

既設木杭基礎の遠心場における加振実験

(独)土木研究所 CAESAR 正会員 ○河野 哲也, 非会員 七澤 利明, 中谷 昌一
大阪市建設局道路部 正会員 小松 靖朋, 柚本 真介

1. 目的 昭和40年以前に多用されていた木杭基礎は, 昭和50年代以降にはほとんど使用されなくなったために設計法の改良がなされていない。そのため, その耐震性は明らかではなく, 特に, 大地震に対して要求される性能を満足しているかどうかは不明であり, 道路橋の維持管理上の大きな課題となっている。そこで, 筆者らは, 既設木杭基礎の地震時挙動を確認することを目的とし, 遠心場における加振実験を実施した。

2. 実験概要 図-1 に実験概要を示す。実験は(独)土木研究所の大型三次元振動台実験施設にて 50G の遠心場で実施した。土槽は長さ 1500×高さ 500×幅 300mm の剛土槽であり, 土槽の左右に後述する橋梁模型を一体ずつ設置した。

地盤構成や橋梁諸元は, 昭和7年に建設された実橋を想定してモデル化した。地盤は緩い砂からなる表層と, 軟弱粘性土層, および最下層の砂層(排水層)の三層からなる。いずれの砂層も加振による液状化は発生させなかった。地盤材料は砂層に江戸崎砂, 粘性土層にカオリン ASP-100 を用いた。橋梁模型の諸元は図-1 に示す通りであり, 下部構造躯体, フーチングおよび約 200 本の木杭からなる。木杭は対象橋梁の杭とほぼ同じ曲げ剛性を有する木部材でモデル化した。杭先端は軟弱粘性土中において土槽底面に着底されておらず, いわゆる不完全支持状態にある。また, 杭頭結合状況を実橋の図面で調べた結果, フーチング下面のかぶりコンクリートに根入れされている程度であり, 剛結とは言えずその結合度は不明確である。そこで, 本研究では, フーチング内に十分埋め込んでさらにグラウトを注入して杭とフーチングを剛結としたケース(以後, 杭基礎タイプ)と, フーチングと杭を結合せずに杭の上にフーチングを載せたケース(以後, 直接基礎タイプ)の2ケースを実験対象とした。2ケースともフーチングおよび下部構造躯体は同じものであり, アルミで作製した剛体である。

入力地震動は, 道路橋示方書 V 耐震設計編¹⁾において規定されているレベル2地震の Type II 地震動を想定し, 兵庫県南部地震において JR 鷹取駅で計測された NS 成分の地震動記録を振幅調整したものを土槽底面に入力した。入力した地震動の時刻歴を, 図-2 の最上段に示す。

3. 実験結果 本文で示す実験結果は全て実寸換算した値である。図-2 に入力地震動の加速度, 構造物の応答値(v : 上部構造の鉛直変位, u : フーチングの水平変位, θ : 上部構造およびフーチングの回転角)の時刻歴を示す。なお, 実験終了後に目視で確認したところ, 杭体に加振による破断や曲がり等の有意な損傷は確認されなかったことから, 下記に示す応答値は杭体の損傷以外の要因によって生じたものである。

鉛直変位 v は, 図-1 に示した二つの鉛直変位計で計測された記録の平均値であり, 沈下を正として示している。後述するその他の応答値と同様に, 主要動に達する付近($t=5$ 秒~12 秒程度)以降に沈下が増大している。残留変位は, 杭基礎タイプで約 20 mm, 直接基礎タイプで約 25 mm であり, 直接基礎タイプの方がやや大きかった。フーチングの水平変位 u は, フーチングに取り付けられた加速度計により計測された加速度を二階積分して求めたものである。フーチングの水平変位は直接基礎タイプの方がやや大きい値を示しているものの,

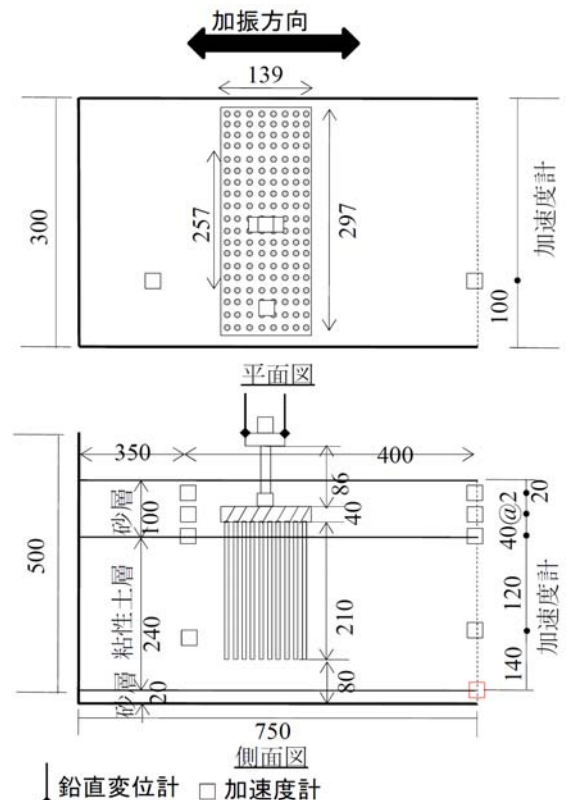


図-1 実験概要 (1 ケース分)

キーワード 既設木杭基礎, 遠心加振実験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL 029-879-6773

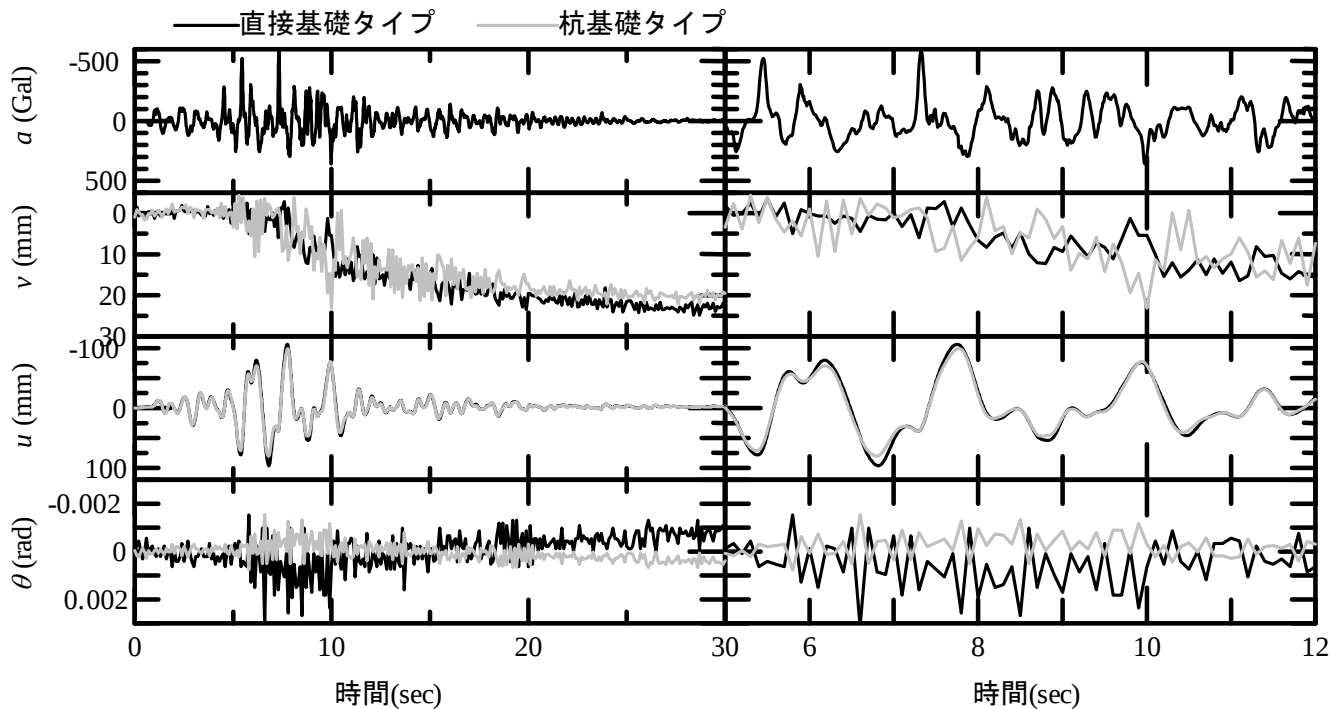


図-2 入力地震動，構造物の応答値の時刻歴(左：全時刻，右：主要動の時刻の拡大図)(a : 入力地震動， v : 上部構造の鉛直変位， u : フーチングの水平変位， θ : 回転角)

両タイプで大きな違いは見られない。また，残留変位はほとんど生じなかった。

回転角は，図-1 に示した加振方向に取り付けた二つの鉛直変位計により計測された変位の差分を，変位計間の距離で除して求めた。前述の通り，本実験で使用した模型のフーチングおよび下部構造躯体は剛であるため，上部構造位置の回転角は基礎底面の回転角とほぼ同じである。回転角の応答値は直接基礎タイプの方が大きかった。これは，杭基礎タイプでは，杭の引抜き・押し込み支持力によりフーチングの浮上り・押し込みを制御したのに対し，杭とフーチングが結合されていない直接基礎タイプではそのような制御が作動しなかったためと考えられる。特に主要動付近においては直接基礎タイプの回転角が0に戻っていないことから，この時間帯にフーチングの片端が浮き上がっており，他端側のフーチングのみが地盤に接地していることが分かる。すなわち，フーチングの浮上りによって，基礎を支持する地盤の抵抗面積(木杭の本数)が加振前より減少したため，接地側の地盤には加振前よりも大きな荷重が作用していることを意味する。また，直接基礎タイプでは最終的に僅かながら残留回転角が生じている。これは，接地側の基礎端部の地盤が塑性化したためであると考えられる。

4. 木杭基礎の地震時挙動の考察 上記の実験結果からみるに，直接基礎タイプと杭基礎タイプの地震時挙動は以下であると推察される。直接基礎タイプでは，回転挙動による浮上に伴って基礎の端部下の地盤が塑性化する。その結果，基礎を支持する地盤の面積が小さくなり，地盤の支持力が低下する。そのため，鉛直変位が増加したものと推察される。これは，木杭の無い直接基礎²⁾や改良地盤に支持された直接基礎³⁾とよく似た挙動である。一方，浮上りおよびフーチング底面地盤の塑性化が生じない杭基礎タイプでは，杭体が損傷していないことから，杭頭はフーチングと同じような挙動を示したと考えられる。すなわち，杭は加振により左右に挙動し，その結果，杭頭付近の杭と地盤との間に緩みが生じ，それに伴って周面摩擦力の消失等により支持力が低減し，沈下が増加したものと推察される。本実験の対象基礎は杭先端が支持層に根入れされていないため，杭頭付近の周面摩擦力の消失の影響が極めて大きかったものと考えられる。今後は，本実験をベンチマークとし，本実験で得られた木杭基礎の地震時挙動を推定できる解析モデルを提案したい。

なお，本研究は，(独)土木研究所 CAESAR，大阪市建設局，東京都建設局，横浜市道路局による「大都市圏における橋梁の保全・更新技術に関する協力協定」における検討の一環で実施された。

参考文献：1) (社)日本道路協会，道路橋示方書V耐震設計編，2002. 2) 福井ら：直接基礎の地震時残留変位に関する繰返し載荷実験，土木研究所資料4027号，2007. 3) 谷本ら：ブロック式・接円式固化体上の橋梁直接基礎の挙動に関する研究，地盤工学ジャーナル，2010.