

地盤表層の風化領域把握を目的とした小型弾性波速度検層の開発

(公財) 鉄道総合技術研究所 正○藤原将真 正 高柳剛 正 児島達也 正 進藤義勝
日特建設株式会社 正 窪塚大輔 正 山梨太郎
応用地質株式会社 正 山内政也

1.はじめに

近年、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劣化に伴う変状・崩壊が発生しており、維持管理の課題となっている。のり面工が施工された切土のり面の健全性評価では背面地盤の風化領域およびその程度を把握することが重要であり、簡易かつ低コストでそれらを評価する検査手法の開発が求められている。上記に対し、筆者らは風化程度が大きい斜面の検査については簡易動的コーン貫入試験の応用を試みている¹⁾。しかし、き裂等は発達しているものの硬質な岩種の場合には貫入試験の貫入力には上限があるため貫入できないことが想定される。その一方で岩の風化程度を表す指標として弾性波速度が広く用いられており、硬質な斜面に対しては簡易な物理探査による検査が適用可能と思われる。そこで筆者らは現行のP波速度検層を基に地盤の表層1~2m深を対象とした簡易で小型のP波検層（以下、簡易P波検層）の開発を試みた。本稿はその機構と現地計測結果について報告する。

2.簡易P波検層

(1) 測定概要 図1に簡易P波検層の測定イメージを示す。本手法は地盤表層の弾性波速度を簡易的に測定するダウンホール式の数値検層である。測定に用いる計測機器は2台の小型加速度計（孔内：小野測器 NP3418 $h=15.7\text{mm}$ $d=7.8\text{mm}$ ，地表：RION PV-90B $h=10\text{mm}$ $d=9.1\text{mm}$ ）とデータロガー（キーエンス NR500 および NR-CA04），作業用PC，カケヤ，孔内加速度計設置用の治具である。通常の数値検層が主にボールリング孔を用いるのに対し，簡易P波検層は試験の簡易性の向上および地盤への影響低減のためにハンマードリル等を用い掘削された直径 $\phi 25\text{mm}$ 孔を利用する。測定の機構については現行のP波速度検層を基に，地盤表面をカケヤにより加振したときに生じる弾性波を孔口縁付近および孔内の任意の深度に設置した加速度計により受信する。そして得られた各加速度波形の初期の立ち上がり（初動点）の時間差と孔内加速度計の設置深度から地盤の弾性波速度を算出する。

加速度計の孔内設置および回収の機構について，図2および図3に加速度計の孔内設置用の治具の概要を，図4に加速度計の設置イメージを示す。本治具は専用のロッドおよび拡張アンカーを用い加速度計を孔内に設置し，測定終了後に回収する機構を有するものである。本治具の構造は専用ロッドを含め4重構造となっており，外側から拡張アンカー外

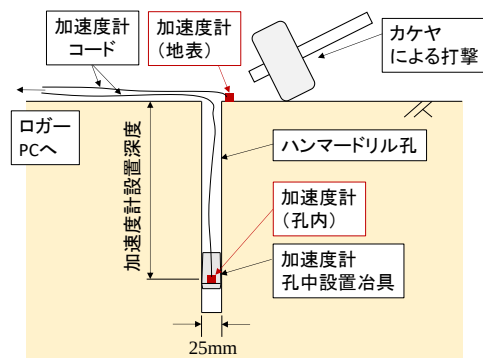


図1 簡易P波検層の測定イメージ

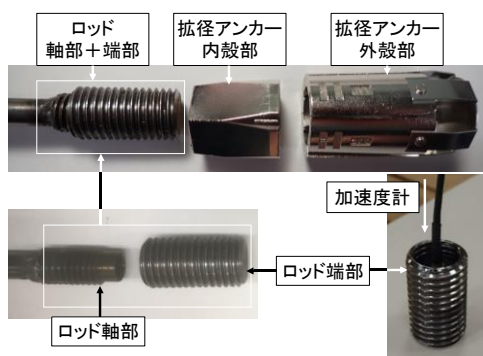


図2 加速度計孔内設置用の治具

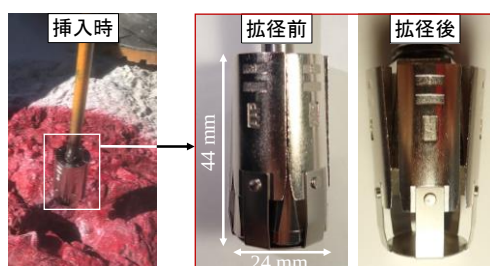


図3 拡張アンカー部

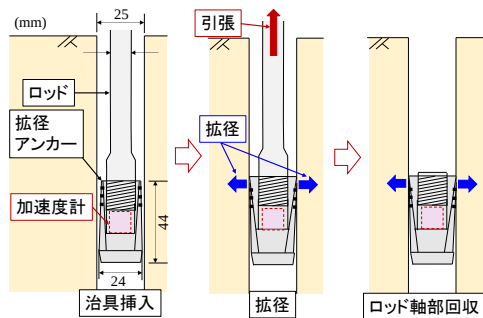


図4 孔内加速度計設置のイメージ

キーワード 物理探査, 弾性波, のり面

連絡先 〒185-0034 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

殻部、拡張アンカー内殻部、加速度計が格納されているロッド端部、上記 3 つの部材の設置およびロッド端部の回収に用いるロッド軸部から成る。拡張アンカー外殻部と内殻部の境界面はくさび構造となっており、拡張アンカー内殻部を孔口方向へ引っ張ることで拡張アンカー外部が拡張する構造であり、孔内の任意の深度で拡張アンカーを固定することができる。また拡張アンカー内殻部とロッド端部の境界には右ねじ方向のねじ切りが、ロッド端部とロッド軸部の境界には左ねじ方向のねじ切りが施してあり、ロッドの回転方向により任意の境界部での治具の着脱が可能である。これより加速度計設置時はロッド軸部のみを回収し、試験後はロッド軸部を用い加速度計が格納されたロッド端部の回収が可能である。

(2) 測定フロー 図 5 に簡易 P 波検層の測定手順フローを示す。測定は、初めにハンマードリルにより所定の深さまで削孔を行う (①)。次に削岩屑等の詰まり防止のためにブローアにより孔内を洗浄する (②)。その後、加速度計を設置した孔内固定治具を任意の位置まで挿入 (③) し、ロッドを引っ張ることで拡張アンカーを拡張させ治具を孔内に固定する (④)。そしてロッド軸部のみを回収 (⑤) し、カケヤ打撃を行い弾性波計測 (⑥) を行う。計測後はロッド軸部を再度孔内治具に接続 (⑦) し、ロッド軸部とロッド端部を回収 (⑧) する。

3. 現地試験

(1) 試験概要 簡易 P 波検層の施工性の確認のため、実地盤にて計測を行った。現地地盤は硬質な含礫砂岩泥岩互層で構成されている。計測は図 5 のフローに沿って行うこととした。ハンマードリルによる削孔長は 1m とし孔口縁の露岩面と孔内 0.95m 深に加速度計を設置した。またサンプリングは 10 μ s ごとに行った。

(2) 試験結果 試験により得られた加速度波形の一例を図 6 に示す。

地表加速度計と孔内加速度計で得られた波形で明確に初動走時差が生じていることがわかる。この初動走時差と設置深度から弾性波速度の算出を行った。なお、初動点の算出では初動点以前の加速度データすなわち、カケヤで打撃を行う直前に記録された加速度データ (5ms, データ数 500) における初動方向の最大値をしきい値として、加振時の加速度がしきい値を初めて超過した位置を初動点とした。図 7 に現地の計測結果を示す。弾性波の測定結果について、平均 2.6km/s 程度の測定結果となった。各測定結果は多少のばらつきはあるものの概ね同等の値を示しており、試験の再現性を確認できた。また測定 1 回目の測定結果に関して、他計測値よりもやや大きい弾性波速度となった。これは孔内固定用治具の孔内での設置が不十分だった可能性に加え、かけやの打撃が地盤の初期状態に影響を与えた可能性がある。

4. まとめ

現行の P 波速度検層を基に、地盤の表層数 m 程度を測定対象とした簡易な P 波検層の機構の開発を行った。そして現地地盤にてハンマードリルに削孔を行い、孔口縁と孔内に小型の加速度計を設置し、地盤をカケヤにより加振することで地盤表層 1m 程度の弾性波速度の測定を試みた。その結果、各加速度計間の走時差をとらえることができ再現性のある概ね良好な結果を得ることができた。今後、機器の更なる改良を進める予定である。

<参考文献> 1) 児島達也, 高柳剛, 進藤義勝, 布川修: 簡易動的コーン加入試験の小打撃時の挙動把握を目的とした室内実験, 令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会概要集, pp.III-100, 2019.

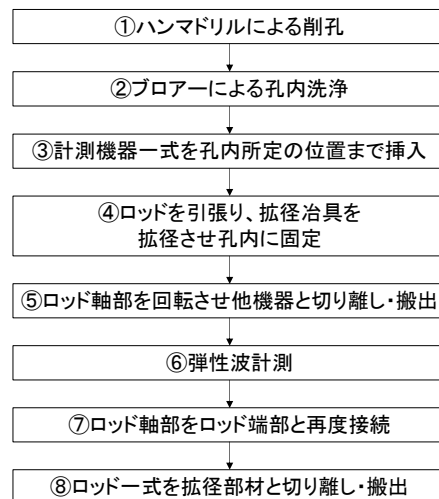


図 5 簡易 P 波検層測定フロー

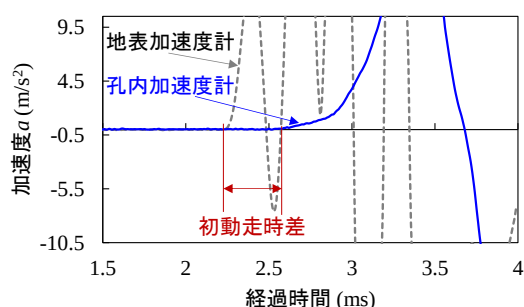


図 6 現地試験時の加速度波形の一例

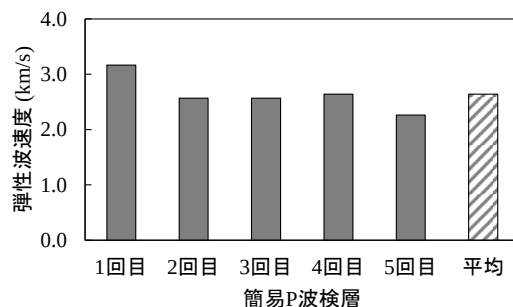


図 7 弾性波速度の現地計測結果