# 小径杭と土のうを併用した基礎の地震時応答(その2:再現解析)

鉄道総合技術研究所 正会員 〇押田 直之,土井 達也 正会員 山田 聖治,室野 剛隆

## 1. はじめに

著者らは、表層地盤がやや軟弱な地盤を対象として、小径杭と土のうを併用した基礎構造に関する研究を行っている.前稿<sup>1)</sup>では、小径杭と土のうを併用した基礎構造模型を用いた振動台実験による地震時応答の確認を行った. その結果、小径杭のみを配置した基礎、小径杭と土のうを併用した基礎とも支持地盤上の橋脚と同程度の鉛直支持 性能を有すること、土のうを敷設することによる小径杭の断面力の低減効果があることを確認した.

本稿では,振動台実験における模型橋脚の動的挙動を解析的に検証することを目的に,振動台実験の再現解析モ デルを構築し,伝達関数,応答変位,応答加速度,応答回転角,小径杭の断面力の結果を比較検討した.

### 2. 解析モデルおよび解析条件

解析モデルを図1に示す.解析は、2次元有限要素法による動的非線形解析とした.解析モデルは、前稿<sup>1)</sup>の実験 と同様に、小径杭のみを配置した基礎(Case 1)と、小径杭と土のうを併用した基礎(Case 2)を作成した. 地盤領 域は、実験の土槽スケールに合せて幅2080mm×高さ530mmとし、下端はXY方向固定条件、側面はY方向のみ固定条 件とした.小径杭の要素はビーム要素,それ以外については全て平面ひずみ要素とした.橋脚・ウェイトの密度, 小径杭の断面積は単位奥行あたりに換算し、橋脚・ウェイトは十分高い剛性とした、フーチング底面と地盤・杭・ 土のうはジョイント要素により結合し、フーチング側面と地盤はX方向に押込み側のみ高い剛性を有するばね要素 により結合し、Y方向にはばね要素無しとした.その他の各部材の結合部は、全て十分高い剛性のばね要素とした. 土の非線形モデルは、マルチスプリングとGHE-Sモデル<sup>2)</sup>を組み合わせたモデルを用いた.GHE-Sモデルのパラメー タは、Dr=80%東北硅砂の三軸試験の実験データからフィッティングして算出した.また、規準ひずみと地盤のせ ん断剛性については、実験データの初期せん断剛性を基準値とし、Dr=80%砂質土層を50mmごとの9層に分けて、 各層の平均拘束圧の0.5乗に比例して補正した.入力波形は、振動台実験で最初に加振を行った最大加速度100galの ホワイトノイズ波(以下,初期WN)と,最大加速度750galの正弦波5Hz10波(以下,正弦波5Hz750gal)とした.解 析手法はNewmarkβ法とし,積分間隔は0.002秒とした.減衰の設定方法を図2に示す.各部材の減衰定数は,設計標 <sup>準3)</sup>より地盤,橋脚,ウェイト,土のうのそれぞれに3%を設定した.減衰マトリクスは,要素別レイリー減衰によ り設定した. ばね要素及びジョイント要素は減衰ゼロとし, それ以外の要素は図2の設定方法によりレイリー減衰を 設定した.



キーワード 再現解析,小径杭,土のう

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38

(公財)鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7336

#### -343

## 3. 解析結果

(1) 地表面と橋脚天端の伝達関数 初期WN加振時の伝達関数を図3に示す.ここでの伝達関数は、地表面加速度の フーリエスペクトルと橋脚天端加速度のフーリエスペクトルの比とした。なお、フーリエスペクトルを算出する際 は、20Hzのローパスフィルタをかけた後に、Perzenウィンドウにより平滑化している.図3より、実験及び解析で、 Case1とCase2共に8Hz前後で伝達関数のピークとなり、概ね整合していると言える.

(2) 橋脚応答変位・応答加速度及び応答回転角 正弦波 5Hz750gal 加振時の Case2 の橋脚の応答変位を図4,応答 加速度を図5,応答回転角を図6に示す.なお、図4~図8の実験値及び解析値は、全て20Hzのローパスフィルタ をかけている.図4及び図6より,実験及び解析で,天端応答変位が±8mm前後(実験 max: 13.88mm, min: -9.02mm |解析 max: 10.80mm, min: -11.44mm), 応答回転角は±0.02rad 前後(実験 max: 0.0338rad, min: -0.0204rad 解析 max: 0.0256rad, min: -0.0285rad) で推移しており, 概ね整合していると言える.図5より橋脚天端の応答加速度は, 実 験では最大 500gal 程度で頭打ちとなっている.解析では、加速度波形にスパイクが出ていることで最大 600 gal 程 度の加速度となり実験よりも大きくなっているが、実験と同様に、橋脚下端の加速度に対して橋脚天端の加速度が 小さい.よって、天端の加速度が頭打ちになる傾向は、確認することができる.

(3) 小径杭の軸力と曲げモーメント 正弦波 5Hz750gal 加振時の小径杭の軸力を図7,曲げモーメントを図8に示 す.対象とした杭は、Case1、Case2 それぞれ図1の左端の杭としている.なお、図7及び図8では、実験結果を単 位奥行あたりに換算している.図7及び図8より,解析の軸力,曲げモーメントが Case1 に対して Case2 で低減し ており、実験の傾向を概ね再現できている.図8より、曲げモーメントについては、解析は実験より大幅に値が小 さい.この原因として,実験では橋脚が片持ちの浮上り状態から地表面に着地した際に杭に衝撃力が伝わるが,解 析では再現しきれていないことが考えられる.また、実験ではフーチング下面と杭が幅を持って接し、杭の軸力の 偏心によるモーメントが発生するが、解析では、杭をビーム要素でモデル化しているため、この現象を再現できて いないことが考えられる.

#### 4. まとめ

5000[ 5000[ 1000 1000

図 5

振動台実験における模型橋脚の動的挙動を解析的に検証することを目的に、振動台実験の再現解析モデルを構築

し,伝達関数,応答変位,応答加速度,応答回転角, 小径杭の断面力の結果を比較検討した. その結果, 小径杭と土のうを併用した基礎の橋脚の挙動、小 径杭への断面力の低減について、概ね模擬できる 解析モデルを構築することができた.

参考文献 1) 土井ら:小径杭と土のうを併用した基礎の 地震時応答(その1 振動台試験),土木学会年次講演会, 2018(投稿中). 2) 室野ら:S字型履歴曲線の形状を考 慮した土の応力~ひずみ関係,第12回日本地震工学シ ンポジウム, pp494-497, 2006. 3) 鉄道構造物等設計標 準·同解説 耐震設計, 丸善, 2012.

橋脚天端 橋脚下端

実鱵

Time [s]

6

加速度(Case2)

Time [s]

0.04

De 0.04

三0.02 町 町 0.02 位 -0.04

0.04

0.03

U 0.02 単 0 脚-0.02

図 6

Ň -0.04 5

実験

6

6

回転角(Case2)

Time [s]

Time [s]



図 8

杭の曲げモーメント

-686-

図7 杭の軸力