

### 液状化地盤における既設杭基礎シートパイル補強工法に関する解析的検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○松浦 光佑 西岡 英俊 佐名川 太亮  
 大林組 正会員 喜多 直之 樋口 俊一  
 新日鐵住金 田中 隆太 戸田 和秀

#### 1. はじめに

筆者らは、これまで主に新設構造物を対象として掘削時の仮土留め工として用いる鋼矢板（シートパイル）をフーチングと一体化する「シートパイル基礎」を共同開発してきた<sup>1),2)</sup>。またシートパイル基礎のコンセプトを既設基礎の耐震補強工法に適用した「シートパイル補強工法」を新たに提案し、さらなる研究開発を進めてきた<sup>3),4)</sup>。しかし、これまでの開発では主に非液状化地盤を対象としてきたため、液状化地盤への需要も高まりつつある状況を受け、液状化対策工法としての研究を進めているところである。シートパイル補強工法の概要図を図1に示す。液状化地盤における既設杭基礎のシートパイル補強工法に関する1/10スケール模型



図1 既設杭基礎のシートパイル補強工法の概要

振動実験<sup>5)</sup>では、地盤変位の影響が大きい場合、シートパイルを設置すると杭頭断面力が大きくなる傾向が確認さ

れており、地盤変位の影響を考慮することが重要である。本報では、数値解析を実施し、シートパイル補強効果に対する慣性力と地盤変位の影響について検討を行ったので報告する。

#### 2. 解析条件

解析モデルについては、文献6に準拠し、水平相互作用ばねを水平載荷試験<sup>7)</sup>および変位レベル依存性<sup>8)</sup>を考慮したR-0モデルでフィティングし、鉛直相互作用ばねを、鉄道構造物等設計標準・同解説<sup>9)</sup>を基にバイリニア型の地盤ばねで設定した。非液状化時のホワイトノイズ50gal加振時の実験<sup>5)</sup>と解析が精度よく再現できていることを確認している。

次に、液状化時の地盤抵抗の低減程度を検証するため、正弦波2Hz、150gal加振時を対象とし、二次元梁ばねモデルで検討を行った。解析モデルは図2に示す通りで、応答変位法を用いて慣性力 $P_0$ （実験値：400gal相当）および地盤変位 $\delta_0$ （実換算240mm、杭径の約50%）を作用させている。また、入力地震動の周波数が構造物及び地盤の固有振動数よりも十分に低振動数側であり、かつ実験結果から慣性力と地盤変位の作用に位相差が見られなかったことから、静的解析とした。非液状化時に設定した地盤ばねを3割程度に低減することで、実験結果（既設杭に発生した曲げモーメント分布）と概ね合致していることを確認した（図3）。また変形図についても、実験と同様に地盤変位に対してシートパイル基礎は追従性が高く、杭基礎はすり抜

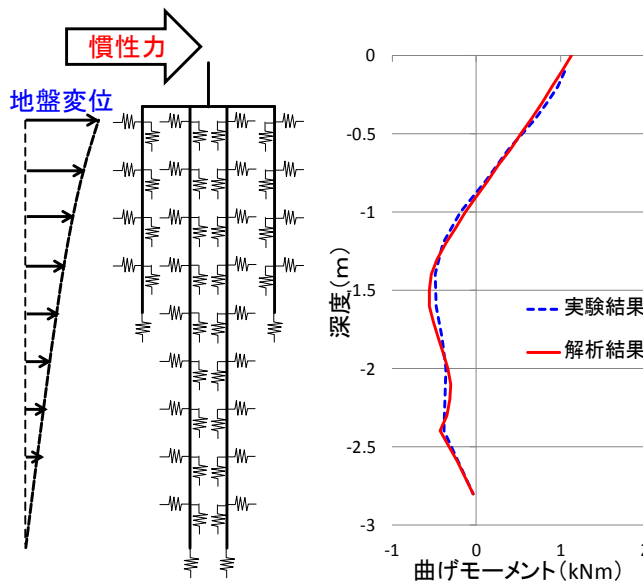


図2 解析モデル 図3 既設杭基礎に発生する曲げモーメント分布 (静的解析)

キーワード シートパイル, 液状化, 既設補強, 解析  
 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 基礎・土構造 TEL 042-573-7261

けるような挙動になることを確認した(図4)。そして、これらのモデルを用いて、慣性力と地盤変位の大きさがシートパイルの補強効果にどのような影響を及ぼすのかについて検討した。作用させる慣性力と地盤変位は、慣性力0~800 gal と地盤変位0~240 mm(実換算, 杭径の約50%)の組み合わせとして解析を行った。なお、地盤の変形形状は実験結果と同じとしている。

### 3. 解析結果および考察

慣性力と地盤変位の組み合わせに対して、シートパイル基礎およびシートパイルを設置していない杭基礎におけるフーチング応答変位に着目して整理を行った。フーチング応答変位倍率R(杭基礎に対するシートパイル基礎の応答変位)において、 $R < 1$  の場合は、シートパイル補強による変位が抑制されている。作用の組み合わせごとの解析結果をプロットしたものを図5に示す。地盤変位の影響が大きい範囲(図5右下の領域)では、シートパイル基礎の応答変位が杭基礎より大きくなる傾向にあることがわかる。実験<sup>5)</sup>からも杭基礎の場合は地盤変位に対して地盤がすり抜ける傾向にあるのに対して、シートパイル基礎の場合は地盤変位に対してシートパイルが面で抵抗するため、地盤変形への追従性が高いことが確認されており、本数値解析結果と定性的に一致している。これらの結果から、液状化程度が大きく、地盤変位が卓越する場合には、シートパイルによる水平変位の抑制効果が期待できないことが確認された。ただし、本検討での実験および解析は慣性力の作用高さが低く、上部工の影響が比較的小さい条件であると考えられるため、今後は、慣性力の作用高さが高く、上部工の影響が大きい場合についても検討を進めたいと考えている。

4. まとめ

本研究は、大林組、新日鐵住金および鉄道総合技術研究所による共同研究「液状化地盤における既設基礎シートパイル補強工法の設計法の開発」の成果の一部をまとめたものである。今後さらに研究を進め、液状化時の設計法を確立していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所・大林組：鉄道構造物に適用するシートパイル基礎の設計・施工マニュアル(第2版)，2006
- 2) 松浦光佑ら：鉄道構造物におけるシートパイル基礎の性能照査型設計法の提案，第48回地盤工学研究発表会，2013
- 3) 西岡英俊ら：シートパイルによる既設杭基礎の耐震補強効果に関する模型実験，第54回地盤工学ジャーナル，Vol5，2009.12.
- 4) 鉄道総合技術研究所・大林組：シートパイルを用いた既設鉄道構造物基礎の耐震補強設計マニュアル，2011.
- 5) 松浦光佑ら：液状化地盤における既設杭基礎シートパイル補強工法に関する模型振動実験，第50回地盤工学研究発表会，2015
- 6) 佐名川太亮ら：斜杭ラーメン高架橋を対象とした地盤変位作用時の動的挙動に関する実験的検討，土木学会論文集(投稿中)
- 7) 鈴木聡ら：深さの異なる水平地盤反力係数に着目した模型土槽内水平平板載荷実験，土木学会第64回年次学術講演会，2009
- 8) 西岡英俊ら：杭の水平地盤反力係数の変位レベル依存性に関する共振実験および静的載荷実験，第46回地盤工学研究発表会，2011
- 9) 国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物)，2012

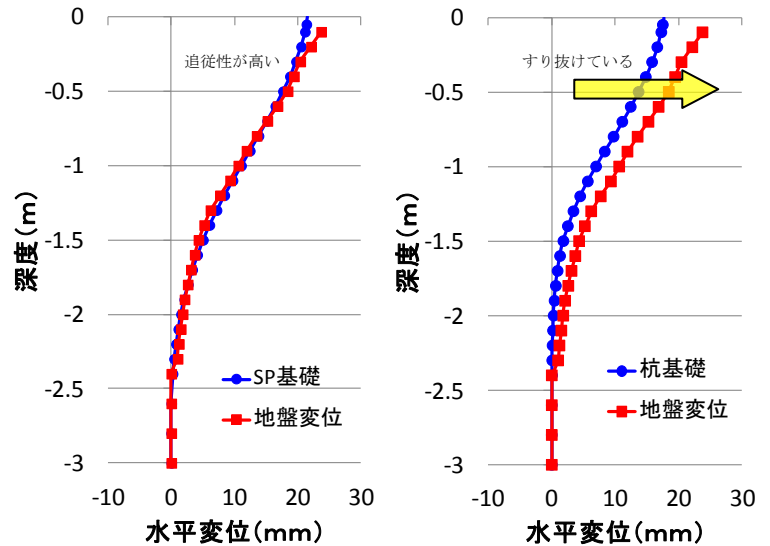


図4 杭の水平変位量分布

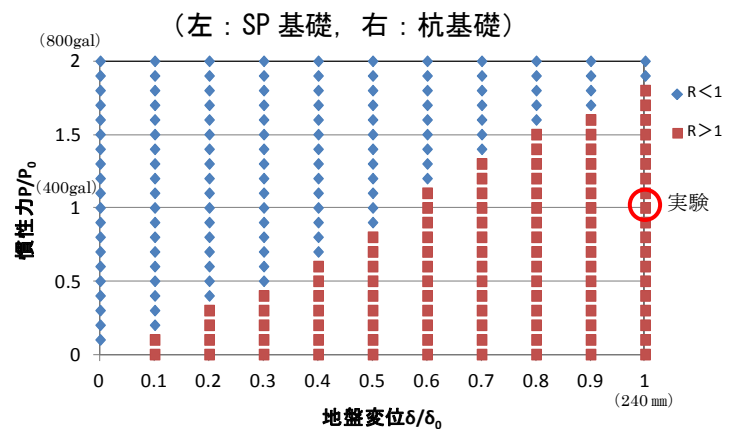


図5 フーチング応答変位分布