

中小径 NS エコパイル®の引抜き支持力

～杭長に関する認定範囲の拡大～

Pullout capacity of helical pile (NS ECO-PILE®)

① はじめに

狭小地に建設されるスレンダーな建築物や、鉄塔・風力発電施設などの塔状構造物などでは、地震荷重や風荷重を受ける際に大きな転倒モーメントが発生し、杭基礎には大きな押し込み力と引抜き力が作用します。このような場合に有効な基礎杭として、回転圧入鋼管杭(NS エコパイル)が注目され、多くのプロジェクトで採用されています。図1に示すように、NS エコパイルは、杭先端に一枚のらせん状の羽根を取付けた鋼管杭であり、以下のような特長を持っています。

- ① 杭先端に取り付けた羽根の拡底効果により、従来工法に比べ大きな押し込み・引抜き支持力が期待できます。
- ② 杭に回転力を与えそのまま地中に施工するため、低騒音・低振動、無排土での施工が可能です。
- ③ セメントミルクを使用しないため、地下水に悪影響を与える心配がなく、かつ、短工期での施工が可能になります。
- ④ 狭隘地での施工にも対応可能です。

当社は、他社回転杭工法に先駆けて、2005年に引抜き方向の許容支持力に関する技術評価を取得しました。それ以来、引抜き力が発生する多くのプロジェクトで、NS エコパイルが採用されるようになりました。しかし、当時主流であった杭径φ400以上の大径杭に適用することを考え技術評価を取得していたため、十分な土被り圧を確保するために少なくとも杭長が羽根径の10倍以上かつ10m以上ないと、杭先端に引抜き支持力が期待できないという内容になっています。

現在では、φ400以下の中小径エコパイルも、大径杭と同様に多くのプロジェクトに採用されるよう



図1 NS エコパイル(写真)

になったため、中小径エコパイルにも適用しやすい内容に評価内容を更新する必要性がありました。そこで、実大杭に対する支持力確認実験を新たに実施し、短い中小径のエコパイルでも杭先端に引抜き支持力が期待できるように、適用範囲を拡大しました。以下に、その内容を紹介します。

② 「NS エコパイル」の引抜き支持力

2.1 支持力確認実験

杭長が短くても、杭長が長い時と同様の引抜き支持力が杭先端に期待できることを確認するために、杭長6m以下の短い杭を用意し、実地盤にて引抜き載荷試験を実施しました。表1に、試験体の一覧を示します。

図2に、過去に実施した杭長さ6.9m～55.2m、杭径φ139.8～900までの載荷試験結果と共に、表1の試験体に対する引抜き載荷試験結果を示します。図の横軸に杭先端の平均N値(=地盤強度を示す数値)を、縦軸に単位面積あたりの先端支持力を採り、試験結果を評価しています。今回実施した短い杭の試験結果は、従来の長い杭に比べても遜色なく、同程度の先端支持力が発揮できていることが分かります。

表1 短い杭の試験体

番号	杭径 D _p (mm)	羽根径 D _w (mm)	先端深度 L (m)	L/D _w
1	190.7	381	3.6	9.4
2	267.4	668	6.0	9.0
3	406.4	1000	6.0	6.0
4	406.4	800	6.0	7.5

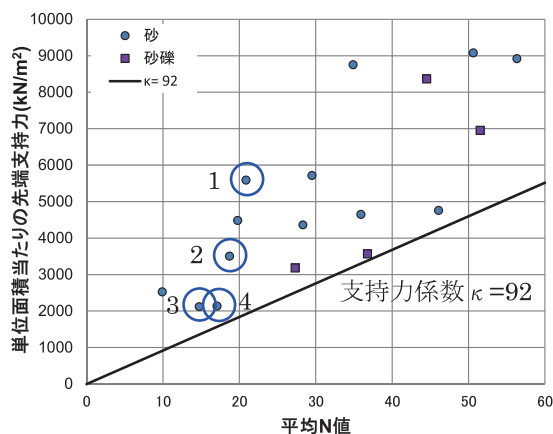


図2 引抜き載荷試験結果

2.2 引抜き支持力式

今回認定を取得した中小径NSエコパイル (GBRC性能証明第16-32号)の引抜き支持力式は、2005年の引抜き支持力と同様です。以下にその内容を示します。

【短期許容支持力】

$${}_tR_{as} = \frac{2}{3} \left\{ \kappa \bar{N}_t A_{tp} + (\lambda \bar{N}_s L_s + \mu \bar{q}_u L_c) \cdot \Psi \right\} \quad (\text{式1})$$

${}_tR_{as}$: 短期に生ずる力に対する地盤の許容支持力 (kN)

κ : 引抜き方向の先端支持力係数 ($\kappa=92$)

λ : 砂質地盤における周面摩擦係数 ($\lambda=1.13$)

μ : 粘土質地盤における周面摩擦係数 ($\mu=0.27$)

\bar{N}_t : 杭先端より上方に $2D_w$ の範囲の地盤の平均N値(回)

A_{tp} : 杭先端の有効面積 (m^2)

$$A_{tp} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{we}^2$$

D_{we} : 先端羽根の有効径 (m)

$$D_{we} = \frac{D_p + D_w}{2}$$

D_p : くい径 (m)

D_w : 羽根径 (m)

\bar{N}_s : 杭周囲の砂質地盤の平均N値(回)

L_s : 杭周囲の砂質地盤に接する長さの合計 (m)

\bar{q}_u : 杭周囲の粘性土地盤の一軸圧縮強度 (kN/m^2)

L_c : 杭周囲の粘性土地盤に接する長さの合計 (m)

Ψ : 杭の周囲の長さ (m) $\Psi = \pi \cdot D_p$

また、中小径NSエコパイルの引抜き支持力式の適用範囲を表2に示します。本適用範囲は、載荷試験実績がある羽根径、杭長の範囲と一致しています。

表2 中小径NSエコパイルの適用範囲(引抜き)

先端地盤種別	砂, 砂礫
杭径 D_p	$139.8mm \leq D_p \leq 900mm$
羽根径 D_w	杭径の2.5倍以下かつ1,350mm以下
最小杭長 L_{max}	$6.0D_w$ 以上かつ3.6m以上
最大杭長 L_{min}	$130D_p$ 以下かつ55.2m以下

③ 地盤の引抜き抵抗力

NSエコパイルの短期許容引抜き支持力を定める際には、上記の引抜き支持力式で検討すると同時に、土質力学の観点からも許容できる引抜き支持力を確認しています。すなわち、図3に示すように、杭先端から支持層内ではコーン状の、支持層より浅い地層では円筒面状のせん断破壊面を想定し、この破壊面の地盤のせん断抵抗力とせん断破壊面内の土の重量を足し合わせ、この2/3を短期許容引抜き抵抗力と定めています。

【短期許容抵抗力】

$${}_tF_{as} = \frac{2}{3} \left\{ \tau_1 A_1 + \sum_{i=2}^n \tau_i A_i + W_s \right\} \quad (\text{式2})$$

${}_tF_{as}$: 短期に生ずる力に対する地盤の許容抵抗力 (kN)

τ_1 : 支持層のコーン破壊面の地盤のせん断強さ (kN/m^2)

A_1 : 支持層のコーン破壊面の面積 (m^2)

τ_i : 各地層のせん断破壊面の地盤のせん断強さ (kN/m^2)

A_i : 各地層のせん断破壊面の面積 (m^2)

W_s : せん断破壊面内の土の重量 (kN)

NSエコパイル工法の短期引抜き支持力は、(式1)と(式2)の小さい方とし、杭の設計を行うものとします。

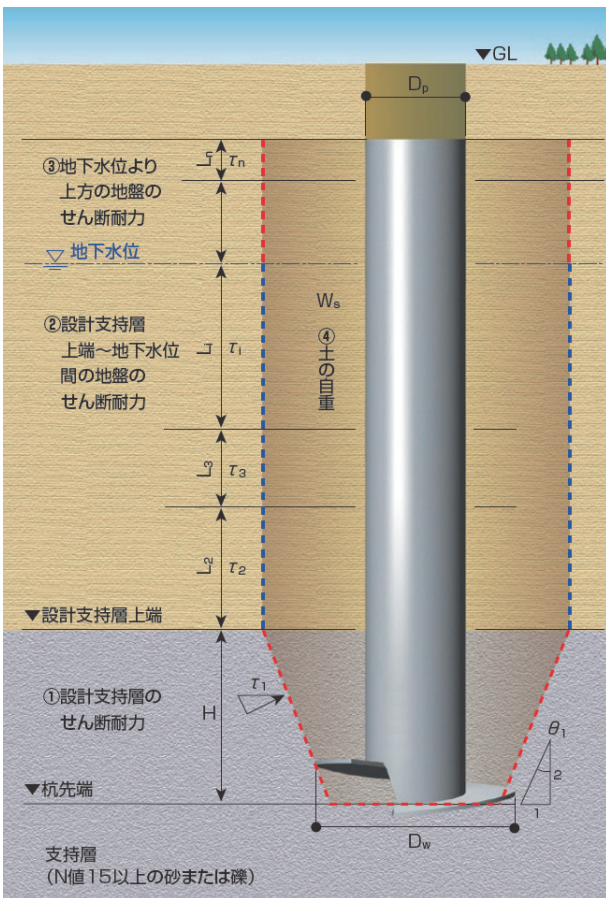


図3 地盤の引抜き抵抗力

4 おわりに

以上述べたように、今回の適用範囲の拡大により、最小3.6mと短い杭であっても杭先端の引抜き支持力が見込めるようになりました。すでに数件のプロジェクトで採用され、高い評価を得ています。今後も、社会のさまざまな要求や課題に応えながら、継続的にNSエコパイルを改良・更新していきます。

お問い合わせ先

建築・鋼構造事業部 鋼構造営業部

エコパイル営業室

TEL(0120)75-6052