

地盤改良体と鋼材を組み合わせた既設基礎の耐震補強に関する遠心模型実験

大林組 正会員 樋口 俊一 佐藤 清

本報告は、臨海部に建設された既設杭基礎の周囲に地盤改良壁体を設置するような耐震補強工法¹⁾の効果とその合理化を念頭に提案した「地盤改良体+鋼材」による既設基礎の補強効果について、遠心模型実験により検証した結果を述べたものである。

1. はじめに

建設年代の古い構造物基礎には耐震性能に劣るため耐震補強工事が必要なものが多く、これらを対象とした補強方法についても多くの工法が提案されている^(例えば2,3)。特に臨海部の産業・エネルギー施設等においては、護岸の変形が施設内の配管設備などの線状構造物に影響を及ぼし、その復旧に多大な時間を要することから対策の必要性は高いが、施工延長が長くなることから費用が嵩み改修は進んでいない。本報では、改良範囲合理化のため地盤改良体と鋼材を組み合わせた既設杭基礎の耐震補強方法を提案し、その構造を用いた遠心模型振動実験を実施してその概略的な耐震補強効果を示すとともに、成立性を検証したものである。

2. 地盤改良壁の効果に関する遠心模型振動実験

図1に実験模型の概要を示す。剛土槽(長さ1.9m、深さ0.6m、幅0.8m)内に多層地盤を作成し、その内部に縮尺1/50の基礎構造物模型を設置した。地盤は表層(不飽和砂層)、液状化層、海底地盤(非液状化層)および基盤層からなる。地盤の片端は鋼矢板式護岸(型相当断面)となっており、模型に地震動を作用させると液状化層が液状化して護岸が海側に变形するとともに、背後地盤に側方流動現象が生じる。模型杭は長さ $L=350\text{mm}$ 、断面 $\phi=20\text{mm}$ 、肉厚 $t=0.5\text{mm}$ のステンレス鋼管で、杭間隔は100mmとした。杭基礎には奥行き方向に一樣な線状構造物模型を設置した。地震時には地盤の側方流動に伴い、線状構造物や杭に側方流動力が作用して基礎に影響を及ぼすこととなる。地盤改良壁体は一軸強度 $q_u=1\text{N/mm}^2$ のソイルセメントで作成し、基盤層(ソイルセメント:一軸強度 $q_u=1\text{N/mm}^2$)に50mm根入れした。振動実験は遠心重力50gで実施し、地盤改良壁体の効果を検証するため改良体の有る断面と無い断面を同時に加振して、改良壁に囲まれた杭基礎構造物の応答の差異を調べた。図2に遠心振動実験での入力加速度時刻歴を示す。

図3に構造物変位(図1の矢印)の時刻歴を比較して示す。これより地震時には護岸の变形により構造物が海側へ変位していくこと、地盤改良壁が構造物の応答変位を抑制することがわかる。図4に杭曲げモーメントの時刻歴を示す。時刻歴はそれぞれ海側杭の杭頭近傍と液状化層と海底地盤との境界部付近の断面のものである。これによると、それぞれの曲げモーメントは逆向きにシフトして行く様子が見られ、地盤の側方流動により構造物が変位することにより、杭が構造物と海底地盤境界の間でせん断を受けるように变形していることがわかる。また、地震後の残留ひずみ量は、地中部では改良壁が無い場合が大きい、杭頭では改良壁があるほうが大きい。図5に杭頭の

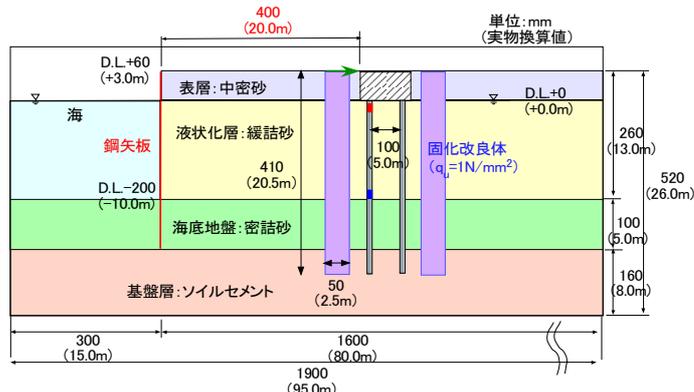


図1 振動実験模型の概要(改良体のある断面)

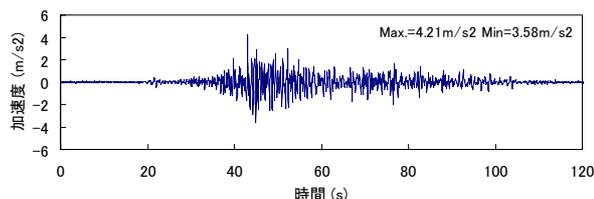


図2 振動台入力加速度時刻歴

キーワード 耐震補強, 杭基礎, 地盤改良, 遠心模型実験

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所構造技術研究部 TEL:042-495-0947

応答曲げモーメントが最小・最大となったそれぞれの時刻(43.35s および 77.95s)での杭の曲げモーメントの深度分布を示す。図3との比較より、基礎が陸側に変位したときは、地盤改良体による杭の曲げモーメントの差異は見られず、杭の曲げモーメント抑制に対する地盤改良壁の効果は小さいことがわかる。一方、基礎が海側に変位するときには地層境界部の最大応答曲げモーメントを大幅に低減する効果があり、その低減率は30%程度であることがわかる。

3. 地盤改良壁の合理化に関する遠心模型振動実験

液状化対策として地盤改良体を用いる場合、設計上改良体の内的および外的安定が課題となる。これにより、改良体に大きな断面積が必要となる、あるいは着底のため改良深度が深くなる、といった要因で、経済性の観点から適用性に劣ることがある。そこで、ここでは地盤改良体と鋼材を組み合わせた鋼材併用固化壁を提案し、その基本的な性状を検討する。図6に検討模型の断面概要を、写真1に実験模型を示す。提案する鋼材併用固化壁は、地盤改良体を鋼矢板(型相当)で挟み込むとともに、基盤層に着底させない構造となっている。すなわち、作用外力を鋼材(矢板)により基盤層へ伝達することで深度方向の改良範囲を削減する(模型では5m短縮)ことが可能となる。また、写真1のように改良体を奥行き方向に間隔を空けて打設することで、通常地盤改良壁と比較して改良ボリュームを低減することができる。

図7に通常地盤改良壁を用いた場合と改良体+矢板による鋼材併用固化壁を用いた場合の構造物変位時刻歴を示す。最大変位および残留変位を含めて両者はほぼ同じ挙動を示すことから、鋼材併用固化壁でも通常地盤改良壁と同等の耐震補強効果が得られることがわかった。また、試験後に壁体の状況を確認したが、地盤改良体の破壊やクラック、矢板と地盤改良体の剥離などは見られなかった。遠心重力場での実験では構造物に発生する応力レベルは実物と同等であることから、本構造の実機での成立性が検証できたと考えられる。

参考文献

1) 地盤工学会：液状化対策工法，6.2 杭基礎の対策，pp.430-445，2004．
 2) 足立他：液状化時の杭基礎構造物の挙動及び補強方法に対する一検討，第57回土木学会年次学術講演会，pp.1263-1264，2002．
 3) 福井他：マイクロパイルによる橋梁基礎の補強に関する検討，「耐震補強・補修技術，耐震診断技術に関するシンポジウム」講演論文集，Vol.3，pp.87-94，1999．

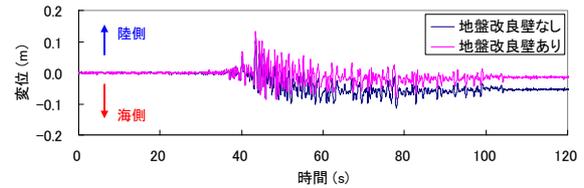


図3 構造物の変位時刻歴

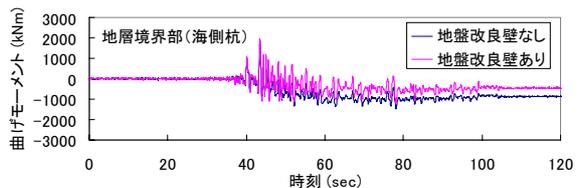
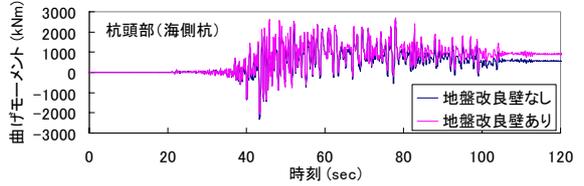
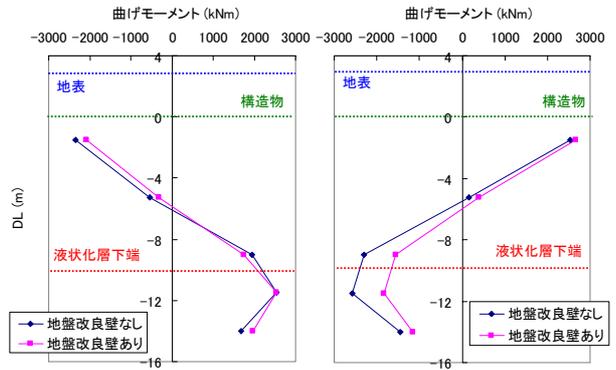


図4 杭曲げモーメントの時刻歴



(a) t=43.35s (b) t=77.95s

図5 模型杭の曲げモーメント分布

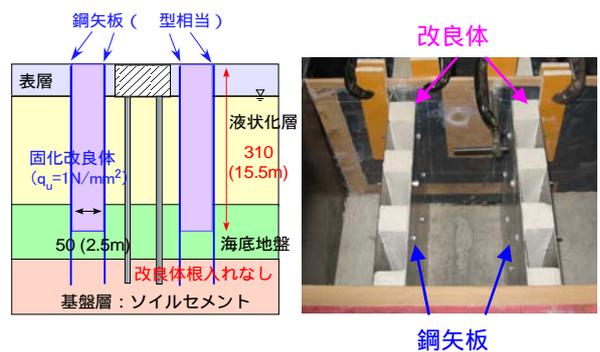


図6 鋼材併用固化壁 写真1 模型断面

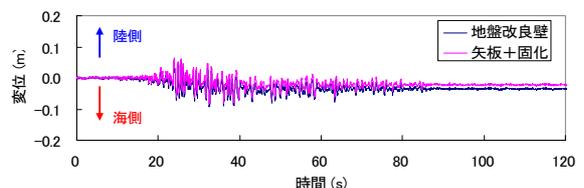


図7 構造物の変位時刻歴の比較