

935

液状化地盤上における橋台の振動試験

(株)複合技術研究所 ○正 蔣 関魯
 (財)鉄道総合技術研究所 正 館山 勝, 渡辺健治
 日本鉄道建設公団 正 青木一二三
 東京大学 正 古関潤一, 龍岡文夫

1. はじめに

特に L2 地震動に対する耐震設計を行う場合には、これまで以上に地盤の液状化が問題となるケースが増えている。そこで橋台部における合理的な液状化対策工を提案する目的で、セメント改良杭で地盤改良した場合の液状化実験を実施した。ここでの地盤改良の配置方法は、橋台近傍のアプローチ区間を比較的高密度に改良し、それ以外については低密度改良とした。

ここでは、主に橋台および地盤の変形挙動ならびに地盤変形が基礎杭の応力に与える影響について着目し、地盤改良を施した場合と施さない場合を比較したので、その結果について報告する。

2. 実験概要

図1は地盤改良を施した実験ケースの模型の概要と計測器の配置を示す。実験土槽の寸法は幅 2700 mm, 高さ 1400 mm, 奥行き 600 mm である。その中に寸法比約 1/20 として模型を作成した。模型の作成は、はじめに図2の橋台、ならびに地盤改良杭 ($\phi=50$ mm, L=750 mm) を設置した。ここで、地盤改良の改良密度は、橋台から 550mm 区間については体積改良率 40% (改良杭 63 本) とし、それ以外については 20% (改良杭 48 本) とした。使用した地盤改良杭は相似則を考慮して一軸強度が 196 kPa 程度となるようにローム、普通ポルランド、添加剤フライアッシュを混合して作成したものである。なお、橋台、基礎杭模型の詳細については文献 [1] に詳しい。

次に液状化地盤は相対密度が 60%程度となるように気乾状態の豊浦砂を空中落下法による作成した。その後、橋台躯体を設置し、地盤と盛土の境界面には液状化時の盛土部に対する遮水を目的に厚さ 0.2 mm のメンブレンを敷設した。模型盛土は上記の地盤上に同じく豊浦砂を空中落下法により相対密度 90%で作成した。また、地盤の変形状態を確認できるようガラス面に沿って間隔 10.0 cm 毎に色砂でラインを入れた。同じく盛土部にも変形状態を確認できるようガラス面に沿って高さ 2.5 cm 毎に色砂でラインを入れ、横方向にも 2.0 cm 間隔で目印をつけた。盛土上面にはバラスト軌道を模擬して、散弾 (0.98 kPa) を設置した。最後に飽和度を高めるために、砂の間隙に CO₂ を充填し土槽底面より水を注入した。

実験における加振方法は、既に実施している無対策地盤の液状化実験 [2] に準拠して、5 Hz 正弦波 40 波で、400 gal, 600 gal, 800 gal の 3 段階で加振を行った。

3. 変形状況の比較

図3に 400 gal 加振時における橋台上端の水平変位量 (図1, DHT) と基礎杭の曲げひずみ (図2, SL2) の時刻歴を示す。加振によって地盤が液状化し [2], 側方流動が生じて橋台に水平変位が生じ、基礎杭の曲げひずみは次第に大きくなる。図4は横軸を橋台水平変位として曲げひずみの履歴を示したものであるが、基礎杭の曲げ応力は橋台の水平変位量

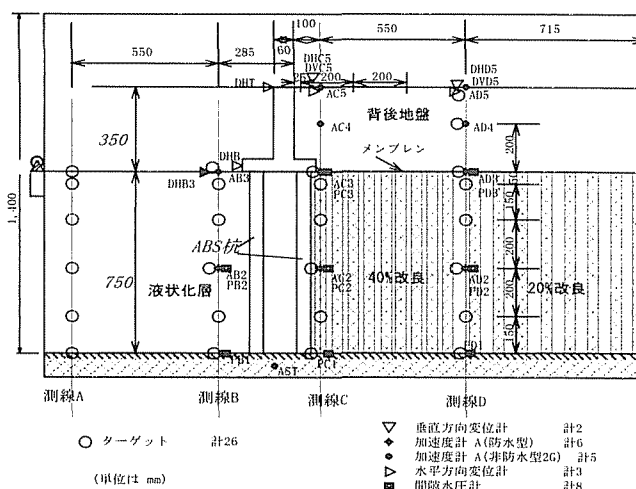


図1 振動台試験の概要図 (地盤改良のケース)

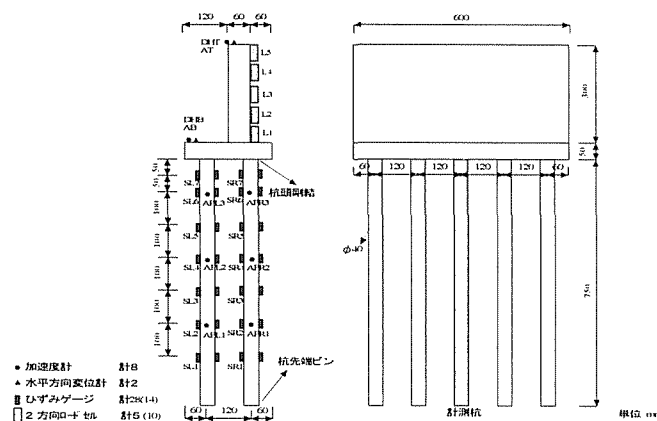


図2 模型橋台の概要と計測器の配置

Shaking Table Tests of Model abutment on liquefied grand: G.L.Jiang (Integrated Geotechnology Institute), M.Tateyama, K.Watanabe (Railway Technical Research Institute), H.Aoki (Japan Railway Construction Public Corporation), J.Koseki, F.Tatsuoka (University of Tokyo)

と完全に一次比例関係にあることが確認できる。

図5に各加振段階における基礎杭の各測定位置での残留曲げひずみ ϵ_{res} (図中, ■●▲)と最大曲げひずみ ϵ_{max} (□○△)を示す。したがって、それらの差分が加振中の動振幅量を示すことになる。加振加速度が増加するとともに残留ひずみは大きくなり動振幅量は小さくなるが、その量は僅かである。これは加振毎に地盤が密実の方向に体積変化し、その後の加振に影響を与えたためである。また、無改良と杭改良を比較すると、明らかに杭改良の方が全体的に小さなひ

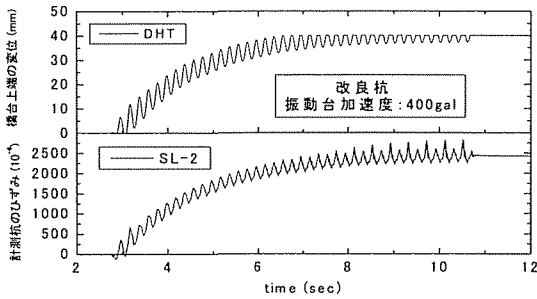


図3 加振中の橋台水平変位と計測杭ひずみの時刻歴

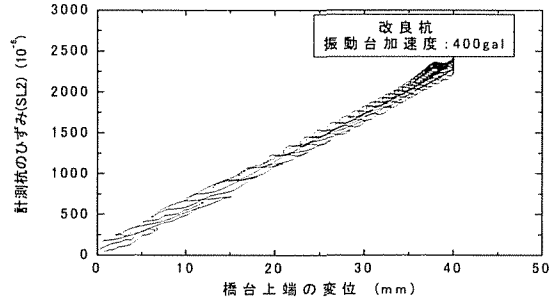


図4 加振中の橋台水平変位と計測杭ひずみの関係

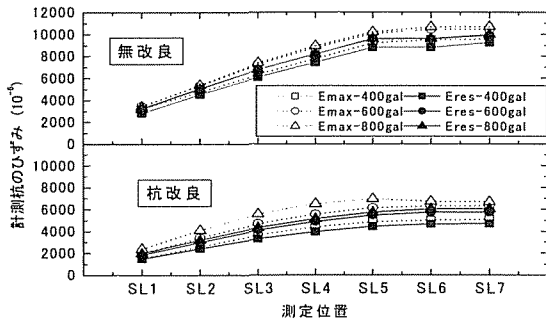


図5 計測杭のひずみと加振加速度の関係

ずみとなっているが、これは地盤改良杭を配置することによって地盤の側方移動量が軽減された効果である。一方、加振中の曲げひずみの振幅量は杭改良の方がやや大きく、このことから地盤改良を行った場合には、弾性的な変形挙動が大きくなることが伺える。なお、残留曲げひ

ずみの出力モードは、いずれのケースでも橋台躯体に近いほど大きく地盤の深さ方向に向かって小さくなる。

図6に加振加速度と、橋台躯体上端(DHT)および下端(DHB)の水平変位量との関係を示す。残留変位 DHB-res, DHT-res (図中, ■●▲)は改良杭によって大きく抑えられ、特に加振加速度が600 galを超えると、無改良の場合は橋台底部(■)の変形は著しく大きくなるが、改良地盤(●)では小さく変形抑制効果は大きい。一方、加振中の振幅(残留と最大の差分)は改良地盤の方が多少大きく、これらの現象は基礎杭の曲げひずみの傾向と一致する。

図7, 8に変形状態のスケッチを示す。地盤改良を施した橋台は、600 galまでの段階加振に対して橋台裏盛土がほとんど沈下せず最終加振に対しても比較的なだらかな変形にとどまった。一方、無改良の実験では400 gal加振中に橋台裏盛土にすべり面が発生し大きな変形が生じた。これらのことから今回の改良杭配置は、これまでの液状化対策地盤改良に比べて比較的低密度改良であるが、液状化対策工として有効であると考えられる。今後は、さらに詳細なデータ解析を進め、より合理的な液状化対策工を提案する予定である。

謝辞：本研究の一部は運輸施設整備事業団基礎研究制度の助成によって行った研究である。深謝の意を表す。

<参考文献>

- 1) 澤田, 西村: 液状化地盤における抗土圧構造物の挙動に関する実験研究, 第35回地盤工学会研究発表会, 2000. 6
- 2) 館山, 蔭, 渡辺他: 液状化地盤上における橋台の振動実験, 第36回地盤工学会研究発表会, 2001. 6

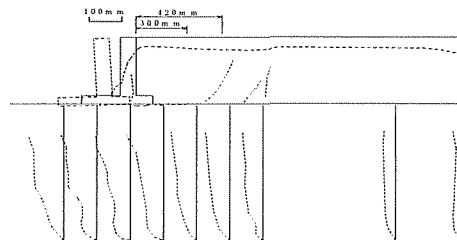


図7 加振後(400gal)状況図(無改良)

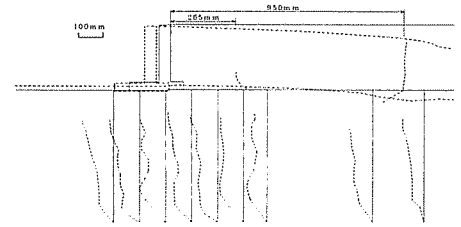


図8 加振後の状況図(600gal)(杭改良)