

ハンドドリルを応用した掘削体積比エネルギーに基づく坑内岩盤強度測定器の開発

西松建設株式会社 正会員 ○平野 享, 山下 雅之, 石山 宏二
 東京大学 正会員 福井 勝則

1. 開発目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、処分坑道の建設から閉鎖するまでの期間、また、必要により閉鎖後の期間も含めて、長期にわたる処分坑道周辺岩盤の力学的安定性を評価しなければならない。評価方法の一つとしてクリープや応力緩和などの時間依存性挙動を統一的に扱える力学モデルの応用が検討されている¹⁾。当該モデルの利用には破壊限接近度（一軸応力状態では一軸圧縮強度で正規化した応力レベル）を知る必要があるが、岩盤の力学的不均質性を踏まえると、原位置の岩盤強度を測定に基づいて決定することが課題となる。そこで、ハンドドリル（ロータリーハンマータイプ）を用いてさく孔時における掘削体積比エネルギーを測定し、破壊限接近度の評価に必要な岩盤強度を評価する手法²⁾に着目した。本報告は、その手法を応用した硬質な結晶質岩用岩盤強度測定器の開発のための基礎的検討について述べたものである。

2. 測定原理

ハンドドリルを用いた掘削体積比エネルギー E_d はハンドドリルの消費電力量 W をさく孔体積で除した値である。ハンドドリルは無負荷状態でも動作すれば電力を消費するのでこれを W_0 とおき、正味のさく孔に要した掘削体積比エネルギーを $E_d = (W - W_0) / \text{さく孔体積}$ から求めることにした。さく孔中のハンドドリルは単一のモーターを駆動源として回転と打撃が複合した動作をしている。 W_0 を回転動作だけの（打撃を消費分として考慮する）場合と回転と打撃が複合する（打撃を消費分として考慮しない）場合から二種類の E_d を評価することにした。掘削体積比エネルギーは、岩盤特性を一定として掘削ツール間の掘削能を比較する指標³⁾ であるが、掘削能は岩盤特性の影響も受けるので逆にツールを一定とすれば岩盤特性（ここでは岩盤強度）を推定可能と考えたのが本手法の測定原理である。

2. 岩盤強度測定器の仕様

開発する岩盤強度測定器は、広く知られた岩盤強度測定法の一つであるシュミットハンマー並みの扱い易さが得られるものとしていた。そこで測定のためにハンドドリルを治具等で岩盤に固定することは避け、手持ちで操作することを条件とした。手持ち操作のため、大きく変動し得るさく孔パラメータ（回転数または打撃数、回転トルク、押付力）をリアルタイムに把握する工夫が必要と考えられる。ここで「回転数または打撃数」とあるのは、用いたドリルの型式では回転数 $\propto$ 打撃数の構造であり独立な値はどちらか1つであることを示す。ハンドドリルは整流子モーターで駆動されるので回転トルク $\propto$ 消費電力として測定可能と考えられる。押付力は打撃回転するドリル周辺での測定は造作が難しく、操作者が把持する位置の反力で測定することを考えている。具体的には、ドリルのハンドグリップに仕込んだロードセルで反力を測定することが最も現実的と考えている。以上を踏まえた設計イメージを図-1に示す。

3. 室内実験によるさく孔パラメータの検討

設計の参考として、ハンドドリルのさく孔パラメータ間の関係と既往測定例²⁾ の再現性確認、また、ハンドグリップでの反力測定の実現性を確認するための室内実験を行なった。実験装置の概要を図-2に示す。この実験装置は試験体を含めて前述の既往測定例と同一のものである。実験方法についても準拠したが、さく孔深さが一定長さ（約10cm）になるまでデータを採取し続けるように変更した。これは岩石が硬くてさく孔長が短いと変動が大きくなるためである。

4. 室内実験の結果

図-3 (a) は、押付力に対するさく孔速度の関係を示すもので、今回の結果を既往の測定結果に重ねてある。赤と青で示す記号が今回の結果である。三城目安山岩と稲田花崗岩の2例について、押付力とさく孔速度の関係が既往の測定で認められた破線の関係に沿っており、これらの岩石では測定の再現性があると認められる。また、青で示す記号はハンドグリップのロードセルによる反力測定例である。ここでは簡易な確認としてロードセルをテープでグリップに固定し、把持する掌で覆うようにドリルを押付けてさく孔した。ロードセル値は表示のみとしたので、押付力としてこれを目標にさく孔し、実際押付力は台秤で記録した。押付力の目標は台秤測定（図の横軸）で 59(N)相当となるようハンドドリル重量分 30(N)を引いた 29(N)である。図から、鉛直下向きさく孔ではロードセル値を目標としても概ね良好に押付力が設定されたと考えられる。

図-3 (b) は押付力に対するドリルの消費電力の関係である。再現性やロードセル使用時の押付力について (a) と同様のことが認められる。なお、2項で述べたように W_0 の求め方が二つあるため、図ではその両方を示してある。測定例の範囲において消費電力が岩種に拠らず押付力で決まっているのが特徴的である。この場合、後で示す E_d がさく孔速度だけで決まることになり、 W や W_0 の測定が必要となる E_d に拠らずとも、単に押付力とさく孔速度の測定だけで岩盤強度を判断することが可能と考えられる。

図-3 (c) と (d) は押付力に対する掘削体積比エネルギー E_d の関係である。(c) は打撃をさく孔のための消費分として考慮しない場合、(d) はそれを考慮する場合である。どちらか E_d を選ぶことによって押付力の変動に対する E_d 変動を小さく示すことができる。岩盤強度測定器（すなわち E_d 測定器）としての使い勝手を考えると、押付力に対する E_d 変動が小さい方が有利と考えられる。

5. まとめ

ハンドドリルを用いた岩盤強度測定器の基礎的動作原理を確認した。今後の課題は、本検討を踏まえた試作機を製作し、それを用いて試験体やさく孔方向を変化させた測定例を増やし、岩盤強度測定器としての実用性向上であると考えている。



図-1 設計イメージ

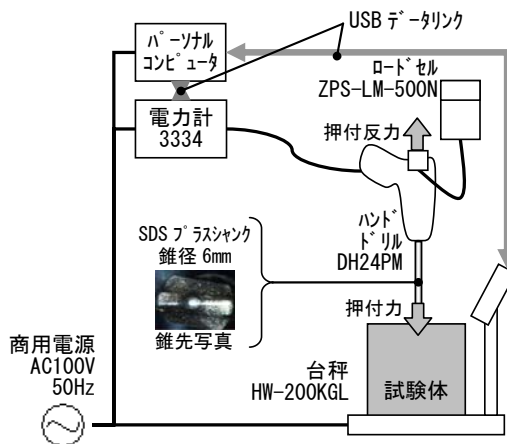


図-2 実験装置

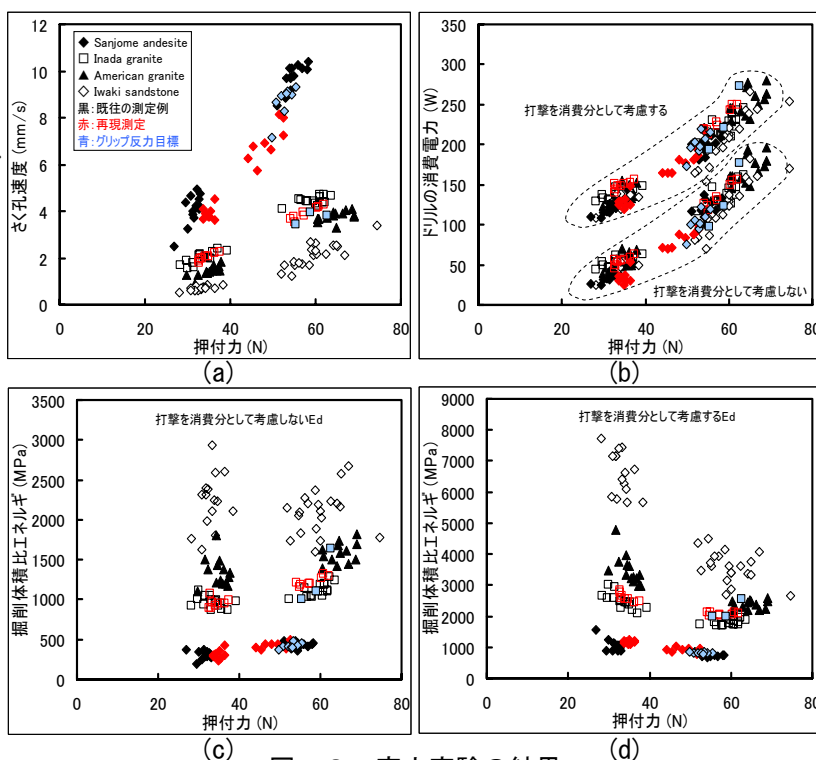


図-3 室内実験の結果

参考文献

- 1) 大久保誠介, 引間亮一, 平野享, 松井裕哉: JAEA-Research 2010-031 (2010)
- 2) 吉田智章, 福井勝則, 大久保誠介: 資源・素材学会春季大会講演要旨集(A), pp. 89-90 (2010)
- 3) 西松裕一: 日本鉱業会 合同秋季大会 分科研究会資料 L-5 (1972)