

杭式改良を用いた液状化地盤の側方流動抑制に関する遠心模型実験

三井住友建設(株) 正会員 ○ 湊山美怜, 高橋直樹, 津田和夏希
港湾空港技術研究所 正会員 森川嘉之, 高橋英紀
関東学院大学 フェロー会員 東畑郁生

1. はじめに

液状化に伴う側方流動を抑制する対策として、筆者らは低改良率の杭式改良の杭の配置方法を工夫することにより、未改良部の液状化は許容しつつも側方流動を抑制する合理的な対策に関する検討を進めてきた¹⁾。これまでに、どの方向からの流れに対しても改良杭が存在して地盤流動を抑制する流動閉塞杭(図-1)を提案し、その構造設計法を確立した²⁾。本構造体では改良杭下端は非液状化層に杭径程度以上根入れさせ、杭頭部は表層改良と一体化させることでその回転を拘束し、水平力に対して抵抗する機構を採用している。本文は、自立式矢板護岸の背後地盤を対象とし、液状化に伴う側方流動抑制効果について遠心模型実験を実施し、改良杭の側方流動抑制効果について述べたものである。なお、本実験における対策対象は護岸自体ではなく、護岸に変状が生じた際のその背後地盤に対する流動閉塞杭の側方流動抑制効果を検討することに主眼を置いた。

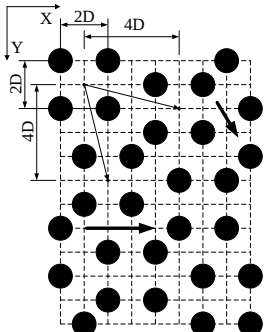


図-1 流動閉塞杭配置

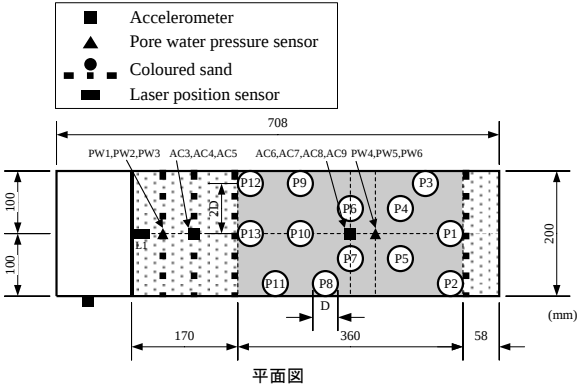
表-1 実験ケース (Prototype scale)

実験ケース	杭配置	杭間隔	最大加速度
UN	無し		2.0 m/s ²
I2d-a	流動閉塞杭配置 アクリルパイプ	4m (2D)	1.8 m/s ²
I2d-c	流動閉塞杭配置 固化改良杭	4m (2D)	1.9 m/s ²

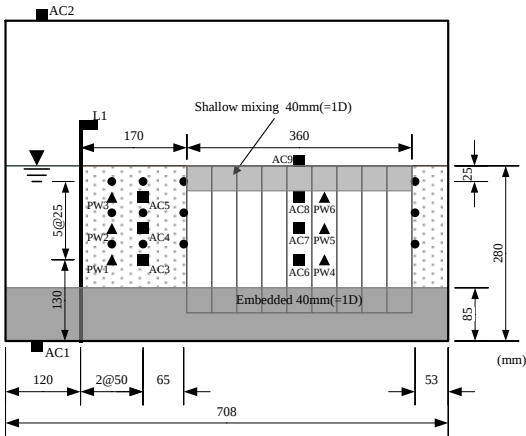
2. 遠心模型実験の概要

実験は港湾空港技術研究所所有の遠心模型実験装置を用いて実施した。加振時の遠心加速度は 50g とし、実物との縮尺比は 1/50 とした。実験ケースを表-1 に、I2d-a, I2d-c の計器配置を含む模型概略図を図-2 に示す。模型地盤の下層には厚さ 85 mm の非液状化層を設けた。試料として飯豊珪砂 7 号($D_{50}=0.174$, $U_c=1.5$)を用い、相対密度は $D_r=90\%$ とした。鋼矢板はステンレス板にて模擬し、土層下端まで根入れさせた。鋼矢板の陸側については、非液状化層の上部に厚さ 195 mm の液状化層を設けた。空中落下法により相対密度が $D_r=50\%$ となるように作製し、液状化層に用いた試料は、相馬珪砂 5 号($D_{50}=0.35$, $U_c=1.6$)である。間隙流体には脱気水に水溶性セルロースエーテルを添加して水の 50 倍の粘度とした溶液を用いた。

改良杭には実物で直径 2 m のものを想定し、I2d-a におけるその模型には外径 40 mm で密度を調整したアクリルパイプを用いた。上端は同じく密度調整した表層改良模型と接着剤で固定した。図-2 中 P1, P7 および P13 で示すアクリルパイプの側面にひずみゲージを貼りつけて曲げひ



平面図



ずみを測定した。I2d-c においては、セメント固化処理土で作製した外径 40 mm の固化改良杭と表層改良模型を用いた。これらの設計強度は、I2d-a で計測した曲げひずみから算出した曲げモーメントを考慮して筆者らの提案した構造設計法²⁾に基づいて求めた。表層改良の厚さは I2d-a, I2d-c とともに杭径と同じ 40 mm である。前述したように、本実験における対策対象は護岸自体ではなくその背後地盤であるため、改良体模型は矢板護岸背後の主動崩壊面にかからぬよう離隔を設けて設置した。

地盤内には加速度計および間隙水圧計を埋設し、地盤の変位計測のために地盤内に色砂を埋め込んだ。入力波は実物換算で周波数 2 Hz の正弦波とし、目標加速度 2.0 m/s^2 で 25 秒間加振した後に、側方流動を持続させるために振幅を 1/3 にしてさらに 25 秒加振を継続した。

3. 遠心模型実験の結果と考察

図-3 に GL-1.25 m に配置した色砂移動量から算出した平均側方流動量を実物換算で示す。I2d-a に関しては平均側方流動量の計測を行っていない。なお、矢板護岸天端の移動量は、対策の有無に関わらず実物換算で約 2m であった。流動閉塞杭の平均側方流動量は、改良範囲の下流側の端部 15m 付近において無対策の約 23 %に低減されている。

図-4 は、最も大きな値を示した P13 の最大曲げモーメント発生時刻前後の曲げモーメントの深度分布を示したものである。曲げモーメントは、ひずみから求めた値を 3 次の平滑化スプライン関数にて評価したもので、上流側が引張となる場合を正とした。図には全上載圧の 30%の流動力が作用するものとした筆者らの提案式²⁾により算出した流動力を、上端回転固定および下端ピンの境界条件をもつモデルに作用させた場合の曲げモーメント分布も示している。杭模型には流動力だけでなく慣性力も作用しているが、全ての杭の実験値が筆者らの提案式²⁾による流動力を用いた計算値よりも小さくなった。ただし、慣性力については応答特性の違いによりその大きさが変化すると考えられるため、定量的な評価を行うにはさらなる検討が必要と考える。I2d-c の固化改良杭と表層改良に破壊は生じていなかったことから、提案した構造設計法における強度設定の妥当性が確認できたと考える。

4. まとめ

自立式矢板護岸の背後地盤を対象とした遠心模型実験結果から、流動閉塞杭および表層改良で対策することにより、側方流動量が抑制されることを確認した。流動力および慣性力によって杭模型に生じる曲げモーメントは、筆者らの提案式から計算される値よりも小さくなった。また、計測された曲げモーメントに対して、提案する構造設計法において必要とされる強度に設定した固化改良杭と表層改良は、実験後も健全であることを確認した。

【参考文献】

- 1) Takahashi, H., Takahashi, N., Morikawa, Y., Towhata, I. and Takano, D. : Efficacy of pile-type improvement against lateral flow of liquefied ground, *Geotechnique*, Vol. 66, Issue 8, pp. 617-626, 2016.
- 2) 森川嘉之, 高橋英紀, 津田和夏希, 高橋直樹, 戸村豪治, 東畑郁生 : 杭式改良体による液状化地盤の側方流動抑制工法の開発, 港湾空港技術研究所資料, No.1326, 2016.

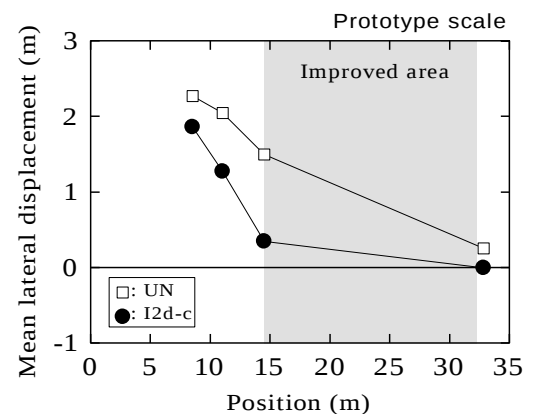


図-3 平均側方流動量の分布

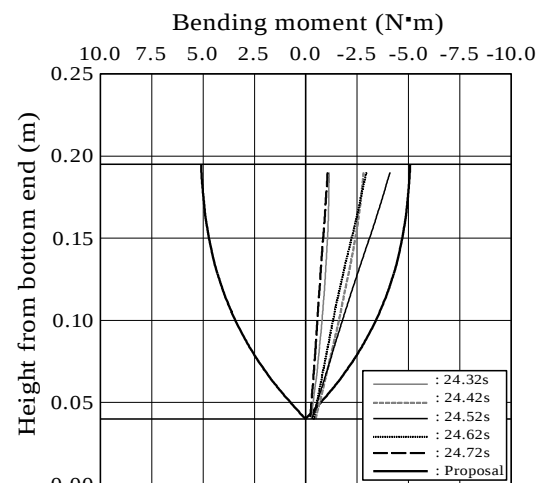


図-4 曲げモーメントの深度分布 (P13)
(Prototype scale)