

新たな改良杭配置による側方流動低減効果に関する模型振動実験

東京大学 Ali Derakhshani, Rouzbeh Rasouli, フェロー会員 東畑 郁生, 正会員 山田 卓
三井住友建設 正会員 〇高橋 直樹, 山本 陽一, 津田 和夏希
独立行政法人 港湾空港技術研究所 正会員 山崎 浩之, 森川 嘉之, 小濱 英司

1. 目的

深層混合処理工法における新たな改良杭配置方法である流動閉塞杭¹⁾(図-1)は、改良杭がどの方向から見ても地盤中に存在し、また連続する未改良領域が整列配置や千鳥配置と比較して小さいという特徴を有するものである。このため、液状化に伴う側方流動に対して改良効果が高いと考えられ、著者らは矢板護岸の模型振動実験^{2)~4)}を実施して流動閉塞杭の側方流動に対する改良効果について検証してきた。本文は、地表面を傾斜させて側方流動を生じさせる模型振動実験結果から、流動閉塞杭の側方流動低減効果について検討するものである。

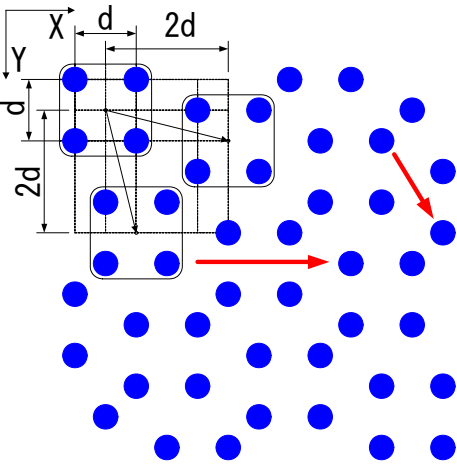


図-1 流動閉塞杭の改良杭配置方法

2. 模型振動実験の概要

模型振動実験は、幅 2,650mm×奥行き 390mm×高さ 600mm の固定土槽を用い、縮尺率を 1/20 として重力場で行った。図-2 に実験模型の概要と計測機器の配置について示す。模型地盤は厚さ 150mm の非液状化層とその上の液状化層の 2 層構造とし、地表面の勾配は 10%とした。非液状化層は、相対密度が 75%となるよう乾燥状態の豊浦砂 ($G_s=2.684\text{g/cm}^3$, $e_{\min}=0.605$, $e_{\max}=0.974$, $D_{50}=0.21\text{mm}$) を空中落下させた後、突固めて作成した。その後、土槽底より地盤を乱さないよう約 1 時間かけて通水した。上層の液状化層は水中落下法により作成した。このとき、水位が常に 15cm~20cm になるように管理することにより、模型地盤全体が均一な密度となるようにし、また土粒子が水中を沈降する過程で空気が分離されて模型地盤の飽和度が高まるように努めた。液状化層の初期相対密度は 40%である。改良杭模型には、外径 26mm、内径 20mm のアクリルパイプを用いた。パイプの下端は厚さ 20mm の塩ビ板に固定し、上端には厚さ 5mm の塩ビ板を配して杭模型を相互に固定した。計測項目は図-2 に示すように加速度、間隙水圧および地盤変位である。地盤変位は、豊浦砂を着色した色砂を用い、マーカーとして側面および地表面に所定の間隔で直線を描き、これの移動量によって計測した。また、改良範囲の下流側および上流側の奥行き方向の中央に傾斜計を設置して深度方向における水平変位を計測した。さらに、一部のパイプの内面にひずみゲージを貼付け、杭模型に生じるひずみの計測も行った。入力波は 10 Hz の正弦波であり、最大加速度は 200Gal である。最大加速度での加振時間は 6 秒間である。実験ケースは、表-1 に示すように無対策のほか、流動閉塞杭 (Irregular) と千鳥配置 (Regular) それぞれの改良率を二種類 (25%, 35%) とした合計 5 ケースである。

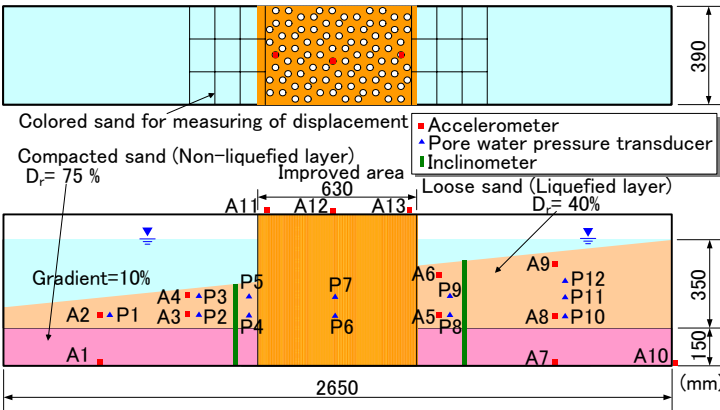


図-2 実験模型と計測器配置

表-1 実験ケース

Test case	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
Improvement pattern	-	Irregular		Regular	
Improvement ratio (%)	0	25	35	25	35
Maximum acceleration (Gal)	200				

により、模型地盤全体が均一な密度となるようにし、また土粒子が水中を沈降する過程で空気が分離されて模型地盤の飽和度が高まるように努めた。液状化層の初期相対密度は 40%である。改良杭模型には、外径 26mm、内径 20mm のアクリルパイプを用いた。パイプの下端は厚さ 20mm の塩ビ板に固定し、上端には厚さ 5mm の塩ビ板を配して杭模型を相互に固定した。計測項目は図-2 に示すように加速度、間隙水圧および地盤変位である。地盤変位は、豊浦砂を着色した色砂を用い、マーカーとして側面および地表面に所定の間隔で直線を描き、これの移動量によって計測した。また、改良範囲の下流側および上流側の奥行き方向の中央に傾斜計を設置して深度方向における水平変位を計測した。さらに、一部のパイプの内面にひずみゲージを貼付け、杭模型に生じるひずみの計測も行った。入力波は 10 Hz の正弦波であり、最大加速度は 200Gal である。最大加速度での加振時間は 6 秒間である。実験ケースは、表-1 に示すように無対策のほか、流動閉塞杭 (Irregular) と千鳥配置 (Regular) それぞれの改良率を二種類 (25%, 35%) とした合計 5 ケースである。

キーワード 液状化 側方流動 深層混合処理工法 模型振動実験

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設(株) 技術開発センター TEL 04-7140-5201

3. 実験結果および考察

図-3 は、代表的な例として改良率 25% の流動閉塞杭 (CASE2) における加振後の模型地盤の変形状況を示したものである。側面のマーカーの変形状況および傾斜計から求めた水平変位の深度分布から、側方流動は上層の液状化層で斜面下方向に向かって生じているのに対し、下層の非液状化層の変形はほとんど生じていないことがわかる。ここで、側方流動量を評価する一つの指標として、図-3 において黒丸で示したマーカー先端の移動量から求めた地表面の鉛直変位と水平変位の結果を図-4～図-6 に示す。なお、鉛直変位については改良率 25% のケースのみを示し、隆起した場合を正值、沈下した場合を負値で表している。図-4 に示す鉛直変位について流動閉塞杭 (CASE2) と千鳥配置 (CASE4) の結果を比較すると、流動閉塞杭では +200mm～+500mm の範囲において鉛直変位が正值となり加振後に地表面が隆起していることが特徴的である。これは、流動閉塞杭が改良範囲の背後地盤の側方流動をせき止めたことに起因するものと考えられる。これに対して千鳥配置ではそのような地表面の隆起は認められず、地盤がすり抜け流動したのと考えられる。このような地盤の挙動は、改良率 35% の場合も同様であった。

次に、図-5 および図-6 に示す水平変位をみると、流動閉塞杭 (CASE2 および CASE3) の水平変位は千鳥配置 (CASE4 および CASE5) のそれよりも小さくなっている。この流動閉塞杭の水平変位低減効果は、特に改良範囲とその下流側において高いことが認められる。このことは、図-7 に示す改良範囲下流側の傾斜計から求めた水平変位の深度分布からも確認できる。

4. まとめ

杭式深層混合処理工法における新たな改良杭配置方法である流動閉塞杭について、模型振動実験を実施してその側方流動低減効果について検討した。その結果、側方流動量は流動閉塞杭のほうが千鳥配置よりも低減されていることを確認した。このことから、側方流動に対する改良効果は流動閉塞杭のほうが千鳥配置よりも高いことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 高橋直樹, Amin Bahmanpour, 東畑郁生, 山田卓, 山本陽一: 杭式深層混合処理工法における新たな改良杭配置方法の提案, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集 (第 I 部門), pp.107-108, 2010. 2) Ali DERAKHSHANI, Naoki TAKAHASHI, Amin BAHMANPOUR and Ikuo TOWHATA: INFLUENCE OF DEEP MIXING SOIL STABILIZATION PATTERN ON LIQUEFACTION MITIGATION, Proc. of the 4th Japan-Taiwan Joint Workshop on Geotechnical Hazards from Large Earthquakes and Heavy Rainfalls, 2010. 3) Towhata, I., Takahashi, N., Bahmanpour, A., Yamada, S. and Liu, B.A.: Shaking model tests on mitigation of liquefaction-induced ground flow by underground columns, International Symposium on Recent and Future Technologies in Coastal Development, Yokohama, 2010. 4) Ali Derakhshani, Naoki Takahashi, Amin Bahmanpour, Suguru Yamada and Ikuo Towhata: Experimental study on effects of underground columnar improvement on seismic behaviour of quay wall subjected to liquefaction, Proc. of the 2011 PanAm CGS Conference, 2011.

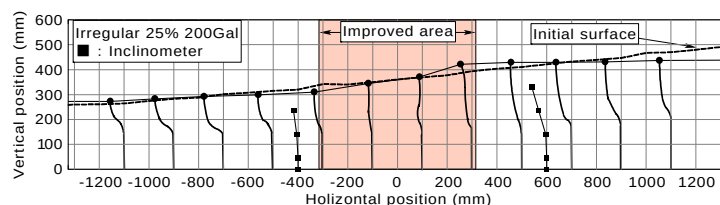


図-3 模型地盤の変形状況 (CASE2: 流動閉塞杭)

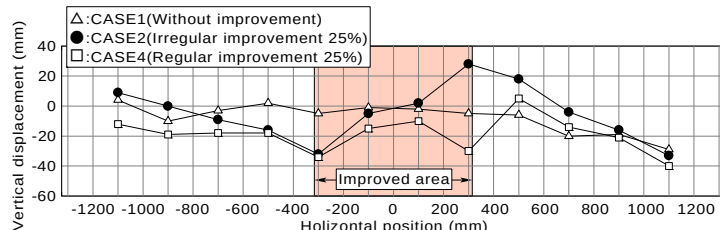


図-4 地表面の鉛直変位 (改良率 25%)

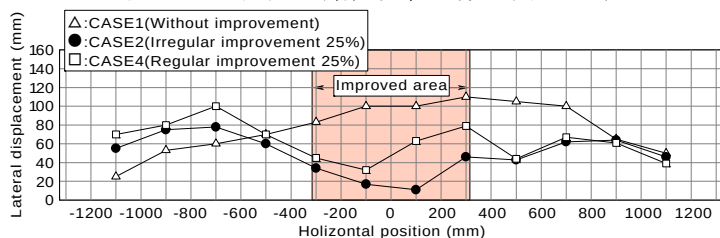


図-5 地表面の水平変位 (改良率 25%)

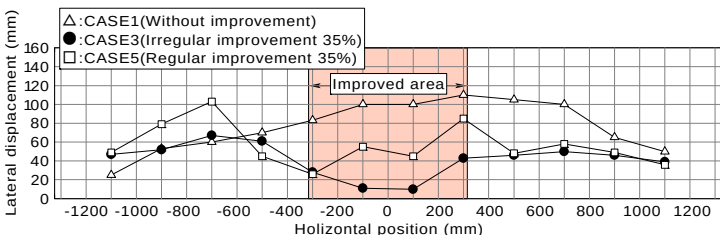


図-6 地表面の水平変位 (改良率 35%)

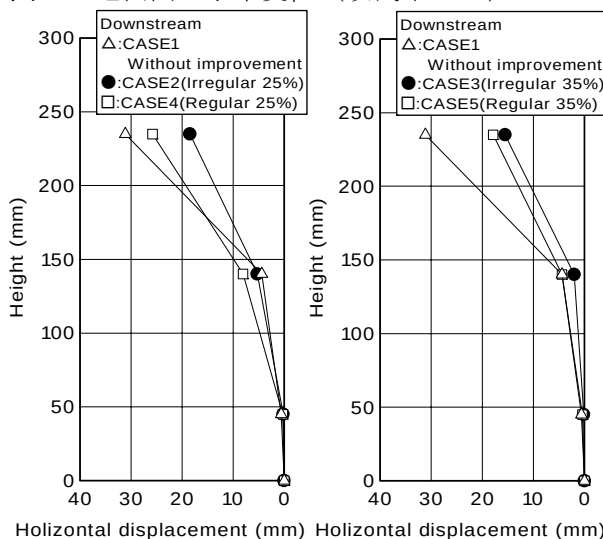


図-7 改良範囲下流側の水平変位の深度分