

岩盤層における杭の最適施工方法の検討

戸田建設（株）

正会員

○菌部 直人

正会員

西山 桂司

正会員

鷺島 英之

正会員

木村 守貴

正会員

熊井 崇

1. はじめに

近年、着床式洋上風力発電施設では、風車の大型化や地質・地盤条件が与える影響を背景に、基礎設備の大型化が進み、その結果、基礎設備の施工手法の煩雑さが懸念されている。そこで、本検討では自然環境条件が比較的厳しい海域を想定した、作業船を用いた施工を通じて、岩盤層を支持層とする基礎設備の杭の最適な施工方法を検討する。

2. 検討条件

2-1 自然環境条件の設定

1) 水深条件

水深は、既往測量調査から得られたデータをもとに 30m と設定する。

2) 地質・地盤条件

地質・地盤条件は、既往土質調査で得られたデータをもとに整理する。表層から概ね 20m 以浅までを土砂層が連続的に堆積し、20m 以深からは N 値 100 程度の岩盤層（軟岩）が連続的に堆積することとする。

表-1 地質・地盤条件

地層種	層厚 (m)	N 値
砂質土	10.0	12
粘性土	10.0	4
岩盤層（軟岩）	-	100

2-2 ピンパイルの構造諸元

対象海域が水深 30m であることを考慮して、本検討ではジャケット式基礎として計画する。表-2 にジャケット式基礎のピンパイルの構造諸元を以下に示す。

表-2 ピンパイルの構造諸元

杭径		mm	3,000
板厚		mm	80
杭長		mm	51,500
杭頭（突出長）		mm	1,500
根入れ長	土砂層	mm	20,000
	岩盤層	mm	30,000

2-3 作業船舶

作業船舶は大型クレーンをデッキ上に搭載した、自己昇降式作業台船（想定稼働条件：波高 2.5m、周期 8s、風速 10m）（以後、SEP 船）を主とした施工を基本とする。

2-4 施工稼働率

施工稼働率の設定は、海域近傍で集計された過去 10 年分の全国港湾海洋波浪情報網（以下、ナウファス）データから、杭の施工で使用する SEP 船の稼働条件（波高、周期、風速）、各杭施工に必要な連続作業時間を満足するデータのみを集計する。

3. 検討手法

検討手法は、支持層が岩盤層（軟岩）であることを考慮し、中掘工法と打撃工法の 2 パターンで検討を実施する。

3-1 中掘工法

ケーシング天端にフォロワーをセットし、パイルグリッパーにより保持する。掘削機及び掘削ビットをセットし、配管を接続しながら、海底地盤まで降りし掘削する。掘削した土砂は DPS 付土運船（想定稼働条件：波高 2.0m、周期 8s、風速 15m）により、処分場付近の港まで運搬する。

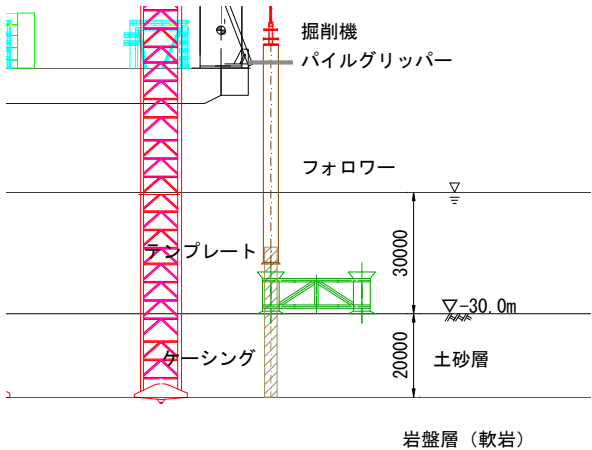


図-1 中掘準備（イメージ図）

キーワード

中掘工法、打撃工法、静的抵抗値

連絡先

〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2 丁目-8-5 TEL03-3535-1354

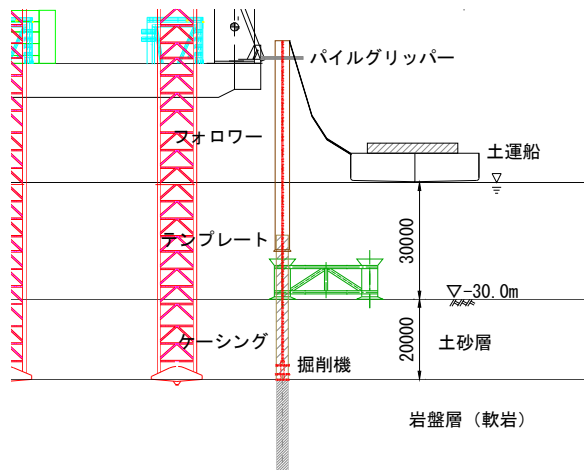


図-2 中掘（イメージ図）

3-2 打撃工法

打撃工法は、打撃時のピンパイルの静的抵抗値（周面摩擦 + 先端抵抗）から、打撃に必要なエネルギーを算定し、そのエネルギー出力を可能なハンマーを選定する。なお、解析の評価基準として、最大ブローカウント（回/25cm）が100以下であれば打撃可能と判断する。

表-3 評価基準

最大ブローカウント (回/25cm)	可否
0～75	条件付きで可能
75～100	可能
100～125	条件付きで可能
125以上	不可

4. 検討結果

4-1 各工法の適用可否

洋上施工において、低稼働条件の船舶が稼働率算定時に支配的になる。中掘工法では、掘削で発生した土砂を運搬する DPS 付土運船の稼働率を確保することが困難であった。一方、打撃工法では表-4 に示すように、S-500 ハンマーを用いて岩盤層（軟岩）で打撃可能という結果が得られた。

表 4 解析結果

最大ブローカウント	64 回/25cm
推奨ハンマー	S-500

4-2 再解析の検討

打撃解析結果より、打撃可能という結果が得られたが、国内外の既往プロジェクトでは岩盤層（軟

岩）への打撃工法を用いた施工について十分な実績を有していない。また、着床式洋上風力発電施設では、広域な海域に複数の施設を建設することが一般的なことを踏まえると、地盤の性質により解析結果への影響が懸念される。そのため、安全側となり得る以下の条件を追加して再解析を実施する。

○追加条件

・ 静的抵抗値算出の際、繰返打撃の反復的なエネルギーの伝搬による土質劣化、ひいては「貫入しやすさ」を未考慮とする。

4-2 再解析 検討結果

再解析結果を表-5 に示す。「貫入しやすさ」を無視したことにより静定期抵抗値が増大し、同時に必要打撃エネルギーが増大した。その結果、当初解析で選定された S-500 よりも大きな S-800 ハンマーが必要となった。

表-5 再解析結果

最大ブローカウント	100 回/25cm
推奨ハンマー	S-800

5. おわりに

本検討では対象海域における局所的なデータをもとに、最適な杭の施工方法の比較を行った。詳細検討時には、各風車位置におけるより詳細なデータをもとに検討することが必要と考えられる。

参考文献

1) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 HP <https://www.nedo.go.jp/index.html>
2) 洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説（改訂版）
3) Terente, V.; Torres, I.; Irvine, J. and Jaeck, C. (2017). Driven pile design method for weak rock. Design of Piles in Weak Rock - follow up paper - SUT conference, London.
4) Stevens, R.S.; Wiltsie, E.A. and Turton, T.H. (1982). Evaluating pile driveability for hard clay, very dense sand, and rock. 14th annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, May 3-6