

DTH-SPT の試験的運用

川崎地質株式会社 ○竹内 翔, 三上 啓太, 井上 駿

1. はじめに

近年の洋上風力発電事業におけるボーリング調査は、モノパイル式と呼ばれる杭基礎の風車建設に向けて行われているものが多い。しかし今後は、より沖合での浮体式洋上風車の導入が増加し、それに向け檣上から 200m 以深の地層を対象とする長尺の掘削となることが予想される。調査で実施される標準貫入試験（JIS A 1219-2013）Standard Penetration test, SPT）は、トッププッシュ型の自動落下装置を用いるため、孔壁との摩擦などの様々な要因により、打撃エネルギーが孔底到達前に減衰している可能性がある。その結果、N 値の精度が低下し、支持層や工学的基盤の評価に影響を及ぼす恐れがある¹⁾。

今回は長尺のボーリング調査において、エネルギー減衰の問題を解決し得る、孔底打撃型のダウン・ザ・ホール SPT (DTH-SPT) を試験的に運用した結果について紹介する。

2. DTH-SPT について

図-1に示す通り、機器本体はロッドではなくワイヤーを介して昇降させ、孔底で打撃を行うことができる。機器が持つ特徴とそのメカニズムについて下記の2項目で示す。

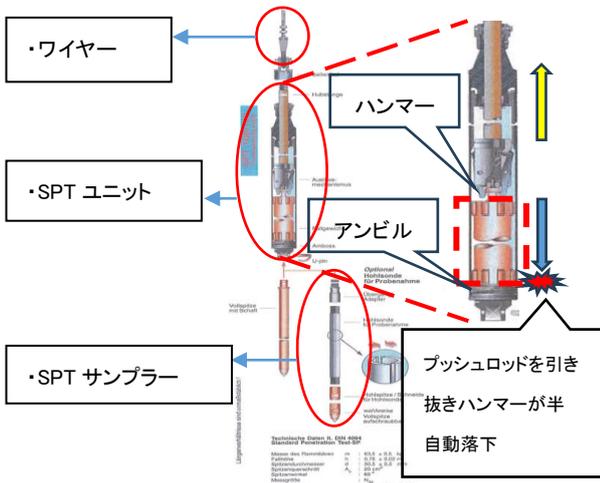


図-1 DTH-SPT の内部構造と落錘原理²⁾

(1) 内部構造

DTH-SPT は、ワイヤーラインによって実施する試験である。機器本体の構造としては、SPT ユニット、SPT サンプラーの大きく2つの部品から構成される。SPT ユニットにはハンマーが内蔵されており、内部は防水となっているため、ハンマーを気中で自由落下させることができる。下部の SPT サンプラーは、孔底地盤の N 値の測定と土質試料採取の役割を担っている。

(2) 落錘機構について

SPT ユニット内部のハンマー上部には、プッシュロッドが接続されており、接続したワイヤーを引き上げることでハンマーを落下させることが可能である。ハンマーが落下し、アンビルを打撃することで、下部の SPT サンプラー直下の地盤を打撃することができる。

3. 試験方法

DTH-SPT の試験には、図-2に示す通り、エアーウィンチ、コンプレッサーなど大きく5種類の機材を使用した。標準貫入試験を行う1サイクルの手順を、図-3に示す。

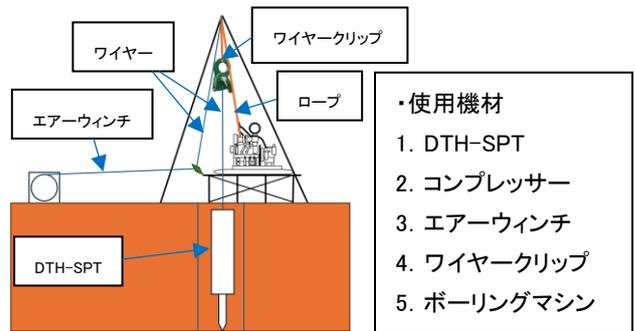


図-2 作業イメージ図と主な使用機材

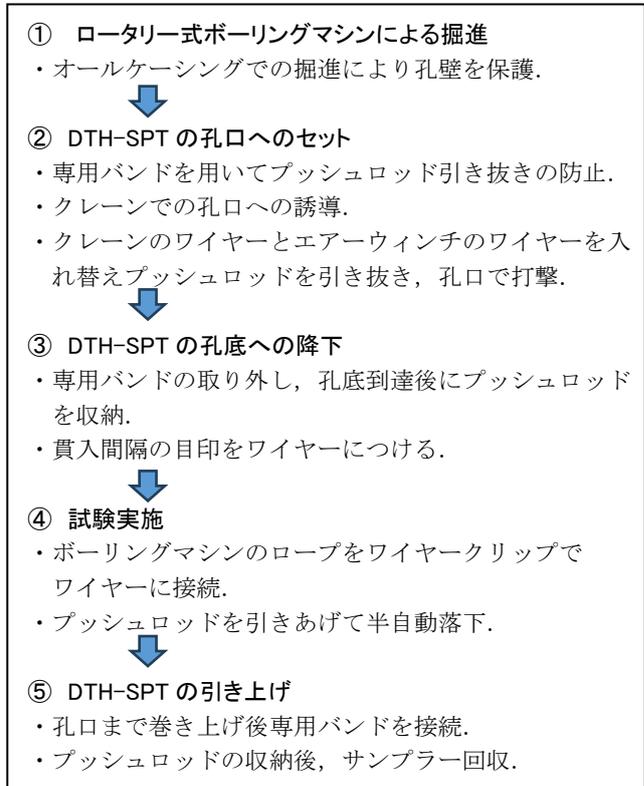


図-3 作業工程

4. 結果

(1) SPTとDTH-SPT の N 値比較結果

試験孔の特徴としては、表層にロームや有機物を含む盛土が堆積し、盛土以深は粘性土と砂質土の互層が続くような土層が見られた(図-4)。

今回 DTH-SPT により取得した N 値を、既存調査孔の SPT により取得した N 値と比較するため、式-1 から N 値の増減の割合を算出した。

2 孔の N 値を比較した結果、DTH-SPT で取得した N 値が SPT に比べ、全体で約 16.5% 高い傾向にあった。

$$R_N = (N_2 - N_1) / (N_2 + N_1) \quad \dots \text{式-1}$$

ここで、 R_N : 2 孔の N 値増減の割合
 N_1 : SPT で採取した N 値の総計
 N_2 : DTH-SPT で取得した N 値の総計

(2) 運用上の問題点について

実際に作業を行うことで運用上での問題点を把握し、大きく4つの点に着目した。

① SPT サンプラーのアダプターについて

SPT サンプラーのアダプターにゴムバンドが付随しており、サンプラー内の試料落下を防止する、逆止弁としての役割を果たしている。試験実施時にこのゴムバンドが破れる事態が度々発生した。こういった細かい機器トラブルが、作業に時間を要する要因の1つである。

② 専用バンドのピン差込口について

専用バンドは、写真-1の通り、ピンでプッシュロッドの上部と SPT ユニットを固定するものだが、プッシュロッドを数mm引き抜いた状態でのみ差込口にピンが通過する構造になっているため、エアウィンチでの細かい引き抜きの調整が必要である。

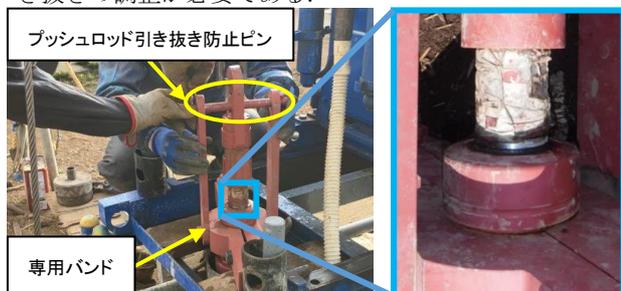


写真-1 DTH-SPT の専用バンド接続状況

③ DTH-SPT の危険性

DTH-SPT は、総重量約200kgと重いため、運搬等作業工程ごとに時間を要し危険度も大きい。孔口への DTH-SPT セット時も、地上で打撃を行うため、仮設足場やその他さまざまな機器にも負担を強いることとなる。そのため

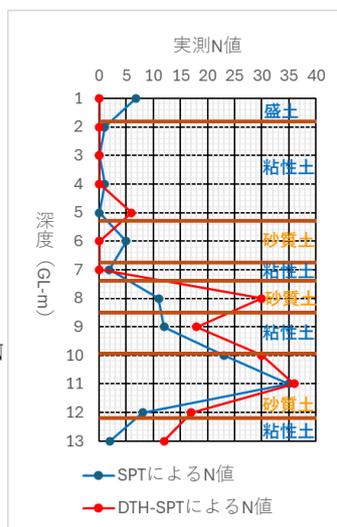


図-4 SPT と DTH-SPT の N 値深度分布

機器類の破損や作業員の怪我のリスクが増加する。

④ 貫入量の確認について

エアウィンチで DTH-SPT を孔底まで降下させた際、ワイヤーに印をつけ貫入量の確認を行ったが、この作業についても毎試験ごとに行うため作業に時間を要する。

これらの結果を踏まえ、5節(2)では、作業効率の向上と、DTH-SPT 本体の改善点を列挙する。

5. まとめ

(1) N 値の考察

今回の DTH-SPT による試験深度は、約13m までと浅層でのデータ採取になったが、既存調査孔と近似的な傾向を持つデータが得られた。今後は DTH-SPT の改良と共に、運用実績を伸ばしデータ量を蓄積し、SPT と DTH-SPT の N 値を比較することで、より高精度な N 値を取得し、洋上風力発電事業における長尺のボーリング調査において、1つの提案材料として活用できると考えられる。

(2) 運用上の改善案

4 節(2) で記述した問題点の改善方法を提案する。

① SPT サンプラーのアダプターについて

国内規格のものと同様ボールを内蔵した SPT サンプラーへの改良を行うなど、付属する細かい部品を、利便性を考慮したものに作り替えることで、部品の破損による手間を排除する。

② 専用バンドのピン差込口について

専用バンドのピン差込口の孔を拡張することで、プッシュロッドを完全に押し込んだ状態でのピンによる固定を可能にする必要がある。

③ DTH-SPT の危険性

ワイヤーではなくロッドを用いることで、ロッドを半回転させ孔底でプッシュロッドの昇降、固定を行い、孔口での打撃作業を無くすなど、ワイヤーライン以外での DTH-SPT の運用方法も考えられる。このように危険作業を排除するために作業手順と使用機材を再検討する余地がある。

④ 貫入量の確認について

貫入量の確認については、ワイヤーカウンター等を利用することで、簡易的に貫入量を確認できるようにする。

①~④で述べたように DTH-SPT 本体、周辺機器の改良を図ることで作業効率と安全性を確保し、今後の洋上風力発電事業におけるボーリング調査において、より沖合の長尺孔での実用化が可能と考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) 一社) 関東地質調査業協会：我が国における標準貫入試験の利用実態と留意点, pp1-11, 2021
- 2) DTH-Down The Nordmeyer, (最終閲覧日 2024. 5. 28)
http://www.nordmeyer.nl/membersonly/SPT_english.pdf