

簡易基礎 (T-Root 工法) の支持力と杭応力

大成建設(株) 正会員 ○中西 誉
 大成建設(株) 正会員 玉嶋 克彦
 (株)大塚社会基盤総合研究所 フェロー会員 大塚 久哲

1. はじめに

太陽電池アレイ用基礎として、4本の単管パイプとダクタイル製台座を用いた簡易基礎 (T-Root 工法) の開発を行っている。本稿では、T-Root の載荷試験結果と理論解および3次元有限要素解析の比較、変位法および3次元有限要素解析による杭応力の算定について記す。

2. T-Root 工法とは

本工法は、台座と単管パイプをボルトで固定した摩擦斜杭基礎工法である (図1)。施工法は隅角部に斜孔を有するダクタイル製台座に単管パイプ (長さ 4m, 外径 42.7mm, 肉厚 2.3mm) を各孔に1本ずつ斜角 40° で4本挿入打設する。

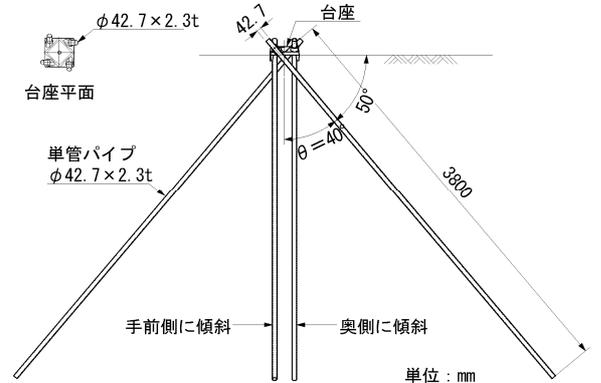


図1 T-Root 概要図

3. 実物大載荷試験結果・理論値・3次元有限要素解析結果の比較^{1),2)}

換算 N 値 3 程度 (スウェーデン式サウンディング) の軟弱粘性土地盤における静的載荷試験結果に 3次元有限要素解析結果を重ねたものを図2に示す。また、同図には、設計荷重値も示す。設計荷重は第1限界抵抗力に対して4倍以上の安全率がある。載荷試験結果の第1限界抵抗力は、摩擦杭として設計した理論値と概ね一致することを確認している (表1)。

表1 第1限界抵抗力 (kN)

載荷方向	載荷試験結果	理論解
押込み	34	36
引抜き	25	27
水平	19	19

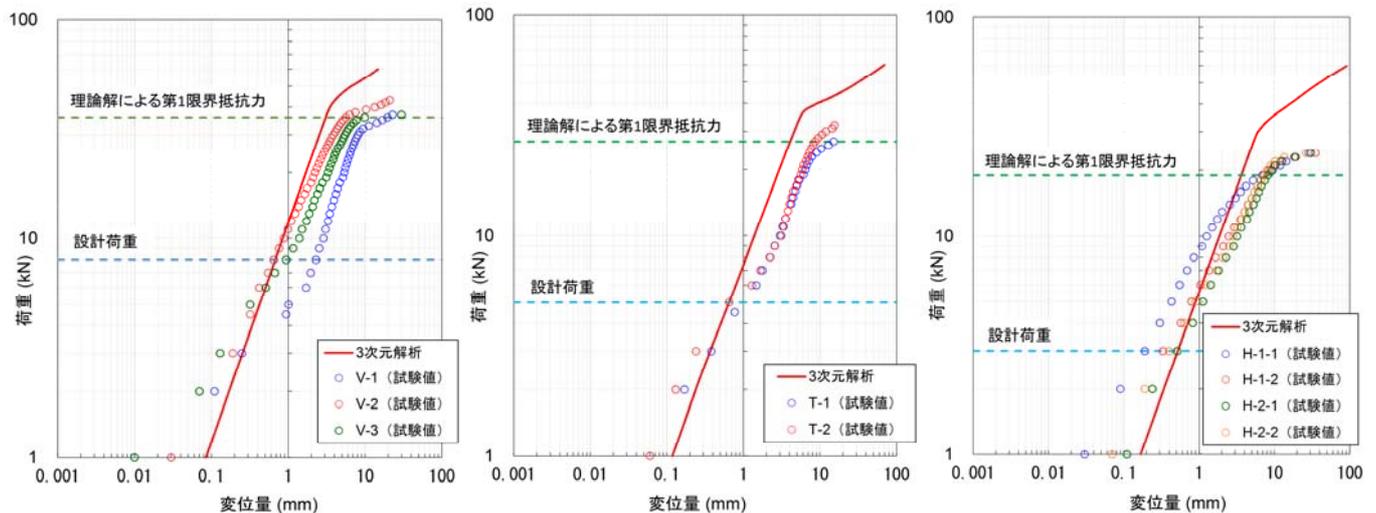


図2 変位-荷重関係 (左: 押込み, 中央: 引抜き, 右: 水平)

4. 杭応力の算定

設計荷重レベルにおける杭の応力を変位法および3次元有限要素解析により算定し比較する。変位法に用いる杭の軸方向ばねは、T-Root 工法が軟弱粘性土中に適用する摩擦杭であるため、杭周面の地盤のせん断ばね K_v として評価する。

$$K_v = k_{fv} \cdot U \cdot L_c \quad \text{ここに、} k_{fv} : \text{杭周面の鉛直せん断地盤反力係数, } U : \text{杭周長, } L_c : \text{杭長}$$

キーワード: 太陽光発電/斜杭基礎/軟弱地盤/T-Root 工法

連絡先: 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル 大成建設(株)土木設計部陸上設計室 TEL03-5381-5418

また、T-Root 工法に変位法を適用する場合の条件として、以下を追加する。

- ・鉛直方向の荷重に対しては、設計荷重の半分の値を T-Root の 2 本の杭で受け持つ (2 組の組杭)。
- ・水平荷重に対しては、荷重方向と杭の平面配置を考慮した水平分力を載荷する。
- ・杭と台座の滑りはボルトにより防止されている。

3次元有限要素解析モデルを図3に示す。杭をパイル要素、台座をシェル要素、地盤をソリッド要素でモデル化する。杭と地盤の間の付着特性は滑りを考慮するために非線形ばねを設け、地盤は Mohr-Coulomb による完全弾塑性体とする。

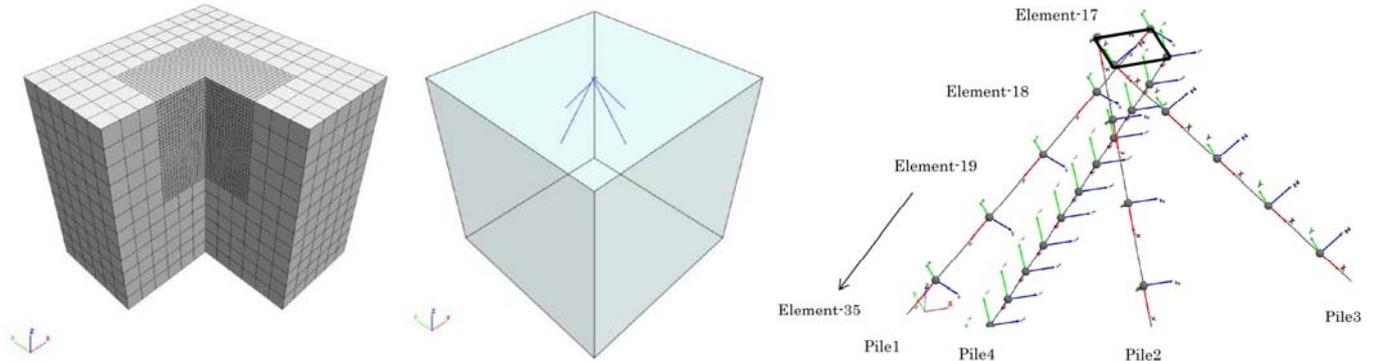


図3 解析モデル (左:メッシュ図, 中:杭配置状況, 右:パイル要素)

第1限界抵抗力レベルでは杭周面のせん断ばねは全て降伏し、それ以降は変位が急増することを確認している (図2参照)。設計荷重レベルでは、せん断ばねの弾性領域が残っており摩擦力は保持されている (図4: 第1限界抵抗力直前の荷重におけるせん断ばねと地盤の降伏状況)。杭頭部の断面力について、変位法と3次元有限要素解析結果の比較を表2、変位法による杭の応力を表3に示す。杭頭部の軸力は、概ね一致するが、曲げモーメントとせん断力については、倍程度の違いが出ている荷重ケースがある。応力については、実際の荷重作用状況に合わせて、鉛直と水平を同時載荷した場合を検討するが、十分に許容値に収まる結果となっている。

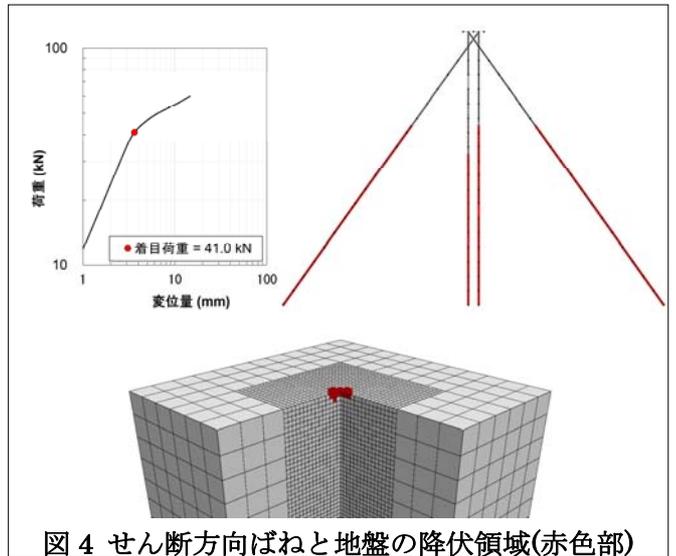


図4 せん断方向ばねと地盤の降伏領域(赤色部)

表2 杭頭部の断面力

	変位法			3次元有限要素解析		
	軸力 N(kN)	せん断力 Q(kN)	モーメント M(kNm)	軸力 N(kN)	せん断力 Q(kN)	モーメント M(kNm)
押し込み載荷	2.21	0.48	0.08	1.96	0.86	0.20
引抜き載荷	1.38	0.31	0.05	1.24	0.55	0.09
水平載荷	押し込み側の杭	1.22	0.37	0.97	0.34	0.07
	引抜き側の杭	-1.22		-0.94		

表3 杭頭部の応力 (変位法)

	押し込み+水平 (N/mm ²)	引抜き+水平 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)
引張応力	56	36	210
圧縮応力	71	27	210
せん断応力	1	3	120

5. まとめ

T-Root 工法の載荷試験結果における第1限界抵抗力は、理論上の杭周面摩擦の極限支持力と概ね一致する。しかし、3次元有限要素解析の結果は試験値に比べて相対的に大きくなる。設計荷重レベルにおける変位法と3次元有限要素解析結果の杭の軸力は概ね一致しているが、曲げモーメントとせん断力は倍程度の違いが出るケースがある。また、杭の応力は、許容値に収まることを確認した。安全率を適切に設定することにより、T-Root 工法の成立性を確認した。

【参考文献】1) 中西ら：太陽電池アレイ用基礎 T-Root 工法の開発 土木学会年次学術講演会, 2014.

2) 中西ら：簡易基礎 (T-Root 工法) における載荷試験と再現解析 地盤工学研究発表会, 2015.