

第三紀層の切土法面崩壊について

S58, 2

佐賀県土木部 杉山公淑
水田恒四郎
O小野龍太
山口秀晃

1. はじめに

泥岩あるいは頁岩を対象とした土木工事では、水との係わりにおける強度変化、地盤の、あるいは膨潤やスレーキングなどを原因とする様々な問題に出会う事が多い。

現在、佐賀県が進めている県道堀屋大曲線道路改良工事は、現道巾員が狭く線形も悪いため約1.5kmにわたるバイパス工事であるが、この切土区間で発生した法面崩壊は、スレーキングを主因とする典型的な事例と考えられるものであり、その状況を報告する。

2. 地質と崩壊状況

施工地は、伊万里市北方約6kmの標高約100~200m程度の丘陵状山地の南側山腹で、一帯は新第三紀中新世に堆積した佐世保層群の砂岩・泥岩が広く分布する地域である。切土は直高約17mを1割12分の勾配で施工したものであるが、掘削後約1週間を経過した時点で、法脚部泥岩から急速にクラックが進行し、上層に厚く分布する古期崖錐堆積層に波及、法肩背後の山地へ及び階段状の崩壊をきたしたものである。

切土箇所背後の山体は小さく、地山からの湧水は全く認められない。しかも掘削から崩壊に至るまでの間、数ミリを越える降雨は記録されていない。地山は $\gamma_u=10\sim50\text{ kg/cm}^3$ 程度の強風化泥岩で、層理は概ね水平に近くなっている。表-1に対象泥岩の物理特性を示す。コンシステンシー試験はコアを乳鉢を用いてすりつぶした試料を使用し、一般の泥岩と比較して液性限界が低い傾向が指摘できる。なお、これらの粒度組成は表-2に、後述の乾湿くり返し試験によって破砕した試料による結果と併記したが、いずれも細粒分の含有率が高い。

表-1 地山泥岩の特性

自然含水比 W_n	11.3~18.4%
液性限界 LL	32.3~36.7%
塑性限界 PL	16.6~21.3%
塑性指数 PI	15.4~18.7%
単位体積重量 γ_t	2.09~2.13
土粒子比重 G_s	2.632~2.678

表-2 粒度組成

コンシステンシー試験試料・乾湿くり返し試験試料	
粘土分 11~25%	18%
シルト分 21~42%	32%
砂分 15~41%	49%
礫分 5~50%	18%

3. 強度特性及び乾湿くり返し試験結果

試験は初期の崩壊が砂岩・泥岩互層の泥岩部分に集中して発生していることや、その進行速度が極めて速いという事実を考慮して、スレーキングテスト(乾湿くり返し試験)と次記の強度試験を行なった。試験仕様は次の通りである。

- ・乾湿くり返し試験-----ボーリングコアを使用し、24時間水浸後、48時間炉乾燥(110°C)を1サイクルとして吸水率の変化を求める。
- ・一軸圧縮試験-----トリプルテューブサンプラーを用いて採取した地山泥岩のうち、粘土状シームの明瞭な弱層部を選択的に実施し、合せて残留強度(ひずみ速度0.05%/min)を求める。(σ_{up} , σ_{ur})
- ・三軸圧縮試験-----泥岩を細粒化した粉末に加水調整をした試料を現在の土被圧で圧縮をさせたのち、CDテストにより完全軟化強度¹⁾(過圧密粘土の正規圧縮状態における強度)を求める。(C_c , ϕ_c)

乾湿くり返し試験の結果は図-1に示すように、いずれも2サイクル終了時点で試料は、配向構造特有のほぼ

層理に沿った薄片状の顕著な破砕分解が見られ、極めて速いスレーキングを起こしていることがあきらかであり、吸水率は20～22%を記録している。

スレーキング速度については、従来から指摘がなされているように岩自体の硬さよりモンモリロナイトなどの膨潤性粘土鉱物の含有に影響される傾向が強く、特に間隙率の小さい場合は吸水膨張圧が岩石内部で直接作用するため、スレーキングし易いといわれているが、本試料においてX線分析の結果モンモリロナイトの存在が確認されている。また資料²⁾によれば本層試料(採取地佐賀県伊万里市)のモンモリロナイト含有率として、17%と非常に高い値が記録されている。

一軸圧縮試験におけるピーク強度と残留強度の関係を表-3に示しているが、概ね $\sigma_{ur} \div 1/10 \sigma_{up}$ の結果を示すものとなっている。

また、泥岩を過圧密粘土として考えた場合、せん断により降伏すれば、競成過程で受けた過圧密粘土としての履歴は消失し、堆積過程の正規圧密粘土の強度に戻ると、説明されることから、2次圧りに対する強度条件をいわゆる完全軟化強度として、三軸圧縮試験(CD)から求めてみると、 $C_c = 0.19 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\phi_c = 25.8^\circ$ の結果を得た。

4. 考察

対象泥岩はスレーキング速度が非常に速く、また1サイクル目では吸水率の変化が極くわずかなのに対して、2サイクル目では極めて速く土砂化する特異な性状を有することから土木的には、いわゆる特殊土としての配慮が必要といえる。掘削に伴う応力解放による緩みと共に、クラックが急激に発達し、強度低下(すなわち軟化状態への移行)をきたしたものと判断される。

進行性破壊における強度変化、すなわちピーク強度から完全軟化強度、更には残留強度で説明される泥岩土りの複雑なメカニズムの中で、本件事例は初期の土りにスレーキングがかなり大きく関与することを示唆しているように思われる。また、スレーキング速度は同一岩盤においてマズとシマの風化度によって相違するように考えられる。当施工現場においても新鮮部の泥岩層では、掘削面での細粒化の傾向は全く見られない。一方、強風化部においては法高の低い地点で2重近い勾配の斜面に変状が見られた。更に一度崩壊の発生した泥岩ブロックでは、クラックを通じ更に二次的变化(風化)が深部へと進み長期的には背面地山全体を緩め、押し出しを生じる可能性もあると思われる。

5. あとがき

従来、軟岩切土斜面の安定を考える場合、層理面傾斜、地山の初期の強度、地下水の有無などを主な原因として検討を行ってきたが、現実には、物理化学的な劣化が、この種の軟岩では重要な問題であり、特に掘削後の法面処置が重要であることを痛感させられた。当現場については、検討の結果、平均2.5m程度の細粒化ゾーンを削除すると同時に、直ちに吹付を行ない、法脚付近の残存土塊に対してはフトンカゴによる二次土りの抑止をはかった。時後1年、7月豪雨を経過した今日全く変状は認められていない。

参考文献

- 1) 仲野良紀: 軟岩をめぐる諸問題-泥岩の力学特性-土と基礎 Vol. 27, No. 7, 1980
- 2) 松倉公憲・谷津栄寿: 夏岩および凝灰岩のスレーキングについて(Ⅱ)-土質工学会発表論文 P1377

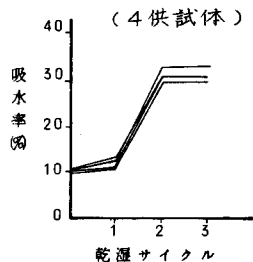


図-1 乾湿くり返し試験結果

表-3 一軸強度

	$\sigma_{up}(\text{kgf/cm}^2)$	$\sigma_{ur}(\text{kgf/cm}^2)$	$e(\%)$
S-1	0.623	0.065	12
S-2	0.773	0.067	10