

## 遠心実験による橋台の地震時挙動の分析

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○有馬 俊, 澤田 守, 大住 道生

## 1. はじめに

橋台は基礎周辺だけでなく背面盛土の影響を受ける構造物であるが、構造物と地盤の動的相互作用効果を適切に考慮できる評価手法は確立されていない。道路橋示方書(以降、道示)では、既往の被災実態等を踏まえ、一般的な条件下の橋台については、レベル2(以降、L2)地震動に対する応答を直接算出せず、L1地震動に対して所要の限界状態を超えない場合にL2地震動に対しても所要の限界状態を超えないとみなす照査体系となっている。本研究では、地震時挙動を適切に考慮した橋台のL2設計法の確立に向けた基礎データの取得を目的として、模型遠心実験による橋台のL2地震時挙動の計測と分析を行った。これらの主な結果を報告する。

## 2. 実験概要

本実験では、幅 1.5m×奥行き 0.5m×高さ 0.5m の直方体剛体土槽に、縮尺 1/50 倍で作製した、杭基礎に支持された橋台模型、土槽に剛結した橋脚模型、及び上部構造模型を設置し、遠心装置により 50G 場とした状態で加振を行った。計測には、加速度計、変位計、ひずみ計、圧力計を用いた。(図-1, 2)

構造模型はアルミ材により作製した。橋台は実物スケールで 10.0m の逆T式橋台を想定した。上部構造は径間長 35m の単純鋼桁を想定した。橋台基礎は杭基礎(場所打ち杭φ1000-9本, L=13m)を想定し、模型は曲

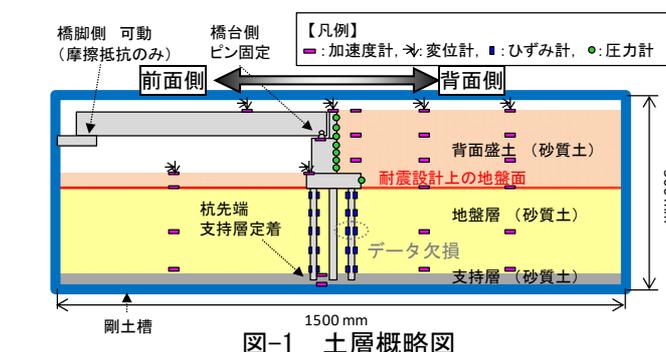


図-1 土層概略図



図-2 模型写真

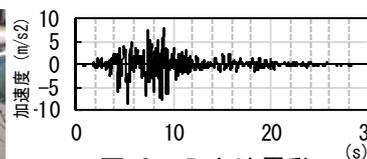


図-3 入力地震動 (L2タイプII相当)

げ剛性が等価となるように作製した。支点条件は、橋台側はボルトで接合したピン結合とし、橋脚側はテフロン板を配置して可動条件とした。

模型地盤には、背面盛土は江戸崎砂(締固め度  $D_c=90\%$ )、地盤層は宇部珪砂6号(相対密度  $D_r=85\%$ )、支持層は宇部珪砂6号(相対密度  $D_r=90\%$ )で作製し、地下水位はないものとした。また、橋台の地震時挙動には背面盛土が影響を及ぼすと考えられることから、その影響を把握するため、耐震設計上の地盤面(フーチング下面)から上の盛土の無いケースも実施した。

入力波は、道示に規定されるL2地震動(タイプII)に相当する波形(図-3)を土槽底面に与えた。

## 3. 実験結果

図-4~7に遠心実験の計測値を実物大に換算した結果を示す。図-4には、加速度のピーク近辺の時刻歴加速度を示す。加速度の最大値を比較すると、耐震設計上の地盤面及び背面盛土天端と比べ、橋台天端の加速度が大きく増幅する傾向がみられる。また、背面盛土の有無で比較すると、盛土が有る場合の加速度は、橋台前面側(加速度-側)慣性力作用時(以降、主働時)に増加し、橋台背面側(加速度+側)慣性力作用時(以降、受働時)に減少する傾向がみられる。これは、背面側の挙動に背面盛土が抵抗した影響と考えられる。

図-5には、水平変位の増減がみられる時刻間の時刻歴水平変位を示す。盛土の有無で比較すると、6.3s時

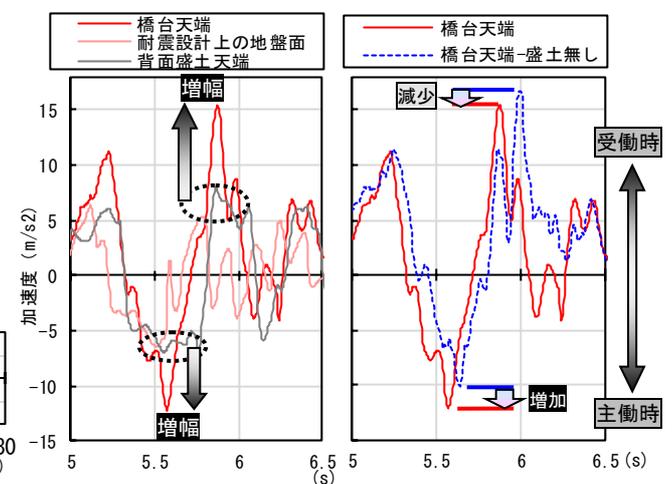


図-4 加速度の時刻歴

キーワード 橋台, 遠心実験, 動的相互作用, 杭基礎

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (国研)土木研究所構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-6773

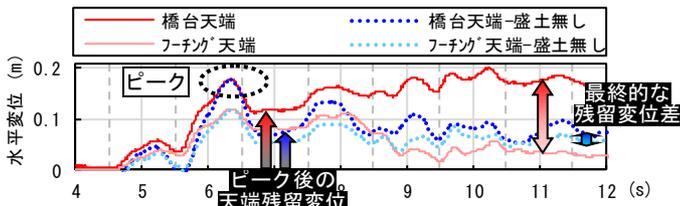


図-5 水平変位の時刻歴 (+側が前面側)

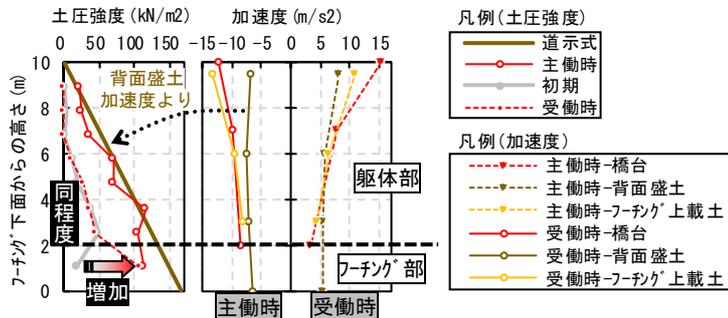


図-6 橋台背面土圧強度及び加速度のピーク時深度分布

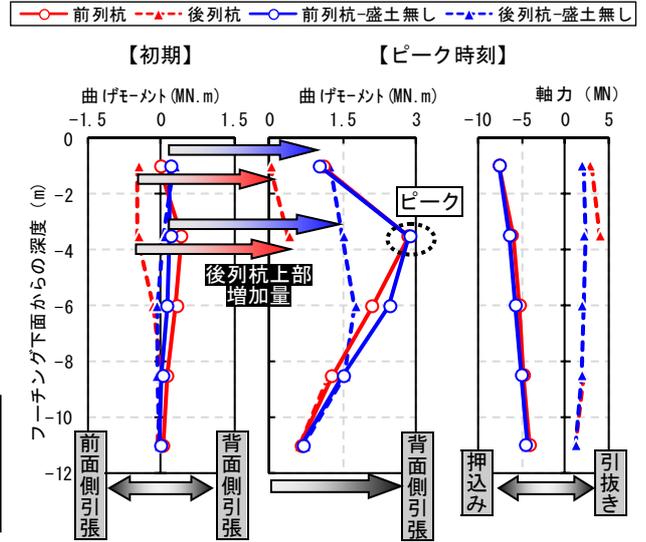


図-7 杭断面力の初期及びピーク時深度分布

ーク変位は同程度であるが、以降の履歴が異なる。橋台天端の変位は、盛土が有る場合に残留する変位が大きい。一方、フーチング天端の変位は、両者の履歴に大差ない。これらの結果、橋台天端とフーチング天端の残留変位差は、盛土有りの場合は大きく、盛土の有無が橋台の回転挙動に影響を及ぼすことが確認された。

図-6には、橋台背面で計測した土圧強度のピークがみられる時刻(5.6s 主働時, 5.9s 受働時)の土圧強度の深度分布並びに同時刻の加速度の深度分布を示す。深度が深いほど土圧強度は大きい傾向が確認される。主働時の土圧強度は、背面盛土の加速度(-7.5m/s<sup>2</sup>)による水平震度を用いて道示に準じて求めた地震時主働土圧強度と同程度の値であり、道示式の妥当性が確認される。受働時の土圧強度は、躯体部は初期土圧強度(常時の主働土圧強度)と同程度であり、フーチング部は増加がみられる。今回、地盤抵抗の増加傾向に差がみられる要因の根拠を示すには至らなかったが、この要因は、橋台天端よりもフーチング部の方が大きく挙動する回転挙動により躯体部とフーチング部で傾向の差がみられた可能性や、躯体部はフーチング上載土を介して背面盛土と接していることで背面盛土と橋台が直に接しているフーチング部に比べ剛性が相対的に小さくなり、フーチング部に抵抗が集中した可能性が考えられる。

図-7には、杭に作用する初期曲げモーメントと曲げモーメントのピークがみられる時刻(5.6s 主働時)の断面力の深度分布を示す。なお、後列杭には一部データ欠損(図-1 参照)がある。初期状態では、盛土有りの場合は、杭上部において前列杭は正の曲げモーメント(背面側引張)、後列杭は負の曲げモーメント(前面側引張)

が作用している。これは背面盛土による偏土圧の影響で、前列杭は躯体部主働土圧に対する地盤抵抗、後列杭は前背面側の土圧差の影響が大きいと考えられる。ピーク時刻では、軸力より前列杭は押込み作用、後列杭は引抜き作用が生じている。また、前後列杭の曲げモーメントの最大値を比較すると、盛土の有無に関わらず、後列杭よりも前列杭が大きい傾向がみられる。これは群杭の影響により、後列杭は抵抗地盤側(前面側)に杭があることで地盤抵抗が低減され、地盤抵抗が相対的に大きくなる前列杭に作用が寄ったためと考えられる。曲げモーメントの深度分布を背面盛土の有無で比較すると、前列杭は両者とも-3.5m付近がピークで同程度の値であり、両者に大差はみられない。後列杭は、両者とも明確なピークがみられない傾向は同じであるが、盛土無しの場合よりも盛土有りの場合の杭上部の曲げモーメントが小さい。後列杭上部の曲げモーメントについて、初期状態からの増加量を比べると差は小さかった。

#### 4. まとめ

背面盛土はL2地震時の橋台挙動に対し、水平地盤抵抗への影響及び偏土圧による作用効果により、橋台天端の加速度や変位、杭の曲げモーメントに影響することが確認された。橋台のL2地震時挙動を適切に評価するため、今後、実験によるデータを蓄積していくとともに解析を行い、背面盛土の影響等について検討を進める予定である。

#### 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：「道路橋示方書・同解説V 耐震設計編」2017.11