

III-293 泥岩の長期安定性評価に関する試み

（株）大林組技術研究所 桑原 徹 鈴木健一郎 平間邦興

1 はじめに

大型構造物建設後、軟岩のような基礎地盤が長期的にどのような劣化特性を持つのか、といった問題は今後設計に際して評価すべき項目と考えられる。既往の室内劣化試験によると、せん断強度は短期間でゼロに近づくと予想されるが、このような劣化試験は施工中の短期間で劣化する岩盤状況を想定しているので、長期間にわたり徐々に劣化するような場合適用出来ない。長期的劣化要因の内、岩盤亀裂からの地下水を対象にすると、地下水による劣化は岩石の構成鉱物・化学組成の変化、すなわち岩の酸化・溶解現象としても捉えられる。そこで今回は、長期間かつ劣化を加速した浸水崩壊度試験などを実施するとともに、X線回折分析・プラズマ発光分析も行い、地下水に対する泥岩の長期安定性評価の試みを実施した。

2 試験方法

(1) 浸水崩壊度試験：今回は室温の清水と、80℃の熱水の両者を用いた。室温の清水条件では60日間にわたり試験を継続し、また80℃熱水条件では、試料を入れたビーカーを80℃の熱水を満たした熱水槽中に置いて試験に加速性を持たせ、50日間試験を継続した。崩壊度の判断は土木学会岩盤力学委員会（案）に従った。

(2) 乾湿繰り返し試験：日本道路公団の試験様式KODAN111に準拠し、吸水量とその増加率を求めた。

(3) X線回折分析（粘土鉱物分析）、プラズマ発光分析（化学分析）：ここでは80℃熱水条件下で、試験開始後0日、7日、14日、50日後の4試料の泥岩の粘土鉱物組成及び化学組成（10成分）の変化を調べて、強制的に「風化」させた泥岩の変化を検討した。

(4) 吸水膨張量・膨張圧試験：試料寸法は直径が5cm、高さ2cmで、吸水膨張量は上部のみ非拘束として、また吸水膨張圧は体積一定条件下で膨張圧を計測した。

3 試験結果

試験試料は更新世上総層群の泥岩で、基本物性は表-1に示す。

(1) 浸水崩壊度試験：室温清水及び80℃の熱水条件のいずれにおいても、試験期間を通してほぼ一定状態で、最終的なスレーキング指数は1で泥状化は生じなかった。

(2) 乾湿繰り返し試験：吸水量は初期状態の約2.2%から最終時点の3.8%まで増加し、これらから求められる吸水量増加率はそれぞれ2.75%、3.33%である。図-1から今回の試料の吸水率は中程度と判断されよう。

(3) X線回折分析：鉱物の組成と含有量は表-2に示す。熱水状態の継続時間により粘土鉱物組成の大きな変化や含有量の増減は認められないが、モンモリロナイトの層間水が増加している。X線チャートによると16~15Åにモンモリロナイトのピークが見られ、図-2に示すように、熱水条件が長くなるにつれてピークの位置は低角度側に移

表-1 基本諸物性

単位体積重量(g/cm ³)	1.94
比重	2.69
間隙比	0.77
含水比(%)	27.1
一軸圧縮強度(kgf/cm ²)	27.3
弾性係数(kgf/cm ²)	3310
圧裂引張強度(kgf/cm ²)	2.8
P波速度(km/sec)	1.86
S波速度(km/sec)	0.99
粘着力(kgf/cm ²)	10.5
内部摩擦係数(度)	16

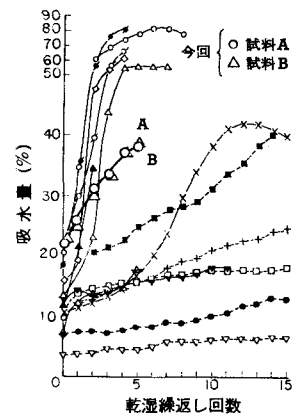
図-1 乾湿繰り返し試験結果
(文献1)に加筆)

表-2 粘土鉱物の組成と含有量

	0日後	7日後	21日後	50日後
石英	●	●	●	●
クリストバライト	○	○	○	○
斜長石	○	○	○	○
モンモリロナイト	○	○	○	○
雲母	△	△	△	△
クロライト	△	△	△	△

多:● 中:○ 少:△

動し、ピーク強度は増加していく。これは熱水条件がモンモリロナイトの層間水の増加を引き起こしたものと考えられる。

(4) プラズマ発光分析: 分析結果は表-3に示す。これから $H_2O(-)$ は熱水条件下の時間に比例して増加することが分かる。これはX線分析でモンモリロナイトの層間水が増加する傾向と良く一致している。その他の化学成分については顕著な変化は見られないようである。

(5) 吸水膨張量・吸水膨張圧試験: 吸水膨張量は試験後3.5~5日で、膨張率は0.8%~1.27%であった。図-3によると今回得られた膨張量は小さいと言える。一方吸水膨張圧試験の結果は、圧密試料では試験開始後約1日から2日で膨張圧が1.12~1.52kgf/cm²、非圧密試料では試験開始後約0.5日から3日で0.32~0.48kgf/cm²となり、圧密試料の方が非圧密試料よりも膨張圧が3~4倍大きくなる。試験試料は、試料採取時に既に応力解放の影響を受けているため、実地盤を考える際には圧密試料の試験結果の方がより実際の状態を反映しているものと考えられる。図-4から圧密試料の膨張圧はかなり大きな値で、一方非圧密試料の膨張圧は中程度と言える。

4 考察 及び まとめ

以上の試験結果は今回の泥岩の安定性について次のような特徴を示す。

- 1) 物理・力学特性: 該当泥岩の吸水性はある程度あるが、浸水崩壊性に対してはかなり強く、吸水膨張量は小さい。しかし吸水膨張した時の膨張圧はかなり大きいと言える。
- 2) 化学特性: 膨潤性粘土鉱物であるモンモリロナイトを含むが、熱水による強制的風化試験によってもモンモリロナイト中の層間水が多少増加する程度で、溶脱作用による粘土鉱物組成や化学組成の顕著な変化は認められなかった。これらの結果は上述1)の結果とも対応している。
- 3) 風化特性: 岩の化学的風化に関しては、花崗岩・泥岩・断層物質などについて報告がなされており、母岩に対する風化帯・断層粘土の鉱物組成・化学組成・風化指数などの変化という点から検討されている。花崗岩・断層物質では新規粘土鉱物の形成や $SiO_2 \cdot Na_2O \cdot CaO$ の減少、 $H_2O(+)(-)$ の増加等が認められる^{3), 4)}。泥岩の自然斜面の風化に関しては、黄鉄鉱(FeS)の酸化とそれに伴う酸の形成が重要であり、その結果「酸化帯」と「溶解帯」が形成され、鉱物・化学組成の変化が生ずる⁵⁾。今回の試料は黄鉄鉱を含まないので、この酸化の影響は少ないと思われる。 $H_2O(-)$ の増加のみが見られた。これら自然地山の状態と今回の熱水による「加速風化試験」の結果を比較すると、今回の泥岩試料に見られた鉱物・化学組成の変化は極めて小さいと言える。
- 4) 岩盤内部の長期的劣化は、物理的風化よりも化学的風化に支配されるので、地下水によるさまざまな岩盤の化学的風化の過程や特性を知ること、室内劣化試験を実施するにあたり重要である。

【参考文献】1)土質工学会:土質工学ハンドブック(1982)、2)斉藤、他:大林組技術研究所報、No.19, pp.95-99(1979)、3)木宮:地質学雑誌、Vol.81, pp.349-364(1975)、4)桑原、他:第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.166-170(1988)、5)千木良:電力中央研究所報告、U87041(1987)

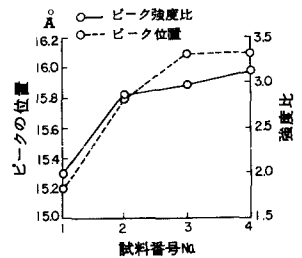


図-2 モンモリロナイトにおけるピークの位置と強度

表-3 泥岩の化学組成

	0日後	7日後	21日後	50日後
SiO ₂	80.68	81.34	59.90	80.18
TiO ₂	0.60	0.57	0.57	0.57
Al ₂ O ₃	14.58	14.26	14.86	14.54
Fe ₂ O ₃	5.77	5.87	5.81	5.68
MnO	0.07	0.06	0.06	0.06
MgO	2.40	2.47	2.52	2.65
CaO	4.65	4.73	4.85	5.09
Na ₂ O	2.30	1.80	2.02	1.98
K ₂ O	0.97	0.88	1.00	0.94
FeO	0.14	0.13	0.08	0.13
H ₂ O(+)	6.03	5.26	5.41	5.17
H ₂ O(-)	1.87	2.73	3.01	3.14
Total	100.04	100.10	100.09	100.12

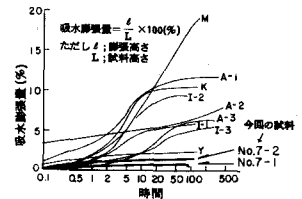


図-3 吸水膨張量試験結果(文献2)に加筆)

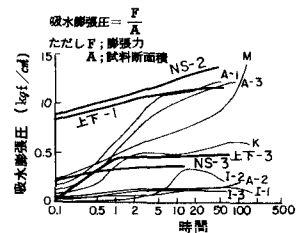


図-4 吸水膨張圧試験結果
上下-1, 3, NS-2, 3
(文献2)に加筆)