

のり面工背面地山の劣化度評価を目的とした簡易調査法の現地試験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○深野 雄三 正会員 高柳 剛
正会員 飯久保 雄太

1. はじめに

吹付モルタル・コンクリート工が施工されている切土のり面において、経年に伴う変状や崩壊が発生することがある。こうした切土のり面の健全性を評価するためには、のり面工背面の地山の風化状態を把握することが重要である。鉄道沿線の膨大な数の斜面を対象とした場合には、簡便な調査に基づく評価手法が求められる。筆者ら^{1) 2)}は、岩の風化程度を表す指標である弾性波速度（P波） V_p （以下、 V_p という）と、岩の強度推定手法の一つである掘削体積比エネルギー（ J/m^3 ）（以下、 SE という）に着目して、両者の組み合わせによる地山劣化度の評価手法を検討している。本稿では、鉄道沿線の複数個所で現地試験を実施し、実際の切土のり面における両試験の適用性を確認し、得られた V_p 、 SE を既往の室内試験結果^{1) 2)}と併せて整理した。

2. 試験概要

現地 V_p 試験の概要を図1に示す。本試験はのり面工および背面地盤をハンマドリル（φ25mm）にて削孔後、孔内の底部および地表面に加速度計（RION PV-95）を設置してカケヤによりのり面工を打撃し、地表面および孔内に設置した加速度計が感知した加速度計波形の初期の立ち上がりの時間差 Δt （図2）と加速度計設置深度 L との関係から V_p を算出する。 V_p の算出にあたっては、孔内加速度計の設置深度を同じ孔内で異なる3点に変化させて計測を行い、走時差と深度の関係における3点の相似直線から V_p を算出した。3点の設置深度は、今回は斜面直角方向に地表面から0.2m、0.4m、0.6mを基本とした。なお、比較対象となる既往の室内試験結果については、一部に超音波縦波伝播速度による測定結果も含まれる^{1) 2)}。



図1 現地 V_p 試験概要

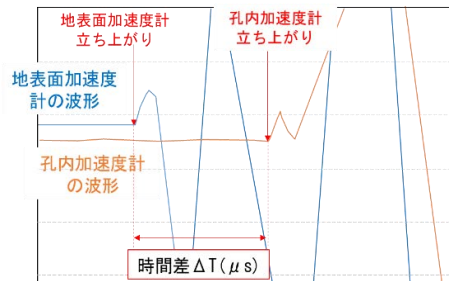


図2 時間差 Δt のイメージ

現地 SE 試験の概要を図3に示す。本試験ではドリルビット径φ25mmのハンマドリル（マキタ SDS-max HR4013C）を用いて、10cm掘削ごとの消費電力 W およびハンマドリルの押付荷重 P を計測した。消費電力 W は「AC/DC パワーハイテスタ」で、押付荷重 P はロードセル（東京測器 CLS-500NB）をハンマドリルのハンドルに3箇所取り付けすることで計測した。現地試験における押付荷重は100N

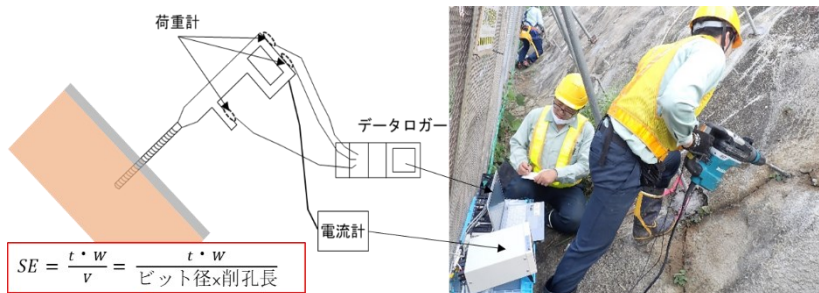


図3 現地 SE 試験概要

～150N を目標とした。 SE は掘削に消費した電力から無負荷状態の消費電力を減じた電力 $W(J/s)$ と穿孔時間 $t(s)$ の積を穿孔体積 $V(m^3)$ で除し算出した。また、掘削に要した時間と掘削深さの関係から10cm掘削ごとの平均掘削速度 v を算出した。なお、今回比較するデータとしては、のり面工の変状原因になる可能性が高いと想定される、最も地表面に近い深度10cm（のり面工厚さを除く）までを掘削した際の各種データを採用する。

キーワード 物理探査、弾性波速度、掘削体積比エネルギー、切土のり面

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 地盤防災 TEL 042-573-7263

3. 既往の知見と併せた現地試験結果の整理

表 1 現地試験結果

試験箇所	地質	勾配 (°)	ν (mm/s)	P (N)	SE (J/m ³)	V_p (m/s)	防護工
切土 a-1 回目	泥岩	50	50.0	94.4	2.66E+07	275.3	吹付工
切土 a-2 回目		50	50.0	120.3	6.42E+07		
切土 b	風化砂質泥岩	48	50.0	174.3	1.67E+06	786.3	吹付工近傍 素のり面
切土 c	泥岩	80	7.1	112.9	1.04E+08	430.0	切土のり面 下部土留擁壁
切土 d	火山岩 (なだれ堆積物)	45	12.5	185.9	2.67E+07	1120.0	吹付格子枠工
切土 e		50	6.7	115.2	8.61E+07	817.5	

表 1 に現地試験の結果を、図 4 に
現地試験結果に既往室内試験結果
1), 2) を合わせた SE と V_p の関係を示
す。同図内の花崗岩および砂岩は既
往室内試験結果で、無垢、模擬亀裂、
模擬風化を条件としている。亀裂は
1 辺 200mm の直方体の岩供試体を掘削方向に対し直交方向に 4
等分に切断・積層することで、風化は真砂土と珪砂を貧配合で
セメント固化することでそれぞれ模擬した。既往室内試験結果
で、亀裂を有する岩供試体は、亀裂の無い無垢な岩供試体と比
較して、 SE は高い値を維持しているものの V_p は大きく低減す
る結果を示している。これより、 SE は岩の母材の強度に、 V_p は
岩の亀裂状態により大きく影響を受けることが確認される。

現地試験は条件が異なる 5 箇所の切土のり面の吹付工もしくは
はその近傍の素のり面で実施しており（切土 a～切土 e）、いず
れの箇所も過去に吹付工にひび割れ等の変状があった、または
過去に災害が発生した地形条件に類似した切土のり面である。
 V_p は 1000m/s を下回る箇所が多く、主要地層・岩石の原位置 V_f
の関係 3) によれば「表土」と同程度とされる。また、 SE につい
ては既往の室内試験の無垢の砂岩、花崗岩の 10～40%程度であ
ることが確認された。これらのことから現地切土のり面は全体的
に風化または亀裂により健全性が低下していると評価される。既
往室内試験から得られた知見より、切土 b と切土 e を比較する
と、両切土のり面は同程度の V_p を有する一方で、 SE については
切土 b の方が小さく、これは風化による影響であると推定され
る。次に、切土 a-1 回目と切土 d を比較すると、切土 d は V_p が
1000m/s 以上であるのに対し、切土 a-1 回目の V_p は小さく、その
差は比較的大きい。両切土のり面は同程度の SE を有するため、
切土 a-1 回目は風化に加えて亀裂が発達している推定される。

図 5 に現地試験と既往室内試験により得られた SE と掘削速度
 ν の関係を示す。同図より、 SE と ν には強い相関性（決定係数
0.8）が確認される。これより、現状の SE 試験では電流計を用いて消費電力を測定しているが、将来的には試
験の簡便性の観点で、掘削速度 ν により簡易に SE を 推定できる可能性があると分かった。

4. まとめ

本稿では、地山劣化度の評価指標の一つである V_p と SE を実際の切土のり面で計測し、両試験の適用性を確
認し、既往の室内試験結果 1), 2) を併せて V_p と SE の関係について整理した。その結果、のり面劣化の要因とな
る岩の母材の強度低下またはき裂の発達を把握することができ、これにより適切に地山の劣化度を評価でき
ると考えられる。今後は、更なるデータ蓄積と両試験の簡便化を進めていく予定である。

参考文献

1) 深野 他：掘削体積比エネルギーによる地山強度推定に関する検討，第 56 回地盤工学研究発表会，2021
2) 藤原 他：ハンマドリル掘削時の掘削体積比エネルギーを用いた地山風化度の推定に関する検討，第 57 回地盤工学研究発表会，2022
3) 日本応用地質学会：若き技術者のための地盤の地質工学的評価と分類，古今書院，2016

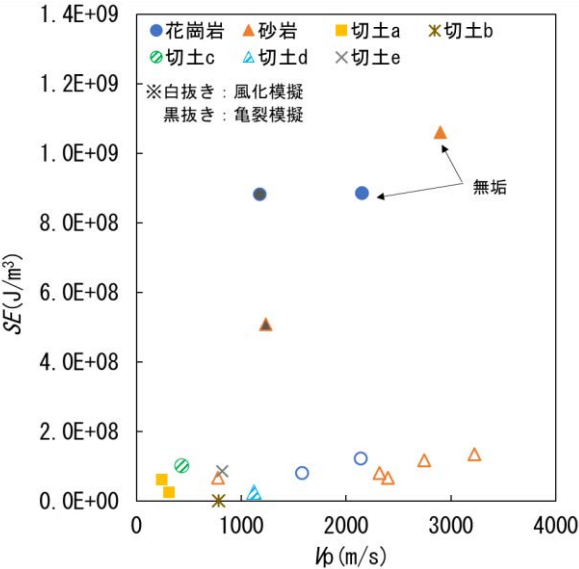


図 4 SE と V_p の関係（既往室内試験を含む）

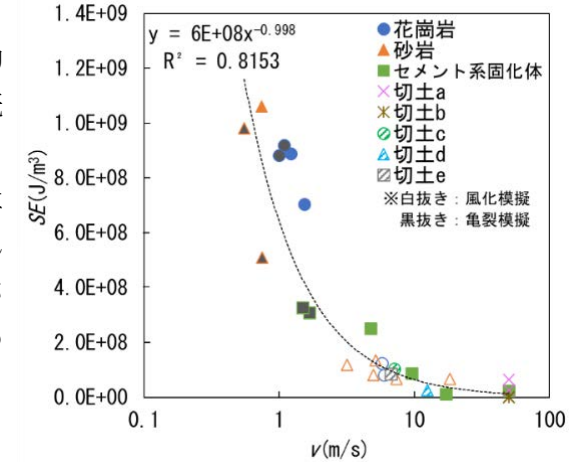


図 5 SE と掘削速度の関係