島尻層群泥岩の物理・化学的な風化機構と進行過程に関する実験的検討

琉球大学　学生会員　○津田　涼汰
琉球大学　正会員　廣瀬　孝三郎
西日本高速道路株式会社　上原　盛久
琉球大学　正会員　松原　仁

1. はじめに

沖縄島中南部には新第三紀泥岩に属する島尻層群泥岩が広く分布している. 島尻層群泥岩層は良好な支持層としてみなされる反面，斜面崩壊が頻発することで知られており，例えば，平成18 年 6 月には安里地区で大規模な斜面崩壊が発生した．また，島尻層群泥岩は大気にさらされたり自由水と接触したりすると，スレーキングによる粘土化および吸水膨張による強度低下を引き起こすことが知られており，これらの現象は島尻層群泥岩に含まれるモンモリロナイトによって引き起こされるとされる．また，斜面崩壊を起こした島尻層群泥岩からは黄鉄鉱も確認され，島尻層群泥岩は物理的風化のみならず化学的風化を起こす可能性が示唆されている．しかしながら，島尻層群泥岩は地中における風化進行過程に関して十分に解明されていない現状があり，本層での斜面崩壊発生メカニズムを理解し，抑制手法を構築するためには物理的および化学的な観点を含めた検討が必要である．

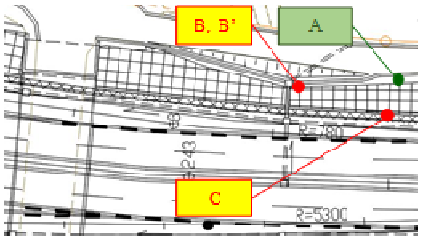


図 1 土質調査地点（1986 年および 2016 年）

そこで本研究では，沖縄島中部に位置する高速道路法面を研究対象とし，島尻層群泥岩の経年による強度変化および含有鉱物の詳細を明らかにし，そして，1986 年と 2016 年のデータを比較することで，島尻層群泥岩の物理的および化学的な風化機構を明らかにし，風化進行過程を推定した．

2. 研究対象法面および実験方法

2.1 研究対象法面

研究対象とした道路法面は島尻層群泥岩を主体とする丘陵部に位置し，1986 年に丘陵部の一部を掘削し高速道路が建設され切土法面となっており，斜面崩壊対策のためにグラウンドアンカーが施工されている．しかしながら，それらの建設から 30 年が経過し，定着部引き抜け等のグラウンドアンカーの損傷がみられ，また，法面のはらみ出し等の法面の変状が確認された．また，本法面の水抜きパイプより大量の湧水が確認され，本法面は，グラウンドアンカーの腐食劣化ならびに法面地盤の脆弱化が進行しやすい環境であることが考えられた．

本法面では**図 1** に示す地点で土質調査が実施されている．1986 年に A 地点において標準貫入試験および土質分類がなされ，本地点には風化島尻層群泥岩は存在せず，さらに島尻層群泥岩は十分な強度を有していたことが確認された．また，2016 年に B，C 地点においてボーリングコアが採取された．得られたボーリングコアを観察してみると，どちらからも 1.0 から 1.5m 程度の変色した島尻層群泥岩が見受けられ，風化が進行している可能性が示唆された．B’地点および C 地点では地下水位も計測され，両地点とも地下水変動範囲内にコアの変色部分が含まれ，また，地下水に含まれる成分を分析すると，Ca，Na および Mg が確認され，特に Ca 濃度が最も高かった．

2.2 実験方法

本研究では，力学試験および化学分析を実施した．力学試験として，1986 年に得られた N 値より推定した N 値換算一軸圧縮強さと 2016 年に得られたコアに対して実施した針貫入試験より得られた換算一軸圧縮強さを比較し，約 30 年間での法面強度の変化を検討した．さらに，得られたボーリングコアを高さ 10cm の円柱状に成形した供試体でスレーキング試験を実施し，島尻層群泥岩のスレーキング特性を検討した．実験条件は，供試体を 24 時間の水

キーワード　島尻層群泥岩，風化，地下水，スレーキング，モンモリロナイト
連絡先　〒903-0213　沖縄県中頭郡西原町千原 1 番地　E-mail: k178488@eve.u-ryukyu.ac.jp

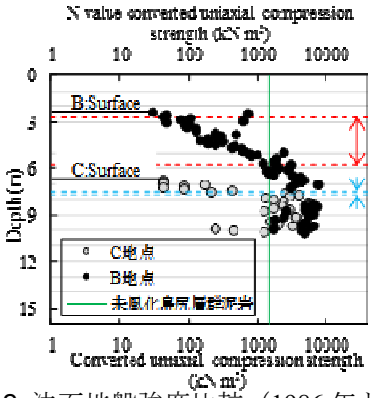
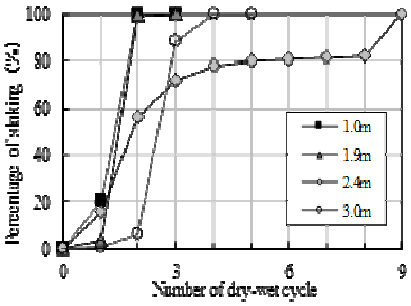
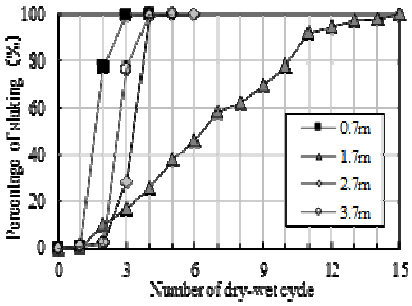


図 2 法面地盤強度比較（1986 年と 2016 年）



(a) B 地点



(b) C 地点

図 3 乾燥・湿潤サイクルと細分化の関係

浸と乾燥器（30℃一定）で質量変化がなくなるまで乾燥させ（これを乾燥湿潤 1 サイクル），供試体をスレーキングさせた．供試体が完全に細分化するまで乾燥湿潤サイクルを繰返した．1 サイクルごとに細分化した土の乾燥質量を測定し，細分化土と供試体の乾燥質量の比より細分化率を求め，それを比較検討した．また，化学分析として，島尻層群泥岩に含まれている鉱物を粉末 X 線回折解析により特定した．

3. 実験結果

3.1 法面地盤強度の経年変化

図 2 は 1986 年の A 地点の未風化島尻層群泥岩の N 値換算一軸圧縮強さと B，C 地点の 10cm ごとの換算一軸圧縮強さを比較したものである．また，点線は地下水位変動範囲を示す．なお，N 値より推測した未風化島尻層群泥岩の強度と C 地点の最低地下水位以深の島尻層群泥岩の強度がほぼ同程度であることから，N 値換算一軸圧縮強さと換算一軸圧縮強さの比較は可能であるといえる．同図より，B，C 地点では，最低地下水位以深での強度低下はみられなかった．一方，最低地下水位より上層では換算一軸圧縮強さが低下しており，特に B 地点は地下水変動範囲内での強度低下が顕著にみられた．

3.2 島尻層群泥岩のスレーキング特性

図 3 に乾燥湿潤サイクルとスレーキング率の関係を示す．なお，B 地点の供試体は深さ 1.0m，1.9m，2.4m および 3.0m 地点，C 地点の供試体は深さ 0.7m，1.7m，2.7m および 3.7m 地点とした．同図より，多くの供試体は少ない乾燥湿潤サイクル数で 100%細分化した．一方，B 地点 1.7m および C 地点 2.4m は，一部に細分化を起こしにくい部分があり，完全に細分化するまでに多くの乾燥湿潤サイクルを要した．

3.3 島尻層群泥岩の含有鉱物

スレーキング試験を実施した地点を試料とし，島尻層群泥岩に含まれる鉱物を特定した．その結果，すべての試料に石英，曹長石および灰長石が含まれていることが確認された．なお，曹長石は Na，灰長石は Ca に富む長石類である．また，イライトやモンモリロナイトを含む試料も確認された．モンモリロナイトは吸水膨張し粒子間結合力を低下させ，イライトおよび長石類は乾燥湿潤によって溶出するとされる．

4. 考察

本研究では島尻層群泥岩を主体とする道路法面より採取されたボーリングコアに対して力学試験および化学分析を実施した．その結果，本法面は地下水位変動範囲の島尻層群泥岩において，約 30 年間で変色を伴う地盤の風化による強度低下が発生していることが確認された．これは，地下水位の変動による乾燥湿潤により，地盤中のモンモリロナイトが吸水膨張し粒子間結合力を低下させたことと，イライトおよび長石類が溶出したためと推測される．また，地下水に Ca および Na が含まれていた原因は長石類の溶出によると考えられた．

5. おわりに

本研究では沖縄島中部に見られた高速道路法面の変状は，島尻層群泥岩の風化に起因する可能性を見出した．風化率の算出など，今後さらなる検討が必要である．

参考文献

1） 新城俊也：土質材料としての泥質堆積岩の力学特性に関する研究，1981