# 液状化地盤の側方流動の抑制に着目した既設橋台基礎の耐震補強技術の実験的検討

国立研究開発法人土木研究所 正会員 〇楊 勇,谷本 俊輔,桐山 孝晴

### 1. はじめに

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既設橋梁に対しては、地盤の液状化やそれに伴う側方流 動により橋梁基礎が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 切な評価及び対策が重要となる。本研究では、液状化地盤上の既設橋台基礎の耐震補強対策について、効果検証を 目的とした遠心模型実験を実施した。本報では、橋台前面に鋼管矢板壁を設置する工法について、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

本報では、表-1 に示す補強対策の有無をパラメータと した2ケースについて報告する。両ケースの既設基礎は、 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<sup>1)</sup>に基づき、設計された PHC 杭に支持される可動支 承側の橋台である。補強対策は、橋台と一体化せず、橋台 の前面に鋼管矢板壁を設置する「前面分離型」とした。そ れにより、液状化地盤の側方流動を抑制し、杭に作用する 流動力を軽減することが期待できる。

#### 2.2 実験模型および実験条件

実験は、1/60の縮尺模型に対して、60Gの遠心力場の下 で行った。実験模型および実験条件は、補強対策として設 置した鋼管矢板壁模型を除き、両ケースで同様である。補 強対策を有する Case3-2を代表として橋台模型を図-1に示 す。杭模型は、杭径と曲げ剛性が相似側を満足するように アルミパイプにより模擬した。既設杭の支持層への根入れ は杭径の 1.0 倍とした。鋼管矢板壁模型の下端は、支持層 への十分な根入れを想定し、土槽底面に剛結した。鋼管矢 板壁模型の高さは液状化層上面までとした。また、桁とた て壁の接触や衝突を再現できるように、橋台の頭部に遊間 相当として 2 mm の離隔を設けて桁模型を設置した。



図-2 加振後の橋台周辺地盤の残量変形

模型地盤は背面盛土、液状化層ともに Dr=50%の宇部硅砂6号により、支持層が Dr=95%の7号硅砂により作製 した。地下水位は橋台前面側の地表位置とした。なお、橋台背面の盛土形状は、河川堤防を想定して土槽奥行き方 向に一様とした。

入力地震動は、道路橋示方書<sup>2)</sup>におけるレベル2地震動のうち I-I-3 を相似則に基づいて補正した波形とした。 以降に示す実験結果の数値は、相似則に基づき実物スケールに換算した値である。

#### 3.動的遠心実験により得られた地震時挙動の比較

#### 3.1 地盤の残留変形

加振後の模型地盤の残留変形状況を図-2 に示す。補強対策を行った Case3-2 における地盤の残留変形は、Case2

キーワード 既設橋台基礎, 液状化対策, 耐震補強, 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 より小さいことから、前面分離型の補強対策は、液状化地盤の側方流動を抑制できることが分かる。

# 3.2 地盤の液状化の状況

橋台前背面の液状化層において、高さが土槽底面より+15.6 m 位 置での過剰間隙水圧比の経時変化を代表として図-3 に示す。既往の 振動台実験<sup>例えば、3)</sup>においては前面地盤のみが液状化したのに対して、 本実験では両ケースで前背面地盤とも過剰間隙水圧比が概ね 1.0 に 達し、液状化が発生したことがわかる。これは、既往の振動台実験 において盛土下の地盤は地震中に応力状態の異方性が発達しやす く、正のダイレイタンシーが卓越しやすいこと等が挙げられる。

# 3.3 橋台の応答

桁に発生した圧縮ひずみ、たて壁背面に作用した土圧、フーチング下 面水平変位および回転角の経時変化を図4に示す。両ケースにおいて、 液状化の影響で橋台が前面側に移動したて壁頭部が桁に拘束されるこ とにより、桁に圧縮力が発生し、フーチング下面水平変位が大きくなる とともに橋台が背面側に回転し、たて壁背面に受働土圧が生じた。

両ケースにおける各応答の経時変化を比較すると、補強対策を実施した Case3-2 においては、桁の圧縮ひずみを除き、他の橋台の応答が Case2より明らかに小さい傾向が見られる。最大応答値に着目すると、たて壁背面土圧の最大値は、Case2と Case3-2 においてそれぞれ 563と 185 kPaとなった。これは、補強対策を行った Case3-2 において、たて壁頭部と背面地盤との相対変位が Case2より小さくなったためであると考えられる。また、Case2と Case3-2 において、フーチング下面水平変位の最大値は、それぞれ 0.45と0.27 mとなり、フーチング下面水平変位や回転角の大小関係からも、Case3-2 におけるたて壁と背面地盤の相対変位が Case2より小さいと考えられ、背面土圧の大小関係と対応する。

これらの橋台の応答結果より、前面分離型の補強対策は、液状化地盤の側方流動を効果的に抑制できると分かる。

# 3. 4 既設杭の曲げモーメント

最大応答時の杭の曲げモーメント分布を図-5 に示す。両ケースの後列杭においては、杭頭の曲げモーメントが同程 度であるが、中央付近の曲げモーメントが Case3-2 において明らかに小さく、曲げモーメントの分布曲線の曲率から、 補強対策により背面から受ける土圧が低減されていることが推察される。前列杭においては、Case3-2 の曲げモーメン トが Case2 より全体的に小さく、杭が受けた作用土圧も低減されている。

既設杭の曲げモーメントの結果からも、前面分離型の補強対策は液状化地盤の側方流動を効果的に抑制できると分かる。

### 4. まとめ

本報では、動的遠心模型実験の結果に基づき、液状化地盤の側方流動を抑制することを目的とした鋼管矢板壁を 増設する耐震補強対策の効果を検証した。今回の実験条件では、液状化層の側方流動が抑制され、橋台の水平変位・ 回転角および杭の曲げモーメントが低減される効果が確認された。

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たものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1)(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,1964.3.2)(社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説,V耐震設計編,2012.3.3)谷本ら: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,2016.9.



図-5 既設杭の曲げモーメント分布 (最大応答時)

<sup>©</sup> Japan Society of Civil Engineers