

土 木 研 究 所 資 料

軟岩の簡易スレーキング試験法

昭和61年12月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright © 1986 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

軟岩の簡易スレーキング試験法

地質研究室 室 長 市 川 慧
主任研究員 平 野 勇
神 保 悟

要 旨

軟岩のスレーキングの性質を明らかにし、相互に比較分類することを目的とする簡易試験法を作成した。ここに示した試験法は、1岩種当たり13個程度の軟岩供試体を各々時間を変えて風乾し、水浸した後のスレーキングの肉眼観察に基づく形状区分(スレーキング指数)ならびに吸水量(吸水含水比)を求めてスレーキングによる劣化度とし、それを水浸時の供試体の乾燥度(初期飽和度)のパラメータで表し、これをもとに軟岩のスレーキングについての性質を評価しようとするものである。

キーワード：岩石試験，岩石材料試験，軟岩，泥岩，スレーキング

は　　じ　　め　　に

新第三紀～第四紀に形成された泥質岩、砂岩、凝灰質岩、一部の中・古生層、変質岩などの軟岩は、未風化のときはかなり固結しているが、掘削などによって大気に曝され乾燥と水浸を繰り返すと、膨張、崩壊などを生じて急速に劣化し、泥状、砂状あるいは細片化するスレーキングと呼ばれる現象を示す性質を持っている。

このため軟岩の地質において、ダム、トンネル、橋梁等の岩盤掘削面や道路切土のり面の劣化、崩壊等、あるいは盛土材料として利用するときの変形、強度低下等の土木地質的問題を生じやすい。これらに対処するため、軟岩のスレーキングについての性質を把握し、その性質に適応した設計施工を行なう必要がある。ここに示した試験法は、簡易に軟岩のスレーキング特性を明らかにするとともに、軟岩相互のスレーキングについての性質を比較し、土木地質的な評価と分類を行なう指標を得ることを目的としている。

我が国における軟岩の種類は、地質構成の複雑さを反映してきわめて多種多様であり、それに伴う土木地質的問題もまた多岐にわたるが、本試験法が軟岩の諸問題についての対策の一助となれば幸いと考える。

なお、試験法の検討にあたっては、多くの工事事務所ならびに土木事務所の御協力を得た。ここに記して感謝の意を表わす次第である。

昭和 6 1 年 1 2 月

土木研究所地質研究室	室　　長	市　川　　慧
	主任研究員	平　野　　勇
		神　保　　悟

次

I. 軟岩の簡易スレーキング試験法	1
1. 総説	1
2. 試験方法	2
(1) 試料の採取および取扱い	2
(2) 供試体	3
(3) 試験器具	3
(4) 試験手順	4
(5) 計算	7
(6) 結果の表示	8
(7) スレーキングの判定	9
II. 附属資料	13
1. 乾燥時間と飽和度との関係	13
2. 軟岩の簡易スレーキング試験法の適用例	15
3. スレーキング試験における乾燥・水浸温度の影響	25
＜文献＞	34
軟岩の簡易スレーキング試験データシート（様式1）	35
“（様式2）	36

I. 軟岩の簡易スレーキング試験法

1. 総 説

この試験法は、軟岩のスレーキングに関する性質を、乾燥させた岩石供試体の水浸によって生じる形状および吸水量の変化から求めるもので、軟岩のスレーキングに関する性質の簡易判定を行なうためのものである。

(解説)

ある種の軟岩は、掘削などで大気中に暴露され乾燥したりした後に水浸すると急激に泥状、砂状あるいは細片化する現象を示すことがある。このようなスレーキング現象の生じ易さの度合いを把握するための試験方法がこれまでいくつか提案されてきた^{1)~3)}。

スレーキング試験の目的と方法には、次のような2つがある。すなわち、

- ① スレーキング現象は試験の条件の与え方によってその現われ方が大きく異なるため、現場の気象、水理、拘束条件に見合った試験を行ない、その現場におけるスレーキングの進行の予測をすること。
- ② 異なった軟岩について一定の条件で試験し、スレーキングの特性を明らかにするとともに、相互に比較して評価分類する指標を得ること。

ここに示したスレーキング試験は、②を念頭に作成したものであり、地質調査の概査段階でスレーキングの概略の特性と問題点を把握し、以後の調査・試験の計画、ならびに設計等に反映させる資料を得ることを目的としている。

スレーキング試験には次のような条件が関係する¹⁾。

- ① 軟岩試料の採取、保管法、すなわち岩石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 供試体の形状、寸法および整形方法。
- ③ 使用水の水質。
- ④ 供試体の初期飽和度（水浸時の乾燥度）、乾・湿の方法、すなわち乾燥手段・温度・加熱時間、加湿方法と時間、乾・湿の繰返し回数など。
- ⑤ スレーキングの劣化度指標、すなわち吸水量、形状・寸法、割れ目数その他の物理的性質の変化。
- ⑥ スレーキング程度の表示法および判定指標、すなわちスレーキングによる形状変化の特徴、スレーキングの強さについて、⑤のどの項目を指標として用いどのよう^{1),4)}に判定するか。

従来提案されてきた試験方法の例をみるとスレーキングの生じさせ方は ① 乾・湿を多数繰返す方法^{2),3)} ② 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方法^{1),4)}が

ある。

また、供試体の初期飽和度については、① かなり乾燥度の高い領域にまで乾燥させ、概ね同一の初期含水条件にしたのち水浸するもの ② スレーキングは、岩質だけでなく水浸時の乾燥程度によって著しく影響されるので、これを考慮して、水浸時の乾燥程度とスレーキングとの関係を求めることを目的として初期飽和度を変化させるものがある。

ここに示した試験法は、土木学会岩盤力学委員会第4分科会(1979)¹⁾などを参考にし、さらに劣化度指標として吸水含水比を加えるとともに、スレーキングの初期飽和度による変化に着目して設定したもので、試験法の規定の概要は次のとおりである。

①上記①については、自然含水比の保持に留意した乱さない試料を用いることとした。

②供試体形状は、円柱または四角柱状を原則とするが不定形でも可とした。

③使用水は清水とし、特に蒸留水とは規定しなかった。

④乾燥は風乾とし、乾燥時間の長さによって初期飽和度を調整し、供試体ごとにばらつかせることにした。高温乾燥としないのは高温の場合、軟岩の自然試料におけるスレーキング特性が変化することがある(附属資料3参照)ことを考慮したためである。

また、乾・湿繰返し回数は1回としたが、これは基本的には迅速性によるが、初期飽和度を調整しばらつかせる必要があるのと、1回の繰返しによってもスレーキングの強さの識別には充分役立つデータが得られることによる。

⑤スレーキングの劣化度指標については、水浸に伴う視覚的な形状変化を観察し、形状区分の模式図(図1-2)と比較して区分を行ない、スレーキング指数を求めることにした。図1-2は、土木学会岩盤力学委員会第4分科会(1979)¹⁾をもとに、岩種によるスレーキングの特徴を考慮して作成したものである。

さらに定量的な指標として、スレーキングした後の供試体の含水比を測定することにした。

⑥スレーキング程度の表示および判定指標については、⑤でのスレーキング計測指標値を初期飽和度のパラメータで表わした関係図を作成し、これよりスレーキング程度の判定指標を求めることにした。

2. 試験方法

(1) 試料の採取および取扱い

試料は、横坑、岩盤掘削面等から採取した岩塊、またはボーリングコアとする。採取した試料は、乾燥防止に留意するとともに、採取後できるだけ速やかに室内試験に供するようにする。

(解説)

地山の地質状況と試験目的を考慮し、試験目的にあった位置から乱さない試料を採取しなけ

ればならない。

また、スレーキングは、含水比の変化に影響されやすいので、採取した試料は、パラフィンコーティング、ビニール袋等で密封して乾燥防止に留意するとともに、採取後できるだけ速やかに室内試験に供するようにする。

(2) 供試体

供試体は、岩塊あるいはボーリングコアからハンマー、カッター等を用いて作成し、割れ目、劣化部等がなく、均質とみなせる部分から大きさ 5×5 cm、厚さ 2 cm の板状、または直径 5 cm、厚さ 2 cm 程度の円柱状供試体あるいは、これらと同体積程度の不定形供試体を 1 岩種あたり少なくとも 13 個以上を用意する。

(解説)

精度の高い試験が要求されるときは、定形試料が望ましい。しかしながら、定形試料を作成するにはボーリングコア抜装置、ダイヤモンドカッター等が必要となり、手間も要する。また、ここに示した程度の大きさであれば、供試体の形状はそれほど試験結果に影響しないことも考慮し、不定形試料を用いてもよいこととする。

供試体数は、乾燥時間の長さによって初期飽和度を調整し、供試体ごとにばらつかせるため少なくとも 13 個以上とした。

(3) 試験器具

次のような試験器具を準備する。

- ① 径 10 cm、高さ 5 cm 程度の底の平らな蒸発皿あるいは結晶皿のような容器 5 ～ 10 個程度。
 - ② ピペットまたはスポイト
 - ③ 乾燥炉
 - ④ 天 秤
- 読み取り精度 0.01g 以上

(解説)

供試体がスレーキングを生じると、体積が著しく大きくなる場合があるので、試験容器はある程度余裕をもった大きさとする。また、容器の底が凸型であるとスレーキングを生じた試料が分散したりするので、底は平らなものとする。容器は 110℃ の温度に耐えるのが望ましいが、(4)⑩に示す炉乾燥をビーカー等に移し変えて行なえばプラスチック容器を使ってもよい。

また、試験容器は、試験の手順を工夫すれば、必ずしも供試体数と同数を準備する必要はない。

(4) 試験手順

試験の流れは図1-1に示すとおりである。

① 重量 W_1 測定

供試体に付着している岩片等を除去し、
割れ目、劣化部等のないことを確認したの
ち、重量 W_1 を測定する。

② 予備水浸

24時間清水に水浸する。

③ 重量 W_2 測定

口紙等で水を除いたのち、重量 W_2 を測定
する。

④ 乾 燥

2時間～12日程度の間で、供試体ごと
に乾燥時間を変え風乾する。

⑤ 初期観察

乾燥後、供試体の形状、色調、粒度、層
理、葉理およびきれつ等の観察を行ない記
載する。

⑥ 重量 W_3 の測定

供試体の重量 W_3 を測定する。

⑦ 水 浸

あらかじめ重量を測定した試験容器それぞれに供試体を入れ、供試体が完全に水
浸するまで清水を注ぎ静置する。

⑧ スレーキング観察

24時間水浸後、供試体形状を観察し、形状が、図1-2のどの区分に相当するかを
判定し、スレーキング指数を求める。

⑨ 排水および水切り

ピペットまたはスポイトを使って静かに排水し、直ちに、容器を10分間、20°程度傾
斜させ、自然に分離してくる水を口紙等で吸いとり水切りを行なう。

⑩ 重量 W_4 測定

試験容器に入れたまま重量測定を行ない、供試体重量 W_4 を求める。

⑪ 炉 乾 燥

110℃、24時間、炉乾燥を行なう。

供試体作成；13個以上／1岩種

↓
重量 (W_1) 測定

↓
水浸；24時間

↓
重量 (W_2) 測定

↓
乾 燥

↓
重量 (W_3) 測定

↓
スレーキング水浸；24時間

↓
排水；試験容器を10分間、約20°傾斜

↓
重量 (W_4) 測定

↓
乾燥；110℃、24時間

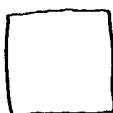
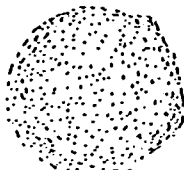
↓
重量 (W_5) 測定

↓
終 了

図1-1 スレーキング試験の流れ

⑫ 重量 W_5 測定

絶乾重量 W_5 を測定する。

区 分	0	1	2	3	4
形 状	A 				
	B 				
	変化なし	割れ目が少しできる。 または、周辺が少し崩れる。	全体に割れ目が多数でき、いくつかの岩片にわかれる。または、周辺がかなり崩れる。	全体が細片化する。 または周辺がほとんど崩れる。	全体が泥状化する。 または全体が砂状化する。

A ; 泥岩によくみられるタイプ B; シルト岩, 砂岩, 凝灰岩によくみられるタイプ

図 1 - 2 スレーキング区分

(解説)

① 重量 W_1 測定

試験に供した試料の含水比を求めるために測定するもので、試料採取からスレーキング試験に供するまでの含水比変化がないときは、原位置の自然含水比が求められる。

② 予備水浸

地山岩石の自然含水比は、気象、地下水条件等によって経時的に変化することが多く、また試料の部分によって不均一であることもある。このために供試体の含水条件を一定とすることを目的として、予備水浸を行なうものである。

なお、水浸するだけで膨潤、崩壊するような極めて軟かい、あるいは特殊な軟岩、ならびに乾燥した試料は、予備水浸は行なわないことにする。この場合、(5)②の飽和含水比は、別途求める。

③ 重量 W_2 測定

予備水浸後の供試体重量を測定するもので、飽和重量とみなすことにする。

④ 乾 燥

供試体乾燥は風乾で行なう。急激な高温乾燥を行なうと供試体にきれつを生じ、また供試体中の粘土鉱物等が変質する恐れがある。

供試体ごとに初期飽和度をばらつかせるために、乾燥時間を変えて乾燥度を調整する。供試体 10 個を 10 段階の乾燥時間で乾燥する。例えば 0, 2, 8, 16, 24, 時間, 2, 3, 4, 7, 12 日とする。

供試体 3 個は予備に用い、図 1 - 3 のような曲線を求めるに当って必要な測定値を補完するためのものである。この場合、初期飽和度の目標値を設定して乾燥する必要があるので、10 段階乾燥における乾燥時間と乾燥度との関係を考慮して乾燥時間を設定し目標とする初期飽和度を得るか、または次式によって目標乾燥重量を求め、それに達するまで乾燥するとよい。

$$W_3' = \frac{W_2 (S_{ri}' \cdot w_s + 10000)}{100 (w_s + 100)}$$

W_3' : 目標乾燥重量, W_2 : 予備水浸後重量, S_{ri}' : 目標初期飽和度,
 w_s : あらかじめ求められた同一試料の飽和含水比

⑤ 初期観察

供試体の状況を観察し記録しておくもので、記載とともに、スケッチ、写真撮影を行なっておく。

⑥ 重量 W_3 測定

乾燥後の重量を測定し、水浸時の乾燥の程度を把握するためのものである。

⑦ 水 浸

著しいスレーキングを生じるものは、体積がかなり増加するので、供試体を容器の中央において水浸するとともに、供試体が充分水浸するまで（1 cm 以上水がかぶる程度）水を注ぐ。

⑧ スレーキング観察

形状変化を観察し、記載する。合せて、スケッチ、写真撮影を行なっておく。スレーキングによる形状変化は「変化なし」から「全体が泥状化または砂状化」まで連続的に存在し、また岩質によって異なるので、一律に図 1 - 2 に示すようにならず色々な形状を示す場合が多い。したがって、当該供試体がおおよそどの区分に相当するかで、スレーキング指数 S.I. を求める。ここに示す方法では、スレーキングの進行は水浸後 2 時間程度で形状変化の大部分は生じるが、試料の種類によりさらに時間とともに徐々にスレーキングが進む場合もあるので、スレーキングの観察は水浸 24 時間後とした。

⑨ 排水・水切り

静置した容器からスポイト等で排水したのち、容器を静かに10分間20°程度傾斜させ自然に分離してくる水を口紙等で吸い取って水切りする。

排水・水切りに当っては、急激な振動等を与え供試体の崩壊や分散、強制排水を生じさせないように慎重を期す。10分間傾斜させ分離してきた水を除いた後、ふたたび分離する水があれば、それは除かないで重量 W_4 測定に供する。

⑩ 重量 W_4 測定

スレーキング後の供試体重量を測定し、スレーキングによる吸水量を把握するため行なう。

⑪ 炉乾燥

供試体の吸水量を求めるために、水を除くものである。

⑫ 重量 W_5 測定

供試体の水を除いた、実質部分の重量を測定するものである。

(5) 計 算

供試体重量測定値 $W_1 \sim W_5$ をもとに、自然含水比、飽和含水比、初期含水比、初期飽和度、吸水含水比、吸水含水比変化を求める。

(解説)

計算は、次のように行なう。

① 自然含水比 w_n

$$w_n = \frac{W_1 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

② 飽和含水比 w_s

$$w_s = \frac{W_2 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

③ 初期含水比 w_i

$$w_i = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

④ 初期飽和度 S_{ri}

$$S_{ri} = \frac{w_i}{w_s} \times 100 = \frac{W_3 - W_5}{W_2 - W_5} \times 100\%$$

⑤ 吸水含水比 wsl

$$wsl = \frac{W_4 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

⑥ 吸水含水比変化 Δw

$$\Delta w = wsl - ws\%$$

(6) 結果の表示

スレーキング指数，吸水含水比を劣化度指標にとり，初期飽和度～スレーキング指数，初期飽和度～吸水含水比関係図を作成する。

(解説)

水浸時の乾燥の程度とスレーキングの関係を求めるために図 1 - 3 のような表示を行なう。

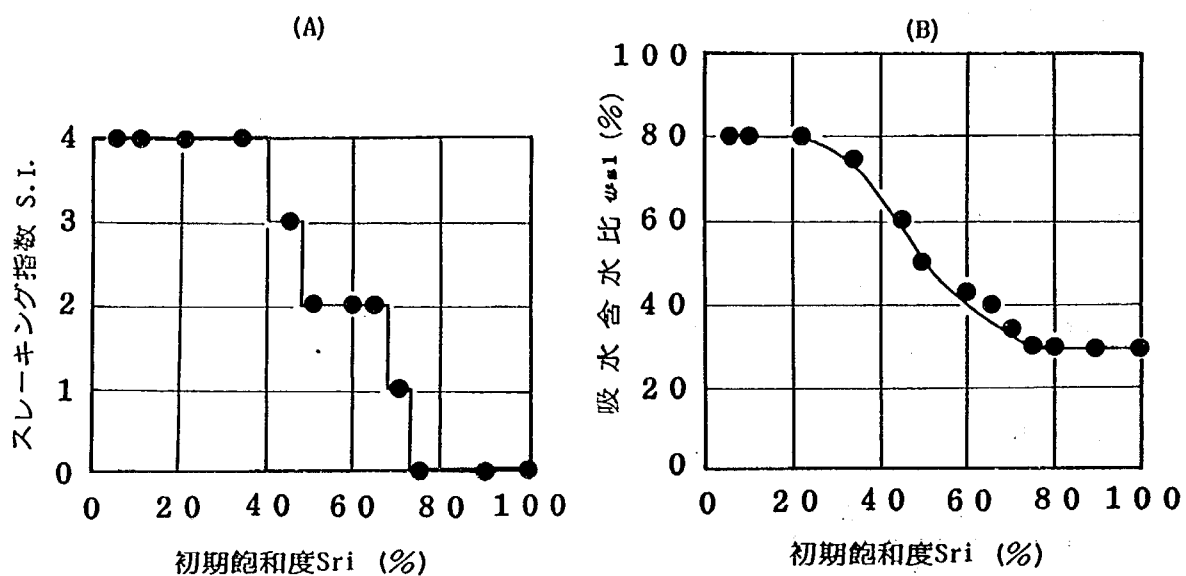


図 1 - 3 初期飽和度とスレーキングの関係模式図

(7) スレーキングの判定

スレーキングの判定指標値を、初期飽和度～スレーキング指数および初期飽和度～吸水含水比関係図より求める。

(解説)

a. 初期飽和度とスレーキングによる劣化度の関係

附属資料 2 に示すように、我が国各地の軟岩について試験を行なったところ、水浸時の乾燥度が大きくなるにつれ、初期飽和度と吸水含水比の関係は、模式的に示すと図 1-4 のようになることがわかった。

すなわち、初期飽和度の高い領域から乾燥が進むにつれ次の 3 つの領域がある。

I 飽和度が高い領域では、水浸してもスレーキングは生じない。(未スレーキング領域)

II ある限度すなわち、しきい値 $Sp\ 1$ 以上飽和度が低下すると、飽和度の低下とともにスレーキングが進行する。(スレーキング進行領域)

III さらに、ある限度すなわち飽和点 ($Sp\ 2$) を超えて飽和度が低下すると、乾燥してもスレーキングは進まなくなり、スレーキングの程度は一定となる。(スレーキング飽和領域)

このように初期飽和度とスレーキングによる劣化の関係は、3 つの領域に分かれる。しかし実際の岩石では、すべての領域が現われるとは限らず、次のタイプがみられる。

① 領域 I のみ現われるもの

これは、普通の硬岩のようにスレーキングを起こさないタイプである。

② 領域 I, II が現われるもの

スレーキングを生じる大部分の軟岩がこのタイプである。

③ 領域 I, II, III が現われるもの

これは、著しいスレーキングを生じる軟岩によくみられる。

b. スレーキングの判定指標

初期飽和度～スレーキング指数 (図 1-4 A, A'), 初期飽和度～吸水含水比 (図 1-4 B, B') 関係図より次の値を求め、スレーキングの判定指標値とする。

w_s : 供試体の飽和含水比

$Sp\ 1$: 未スレーキング領域からスレーキング進行領域に至るときの初期飽和度のしきい値。

$Sp\ 2$: スレーキング進行領域からスレーキング飽和領域に至るときの初期飽和度の境界値。

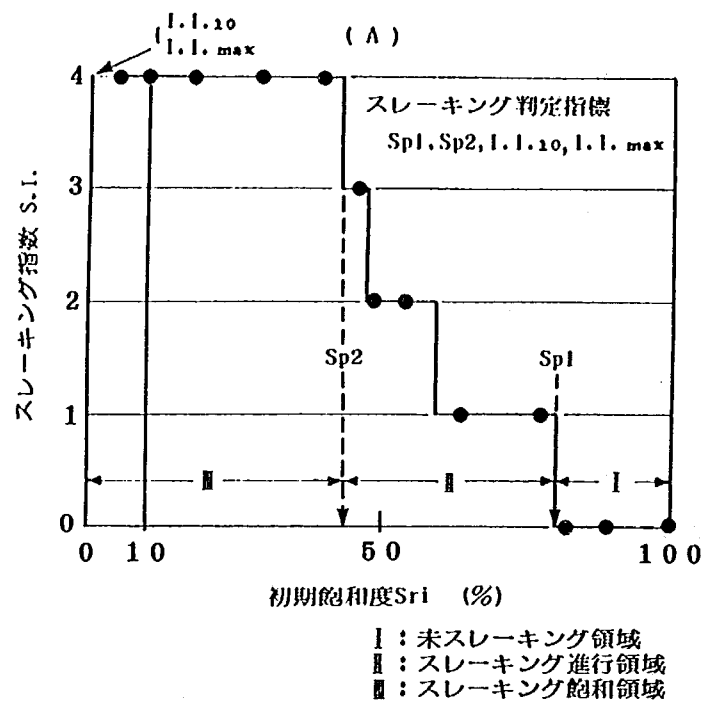


図1-4(A) スレーキング判定指標模式図

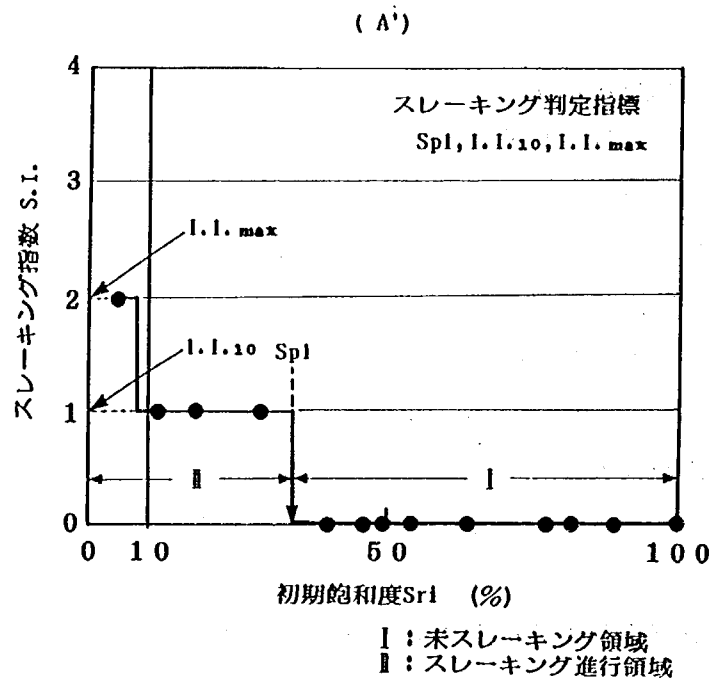


図1-4(A') スレーキング判定指標模式図

(B)

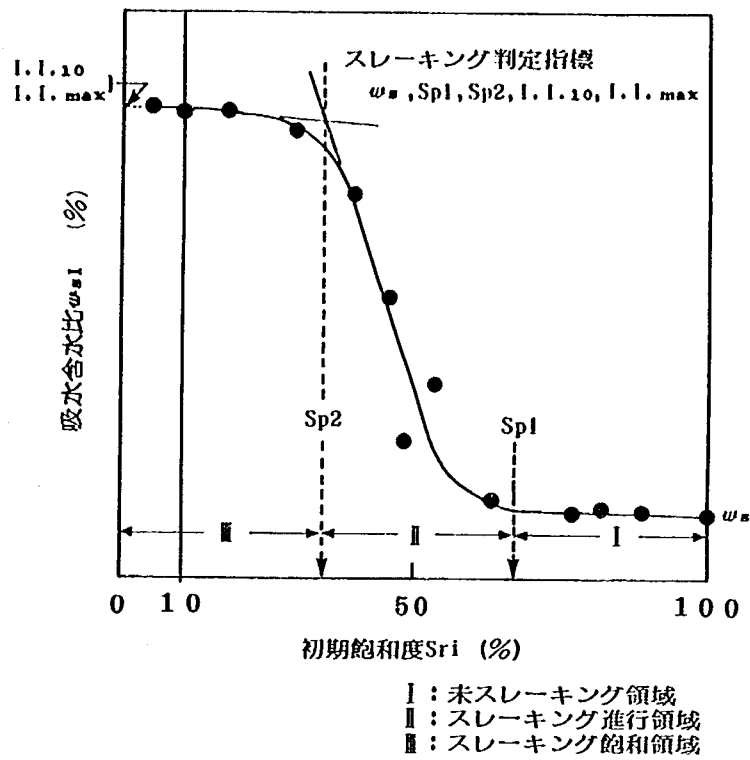


図 1-4(B) スレーキング判定指標模式図

(B')

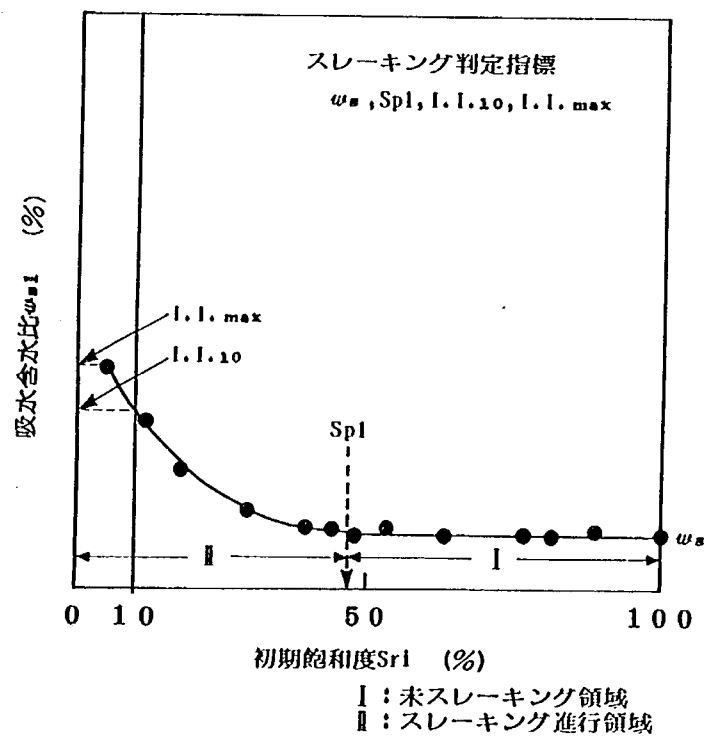


図 1-4(B') スレーキング判定指標模式図

初期飽和度～吸水含水比曲線においては、スレーキング飽和領域が認められた場合について求めるものである。

初期飽和度～スレーキング指数関係図においては、スレーキング飽和領域すなわち、スレーキング指数 4 となる領域が現われた場合のみ求める。

I.I.max: 最大劣化度を指す。初期飽和度～スレーキング指数関係図, 初期飽和度～吸水含水比曲線より, 実施した試験の初期飽和度の範囲内でそれぞれの最大劣化度の値を求める。

I.I.₁₀ : 初期飽和度 10 % のときの劣化度を示す。初期飽和度～スレーキング指数関係図, 初期飽和度～吸水含水比曲線より求める。必要に応じて, I.I.₁₀ は外挿して求めるものとする。

I.I.₁₀ は, 高乾燥領域での劣化度の代表値として求めるもので, 初期飽和度を 10 % としたのは, 附属資料 1 に示すように, 供試体の長期風乾を行なったとき, ほとんどの供試体が 10 % 前後の飽和度となるためである。

Sp 1 は通常, スレーキング指数の場合より吸水含水比の方が小さい。これは, クラックの発生, 周縁部の崩壊などわずかな変化も, 視覚的にとらえられスレーキング指数に反映されるが, この程度の変化では吸水量の増加は微少なため, 吸水含水比には表われにくいためである。

また, Sp 2 は, スレーキング指数と吸水含水比とでは少しずれるのが普通である。

このように, 劣化度指標のとり方によって, Sp 1 , Sp 2 の値は異なるので, 岩種どうしの比較を行なうときは, この点に留意しておく。

II. 附 属 資 料

1. 乾燥時間と飽和度との関係

本試験法によって供試体の乾燥を行なったときの、乾燥時間と飽和度との関係を図 2 - 1 に示す。

乾燥の速さは、室温、湿度、通気状態、および供試体の寸法形状、ならびに岩質等に影響されるが、本図は、今後試験を行なうときの参考となろう。なお、供試体の物理力学的性質については、表 2 - 1 を参照されたい。

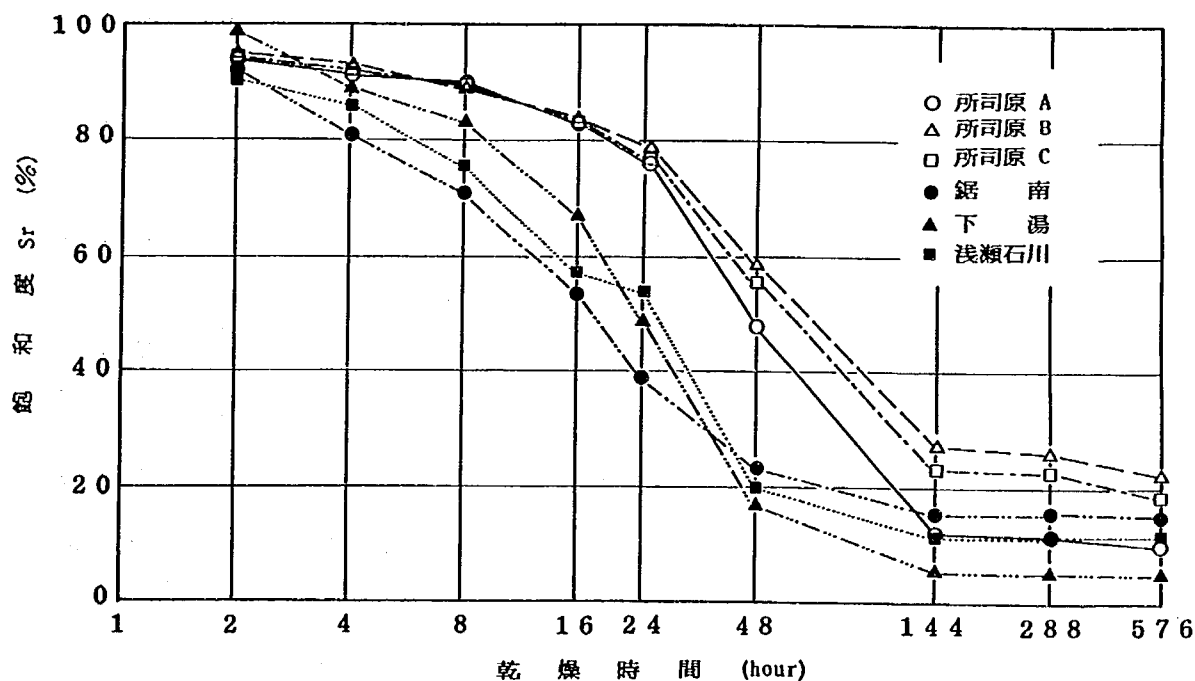


図 2 - 1 乾燥時間～飽和度の関係

表 2 - 1 試 料 一 覧

試料名	産地	岩 種	地 層 名	地質年代	一軸圧縮 強 度 kgf/cm ²	静弾性 係 数 kgf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	吸水率 %	有 効 間隙率 %	湿潤密度 g/cm ³	スレーキング指数				吸水含水比 (%)			
											Sp 1	Sp 2	I.L. ₁₀	LL _{max}	Sp 1	Sp 2	I.L. ₁₀	LL _{max}
島 尻	沖縄	泥 岩	島 尻 層 群	新第三紀 中新世	27.7	1.10×10 ⁻⁴	2.01	26.8	42.7	2.010	67	10	4	4	75	-	70	77
正 善 寺	新潟	泥 岩	能 生 谷 層	新第三紀 中新世	33.8	0.14×10 ⁻⁴	3.60	15.0	31.6	2.617	93	74	2	2	74	-	50	36
CH-1	千葉	泥 岩	下総層群 上 泉 層	第四紀 更新世	-	-	0.62	27.1	37.7	1.880	95	86	4	4	95	75	140	143
CH-3	千葉	シルト質 泥 岩	下総層群 佐 貫 層	第四紀 更新世	-	-	1.02	46.9	53.7	1.760	89	21	4	4	78	-	118	130
所司原A	石川	砂 質 泥 岩	小久米砂岩層	新第三紀 中新世	62.0	2.33×10 ⁻⁴	6.6	20.6	30.0	2.104	77	25	4	4	72	-	140	106
所司原B	石川	泥 質 砂 岩	小久米砂岩層	新第三紀 中新世	75.2	2.08×10 ⁻⁴	4.8	21.0	35.1	2.222	78	21	4	4	67	-	101	88
鋸 南	千葉	砂 岩	安 房 層 群	新第三紀 中新世	101.0	1.4 ×10 ⁻⁴	9.2	19.4	33.6	2.030	-	-	0	0	-	-	21	21
CH-19	千葉	砂 質 泥 岩	下総層群 国 本 層	第四紀 更新世	-	-	0.49	22.8	35.0	1.92	22	13	4	4	36	-	48	70
所司原C	石川	凝灰質 砂 岩	小久米砂岩層	新第三紀 中新世	49.2	2.2 ×10 ⁻⁴	4.6	20.0	34.8	2.08	35	20	4	4	45	-	195	138
下 湯	青森	砂 質 凝灰岩	—	新第三紀 中新世	13.4	1.79 ×10 ⁻⁴	0.78	48.1	52.9	1.611	87	13	4	4	55	-	105	120
浅瀬石川	青森	軽石質 凝灰岩	長 谷 沢 層	第四紀 更新世	40.5	0.34×10 ⁻⁴	4.5	43.4	47.9	1.737	7	7	0	1	-	-	42	42
七ヶ宿	宮城	礫 質 凝灰岩	赤 井 畑 層	新第三紀 中新世	78.4	1.92×10 ⁻⁴	17.3	9.4	18.0	2.163	2	2	0	1	-	-	10	10

注) スレーキング指数, 吸水含水比についてはI. 2.(7)参照

2. 軟岩の簡易スレーキング試験法の適用例

スレーキング試験における試験方法、劣化度指標ならびにスレーキング判定の指標の検討の過程において、これまで我が国各地の多数の軟岩を対象に、ここに示したような試験法の適用を試みたが、その結果についていくつか紹介する。

試験は、泥岩、砂岩、凝灰岩、変質岩などの岩種で、固結度も様々な軟岩を対象とした。表 2-1 に物理力学的性質を示す。

なお、試験の方法は、劣化度指標の検討のために、本試験法のほかに、次の計測を加えた。

a. スレーキングによる供試体のクラック発生状況を定量的に把握するために、本試験法の(4)⑧スレーキング観察時に、クラック数の計測を行なった。計測は、供試体の中心を通り直交する2線分を横切るクラックの数を求め、クラックが一定方向に卓越して発生している場合は、卓越方向と45°の線分について求めた。これらをもとに、クラック数 N を線分長さ当りの頻度で表わし、クラック密度(N/cm)を求めた。

b. スレーキングによる供試体の崩壊による細片化の状況を把握するために、本試験法の(4)⑩と⑪の間に、次の手順の粒度試験を加えた。

「重量 W_4 測定後、乾燥による団粒化を防ぐため、# 9.50mm, 4.76 mm, 2.00 mm のふるいを使って水中で緩やかにふるいわけする。さらに各粒度部分について110℃, 24時間乾燥する。」

(1) 試験結果

試験結果を図 2-2 ~ 図 2-5 に示す。また、劣化度指標相互の関係を図 2-6 ~ 図 2-10 に示した。

(2) スレーキング判定指標値

(1)をもとに各軟岩のスレーキング判定指標値を求めたものを表 2-1 に示した。

① 初期飽和度とスレーキング指数の関係 (図 2-2)

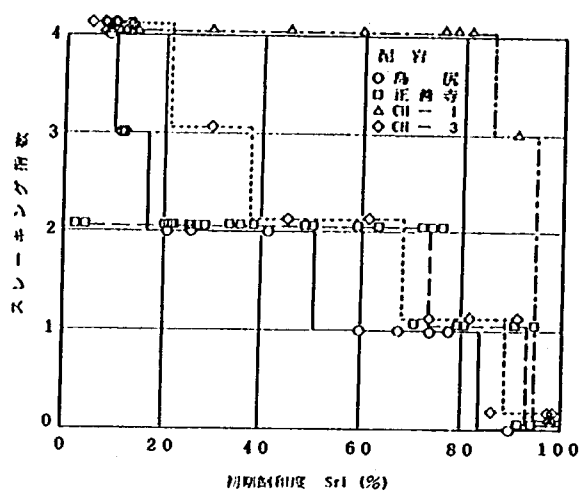


図 2-2(A) 初期飽和度とスレーキング指数の関係 (泥岩)

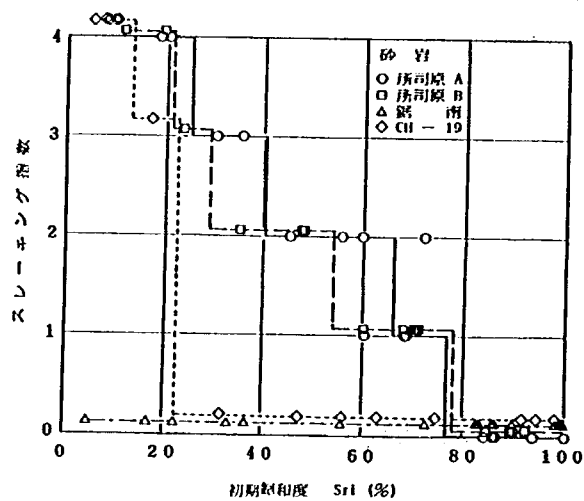


図 2-2(B) 初期飽和度とスレーキング指数の関係 (砂岩)

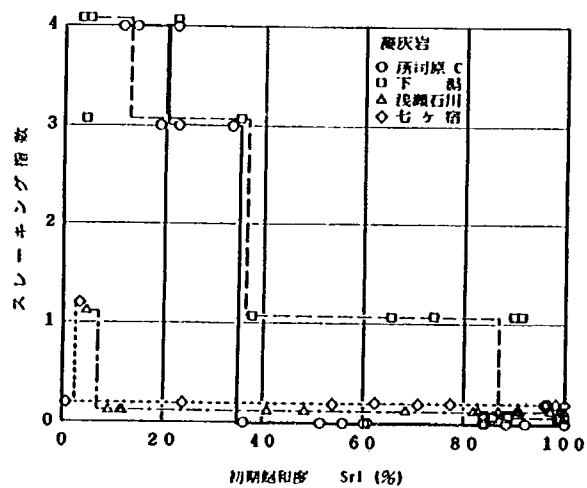


図 2-2(C) 初期飽和度とスレーキング指数の関係 (凝灰岩)

(2) 初期飽和度と吸水含水比の関係 (図 2-3)

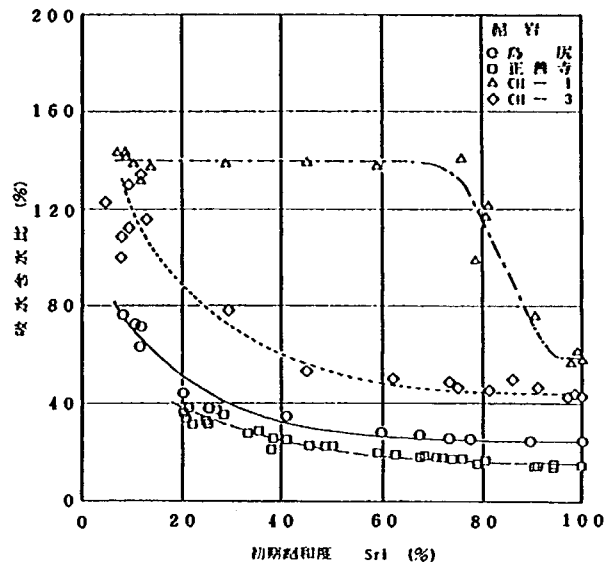


図 2-3(A) 初期飽和度と吸水含水比の関係 (泥岩)

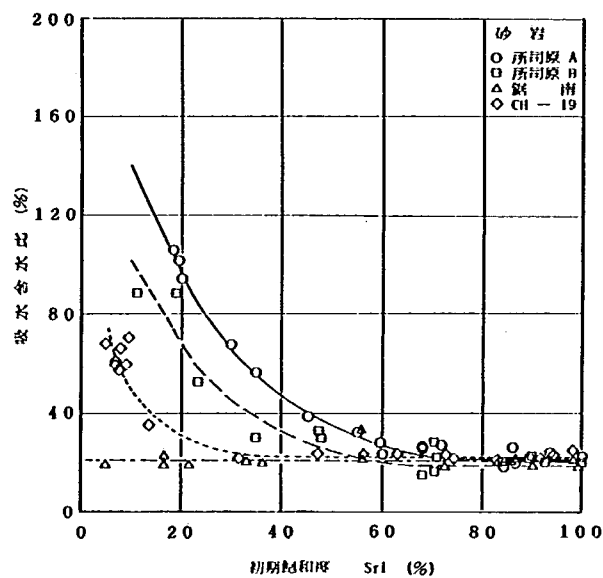


図 2-3(B) 初期飽和度と吸水含水比の関係 (砂岩)

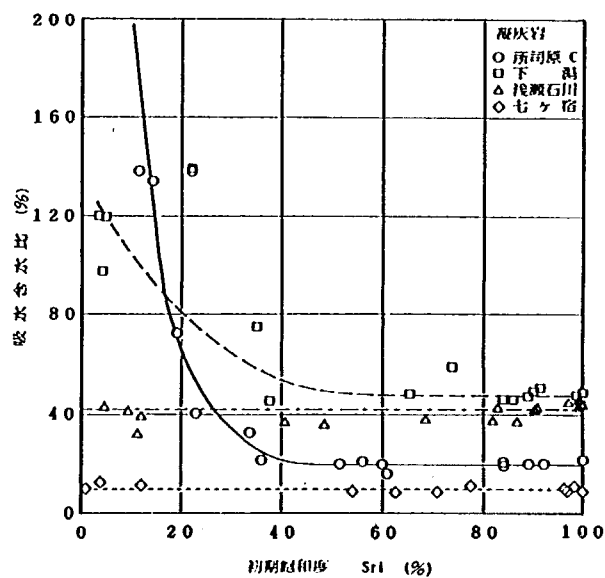


図 2-3(C) 初期飽和度と吸水含水比の関係 (凝灰岩)

(3) 初期飽和度とクラック密度の関係 (図 2 - 4)

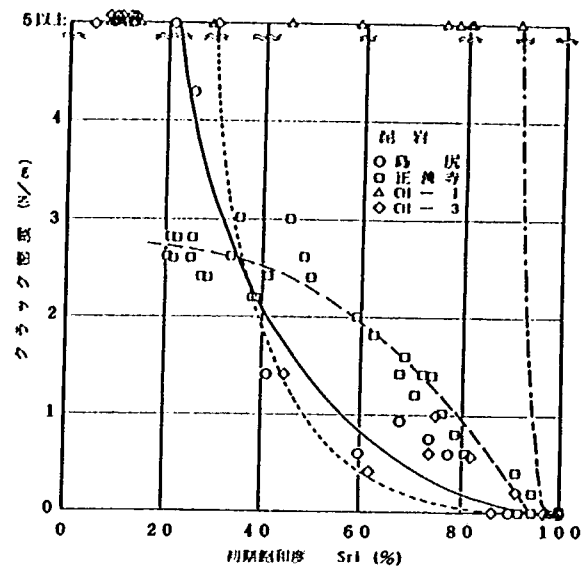


図 2 - 4(A) 初期飽和度とクラック密度の関係 (泥岩)

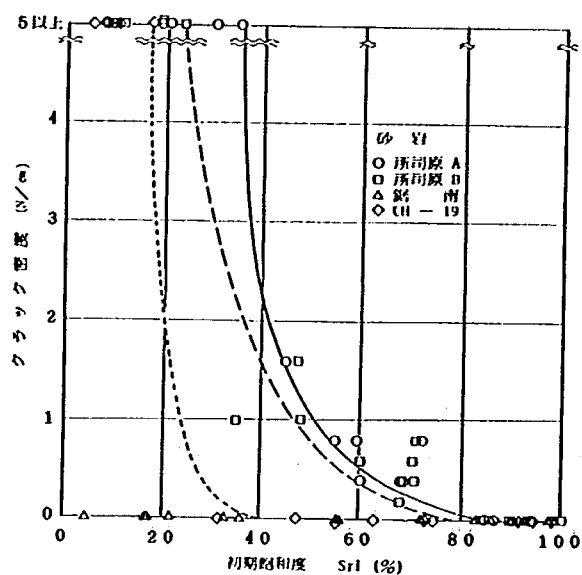


図 2 - 4(B) 初期飽和度とクラック密度の関係 (砂岩)

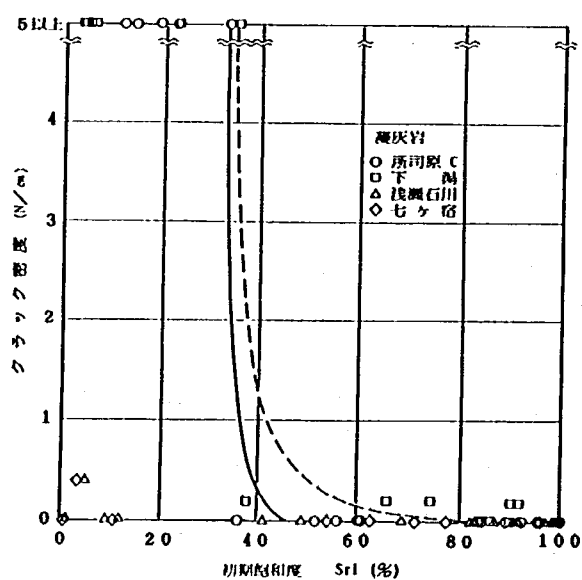


図 2 - 4(C) 初期飽和度とクラック密度の関係 (凝灰岩)

④ 初期飽和度と崩壊粒度の関係 (図 2-5)

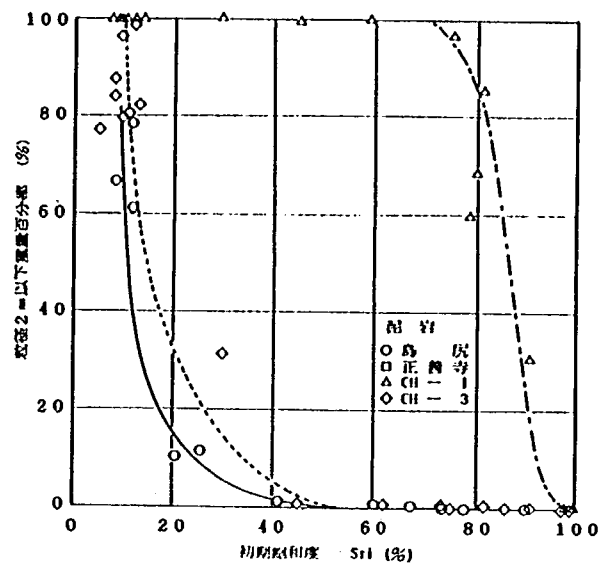


図 2-5(A) 初期飽和度と崩壊粒度の関係 (泥岩)

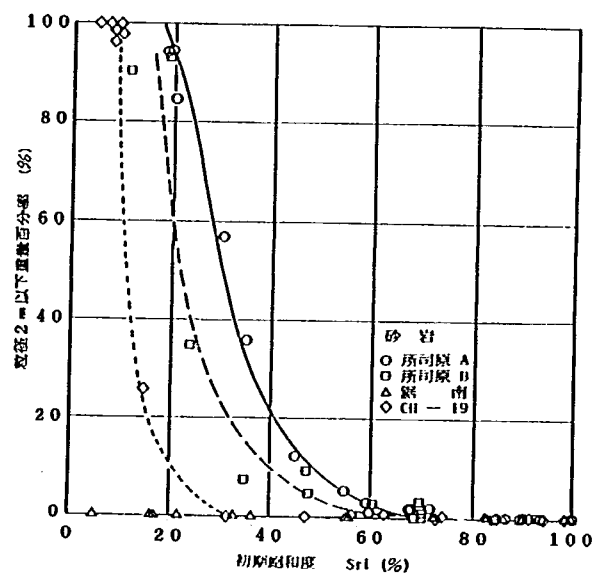


図 2-5(B) 初期飽和度と崩壊粒度の関係 (砂岩)

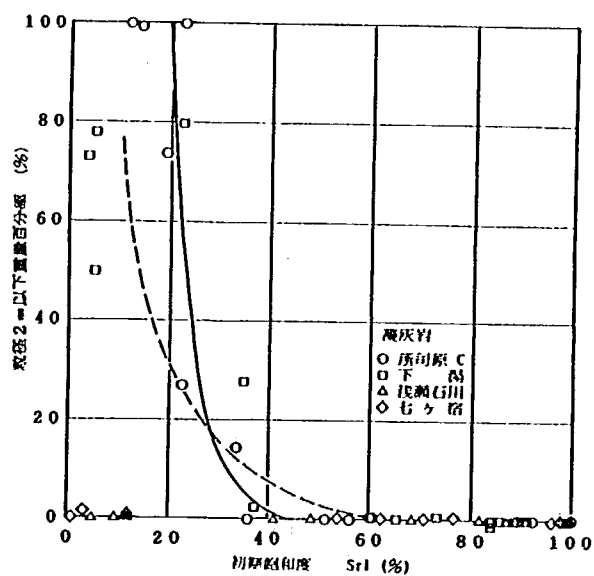


図 2-5(C) 初期飽和度と崩壊粒度の関係 (凝灰岩)

⑤ 吸水含水比とスレーキング指数の関係 (図 2-6)

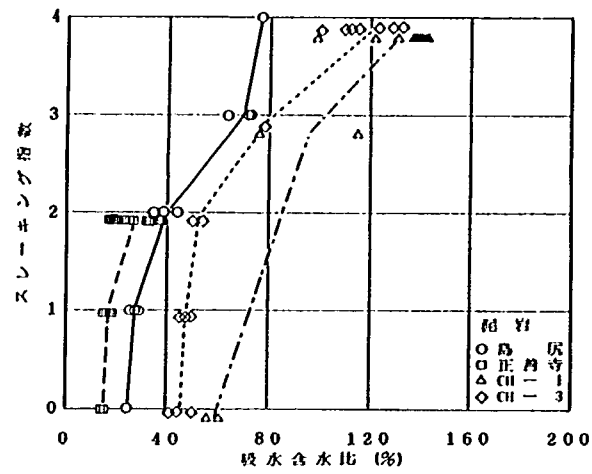


図 2-6(A) 吸水含水比とスレーキング指数の関係 (泥岩)

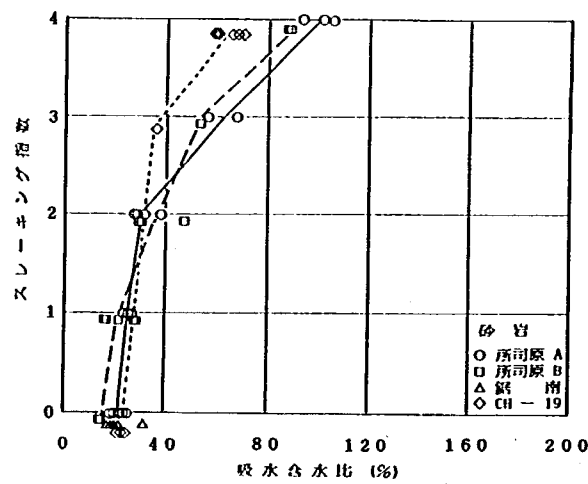


図 2-6(B) 吸水含水比とスレーキング指数の関係 (砂岩)

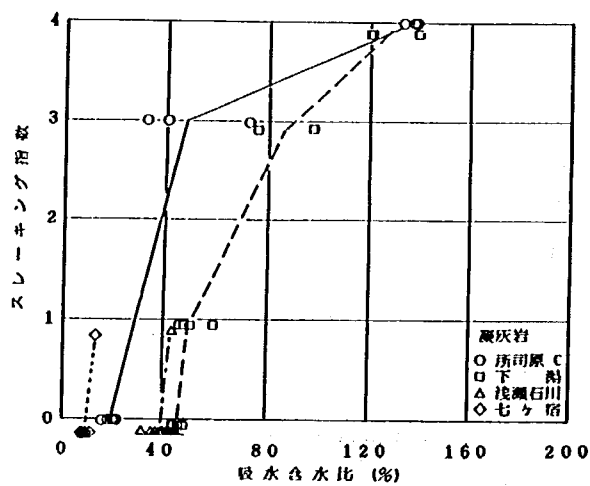


図 2-6(C) 吸水含水比とスレーキング指数の関係 (凝灰岩)

⑥ クラック密度とスレーキング指数の関係 (図 2-7)

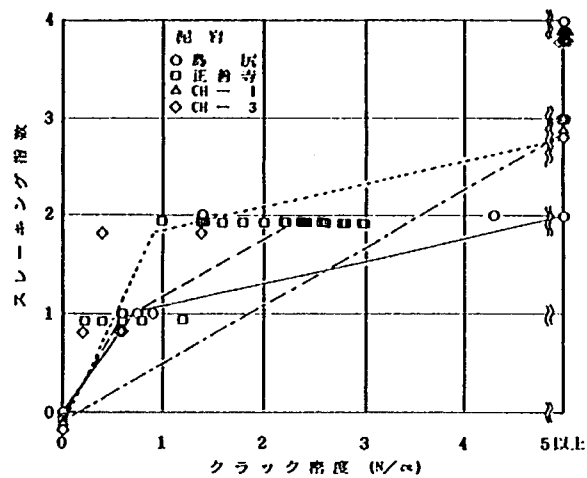


図 2-7 (A) クラック密度とスレーキング指数の関係 (泥岩)

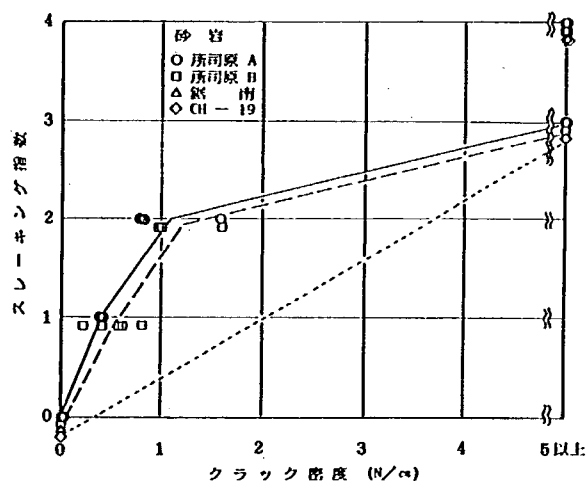


図 2-7 (B) クラック密度とスレーキング指数の関係 (砂岩)

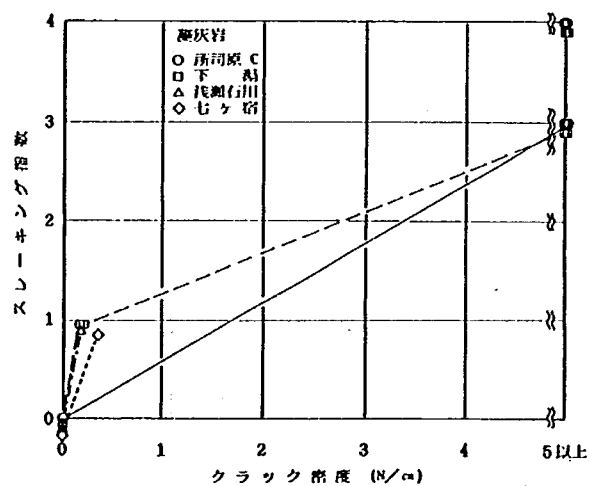


図 2-7 (C) クラック密度とスレーキング指数の関係 (凝灰岩)

⑦ 崩壊粒度とスレーキング指数の関係 (図 2-8)

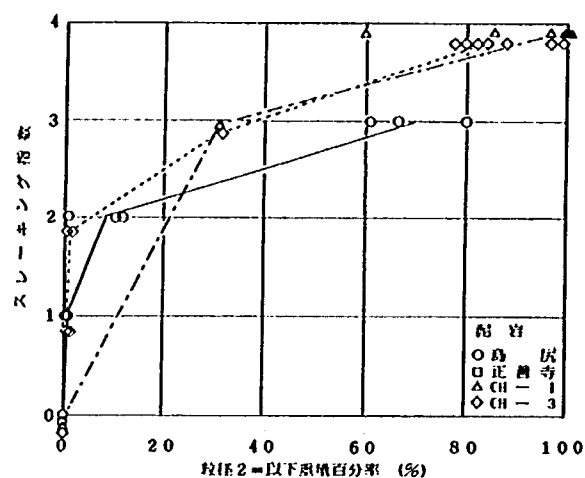


図 2-8(A) 崩壊粒度とスレーキング指数の関係 (泥岩)

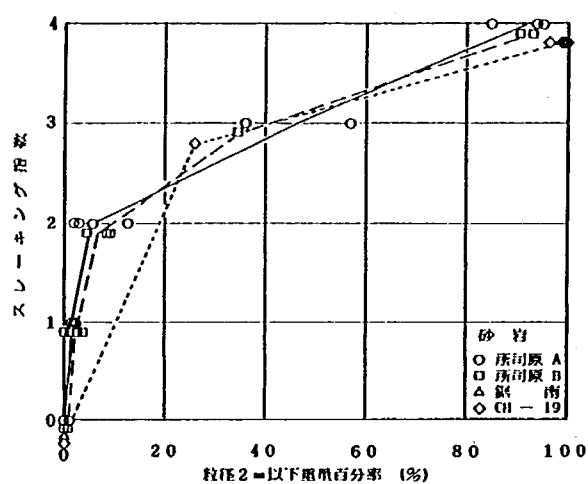


図 2-8(B) 崩壊粒度とスレーキング指数の関係 (砂岩)

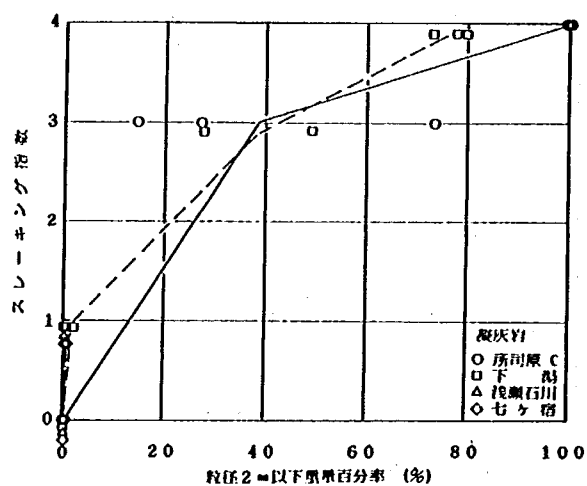


図 2-8(C) 崩壊粒度とスレーキング指数の関係 (凝灰岩)

⑧ 崩壊粒度と吸水含水比の関係 (図 2-9)

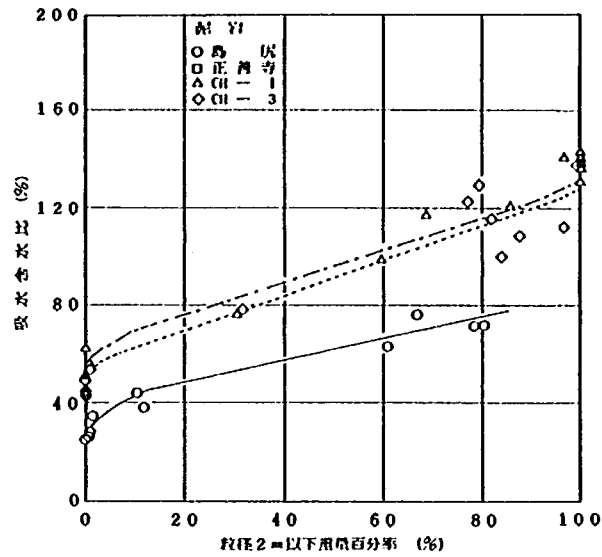


図 2-9(A) 崩壊粒度と吸水含水比の関係 (泥岩)

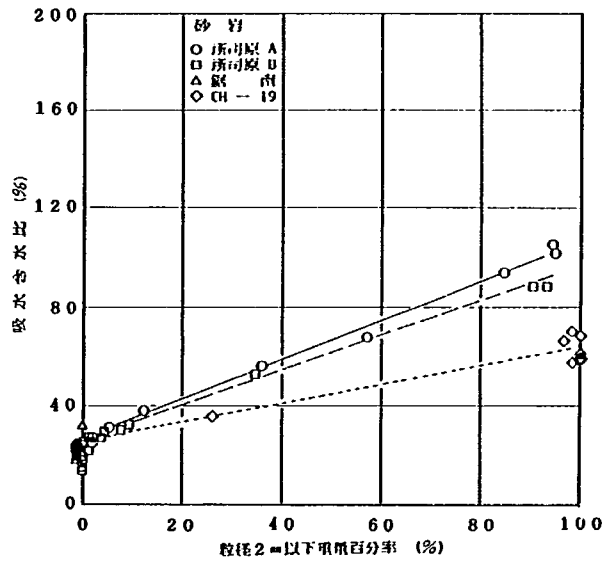


図 2-9(B) 崩壊粒度と吸水含水比の関係 (砂岩)

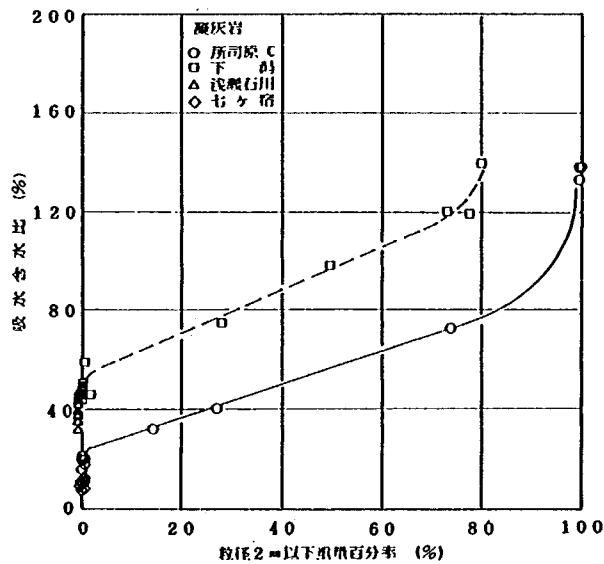


図 2-9(C) 崩壊粒度と吸水含水比の関係 (凝灰岩)

⑨ クラック密度と吸水含水比の関係 (図2-10)

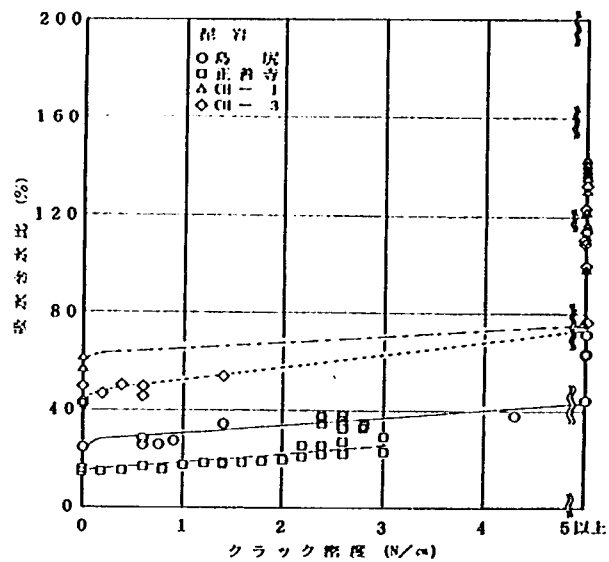


図2-10(A) クラック密度と吸水含水比の関係 (泥岩)

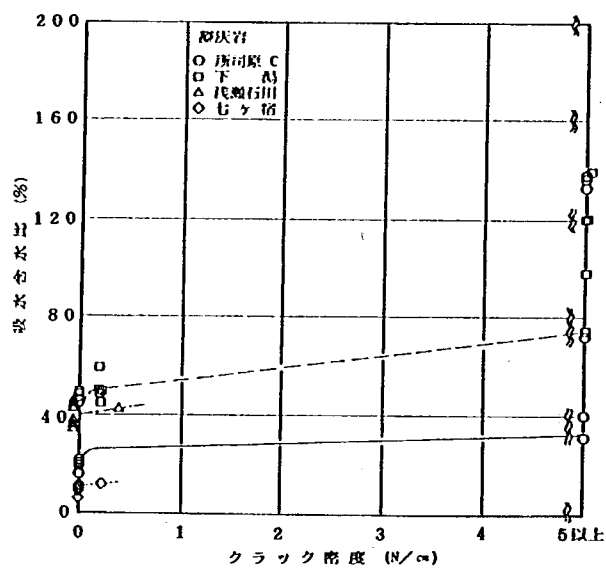


図2-10(B) クラック密度と吸水含水比の関係 (砂岩)

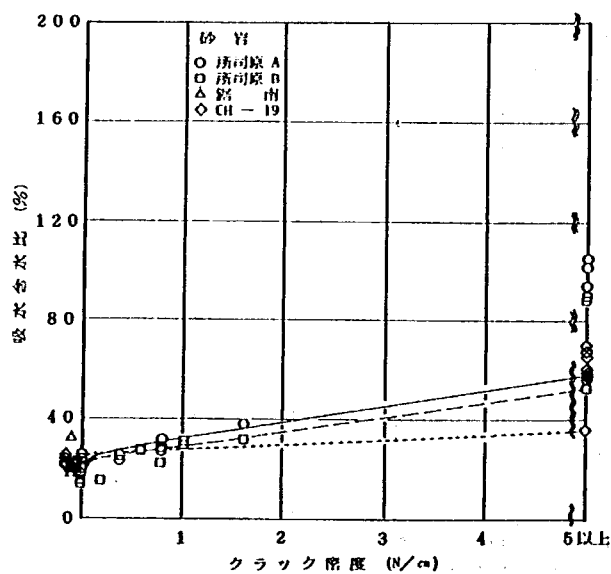


図2-10(C) クラック密度と吸水含水比の関係 (凝灰岩)

3. スレーキング試験における乾燥・水浸温度の影響

スレーキングを生じるような軟岩は、一般に熱的变化を受けやすい粘土鉱物と岩石組織をもっているが、スレーキング試験における乾燥温度については、105℃ (ISRM 1982)⁴⁾、90℃ (道路公団1975)⁵⁾、60℃ (小島ほか1978)⁶⁾など常温より高温で行なっている例が多い。また、土木学会岩盤力学委員会第4分科会(1979)⁷⁾は、高温乾燥による軟岩の自然試料における水分保有性の変化を考慮し、60℃・24時間炉乾燥、または、1週間程度の風乾燥を行なうこととしている。

また、水浸温度についても、スレーキングに対して影響をおよぼすとみられるが、常温とする試験法がほとんどで特に高温または低温にすべきと規定したものはない。

そこで試験条件設定のために、供試体の乾燥・水浸温度のスレーキングに及ぼす影響について、沖縄産の島尻泥岩を例に検討を行なった結果を示す。

(1) 試験方法

① 供試体

供試体は、沖縄県那覇市での地質調査用トンネルより採取した新第三紀中新世の島尻層群の泥岩(島尻泥岩)である。表2-1に、物理力学的性質について示す。

② スレーキング試験

温度については、「乾燥温度の影響を調べるものについては、0~1000℃まで、17段階に供試体ごとに乾燥温度を変え」、「水浸温度の影響を調べるものについては、水浸温度を0~90℃まで、6段階に供試体ごとに変え」た。

また、スレーキングによる供試体の崩壊による細片化の状況を把握するために、本試験法の(4)⑩と⑪の間に、次の手順の粒度試験を加えた。

「重量 W_4 測定後、乾燥による団粒化を防ぐため、# 9.50mm, 4.76 mm, 2.00 mm のふるいを使って水中で緩やかにふるいわけする。さらに各粒度部分について110℃, 24時間乾燥する。」
その他については、本試験法によった。

③ X線分析

岩片を20~1000℃までの19段階で、乾燥に伴う重量変化がほぼなくなるまで乾燥したのち、乳鉢ですりつぶして、粉末のX線回折を行なった。

(2) 試験結果

① スレーキングにおよぼす乾燥温度の影響

図2-11は乾燥温度と初期飽和度およびスレーキング指数の関係について示したものである。スレーキングの程度は初期飽和度が大きくなるにつれて、小さくなるが、同時に乾燥温度が高くなるにつれて、スレーキングを生じにくくなる傾向がある。しかし、詳細にみると乾燥温度が0℃から40℃付近までは、スレーキングの程度が小さくなる傾向を示すが、それより高くなると、スレーキングが著しくなる傾向を示す。さらに、乾燥温度が高くなるにつれて再びスレーキングが起りにくくなる傾向がある。このように、

中程度の乾燥温度・初期飽和度すなわち、「中間領域」でスレーキングが生じやすくなる傾向がある。

図2-12は、図2-11のスレーキング指数のかわりに、吸水含水比で示したものである。これによると図2-11同様、乾燥温度が高くなるにしたがって、スレーキングが生じにくくなる傾向がみられ、詳細にみると、やはり、中間領域にて、スレーキングが生じやすくなる傾向がある。

図2-13は、同様にスレーキングの程度を粒度4.76mm以下重量百分率で示したものである。これによると、図2-11、図2-12に示されるように、乾燥温度が高くなるにしたがって、スレーキングが生じにくくなること、および明らかに「中間領域」においてスレーキングが生じやすくなっていることがわかる。

乾燥温度が高くなるにつれてスレーキングが生じにくくなることは、島尻泥岩の本質的な性質と考えられるが、「中間領域」においてスレーキングが生じやすくなるのは、この泥岩の本質によるものではないと思われる。なぜなら、「中間領域」では、急速な乾燥によって乾燥度の不均一を生じる。表面付近のみが飽和度が小さくなってスレーキングを起こすが、供試体の全体としては、飽和度は高いままとなるためである。

(2) 乾燥温度に伴う鉱物的変化

図2-14は、乾燥温度に伴う粉末X線回折ピークの変化を表した。また図2-15は、乾燥温度による鉱物組成の変化をスレーキングの変化と合せて示したものである。なお、このときのスレーキング試験における乾燥は、各温度にて乾燥による重量変化がほぼなくなるまで長時間乾燥を行なったものである。

図2-14、15によると、乾燥温度が高くなるにつれて、スレーキングは生じにくくなっており、何らかの鉱物的あるいは、岩石組織的変質を生じているものとみられるが、300℃以下では、少なくともここに示すような粉末X線回折には現われないようである。

(3) スレーキングにおよぼす水浸温度の影響

図2-16、17、18は、スレーキングにおよぼす水浸温度の影響について表したものである。このときの供試体は、20℃において重量変化がほぼなくなるまで乾燥させた供試体を用いたものである。

これらの図によると、水浸温度が高くなるにつれてスレーキングを生じにくくなる傾向が明瞭に現われている。これは、高温乾燥すなわち、供試体温度が高くなることによって、スレーキングが生じにくくなることと矛盾しない。

(3) スレーキング試験法作成における乾燥・水浸温度についての問題

① 乾燥温度

島尻泥岩の例ではあるが(2)で判明したように、低温領域においても、スレーキングに対する乾燥温度の影響がみられる。ここに作成するスレーキング試験法が軟岩の土木地質的な評価を目的とする以上、常温におけるスレーキング特性を把握することが必要であ

ろう。一方、スレーキング試験の迅速性を重んじる立場から、高温乾燥を行なう方法も考えられるが、

- a. 高温乾燥によるスレーキング特性と常温乾燥のそれとの相関性が明らかにされていない。またその関係は岩種によって異なると予想される。したがって、高温乾燥でのスレーキング特性から、一般の土木地質と対象となる常温領域でのスレーキング特性の予測が困難であること
- b. 高温では供試体が急速に乾燥するため、乾燥ひびわれを生じ、試験結果のばらつきを生じやすいこと
- c. 乾燥温度が高いと、供試体の乾燥度の不均一を生じやすく「中間領域」においてみかけ上スレーキングを生じやすくなり、初期飽和度～スレーキング劣化度曲線が作成できない

などの理由により、スレーキング試験における乾燥温度は、常温が適当と考える。

② 水浸温度

水浸温度が高くなるにしたがって、スレーキングを生じにくくなる傾向があるが、ここのスレーキング試験法は一般の土木が対象であり、また常温水浸が試験も行ないやすく、特に低温または高温を設定する利点も見当たらないので、常温水浸が適当と考える。

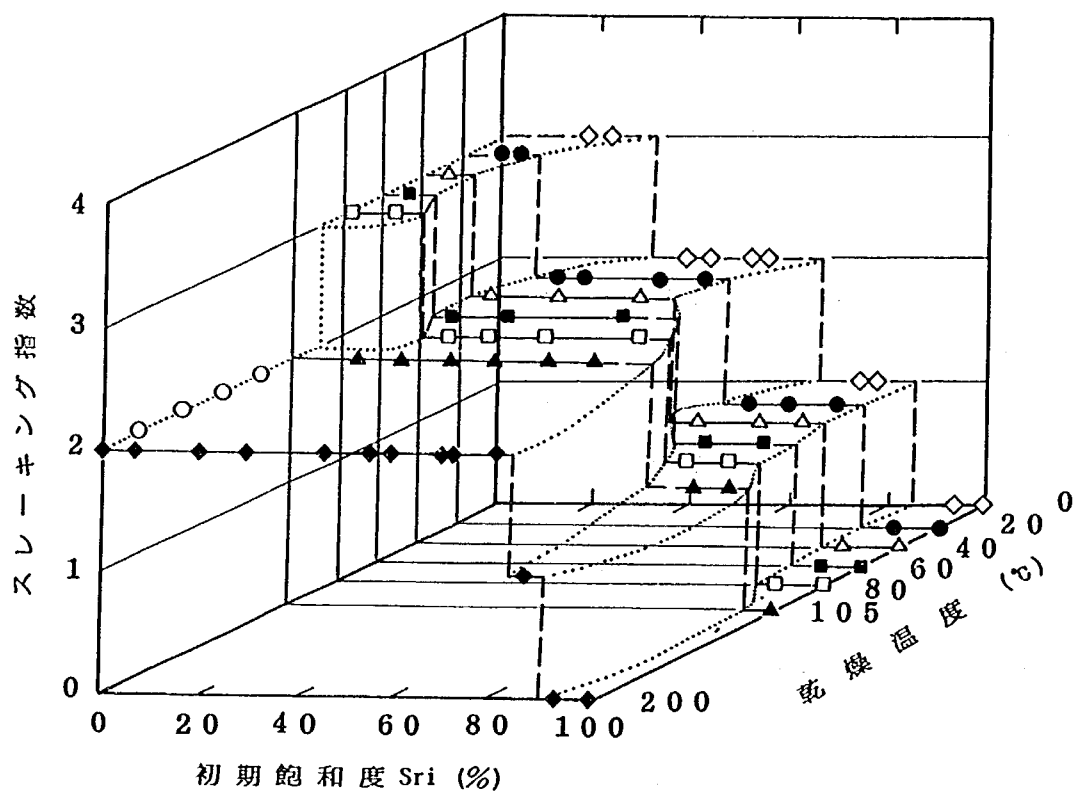


図2-11 乾燥温度による初期飽和度～スレーキング指数関係の変化

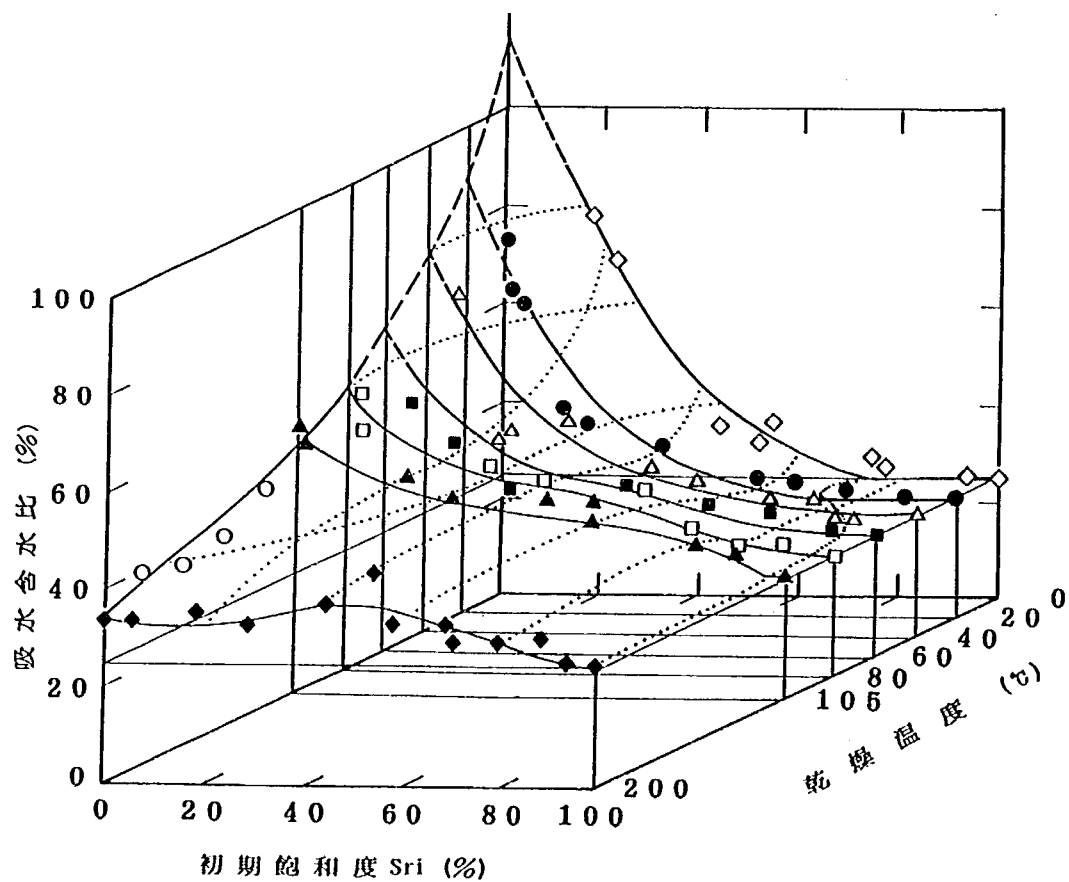


図2-12 乾燥温度による初期飽和度～吸水含水比曲線の変化

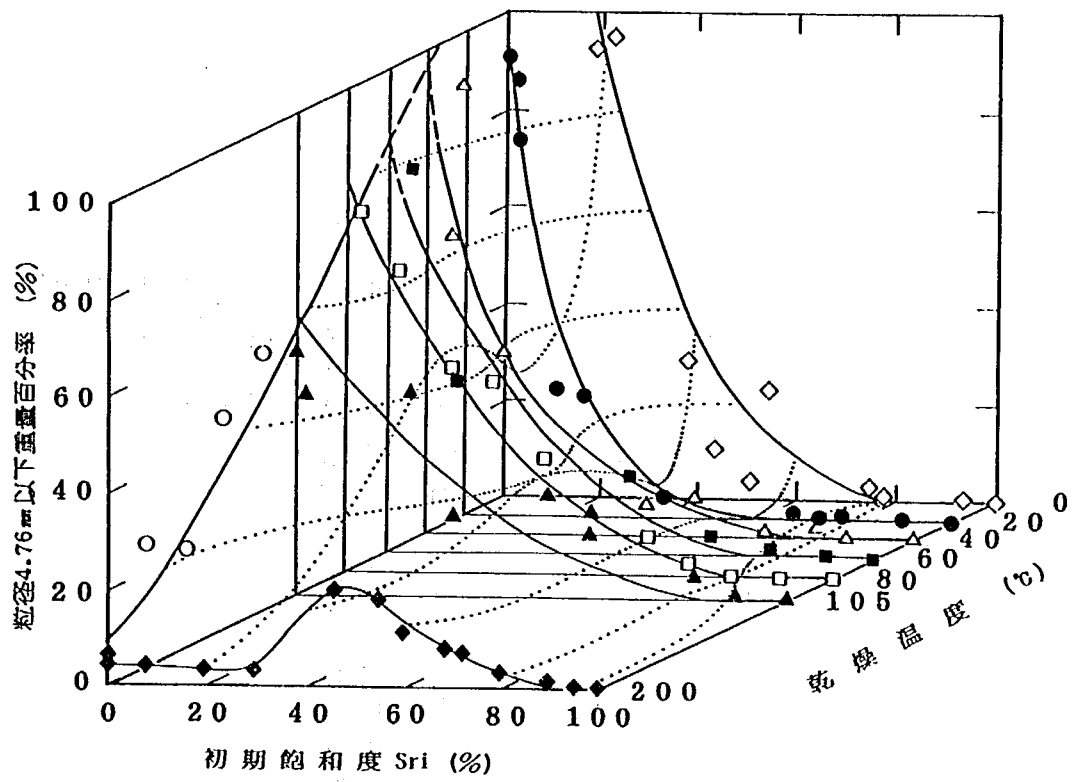


図 2-13 乾燥温度による初期飽和度～崩壊粒度曲線の変化

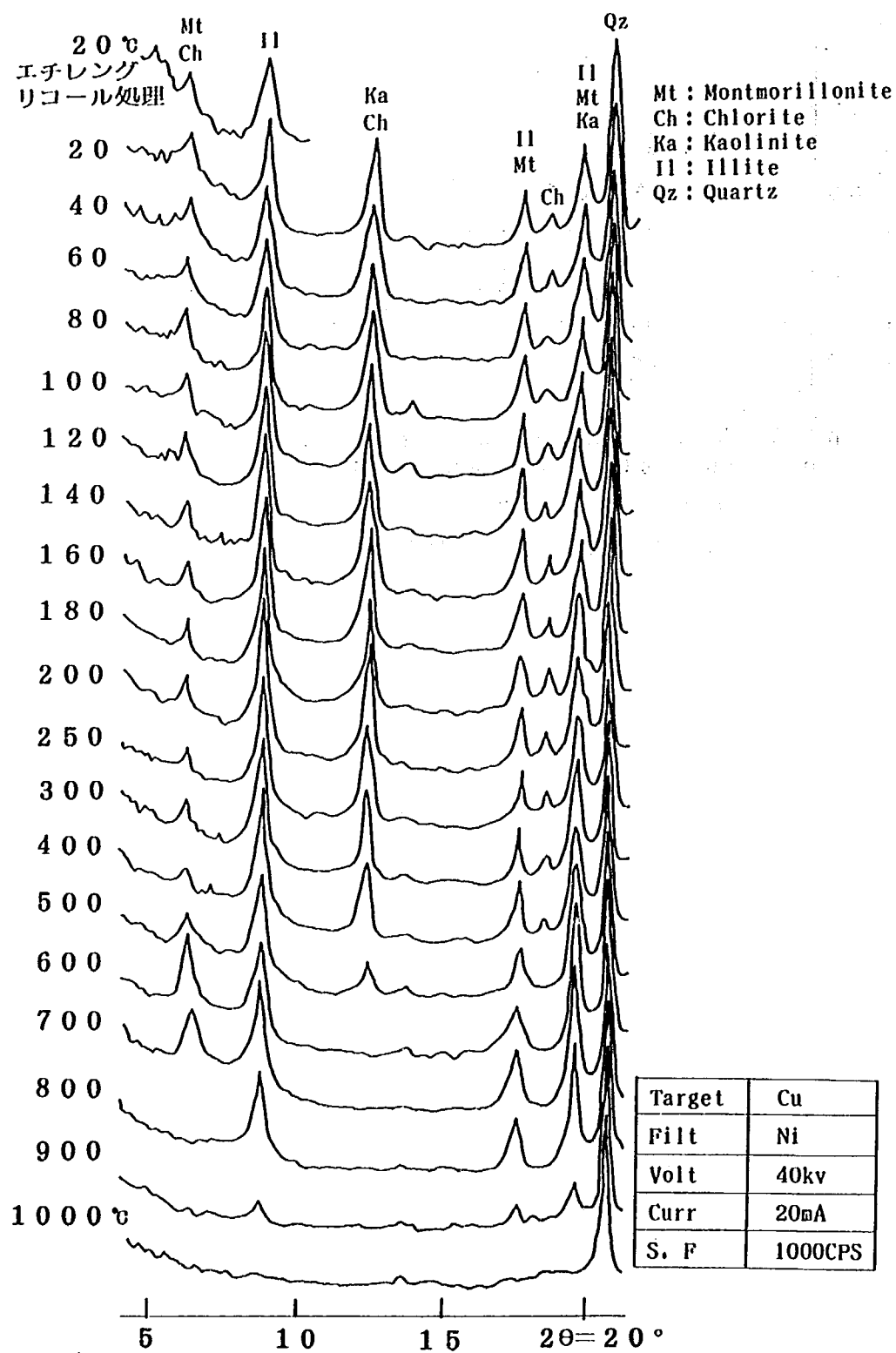
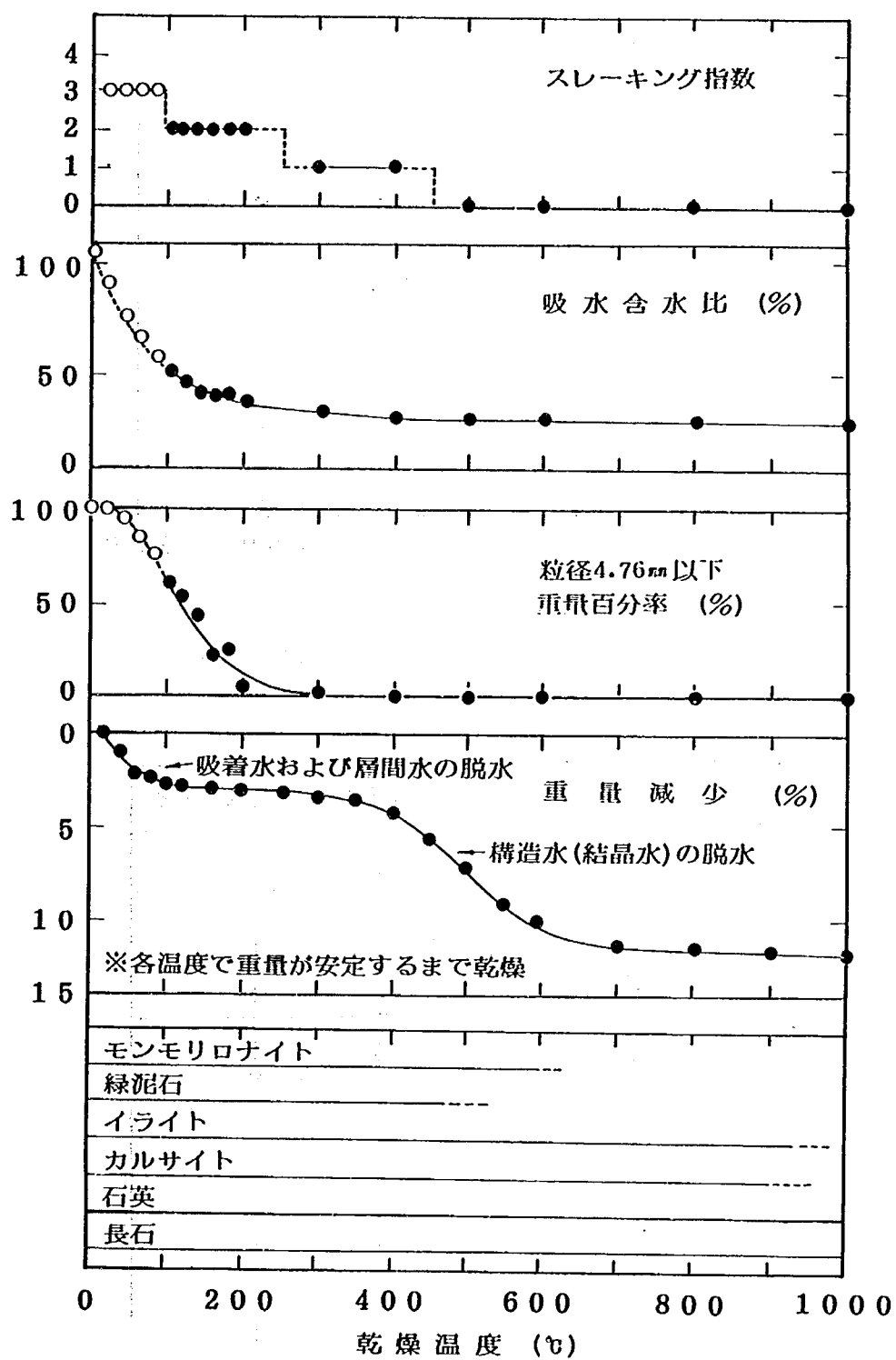


図 2 - 14 乾燥温度に伴う粉末 X 線ピークの変化



—○—: 飽和度0における劣化度を、初期飽和度～劣化度曲線より
 ○: 外挿して求めた値を示す。

図2-15 乾燥温度に伴うスレーキング特性ならびに鉱物組成の変化

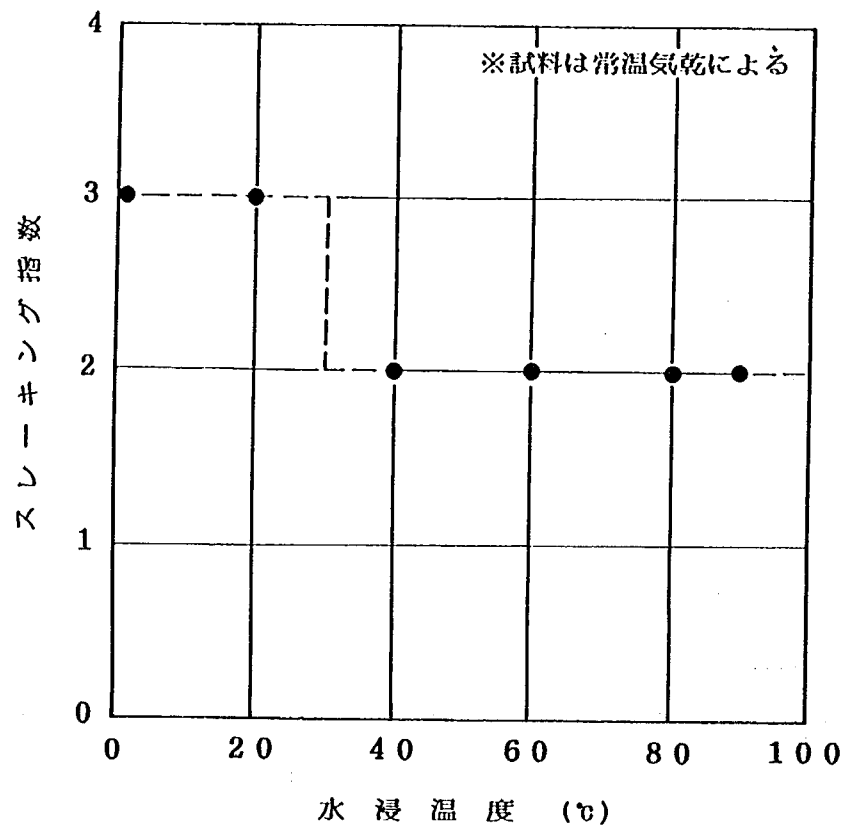


図 2-16 スレーキング指数からみたスレーキングにおける水浸温度の影響

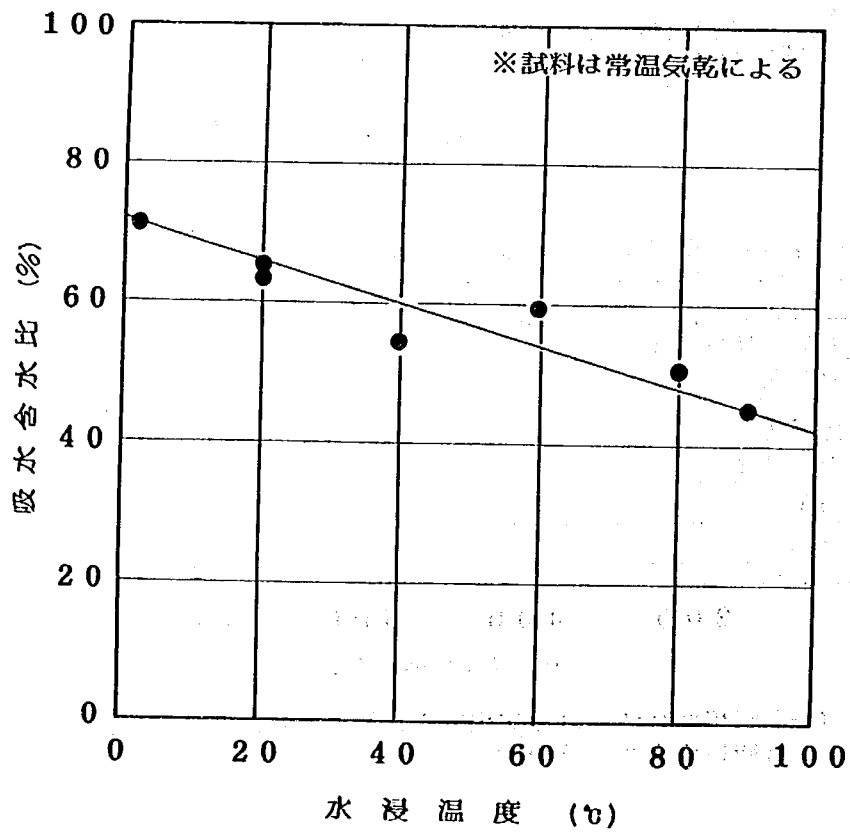


図 2-17 吸水含水比からみたスレーキングにおける水浸温度の影響

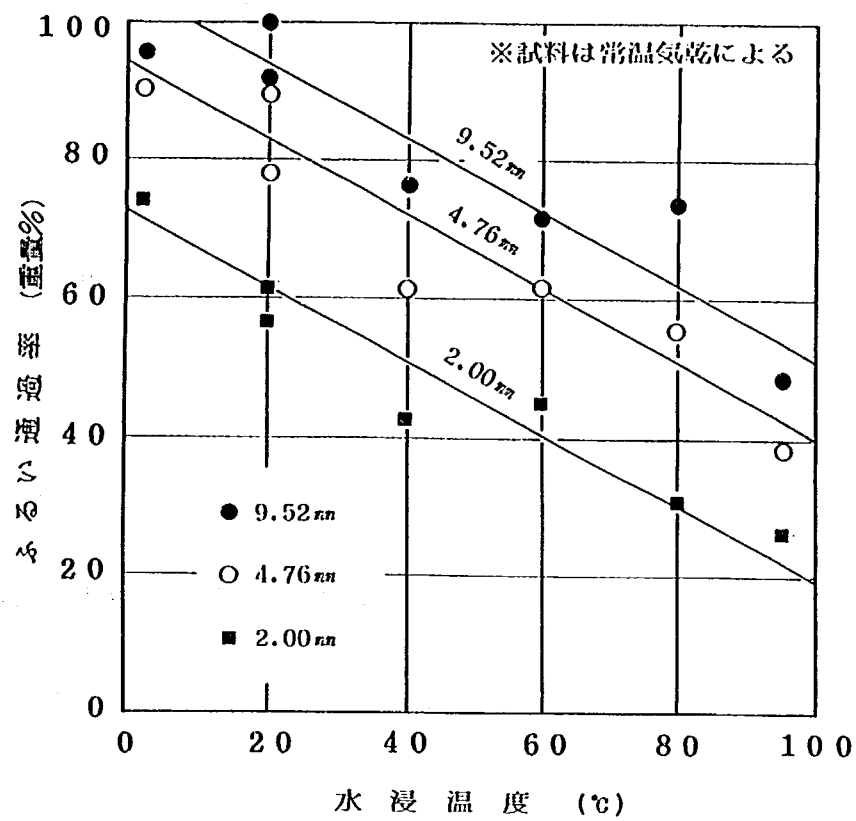


図2-18 崩壊粒度からみたスレーキングにおける水浸温度の影響

<文 献>

- 1) 土木学会岩盤力学委員会第4分科会 ;簡易スレーキング試験法, 軟岩の調査・試験の指針 (1979)
- 2) ISRM ;耐スレーキング性指数の試験法, ISRM指針 (1982)
- 3) 小島ほか ;軟岩の軟弱化の簡易試験方法, 東京大学工学部総合年報 (1977)
- 4) 国鉄 ;地質調査標準示方書, 施管第 166 号 (1969)
- 5) 日本道路公団 ;KODAN111 -1975岩の乾湿くり返し試験方法, 日本道路公団土木工事試験方法 (1975)
- 6) 桑原・平野・神保・長沢 ;軟岩の吸水劣化試験, 土木研究所資料第1930号 (1983)
- 7) 桑原・平野・神保 ;軟岩の吸水劣化試験 (その2), 土木研究所資料第2067号 (1984)
- 8) 平野・神保 ;岩石の劣化特性-軟岩のスレーキングを例として-, 日本応用地質学会58年度発表会予稿集 (1983)
- 9) 平野・神保 ;スレーキング試験における乾燥, 水浸温度の影響, 日本応用地質学会61年度発表会予稿集 (1986)
- 10) 田中 ;水分ポテンシャルからみた泥岩の乾燥収縮と湿潤膨張, 応用地質 21-3 (1979)

軟岩の簡易スレーキング試験データシート

(様式 1)

事業・工事名等			調査名			試料採取地名																	
試料採取位置			自然露頭, 切土法面, 基礎掘削面, トンネル, 原石山, 土取場, トレンチ, 横坑, 立坑, ボーリングコア, ; (記号, 深度等)																				
試料番号			地層・岩種名			採取者			採取			年・月・日											
試験年月日			開始 年 月 日			終了 年 月 日																	
標準供試体形状			円柱状 (径 cm, 高さ cm), 板状 (縦 cm, 横 cm, 高さ cm), 不定形																				
供試体 No.	W ₁ g	W ₂ g	W ₃ g	容器No.	容器重量 g	容器+W ₄ g	W ₄ g	容器+W ₅ g	W ₅ g	スレーキング 指数	w _n	w _s	w _i	S _{ri}	w _{sl}	Δw			風乾 開始 月 日 時	風乾 終了 月 日 時			
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
備考																							

軟岩の簡易スレーキング試験データシート

(様式 2)

試料番号	地層・岩種名	調査名
------	--------	-----

スレーキング判定指標値

判定指標	劣化度指標	スレーキング指数	吸水含水比
Sp 1		Sri: %	Sri: %
Sp 2		Sri: %	Sri: %
I.I. ₁₀		S.I.:	wsl: %
I.I. _{max}		S.I.:	wsl: %
		Sri: %	Sri: %
ws			%

(備考)

初期飽和度 Sri (%)

軟岩の簡易スレーキング試験法

ISSN 0386-5878

土研資料第2455号

昭和61年12月(1986)

市川 慧, 平野 勇,

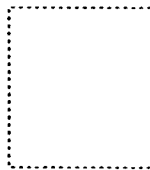
神保 悟

要 旨

軟岩のスレーキングの性質を明らかにし、相互に比較分類することを目的とする簡易試験法を作成した。ここに示した試験法は1岩種当たり13個程度の軟岩供試体を各々時間を変えて風乾し、水浸した後のスレーキングの肉眼観察に基づく形状区分(スレーキング指数)ならびに吸水量(吸水含水比)を求めてスレーキングによる劣化度とし、それを水浸時の供試体の乾燥度(初期飽和度)のパラメータで表し、これをもとに軟岩のスレーキングについての性質を評価しようとするものである。

キーワード：岩石試験, 岩石材料試験, 軟岩, 泥岩, スレーキング

郵便はがき



305-□□

地
質
研
究
室
行

建設省土木研究所

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. 008

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料 第2455号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印