

既設杭基礎のシートパイル補強工法の液状化時補強効果に関する解析的検討 ～液状化指数の感度検証～

鉄道総合技術研究所 正会員 ○松浦 光佑 西岡 英俊 上田 恭平
 大林組 正会員 喜多 直之 光森 章
 新日鐵住金 田中 隆太

1. 目的

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^{1), 2)}。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^{3), 4)}。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。

本報では、既設杭基礎の液状化対策としてシートパイル補強工法を用いた場合の検討のひとつとして、地盤の液状化指数の違いが補強効果に設計上どの程度影響を及ぼすかを解析的に検証した。シートパイル補強工法の概要図を図1に示す。

2. 解析条件

対象は既設の杭基礎（杭径φ1m、杭長23m、杭数3×3=9本、フーチング寸法6.6m×7.4m）とし、液状化時の対策工としてシートパイル（U型鋼矢板Ⅲ，SY295）で補強した場合について二次元梁ばねモデルを用いて検討を行った⁵⁾。検討ケースは表1に示す5パターンとし、液状化層の低減係数および液状化指数、さらに非液状化層へのシートパイルの根入れ長をパラメータとした。地盤条件は図2に示すようにフーチング天端から18m程度までの砂質土を液状化層とし、各検討ケースで低減係数 D_E を設定した。またパラメータとしたシートパイルの非液状化層への根入れ長は、-3m～2mとした。解析で用いた液状化層の地盤抵抗は、シートパイルと既設杭の地盤反力係数および上限値に低減係数 D_E を乗じて低減させた。この値は、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計⁶⁾の「液状化抵抗

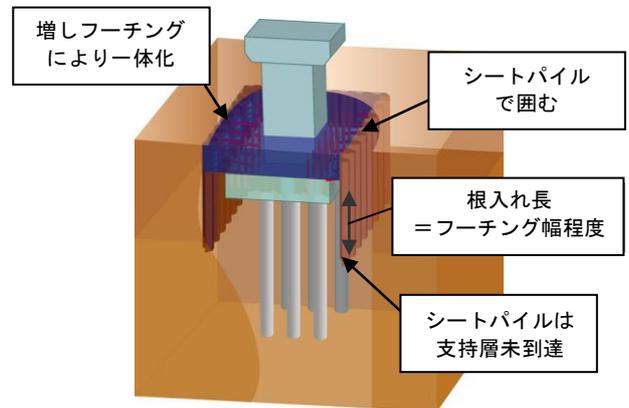


図1 既設杭基礎のシートパイル補強工法の概要
表1 検討ケース

検討ケース	低減係数 D_E (F_L)		液状化指数 P_L
	10m 以浅	10m 以深	
Case01	0.1 (0.50)	0.333(0.50)	49.4
Case05	0.333(0.63)	0.333(0.50)	39.7
Case10	0.5 (0.72)	0.5 (0.63)	29.8
Case15	0.7 (0.83)	0.7 (0.78)	17.9
Case20	0.9 (0.94)	0.9 (0.93)	6.0

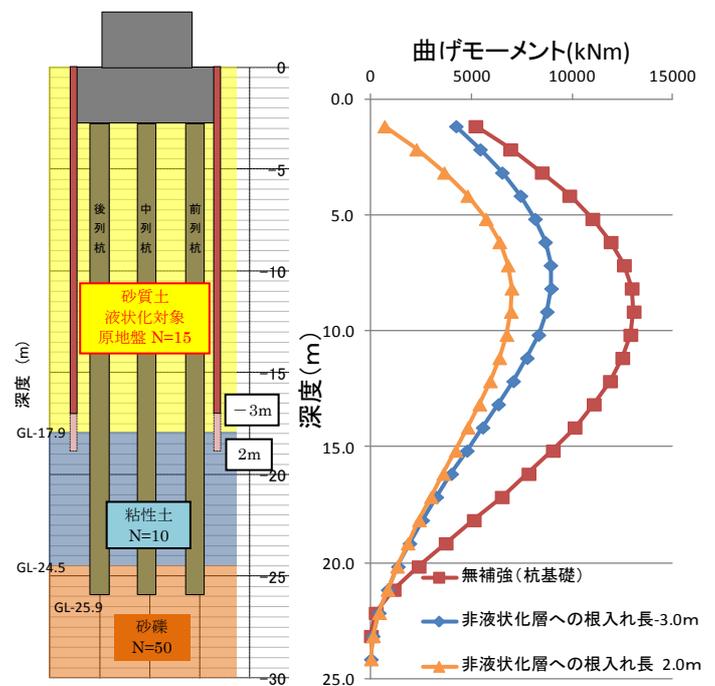


図2 シートパイル基礎 (補強後) 図6 曲げモーメント分布 (Case10)

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

率と低減係数の関係」によって算出したものである。

3. 解析結果

Case10 ($D_E=0.5$)における荷重変位関係を図3に示す。各ケースのプロットはフーチング位置での応答変位(L2地震時)である。以前に検討した液状化層が浅い場合(GL-5m)⁵⁾と同様に、シートパイルを非液状化層に根入れすることによって応答変位が低減されることが確認される。また、非液状化層への根入れ長が-3mと2mでの応答変位(フーチング位置)および既設杭に発生する最大曲げモーメントと液状化指数の関係を図4、図5に示し、Case10の場合の既設杭基礎に発生する曲げモーメント分布を図6に示す。特に低減係数が小さい場合、つまり液状化指数が大きいほど根入れの効果が顕著であることがわかる。液状化指数が小さい場合は、シートパイルの非液状化層への根入れ部分による地盤抵抗増加よりもシートパイル打設によって得られる液状化層での地盤抵抗増加の効果が大きいため根入れによる効果が顕著に表れないと考えられる。非液状化層への根入れにより応答変位と最大曲げモーメントの低減効果があり、応答変位・最大曲げモーメントともに液状化指数が小さくなるほど低減効果が大きくなることがわかる。

4. まとめ

本報では、液状化時の杭基礎補強工法としてシートパイル基礎を適用した場合の液状化指数の感度について解析的検討を行った。その結果、液状化指数が大きいほど非液状化層へのシートパイルの根入れの効果が顕著であることがわかった。非液状化層へシートパイルを根入れすることで最大曲げモーメントおよび応答変位が低減し、特に液状化層が深い場合には、シートパイルを非液状化層まで根入れすることで地盤抵抗が増加し、さらなる低減効果が期待できることが確認された。今回の検討では、シートパイル内側についても外側と同じ低減係数を乗じたが、今後はシートパイルによって囲まれた領域の低減係数がどの程度なのかを実験および解析により検証し、設計法に反映させていく予定である。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。

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，西岡英俊，喜多直之，光森章，中山裕章，田中隆太：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，樋口俊一，西村昌宏，神田政幸，山本忠久，平尾淳一：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，西岡英俊，上田恭平，喜多直之，光森章，田中隆太：既設杭基礎のシートパイル補強工法の液状化時補強効果に関する解析的検討～シートパイルの根入れ長さの影響～，第49回地盤工学研究発表会，2014
- 6) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善，2013.09

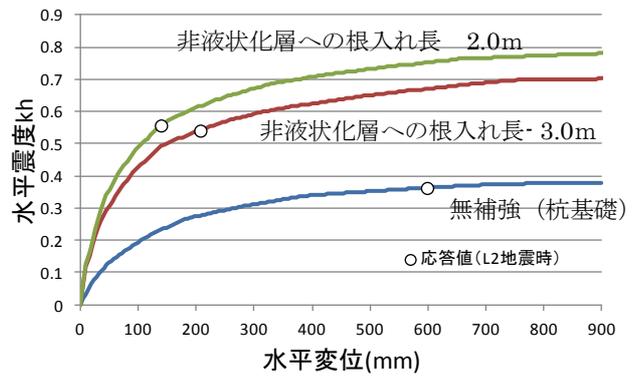


図3 荷重変位関係 (Case10)

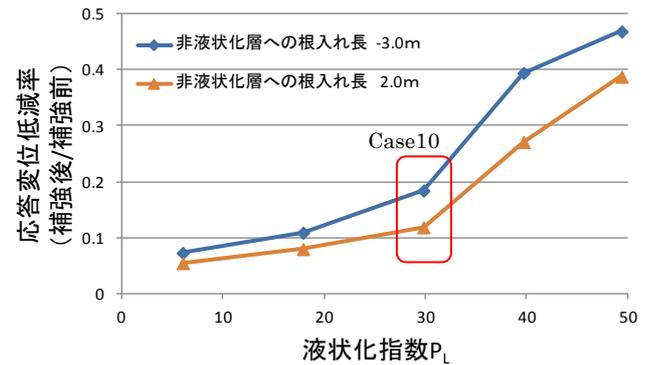


図4 液状化指数と応答変位低減率の関係

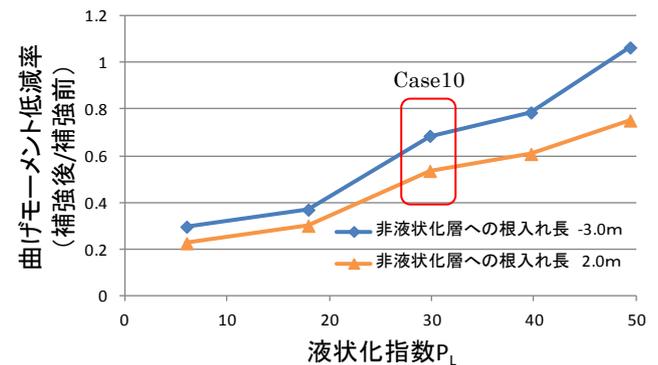


図5 液状化指数と最大曲げモーメント低減率の関係