

液状化地盤における橋台基礎の対策工の効果検証（その1 鋼管矢板壁（前面分離型））

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○中田 光彦, 谷本 俊輔, 石田 修一, 大住 道生

1. はじめに

橋梁基礎は地盤の液状化に伴う側方流動により被害を受ける可能性があり、一度被害を受けると復旧に多大な時間を要することから、その適切な評価および対策が重要となる。前年度、液状化地盤上の橋台について大型振動台実験（Case1 実験）¹⁾²⁾による地震時挙動の検証を実施し、液状化の影響を考慮した設計がされていなかった時代の基準³⁾に基づいて設計された既設橋台基礎の地震時挙動を明らかにした。本研究では、この実験結果をもとに液状化地盤上の既設橋台基礎の対策工法を提案し、その効果の検証を目的とした振動台実験を実施した。本報では、表-1に示す実験ケースのうち、橋台前面に鋼管矢板壁を設置する工法（Case4 実験）について、その対策効果の検証を行った結果を報告する。

2. 実験方法

2. 1 実験対象とした橋台および対策工法

対象とした橋台は、既製 RC 杭に支持される可動支承側の橋台である。対策工は、地盤変位を抑制し、杭に作用する流動力を軽減することを期待して、既設橋台前面に鋼管矢板壁を増設したものである。鋼管矢板壁は橋台と一体化せず、分離した構造である。

2. 2 実験模型および実験条件

実験模型および実験条件は鋼管矢板壁模型を除き、無補強供試体である Case1 と同一である。模型概要を図-1に示す。橋台模型は縮尺率 1/10 の半断面模型とした。既設杭模型は受圧面の機能を持つ軸管と断面力の伝達機能を持つ芯棒から構成される二重構造とし、芯棒の剛性は既製 RC 杭の降伏剛性に合わせた。杭先端は土槽底面にピン結合した。また、橋台の頭部には遊間相当として 5mm の離隔を設けてストラットを設置し、桁とたて壁の接触や衝突を再現できるようにした。鋼管矢板壁の模型は、単位長さあたりの曲げ剛性が鋼管矢板の曲げ剛性と等価となるように鋼板にリブを設けた矢板模型とした。矢板模型下端は、支持層に十分根入れされていると想定し、土槽底面に溶接して完全に固定した。矢板模型の高さは液状化層上面までとした。

模型地盤は背面盛土、液状化層ともに $Dr = 50\%$ の宇部珪砂 6 号とし、地下水位を橋台前面側の地表位置とした。

入力地震動は、道路橋示方書⁴⁾におけるレベル 2 地震動のうち I-I-3 とし、実物との時間に関する相似性を考慮して時間スケールを $(1/10)^{0.5}$ 倍に縮尺したものを振動台に入力した。

3. 振動台実験により得られた地震時挙動の比較

3. 1 地盤の液状化の状況

橋台背面およびのり尻位置における過剰間隙水圧比の経時変化を図-2に示す。Case4 は Case1 と同様に、のり尻位置では過剰間隙水圧比が概ね 1.0 に達し、液状化が発生したのに対し、橋台背面側の地盤は液状化に至っていない。

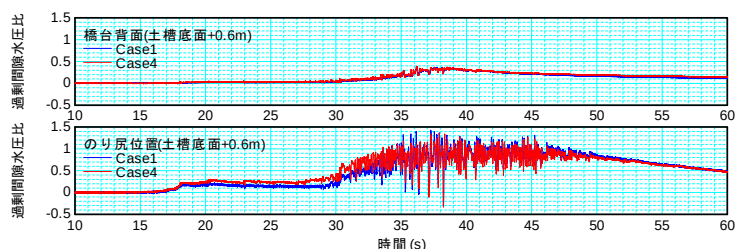


図-2 過剰間隙水圧比の経時変化

キーワード 液状化, 振動台実験, 既設橋台, 耐震対策, 鋼管矢板壁

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 CAESAR TEL. 029-879-6773

3. 2 橋台の応答

ストラットとたて壁の衝突により生じる反力、たて壁に作用する背面土圧、フーチング下面中央の水平変位および回転角の経時変化を図-3に示す。なお、Case4 の変位計の記録は高周波成分にノイズが見られたため、ローパスフィルタにより 10Hz 以上の成分を除去した。Case1 では、フーチング下面中央で 10mm 程度の水平変位が生じ、たて壁頭部がストラットに拘束されることにより、橋台が後転する方向に回転が生じた。一方、Case4 ではフーチング下面中央の水平変位は 5mm 程度と遊間量相当に収まり、回転角は非常に小さい。ストラット反力、たて壁背面土圧の大きさについては両ケースで差は見られず、たて壁は前面頭部をストラットに拘束された状態で背面地盤から荷重を受けている。

3. 3 既設杭の曲げひずみ

最大応答時の杭の曲げひずみ分布を図-4に示す。曲げひずみの値は、実杭における降伏ひずみに相当する値で除して正規化している。Case4 の前列、中列杭の曲げひずみは Case1 と比較して全体的に小さく、背面から受ける土圧が低減されていることがわかる。一方、後列杭では杭中間部の曲げひずみは小さくなったものの、杭頭では Case1 と同程度のひずみが生じ、曲げひずみの低減効果は限定的であった。また、Case4 では、すべての杭で曲げひずみ分布の変曲点および最大値をとる位置が Case1 より高くなった。これは、杭の下部では前面地盤から反力を受けたことを示す。

3. 4 既設杭に作用する土圧

Case1 に対する検討方法⁵⁾に準じて、杭の曲げひずみの計測値より、杭に作用する土圧を算出した。杭に作用する土圧分布を図-5に示す。ここで、橋台背面より杭に作用する土圧を正とする。Case4 の杭頭では橋台背面より土圧を受けているのに対して、土槽底面からおよそ 0.5m の範囲では土圧の作用方向が反転している。前面の矢板模型により液状化層の変形が抑制されることで、杭が前面地盤から反力を得ることができている状況になったと考えられる。

4. まとめ

本報では、液状化地盤における既設橋台前面に流動防止を目的とした鋼管矢板壁を増設する工法について、振動台実験の結果に基づき、対策効果の検証を行った。今回の実験条件では、液状化層の変形が抑制され、杭が前面地盤から反力を得ることで、橋台の水平変位、回転および杭の曲げひずみが低減される効果が確認された。ただし、今回の実験では、既設杭の塑性化による影響を考慮できていない。今後、この点を踏まえた検証を進めていきたい。

謝辞 本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理法人: JST) の一環として実施したものである。また、東京工業大学大学院高橋章浩教授、ならびに、(一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会との共同研究として実施しているものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1) 谷本俊輔, 石田修一, 星隈順一: 液状化地盤における橋台の地震時挙動に及ぼす設計年次の影響 (その 1 振動台実験の条件および地盤の応答), 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, 2016.9., 2) 石田修一, 谷本俊輔, 星隈順一: 液状化地盤における橋台の地震時挙動に及ぼす設計年次の影響 (その 2 橋台の応答), 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, 2016.9., 3) (社) 日本道路協会: 道路橋下部構造設計指針 くい基礎の設計篇, 1964.3., 4) (社) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編, 2012.3., 5) 石田修一, 谷本俊輔, 大住道生, 星隈順一: 橋台杭基礎が液状化地盤から受ける土圧に関する実験的検討, 第 19 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム, 2016.7.

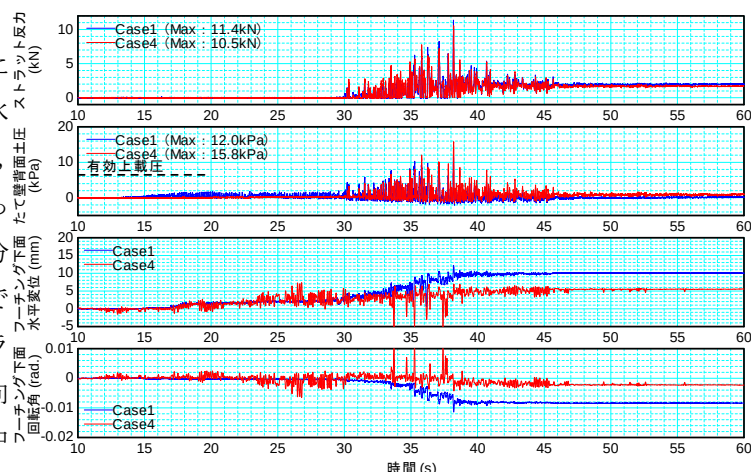
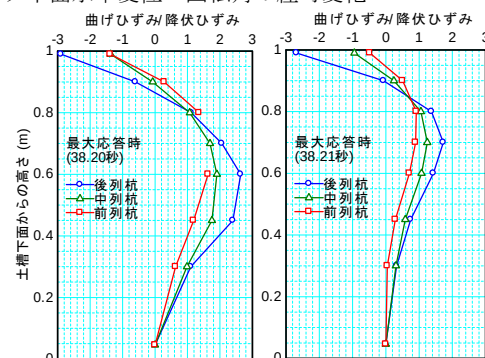
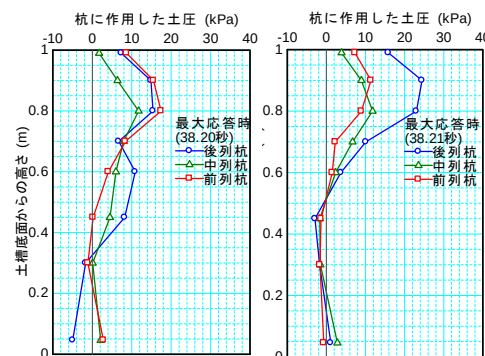


図-3 ストラット反力、たて壁背面土圧およびフーチング下面水平変位・回転角の経時変化



Case1 既設杭 Case4 既設杭
図-4 杭の曲げひずみ分布



Case1 既設杭 Case4 既設杭
図-5 杭の作用土圧