

1本のボーリング・コアに残された化学的不連続面と 酸性堆積軟岩法面崩壊との関連性に関する一考察

大分工業高等専門学校 正会員 ○佐野博昭 正会員 一宮一夫
福井工業高等専門学校 正会員 山田幹雄 正会員 奥村充司

1. まえがき 著者らの一部は、これまで空気との接触によって pH が低下する土、いわゆる酸性硫酸塩土（以後、酸性土と称する）を対象に各種の現地調査や室内試験を行ってきた¹⁾。ところが、最近の調査によって、この酸性土から構成されている酸性堆積軟岩法面の崩壊が複数件発生していたことが明らかとなった。この崩壊に対して、酸性土との関連性についての詳細な検討は行われておらず、通常の切土法面崩壊と考えられていたようである。今回、切土法面崩壊地点で対策工事の一環として行われたボーリング調査より得られた1本のボーリング・コアを入手する機会を得たことより、このボーリング・コアに対して簡便な物理・化学試験を行うことによって、酸性堆積軟岩法面崩壊の原因について検討してみることにした。

2. 切土工事にともなう酸性堆積軟岩法面崩壊の概要 調査の対象となった石川県河北郡津幡町地区内は、第三紀鮮新世の高窪泥岩層が広く分布している地域であり、この土は空気との接触によって徐々に酸性化する性質を有している。

図-1は、法面崩壊が発生した現場の計画平面図を示す。当現場は町道の改良工事の計画を受けて切取り工事を開始したものであり、当初、切取り勾配は過去の実績を参考にして1:1.5(33.7°)が採用された。1段目の切取り工事が終了した後、2段目の切取り工事を行っている1999年12月4日時点でNo.63, 64, 65測線付近に多数の亀裂が確認された。このままでは大規模な崩壊に繋がる可能性が高いことより、直ちに対策工法を検討するために、標準貫入試験とボーリング調査(BV-1)および簡易動的コーン貫入試験(D-1, 2, 3, 4)が実施された。

今回、BV-1地点で採取された直径約66mm、長さ約12mのボーリング・コアを入手する機会を得ることができたが、この切土法面はその後勾配を1:2.3(23.5°)と緩やかにして再度切取りが行われていることより、崩壊発生当時の法面土は現在残されておらず、この1本のボーリング・コアが崩壊が発生した

ときの法面を構成する唯一の現存する土となる。そこで、このコアの中から切土法面崩壊の手掛かりとなる痕跡を探し出すために、このボーリング・コアを対象として各種の室内試験を行ってみることにした。

3. ボーリング・コアより得られた酸性堆積軟岩法面土の物理・化学的特性 試験に用いた試料は、対策工法を検討するために、2000年1月頃に行われたボーリング調査によって得られた1本のボーリング・コア(深度12m)である。試験に当たっては、コア試料の中に残された崩壊に関連した痕跡を、物理・化学的なアプローチによって抽出するという目論みもあって、ボーリング・コアを約10cm間隔、合計92試料に分けることにした。この試料を木槌と乳鉢で入念に粉碎して所定の粒径に調整し、土質試験法²⁾に準拠して含水比試験、pH(H₂O, KC1)試験、電気伝導率試験、強熱減量試験を行った。

図-2は、含水比 w 、pH(H₂O, KC1)、電気伝導率 χ 、強熱減量 L_f の深さ方向の分布を、前出図-1のNo.64+5L測線上で行われた標準貫入試験(BV-1、記号●)および簡易動的コーン貫入試験(D-2、○)の結果と併せて示したものである。また、それぞれの図中には全データの平均値(破線)も示している。

図より、貫入深さが3~4mまで N 値、 N_{60} 値ともに10~20を推移しており、それ以深では急増する傾向にある。

含水比 w は、コア採取後、空気乾燥状態(室内に保

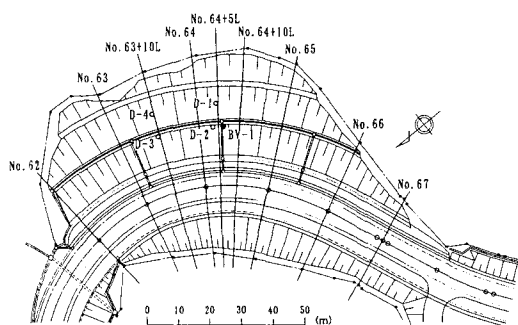


図-1 調査対象地点平面図(切取り勾配1:1.5)

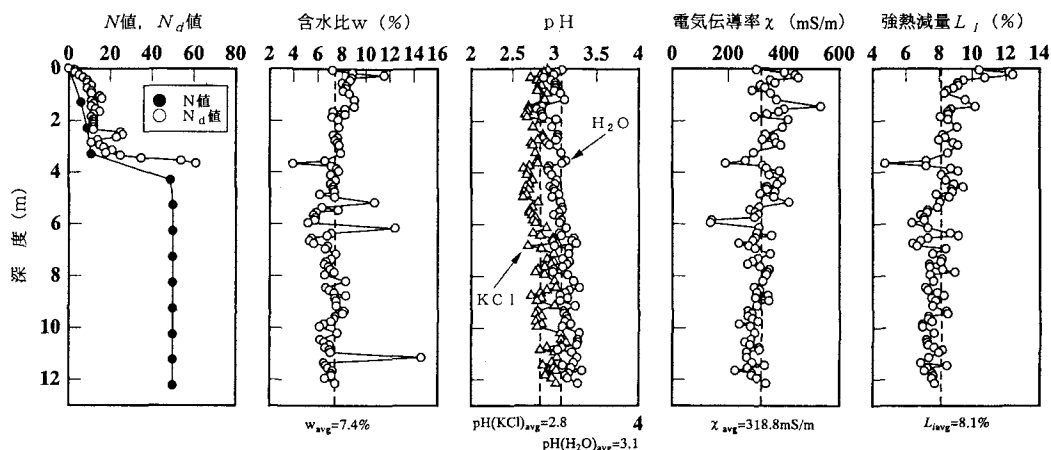


図-2 酸性堆積軟岩法面土の物理・化学的特性の分布

管)で約1年半が経過した時点での値を示しており、各試料とも同じ環境下で保存されていたため7%前後とほぼ同様の値を示しているが、一部3%、12~14%と大きく異なる値が見受けられる。

pH (H₂O) は、全ての深度において 2.8~3.3 の強酸性となっており、pH (KCl) は pH (H₂O) より 0.5 程度小さな値を示していることがわかる。

電気伝導率 χ は、140~540mS/m と非常に広範囲にわたっており、各深度間での変動も大きい。また、6m以浅では平均値 (318.8mS/m) よりも大きく、それ以降では逆に小さくなっていることがわかる。強熱減量においても 5~12% の間を推移している。

それぞれの特性の変動を概観すると、N値、 N_d 値が急増する深さ 3.6~3.7m の層 (基岩に相当) で各特性とも特異な点を示しているということ、さらに、一見データがばらついてるようにみえるものの、各特性の変動がほぼ対応していることがわかる。

ここで、電気伝導率の分布に着目すると、4つの大きな変曲点が存在することがわかる。すなわち、①深さ 0.2~0.4m で電気伝導率が 450mS/m および②1.4~1.5m で 530mS/m と電気伝導率が非常に高い層、③深さ 3.6~3.7m で 190mS/m および④5.8~6.0m で 140mS/m と非常に低い層である。これらの層において、強熱減量をはじめとしてその他の特性も特異な傾向を示しており、この層の前後において物理・化学的特性が不連続になっていることが明らかとなった。

文献3) では、すべり面の推定を行う上において、電気伝導率の推移が重要であると報告しており、このことより、電気伝導率の特異な層が法面崩壊の発生と

密接に関係しているものと推察される。そこで、No. 64+5L 測線の断面図とボーリング・コアの深度との位置関係を検討したところ、深さ 0.2~0.4m の層 ($\chi = 450\text{mS/m}$) は、1999年12月上旬に発生した崩壊のすべり面の末端部に相当すること、切取り勾配が 1:2.3 となる現在の断面表層部に露出している層理面 (2000年9月と11月に崩壊発生) の位置が、深さ 3.6~3.7m の層 ($\chi = 190\text{mS/m}$) にほぼ対応していることが明らかとなった。さらに、今のところ崩壊には至っていないものの、露出しているもうひとつの層理面は、深さ 5.8~6.0m の層 ($\chi = 140\text{mS/m}$) にほぼ対応している。

以上の結果より、過去に発生した法面崩壊が潜在的に地層中に存在した化学的不連続面によって引き起こされた可能性が高いということが明らかとなった。

4. まとめ 酸性堆積軟岩法面崩壊の原因を探るために1本のボーリング・コアに対して pH 試験や電気伝導率試験を行ったところ、物理・化学的特性の異なる不連続面が存在しており、この不連続面で法面崩壊が発生した可能性が高いことが明らかとなった。

謝辞：本研究の一部は、平成15年度九州建設弘済会研究助成金 (研究代表者：一宮一夫) により行った。

【参考文献】 1) 佐野博昭, 山田幹雄, 奥村充司, 能澤真周, 平井裕二: 積算温度方式を導入した土の酸性移行速度の評価手法に関する研究, 土木学会論文集, 第687号/III-56, pp. 95-105, 2001. 9. 2) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説 (第一回改訂版), 2000. 3. 3) 水口公徳, 矢田部龍一, 横田公忠: pH, E_h および χ によるすべり面の推定, 土と基礎, Vol. 51, No. 11, pp. 32-34, 2003. 11.