

液状化地盤における橋台基礎の対策工の効果検証 (その2 鋼管矢板壁 (側面一体型))

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

1. はじめに

前報¹⁾に続いて本報では、表-1 に示す実験ケースのうち、橋台側面に鋼管矢板壁を増設する工法 (Case5 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、既設フーチング側面に新たにフーチングと鋼管矢板壁を増設したものである。鋼管矢板壁により躯体の変位を抑制するとともに、既設杭が損傷した場合でも、補強鋼管により地震後の橋台の鉛直支持力を確保することを目的としたものである。増設位置を橋台の側面としたのは、流動力の受圧面積の増加を抑えつつ基礎の剛性を高めること、対策工の施工中の通行機能を確保することを意図したものである。

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鞘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。補強対策は、フーチングを橋軸直角方向に拡幅し、鋼管矢板壁模型を増設した。鋼管矢板壁模型は、既設杭模型と同様の構造とし、芯棒の剛性は鋼管の降伏剛性に合わせた。鋼管の間には継ぎ手は設けず、それぞれの鋼管が接するように配置した。鋼管先端は、既設杭模型と同様に土槽底面にピン結合した。

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。Case5 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。

3. 2 橋台の応答

ストラットの反力、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 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

表-1 既設橋台の対策工に対する実験ケース

Case	基礎の諸元	対策工法
1 ²⁾³⁾	既製 RC 杭 φ 450mm 8×3 列	無対策
4	既製 RC 杭 φ 450mm 8×3 列	鋼管矢板壁 (前面分離型) φ 800×11 本
5	既製 RC 杭 φ 450mm 8×3 列	鋼管矢板壁 (側面一体型) φ 600×8 本 (片側 4 本)

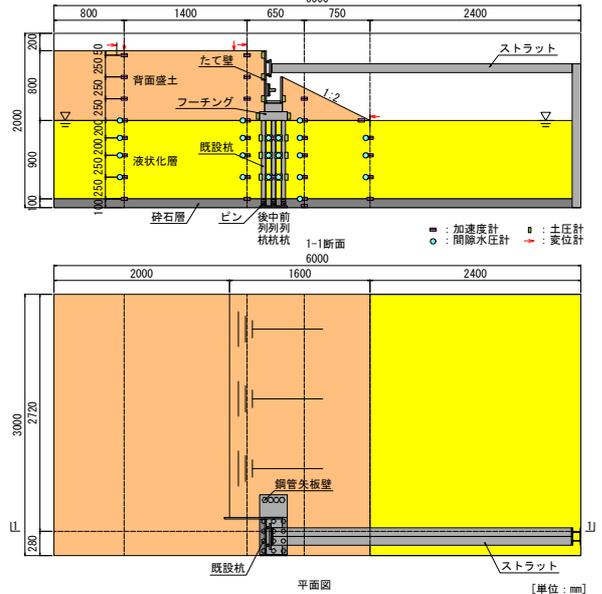


図-1 模型概要図 (Case5)

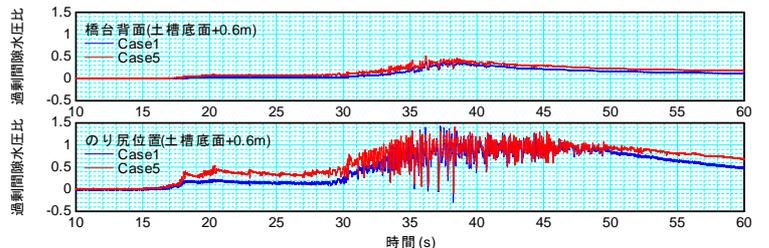


図-2 過剰間隙水圧の経時変化

に示す。ストラット反力は、残留値に若干の差が見られるが、ピーク値は同程度であった。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。

フーチング下面中央の水平変位および回転角を見ると、両ケースとも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が、Case5はCase1に比べて回転が若干抑制された。なお、水平変位の差は小さかったが、計測誤差が含まれていると思われる。

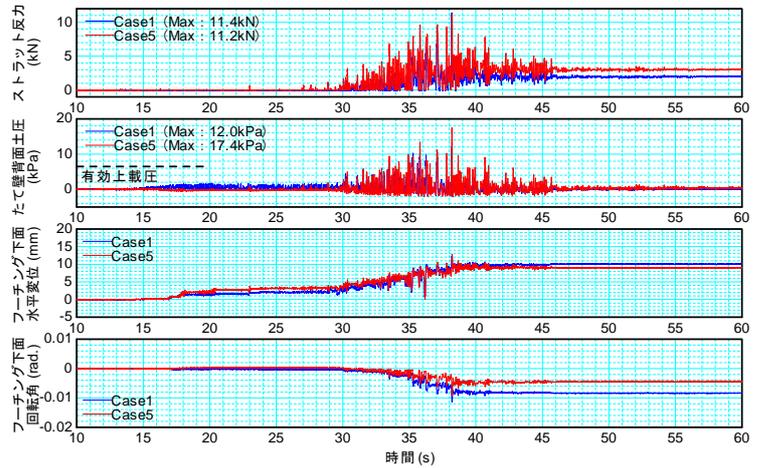


図-3 ストラット反力、たて壁背面土圧およびフーチング下面水平変位・回転角の経時変化

3.3 杭の応答

最大応答時の杭の曲げひずみ分布を図-4に、せん断力分布を図-5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。せん断耐力は、道路橋示方書⁵⁾のせん断耐力の評価式が安全側に設定されていることを踏まえて、文献6)を参考に、コンクリートが負担するせん断耐力に寸法効果とばらつきの影響およびスパイラル鉄筋が負担するせん断耐力を考慮できると仮定して算出した値とした。

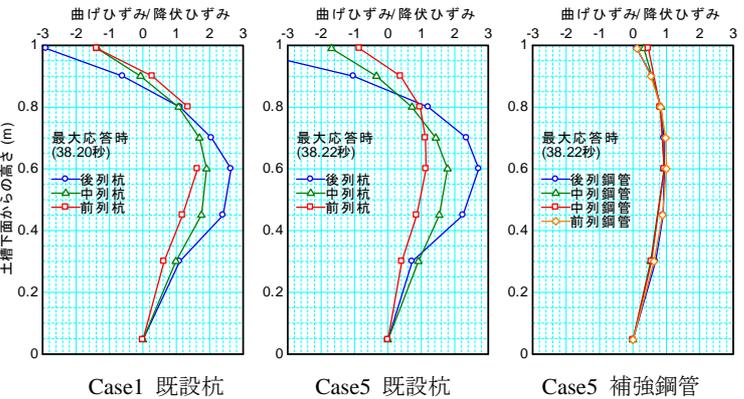


図-4 杭の曲げひずみ分布

Case5における既設杭の断面力の大きさ、分布形状はCase1と類似しており、両ケースで既設杭には同程度の土圧が作用したものと考えられる。また、両ケースとも既設杭は杭頭および杭中間部で曲げひずみが降伏ひずみを大きく超過するとともに、せん断力がせん断耐力を超過した。その一方で、Case5では補強鋼管の曲げひずみは概ね弾性範囲にとどまっております。かつ、補強鋼管のせん断耐力は十分に大きいことから、基礎全体としては耐震性が確保される結果であったと評価することができる。

4. まとめ

本報では、橋台基礎の側面に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、橋台の回転は抑制されるが、既設杭の曲げひずみは降伏ひずみを、せん断力はせん断耐力を大きく超過した。その一方で、補強鋼管の曲げひずみは概ね弾性範囲にとどまり、基礎全体としては耐震性が確保される結果となった。ただし、今回の実験では、既設杭の塑性化による荷重分担の変化の影響等を含めて補強効果を検証することができていない。この点が今後の課題として挙げられる。

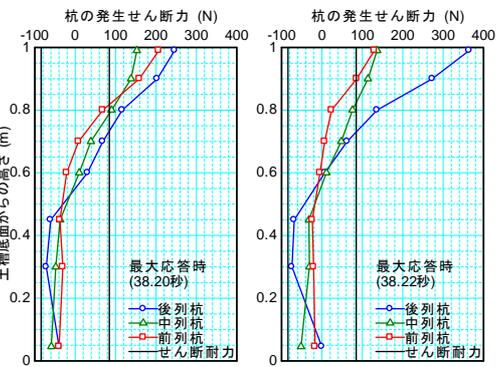


図-5 杭のせん断力分布

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」(管理人:JST)の一環として実施している。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。

参考文献 1) 中田光彦, 石田修一, 谷本俊輔, 大住道生: 液状化地盤における橋台基礎の対策工の検証(その1 鋼管壁(前面分離型)), 土木学会第72回年次学術講演会講演概要集, 2017.9.(投稿中), 2) 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), 3) 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., 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, 2016.9., 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)(社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, IV 下部構造編, 2002.3., 6) 岡田大賀雄, 鬼木浩二, 河野哲也, 星隈順一: 既製RC杭を用いた既設杭基礎の地震時限界状態の評価に関する実験的研究, 土木技術資料, 2016.5.