

神戸層群における長大切土法面の強度低下と残留強度の評価について (その2：鉱物・化学的特性の評価)

国土防災技術(株)	正会員	○戎	剛史
西日本高速道路(株)	正会員	坂本	英明
西日本高速道路(株)	正会員	田久	勉
神戸大学	正会員	澁谷	啓
西日本高速道路エンジニアリング関西(株)	正会員	三好	忠和
西日本高速道路エンジニアリング関西(株)	非会員	小山	純二
国土防災技術(株)	非会員	柴崎	達也

1. 背景

神戸層群は、切土や掘削による応力解放に伴い強度が低下し、遅れ破壊が問題となっている。当該法面では、建設時に掘削に伴う変状のため、切土勾配の変更やグラウンドアンカー工等の抑止工を実施していた。竣工から3年後に法面に大規模な変状が発生し、17本に及ぶボーリング調査を行い、集水井・水抜きボーリングによる抑制工とグラウンドアンカーとせん断杭による抑止工を実施した。対策により変状は収束されたと判断したが、5年後に再び変状が発生し、その後も断続的な変状が続いている。本稿では、法面の不安定化機構の検討や斜面の長期安定性評価に資することを目的に実施した土質試験の結果を報告する。その2の発表では、ボーリングコアのX線回折分析と交換性陽イオンの分析結果から、地山に含まれる膨潤性粘土鉱物のスメクタイトのタイプや含有状況の分布から考察された斜面の不安定機構について報告する。

2. 試験方法

調査ボーリングのコア試料を用い、深度別にスメクタイトの含有状況をX線回折試験（分析装置：リガク製MiniFlex600）により調べた。用いたボーリングコアは先行発表（その1）のせん断試験に使用した調査孔H29W-1のコアである。スメクタイト含有率の定量は、外部標準法により、Naモンモリロナイト高純度試料（山形県月布産）の不定方位分析で得られる001面反射のピークの面積を100%としたときの、試料の同ピークの面積との相対比から推定した。CEC（陽イオン交換容量）および交換性陽イオンの分析は、SPAD法（土壤環境分析法編集委員会，2012）による簡易法により実施した。

3. 試験結果

図-1に各分析項目の深度分布を示す。スメクタイトは地山全体に分布し、スメクタイトの底面間隔d値は15Å付近を示した。室内の湿度環境下において、層間陽イオンがCa・Mgの場合d=15付近であるのに対し、Naの場合ではd=12.5となることが知られている。また、交換性陽イオンの分析からも、当地区のスメクタイトの大部分はCa型と推察される。ただし、Ca/Na比としては3.0～5.8であり、ある程度Na型スメクタイトも含む中間型スメクタイトであることが示唆される。中川・遠藤（2004）が神戸層群の切土法面の崩壊事例をとりまとめた研究事例によると、Ca型に比べNa型スメクタイトを含む地層ほど切土後数年経過してから遅れ破壊を起こすことが指摘されている。図-2に示したCa/Na比と切土後遅れ破壊を生じるまでの時間との関係図に当てはめると、当地区は切土後100カ月程度して遅れ崩壊するような事例の特徴を有している。

4. まとめ

分析の結果、調査地の地層の脆弱部を構成している主要鉱物は、スメクタイトであることが判明した。当地区のすべり面はCa型スメクタイトを多く含み、Na型も含有する中間型スメクタイトであった。Ca/Na比は遅

キーワード 切土法面，スメクタイト，交換性陽イオン，残留強度

連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町5番4号 STD 茨木ビル 3F

西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社 土木事業本部 道路技術部 TEL 072-631-5334

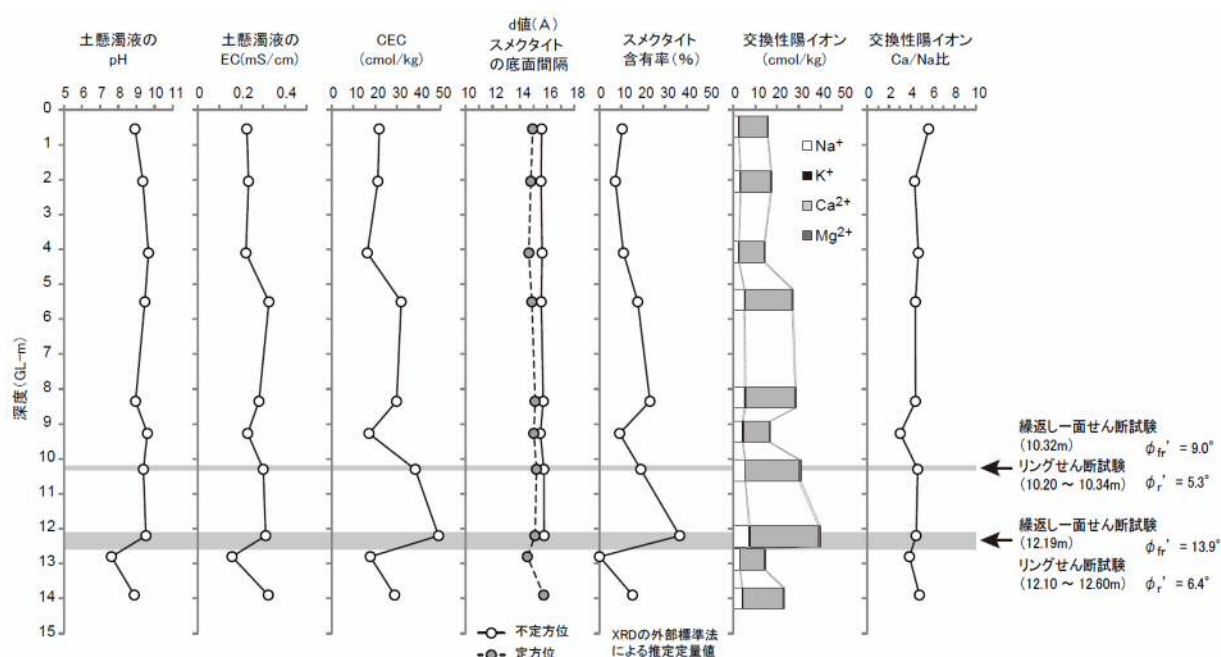


図-1 ボーリングコア (H29W-1) の化学・鉱物分析の結果

れ破壊を起こしやすい法面であることを示唆し、これまでの変状履歴を裏付ける結果となっている。切土法面の不安定化機構として、大規模な掘削による応力解放でリバウンドが生じ、ゆるんで透水性が高くなった割れ目などから浸透した地下水によってスメクタイトを含む岩石が膨潤した可能性がある。膨潤でゆるんだ地山の変形が徐々に進行するとともに、すべり面においても変形に伴う強度低下（ひずみ軟化）により、数年を経てすべり破壊が顕在化したものと考えられる。先行研究より、スメクタイト含有率が20%を超えるような土質材料は、残留せん断抵抗角が 10° 以下に低下することが判明している（図-3）。当斜面でもすべり面付近におけるスメクタイト含有率は20%を超えるような状況にあり、長期的な強度低下のリスクを抱えた斜面といえる。長大法面の切土計画に当たっては地質調査段階でスメクタイトの含有状況の調査なども必要と判断される。

参考文献

土壌環境分析法編集委員会（2012）：土壌環境分析法，株式会社博友社，302-307，中川渉・遠藤司（2004）：神戸層群凝灰岩の切土掘削に伴う地盤変形と遅れ破壊の事例，日本地すべり学会誌，41，4，33-43，山崎孝成・眞弓孝之・由田恵美（2000）：高純度粘土鉱物のリングせん断特性：すべり面粘土との対比，地すべり，37，2，30-39，宜保清一・中村真也・佐々木慶三（2003）：地すべり土のリングせん断挙動に及ぼす鉱物組成の影響，日本地すべり学会誌，40，4，1-7，Tiwari B. and Marui H. (2003): Estimation of residual shear strength for bentonite-kaolin-Toyoura sand mixture. 日本地すべり学会誌，40，2，124-133，Tiwari B. and Marui H. (2005): A new method for the correlation of residual shear strength of the soil with mineralogical composition. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 131, 9, 1139-1150

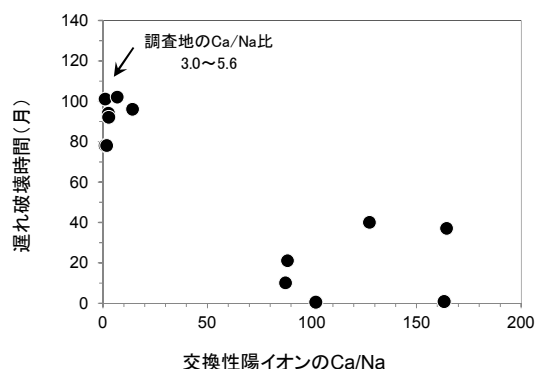


図-2 Ca/Na 比と遅れ破壊時間との関係（中川・遠藤，2004）

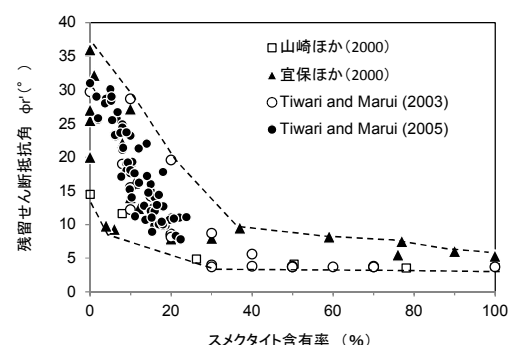


図-3 スメクタイト含有率と残留せん断抵抗角との関係