

## 転石により掘削不能な事態を考慮した太陽光発電アレイ架台の基礎の設計

戸田建設(株) 正会員 杉本 和聡

### 1. はじめに

出力 50kW以上の太陽電池発電設備は、電気事業法上は電気工作物（発電所）となる。さらに出力が 2,000kW以上の場合は、工事計画届出を提出し該当工事開始 30 日前までに受理される必要がある。そして計画届の受理後に変更や追加があった場合は計画変更届が必要となり、その変更や追加の部分に係る工事は変更届の受理後 30 日間、工事ができない。

本稿は変更届による工事休止期間を生じさせないように、転石により掘削不能な事態を考慮したアレイ架台の基礎の設計を行ったのでその概要を報告する。

### 2. 転石の発現と追加調査

敷地の南端で先に施工されていた調整池の築造工事（別工事）の際に巨大な転石が多数確認された。その時、アレイ架台の基礎の設計は芯材に鋼管を用いた柱状改良杭（ $\phi 400$ , L=1,750）でほぼ完了していた。

その後、当初から予定されていたアレイ架台設置エリア（調整池工事により盛土となる範囲を除く）の追加地盤調査の数を 36 か所に増やし調査を行い、4 か所で改良杭の深さで浅く転石と思われる硬いものが確認された。つまり、アレイ架台設置エリアで柱状改良杭と転石が干渉し、所定深度まで構築できなくなる事象となる確度が高まった。

### 3. 転石の発現深さと柱状改良杭

アレイ架台の設計上の特徴として、暴風時の引抜き方向力が押し込み方向力と同程度の大きさで生じるといったものがある。その引抜き方向力に対して、転石対応の柱状改良杭を改良深さがより浅くなるように検討を行った。

設計的には「芯材と改良杭の付着力」、「地盤と改良杭の周面摩擦力+自重」それぞれによる許容耐力が杭に生じる引抜き方向力を上回ることを確認している。

柱状改良杭の概要を以下に示す。（図-1）

|      |                              |
|------|------------------------------|
| 基本形  | 転石なし または 1.75m以深 で発現         |
|      | 柱状改良杭（ $\phi 400$ , L=1,750） |
| 転石対応 | 転石 1.75m以浅 かつ 1.2m以深 で発現     |
|      | 柱状改良杭（ $\phi 600$ , L=1,200） |

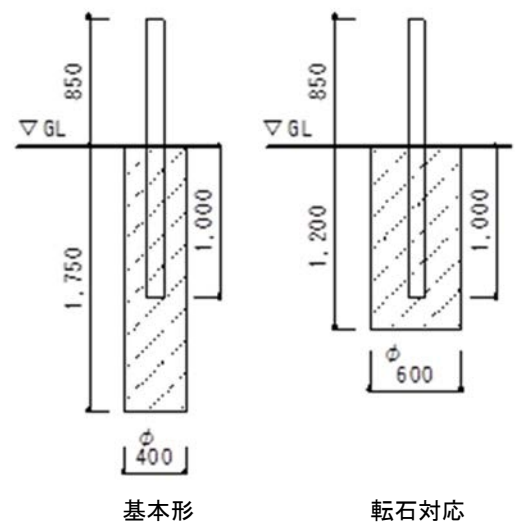


図-1 柱状改良杭

### 4. アレイ架台の支点条件と応力解析モデル

アレイ架台はそれを製作するメーカーが設計している。そして多くのメーカーは直接基礎を想定していて、応力解析の際のモデル化で支点の移動はないとしている。

本件のメーカーは、杭基礎も想定していて、その場合には支点到杭の水平ばねを入力したモデルで応力解析を行うことになっている。

一方、本件は転石対応とするため杭が 2 種類（基本形と転石対応）あり、その配置は転石の干渉しだいのため杭の組合せが多数あり、水平ばねを入力する応力解析モデルで解くと解析モデルはその組合せの数だけ作成しなくてはならなくなる。

そのため、アレイ架台の応力解析モデルは、直接基礎を想定した支点の移動のない解析モデルで行った。

キーワード 太陽光発電 アレイ架台 杭基礎 転石 柱状改良杭

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株) 土木技術統轄部 TEL (代)0120-805-106

そのため杭の水平方向力の検討の際に、アレイ架台の支点（杭基礎の天端）の変位を算出し、支点の水平移動がないとして解析可能な条件を満たしているか確認している。

【 アレイ架台の支点を水平移動がないとして、解析可能な条件 】

- ・前面側と背面側の変位が同じ。（前面側と背面側の杭頭をつなぐ部材をアレイ架台に設けていることで解決）
- ・隣列の杭ペアとの変位差がアレイ架台メーカー提示の許容値（50mm）以下。

5. 芯材天端の変位の算定

芯材に鋼管を用いた柱状改良杭の芯材天端の変位（ $\delta$ ）は以下の様に算定した。

$$\delta = \delta 1 + \delta 2 + \delta 3$$

- ・  $\delta 1$  : 芯材を柱状改良杭天端位置で固定端とした片持ち柱とモデル化して解いた芯材頂部の水平変位
- ・  $\delta 2$  : 柱状改良杭の天端（地盤面）での水平変位
- ・  $\delta 3$  : 柱状改良杭の天端（ $\delta 1$  算定モデルの固定端）の回転角の影響による芯材頂部の水平変位

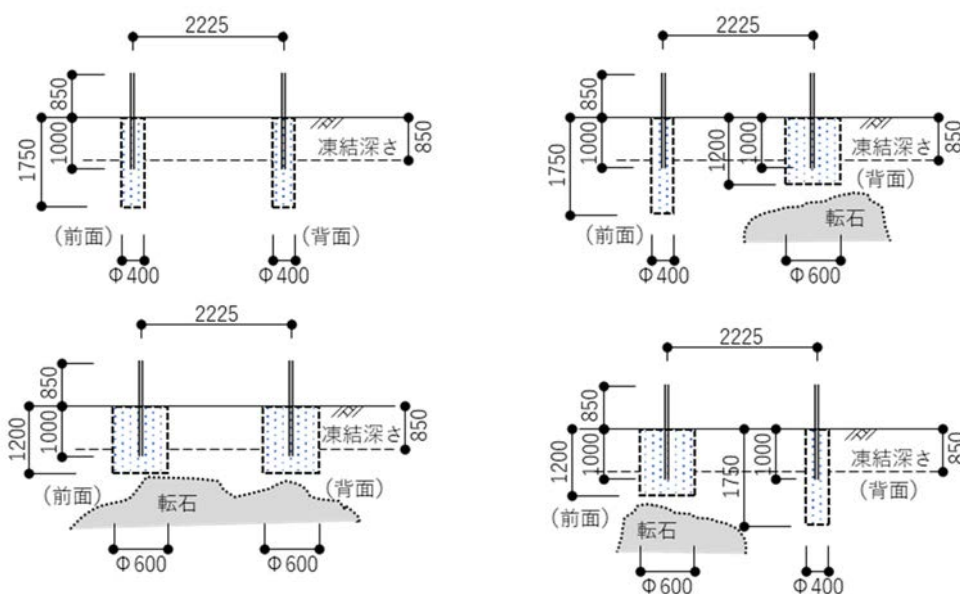


図-2 柱状改良杭の検討パターン

柱状改良杭の検討パターン

- 1 基本形
- 2 前面・背面側とも転石対応
- 3 背面側が転石対応
- 4 前面側が転石対応

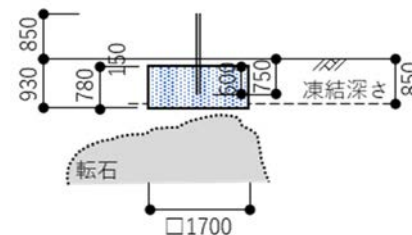


図-3 直接基礎による対応

表-1 に芯材の天端の変位算定結果を示す。

転石対応とすることで、改良径が大きくなり、水平変位が小さくなっている。

パターン中の前面側・背面側の変位が等しくなる条件のため転石対応の水平力負担が大きくなっている。

基本形との変位差は最大で 3.10mm でありメーカーの許容値 50mm を大きく下回っていて問題ないといえる。

表-1 芯材天端変位算定結果

| 検討パターン |          | 改良杭形状      | 負担水平力 (kN) | 変位 (mm) | 平均変位 (mm) | 基本形との変位差 (mm) |
|--------|----------|------------|------------|---------|-----------|---------------|
| 1      | 前面側：基本形  | Φ400×1,750 | 2.69       | 25.8    | 25.55     | 0.00          |
|        | 背面側：基本形  |            | 4.19       | 25.3    |           |               |
| 2      | 前面側：転石対応 | Φ600×1,200 | 2.79       | 22.9    | 22.45     | 3.10          |
|        | 背面側：転石対応 |            | 4.09       | 22.0    |           |               |
| 3      | 前面側：基本形  | Φ400×1,750 | 2.45       | 24.2    | 23.95     | 1.60          |
|        | 背面側：転石対応 | Φ600×1,200 | 4.43       | 23.7    |           |               |
| 4      | 前面側：転石対応 | Φ600×1,200 | 3.00       | 24.3    | 23.95     | 1.60          |
|        | 背面側：基本形  | Φ400×1,750 | 3.88       | 23.6    |           |               |

負担水平力の和 6.88 kN

6. おわりに

工事計画届には、本稿で記した柱状改良杭の転石対応の検討結果に加え、直接基礎による転石対応の検討も提出し、受理されている。図-3 は直接基礎による対応の概要図。（深さ 930mm 以浅で転石が発現した場合は、干渉部分を研り等で除去する）としている。