

(46) スレーキング試験結果の解釈と利用

埼玉大学

東電設計(株)

〃

明治コンサルタント(株)○佐藤尚弘

吉中龍之進

三宅俊昭

岡 信彦

1. はじめに

岩石、特に軟岩のスレーキング特性は水分変化に対する岩石の安定性を判断する上で重要な指標である。斜面や掘削面の安定性、材料としての安定性などに係わる素因的性質と考えられている。その性質を調べるための定量的試験方法にはいくつかの提案^{1) 2) 3)}があるが、その試験方法の妥当性や結果の解釈・実際問題との関連については、未だ十分な検討がなされていない。本文は、北部フォッサマグナのグリーンタフ地域に分布する新第三紀(中新世～鮮新世)の種々の軟岩を対象に、スレーキングに関連した一連の試験を行い、試験結果と試料採取地点付近の地すべり・崩壊との関連の検討からスレーキング試験結果の解釈と利用について述べた。なお、各試料の鉱物組成をX線調べたが、これとの関係については別途に報告する。

2. 試料および試験方法

試料は図1に示す各地点から採取した。特に犀川流域では地層との関係を調べるため図2に示す4つの地層から多くの試料を採取した。岩石の種類は、泥岩、砂岩および凝灰岩、各々に対する試験個数は39, 10および13である。

試験の種類は次の通りである：耐スレーキング性試験(ISRM指針)³⁾、pF含水比試験、メチレンブルー吸着量測定、コンシステンシーおよび一般物理試験、試料の状態は不攪乱および420 μ に粉碎した土粒子、試料乾燥温度は105℃である。なお、土粒子の物理的性質は粉碎度の影響を受けるが実用性を考慮して420 μ に統一した。また、各試験値は2試料の平均である。

3. 試験結果とその考慮

3.1. 耐スレーキング性試験とその結果

試験はISRM試験指針の方法によった。即ち、角を削った径約30mm程度の岩石片約10ヶを2.00mmの標準金網からなる円筒に入れて水中で所定の回転を与える。スレーキングで2mm以下に分解した粒子は金網を通して除去される。2mm網に残留した試料の乾燥重量と試験前の同重量の比を求めて、耐スレーキング性指数Idとする。同一の試料に対して以上の操作を

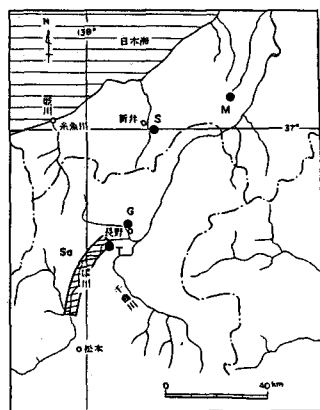


図-1 試料採取位置分布図

凡 例

Sa: 犀川流域, T: 茶臼山地すべり地
G: 地附山地すべり地, S: 猿供養寺
地すべり地, M: 松之山地すべり地

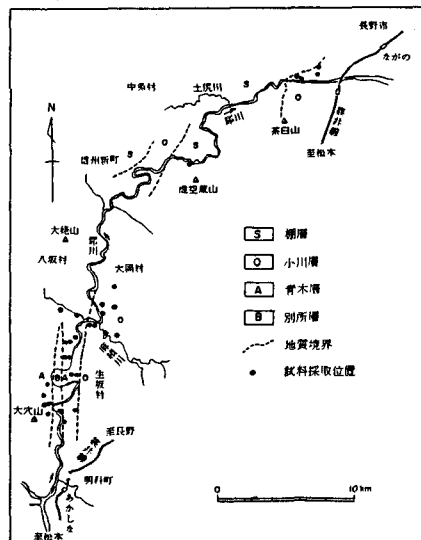


図-2 犀川流域における試料採取位置と地質区分図

1 回与えた結果を Id_1 、2 回与えた結果を Id_2 とする。指針は Id_2 を標準としている。図 3、4 は試験結果の一部で横軸に粒径、縦軸にその粒径に対する Id を示す。横軸の左端の 2mm のみが 1 回繰り返し、他は 2 回繰り返し時の粒径を示す。その他の試料にも同様の整理を行った結果、スレーキング性表示には 2mm よりも 4.76mm 網残留物表示の方がスレーキング特性を明確に示すことが判明した。この種の試験方法では、スレーキングの第 1 段階で泥質岩が $2 \sim 4\text{mm}$ の細片に分離する性質を持つからである。砂岩と凝灰岩は 2mm と 4.76mm 表示に差がなかった。図 5 に泥岩の両表示方法による違いを示す。極端な例では $Id_2 = 90\%$ が $Id_2(4.76) = 0\%$ となる。

3.2. 岩石構成粒子(粉砕土)の物理的性質

粉砕土の物理的性質は、通常のコシステンシー(LL, PL, Ip)・高速遠心分離機による pF 水分量(WPF)および土粒子の活性度を求めるためメチレンブルーのイオン吸着量(W_m)を測定した。

図 6 は液性限界と $pF = 3$ の時の含水比の関係で、両者の密接な関係が示されている。しかし、図 7 の W_m と WPF 関係に較べてばつきが大きい。LL, PL は低塑性の材料では測定が困難である。これに対し WPF と W_m はあらゆる材料に適用できるなどの利点がある。

図 7 は泥岩の例で、ここでは地層の違いが物性の違いとして明瞭に現れている。図 8 は 3 種類の岩石の WPF3.0 と W_m の関係で、我が国で良く知られた地すべり地の試料には印をつけた。WPF と W_m の間で最も相関の良いのは泥岩である。一方、凝灰岩と砂岩は

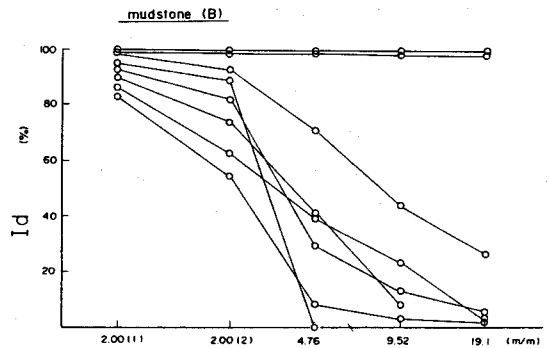


図-3 別所層泥岩に対するふるい径と耐スレーキング指数

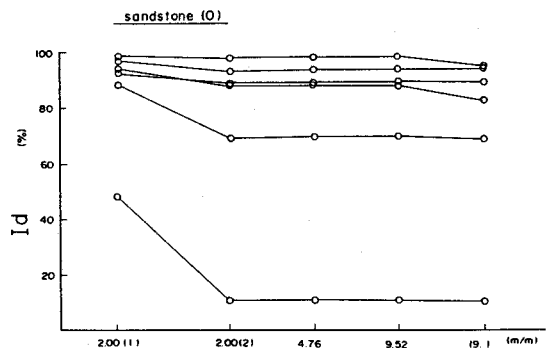


図-4 小川層砂岩に対するふるい径と耐スレーキング指数

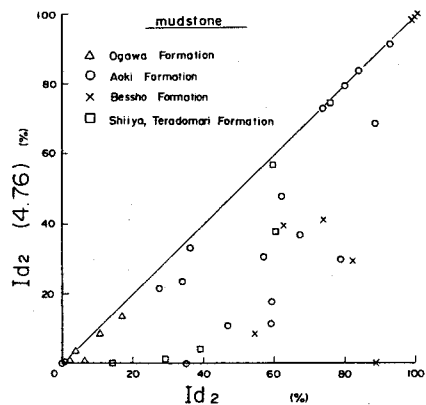


図-5 泥岩の Id_2 と $Id_2(4.76)$ の関係

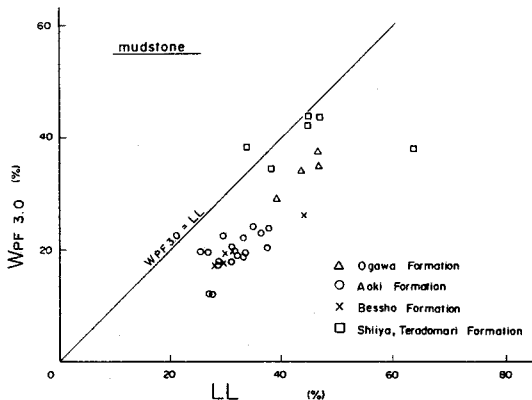


図-6 泥岩の LL と WPF3.0 の関係

かなりのばらつきを見せる。これは水分保持力とイオン吸着能はそれぞれ土粒子の異なった側面を捉えることを示している。図9はpFが4.2における同様の関係である。

以上から、岩石構成粒子の活性表示にはpFとWmが適当な指標となることが分かる。

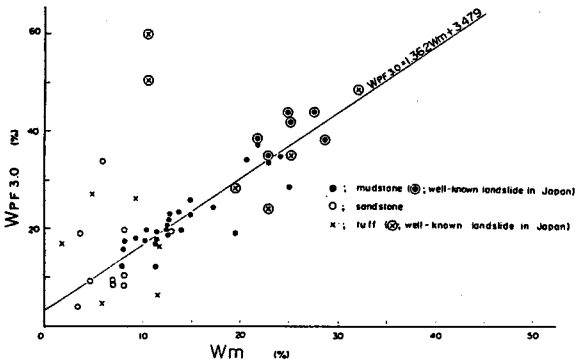


図-8 泥岩、砂岩、凝灰岩のWPF3とWmの関係

3.3. 耐スレーキング性指数と粉砕土の物理的性質

耐スレーキング性指数Idはスレーキングの速さ、一方、pF含水比やWmは岩石組織が破壊された場合に発揮される土の物理的・力学的性質を支配する。従って、両物性の組合わせから任意の地山の安定性の素因を表示することが可能である。図10は地層を異にする泥岩のWPFとId₂(4.76)の関係、図11は3種類の岩石における両者の関係である。両図からWPFとId₂は、①それぞれ独立の指標であること、②地層毎に特定の関係を持つこと、③著名な地すべり地の岩石は図11上で特定の座標で区分されることが分かる。図12はWmとId₂の関係である。上記とほぼ同様の関係が認められる。3.2で粉砕土の活性はpFとWmの両者を併用することで適切に表示しうることを述べた。図13はその表示の例である。両者の関係が最も単純な泥岩で相関曲線を求め、ばらつきの大きい他の岩石をこの曲線上のIACで表示するのも1つの手法であろう。

図14はIACとId₂(4.76)でスレーキング特性を区分表示したものである。地山の安定性の評価に利用可能な区分表示となっている。

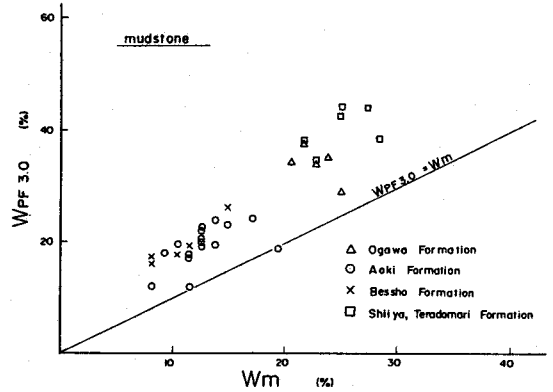


図-7 泥岩の地層別WPF3とWmの関係

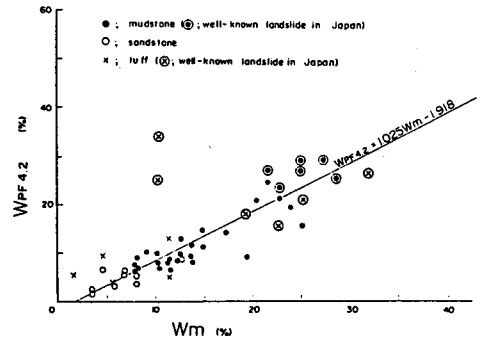


図-9 泥岩、砂岩、凝灰岩のWPF4.2とWmの関係

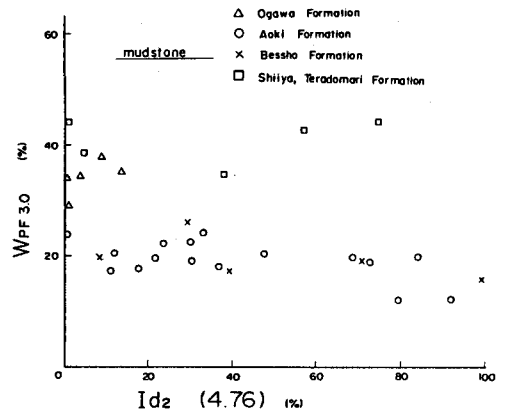


図-10 泥岩のWPF3とId₂(4.76)の関係

4. まとめ

岩石のスレーキング特性の表示には、耐スレーキング性指数 Id_2 (4.76)、pF含水比およびメチレンブルーのイオン吸着量(Wm)を有効な指標として利用できる。これら指標の組合せでスレーキングに関連した地山の安定性の素因を大局的に評価できる。

参考文献

1. Franklin, J.A. and Chandra, R.,
The slake-durability test,
Int. J. Rock Mech. Min. Sci.
9, 325-341, 1972
2. Morgenstern, N.R. and Eigenbrod, K.D., Classification of argillaceous soils and rocks, ASCE, GE10, 1137-1156, 1974
3. ISRM 指針, 耐スレーキング性指数の試験方法(岩の力学連合会訳), ISRM指針Vol.1, 21-25, 昭57.
4. Yoshinaka, R. and Onodera, T.,
Water retention and physical properties of mudstone, Proc. 3rd Int. Cong. IAEG, Sec. 3, Vol. 2, 204-214, 1978.

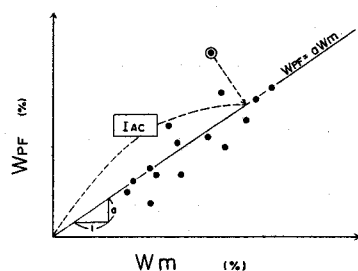


図-13 WPFとWmの相関とIAC表示

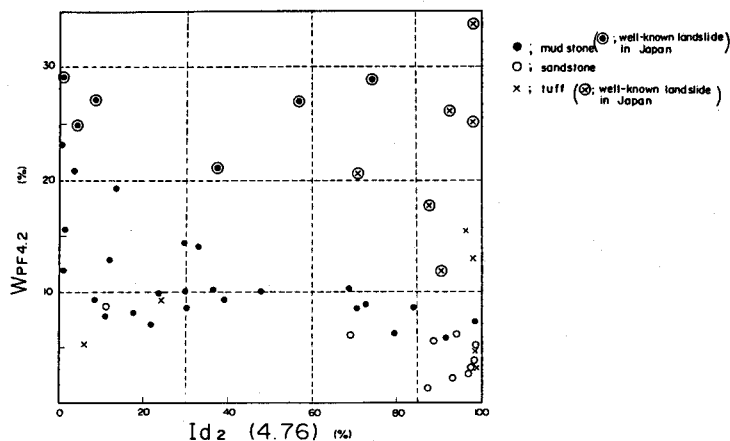


図-11 泥岩, 砂岩, 凝岩岩のWPF4.2と Id_2 (4.76)による区分

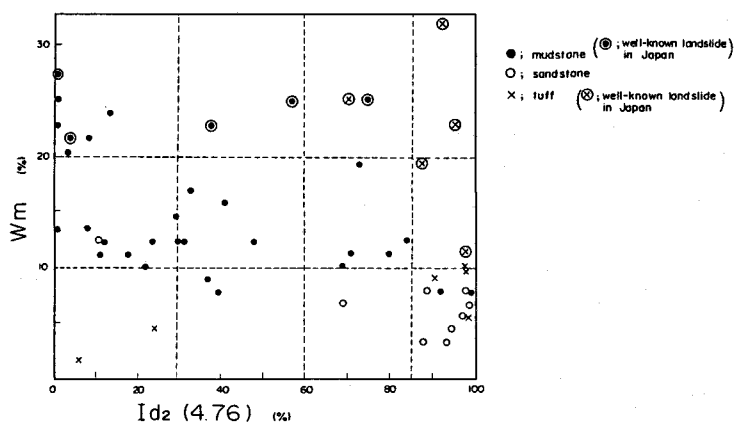


図-12 泥岩, 砂岩, 凝岩岩のWmと Id_2 (4.76)による区分

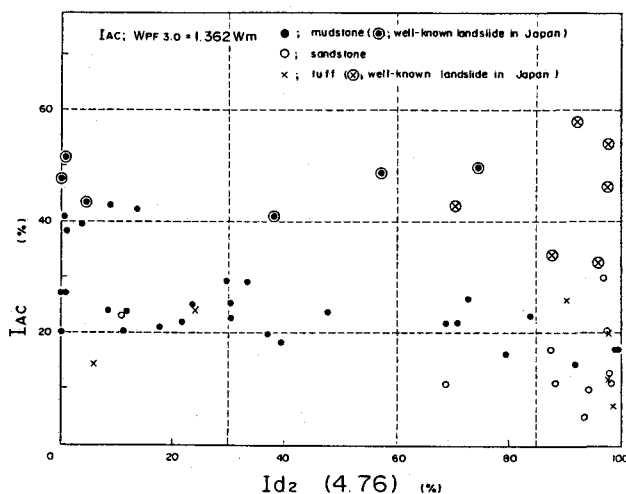


図-14 IAC表示と Id_2 (4.76)による区分

(46) Interpretation and Utilization of result of Slake-durability Test

by

R. Yoshinaka

(University of Saitama, Japan)

T. Mimuro, N. Oka

(Tokyo Electric Power Survinces Co., Ltd.)

N. Sato

(Meiji Consultant Co., Ltd.)

ABSTRACT

Slake-durability of rocks, especially, that of soft ones is an important index, when we examine the stability of rocks against the changes of moisture. It is thought to be a property of factor concerned with slope stability and with aptitude of rocks used as various materials. There are some proposals as method of quantitative experiments to examine slake-durability, but the propriety of method of the tests, the interpretation of results and the relation to natural phenomena, they haven't examined enough yet.

We examined slake-durability and other tests according to ISRM Suggested Method for softrock samples of some kind of argillaceous and tuffaceous distributed in Greentuff region of Northern Fossa Magna. From the results of these tests, we could get the following consideration.

- 1) One can use slake-durability index "Id₂ (4.76)", pF moisture content under high-speed centrifugal force (WpF) and the content of "montmorillonite" or equivalent materials measured by methylen-blue adsorption method (Wm) as effective index for the indication of slake-durability of rocks.
- 2) By combining of those index, we can approximately evaluate slope stability concerned with slake-durability.