

大型振動台実験による側方流動時の杭への作用力に関する検討(その4)

—地盤反力係数—

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員○森本 巖* 正会員 山本 裕司
 (社)電力土木技術協会 正会員 須田 嘉彦**
 鹿島建設(株) 正会員 林 寛 正会員 畔柳 幹雄
 中央大学 正会員 國生 剛治
 東京理科大学 フェロー会員 石原 研而

1. はじめに

液状化に起因した側方流動が杭に与える影響を評価する手法の一つとして応答変位法があげられる。この方法を用いて杭の変位等を算定する場合、地盤反力係数が重要なパラメータとなる。液状化時の地盤反力係数の低減率に関しては「道路橋示方書」をはじめ、多くの設計基準で定められているが、側方流動時には研究事例が少なく、地盤反力係数の低減率が確立されているとは言い難い。本報告では、実規模大の大型せん断土槽を用いた側方流動の再現実験^{1),2),3)}を行い、側方流動時の高剛性杭の地盤反力係数について検討した結果を述べる。

2. 地盤反力係数の算定方法

地盤反力係数は、杭に作用する荷重を地盤と杭の相対変位量（地盤変位－杭変位）で除したものと与えられる。まず、杭に作用する荷重は杭のひずみ分布より、杭材の $M \sim \phi$ 関係を用いて曲げモーメントを算定し、これを微分（差分）してせん断力を算定する。せん断力の深度分布は、図-1 に示すように非液状化層と液状化層では明らかに深度分布形状が異なるため、その分布形状を考慮して、非液状化層については二次関数、液状化層については一次関数で近似し、それを微分して作用荷重を算定した。

一方、杭変位は杭のひずみ分布から得られる曲率を積分して求めた。積分の境界条件として、杭下端部の変位 y が 0、回転 dy/dx が 0 という条件を設けた。また、地盤変位は地中に設置したせん断変位計より求めた。実験-1におけるせん断力、荷重、杭・地盤変位、地盤反力係数の深度分布を図-2 に示す。

健全地盤の地盤反力係数は、実験前に実験杭の水平載荷実験を行い、杭のひずみ分布より上述した実験結果と同様な方法で算定した。健全地盤の杭変位と地盤反力係数の関係を図-3 に示す。これより、杭変位が大きくなるに従って、地盤反力係数が低減していることが分かる。杭径の 1%の変位 (=3 mm) に該当する地盤反力係数を健全地盤の地盤反力係数とした場合、その値は実験-1 で 15.0MN/m³、実験-2 で 22.9MN/m³ となった。

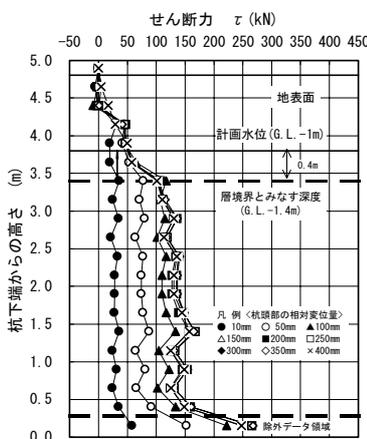


図-1 せん断力の深度分布 (実験-1)

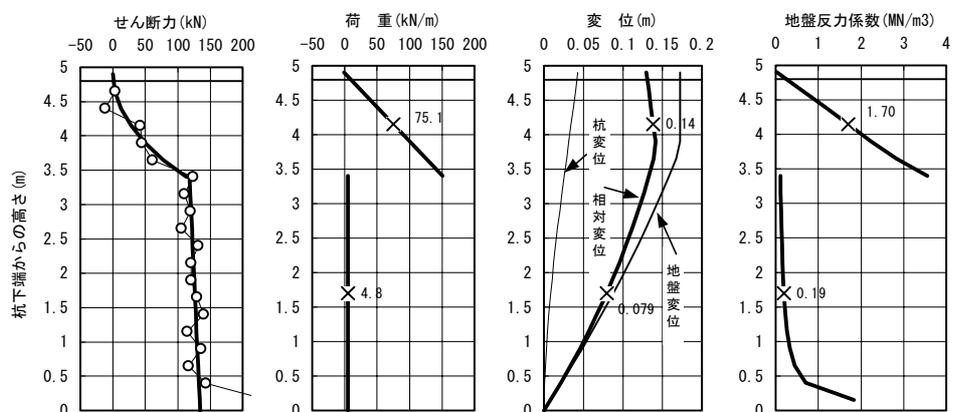


図-2 せん断力、荷重、変位、地盤反力係数の深度分布 (実験-1)

キーワード：液状化層、非液状化層、側方流動、杭基礎、地盤反力係数

連絡先 *：〒102-8220 東京都千代田区九段北 1-11-5 Tel.03-5276-6226 Fax.03-5210-9405
 **：〒105-0003 東京都港区西新橋 2-19-4 Tel.03-3432-8905 Fax.03-3435-1778

3. 地盤反力係数の検討

実験-1（非液化化層厚 1m、液化化層厚 3.8m）及び実験-2（非液化化層厚 2m、液化化層厚 2.8m）における液化化層、非液化化層別の相対変位量と地盤反力係数の低減率の関係を図-4 及び図-5 に示す。地盤反力係数の低減率は、側方流動時（強制変位時）の各段階における地盤反力係数を健全地盤の値（基準変位 3 mm）で除したものである。なお、横軸の相対変位量は、非液化化層及び液化化層の中間深度における地盤変位と杭変位の差を表している。この図より、非液化化層では地盤と杭の相対変位量が大きくなるほど地盤反力係数の低減率が低下する傾向があることが分かる。一方、液化化層においても実験-1 では相対変位量が大きくなるほど地盤反力係数の低減率が低下する傾向が認められるが、実験-2 では相対変位量が大きくなるほど低減率が增大する傾向を示している。この原因は、強制変位の後半において、過剰間隙水圧が減少に転じ地盤の剛性が回復したためと考えられる。実験-1、実験-2における非液化化層及び液化化層の地盤反力係数の低減率を表-1 に示す。なお、側方流動時の地盤反力係数は、杭への作用力が最大となる時間における値を採用した。これより、側方流動地盤の地盤反力係数の低減率は、液化化層で 1/80~1/100、非液化化層で 1/9~1/12 程度となることが分かった。

地盤と杭の相対変位に伴って地盤反力係数が低下するのは、文献 3)に示したように、杭への作用力が最大値に達した後、ほぼ一定値に停留するためと判断される。

4. おわりに

実験結果を用いて側方流動時における地盤反力係数の低減率を算定した結果、杭への作用力が上限に達する時点の液化化層の地盤反力係数は、健全地盤の 1/100 程度、非液化化層は 1/10 程度に低下することが分かった。非液化化層の地盤反力係数の低下の原因となる地盤の剛性低下については、液化化層からの地下水の浸透、加振、杭周辺地盤の破壊等の影響が考えられるが、特定することは難しい。今後、これらの結果を杭基礎の設計法に適用する場合、群杭（すり抜け）効果等を考慮した地盤反力係数の低減率の検討が必要になると考えられる。

《参考文献》1)須田他：大型振動台実験による側方流動時の杭への作用力に関する検討(その1)－実験概要、土木学会第57回年次学術講演会 2002（投稿中） 2)亀井他：大型振動台実験による側方流動時の杭への作用力に関する検討(その2)－実験結果、土木学会第57回年次学術講演会 2002（投稿中） 3)山本他：大型振動台実験による側方流動時の杭への作用力に関する検討(その3)－杭への作用力と上限値、土木学会第57回年次学術講演会 2002（投稿中）

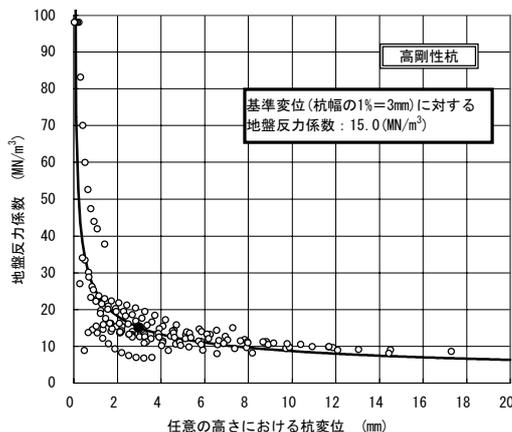


図-3 健全地盤の地盤反力係数（実験-1）

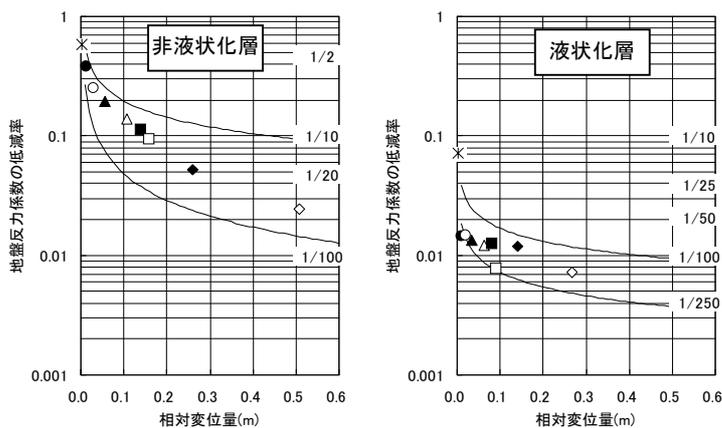


図-4 地盤反力係数と相対変位の関係（実験-1）

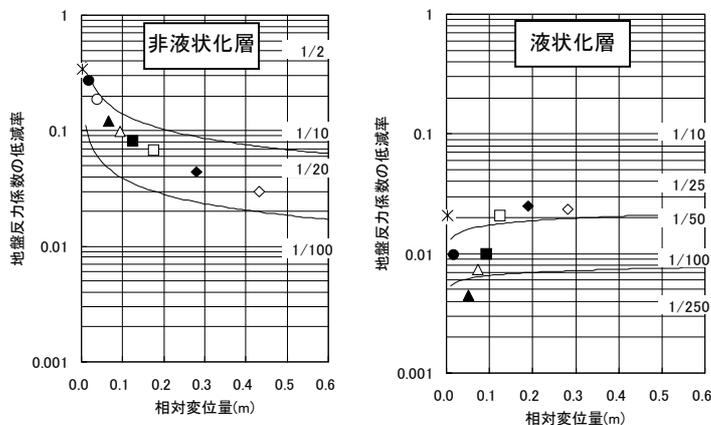


図-5 地盤反力係数と相対変位の関係（実験-2）

表-1 流動地盤の地盤反力係数低減率一覧表

	実験-1		実験-2	
	非液化化層	液化化層	非液化化層	液化化層
健全地盤の地盤反力係数(MN/m ³)	15.0		22.9	
流動地盤の地盤反力係数(MN/m ³) ¹	1.70	0.19	1.86	0.23
地盤反力係数の低減率 ²	0.113 (1/8.8)	0.013 (1/79.1)	0.081 (1/12.3)	0.010 (1/99.6)

※1 杭への作用力が最大時の値 ※2 下段のカッコ内は分数表示