

堆積性軟岩の乾湿繰り返しによる亀裂面発生に関する一考察

(独)鉄道・運輸機構 正会員 ○ 吉森佑介 今井啓文
 京都大学工学研究科 学生会員 三好航平
 京都大学工学研究科 正会員 岸田 潔

1. はじめに

岩石の劣化の一つとしてスレーキング現象があり、古第三紀から新第三紀にかけて堆積した軟岩に顕著に認められる。スレーキングは乾湿繰り返しにより亀裂面が発生し、岩石・岩盤の強度を著しく低下させることから地下空洞や法面等の安定性に大きな影響を与えることが知られている。現状でスレーキング発生の有無や程度を評価する試験法はいくつか提案されているが、発生のメカニズムを詳細に検討し、その要因を検討した例はほとんどない^{1),2)}。本研究では、X線CT画像およびEPMAを用いた岩石の観察・分析結果から、乾湿繰り返しに伴う亀裂面発生のメカニズムを検討することを目的とし、北海道長万部地域の新第三紀に堆積したシルト～泥岩を用いて分析を実施した。

2. 室内試験、分析方法の概要

供試体は、層状構造が認められ著しいスレーキングを発生する岩塊(図1)から、円柱状($\phi 25 \times 100$ mm)に3供試体をコア抜きし、「水中養生→乾燥→X線CT撮影」を1サイクルとして乾湿繰り返し試験を実施した(以下コア抜きした供試体を、A-1, A-2, A-3と呼ぶ)。水中養生は、常温の水槽に供試体を24時間静置した。乾燥は、温度110°Cの乾燥炉に供試体を24時間静置した。1サイクル終了時、供試体の中で最も亀裂が発生しなかったA-3を半割カットし、カット面を研磨・観察後、波長分散型電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)を用いた元素分析をFe, S, Si, Caの4元素を対象に実施した。A-1, A-2は更に1サイクル乾湿繰り返し試験を実施し、亀裂面の発達状況をX線CT画像により観察した。乾湿繰り返し試験の流れを図2に示す。

3. 乾湿繰り返し試験結果

(1) 研磨面, X線CT画像, EPMA結果

A-3における研磨面, X線CT画像, EPMA結果を図3に示す。X線CT撮影には、 μ フォーカスX線CT装置を用いた。X線CT画像結果は、密度が大きくなるほど白く表示され、低くなると黒く表示される。また、亀裂面は黒色で表示されている。EPMAによる元素分析の濃度結果は、

図3のカラーバーチャートで示した通り、暖色になるほど質量パーセント濃度が高く、寒色になるほど低くなる。なお、分析結果を明瞭に示すために、元素毎の質量パーセント濃度のレンジは異なる。

まず、コアの研磨面の結果から、ほぼ平行な層状構造が確認された(図3黄色枠①)。次に、X線CT画像の結果から、コアの研磨面で平行な層状構造が確認された箇所でも高密度な白色部が層状または斑状に分布していること(図3黄色枠②)、不明瞭な層状構造が分布することが確認された(図3黄色枠③)。更に、EPMAによる元素分析の結果から、FeとSではX線CT画像で確認された高密度部と同じ箇所でも縞状や斑状の濃度

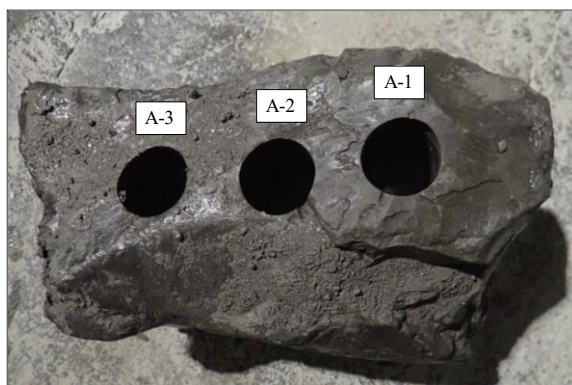


図1 採取した岩塊

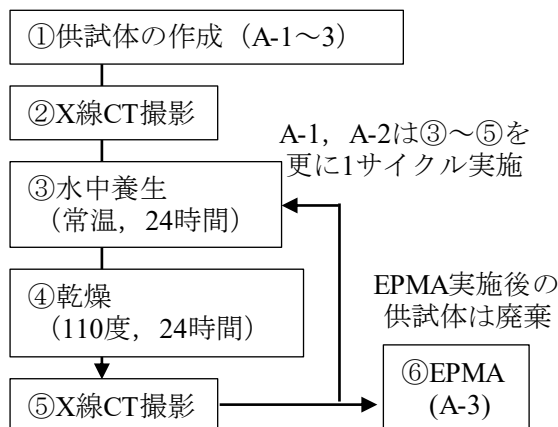


図2 乾湿繰り返し試験の流れ

キーワード 軟岩, スレーキング, X線CT, 亀裂, 元素分析

連絡先 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町6-50-1 (独)鉄道・運輸機構 TEL045-222-9083

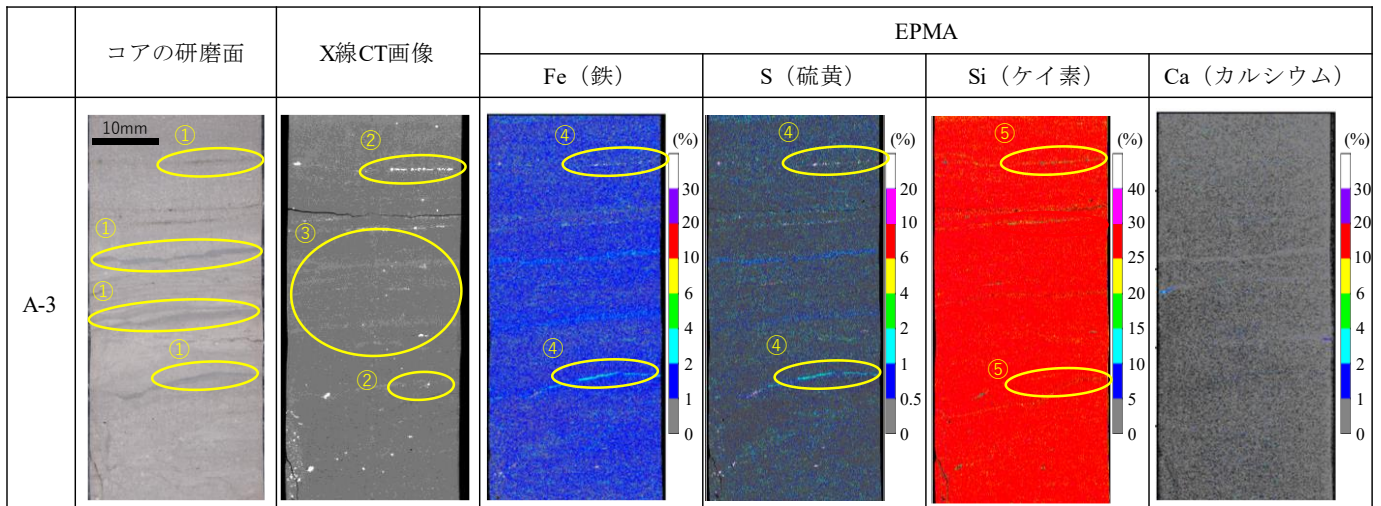


図3 乾湿繰り返しによる亀裂の進展状況

変化が見られ、質量パーセント濃度が高いことが確認された (図3 黄色枠④). 一方, Si でも X 線 CT 画像で確認された高密度部と同じ箇所でも濃度変化が見られたが, Fe や S と異なり, 周囲と比べて相対的に質量パーセント濃度が低くなった (図3 黄色枠⑤). なお, Ca は不明瞭であった.

今回の観察結果から, X 線 CT 画像で確認された高密度部および Fe, S の高密度部の分布が一致することから, X 線 CT 画像で確認された高密度な白色部は「FeS (黄鉄鉱)」と推定された.

(2) 乾湿繰り返しによる亀裂面の進展状況

各供試体の乾湿繰り返しによる X 線 CT 画像を図4に示す. この結果から, A-1, A-2 では, 白色部に沿って亀裂が発生した箇所が見られた (図4 赤枠). しかし, 2 回目の乾湿試験が完了した時点では白色部と無関係に網目状に亀裂が進展した (図4 緑枠). A-3 については, EPMA 分析に使用したため, 乾湿試験は1回の実施であるが, 亀裂は2本のみ発生し, 白色部とは一致しなかった (図4 黄色枠).

4. まとめ

本分析により, X 線 CT 画像と研磨面, EPMA 結果を対比・検討し, 岩石の観察・分析を行うことができた. また, 乾湿繰り返しにより, 亀裂面は発生当初, X 線 CT 画像で連続的かつ層状に分布する黄鉄鉱付近で発生したケースが複数確認された. 以上より, 亀裂発生初期段階において黄鉄鉱が関係する可能性があることが示唆された.

参考文献: 1) 吉田ら: 和泉層群の頁岩のスレーキング特性とメカニズムに関する一考察, 土木学会論文集, 750, 15-25, 2003. 2) 島田ら: 化学的側面からみた堆積岩のスレーキングメカニズムに関する一考察, 土木学会第58回年次学術講演会講演概要集, 677-678, 2003.

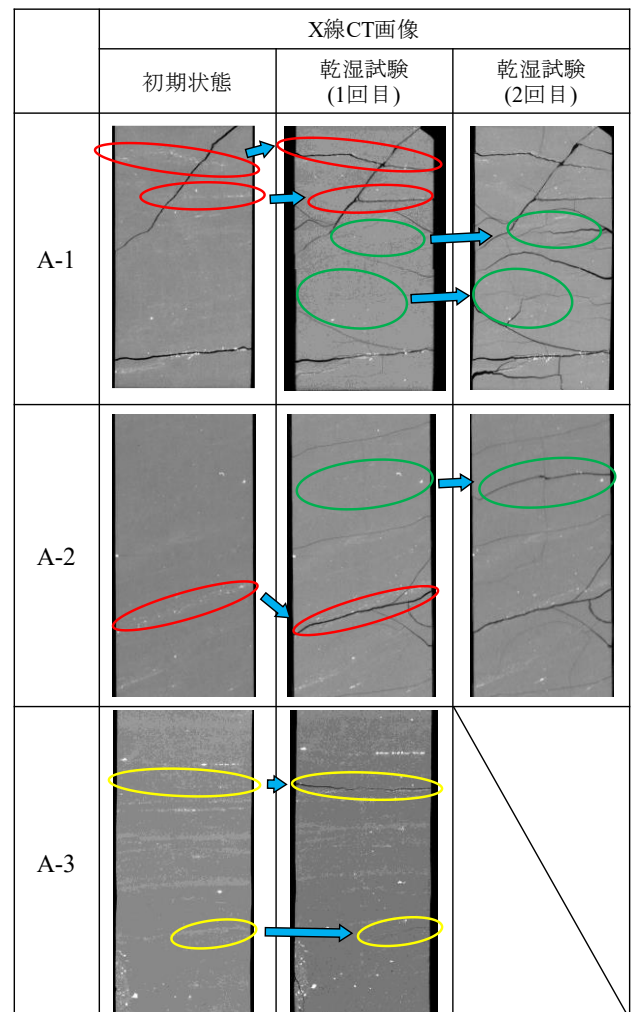


図4 乾湿繰り返しによる亀裂の進展状況