

# 洋上の地質調査における N 値補正に関する考察

川崎地質株式会社 ○井上 駿, 川井 康右, 長谷川 理, 外川 泰利

## 1. はじめに

今後の洋上風力発電施設のボーリング調査では、櫓上から 200m 以深の地層を対象とするなど、より水深が深い沖側に向かって長尺となることが予想される。調査で実施する標準貫入試験（(JIS A 1219-2013) Standard Penetration Test, SPT）は、63.5kg±0.5 kgのハンマーを 750mm±10mm の高さから自由落下させてロッド頭部のアンビルを打撃することにより、ロッド先端部の SPT サンプラーが地盤に 300mm 貫入するまでに要した打撃回数 N 値を測定する原位置試験である。

しかし、標準貫入試験は、いわゆるトップブッシュ型の試験であるため、孔壁との摩擦など様々な要因により、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しかねない<sup>1)</sup>。今回は、長尺のボーリング調査において、N 値のエネルギーを補正した方法について考察する。

## 2. 標準貫入試験の打撃エネルギーについて

標準貫入試験は、図-1に示すように、「ハンマーが持つ位置エネルギー」が「運動エネルギー」に変換され、最終的には、「打撃エネルギー」としてロッドを介して、孔底の SPT サンプラー先端への「伝達エネルギー」で地盤に貫入している。従来は、この「位置エネルギー」が、孔底の SPT サンプラー先端まで到達しているものとして、N 値を評価しているの、

$$E^* = E_1 = E_2 = E_3 \quad \dots \text{式-1}$$

となる。しかし、地盤条件に限らない様々な要因により、エネルギーの減衰が生じることで、全てのエネルギーが SPT サンプラー先端まで到達していないことが考えられる。

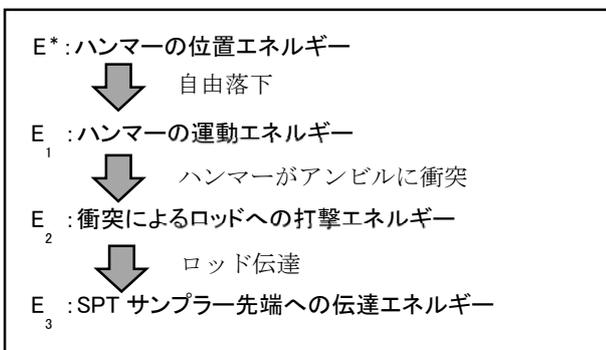


図-1 標準貫入試験のエネルギー伝達

## 3. エネルギーが減衰する要因について

$E^* \sim E_3$ の過程で考えられるエネルギー減衰の要因を以下にまとめた。

### ① $E^* \sim E_1$

・ハンマー落下中のガイドロッドとの摩擦による減衰

### ② $E_1 \sim E_2$

・アンビル衝突時の振動や変形による減衰

### ③ $E_2 \sim E_3$

・ボーリング孔の屈曲や、ロッドの振動・変形によってロッドと孔壁が接触等をする事による減衰

①～③のエネルギー減衰の要因を図-2に示す。

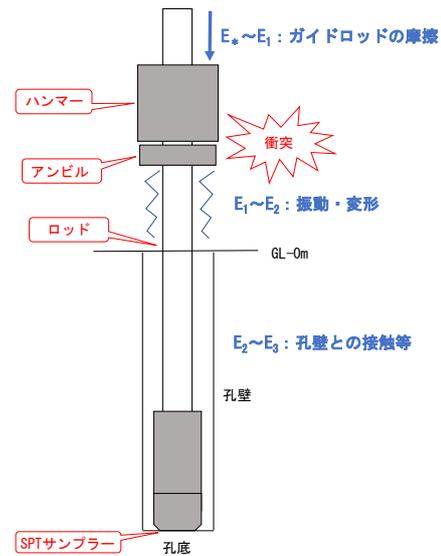


図-2 エネルギー減衰の要因概要図

今回は、③ $E_2 \sim E_3$ のエネルギー減衰の評価方法について考察する。

## 4. エネルギー減衰の評価方法

エネルギー減衰の測定には、SPT アナライザー（写真-1）を使用した。エネルギー減衰がない場合、ハンマーとアンビルが衝突した際の下降応力波に対して、一定時間後に上昇応力波が反射する（図-3）。しかし、ロッドと孔壁が接触等をした場合、下降応力波に対して、上昇応力波が孔底に到達する前にその都度反射する。そのため、下降応力波と上昇応力波の間に波形の高まりが生じる（図-4）。これをエネルギーの減衰として評価した。



写真-1 SPT アナライザーと測定装置

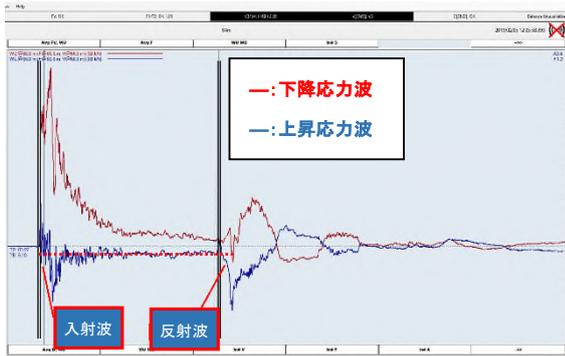
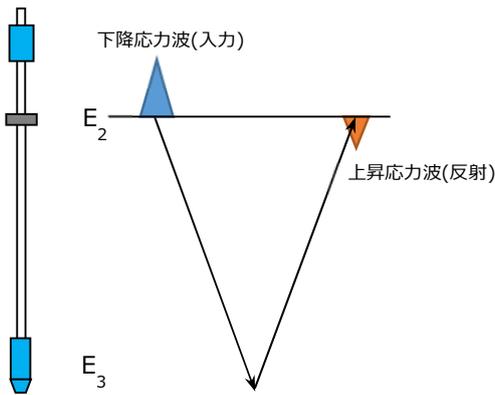


図-3 エネルギー減衰がない応力波

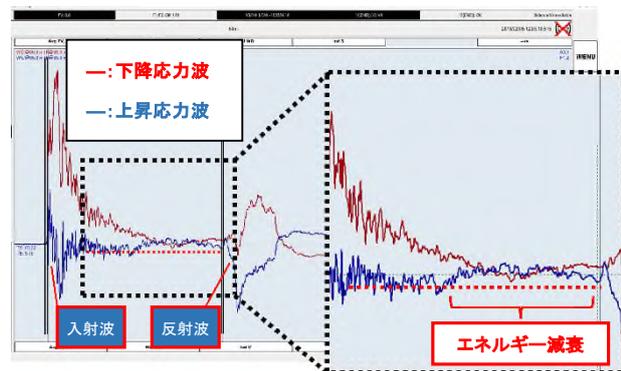
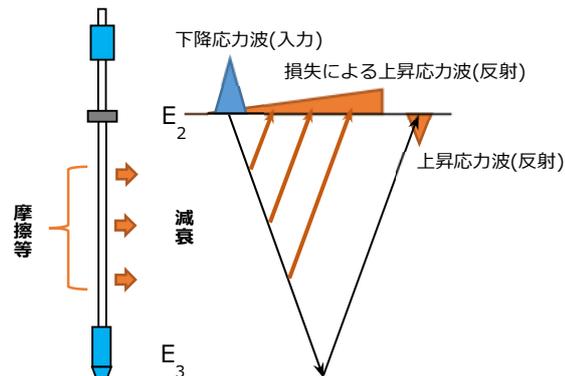


図-4 エネルギー減衰がある応力波

## 5. 測定結果

測定の結果、一部の深度で図-4にみられるようなエネルギー減衰が確認された。減衰がみられた N=27/30の砂層で、27回の打撃回数に対して、10回分の打撃で減衰が確認された。この10回分それぞれの減衰率が概ね20%程度だったため、その減衰率を測定回数分の27回で平均し、

その結果を平均値 (avg) とした。

結果は、以下のとおり。

$$\text{平均値 (avg)} = e3 = 93 (\%)$$

## 6. N 値の補正方法の提案

ここで安全側を考慮した N 値の補正方法を提案する。e3と半自動落下装置を使用した場合の  $E^* \sim E_2$  のエネルギー減衰を考慮した打撃効率 (e12) <sup>2)</sup> を用いて、伝達効率 (e) を求める。

$$e = e3 \times e12 \quad \dots \text{式-2}$$

$$= 0.93 \times 0.84 = 0.78 = 78 (\%)$$

ここに実測 N 値 = 27 を用いて補正 N 値を求める。

$$\text{補正 N 値} = e \times \text{実測 N 値} \quad \dots \text{式-3}$$

$$= 0.78 \times 27 = 21$$

$$\text{補正 N 値} = 21$$

これらの式を用いることにより、トッププッシュ型である標準貫入試験の実測 N 値を過大評価することなく、補正 N 値を用いて、より安全側に評価することができると考えられる。

## 7. 今後の課題

補正 N 値の精度を高めるためには、下降応力波と上昇応力波の測定・解析をさらに増やしてデータを収集することが不可欠である。データを収集することによって、深度・土質等に適した精度が高い補正 N 値の提案をすることができると考えられる。

## 8. おわりに

現在、CPT を主体としている海外事業者からの N 値の信頼性は、必ずしも高いとは言えない。そのため、日本国内で主体としている標準貫入試験を洋上風力発電事業で生かしていくためには、海外事業者に対して、N 値の信頼性を得なければならない。

また、国内では、設計基礎がモノパイル式から、浮体式に転換していくため、調査海域の水深もこれまで以上に深くなり、より長尺となる。そのなかで、標準貫入試験を実施するにあたり、より精度が高い補正 N 値の提案をすることで、設計基礎の施工に対して、リスクを軽減することができると考えられる。

## 《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) 一社) 日本建築学会：建築基礎設計のための地盤調査計画指針, p. 195, 1997