

液状化地盤における橋台の模型振動実験

独立行政法人土木研究所 正会員 鈴木 貴喜 田村 敬一
 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 小林 寛
 独立行政法人土木研究所 正会員 谷本 俊輔 小野 和行

1. はじめに

平成7年兵庫県南部地震を含む近年の地震では、落橋につながるような液状化（およびそれに伴う流動化）による橋台の被災は確認されていないものの、橋台やパラペット、支承、躯体等が損傷した事例や橋台躯体が傾斜した事例が報告されている¹⁾。一般に、背面に常に土圧を受ける橋台の液状化時の挙動は一般の橋脚とは異なり、耐震設計の合理化のためには、液状化地盤における橋台の地震時挙動（振動特性）を適切に評価することが必要であると考えられる。しかしながら、液状化が生じた場合の橋台の地震時挙動については、橋台が背面に土圧を受ける構造物であることもあり、未解明な点も多く残されている。

以上のような背景から本研究では、液状化地盤における橋台の地震時挙動の把握を図るため、1G場における模型振動実験を行った。本稿では、橋台および杭基礎に作用する土圧に着目した結果について報告する。

2. 実験の概要

本実験では、独立行政法人土木研究所所有の中型振動台（長さ3.0m×幅2.0m）に実験土槽（内寸 長さ1.80m×幅0.60m×高さ1.15m）を据付け、図-1に示すように土槽内に地盤・橋台・杭基礎模型を設置し、橋軸方向に振動台を加振することで模型振動実験を行った。実験ケースは、表-1のように設定した。具体的な実験の方法を次に述べる。

実験土槽には、実験状況を観測できるように透明アクリル版を側面に施し、土槽の加振方向には、地盤の反射の影響を抑えるため、厚さ50mmの緩衝材を取り付けた。橋台模型は、RC構造物の単位体積重量（ 24.5kN/m^3 ）に合うように、厚さを調整した鋼板製とした。杭模型は、曲げ剛性を考慮し²⁾、アクリル製とした。

計測項目は、図-1に示すとおりである。ここで、橋桁モデルは、橋台上端部の前面側への変位を拘束するために設けたものである。

地盤材料には豊浦砂を使用した。試験ごとに土槽底面からポンプにて水を注入してボイリングを行い、目標の密度より緩い飽和地盤を作成し、予備加振により地盤を沈下させ相対密度が60%になるよう液状化地盤を作成した。ここで、液状化地盤とは、フーチング上面以深の地盤である。また、Case 1の非液状化地盤とは、前述した液状化地盤の作成後、間隙水を完全に排水し作成したものである。さらに、背後地盤については、相対密度が85%になるよう乾燥砂を用いて空中落下法により作成した。

加振波形は模型-地盤が共振しない振動数の正弦波とし、地盤が確実に液状化するために必要な加速度振幅・加振時間を設定した。

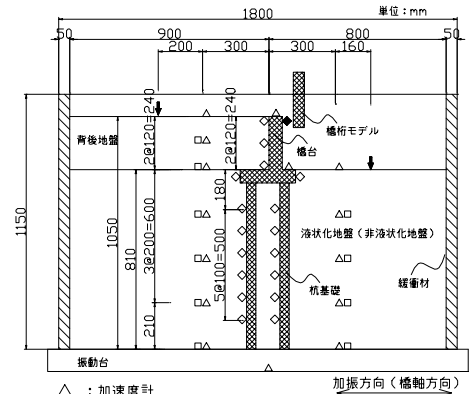


図-1 模型概要および計測器の配置

表-1 実験ケース

実験ケース	入力波形	地盤条件	橋台上端の拘束
Case 1	5 Hz	非液状化	あり
Case 2	400gal	液状化	なし
Case 3	15sec		

表-2 地盤材料の物性値

地盤	諸元	
土粒子の比重Gs	2.635	
最大間隙比 e_{max}	0.925	
最小間隙比 e_{min}	0.604	
相対密度(%)	背後地盤	85
	非液状化地盤	60
	液状化地盤	

キーワード: 液状化, 側方流動, 橋台, 杭基礎, 振動台実験

連絡先: 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 Tel: 0298-79-6771 Fax: 0298-79-6735

3. 結果と考察

橋台背面に作用する土圧の最大値の深度分布を図-2に示す。Case1において、橋台中間部より上端部で大きな土圧が発生していることが確認できる。同様にCase2においても、中間部より上端部で土圧が大きくなっていることが分かる。しかし、Case3においては、上端部と中間部の土圧の大きさに差は見られない。Case1,2とCase3の違いは、橋桁モデルの有無であるため、橋桁モデルの橋台上端部への拘束の影響により、橋台上端部の土圧が大きくなったものと推定される。背後地盤の慣性力による水平力が、橋台上端部に発生した土圧の主たる原因と考えられるが、今回の実験結果からは、原因の特定には至らなかった。今後、橋台上端部土圧が大きく発生した原因を、背後地盤下面の液状化（側方流動）の影響も含めて、明らかにしていく必要がある。

次に、杭に作用する土圧の最大値の深度分布を図-3に示す。Case1よりCase2,3の土圧の方が大きくなっている（Case2の深度-0.1m、-0.2mで約20倍、その他の深度で約10倍）。この理由は次のように考えられる。常時においては、背後地盤と前面地盤に土圧差が生じているが、地盤の液状化に伴い背後地盤が沈下し、その橋台下面の土が橋台前面に押し出され、前面地盤が隆起する現象が起こる。そのときの橋台前面地盤への土の移動分が、側方流動力として杭基礎に作用したものと考えられる。次に表-3から、Case2よりCase3の方が沈下量・隆起量とも大きく、土圧が大きく発生することが考えられるが、実験結果からはCase2の最大土圧が、深度-0.6mを除きCase3より大きいことが確認された。これは、Case2では橋台上端部を拘束していることから、側方流動力に対して杭基礎が抵抗しCase3より大きな土圧が発生したものと考えられる。なお、Case3では、土圧が杭に作用すると同時に、橋台が前面側へ変形することから、Case2と比較して土圧が小さいことが考えられる。また、Case2の杭頭部付近に発生した大きな土圧は、橋台上端部の拘束の影響によるものと推定される。

4. まとめ

本研究では、液状化地盤における橋台の耐震性能の把握を目的に、橋台や杭に作用する土圧に着目し、1G場における模型振動実験を行った。その結果、液状化時において杭基礎に作用する最大土圧は、液状化しない場合と比較して、大きくなることが確認できた。これは、地盤の液状化により、背後地盤が沈下し、その下面の土が前面に押し出されて、杭基礎に側方流動力として作用したことが原因と考えられる。また、橋台上端の拘束条件によって、橋台および杭に作用する土圧の性状の違いを確認することができた。

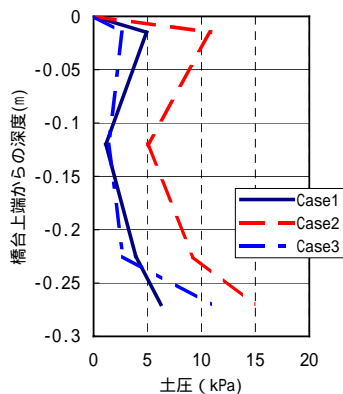


図-2 橋台に作用する土圧の最大値分布

表-3 背後地盤の平均沈下量および
前面地盤の平均隆起量

実験ケース	背後地盤の沈下量 (mm)	前面地盤の隆起量 (mm)
Case 1	0	0
Case 2	30	40
Case 3	90	80

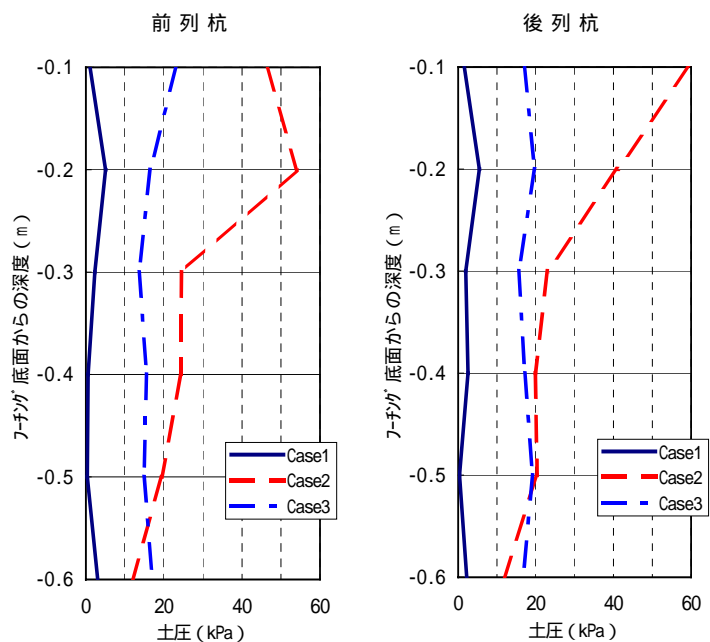


図-3 杭基礎に作用する土圧の最大値分布

【参考文献】

- 1) 例えば、佐々木他：2000年鳥取県西部地震において橋台基礎に作用した流動力に関する検討，第56回土木学会年次学術講演会，2001
- 2) 澤田：液状化地盤における抗土圧構造物の挙動に関する実験的研究，第26回地震工学研究発表会，2001