

## 超音波式ボアホールスキャナ計測データと弾性波速度等との比較検討事例

(株) レアックス      ○佐高 裕之、向井 和行、喜多 淳滋  
(株) ドーコン      山田 司

## 1. はじめに

超音波式ボアホールスキャナは、光学式ボアホールスキャナでは測定困難な濁水条件下において、ボーリング孔壁を画像化する検層ツールとして利用されている。

一方、その計測により、反射強度と反射時間の数値データを取得できることに着目し、ボーリング孔壁の地盤評価に活用しようとする試みも行われてきている<sup>1)、2)</sup>。

本報告は、堆積岩を対象に取得した、超音波式ボアホールスキャナ計測データについて、弾性波速度等の他の物性値と比較検討を行なうとともに、岩盤の硬軟評価を試行した事例である。

## 2. 超音波式ボアホールスキャナの概要

計測に使用した機材は、孔内画像化装置 BIP-V システムの超音波孔壁画像検層装置 (USS) <sup>3)</sup> である。本装置は、1.0MHz の超音波を360° 円周方向に回転させながら発信し、反射波の強度と反射到達時間の2つのデータを取得できる (図-1)。

このうち、反射強度は反射波の振幅をデータ処理した指標で、孔壁の硬軟や孔内水の状況に依存されるパラメータである。本報告では、反射波の振幅の大きさをゲイン調整して0~255の範囲で数値化し、360° のデータを平均した相対反射強度に着目して検討した。

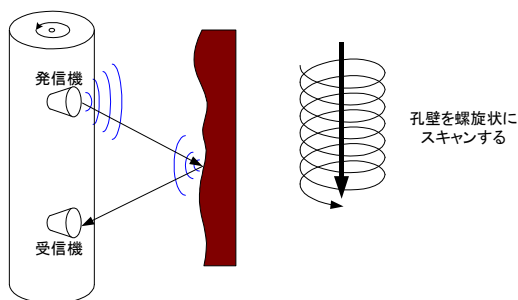


図-1 超音波式ボアホールスキャナのデータ取得イメージ

## 3. 対象地盤とデータ取得の概要

超音波式ボアホールスキャナ計測は、北海道日高地方で掘削した2地点 (A 地点、B 地点) の鉛直ボーリング孔で実施した。岩盤部を計測対象とし、分布する岩種は両地点とも新第三紀の堆積岩 (主に砂岩泥岩互層) である。

計測は、深度方向に0.5mm ピッチ、円周方向に1° ピッチでデータを取得した。孔内水の条件による影響を少なくするため、両地点とも清水条件下で計測した。

今回、光学式ボアホールスキャナ計測も合わせて行なった。図-2にその孔壁展開画像の例を示すが、砂岩と泥岩の地層境界が80~85° 程度の傾斜を成す地盤である。

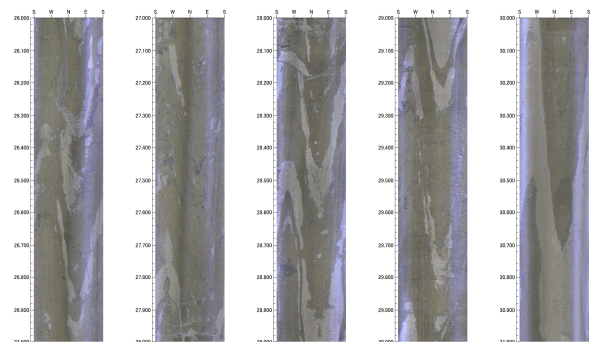


図-2 光学式計測による孔壁展開画像の例 (B 地点)

## 4. 相対反射強度と岩石試験データとの比較

反射強度は孔壁の硬軟に依存されるパラメータである。安富ほか<sup>2)</sup>によると、反射強度と岩石試験による P 波速度、S 波速度の間には正の相関が確認されている。今回、取得したデータについても、比較検証を行なった。

なお、比較に用いる相対反射強度は、岩石試験試料を採取した30~35cm の区間の平均値とし、岩石試験データは P 波速度、S 波速度、圧縮強度とした。

相対反射強度と P 波速度、S 波速度、圧縮強度との関係を図-3に示す。岩石試験データの取得レンジは P 波速度で0.11km/sec、S 波速度で0.06km/sec、圧縮強度で3.12MN/m<sup>2</sup>といずれも小さく、今回の取得データでは、相関性を言及するには至らなかった。

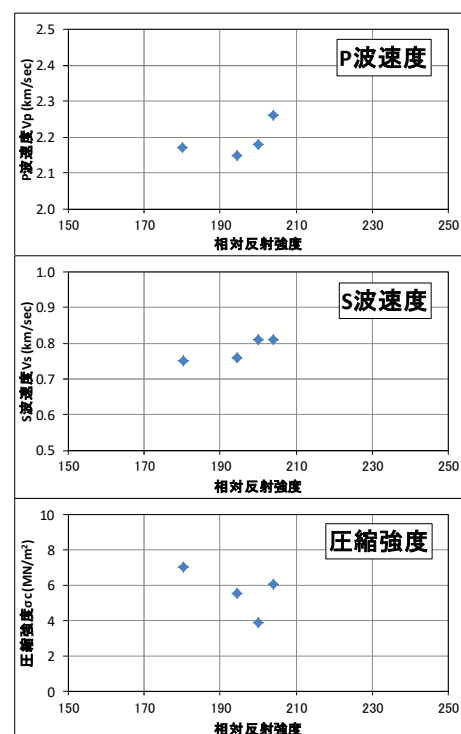


図-3 相対反射強度と岩石試験データの関係

## 5. 孔内検層データとの比較による岩盤評価の試み

既往文献<sup>2)</sup>で相対反射強度と岩石試験によるP波速度との間に正の相関が認められているため、速度検層から求めたP波速度についても同様の関係性が成り立つと想定し、超音波式ボアホールスキャナ計測データをもとに計測区間の岩盤評価を試みた。

ここで、速度検層によるP波速度は、岩石試験のそれと異なり地中に連続分布する岩盤の評価指標となる。このため、割れ目分布もP波速度に影響を与える要素の一つであることから、光学式ボアホールスキャナ計測結果より得られた割れ目分布をP波速度分布図に並記した(図-4、5)。

なお、一般に割れ目は反射強度が弱い点として検出されるが、ここで採用する深度10cm区間の360°平均値では割れ目の影響はごく小さいものとし、本稿では反射強度を当該区間の岩盤硬軟の指標とみなして考察した。

### (1) A 地点

A地点の速度検層では、深度23mを境に以深のP波速度が増大している。これに対し、相対反射強度の区間平均値は170~230程度の範囲にばらつき、深度方向での明瞭な増加は認められない。よって、一見、相対反射強度とP波速度には関係性が無いように思われる。

一方、割れ目分布図によると、深度22.5m付近を境にそれ以浅では割れ目本数が増加する。これは、P波速度の変化とほぼ整合している。

以上から、本地点では、対象区間の岩盤は深度方向での硬軟の差は小さく、P波速度の変化は割れ目の頻度に起因するものと推測される。

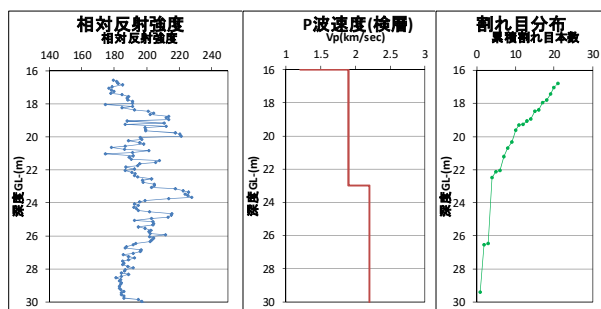


図-4 相対反射強度とP波速度、割れ目分布との関係(A地点)

### (2) B 地点

B地点の速度検層では、深度21mを境に以深のP波速度が増大している。相対反射強度の区間平均値は140~220程度の範囲に分布し、深度が増すにつれ増加する傾向が見られる。すなわち、相対反射強度とP波速度は、深度方向に類似した分布傾向があり、この両者に正の相関性が示されたものと考えられる。

また、割れ目分布図によると、深度21m付近を境にそれ以浅では割れ目本数が増加する。これは、上記の相対反射強度やP波速度の変化と整合している。

以上から、本地点では、対象区間の岩盤は深度が増す

につれ硬質となり、深度21m付近以浅では割れ目頻度の多さも相まって、以深に比べて低いP波速度が示されたものと推測される。

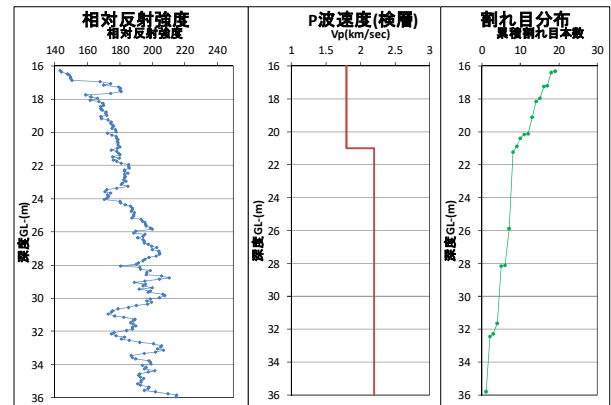


図-5 相対反射強度とP波速度、割れ目分布との関係(B地点)

## 6. まとめ

北海道日高地方の2地点(A地点、B地点)の堆積岩を対象に、超音波式ボアホールスキャナで取得した相対反射強度について、岩石試験データと比較検討を行なった。

その結果、今回得られた岩石試験データは取得レンジが小さく、既往文献<sup>2)</sup>で示された各データ間の正の相関性を言及するには至らなかった。

また、孔内検層によるP波速度データや光学式ボアホールスキャナ計測による割れ目分布との比較から、2地点の岩盤評価を試みた。

その結果、これら3つのデータを総合的に解釈することで、岩盤の硬軟評価に関する知見が得られ、超音波式ボアホールスキャナの岩盤評価への活用性が示された。

## 7. 今後の課題

今回、比較検討に使用したデータは、その絶対数が少ないことや、物性値の分布レンジが小さいこと、岩種のバリエーションに欠くことなどの問題点がある。

今後は、様々なサイトで強度や岩種の異なるデータを収集し、超音波式ボアホールスキャナ計測データと他の物性値との相関性について補完したい。

また、地盤評価という点でも検討事例を蓄積し、今後、超音波式ボアホールスキャナが、岩盤の硬軟評価の補助ツールとして活用できるよう、検証を進めていきたい。

## 《引用・参考文献》

- 1) 佐藤伸哉・勝島尚美:「超音波ボアホールスキャナーによる地盤評価事例」、全地連技術 eフォーラム2009論文集、論文 No.077、2009.9
- 2) 安富宏和ほか:「超音波反射強度を用いたボーリング孔壁強度の推定」、日本応用地質学会研究発表会講演論文集、pp.129-130、2015
- 3) 株式会社レアックス:技術資料(パンフレット)