

I - B 422 有効応力解析による護岸背後の杭基礎の側方流動対策に関する一検討

大成建設 正会員 古池 章紀

大成建設 正会員 立石 章 名合 牧人

1. はじめに

兵庫県南部地震において護岸背後の杭基礎構造物が側方流動により損傷した事例が報告されており、新設、既設を問わず効果的な側方流動対策が求められている。本報文は、2次元有効応力解析により大型ケーソン式岸壁の背後に想定した杭基礎の側方流動対策の検討を行ったので報告する。本検討では、側方流動対策として締固め工法の一つであるサンドコンパクションパイル工法（以下SCP）を取り上げ、改良箇所をパラメータとした検討を行った。

2. 検討条件

対象構造物としては、護岸および地層構成は兵庫県南部地震で側方流動の被害を受けた六甲アイランド南側の水深-14mの大型ケーソン岸壁とその周辺地盤とした。杭基礎構造物は、既往の設計事例を参考に単純桁橋の橋軸方向とし、杭は場所打杭（ $\phi=1\text{m}$ 、 $3\times 4=12$ 本）とした。検討モデルを図1に示す。

解析は、繰返し弾塑性モデル²⁾を用いたBiotの二相混合体理論に基づく2次元有効応力解析コードLIQCA³⁾による。なお、著者らは対象岸壁の被害事例をLIQCAによりシミュレーションし、その適用性を報告している⁴⁾。

側方流動対策としてはSCPを取り上げ、埋立土または置換砂をN値10相当からN値23相当まで締固めることとした。検討ケースは、SCPによる

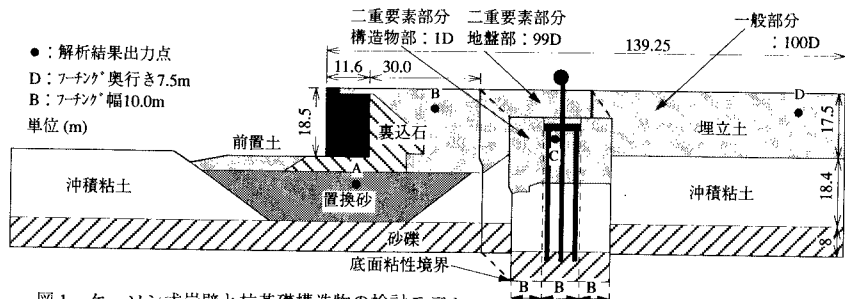


図1 ケーソン式岸壁と杭基礎構造物の検討モデル

地盤改良箇所をパラメータとし、ケース1無対策、ケース2杭間地盤改良、ケース3置換砂改良、ケース4背後埋立土改良とした。背後埋立土改良における改良範囲は井合らの方法⁵⁾による。改良箇所と範囲を図2に示す。

解析モデルとしては、(1)ケーソン岸壁と周辺地盤から成る一般部の応答は杭基礎構造物の応答に影響されない、(2)一般部で発生する側方流動が杭基礎構造物の前面および背面の両方から作用する、という考えに基づき、図1の検討モデルとした。すなわち、基礎構造物の両側に一般部との相互作用領域をフーチング幅だけ設け、この杭基礎部と一般部を二要素として杭基礎部両端と下端で両者を結合し、一般部の奥行きは杭基礎部の奥行きより十分大きく取った。構造物は、上部工を質点で、橋脚および杭基礎は常時軸力下における降伏剛性を持つ梁要素で、フーチングは平面ひずみ要素でモデル化した。入力地震動は、兵庫県南部地震においてポートアイランドGL-32mでの観測波NS成分とUD成分を同時入力した。

3. 検討結果と考察

解析結果として、4ケースを比較して、図1に示した4点の過剰間隙水圧時歴を図3に、護岸背後のフーチン

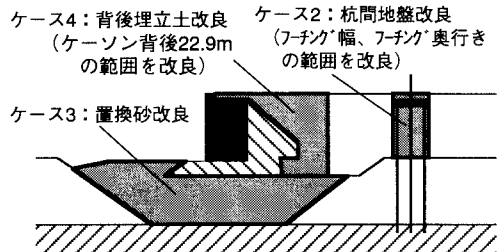


図2 締固め工法による改良箇所と改良範囲

キーワード：ケーソン岸壁、杭基礎、側方流動、有効応力解析、サンドコンパクションパイル工法

連絡先：〒163-0606 新宿区西新宿1-25-1 新宿センタービル TEL 03-5381-5289 FAX 03-3345-1914

グ上面深さにおける残留水平変位の水平方向分布を図4に、中央杭の残留曲げモーメント分布を図5に示す。図より以下のことがわかる。

(1)ケーソン直下置換砂の過剰間隙水圧時刻歴では、いずれのケースも有効応力低下率が1.0には達しておらず液状化には至っていない。これは、ケーソン直下置換砂はケーソン自重による初期せん断を受けかつ前面への変形を許すことから、水平震動が加わるとせん断破壊が生じ、これにより有効応力が低下せずに大きな水平移動が発生する。置換砂改良のケース3では、置換砂の液状化強度が大きいため、有効応力が低下しにくいだけ

でなく、せん断破壊の状態が長く続かないことからケーソンの水平移動が小さく抑えられるのである。

(2)背後埋立土、杭間地盤、遠方埋立土とも、地盤改良していないケースではそれぞれ有効応力低下率が1.0に達しているが、地盤改良を行ったケースでは改良箇所は有効応力が残存し改良による液状化防止効果が認められる。(3)ケーソンの残留水平変位については、ケース2の杭間地盤改良は効果がなく、ケース4の背後埋立土改良もケーソンの水平移動は

20%程度抑えられているものの40m離れた構造物の位置では逆に30%程度大きくなっていて効果はない。これに対し、ケース3の置換砂改良は全域に渡って水平変位が抑えられており効果が大きいと言える。(4)杭の残留曲げモーメントに対しても、残留水平変位と同様に、ケース3の置換砂改良は効果大であるが、この他のケースは改良効果はほとんどない。

4. おわりに

2次元有効応力解析を用いて護岸背後の杭基礎に対しSCPによる側方流動対策工の検討を行ったところ、置換砂を改良した場合が効果が大きく、護岸背後、杭間地盤を改良した場合は効果がほとんどないという結果となった。今後は護岸背後地盤の改良範囲の影響、締固め程度の影響を調べるとともに、締固め工法の設計的な改良点である側方応力の評価、締固め部の剛性・強度の評価について検討する予定である。

参考文献

- 1) 一井ら：兵庫県南部地震におけるケーソン式岸壁の挙動の有効応力解析、港湾技研報告、第36巻、第2号、pp.41-86、1997。
- 2) Tateishi, A. et al. : A cyclic elasto-plastic model for sand and its application under various stress condition, 1st.Int. Symp. on Earthquake Geotechnical Engineering, IS-TOKYO'95, pp.399-404, 1995.
- 3) Oka, F. et al.:FEM-FDM coupled liquefaction analysis of a porous soil using an elasto-pastic model, Applied Science Research, 52, pp.209-245, 1994.
- 4) 立石ら：設計用入地地震動を用いたケーソン岸壁の地震時変形解析、土構造物の耐震設計に用いるレベル2地震動を考えるシンポジウム、地盤工学会関西支部、pp.81-88、1998。
- 5) 井合ら：液状化対策としての地盤の締固め範囲に関する基礎的検討、港湾技研資料、No.590、pp.1-66、1987。

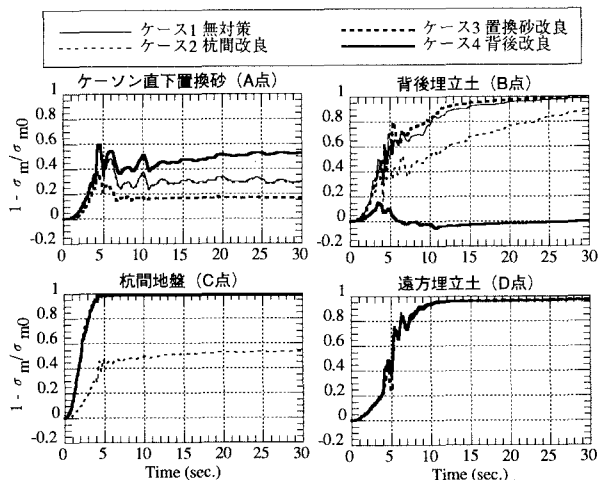


図3 過剰間隙水圧時刻歴

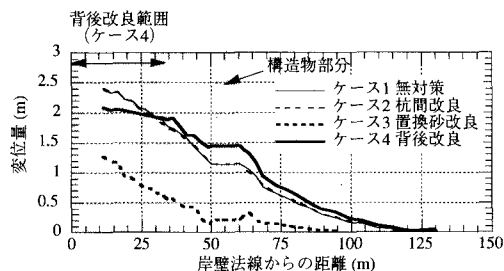


図4 フーチング上面深さにおける残留水平変位の水平方向分布

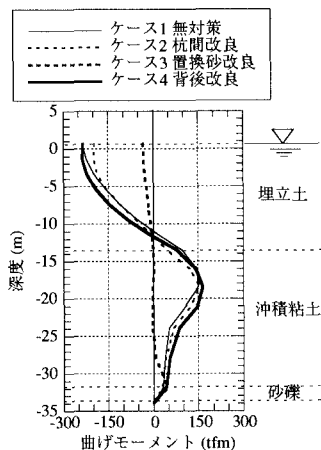


図5 中央杭の残留曲げモーメント分布