

砂地盤における羽根径が異なる 6 本の先端羽根付き鋼管杭の静的および急速載荷試験結果の比較 (その 1 : 試験概要)

先端羽根付き鋼管杭, 静的載荷試験,
急速載荷試験

Bladed steel pipe pile, Static load test,
Rapid load test

地盤試験所 国際会員 ○MANDAL Ram Krishna 国際会員 亀井 秀一
国際会員 山本 伊作
金沢大学名誉教授 国際会員 松本 樹典

1. はじめに

先端羽根付き鋼管杭(Bladed Steel Pipe Pile: BSPP)は、鋼管先端に円形等の羽根(Blade)を設けた杭形状であり、回転押込み貫入によって掘削土の地上への排出を伴わずに施工される工法である。この工法は、先端羽根の面積に依存した大きな先端抵抗力を発揮する点に特長があるが、その鉛直抵抗力特性の把握には静的載荷試験(SLT)が一般的に用いられてきた。一方、近年ではより合理的かつ簡便な評価手法として、各種の杭工法において急速載荷試験(RLT)の適用が進められている。

しかし、回転貫入という特有の貫入メカニズムを有する本工法において、杭径 D_p や羽根径 D_b の仕様を変化させた場合に、RLT から推定される静的な荷重-変位関係が SLT の結果とどの程度整合するかを、実規模かつ同一地盤条件で系統的に検証した例は少ない。

本稿では、砂層に根入れされた D_p および D_b の仕様が異なる 6 本の BSPP を対象にした、SLT と RLT を実施した。本稿（その 1）では、試験概要および施工記録について述べる。なお、試験結果から得られた荷重-変位関係に基づく SLT と RLT の比較、および本工法における RLT の有効性の検討については、代表的な仕様である杭 No.3 および No.5 を対象として、同名報告（その 2）で報告する。

2. 試験概要

2.1 地盤条件

実験は、(株)地盤試験所の猿島試験場で実施した。図-1 に地盤調査位置と杭の配置を示す。同図のように試験杭近傍にて、標準貫入試験(SPT)を 1 箇所、三成分コーン貫入試験(CPT)を 5 箇所実施した。

図-2 は、地盤調査結果、杭打設深さおよび計測項目・位置を示す。地表から深さ $z=5$ m までは $N=1\sim3$ 、それ以降では、深さとともに N 値が増加し、 $z=10$ m 以深では $N=30$ の砂質層が存在する。試験杭は杭先端深度で $N=20$ 程度となる $z=10.3$ m まで貫入した。なお、地下水位は G.L. -3.5 m である。試験杭には、ひずみゲージと加速度を L1 から L3 の 3 深度に設置した。

2.2 試験杭の仕様

BSPP の仕様を表-1 に示す。試験杭には、図-3 に示すような羽根を設置し、鋼管部先端には鉄板の蓋で完全閉塞となっている。試験杭は二つのグループ (Piles 1 to 3: $D_p=165.2$ mm, Piles 4 to 6: $D_p=190.7$ mm) に大別される。それぞれのグループで D_b を変えた。

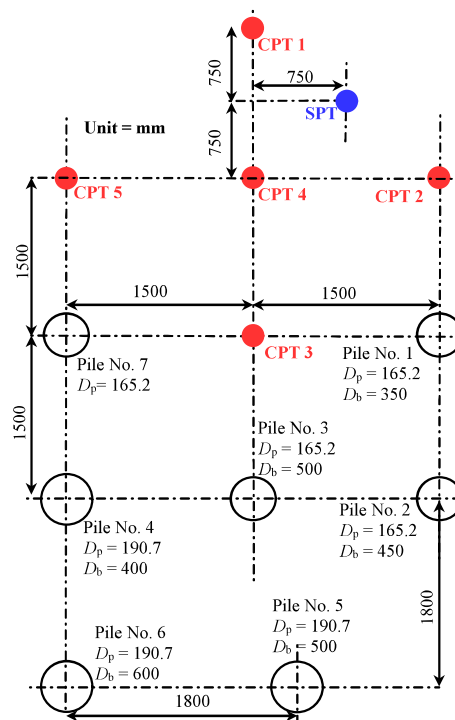


図-1 試験杭と調査位置関係

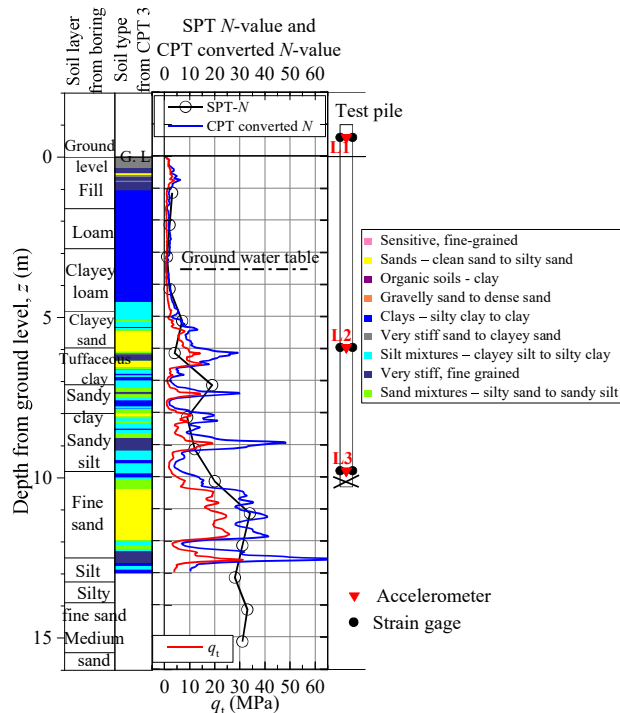


図-2 地盤調査結果(SPT, CPT), 杭の打設深さ, 計測項目・位置

Comparison of static and rapid load test results of six bladed steel pipe piles with different blade diameters in sandy ground (Part 1: Test overview)

Mandal R.K., Kamei S., Yamamoto I. (Jibanshikenjo Co.), Matsumoto T. (Kanazawa University)

表-1 試験羽根付き鋼管杭の仕様

Item	Value					
Pile No.	1	2	3	4	5	6
Pile outer dia., D_p (mm)	165.2		190.7			
Blade dia., D_b (mm)	350	450	500	400	500	600
Dia. ratio, (D_b/D_p)	2.12	2.72	3.03	2.10	2.62	3.15
Pile length, L (m)				11.3		
Embed. length, L_e (m)				10.3		
Pile wall thick., t_p (mm)	7.1		7.0			
Blade thick., t_b (mm)				30		
Pile cross- section area, A_p (m ²)	3.53×10^{-3}			4.04×10^{-3}		
Blade area, A_b (m ²)	0.096	0.159	0.196	0.126	0.196	0.283
Young's mod., E (GPa)				206.8		
Density, ρ (ton/m ³)				7.88		
Mass, m (ton)	0.33	0.35	0.36	0.38	0.40	0.42

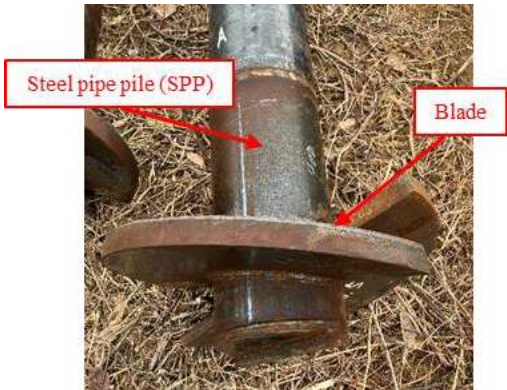


図-3 羽根付き鋼管杭 (Pile No.5)

2.3 試験順序・養生期間

各試験杭に対して、施工後に SLT、DLT（衝撃載荷試験）、RLT を順番に実施した。表-2 に各試験杭の施工日、養生期間を示す。

表-2 試験工程一覧

Pile No.	Install. date	Rest (day)	Load test	Rest (day)	Load test	Rest (day)	Load test
1	25/12/10	44	SLT	14	DLT	13	RLT
2	25/12/10	30	SLT	24	DLT	14	RLT
3	25/12/10	29	SLT	22	DLT	14	RLT
4	25/12/11	27	SLT	22	DLT	14	RLT
5	25/12/11	36	SLT	18	DLT	15	RLT
6	25/12/12	34	SLT	20	DLT	13	RLT

2.4 施工記録

試験杭の施工記録として深度 z と回転トルク T 、圧入力 P_f の関係を図-4 に示す。回転トルクは 15 kN・m から漸増し、最終杭先端深さでは概ね 20 kN・m で打ち止めた。な

お、 D_b の比較的大きな杭 No.3, No.5, No.6 は、 N 値が増加する $z = 5$ m 以深の一部区間において、羽根面積の増大に伴う回転抵抗の増加により 30 kN・m 程度のトルクが発生した。 P_f については Pile No.1 を除き $z = 5$ m 以深から導入を開始し、最終的に 30 kN から 60 kN で打ち止めた。

この結果から、全杭において T と P_f の推移は概ね共通している。しかし、Mandal¹⁾らや亀井ら¹⁾が報告しているように、杭の鉛直抵抗力は羽根径に大きく依存している。

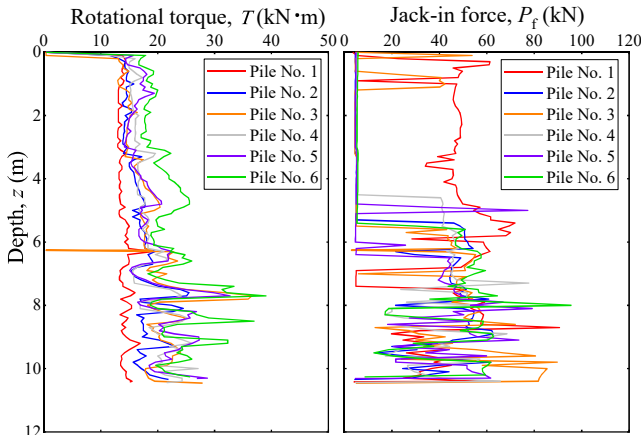


図-4 深度と杭の回転トルク、圧入力の関係

2.5 試験方法と載荷装置

SLT は杭の押し込み試験方法（JGS 1811-2002）²⁾、RLT は杭の急速載荷試験方法（JGS 1815-2002）²⁾に準拠して実施した。SLT の載荷装置は鋼製重量物と油圧ジャッキを用いた実荷重方式とし、試験方法は段階載荷による多サイクル方式を採用した。

RLT 装置は、ハイブリッドナミック試験装置（軟クッション重錘落下方式）を用い、ハイブリッドナミッククッションを介して約 2 ton の重錘（ハンマー）で試験杭に載荷した。ハンマー落下高さを段階的に上げていき、試験杭に十分な貫入変位が生じるまで、複数回の載荷を実施した。SLT、RLT の載荷装置を図-5 に示す。



図-5 SLT、RLT の載荷装置

3. おわりに

（その 2）では、SLT と RLT の結果と考察を述べる。

参考文献

- 1) Mandal 他、亀井他：砂地盤における羽根径が異なる 6 本の先端羽根付き鋼管杭の静的載荷試験（その 1：試験概要）、（その 2：試験結果）、土木学会第 81 回年次学術講演会、札幌、2026.9.
- 2) 地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説 第一回改定版、2002.5.