切土のり面の弾性波探査の計測データに基づく安定評価

㈱高速道路総合技術研究所　正会員　○藤原　優
中日本高速道路㈱　正会員　永田　政司
明治コンサルタント㈱　正会員　佐藤　尚弘，滝口　潤

１．はじめに

NEXCO3 会社が管理する高速道路では，全国で複数の切土のり面を選定し，昭和 50 年代初期から地盤の風化進行を評価するための調査を継続的に行っている。この中で，供用後約 34 年が経過した時点において，集中豪雨により表層崩壊が発生し，**写真-1** に示す復旧対策を実施した切土のり面が確認された。この切土のり面では対策箇所近傍で弾性波探査などの調査を実施しており，本論において崩壊要因の分析結果を述べる。

２．検討内容

表層崩壊は，**図-1**に示す切土のり面の最下段で発生しており，崩壊土量は130m^{3}であった。測線1は継続調査を行ってきた箇所であり，横断方向・縦断方向の測線を設定している。この測線1の他に，崩壊箇所付近で測線2を設定して弾性波探査を実施した。1箇所当たりの測線延長は34.5mとし，1.5m間隔でハンマーを用いて地盤に振動を与える方法により計測を行った。そして，全ての実施箇所で弾性波速度（P波）の波形記録を求め，弾性波探査解析によりP波が風化帯を横断するのに要する時間を表す風化帯走時(t)を求めた[1)]。また，測線2の横断方向に対して，地点1～地点4の4箇所で簡易動的コーン貫入試験とベーンコーンせん断試験を実施し，弾性波探査の結果と併せて計測結果の分析を行った。

３．検討結果

図-2は，測線2の縦断方向の弾性波探査の解析結果を示している。弾性波速度は深さ方向に0.3m/msec，0.6m/s

写真-1　対策箇所

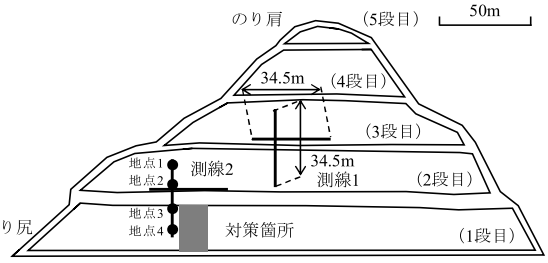


図-1　対策箇所と測線の位置

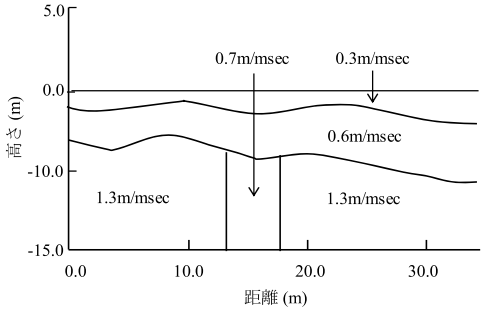
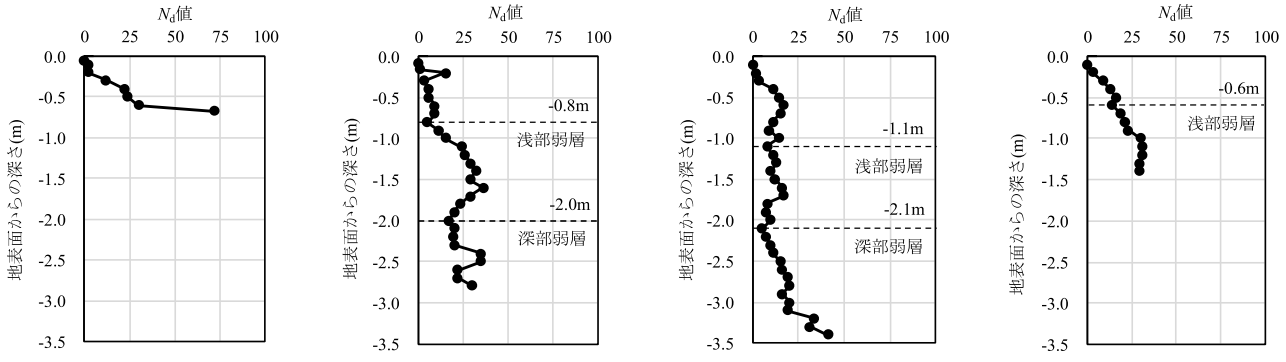


図-2　弾性波探査解析の結果（側線 2，縦断）



(a)　地点 1　　(b)　地点 2　　(c)　地点 3　　(d)　地点 4

図-3　N_d 値と地表面からの深さの関係

キーワード　切土のり面，風化，表層崩壊，弾性波探査，安全率
連絡先　〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1
㈱高速道路総合技術研究所 道路研究部 土工研究室（TEL 042-791-1624, FAX 042-791-2380）

ec，1.3m/msecと大きくなるが，一部に0.7m/msecの低速度帯が認められた。この切土のり面は，国土地理院の都市圏活断層図からも周辺に複数の断層破砕帯が示されており，弾性波探査により確認した低速度帯は断層破砕帯に該当している可能性がある。

図−3は，測線2の地点1～地点4で実施した簡易動的コーン貫入試験の結果を示している。地点2は，深さ0.8mと2.0m付近に弱面があると推定される。地点3は，深さ1.1mと2.1m付近に弱面があると推定され，試験後の先端コーンに付着した土砂の観察結果から，地質は脆弱な砂岩で明らかに地下水が存在していることが確認された。地点4は，深さ0.6m付近でN_d値が低下する部分があり，この付近に弱層があると推定した。なお，地点4では地下水の存在が認められなかった。

調査結果から，崩壊発生箇所は断層破砕帯が通過するために脆弱であることに加え，のり肩からのり尻への地下水の流れを遮断する地質構造から成ると推察される。このため，豪雨時に地下水位が高くなり表層部分が崩壊した可能性がある。**図−4**は測線2の横断方向の弾性波探査の結果であり，弾性波速度が0.3m/msec付近にN_d値が低くなる部分（a-a’）が位置していることから，この速度帯の風化層が崩壊要因となったことが考えられる。そこで，ベーンコーンせん断試験から粘着力と内部摩擦角を推定し，**図−5**に示す表層崩壊の安定モデル[2)]から式(1)により安全率を試算した。

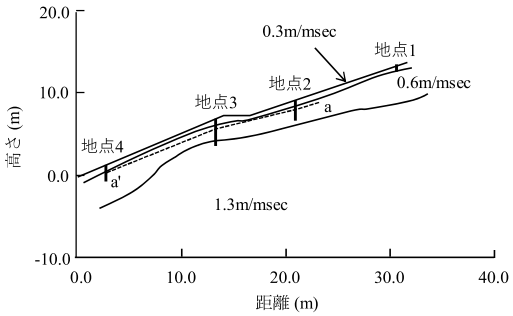


図-4 弾性波探査解析の結果（測線 2，横断）

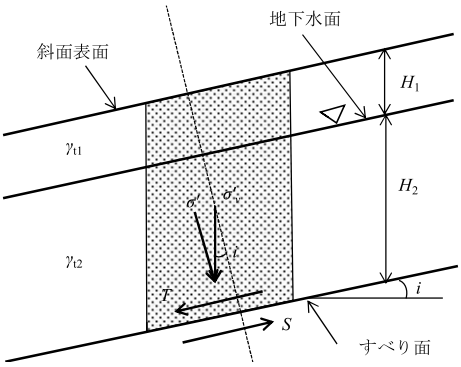


図-5 表層崩壊の安定モデル [2)]

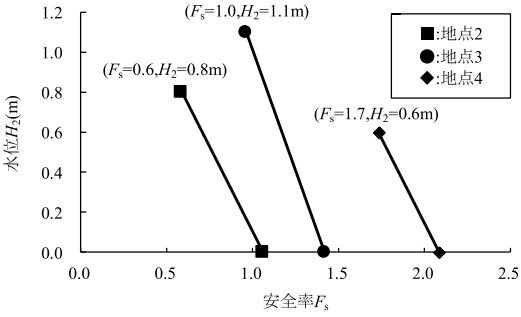


図-6 安全率(F_s)と水位(H_2)の関係（浅部弱層）

$$F=\frac{S}{T}=\frac{c'+\sigma'_v\cdot\cos i\cdot\tan\phi'}{\sigma_v\cdot\sin i} \qquad (1)$$

ここに，T：活動力(kN/m^2)，S：抵抗力(kN/m^2)

σ_v：全応力(=(γ_{t1}・H_1+γ_{t2}・H_2)・cos$i$)(kN/m^2)

σ'_v：有効応力(=σ_v-γ_w・H_2・cos$i$) (kN/m^2)

γ_{t1}：土の単位体積重量(kN/m^3)

γ_{t2}：土の飽和単位体積重量(kN/m^3)，γ_w：水中単位体積重量(kN/m^3)

H_1：地表面から地下水位面までの距離(m)，H_2：地下水位面からすべり面までの距離(m)

c'：土の粘着力(kN/m^2)，ϕ'：土のせん断抵抗角(°)，i：傾斜角度(°)

図−6は，深さ0.6m～1.1mの浅い位置に浅部弱層が確認された地点2，地点3，地点4について，浅部弱層をすべり面として安全率(F_s)と水位(H_2)の関係を示したものである。地点2は地下水位が存在しない場合でも安全率(F_s)は1.1であり，地点3は地下水位がすべり面から1.0mまで上昇した段階で安全率(F_s)が1.0を下回る。

４．おわりに

本検討結果から，測線1で崩壊が発生していないことを踏まえると，表層崩壊の要因は長期的な風化進行というよりは，測線2付近に介在する断層破砕帯での局所的な脆弱化と水位上昇の影響が考えられる。今後，他の崩壊箇所の調査データと併せて類似するケースの崩壊メカニズムについて分析を進める予定である。

参考文献

1) 藤原優，藤岡一頼，永田政司，佐藤尚弘：切土のり面の長期的な経年変化に関する実態調査の分析，第 52 回地盤工学研究会年次学術講演会講演概要集，2017.

2) 森北出版㈱：地盤工学，pp. 199-203, 2003.