

## 地上設置型太陽光発電 架台基礎選定に関する考察

juwi 自然電力株式会社 正会員 ○宮嶋 裕史  
株式会社 TNF 佐藤 繁樹

### 1. 背景・目的

地上設置型太陽光発電の架台基礎の種類として、杭基礎と直接基礎が挙げられる。架台の設計用荷重指針である JIS C 8955 が 2017 年に改定され、架台への設計風圧力が大幅に増加した。また、太陽光発電に対する固定買取価格が下落していることもあり、直接基礎の採用が事業採算上合わなくなっており、地盤条件によっては、補助工法を併用した杭基礎の検討が必要となってきた。そこで、本論文では、50 プロジェクト以上（500MW 以上）の太陽光発電所の EPC 事業に携わった経験に基づき、地上設置型太陽光架台に特化した杭基礎の概要を紹介し、地盤条件に応じた補助工法の選定に関する考察を行うものとする。

### 2. 杭基礎の概要

杭の種類は、型鋼杭とスクリュー杭とに分類される。型鋼杭の種類として、ハット型杭、溝形鋼杭及び H 鋼杭がある。スクリュー杭の種類として、ねじ式スクリュー杭、羽根式スクリュー杭がある。

型鋼杭は打撃工法、スクリュー杭は回転圧入工法により、地盤に 2m 程度の根入れを行うことが一般的である。打撃工法は施工スピードが比較的速く、材料・工事の単価が安価であるため、市街地や酪農・養鶏所などの騒音・振動に配慮する場所や、小ロットの低圧の発電所ではない限り、図-1 に示すとおり、型鋼杭による打撃工法を採用するメリットが大きい。スクリュー杭を採用した場合は、

項目	型鋼杭	スクリュー杭
設置状況		
施工スピード	○（速い）	△（遅い）
材工単価	○（安い）	△（高い）
杭打設精度	○（許容値大）	△（許容値小）
杭高止り対応	○（対応し易い）	△（対応困難）
水平地盤抵抗	○（杭形状が大きい）	△（杭形状が小さい）
騒音・振動	△（打撃音有）	○（静か）
重機汎用性	△（アタッチ工必要）	○

図-1 杭形式の比較

次の 3 点について検討を行う必要がある、工事中のトラブルも生じやすい。

- ① 杭打設の高精度化：スクリューの杭頭プレート上で架台組立を行うため、杭位置に関する許容誤差を数 cm 程度で施工管理を行う必要がある。
- ② 杭高止まり時の対応：スクリュー杭が高止まりした場合、杭頭を切断できないため、杭を引抜き、転石を撤去した後、セメント改良した埋戻し土に、スクリュー杭を再打設する必要がある。
- ③ 地盤水平変位に対する検討：型鋼杭に比べスクリュー杭は杭径が小さいため、比較的大きな地表面水平変位が生じやすい。水平変位量を抑制するために表層地盤のセメント改良を併用するか、杭本数を多くする必要がある。

### 3. 杭基礎の補助工法

#### (1) 打撃工法の適用範囲

一般的に打撃工法で杭の打設が可能な地盤条件は、表層から 3m までの範囲において、一般土砂から風化岩（N 値 30 以下）の場合である。N 値 2 以下の軟弱地盤では支持力不足のリスク、N 値 30 以上の硬質地盤や礫混じり地盤に対しては高止まりのリスクがあるため、補助工法を検討する必要がある。

キーワード 地上設置型、太陽光発電、架台、杭基礎、先行削孔、柱状改良、表層セメント改良

連絡先 〒810-0062 福岡県福岡市中央区荒戸 1-1-6 福岡大濠ビル 3F juwi 自然電力（株）TEL 080-9392-8237

## (2) 柱状改良杭工法

N値2以下の軟弱地盤に対しては、打撃工法の場合は得られる杭支持力が小さいため、多雪区域のケースだと杭本数がかなり多くなってしまい不経済な設計となる。その対策として、柱状改良杭を採用するプロジェクトが多い。柱状改良杭の施工手順は図-2のとおりであり、オーガー掘削を所定の深度まで行った後で、セメントミルクをオーガー先端で噴出しながらセメント改良土を構築し、杭を設置する。柱状改良体の形状は、直径 $\phi$ 300～ $\phi$ 600、改良深さ1.5m～3.0mの範囲から、調達できるオーガー径、杭載荷試験結果に基づき設計を行う。型鋼杭と柱状改良体の付着切れで破壊するケースが多いため、型鋼杭に差し鉄筋を設置することがポイントである。ただし、硬質地盤や転石が多い地盤は、オーガー掘削ができない。また、地下水位が高い場所は柱状改良杭は適さない。

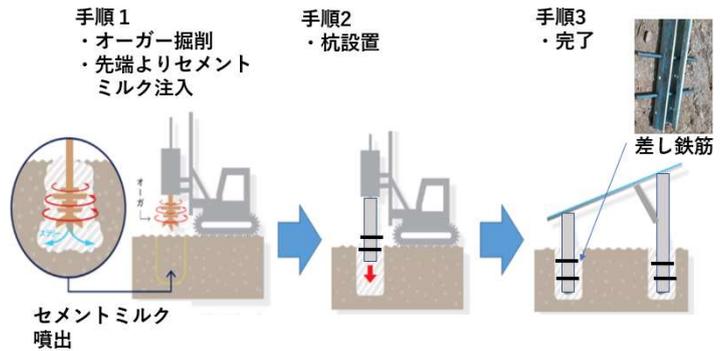


図-2 柱状改良杭の施工手順



図-3 柱状改良機

図-3のような専用の柱状改良機では地盤傾斜10度程度、BHタイプでは25度程度が限界であるため、地盤傾斜を考慮して重機選定を行う必要がある。

## (3) 先行削孔杭工法

軟岩、中硬岩の岩盤に対しては、打撃工法だと杭が高止まりするため、先行削孔による補助工法が必要となる。図-4のようなパーカッションドリルもしくはダウンザホールを用いて先行削孔を行い、その孔に打撃工法で杭を貫入させる。削孔径は杭径より1サイズ小さな孔とし、削孔長を設計根入れ長の5cm程度浅くして最終打撃を行うことで、現地発生材で埋戻しても、

専用削孔機 (ロータリーパーカッション)



専用杭打機



図-4 専用削孔機

現地盤と同等程度の支持力が確保できることが多い。杭径より削孔径を大きくしないと杭が貫入できない場合は、支持力を確保するため、セメントもしくはコンクリートを削孔に注入した後に杭を建て込む。

## (4) 表層セメント改良工法

田んぼのような表層地盤が軟弱地盤の場合、杭水平試験時ににおいて地表面水平変位量が大きくなるケースがある。杭本数を増やして対応する場合、必要な杭本数が多くなってしまい、不経済な計画になってしまうケースが多い。その対策として、図-5に示すように、地表面をセメント改良して水平変位量を抑制する。セメント改良深さは30cm～100cm、セメント配合量は50kg/m<sup>3</sup>～200kg/m<sup>3</sup>の範囲から、杭載荷試験と配合試験に基づき設計を行う。

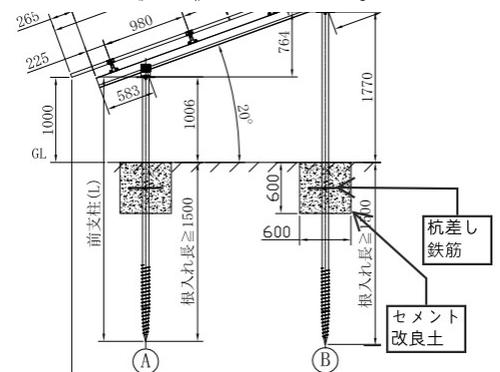


図-5 表層セメント改良例

## 4. まとめ

地上設置型太陽光発電の架台基礎の検討において、軟弱地盤や硬質地盤に対しては、杭の補助工法を検討する必要がある。補助工法として、軟弱地盤に対しては柱状改良杭や表層セメント改良、硬質地盤に対しては先行削孔併用工法を紹介した。実際のプロジェクトでは、土質調査結果に基づき補助工法の要否や工法検討を行い、杭載荷試験により仕様を確定することとなる。