

土木研究所資料

軟岩を対象としたダム基礎の岩盤 分類のための調査 その5

中古生界の砂岩粘板岩における例

1990年2月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright ©(1990) 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ってはならない。

軟岩を対象としたダム基礎の岩盤 分類のための調査 その5

中古生界の砂岩粘板岩における例

地質研究室 室 長 中 村 康 夫

主任研究員 平 野 勇*

研 究 員 佐々木 靖 人

要 旨

中古生界の砂岩粘板岩（破碎岩）よりなるダム基礎岩盤を対象に，肉眼観察および割れ目計測，偏光顕微鏡観察，X線回折により岩盤性状および岩石鉱物学的特徴を把握するとともに，弾性波速度測定，シュミットロックハンマー試験，点載荷試験等の簡易試験を実施し，岩盤分類への簡易試験の適用性を検討した。

キーワード：ダムの地質調査，軟岩，岩石試験，岩盤試験，岩盤分類

*現 九州地方建設局立野ダム工事事務所副所長

ま え が き

近年、わが国においては、治水・利水を目的としたダムの建設が促進されているが、地質的にダムの適地が少なくなり、必ずしも最適でないところに建設せざるを得ない例が多くなっている。これに対処するために、ダムの形式・規模・施工法も多様化しており、このような状況のもとで安全かつ経済的なダムを建設するためには、ダムサイトの地質調査と岩盤評価についても的確で精度の高いものが要求される。特に最近増加しているものに軟岩基礎があり、これまでと異なる新たな視点を必要としている。

新第三系～第四系の礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩などの堆積性軟岩、弱～中溶結の溶結凝灰岩、破碎岩、風化岩、変質岩のような軟岩は、強度が低く変形性が大い、あるいは掘削面が急速に劣化するなど、硬岩とは異なった注意が必要である。硬岩では、これまでに多くの実績が重ねられていることもあって、土研式岩盤分類を初めとした岩盤分類を行なうことによってある程度岩盤の力学定数を推定出来、岩盤の評価も行ないやすい。しかし軟岩については、岩質とその分布が複雑多様な上に硬さの判定が難しいことなどから力学定数の推定が容易でなく、岩盤分類の方法も確たるものがない。

地質研究室ではかねてからダム基礎の岩盤分類に関する調査を行っており、軟岩の岩盤分類を目的とした地質調査法について「軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査その1 簡易調査法(案)(土木研究所資料第2506号)」¹⁾として暫定的に取りまとめた。これを適用した例について、昭和62年度は「同その2(土木研究所資料第2545号)」²⁾、「同その3(土木研究所資料第2613号)」³⁾、昭和63年度は「同その4(土木研究所資料第2727号)」⁴⁾、平成元年度に「軟岩ダム基礎の岩盤分類のための簡易調査(土木技術資料)」⁵⁾を取りまとめた。しかし、これらはいずれも初生的軟岩についての適用例であり、破碎岩・風化変質岩など割れ目の影響が無視出来ない後生的軟岩については未検討であった。

本資料は、破碎岩・風化変質岩などのダム基礎岩盤への適用の試みとして、中古生界の砂岩粘板岩よりなるダムサイトについて各調査試験法を適用した例について取りまとめたものである。取りまとめた対象は、地質研究室の調査試験結果および近畿地方建設局猪名川工事事務所で実施された調査試験結果である。なお、調査対象としたダムは目下建設の途にあり、今後の調査において地質図あるいは岩盤分類についても、必要であれば随時より良いものを目指して変更されるべき性質のものであることを断わっておく。

目 次

はじめに	1
1. 地 質	2
1.1 地形地質概要	2
1.2 ダムサイトの地質	2
2. 調査試験法	8
2.1 調査域の設定	8
2.2 調査試験法の詳細	8
2.2.1 肉眼観察	8
2.2.2 岩石物理試験	8
2.2.3 弾性波速度測定	9
2.2.4 シュミットロックハンマー試験	9
2.2.5 点載荷試験	10
2.2.6 偏光顕微鏡観察	10
2.2.7 粉末X線回折	10
3. 調査試験結果	12
3.1 岩種岩質に関する調査試験結果	12
3.1.1 肉眼観察および割れ目計測	12
3.1.2 岩石物理試験	18
3.1.3 偏光顕微鏡観察	18
3.1.4 粉末X線回折	21
3.2 簡易試験結果	25
3.2.1 岩種岩質と簡易試験の関係	25
3.2.2 各簡易試験の関係	27
3.3 原位置岩盤試験値との関係	29
3.3.1 岩種岩質と原位置岩盤試験値の関係	29
3.3.2 簡易試験と原位置岩盤試験値の関係	30

4. 検 討	40
4.1 岩盤性状と岩盤強度の関係	40
4.2 岩盤区分への簡易試験の適用性	41
5. ま と め	44
お わ り に	45
引 用 文 献	46
巻末資料1 調査試験面の肉眼性状	47
巻末資料2 試験面における割れ目の累積長さ	77
巻末資料3 偏光顕微鏡による岩石の微細組織	85
巻末資料4 粉末X線回折試験結果	101

は じ め に

ダムにおける基礎岩盤の分類は、地質工学上の諸性質によって岩盤を区分するものであり、一般には次のような組み立てからなっている。すなわち、①地質技術者による肉眼観察やハンマー打診、その他の簡易調査（弾性波速度、シュミットロックハンマー試験等）に基づく岩盤性状区分（任意区分）、②①の区分の代表部分で実施する原位置岩盤力学試験値と岩盤性状区分とを対応させた岩盤力学特性区分（絶対区分）、③②の力学特性区分を当該ダムの形式規模等の条件に照らし、基礎岩盤としての優劣を評価する岩盤評価区分（相対区分）である。

ダム基礎の岩盤分類法が備えるべき条件としては、①岩盤の工学的性質（剪断強度や変形性あるいは透水性）と良く対応していること、②評価対象となる岩盤の種類は多岐にわたっているため、汎用性のある方法であること、③線的あるいは面的に調査し区分する必要があるため、簡便な方法であること、④客観的で再現性が高い方法であること、などが挙げられる。

硬岩については、これまでに多くのダムの基礎の対象となり、経験が蓄積され、岩盤分類は一応確立されたものとなっている。しかしながら、新第三系以降（一部白亜系～古第三系を含む）の堆積性軟岩、火山性軟岩、破碎岩、変質岩、風化岩等の軟岩基礎岩盤には、硬岩を対象とした従来の岩盤分類基準はそのまま適用しにくい。

これまで地質研究室では、軟岩基礎のための岩盤分類の確立を目的として調査検討を重ねてきた。^{1)～5)} その結果、堆積性軟岩及び一部の火山性軟岩については針貫入試験、シュミットロックハンマー試験、点載荷試験など幾つかの簡易試験法を適用することによってより客観的な岩盤区分が可能になったと考えている。しかし、破碎岩、変質岩及び風化岩などの後生的な（本来硬岩であった）軟岩については、割れ目の影響を無視し得ないことなどから上記の試験法がそのまま適用出来ないと推定される。そこで今回、破碎岩を対象として上記試験法の岩盤分類への適用性について検討を行なったものである。

調査対象は大阪府猪名川支流の中古生層に属する砂岩粘板岩を主体としたダムサイトである。当ダムサイトの岩盤は基本的には硬岩に属するが数系統の方向を持つ断層群によって破碎されており、一部には断層や割れ目に沿って風化の影響も認められる。よってこのダムサイトでは硬岩から軟岩までの広い領域をカバーする調査試験法が必要とされる。

今回、ダムサイトの横坑側壁あるいは原位置岩盤力学試験面（剪断試験面および変形試験面）を対象に肉眼観察、岩石物理試験、シュミットロックハンマー試験、弾性波速度測定、点載荷試験等を行ない、後生的軟岩～硬岩について、物理力学的性質と簡易試験の関係について検討するとともに岩盤の力学的性質に影響を及ぼす諸要素について整理し、簡易試験法の岩盤分類への適用性と適用上の留意点について検討した。

1. 地 質

1.1 地形地質概要

調査地は大阪北部余野川右支流の北山川流域に位置する。余野川は鴻巣山(678.9 m)、湯谷ヶ岳(622.4 m)、妙見山(660.1 m)等を源とし、南西にはほぼ直線的に流下する流域面積約43km²、流路線長約14kmの河川である。本河川は川西市および池田市の境界、能勢電鉄たきやま駅付近で猪名川に合流し、猪名川はさらに神崎川と合流し大阪湾に注いでいる。北山川は、青貝山(391.4 m)等を源流とし、箕面市西ノ所下流で余野川と合流する流域面積約7km²程の小河川である。本河川は余野川と同様にほぼ南西に流下するが余野川との合流点より約600m上流ではほぼ直角に左折している。

調査地周辺の地形は、谷部約150m、尾根部約250～300mの低山地である。ダムサイトの地形は中古生層およびこれを貫く石英斑岩からなる山地と、大阪層群からなる丘陵性の地形に区分される。中古生層を主体とした地域は支沢の少ない厚い山体よりなり、ダムサイト周辺では左岸部がこれに当たる。一方右岸部の上部は大阪層群が被覆しており、支沢が多く、全体にやせ尾根の多い丘陵性の地形である。また、谷部は小規模な段丘と幅15～30mの平坦な河床を持っている。

図－1.1.1に調査地周辺の地質⁶⁾を示す。調査地の地質は古生代石炭紀～中生代ジュラ紀に属する丹波層群の粘板岩～頁岩、砂岩およびチャート、中生代白亜紀の酸性貫入岩類である石英斑岩と、これらを不整合に覆う新生代第四紀前期洪積世の大阪層群に属する砂礫層、シルト層からなる。また段丘、崖錐、河床等に未固結の沖洪積層が被覆する。

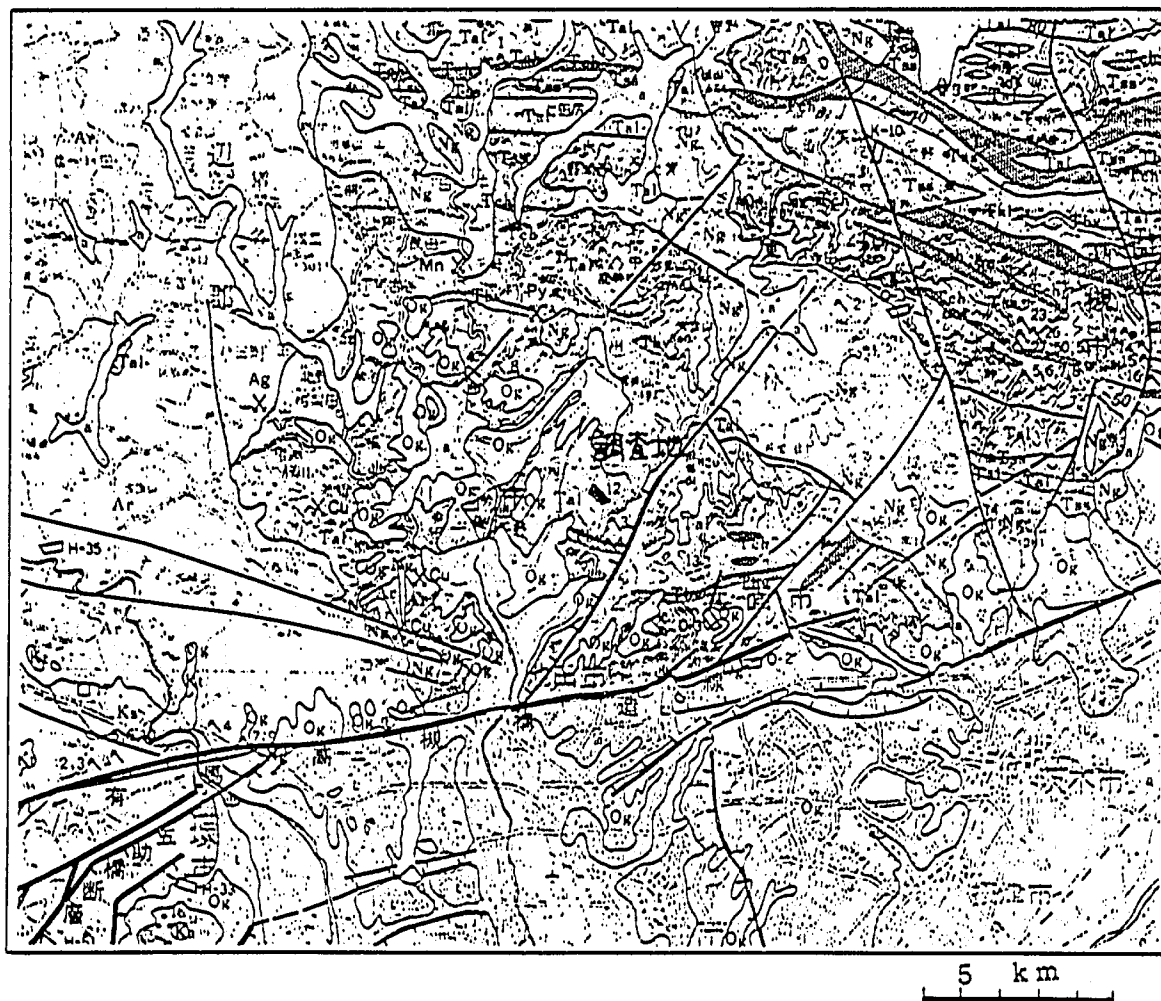
猪名川流域の丹波層群は粘板岩を主体とする下部層と砂岩の多い上部層に区分されるが、ダムサイト付近に分布するものは上部層に相当する⁷⁾。砂岩は一般に塊状無層理であるが、一部には層理が発達するものもある。粘板岩あるいは頁岩は一般に層理あるいは片理が発達し、薄く剥がれ易く、また、砂岩に比較して広域応力による変形や微小な滑りの痕跡が卓越し破碎度が高い印象を受ける。チャートの産出はまれであり、ダムサイトには存在しない。調査地周辺の丹波層群の大局的な地質構造は走向がほぼ東西で北へ急傾斜している。酸性貫入岩類はこれらの構造を切る様にあるいは層理面等の構造に沿った形で貫入している。

大阪層群は、丹波層群上に不整合で堆積している。本調査地周辺の大阪層群は、主に砂礫～粘土質砂礫層からなり、砂層やシルト層を挟在する。固結度はハンマーの軽打でピックが突き刺さる程度で、未固結～半固結である。ダムサイト周辺の露頭ではMa 1⁸⁾の海成粘土が確認されており、大阪層群下部層に相当すると推定される。

1.2 ダムサイトの地質

ダムサイトの地質層序を表－1.2.1に示す。また、地質平面、断面(C測線)を図－1.2.1、1.2.2に示す。

ダムサイトは、右岸上部の一部が大阪層群であるが、基盤は丹波層群よりなる。丹波層群の砂岩は、灰



凡 例

- Og 大阪層群 (洪積世～鮮新世)
- Ng 六甲・山陰型花崗岩 (白亜紀)
- Tal 丹波層群 (ジュラ紀～白亜紀)
砂岩粘板岩頁岩
- Tch " チャート
- Tss " 砂岩
- Tbv " 塩基性火山岩類

図-1.1.1. 調査地周辺の地質⁶⁾

表-1.2.1 ダムサイト周辺の地質層序

地 質 時 代			地 層 名	地 質	地質記号
新 生 代	第 四 紀	沖積 ～ 洪積	盛 土	礫、砂質粘土	b
			現河床堆積層	砂 礫	r d
			崖錐堆積層	礫、砂質粘土	d t
			段 丘 堆 積 層	低 位	t r ₂
				中 位	t r ₁
	前 寒 武 紀	前寒武紀	大阪層群	シルト	O c
				砂	O s
				砂礫、粘土質砂礫	O c g
中 生 代	白 亜 紀		酸性貫入岩類	石英斑岩	Q p
中 古 生 代	ジュラ ～ 石炭		丹波層群	粘板岩	T s l
				砂岩粘板岩互層	T a l
				砂岩	T s s

白色～淡緑色を呈するもの、灰色～暗灰色を呈するもの等が見られ、左岸側に分布する砂岩の方が淡緑色を帯びている。右岸側に分布する砂岩はやや方解石化作用が著しく、また、潜在的な割れ目が多くハンマーの打撃で砕け易い。粘板岩は黒色～暗灰色を呈し、層理が顕著であり、ハンマーの打撃で層理面沿いに砕け易い。砂岩と比較してやや軟質であり、断層や貫入岩沿いでは一般に破碎されている。丹波層群に貫入する石英斑岩は斑晶が顕著で基質はガラス質で緻密である。しかし風化部や自破碎部では白色砂状を呈する。一方、大阪層群は右岸側標高 173 m 以高に分布しており、砂礫層、砂層、シルト層を挟在する。砂礫部は丹波層群の砂岩、粘板岩および花崗岩等の亜角礫～円礫を多く含んでいる。基質は砂～砂質粘土からなる。シルト層は層厚数十cmで灰白色を呈し、連続性は良好である。砂層は層厚数十cmでシルト層に比較して連続性は悪い。

丹波層群の地質構造は走向がほぼ東西で北に約 50～70° 傾斜した構造を持つが、試掘横坑やボーリングコアで層理面の傾斜が緩い部分が見られ、褶曲していることがうかがえる。ダムサイト付近に分布する断層系は河川の流下方向と一致する北東－南西方向のものが卓越する。このなかで河床付近の F-3 断層(N 40° E 50～60° W) は、右岸(粘板岩主体)と左岸(砂岩主体)を大別する断層で、左ずれあるいは逆断層と推定される。この断層を境に右岸(上盤側)では破碎度の高い岩相となり、左岸(下盤側)では破碎度の低い堅岩が主体となっている。この系列の断層のほかにも、東北東－西南西系の断層、東－西系の層理面に平行な断層等が存在する。層理面に沿う断層は粘板岩中で生じ易く、数十cmの破碎帯を伴う。こ

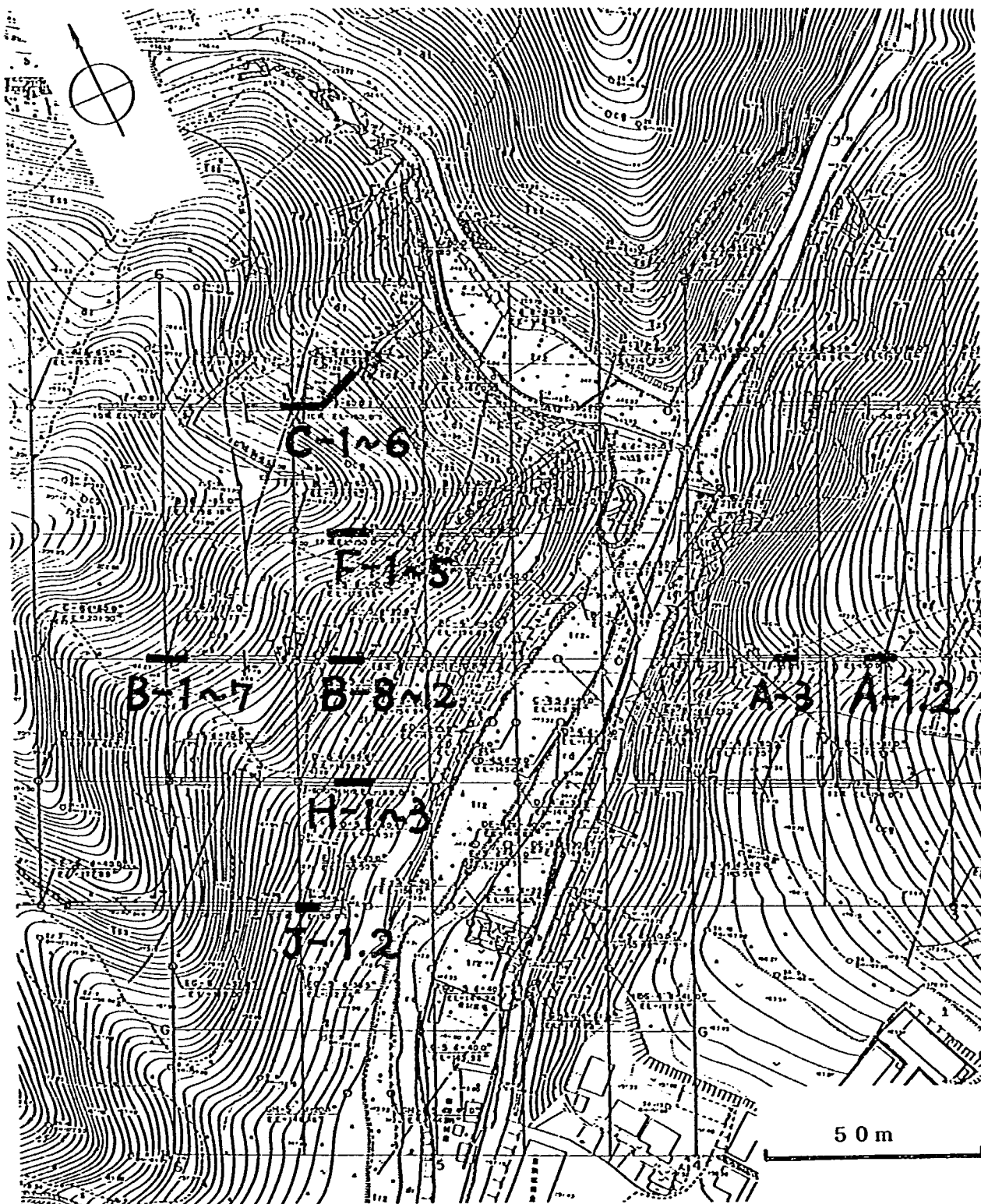


図 1.2.1. 地質平面および調査横坑位置

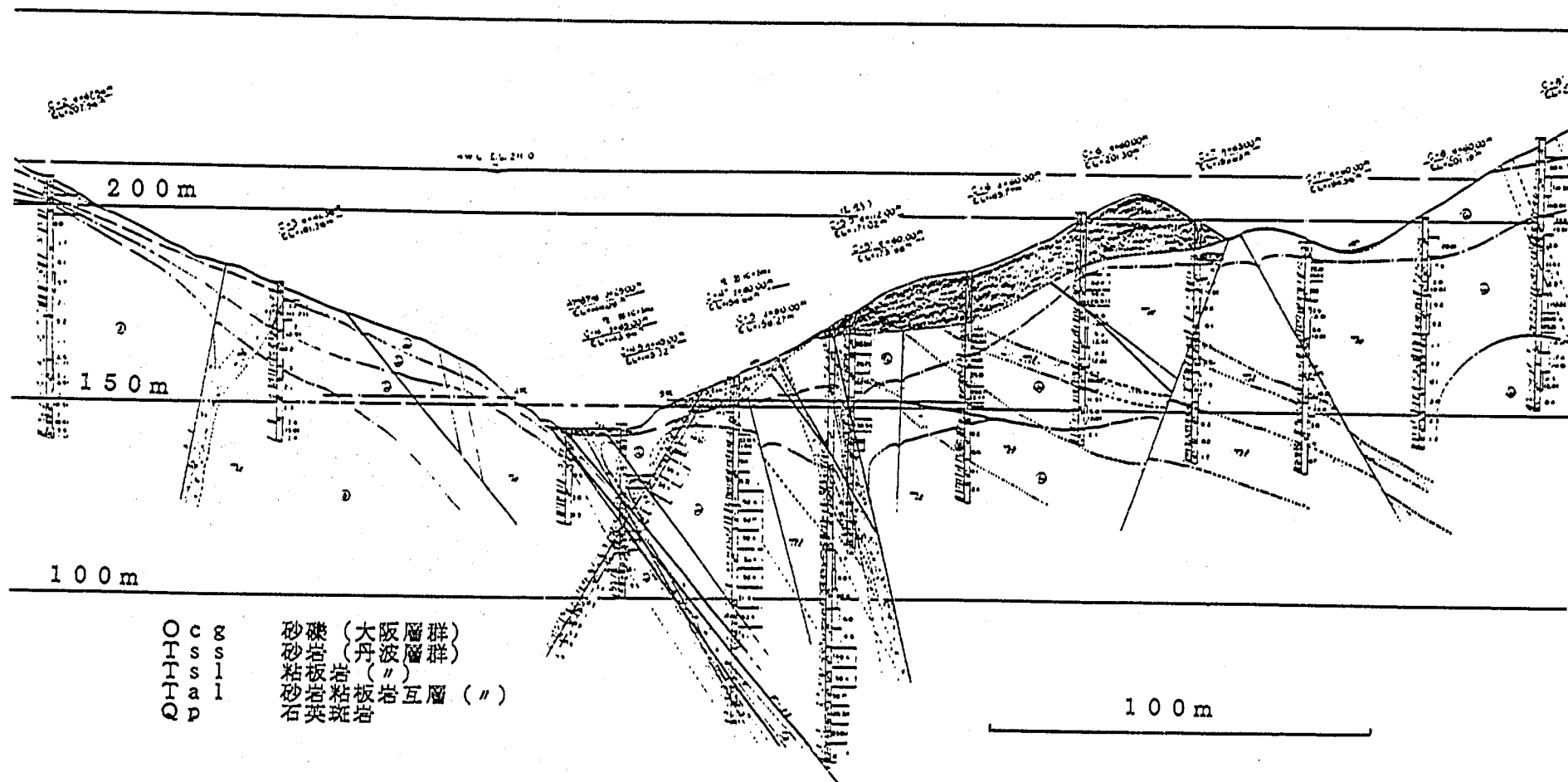


図-1.2.2 地質断面図 (A坑～B坑を結ぶ測線)

のような破碎帯に沿って地下水等の影響により風化も進んでおり、粘板岩の割れ目には方解石の溶脱と酸化鉄の付着、岩片の軟質化等が見られる。大阪層群の構造はほぼ水平であるが、地質断面でもわかるように基底の不整合面は谷側（南東側）に 10° 前後傾斜している。

2. 調査試験法

2.1 調査域の設定

調査対象は丹波層群に限定した。調査対象とした岩盤力学試験（剪断試験，変形試験）面は，表－2.1.1の通りである。試験対象個所の選定に当たっては，当ダムサイトにおいて従来使用している岩盤分類基準によってCL～CHまでのばらつきを持たせて選定した。また，砂岩と粘板岩の岩種による相異についても検討するために，これら二岩種および互層状の試験面の計三岩種を選定した。

調査のための試験面は岩盤力学試験面を中心として1m×1mの領域とし，次の要領でズリを取り除き整形した。

- ① 試験面個所に存在する大きいズリを人力で除去する。
- ② 試験面が出現した後，水洗いを行ない，岩盤の観察を行なう。
- ③ 岩盤観察の後，10cm程度掘削し緩みを除去し，新しい試験面を作製する。
- ④ 掘削ズリをウォータージェットで除去し，ていねいに水洗いを行なう。
- ⑤ 掘削ズリは試験掘横坑に仮置きする（岩石物理試験，点载荷試験等の供試体とする）。

2.2 調査試験の詳細

2.2.1 肉眼観察

肉眼観察においては，岩質，風化，割れ目の卓越方向および性状等に着目し $\frac{1}{10}$ スケールでスケッチを行なった。代表的な割れ目については走向傾斜を測定した。また，

当ダムサイトで既に行なわれている岩盤分類基準を利用し，試験面の岩盤区分を実施した。

2.2.2 岩石物理試験

一試験当たり10個の不定形試料（5～10cm程度）を採取し，乾燥密度，湿潤密度，真比重，有効間隙

表－2.1.1 調査対象試験面

横坑	試験面整理番号	岩種	岩級
A坑	A-1	砂岩	CH
	A-2	砂岩	CH
	A-3	砂岩	CH
B坑	B-1	粘板岩	CM～CL
	B-2	粘板岩	CM～CL
	B-3	粘板岩	CM～CL
	B-5	粘板岩	CM～CL
	B-6	粘板岩	CM～CL
	B-8	砂岩	CL
	B-9	砂岩	CL
	B-11	砂岩	CL
C坑	C-1	砂岩	CM
	C-2	砂岩	CM
	C-3	砂岩	CL
	C-4	砂岩	CL
	C-5	砂岩	CM
	C-6	砂岩	CM
F坑	F-1	砂岩粘板岩互層	CM
	F-2	砂岩粘板岩互層	CM
	F-3	砂岩粘板岩互層	CM
	F-4	砂岩粘板岩互層	CM
	F-5	砂岩粘板岩互層	CM
H坑	H-1	砂岩	CM
	H-2	砂岩	CL
	H-3	砂岩	CM
J坑	J-1	砂岩	CM
	J-2	砂岩	CM

率、吸水率等の測定を行なった。試験方法は、KDK S 0159-0968 “岩石の密度・吸水率・含水比・飽和度・有効間隙率試験法” による。

2.2.3 弾性波速度測定

弾性波速度の測定は、井型の測線において図-2.2.3.1のように岩盤に薄い鉄板を接着剤、石膏等により貼り付け、磁石を介して設置した受振器を1測線当たり11個直列に設置した。起振源には岩盤と鉄ハンマーとの間に鉄筋棒を介し、これを測線の左右から打撃する方法を採用した。測定した波形はデータレコーダに収録し、モニターを電磁オシログラフにより行ない、記録の再生は、データレコーダのテープスピードを落とし読み取り精度の向上を図った。図-2.2.3.2に測定の概念図を、また、表-2.2.3.1に仕様機器の一覧を示す。

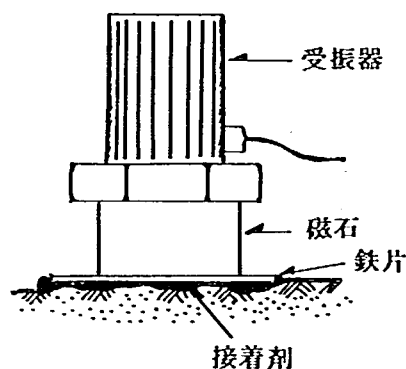


図-2.2.3.1 弾性波速度測定用受振器の設置方法

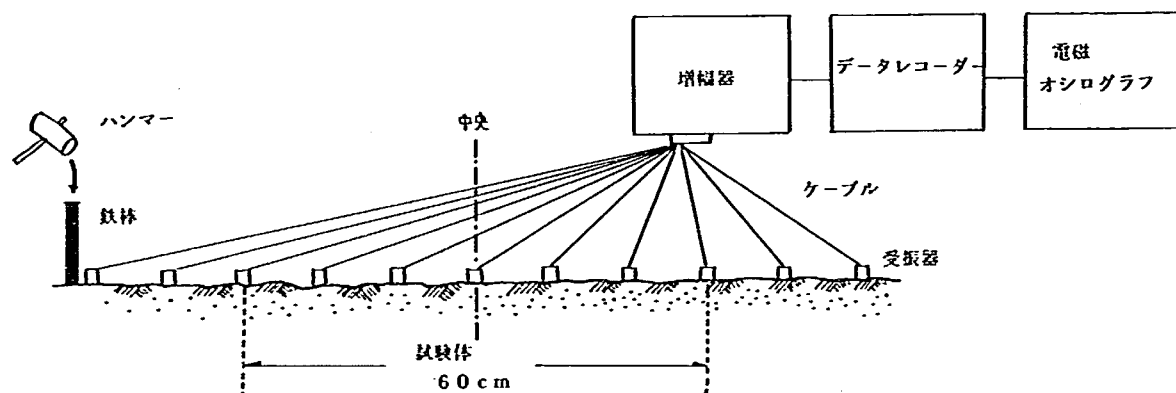


図-2.2.3.2 弾性波速度測定概念図

2.2.4 シュミットロックハンマー試験

シュミットロックハンマー試験はK S型を用い弾性波速度測線において20点打撃した。測定点は約5 cm間隔で1点当たり5回の打撃方法を採用した。シュミットロックハンマー試験の方法等は文献¹⁾にあるのでここでは省略する。なお、シュミットロックハンマー反発度は重力方向と打撃方向との角度（打撃角）により補正する場合もあるが、今回は未補正で表示している。

表- 2.2.3.1 弾性波速度測定使用機器一覧

名 称	仕 様	数 量	製 作 社 名
振動計 (YM-21B)	加速度：0.0005~30G(RMS) 速 度：0.1~1000cm/sec 周波数：3~500Hz 利 得：71dB 積分回路内蔵 成分数：3	4 台	リオン
テープレコーダー (R-280)	成分数：14 周波数特性：DC~1000Hz テープ速度：15/16~30インチ/sec 使用テープ：1/2インチ巾	1 台	TEAC
電顕カメラ (5L-33)	成分数：18 光源：超高圧水銀灯 紙送り：5cm/min~200cm/sec	1 台	三栄測機
受振器 (PY-35)	圧電型 周波数特性：1~1000Hz	11 個	リオン

2.2.5 点载荷試験

5 cm程度の不定形試料10個について、湿潤状態で点载荷試験を行なった。今回採用した試料は次式により点载荷強度を求めたが、供試体の寸法効果を考慮して供試体厚さの補正を行なう方法もある。¹⁾

$$\text{点载荷強度 } I_s = \text{荷重} / (\text{供試体厚さ})^2 \quad \text{kgf/cm}^2$$

なお、詳しい試験方法は文献¹⁾にあるので省略する。

2.2.6 偏光顕微鏡観察

岩石物理試験を終えた代表的な試料（各試験面当たり1試料、計27試料）について偏光顕微鏡による観察を行なった。岩石薄片は次の手順で作製した。まず試料の一边を切断研磨した後、青色の染料（ブルーレジン）に浸し新たな亀裂が生じないように留意しながらゆっくり気圧を下げ試料中の空隙に染料を浸透させ、染料が固化した後に最初に研磨した部分をさらに0.1 mm程度研磨してカバーガラスに接着して約0.03 mmの厚さの薄片を作製する。この手法で作製した薄片は、鉱物のみならず岩石中に存在する空隙分布をより明瞭に観察出来る利点を持っている。なお、偏光顕微鏡観察の原理については文献²⁾に略記してあるのでここでは省略する。

2.2.7 粉末X線回折試験

粉末X線回折試験は各試験当たり1試料、計27試料について行なった。試料は指にざらつきを感じなくなるまで(約45 μ 以下)メノウ乳鉢ですりつぶした無定方位試料(バルク)を作製し、粉末X線回折試験に供した。試験条件は以下の通りである。

管 球	Cu	走査範囲	$2\theta = 4 \sim 40^\circ$
フィルタ	Ni	走査速度	$2^\circ/\text{min}$
電 圧	40 kv	記録速度	20mm/min
電 流	20 mA		

試験後、記録紙上の 2θ (回折角)から d (面間隔) $\text{\AA}$ を求め、あらかじめ求められている種々の鉱物種の $d\text{\AA}$ パターンと対比させ主な鉱物を同定した。また、検出された鉱物の代表的なピークの高さを測定し、高さの比から試料間の相対的な鉱物組成の相違を比較した。

3. 調査試験結果

3.1 岩種岩質に関する調査試験結果

3.1.1 肉眼観察及び割れ目計測

調査試験面の岩種は大きく、砂岩、粘板岩およびこれらの互層（砂岩が主体）からなる。以下に岩種毎の肉眼観察による岩盤性状の相違の概略を述べる。なお、各調査試験面の性状については巻末資料1に掲載した。

砂岩は塊状で全体に異方性に乏しい。粘土等を伴う比較的大きな割れ目については幾つかの方向性が認められるが、微細な割れ目については特に顕著な方向性は見られず、より大きな割れ目の影響により二次的に生じた割れ目であることがうかがえる。岩盤は割れ目によって数cm～数十cm、平均十cm前後のブロックに分離され、岩片自体の強度は大きいものの、割れ目の密度あるいは割れ目相互の連結性が高く岩盤の強度はかなり低いことが予想される。また、試験面の中には破砕帯の一部に属し高い破砕作用を被っているものもある（C-3, C-4, H-2等）。このような部分では、岩盤は細片化し、数cm程度の角礫片とそれを断層グーシが取り囲むような構造となっている。この種の岩盤では岩盤強度が断層グーシの強度に近いものとなる可能性がありグーシの強度や変形性に着目する必要がある。粘板岩は片理が発達し緩やかな波状の微褶曲を有する。片理はハンマーの打撃で分離することが出来、岩片自体の強度が砂岩よりもやや低い。割れ目の発達方向は大きく片理に平行するものと片理にほぼ垂直のものの二系統が卓越している。割れ目の密度は砂岩よりもやや高いように見えるが、相対的に連続性の乏しいものが多い。砂岩粘板岩の互層は全体として砂岩主体で粘板岩の薄層を挟在する。割れ目はこの構造を反映してか、粘板岩の薄層に沿った小断層とこれに交差する比較的連続性に乏しい割れ目の大きく二種に分類出来る。

次に割れ目の性状について見ると、岩種を問わず割れ目には方解石脈を充填するものが多い。方解石脈は所々溶脱し空隙あるいは酸化鉄の付着した粘土等で充填されることもある。全体に緩みの進んでいる部分あるいは破砕度の高い部分は風化、溶脱の影響を強く受けている。岩種毎に見ると、砂岩のうち割れ目の少ないものは割れ目の性状も良好で、密着しているか多少酸化鉄の汚染が見られる程度である。一方割れ目の多いものはほとんどの割れ目が酸化鉄の汚染を受け、一部には流入粘土が存在する。粘板岩の場合、連続性に乏しい割れ目が多いためか割れ目の密度の割には酸化鉄の汚染が進んでいる程度である。しかし割れ目の面は滑らかで摩擦抵抗が低いと推定される。砂岩粘板岩の薄層は全体に砂岩と類似した割れ目性状を持っている。粘板岩の薄層の部分はややもまれた様相を呈し、軟質化している。

図-3.1.1.1は横坑中で得られた割れ目（節理、断層、層理およびその他の割れ目）の卓越方向である。同図によると、層理のほとんどは走向が東西で北に急傾斜した面を持ち、層理を除いた他の割れ目は北東-南西方向の走向を持つものが多い。ただし調査を行なった横坑の方向の多くは北西-南東方向に伸びており、北東-南西方向の割れ目を抽出しやすいと考えられるので、北東-南西方向の走向を持つ面は多少割り引いて考える必要があろう。層理を含めた全体の割れ目は図-3.1.1.2の通りである。

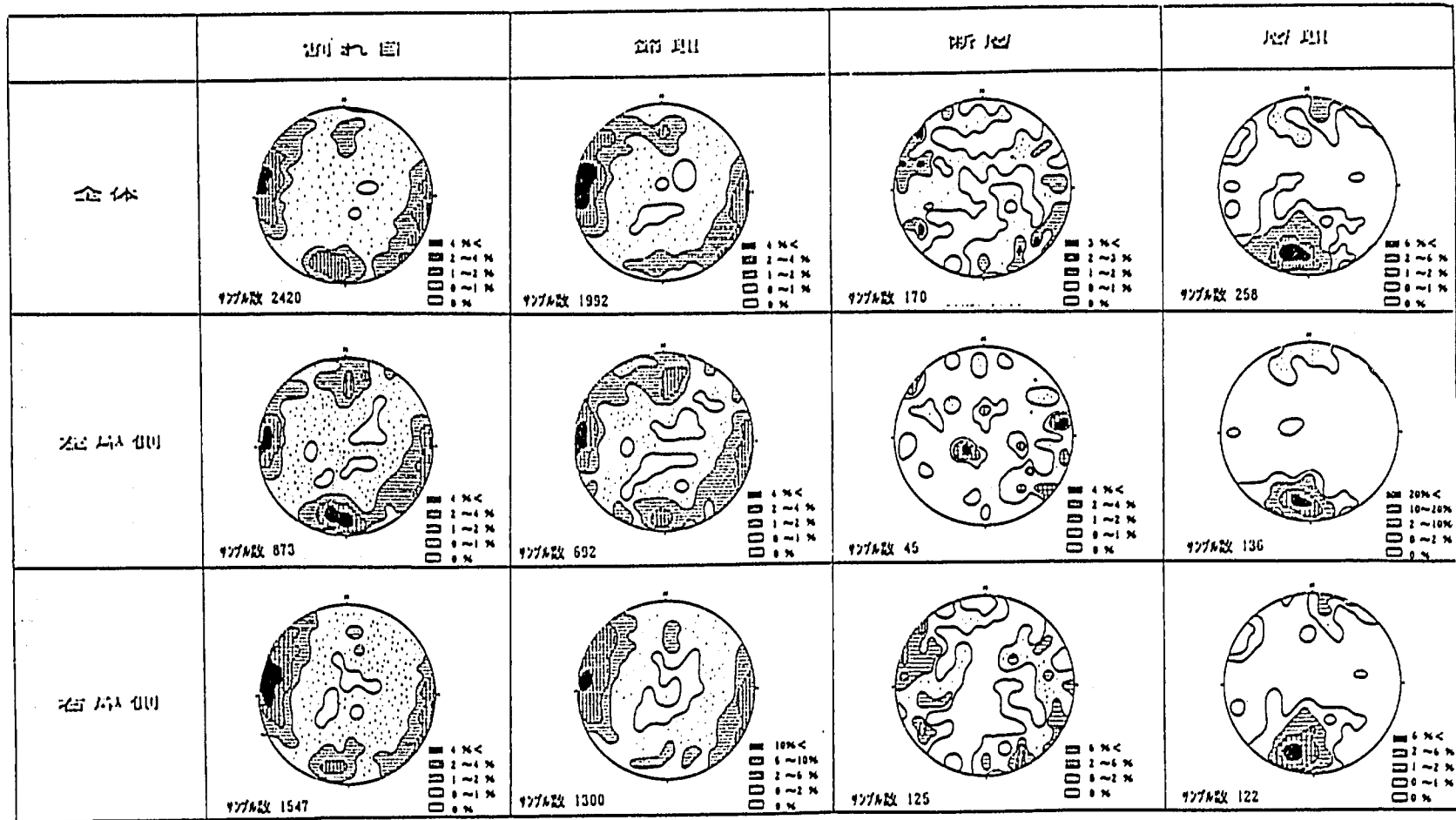


図-3.1.1.1 調査横坑における割れ目の頻度分布（下半球投影）

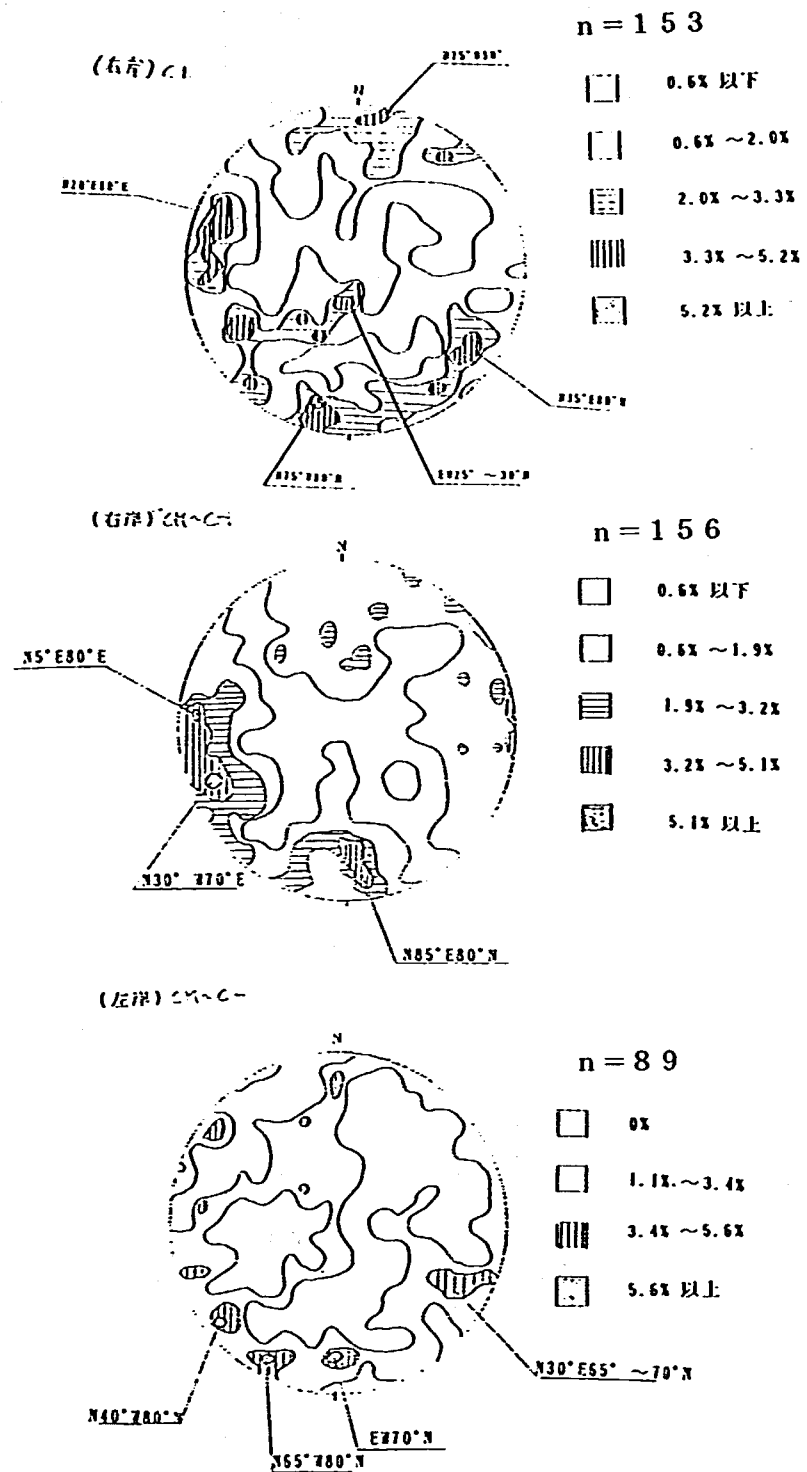


図-3.1.1.2 ダムサイト全体の割れ目の頻度分布
(岩級区分別)

全体としては割れ目に顕著な方向性は認められない。各試験面においても割れ目の走向傾斜はかなりばらついており、割れ目による岩盤の力学的異方性はさほどないものと思われる。

当ダムサイトの岩盤は上述したように割れ目が発達している。よって岩盤を区分する際には割れ目を定量的に評価することが重要と考えられる。割れ目が岩盤強度や変形性に与える影響としては、割れ目の規模、密度、連続性、割れ目壁面の粗滑、挟在物とその性状、挟在物の厚さ、割れ目の開口度等が考えられるが、ここでは最も基本的な割れ目の密度と規模の測定を試みた。方法は、各試験面に分布する割れ目をトレースし、そのトレース長を計測した。計測は $\frac{1}{10}$ スケッチから割れ目の両端部の直線距離を測定するものとし、紛らわしいものは試験面の写真により確認した。なお、割れ目の計測法は次の規則に従った。

- ① 割れ目が緩く湾曲している場合は1本とする。
- ② 割れ目が急に折れ曲がっている場合あるいは 90° 以上曲がっている場合は2本とする。
- ③ 交差している(X型)の場合は2本とする。
- ④ 分岐している(T型あるいはY型)の場合も同様に2本とする。
- ⑤ 大局的には1本に見える割れ目でも、幅1cm以上の不連続部があれば2本(あるいはそれ以上)とする。逆に幅1cm未満であれば1本とする。
- ⑥ 破碎帯状の場合はまず全体を1本とし、これに付随する小割れ目(長さ1cm以上のもの)を各1本とする。

この計測結果から、割れ目の長さ L と長さ L 以上の割れ目の累積長さの関係を両対数グラフに表わしたのが巻末資料2である(試験面が $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ である関係上 $\sqrt{2}\text{ m}$ 以上の割れ目はなく、また、トレースの限界のため約1cm以下の割れ目もほとんどない)。同資料によると抽出する割れ目の累積長さは試験面毎に著しく異なり、また割れ目の分布パターンは岩種によって多少異なるようである。そこで岩種毎の相違を見たのが図-3.1.1.3である。同図は砂岩17試験面、粘板岩5試験面、砂岩粘板岩互層も同様に5試験面の合計を示している。割れ目の分布を見ると、10~30cm程度の割れ目は岩種に係わらずほぼ直線的な分布(いわゆるフラクタル分布⁹⁾)を示している。また、その傾きは岩盤によって異なり、砂岩は緩傾斜、粘板岩は急傾斜である。一方砂岩粘板岩互層は砂岩と粘板岩の中間的な傾きではなく、むしろ砂岩よりも緩い分布を持つ。岩盤の肉眼観察結果に立ち返って考えると、互層においては粘板岩の薄層部分に沿った比較的長い割れ目が多く認められており、他の割れ目は比較的連続性に乏しく、また砂岩単層の厚さに規制されているようでもある。互層部においては応力を受ける際、おそらく既存の弱層である粘板岩の薄層に沿って割れ目が選択的に進展することにより変形が進むため、砂岩よりもさらに緩傾斜の割れ目分布が形成されると推定される。

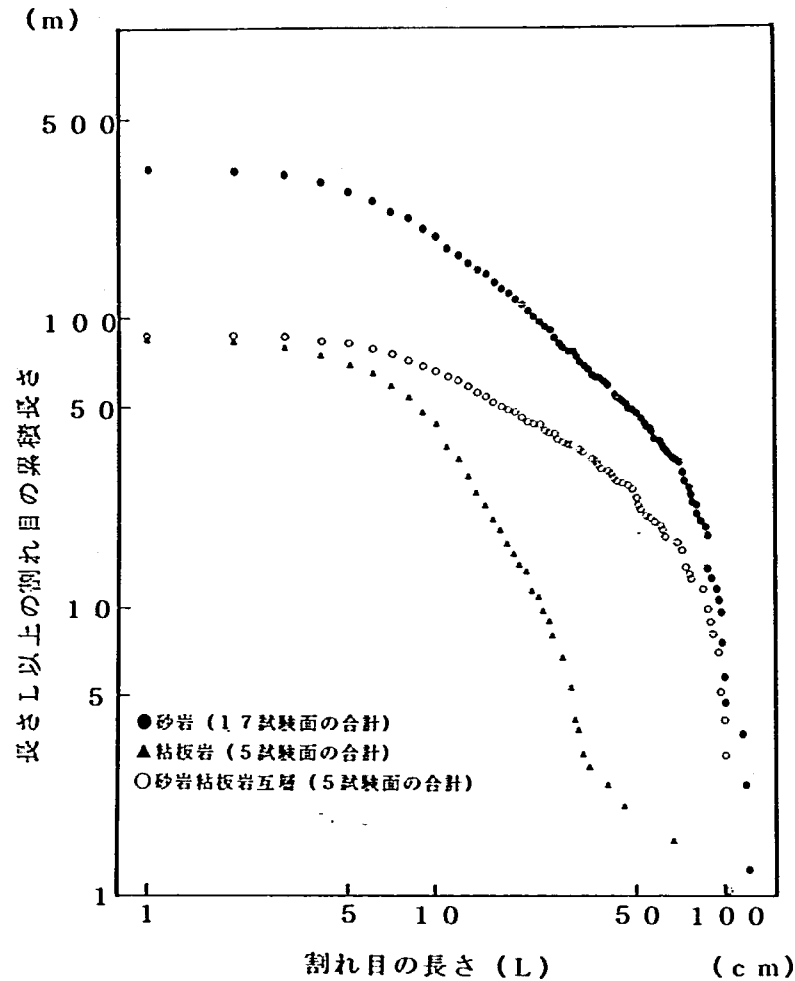


図-3.1.1.3 割れ目の長さ (L) と長さL以上の割れ目の累積長さの関係

次に前図から平面上での平均割れ目間隔 (CI)^{*1} を算出したのが図-3.1.1.4である。

*1 注

平均割れ目間隔CI (crack interval) の算出は次の方法による。平面上に割れ目間隔Amで節理が分布していると仮定し、平面上に設定した一本の測線と割れ目のなす角が θ であるとき、見かけの割れ目密度 $r(\theta)$ は次式で表わされる。

$$r(\theta) = |\sin \theta| / A$$

割れ目の方向がランダムである場合に測線にかかる割れ目の見かけ密度は、 $0 \leq \theta < 2\pi$ で次式を積分して、

$$\begin{aligned} r &= 1/2\pi / A \cdot \int_0^{2\pi} |\sin \theta| d\theta \\ &= 2/\pi / A \end{aligned}$$

となる。平均的な割れ目間隔は $2/\pi / A$ の逆数であり、また、ここでのAはすなわち1㎡の領域にある割れ目の累積長さ (Bとする) の逆数である。よって1㎡の領域に累積長さBmの割れ目の方向がランダムに分布しているとき、測線にかかる割れ目の平均間隔CIは、次式で表わされる。

$$CI = \pi / 2 / B$$

本岩盤で割れ目の方向がランダムであるとは必ずしも言えないが、割れ目の卓越方向は一方ではなくばらつきが大きいことがわかっているため、近似的にCIが測線にかかる割れ目の平均間隔とみなすことが出来る。

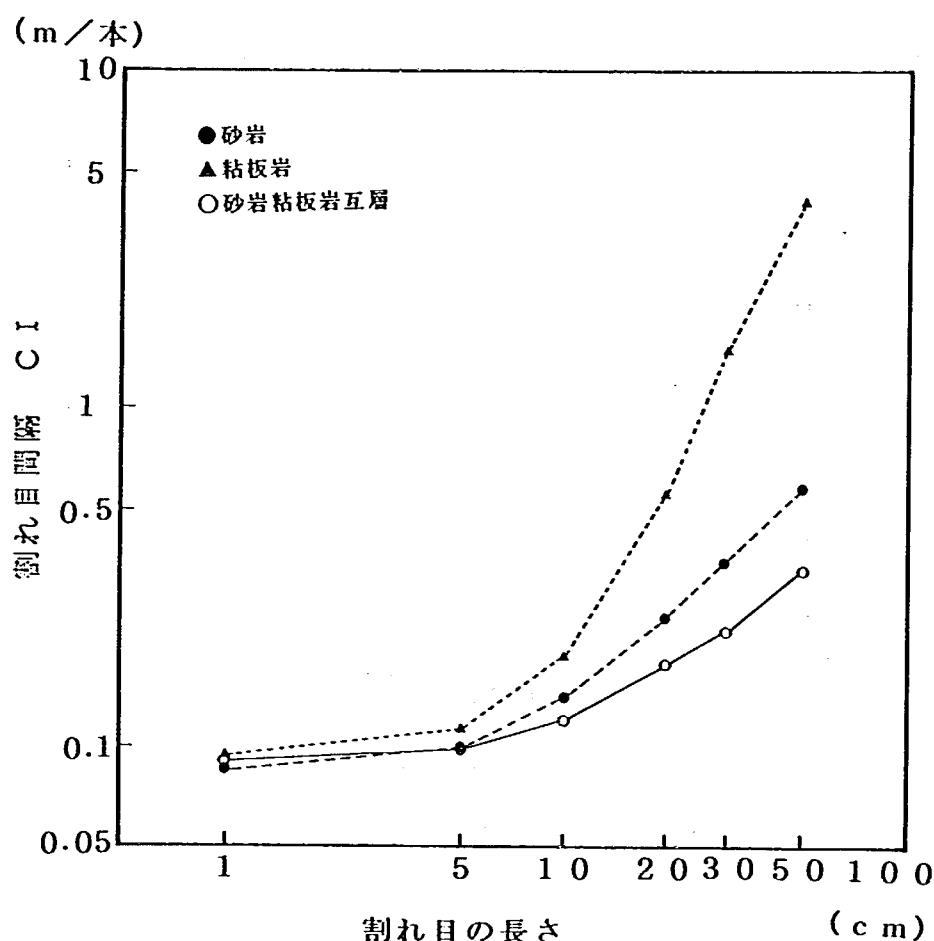


図- 3.1.1.4 計測する最低割れ目長さと割れ目間隔の関係

同図によると、計測する最短の割れ目の尺度を変える（粗視化の度合いを変える）とC Iは著しく異なり、例えば粘板岩の場合、長さ50cm以上の割れ目を計測した場合（5.696 m/本）と5 cm以上の割れ目を計測した場合（0.16m/本）では35～36倍もの相違がある。また、岩種間でも大きな相違がある。ただし、より微小な割れ目まで計測していくと、C Iにおける岩種間の差は小さくなっていく傾向が認められる。土研式岩盤分類においては割れ目の間隔が区分の一指標となっているが、以上のことは割れ目の規模（長さあるいは幅）に充分留意して計測しなければならないこと、また、割れ目間隔に関する指標を異なる複数の岩種に適用する際には割れ目性状の相違に留意しておかねばならないことを示している。

観察の精粗による影響が比較的少なく肉眼観察で容易に認められる程度の割れ目であること、ボーリングコア（コア直径50mm）において分離面として確認される割れ目と比較出来ること、岩種間による差が比較的小さいこと等から、長さ5 cm以上の割れ目を対象に割れ目間隔を算出し、従来の岩盤分類基準による区分と比較したのが図- 3.1.1.5である。これらには正の相関が認められ、割れ目間隔の短い岩盤ほど低いランクに分類されていることがわかる。しかし粘板岩については、他の岩種に比較してやや低めのランクに分類されている。これは粘板岩中の片理面が、連続性に乏しい（長さ5 cm未満の）分離面として多数観察されていることによるとと思われる。

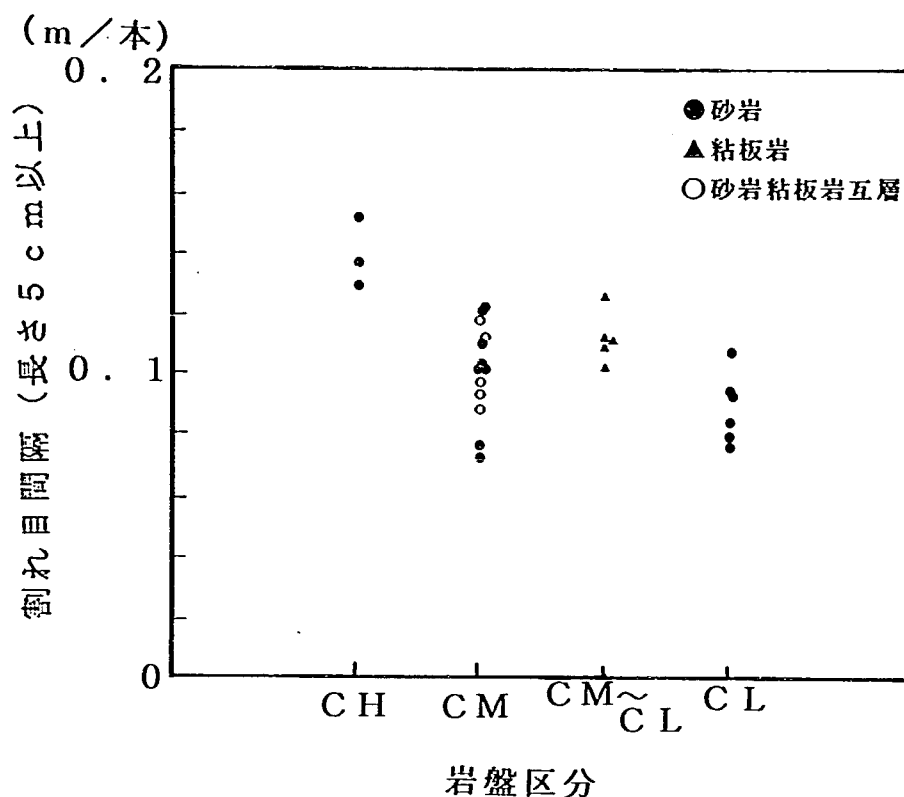


図- 3.1.1.5 既存の岩盤区分と割れ目間隔の関係

3.1.2 岩石物理試験

岩種および試験面毎に乾燥密度、湿潤密度、真比重、有効間隙率、吸水率を比較した。調査した全岩種の平均は、乾燥密度 2.641、湿潤密度 2.563、真比重 2.743、有効間隙率 3.696、吸水率 1.454 である。岩種毎に比較すると、粘板岩が乾燥密度 (2.678)、真比重 (2.771) とともに他の岩種より高い (砂岩は乾燥密度 2.627、真比重 2.740、互層は乾燥密度 2.654、真比重 2.724)。一方間隙率は砂岩 (4.117) が高い。乾燥密度と間隙率の関係 (図- 3.1.2.1) によると、2本の直線関係が存在するように見える。これは真比重の相違によるものである (図- 3.1.2.2)。同図によると砂岩でも真比重が 2.75 以下のグループと 2.76 以上のグループに分けられることがわかる。

次に、乾燥密度および真比重と割れ目間隔の関係を図- 3.1.2.3、3.1.2.4 に示す。同図によるとばらつきは大きいが正の相関が認められる。しかし、密度・真比重の低い岩石が強度的にも弱く割れ目が入りやすいのか、割れ目が入ったために密度・真比重が低くなったのか、この図だけから推定することは出来ない。

3.1.3 偏光顕微鏡観察

偏光顕微鏡による写真を巻末資料 3 に示す。観察によると、砂岩には石英、斜長石が主成分として普遍的に含まれており、まれに黒雲母や角閃石を含む。基質中には方解石、緑泥石、微小珪酸塩鉱物 (主に石英) および不透明鉱物が充填されている。試料の一部 (A-1, A-2, A-3, F-5, J-1 など) には他形で斑晶状の緑れん石も見られる。一方粘板岩には石英、斜長石、イライト、緑泥石およ

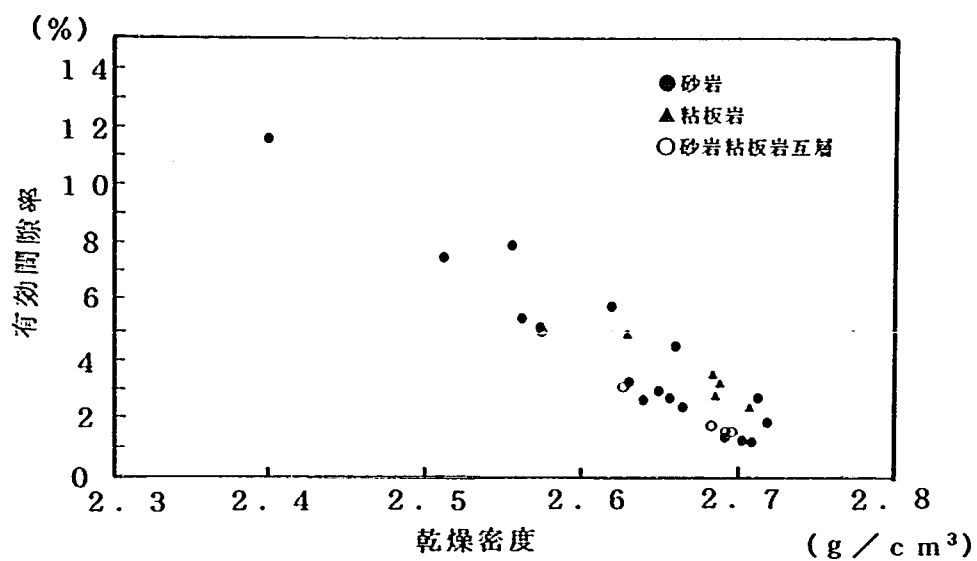


図- 3.1.2.1 乾燥密度と有効間隙率の関係

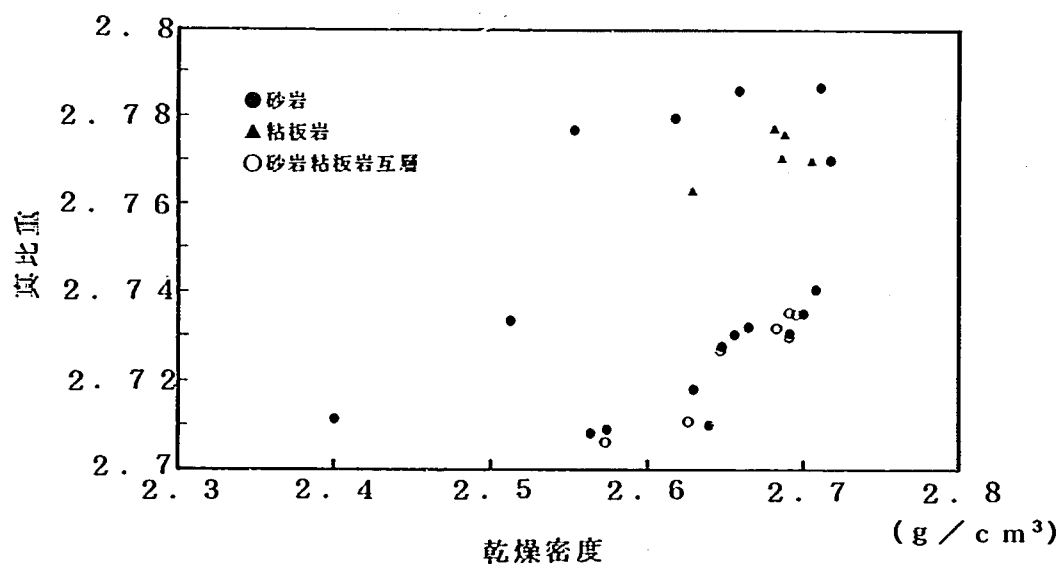


図- 3.1.2.2 乾燥密度と真比重の関係

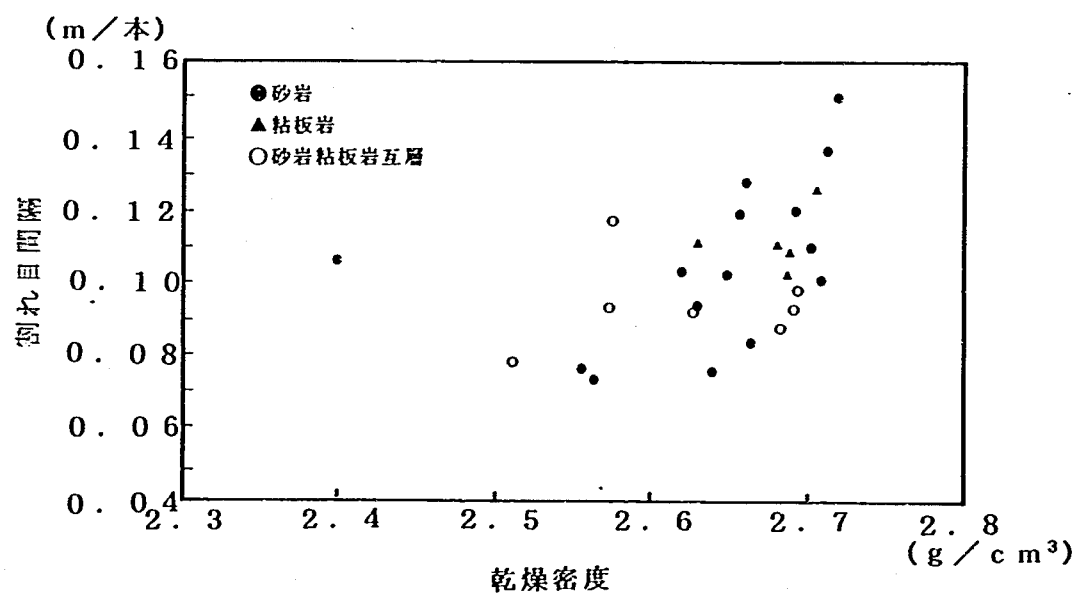


図- 3.1.2.3 乾燥密度と割れ目間隔の関係

3.1.4 粉末X線回折

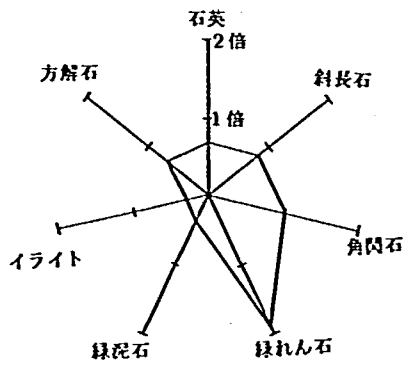
粉末X線回折により鉱物の同定を行なった結果を巻末資料4および表-3.1.4.1に示す。同表によると、岩種を問わず石英、斜長石が主成分として普遍的に含まれている。また、前二者ほどピークは高くないが、緑泥石も普遍的に含まれている。イライトは粘板岩に多く含まれており、一方緑れん石や方解石は一部の岩石に多量に含まれるが岩種とは一致せず、続成作用あるいは変質による二次的な鉱物である可能性が高い。なお、一部の岩石には低いながら角閃石のピークが認められる。

表-3.1.4.1 粉末X線回折試験による各試験面の含有鉱物

試験面番号	岩種	鉱物						
		石英	斜長石	角閃石	緑れん石	緑泥石	イライト	方解石
A-1	砂岩	◎	◎	—	・	・	—	・
A-2	砂岩	◎	◎	・	・	・	—	◎
A-3	砂岩	◎	◎	・	・	・	—	?
B-1	粘板岩	◎	◎	—	—	○	○	・
B-2	粘板岩	◎	◎	—	?	○	○	?
B-3	粘板岩	◎	◎	—	—	○	○	・
B-5	粘板岩	◎	◎	—	?	○	○	・
B-6	粘板岩	◎	◎	—	?	○	・	—
B-8	砂岩	◎	◎	—	・	・	?	—
B-9	砂岩	◎	◎	—	・	・	・	—
B-11	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	・
C-1	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	・
C-2	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	◎
C-3	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	—
C-4	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	◎
C-5	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	○
C-6	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	◎
F-1	互層	◎	◎	—	—	○	・	◎
F-2	互層	◎	◎	—	?	○	・	・
F-3	互層	◎	◎	—	—	○	・	○
F-4	互層	◎	◎	—	—	・	・	◎
F-5	互層	◎	◎	—	—	○	・	○
H-1	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	—
H-2	砂岩	◎	◎	—	—	・	・	○
H-3	砂岩	◎	◎	—	—	○	・	?
J-1	砂岩	◎	◎	—	・	・	?	?
J-2	砂岩	◎	◎	—	?	・	・	◎

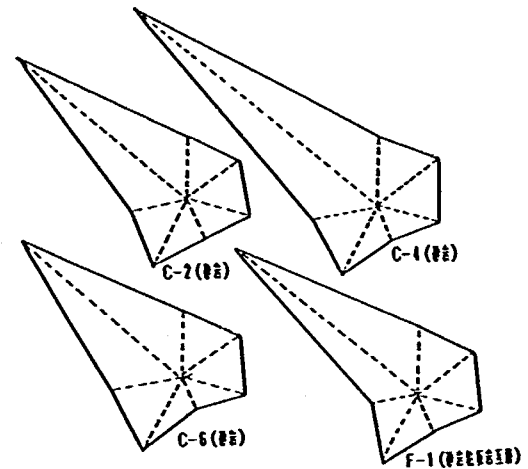
◎多量（主成分） ○中量 ・小量 ?可能性あり —なし

以上の結果から、レーダーチャートを用い、岩種岩質を鉱物の含有パターンによって分類したのが図-3.1.4.1である。同図は、各鉱物の特定のピークの高さを計測し、ピーク毎に全岩種の平均高さを算出し、平均高さを1として鉱物組成の相対的な比較を行なったものである。よって、図中のチャートの形が正7角形に近いほど今回調査した岩石の中での平均的な鉱物組成を持っていると言える（各鉱物が同量に含まれているという訳ではない）。同図によると、チャートの形は次のように幾つかに分類出来

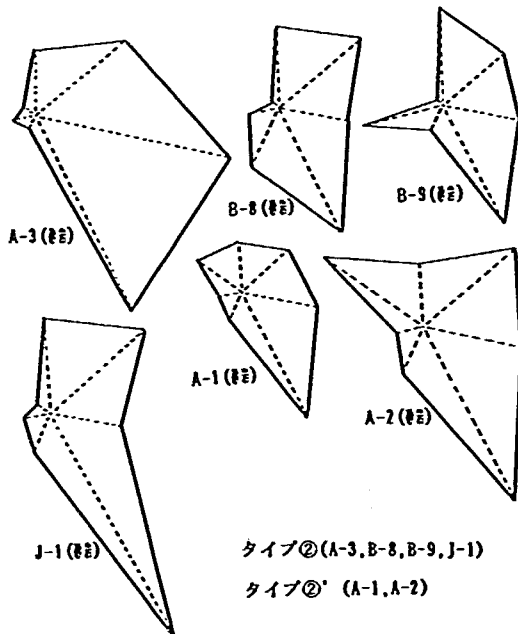


レーダーチャートの凡例

各鉱物の代表的なピーク
(主に最も高いピーク)の
高さを計測し、全試料の平
均ピーク高さを1として、
各試料の鉱物組成を平均値
からの比で比較している。

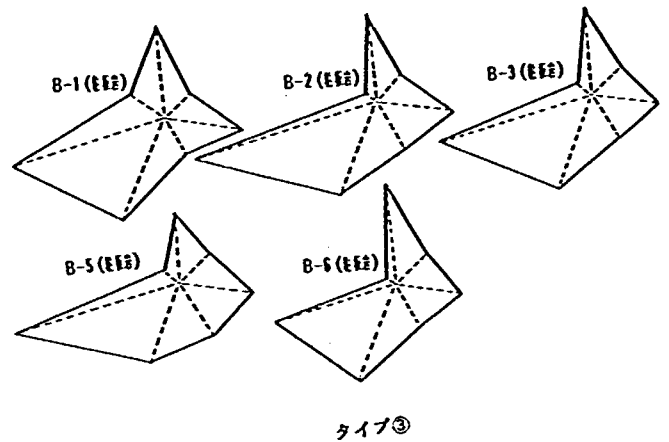


タイプ①

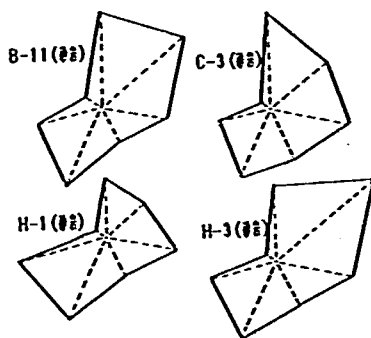


タイプ② (A-3, B-8, B-9, J-1)

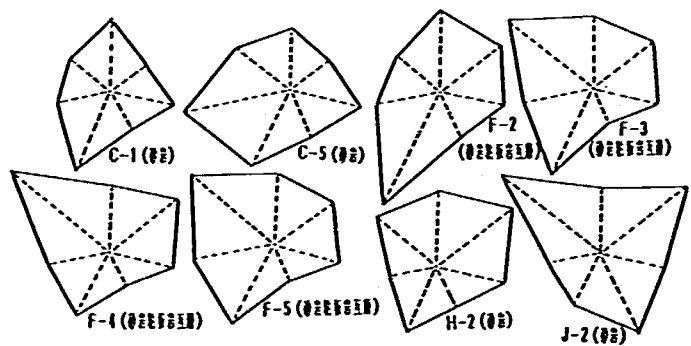
タイプ②' (A-1, A-2)



タイプ③



タイプ④



タイプ⑤

図- 3.1.4.1 鉱物の量比による岩質区分

る。

- ① 方解石が相対的に多く（通常の2倍以上）、他の鉱物は平均的なもの。
- ② 緑れん石が相対的に多く（通常の1.5倍以上）、方解石がきわめて少ないもの。
- ②' 緑れん石が相対的に多く（通常の1.5倍以上）、他の鉱物は平均的なもの。
- ③ イライトと緑泥石（特にイライト）が多く（通常の1.5倍以上）、方解石、斜長石、緑れん石ともにやや少ないもの。
- ④ 方解石が少ないもの。
- ⑤ 平均的なもの。

このうち、③に属する試料は全て粘板岩でありかつ粘板岩にすべて③に属していることから、イライトは粘板岩に初生的に含まれている鉱物あるいは原岩に規制された変質鉱物であることがわかる。一方、方解石や緑れん石の相違は原岩に規制されていない。しかし、緑れん石が多い試料は方解石が平均程度以下で、逆に方解石が多い試料は緑れん石の含有率が低いという相補的な傾向を持っている。岩石物理試験結果と比較すると、真比重の高かった試料は上の区分の②②'および③に属する。③は粘板岩であり、初生的に鉱物組成が異なっていることが明らかであるが、②②'は共に緑れん石のピークが高い試料であり、二次的な変質あるいは焼成作用によるものである。緑れん石の比重は3.38～3.49とされており¹⁰⁾石英、斜長石、方解石等の鉱物が2.6～2.7であるのに比較するとかなり高い。よって一部の砂岩において真比重が高いのは主に緑れん石の影響によるものと考えられる。

次に、現在用いられている岩盤区分による岩盤性状と鉱物組成の關係に着目すると（表－3.1.4.2）、方解石の多いタイプ①は現在用いられている岩盤区分のCMおよびCL岩盤からなっている。3.1.3において予想されたように、このタイプは風化は進んでいないが破砕が進行していることが多いようである。タイプ②はCHからCLまでばらついている。しかし詳しく見ると、方解石の量比が大きいものはCHで方解石の少ないものほどCLになる傾向が認められる。タイプ③は全てCL～CM（粘板岩）、タイプ④はCMとCLが半々であり、この両タイプは他のタイプと比較して方解石の量が少なく岩片の硬さが低い傾向にある。風化の影響により溶脱が進行しているのかも知れない。タイプ⑤は1試料（CL）を除いて全てCMである。これらは岩盤性状、鉱物組成ともに平均的である。

3.1.3では方解石の溶脱量と岩盤の劣化度との相関が推定されていたが、上述のように岩盤性状とX線回折による鉱物組成の關係においても、方解石の量比がポイントとなっている。そこで有効間隙率（方解石の溶脱量にはほぼ比例するとみなされる）とX線回折における方解石のピーク高さの關係を見たのが図－3.1.4.1である。方解石の量が初生的に異なっていると考えられること、ピークの高さは試験条件によっても変化すること等から結果は半定量的なものとして見る必要があるが、有効間隙率が1～3％程度の試料は方解石のピークも高く3％程度以上になると方解石のピークも急激に低くなる大まかな傾向が認められる。おそらく割れ目沿いの方解石の溶脱により有効間隙率の増加や密度の低下が生じていると考えられる。

以上のように、岩石の鉱物学的特徴と岩盤性状にも多少の関連が認められる。すなわち、本岩盤においては岩盤の破砕度と割れ目中の方解石の溶脱度の相互關係によって劣化度を推定することが重要であ

表- 3. 1. 4. 2. 岩盤性状と鉱物組成タイプの関係

鉱物組成タイプ	試験面No	岩種	鉄の量	鉄の量	鉄の量	総合区分
①	C-2	砂岩	A	II	b	CM
	C-4	砂岩	B	II	c	CL
	C-6	砂岩	A	II	b	CM
	F-1	互層	A	II	b	CM
②	A-3	砂岩	A	I	b	CH
	B-8	砂岩	B	III	b	CL
	B-9	砂岩	B	II	c	CL
	J-1	砂岩	A	II	b	CM
②'	A-1	砂岩	A	I	a	CH
	A-2	砂岩	A	I	a	CH
③	B-1	鉄結	B	II	b	CL~CM
	B-2	鉄結	B	II	b	CL~CM
	B-3	鉄結	B	II	b	CL~CM
	B-5	鉄結	B	II	c	CL~CM
	B-6	鉄結	B	II	c	CL~CM
④	B-11	砂岩	B	II	c	CL
	C-3	砂岩	B	II	c	CL
	H-1	砂岩	A	II	b	CM(鉄CL)
	H-3	砂岩	A	II	b	CM
⑤	C-1	砂岩	A	II	b	CM
	C-5	砂岩	A	II	b	CM
	F-2	互層	A	II	b	CM
	F-3	互層	A	II	b	CM
	F-4	互層	A	II	b	CM
	F-5	互層	A	II	b	CM
	H-2	砂岩	B	II	b	CL
	J-2	砂岩	A	II	b	CM

る。ただし、鉱物組成は岩石による初生的な相違が大きく破碎や風化によって変化する鉱物の量は初生的な相違に比較するとわずかな変化に過ぎないこと、X線回折も岩石薄片観察とともに岩盤中の微小領域のみを対象としており試験結果のばらつきが大きいこと等より、岩盤の劣化度の直接的な指標としてはさほど精度のよいものではないことを付言しておく必要があろう。

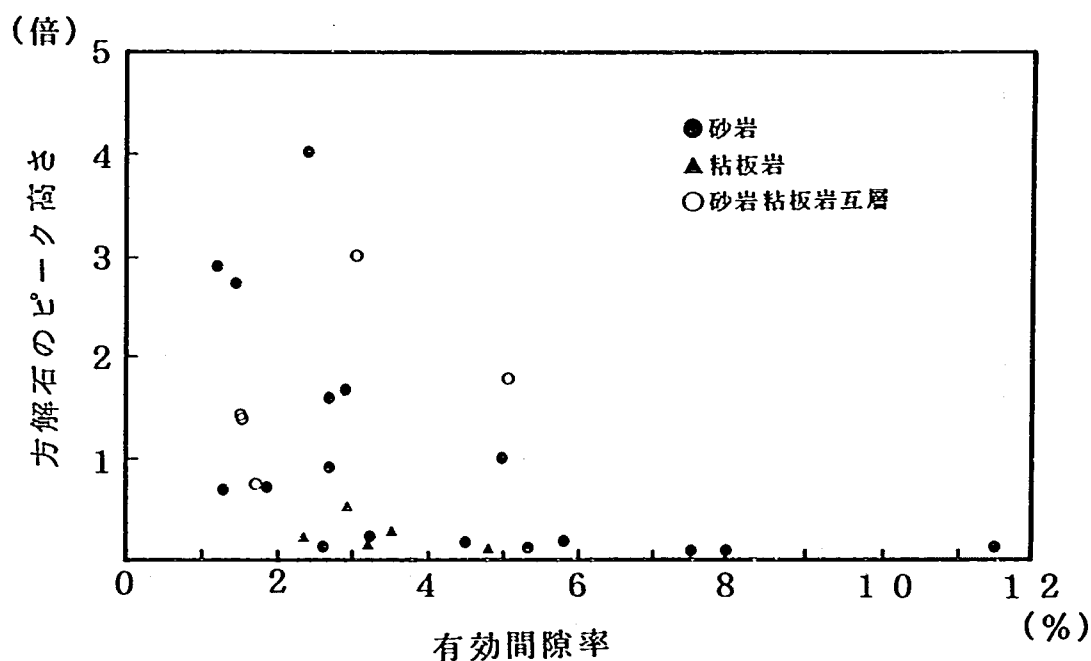


図- 3.1.4.1 有効間隙率と方解石のピーク高さの関係

3.2 簡易試験結果

3.2.1 岩種岩質と簡易試験の関係

岩盤性状と相関があると考えられる有効間隙率と簡易試験結果の関係を図- 3.2.1.1～3.2.1.3に示した。ばらつきはあるがどの簡易試験も有効隙率と負の相関が認められ、そのパターンは図- 3.1.4.1に類似している。なお、図には示していないが、吸水率もほぼ同様な関係があり、密度とは正の相関があった。また、割れ目間隔とシュミットロックハンマー反発度の関係を示したのが図- 3.2.1.4である。同図では正の相関が認められる。

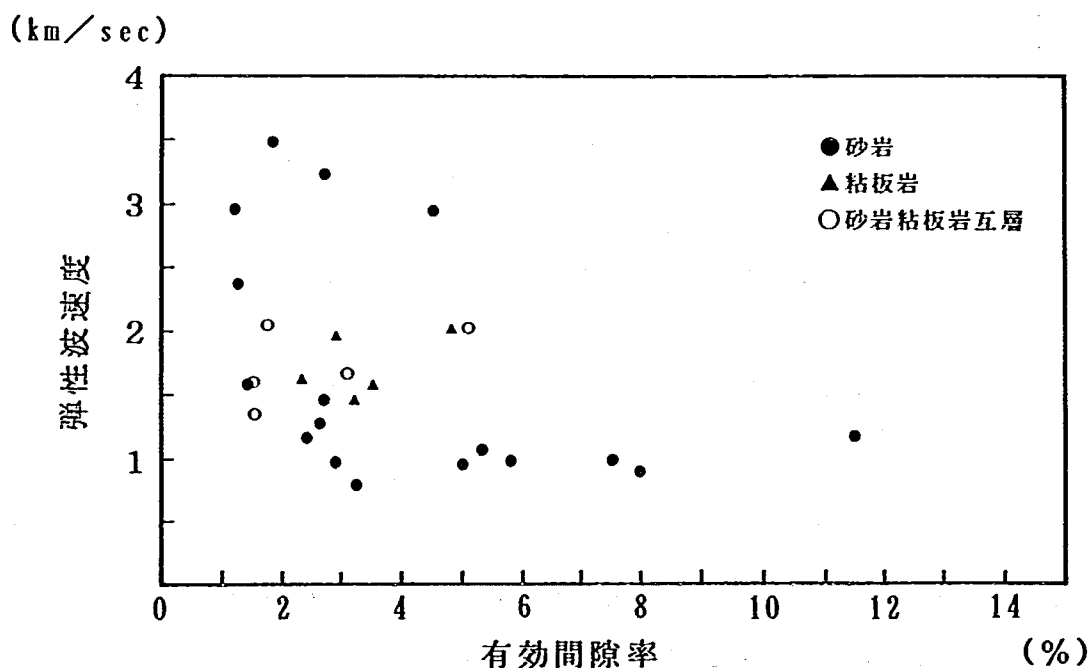


図- 3.2.1.1 有効間隙率と弾性波速度の関係

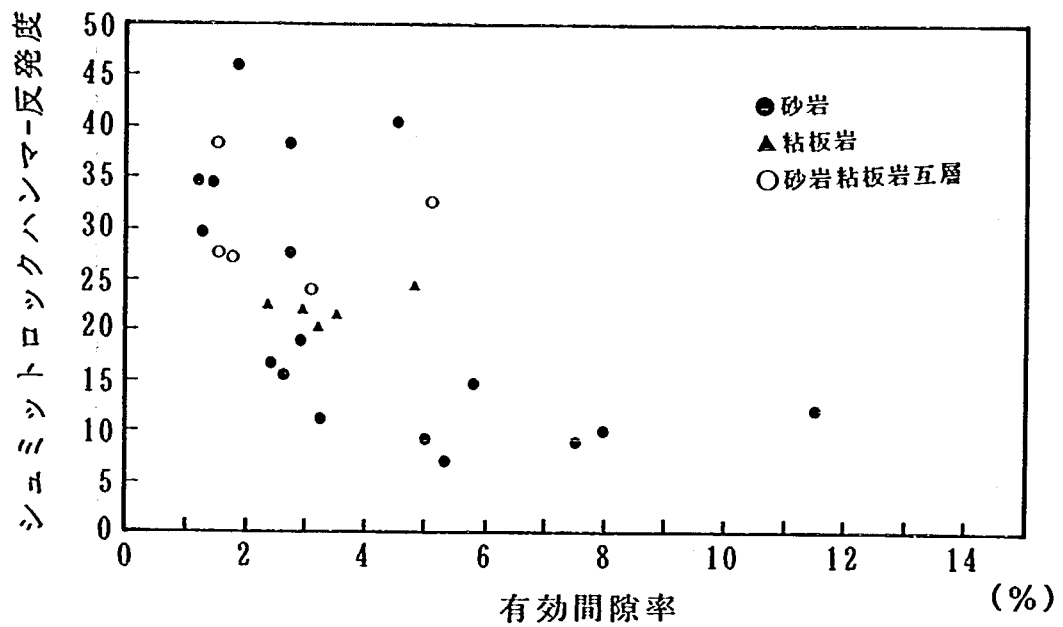


図- 3.2.1.2 有効間隙率とシュミットロックハンマー反発度の関係

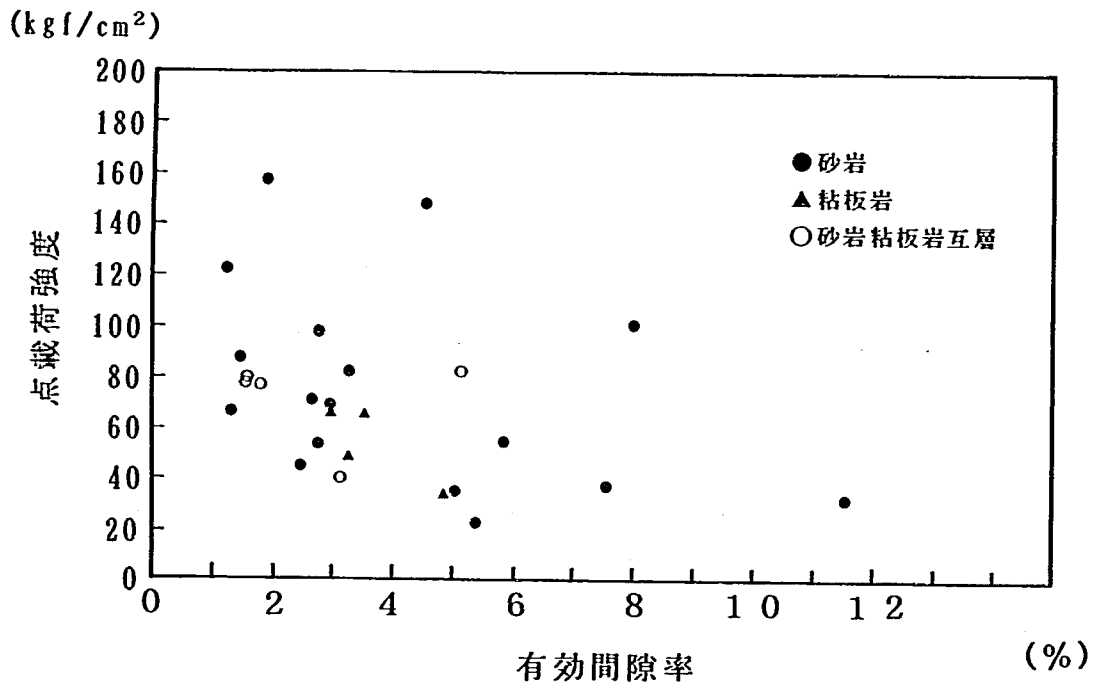


図- 3.2.1.3 有効間隙率と点載荷強度の関係

シュミットロックハンマー反発度に及ぼす割れ目間隔の影響を見るために岩片自体の硬さを点載荷強度で代表させて線形重回帰分析を行なうと下式のようなになる。

$$SH = 16.72 + 290.52 \times CI + 0.144 \times IS \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、SHはシュミットロックハンマー反発度、CIは割れ目間隔、ISは点載荷強度である。上式によると岩片強度の影響を除いてもSHとCIには正の相関がある。よってシュミットロックハンマー試験は割れ目の影響を受けていると見なすことが出来る。

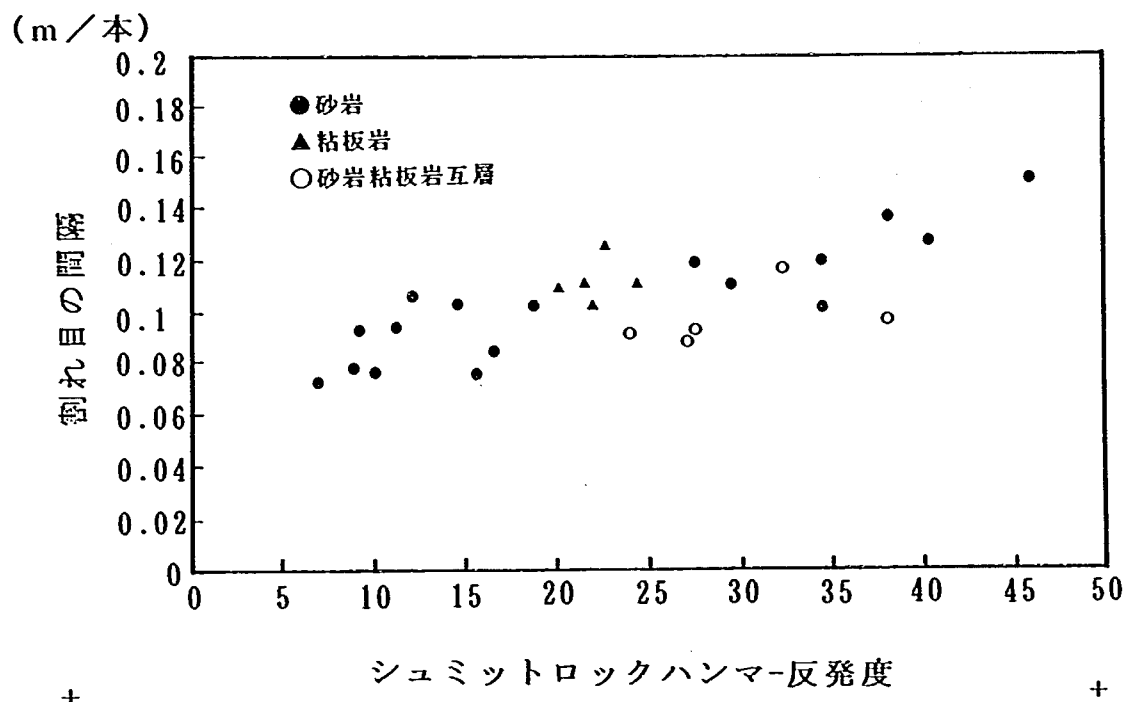


図-3.2.1.4 シュミットロックハンマー反発度と割れ目間隔の関係

同様に弾性波速度 (VP) についても,

$$VP = -0.962 + 18.97 \times CI + 0.00977 \times IS \quad \dots\dots\dots (2)$$

が求まる。上の二つの式において回帰係数はSH, CI, IS, VPの単位の影響を受けるため, 単位の影響を受けない標準回帰係数(全ての変数を平均0, 分散1とした上で求めた回帰係数)を求めると(1)式の場合, CIの標準回帰係数は0.517, ISは0.452, (2)式の場合, CIの標準回帰係数は0.486, ISは0.441となる。よって当岩盤においては, SHとVPに及ぼす割れ目の影響度は類似しており岩片の硬さ(点载荷強度)よりもむしろ割れ目間隔の影響が大きいことがわかる。

3.2.2 各簡易試験の関係

図-3.2.2.1, 3.2.2.2, 3.2.2.3は簡易試験値間の相関であるが, 各々正の相関が認められる。相関が高いのはシュミットロックハンマー試験に関するものであり, 点载荷試験と弾性波速度の相関は低い。シュミットロックハンマー試験に比べて他の試験の測定個数が少ないことによるものとも考えられるが, 1データ取得に要する手間と時間はシュミットロックハンマー試験がきわめて優れているので, 同一の時間内で試験を行なうならば, シュミットロックハンマー試験が他の試験値を代表した値を最も容易に算出出来るものと考えられる。

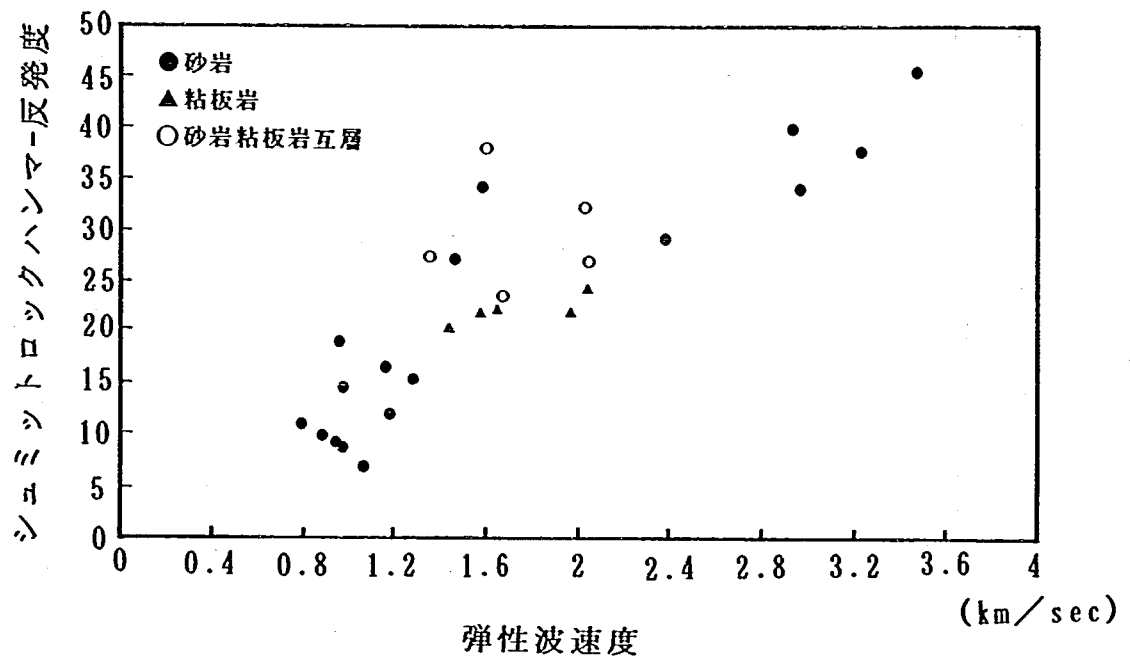


図-3.2.2.1 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度の関係

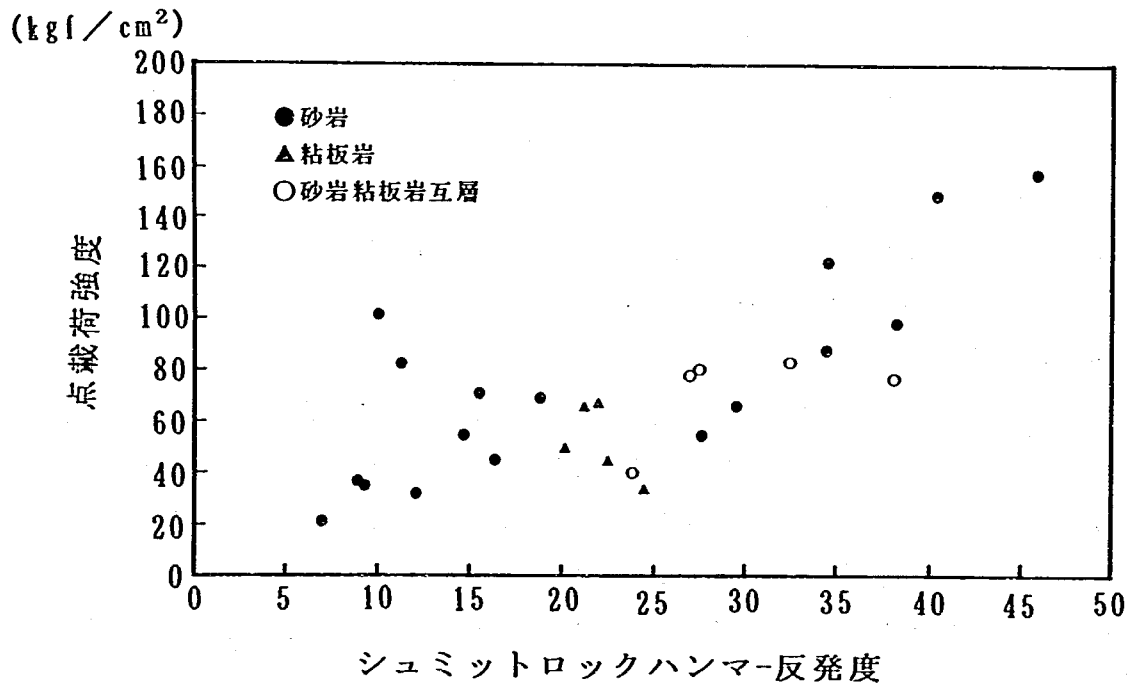


図-3.2.2.2 シュミットロックハンマー反発度と点載荷強度の関係

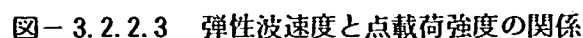
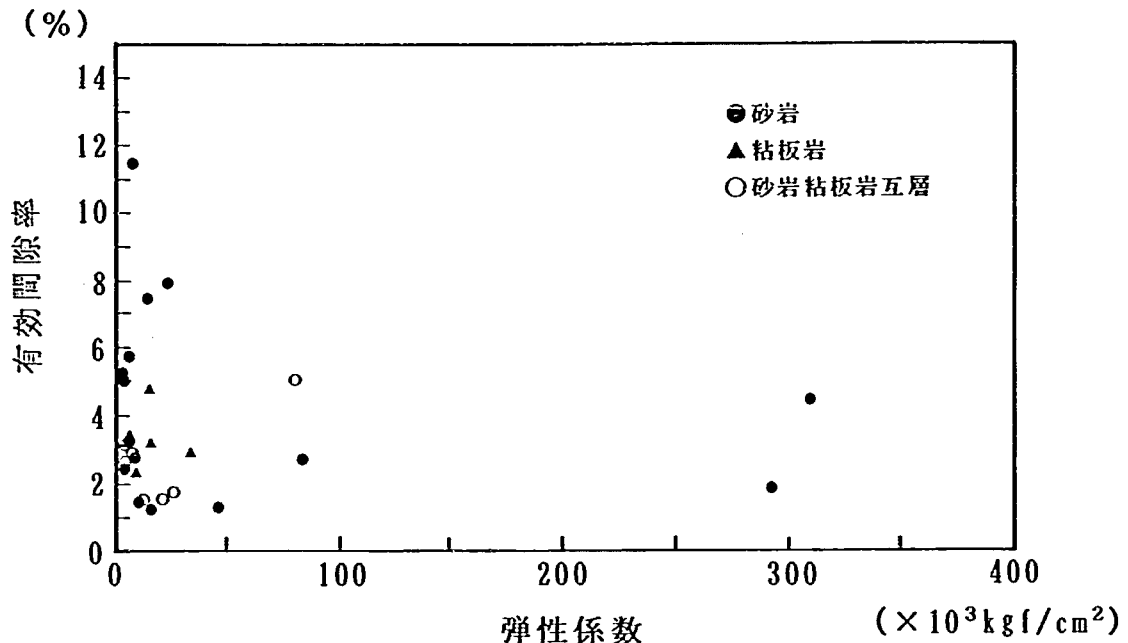


図-3.3.1.1. 弾性係数と割れ目間隔の関係

ー 3.3.1.2) も一部を除いて同様な関係を持っており、3.1.4 で述べたように割れ目に沿った溶脱により間隙率や密度の低下を生じていることを示している。岩盤の透水性等に関しては、ネットワークモデル¹¹⁾ を用い割れ目分布をランダムに保ちつつ割れ目密度を増加させると、透水性が急増する(割れ目の連結性が急増する) 閾値の存在がシミュレーションで確認されている¹²⁾ が、同図も同様に、割れ目がある間隔以下になると割れ目相互の連結性が急増し割れ目での変形が主体となって弾性係数が急減していると考えられる。



図ー 3.3.1.2 弾性係数と有効間隙率の関係

3.3.2 簡易試験と原位置岩盤試験値の関係

図ー 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.3.2.3 は簡易試験と岩盤力学試験による弾性係数の関係である。3.3.1 に見られるものと同様な傾向が認められる。すなわち、図ー 3.3.1.1 における閾値 (約 0.11m / 本) に当たる点が、弾性波速度では 2 km/sec, シュミットロックハンマー反発度では 25~30, 点载荷強度では 60~70 kgf/cm² に認められる。

次に、岩盤剪断試験結果 (図ー 3.3.2.4) において $\phi = 45^\circ$ と仮定して τ_0 を推定し、 τ_0 と各簡易試験との関係をみたのが図ー 3.3.2.5, 3.3.2.6, 3.3.2.7 である。ここでは弾性波速度との相関が良く (相関係数 0.916), シュミットロックハンマー試験がこれに次ぐ (相関係数 0.822)。点载荷試験は簡易試験の中で最も相関が低い (相関係数 0.768), シュミットロックハンマー試験と大差はない。ちなみに割れ目間隔と τ_0 も弱いながら相関が認められる (図ー 3.3.2.8)。図ー 3.3.2.4~3.3.2.8 中の三本の横線は各々下から第 1 四分位数, 中央値, 第 2 四分位数であり、この三本の線を境界として試験面の数はほぼ均等に四等分されている。図ー 3.3.2.9~3.3.2.12 は、岩盤剪断試験結果において、上述した境界値で簡易試験結果を四区分して表現したものである。図によると弾性波速度では低強度岩盤 (図中の $\Delta \sim \times$) の区分の明瞭性に欠ける。シュミットロックハンマー反発度では中強度岩盤 (図中の

○～△)の区分が明瞭でないが全体の傾向は良好である。点载荷強度も中強度岩盤の区分が明瞭でなく、シュミットロックハンマー反発度よりもばらついている。割れ目による区分はばらつきが大きい。当ダムサイトで用いている岩盤分類基準(表-3.3.2.1および表-3.3.2.2)による区分(図-3.3.2.13)によるとCMとCM～CLの区分に大きな差は認められないが、CHやCLはCMおよびCM～CLと比較的明瞭に区分されており、岩盤区分は岩盤剪断試験値と大筋で一致しているといえる。全体としてCHは簡易試験における◎に、CMおよびCM～CLは同じく○～△に、CLは×にほぼ対応している。

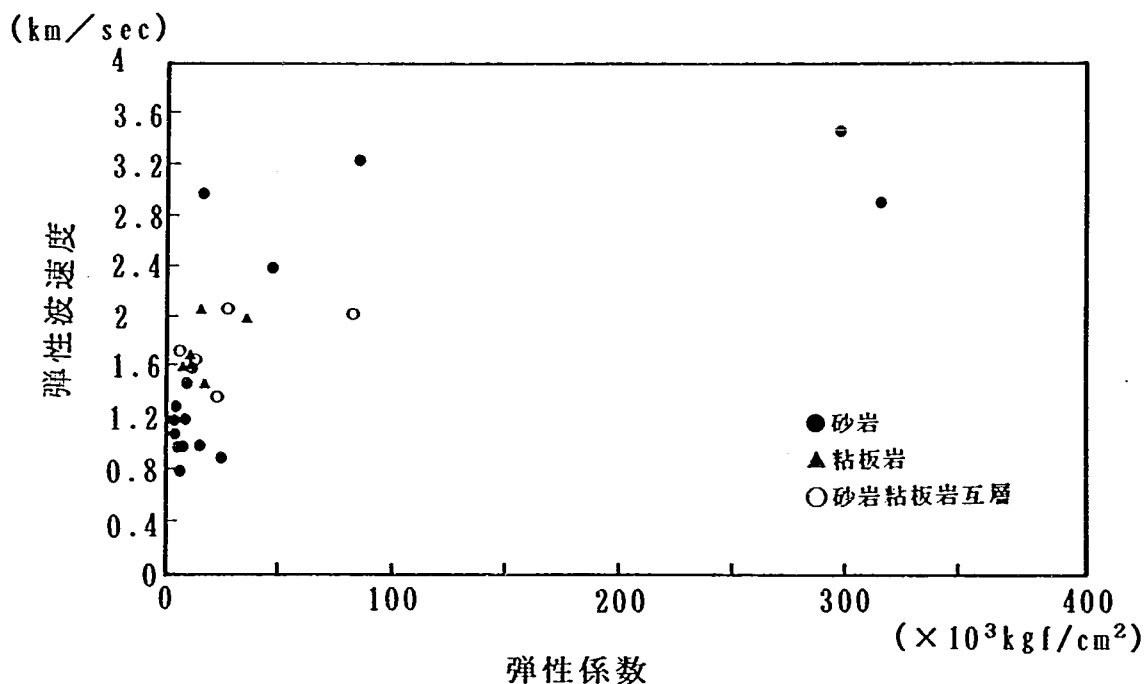


図-3.3.2.1 弾性係数と弾性波速度の関係

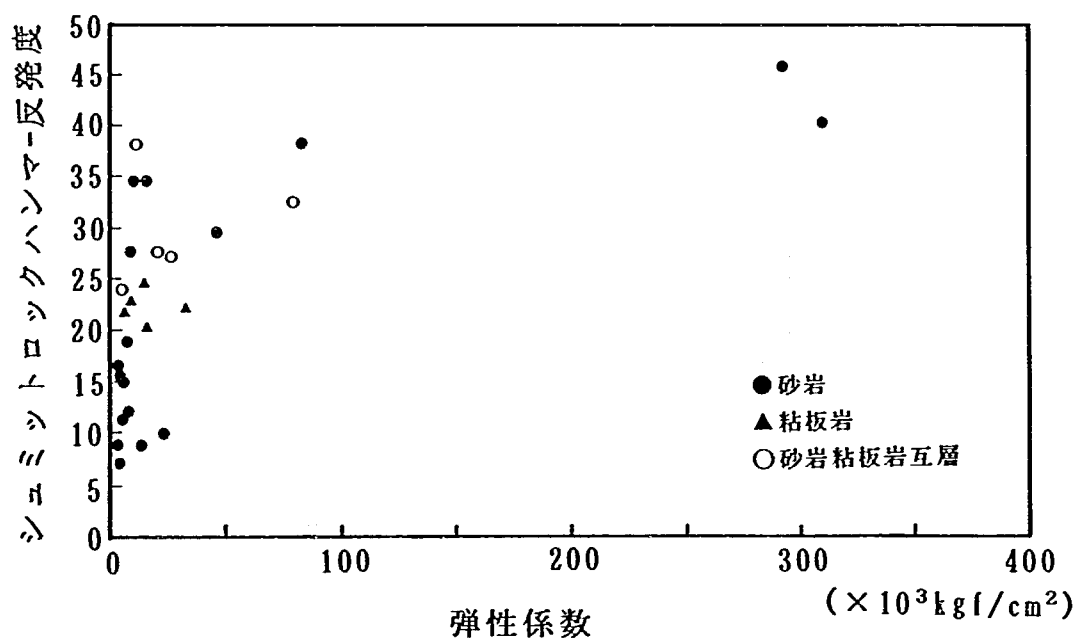


図-3.3.2.2 弾性係数とシュミットロックハンマー反発度の関係

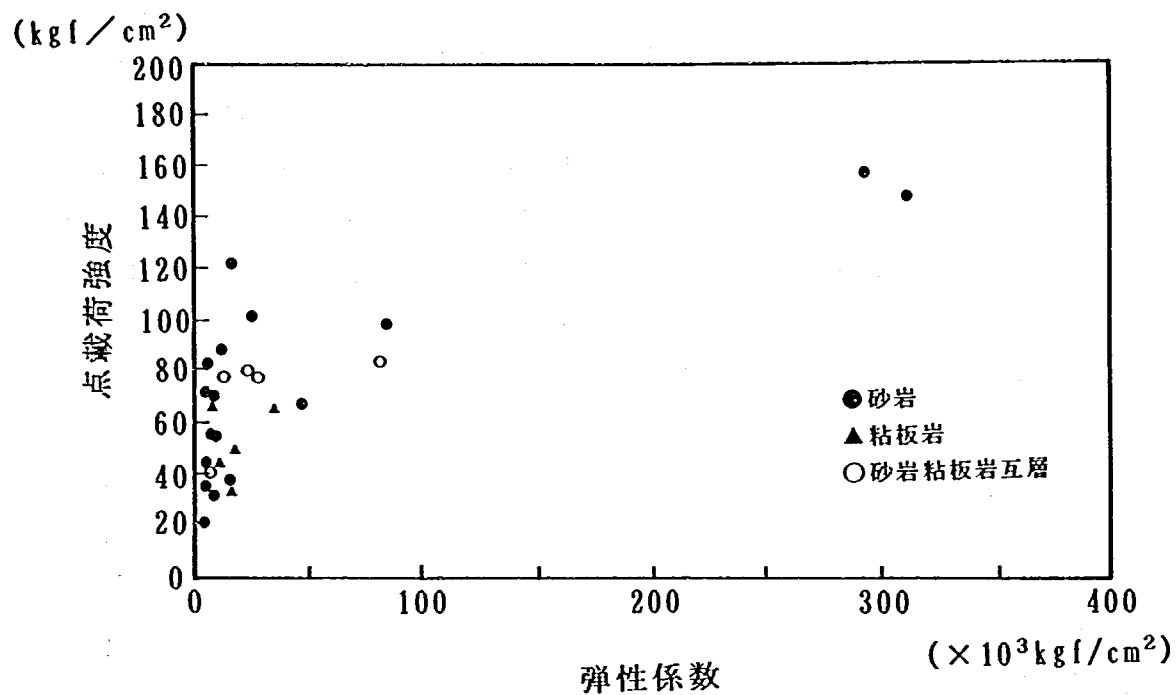
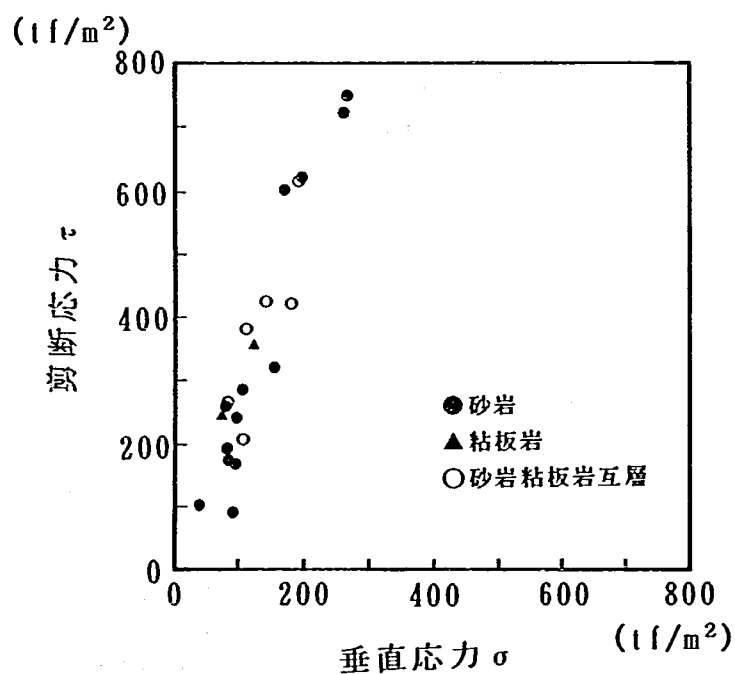


図- 3.3.2.3 弾性係数と点載荷強度の関係



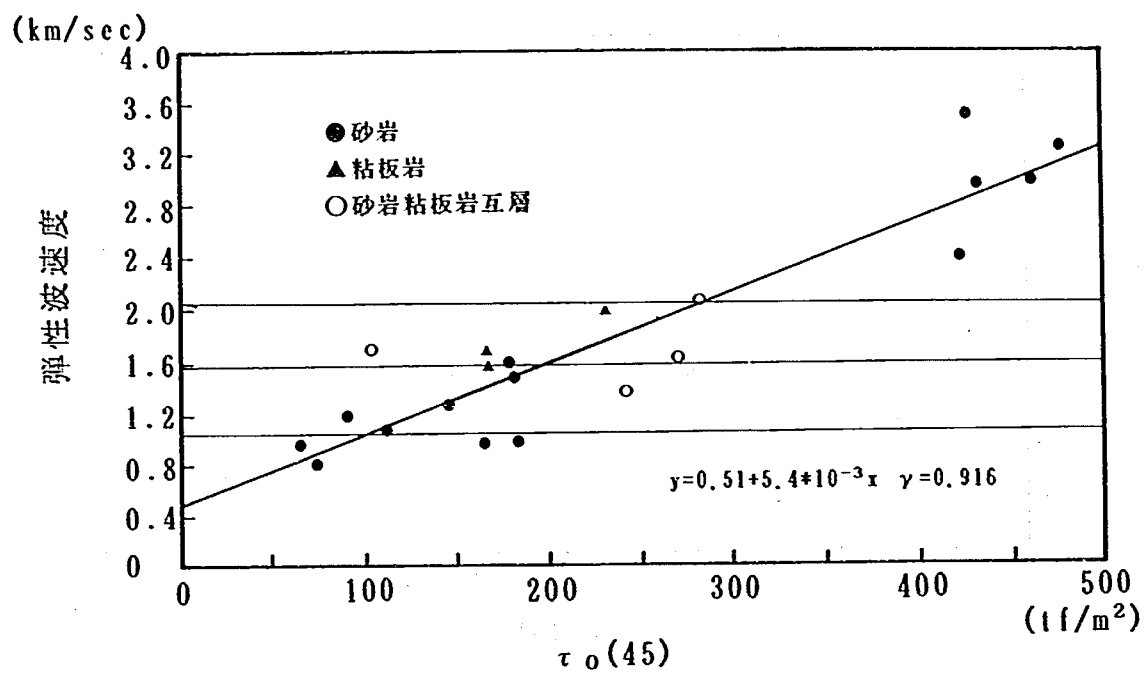


図-3.3.2.5 $\tau_0(45)$ ($\phi = 45^\circ$ としたときの τ_0)と弾性波速度の関係

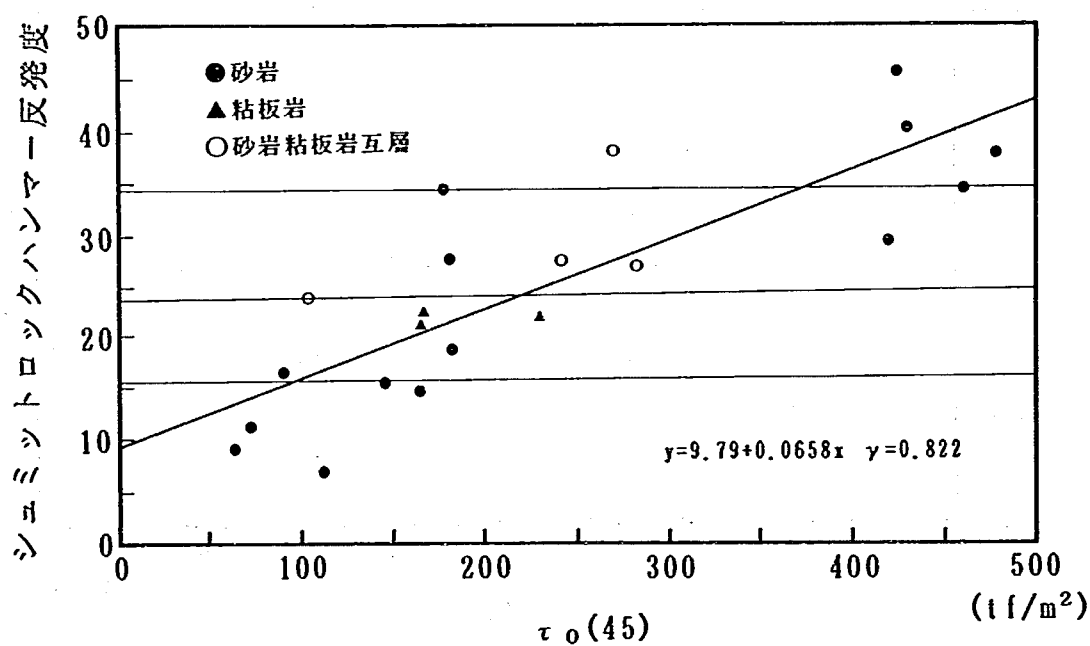


図-3.3.2.6 $\tau_0(45)$ とシュミットロックハンマー反発度の関係

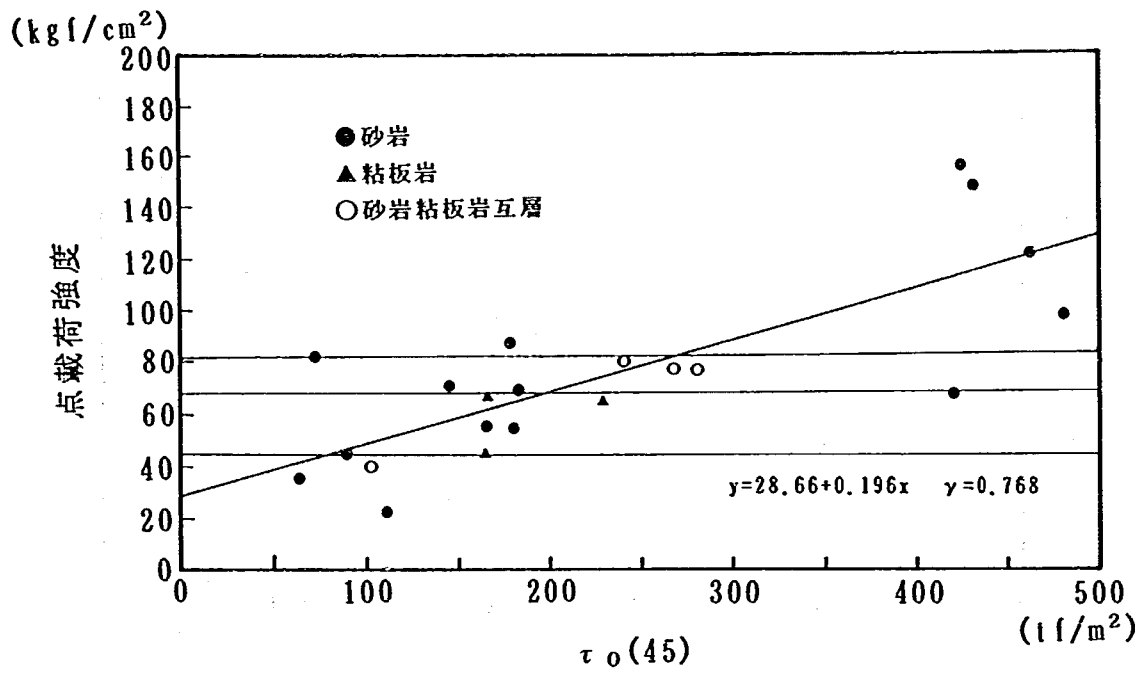


図- 3.3.2.7 $\tau_0(45)$ と点載荷強度の関係

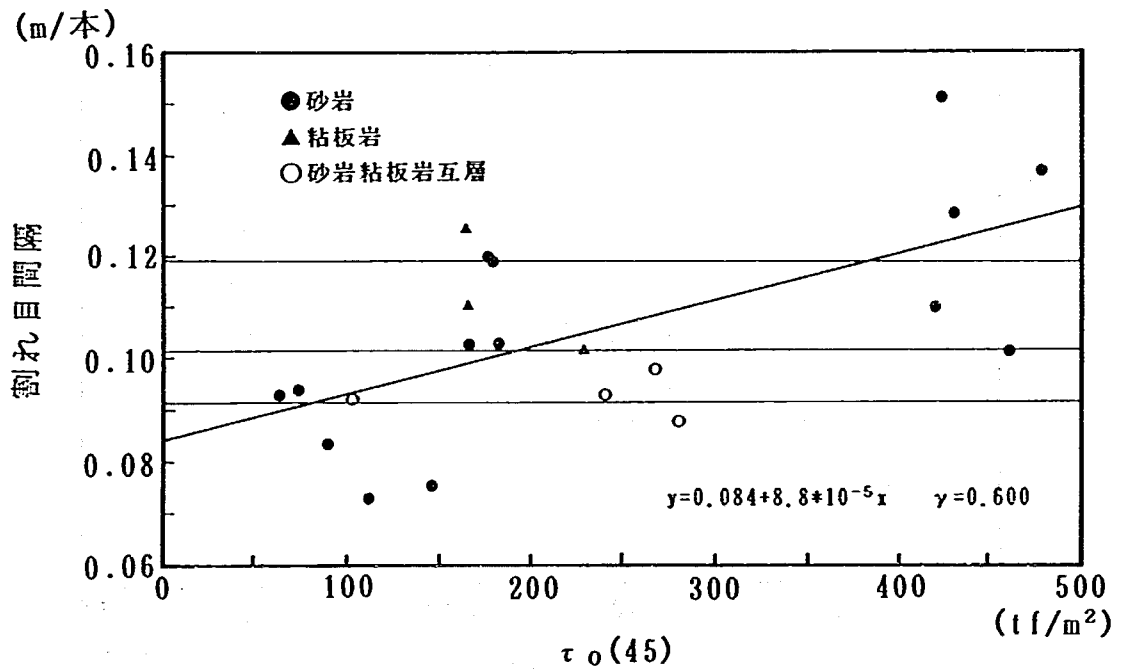


図 3.3.2.8 $\tau_0(45)$ と割れ目間隔の関係

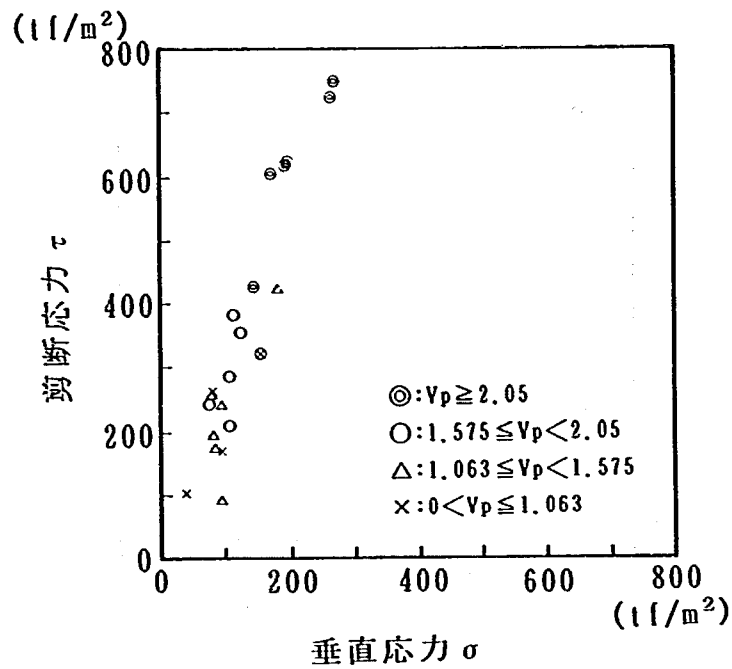
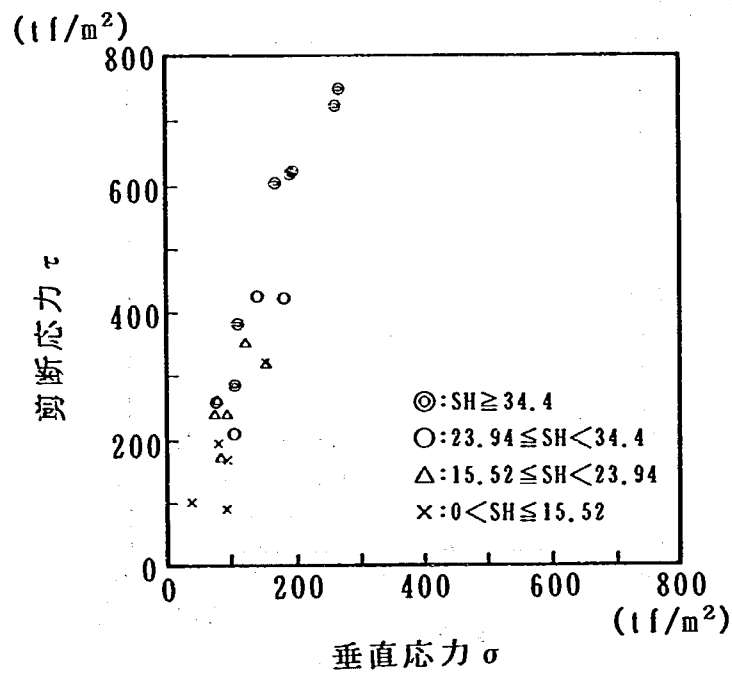


図 3.3.2.9 岩盤剪断強度の弾性波速度による区分



図一 3.3.2.10 岩盤剪断強度のシュミットロックハンマー反発度による区分

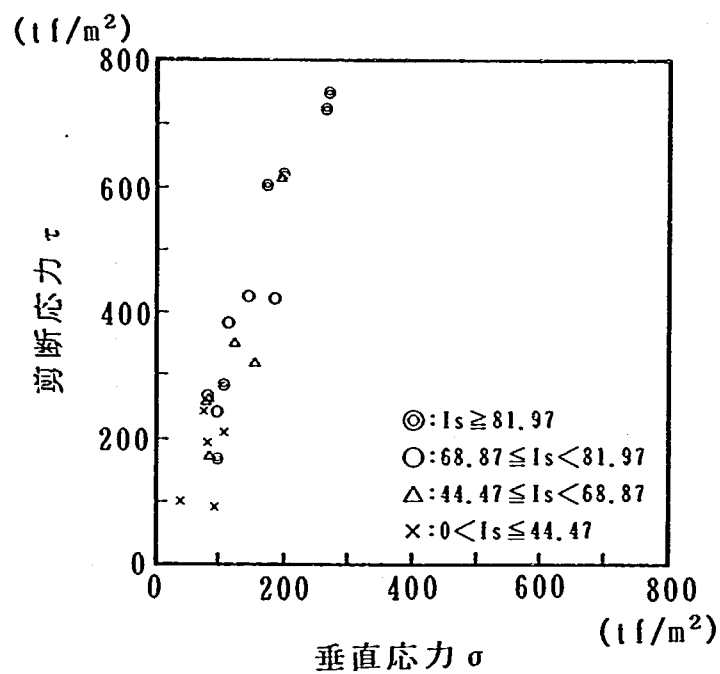


図- 3.3.2.11 岩盤剪断強度の点載荷強度による区分

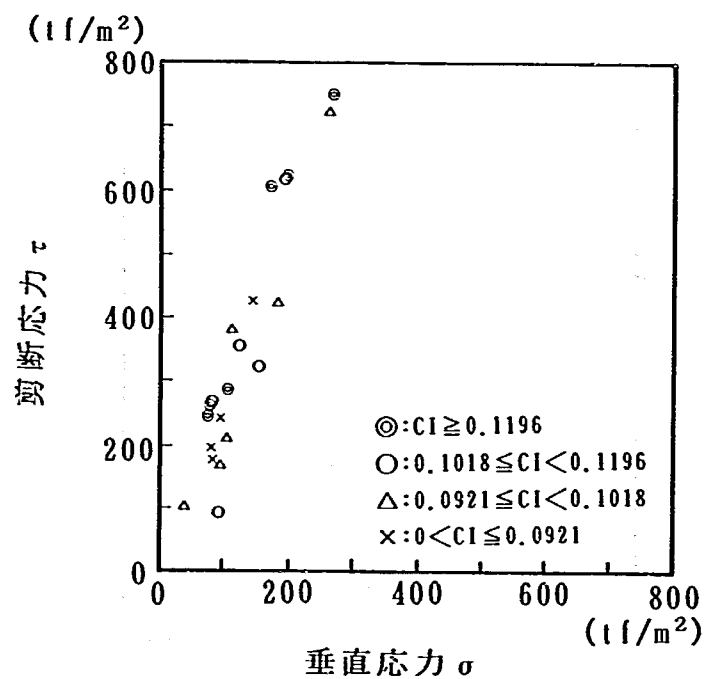


図- 3.3.2.12 岩盤剪断強度の割れ目間隔による区分

表-3.3.2.1 総合岩盤分類基準表

総合 区分	地 質	岩塊の風化 変質 状 況	露 頭 観 察		横 坑 観 察		せん断試験		弾 性 波 速 度 P 波 (km/sec)				細区分の組合せ*		RQD (%)	ルジオン値 L _u	
			節 理		節 理		粘着力 (N/cm^2)	内 部 摩擦角	1	2	3	4	横 坑	ボーリング			
			間 隔 (cm)	性 状	間 隔 (cm)	性 状											
B	砂 岩	新鮮堅硬岩 ハンマーで割れな い程度の硬さ	20 以上	完全密着	20 以上	完全密着	330	57°						A I a A I b	A 1	90 以上	1 以下
C _{II}	砂 岩 粘板岩	新鮮堅硬岩 割れ目沿いにわず かに風化変質 ハンマーの強打で 割れる程度の硬さ	20 以上	一部開口 節理沿いに 風化	20 以上	密 着 一部褐色	320 ~ 250	50~57						A II a		90 ~ 50	5 以下
C _{III}	砂 岩 粘板岩	割れ目沿いに風化 変質 一部粘土が付着	20 ~ 5	節理沿いに 風化 (開口気味)	20 ~ 5	開口気味 一部シーム 挟在 流入粘土あり	205 ~ 180	45~50						A II b	A 2 A 3	50 ~ 10	5 ~ 10
C _I	砂 岩 粘板岩	割れ目沿いに風化 変質が進む ハンマーで小岩片 となる	5 以下	開口気味 シーム挟在	5 以下	開口状 シーム挟在 流入粘土多い	95 ~ 50	35~45						B II b B II c B III b B III c	A 4 A 5 B 4 B 5 B 6	10 ~ 0	10 以上
D	砂 岩 粘板岩	岩塊は完全に風化 変質	5 以下	網目状 もしくは 消滅気味	5 以下	網目状 もしくは 消滅気味	-	-						C III c	C 6	0	20 以上
E		断層破砕帯	0	消 滅	0	消 滅	—								C 7	0	20以上

*1 細区分の組み合わせは代表的なもののみ掲げたので、示した以外の区分のものも存在する。

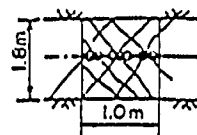
*2 RQD、ルジオン値などの数値は各岩盤区分において集中度のあるものを示したが、それ以外のものもある。岩盤区分との対応性は一応の参考程度とする。

表- 3.3.2.2 細区分要素一覧

横 坑 内 観 察			ボ ー リ ン グ コ ア 観 察		
区分要素	細区分	内 容	区分要素	細区分	内 容
岩塊の硬さ	A	新鮮、堅硬 ¹⁾	岩塊の硬さ	A	堅 硬
	B	一部堅硬、一部軟質 ²⁾ 全体にやや軟質		B	一部堅硬、一部軟質
	C	軟 質 ³⁾		C	軟 質
割れ目の間隔 ⁴⁾	I	20cm以上	コアの形状	1	棒 状 割れ目 1m当たり5本以下
	II	5~20cm		2	棒 状 割れ目 1m当たり5~10本
	III	5cm以下		3	棒状コア50%以下(割れ目1m当たり10~15本) 復元容易な岩片状コア
割れ目の状態	a	割れ目密着し、挟在物を含まない。		4	棒状コア50%以下(割れ目1m当たり15~20本) 復元が難解な岩片状コア
	b	割れ目は密着しているが、方解石、黄鉄鉱等の挟在物を含むもの。		5	棒状コア50%以下 割れ目1m当たり20本以上
	c	割れ目開口気味、流入粘土を挟む。		6	角礫状コア
	d	割れ目完全開口、土塊状風化岩流入粘土を挟む		7	粘土状コア

注 1) ハンマーで火花がでる程度
 2) ハンマーで強打して1回で割れる程度
 3) ハンマーでくずせる程度
 ボーリングコア観察についてもほぼこれに準ずる。

4) 割れ目の求め方は次のとおりとする。



坑壁中央線と交叉する割れ目の数。割れ目は基準区画の2辺とする連続性を有するものとする。
 ○印割れ目の数

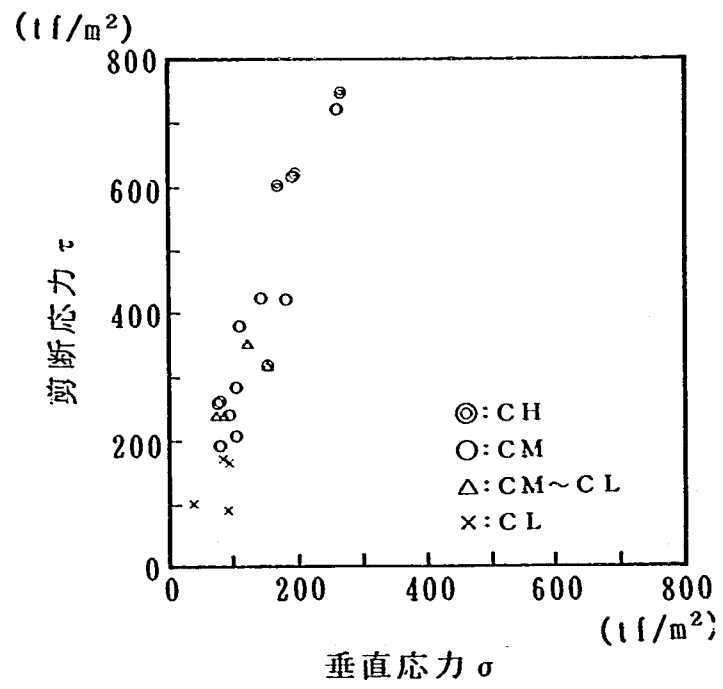


図- 3.3.2.13 岩盤剪断強度と既存の岩盤区分

4. 検 討

4.1 岩盤性状と岩盤強度の関係

初生的軟岩において岩盤強度と比較の高い相関を有していた岩石物理試験値（密度、間隙率等）は、当ダムサイトの岩盤に関する限りさほど高い相関は見られないが、多少の相関は持っている。しかし初生的な岩質の相違によるというよりむしろ割れ目沿いの方解石の溶脱によって空隙が増加するとともに密度が低下し相関が生じているものである。空隙や密度は方解石の溶脱以外に初生的な相違もあり、岩石物理試験から岩盤強度を直接推定する精度は持っていない。

当ダムサイトの岩盤強度は、岩石自体の物理性状あるいは岩片の強度よりもむしろ割れ目の影響を強く受けていると考えられ、例えば、長さ5 cm以上の割れ目の間隔約0.11 m / 本を閾値として弾性係数は急激に変化する。一方、点載荷試験等、岩片の硬さを示すと考えられている試験においても閾値（60～70 kgf/cm²）が存在している。実際は点載荷試験自体も供試体中の潜在的な割れ目に影響を受けており、今回の岩盤のように破砕が進んだ岩盤においては点載荷試験が岩片のみの硬さを示す試験とは必ずしも言えないようである。図-4.1.1のヒストグラムは、点載荷試験において割れ目あるいは片理に沿って破壊したことが確認された供試体を区別して表示したものであるが、割れ目に沿って破壊した供試体の破断面は、方解石の薄層が存在するもの、酸化鉄が付着しているもの、滑らかな面を持つものなど肉眼観察による割れ目観察結果と変わらない多様性を持っていた。図中、割れ目に沿って破壊した供試体の平均強度は39.8 kgf/cm²であり、他の供試体の平均強度74.9 kgf/cm²の約半分である。弾性係数の急変点である点載荷強度の閾値（60～70 kgf/cm²）は、39.8 kgf/cm²と74.9 kgf/cm²の間にある。よって、低い弾性係数を持つ岩盤は岩片が軟らかいというよりむしろ、岩盤試験サイズのみならず供試体サイズにおいても潜在

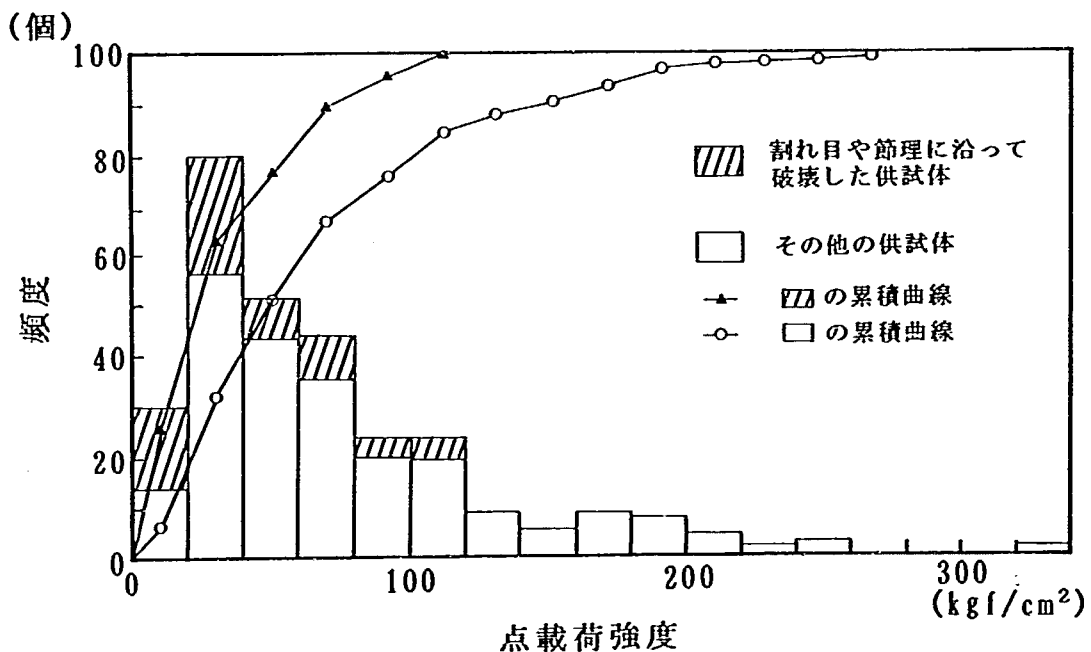


図-4.1.1 点載荷強度のヒストグラム

的な割れ目が多いことを示している様に思われる。

以上のように当ダムサイトにおいては割れ目が供試体サイズから岩盤サイズまで広く観察され、割れ目の間隔を精度良く調査することが岩盤強度の推定において有効である。しかし 3.3.2 で述べたように、岩盤強度との相関性は他の簡易試験にやや劣る。例えば、図- 3.1.1.5 は当ダムサイトの岩盤区分と割れ目間隔との関係であるが、CM よりも CM~CL の方が良好となっており、割れ目間隔のみから岩盤を評価することは難しいことを示している。この理由として、①簡易試験法に比較して割れ目の計測法の精度に調査担当者や試験面毎の精粗があること（割れ目のスケッチは割れ目の長さを計測することを前提とせずに行なったので、スケッチ毎に多少の差が生じていると思われる）、②割れ目の分布パターンが岩種あるいは試験面毎にかなり異なること、③平均割れ目間隔を算出する際にどの規模の割れ目までをどのように重みづけして用いるべきかが不明であること（長さ 5 cm の割れ目 10 本と長さ 50 cm の割れ目 1 本を同一視することが妥当かということ）、④割れ目性状の差が考慮されていないこと、⑤掘削時等の割れ目の緩みが考慮されていないこと、等が挙げられる。①~⑤について改善することによって簡易試験に近い精度が得られると考えられる。

4.2 岩盤区分への簡易試験の適用性

当ダムサイトで用いている岩盤分類基準による区分と簡易試験の関係（図- 4.2.1 ~ 4.2.3）によると、CM に対応する部分の幅がやや広いが、大まかには岩級区分と簡易試験値に正の相関が認められる。CM に区分されている試験面のうち、簡易試験値が低い試験面の一部には、剪断試験後に岩級区分を見直し割れ目に粘土が伴うことから CL 級と再判定されたもの（H-1）や、水平な割れ目が潜在的に存在し岩盤に緩みがあったことがわかったもの（J-1, J-2）などが含まれており、簡易試験による判定は肉眼観察のみでは確認出来ない潜在的なゆるみや割れ目の抽出も可能であることがわかる。ただし、各試験に

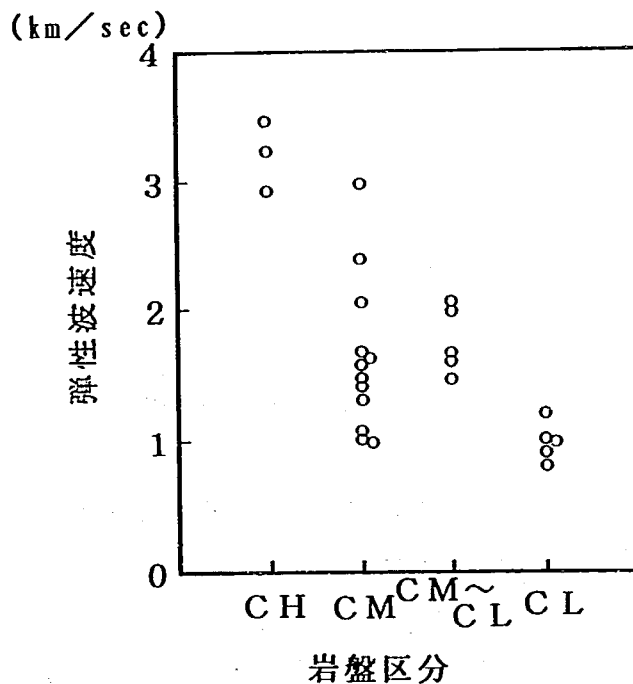


図- 4.2.1 既存の岩盤区分と弾性波速度の関係

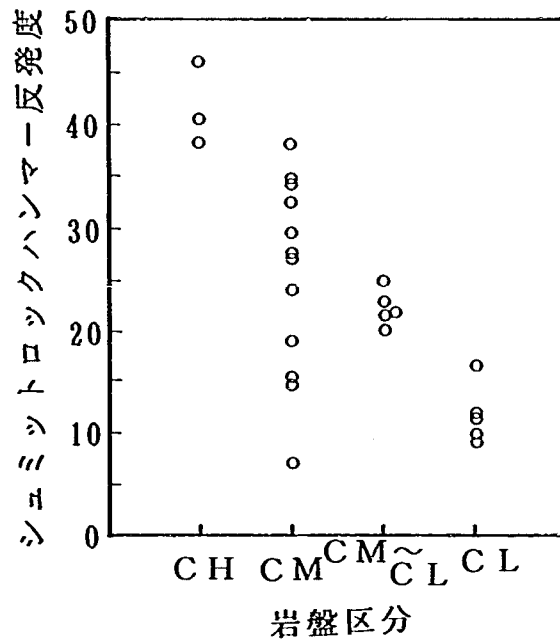


図-4.2.2 既存の岩盤区分とシュミットロックハンマー反発度の関係

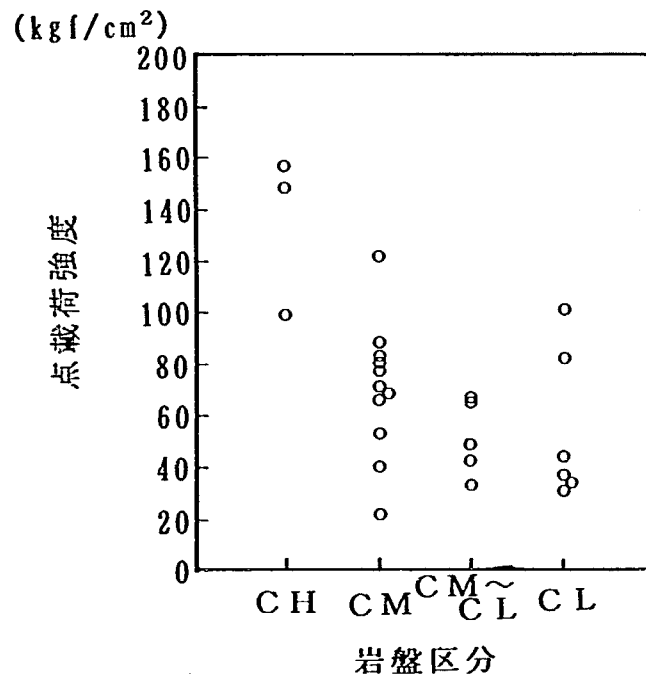


図-4.2.3 既存の岩盤区分と点載荷強度の関係

よって精度の良い測定値帯が多少異なる。弾性波速度は初生的軟岩の場合に比較して良好な結果であり、特に高強度岩盤の区分に有効であった。はぎ取り法を用いて試験面表層の緩みの影響を避けるよう努めたことなどが挙げられよう。ただし低強度部分の相関はやや低く、初生的軟岩に見られたように低速度岩盤の区分についてはシュミットロックハンマー試験等より多少精度が落ちる。シュミットロックハンマー試験は初生的軟岩の場合と同様に良好な結果である。当ダムサイトの岩盤区分で重要な点は、破碎が進行し

た低強度岩盤を正確に区分することであるが、この点に関してはシュミットロックハンマー試験が最も有効であった。点載荷試験は初生的軟岩の場合に比べ多少相関性が低くなっている。点載荷試験は弾性波速度測定やシュミットロックハンマー試験と異なり供試体サイズの試験であり、不連続部の評価が出来ないためであろう。割れ目の多い岩盤において点載荷試験を適用する場合には、供試体の破断形態を整理して比較すること、測定数をふやすことなどの注意が必要である。

5. ま と め

割れ目の少ない初生的軟岩については岩片の硬さを定量的に比較する各種簡易試験法を適用することで有効な結果が得られているが、今回、割れ目の卓越する破碎岩を主体とした岩盤において割れ目計測法について検討し、岩種による割れ目の長さ分布や密度の相違について確認した。また、弾性波速度測定、シュミットロックハンマー試験、点載荷試験等の簡易試験値と岩盤の弾性係数、剪断強度等との相関の比較を行ない、各種簡易試験法の有効性について検討した。その結果、シュミットロックハンマー試験は初生的軟岩に引き続いて有効性が確認された。また、シュミットロックハンマー試験および弾性波速度に及ぼす割れ目の影響を調べ、当岩盤においては両試験とも同様に割れ目の影響を強く受けることがわかった。一方、初生的軟岩に対して有効であった点載荷試験はばらつきが大きくなり、破碎の進行した岩盤には不向きであった。初生的軟岩において適用性が低かった弾性波速度測定は、低強度部の区分は多少明瞭性に欠けるが岩盤強度と比較的高い相関を持っていた。また、割れ目間隔と各簡易試験にはほぼ直線的な正の相関が認められた。割れ目間隔は岩盤の弾性係数とも相関が認められるが直線的ではなく指数関数的あるいは閾値をもって急激に変化するため、岩盤区分設定の際にこの閾値を有効に利用出来ると思われる。

土研式岩盤分類は、岩片の硬さ・割れ目の間隔・割れ目の性状という三つの要素の組み合わせを用いて岩盤分類を行なうものであるが、どの組み合わせをどの岩級にすべきかについては現在明確なものがなく現場技術者の判断に負うところが大きい。しかし現場技術者が変わる毎に岩盤区分、特に区分の境界値に差が生じることは避けねばならず、第三者にわかりやすい物差しが必要であろう。岩盤分類基準作成の際に、これらの簡易試験結果を参考値として加味することでより客観的な基準が作成出来るものと考えられる。また、簡易試験値に係わる諸要因を分析することによって、簡易試験から逆にダムサイトの岩盤区分をどう行なうべきかについても有効な示唆が得られるものと考えられる。

お わ り に

軟岩の岩盤分類を目的として初生的軟岩に続いて後生的軟岩～硬岩である破碎岩の強度区分を試みたが、破碎岩は亀裂を多く挟在する点で初生的軟岩よりいっそう複雑であるだけでなく、亀裂量がきわめて多く、特に破碎帯部では計測さえ困難で亀裂間隔という要素自体が使用し難い状況であった。この種の岩盤において有効な簡易試験は現位置で（サンプリングなしで）試験可能なものに絞られる。この点でシュミットロックハンマー試験等は有効な試験であるといえる。しかしきわめて軟質な部分や試験面に凹凸が多い部分（破碎帯、破碎後風化変質が進んだ部分等）では精度が低くなるあるいは測定範囲以下となる場合がある。後生的軟岩の岩盤分類において重要な点は破碎帯や破碎後風化変質が進んだ弱層部分の岩盤強度を如何に精度良く把握出来るかにあることを考えると、今回実施した各簡易試験は低強度部の精度の良い区分指標として必ずしも充分とは言えない。風化変質の著しい後生的軟岩の岩盤区分については、花崗岩を対象にシュミットロックハンマー試験あるいは地質研究室で開発中のピック貫入試験等の適用性を検討した結果について本資料その6として報告予定である。これを参照していただければ幸いである。

なお、本調査は文献¹⁾にほぼ準拠して行なったが、今後さらに多くの現場・岩盤で同様の調査を実施し同調査法（案）を充実していくとともに、軟岩の岩盤性状と物理的性質との関係を整理し、これからの新しい軟岩のダムに広く適用出来る岩盤分類基準の確立を図っていくつもりである。

1990年2月

引用文献

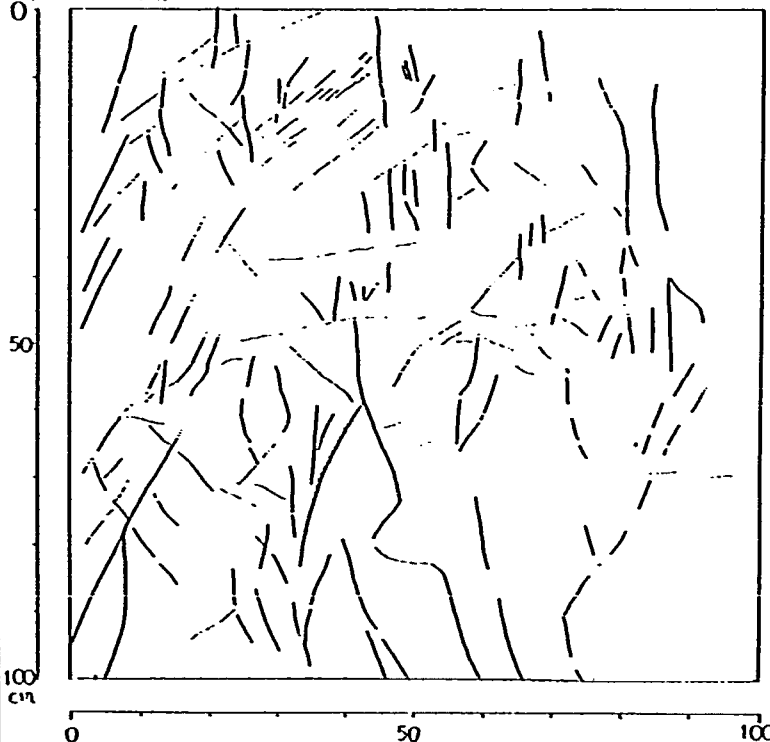
- 1) 市川 慧, 平野 勇, 神保 悟: 軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査 その1 簡易調査法(案), 土木研究所資料, No. 2506, 1987.6.
- 2) 市川 慧, 平野 勇, 佐々木靖人, 神保 悟: 軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査 その2 新第三系中新統の砂岩における例, 土木研究所資料, No. 2545, 1988. 3.
- 3) 市川 慧, 平野 勇, 佐々木靖人, 神保 悟: 軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査 その3 新第三系中新統の石英安山岩における例, 土木研究所資料, No. 2613, 1988. 3
- 4) 中村康夫, 平野 勇, 佐々木靖人, 神保 悟: 軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査 その4 新第三系中新統の堆積性軟岩における例, 土木研究所資料, No. 2727, 1889. 2
- 5) 平野 勇, 佐々木靖人, 神保 悟: 軟岩ダム基礎の岩盤分類のための簡易調査, 土木技術資料, 第31巻, 第9号, 1989. 9.
- 6) 近畿地方土木地質図編算委員会: 近畿地方土木地質図, 1981. 3.
- 7) 笠間太郎, 藤田和夫: 宝塚の自然とその成立, 1975.
- 8) 市原 実: 大阪・明石地域の第四紀層に関する諸問題, 地球科学, No. 49, 15-25p. 1960.
- 9) 大野博之: 岩盤割れ目に見るフラクタル性, 昭和62年度応用地質研究発表会講演論文集, 57-60p, 1987.
- 10) 平凡社: 増補改訂 地学辞典, 1981.
- 11) Long, J.C. et al : Porous Media Equivalents for Networks of Discontinuous Fractures Water Res. Res. Vol. 18, No. 3, 645-658p. 1982.
- 12) 西村 毅, 小島圭二: 割れ目系岩盤の水みちのモデル化, 昭和61年度応用地質研究発表会 予講集, 143-146p, 1986.

卷末資料 1

調査試験面の肉眼性状

現場整理番号	A-1	試験番号	A-3	試験種別	現場直接せん断試験	変形試験																												
岩 質	砂岩																																	
総合区分	D CL CN (CII) II																																	
割 区 分	岩塊の硬さ	(A) B C																																
	割れ目の間隔	(1) II III																																
	割れ目の状態	a																																
岩盤分類基準 (細区分基準)																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>硬さ</th><th>割れ目</th><th>割れ目の状態</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td><td>硬</td><td>割れ目なし</td></tr> <tr> <td>B</td><td>中硬</td><td>割れ目あり、一部割れ目あり</td></tr> <tr> <td>C</td><td>軟</td><td>割れ目あり</td></tr> <tr> <td rowspan="3">割れ目の間隔</td><td>I</td><td>10cm以上</td></tr> <tr> <td>II</td><td>1~10cm</td></tr> <tr> <td>III</td><td>10cm以下</td></tr> <tr> <td rowspan="4">割れ目の状態</td><td>a</td><td>割れ目なし、割れ目があるが、割れ目沿いに酸化汚染をうける。</td></tr> <tr> <td>b</td><td>割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。</td></tr> <tr> <td>c</td><td>割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。</td></tr> <tr> <td>d</td><td>割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。</td></tr> </tbody> </table>							硬さ	割れ目	割れ目の状態	A	硬	割れ目なし	B	中硬	割れ目あり、一部割れ目あり	C	軟	割れ目あり	割れ目の間隔	I	10cm以上	II	1~10cm	III	10cm以下	割れ目の状態	a	割れ目なし、割れ目があるが、割れ目沿いに酸化汚染をうける。	b	割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。	c	割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。	d	割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。
硬さ	割れ目	割れ目の状態																																
A	硬	割れ目なし																																
B	中硬	割れ目あり、一部割れ目あり																																
C	軟	割れ目あり																																
割れ目の間隔	I	10cm以上																																
	II	1~10cm																																
	III	10cm以下																																
割れ目の状態	a	割れ目なし、割れ目があるが、割れ目沿いに酸化汚染をうける。																																
	b	割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。																																
	c	割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。																																
	d	割れ目があり、割れ目沿いに酸化汚染をうける。																																
I は ハンマーで叩くと割れ目が出る。 II は ハンマーで叩くと割れ目が出るが、割れ目沿いに酸化汚染をうける。 III は ハンマーで叩くと割れ目が出るが、割れ目沿いに酸化汚染をうける。 a は ハンマーで叩くと割れ目が出るが、割れ目沿いに酸化汚染をうける。																																		

(スケッチ図)

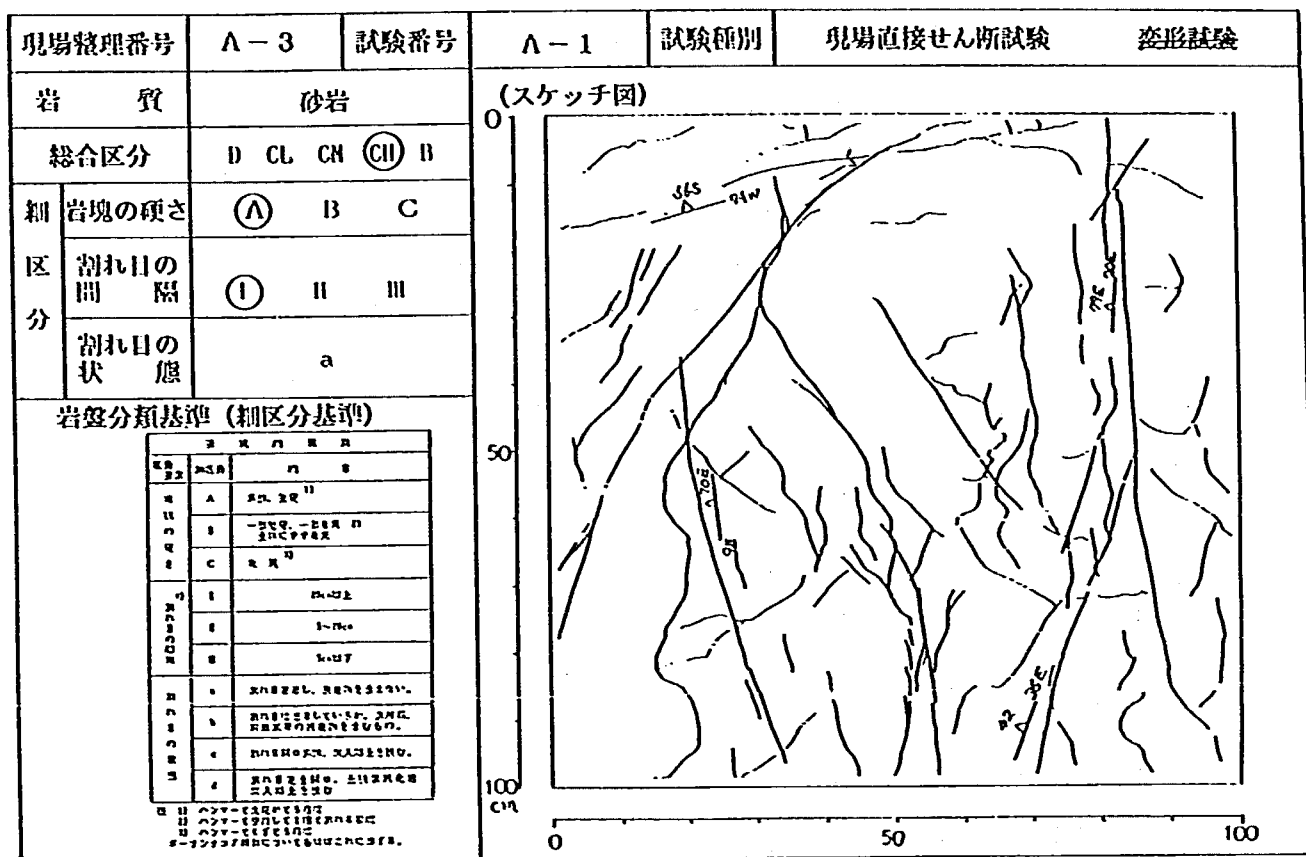


(既往岩盤試験の概要)

青灰色、細粒緻密な砂岩よりなる。ブロックの対角方向に高角(80°)上硫坑口(N)傾斜の粘板岩砂層を2枚挟む。厚さ1~2cm。地層とほぼ直交方向に不明瞭な割れ目が認められる。一部ごく薄い石英脈を挟在。割れ目は密着しているが、一部割れ目沿いに酸化汚染をうける。坑口側のブロックは、低角(20°±)のクラックが発達。2~3段の面がある。微細なクラックが多いが、良く密着しているため、岩盤は非常に堅硬である。

(写真)





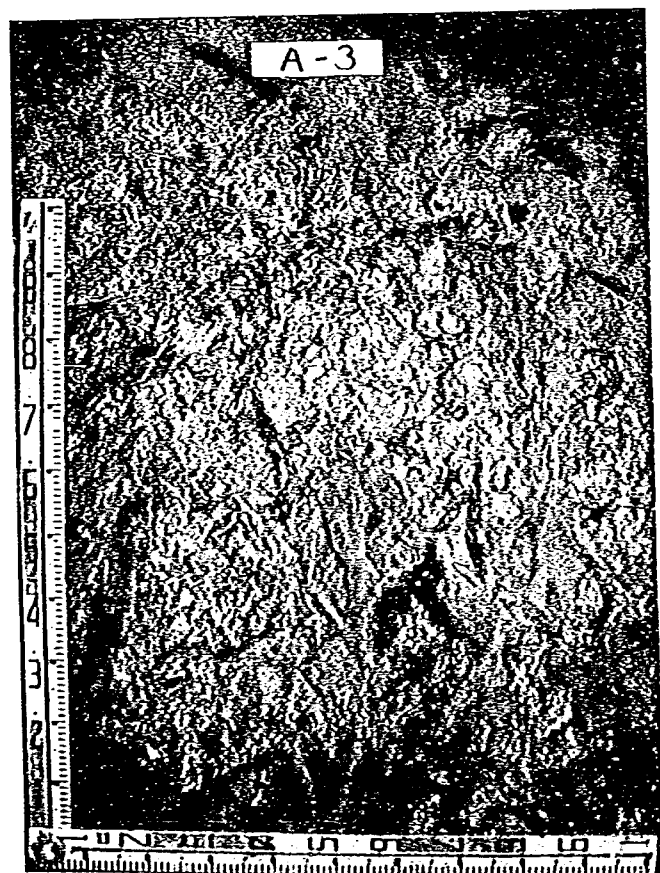
(既往岩盤試験の概要)

青灰色、細粒緻密な砂岩よりなる。細かな割れ目が発達するが、岩片は新鮮堅硬で、割れ目は良く密着している。

岩盤中の割れ目は連続性が良くない。

卓越する割れ目の方向は、NS~N20° E, N60~80° E の2方向、前者の方が卓越する。傾斜方向は、E, W の両方向ともあり一部くさび状のブロックを形成する。後者はN傾斜が多い。

(写真)



現場整理番号	B-1	試験番号	B-8	試験種別	現場直接せん断試験	変形試験																										
岩 質	粘板岩																															
総合区分	D (CL~CH) CII B																															
細 区 分	岩塊の硬さ	A (B) C																														
	割れ目の 間 隔	I (II) III																														
	割れ目の 状 態	b																														
岩盤分類基準 (細区分基準) <table border="1"> <thead> <tr> <th>硬さ</th><th>割れ目</th><th>内 容</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">硬さの 区 分</td><td>A</td><td>硬質、堅固</td></tr> <tr> <td>B</td><td>一中硬質、一中軟質、割れ目に中硬質</td></tr> <tr> <td>C</td><td>軟質</td></tr> <tr> <td rowspan="3">割れ目の 区 分</td><td>I</td><td>割れ目なし</td></tr> <tr> <td>II</td><td>5~10cm</td></tr> <tr> <td>III</td><td>10cm以上</td></tr> <tr> <td rowspan="4">割れ目の 状 態</td><td>a</td><td>割れ目直交し、割れ目を含まない。</td></tr> <tr> <td>b</td><td>割れ目にはさまれているが、割れ目 間直交の割れ目を含まない。</td></tr> <tr> <td>c</td><td>割れ目同方向、割れ目を包含し、 二入割れ目あり</td></tr> <tr> <td>d</td><td>割れ目直交し、割れ目を包含し、 二入割れ目あり</td></tr> </tbody> </table> 注 1 ハンマーでたたかると音が 2 ハンマーでたたかると音が割れ目直交 3 ハンマーでたたかると音が割れ目同方向 4 ハンマーでたたかると音が割れ目直交							硬さ	割れ目	内 容	硬さの 区 分	A	硬質、堅固	B	一中硬質、一中軟質、割れ目に中硬質	C	軟質	割れ目の 区 分	I	割れ目なし	II	5~10cm	III	10cm以上	割れ目の 状 態	a	割れ目直交し、割れ目を含まない。	b	割れ目にはさまれているが、割れ目 間直交の割れ目を含まない。	c	割れ目同方向、割れ目を包含し、 二入割れ目あり	d	割れ目直交し、割れ目を包含し、 二入割れ目あり
硬さ	割れ目	内 容																														
硬さの 区 分	A	硬質、堅固																														
	B	一中硬質、一中軟質、割れ目に中硬質																														
	C	軟質																														
割れ目の 区 分	I	割れ目なし																														
	II	5~10cm																														
	III	10cm以上																														
割れ目の 状 態	a	割れ目直交し、割れ目を含まない。																														
	b	割れ目にはさまれているが、割れ目 間直交の割れ目を含まない。																														
	c	割れ目同方向、割れ目を包含し、 二入割れ目あり																														
	d	割れ目直交し、割れ目を包含し、 二入割れ目あり																														

(スケッチ図)

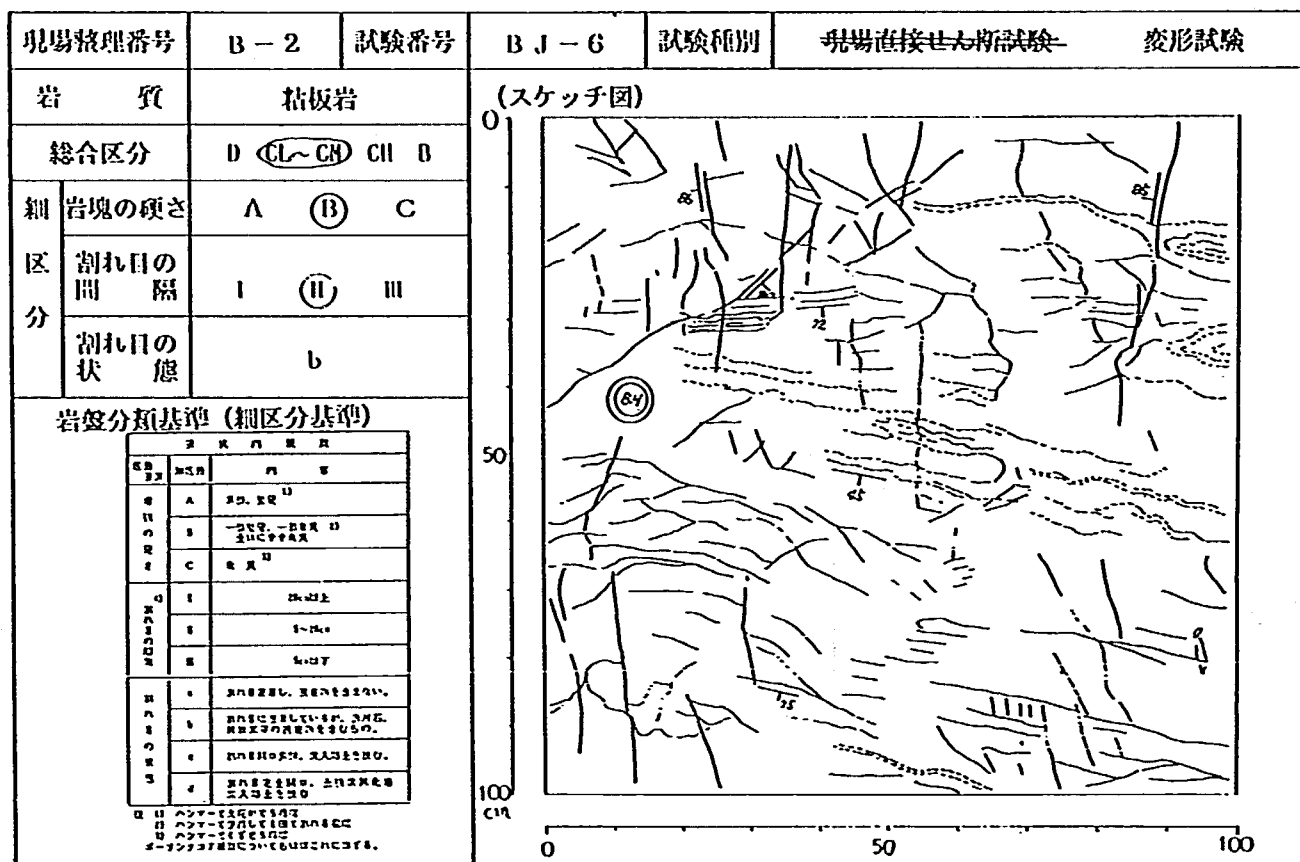
0 50 100
cm

(既往岩盤試験の概要)

暗灰色の粘板岩よりなる。地層の面は、ゆるやかに波打つが、著しい褶曲部は認められない。
 ブロック中央付近は、層理が不明瞭である。
 全体としては、ほぼ坑方向の走向で上左側へ60°程度傾斜する構造をなす。
 地層とほぼ直交する方向のクラックに沿って白色に細脈(方解石)を挟在する。
 全体とに割れ目に富む岩盤であるが、割れ目は良く締まっている。

(写真)





(既往岩盤試験の概要)

全般にほぼ新鮮な粘板岩が分布している。

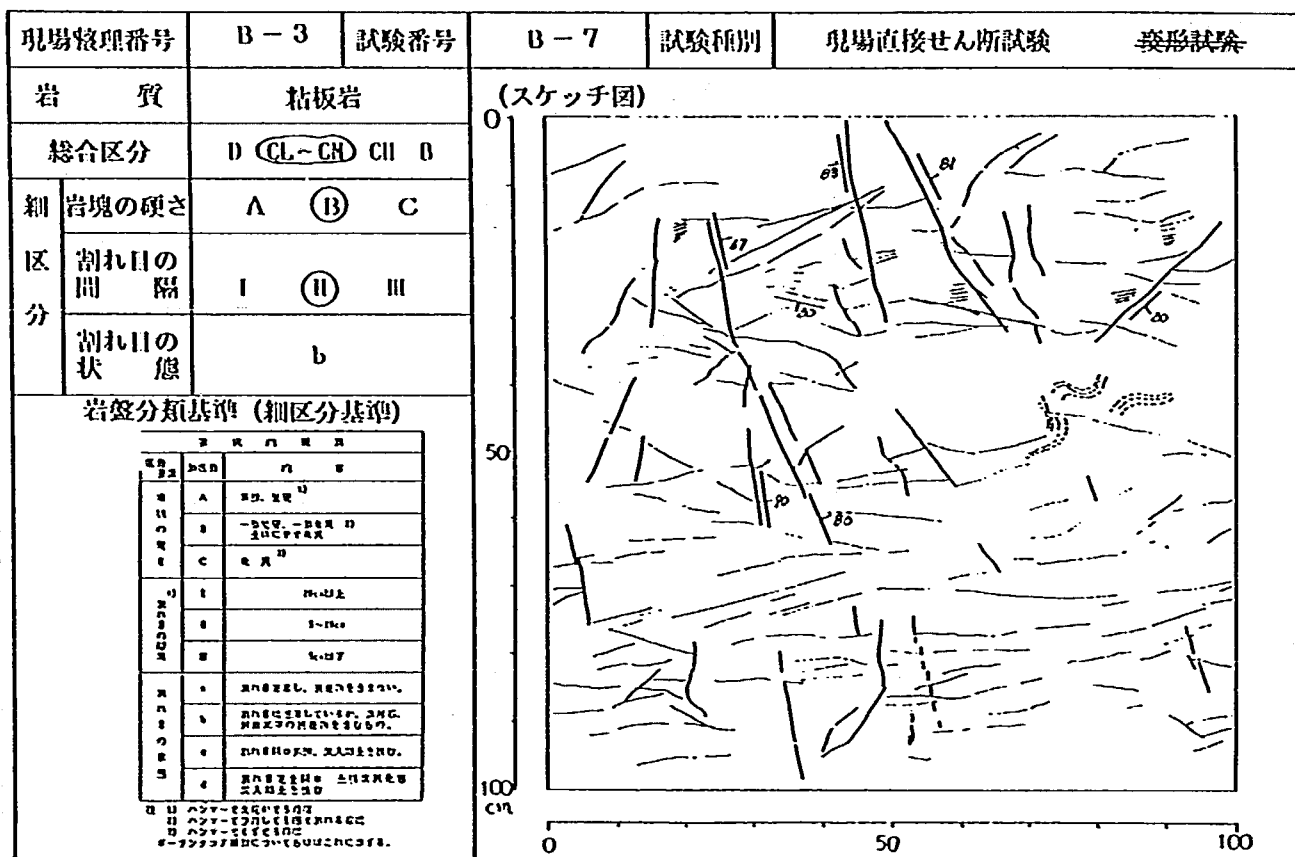
坑口方向下流に約1cm幅の破砕帯があり、まわりの粘板岩よりはもろく、爪によってわずかに傷がつく。岩自体もハンマーの打撃によりやや濁った金属音は発する。

顕著な褶曲構造がみられる。

岩盤は全般に割れ目に乏しく、塊状を呈している。

(写真)





(既往岩盤試験の概要)

(写真)

暗灰色の粘板岩よりなる。層理が細かく発達し、小褶曲がする、発達する。

上下流方向に層理面を切るクラックがあるが、あまり明瞭ではない。

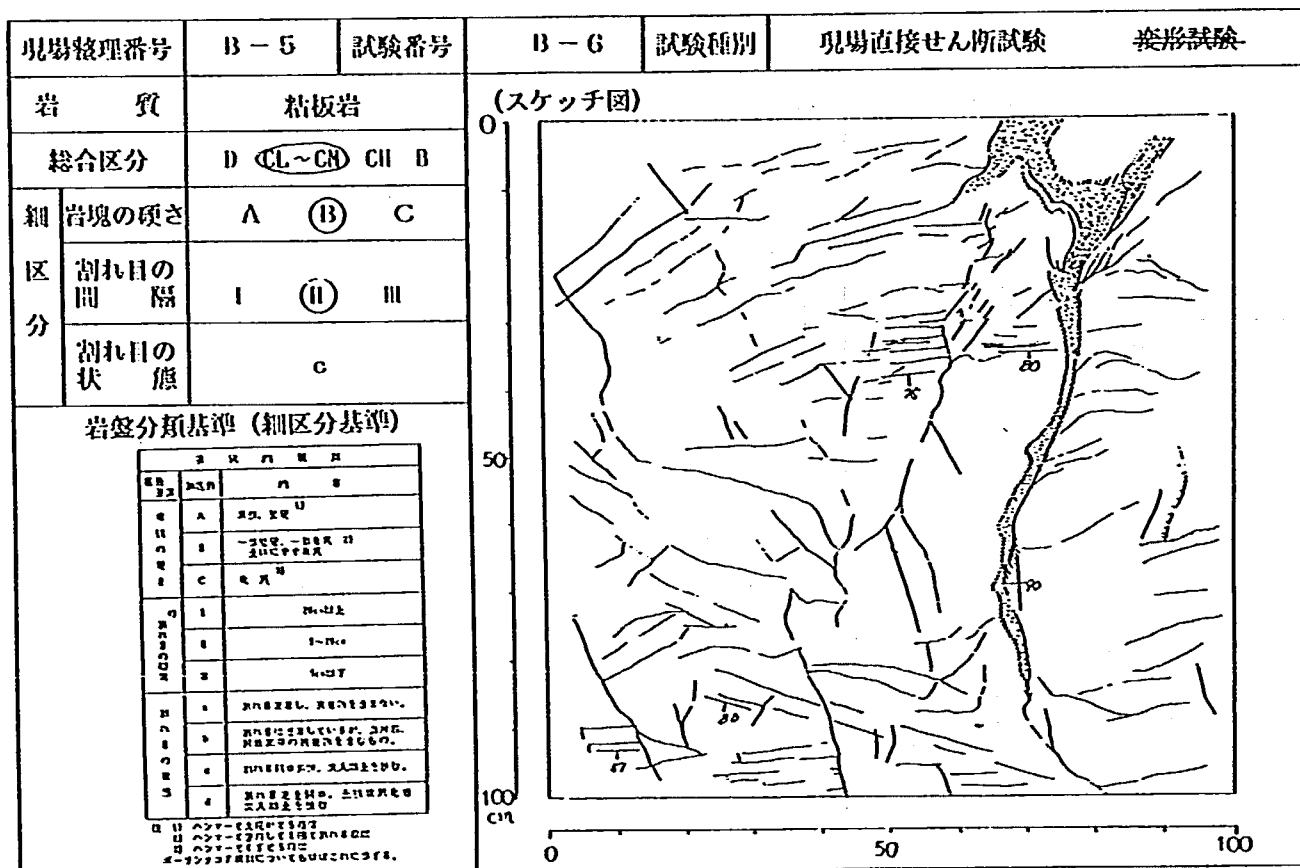
ブロック下流側に、ほぼ坑方向の高角小断層があり、周囲の地層の引きずりが認められる。

これらの小断層は良く密着しており、岩盤の強度を著しく低下させるものではない。

ブロック下流側は、割れ目に微弱的な酸化汚染を伴い、若干風化が進んでいる。

ハンマーの打音はややにごるが、全体にクラックは良く締っている。





(既往岩盤試験の概要)

暗灰～黒色の粘板岩よりなる。地層はほぼ坑方向の走向で上流へ傾斜する。

スケッチ上半部にブロックを対角方向に横切る上流坑口傾斜の明瞭なクラックがある。

ブロック下流半部は、層理が不明瞭で比較的塊状を呈す。

一部の割れ目に沿って、方解石の細脈を扶在。

ハンマーの打音は、ややにごるが、割れ目は良く密着している。

(写真)

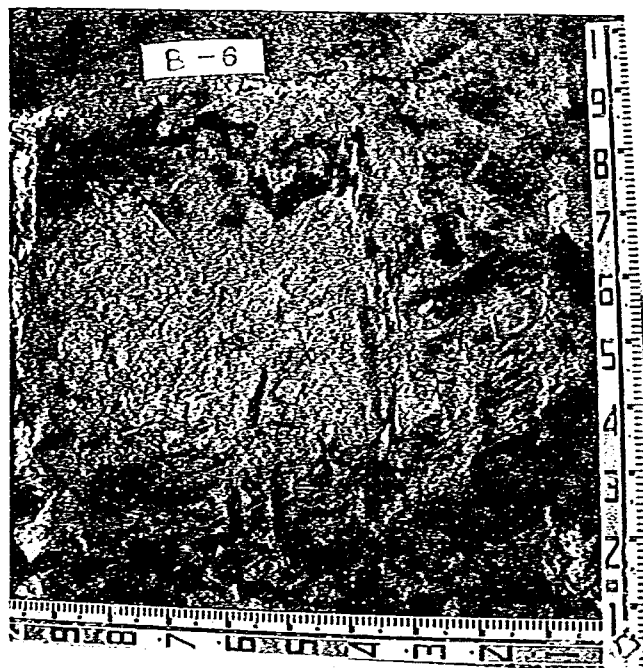


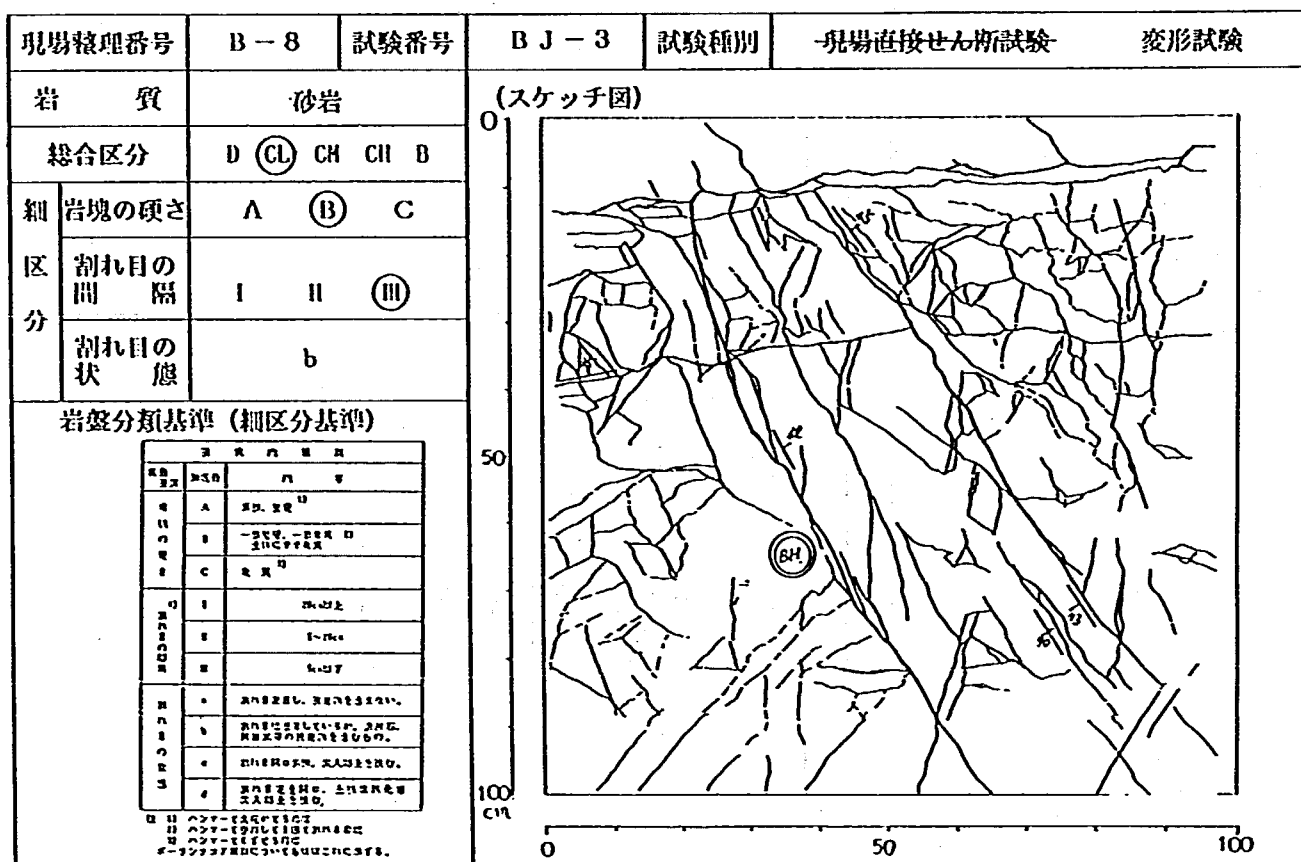
現場整理番号	B-6	試験番号	B J-4	試験種別	現場直接せん断試験	変形試験												
岩 質	粘板岩																	
総合区分	D (CL~CH) CH D																	
細 区 分	岩塊の硬さ	A (B) C																
	割れ目の間隔	I (II) III																
	割れ目の状態	C																
岩盤分類基準 (細区分基準) <table border="1"> <thead> <tr> <th>硬さ</th><th>割れ目の間隔</th><th>割れ目の状態</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td><td>10cm以上</td><td>割れ目なし</td></tr> <tr> <td>B</td><td>5~10cm</td><td>割れ目あり、深さ1cm以内</td></tr> <tr> <td>C</td><td>5cm以下</td><td>割れ目あり、深さ1cm以上</td></tr> </tbody> </table>							硬さ	割れ目の間隔	割れ目の状態	A	10cm以上	割れ目なし	B	5~10cm	割れ目あり、深さ1cm以内	C	5cm以下	割れ目あり、深さ1cm以上
硬さ	割れ目の間隔	割れ目の状態																
A	10cm以上	割れ目なし																
B	5~10cm	割れ目あり、深さ1cm以内																
C	5cm以下	割れ目あり、深さ1cm以上																
(スケッチ図)																		

(既往岩盤試験の概要)

全て粘板岩である。3点の中では、割れ目に風化が進行している。
クラック及び層理面が茶色に風化している。
坑口の上下流方向に走るクラックは不規則で、連続性に乏しい。
岩盤は割れ目に分断されているが、層理面は密着し、比較的塊状である。

(写真)

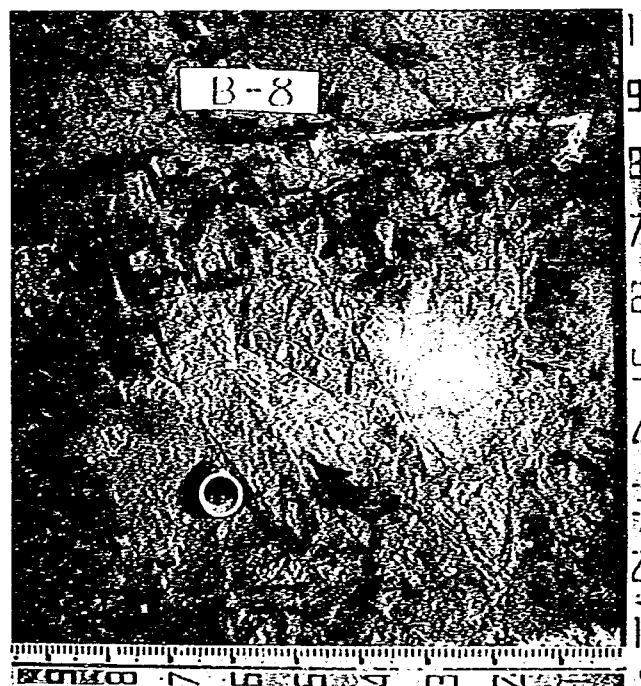




(既往岩盤試験の概要)

砂岩が分布している。
 全般に風化しているが、岩片はやや新鮮なものが多い。
 割れ目はほとんど風化しており、粘土を挟在しているものも多い。
 割れ目は左岸上流～右岸下流方向のものが卓越している。傾斜は50～70° 傾斜のものが多い。

(写真)

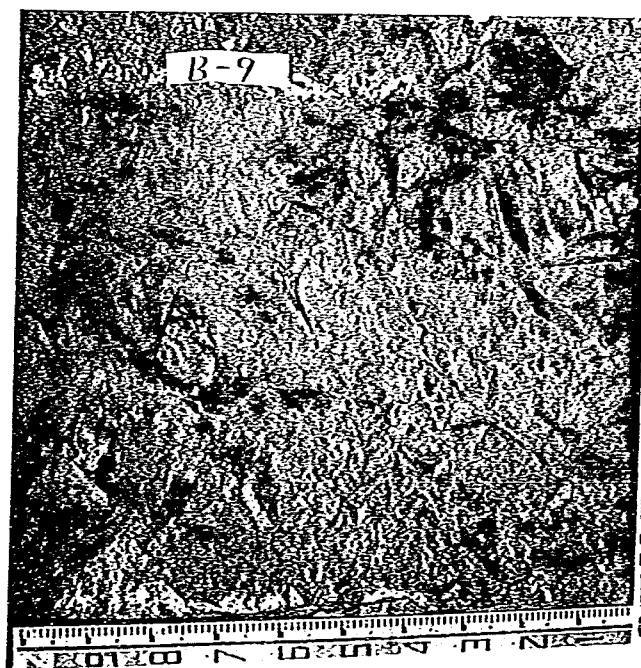


現場整理番号	B-9	試験番号	B J - 2	試験種別	現場直接せん断試験	変形試験																												
岩 質	砂岩																																	
総合区分	D (C1) CH CH B																																	
細 区 分	岩塊の硬さ	A (B) C																																
	割れ目の 間 隔	I (II) III																																
	割れ目の 状 態	C																																
岩盤分類基準 (細区分基準) <table border="1"> <thead> <tr> <th>硬さ</th> <th>割れ目</th> <th>内 容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>硬く、堅固</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>一部で割れ目、一部堅固</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>軟弱</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">割れ目の 間 隔</td> <td>I</td> <td>割れ目なし</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>1~10cm</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>10cm以上</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">割れ目の 状 態</td> <td>a</td> <td>割れ目直交し、直交面をなす。</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>割れ目直交しているが、直交面 割れ目の直交性をなす。</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>割れ目直交せず、直交面をなす。</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>割れ目をなす。直交面をなす。 直交面をなす。</td> </tr> </tbody> </table>							硬さ	割れ目	内 容	A	硬く、堅固		B	一部で割れ目、一部堅固		C	軟弱		割れ目の 間 隔	I	割れ目なし	II	1~10cm	III	10cm以上	割れ目の 状 態	a	割れ目直交し、直交面をなす。	b	割れ目直交しているが、直交面 割れ目の直交性をなす。	c	割れ目直交せず、直交面をなす。	d	割れ目をなす。直交面をなす。 直交面をなす。
硬さ	割れ目	内 容																																
A	硬く、堅固																																	
B	一部で割れ目、一部堅固																																	
C	軟弱																																	
割れ目の 間 隔	I	割れ目なし																																
	II	1~10cm																																
	III	10cm以上																																
割れ目の 状 態	a	割れ目直交し、直交面をなす。																																
	b	割れ目直交しているが、直交面 割れ目の直交性をなす。																																
	c	割れ目直交せず、直交面をなす。																																
	d	割れ目をなす。直交面をなす。 直交面をなす。																																
(スケッチ図)																																		

(既往岩盤試験の概要)

全般に砂岩から構成されている。
割れ目が多く、ほぼ3系統(上下流方向、左右岸方向、左岸上流~右岸下流方向)が卓越している。
割れ目はすべて酸化汚染されていて、一部流入粘土を伴っている。上流側でやや新鮮で岩が密着している。
割れ目は全般に急傾斜のものが多く、坑奥側に40°傾斜の割れ目がある。

(写真)



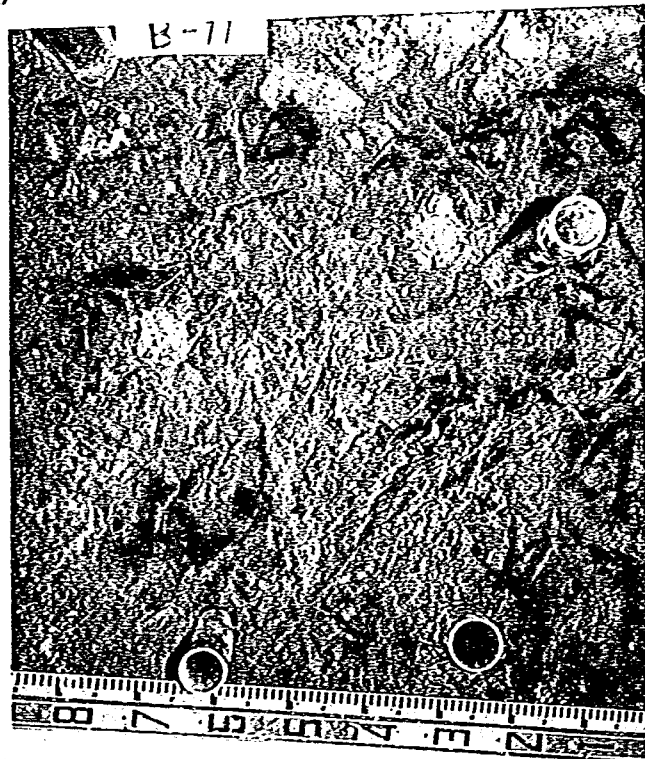
現場整理番号	B-11	試験番号	B-2	試験種別	現場直接せん断試験	変形試験																										
岩 質	砂岩																															
総合区分	D (CL) CH CII D																															
細 区 分	岩塊の硬さ	A (B) C																														
	割れ目の間隔	I (II) III																														
	割れ目の状態	C																														
岩盤分類基準 (細区分基準) <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th><th>記号</th><th>内 容</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">硬さ</td><td>A</td><td>堅固、堅硬 (I)</td></tr> <tr> <td>B</td><td>一部堅固、一部堅硬 (II)</td></tr> <tr> <td>C</td><td>軟弱 (III)</td></tr> <tr> <td rowspan="3">割れ目</td><td>I</td><td>割れ目なし</td></tr> <tr> <td>II</td><td>1-10cm</td></tr> <tr> <td>III</td><td>10cm以上</td></tr> <tr> <td rowspan="4">状態</td><td>a</td><td>割れ目直交し、互角性を示さない。</td></tr> <tr> <td>b</td><td>割れ目に沿って、互角性を示すもの。</td></tr> <tr> <td>c</td><td>割れ目の方向、互角性を示すもの。</td></tr> <tr> <td>d</td><td>割れ目を横切、互角性を示すもの。</td></tr> </tbody> </table>							区分	記号	内 容	硬さ	A	堅固、堅硬 (I)	B	一部堅固、一部堅硬 (II)	C	軟弱 (III)	割れ目	I	割れ目なし	II	1-10cm	III	10cm以上	状態	a	割れ目直交し、互角性を示さない。	b	割れ目に沿って、互角性を示すもの。	c	割れ目の方向、互角性を示すもの。	d	割れ目を横切、互角性を示すもの。
区分	記号	内 容																														
硬さ	A	堅固、堅硬 (I)																														
	B	一部堅固、一部堅硬 (II)																														
	C	軟弱 (III)																														
割れ目	I	割れ目なし																														
	II	1-10cm																														
	III	10cm以上																														
状態	a	割れ目直交し、互角性を示さない。																														
	b	割れ目に沿って、互角性を示すもの。																														
	c	割れ目の方向、互角性を示すもの。																														
	d	割れ目を横切、互角性を示すもの。																														
注 1) ハンマーで打撃するもの 2) ハンマーで打撃して割れ目が出るもの 3) ハンマーで打撃して割れ目が出るもの 4) ハンマーで打撃して割れ目が出るもの																																

(スケッチ図)
 0
 50
 100
 cm

(既往岩盤試験の概要)

青灰色の砂岩よりなる。割れ目沿いに酸化汚染を受けたものが多いが、比較的新鮮な面も認められる。岩片そのものは固いが、割れ目はゆるみやすく、岩片が剥離しやすい。ブロックの対角方向(2方向)に高角度のクラックが発達。しばしば白色の細脈を挟在する。比較的低角度の節理も多く認められる。中央部やや下流寄りにクラッキーなゾーンがある。潜在的なクラックが整形時に顕在化したものか。坑奥、上流側はNE方向の高角クラックが卓越。一方、坑口下流側は全体に塊状である。ただし、低角の節理が存在する可能性がある。

(写真)



現場整理番号	C-1	試験番号	C-8	試験種別	現場直接せん断試験	変形試験																					
岩 質	砂岩																										
総合区分	D CL (CH) CH D																										
細 区 分	岩塊の硬さ	(A) B C																									
	割れ目の間 隔	I (II) III																									
	割れ目の状 態	b																									
岩盤分類基準 (細区分基準) <table border="1"> <thead> <tr> <th>硬さ</th><th>割れ目の間隔</th><th>割れ目の状態</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td><td>20cm以上</td><td>割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。</td></tr> <tr> <td>B</td><td>10~20cm</td><td>割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。</td></tr> <tr> <td>C</td><td>5~10cm</td><td>割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。</td></tr> <tr> <td>D</td><td>2~5cm</td><td>割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。</td></tr> <tr> <td>E</td><td>1~2cm</td><td>割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。</td></tr> <tr> <td>F</td><td>1cm以下</td><td>割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。</td></tr> </tbody> </table>							硬さ	割れ目の間隔	割れ目の状態	A	20cm以上	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。	B	10~20cm	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。	C	5~10cm	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。	D	2~5cm	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。	E	1~2cm	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。	F	1cm以下	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。
硬さ	割れ目の間隔	割れ目の状態																									
A	20cm以上	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。																									
B	10~20cm	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。																									
C	5~10cm	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。																									
D	2~5cm	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。																									
E	1~2cm	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。																									
F	1cm以下	割れ目直交し、割れ目をききぬき、割れ目直交する方向に割れ目が入る。																									
(スケッチ図)																											

(既往岩盤試験の概要)

新鮮、堅硬な細粒緻密質砂岩よりなっている。

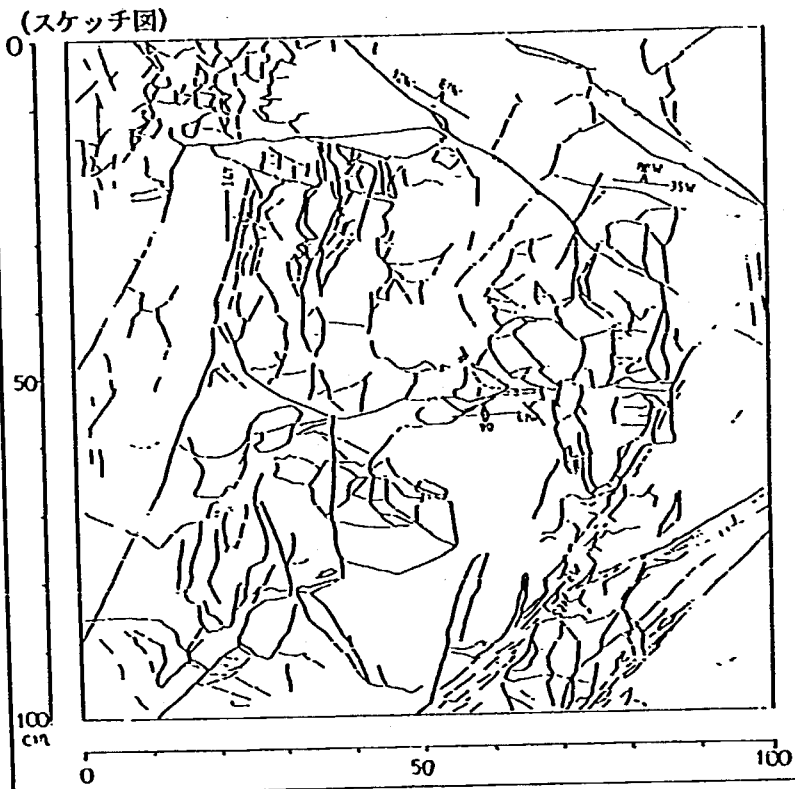
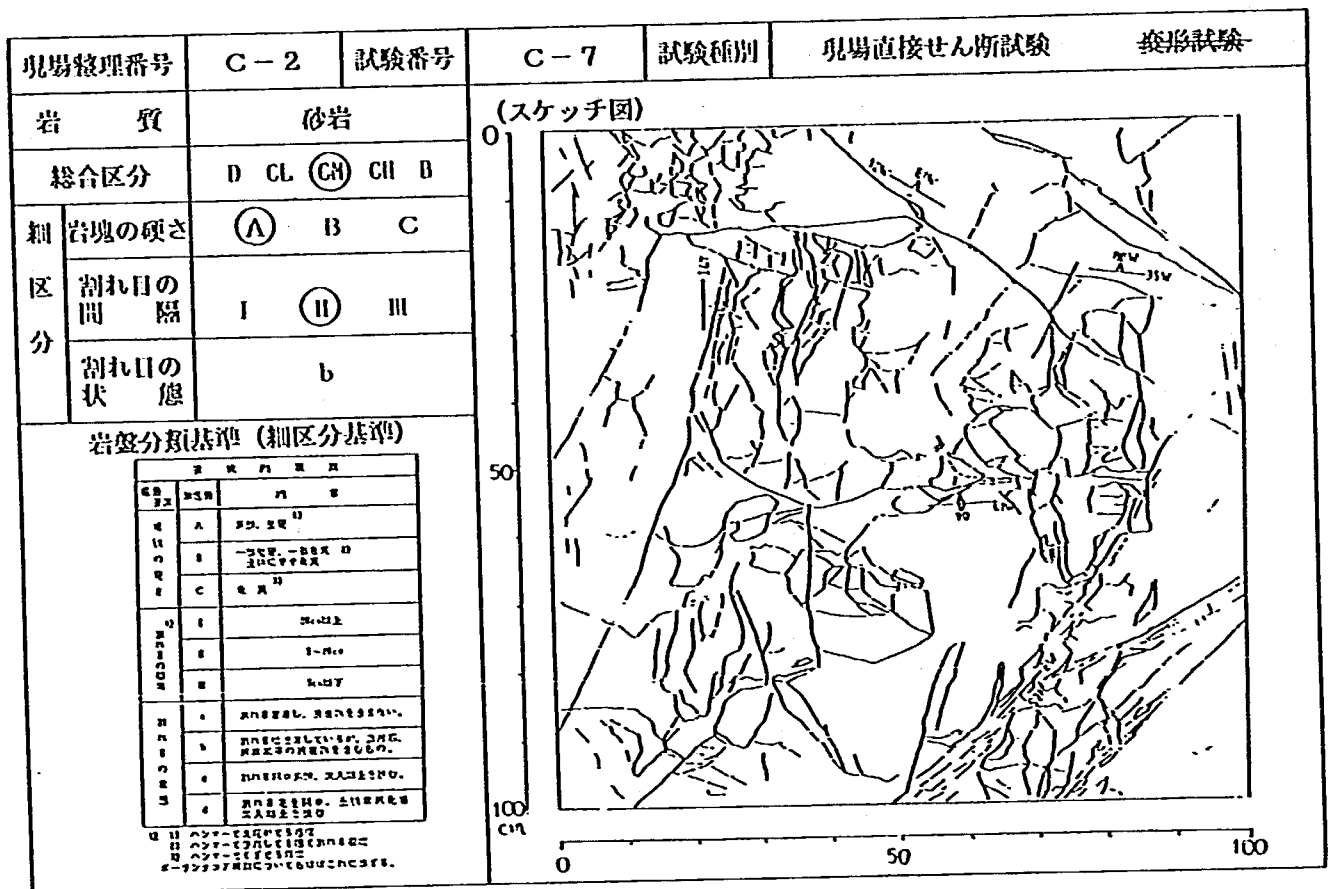
割れ目系は北東-南西系、およびこれに直交する北西-南東系の割れ目が卓越しているが、割れ目間隔は比較的大きい。

また、割れ目自体は一部を除いて褐色汚染も見られず、密着している。

岩盤は、背面部の右側(右図)でやや発達する緩傾斜割れ目でせん断されているが、他の部分ではほとんどモルタル部で剥離している。

(写真)



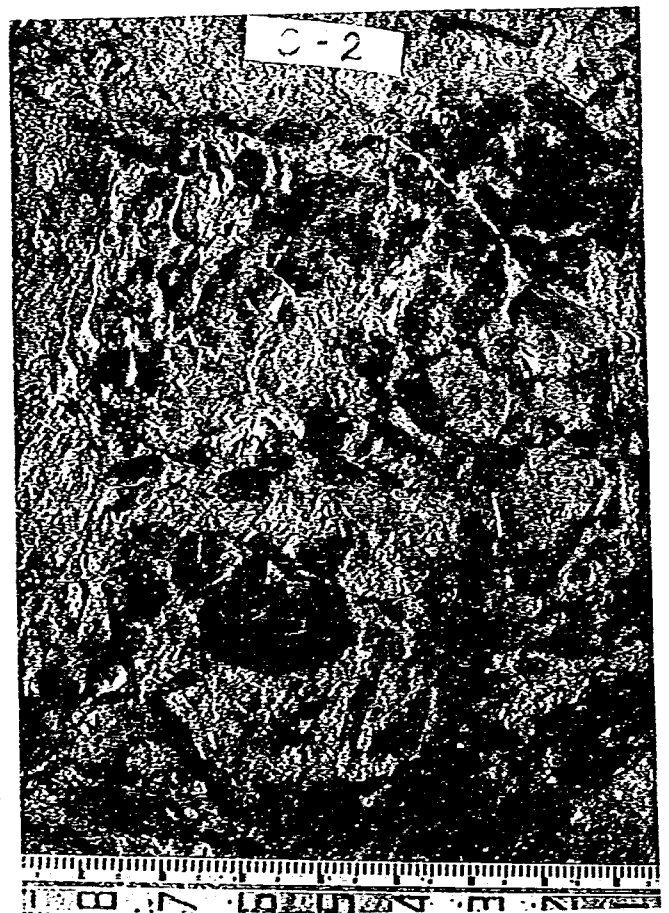


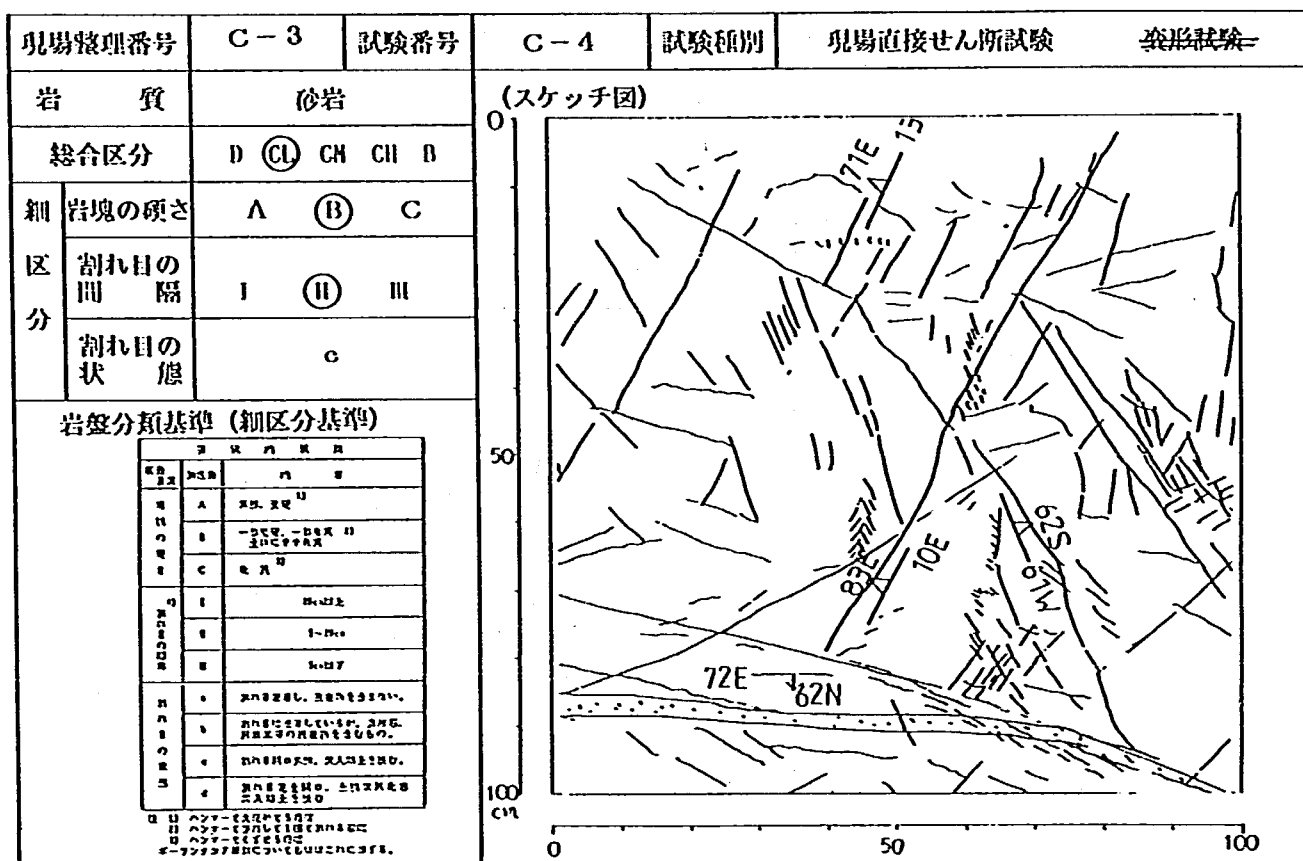
(既往岩盤試験の概要)

新鮮、堅硬な細粒緻密質砂岩からなっている。

割れ目系は北東-南西系、およびこれに直行する北西-南東系が卓越しているが、割れ目間隔は比較的大きい。また割れ目自体は全て密着しており整形面の左端部(図の上)では割れ目が褐色汚染を受けているが、他ではほぼ新鮮である。交叉する割れ目の部分でやや細かく破壊されているが、他の部分は岩塊および割れ目の交叉部で比較的大きなブロック状、またはモルタルの部分でせん断されている。

(写真)



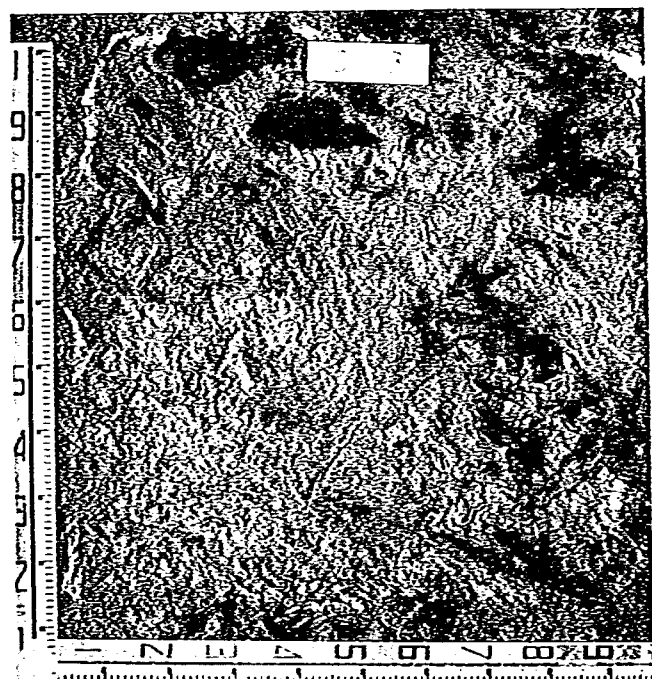


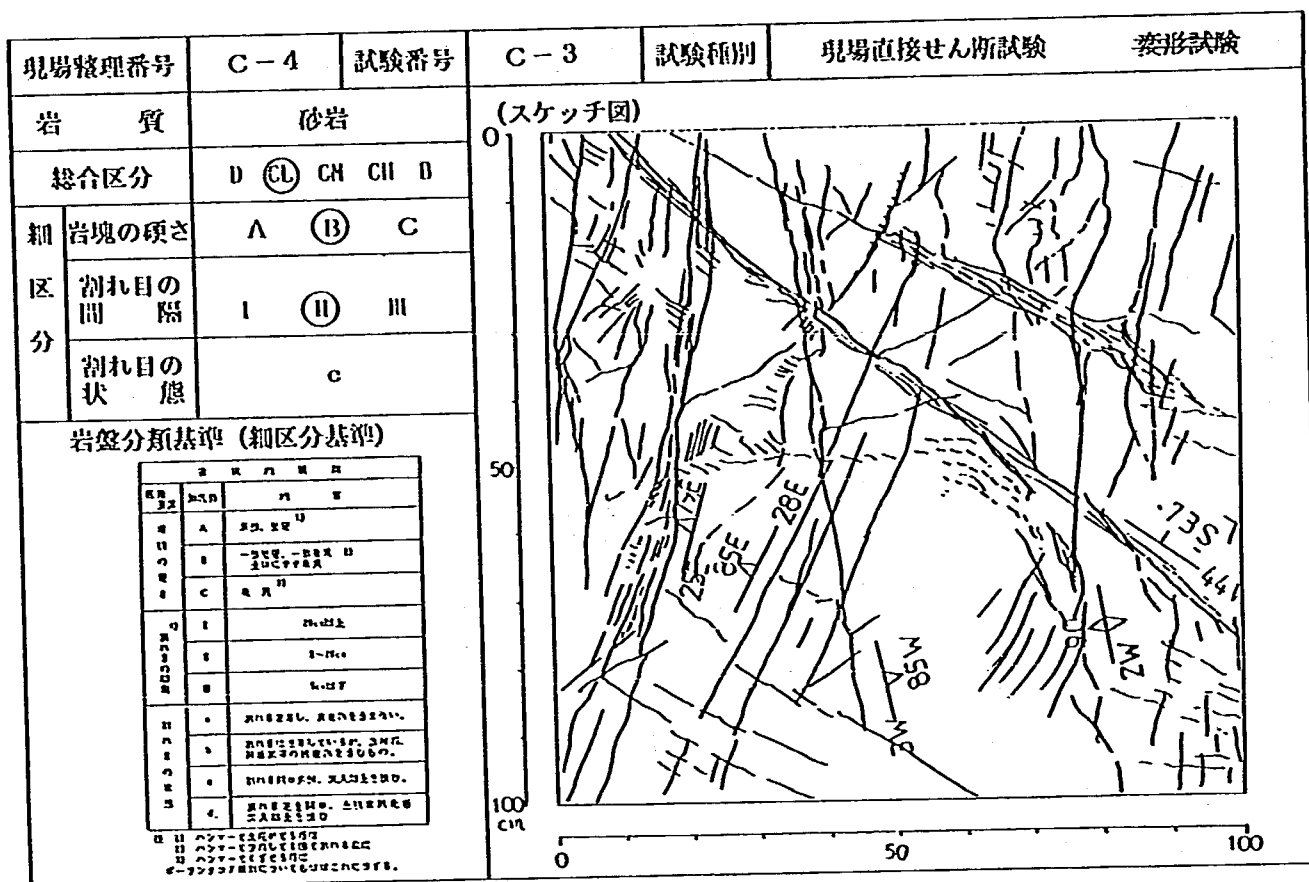
(既往岩盤試験の概要)

ほぼ岩芯まで風化が進み、脆弱～やや軟質化した細粒緻密質砂岩を主とし、北側（図の上側）に60～70°の傾斜をなす粘板岩の薄層が挟在している。

岩盤は砂岩と比べてかなり脆弱な粘板岩の部分、およびこの岩盤で発達している緩傾斜割れ目によってせん断されている。

(写真)





(既往岩盤試験の概要)

岩芯部を除き、風化が進んだ脆弱～やや軟質な細粒緻密質砂岩を主とし、背面側に、北側（図の上側）に45°の傾斜をなす粘板岩の薄層が挟在している。

岩盤面は、中央部が最もへこんだ凹レンズ状の形をなしており、特に背面部では粘板岩層の挟有部で、同様な傾斜方向にせん断されていることから、傾斜の緩い地層面およびそれに伴う弱層でせん断されたものと考えられる。

(写真)



現場整理番号	C-6	試験番号	C-1	試験種別	現場直接せん断試験	変形試験																												
岩 質	砂岩																																	
総合区分	D CL (CH) CH D																																	
細 区 分	岩塊の硬さ	(A) B C																																
	割れ目の 間 隔	I (II) III																																
	割れ目の 状 態	b																																
岩盤分類基準 (細区分基準) <table border="1"> <thead> <tr> <th>硬さ</th><th>割れ目</th><th>状 態</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td><td>硬い、割れ目</td><td>1</td></tr> <tr> <td>B</td><td>一部硬い、一部割れ目</td><td>2</td></tr> <tr> <td>C</td><td>軟い、割れ目</td><td>3</td></tr> <tr> <td rowspan="3">割れ目の 間 隔</td><td>I</td><td>10cm以上</td></tr> <tr> <td>II</td><td>5-10cm</td></tr> <tr> <td>III</td><td>5cm以下</td></tr> <tr> <td rowspan="4">割れ目の 状 態</td><td>a</td><td>割れ目は直線的、深さの浅い。</td></tr> <tr> <td>b</td><td>割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に並行な割れ目がある。</td></tr> <tr> <td>c</td><td>割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に垂直な割れ目がある。</td></tr> <tr> <td>d</td><td>割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に斜交な割れ目がある。</td></tr> </tbody> </table>							硬さ	割れ目	状 態	A	硬い、割れ目	1	B	一部硬い、一部割れ目	2	C	軟い、割れ目	3	割れ目の 間 隔	I	10cm以上	II	5-10cm	III	5cm以下	割れ目の 状 態	a	割れ目は直線的、深さの浅い。	b	割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に並行な割れ目がある。	c	割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に垂直な割れ目がある。	d	割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に斜交な割れ目がある。
硬さ	割れ目	状 態																																
A	硬い、割れ目	1																																
B	一部硬い、一部割れ目	2																																
C	軟い、割れ目	3																																
割れ目の 間 隔	I	10cm以上																																
	II	5-10cm																																
	III	5cm以下																																
割れ目の 状 態	a	割れ目は直線的、深さの浅い。																																
	b	割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に並行な割れ目がある。																																
	c	割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に垂直な割れ目がある。																																
	d	割れ目は直線的、深さの浅い。割れ目の延長方向に斜交な割れ目がある。																																
(スケッチ図)																																		

(既往岩盤試験の概要)

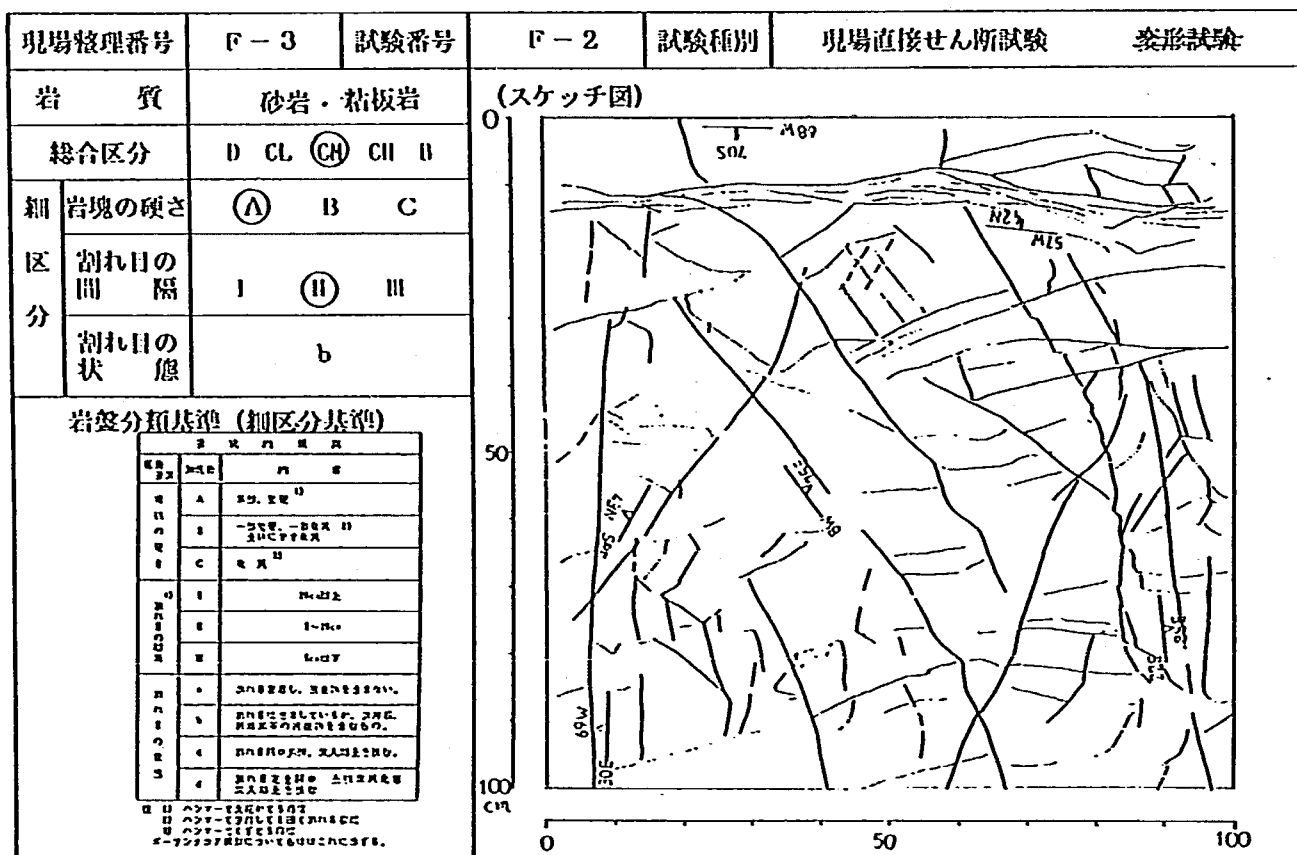
新鮮、堅硬な細粒緻密質の砂岩よりなっている。

岩盤は緩傾斜の面でせん断された部分は少なく、 $45 \sim 70^\circ$ の割れ目によって、稜状に剥離している。

また、せん断面付近の割れ目にも剥離までは行かなかったものの開口しているものが見られる。また、剥離した割れ目はシャープでせん断により破砕されるような脆弱部は認められない。

(写真)





(既往岩盤試験の概要)

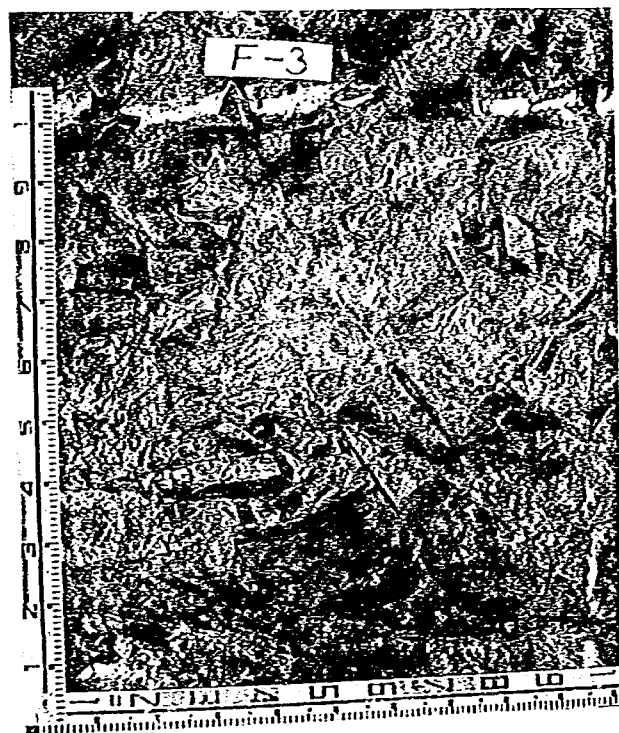
全般に新鮮で堅硬な塊状砂岩から構成されている。

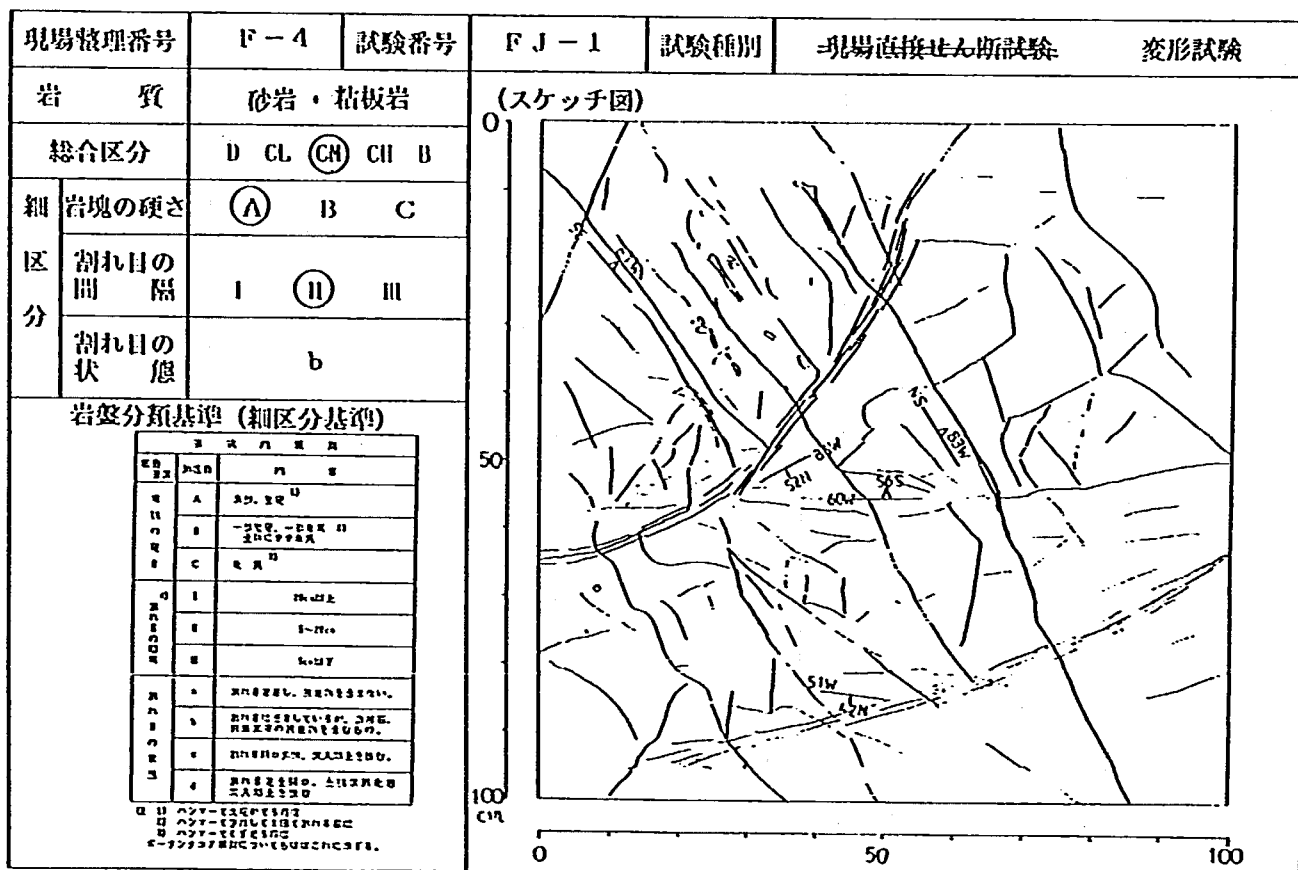
上下流に10~20cmで発達する割れ目(急傾斜)が顕著で、この間に小さな割れ目がみられる。一部に20~25°傾斜の緩傾斜割れ目がみられるが、連続性はない。

一部に酸化汚染した割れ目があるが、全般に新鮮で密着している。

全体的には、上下流方向の割れ目の連続性がよく、左右岸方向は微細なものが多い。

(写真)



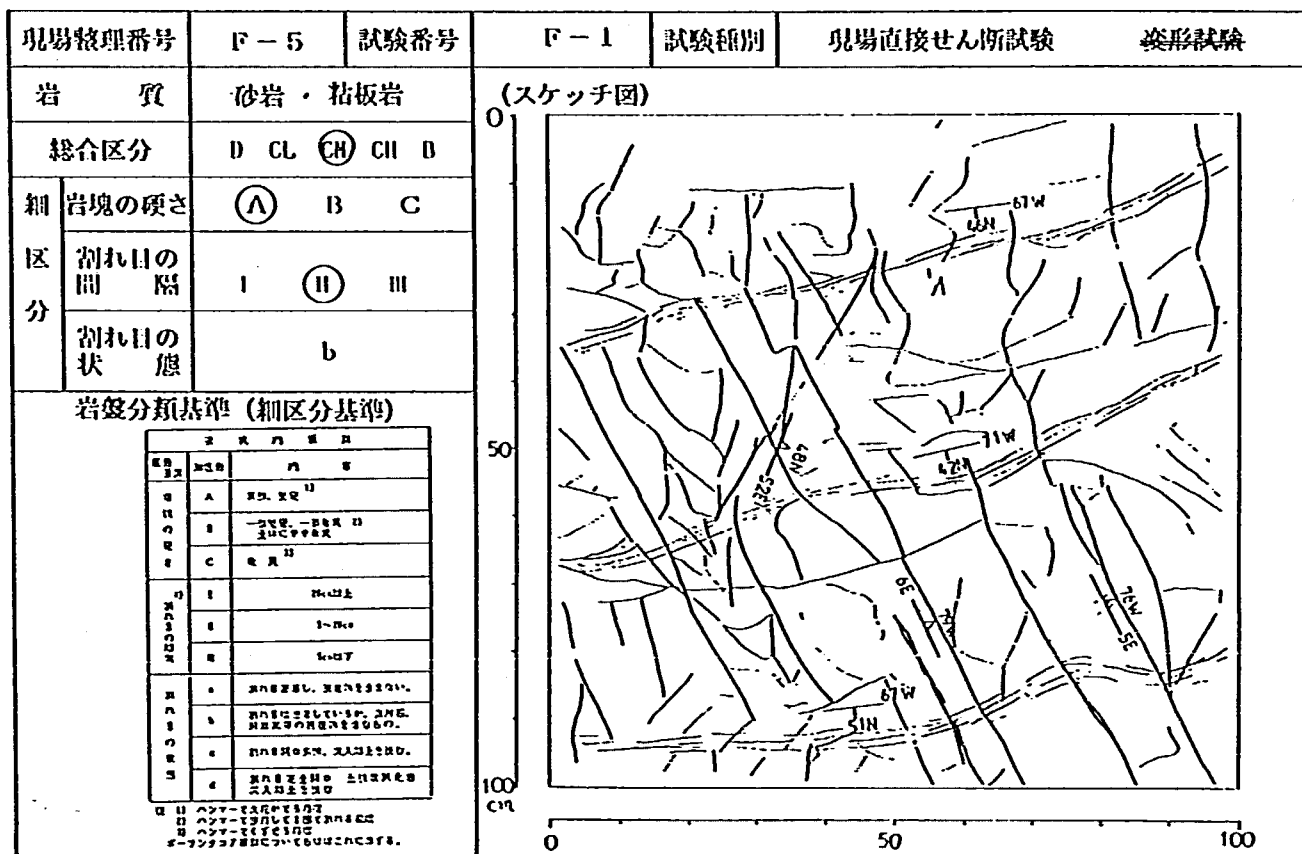


(既往岩盤試験の概要)

全般に割れ目風化した粘板岩質砂岩を主としており、岩石は堅硬、緻密である。方解石脈が中央を上下流に近い方向で分布しており、これと直交する急傾斜割れ目が多く分布している。割れ目は風化（酸化汚染）しているが、試験面全体を切るのは2〜3条である。

(写真)





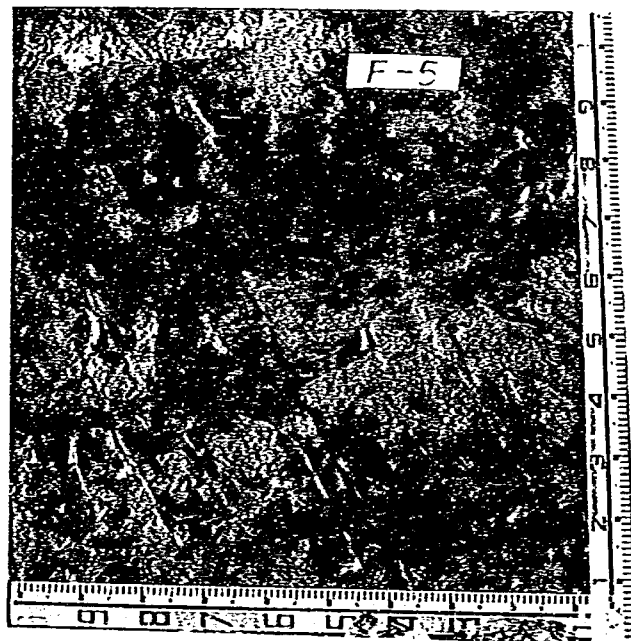
(既往岩盤試験の概要)

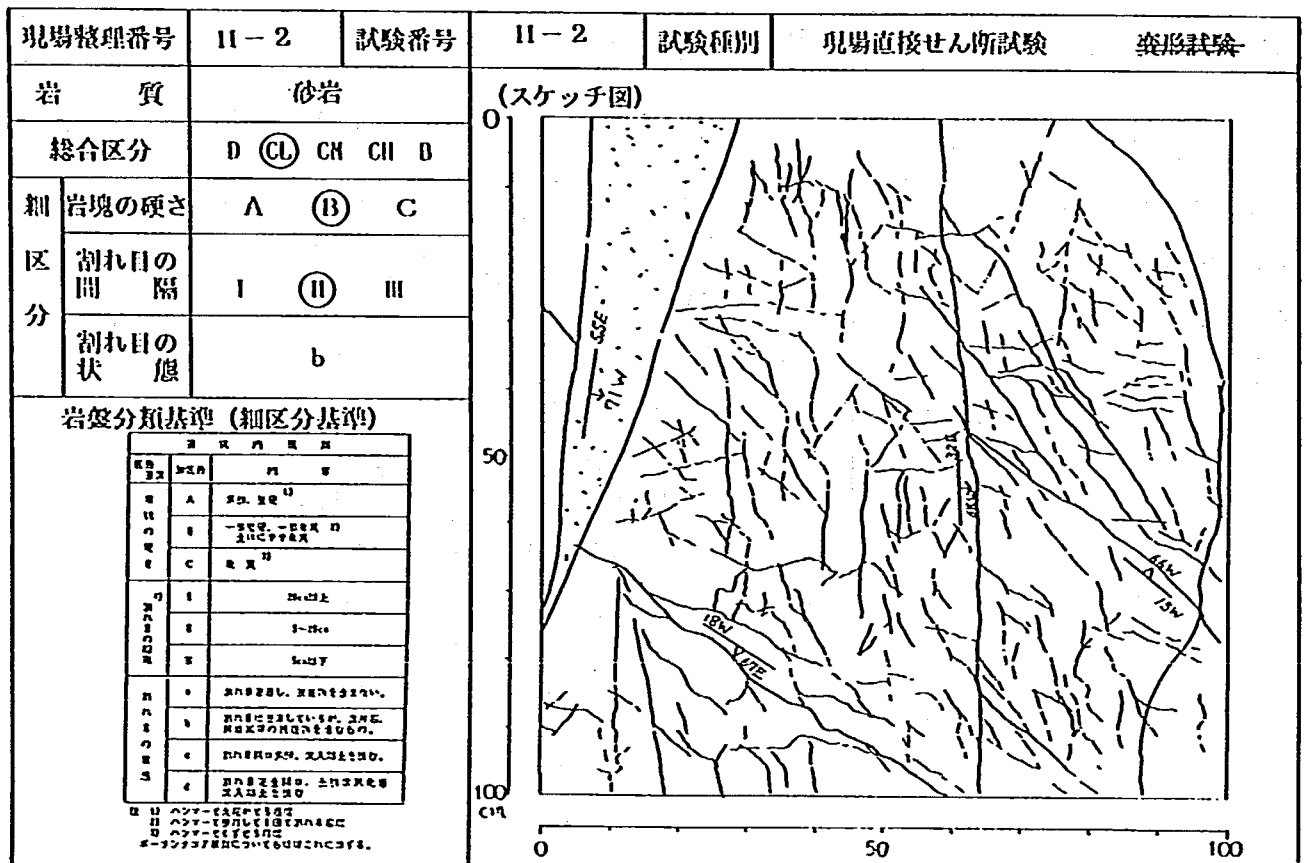
全般に塊状で堅硬な砂岩を主としており、前部に粘板岩を挟在している。

割れ目は粘板岩にそった左右岸方向で地層の方向と近似しており、全般に割れ目が酸化していることが多い。一方、方解石脈が左右岸に45°方向で発達し、これらの地層を分断している。

割れ目間隔は、やや広く数cm~10数cmのブロック状となっている。また、上流寄りの左右岸方向に北傾斜の片状ゾーンが見られ、割れやすくなっている。

(写真)

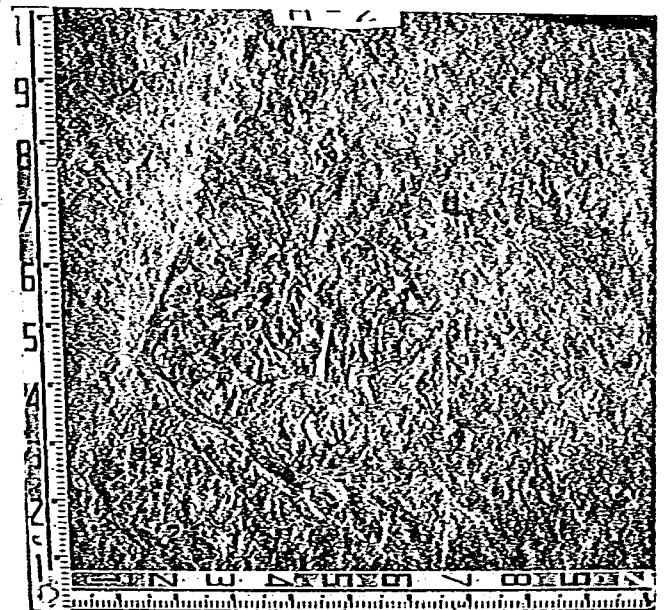


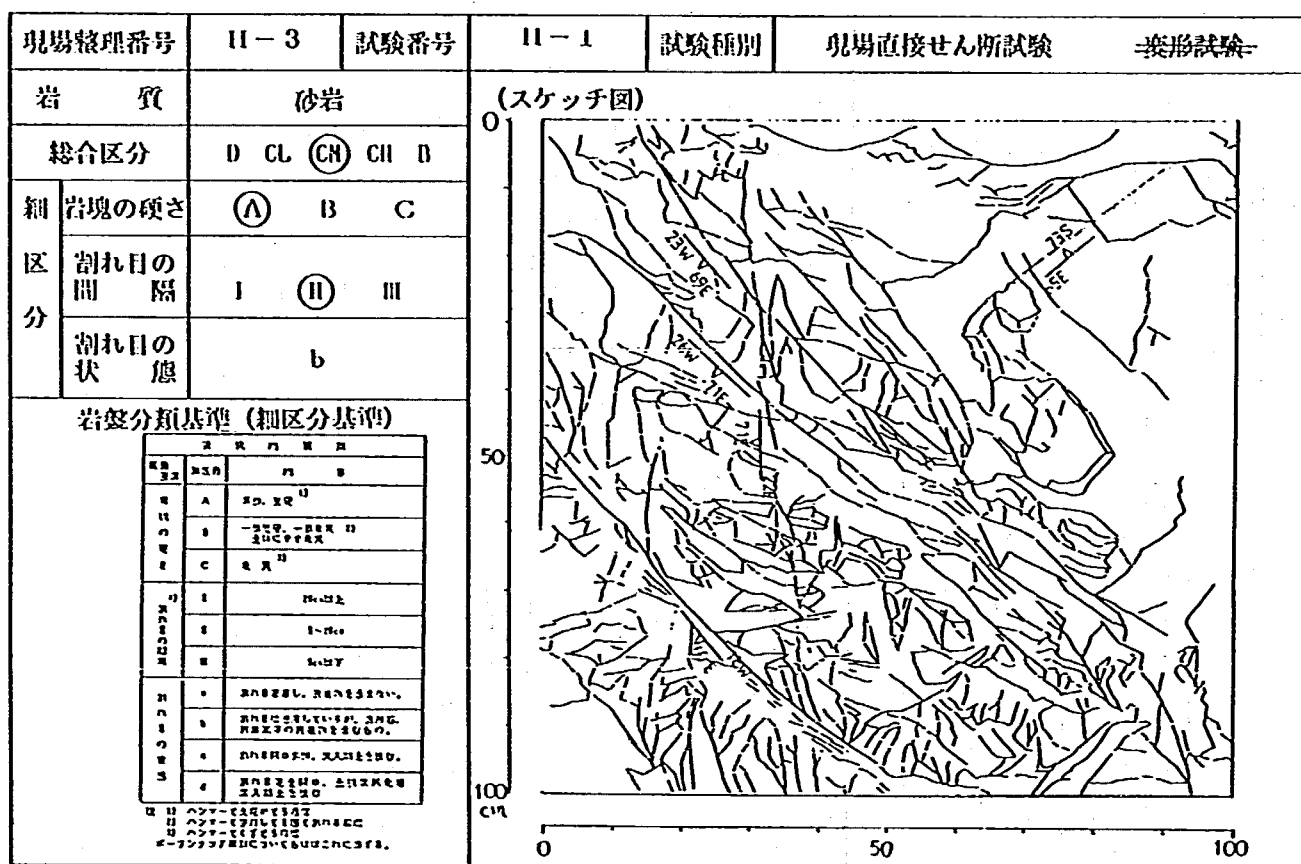


(既往岩盤試験の概要)

全体に岩盤中で破断を生じている。中央付近が深くえぐりとられているが、坑奥側の部分はあまりえぐられずに平坦な面として残っている。NNE (N20~30° E) およびENE (N60~70° E) 方向の割れ目が目立ち、これらに沿った破断面が多い。NNEの割れ目は若干の破砕を伴い、灰色の粘土を挟んでいる。割れ目のうち50%程度は風化汚染を受けている。岩盤面上には破断を受けた岩片が浮石状にわずかに残るが、全体に表面のゆるみは少なく、浅部で破断されている。上流側および下流側の一部では、ブロック外側の岩盤も剥ぎとられている。全般に破砕状で一部に粘土を伴っており、C、級岩盤としてはD級に近い岩盤といえる。

(写真)





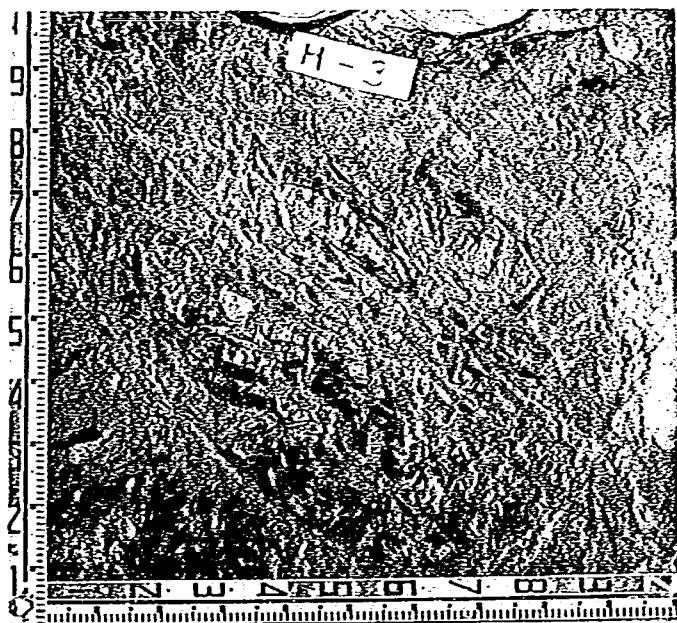
(既往岩盤試験の概要)

全体に岩盤内で割れ目に沿って破断を生じており、岩盤面が深くえぐりとられている。細かな節理面が組み合わさり、破断面を形成している。岩盤面に残された部分は、大半が破断されて礫石状となり、ゆるんでいる。円柱部（とくに下流側および坑口側）は小岩片状となっている。岩盤面上の流紋には、低角の節理を主体とする面に沿って帯状（横坑方向）に淡いオレンジ色の粘土が付着している。

ブロック上流端の発露スチロールの上にも割りとられた岩盤がほぼ全面に付着している。

割れ目がやや大まかで風化汚染が少なく見かけが比較的現状であるため、試験前は低めのC_u級と分類したが、潜在的な割れ目が多く一部で粘土を伴うこと、また、それらに沿ってゆるみやすい岩盤であるため、試験岩盤はC_u級とすることが妥当であろうと判断される。

(写真)



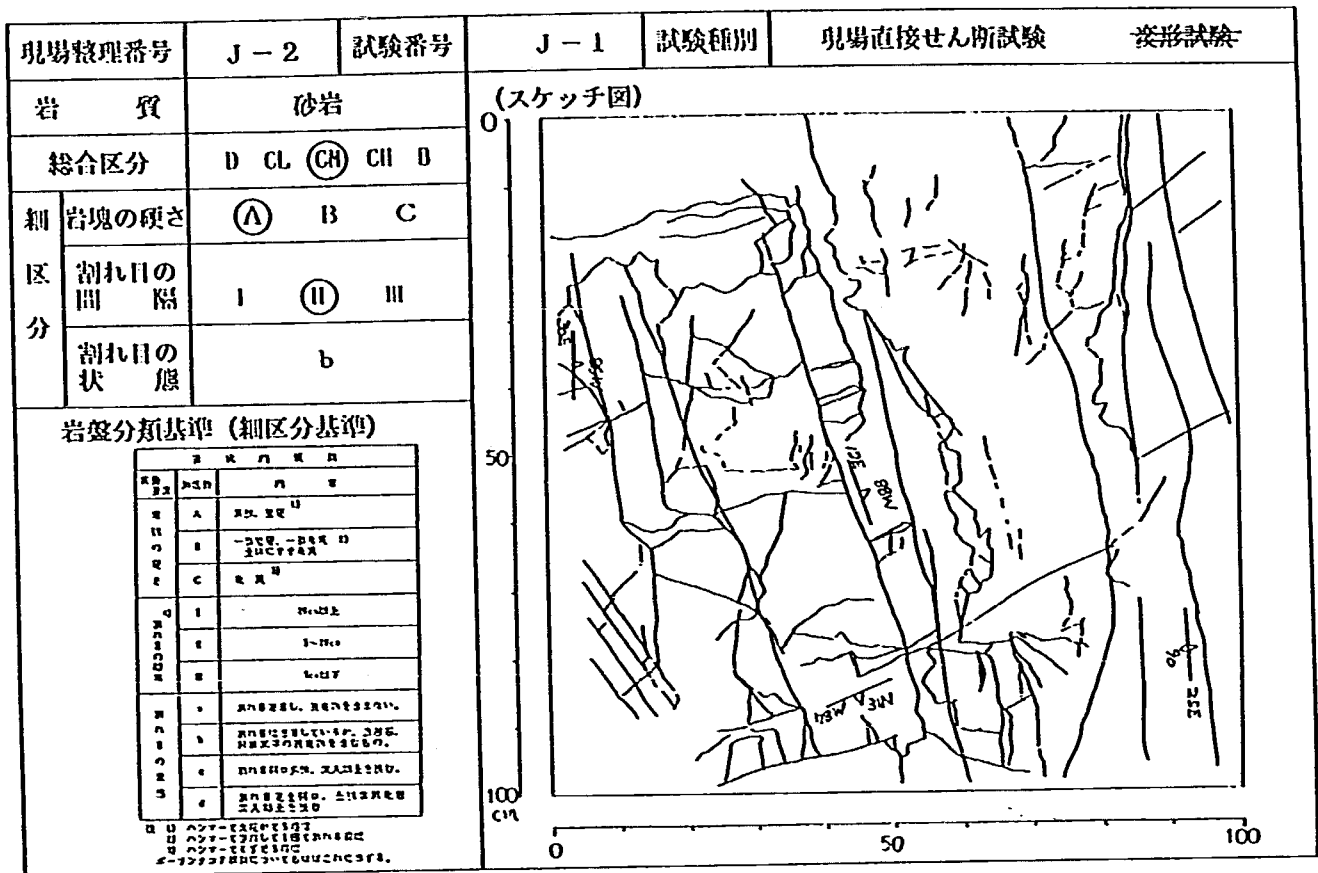
現場整理番号	J-1	試験番号	J-2	試験種別	現場直接せん断試験	変形試験																					
岩 質	砂岩																										
総合区分	D CL (CN) CH B																										
細 区 分	岩塊の硬さ	(A) B C																									
	割れ目の間 隔	I (II) III																									
	割れ目の状 態	b																									
岩盤分類基準 (細区分基準) <table border="1"> <thead> <tr> <th>硬さ</th><th>割れ目の間隔</th><th>割れ目の状態</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td><td>20cm以上</td><td>割れ目を認む。割れ目の長さ約10cm。</td></tr> <tr> <td>B</td><td>10-20cm</td><td>割れ目を認む。割れ目の長さ約5cm。</td></tr> <tr> <td>C</td><td>5-10cm</td><td>割れ目を認む。割れ目の長さ約2cm。</td></tr> <tr> <td>D</td><td>2-5cm</td><td>割れ目を認む。割れ目の長さ約1cm。</td></tr> <tr> <td>E</td><td>1-2cm</td><td>割れ目を認む。割れ目の長さ約0.5cm。</td></tr> <tr> <td>F</td><td>0.5-1cm</td><td>割れ目を認む。割れ目の長さ約0.2cm。</td></tr> </tbody> </table>							硬さ	割れ目の間隔	割れ目の状態	A	20cm以上	割れ目を認む。割れ目の長さ約10cm。	B	10-20cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約5cm。	C	5-10cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約2cm。	D	2-5cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約1cm。	E	1-2cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約0.5cm。	F	0.5-1cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約0.2cm。
硬さ	割れ目の間隔	割れ目の状態																									
A	20cm以上	割れ目を認む。割れ目の長さ約10cm。																									
B	10-20cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約5cm。																									
C	5-10cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約2cm。																									
D	2-5cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約1cm。																									
E	1-2cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約0.5cm。																									
F	0.5-1cm	割れ目を認む。割れ目の長さ約0.2cm。																									
(スケッチ図)																											

(既往岩盤試験の概要)

坑奥、やや上流寄りの部分がほぼ水平な割れ目に沿って破断している。この割れ目は整形而下約10cmのところであり、流入粘土が付着している。坑口側の部分のうちとくに下流側はコンクリートの付着面付近で破断しており、岩盤表面はゆるんだ部分が多くなっている。岩盤面には上下流方向、高角度の割れ目と、ほぼ水平な割れ目が発達している。中央のやや坑口寄りには破断された大小の岩片が残される。岩質は細粒の砂岩であり、全体に塊状の岩盤を形成するが、やや変質気味の坑奥側の岩盤がゆるんでいたものと考えられる。

(写真)

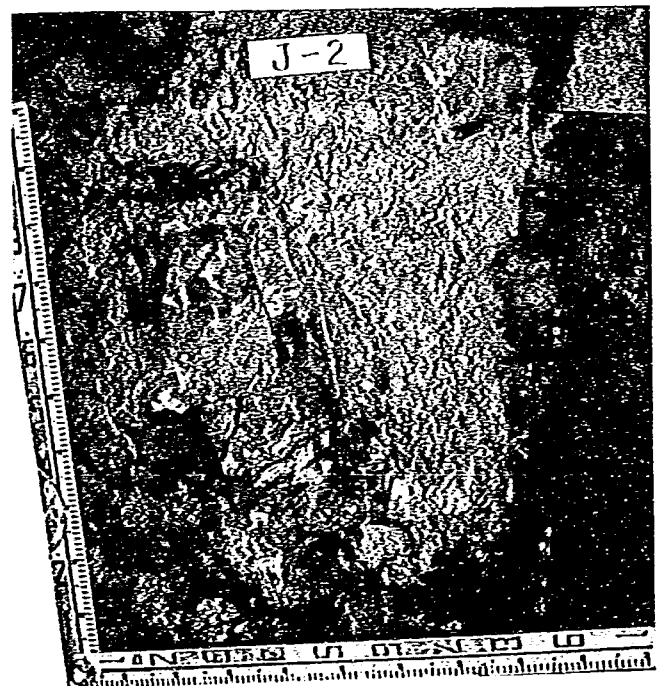




(既往岩盤試験の概要)

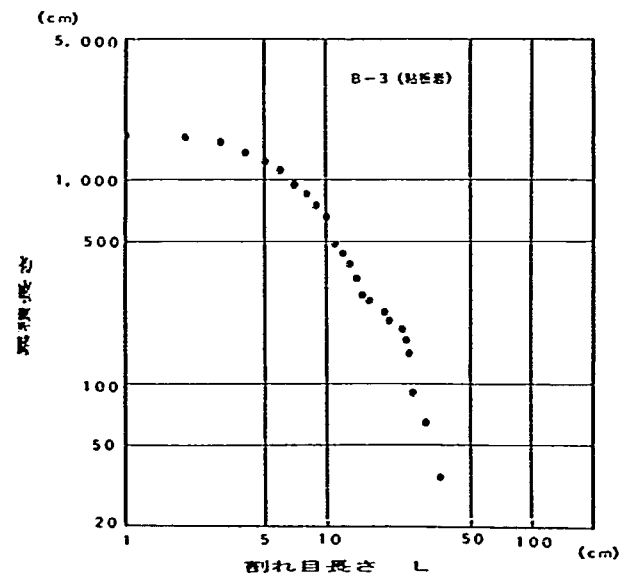
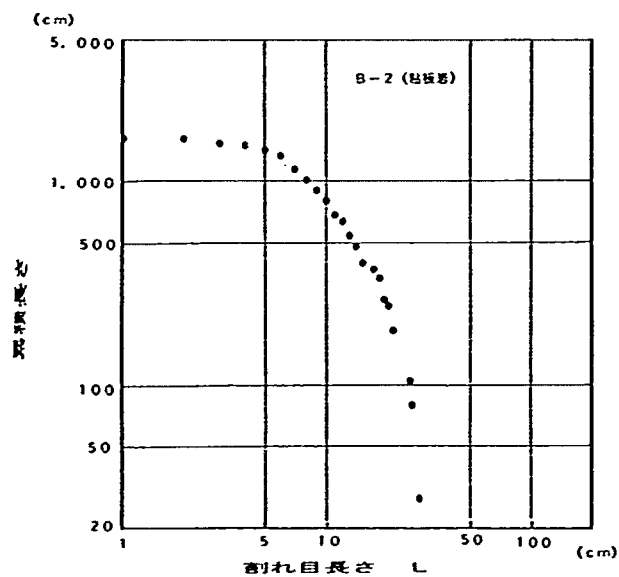
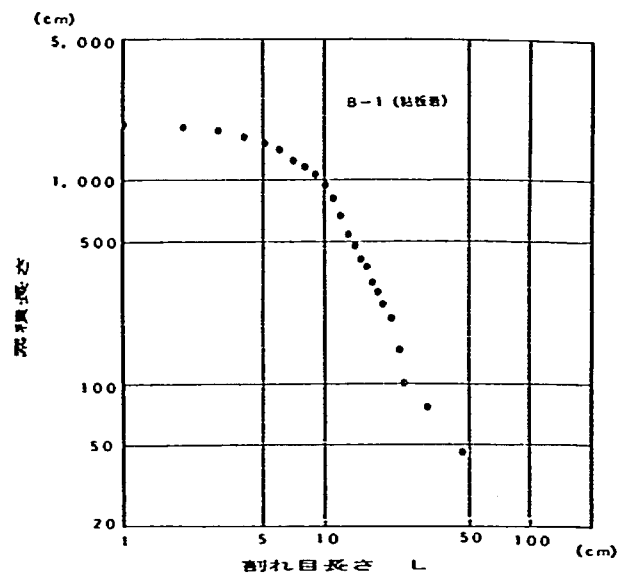
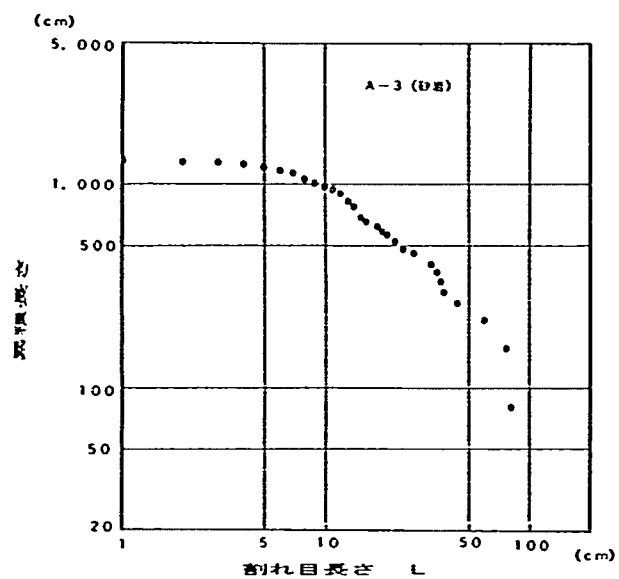
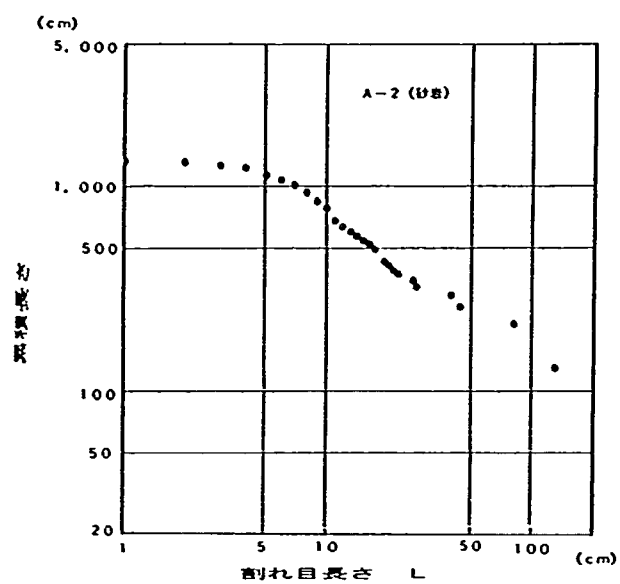
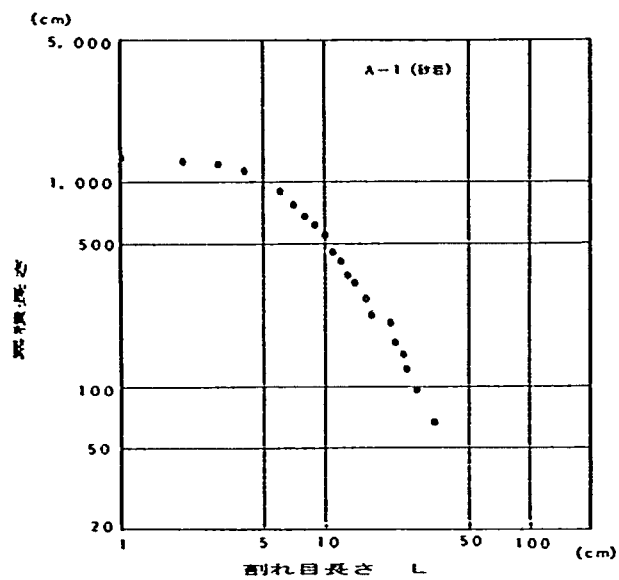
坑口上流側の部分は岩盤内で破断している。岩盤内の破断面積は全体の約50%を占める。その他の部分はコンクリート付着面付近で破断。一部低角の節理面に沿って割離し、ブロック表面に節理面の痕跡が残る。岩盤中の破断面は低角度の割れ目に沿うものが多い。これらの割れ目は風化汚染を伴い、流入粘土が付着するものもある。岩盤中の割れ目は上下流方向の高角度のものと、下流傾斜の低角度のものが発達している。上流端には一部コンクリートが残るが、その下位の岩盤中にも破断がおよんでいる。全体に塊状、新鮮で岩片も硬いが、割れ目がややゆるんでいるものと考えられる。

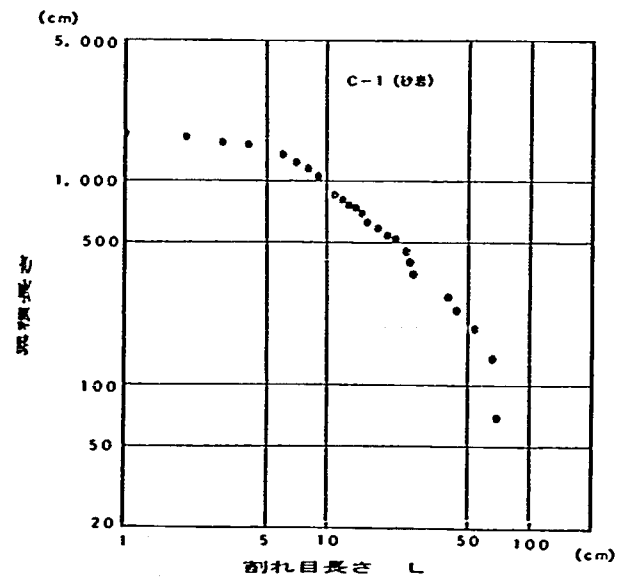
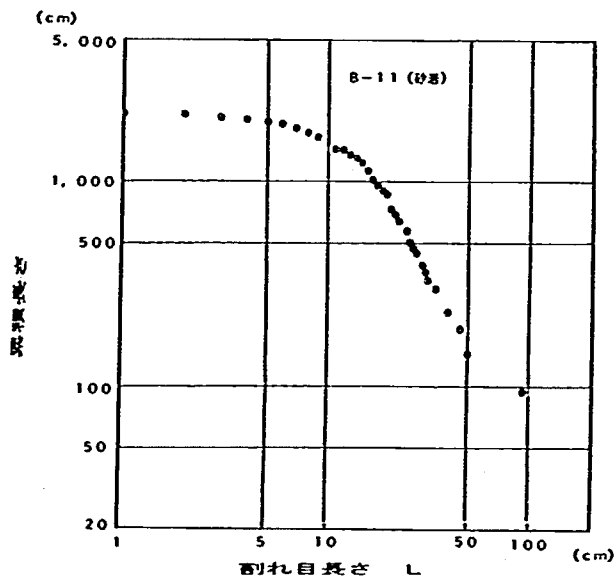
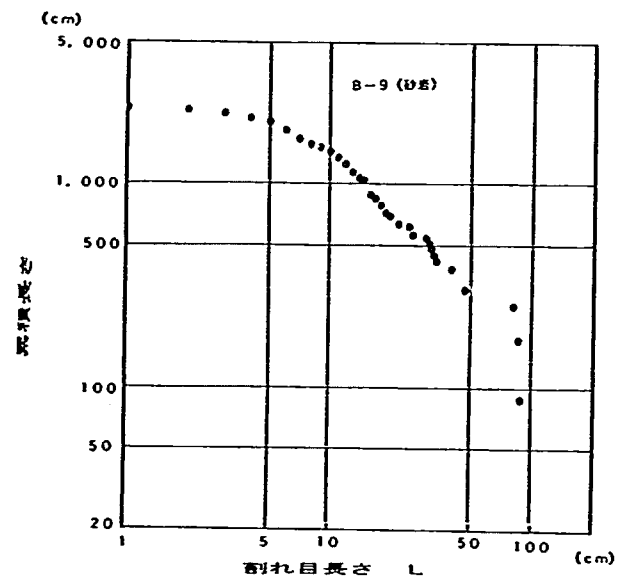
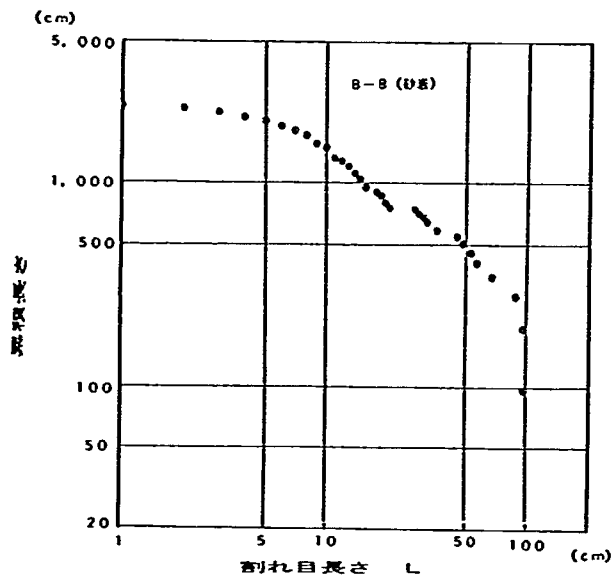
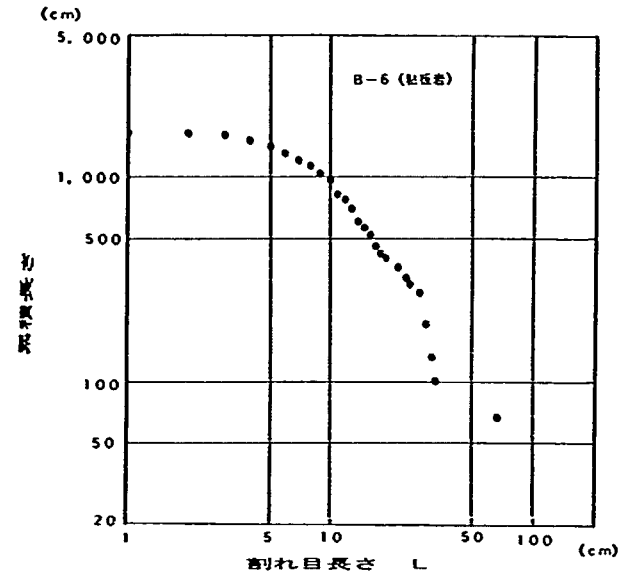
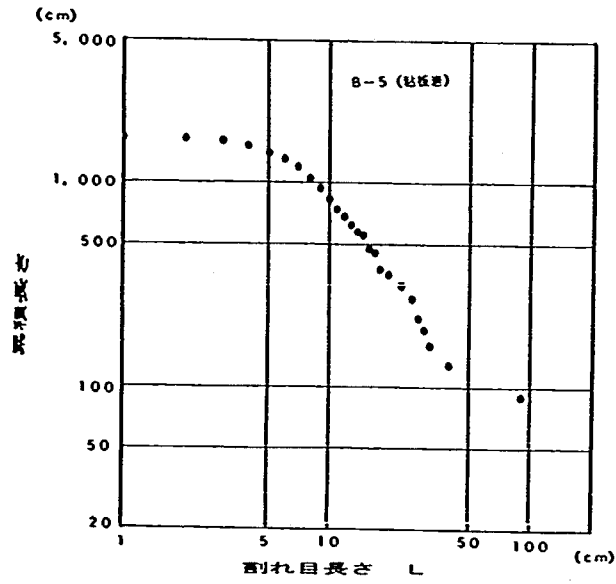
(写真)

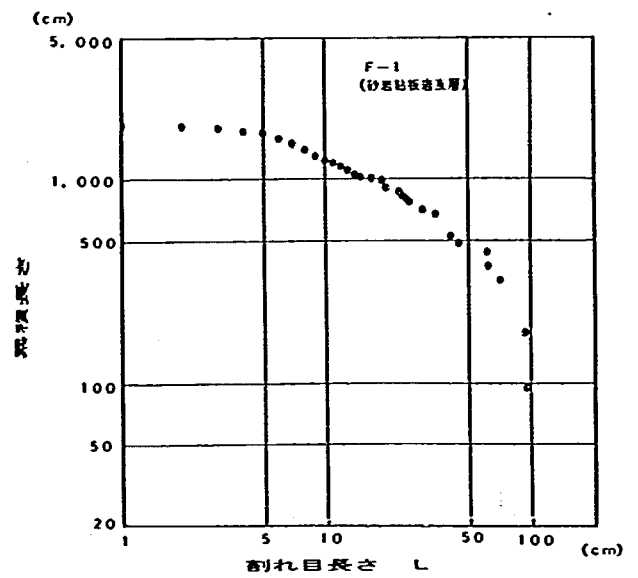
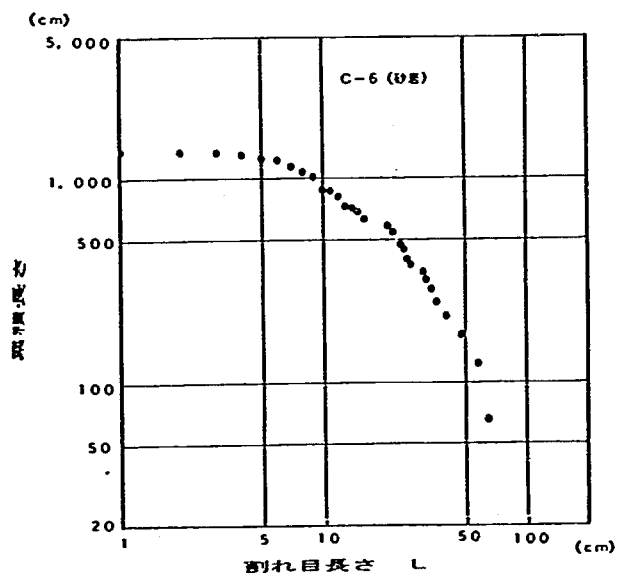
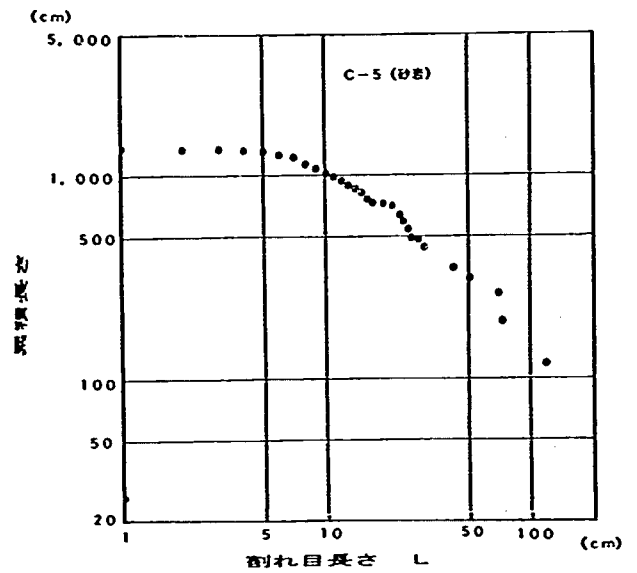
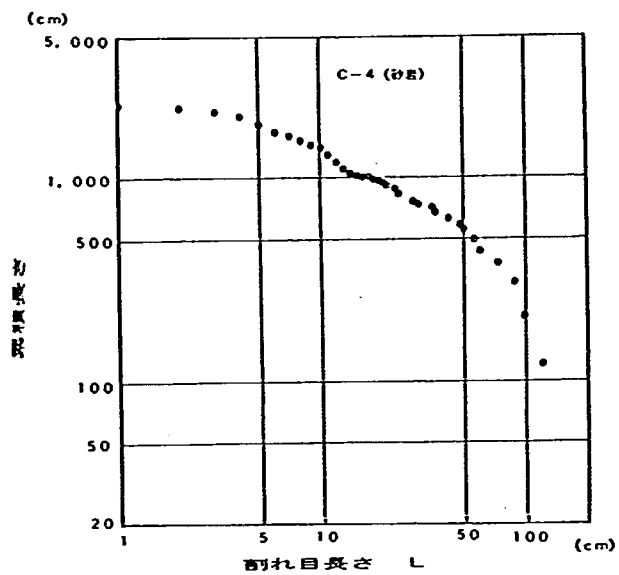
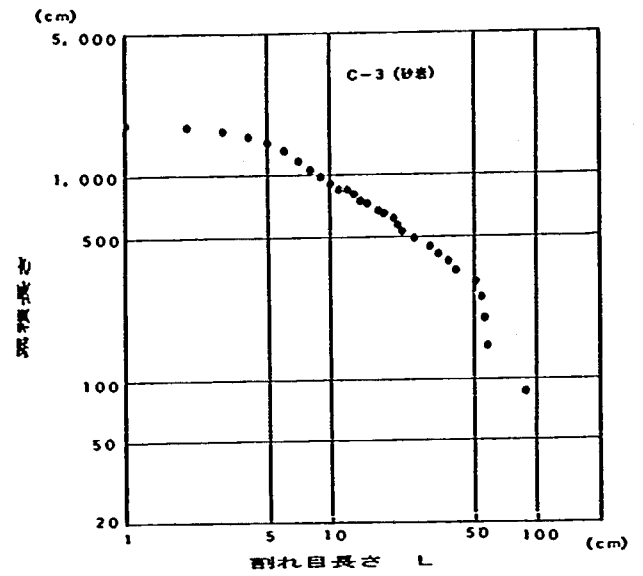
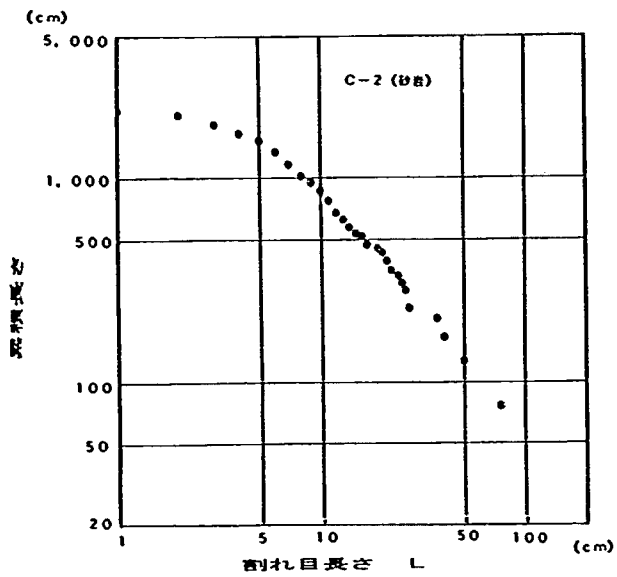


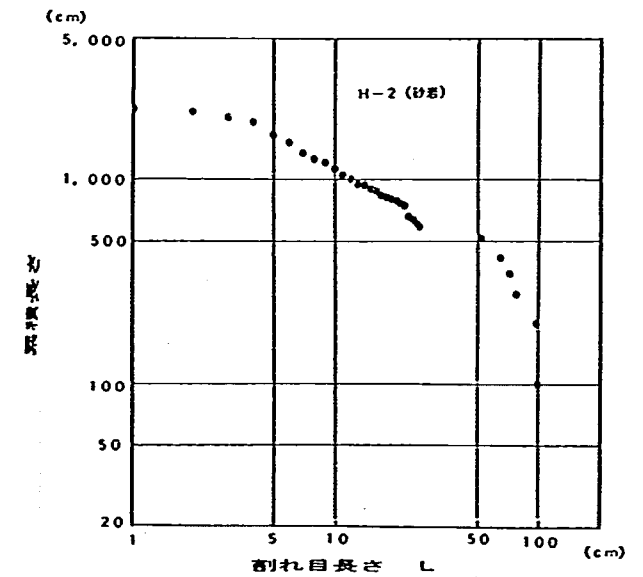
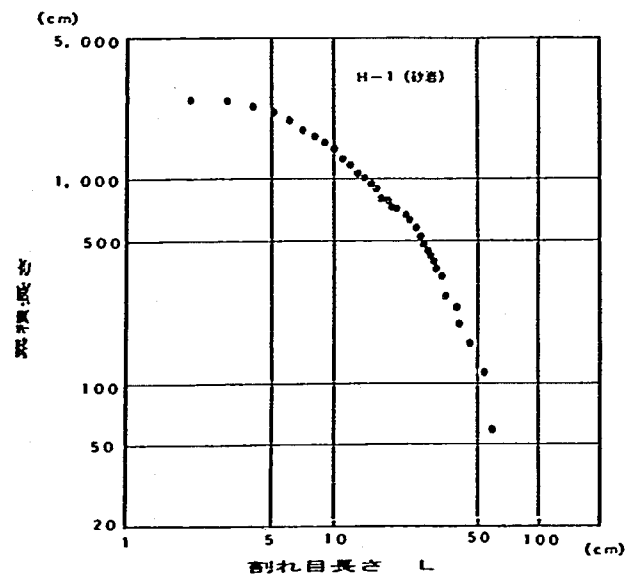
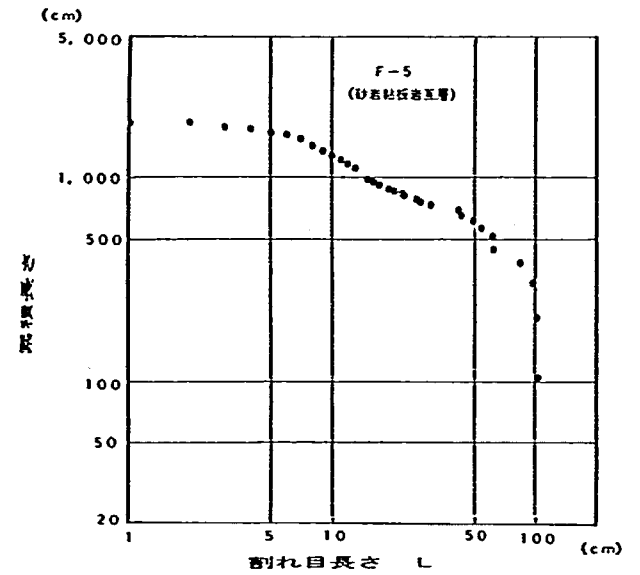
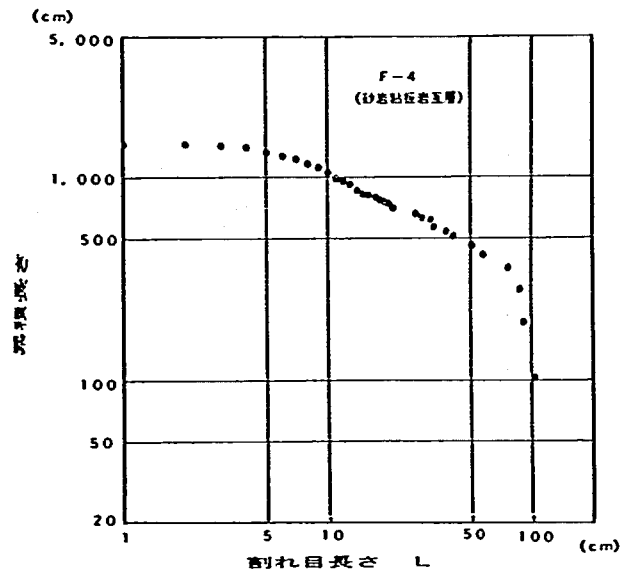
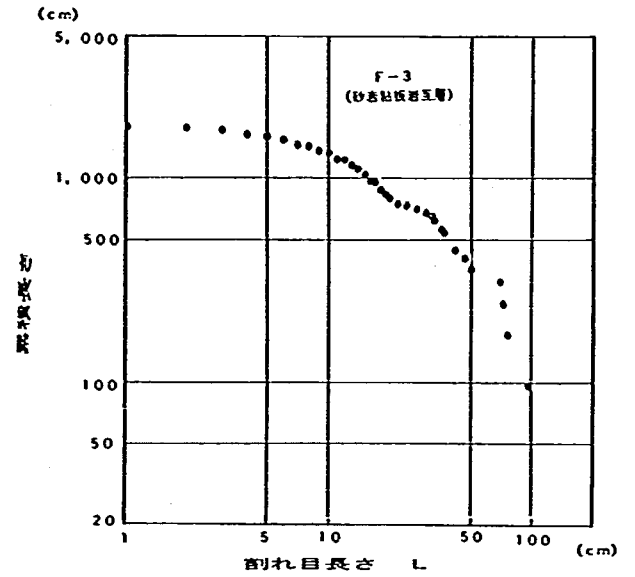
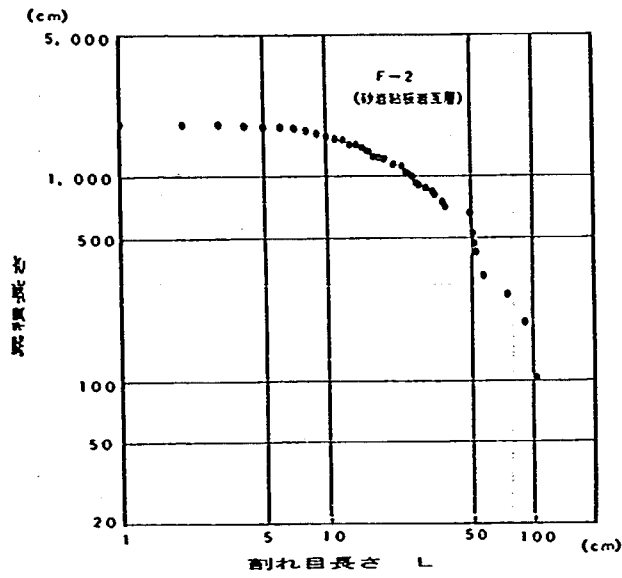
卷末資料 2

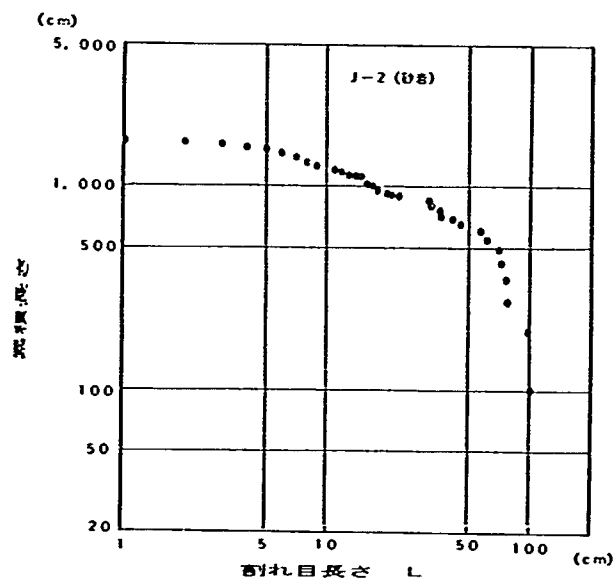
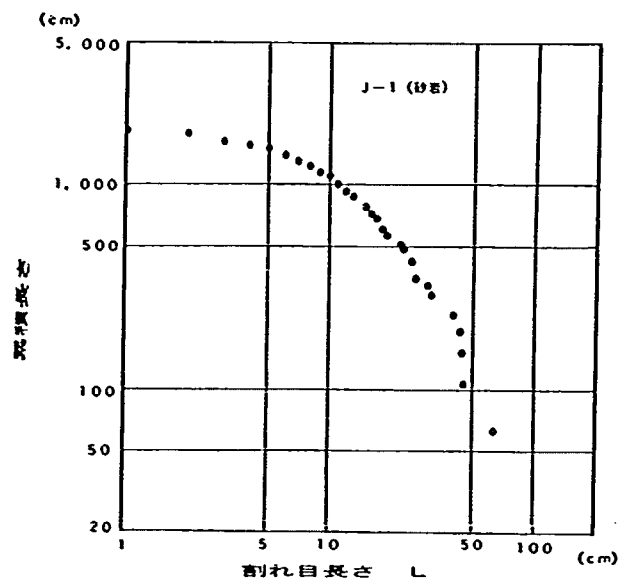
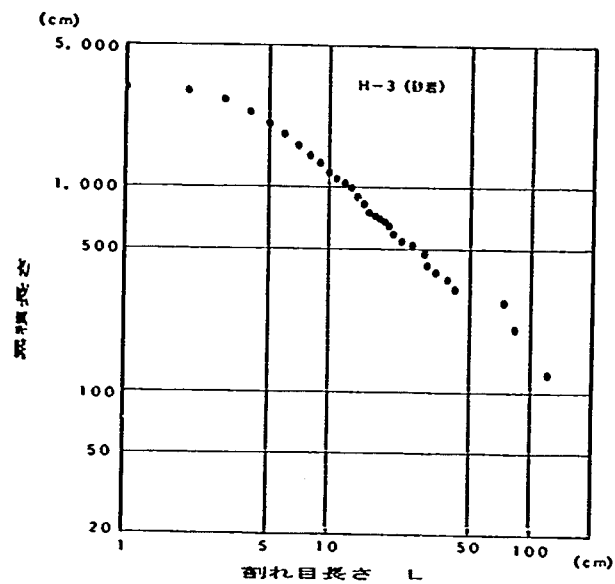
試験面における割れ目の累積長さ





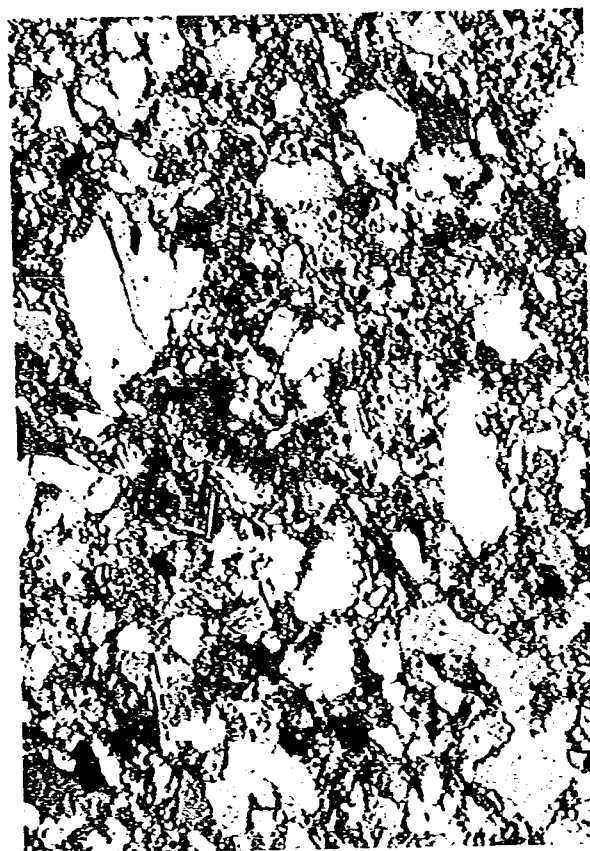






卷末資料 3

偏光顕微鏡による岩石の微細組織

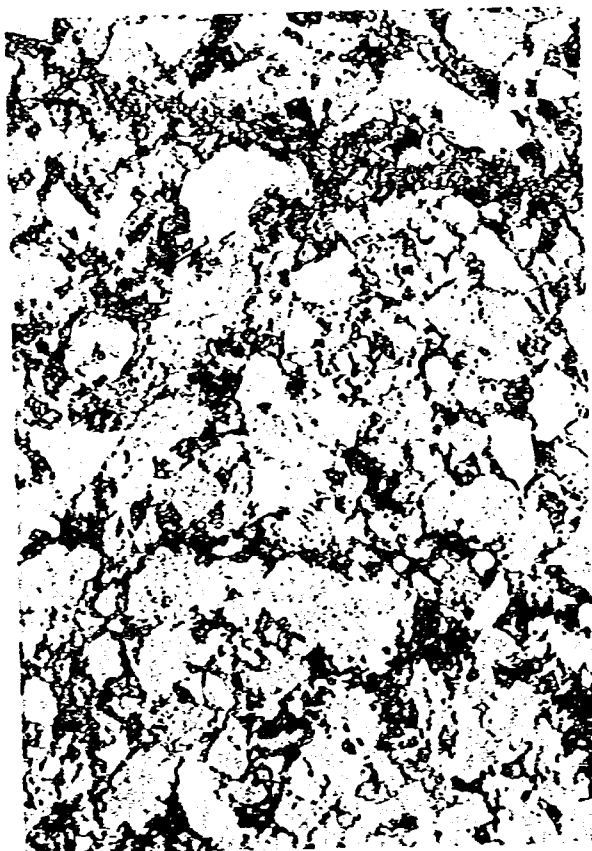


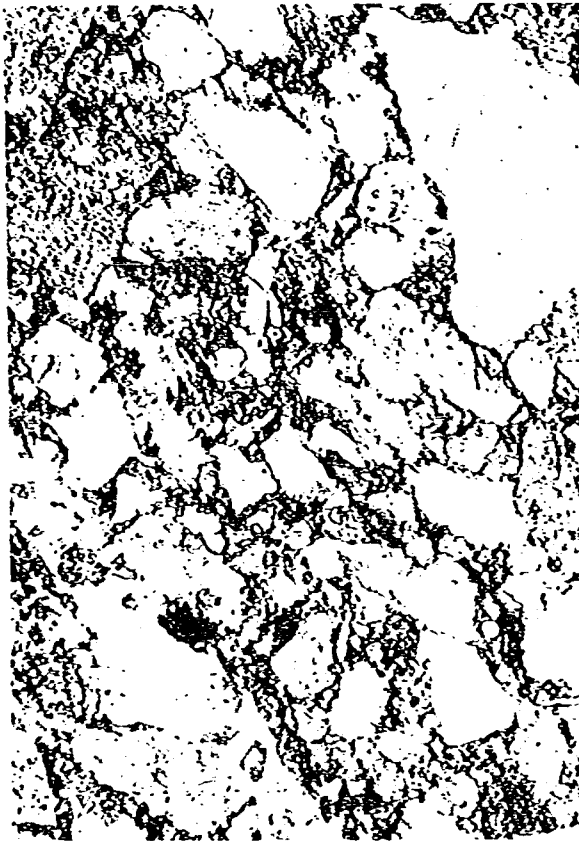
上: No. A-1

下: No. A-2

(左: オープンニコル 右: クロスニコル)

0.5 mm

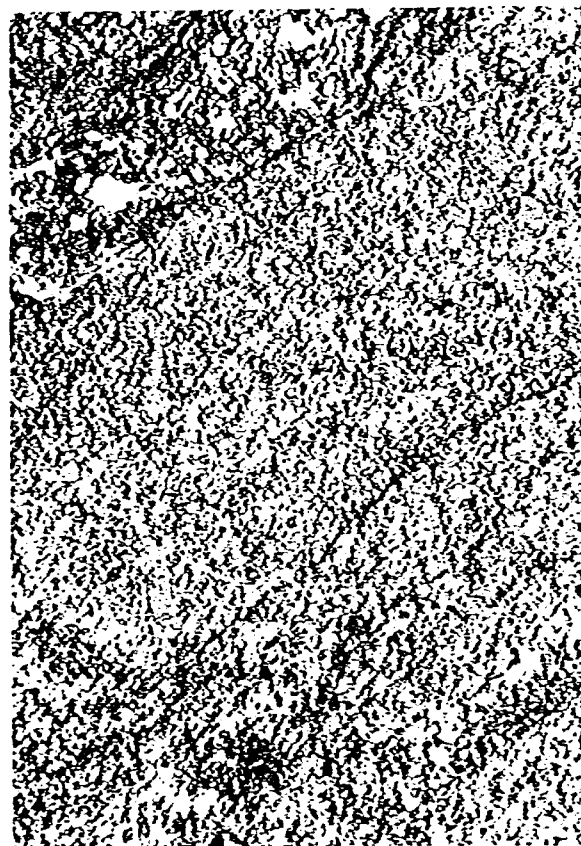




上：No. A-3
 下：No. B-1
 (左：オープンニコル 右：クロスニコル)

0.5 mm



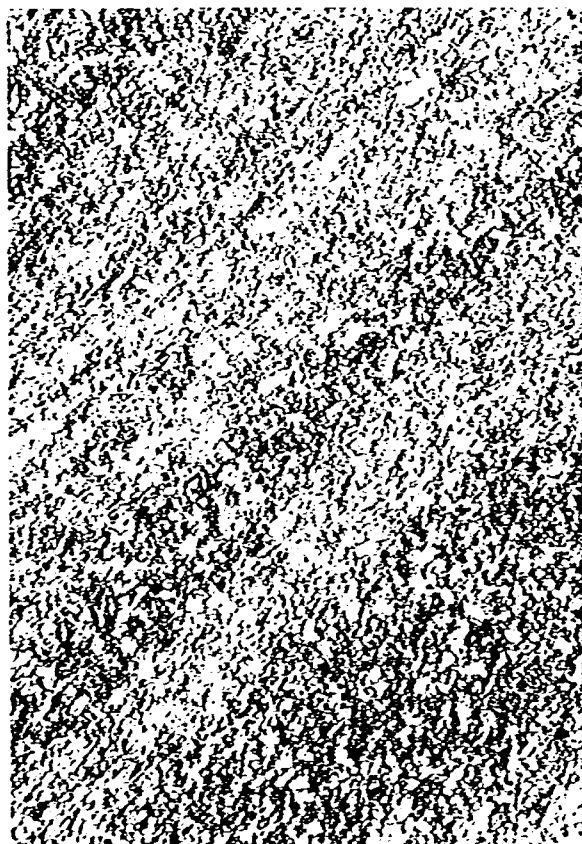


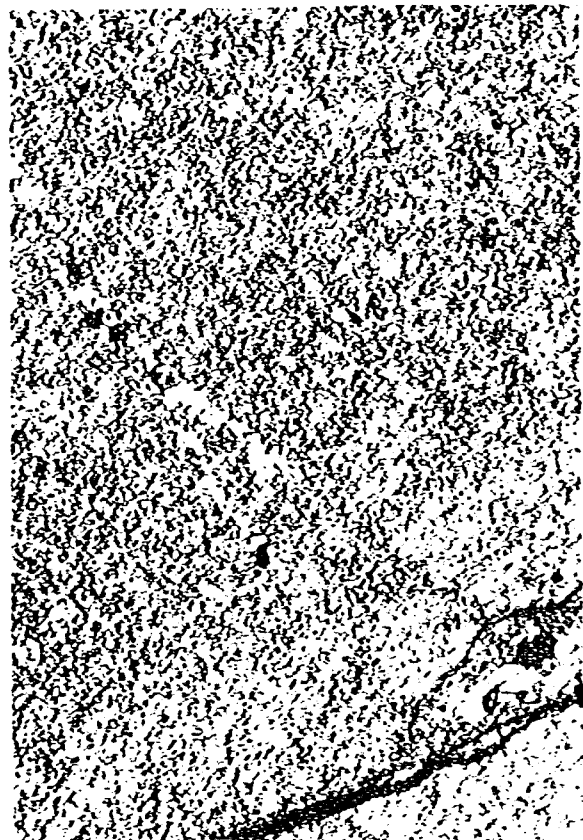
上：No. B-2

下：No. B-3

(左：オープンニコル 右：クロスニコル)

0.5 mm



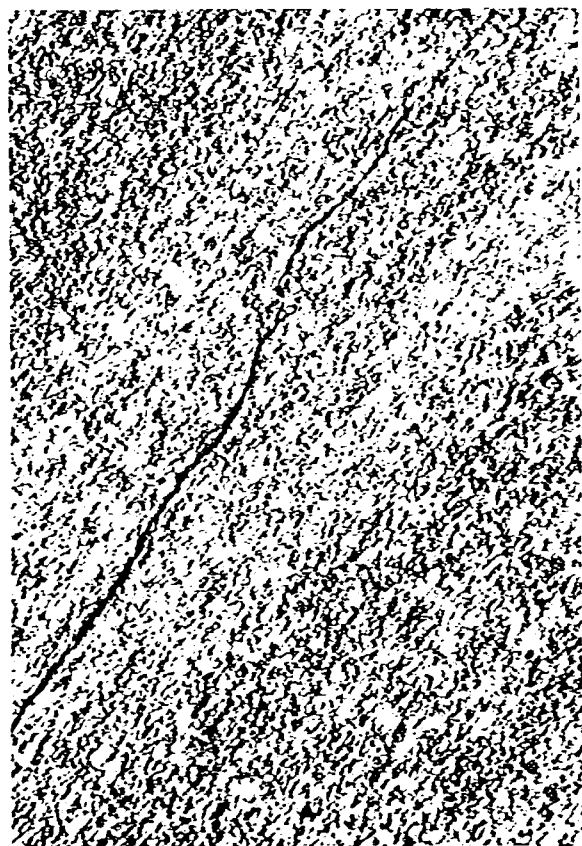
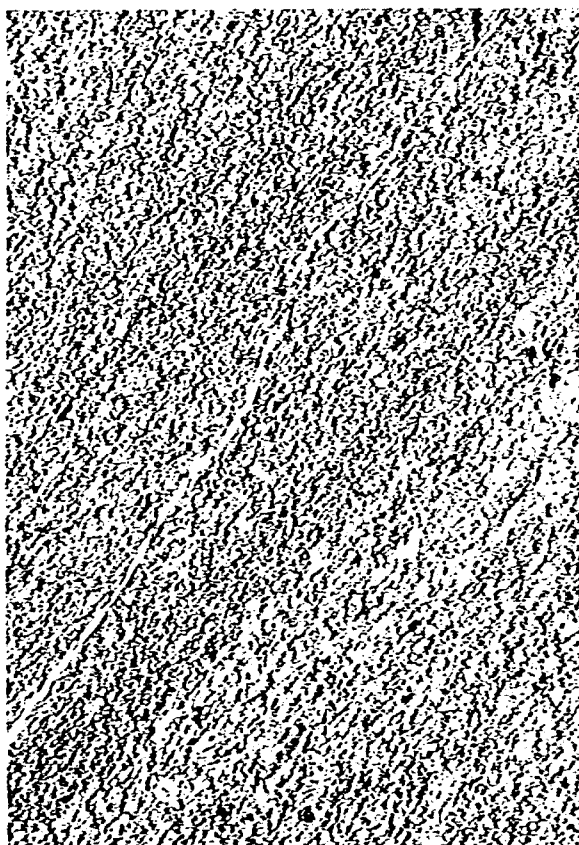


上：No. B-5

下：No. B-6

(左：オープンニコル 右：クロスニコル)

0.5 mm



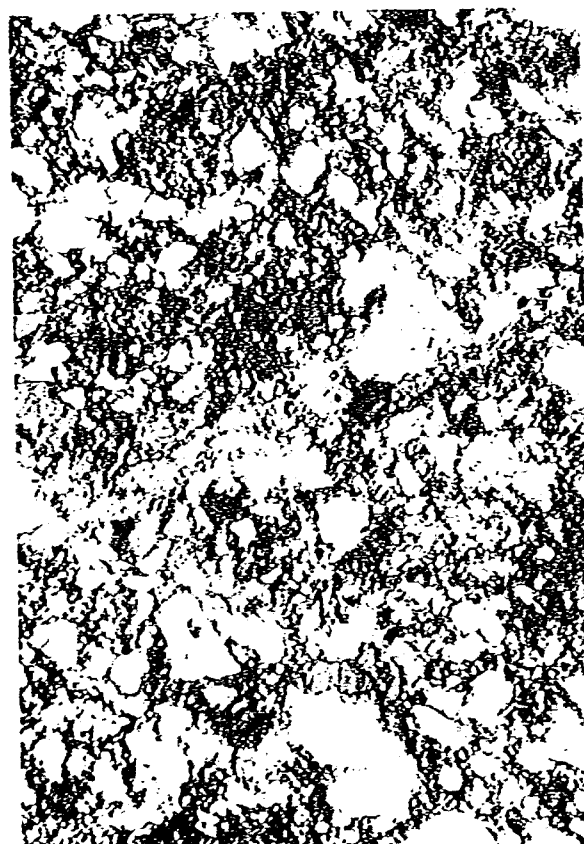
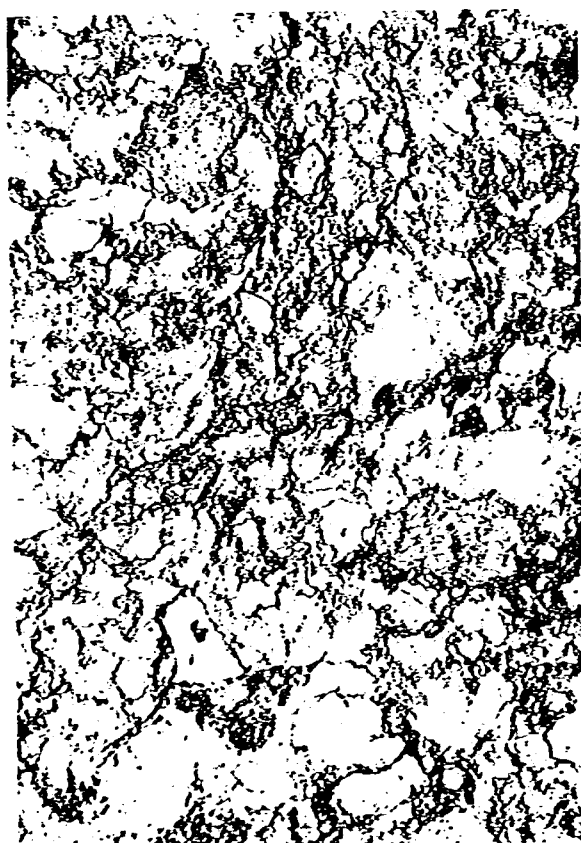


上：No. B-8

下：No. B-9

(左：オープンニコル 右：クロスニコル)

0.5 mm



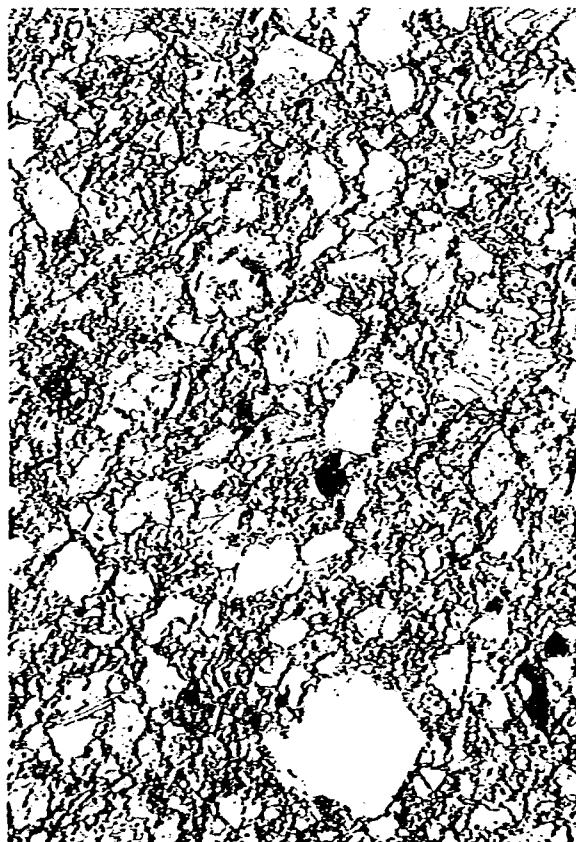


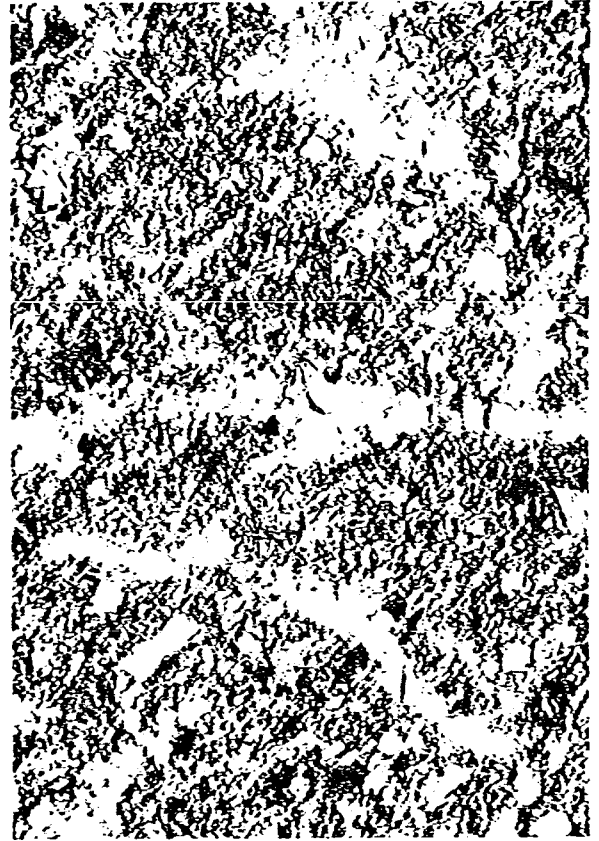
上：No. B-11

下：No. C-1

(左：オープンニコル 右：クロスニコル)

0.5 mm





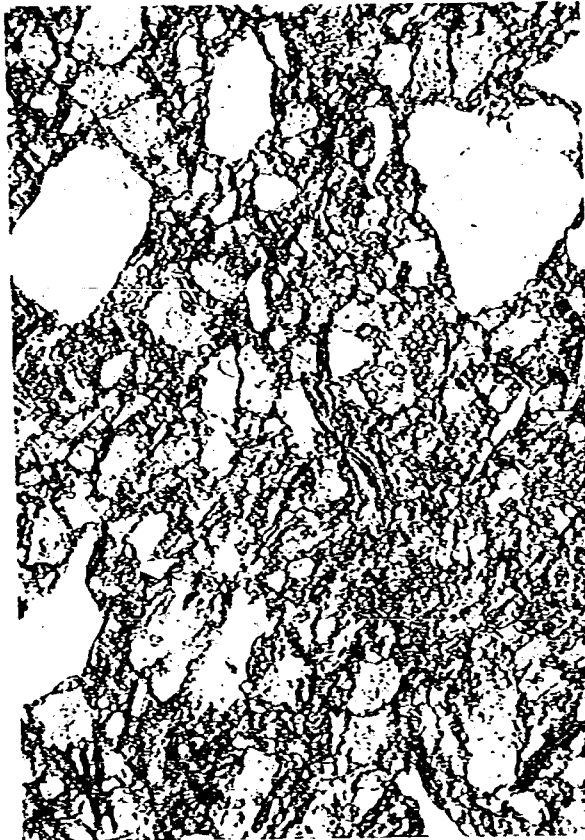
上: No. C-2

下: No. C-3

(左: オープンニコル 右: クロスニコル)

0.5 mm



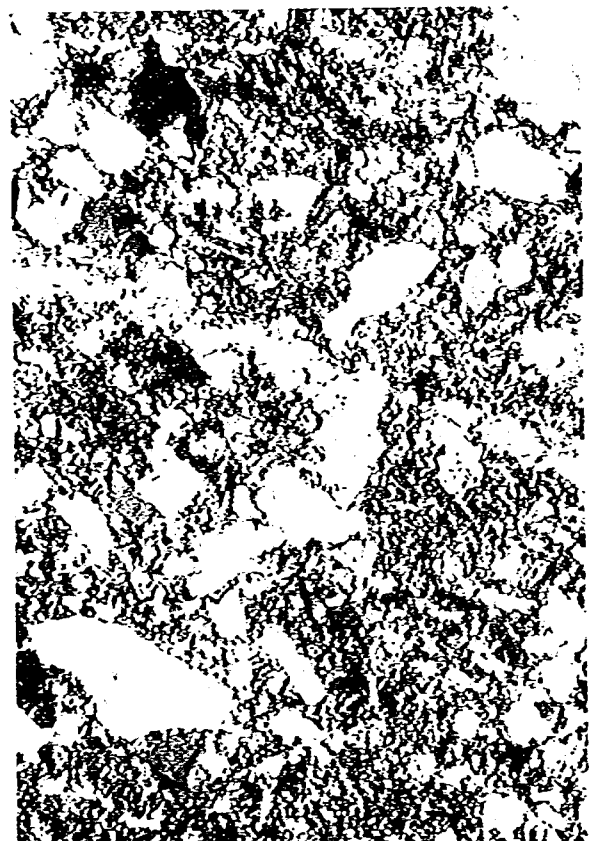
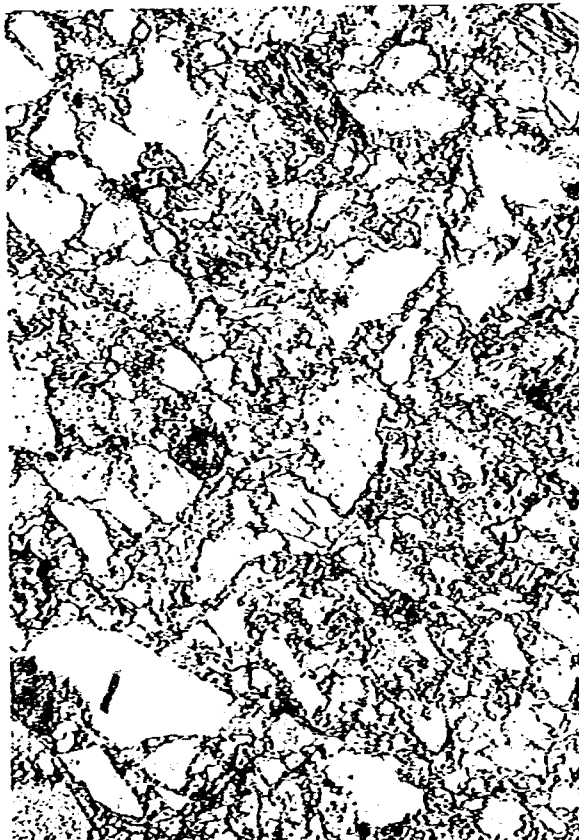


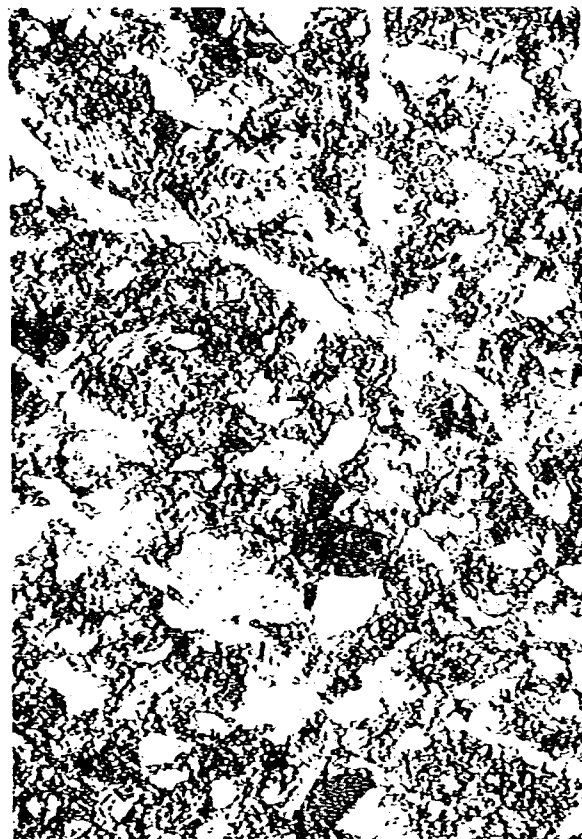
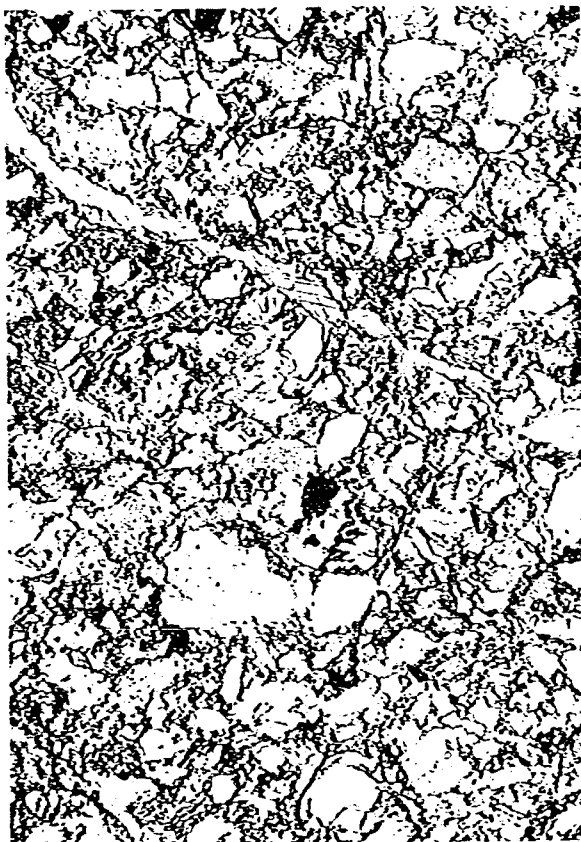
上：No. C-4

下：No. C-5

(左：オープンニ科尔 右：クロスニ科尔)

0.5 mm



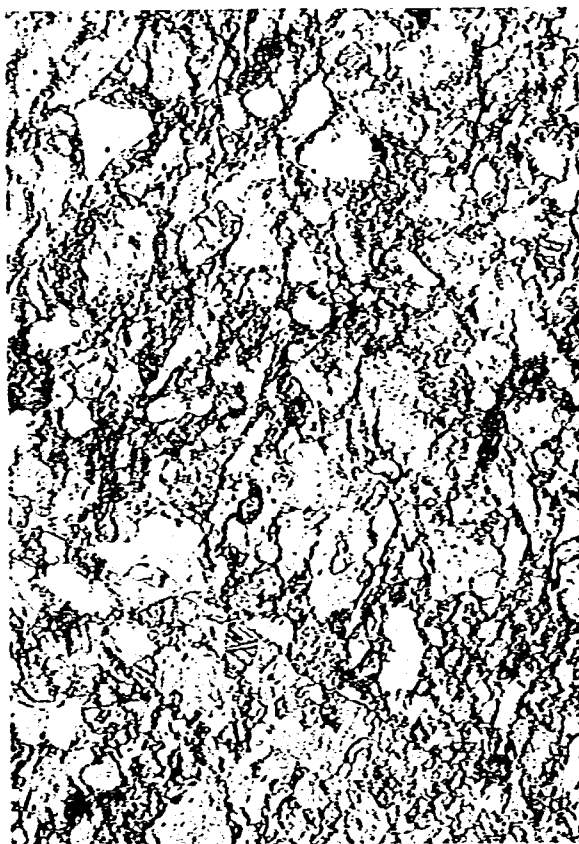


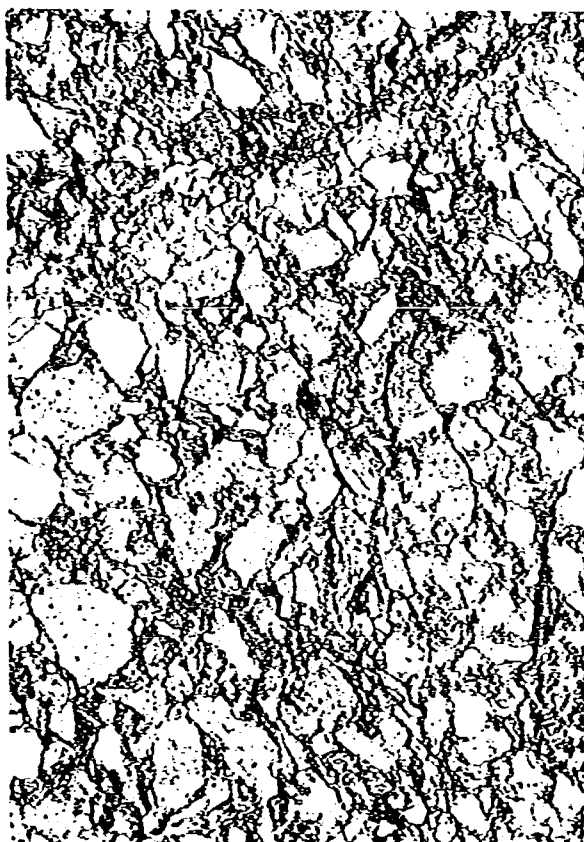
上：No. C-6

下：No. F-1

(左：オープンニコル 右：グロスニコル)

0.5 mm



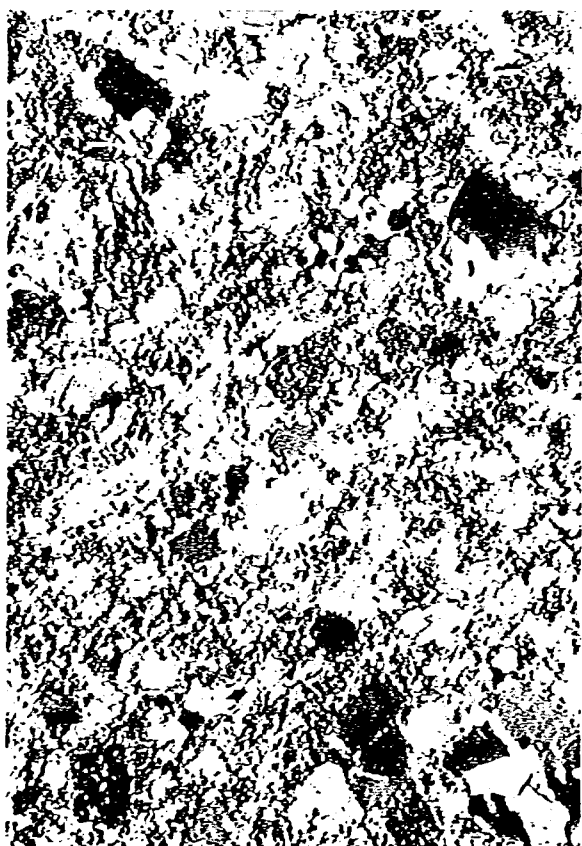
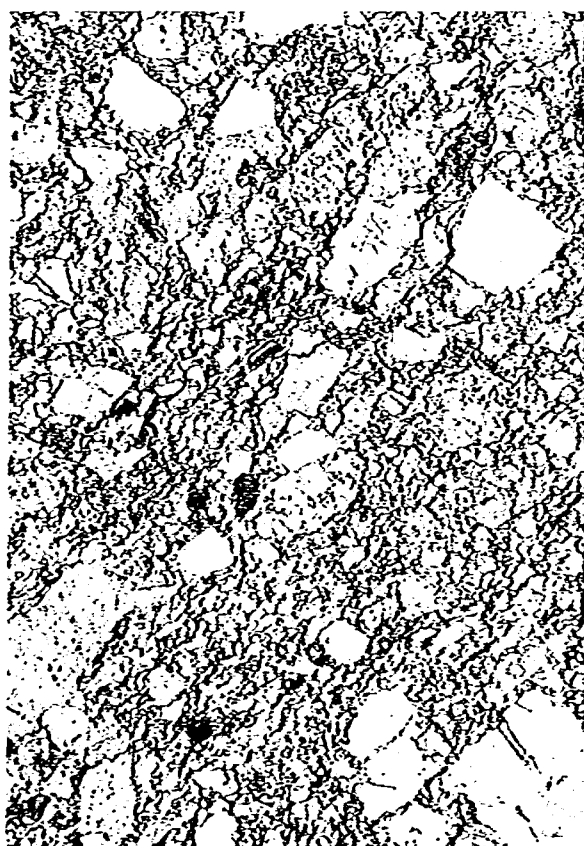


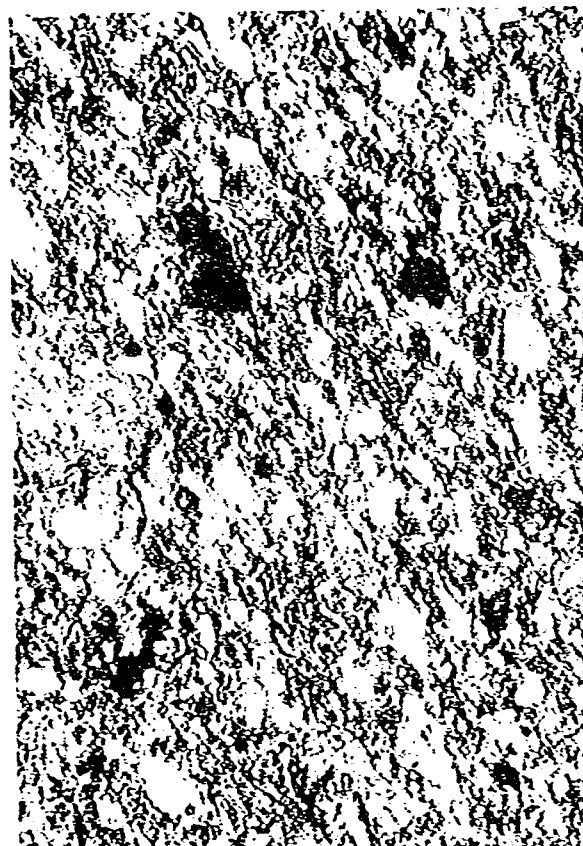
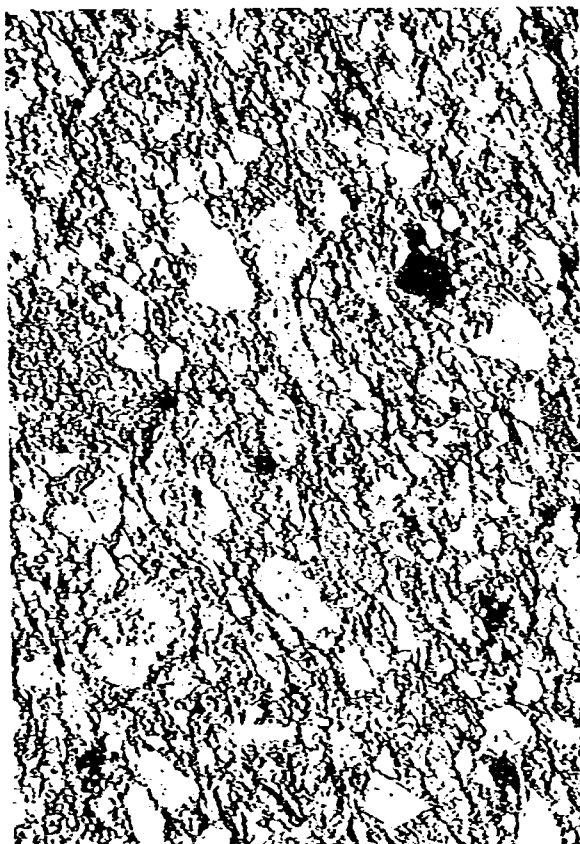
上：No. F-2

下：No. F-3

(左：オープンニコル 右：クロスニコル)

0.5 mm



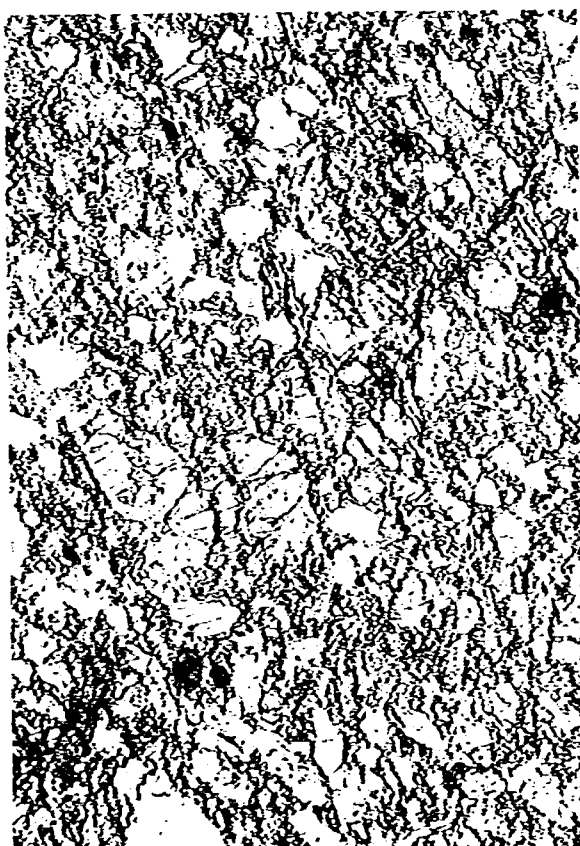


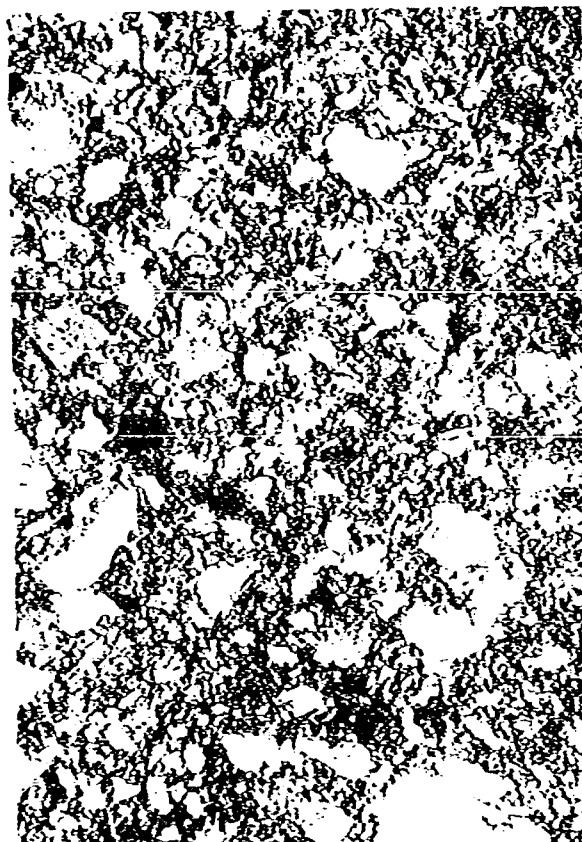
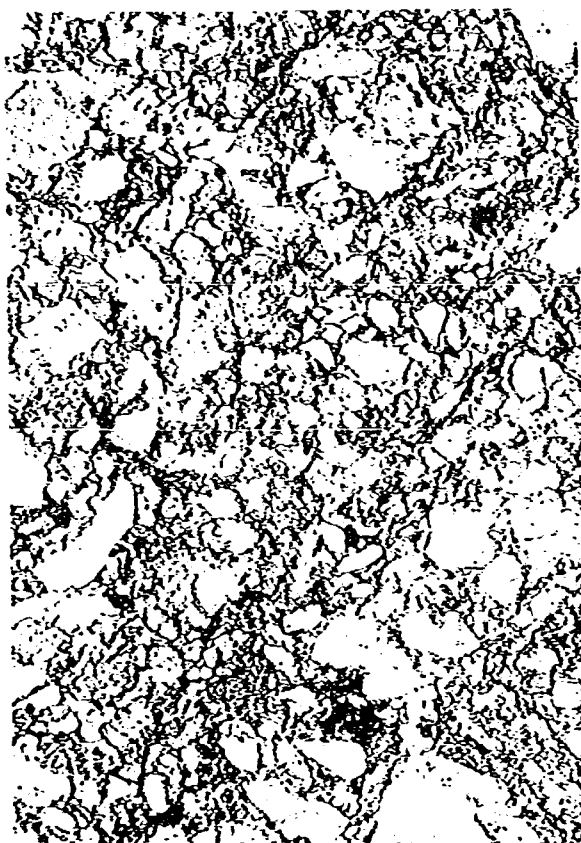
上: No. F-4

下: No. F-5

(左: オープンニコル 右: クロスニコル)

0.5 mm



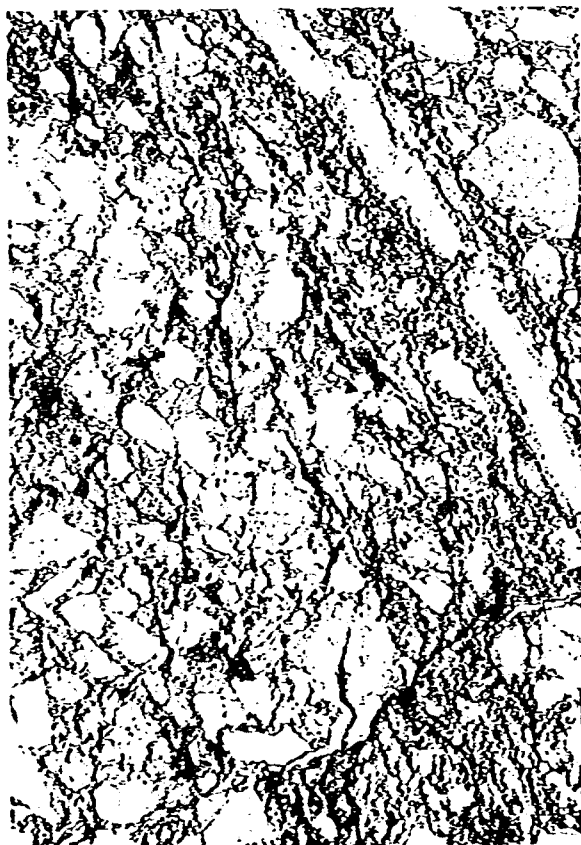


上：No. H-1

下：No. H-2

(左：オープンニコル 右：クロスニコル)

0.5 mm



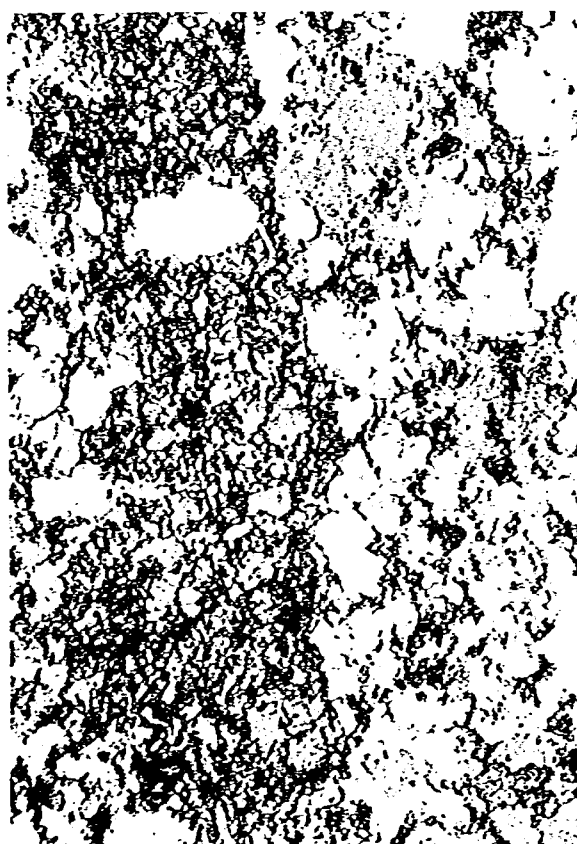


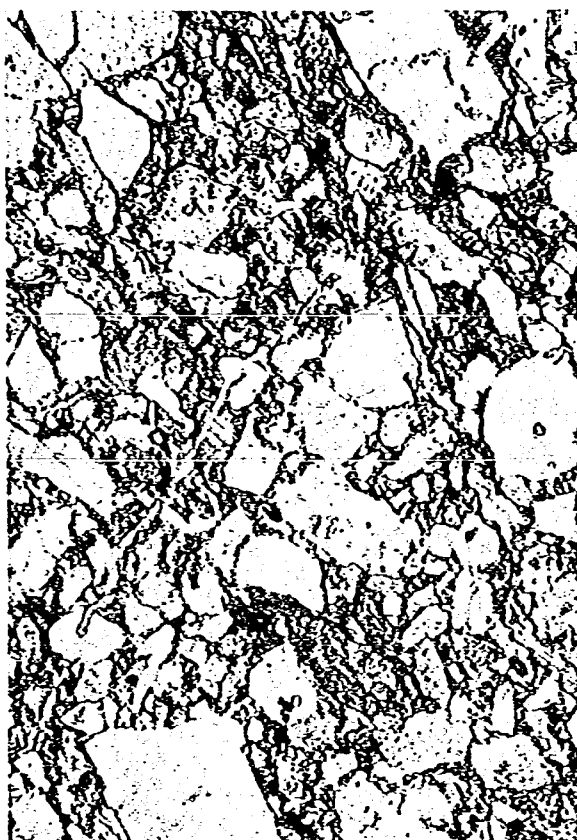
上: No. H-3

下: No. J-1

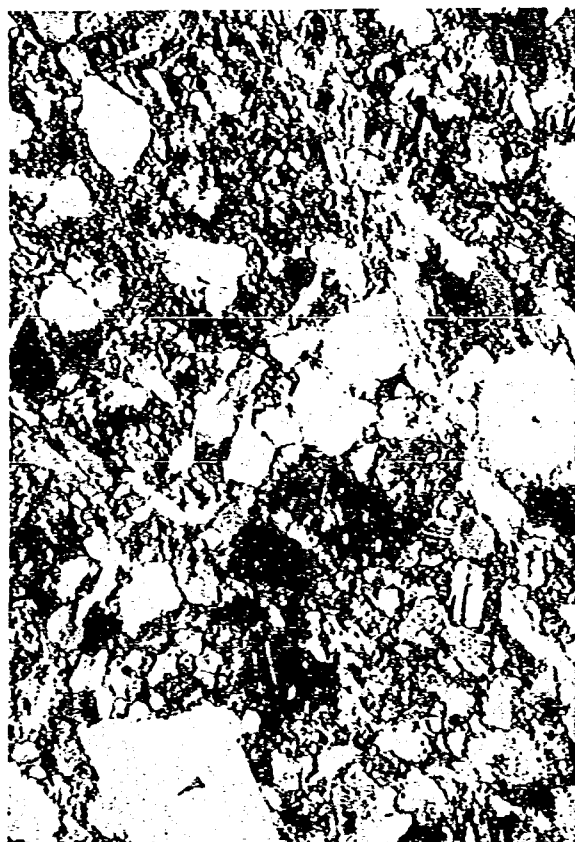
(左: オープンニコル 右: クロスニコル)

0.5 mm





上: No. J-2



0.5 mm

卷末資料 4

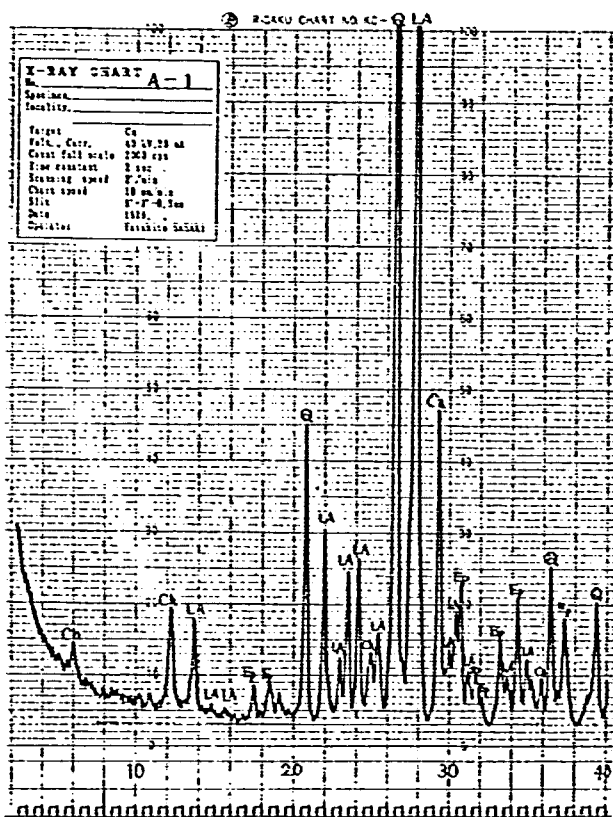
粉末 X 線回析試験結果

試験条件

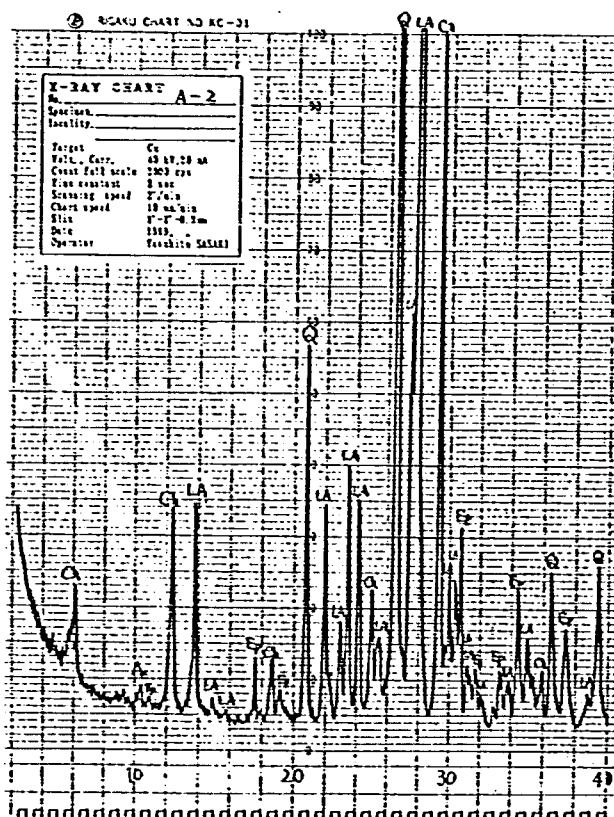
Target	Cu
Volt., Curr.	40 kV, 20 mA
Count full scale	2000cps
Time constant	2 sec
Scanning speed	2° /min
Chart speed	10 mm/min
Date	1989, 8,
Operator	Yasuhito SASAKI

含有鉱物の略号

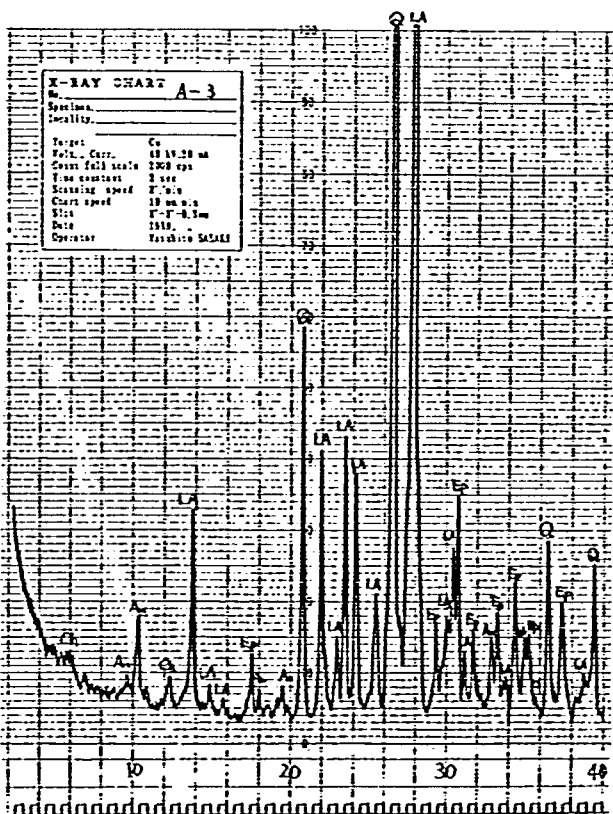
Q	: Quartz (石英)
LA	: Low Albite (低型アルバイト—斜長石)
Ch	: Chlorite (綠泥石)
Ca	: Calcite (方解石)
Ep	: Epidote (綠閃石)
Il	: Illite (伊梨石)
Am	: Amphibole group (角閃石族)



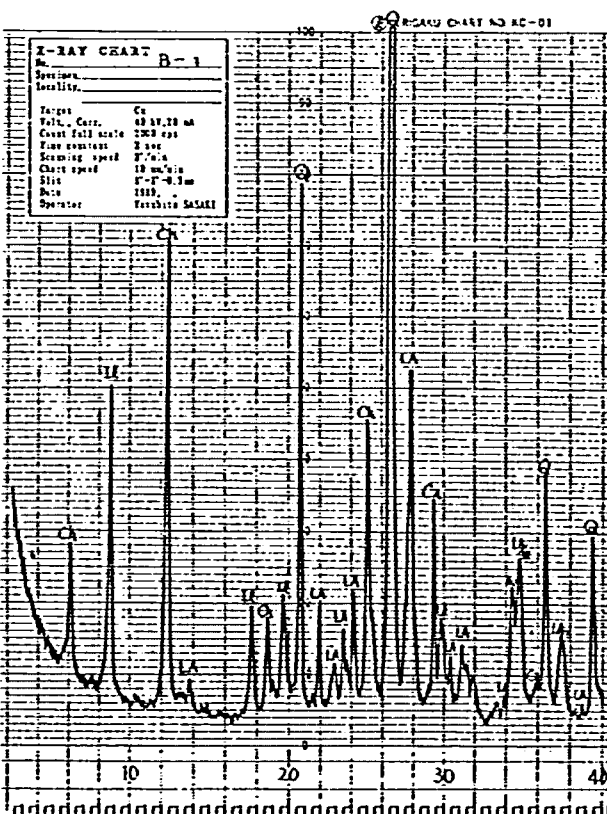
A - 1



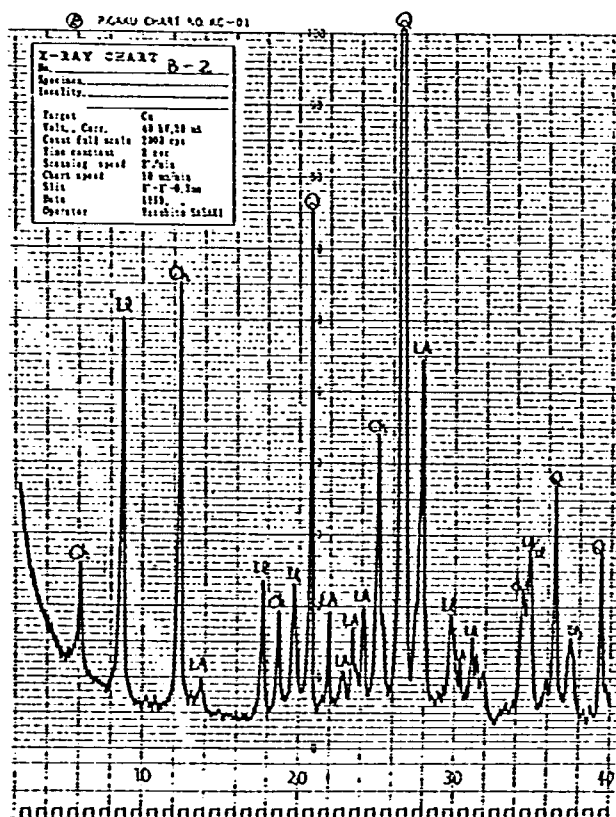
A - 2



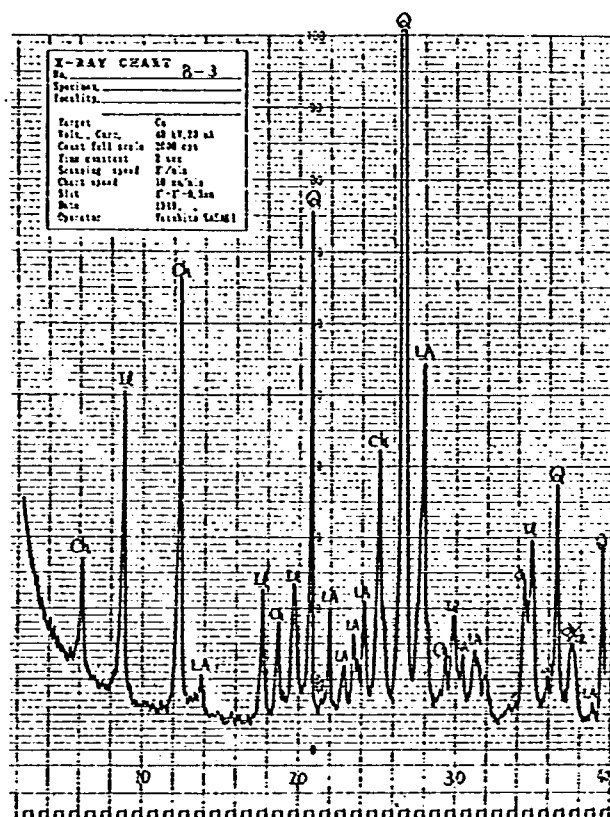
A - 3



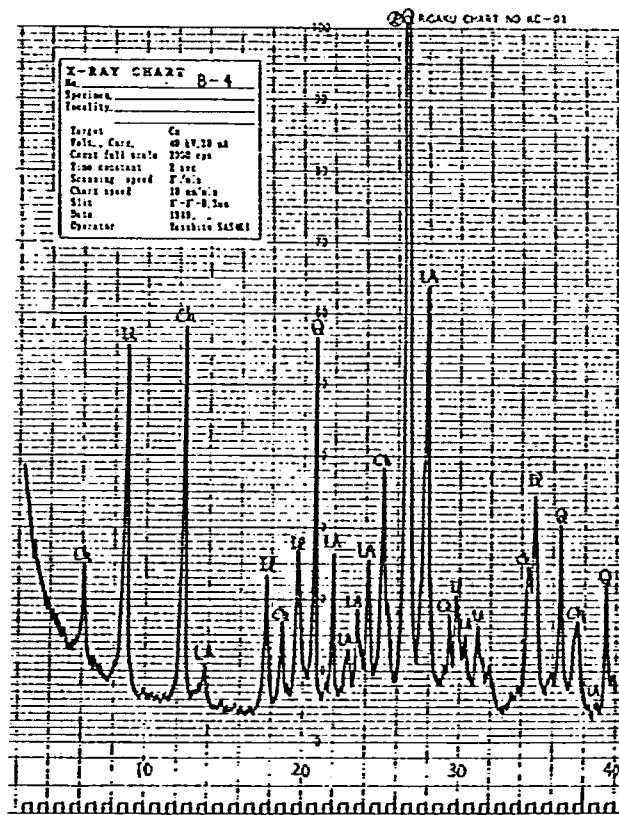
B - 1



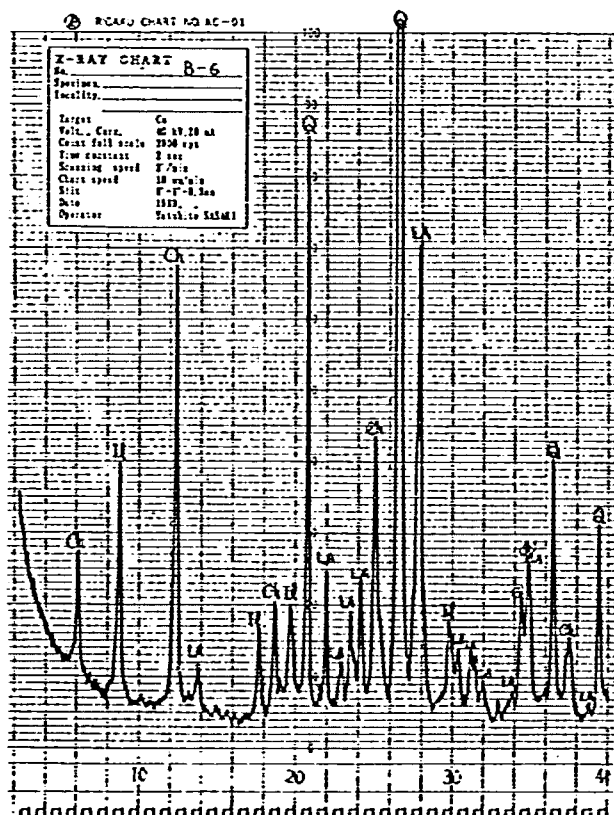
B - 2



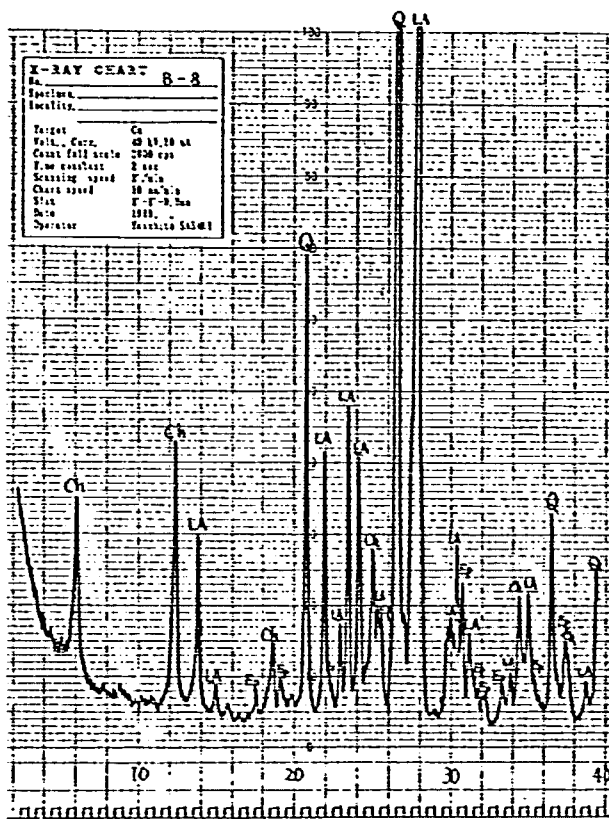
B - 3



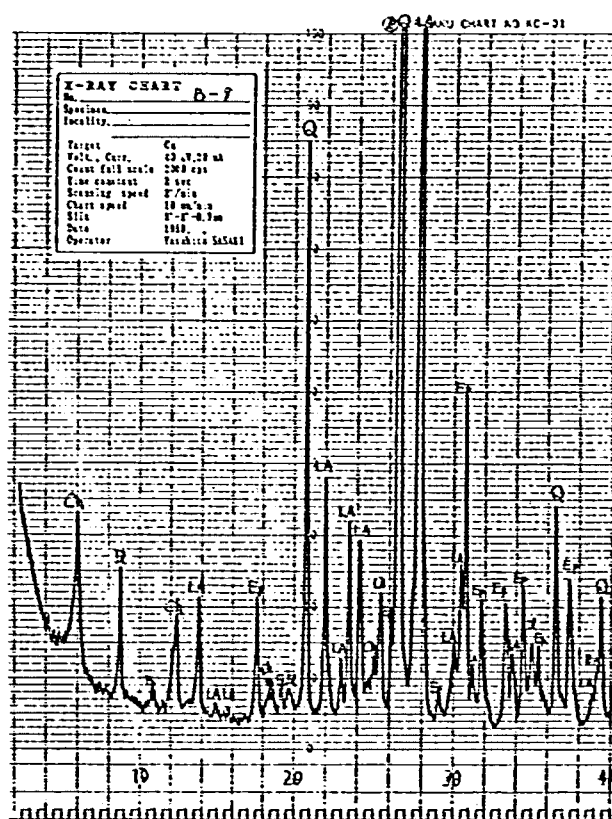
B - 4



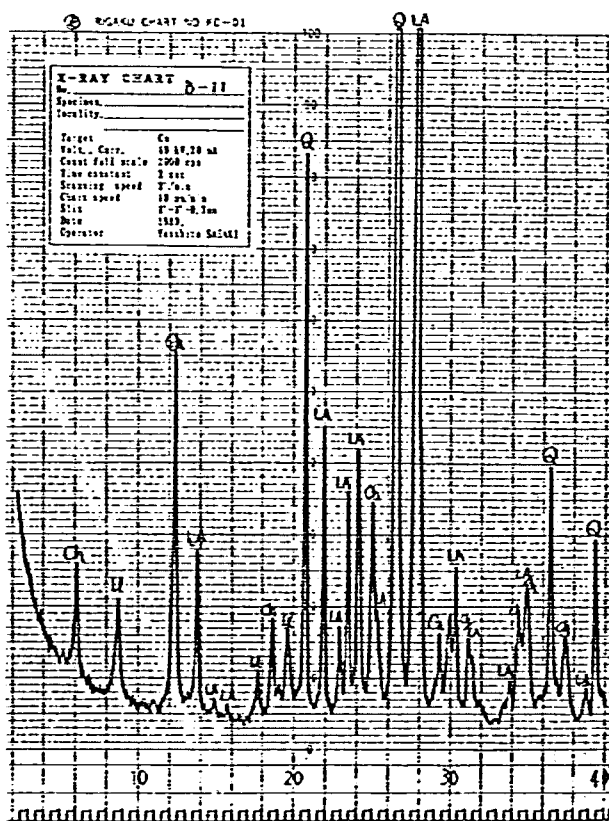
B - 6



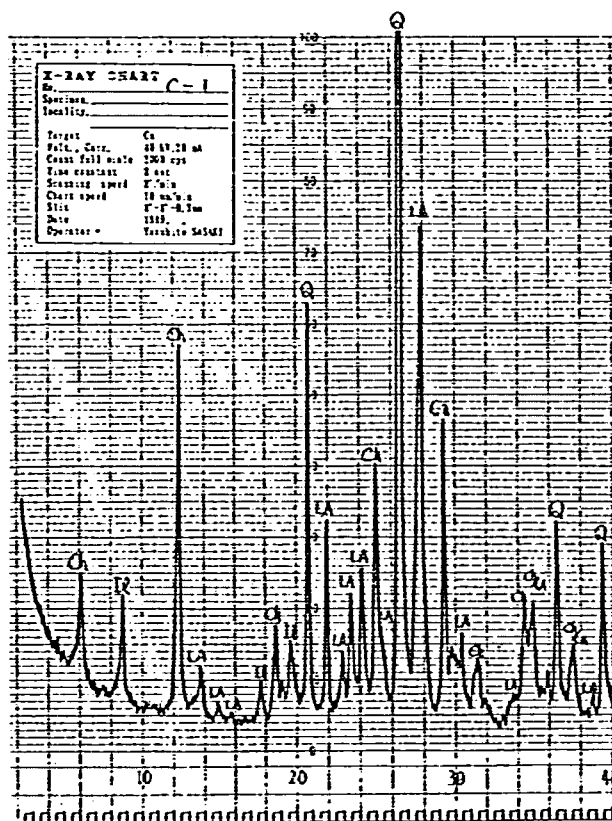
B - 8



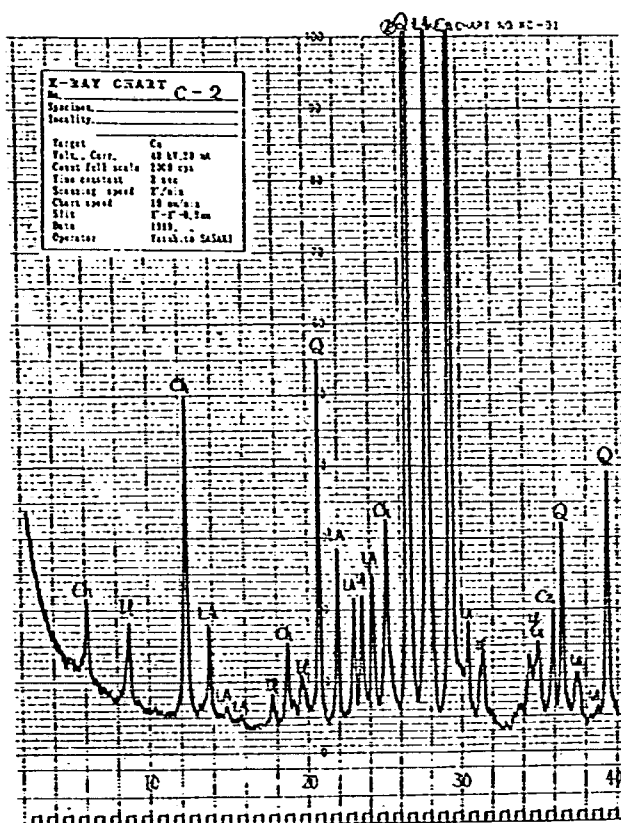
B - 9



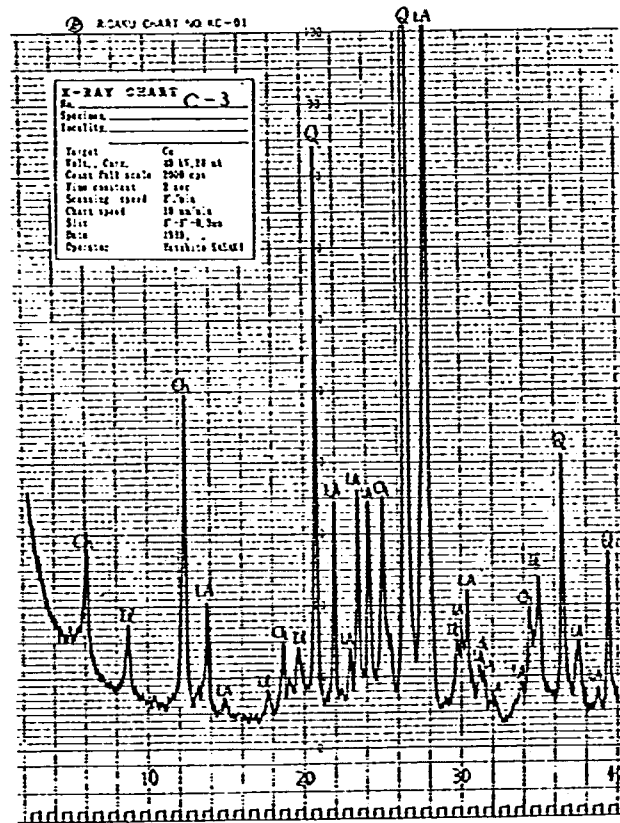
B - 11



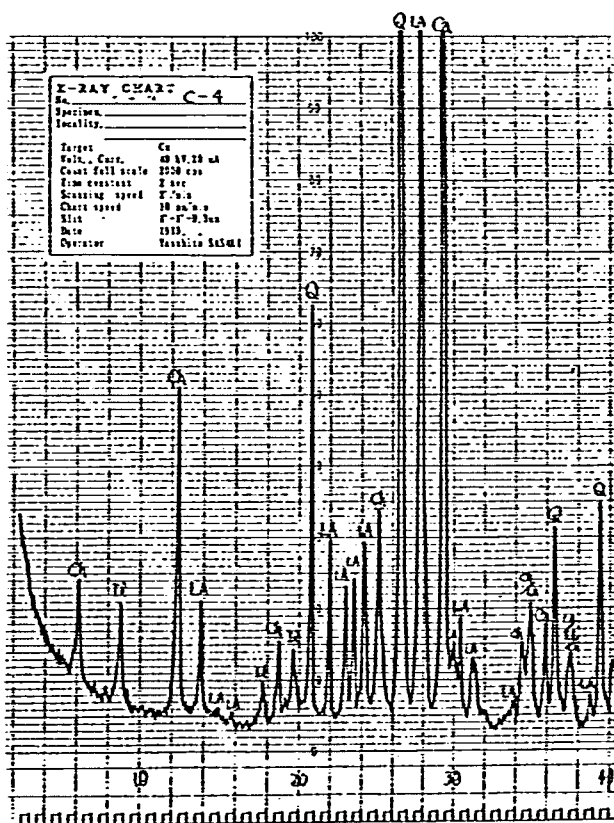
C - 1



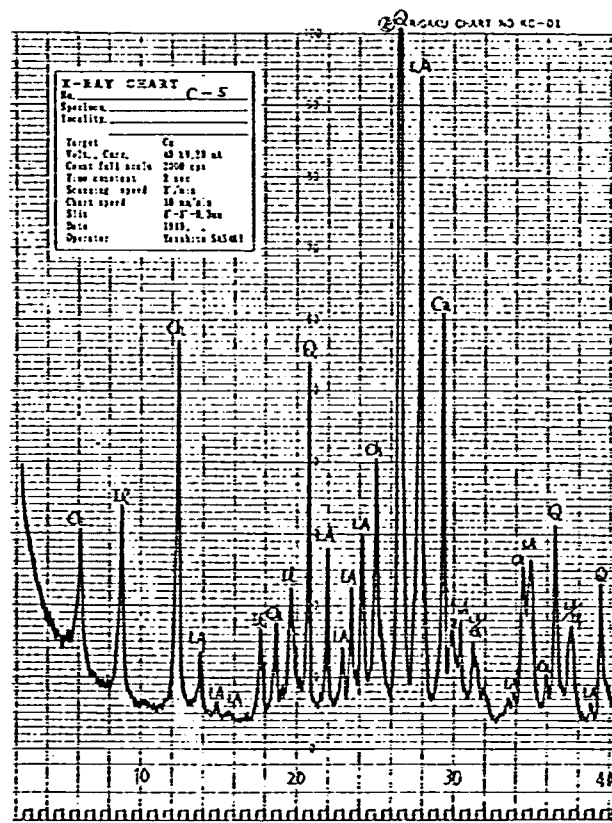
C - 2



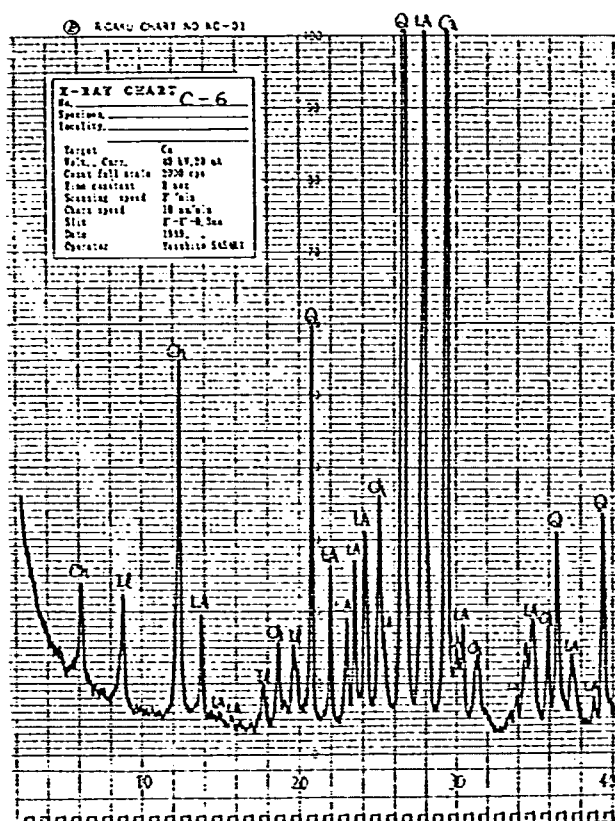
C - 3



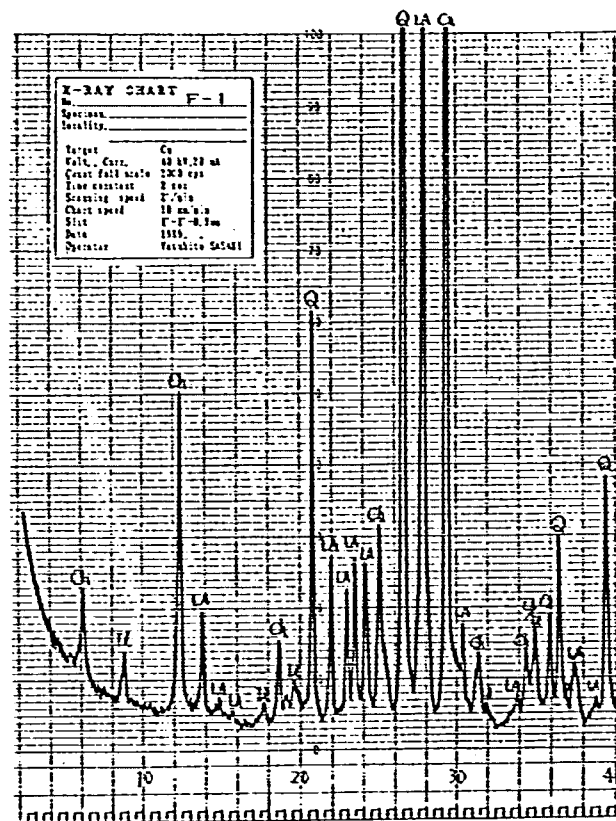
C - 4



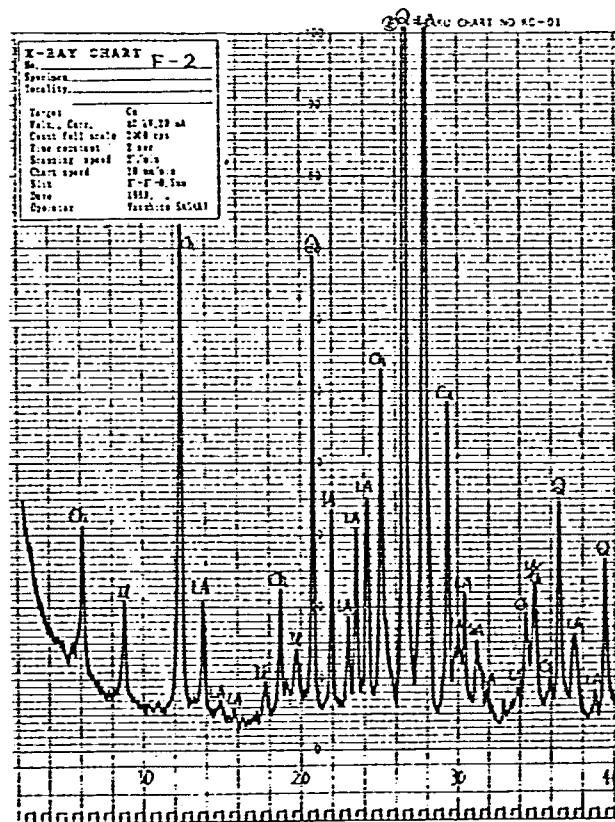
C - 5



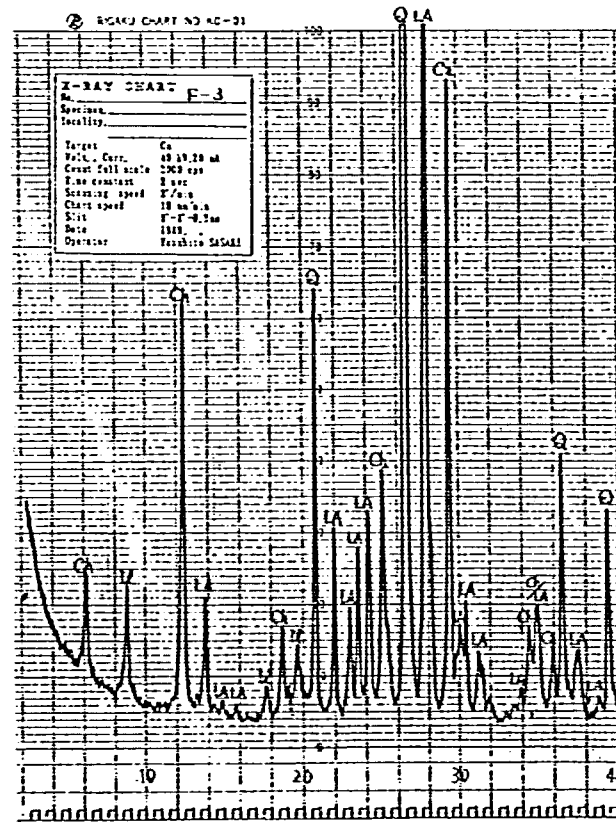
C - 6



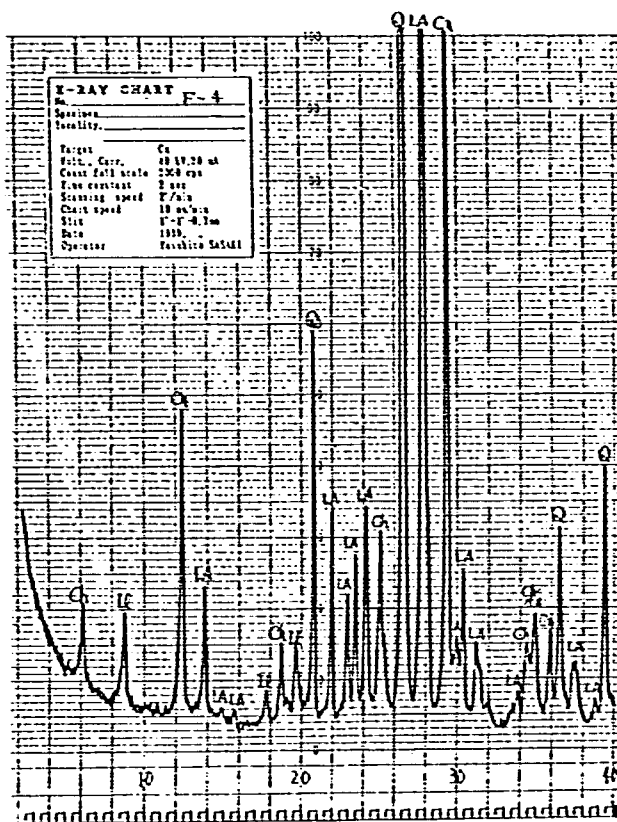
F - 1



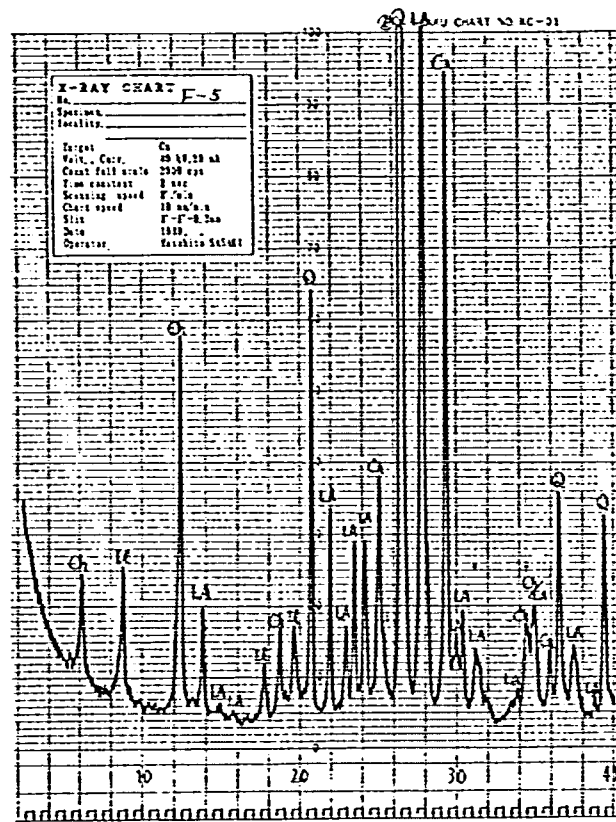
F - 2



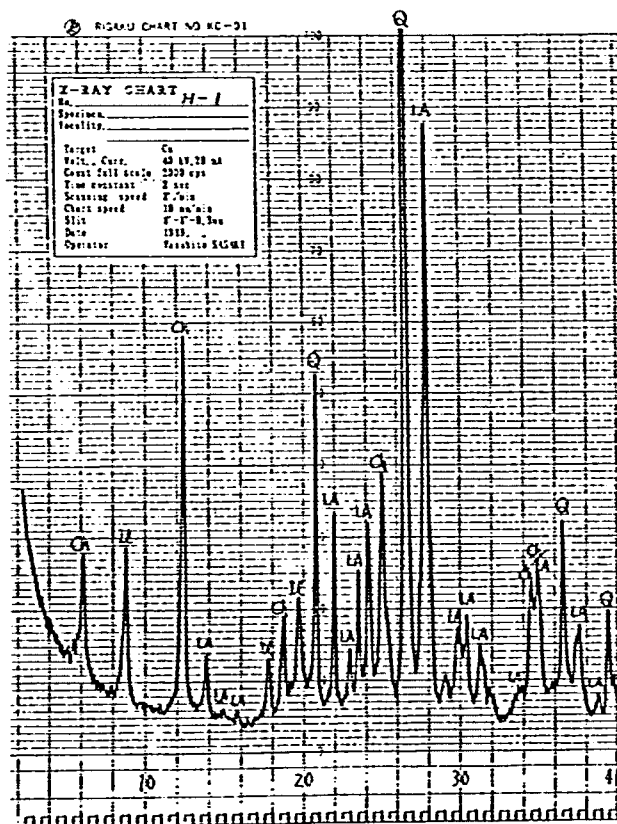
F - 3



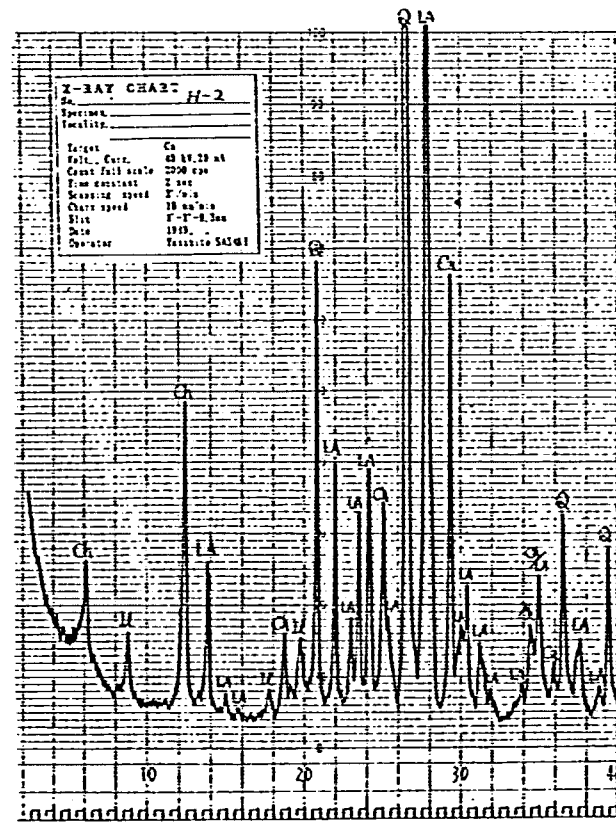
F - 4



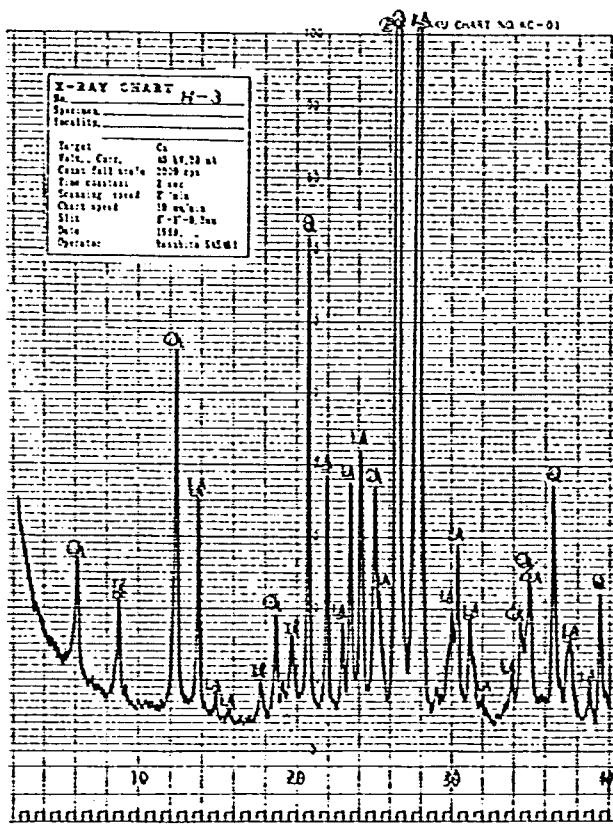
F - 5



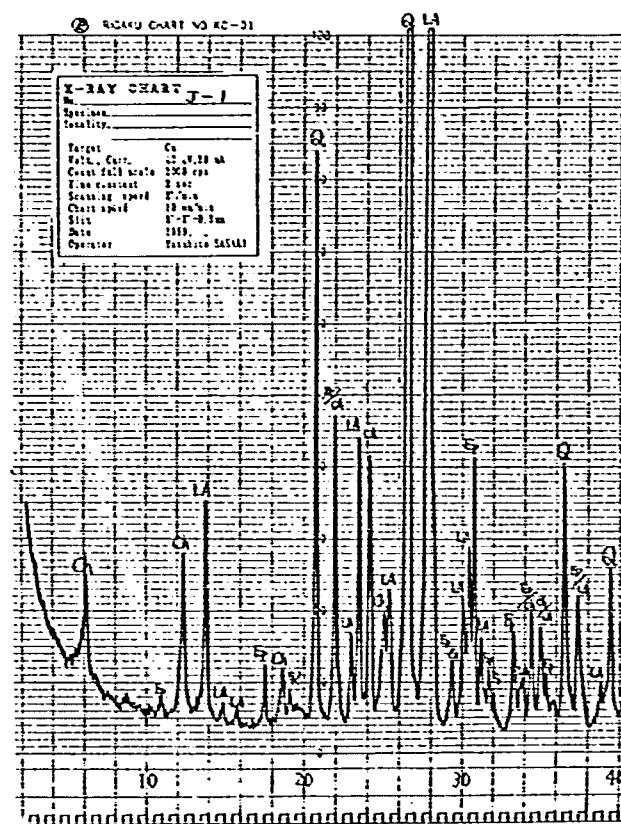
H - 1



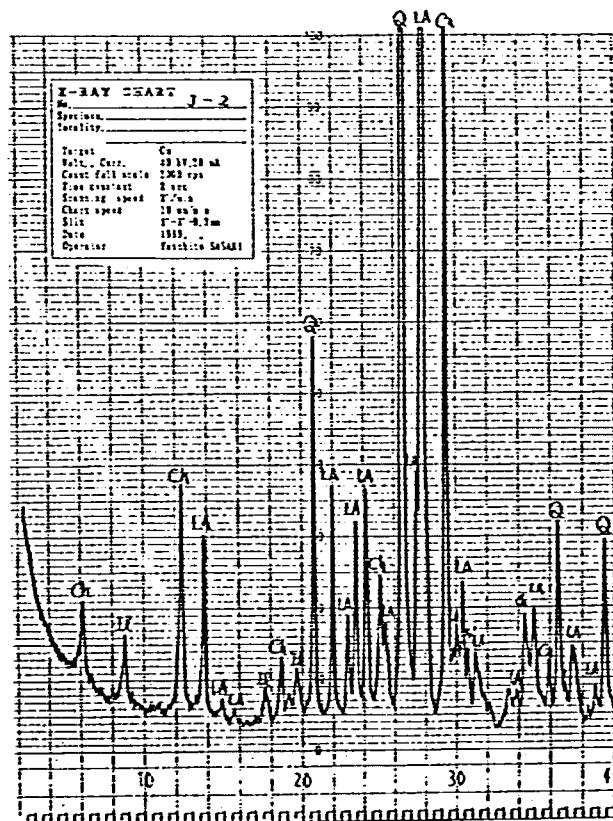
H - 2



H - 3



J - 1



J - 2

軟岩を対象としたダム基礎の岩盤
分類のための調査その5 中古生界
の砂岩粘板岩における例

ISSN 0286-5878
土木研究所資料 第2825号
平成2年2月 (1990年)
室 長 中 村 康 夫
主任研究員 平 野 勇
研 究 員 佐々木 靖 人

要旨

中古生界の砂岩粘板岩(破碎岩)よりなるダム基礎岩盤を対象に、肉眼
観察および割れ目計測、偏光顕微鏡観察、X線回折により岩盤性状およ
び岩石鉱物学的特徴を把握するとともに、弾性波速度測定、シュミット
ロックハンマー試験、点裁荷試験等の簡易試験を実施し、岩盤分類への
簡易試験の適用性を検討した。

キーワード：ダムの地質調査、軟岩、岩石試験、岩盤試験、岩盤分類

郵便はがき

305-□□

41円切手
をはって
下さい

建設省土木研究所

地質研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 008

No.

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2825号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 号

