

原子炉安全専門審査会第27部会
Cグループ第4回会合議事次第

昭和59年 2月 7日 (火)

東海大学校友会館第1会議室

議 題

1. 前回議事概要の確認について
2. 北海道電力株式会社泊発電所の原子炉の設置（1号および2号原子炉の設置）に係る安全性について
3. その他

以上

原子炉安全専門審査会第27部会（北海道電力株式会社泊発電所（1，2号原子炉の設置））
Cグループ議事概要（案）

第3回会合 日時 昭和59年1月24日（火） 午前10時～午後0時30分
場所 東海大学校友会館第1会議室

出席者 原子力安全委員 名 通商産業省 5名
審査委員 7名 事務局 2名

委員

原子力安全委員	出欠	審査委員	出欠	通商産業省	出欠	事務局
内田秀雄		和泉正哲	○	田中	○	星
大山彰		大竹政和	○	鈴木	○	内田
		川本眺万	○	村山	○	
		北村信	○	川原	○	
竹越尹 (部会長)	○	田治見宏	○	大橋	○	
		谷資信	○			
		吉中龍之進				

配布資料

資料番号 資料名

資料第27C-議-2号 原子炉安全専門審査会第27部会（北海道電力株式会社泊発電所（1，2号原子炉の設置））Cグループ第2回会合議事概要（案）

議事概要

1. 前回議事概要(案)の確認

原案通り確認した。

2. 北海道電力株式会社泊発電所の原子炉の設置(1, 2号原子炉の設置)に係る安全性について

1) 下記について、通商産業省より説明を聴取し、調査審議を行った。

敷地の地盤のうち

1.1) 敷地の地質及び地質構造

引き続き調査審議することとした項目のうち、

1.2) 釜足、リニアメント付近、微小地震

1.3) 長万部西方[東]、リニアメント付近、地すべり

1.4) 敷地前面海域、地形・地質構造のうち

F₁-3, 5, 6 断層の連続性

2) 調査審議の結果、下記、項目について次回以降引き続き審議することとした。

2.1) F-1 断層、派生断層も含めた総変位量

2.2) F-1 が逆断層、F-3 が正断層であること、構造的メカニズム

2.3) 石英の破断面による年代決定の方法についての説明

2.4) 神恵内累層火砕岩層の上部層の分布と判断基準

以上

泊発電所（1，2号炉）

敷地の地盤の岩盤分類について

昭和59年 2月 7日

目 次

1. 岩盤分類の基本的考え方	1
2. 検討内容	3
2.1 岩石の種類と特徴	3
2.2 風化変質の評価	7
2.3 割れ目の評価	8
2.4 岩石の硬さの評価	11
2.5 総合評価	12
図表集	15

1. 岩盤分類の基本的考え方

原子力発電所における岩盤分類は、耐震設計上必要な工学的性質を把握するための基礎資料として用いるものである。

旧発電所の岩盤分類にあたっては、その付近の地盤が以下に示すような特徴を有していることを勘案し、共通の工学的性質とみよしうるグループに岩盤を分級区分し、耐荷性の大きいものから順にA, B, C, D, Eの5岩級に分類している。

- (1) 敷地の地盤を構成する岩盤は、主として凝灰角礫岩、凝灰岩、凝灰質泥岩からなり、このほか安山岩熔岩、軽石凝灰岩、含泥岩礫凝灰岩が部分的に認められる。
- (2) 凝灰角礫岩、凝灰岩は礫質、礫の含有状況及び上部層、中部層、下部層の区分単位で硬さが異なる。
- (3) 凝灰質泥岩、軽石凝灰岩、含泥岩礫凝灰岩は凝灰角礫岩、凝灰岩に比してやや軟質である。
- (4) 安山岩熔岩は、他の岩盤に比し硬質であるが割れ目が多くその状況も部分的に異なる。
- (5) 原子炉建屋基礎岩盤は、全体に新鮮であり、従来の電中研方式では各岩種ともC_{II}級程度に相当するが上記のように工学的性質にやや差がみられる。

(6) 断層や節理沿い等に割れ目の発達した部分が見られたり、背後斜面部に風化が進行している部分が見られる。

これらのことから、硬さ、割れ目、風化の程度を総合的に評価して作成した泊発電所の岩盤分類基準を第1.1表に、これに基づいて作成した岩盤分類図を地質図と対応させて第1.1図～第1.4図に示す。

以下に岩盤分類の検討内容について示す。

2. 検討内容

2.1 岩石の種類と特徴

原子炉建屋付近の地盤を構成する地質は、基礎底面以深に広く分布する火砕岩層と深部にみられる凝灰質泥岩層に大別される。

火砕岩層は、堆積構造や岩相の特徴から上部(U)、中部(M)、下部(L)の3層に区分される。

これらの地層は、凝灰角礫岩(Tb)、凝灰岩(Tf)、軽石凝灰岩(Pt)、含泥岩礫凝灰岩(Tfm)等の火砕岩を主体とし、安山岩熔岩(An)を一部に伴っている。

試掘坑及び原子炉建屋基礎ホーリングにより確認された地質の分布状況を第1.1図～第1.4図に示す。

以下に各岩種の一般的特徴を示す。

(1) 凝灰角礫岩(Tb)

凝灰角礫岩は、安山岩質のものとは石英安山岩質のものとの区別が認められる。

安山岩質のものとは、礫径が主として約10cm以下の安山岩を構成礫とし、主として火砕岩層の中部と下部層に分布しているが、一部に基質がガラス質に富み全体に黒色を呈するものが認められる。

石英安山岩質のものは、礫径が約30cm以下の大小の

石英安山岩を構成礫とし、主として火砕岩層の上部層に分布している。

凝灰角礫岩は、全体に塊状で割れ目が少く硬質であるが、一般に火砕岩層の上部と中部層のもの（U-Tb, M-Tb）は、下部層のもの（L-Tb）及び凝灰質泥岩層のもの（Ms-Tb）よりも硬さがわずかに減少する。

また、石英安山岩質のものは安山岩質のものに比べて基質がやや軟質である。

(2) 凝灰岩 (Tf)

凝灰岩は、粒径が約3 cm以下の火砕岩を総称したものであり、安山岩質のものと石英安山岩質のものとはあり、安山岩質のものの中には、基質がガラス質に富み黒色を呈するものがある。

凝灰岩は、全体に割れ目が少く硬質であるが、火砕岩層の上部と中部層のもの（U-Tf, M-Tf）は、下部層のもの（L-Tf）及び凝灰質泥岩層中のもの（Ms-Tf）よりも硬さがわずかに減少する。また、局所的にみられる泥質のものは比較的軟質である。

なお、ガラス質に富む凝灰岩のうち1, 2号炉の中間試験掘坑にみられるものは割れ目がやや発達しているが、2号炉基礎底面の下部にみられるものは硬質で割れ目も

比較的少ない。

(3) 軽石凝灰岩 (Pt)

軽石凝灰岩は、火砕岩層の中部層及び凝灰質泥岩層中の一部に薄く分布しており、全体に塊状、無層理で割れ目が少ないが比較的軟質である。

(4) 含泥岩礫凝灰岩 (Tm)

含泥岩礫凝灰岩は、火砕岩層の上部層や凝灰質泥岩層の一部に分布し、凝灰岩中に不規則に泥岩の礫を混入するものである。

泥岩礫は、比較的軟質なもの、硬質頁岩状で割れ目が発達したものがある。岩質は、泥岩礫の混入状態によりやや硬質な部分と軟質な部分が混在するが全体的には比較的軟質である。

(5) 安山岩熔岩 (An)

安山岩熔岩は、堅硬な岩石であるが、試掘坑にみられる火砕岩層の下部層にレンズ状に分布する小岩体には節理が発達しており、その周縁部には自破砕作用によって凝灰角礫岩状を呈する部分が認められる。

(6) 凝灰質泥岩

凝灰質泥岩は、凝灰質泥岩層に卓越して分布しており、比較的軟質である。また、上部に割れ目の多い部分のみ

られるが、全体としては塊状、無層理のものを主体とする。

2.2 風化変質の評価

風化変質の評価にあたっては、第2.1表に示すようにし、風化度Ⅰが未風化帯、風化度Ⅱが弱風化帯、風化度Ⅲが強風化帯に相当するものとして区分した。

地質断面図に対応させた風化度区分分布図を第2.1図～第2.4図に示す。

これらを要約すると以下のとおりである。

新鮮な岩盤である風化度Ⅰは、原子炉建屋基礎底面以深に広く分布している。

弱風化帯に相当する風化度Ⅱは、火砕岩層の下部層では地表から10m程度まで非常に薄く分布しているが、上、中部層では地表から20～30m程度まで及んでいる。

原子炉建屋基礎底面以深では風化度Ⅱは、ほとんど分布しないが、断層や節理などの割れ目沿いには局所的に認められる。

強風化帯に相当する風化度Ⅲは、1,2号原子炉建屋付近では、地表部に数m程度で、原子炉建屋背後の緩斜面では5～10mの厚さで分布している。

2.3 割れ目の評価

割れ目の評価にあたっては、地質観察に基づくもののほか土木学会の岩盤分類を参考にして、第2.2表に示すように試験坑内での平均割れ目間隔が30cm以上、30~10cm、10~2cm、2cm以下に対し、それぞれI、II、III、IVと区分した。

試験坑における調査としては、側壁に水糸を張り1m区間毎に割れ目本数及び主要割れ目の走向、傾斜を測定した。

調査結果によって作成した割れ目頻度分布図を第2.5図に、割れ目区分図を第2.6図に、岩種別の割れ目ヒストグラムを第2.7図に、平均割れ目頻度を第2.8図に示す。

これらを要約すると以下のとおりである。

原子炉建屋基礎底面における割れ目頻度は、安山岩熔岩を除くと全体的に低い。試験坑全体での各岩種の割れ目頻度は、一般的に凝灰角礫岩と軽石凝灰岩では低く割れ目区分I、凝灰岩ではI~II、含泥岩礫凝灰岩ではII、安山岩熔岩と1,2号炉の中間部にみられる黒色でガラス質に富む凝灰岩では概ねIIIに相当し、同一岩種では割れ目頻度に大きな差はみられない。

一方、ボーリングコアについての割れ目調査としては、1m区間毎に主体を占めるコア長より判定を行った。

調査結果により作成した原子炉建屋基礎ボーリングの割れ目区分分布図を第2.9図～第2.12図に水平ボーリング孔の割れ目区分を試掘坑の割れ目区分分布図と対比して第2.6図に示す。

原子炉建屋基礎ボーリングによると火砕岩は、比較的割れ目が少く、安山岩熔岩と一部の凝灰質泥岩が比較的割れ目が多い。さらに風化の影響を受けている表層部や断層等に沿って割れ目が多くなる傾向を示している。

試掘坑とその近傍付近の水平ボーリングの割れ目状況を比較すると、凝灰角礫岩、凝灰岩等の火砕岩では、試掘坑で割れ目間隔が30cm以上のものがボーリングコアでは10cm程度以上の状態となり、安山岩熔岩では試掘坑及びボーリングコアのいずれも割れ目間隔が2～10cm程度であると判断される。

これらのことをふまえて試掘坑とボーリングコアの割れ目間隔区分に火砕岩では1ランク程度の差があり、安山岩熔岩では同程度のものとして第2.2表のように割れ目区分を行っている。

2.4 岩石の硬さの評価

岩石の硬さの評価にあたっては、電研分類や土木学会分類を参考にして基本的には、ハンマー打診や地質観察に基づくもののほかに岩石固有の強度である一軸圧縮強度をも考慮して第2.3表に示すように硬いものから順にa, b, c, dの4段階に区分した。各岩種の一軸圧縮強度を第2.13図に示す。これから敷地の地盤を構成する新鮮な岩石の硬さの評価を要約すると以下のとおりである。

硬さ区分aの代表的岩種は、安山岩熔岩であり岩片は堅硬であるが全体に節理が発達するのが特徴である。一軸圧縮強度は約500kg/cm²以上である。

硬さ区分bの代表的岩種は、火砕岩層の大部分を占める凝灰角礫岩及び凝灰岩であり、硬さがaより減少するが全体に硬質で割れ目の少ない岩盤で、いわゆる中硬岩に属する。一軸圧縮強度は約100~500 kg/cm²である。

硬さ分類bのうち火砕岩層の上部及び中部のものは下部層以深のものに比べて硬さがわずかに減少するので下部層以深のものをb₁、上部及び中部層のものをb₂に細区分した。

なお、下部層のものでも石英安山岩質のものは、硬さが

わずかに減少するのでb₂に、上部層のものでも黒色を呈するものは硬質であるのでb₁に区分した。

硬さ分類cの代表的岩種は、火砕岩層中に薄く分布している軽石凝灰岩、含泥岩礫凝灰岩及び凝灰岩中の細粒の泥質凝灰岩と凝灰質泥岩層中の凝灰質泥岩であり、岩質は比較的軟質である。一軸圧縮強度は約100 kg/cm²である。

硬さ分類dは、各岩種の強風化岩で著しく軟質である。

なお、岩石は風化変質によって軟質化するが、例えば第2.14図の火砕岩の一軸圧縮強度の風化特性図によると硬さ分類bの岩石が風化区分Ⅱ程度に風化すると硬さ分類c程度になるものと判断し、これらのことも硬さ区分に反映している。

2.5 総合評価

岩盤分類にあたっては、前述した風化、割れ目、硬さの地質三要素を組合せ、総合評価し共通の工学的性質を持つようにグループングし、耐荷性の大きいものからA～Eの5段階に区分することにした。

岩盤分類の総合評価の方法について要約すると以下のとおりである。

(1) 原子炉建屋設置地盤を構成する岩盤は、新鮮で割れ目も比較的少ないことから、その工学的性質は主に岩石の硬さに支配され、岩種毎に次のように区分した。

イ. A級岩盤としては硬さ区分aまたはb₁の岩盤で火砕岩層下部層以深の安山岩質の凝灰角礫岩(L-Tb, M_s-Tb), 凝灰岩(L-Tf, M_s-Tf)が相当する。

その他、割れ目の少ない安山岩熔岩、黒色を呈する上部の凝灰角礫岩もこれに相当する。

ロ. B級岩盤としては硬さ区分b₂の岩盤で火砕岩層上、中部層の凝灰角礫岩(M-Tb, U-Tb), 凝灰岩(M-Tf, U-Tf)が相当する。

その他、基質のやや軟質な下部層の石英安山岩質の凝灰角礫岩、凝灰岩もこれに相当する。

なお、硬さ区分aの安山岩熔岩は、比較的割れ目

が強いことからB級岩盤に相当するものとした。

- ハ. C級岩盤としては硬さ区分Cの岩盤で凝灰質泥岩(Ms), 軽石凝灰岩(Pt), 含泥岩礫凝灰岩(Tfm)がこれに相当する。

(2) 岩種毎に硬さを主体として区分したが, さらに風化, 割れ目による劣化を考慮して, 第2.4表のように地質要素を組合せ岩盤分類した。地質三要素は、風化については、①, ②, ③, 割れ目については、I, II, III, IV, 硬さについては、a, b₁, b₂, c, dに区分している。

代表的な岩種の地質三要素と岩盤分類の関係は、以下のとおりである。

- イ. 凝灰角礫岩, 凝灰岩は、風化区分①, 割れ目区分I~IIのもの、硬さ区分b₁のものをA級, 硬さ区分b₂のものをB級に分類した。
- ロ. 安山岩燧岩は、風化区分①, 割れ目区分IIIのものを硬さ区分aのものをB級に分類した。
- ハ. 凝灰質泥岩, 軽石凝灰岩, 含泥岩礫凝灰岩及び凝灰岩のうち細粒質泥質凝灰岩は、風化区分①, 割れ目区分I~II, 硬さ区分cのものをC級に分類した。

(3) 以上の岩盤分類と工学的性質の対応は、詳細な原位
置試験等により把握する必要があるが、概ね第2.
5表のような対応を示している。


図 表 集

第 1.1 表 泊発電所岩盤分類基準

岩盤分類	特 徴
A 級	<p>岩石は風化変質をほとんど受けておらず新鮮、硬質である。</p> <p>凝灰角礫岩、凝灰岩；主として火砕岩層の下部層以深に分布している。割れ目が少く、構成礫が安山岩質で、基質はち密である。</p> <p>安山岩熔岩；割れ目は多少あるが、密着している。</p>
B 級	<p>岩石は風化変質をほとんど受けておらず新鮮、硬質であるが、全体としてA級より硬さがわずかに減少する。</p> <p>凝灰角礫岩、凝灰岩；主として火砕岩層の上、中部層に分布している。割れ目が少く、構成礫が安山岩質又は石英安山岩質で、基質は比較的ち密である。</p> <p>安山岩熔岩；割れ目がやや多く、割れ目に沿って多少風化変質している部分もあるが密着している。</p>
C 級	<p>岩石は新鮮であるか、あるいは多少風化変質しており、全体としてやや軟質である。</p> <p>軽石凝灰岩、含泥岩礫凝灰岩、凝灰質泥岩；割れ目が比較的少く風化変質をほとんど受けていないが、岩石自体がやや軟質である。</p> <p>凝灰角礫岩、凝灰岩；割れ目がやや多いが風化変質をほとんど受けていないか、あるいは割れ目が比較的少いが多少風化変質している。</p> <p>安山岩熔岩；割れ目がやや多く、多少風化変質している。</p>
D 級	<p>岩石は割れ目が多いか、あるいは多少風化変質しており、全体として軟質である。</p> <p>軽石凝灰岩、含泥岩礫凝灰岩、凝灰質泥岩；割れ目が多いが、風化変質をほとんど受けていない。</p> <p>その他の岩石；割れ目がやや多く、風化変質を受けて褐色に変色している。</p>
E 級	<p>岩石は風化変質が著しく進み、固結度も著しく低下し、しばしば砂状及び粘土状を呈している。</p>

24
6

第 2.1 表 岩盤の風化度区分

風化模式概念図	風化帯区分	風化度区分	風化の特 徴
	表 土		
	強 風 化 帯	風化度 Ⅲ	岩石全体としてかなり風化が進み軟質化しており、特に割れ目沿いの粘着力が減少し、土砂状を呈する部分もみられる。
	弱 風 化 帯	風化度 Ⅱ	割れ目沿いに褐色化、一部粘土化が進み、粘着力が多少減少している。岩石内部まで弱風化を受けて岩質は、多少軟かくなっている。
	未 風 化 帯	風化度 Ⅰ	割れ目沿いに薄く風化部分が認められることがあるが、全般的に新鮮な岩塊からなる。

第 2.2 表 岩盤の割れ目区分

割れ目 区 分	試掘坑の平均割れ目間隔	ボーリングコア形状	
		火 砕 岩	安山岩熔岩
I	30 cm 以上	棒状コアで10 cm以上のものが 主体である。	棒状コアで30 cm以上のものが 主体である。
II	10 ~ 30 cm	棒状コアで2 ~ 10 cmのものが 主体である。	棒状コアで10 ~ 30 cmのものが 主体である。
III	2 ~ 10 cm	角礫状が主体であるが棒状コアも含む。	
IV	2 cm未満 (軟質で割れ目は不明瞭)	2 cm未満の細片状又は土砂状を呈する。	

第 2.3 表 岩盤の硬さ区分

区 分		代 表 的 岩 種		一軸圧縮強度の目安	備 考
a 硬 い		安 山 岩 熔 岩 (An)		約 500 kg/cm ² 以上	
b 中硬	b ₁ 中硬 ₁	凝灰角礫岩 (Tb)	L-Tb L-Tf	約 100~500 kg/cm ²	火砕岩層の下部 (L) は、中部 (M) 及び上部 (U) に比べ、わずかに硬質である。
	b ₂ 中硬 ₂		凝 灰 岩 (Tf)		
c やや 軟 い		軽 石 凝 灰 岩 (Pt)	含 泥 岩 礫 凝 灰 岩 (Tfm)	約 100 kg/cm ²	安山岩熔岩 (An)、凝灰角礫岩 (Tb)、及び凝灰岩 (Tf) であっても岩石内部まで風化したもの (風化度Ⅰ) 及び凝灰岩 (Tf) 中の細粒な泥質凝灰岩 (Tm) を含む。
d 軟 い		全 岩 種		約 100 kg/cm ² 以下	風化度区分のⅡの土砂状の性状を示すもの。

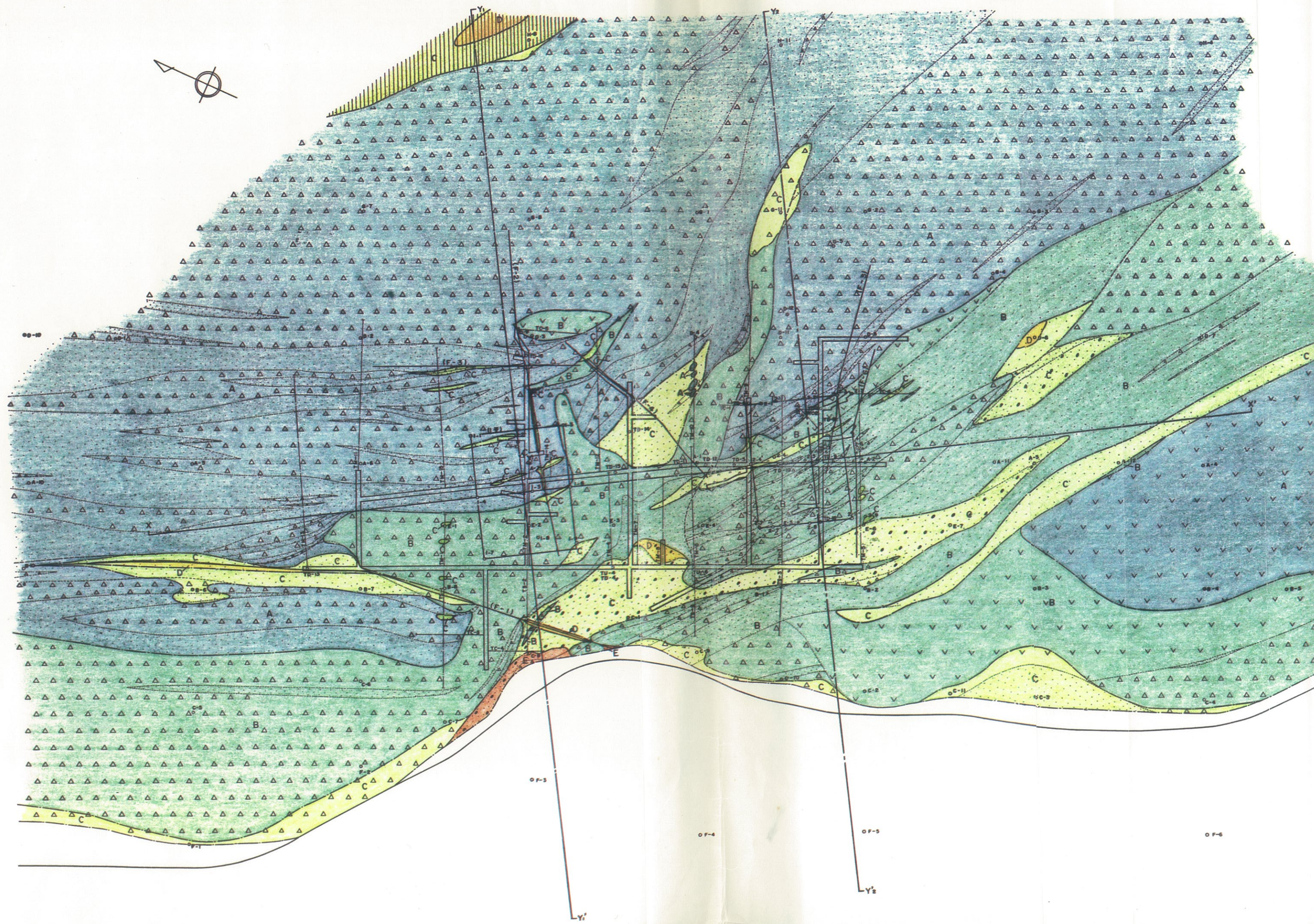
第 2.4 表 岩種毎の岩盤分類基準

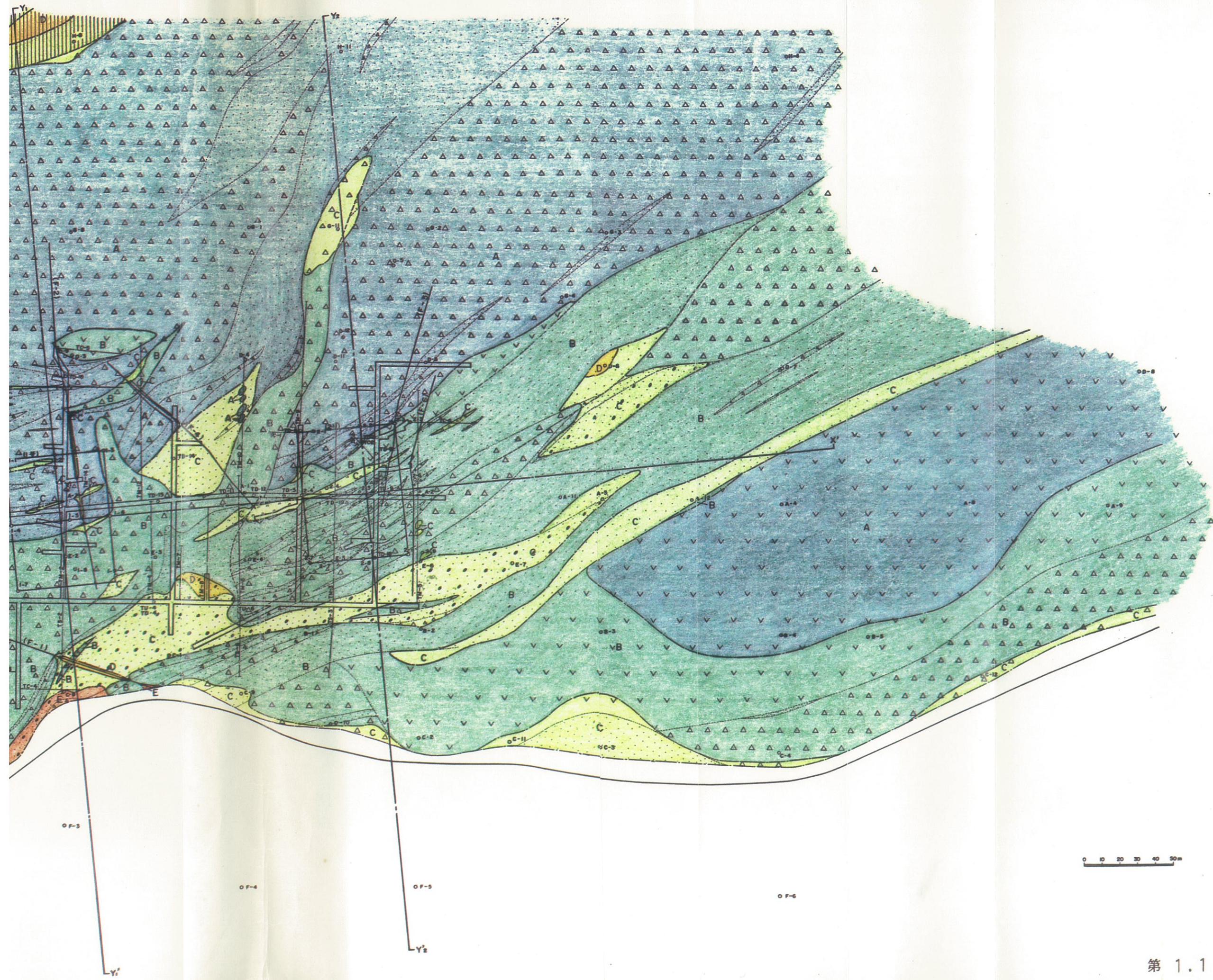
岩種	A			B			C			D			E		
	風化	割目	硬さ	風化	割目	硬さ	風化	割目	硬さ	風化	割目	硬さ	風化	割目	硬さ
安山岩 L-An	①	Ⅱ	a	①	Ⅲ	a	①~②	Ⅲ	b	②	Ⅲ	c	③	Ⅳ	d
" U-An	①	Ⅱ	a	①	Ⅲ	a	①~②	Ⅲ	b	②	Ⅲ	c	③	Ⅳ	d
凝灰角礫岩 L-Tb Ms-Tb	①	I~II	b ₁	①	I~II	b ₂	① ②	Ⅲ I~II	b ₁ ,b ₂ C	②	Ⅲ	c	③	Ⅳ	d
" M-Tb				①	I~II	b ₂	① ②	Ⅲ I~II	b ₂ C	②	Ⅲ	c	③	Ⅳ	d
" U-Tb	①	I~II	b ₁ *	①	I~II	b ₂	① ②	Ⅲ I~II	b ₂ C	②	Ⅲ	c	③	Ⅳ	d
凝灰岩 L-Tf Ms-Tf	①	I~II	b ₁	①	I~II	b ₂	① ②	Ⅲ I~II	b ₁ ,b ₂ C	②	Ⅲ	c	③	Ⅳ	d
" M-Tf				①	I~II	b ₂	① ②	Ⅲ I~II	b ₂ C	②	Ⅲ	c	③	Ⅳ	d
" U-Tf	①	I~II	b ₁ *	①	I~II	b ₂	① ②	Ⅲ I~II	b ₂ C	②	Ⅲ	c	③	Ⅳ	d
" (泥質) Tm							①	I~II	C	①~②	Ⅲ	c	③~④	Ⅳ	d
怪石凝灰岩 M-Pt Ms-Pt							①	I~II	C	①~②	Ⅲ	c	③~④	Ⅳ	d
含泥岩礫凝灰岩 U-Tfm Ms-Tfm							①	I~II	C	①~②	Ⅲ	c	③~④	Ⅳ	d
凝灰質泥岩 Ms							①	I~II	C	①~②	Ⅲ	c	③~④	Ⅳ	d
電研分類対応	C _H ~ C _M			C _M			C _M ~ C _L			C _L			D		

 主な岩種の地質要素 * 黒色を呈する

第 2.5 表 岩盤分類の地質要素と工学的性質

岩盤分類	硬質岩				中硬質岩								軟岩				岩盤の静弾性係数	岩盤の強度定数 C ϕ	弾性波速度の波速 p/s	岩盤の動弾性係数	電研分類の対応
	安山岩熔岩 (An)				凝灰角礫岩 (Tb) 及び凝灰岩 (Tf)								軽石凝灰岩 (Pt)、含泥岩礫凝灰岩 (Tfm)、凝灰質泥岩 (Ms)								
					下部層以深のもの				中部及び上部層のもの												
	特徴	風化	割れ目	硬さ	特徴	風化	割れ目	硬さ	特徴	風化	割れ目	硬さ	特徴	風化	割れ目	硬さ					
A	岩石は、新鮮、堅硬で割れ目は多少あるが密着している。	①	II	a	岩石は、風化変質をほとんど受けておらず新鮮、硬質であり、割れ目が少なくち密である。	①	I II	b ₁	岩石は、風化変質をほとんど受けておらず新鮮、硬質であり、割れ目が少なくち密である。 色調は黒色を呈する。	①	I II	b ₁	—				kg/cnf	kg/cnf	km/s	$\times 10^4$ kg/cnf	C _H C _M
B	岩石は、概ね新鮮、硬質であるが、割れ目がやや多く、割れ目に沿って多少風化変質している部分もある。	①	III	a	岩石は、風化変質をほとんど受けておらず新鮮、硬質であり、割れ目が少なくち密であるが、硬さは b ₁ の岩に比べてやや減少する。	①	I II	b ₂	同 左	①	I II	b ₂	—				28,000	16 47°	2.5 1.3	9.5	C _M
C	割れ目がやや多く、多少風化変質してやや軟質化している。	① ②	III	b	岩石は、風化変質をほとんど受けないが割れ目がやや多い。または、割れ目が比較的少ないが、多少風化変質を受けてやや軟質化している。	① ②	III I II	b ₁ b ₂ c	同 左	① ②	III I II	b ₂ c	岩石は、比較的軟質であるが新鮮で割れ目が比較的少ない。	①	I II	c	10,000	6 46°	2.0 1.0	5.2	C _M C _L
D	岩石は、風化変質を受けて軟質化しており、割れ目が発達し岩片状を呈している。	②	III	c	岩石は、割れ目がやや多く風化変質を受けて褐色に変色しており、やや軟質である。	②	III	c	同 左	②	III	c	岩石は、新鮮なものと多少風化変質を受けているものがあり割れ目がやや多い。	① ②	III	c	5,000	3 39°	1.7 0.7	3.1	C _L
E	岩石は、風化変質が著しく進み固結度も著しく低下し、しばしば砂状及び粘土状を呈している。	②	IV	d	同 左	②	IV	d	同 左	②	IV	d	同 左	② ③	IV	d	400	0.9 26°	1.1 0.4	0.9	D





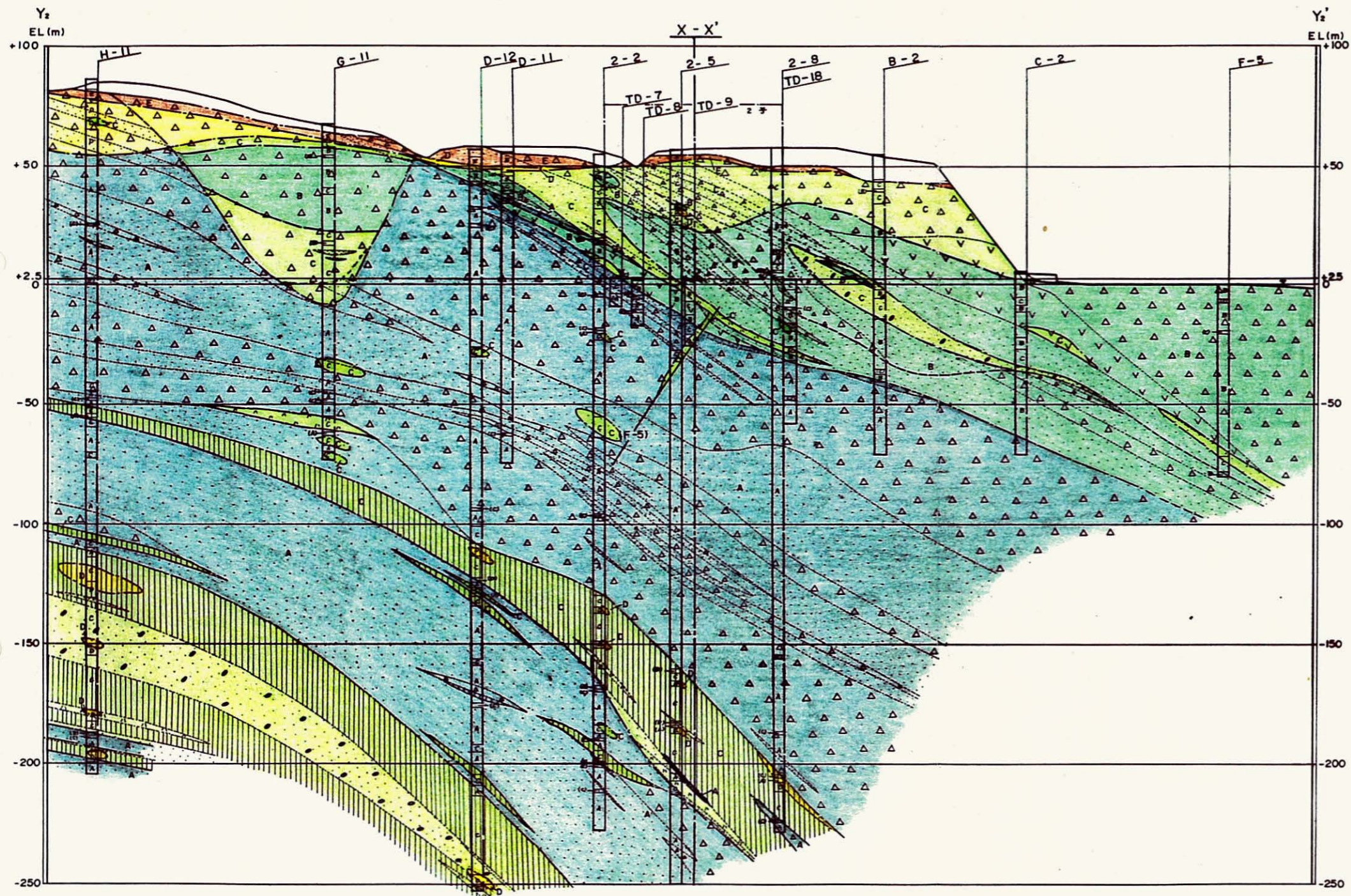
凡 例

	礫・砂・粘土
	凝灰角礫岩
	凝 灰 岩
	軽石凝灰岩
	含泥岩礫凝灰岩
	安山岩熔岩
	凝灰質泥岩
	断 層

	A 級 岩 盤
	B 級 岩 盤
	C 級 岩 盤
	D 級 岩 盤
	E 級 岩 盤
	礫・砂・粘土
	断 層



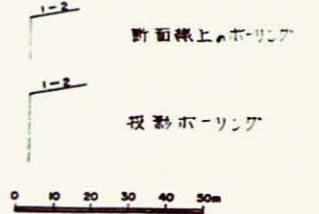
第 1.1 図 水平岩盤分類図 (EL 2.5 m)



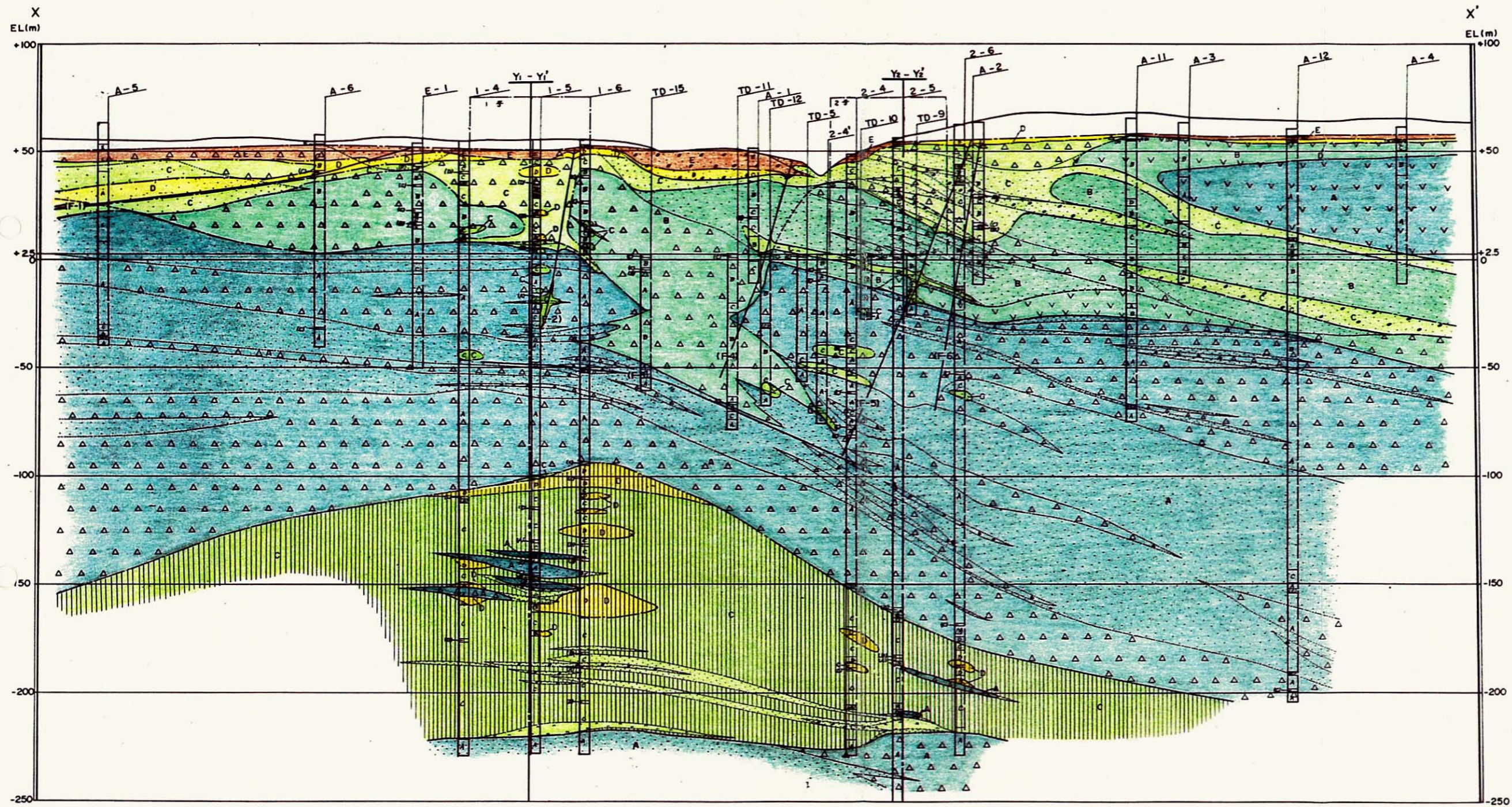
凡例

	礫・砂・粘土
	凝灰角礫岩
	凝灰岩
	軽石凝灰岩
	含泥岩凝灰岩
	安山岩熔岩
	凝灰質泥岩
	断層

	A 礫岩層
	B 礫岩層
	C 礫岩層
	D 礫岩層
	E 礫岩層
	礫・砂・粘土
	断層



第 1.3 図 鉛直岩盤分類図 (Y₂-Y₂')

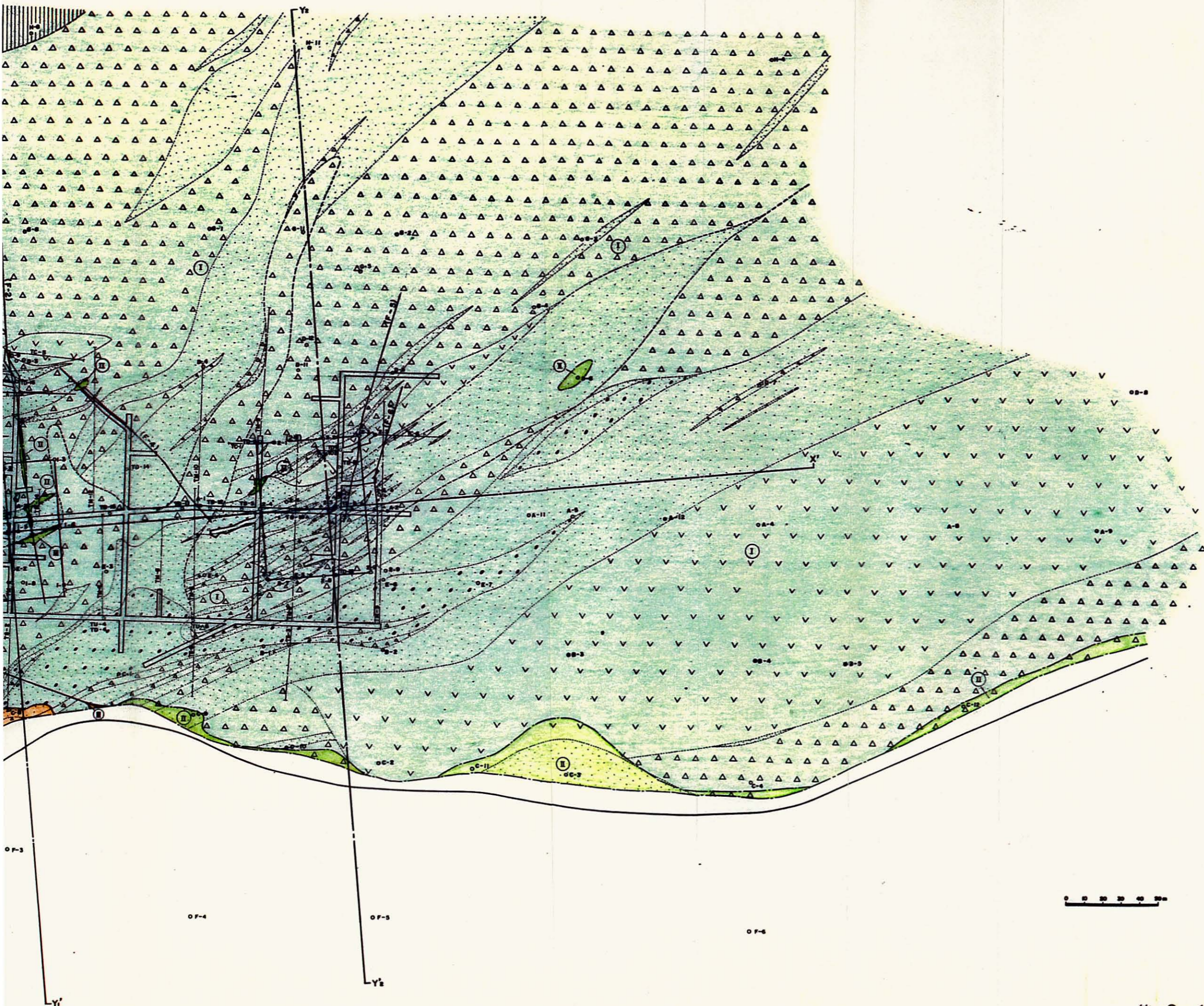


- 凡例
- | | |
|--|---------|
| | 礫・砂・粘土 |
| | 凝灰角礫岩 |
| | 凝灰岩 |
| | 軽石凝灰岩 |
| | 含泥岩礫凝灰岩 |
| | 安山岩熔岩 |
| | 凝灰質泥岩 |
| | 断層 |
-
- | | |
|--|--------|
| | A 級岩盤 |
| | B 級岩盤 |
| | C 級岩盤 |
| | D 級岩盤 |
| | E 級岩盤 |
| | 礫・砂・粘土 |
| | 断層 |

1-2 断面線上・ホーリング
 1-3 投影ホーリング

0 10 20 30 40 50m

第 1.4 図 鉛直岩盤分類図 (X-X')



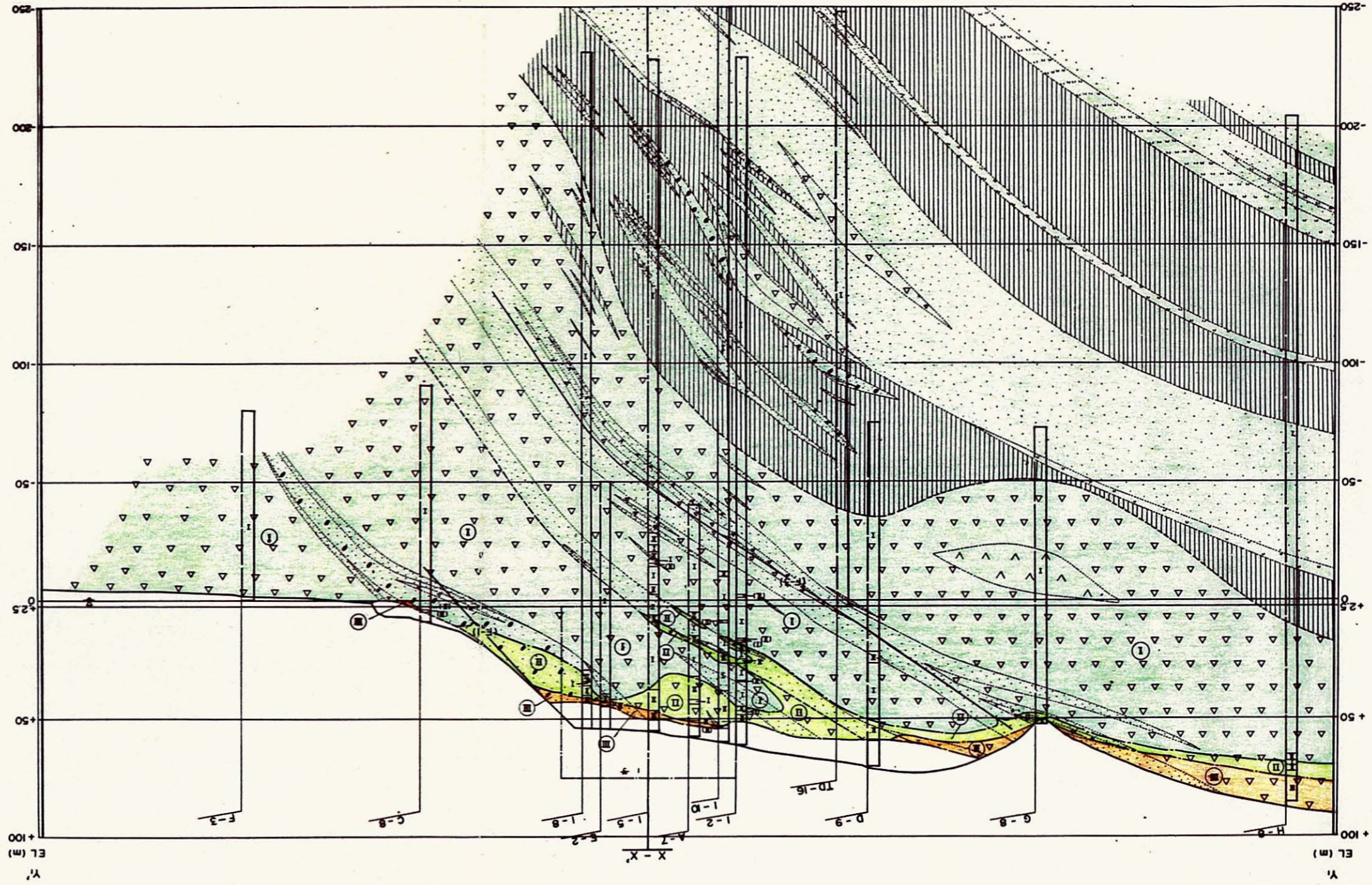
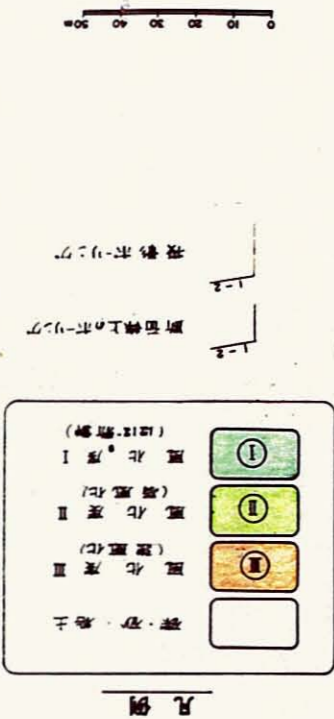
凡例

□	砂·砂·粘土
Ⅲ	風化度Ⅲ (強風化)
Ⅱ	風化度Ⅱ (弱風化)
Ⅰ	風化度Ⅰ (無風化)

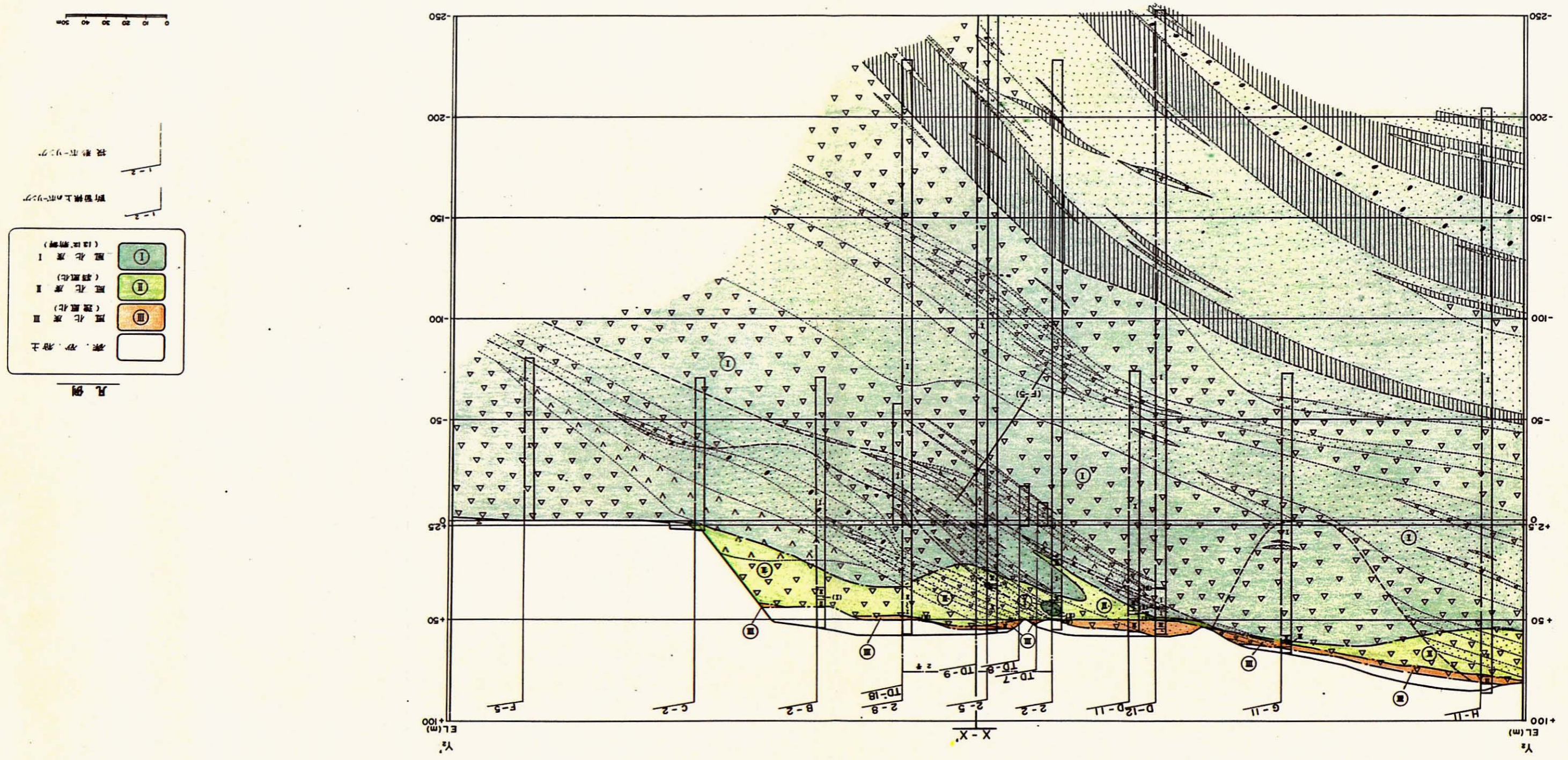


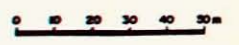
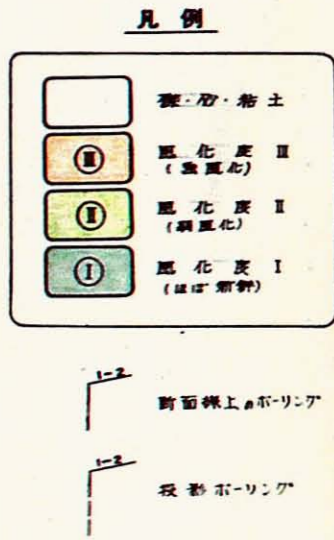
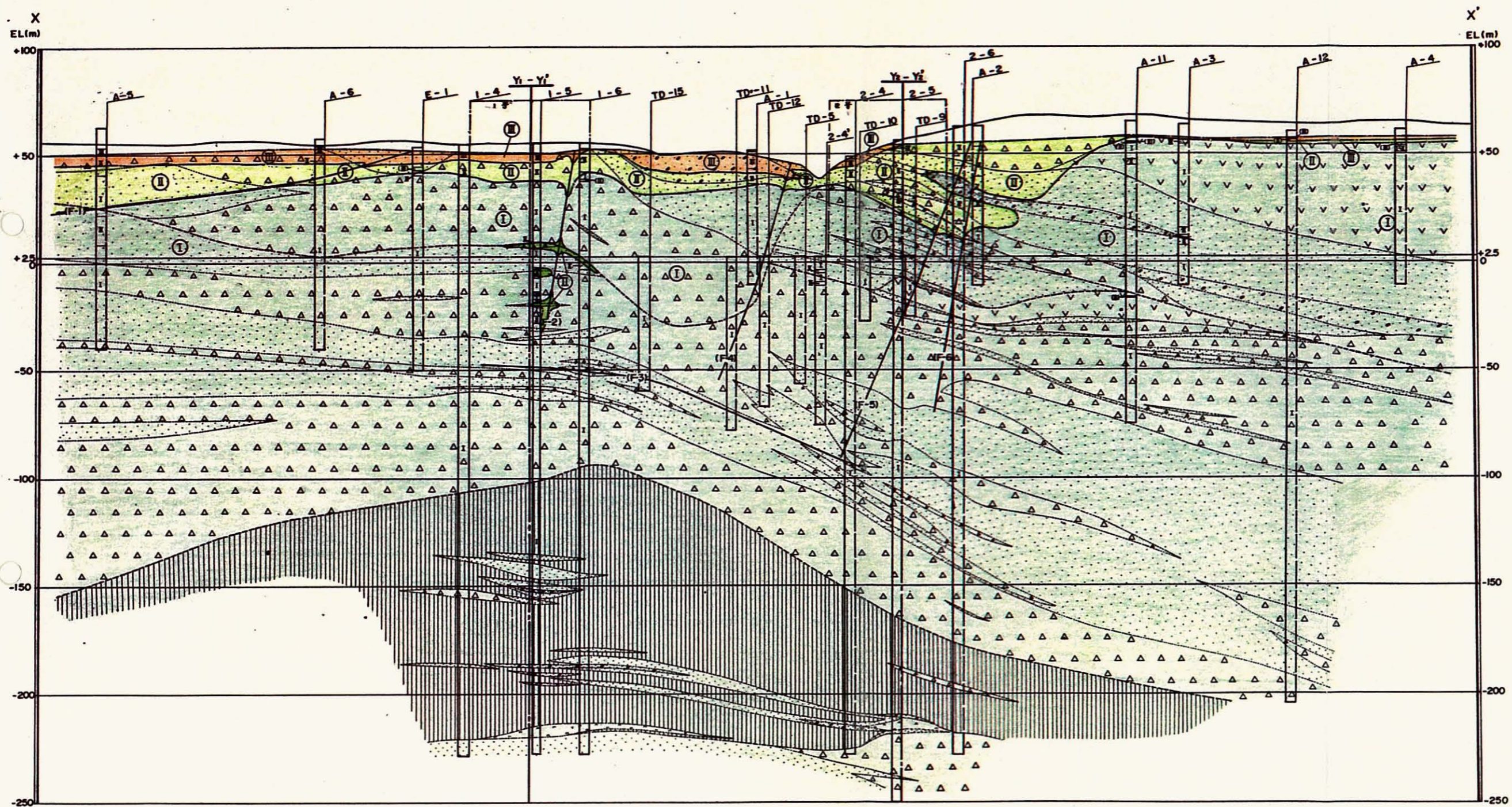
第 2.1 图 水平風化度区分分布图 (EL 2.5 m)

第 2. 2 図 鉛直風化度区分分布図 (Y₁-Y₁)



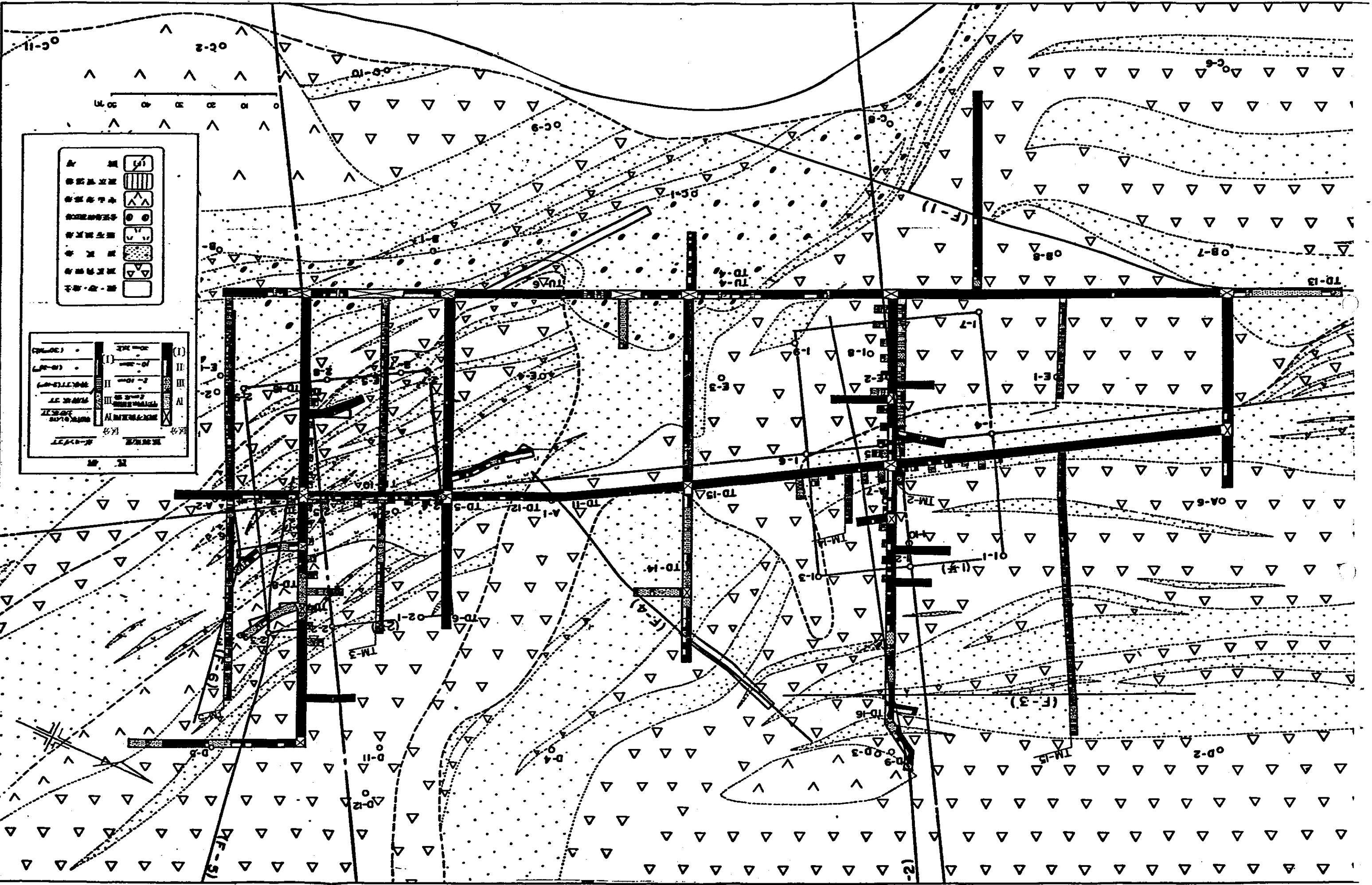
第 2.3 图 铅直风化度区分布图 (Y₂-Y₂)

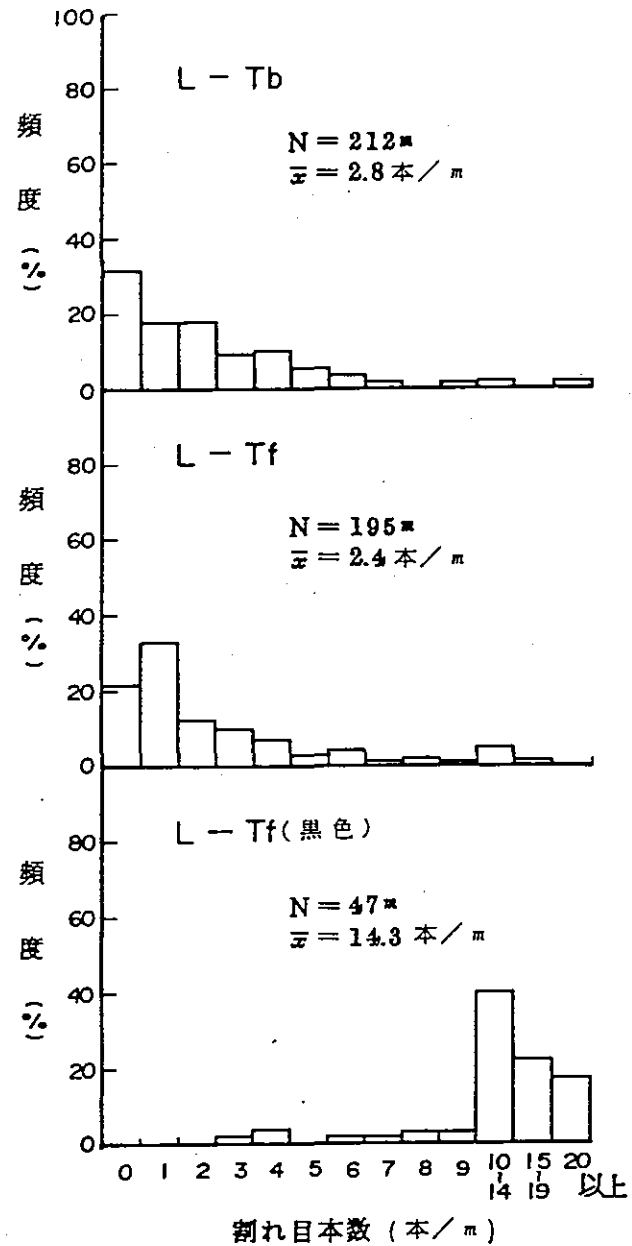
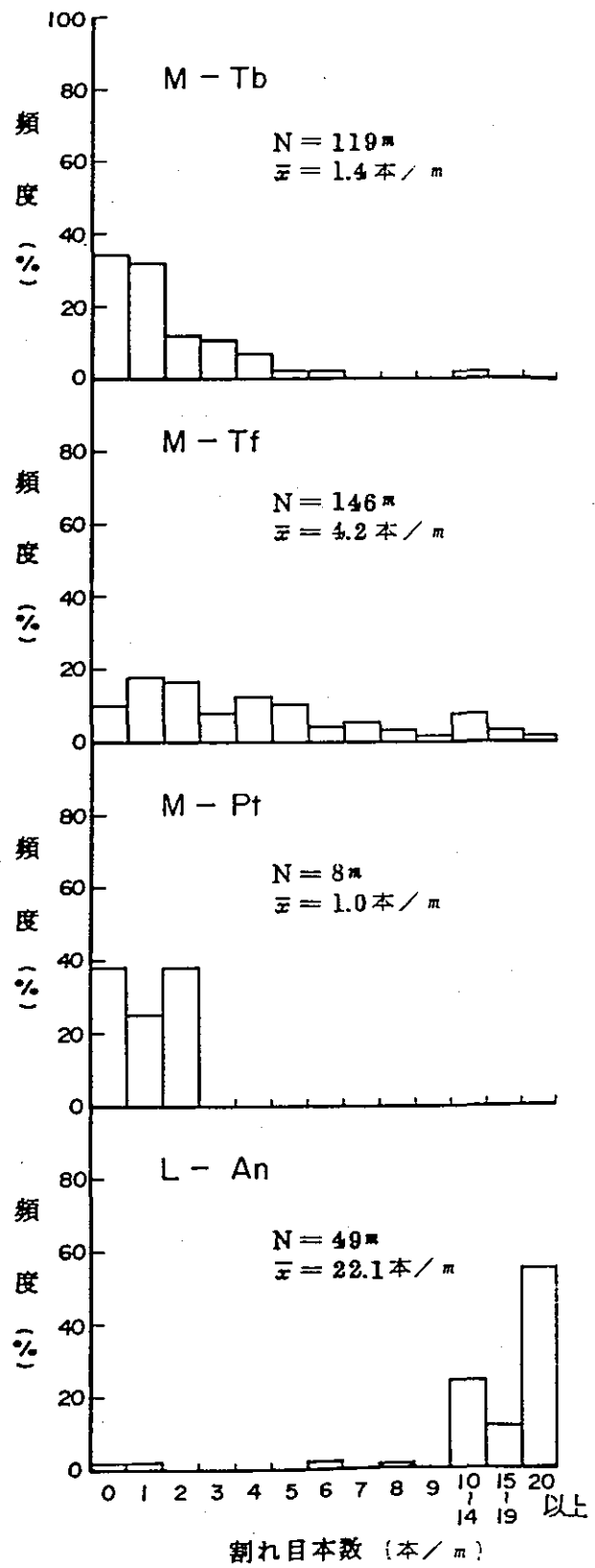
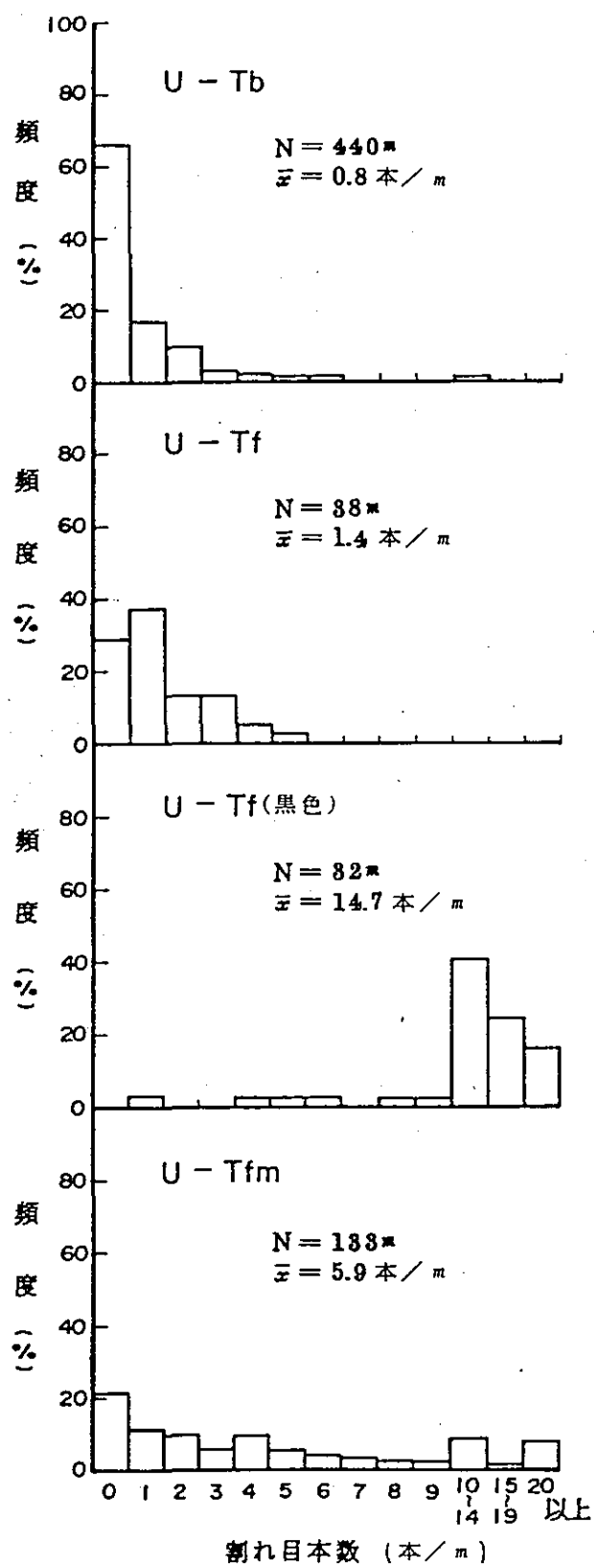




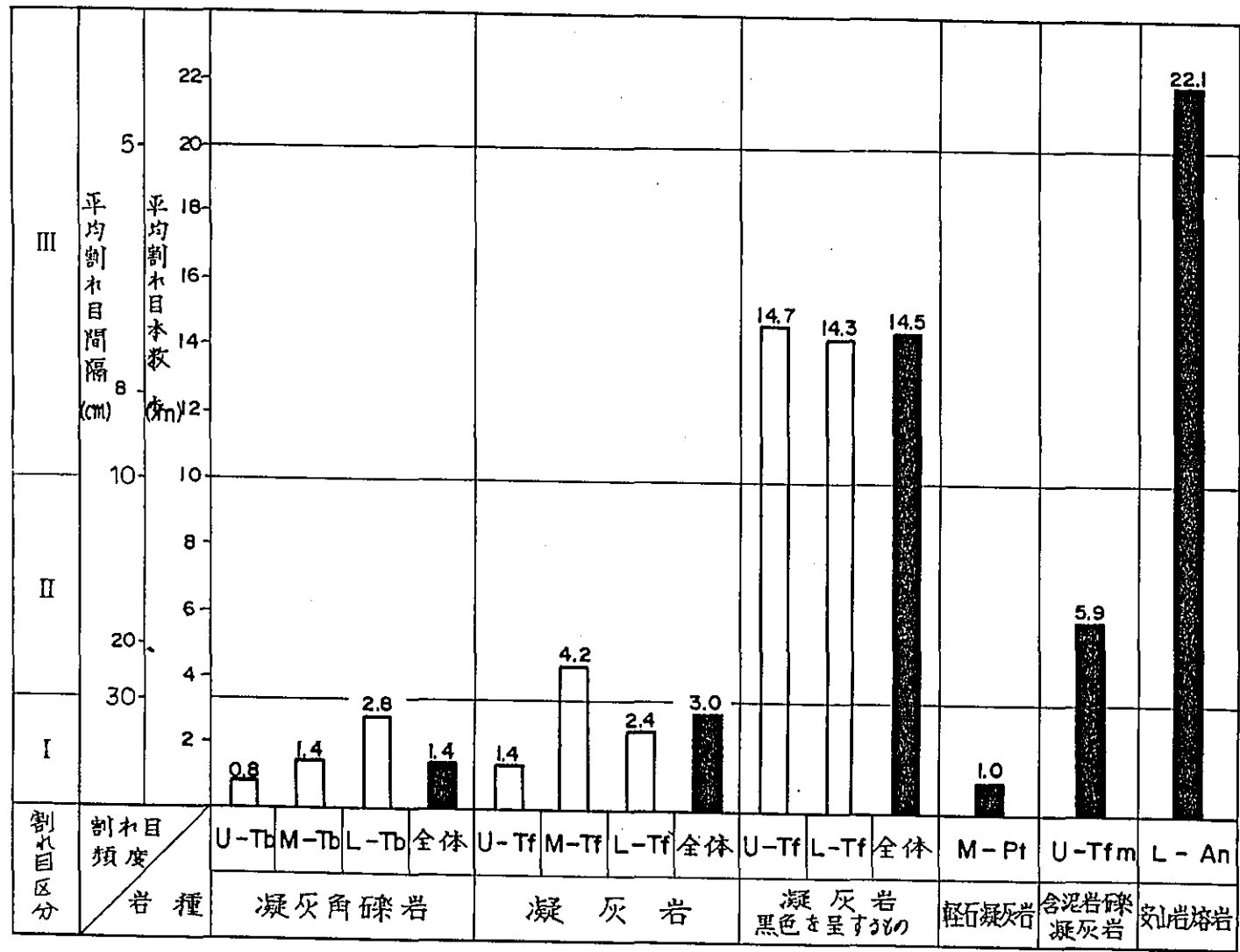
第 2.4 図 鉛直風化度区分分布図 (X-X')

第 2.6 図 試掘坑と水平ホーリングの割れ目区分布図

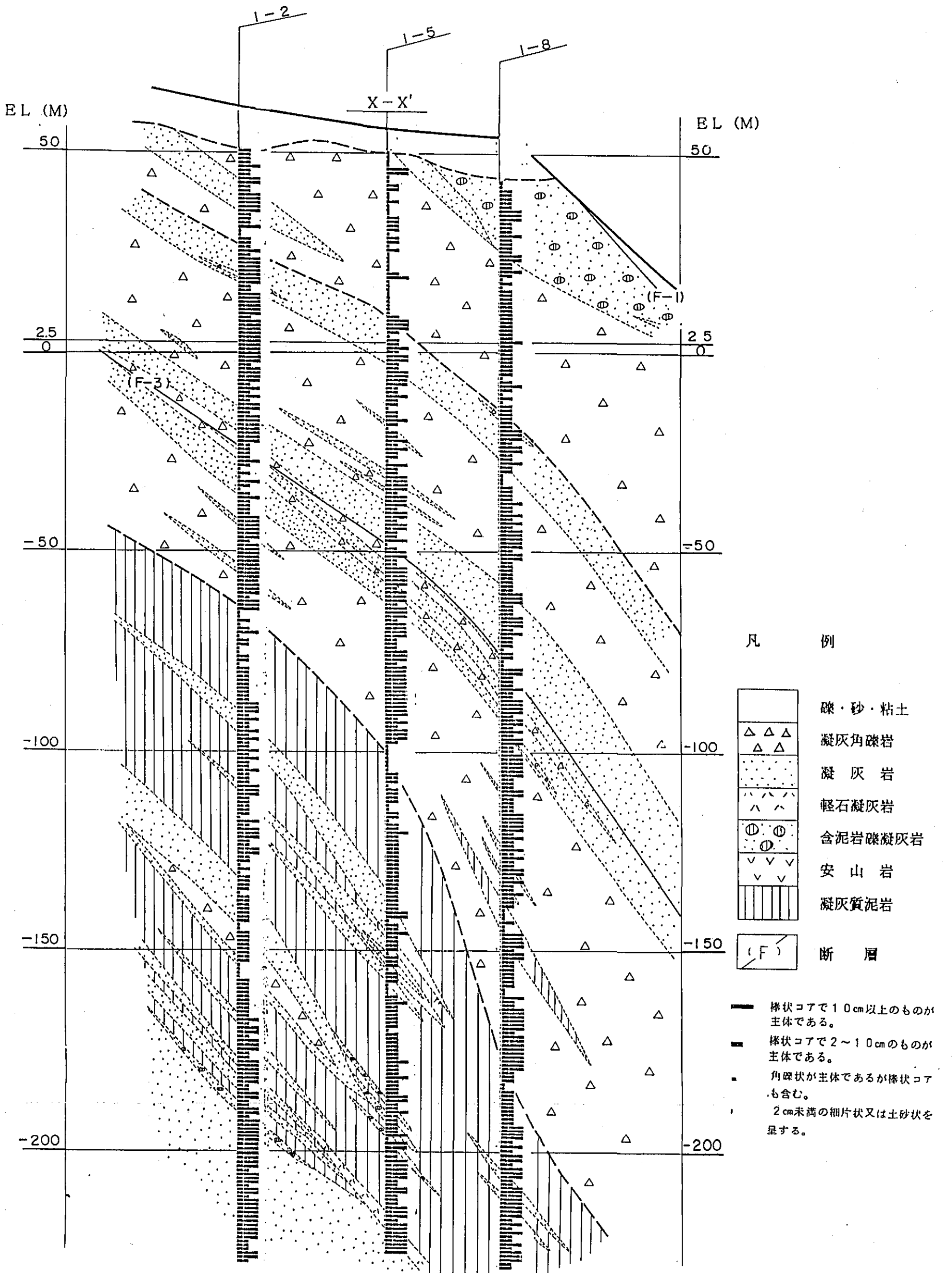




第 2.7 図 試掘坑の岩種別割れ目ヒストグラム

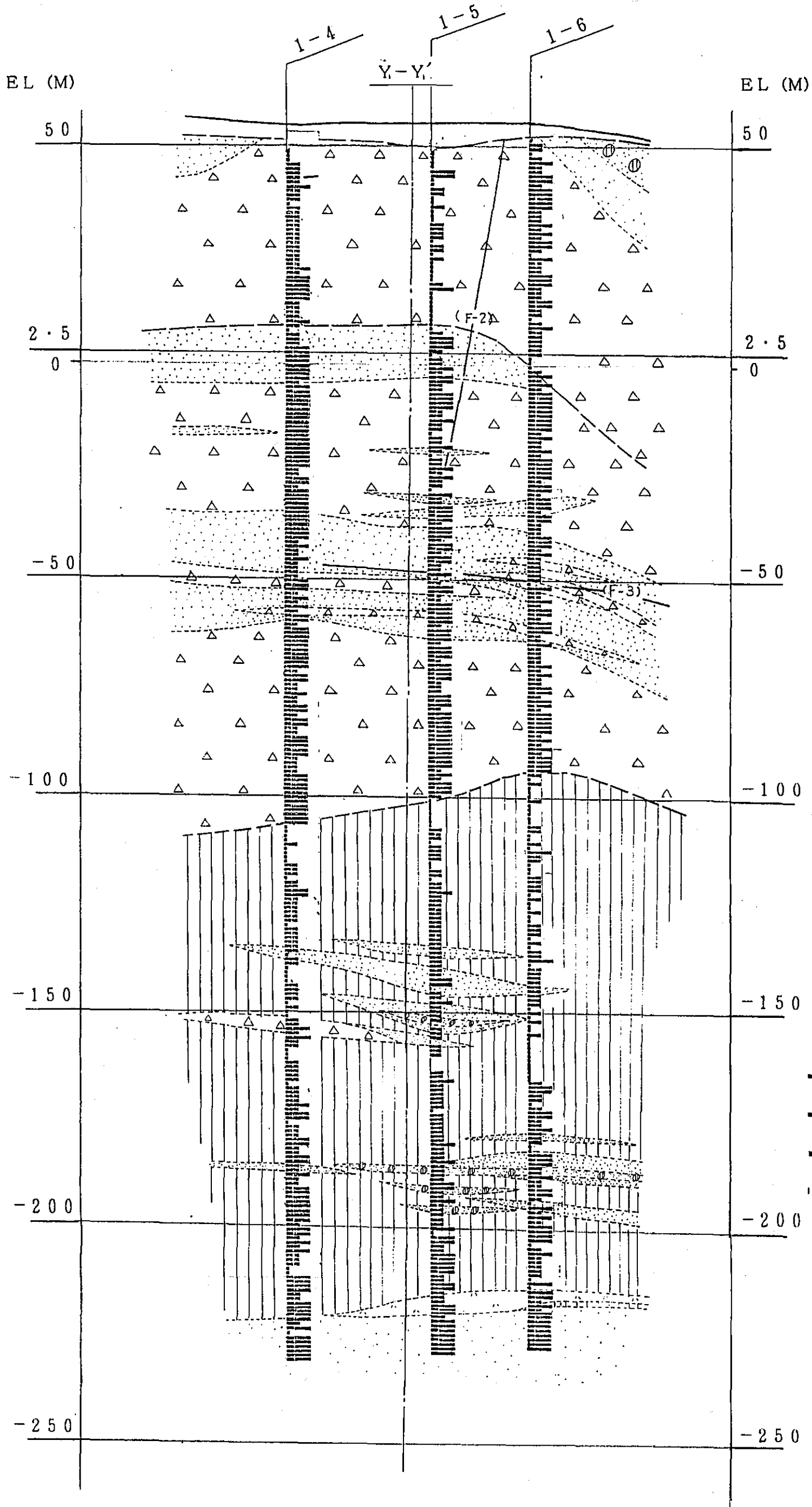


第 2.8 図 試掘坑の岩種別平均割れ目頻度



第 2.9 図 基礎ボーリングの割れ目区分分布図 (1号側)

(1m区間毎で主体を占めるコア長)



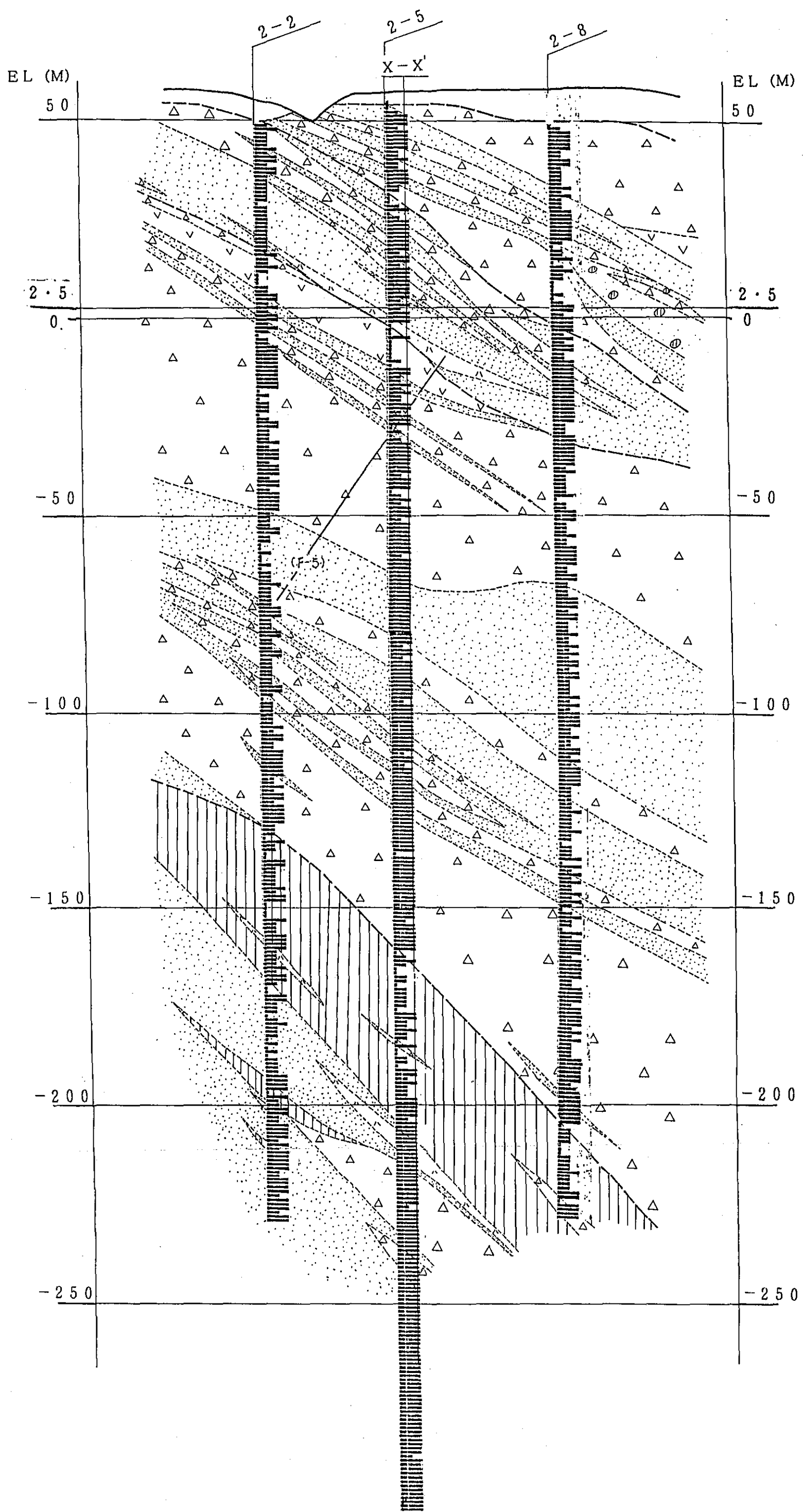
凡 例

- | | |
|--|---------|
| | 礫・砂・粘土 |
| | 凝灰角礫岩 |
| | 凝 灰 岩 |
| | 軽石凝灰岩 |
| | 含泥岩礫凝灰岩 |
| | 安 山 岩 |
| | 凝灰質泥岩 |
| | 断 層 |


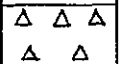
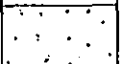
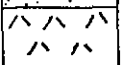
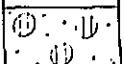
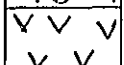

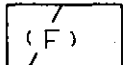
- 棒状コアで10cm以上のものが主体である。
- 棒状コアで2~10cmのものが主体である。
- 角礫状が主体であるが棒状コアも含む。
- 2cm未満の細片状又は土砂状を呈する。





第 2.10 図 基礎ボーリングの割れ目区分分布図(1号側)

(1m区間毎で主体を占めるコア長)

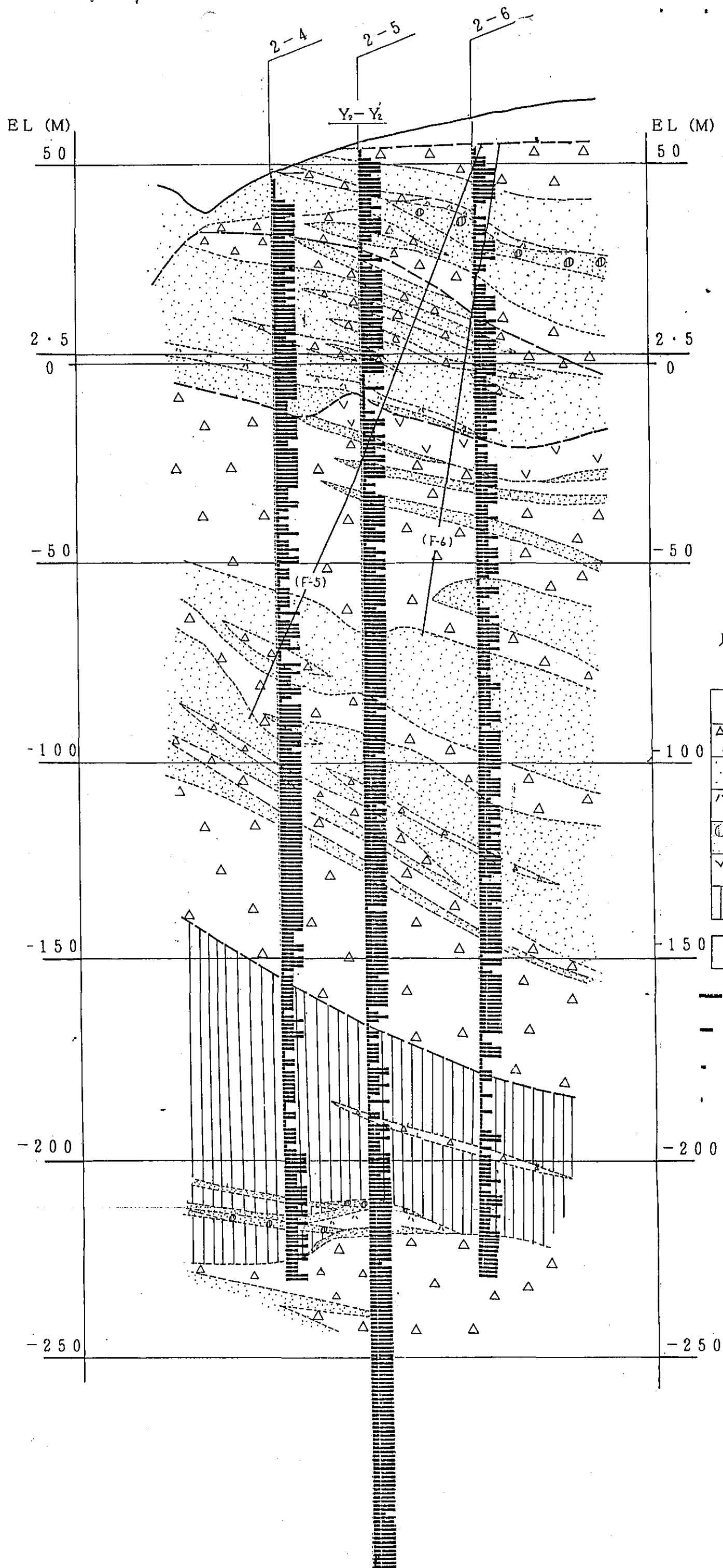


凡 例

-  礫・砂・粘土
-  凝灰角礫岩
-  凝灰岩
-  軽石凝灰岩
-  含泥岩礫凝灰岩
-  安山岩
-  凝灰質泥岩
-  (F) 断層

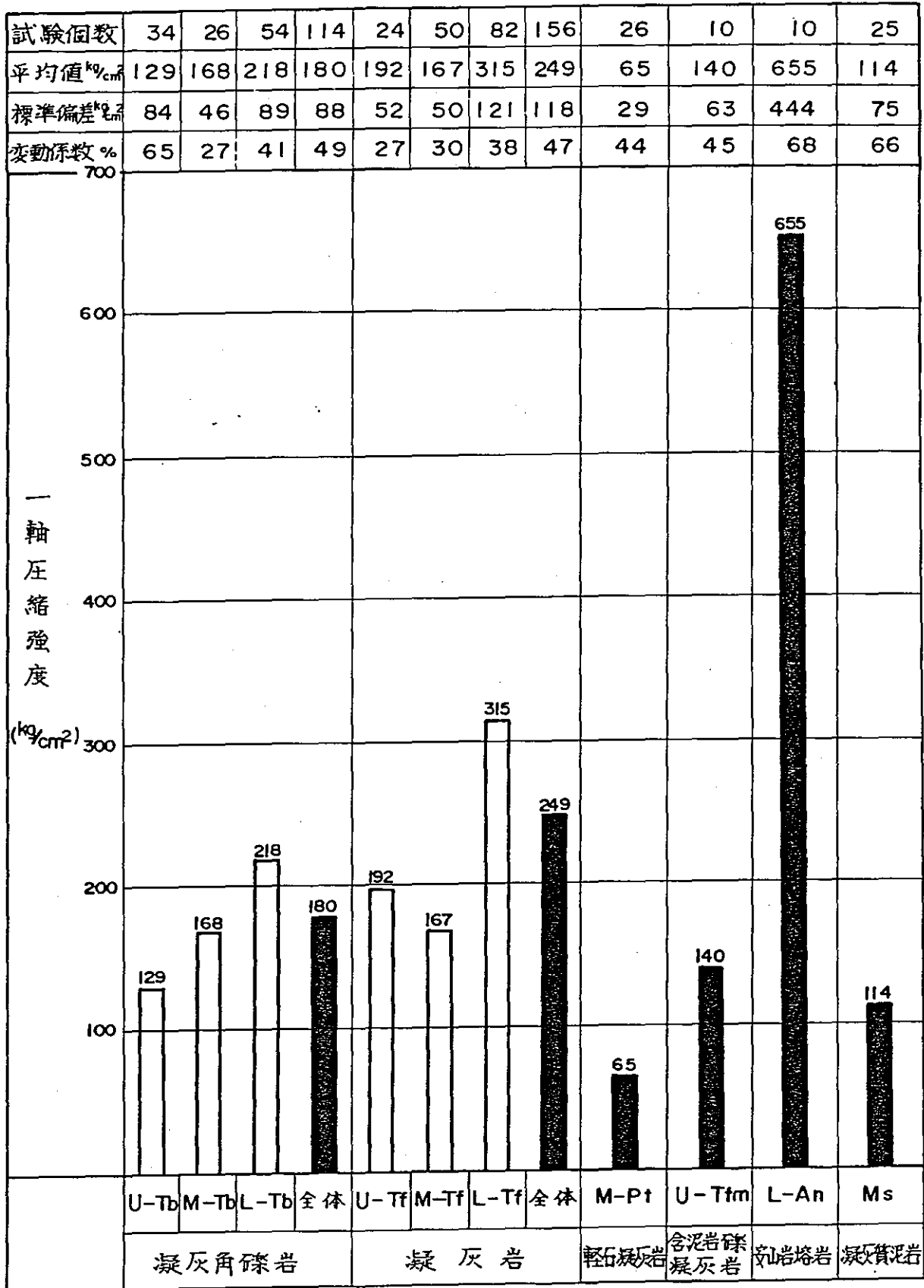
-  棒状コアで10cm以上のものが主体である。
-  棒状コアで2~10cmのものが主体である。
-  角礫状が主体であるが棒状コアも含む。
-  2cm未満の細片状又は土砂状を呈する。

第 2.11 図 基礎ボーリングの割れ目区分分布図 (2号側) (1m区間毎で主体を占めるコア長)

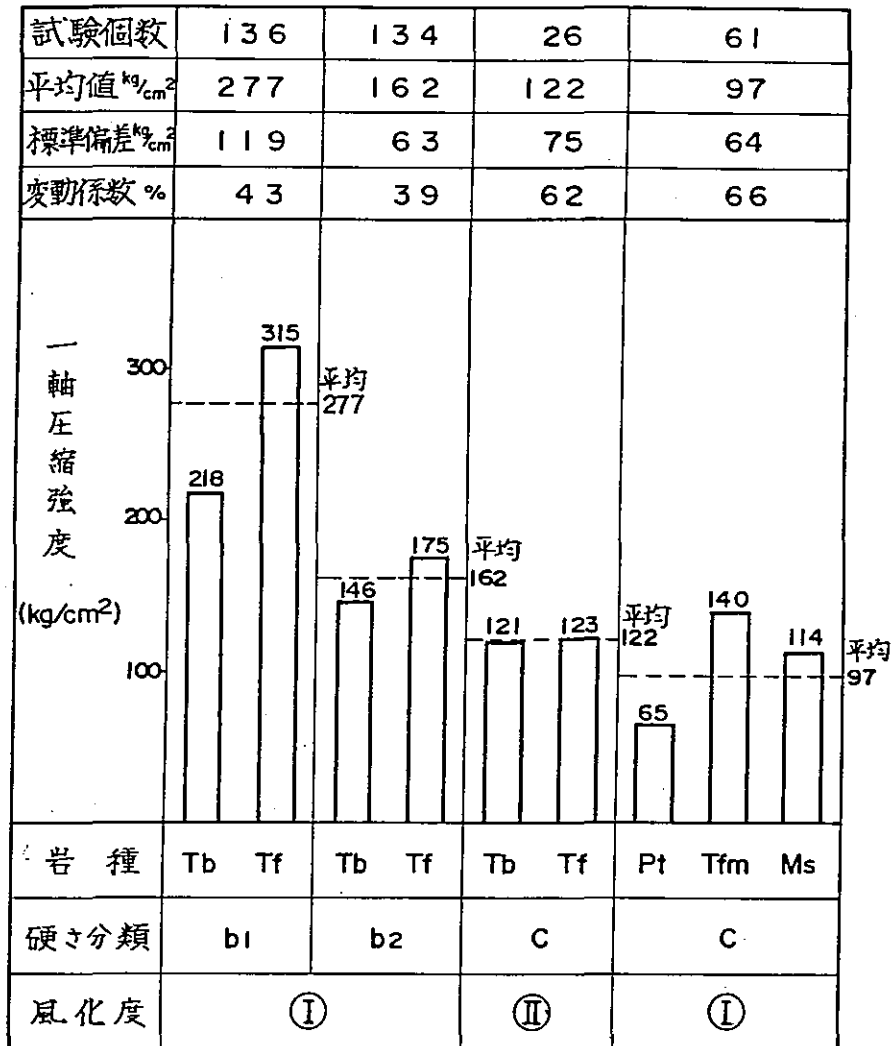


第 2.12 図 基礎ボーリングの割れ目区分分布図 (2号側)

(1 m区間毎で主体を占めるコア長)



第 2.13 図 基礎ボーリング (E L + 2.5 以下) 及び試掘坑の岩石の一軸圧縮強度比較図



第 2.14 図 火砕岩の一軸圧縮強度の風化特性

泊発電所（1，2号炉）

原子炉建屋設置位置地盤の

岩石・岩盤物性

昭和59年 2月 7日

目 次

1. 試驗內容	1
(1) 岩石試驗	1
(2) 岩盤試驗	2
2. 試驗結果	5
(1) 岩石試驗	5
(2) 岩盤試驗	6
圖表集	10

1. 試験内容

(1) 岩石試験

物理試験としては密度、吸水率、有効間隙率及び超音波伝播速度を測定した。力学試験としては一軸圧縮試験、引張試験及び三軸圧縮試験を実施した。

試料は、試掘坑内の地質に応じた代表的な箇所及び原子炉建屋基礎ボーリングコアから採取した。

供試体は、密度、吸水率等の物理試験及び引張試験においては直径 5 cm、長さ 5 cm、超音波伝播速度測定、一軸圧縮試験及び三軸圧縮試験においては直径 5 cm、長さ 10 cm に整形した。

a. 一軸圧縮試験

試験は、JIS M 0302 (岩石の圧縮強さ試験方法) に準拠し、自然状態の供試体について実施した。

b. 引張試験

試験は、JIS M 0303 (岩石の引張強さ試験方法) に準拠し、自然状態の供試体について実施した。

c. 三軸圧縮試験

試験は、自然状態の供試体に所定の側圧を負荷し、次いで軸荷重を破壊まで載荷して行い、その時の軸差応力を求めた。

側圧は 5~100 kg/cm² の 5 段階とし、これらの結果から岩石のせん断強度、内部摩擦角を求めた。

(2) 岩盤試験

試掘坑内で弾性波試験、岩盤変形試験、支持力試験、岩盤せん断試験及び岩盤クリープ試験を実施した。また、ボーリング孔内でPS検層、孔内載荷試験を実施した。

a. 弾性波試験(屈折法)

試験は、試掘坑沿いの7測線、延長約1.020mで、発破あるいは板叩き法によって起振し、測線上に約2m間隔に受振器を設け屈折法により実施し、基礎岩盤の縦波(P波)及び横波(S波)の伝播速度を求めた。

弾性波試験(屈折法)位置を第1.1図に示す。

b. 岩盤変形試験

基礎岩盤の変形特性を把握するために直径60cmの載荷板で岩盤変形試験を実施した。

試験は、試掘坑内の岩種・岩盤分類を代表する箇所では1号側9点、2号側15点、周辺部6点について実施した。

試験位置を第1.2図に、試験装置を第1.3図に、載荷パターンを第1.4図に示す。

c. 支持力試験

基礎岩盤の支持力を把握するために直径30cmの載荷板で支持力試験を実施した。

試験は、試掘坑内の岩種・岩盤分類を代表する箇所では岩盤変形試験終了後、1号側3点、2号側5点、周辺部2点について実施した。

試験位置を第 1.2 図に、試験装置を第 1.3 図に、載荷パターンを第 1.5 図に示す。

d. 岩盤せん断試験

基礎岩盤のせん断強度特性を把握するため、岩盤を長さ 60 cm、幅 60 cm、高さ 20 cm のブロックに切り出し、岩盤せん断試験を実施した。試験は試掘坑内の岩種・岩盤分類を代表する箇所、1号側 3箇所、2号側 5箇所、周辺部 2箇所について実施した。

試験位置を第 1.2 図に、試験装置を第 1.6 図に、載荷パターンを第 1.7 図に示す。

e. 岩盤クリープ試験

基礎岩盤に局所的に分布するやや軟質な軽石凝灰岩のクリープ特性を把握するため、 5.5 kg/cm^2 の一定荷重を載荷し、岩盤クリープ試験を実施した。試験位置を第 1.2 図に示す。

試験装置は第 1.3 図に示す変形試験と同一の装置に一定載荷維持装置を取付けたものである。

f. PS 検層

原子炉建屋基礎ボーリング孔を利用して PS 検層を実施した。

検層は、1号側 5孔、延長約 1,400 m、2号側 5孔、延長約 1,470 m で、地上で発破あるいは板叩き法によって起振し、2 m 間隔に孔中受振器を設け測定し基礎岩盤の縦波(P波)及び横波(S波)の伝播速度を求めた。

検層位置を第 1.8 図に、検層の概略図を第 1.9 図に示す。

8. 孔内載荷試験

原子炉建屋基礎ボーリング孔(1号側5孔、2号側5孔)を利用して孔内載荷試験を実施した。

試験位置を第1.8図に、試験の概略図を第1.10図に示す。

2. 試験結果

(1) 岩石試験

試掘坑内及び原子炉建屋基礎ボーリングコアから採取した試料による自然状態の岩石試験結果を第2.1表、第2.1図に示す。

これらによれば A級の凝灰角礫岩、凝灰岩、B級の凝灰角礫岩、凝灰岩、C級の軽石凝灰岩、凝灰質泥岩、含泥岩礫凝灰岩の物性は次のとおりとなっている。

密度は、A級で約 2.2g/cm^3 、B級で約 2.1g/cm^3 、C級で約 1.9g/cm^3 、吸水率は、A級で約13%、B級で約21%、C級で約29%となっている。

一軸圧縮強度は、A級で約 280kg/cm^2 、B級で約 160kg/cm^2 、C級で約 100kg/cm^2 、三軸圧縮試験から得られたせん断強度は、A級で $28\sim 34\text{kg/cm}^2$ 程度、B級で $20\sim 27\text{kg/cm}^2$ 程度、C級で $10\sim 16\text{kg/cm}^2$ 程度、内部摩擦角は、A級で $56\sim 57^\circ$ 程度、B級で $45\sim 52^\circ$ 程度、C級で $38\sim 43^\circ$ 程度となっている。

静ポアソン比は A級で約0.25、B級で約0.25、C級で約0.26、静弾性係数は A級で約 $1.4 \times 10^5\text{kg/cm}^2$ 、B級で約 $9.0 \times 10^4\text{kg/cm}^2$ 、C級で約 $3.8 \times 10^4\text{kg/cm}^2$ となっている。

なお、B級の安山岩熔岩は、密度約 2.6g/cm^3 、一軸圧縮強度約 660kg/cm^2 、静ポアソン比約0.26、静弾性係数約 $5.8 \times 10^5\text{kg/cm}^2$ となっている。

岩盤分類と岩石物性の対応を検討するために、主な岩石物性値である一軸圧縮強度の岩種・岩盤分類別及び岩盤分類別のヒストグラムを第2.2図に示す。

これらによると、岩盤分類毎に共通の岩石物性をもつとみなし

うると考えられる。

また、第2.3図に岩盤分類別の密度、S波速度、一軸圧縮強度の深度分布を示すが、これによると同一岩盤分類では深さ方向にあまり変化はみられない。

(2) 岩盤試験

a. 弾性波試験(屈折法)

試掘坑沿いの屈折法による弾性波試験により得られたP波、S波速度を第2.2表、第2.4図に示す。

結果を要約すると以下のとおりである。

原子炉建屋基礎岩盤の弾性波速度の平均値は、P波1号側約2.8km/s、2号側約2.6km/s、S波で1号側約1.5km/s、2号側約1.3km/sである。これより求めた動弾性係数は、1号側約 $13 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、2号側約 $10 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、動ポアソン比は1号側約0.30、2号側約0.33である。また、試掘坑沿いの弾性波速度の分布は岩盤分類に概ね対応しており、A級がP波で2.8km/s、S波で1.5km/s、B級(安山岩熔岩を除く)がP波で2.5km/s、S波で1.3km/s、C級がP波で2.0km/s、S波で1.0km/sである。B級の安山岩熔岩はP波で3.1km/s、S波で1.6km/sとなっている。

b. 岩盤変形試験

岩盤変形試験により得られた変形係数、割線弾性係数及び接線弾性係数を第2.3表、第2.5図 荷重～変位曲線の代表例を第2.6図に示す。

結果を要約すると以下のとおりである。

変形特性は岩盤分類に対応しており、変形係数(荷重範囲0~10kg/cm²)平均値は、A級で 4.8×10^4 kg/cm²、B級(安山岩熔岩を含む)で 2.3×10^4 kg/cm²、C級で 0.7×10^4 kg/cm²、含泥岩礫凝灰岩のうちD級相当岩盤で 0.4×10^4 kg/cm²、割線弾性係数(荷重範囲0~10kg/cm²)平均値はA級で 6.2×10^4 kg/cm²、B級(安山岩熔岩を含む)で 2.8×10^4 kg/cm²、C級で 1.0×10^4 kg/cm²、含泥岩礫凝灰岩のうちD級相当岩盤で 0.5×10^4 kg/cm²を示している。

荷重~変位曲線からみると、A~D級岩盤とも高荷重域(10~30kg/cm²)においても弾性的挙動を示している。

c. 支持力試験

支持力試験結果を第2.3表に、荷重~変位曲線を第2.7図に示す。

結果を要約すると、A級、B級及びC級岩盤とも140kg/cm²まで載荷したが破壊に至らなかった。また、含泥岩礫凝灰岩のうちD級相当岩盤では約120kg/cm²で破壊に至った。

d. 岩盤せん断試験

岩盤せん断試験により得られたせん断強度と内部摩擦角を第2.8図に示す。

結果を要約すると以下のとおりである。

せん断強度特性は岩盤分類に対応しており、せん断強度はA級で22.1kg/cm²、B級で15.8kg/cm²、C級で6.0kg/cm²、含泥岩礫凝灰岩のうちD級相当の岩盤で3.8kg/cm²、内部摩擦角は、A級で51.1°、B級で47.0°、C級で46.6°、含泥岩礫凝灰岩

のうちD級相当の岩盤で37.5°となっている。

e. 岩盤クリープ試験

C級の軽石凝灰岩の岩盤クリープ試験により得られた時間と変位量との関係を第2.9図に示す。

この変位量～時間曲線を次式

$$W = W_e + W_c = W_e \{ 1 + \alpha(1 - e^{-\beta t}) \}$$

ここに W : 変位量

W_e : 弾性変位量

W_c : クリープ変位量

α, β : クリープ係数

t : 経過時間

で近似させ諸数値を求めた。結果は第2.4表に示すとおりである。

これによると、 $\alpha = 0.14$ 、 $\beta = 2.8/\text{日}$ である。

f. PS検層

PS検層により得られた原子炉建屋基礎底面以深のP波、S波速度を第2.5表及び第2.10図に示す。

結果を要約すると以下のとおりである。

PS検層による弾性波速度の平均値は、P波がA級で約3.2 km/s、B級で約2.7 km/s、C級で約2.4 km/s、S波がA級で約1.5 km/s、B級で約1.3 km/s、C級で約1.1 km/sとなり、これより求めた動弾性係数は、A級で約 $13.7 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、B級で約 $9.8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、C級で約 $6.4 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、動ポアソン比は、A級で0.36、B級で0.35、C級で0.37となる。

8. 孔内載荷試験

孔内載荷試験により得られた変形係数を第2.10図、第2.6表に示す。

結果を要約すると以下のとおりである。

岩盤分類別の変形係数の平均値は、原子炉建屋基礎岩盤の大部分を占めるA級岩盤では1号側約 $4.6 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、2号側約 $4.5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、B級岩盤では2号側約 $29 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ である。また、深部にみられるC級岩盤を主体とする凝灰質泥岩では1号側約 $2.4 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、2号側約 $2.8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ と比較的大きな変形係数を示している。

图 表 集

第2.1表(1) 岩石試驗結果(岩種・岩盤分類別)

岩盤分類		A 級		B 級			C 級				
岩種		凝灰角礫岩	凝灰岩	安山岩熔岩	凝灰角礫岩	凝灰岩	軽石凝灰岩	含泥岩礫凝灰岩	凝灰質泥岩		
物理 試驗	試驗個數	57	78	10	62	72	26	10	26		
	密度 (g/cm ³)	乾燥	平均值	1.99	1.91	2.60	1.92	1.59	1.36	1.60	1.55
			標準偏差	0.19	0.13	0.08	0.20	0.17	0.10	0.25	0.15
		自然	平均值	2.21	2.17	2.64	2.19	1.98	1.82	1.97	1.91
			標準偏差	0.18	0.09	0.06	0.14	0.12	0.07	0.13	0.11
		飽和	平均值	2.21	2.17	2.65	2.20	1.99	1.83	1.98	1.91
			標準偏差	0.18	0.09	0.05	0.14	0.11	0.07	0.14	0.11
	吸水率 (%)	平均值	11.2	14.2	2.1	15.1	26.2	34.5	24.9	23.8	
		標準偏差	3.1	3.7	1.4	5.4	7.1	4.4	11.2	6.1	
	有効間隙率 (%)	平均值	22.0	26.7	5.3	27.9	40.5	46.5	37.4	36.1	
		標準偏差	5.3	5.2	3.4	6.8	6.3	3.3	12.8	5.9	
	超音 波速 度測 定	試驗個數	54	82	10	60	74	26	10	25	
P波速度 (km/s)		平均值	3.52	3.18	5.23	3.18	2.85	2.06	2.67	2.07	
		標準偏差	0.31	0.37	0.38	0.34	0.30	0.30	0.58	0.25	
S波速度 (km/s)		平均值	1.86	1.75	2.66	1.65	1.52	0.87	1.35	0.98	
		標準偏差	0.22	0.27	0.54	0.24	0.16	0.17	0.40	0.23	
動彈性係數 (×10 ⁴ kg/cm ²)		平均值	20.5	17.7	51.3	16.2	12.3	4.0	10.3	5.2	
		標準偏差	4.4	4.9	17.5	4.2	2.6	1.7	5.1	2.3	
動ポアソン比		平均值	0.30	0.28	0.32	0.31	0.30	0.39	0.33	0.35	
	標準偏差	0.04	0.04	0.07	0.05	0.03	0.02	0.05	0.05		
力 學 試 驗	一 軸 圧 縮 試 驗	試驗個數	54	82	10	60	74	26	10	25	
		一軸圧縮強度 (kg/cm ²)	平均值	218	315	655	146	175	65	140	114
			標準偏差	89	121	444	72	52	29	63	75
		静彈性係數 (×10 ⁴ kg/cm ²)	平均值	14.0	13.6	57.8	9.8	8.4	2.3	8.4	3.4
			標準偏差	8.9	4.9	21.1	4.4	2.4	1.9	2.6	3.0
		静ポアソン比	平均值	0.23	0.27	0.26	0.23	0.27	0.24	0.22	0.30
	標準偏差		0.07	0.07	0.05	0.07	0.08	0.08	0.06	0.13	
	圧 裂 引 張 試 驗	試驗個數	51	73	10	55	73	23	10	28	
		引張強度 (kg/cm ²)	平均值	24.6	26.5	67.7	16.0	20.8	6.6	15.7	14.1
			標準偏差	8.4	8.1	21.7	6.9	5.2	1.6	9.1	10.6
	三 軸 圧 縮 試 驗	試驗組數	3	4	—	4	1	1	—	1	
		せん断強度 τ_0 (kg/cm ²)	28	34	—	20	27	10	—	16	
内部摩擦角 ϕ (°)		56	57	—	52	45	38	—	43		

第 2.1 表(2) 岩石試驗結果 (岩盤分類別)

岩 盤 分 類		A 級	B 級	C 級		
岩 種		凝 灰 角 礫 岩 凝 灰 岩	凝 灰 角 礫 岩 凝 灰 岩	安 山 岩 熔 岩 輕 石 凝 灰 岩 凝 灰 質 泥 岩 含 泥 岩 礫 凝 灰 岩		
物 理 試 驗	試 驗 個 數	135	134	10	62	
	密 度 (自 然) (g / cm ³)	平 均 值	2.18	2.08	2.64	1.88
		標 準 偏 差	0.14	0.16	0.06	0.11
	吸 水 率 (%)	平 均 值	12.9	21.1	2.1	28.5
		標 準 偏 差	3.8	8.4	1.4	8.3
	一 軸 壓 縮 試 驗	試 驗 個 數	136	134	10	61
一 軸 壓 縮 強 度 (kg / cm ²)		平 均 值	277	162	655	97
		標 準 偏 差	119	63	444	64
靜 彈 性 係 數 (× 10 ⁴ kg / cm ²)		平 均 值	13.8	9.0	57.8	3.8
		標 準 偏 差	6.8	3.5	21.1	3.2
靜 ポアソン 比		平 均 值	0.25	0.25	0.26	0.26
		標 準 偏 差	0.08	0.08	0.05	0.11