

DTH-SPT の N 値評価と課題の解決策

川崎地質(株) ○稲吉 隆太郎, 井上 駿, 三上 啓太, 竹内 翔, 柴田 好晴

1. はじめに

近年、洋上風力発電事業における大深度でのボーリング調査が急増している。大深度で標準貫入試験 (SPT) を実施する際、ケーシングとロッド等の摩擦の影響により、打撃エネルギーが減衰し、N 値か過大評価される可能性がある¹⁾。我々はエネルギー減衰が N 値に及ぼす影響について研究を進めており、その一環として、孔底打撃型である Down The Hole-SPT (以下、DTH-SPT)²⁾ を試験の運用してきた。

今回、JIS 規格の SPT ((JIS A 1219-2013) Standard Penetration test, SPT) と DTH-SPT の両方から得られた N 値の比較を行った結果と DTH-SPT 運用上の課題と解決策についてまとめる。

2. DTH-SPT とは

DTH-SPT は孔底打撃型のツールであるため、トッププッシュ型である JIS 規格の SPT に比べ、エネルギー減衰が少ないと考えられ、大深度での N 値は小さくなる。

DTH-SPT の内部構造は、図-1 にあるように、大きく SPT ユニットと SPT サンプラーに分けられる。SPT ユニットは完全防水であり、ハンマーが内蔵されている。ハンマーはワイヤーとつながっているプッシュロッドに接続されており、ワイヤーを引き上げることで打撃を可能としている。

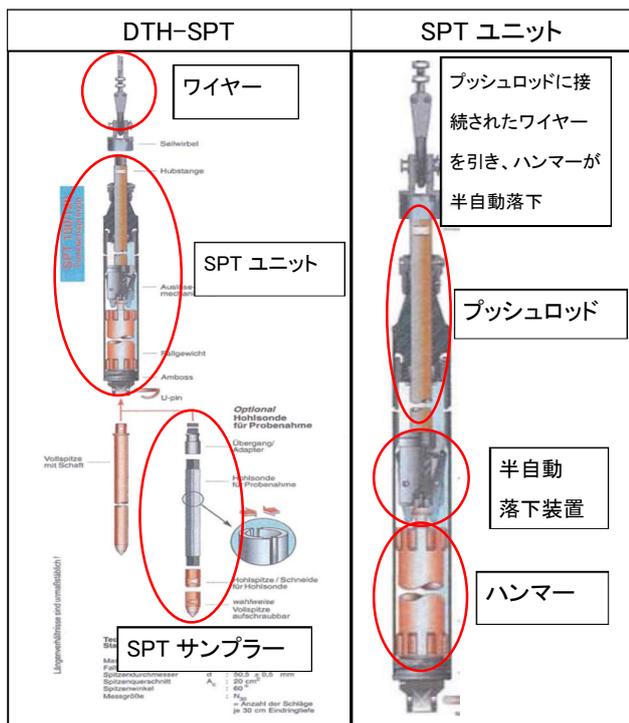


図-1 DTH-SPT の内部構造

3. 試験概要

(1) 試験条件

JIS 規格の SPT と、DTH-SPT を、GL-10.00m から 1m 毎に SPT を実施した。

(2) 試験方法

DTH-SPT の試験実施方法について、ロータリー式のボーリングマシンを使用してオールケーシングで掘進した。掘進後、ワイヤーラインにて 1m ごとに貫入試験を実施した。

4. 結果

調査地の土質としては、所々で粗砂を混入するシルト質微細砂が層厚 10m ほどあり、その下層には粘性が小さい粘土が層厚 1m ほど存在する。それ以深は細砂となっている。

図-2 に本調査で得られた N 値の深度分布図を示す。なお、GL-20.00m 以深は、DTH-SPT の N 値が非常に大きくなり、SPT サンプラーを点検したところ、接続部に変形がみられたため、調査を中止し、GL-20.00m 以深は異常値と判断した。

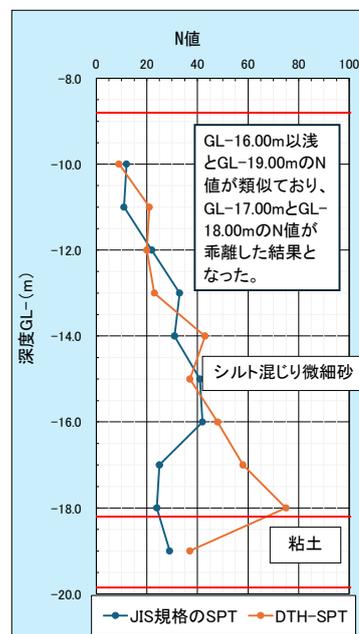


図-2 本孔と別孔の N 値深度分布図

JIS 規格の SPT と DTH-SPT を比較すると、GL-16.00m 以浅の N 値と GL-19.00m の N 値は比較的類似した結果となり、GL-16.00m までの平均値は JIS 規格の SPT が 27 回/30cm、DTH-SPT が 28 回/30cm であった。GL-19.00m の N 値は JIS 規格の SPT が 29 回/30cm、DTH-SPT が 37 回/30cm であった。

GL-17.00m と GL-18.00m の N 値は乖離した結果となり、平均値は JIS 規格の SPT が 24 回/30cm、DTH-SPT が 66 回/30cm であった。

図-3 に JIS 規格の SPT の N 値と DTH-SPT の N 値の相関図を示す。類似した N 値の相関式は $y=1.06x$ となっており、類似した N 値の相関性は高いことが伺える。乖離した N 値の相関式は $y=2.70x$ となっており、乖離した N 値の相関性は低いことがはっきりと分かった。

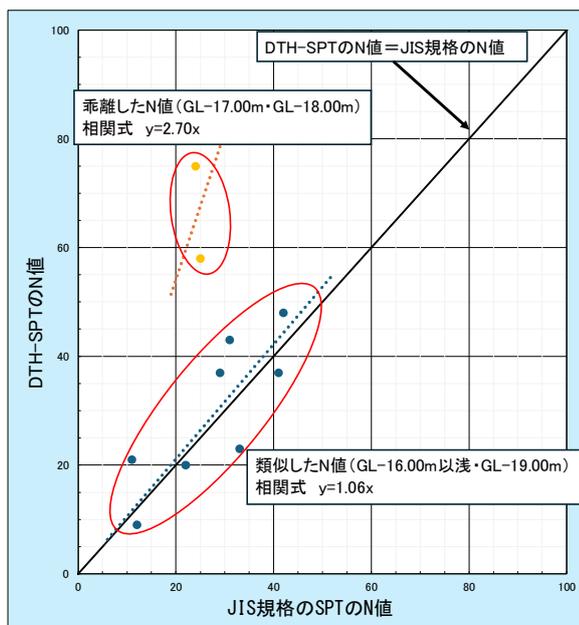


図-3 JIS 規格の SPT の N 値と DTH-SPT の N 値の相関図

5. 考察

(1) 類似した N 値の考察

本来、DTH-SPT は JIS 規格の SPT よりも N 値が小さくなるはずだが、今回は浅層の GL-19.00m までの調査であるため、JIS 規格の SPT でもエネルギー減衰はなく、類似した結果となったと考えられる。このことから、DTH-SPT の GL-16.00m までの N 値と GL-19.00m の N 値は正常値であると判断する。

(2) 乖離した N 値の考察

JIS 規格の SPT と DTH-SPT 乖離した結果となった深度について、シルト混じり微細砂層の中で、急激に乖離していることから、N 値の乖離は土層の問題ではなく、DTH-SPT の運用に原因があると考察する。以下に考えられる原因を3点挙げる。

- ①孔曲がりによる DTH-SPT と孔壁の接触
- ②DTH-SPT が斜めに設置されたことによる孔壁との接触
- ③サンプラー接続部の変形

この3点の中で、①と③が原因であるとするならば、一部の N 値が乖離するのではなく、継続的に N 値が乖離すると考えられるため、GL-17.00m と GL-18.00m のみで、②の現象が起り、N 値が乖離したと考える。

6. DTH-SPT の改良案

②の問題を解決すべく、DTH-SPT を孔内に垂直に設置できるようにするため以下の改良を施す必要がある。

図-4に改良案のイメージ図を示す。

(1) ラッチさせる機構の作成

SPT ユニット上部に DTH-SPT をラッチできるように「ハネ」を取り付け、さらに専用のケーシングパイプを作成することで設置後、DTH-SPT が孔底直前で、静止できるようになる。

(2) SPT サンプラーを SPT ユニットに内蔵

ユニット内部にサンプラーを内蔵し、打撃を加えるとサンプラーのみが動く構造にすることで、ラッチさせながら試験を行うことが可能となる。

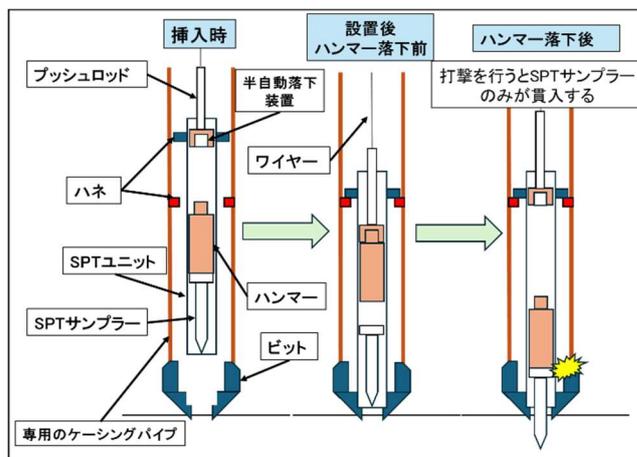


図-4 改良後のイメージ図

7. 今後の課題

現在日本では SPT で得られた N 値が重要視されており、大深度ボーリング調査でエネルギー減衰の懸念がなく N 値を採取できる手法として DTH-SPT を提案するためには、大深度において DTH-SPT の有効性を示す必要がある。

有効性を示すために、まずは DTH-SPT を運用する上で、前述した改良案を施し、常に DTH-SPT が正常に作動させることができるようにすることが先決である。現状、データ数が少ないため、改良を施した DTH-SPT を運用して多くのデータを採取し、得られたデータから DTH-SPT のキャリブレーションを行い、JIS 規格の SPT との比較を継続していく。

DTH-SPT で多くのデータを採取する上で、JIS 規格の SPT ではエネルギーが減衰しやすい大深度で試験的に運用を行わなければならない。また大深度での試験にて JIS 規格の SPT でエネルギーの減衰があると考えられた場合、JIS 規格の SPT の試験時にエネルギー減衰を測定し、N 値の補正を行い、同地点で採取された DTH-SPT の N 値と比較も試みる。

今後、ドリルシップ等の洋上での運用を行っていきたいが、現状弊社のみでは限界があるので、共同研究や発注者に提案を行い、洋上での運用を目指す。

《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 2025.5.19)
[SPT_english.pdf \(nordmeyer.nl\)](https://www.nordmeyer.nl/SPT_english.pdf)