地震動の入力の際には地盤単体の応答解析結果から地表面位置で得られた応答加速度波形を構造物モデル全体に入力することとした。また、入力波の影響を確認するために、バスタブモデルに対象地盤の地表面波も併せて入力した。減衰の設定は、1Hzと10Hzで3%となるレーリー減衰を設定した。

3. 時刻歴応答解析による応答の比較

時刻歴応答解析を実施し応答の違いの評価を行う。一体モデルとバスタブモデルでは、地盤変位の作用の有無がモデル化の段階での違いとして生じている。そこで、図3に示すような構造物系の質量を無視したモデルの応答を一体モデルの応答から差し引くことで慣性力の影響のみを抽出し、バスタブモデルの結果と比較を行う。

構造物天端、フーチング天端の応答変位、躯体の曲率について各条件での応答波形の算出を行った(図4)。構造物天端においては、バスタブモデルと一体モデル(有効入力)の結果は概ね一致しており、若干バスタブモデルの値が大きくなる傾向を示した。また、一体モデル(地盤変位の影響あり)とも応答はおおむね同等である。

フーチング位置では、一体モデル(地盤変位の影響あり)とバスタブモデルでは大きな差が生じているが、地盤変位の影響を抜いた場合には同等となるため、フーチング位置の応答は地盤変位によるものが大きいことがわかる。

橋脚の曲率は、橋脚天端の応答と同様の傾向を示す結果となった。

荷重-変位関係の算定では、静的解析結果を合わせて示しているが、バスタブモデル、一体モデルともに静的解析の応答は小さく、地表面波を入力した場合には、概ね同等の結果となる。これは、地表面位置における地震動の大きさの違いによるものであり、一体モデルでの動的解析を行うことで応答を合理化することが可能である。

4. まとめ

橋脚について実務レベルのモデル化を行い、動的応答の違いが杭基礎橋脚の地震時応答に与える影響について評価を行った。動的解析を実施する際には、パラメータの設定には留意する必要があるものの、応答を合理化した形で評価できることから、安全側に配慮しつつ今後の実務設計に取り入れていくことが望ましい。

キーワード 時刻歴応答解析, 杭基礎橋脚, 鉄道構造物

連絡先 〒186-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (株)ジェイアール総研エンジニアリング 構造技術部

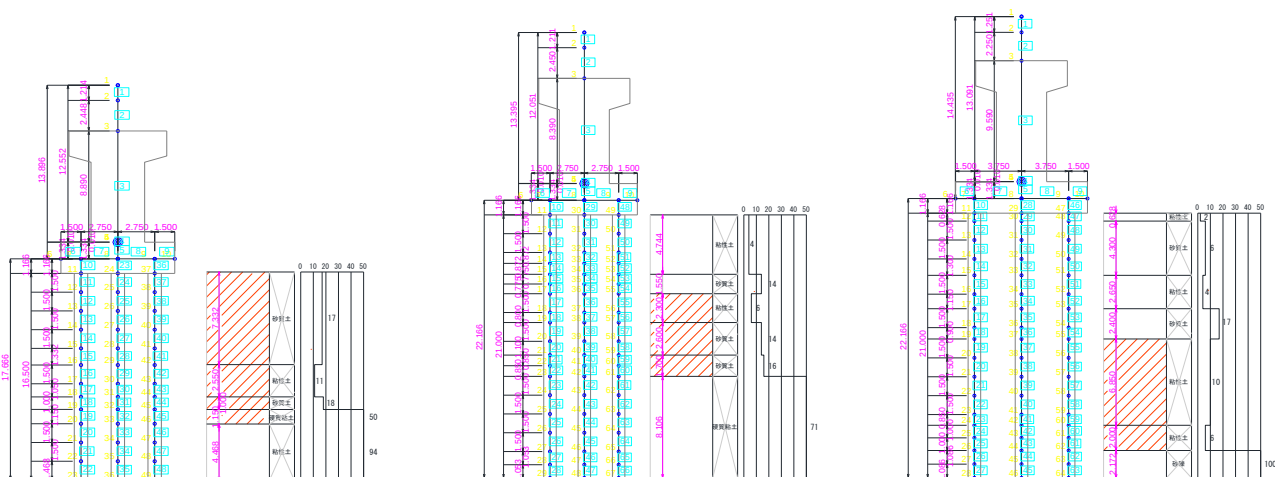
(a) Case1 ($T_s = 0.62s$, $T_g = 0.30s$)(b) Case2 ($T_s = 0.64s$, $T_g = 0.37s$)(c) Case3 ($T_s = 0.60s$, $T_g = 0.47s$)

図1 対象構造物の状況と地盤

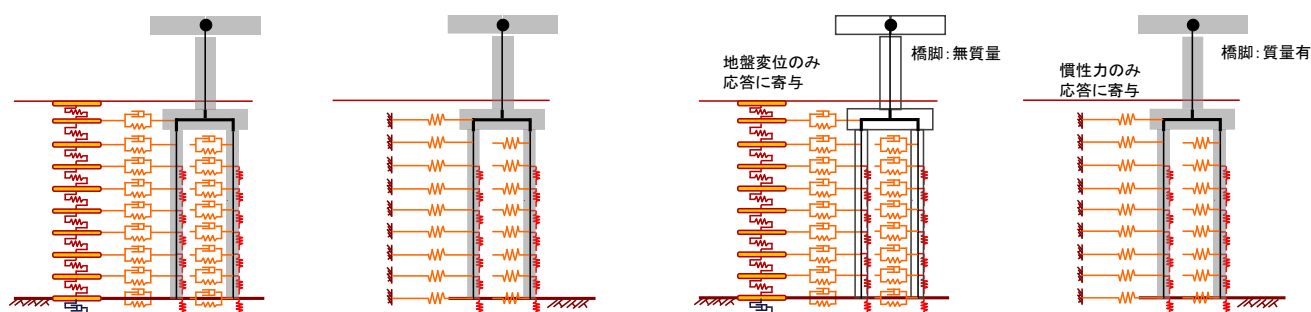
※ T_s : 構造物の周期、 T_g : 地盤の周期

図2 モデル化の概念 (左: 一体型モデル、右: 分離モデル)

図3 慣性力と地盤変位の影響を評価するためのモデル概要

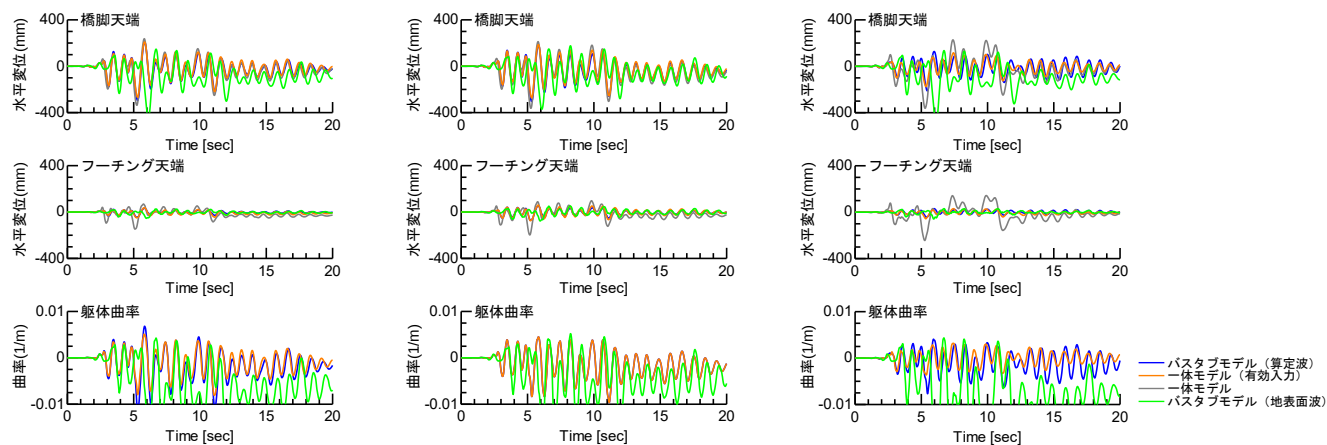


図4 応答波形の算出結果 (左: Case1、中: Case2、右: Case3)

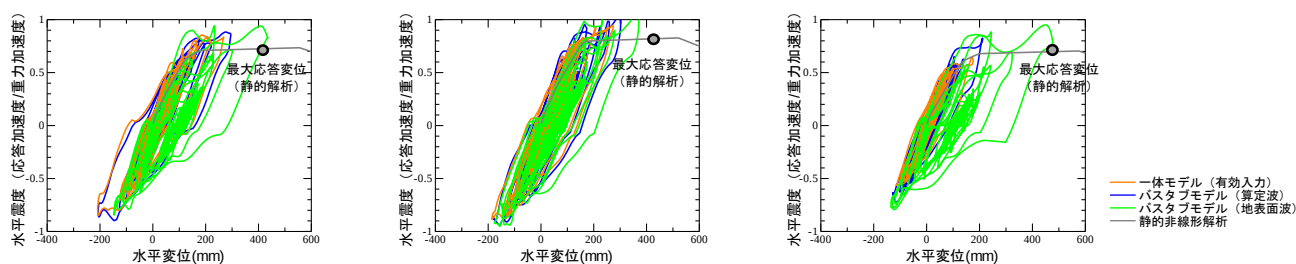


図5 荷重変位関係の比較 (左: Case1、中: Case2、右: Case3)

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計), 2012. 2) 實地雄大、室野剛隆: 杭基礎の入力損失効果の実務的評価手法の提案、土木学会論文集A1 (構造・地震工学), vol.73, No.2, 2017. 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (基礎構造物), 2012. 4) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造物), 2004. 5) 安田進、山口勇: 種々の不撓乱土における動的変形特性、第20回土質工学研究発表会、1985