

簡易スレーキング試験方法の提案

吉中龍之進[○] 小島圭二 田中荘一

(埼玉大学) (東京大学) (応用地質調査事務所)

1. まえがき

ある種の軟岩は自然状態で地中に置かれている時は、かなりの固結力を示すが掘削などで大気中に暴露されたり、あるいは水分が変化すると、その軟岩が以後に水に触れると固結力を失ない組織が破壊されて急激に泥状化することが良く知られている。このような乾湿の繰返しによって与えられる現象をスレーキング現象と呼んでいる。この現象は軟岩斜面の崩壊や各種の地圧現象など、地盤岩盤の工学的問題に重要な関係をもつことから、軟岩のスレーキングの度合いを表現するための試みがいくつか提案されてきた。しかし、スレーキング現象は試験の条件の与え方によつてその現われ方が大きく異なる物理的・化学的現象⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾であるため、試験に当っては、現場に見合った条件で試験することが望ましい。しかし一方で異なる軟岩について一定の条件で試験し、その性質を相互に比較し分類することも基本的に大切である。土木学会岩盤力学委員会の中四分科会では主として軟岩に関する調査・研究がおこなわれているが、その活動の一環として軟岩の試験方法に関する指針の作成が審議されている。本文はその過程で飯田隆一前主席を中心に作成された簡易スレーキング試験法の試案を報告したもので、これに対する種々のご意見、ご批判をいただければ幸いである。

2. 試案の意図

軟岩を対象とした調査・試験の一般的流れから考えるとスレーキングに関する性質を求めるべき段階は大きく2つに別れるようである。すなわち調査の初期の段階で以後の調査・試験等の計画を反映させるべき資料が必要な段階、この段階ではできるだけ簡単かつ迅速にスレーキングの概略の傾向を知ることを望ましい。つぎに試験条件をコントロールしながら詳細な資料を求めて設計・施工に利用する段階の試験である。試案はこの2段階を区別しておこなうものとし、初期の試験方法を簡易スレーキング試験と呼んでいる。本文ではこの簡易試験法を述べる。スレーキング試験には次の様な項目(1)~(7)と条件が関係する。(1)試料の採取・保存法：組織に対する攪乱の程度、採取後の含水比の変化と保存の時間的長さなど。(2)試験の初期含水比の調整：乾燥手段と温度および乾燥時間など。(3)試料の形状・寸法及び整形方法。(4)使用水の水质：蒸留水、現地の水他。(5)乾・湿の方法：乾燥手段・温度・加熱時間、加湿方法と時間、乾・湿の繰返し回数など。(6)スレーキングの計測：含水比、形状・寸法、その他の物理的性質の変化。(7)スレーキング程度の判定及び表示法：スレーキングの強さ・速さの区分、(6)のどの項目を用いるか。従来提案されてきた試験方法の例を見るとスレーキングの与え方は乾・湿を多数くり返す方法が多く奥園⁽⁴⁾(1972)、ISRM⁽⁸⁾(1972)、Morgenstern & Eigenbrod⁽⁵⁾(1974)、小島⁽⁶⁾(1977)、大住・今川⁽⁷⁾(1978)などはこの方式である。一方、試験の迅速性を考慮して1回のサイクルでスレーキングを判定するものには国鉄の地質調査標準示方書⁽⁹⁾(1969)やMorgensternら⁽⁵⁾(1974)によるRate of Slaking試験、小島⁽⁶⁾(1978)のIndex of Slakingなどがある。しかしこれらいずれの方式にしても試験条件(上記(1)~(7))は互いに異なっている。試案の簡易試験法は、上記の国鉄の標準示方書⁽⁹⁾(1969)などをもとにしたもので、(1)~(3)は細かい規定はせず乱さない試料を用いるが、形状は任意、初期含水状態は60%ないし1週間程度風乾した試料としている。通常の110°C乾燥としなければ110°Cでは軟岩の自然試料における水分保有性が変化することがあることを考慮したためである。項目(5)の乾・湿くり返し回数を試案で1回としているのは基本的に迅速性によるが、後述のような種々の実験あるいはMorgensternらの研究資料などから1回のくり返しによつてもスレーキングの強さの識別の目的には十分役立つデータが得られることによる。これ

については本文の(4)適用例において述べる。スレーキングの測定と表示も種々の方法があるが試案では水浸時間の経過に伴う形状変化のみを観察するものとし、形状変化の様式図と比較する方法でスレーキングの進行度を判定する。その結果水浸後2時間^①で生じる形状によりスレーキング指数を0~4の間で与えるものである。

スレーキングの進行は後述4の実験によると試案の方法では水浸後2時間程度でその特徴的変化の大部分が生じるが、試料の種類によりさらに時間と共に徐々にスレーキングが進む。すなわち1~2時間の変化はスレーキングの速さと強さの性質が特徴的であり、さらに24~48時間ではスレーキングの強さの性質が強調されるものと考えられる。試案では短時間に生じる変化を示標に採用したが、目的に応じ長時間の変化も求められるよう、24時間後の測定を加えてある。

3. 試験方法

簡易スレーキング試験法(案)

1. 適用: この試験は岩石試料のスレーキングの性質を、乾燥させた岩石供試体の水浸によつて生じる形状変化から求めるもので、スレーキングに関する性質の概略の判定に用いる試験に適用する。
2. 供試体: 岩石塊やボーリングコアから一辺3cm程度の立方体、直径および高さ各3cm程度の円柱、あるいは、同程度の大きさのハンマー等で整形した供試体3個を準備する。
3. 試験装置: 2で準備した供試体が並んで入る寸法の底の平らな蒸発皿などの容器1個。
4. 試験の手順:

(1) 2の供試体を60℃で24時間炉乾する。適当な乾燥炉がない場合は、1週間程度風乾した試料を用いてもよい。

(2) 乾燥後、室温になった供試体を3の容器に入れ、供試体の形状・寸法・色調・粒度・亀裂の状態等を観察し、記録する。

(3) 上記の容器に供試体の水浸するまで水を注ぐ。

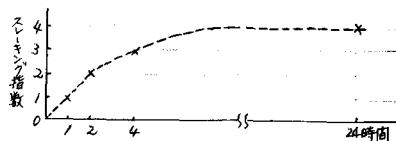
(4) 注水で静置し、供試体に生じる形状変化を1, 2, 4, および24時間毎に観察し、形状変化が右図のどの区分に該当するかを調べる。区分4の状態に達したら試験も打切ってよい。

区分	0	1	2	3	4
形状					
状態	変化しない	きつがが入る程度	細片化が部分的に始まる	細片化と部分的な泥状化	完全に泥状化

5. 結果の表示

(1) 浸水24時間後の形状変化が区分表のいずれに該当するか、例えば2の場合は「スレーキング指数2」と表現する。

(2) 浸水時間スレーキング曲線を求める。



4. 適用例

試案の試験方法をいくつかの軟岩試料に適用させてみた。試料はオミ泥質頁岩が大部分でその他に凝灰質岩、砂岩、氷積世泥岩、強風化した花こう岩からなる。試料と試験結果を総括して表1に、時間に伴うスレーキングの進行を図1~5に、また形状変化の様子を写真で示した。これらの結果からスレーキングの定義を『試料に day-wet と与えた場合の水浸時における試料の崩壊現象』とする限りは試案によつてその概略の性質を把握できることが分った。これらの試験を通してこの種の崩壊現象に3種類区別されるようである。まず(A): 水浸直後から急激に試料の表面から泥状化が始まり個々の土粒の単位に分解されるもので、試案での区分変化は0→3, 4と進む。この場合1, 2の段階を経る場合もあり、直接0→3に進むものもある。この型式の試料にはモンモリロナイトなど膨潤性粘土鉱物が多い。次に(B): 24時間程度の水浸では0→1→2の細片化で止まるものである。これは構成粒子単位では崩壊せず、岩石組織内に割れ目を生じて細片化するもので、セメンチーシヨンの

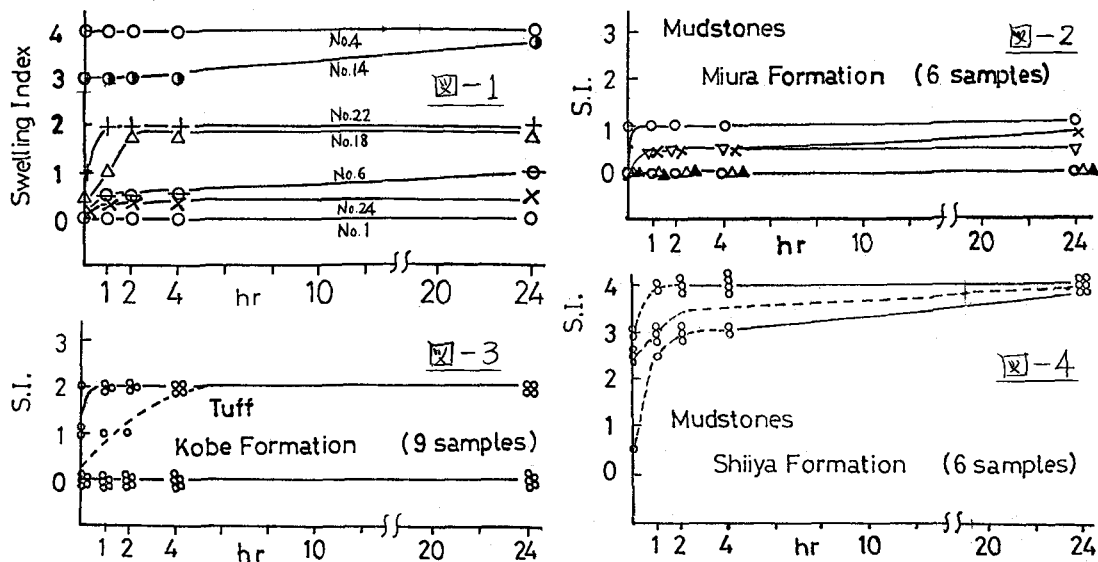
張力が吸水膨張力より強く組織内の不均質が膨張ひずみで組織が破壊するものと考えられる。これらの中には更に長時間浸水ないし乾・湿をくり返すと3,4の区分に進むものもあると考えられる。(D)は水浸でセメンテーションによる結合力が低下し、変化は0→3と進むが、膨張性はほとんどみられない種類のもので強風化花こう岩や砂質岩にみられる。以上の実験結果から試験の区分0→4は連続的な変化系列と見るよりも単位時間内に生じる各試験料のスレーキングの性質の指標と考えるべきものといえる。

5. あとがき

軟岩の重要な物性であるスレーキングの性質を簡易と詳細の両試験に別けて求めるものとし、その簡易の段階で実施する試験法の試験を述べた。試験は適用例作成の段階でも乾燥時間の長さ、判定区分図の表現、指数に用いる浸水時間の長さ、その地種々の問題があることも分った。しかし、この簡易法でも一応スレーキングの性質の半1段階の判別には役立つことが明らかになったので、ここに試験を紹介し、更に今後の検討を待ってこれらを修正して行くつもりである。

参考文献

1. Nakano, R., "On weathering and change of properties of Tertiary mudstones related to landslide.", Soils and Foundations, Vol. 7, 1967, 1-14.
2. Kojima, K., "Geotechnical evaluation of soft rock mass based on softening characteristics.", Proc. of 3rd Intern. Cong. of I.A.E.G., 1978, Sec. II, Vol. 1, 218-227.
3. Yoshinaka, R. and Onodera, T., "Water retention and physical properties of mudstones.", Proc. of 3rd Intern. Cong. of I.A.E.G., 1978, Sec. II Vol. 2, 204-214.
4. 奥園誠之, "切土ノリ面の崩壊とノリ面こう配", 土と基礎, 1972, Vol. 20, No. 2, 35~39.
5. Morgenstern, N.R. and Eigenbrod, K.D., "Classification of argillaceous soils and rocks.", A.S.C.E., G.T. 10, 1974, 1137-1156.
6. 小島圭二, 斎藤保祐, "軟岩の軟弱化の簡易試験法", 東京大学工学部総合試験所年報, 才36巻, 1977.
7. 大住明夫, 今川史郎, "スレーキング試験の1提案", 第13回土質工学研究発表会講演集, No.281, 1978.
8. ISRM "Suggested Methods for Determining Swelling and Slake-durability Index Properties.", 1972
9. 日本国有鉄道, "地質調査標準示方書(施管第166号), 1969.



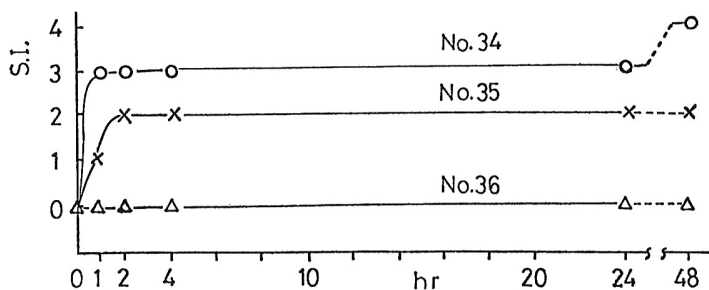
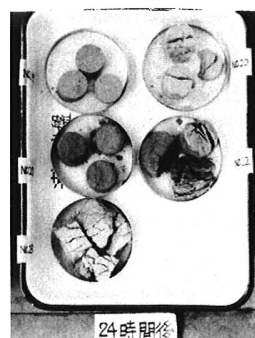
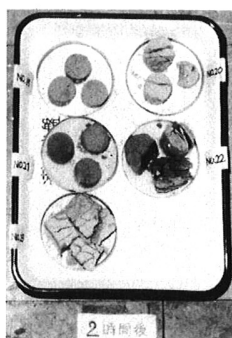
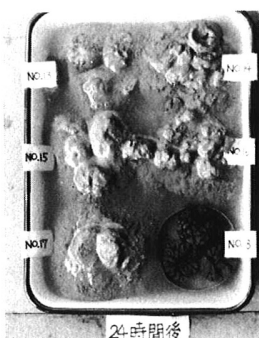
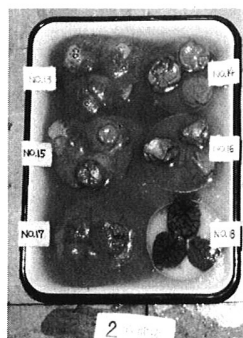


図-5

表1. 簡易スレーキングテスト結果一覧表 (*印は平均値)

サン No.	地質	地層	採取地	観察時 間	自然含水 比 (%)	軸径縮減 率 (%)	軸径縮減 率 (kg/cm ²)	
1	泥岩	多賀戸群	福島県	0 0 0 0 0	46.2*	1.68*	24.7*	才三紀中新世
2	(砂質)泥岩	"	"	0 0 0 0 0	46.5*	1.67*	24.1*	"
3	凝灰質泥岩	"	"	0 0 0 0 0		1.62*	14.6*	"
4	洪積粘土		新潟県	4 4 4 4 4	37.7*	1.84*	2.1*	洪積世
5	泥岩	三浦戸群	東京都	0 0 0 0 0				才三紀中新世
6	"	"	横浜市	0 0~1 0~1 0~1 1				"
7	砂質泥岩	"	"	0 0 0 0 0			20~40	"
8	泥岩	"	"	1 1 1 1 1				"
9	"	"	"	0 0~1 0~1 0~1 0~1				"
10	粗粒凝灰岩	神戸戸群	神戸市	0 0 0 0 0				才三紀中新世
11	凝灰岩	"	"	0 0 0 0 0		1.9~2.0	200~500	"
12	"	"	"	0 0 0 0 0				"
13	泥岩	雄谷戸	新潟県	3 4 4 4 4				才三紀中新世
14	"	"	"	3 3 3 3 4			(30)	"
15	"	"	"	3 3 4 4 4	20.0	2.2~2.3	18~60	"
16	"	"	"	3 3 3 3 4				"
17	"	"	"	3 4 4 4 4				"
18	泥岩	寺泊戸	"	0~1 1 2 2 2	8.9*	2.33*	109.2*	"
19	凝灰岩	神戸戸群	神戸市	0 0 0 0 0		1.9~2.0	200~500	才三紀中新世
20	"	"	"	1 2 2 2 2				"
21	凝灰質砂岩	"	"	0~1 1 1 2 2	12.1	2.27	20~40	"
22	"	"	"	1 2 2 2 2	18.8	2.13	"	"
23	凝灰岩	"	"	2 2 2 2 2		1.9~2.0	200~500	"
24	風化花崗岩		岡山県	0 0~1 0~1 0~1 0~1		2.49	57.4	"
25	"	"	"	0 0 0 0 0		2.61	105.0	"
26	泥岩	三浦戸群	横浜市	0 0 0 0 0				才三紀中新世
27	泥岩	雄谷戸	長野県	0~1 3 3 4 4	(20) 12~25	2.2~2.3	(60) 40~130	"
28	砂岩		千葉県	0 0 0 0 0			587~661	"
29	凝灰質泥岩	(大谷戸)	栃木県	0 0 0 0 0	18		47.6~73.3	"
30	砂質泥岩		青森県	0 0 0 0 0				才三紀中新世
31	緑色凝灰岩		山形県	0 0 0 0 0	4.9*	1.98*	320.0*	"
32	凝灰岩	神戸戸群	神戸市	0 0 0 0 0		1.9~2.0	200~500	"
33	泥岩	寺泊戸	新潟県	0 2 2 2 2	8.9*	2.33*	685.5*	"
34	"	雄谷戸	"	- 3 3 3 3			40~60	"
35	"	三浦戸	横須賀市	0 1 2 2 2	45		100	"
36	シルト岩	都賀戸	東松山市	0 0 0 0 0	48		40~60	"

写真-1.



Suggested Method for Determination of Slaking-Index by
Simple Test

Yoshinaka, R., Kojima, K. and Tanaka, S.

ABSTRACT

We propose a simple method for Determination of Slaking Index in this paper.

This method has been discussed in relation to the works to standardize some tests for soft rocks at the Committee of Rockmechanics, Japan Society of Civil Engineers.

This simple test is based on the observation of the extent of disintegration of soft rock immersed into water after desiccation. The Slaking Index is ranked in 5 grades (no slaking to completely muddy) according to the extent of disintegration.

This test should be tried as the first step to know whether we should have more precise tests or not to estimate some problems for slaking and swelling in construction works.