

泥炭地盤への変動追随性の高いメガソーラー架台基礎の適用性検討

(株)大林組 正会員 ○玉井 礼子 伊藤組土建(株) 山下 斉之
(株)大林組 正会員 三浦 国春 伊藤組土建(株) 西岡 誠

1. はじめに

2012 年より「再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度」(FIT) が施行され、全国に多数のメガソーラー発電施設が建設されている。今回、釧路湿原国立公園に隣接した一区画にてメガソーラー発電施設の建設が計画された。当該地は自然環境に十分配慮することと、軟弱な泥炭地盤であるため、メガソーラー架台に大きな沈下を生じさせない基礎形式の選定が課題となった。各種基礎形式を比較検討した結果、地盤改良を伴わずに施工可能なピンファウンデーション工法¹⁾を採用することとした。さらにメガソーラー架台には、軟弱地盤表層の変動に追従可能な多節点構造の TIS.S システム²⁾を採用した。

本稿はメガソーラー架台基礎に TIS.S システムおよびピンファウンデーション工法を適用するにあたり、現地で実施した各種試験とその結果、および考察について報告する。

2. ピンファウンデーション工法の概要

施工位置の地盤は表層 2.0m 程度が泥炭層 (A_p) であり、薄い中砂層 (A_{s1}) を挟み下層に軟弱粘土質層 (A_{c2}) が 3.0~4.0m 堆積する構成であった (図-1)。

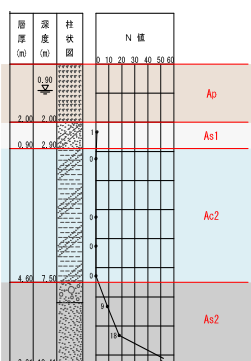


図-1 現地ボーリング柱状図

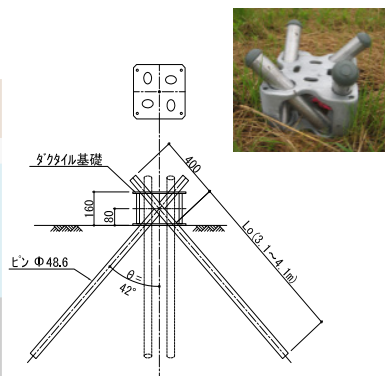


図-2 PF 基礎概要図

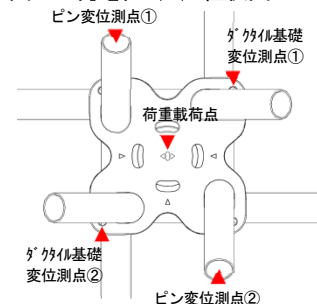


図-3 PF 基礎の変位測点

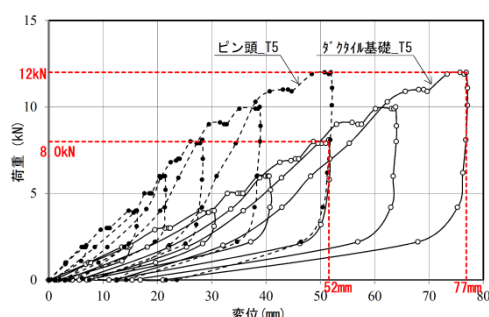
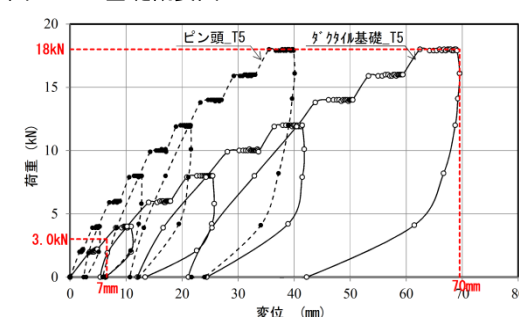


図-4 荷重-変位量曲線 (左: 押し込み試験, 右: 引き抜き試験)

メガソーラーは軽量構造物であるため、N 値 3 以上の地盤であれば杭基礎の根入れ長は 2.5m 前後となることが一般的である。しかし当該地では支持層 (A_{c2}) の深度は GL-7.0m 以深であり、大型の杭打機はその自重による自沈が懸念されるため、杭基礎は施工が困難であった。また A_{c2} 層は圧密の可能性があり、自重の大きいコンクリート基礎は沈下の恐れがあるため不适当であった。そこで地盤改良を伴わずに小型機械で施工可能なピンファウンデーション工法の適用を検討した。

ピンファウンデーション工法とは、定着金具を介して、小口径のスチールピンを土中に斜めにかつ対称に打ち込んで支持力を得る基礎工法である。本現場では 4 本の単管パイプ ($\phi 48.6$, 肉厚 2.4mm) をピンとして、ダクティル製定着金具 (ダクティル基礎と称す) に俯角 42° で打ち込むこととした (図-2)。

3. ピンファウンデーション基礎の載荷試験

3-1 載荷試験概要

ピンファウンデーション基礎 (PF 基礎と称す) の設計鉛直支持力はピンの先端支持力および周面摩擦力で評価するが、斜めに打ち込まれた 4 本のピンから構成される特異な基礎であるため、現地にて載荷試験を実施した。最大設計反力の 1.5 倍の荷重を上限として荷重制御で、押し込み試験、引き抜き試験、水平載荷試験を各 3 基実施し、支持力および変位量を確認した (図-3)。

3-2 載荷試験結果

(1) PF 基礎の支持力および変位量

PF 基礎の押し込み、引き抜き、水平載荷の各試験にて、最大設計反力の 1.5 倍の荷重まで載荷しても明瞭な降伏点が見られないことを確認した。押し込み試験および引き抜き

キーワード: ピンファウンデーション工法, TIS.S システム, メガソーラー架台基礎, 載荷試験, 泥炭地盤

連絡先: (株)大林組 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL: 03-5769-1322 FAX: 03-5769-1978

試験より得られた荷重-変位量曲線を図-4 に示す。いずれの曲線も各サイクルにてほぼ同勾配で、残留変位を累積しながら推移していることがわかる。引抜き時の隆起曲線は下に凸の軌跡を描いており、線形弾性挙動を示しておらず、杭径をはるかに超える変位レベルを見ても一般の地盤としての取扱いが困難であることがわかる。表層の泥炭層は主に葦などの草の根が縦横に絡みあったメッシュ状となっており、その様子から支持力は地盤ではなく草の根がらみによって得られていることが予想された。

押込み試験は各ステップで沈下が収束するまで荷重保持することとしたが、15 分程度で収束が確認された。試験翌日の目視確認により、除荷直後に残存していた沈下は経時的に解消されることがわかった。半日程度の時間をかけて沈下が回復することからも、泥炭層の支持機構が草の根で構成されていることが裏付けられた。

試験結果によると、架台背面からの暴風時に、架台後柱に発生する設計引抜き力 8.0kN 作用時の基礎の隆起量は 52mm であり、架台前柱に発生する設計押込み力 3.0kN 作用時の基礎の沈下量は 7mm であった (図-4)。これより、一架台の最大相対変位は 59mm と予測できる。PF 基礎の採用にあたり、この最大変位によって架台部材に発生する応力度が許容値を超えないことを確認した。

(2) ダクタイル基礎およびピンの挙動

各試験にて、図-3 のとおりダクタイル基礎天端部およびピン頭の変位量を計測した。図-4 より押込み時および引抜き時にピンの変位量はダクタイル基礎の 6~7 割程度であり、ダクタイル基礎とピンの間ですべりが発生していることがわかった。PF 基礎は杭頭を自由にした構造であるため、ダクタイル基礎からピンの抜出しが懸念された。今回試験にてそれぞれ、水平力 11kN 作用時に、引抜き力 20kN 作用時に、ピンがダクタイル基礎から抜ける限界状態となることを確認した。このため、PF 基礎の採用にあたり、抜出し対策としてピンのダクタイル基礎からの突出長を 200mm (400→600mm) 延伸し、さらにピン頭部に抜出し防止用ボルトを設置することとした。

4.ピンファウンデーション基礎および架台の実機観測

4-1 実機観測概要

凍上による TIS.S システム架台および PF 基礎の挙動を把握するため、施工前に現地にて実機観測を実施した。11 月～翌 5 月までの半年間、2 架台を設置し、表-1 に示す項目について計測を行った (図-5)。2 架台のうち 1 架台はダクタイル基礎を地表面から 10cm 浮かせて設置し、

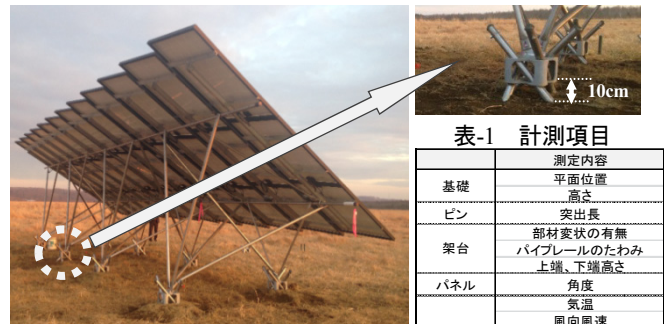


図-5 実機観測状況

表-1 計測項目	
測定内容	
基礎	平面位置 高さ
ピン	突出長
架台	部材変位の有無 パイプレールのたわみ 上端、下端高さ
パネル	角度 気温 風向風速
諸条件	地盤高さ 凍上深度 土中温度

凍上による影響を比較した。

4-2 実機観測結果

観測の結果、PF 基礎の凍上による隆起や風圧による隆起および沈下が確認されたが、半年を通して変位はほぼ ± 0 に近付いた。また TIS.S システム架台の各部材に変形は確認されなかった。ダクタイル基礎は地表面から浮かせることで、凍上の影響が抑えられる結果となった。

5. 得られた知見とまとめ

PF 基礎をメガソーラー架台基礎に適用するにあたり、載荷試験および実機観測から得られた知見を整理する。

- ①当該地では泥炭層に含まれる草の根がらみが支持力の大半を担っている。
- ②一架台の最大相対変位は 59mm と予測される。
- ③ダクタイル基礎とピンの間にはすべりが発生するため、ピン頭の構造については検討を要する。
- ③ダクタイル基礎を地表面から 10cm 程度浮かせて設置することで、凍上の影響を抑えることができる。
- ④PF 基礎と TIS.S システム架台の組み合わせにより、凍上や圧密による地盤変動による影響を極力抑えたメガソーラー架台構造とすることができる。

今回、自然環境の保護や軟弱な泥炭地盤という条件の下、事前検討および現地試験により最適なメガソーラー架台基礎工法の選定および設計を行った。本現場は現在施工中であるが、品質の確保と自然環境への配慮を実現している。本報告が今後のメガソーラー発電施設建設工事、あるいは同様の環境下における工事の参考になれば幸いである。

【参考文献】

- 1) (株)GRP コンストラクションズ・(株)ラスコジャパン・(株)ティムバーフォーム九州：ピンファウンデーション工法、「NETIS」登録 No.KT-090066-A, 2010.1
- 2) トヨタ自動車北海道(株)・伊藤組土建(株)・札幌電鉄工業(株)・ARUP (意匠登録のみ)：TIS.S システム, 2012.3 共同特許出願・2013.1 意匠登録