

水質分析と鉱物分析からみた頁岩のスレーキングメカニズムに関する一考察

復建調査設計株式会社 正 ○高田 修三

愛媛大学工学部 正 八木則男, 矢田部龍一, 横田公忠

1. はじめに

『和泉層群の頁岩は、スレーキングを起こしやすい。』ことはよく知られている。第3紀層の泥岩と比較して、そのメカニズムに関する研究はほとんど行われていない。第3紀層の泥岩については、『膨張性粘土鉱物スメクタイトの含有が確認され、その膨潤圧によってスレーキングが発生する。』と結論づけられている。しかし、和泉層群の頁岩は、膨張性粘土鉱物は確認されておらず、スレーキングメカニズムは未解明のままである。そこで、本研究では、四国の和泉層群から採取した頁岩に対して乾湿繰返し試験・X線回折試験・電子顕微鏡写真撮影および溶出イオン分析を行い、スレーキングメカニズムについて検討した。

2. 試料および試験概要

今回試験に用いた試料は、和泉層群の切土施工現場7カ所から採取した頁岩である。含有鉱物は主に、石英・長石および雲母であり、膨張性粘土鉱物は確認できない。今回行った試験は、乾湿繰返し試験、試験前後での含有鉱物の変化をみるためにX線回折試験、試験前後の粒子形状の変化をみるために電子顕微鏡写真撮影、溶出イオン濃度を調べるためにICPによる水分析である。乾湿繰返し試験は、日本道路公団の基準(KODAN 111)に基づき、浸水24時間・炉乾燥48時間を、10サイクル繰返した。乾湿繰返し試験を行った理由は、頁岩の耐風化力をみるため、風化促進のためである。

3. 頁岩のスレーキング特性

図-1に、含水吸水比とスレーキング区分の関係を示す。スレーキング区分の判定は、土木学会の基準に基づいて行った。スレーキング区分は、0→4の順にスレーキングを起こしていることを意味していることから、スレーキングが進行するにつれ、吸水含水比が増加することがわかる。したがって、スレーキングは吸水含水比と密な関係にあると考えられる。図-2に吸水含水比と初期間隙率の関係を示す。これから、初期間隙率がスレーキングに影響を与えていることがわかる。特に、初期間隙率の大きい試料は、40%以上の吸水含水比を示すのに対し、小さい試料は10%未満である。そのうえ、初期間隙率の大きい試料は、早期に崩壊した試料である。このことから、初期間隙率が初期のサイクルでのスレーキングに影響を与えていることがわかる。

4. 頁岩のスレーキングメカニズム

吸水含水比がスレーキングに、初期の崩壊に初期間隙率が影響を与えていることがわかった。しかし、サイクルをこなすうちに、ほとんどの試料で崩壊が起こった。そのため、これらの理由だけでスレーキングを片づけるわけにはいかない。そこで、スレーキングメカニズムについて検討した。写真-1に、スレーキング試験前後の電子顕微鏡写真を示す。これより、試験前は粒子が大きく密集していたものが、試験後には粒子も小さくなり空隙が確認で

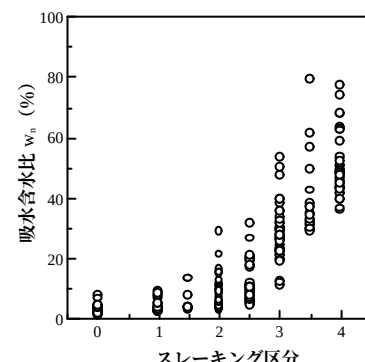


図-1 吸水含水比とスレーキング区分の関係

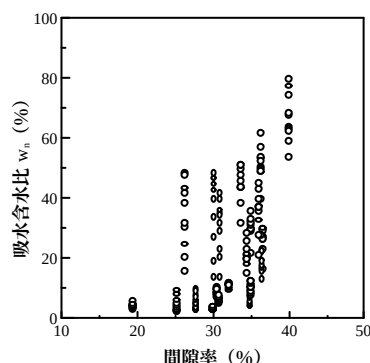


図-2 吸水含水比と初期間隙率の関係

キーワード：和泉層群, 頁岩, スレーキング, 非晶質, 含有鉱物

〒790-8577 松山市文京町3 愛媛大学工学部 TEL 089-927-9817 FAX 089-927-9820

きる。このことから、堆積岩を構成している含有鉱物の晶出もしくはセメンテーションの溶出が考えられる。

図-3 に溶出イオン分析の結果を示す。分析したイオンは、 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 、 $\text{Fe}^{2+,3+}$ 、 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} の6種類の陽イオンである。そのうち溶出したイオン濃度の高かったものは、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 $\text{Fe}^{2+,3+}$ 、 Al^{3+} の4種類である。乾湿繰り返し試験と溶出イオン分析の結果から、スレーキングにイオンの溶出が関係していると考えられる。

そこで、これらの溶出イオンから晶出したと考えられる含有鉱物および溶出したと考えられるセメンテーションを推定した。その結果を表-1 に示す。造岩鉱物は、[斜長石 (Caの富む→Naに富む) →正長石→石英] の順序で風化に対する抵抗性が弱い。そのため、斜長石が最も風化の影響を受けやすく、試験前後で変化があると考えられる。イライトは堆積岩に含有する雲母族の総称である。残りの物質は、非晶質と考えられる。非晶質はガラス質とも呼ばれる非結晶物質であり、Al や Fe の酸化物や水和酸化物で、粘土鉱物の風化によって生成されるものもある。これらの鉱物が晶出したと考え、X線回折試験より試験前後の鉱物の含有量を比較した。その結果を図-4～6 に示す。これらから、3物質とも試験前後で減少していることが確認できる。また、陽イオンの溶出量が多い試料は、鉱物の含有量の減少が激しいことが確認できる。以上のことから、セメンテーションの溶出および含有鉱物の晶出によってスレーキングが誘発されることが考えられる。セメンテーションは非晶質、含有鉱物は斜長石・イライトである。

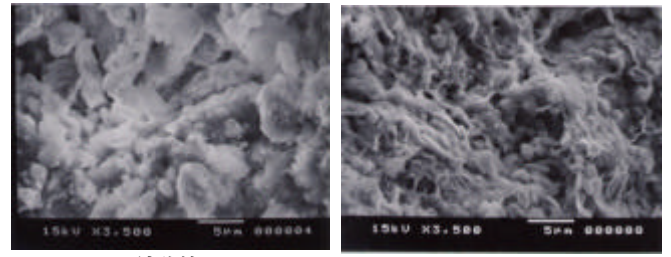


写真-1 試験前後の電子顕微鏡写真
写真-1 試験前後の電子顕微鏡写真

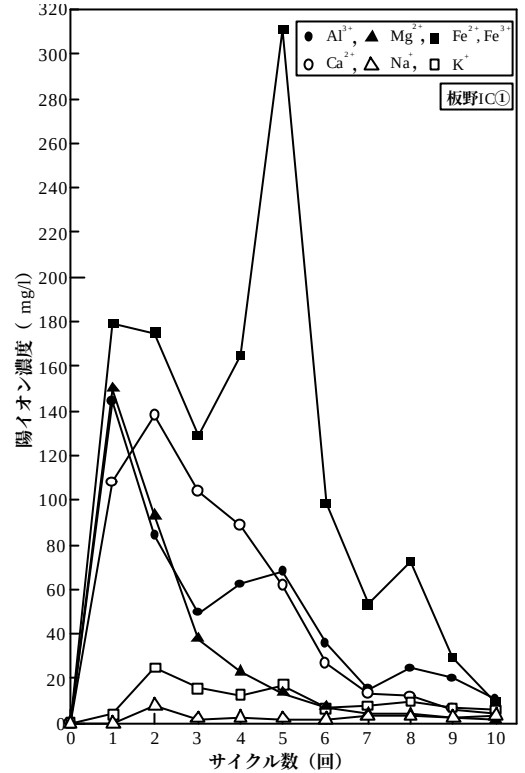


図-3 水分析結果

5. おわりに

膨張性粘土鉱物の含まれていない和泉層群の頁岩のスレーキングメカニズムについて検討した。その結果、吸水含水比とスレーキングが密な関係にあること、初期間隙率が初期の崩壊に影響を与えていることがわかった。また、非晶質の溶出および斜長石・イライトの晶出によってスレーキングが発生する事が明らかになった。今後は、膨潤圧・膨張量などの工学量を把握する必要がある。

表-1 溶出イオンと含有鉱物

陽イオン	推定物質名	鉱物
Ca^{2+}	斜長石	長石
Mg^{2+}	イライト	雲母
$\text{Fe}^{2+,3+}$	赤鉄鉱, 針鉄鉱, フェリハイドライト	非晶質
Al^{3+}	ギブサイト, ペーマイト	

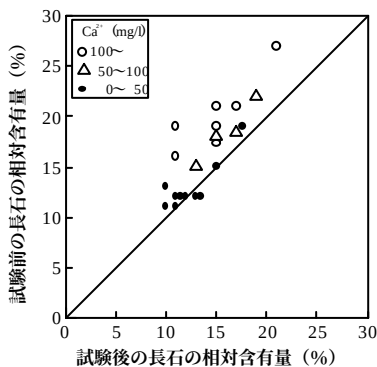


図-4 試験前後の長石相対含有量

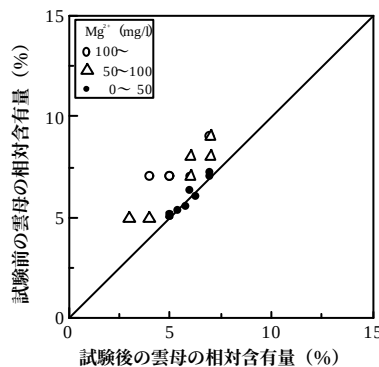


図-5 試験前後の雲母相対含有量

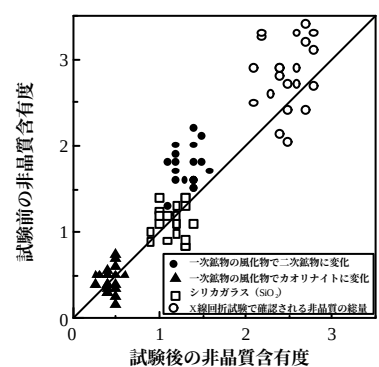


図-6 試験前後の非晶質含有度