

弾性波探査に基づく風化した泥岩切土のり面の強度評価 -東名高速道路 吉田地区-

中日本高速道路(株)	正会員	○永田 政司
横浜国立大学	正会員	菊本 統
(株)高速道路総合技術研究所	正会員	藤原 優
明治コンサルタント(株)	正会員	佐藤 尚弘

1. はじめに

切土のり面の風化進行は、表層崩壊等の不安定化の要因になる場合があるが、その発生機構には未解明な部分が多い。NEXCO が管理する高速道路では、切土のり面の風化機構を明らかにし、健全性を評価することを目的として、全国 96 箇所の切土のり面に対し、施工完了時から弾性波探査などの調査を継続的に行なっている¹⁾。また、これらのうち約 50 年間の計測データを蓄積した東名高速道路の切土のり面において調査ボーリングを実施し、風化の実態を確認している。本論では、これらの調査結果をもとに、弾性波探査の結果から切土のり面の安定性を評価することを目的として、弾性波伝播速度(P波)(以下、弾性波速度という)と地盤強度の関係について検討した内容を述べる。

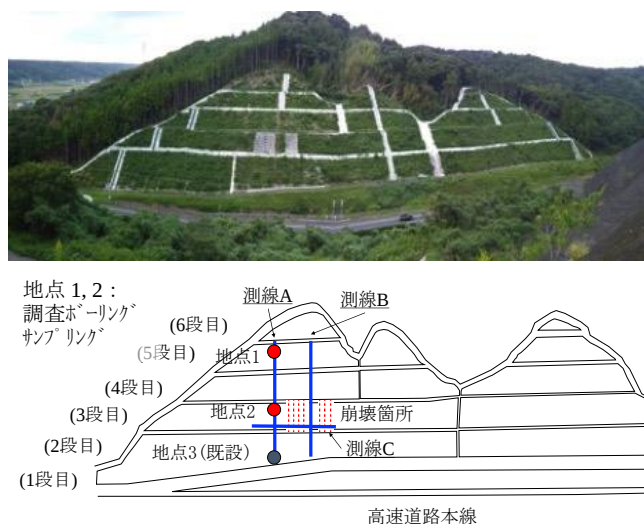


図-1 調査対象のり面の概要

2. 検討内容

調査対象のり面の概要を図-1に示す。対象は6段の切土のり面であり、のり面勾配は1:1.0が主体で、植生などによるのり面保護がなされている。地質は、新第三紀中新世相良層群の泥岩優勢砂岩泥岩互層であり、地層は受け盤構造である。この泥岩は、風化の影響を受けやすく、降雨時に表層が崩壊した履歴がある。

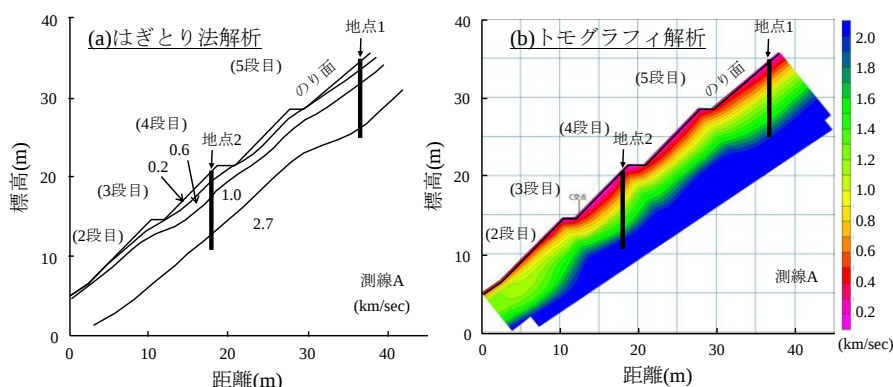


図-2 弾性波探査解析の結果(弾性波速度の分布図)

本検討では、弾性波探査の計測結果から風化帯の地盤強度を評価するために、弾性波速度と地盤強度の関係を分析した。弾性波速度は、測線 A および B で実施した弾性波探査²⁾の結果から求めた。約 50 年間の追跡調査では、はざとり法解析により弾性波速度を求め、風化の進行を評価しているが、今回の検討では、深さ方向の速度分布を詳細に分析できるトモグラフィ解析の結果を用いた。なお、既往の研究では、弾性波速度はのり面に対して水平に分布し、地盤の風化進行により、のり面の比較的浅い部分の弾性波速度が低下することを確認している(図-2)³⁾。一方、地盤強度は、地点 1 および 2 で採取したコアサンプルの一軸圧縮強度を求めた。コアサンプルの割れ目が多く、一軸圧縮試験用の供試体作成が困難な場合は、針貫入試験により一軸圧縮強度を推定した。一軸圧縮強度の推定にあたっては、針貫入勾配 N_p (N/mm) (=貫入力/貫入量) と一軸圧縮強度 qu (kN/m²) の関係を示す回帰式(1)を用いた⁴⁾。

$$\log qu = 0.978 * \log N_p + 2.599 \quad (\text{相関係数 } 0.914) \quad (1)$$

キーワード 切土のり面, 泥岩, 風化, 弾性波探査, 一軸圧縮強度

連絡先 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 18 番 19 号 中日本高速道路(株) TEL:052-222-3623

3. 検討結果

図-3 に地点 1 における調査ボーリングの土質確認結果、コア写真、N 値、一軸圧縮強度および弾性波速度の結果を示す。弾性波速度図には、地点 1 の調査孔で実施した PS 検層の結果を併記し、弾性波探査の結果と比較した。

調査ボーリングの結果より、のり面表面から深さ

2m 程度までは、試料の風化が著しく、褐色化している。2m 以深の試料は、深いほど風化の影響が小さく、5m ほどから新鮮岩が現れ、暗灰色を呈している。N 値は、深さ 2m 程度までの強風化部が 20 程度であり、深いほど値が大きく、新鮮岩部は 200~300 程度である。

一軸圧縮強度については、供試体を作成できた数カ所で一軸圧縮試験を行ったが、潜在的な割れ目や供試体整形時に生じたひび割れ等が影響して低めの値を示した。一方、針貫入試験から推定した一軸圧縮強度は、深いほど値が大きく、N 値と同じような分布を示した。

弾性波速度については、はざとり法解析の結果には解析手法の特徴から速度分布に粗さがあるものの、はざとり法解析とトモグラフィ解析の結果は、地点 1 の調査孔で実施した PS 検層の結果と深さ方向の分布が同じ傾向であった。また、これらの深さ方向の分布は、N 値や一軸圧縮強度（針貫入）の結果に確認されるような局所的な強度の増減を捉えられないものの、深いほど値が大きくなる傾向は同じである。

これらの結果を踏まえ、弾性波速度から一軸圧縮強度を推定することを目的として、弾性波速度 V_p と針貫入勾配 N_p の相関を確認した（図-4）。その結果、相関係数 $|R|$ は、はざとり法解析は 0.605、トモグラフィ解析は 0.807 となり、トモグラフィ解析の方が強い相関を示した。以上より、弾性波探査の結果から一軸圧縮強度を推定するには、はざとり法解析よりもトモグラフィ解析の方が精度よく推定できる可能性がある。ただし、今回の結果は、対象とした泥岩切土のり面の調査結果に基づくものであり、場所や地質が変われば異なる傾向を示すことが考えられる。今後、他の切土のり面においても調査データを蓄積し、分析を行う必要がある。

4. まとめ

東名高速道路吉田地区の泥岩切土のり面において実施した弾性波探査や土質試験等の結果をもとに、弾性波速度と一軸圧縮強度の関係を分析した。その結果、従来のはざとり法解析よりもトモグラフィ解析の方が一軸圧縮強度を精度よく推定できる可能性を示した。今後は、地質や風化状態の異なる箇所において、この推定方法の適用性を確認するとともに、弾性波速度から切土のり面の安定評価を行う手法を検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 多賀ら：長期追跡調査による切土のり面の風化の進行と安定性，土と基礎，Vol.39, No.6, pp.41-47, 1991.
- 2) 藤原ら：切土のり面の継続的な弾性波探査の計測データに基づく長期安定性の評価，土木学会論文集，Vol.74, No.4, pp.424-438, 2018.
- 3) 永田ら：長期風化による切土のり面の物理的性質の経年変化，第 53 回地盤工学研究発表会，2018.
- 4) 岡田ら：針貫入試験による軟岩地山強度の推定，土と基礎，Vol.32, No.2, pp.35-38, 1985.

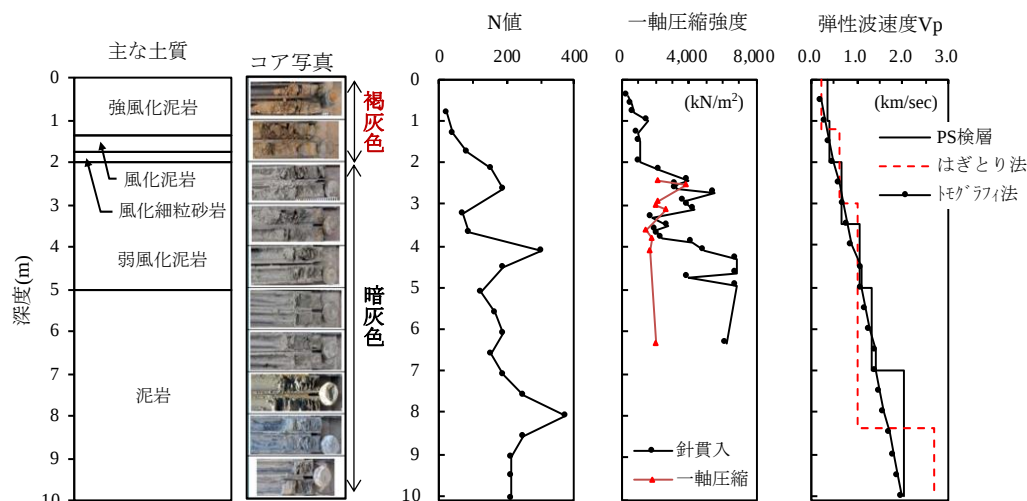


図-3 地点 1 における地盤調査および土質試験の結果

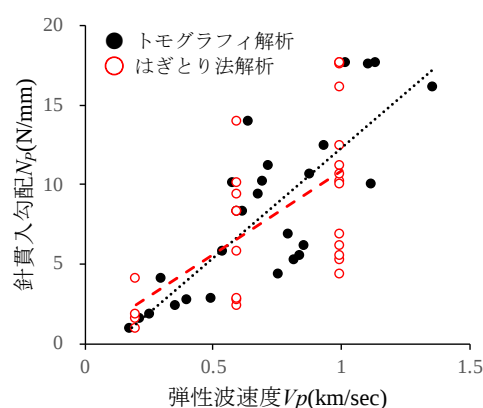


図-4 弾性波速度と針貫入勾配の関係