

## 太陽光発電架台の杭基礎支持力の特長

奥地建産(株) 正○竹鼻 直人 奥地建産(株) 山崎 稜真  
 奥地建産(株) 斧出 雄太

### 1. はじめに

近年、再生可能エネルギー利用の中で太陽光発電(以下、PV とする)の導入は進んでおり、2012年7月にFIT法が施行されたことで大規模なPVが急速に普及している。PVの構造物は、太陽電池モジュールを載せた金属製の架台とそれを支える基礎で構成されている。(写真1)基礎は、直接基礎もあるが、杭基礎も多く使用されている。PVに用いられる杭基礎は、一般的な建築物に用いられる杭とは径や長さが異なり、鋼管杭の場合では、直径が約100mmで小径のものが使われ、杭の支持機構は支持層まで到達させない摩擦杭で、多くの杭の貫入深さは1.0m~3.0m程度である。本研究では、このような特徴を持つ杭の支持力について、実際の地盤に貫入させ杭の載荷試験を実施したので、以下に報告する。



写真1 太陽光発電架台



写真2 形鋼杭

### 2. 試験候補地の選定

試験場所の選定では全国で14か所の試験候補地を選び、地盤調査を行い、まず簡易貫入試験、その後スウェーデン式サウンディング試験を行い、各候補地の地質及び地盤の硬さ(深さごとの平均換算N値)を判定した。地質および平均換算N値が幅広く対応できることを考慮し、伊賀市長田(三重県)、揖斐川(岐阜県)、むつ(青森県)、新庄(山形県)、磐梯熱海(福島県)、須賀川市(福島県)の合計6ヶ所で杭の実証試験を実施した(表1)。



写真3 引抜載荷試験状況

### 3. 試験方法

#### (1) 試験杭の種類

当試験で使用した試験杭の種類を表2に示す。基礎に使われる杭の種類は、一般的な鋼管杭以外に特殊な形状のスクリー杭や形鋼杭(写真2)なども使われている。試験杭の貫入深さは施工の実状を考慮して1.0m~3.0mの範囲とした。施工方法は打撃貫入とし、スクリー杭のみ回転貫入とした。

表1 試験候補地

土質	平均換算N値													備考
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13~	
粘性土	福島県磐梯熱海 (礫混じり粘性土) 山形県新庄 (粘性土+盛土)													
	青森県むつ (粘性土混じりの砂質土)      三重県長田 (礫混じり砂質土) 岐阜県揖斐川 (砂質土)      福島県須賀川市 (砂質土)													
砂質土	青森県むつ (粘性土混じりの砂質土)      三重県長田 (礫混じり砂質土) 岐阜県揖斐川 (砂質土)      福島県須賀川市 (砂質土)													

表2 試験杭種類

試験杭種類	断面(mm)	
	φ	t
鋼管杭	先端閉塞杭	φ=114.3 t=3.5
		φ=89.1 t=3.2
		φ=60.5 t=3.2
	先端開放杭	φ=48.6 t=3.2
特殊杭	スクリー杭	φ=89.1(羽含まず)
		φ=76.3(羽含まず)
	形鋼杭	108×100×26 t4.5

キーワード 杭基礎、鉛直載荷試験、周面摩擦力、先端支持力、換算N値

連絡先 〒541-0054 大阪府大阪市中央区南本町4-1-8 奥地建産(株) TEL06-6243-3700 FAX06-6243-3777

(2) 鉛直載荷試験

写真3に、引抜載荷時の試験状況を示す。杭を鋼製枠で囲み、その枠に油圧シリンダーを取付けて油圧ジャッキによって力を与えた。変位計は杭頭部に2か所上方から見て左右対称に取り付けた。載荷方法は連続載荷、荷重速度は0.9kN/min程度とした<sup>1)</sup>。押込載荷時は、引抜とは逆に力を与え、反力が鋼製枠の上方に働くため、枠の両側に鋼板を載せて固定した。引抜同様、載荷方法は連続載荷とし、荷重速度は0.8kN/min程度とした<sup>1)</sup>。

4. 試験結果

(1) 周面摩擦力

図1に砂質土、図2に粘性土における平均換算N値と周面摩擦力の関係を示す。図中の実線は、各換算N値での極限周面摩擦力度( $\tau_d$ )を表し、粘性土の場合c(粘着力)、砂質土の場合 $10/3 \times N$ (換算N値)となる<sup>2)</sup>。

砂質土の周面摩擦力は、多くの杭種で設計計算値よりも大きくなっているが、形鋼杭や先端開放杭の杭内部が開放されている杭は周面摩擦力が設計計算値よりも小さくなっているのが分かる。また、粘性土もほとんどの試験値が計算値よりも小さくなっているが、これは換算N値から粘着力を求めていることも影響していると考えられる。

(2) 先端支持力

図3に砂質土、図4に粘性土における先端換算N値と先端支持力の関係を示す。試験値は、押込支持力の試験値から近傍の杭の周面摩擦力を引いたものである。また、杭の断面積は、内部が開放されている杭も全断面積とした、形鋼杭はリップ部を除いた長方形部の断面積とした。計算値は、式1、2を用いて計算した<sup>2)</sup>。

砂質土： $\alpha \times \bar{N}$  (式1)

粘性土： $6 \times c$  (式2)

$\alpha$ ：先端支持力係数200とした、 $\bar{N}$ ：杭先端から下に1D上に1Dの範囲でのN値の平均とする。

データ数は少ないが、先端支持力は、試験値が計算値よりもほとんどの杭種で大きくなっている。また、内部が開放されている杭の断面積を全断面積としたことも妥当であることが分かる。

5. まとめ

太陽光発電架台の基礎杭の設計において、考慮する点

- ① 周面摩擦力の計算値は現地での試験値より小さくなる傾向にある。
- ② 先端支持力を計算する時は、内部開放の杭でも先端閉塞と考えてよい。

謝辞

本研究はNEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業開発技術総合開発機構)『太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト』における「太陽光発電システムの安全確保のための実証」研究成果の一部である。

【参考文献】1)地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説(第1回改訂版)、2002、2)日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針、2008。

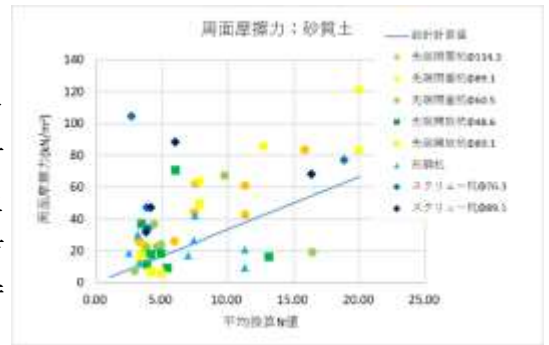


図1 平均換算N値と周面摩擦力の関係

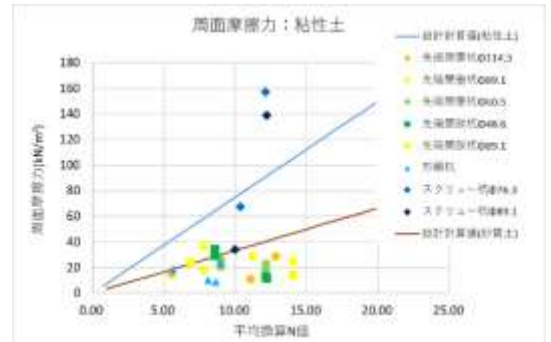


図2 平均換算N値と周面摩擦力の関係

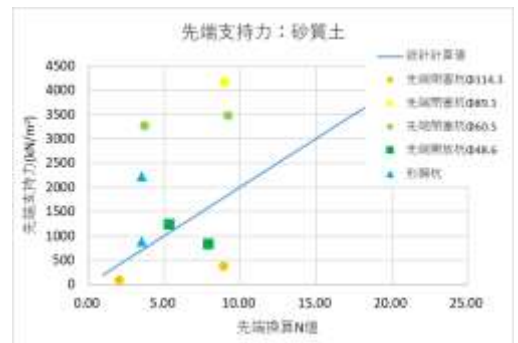


図3 先端換算N値と先端支持力の関係

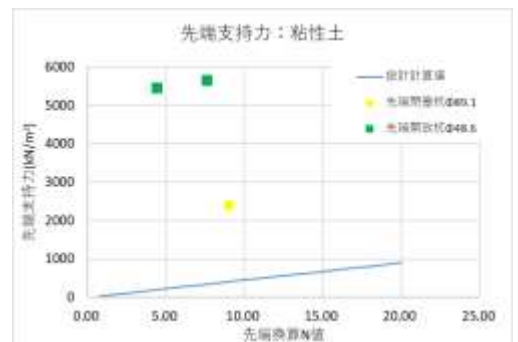


図4 先端換算N値と先端支持力の関係