

放射状造成体の鉛直支持力特性に関する基礎的研究

- (その1) 単杭の室内載荷試験結果について -

ハザマ 正会員 木村 誠, ○三反畑 勇, 井村 英樹

足立 有史, 浦野 和彦, Loan T.K.Dam

1. はじめに

高圧噴射工法はこれまで円柱状の改良体を施工する場合が一般的であるが、噴射管に複数の噴射口を設けて回転させずに引上げることで、十字（以下、4枚羽）やアスタリスク*（以下、6枚羽）型等の放射状改良体が造成できる。放射状改良体間の地盤拘束効果等が期待できれば円柱改良体に比べてより経済的な設計が可能となることから、筆者らは放射状造成体の鉛直支持力特性について基礎的な検討を行っている。本文は、放射状造成体を模擬した小型の単杭模型を用いた室内載荷試験結果について報告するものである。

2. 放射状改良体の単杭模型の鉛直載荷試験

本検討の試験条件を表-1にまとめる。円形断面を基本ケースとし、放射状断面として4枚羽、6枚羽の計3断面の柱状模型に対して鉛直載荷試験を実施した。模型はアクリルを加工して作製し、アクリル模型そのものを用いて周面摩擦がほとんど生じない条件の模型($\mu_s=0.23$)と、表面に砂を接着させて周辺地盤との摩擦やせん断変形を模擬したケース($\mu_s=2.14$)の2種類を用いた。なお、高圧噴射工法による造成体のサンプリング試料の静止摩擦係数は砂を接着させた模型とほぼ同程度であった。模型の寸法は高圧噴射工法の一般的な改良径が4m程度であることから、1/80の寸法で直径 ϕ は50mm、羽厚3mmとした。地盤は乾燥豊浦標準砂を相対密度30%, 70%, 90%に突き固めて作製した。また、土槽は改良体底面までの根入れのない条件と根入れ長 $D_f=220$ mmとする2種類の条件とした。本検討で実施した小型の土槽では境界条件による影響が懸念されたため、群杭の検討の際に使用した大型の土槽でも単杭の載荷試験を実施したので、その結果についても併記することとする。大型土槽についての詳細は文献1)を参照されたい。

載荷装置概要図を図-1に示す。載荷は地盤への荷重分担が生じない条件で地盤工学会基準「杭の押込み試験方法」に準じて行った。また、放射状模型の場合、地盤拘束効果を確認するため、模型近傍土圧計は羽と羽の間に設置した。

3. 実験結果

(1) 鉛直支持力に対する放射状模型の形状効果

杭頭荷重～杭沈下量の関係を図-2に示す。どの実験条件もバラツキはあるが、同じ沈下量に対する杭頭荷重は円形>6枚羽>4枚羽と、断面積の減少に伴って発揮される支持力も減少している。大型土槽での杭頭荷重は、小型土槽の約1/10の値を示しており、小型土槽の実験では主に底面の境界条件が大きく発揮支持力に影響しているものと思われる。鉛直支持力に関して、杭頭変位量が杭径の10% (D_{10}) の時の荷重を極限支持力とする場合が多いことから、本検討でも D_{10} 時(5mm)の杭頭荷重につ

表-1 単杭の鉛直載荷試験の条件と試験ケース数

土槽	模型表面の静止摩擦係数 μ_s	根入れ長 D_f (mm)	相対密度 D_r (%)	模型断面形状			計	合計
				円形	4枚羽	6枚羽		
小型	0.23	0.0	30	3	3	3	9	84
			70	3	3	3	9	
			90	3	3	3	9	
		220	30	3	3	3	9	
			70	3	3	3	9	
			90	3	3	3	9	
	2.14	220	30	3	3	3	9	
			70	3	3	3	9	
			90	3	3	3	9	
大型	2.14	220	30	1	1	1	3	

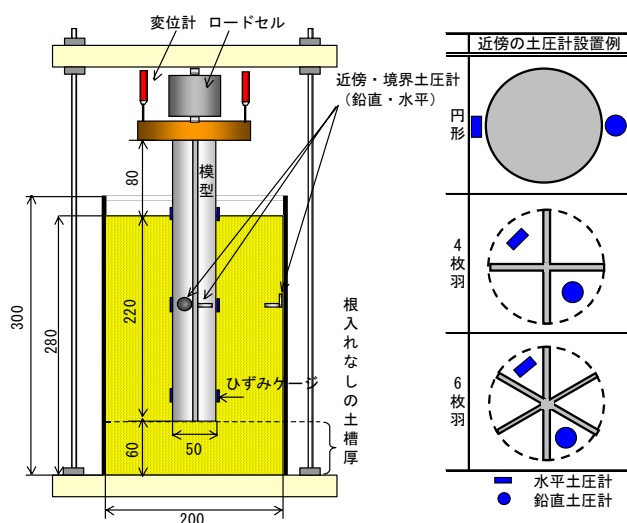
※高圧噴射工法の造成体サンプリング試料の静止摩擦係数 $\mu_s=1.72$ 

図-1 鉛直載荷試験装置概要

キーワード 支持力, 高圧噴射, 地盤改良

連絡先

〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 ハザマ技術研究所 TEL:029-858-8813

いて鉛直支持力を比較検討した。図-3に各相対密度のもとで発揮された先端・周面抵抗力を円形に対する比で整理した。根入れがない場合の先端抵抗力比は面積比との関係が 1:1 より小さい値を示しており、放射形状の隅角部で生じる局所破壊の進行性が卓越していることを示している。一方、根入れがある場合には、底面積比以上の支持力を発揮しており、放射状モデルの形状効果が発揮されている。更に、形状効果は緩い地盤であるほど高い傾向にある。また、放射形状の周面抵抗力は周面積相当の値を示していない。本実験で周面抵抗力が全抵抗力に占める割合は約 1~2 割程度であったこともあり、図-4 のように先端抵抗力比は極限支持力比とほぼ同じ値を示し、先端抵抗の形状効果が支配的であった。小型土槽の結果は境界条件の影響を強く受けていることが指摘されたが、大型土槽を用いた支持力の相対比較とほぼ同程度であり、形状の相対的な比較としては十分有用なデータとして活用できると考えられる。

(2) 模型周辺の地盤変状

大型土槽の実験では、模型の貫入に伴う周辺地盤変状について整理した。極限支持力時の周辺地盤の鉛直変位を杭貫入量(5mm)で正規化した結果を図-5に示す。円形では模型周面で早期にせん断破壊が生じ、地盤との縁が切れていると考えられるが、放射形状では図中写真のように杭と地盤の連続性が保たれ、羽の外縁部でも 6~7 割程度の変位が見られた。模型周面抵抗応力は円形に比べて最大 4 割程度と小さいものであったことなどから、地表面変状も主に模型先端付近で顕著に生じている形状効果によるものであると推測される。羽が先端地盤を拘束して模型と地盤が一体に近い挙動を示すことによって周面抵抗力はあまり発揮されず、地表面の沈下形状は杭先端の一体化した地盤変形に準ずる形状が表れたものであると考えられる。

4. まとめ

本検討により得られた主な結果を以下にまとめる。

- 1) 放射形状の（断面積比以上の鉛直支持力を発揮する）形状効果は根入れがあって初めて発揮され、その傾向は軟弱地盤であるほど顕著である。
- 2) 形状効果は先端付近で顕著に生じている可能性が高く、羽が地盤を拘束して改良体と地盤が一体に近い挙動を示すことによるものと推測できる。

参考文献

- 1) 木村，他：放射状造成体の鉛直支持力特性に関する基礎的研究-(その 2)群杭の室内載荷試験結果について-，平成 19 年度土木学会第 62 回年次学術講演会（投稿中），2007.9

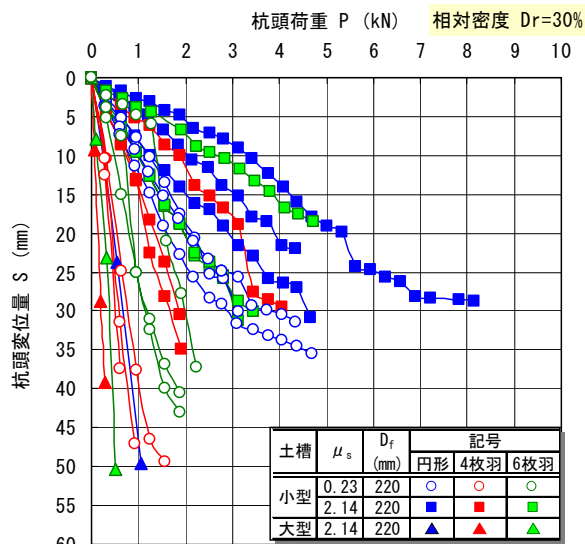


図-2 杭頭荷重～杭頭変位量関係

※小型土槽の試験データは平均値を使用

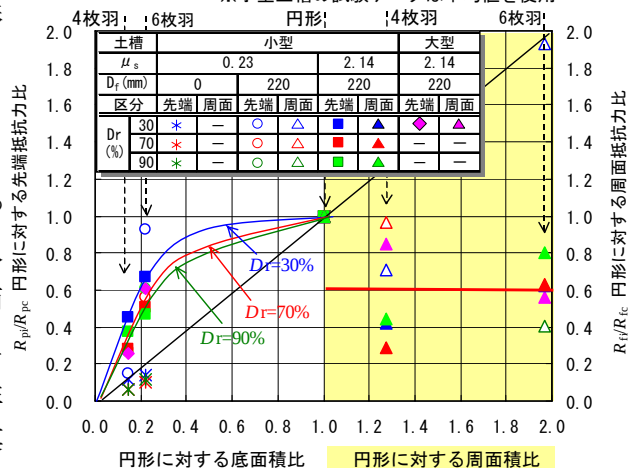


図-3 放射状改良体の形状効果

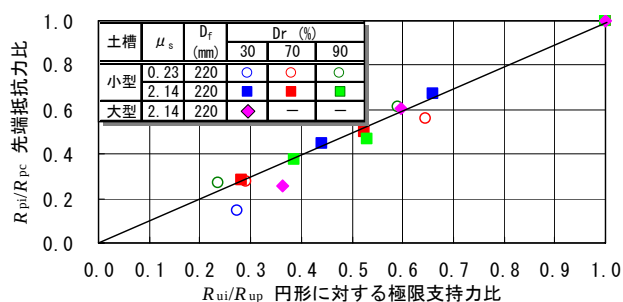


図-4 先端抵抗力比～極限支持力比

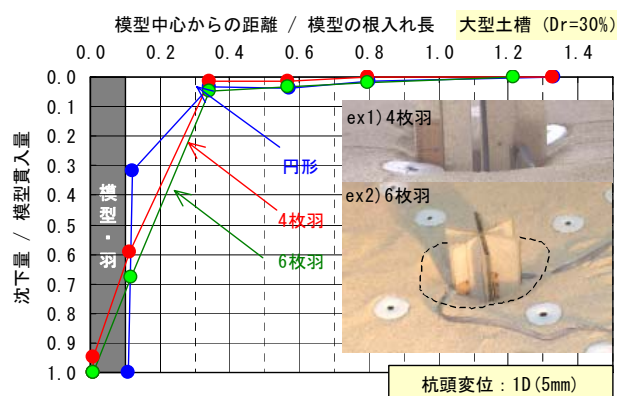


図-5 杭周辺地盤の鉛直変位量