

原子炉安全専門審査会第27部会
Cグループ第6回会合議事次第

昭和59年 2月28日(火)

日本原子力研究所第5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5回会合 日時 昭和59年2月20日（月） 午後2時～午後5時30分

場所 東海大学校友会館第2会議室

出席者 原子力安全委員 名 通商産業省 4名
審査委員 6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		鈴木	○	星
大山 彰		大竹 政和	○	村山	○	内田
		川本 眺万	○	川原	○	
		北村 信	○	大橋	○	
竹越 尹 (部会長)		田治見 宏	○			
		谷 資信	○			
		吉中 龍之進	○			

配布資料

資料番号

資料名

資料第27C-議-4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4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、原子炉、設置(1号及び2号原子炉、設置)に係る公開<アソング>」における意見等について

事務局よりCグループとして参考すべき事項について説明を聴取した。

3. 北海道電力株式会社泊発電所、原子炉、設置(1号及び2号原子炉、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。

耐震設計上想定すべき地震のうち

1.1) 地震地体構造

1.2) 直下地震

1.3) 設計用最強地震及び設計用限界地震
基準地震動として

1.4) 地震動特性

1.5) 基準地震動

水理のうち

1.6) 津波

引き続き調査審議終了こととして、1)項目のうち

1.7) 歌葉及び尻別川、リニメントと褶曲構造

1.8) 敷地前面海域、海底谷

1.9) 敷地前面海域及び周辺海域、地層、年代

1.10) 敷地前面及び周辺海域、音波探査における

断層の判定

1. 11) 日本海中部地震の観測記録

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) 歌楽クリニメントについて、段丘との関係の確認と説明

2. 2) 敷地前面海域の海底谷について、音波探査記録、パターン、説明

4. 今後、予定

第8回会合以降の日程を次のとおりとした。

第8回会合 3月23日(金) 10時~12時

第9回会合 4月4日(水) 10時~13時30分

以上

泊発電所（1，2号炉）

敷地の地質に関する

指摘事項について

昭和59年 2月28日

1. F-1断層の転移量について

F-1断層の転位量は、トレンチ調査により約1mであることが確認された。この転移量は、殺丘堆積層と岩盤の不整合面の変位から測定されたものである。しかし、F-1断層周辺には、この不整合面に変形を与えていない派生断層もみられるのでF-1断層の運動は殺丘堆積層の堆積以前からあったとも考えられる。

そこで、F-1断層の真の転位量を求めるために以下の検討を行った。

1) 検討内容

試掘坑のA-1坑とE坑の交点近くで石英安山岩質の凝灰角礫岩と黒色を呈した凝灰岩の境界がF-1断層によって変位を受けている。

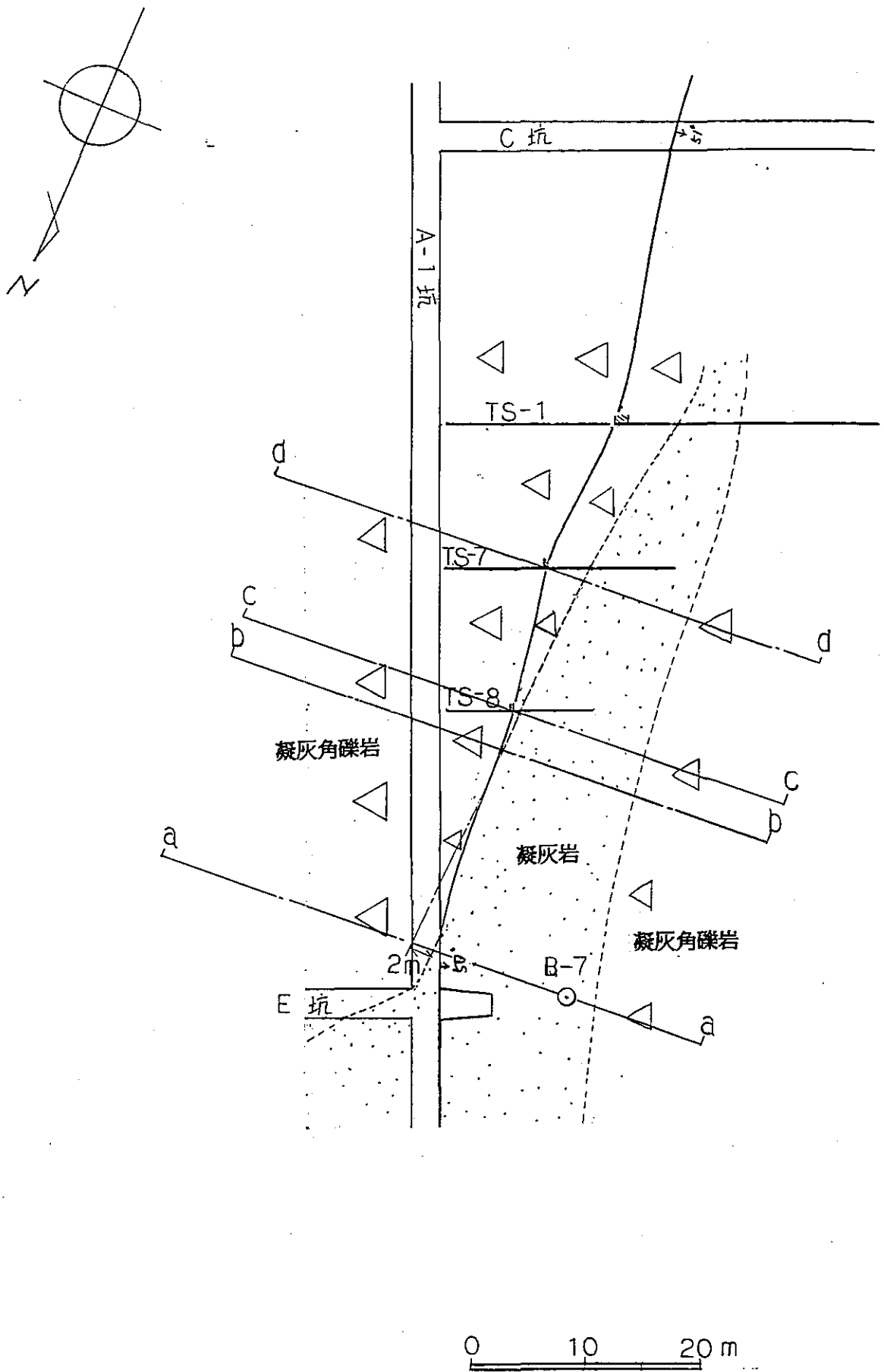
そこでボーリング調査を追加し、この変位量を測定するとともに、地層の走向、傾斜と断層の糸線の方角についても検討し、真の転位量を求めることとした。

2) 検討結果

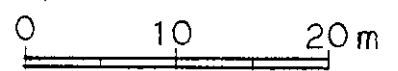
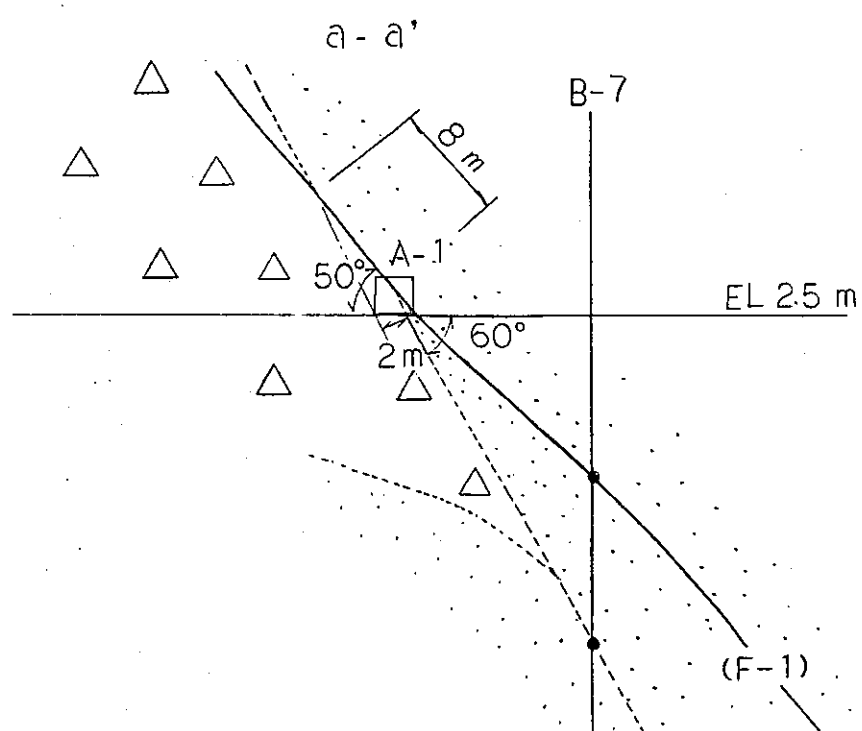
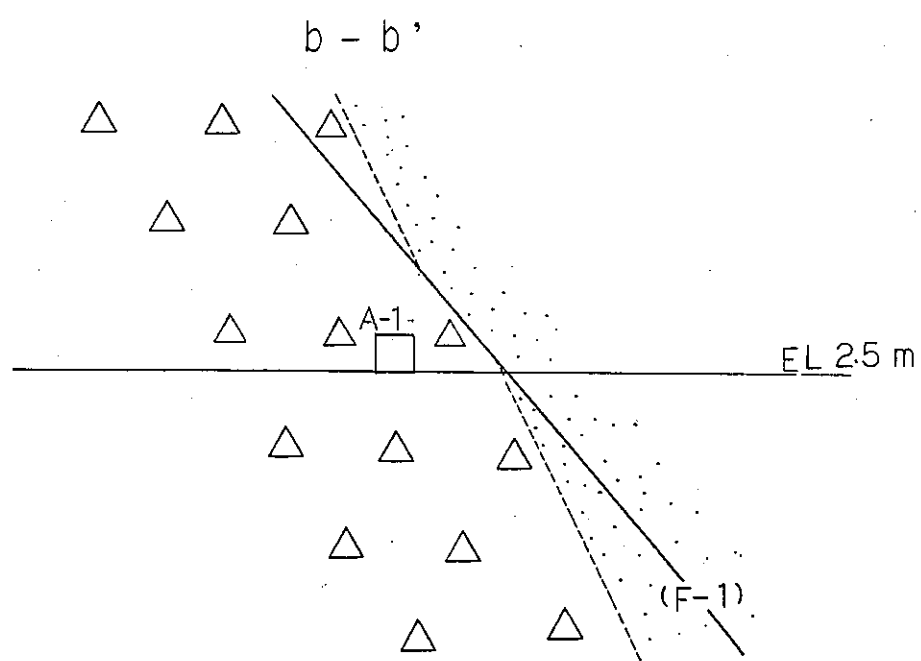
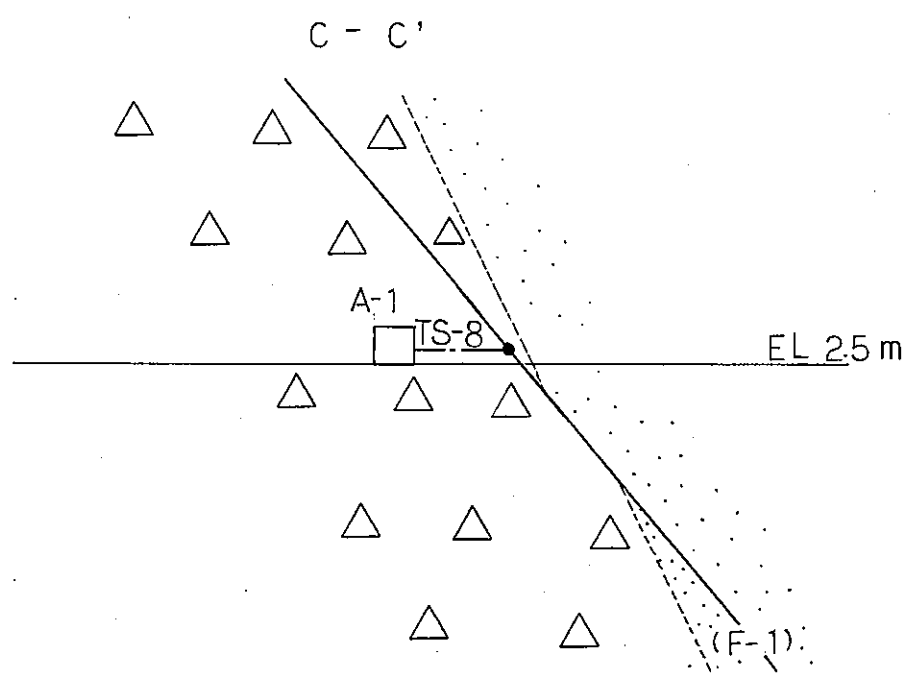
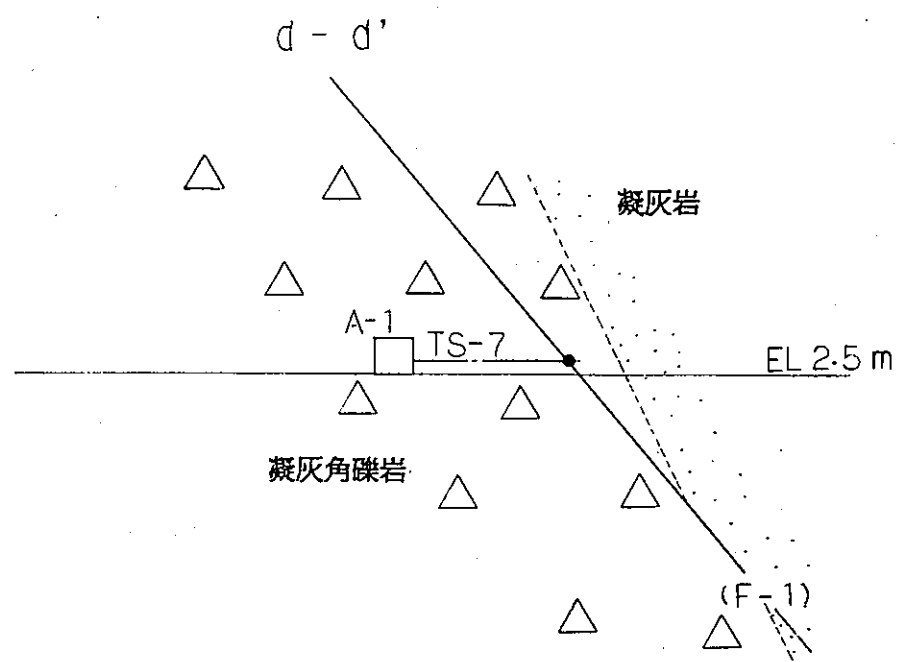
A-1坑とE坑付近の地層及び断層の分布状況は、第1.1図～第1.2図に示すとおりで、これを要約すると以下のとおりである。

- i) 地層の走向、傾斜は試掘坑調査、ボーリング調査（水平3本、鉛直1本）により把握されており、平均的には $N15^{\circ}E / 60^{\circ}NW$ 程度である。
- ii) 断層の走向、傾斜は、試掘坑調査、ボーリング調査（鉛直1本）により把握されており、平均的には $N50^{\circ}E / 50^{\circ}NW$ 程度である。
- iii) 断層の条線方向は、試掘坑調査により断層の傾斜方向とほぼ同様であることを確認している。

これらの結果より、試掘坑面での条線方向の変位の水平成分は2m程度であると推定されることから断層の転位量は、8m程度であると考えられる。



第1.1图 地质平面图



第1.2图 地质断面图

2. F-1断層とF-3断層のセンスの相違について

F-1断層は、トレンチ調査の結果から逆断層であることを確認している。

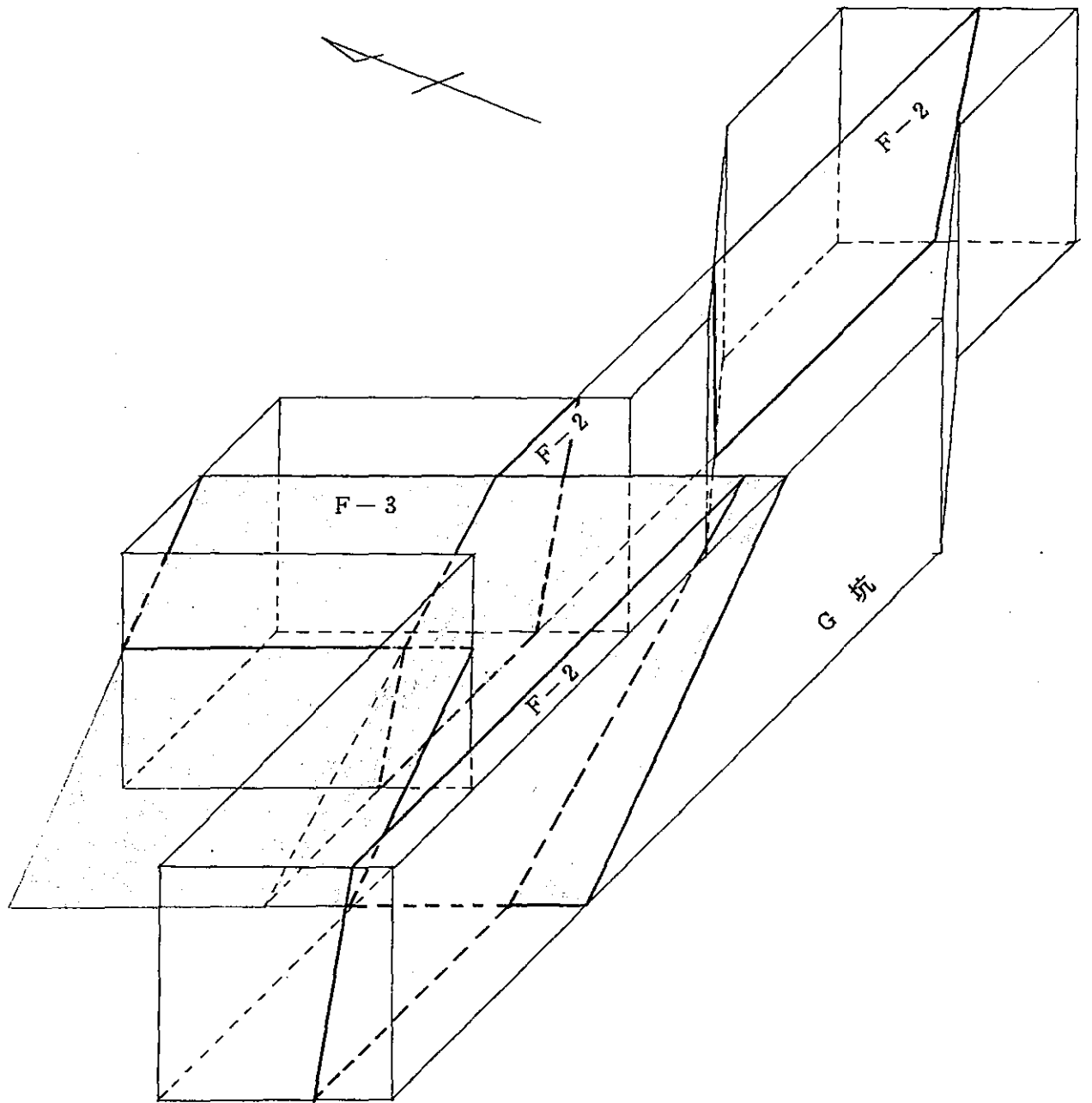
一方、F-3断層は、第2.1図に示すように1号原子炉建屋40m山側地点の試掘坑(白坑)で確認されたもので、この地点でF-2断層を切っている。F-3断層は、断層及びその糸線の走向、傾斜とF-2断層の水平面上の移動量から正断層であると判断した。

また、断層の破砕規模はF-1断層の方がF-3断層より大きく、F-1断層では青白色の粘土が比較的厚くみられるのに対し、F-3断層ではフィルム状の粘土がみられるにすぎない。

これらの断層のセンスの相違について考察すると以下のとおりである。

敷地のある積丹半島地域は、日本海沿岸や黒松内低地帯の地質構造からみて圧縮応力場にあったと考えられ、F-1断層のように断層の多くは逆断層であると考えられる。

一方、積丹半島地域では、広域的な隆起運動があったと考えられており、F-3断層は、この運動に伴って生じた正断層とも考えられるが、その他、F-3断層沿いに軟質な泥質凝灰岩が存在することから滑動に伴うものとも考えられるし、小規模な断層間のブロック運動によるものとも考えられる。



第 2.1 图 F-2, F-3 断层概念图

3 断層粘土と段丘堆積物の石英粒子の表面構造解析について

断層粘土中の石英粒子は、断層運動により母岩が破壊されることによって生成され新鮮な破断面を有するが、その後地下水、雨水などの作用により石英粒子の表面で溶解が起り、時間の経過とともに溶解が進み、より複雑な表面構造が形成されると考えられる。

これらのことをふまえて、断層粘土中の石英粒子の表面構造は、断層の成生時から現在までの時間的経過と密接な関係があることが確認されている。

一方、第四紀砂層に関する研究、花こう岩礫に関する研究などによって堆積層、風化層の石英粒子の表面構造と地質年代の対比が検討されている。

これによると礫層では粒子間の結合がルーズであり、一般に地下水、雨水などによる石英粒子の表面構造の溶解が進み易く、同一年代のものは断層粘土より複雑な構造を示しているものが含まれていると考えられている。

当サイトでは、断層を覆っている段丘堆積物(砂層)の堆積年代がフイッシュオントラック年代測定におよび±8万年前のものと最終的には確認されたが、断層の活動性についての段階的検討の一貫として標記の対比を行ったものである。

(参考文献) 金折ほか(1978年); 断層粘土中の石英粒子の表面構造

4. 神恵内累層火砕岩層中にみられる谷形状について

神恵内累層火砕岩層中にみられる谷形状は、侵食作用により生じたものと考えられ、また上部層の堆積時には、下位の地層（中、下部層）は、かなり傾斜していたと考えられる。

その理由は以下のとおりである。

- 1) 試掘坑調査等によると谷壁を境に上部層の凝灰角礫岩と中、下部層の凝灰岩が接しているが、谷壁は小さな凹凸に富んでいて中、下部層が削剝されたような状況を示していること、中、下部層に発達する節理が谷壁を境に分布する上部層に連続していないこと、上部層と中、下部層の境界は密着しており構造運動による断層等が認められず全体に堅硬であること、上部層の基底の凝灰角礫岩を構成する礫がやや丸味を帯び二次的に堆積したと判断できることなどから谷形状は侵食作用により生じたものと考えられる。

（第4.1図，第4.2図参照）

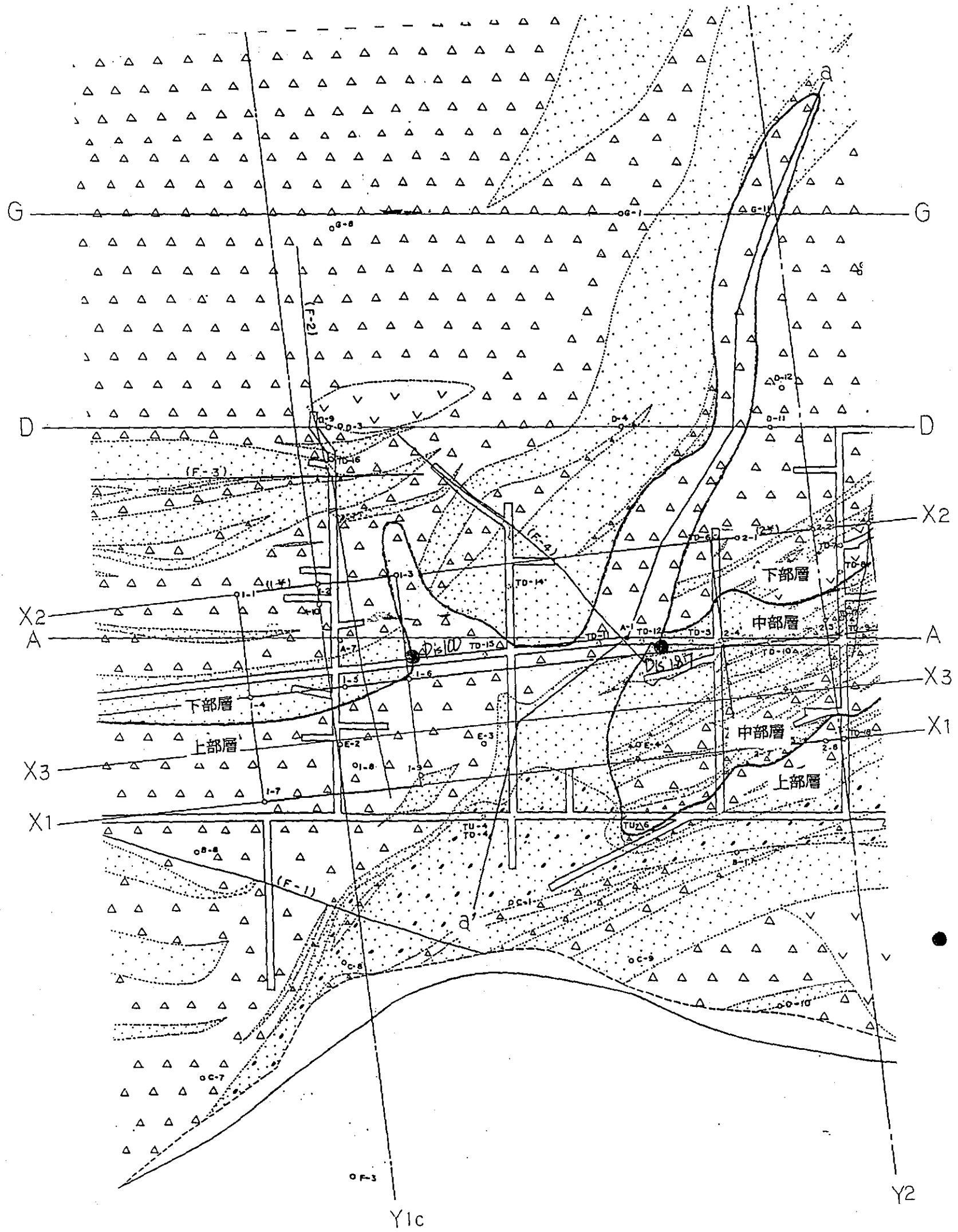
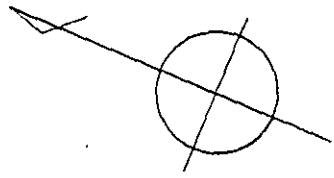
- 2) 敷地の地質調査によると中、下部層には、地層の大きな乱れは認められないことから、この時期には大きな構造運動は考えられない。

また、上部層堆積初期には、谷形状を示す周辺地域にも比較的規模の大きい乱堆積層（含泥岩礫凝灰岩層）がみられることや、乱堆積層中に中部層の岩塊がみられることか

ら堆積物の崩壊や侵食が生じやすい傾斜面などが発達して
いたと考えられる。

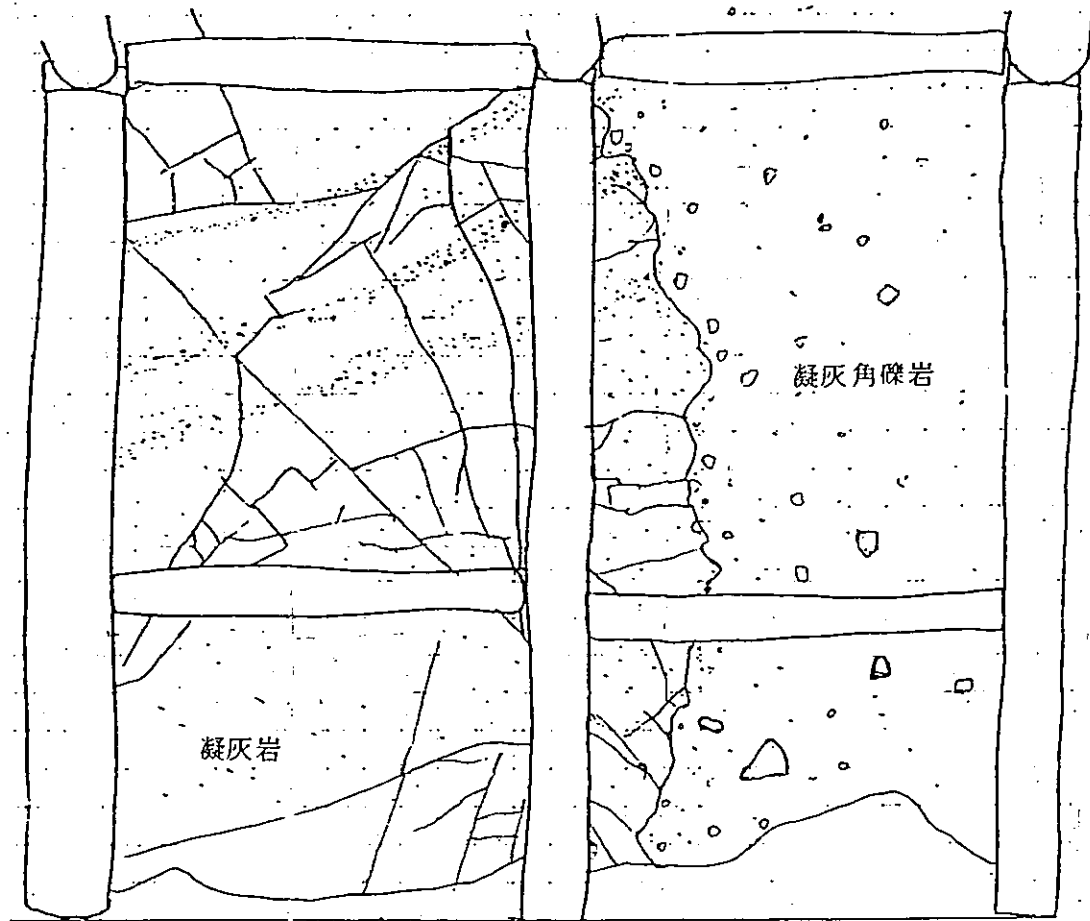
さらに、第4.3図に示す谷の地形形状からみて縦断勾配、
横断勾配とも比較的スムーズな傾斜を示している。

これらのことを考慮すると、上部層の堆積時には、中、下部層は、
かなり傾斜したと判断される。



第4.1回 水平地質断面図

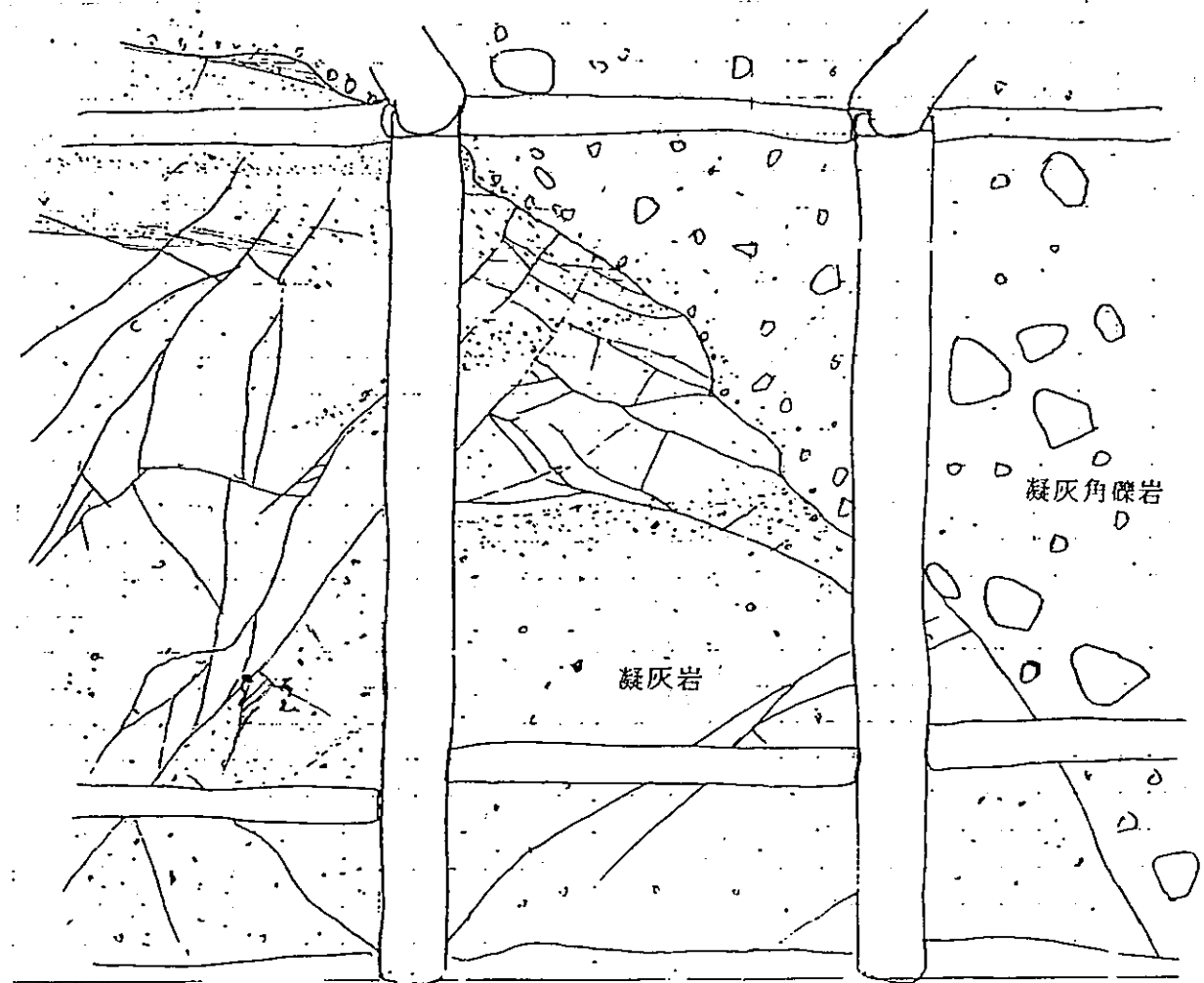
山側壁 A-2 Dis=100m



中部層

上部層

海側壁 A-2 Dis=187m

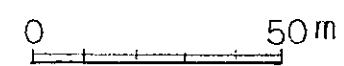
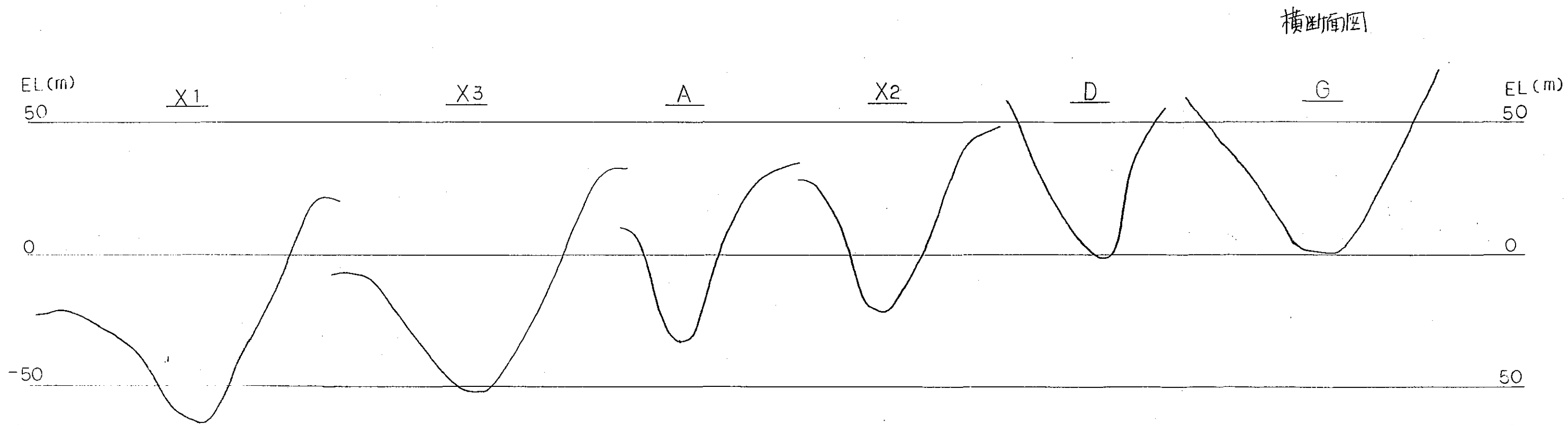
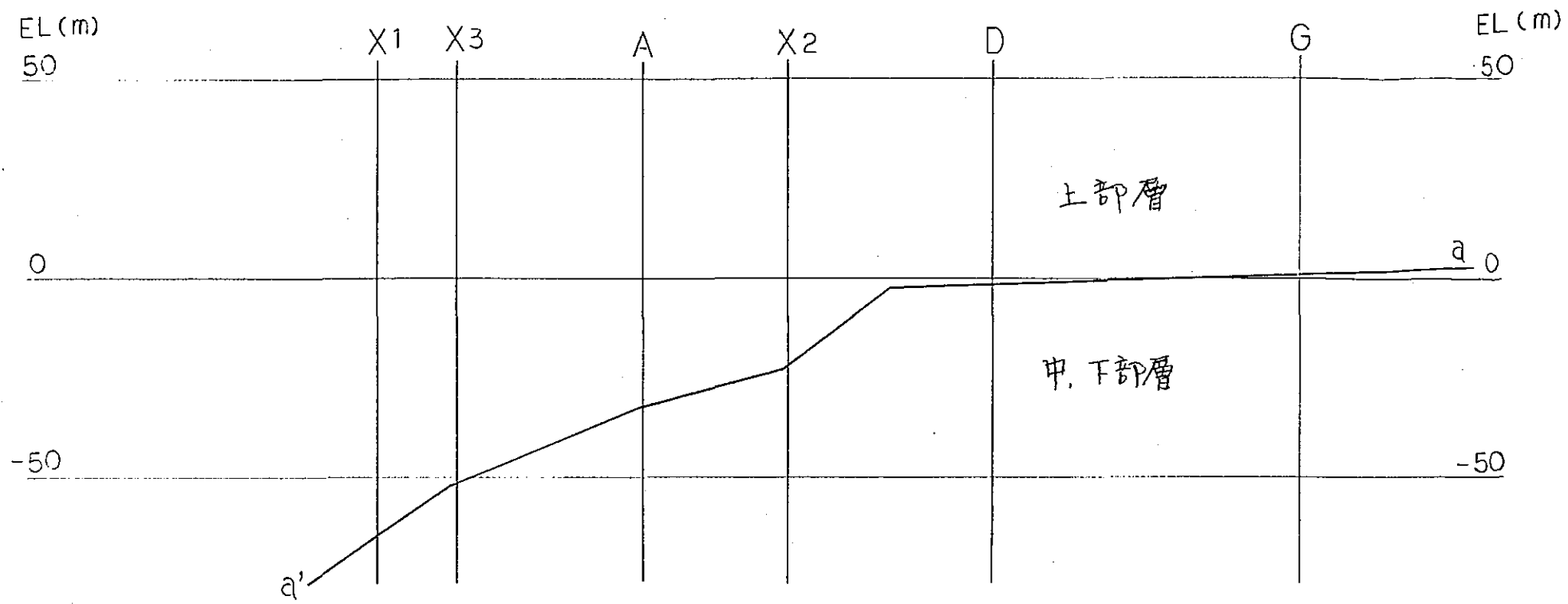


下部層

上部層



第4.2図 地質スケッチ



泊発電所（1，2号炉）
原子炉建屋設置地盤及び
背後斜面の安定性について

昭和59年 2月28日

目 次

1. 概 要	1
2. 原子炉建屋設置地盤及び背後斜面の地盤性状	3
3. 岩石・岩盤等の物性	20
3.1 物理特性及び岩石物性	20
3.2 強度特性	20
3.3 静的変形特性	21
3.4 動的変形特性	22
3.5 解析用物性値	23
4 設計地震力	45
5 原子炉建屋設置地盤の安定性の検討	47
5.1 平面すべりに対する検討	47
5.1.1 検討内容	47
5.1.2 検討結果	48
5.2 慣用法及び静的二次元FEM解析による検討	52
5.2.1 検討内容	52
5.2.2 検討結果	61
5.3 動的二次元FEM解析による検討	76
5.3.1 検討内容	76
5.3.2 検討結果	80

6	原子炉建屋背後斜面の安定性の検討	100
6.1	慣用法及び静的二次元FEM解析による検討	100
6.1.1	検討内容	100
6.1.2	検討結果	106
6.2	バックフィルコンクリートの安定検討	113
6.2.1	解析内容	113
6.2.2	検討結果	114
6.3	対策工	116
6.3.1	法面保護工	116
6.3.2	排水工	116

1. 概要

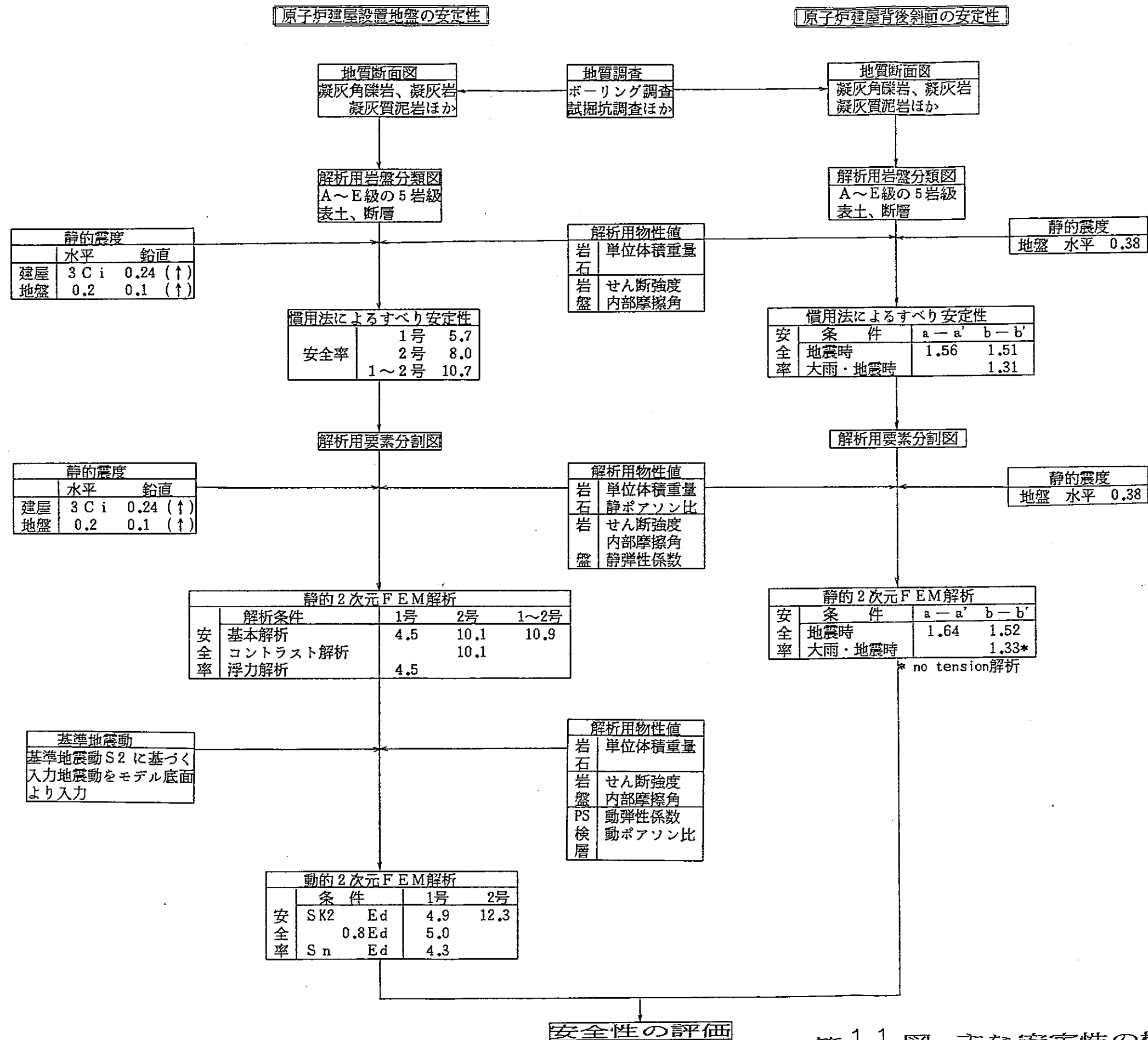
原子炉建屋設置地盤及び周辺斜面の安定性を検討するために地質調査、岩石・岩盤試験結果に基づき地盤をモデル化するとともに、適切に設定した物性値を用い地震時の安定解析を実施している。

安定解析の基本的な検討内容は、第1.1図に示すとおりであり、その結果は以下に示すとおりである。

原子炉建屋設置地盤については、慣用法、静的及び動的二次元FEM解析を実施し、それぞれ5.7, 4.5, 4.3のすべり安全率を得ている。

また、原子炉建屋背後斜面については、慣用法、静的二次元FEM解析を実施し、地震時では、それぞれ1.51, 1.52, 大雨・地震時では、それぞれ1.31, 1.33を得ている。

これらのことから、原子炉建屋設置地盤及び周辺斜面は、安定であると判断した。



第1.1図 主な安定性の検討フロー

2. 原子炉建屋設置地盤及び背後斜面の地盤性状

原子炉建屋設置位置の水平及び鉛直地質断面図を第2.1図～第2.4図に、水平及び鉛直岩盤分類図を第2.5図～第2.8図に示す。

また、原子炉建屋背後斜面の水平及び鉛直地質断面図を第2.9図～第2.11図に、水平及び鉛直岩盤分類図を第2.12図～第2.14図に示す。

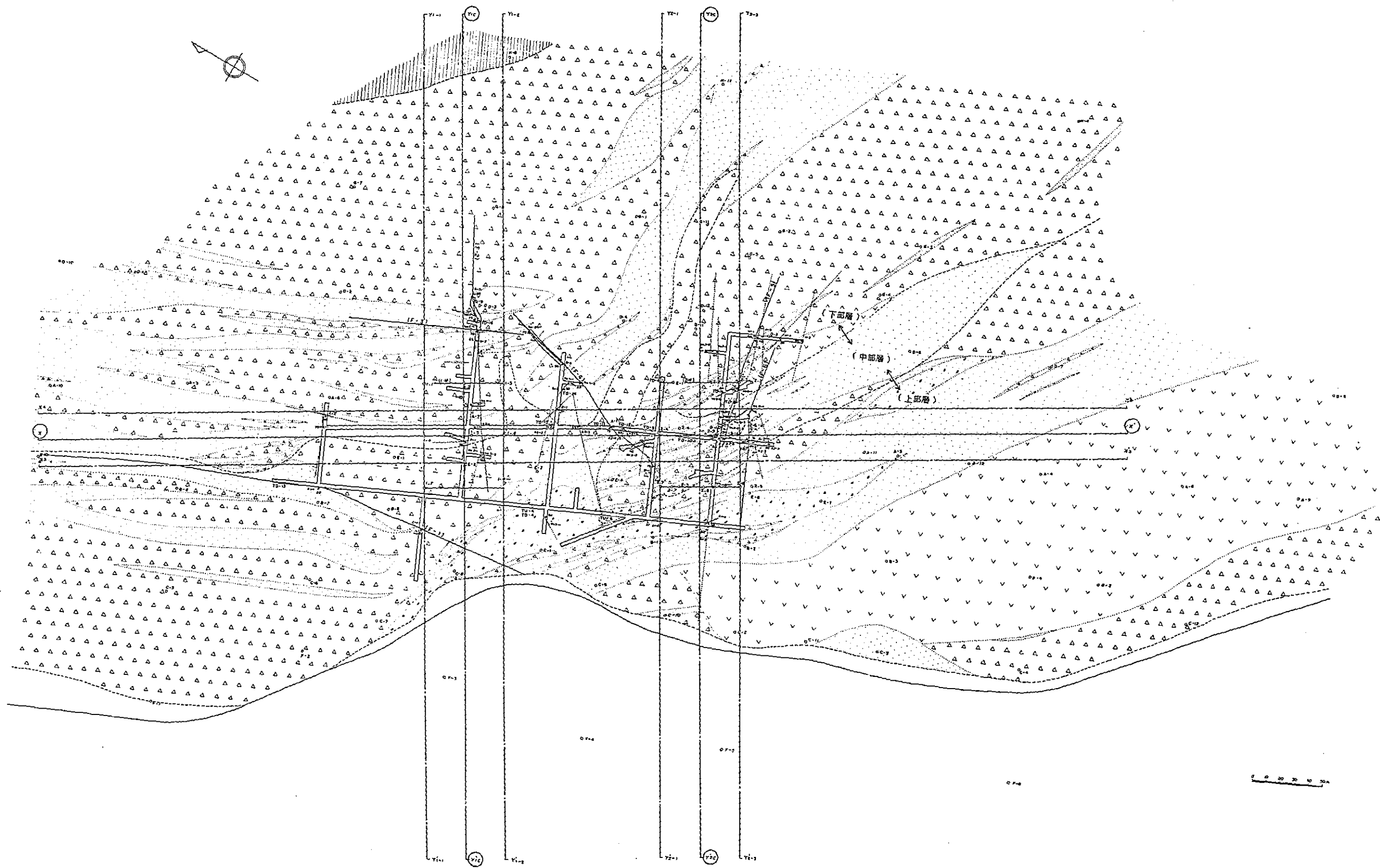
これらを要約すると以下のとおりである。

原子炉建屋設置地盤は、上部が凝灰角礫岩、凝灰岩を主体とし、一部安山岩熔岩、軽石凝灰岩、含泥岩礫凝灰岩を伴う火砕岩層で、下部が凝灰質泥岩を主体とする凝灰質泥岩層となっているが、全体に海側に傾斜する同斜構造を示している。

これらの岩盤分類にあたっては、第2.1表に示すように、耐荷性の大きいものからA～Eの5岩級に分類しているが、これによって原子炉建屋設置地盤を概観すると火砕岩層は、A、B級岩盤、下部の凝灰質泥岩層は、C級岩盤となっており、局所的に断層やD級岩盤が分布している。

原子炉建屋背後斜面の地盤は、全体として原子炉建屋設置地盤と同様であり、大部分がほとんど風化していない堅硬な岩盤であるが、その上部に風化した岩盤及び更新世の段丘堆積物が局所的に分布している。

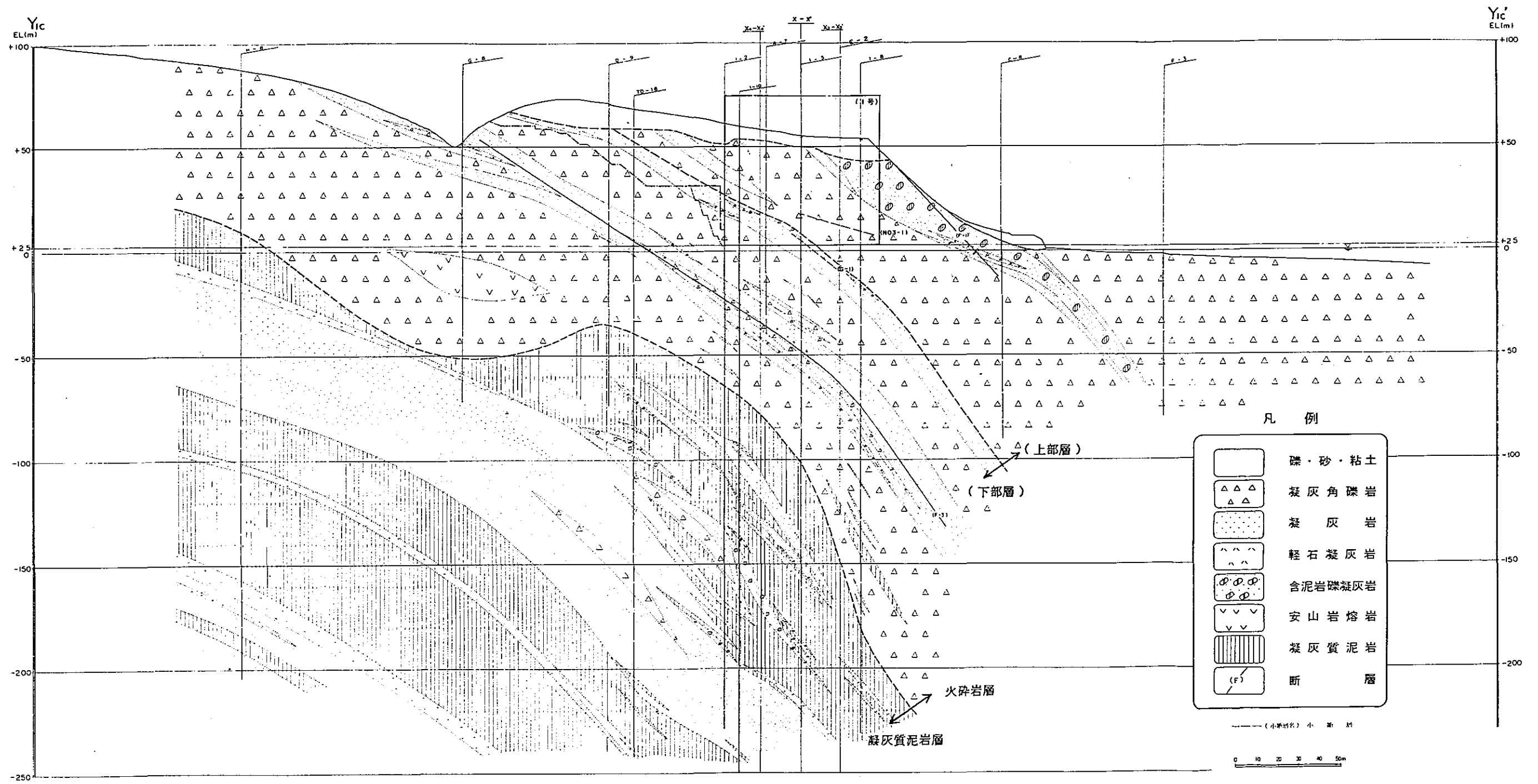
切取斜面の規模は、高さがEL 31mからEL 60m程度までの30m程度で、EL 31mから56mに分布するA～C級岩盤に対しては1:1.2の勾配で高さ10m毎に幅4mの犬走りを設置し、EL 56m以上に分布するD～E級の岩盤及び段丘堆積物に対しては1:2.5の勾配で高さ5m毎に幅2mの犬走りを設置する計画としている。



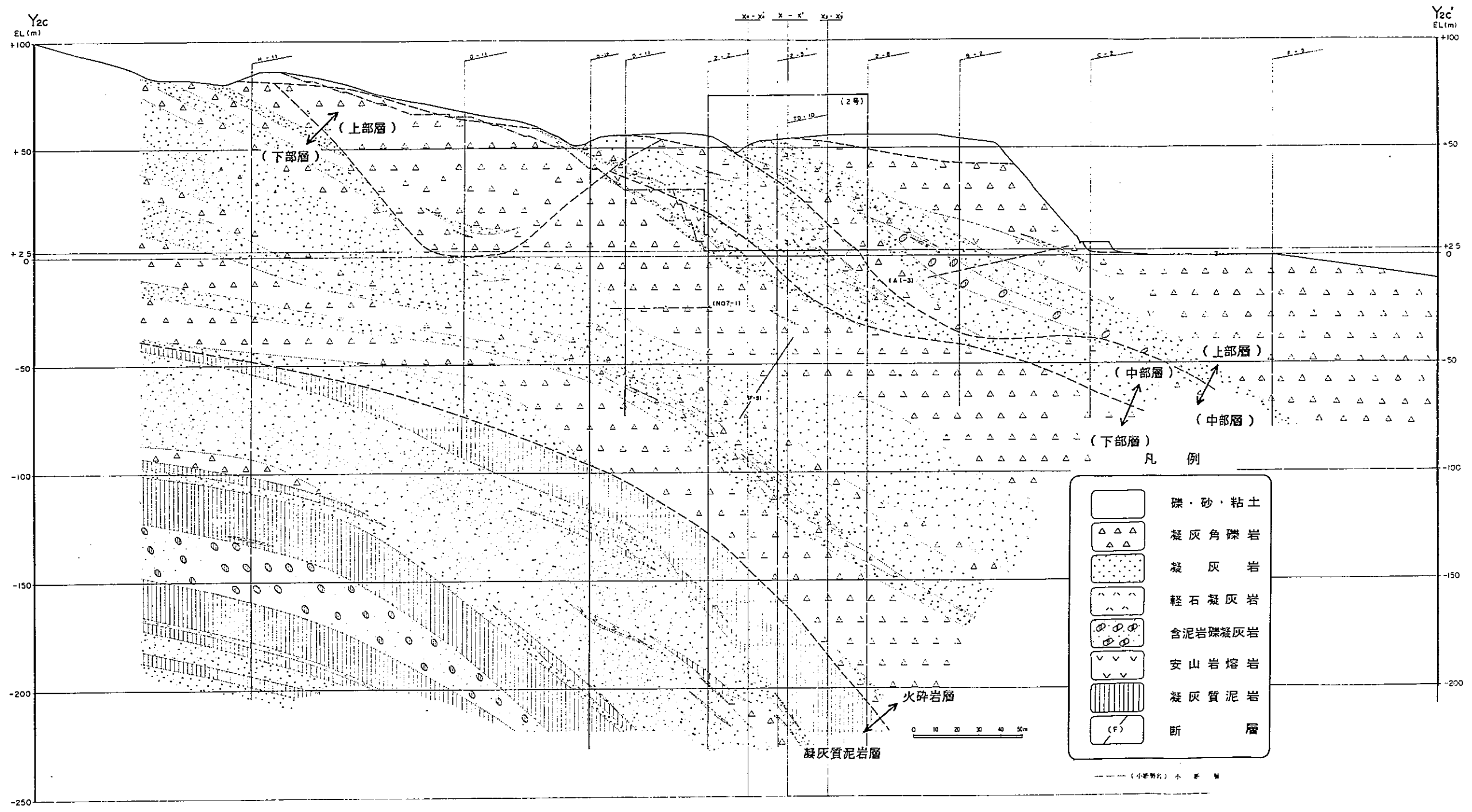
凡例

	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
	斷層

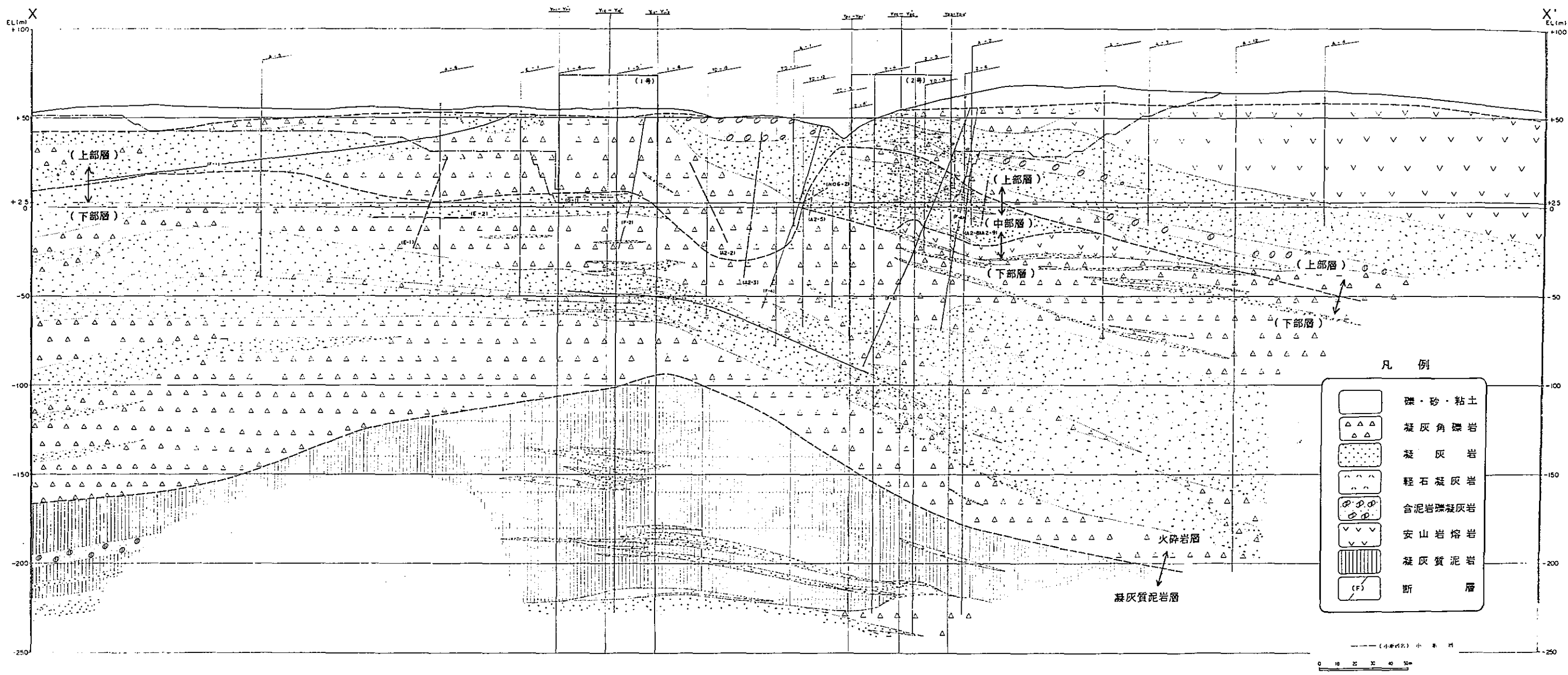
第 2.1 圖 水平地質断面図 (EL 2.5 m)



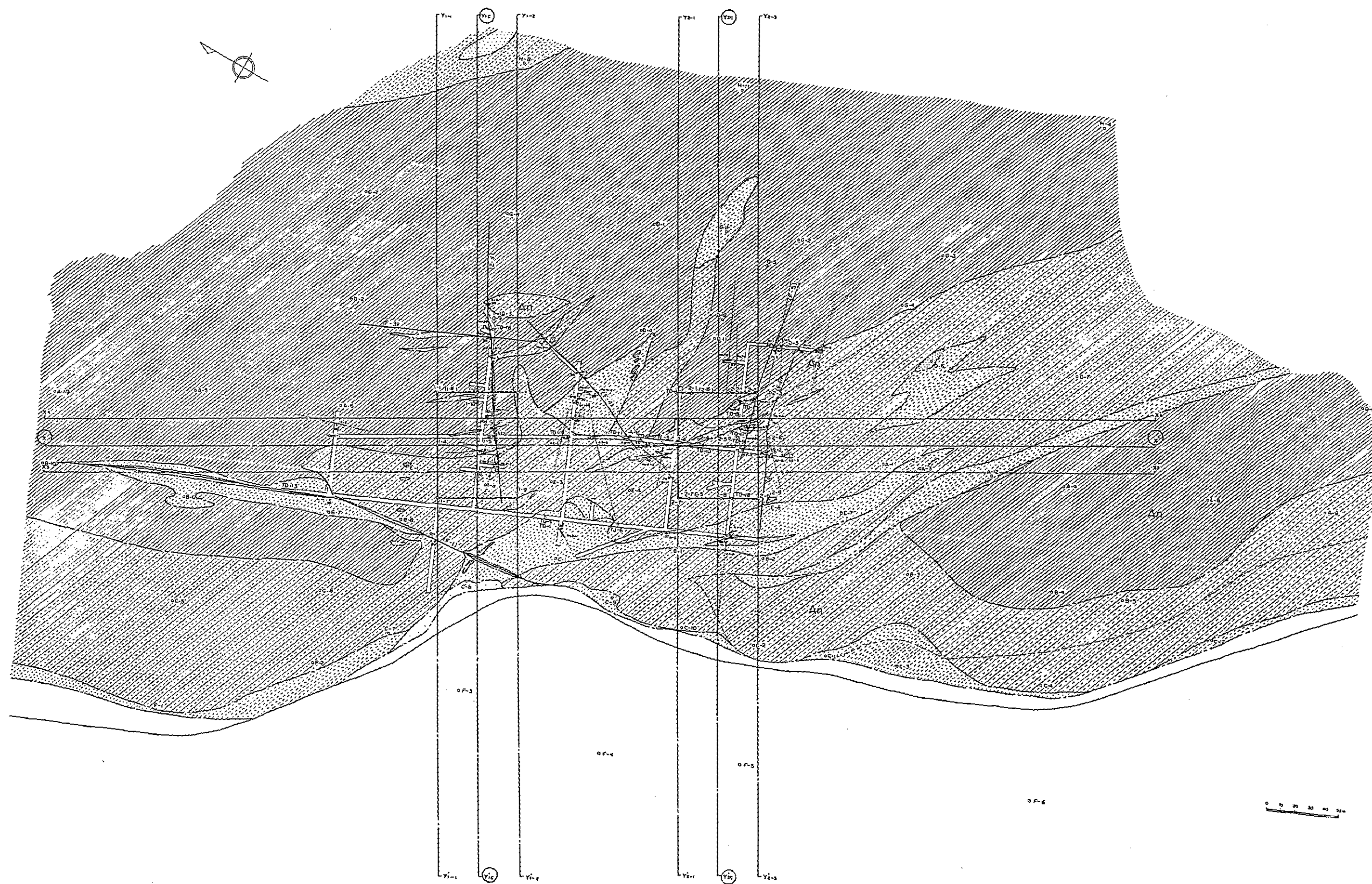
第 2.2 圖 鉛直地質断面圖 (Y_{1c} - Y_{1c'})



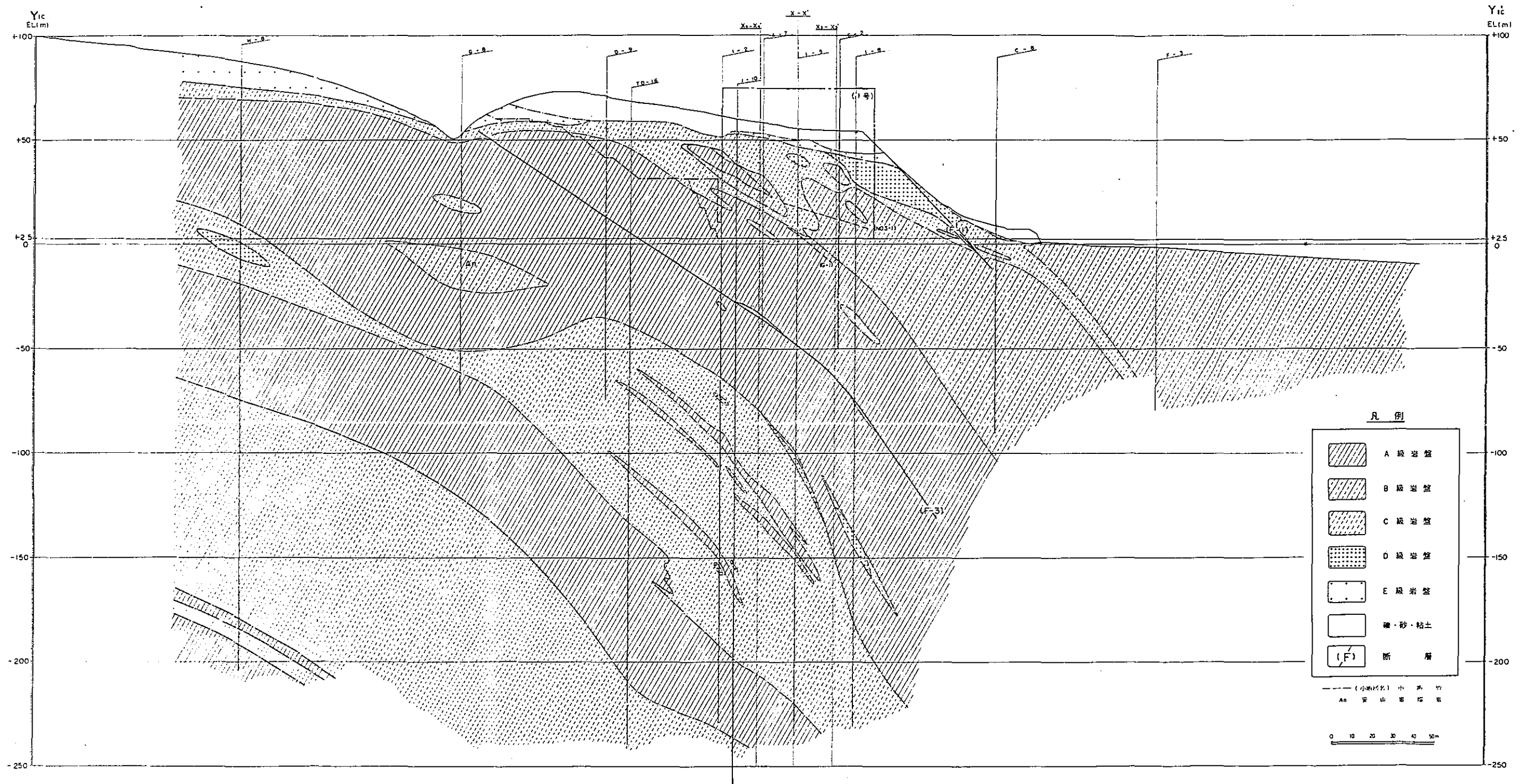
第 2.3 圖 鉛直地質断面图 (Y_{2c} - Y_{2c'})



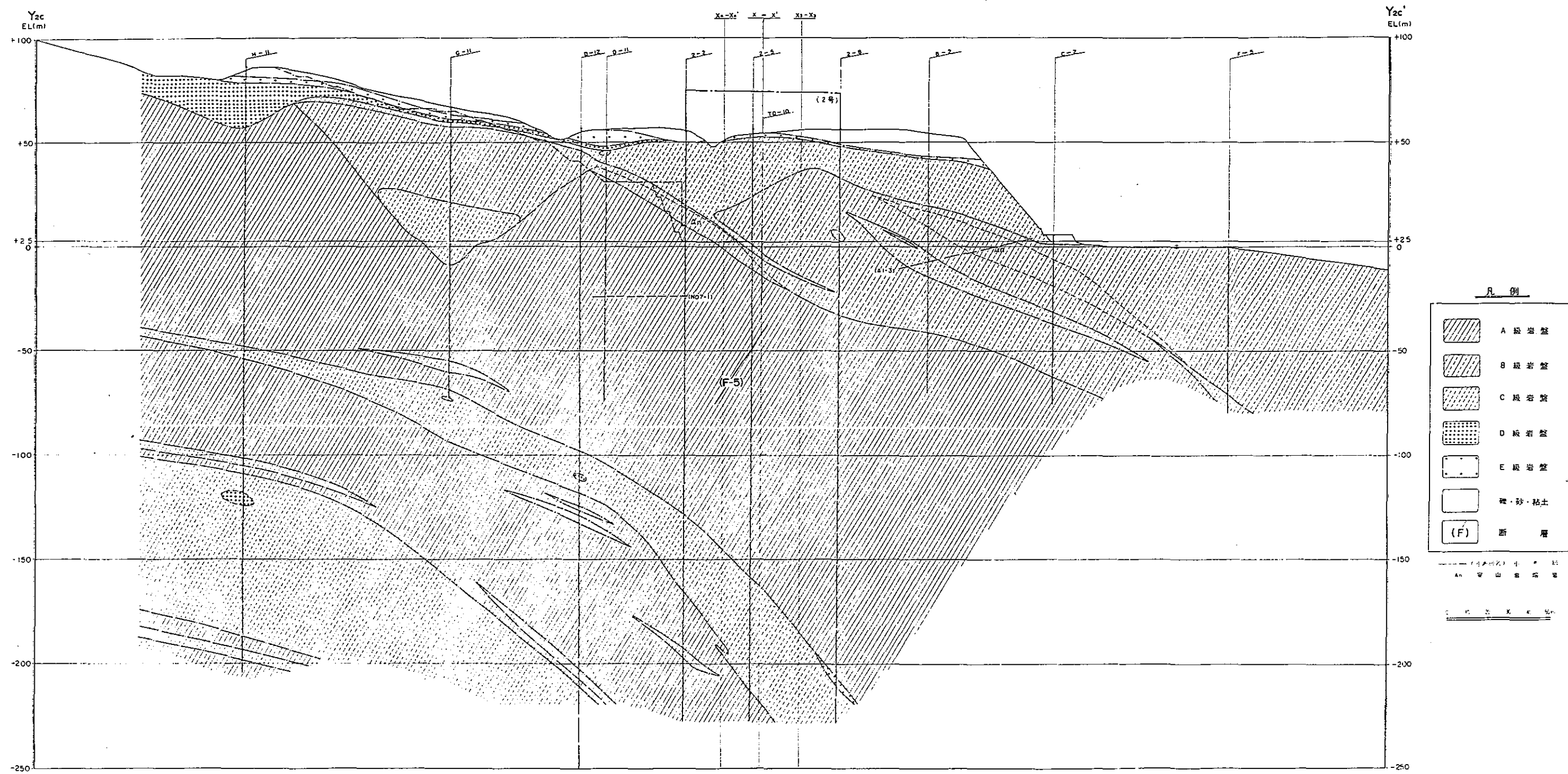
第 2.4 圖 鉛直地質断面圖 (X - X')



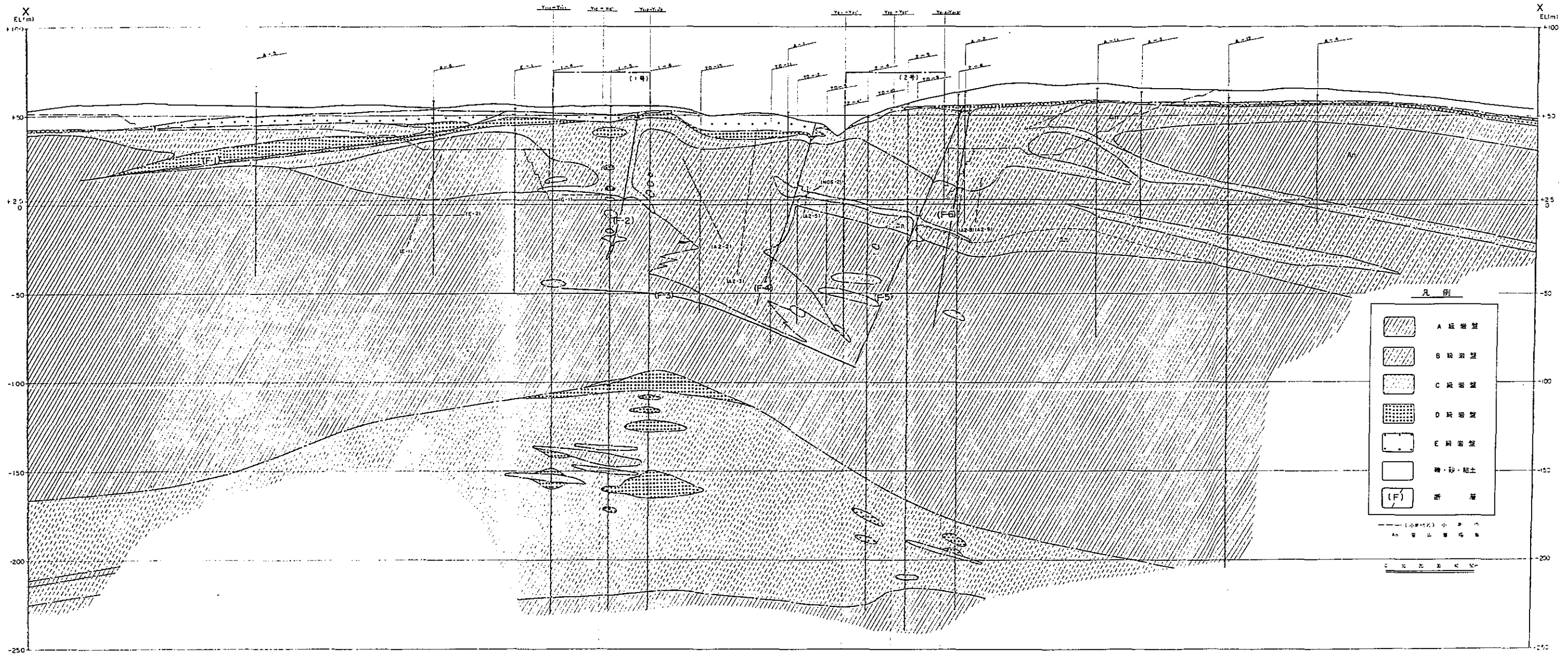
第 2.5 圖 水平岩盤分類圖 (EL 2.5 m)



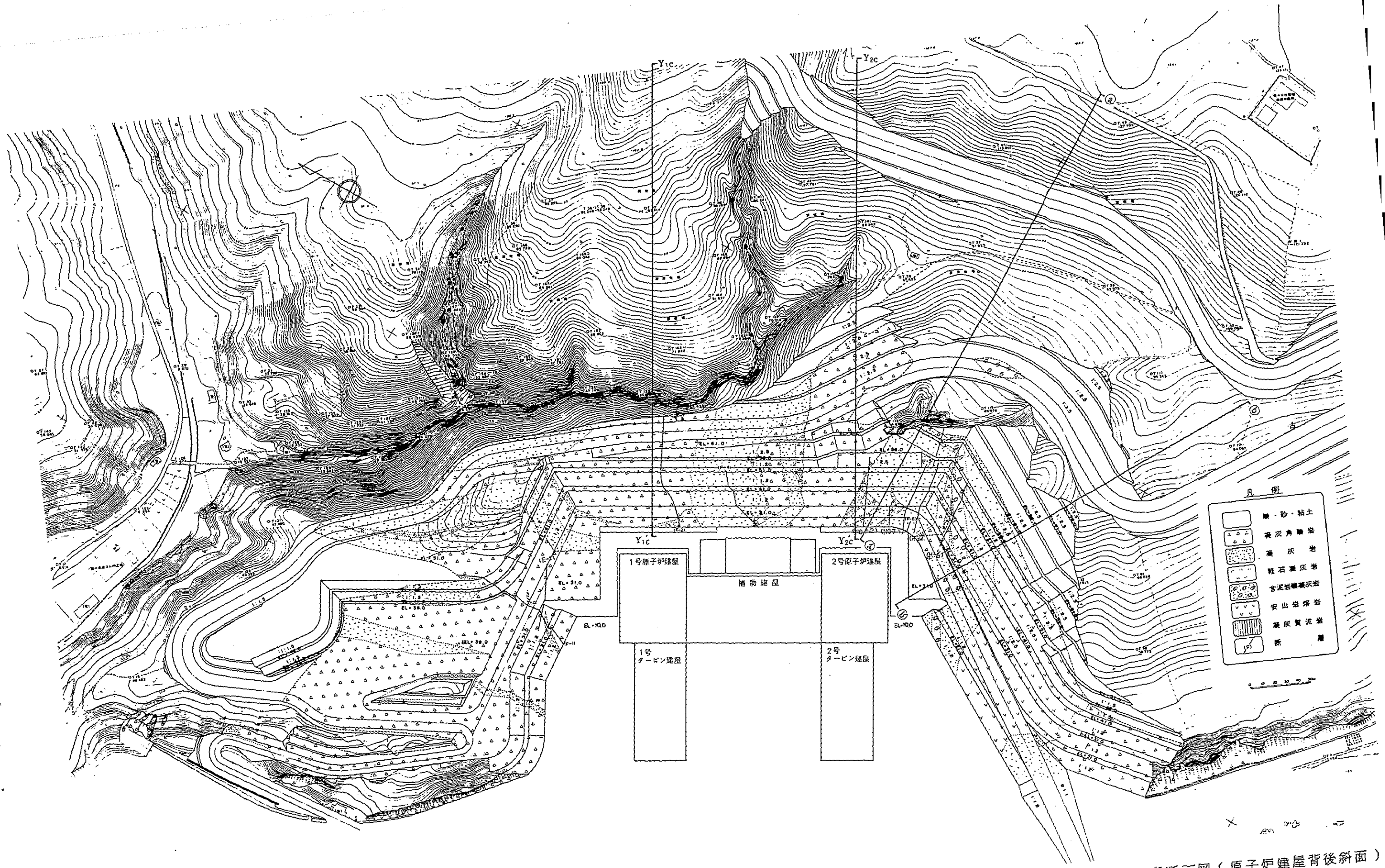
第 2.6 図 鉛直岩盤分類図 (Y_{1c} - Y_{1c'})



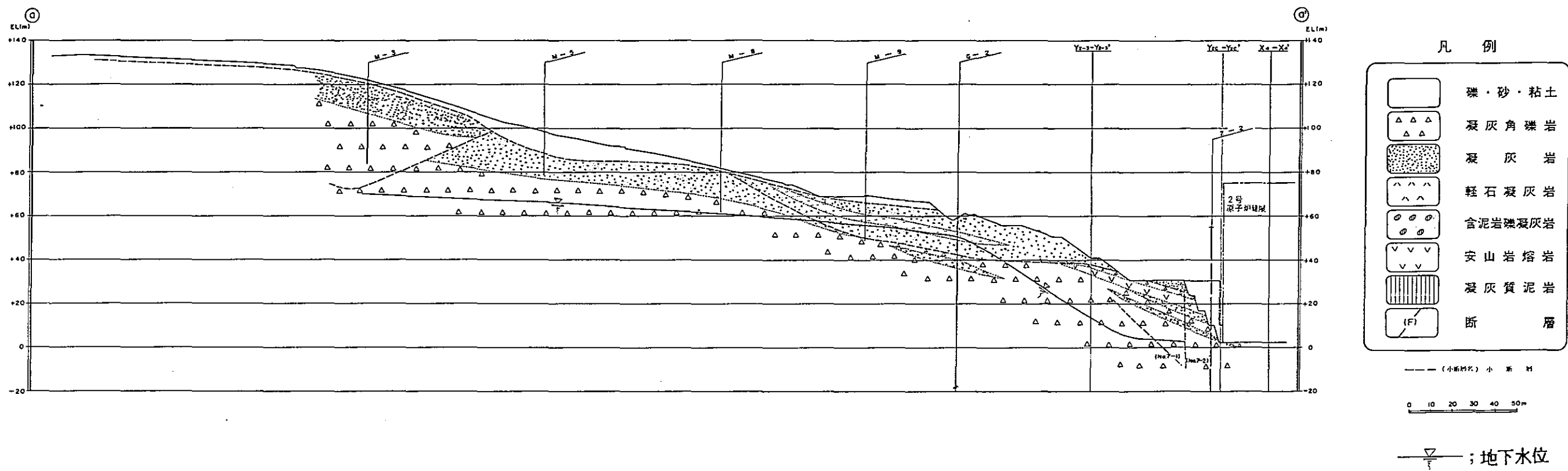
第 2.7 図 鉛直岩盤分類図 (Y_{2c} - Y_{2c}')



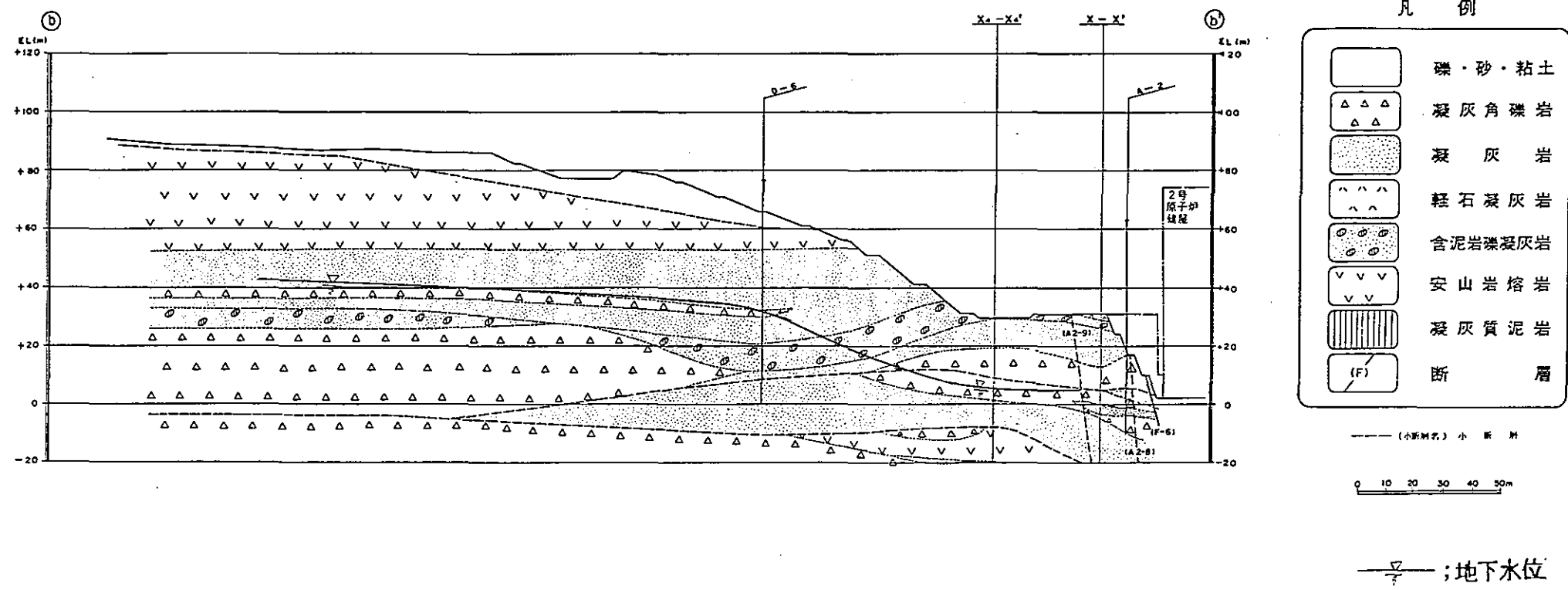
第 2.8 图 鉛直岩盤分類図 (X-X')



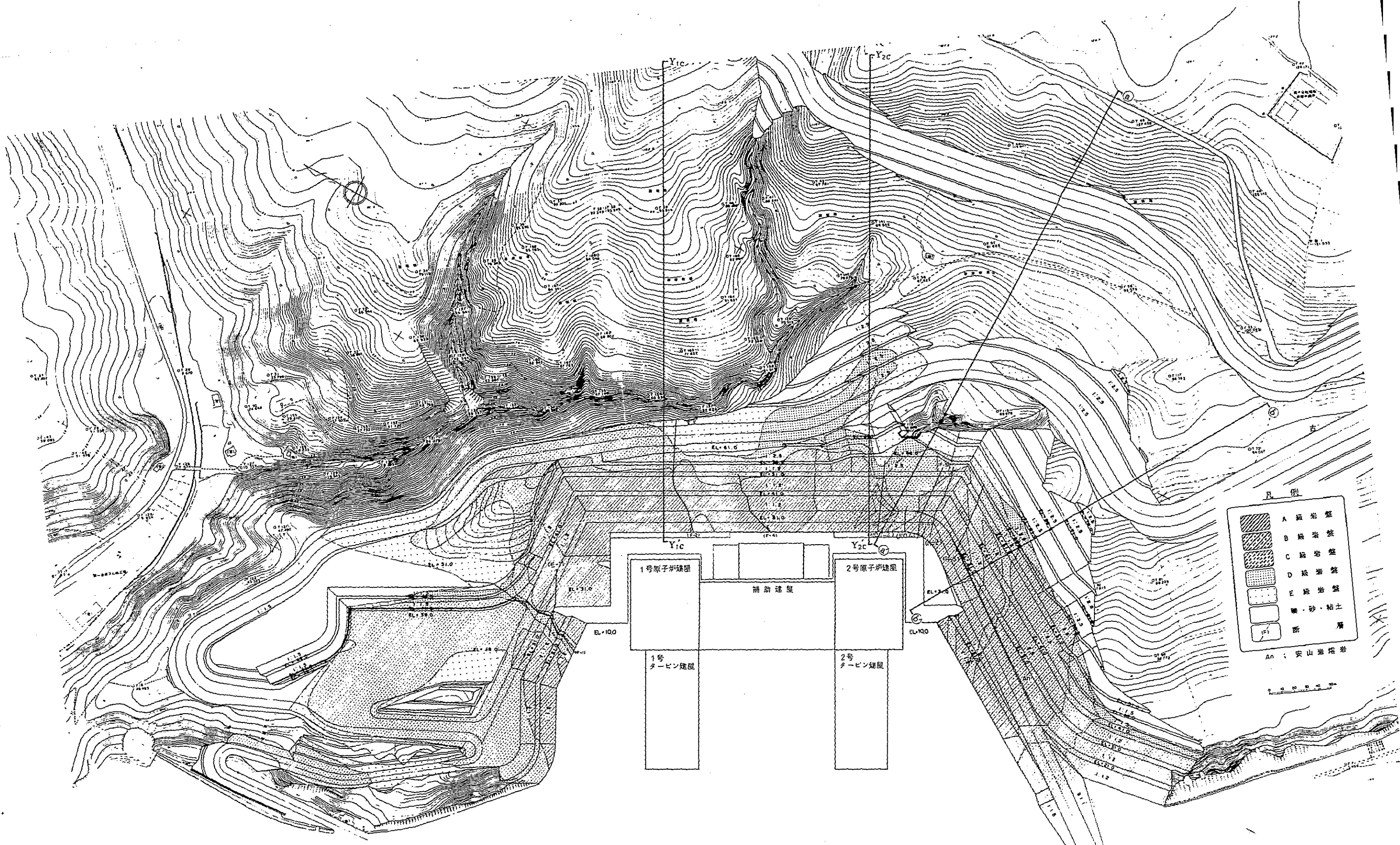
第 2.9 図 水平地質断面図 (原子炉建屋背後斜面)



第 2.10 圖 鉛直地質断面圖 (a-a')



第 2.11 図 鉛直地質断面図 (⑥-⑥)

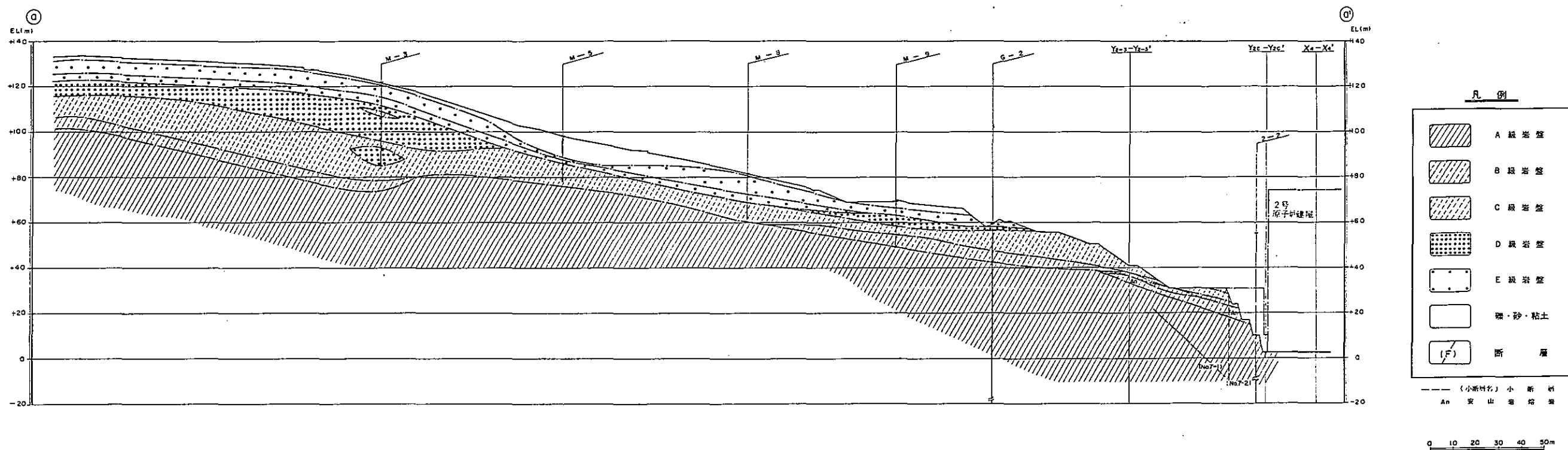


凡例

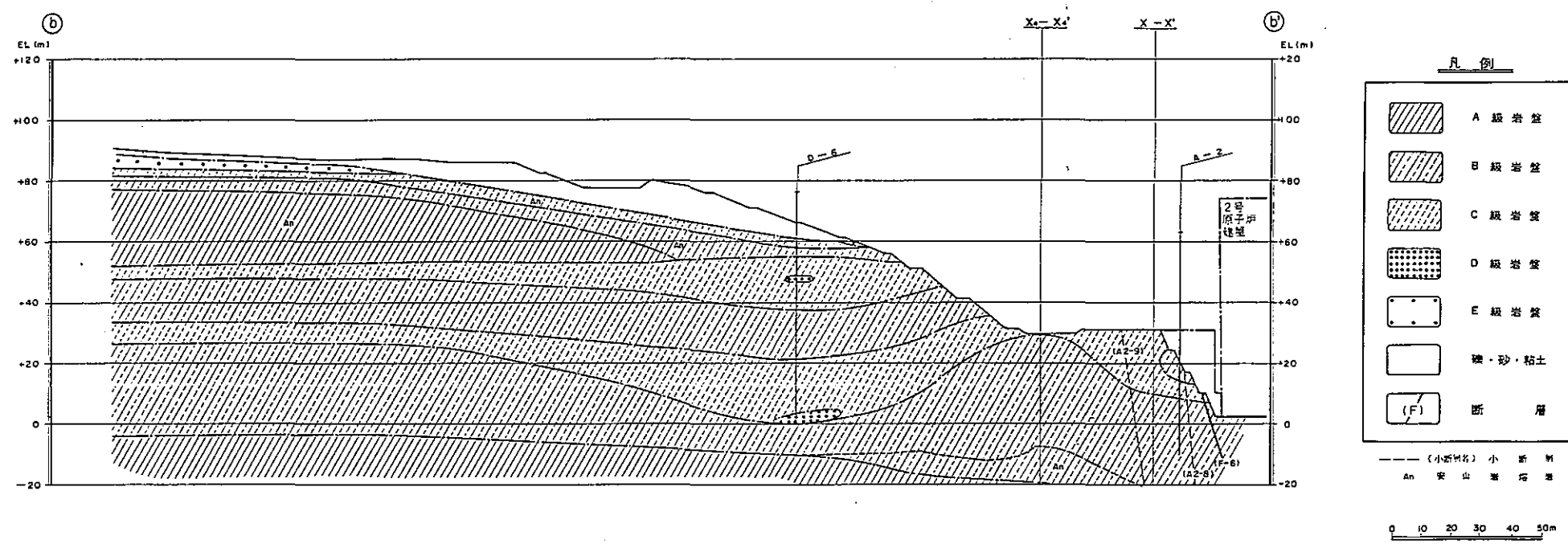
	A 凝岩盤
	B 凝岩盤
	C 凝岩盤
	D 凝岩盤
	E 凝岩盤
	礫・砂・粘土
	断層

An: 対応地質

第 2.12 図 水平岩盤分類図 (原子炉建屋背後斜面)



第 2.13 図 鉛直岩盤分類図 (a-a')



第 2.14 図 鉛直岩盤分類図 (b-b)

第 2.1 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>

3. 岩石・岩盤等の物性

原子炉建屋設置地盤及び背後斜面で岩盤分類に対応して実施した主な試験は、第3.1表のとおりである。これらの試験結果により解析用物性値は以下に示すように設定している。

3.1 物理特性及び岩石物性

原子炉建屋設置地盤の岩石試験結果を第3.2表に、背後斜面の岩石試験結果を第3.3表に、両地盤の岩石の密度、一軸圧縮強度のヒストグラムを第3.1図に、表土、E級岩盤断層の物理試験結果を第3.4表に示す。

これらの試験結果によると、原子炉建屋設置地盤と背後斜面の岩石物性は、ほぼ同等であり地質・地質構造が同様であることから、原則として解析に用いる物性値は、両者で共通に設定する。

なお、A～E級岩盤、断層、表土の単位体積重量は、飽和状態の密度の平均値を用いるものとする。

3.2 強度特性

原子炉建屋設置地盤で実施したA～D級岩盤のロックせん断試験と背後斜面で実施したC～D級の風化岩盤のブロックせん断試験の結果を第3.2図に、断層内物質の単純せん断による強度試験結果を第3.3図に、E級岩盤、表土の三軸圧縮試験結果を第3.4図に示す。

これらの試験結果に基づいて強度定数を設定している。

また、原子炉建屋基礎底面に分布する割れ目の発達状況が部分的に異なるB級の安山岩熔岩については、強度定数-標準偏差を設計値とした検討も行う。

3.3 静的変形特性

原子炉建屋設置地盤で実施したA～D級岩盤及び背後斜面で実施したC～D級の風化岩盤の岩盤変形試験結果(割線弾性係数)を第3.5図に、断層内物質の静的単純せん断による変形試験結果を第3.6図に、E級岩盤及び表土の三軸圧縮試験結果による変形係数 E_{50} を第3.7図に示す。

静的変形特性は、これらの結果に基づいた平均値を解析用物性値としている。

また、原子炉建屋基礎底面に分布する割れ目の発達状況が部分的に異なるB級の安山岩熔岩については、割線弾性係数の平均値±標準偏差を設計値とした検討も行う。

静ホアソソ比は、岩石試験結果等を参考にして設定する。

なお、断層については、拘束圧依存性を考慮し、E級岩盤、表土については、側圧 1 kg/cm^2 の変形係数 E_{50} を採用している。

3.4 動的変形特性

原子炉設置地盤で実施したP-S検層結果を第3.5表に、坑内弾性液試験結果を第3.6表に、背後斜面で実施したP-S検層結果を第3.7表に、断層の動的単純せん断による変形試験結果を第3.8図に示す。

動的特性のうち、岩盤の動弾性係数、動ポアソン比は、P-S検層結果から得られた V_p 、 V_s の平均値より算出した。

また、原子炉建屋基礎底面に分布するB級の安山岩熔岩については、坑内弾性液試験の結果を採用する。

動弾性係数は、地震時の岩盤のひずみレベル($\gamma=10^4$)と第3.9図に示すC級の軽石凝灰岩の動的三軸試験結果から判断して、 $0.8 E_d$ 程度まで剛性低下が考えられるため、地震時の剛性低下の検討として $0.8 E_d$ のケースについての解析も行っている。

なお、断層については、動的単純せん断試験から動弾性係数にひずみ依存性を考慮している。

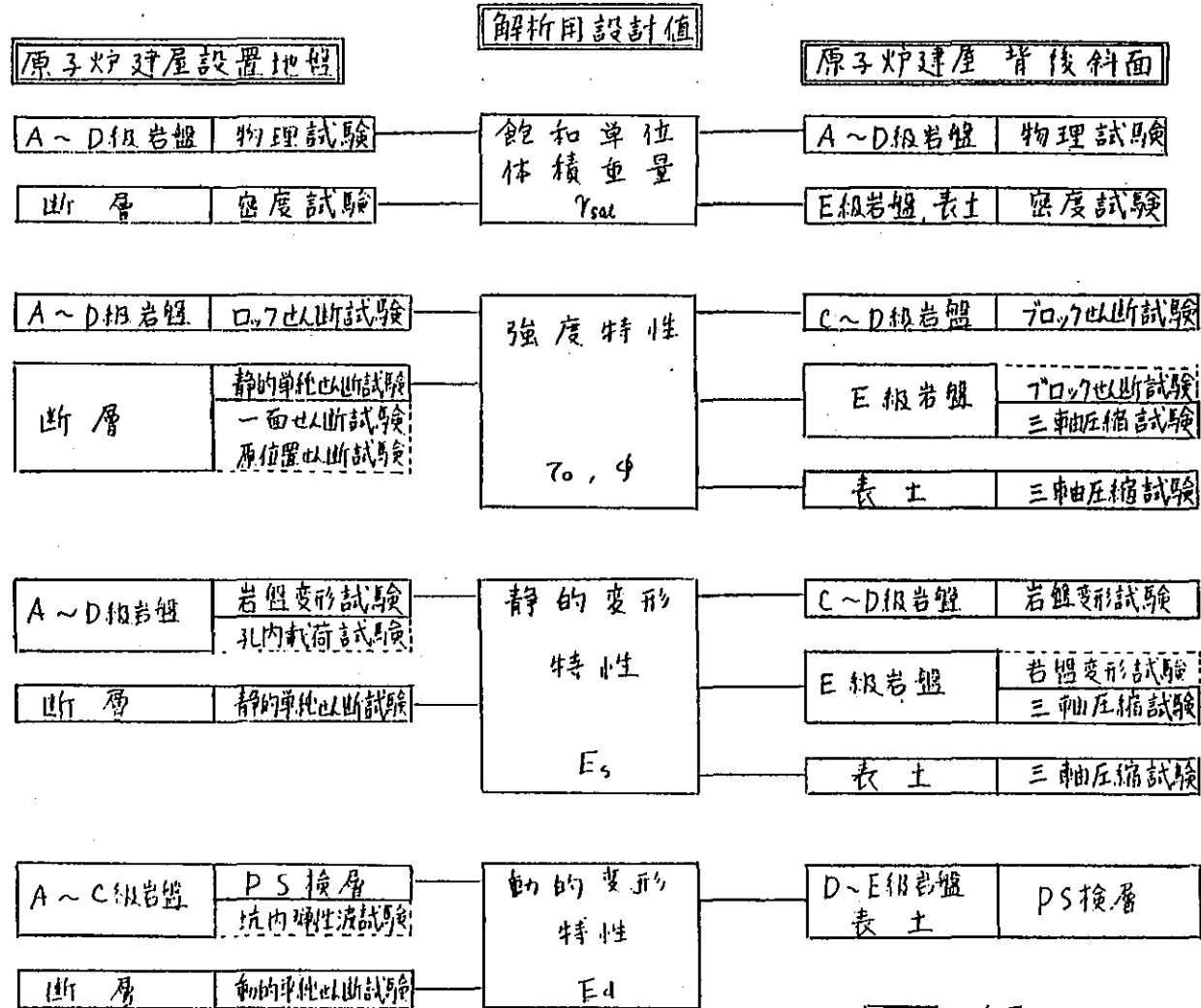
減衰定数は、次のように設定している。

建屋	5%
A~D級岩盤	3%
断層	10%

3.5 解析用物性値

解析用物性値は、静的解析には静的物性値を、動的解析には動的物性値を用いることとし、第3.8表のように設定している。

第3.1表 解析物性値の決定に用いた諸試験



解析用物性値の決定に用いたもの
 解析用物性値の決定に用いたかったもの

原子炉建屋基礎岩盤

第 3.2 表 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	安山岩塔岩	凝灰角礫岩	凝灰岩	軽石凝灰岩	含泥岩凝灰岩	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	平均値	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	平均値	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	平均値	2.21	2.17	2.65	2.20	1.99	1.85	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 (%)	平均値	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 (%)	平均値	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)	平均値	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)	平均値	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)	平均値	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	平均値	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	試驗個數	54	82	10	60	74	26	10	25	
一軸圧縮強度 (kg/cm ²)		平均値	218	315	655	146	175	65	140	114	
		標準偏差	89	121	444	72	52	29	65	75	
静彈性係數 (×10 ⁴ kg/cm ²)		平均値	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		平均値	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	
圧裂引張試験		試驗個數	51	73	10	55	73	23	10	28	
		引張強度 (kg/cm ²)	平均値	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
三軸圧縮試験	試験組數	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 3.3 表 原子炉建屋背後斜面 岩石試験結果

岩 盤 分 類			A 級				B 級			C 級					D 級		
岩 種			安山岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩
風 化 状 況			新 鮮 岩									風 化 岩					
物 理 試 驗	試 驗 個 數		17	66	79	6	31	6	6	33	37	63	8	8			
	密 度 (g/cm ³)	乾 燥	平均値	2.62	2.04	1.84	2.14	1.63	1.19	1.34	1.58	1.78	1.56	1.41	1.38		
		標準偏差	0.07	0.16	0.17	0.20	0.16	0.09	0.28	0.18	0.20	0.17	0.06	0.06			
	自 然	平均値	2.65	2.26	2.11	2.34	2.01	1.70	1.83	1.96	1.97 ¹⁾	1.91 ²⁾	1.85	1.84			
		標準偏差	0.06	0.11	0.12	0.13	0.10	0.05	0.15	0.13	0.12	0.11	0.06	0.05			
	飽 和	平均値	2.66	2.26	2.12	2.35	2.02	1.72	1.83	1.96	2.09	1.96	1.87	1.86			
		標準偏差	0.06	0.11	0.12	0.12	0.10	0.05	0.16	0.13	0.14	0.11	0.05	0.05			
	吸 水 率 (%)	平均値	1.4	11.3	15.8	10.4	24.5	44.5	40.5	25.1	18.3	26.2	32.8	34.6			
		標準偏差	0.7	4.5	5.7	5.1	7.1	6.9	17.3	8.1	6.6	6.7	2.5	3.1			
	有 効 間 隙 率 (%)	平均値	3.7	22.4	28.2	21.5	39.0	52.5	50.0	38.4	31.4	39.9	46.1	47.6			
標準偏差		1.6	7.3	7.2	8.2	6.2	4.3	12.9	7.9	7.7	6.6	2.1	2.4				
超 音 波 速 度 測 定	試 驗 個 數		17	57	79	5	26	3	6	30	21	27	—	—			
	P 波 速 度 (km/s)	平均値	4.78	3.54	2.97	2.77	2.92	2.34	2.57	2.13	3.02	2.61	—	—			
		標準偏差	0.89	0.30	0.43	0.24	0.27	0.11	0.41	0.35	0.46	0.48	—	—			
	S 波 速 度 (km/s)	平均値	2.56	1.79	1.47	1.42	1.48	1.18	1.27	1.03	1.44	1.23	—	—			
		標準偏差	0.53	0.19	0.19	0.11	0.14	0.04	0.23	0.23	0.20	0.23	—	—			
	動 弾 性 係 数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)	平均値	48.1	19.8	12.8	12.7	12.1	6.3	8.3	6.0	12.1	8.5	—	—			
		標準偏差	18.5	3.8	3.8	2.0	2.3	0.4	3.2	2.7	3.5	3.1	—	—			
	動 ポ ー ソ ン 比	平均値	0.30	0.32	0.33	0.32	0.32	0.33	0.34	0.34	0.35	0.35	—	—			
		標準偏差	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	—	—			
	力 学 試 験	試 驗 個 數		17	57	79	5	26	3	6	30	21	27	—	—		
一 軸 圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		平均値	1404	272	307	129	190	70	85	136	147	109	—	—			
		標準偏差	513	85	142	32	57	1	29	103	72	67	—	—			
静 弾 性 係 数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)		平均値	51.6	17.6	12.8	9.8	8.8	5.3	4.9	4.1	7.8	5.1	—	—			
		標準偏差	13.8	5.6	5.0	4.3	2.8	1.1	2.5	3.6	4.8	3.5	—	—			
静 ポ ー ソ ン 比		平均値	0.24	0.24	0.29	0.30	0.30	0.28	0.34	0.23	0.22 ³⁾	0.27 ⁴⁾	—	—			
		標準偏差	0.04	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.12	0.08	0.03	0.09	—	—			
試 験 個 數		14	52	75	5	21	3	6	28	21	27	—	—				
圧 裂 引 張 強 度 (kg/cm ²)		平均値	104.0	25.2	25.7	18.4	25.3	14.2	11.0	12.0	17.2	16.8	—	—			
		標準偏差	38.6	9.1	8.2	14.4	7.3	0.9	3.3	7.5	11.2	7.9	—	—			

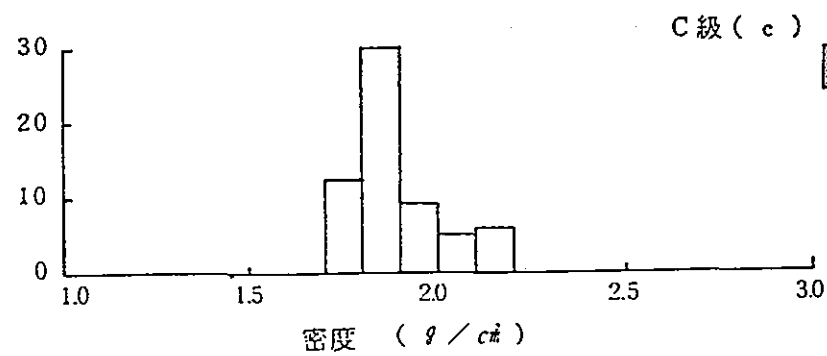
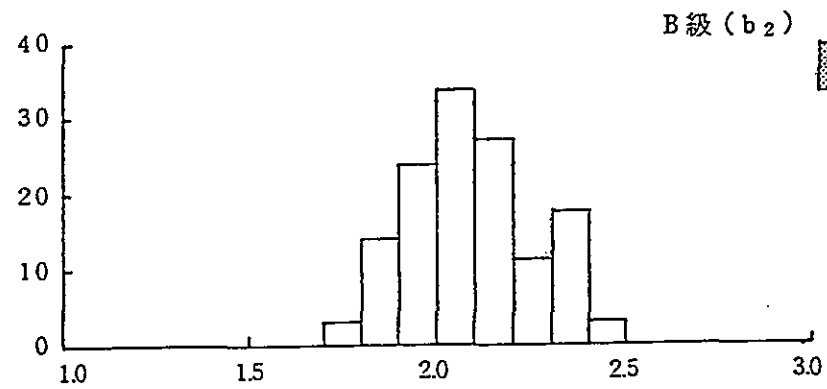
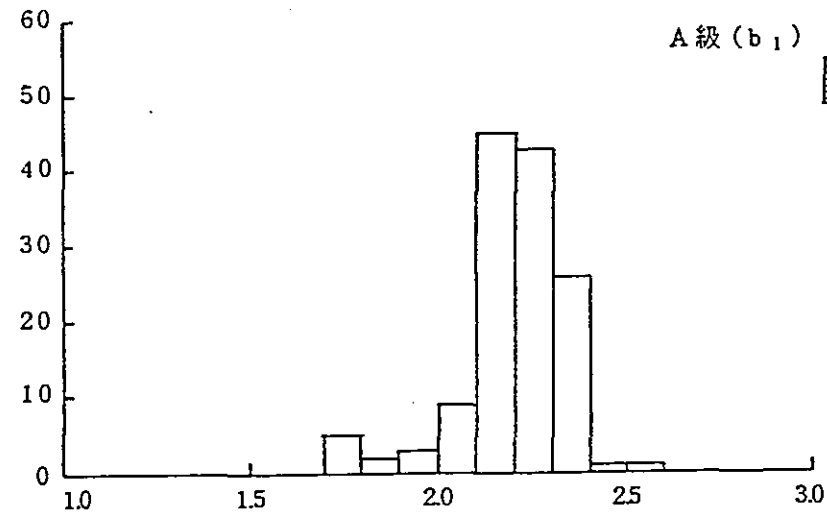
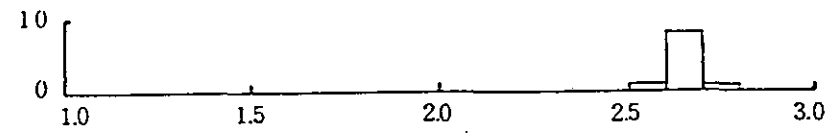
1) 試験個数 17
 2) " 32
 3) " 5
 4) " 7

原子炉建屋基礎岩盤

安山岩熔岩 (a) N = 10

$\bar{x} = 2.65 \text{ g/cm}^3$
 $\sigma = 0.05 \text{ g/cm}^3$
 $v = 1.9\%$

(飽和状態)

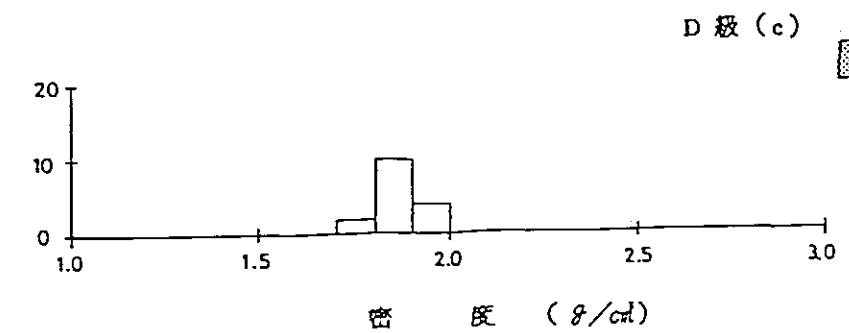
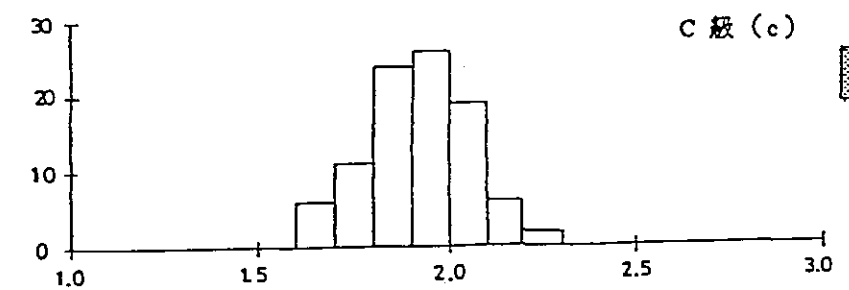
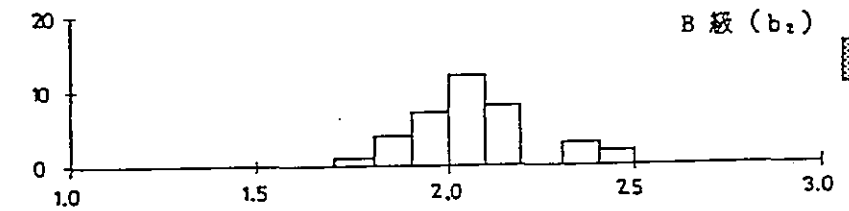
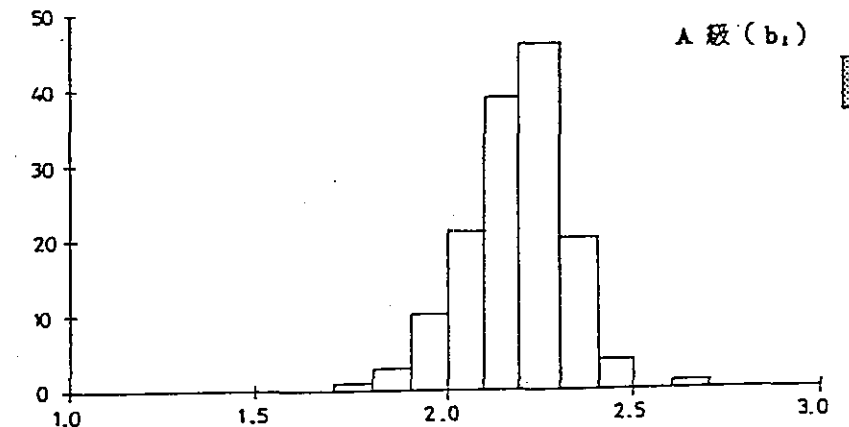
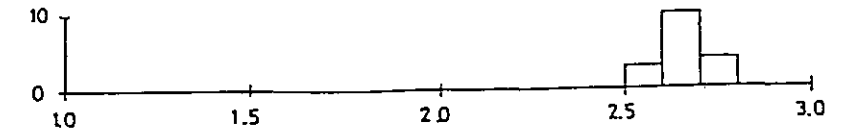


原子炉建屋背後斜面

(a) N = 17

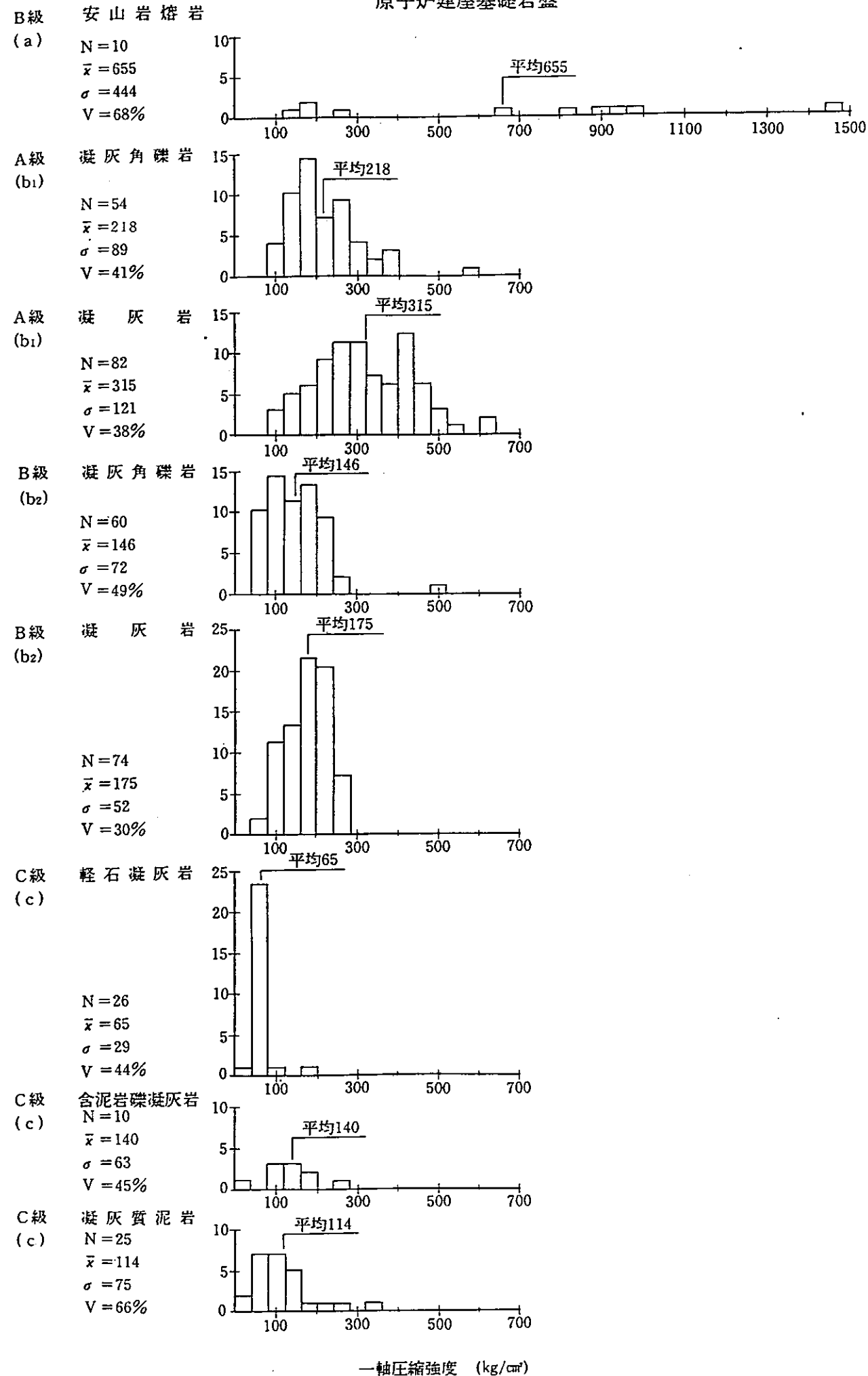
$\bar{x} = 2.65 \text{ g/cm}^3$
 $\sigma = 0.06 \text{ g/cm}^3$
 $v = 2.3\%$

(飽和状態)

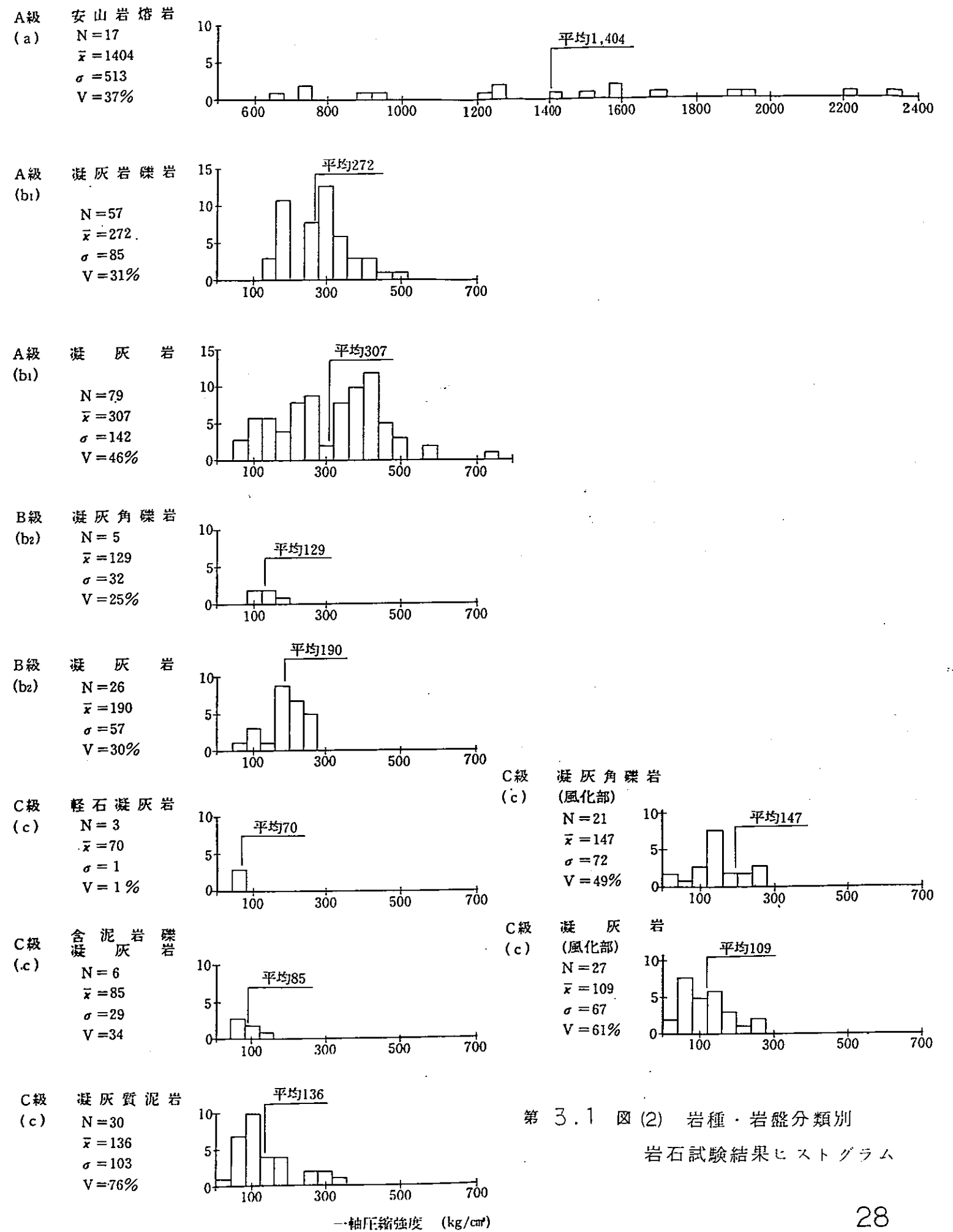


第 3.1 図(1) 岩盤分類別岩石試験結果ヒストグラム

原子炉建屋基礎岩盤



原子炉建屋背後斜面



第 3.1 図 (2) 岩種・岩盤分類別
 岩石試験結果ヒストグラム

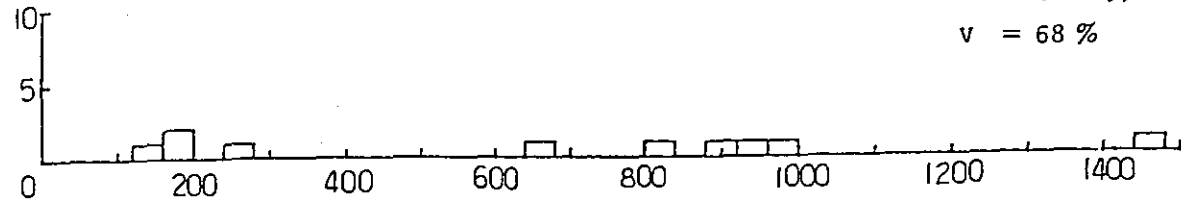
原子炉建屋基礎岩盤

安山岩熔岩 (a) N = 10

$\bar{x} = 655 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 444 \text{ kg/cm}^2$

$v = 68 \%$

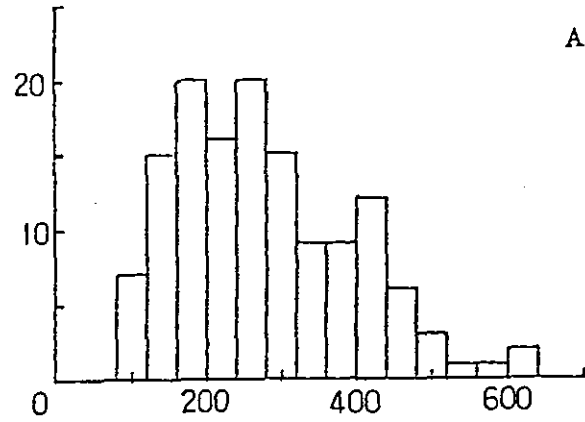


A級 (b₁) N = 136

$\bar{x} = 277 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 119 \text{ kg/cm}^2$

$v = 43 \%$

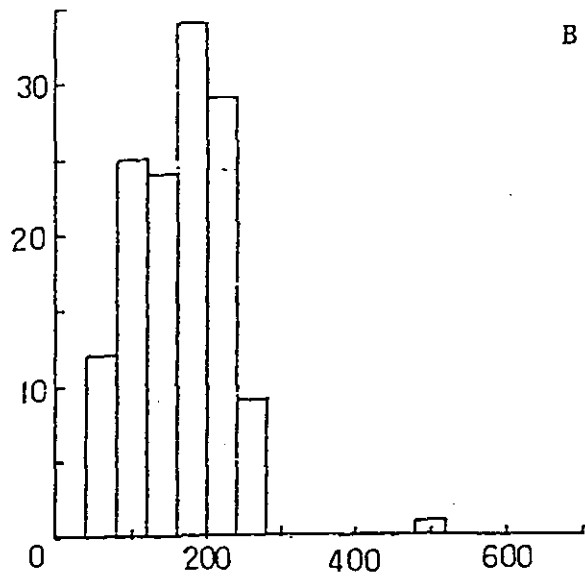


B級 (b₂) N = 134

$\bar{x} = 162 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 63 \text{ kg/cm}^2$

$v = 39 \%$

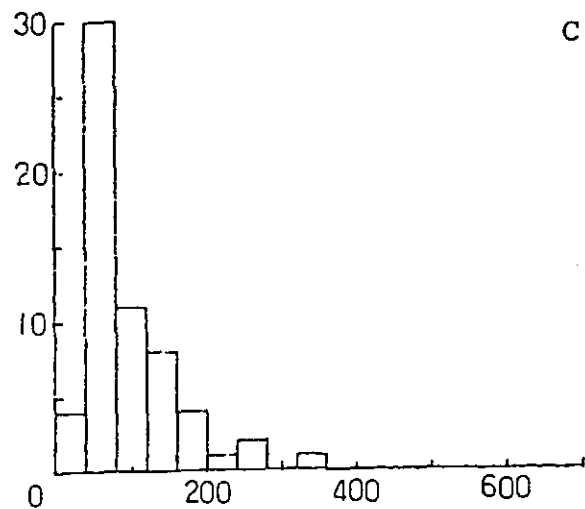


C級 (c) N = 61

$\bar{x} = 97 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 64 \text{ kg/cm}^2$

$v = 66 \%$



一軸圧縮強度 (kg/cm²)

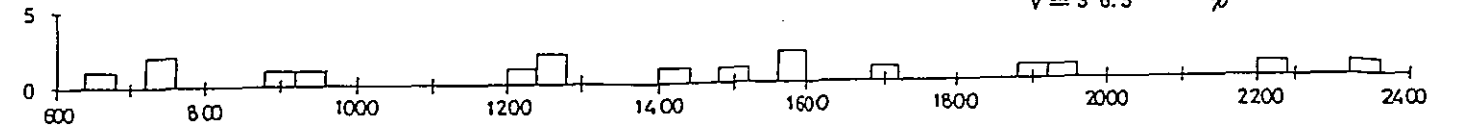
原子炉建屋背後斜面 安山岩熔岩 (a)

N = 17

$\bar{x} = 1404 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 513 \text{ kg/cm}^2$

$v = 36.5 \%$

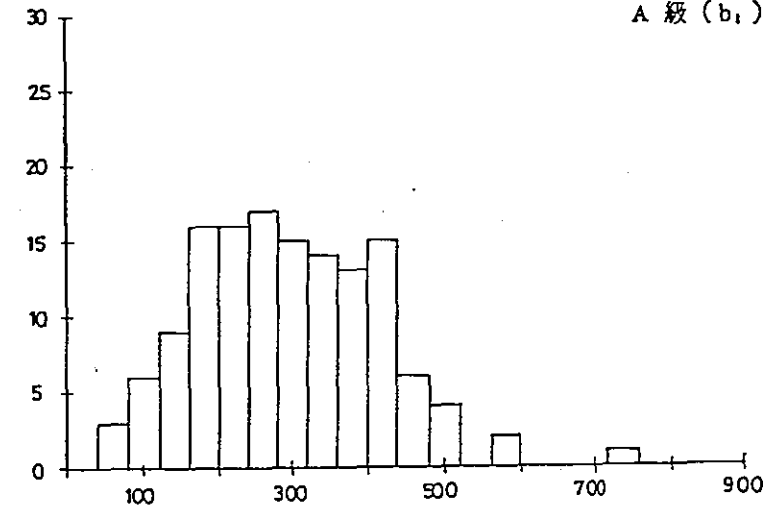


A級 (b₁) N = 136

$\bar{x} = 292 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 122 \text{ kg/cm}^2$

$v = 41.8 \%$

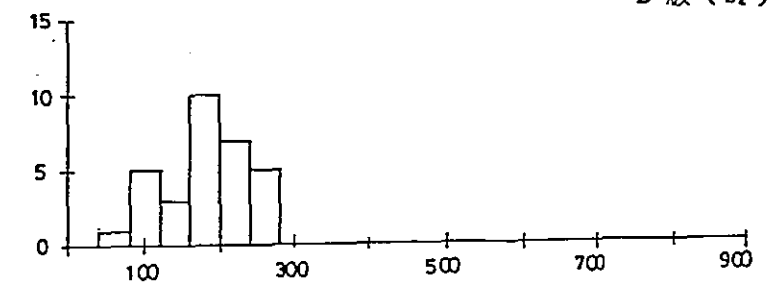


B級 (b₂) N = 31

$\bar{x} = 180 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 58 \text{ kg/cm}^2$

$v = 32.2 \%$

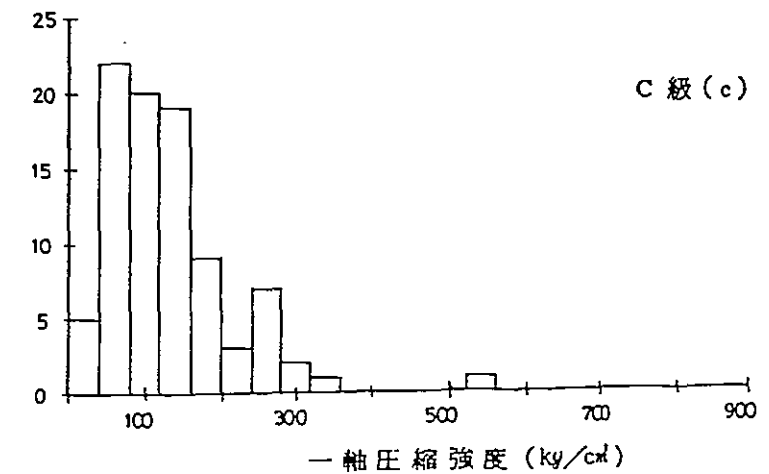


C級 (c) N = 87

$\bar{x} = 124 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 82 \text{ kg/cm}^2$

$v = 66.1 \%$



一軸圧縮強度 (kg/cm²)

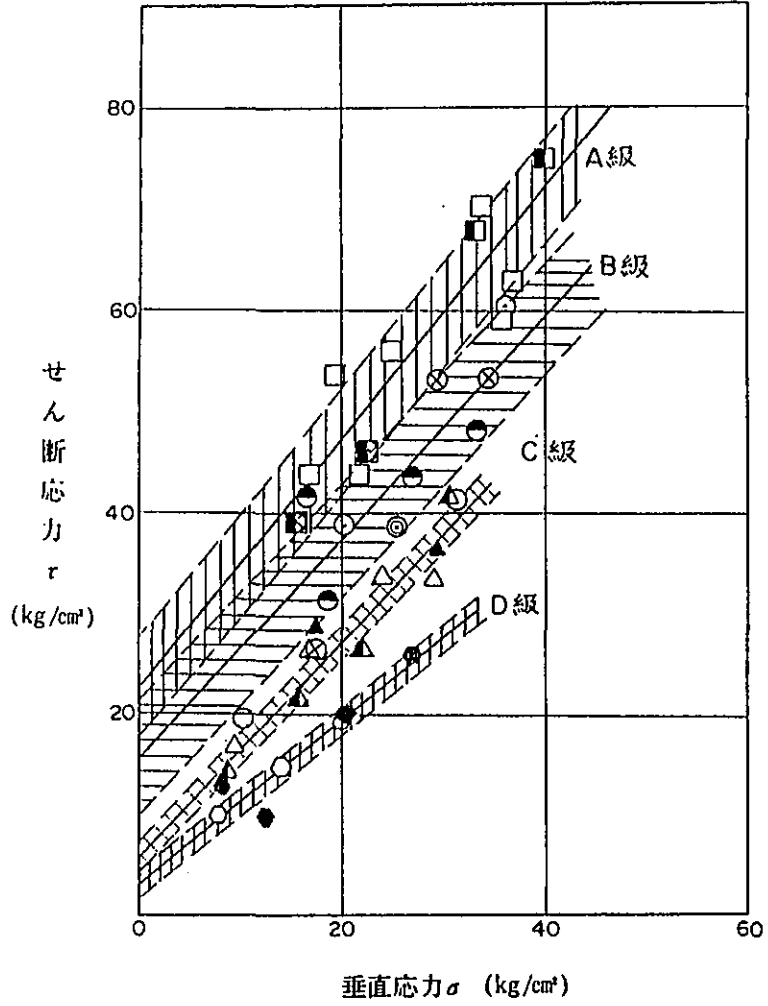
第3.1図(3) 岩盤分類別岩石試験結果ヒストグラム

第 3.4 表(1)表土及び E 級岩盤の物理試験結果

分 類		表 土	E 級	
比 重 G_s	試験個数	70	32	
	平均値	2.73	2.69	
	標準偏差	0.07	0.04	
含水比 W (%)	試験個数	75	32	
	平均値	31.2	50.9	
	標準偏差	10.5	11.6	
密 度 (g/cm^3)	試験個数	41	11	
	乾 燥	平均値	1.39	1.06
		標準偏差	0.17	0.22
	自 然	平均値	1.81	1.60
		標準偏差	0.13	0.13
	飽 和	平均値	1.89	1.67
		標準偏差	0.12	0.14
間隙比 e	平均値	1.00	1.63	
	標準偏差	0.25	0.43	
粒 度	試験個数	68	31	
	レキ分(%)	3.4	4.8	
	砂 分(%)	56.0	53.4	
	シルト分(%)	25.1	31.1	
	粘土分(%)	15.5	10.7	

第 3.4 表(2)断層内物質の物理試験結果

試験項目		断層名					
		F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6
比重 Gs		3.04	2.84	2.78	2.83	2.85	2.90
含水比 W(%)		37.7	25.2	27.5	39.6	42.6	32.7
密度 (g/cm ³)	乾燥	1.21	1.37	1.36	1.20	1.26	—
	自然	1.66	1.72	1.73	1.67	1.79	—
	飽和	1.81	1.89	1.87	1.78	1.82	—
空隙比 e		1.522	1.067	1.049	1.366	1.270	—
コンシステンス	液性限界 WL(%)	65.6	39.0	30.6	56.4	57.0	N P
	塑性限界 Wp(%)	31.7	24.4	16.9	38.8	37.0	N P
粒度	レキ分 (%)	0.0	16.8	2.0	2.0	10.5	9.9
	砂分 (%)	29.0	37.2	31.0	37.0	38.5	35.1
	シルト分 (%)	44.0	34.3	45.0	44.0	35.0	38.0
	粘土分 (%)	27.0	11.7	22.0	17.0	16.0	17.0

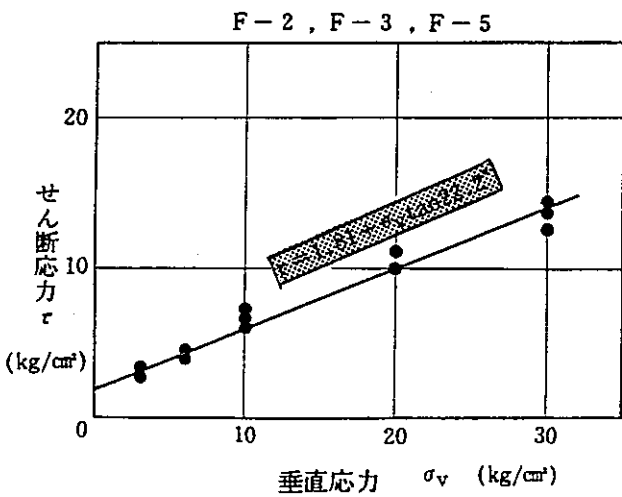
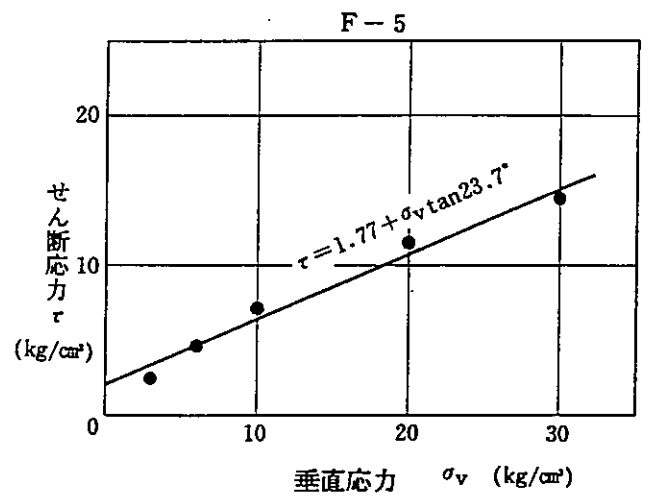
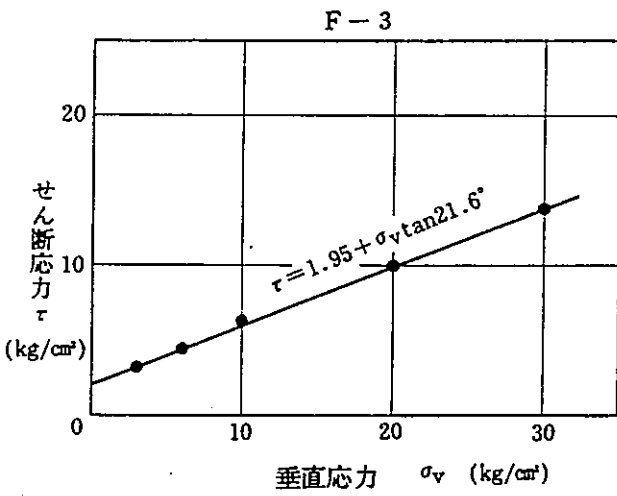
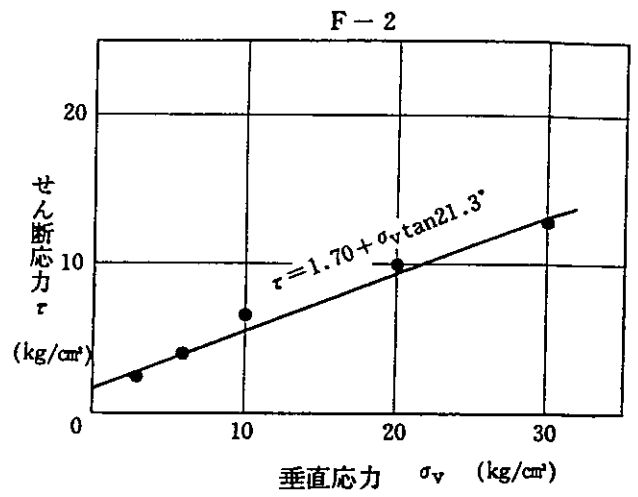
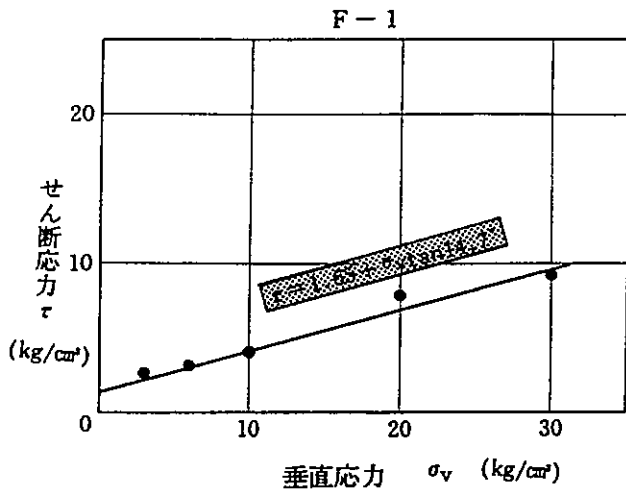


	A 級	B 級	C 級*	D 級*
凝灰角礫岩	□	○		
凝灰岩	■	●	△ ▲**	●**
輝石凝灰岩			△	
含泥岩礫凝灰岩				○
安山岩熔岩		⊗		
τ_0 (kg/cm ²)	22.1	15.8	5.8	3.0
ϕ (°)	51.3	47.0	46.3	38.8

* C, D級は風化部の試験を含む。

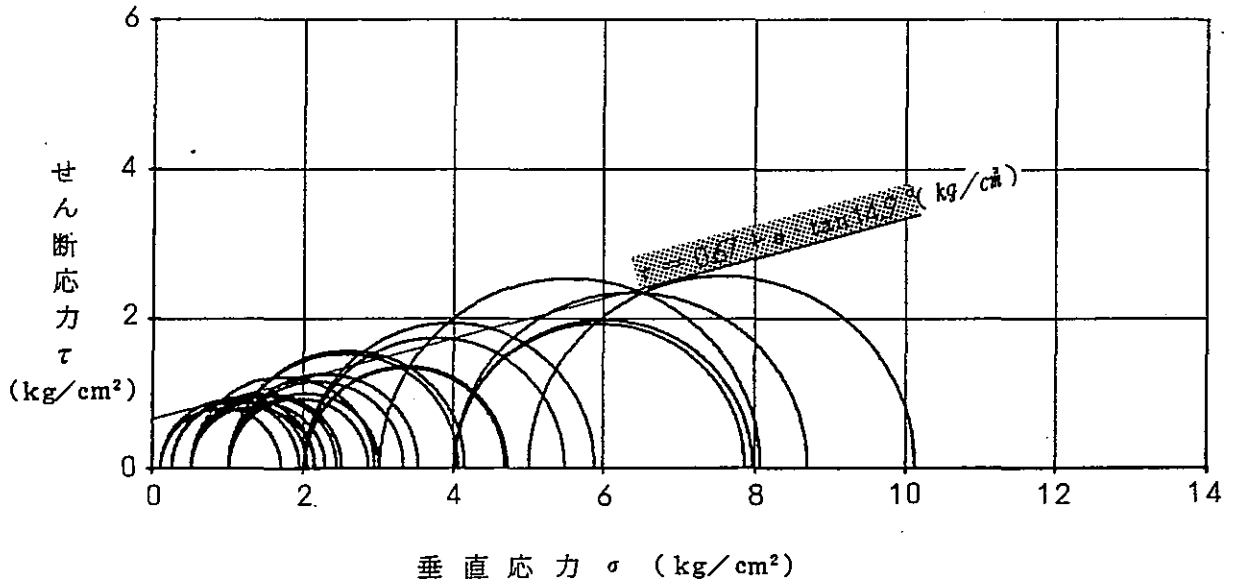
** 風化部の試験

第 3.2 図 岩盤分類別岩盤せん断試験結果

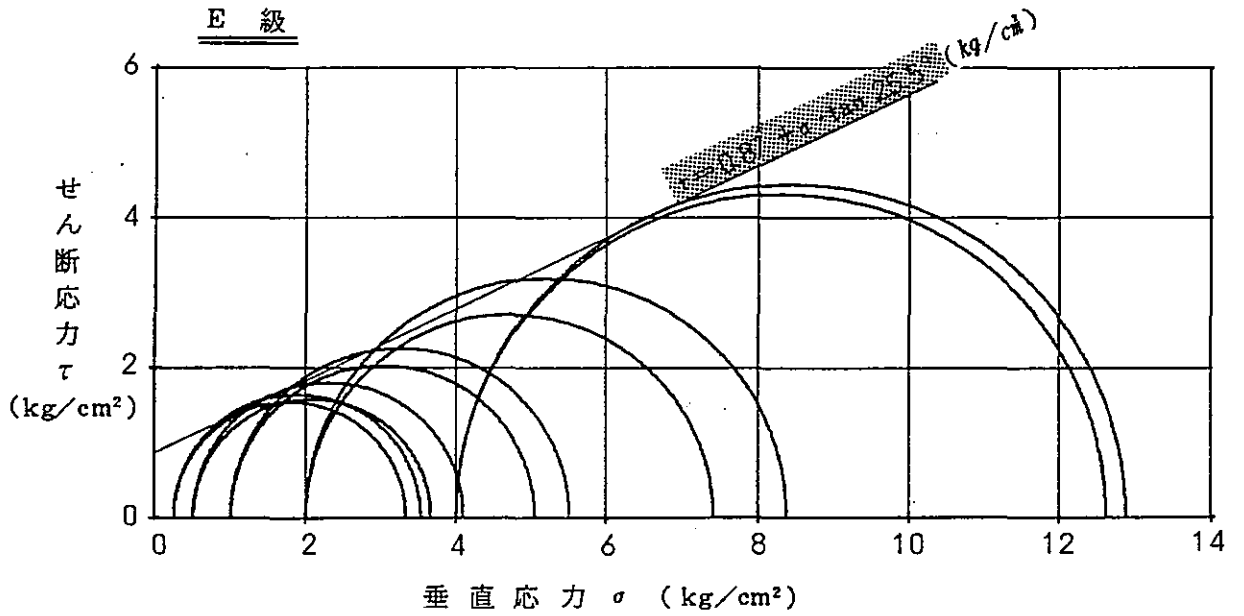


第 3.3 図 断層内物質の静的単純せん断試験結果 (強度特性)

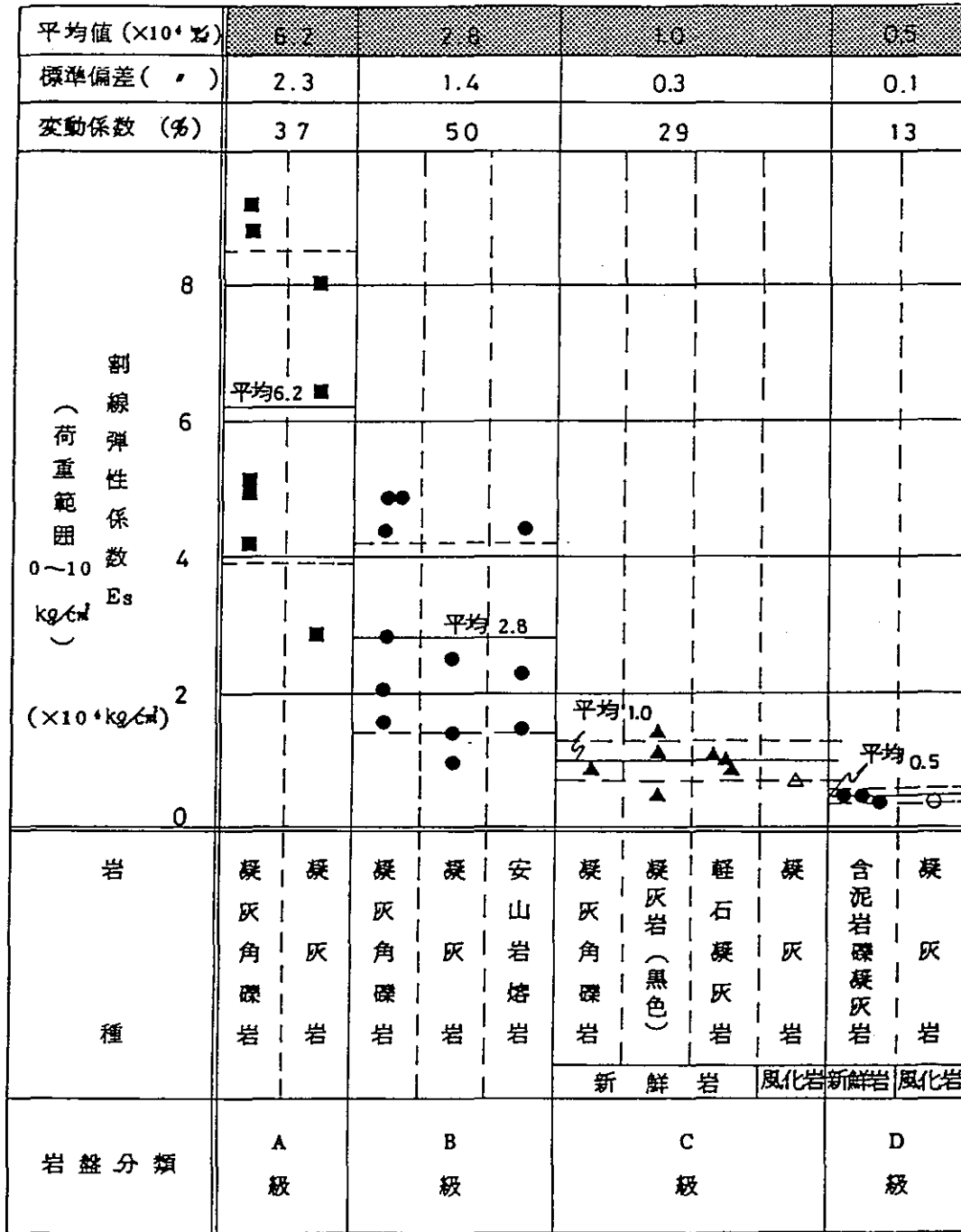
表土



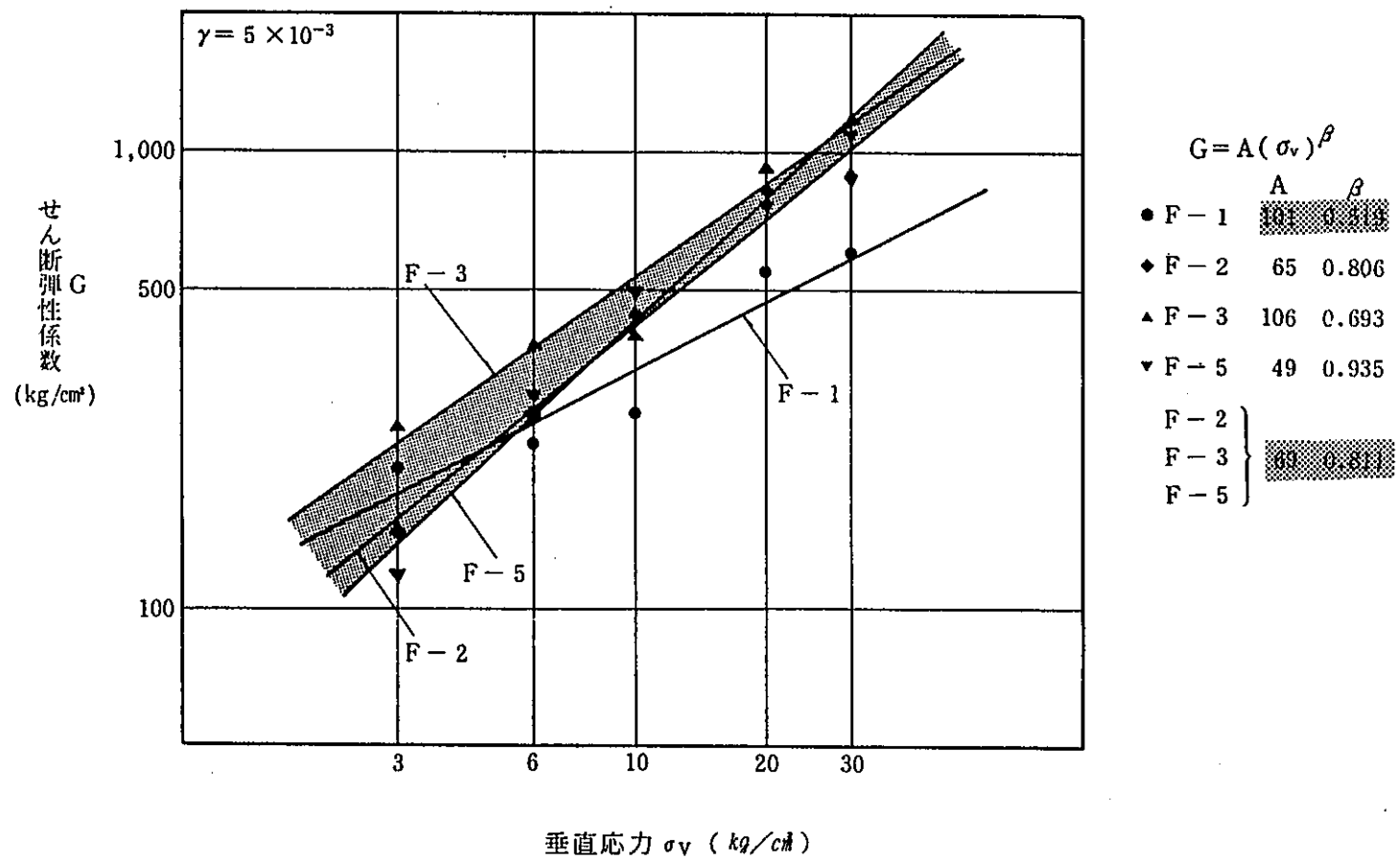
E 級



第 3.4 図 表土及び E 級岩盤の三軸圧縮試験結果

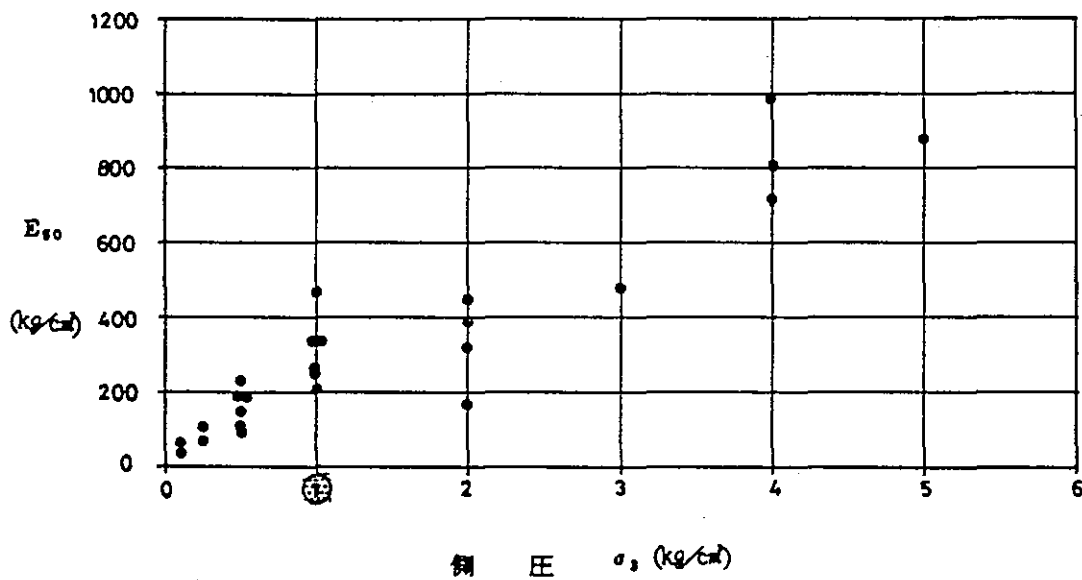


第 3.5 圖 岩種・岩盤分類別岩盤變形試驗結果 (割線彈性係數)

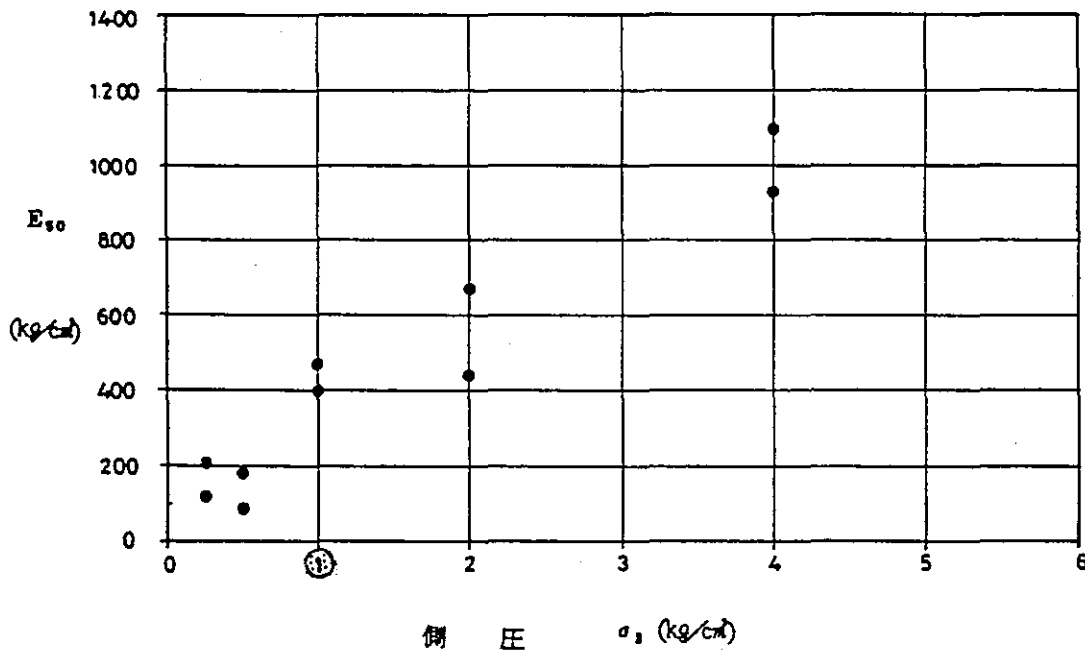


第 3.6 図 断層内物質の静的単純せん断試験結果 (静的変形特性)

表土



E級岩盤



第 3.7 図 表土及び E 級岩盤の三軸圧縮試験結果 (E 5.0)

第 3.5 表 ポーリング孔内P S 検層結果

	岩層分類	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)	動弾性係数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)	動ポアソン比
1 号 層	A 級	3.3	1.5	13.8	0.37
	B 級	2.4	1.3	9.4	0.29
	C 級	2.5	1.1	6.5	0.38
2 号 層	A 級	3.0	1.4	12.0	0.36
	B 級	2.7	1.3	9.8	0.35
	C 級	2.2	1.1	6.3	0.33
1, 2 号 全 体	A 級	3.2	1.5	13.7	0.36
	B 級	2.7	1.3	9.8	0.35
	C 級	2.4	1.1	6.4	0.37

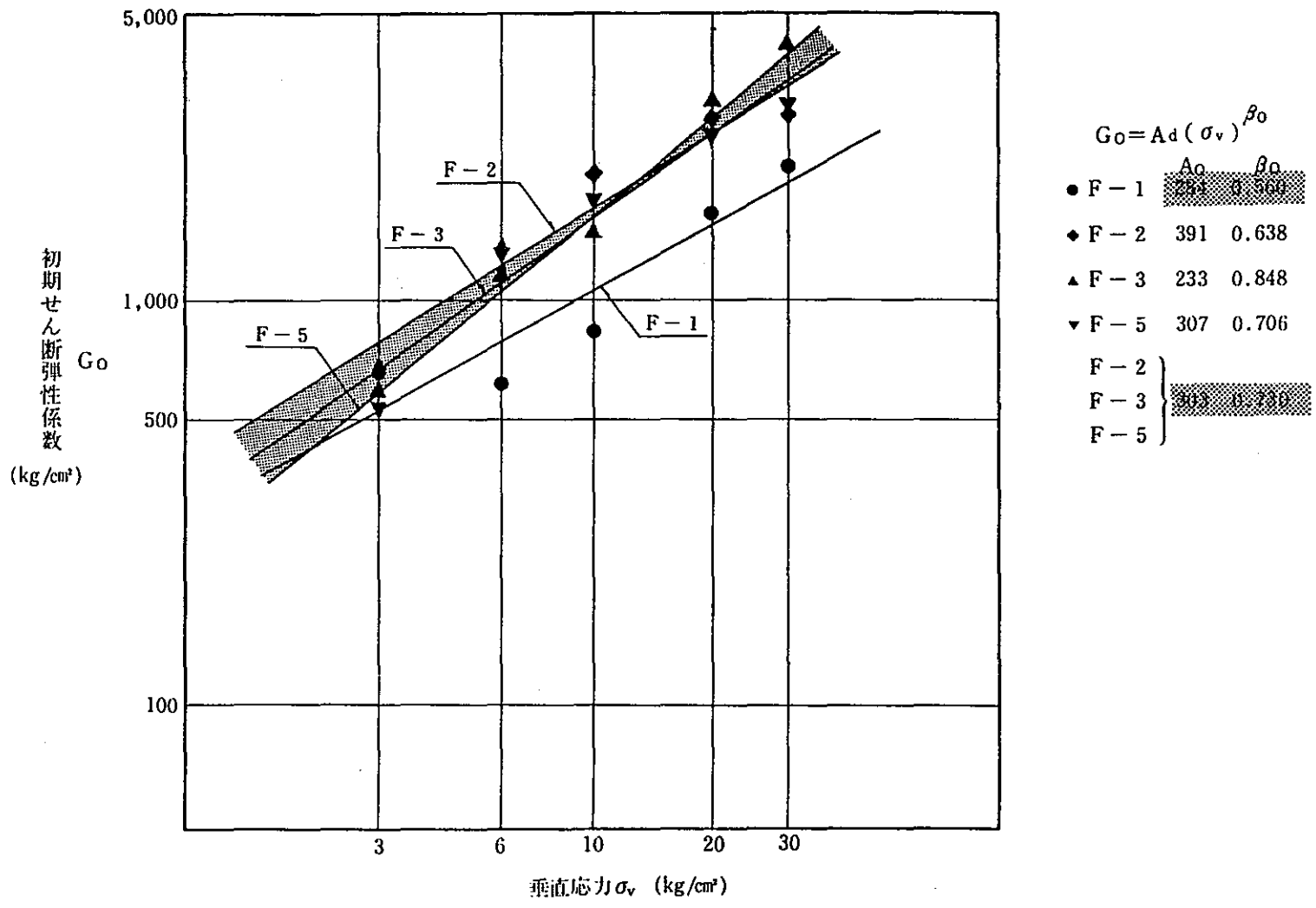
第 3.6 表 岩種・岩盤分類別坑内弾性波試験結果

岩盤分類	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)	動ポアソン比	動弾性係数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)	岩 種	P 波速度 (km/s)	S 波速度 (km/s)	動ポアソン比	動弾性係数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)
A 級	2.8	1.5	0.30	13.1	凝灰角礫岩	2.8	1.5	0.30	13.1
					凝灰岩	2.8	1.4	0.33	11.7
B 級	2.5	1.3	0.31	9.5	凝灰角礫岩	2.6	1.3	0.33	10.1
					凝灰岩	2.5	1.2	0.35	7.9
	—	—	—	—	安山岩 熔岩	3.1	1.6	0.32	17.0
C 級	2.0	1.0	0.33	5.2	凝灰岩 (黒色)	2.3	1.1	0.35	7.3
					含泥岩 礫 凝灰岩	1.9	1.0	0.31	5.3
					軽石凝灰岩*	2.0	0.9	0.37	4.1

* 試験坑で測定した値

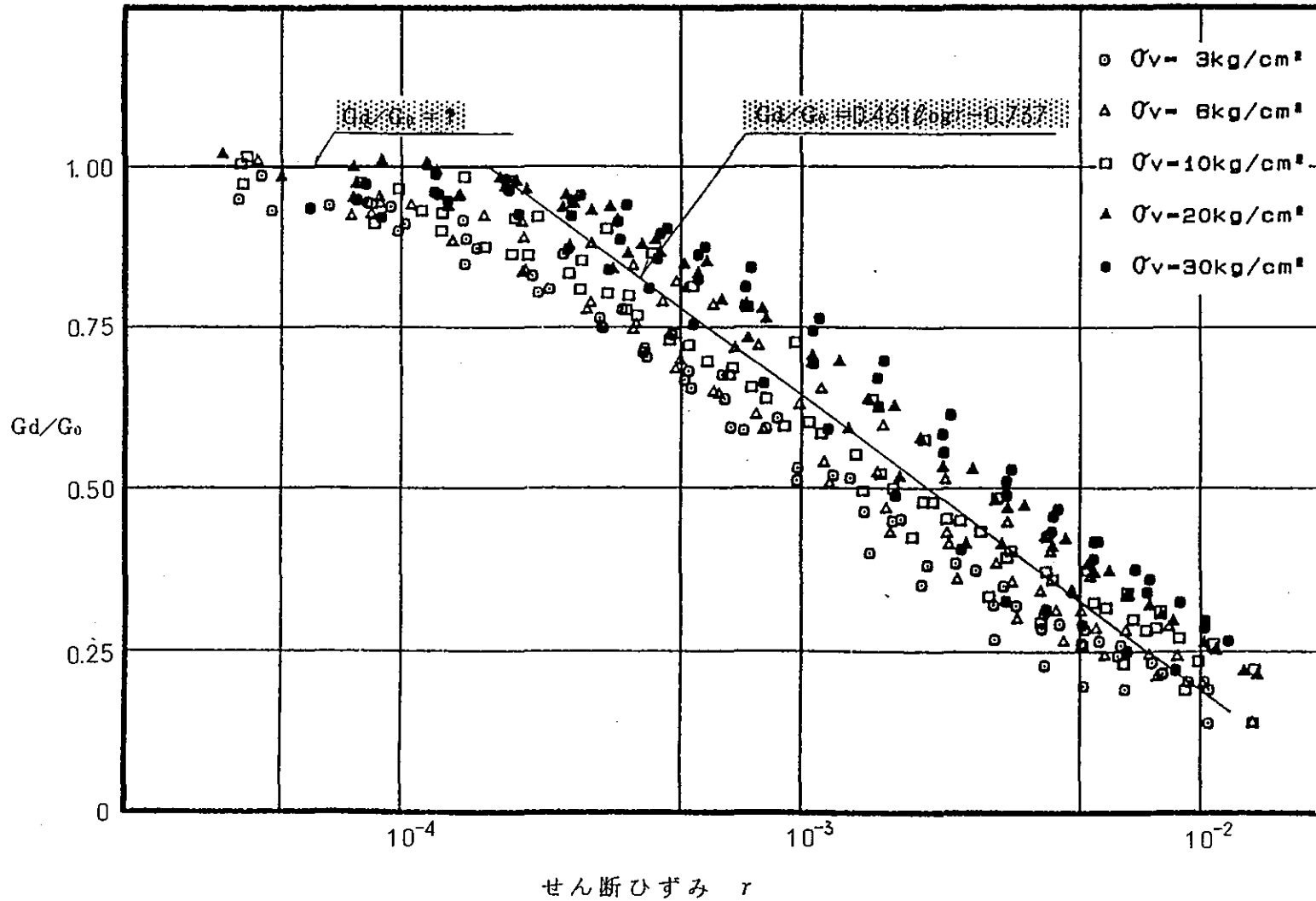
第 3.7 表 原子炉建屋背後斜面 P S 検層結果

岩盤分類	密度 γ_t (g/cm ³)	P 波速度 V_p (km/s)	S 波速度 V_s (km/s)	動弾性係数 E_d ($\times 10^4$ kg/cm ²)	動ポアソン比 ν_d
D 級	1.9	1.7	0.76	3.1	0.38
E 級	1.7	1.1	0.43	0.90	0.41
表土	1.9	0.84	0.26	0.58	0.45

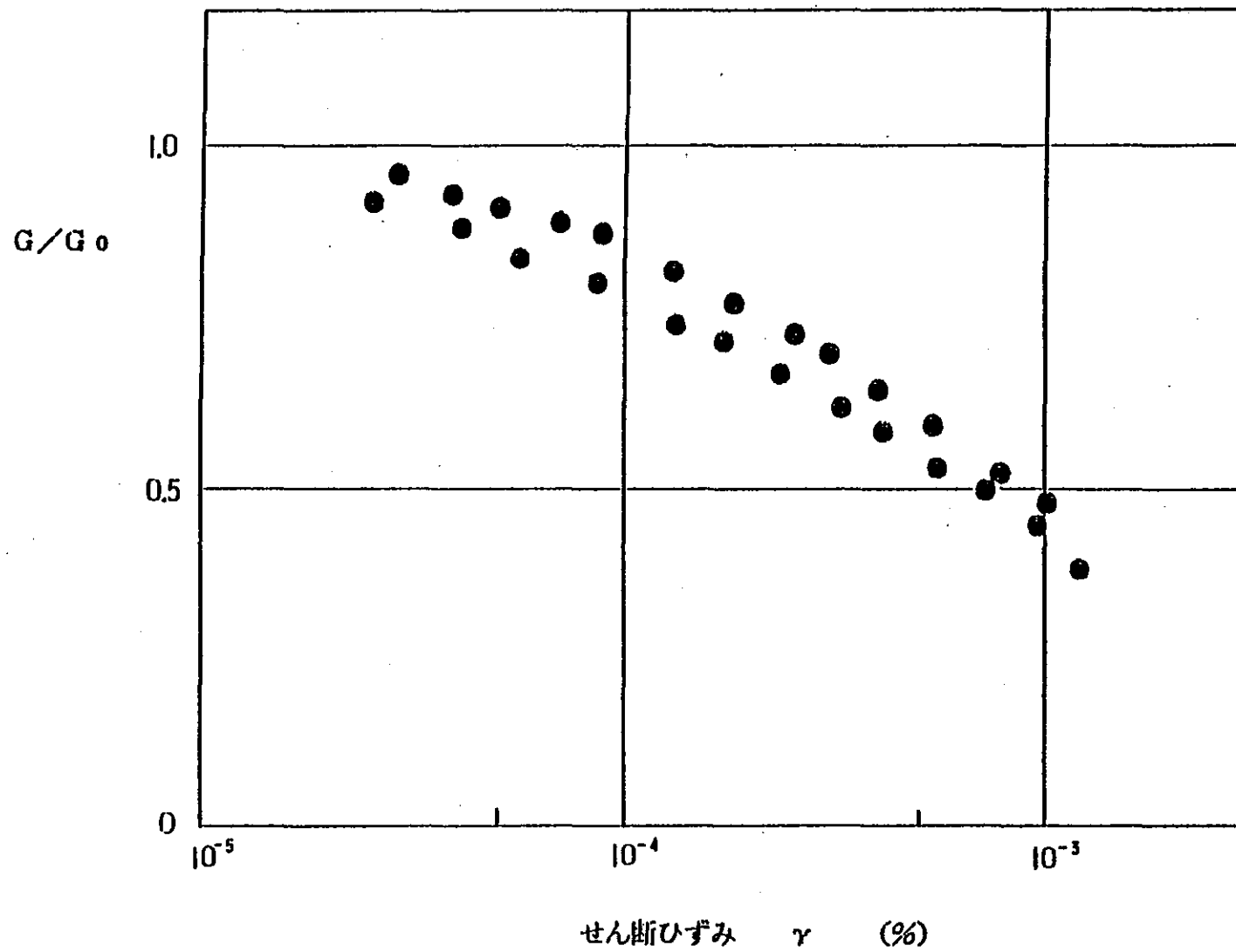


第 3.8 図(1) 断層内物質の動的単純せん断試験結果 (微小ひずみ時の動的変形特性)

動せん断弾性係数 / 初期せん断弾性係数



第 3.8 図(2) 断層内物質の動的単純せん断試験結果 (動的変形特性)



第 3.9 図 軽石凝灰岩の動的三軸試験結果

第 3.8 表 解析用物性値

岩盤 分類	特性 項目	物理特性		強度特性		変形特性				
		密度 γ_t (t/m^3)	せん断 強度 τ_0 (kg/cm^2)	内部 摩擦角 ϕ ($^\circ$)	静的解析		動的解析			
					弾性係数 ($\times 10^4 kg/cm^2$)		静ポアソン比 ν_s	動弾性係数 E_d ($\times 10^4 kg/cm^2$)	動ポアソン比 ν_d	減衰定数 h (%)
					基本解析	コントラスト 解析※				
A 級	2.2	22.1	51.1	6.2	6.2	0.25	13.7	0.36	3	
B 級	2.1	15.8	47.0	2.8	2.8	0.25	9.8	0.35	3	
C 級	1.9	5.8	46.3	1.0	1.0	0.25	6.4	0.37	3	
D 級	1.9	3.0	38.8	0.5	0.5	0.30	3.1	0.38	3	
E 級	1.7	0.87	25.5	0.04	0.04	0.35	0.90	0.41	10	
安山岩熔岩	2.6	10.1	47.0	2.8	1.4 ~ 4.2	0.25	17.9	0.32	3	
F - 1 断層※※	1.8	1.65	14.7	$282.8 \sigma_v^{0.519}$	$282.8 \sigma_v^{0.519}$	0.40	$840.6 \sigma_v^{0.560}$	0.48	10	
その他断層※※	1.8	1.81	22.2	$193.2 \sigma_v^{0.811}$	$193.2 \sigma_v^{0.811}$	0.40	$896.9 \sigma_v^{0.730}$	0.48	10	
表 土	1.9	0.67	14.9	0.03	0.03	0.40	0.38	0.45	10	

※コントラスト解析は、安山岩熔岩についてB級岩盤の弾性係数平均値±標準偏差、強度定数—標準偏差としたもの
 ※※動的解析では、非線型性を考慮する。弾性係数は kg/cm^2 である。

4. 設計地震力

- (1) 原子建屋設置地盤の安定性の検討に用いる地震力を、第4.1表に示す。

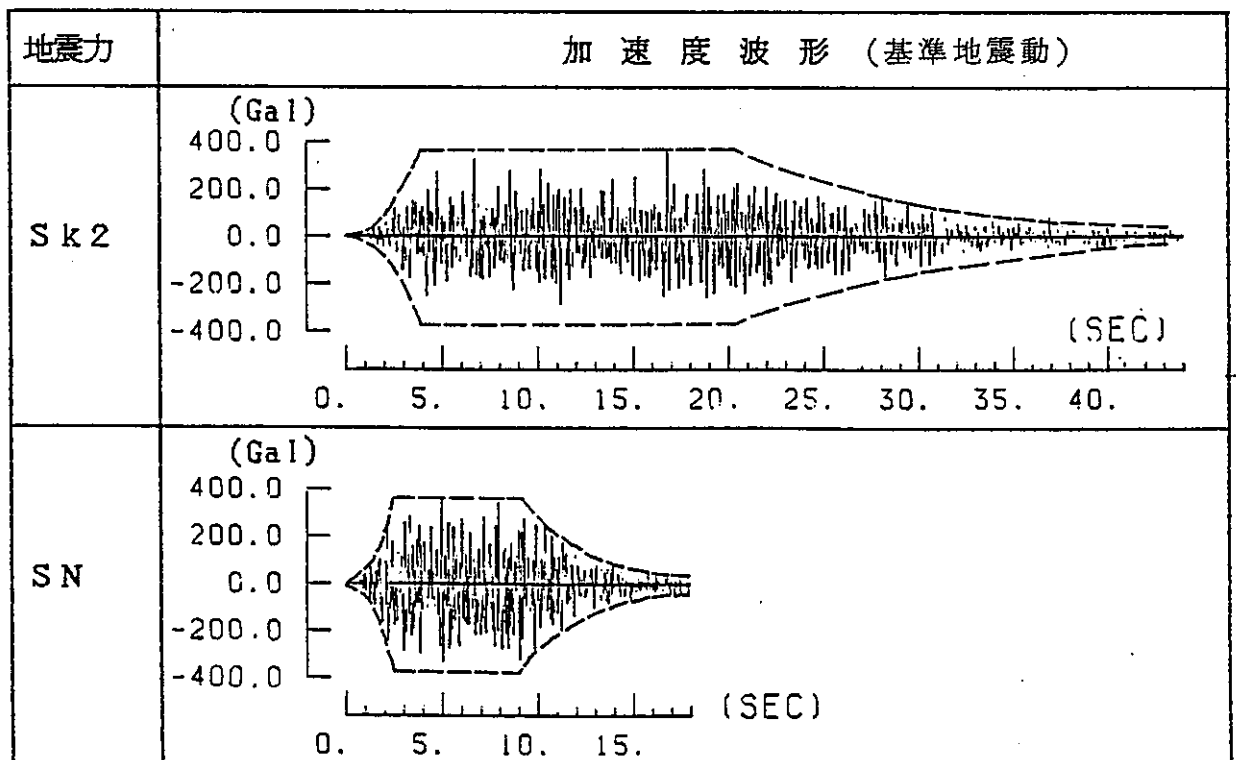
静的解析の場合、建屋には水平方向に「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」で定められた層せん断力係数 C_E に基づいて算出した地震力を与え、鉛直方向は、一律に0.24の震度による地震力を与える。また、地盤に対しては、水平方向に0.2、鉛直方向に0.1の震度による地震力を与える。

動的解析の場合、原子炉建屋基礎底面で定義された基準地震動 S_2 に基づいて作成した入力地震動をモデル下端に与え、さらに、建屋に対して0.2、地盤に対して0.1の鉛直方向の地震力を震度として与える。

- (2) 背後斜面の安定検討に用いる地震力は、基準地震動 S_2 の最大加速度370 galを震度に換算した0.38を水平方向に与える。

第4.1表 地震力 (原子炉建屋設置地盤の安定検討)

検討方法	地震力									
静的 方法及び静的FEM解析 的 検討	水平方向	建屋 地盤	3CI 0.20							
	鉛直方向	建屋 地盤	0.24 0.10							
動的 FEM解析 的 検討	水平方向	基準地震動 S2								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>基準地震動</th> <th>最大加速度 (gal)</th> <th>継続時間 (秒)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sk2</td> <td>360.06</td> <td>44.0</td> </tr> <tr> <td>SN</td> <td>370.08</td> <td>18.0</td> </tr> </tbody> </table>		基準地震動	最大加速度 (gal)	継続時間 (秒)	Sk2	360.06	44.0	SN
基準地震動	最大加速度 (gal)	継続時間 (秒)								
Sk2	360.06	44.0								
SN	370.08	18.0								
	鉛直方向	建屋 地盤	0.24 0.10							



5. 原子炉建屋設置地盤の安定性の検討

5.1 平面すべりに対する検討

5.1.1 検討内容

(1) 解析方法

原子炉建屋基礎を剛体とみなし、建屋に作用する地震力によって基礎底面に発生するせん断力と基礎岩盤のせん断抵抗力の関係から安定性を検討する。

(2) 解析モデル

解析モデルは、1、2号原子炉建屋基礎底面の岩盤分類図に基づきモデル化した。

なお、断層は、いずれも幅が薄いためモデル化していない。

解析モデル図を岩盤分類図と対比させて、第5.1図に示す。

(3) 地震力

原子炉建屋に3C-Eに基づいて算定した水平震度と、高さ方向に一様に鉛直震度0.24を与える。

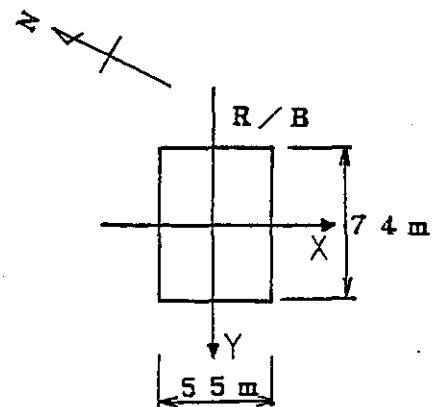
地震力の方向は、水平地震力を建屋の長辺方向2方向、短辺方向2方向、鉛直地震力を上向きに与えている。

5.1.2 検討結果

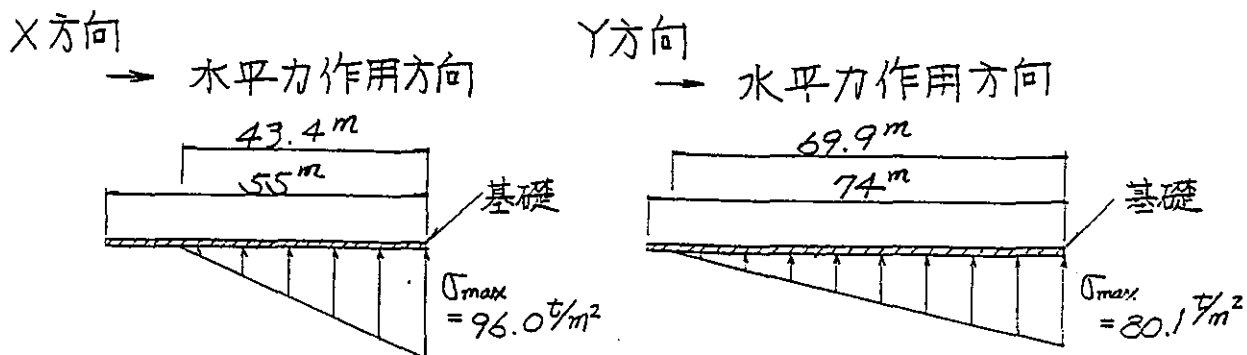
原子炉建屋に地震力を作用させた時、基礎底面の荷重は、第5.1表のとおりであり、せん断力は、約 9.74×10^4 ton である。

第 5.1 表 原子炉建屋基礎底面に作用する荷重

建屋自重 (W)	20.28×10^4 (t)
鉛直地震力 (V)	4.87×10^4 (t)
X方向水平力時 転倒モーメント (M _x)	200.9×10^4 (t.m)
せん断力 (S _x)	9.74×10^4 (t)
Y方向水平力時 転倒モーメント (M _y)	210.9×10^4 (t.m)
せん断力 (S _y)	9.74×10^4 (t)



この荷重条件における建屋基礎地盤の接地圧分布は、次のとおりとなる。



基礎地盤の接地圧分布から、各要素の鉛直方力 σ_i を求めて次式によりせん断抵抗力 R と基礎底面の平面すべり安全率 S_f を求めた。その結果を第5.2表に示す。

$$S_f = \frac{R}{S} = \frac{\sum A_i (T_{oi} + O_i \tan \phi_i)}{S}$$

ここで A_i : 各要素の面積

T_{oi} : 各要素内の岩盤のせん断強度

ϕ_i : 各要素内の岩盤の内部摩擦角

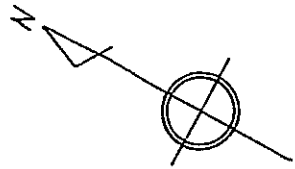
S : せん断力 ($9.74 \times 10^4 \text{ ton}$)

第 5.2 表 原子炉建屋基礎底面の平面すべり安全率

断面	ケース	荷重の組合せ [*]	せん断抵抗力 R $\times 10^4 (t)$	すべり安全率 S f
1号炉	1-1	W+H _y -V	84.57	8.68
	1-2	W-H _y -V	85.07	8.73
	1-3	W+H _x -V	71.31	7.32
	1-4	W-H _x -V	72.89	7.48
2号炉	2-1	W+H _y -V	76.14	7.82
	2-2	W-H _y -V	77.85	7.99
	2-3	W+H _x -V	65.95	6.77
	2-4	W-H _x -V	67.87	6.97

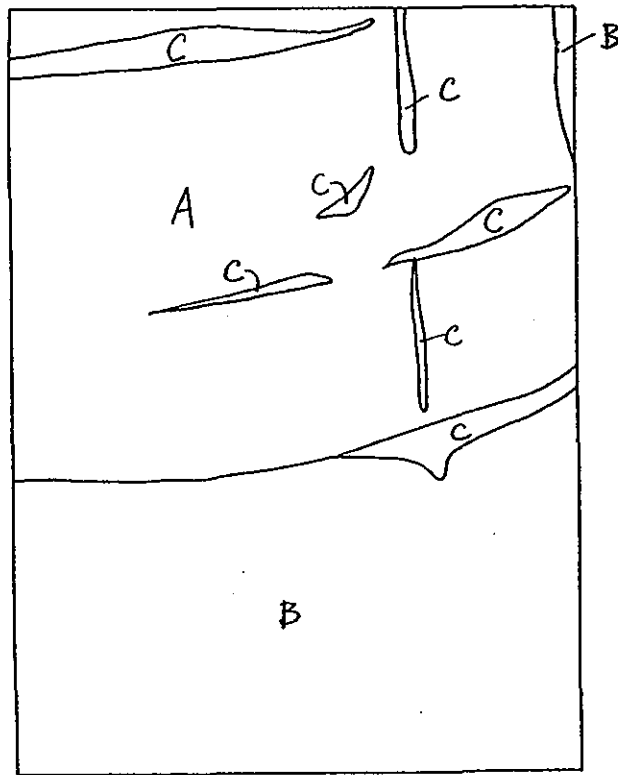
* Wは建屋自重、+H_yは水平地震力が山から海、+H_xは水平地震力が1号側から2号側、-Vは鉛直地震力が上向きを示す。

凡例  最小値

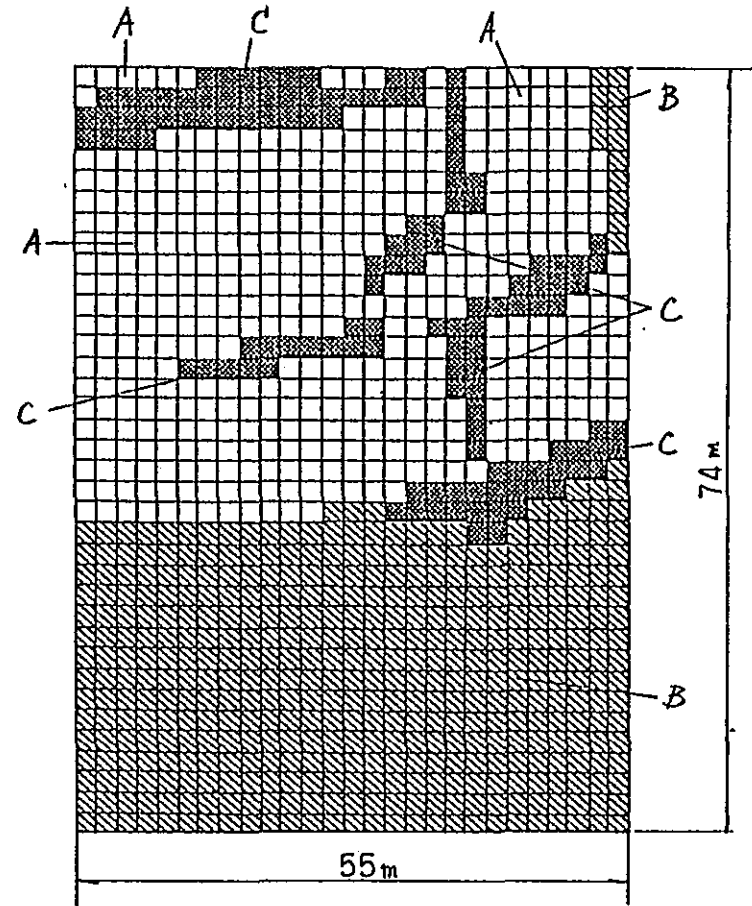


1号原子炉建屋

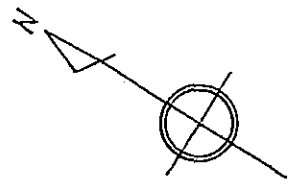
岩盤分類



モデル

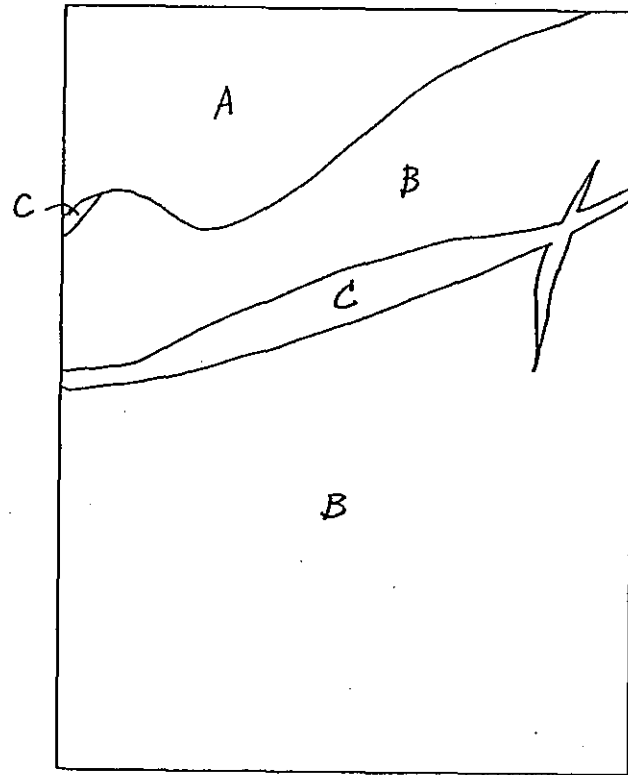


第 5.1 図 (1) 平面すべり安定解析用モデル (EL 2.3 m)

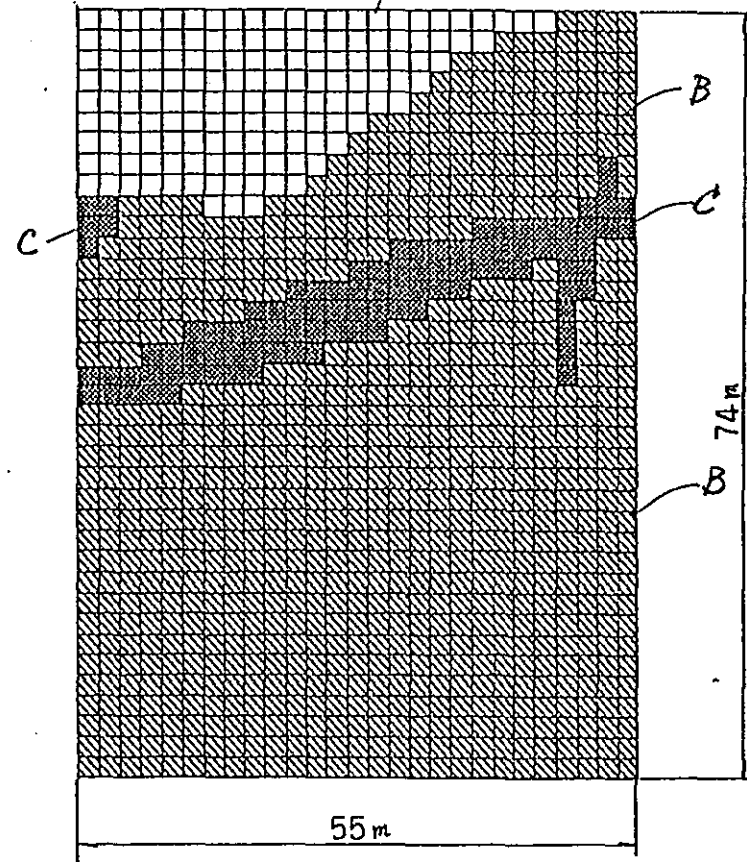


2号原子炉建屋

岩盤分類



モデル A



第 5.1 図 (2) 平面すべり安定解析用モデル (EL 2.3 m)

5.2 慣用法及び静的二次元 FEM 解析による検討

5.2.1 検討内容

原子炉建屋設置地盤の安定性を慣用法及び静的二次元 FEM 解析により検討を行っている。

(1) 慣用法

慣用法は、仮定したすべり面に作用するせん断抵抗力とせん断力の比により次式で求める。

$$F_s = \frac{\sum T_0 \cdot l + (N - N_e) \tan \phi}{\sum (T + T_e)}$$

ここで F_s : すべり安全率

T_0 : すべり面上のせん断強度

ϕ : すべり面上の内部摩擦角

N : すべり面上に働く垂直力

T : すべり面上に働く接線力

N_e : すべり面上に働く地震荷重による垂直力

T_e : すべり面上に働く地震荷重による接線力

なお、解析モデル、地震力は、次に述べる静的二次元 FEM 解析と同様である。

(2) 静的二次元FEM解析

a. 解析方法

解析方法は、初期地圧、建屋自重、地震力の各状態における発生応力を静的FEM解析によって求め、それらを重ね合せて地震時応力としている。

b. 解析モデル

解析モデルは、原子炉建屋の地盤状況を考慮して直交する3断面を対象とし、モデル幅は、幅600m程度、深さE.L.-250mとしている。

境界条件は、下方が固定、側方が荷重方向ローラーとしている。

建屋及び地盤のモデル化及び要素分割は、次の方法により行う。

a) 建屋のモデル化

原子炉建屋、タービン建屋、補助建屋の要素分割は、それぞれについて設定された多数点系モデルからFEMモデルに変換することにより作成している。

b) 地盤のモデル化

地盤のモデル化にあたっては、地質断面図を工学的

只見地によって作成した岩盤分類図を次のような基準により安全側に評価し、第5.2図～第5.4図に示すような解析用要素分割図を作成した。特に、原子炉建屋設置位置付近の要素は、地盤内応力を詳細に検討できるように細分化している。

(薄層のモデル化基準)

- i) 原子炉建屋基礎底面に直接分布する薄層は、反映させるが、
 ほかの局所的に狭在する薄層は、第5.3表の基準に従ってモデル化する。

第5.3表 薄層モデル化基準

基礎底面からの距離 (m)	薄層の寸法		薄層モデル化基準
	厚さ (m)	長さ (m)	
$0 < R \leq 50$	$2 <$	$5 <$	左記のRは、原子炉建屋基礎底面から当該薄層までの最短距離とし、薄層寸法の厚さまたは長さのいずれか一方が満足されれば、モデル化の対象とする。
$50 < R \leq 100$	$5 <$	$15 <$	
$100 < R \leq 150$	$5 <$	$30 <$	
$150 < R$	$10 <$	$50 <$	

- ii) 局所的に狭在する薄層が数mの間で複数個存在する場合は、それらを包絡するようにモデル化し、それらうち最も低位の岩級のものとして評価する。
- iii) C級を主体とする凝灰質泥岩中に含まれるA級の火砕岩の薄層は、C級としてモデル化する。

(断層の評価基準)

- i) F-1~F-6の主要断層は、平均幅10cm程度であるが、幅1mとして評価し確認範囲までモデル化する。
- ii) その他の小断層は、原子炉建屋基礎底面下に分布するものの幅1mとして確認範囲までモデル化する。

c. 地震力

原子炉建屋、タービン建屋及び補助建屋には、 $3C_I$ に基づいて算定した地震力と高さ方向に一様な鉛直震度0.24を上向きに与えている。

地盤には、水平震度0.2(山から海方向)、鉛直震度0.1(上向き)を一様に与えている。(第4.1表参照)

d. 検討ケース

検討ケースは、第5.4表及び以下に示すとおりである。

a) 基本解析

基本解析は、原子炉建屋に直交する3断面を対象とし、解析に用いる変形特性は、割線弾性係数の平均値を用いている。

水平地震力の作用方向は、地層が全体に海側に傾斜する同斜構造を示していることから1号側($Y_{1c}-Y_{1c}'$)及び2号側($Y_{2c}-Y_{2c}'$)断面では山から海に向う方向とする。また、1~2号($X-X'$)断面では2号から1号

に向かう方向及びその逆方向とする。

なお、鉛直地震力は、上向きとしている。

b) コントラスト解析

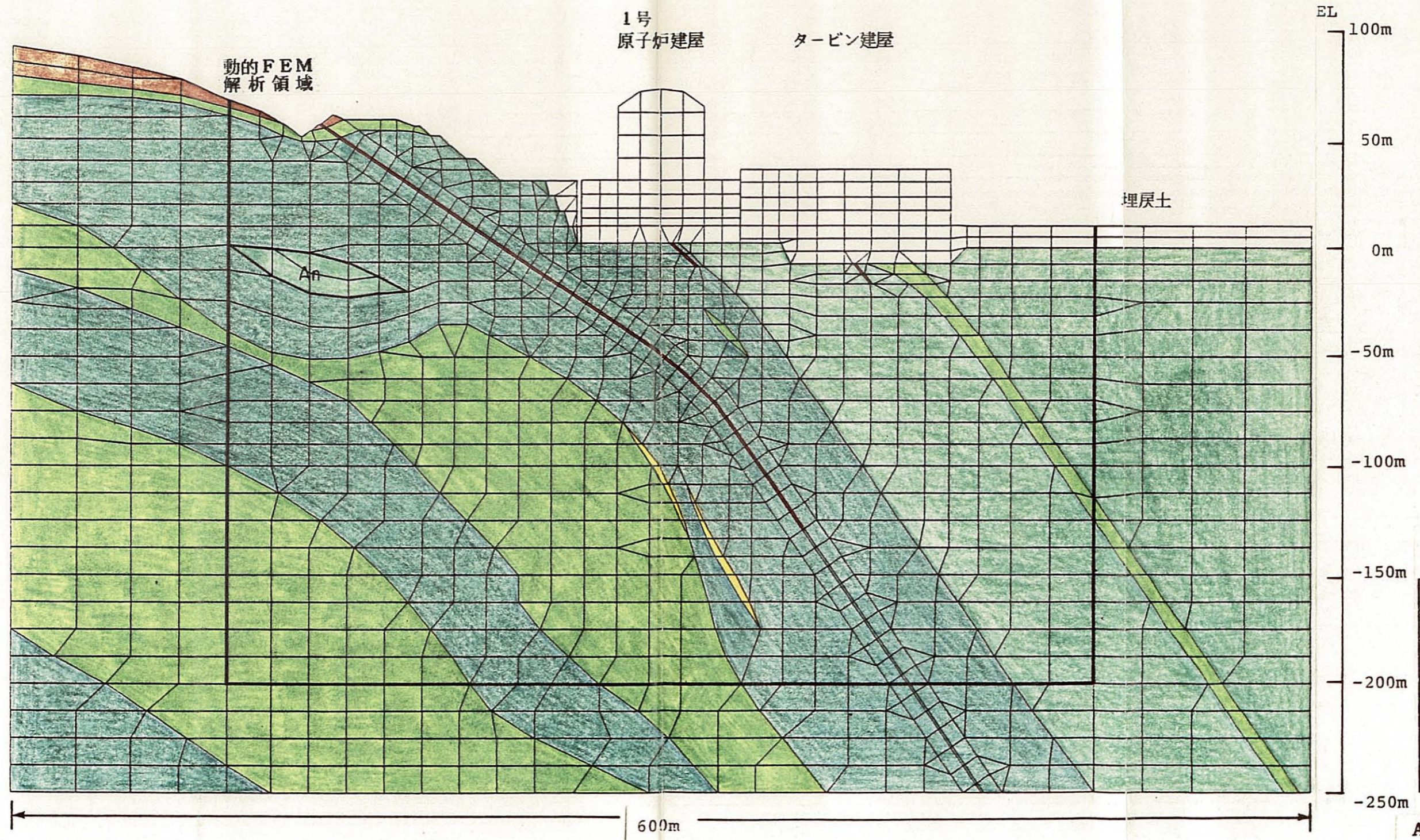
割れ目の発達状況が部分的にやや異なる安山岩熔岩のバラツキの影響を検討するために、2号側 ($Y_{2c} - Y_{2c}$) 断面について強度定数 - 標準偏差, 弾性係数の平均値 \pm 標準偏差を用いた解析を行っている。

地震力の作用方向は、基本解析に準じる。

c) 浮力解析

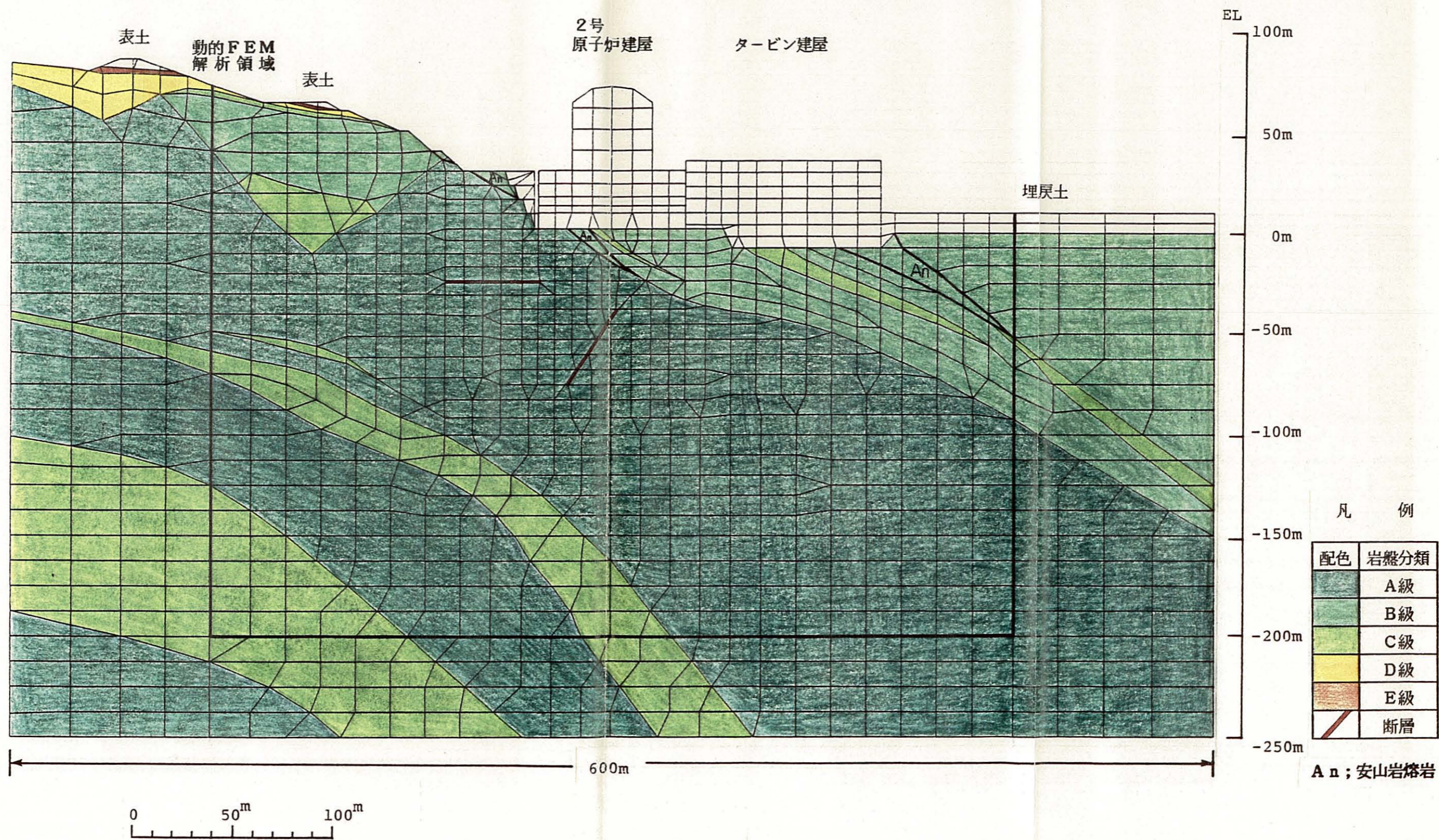
地層に沿って分布する断層の安定性を与える地下水の影響を検討するため、1号側 ($Y_{1c} - Y_{1c}$) 断面について、断層を含む岩盤に浮力が作用したとして解析を行っている。

地震力の作用方向は、基本解析に準じる。



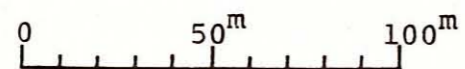
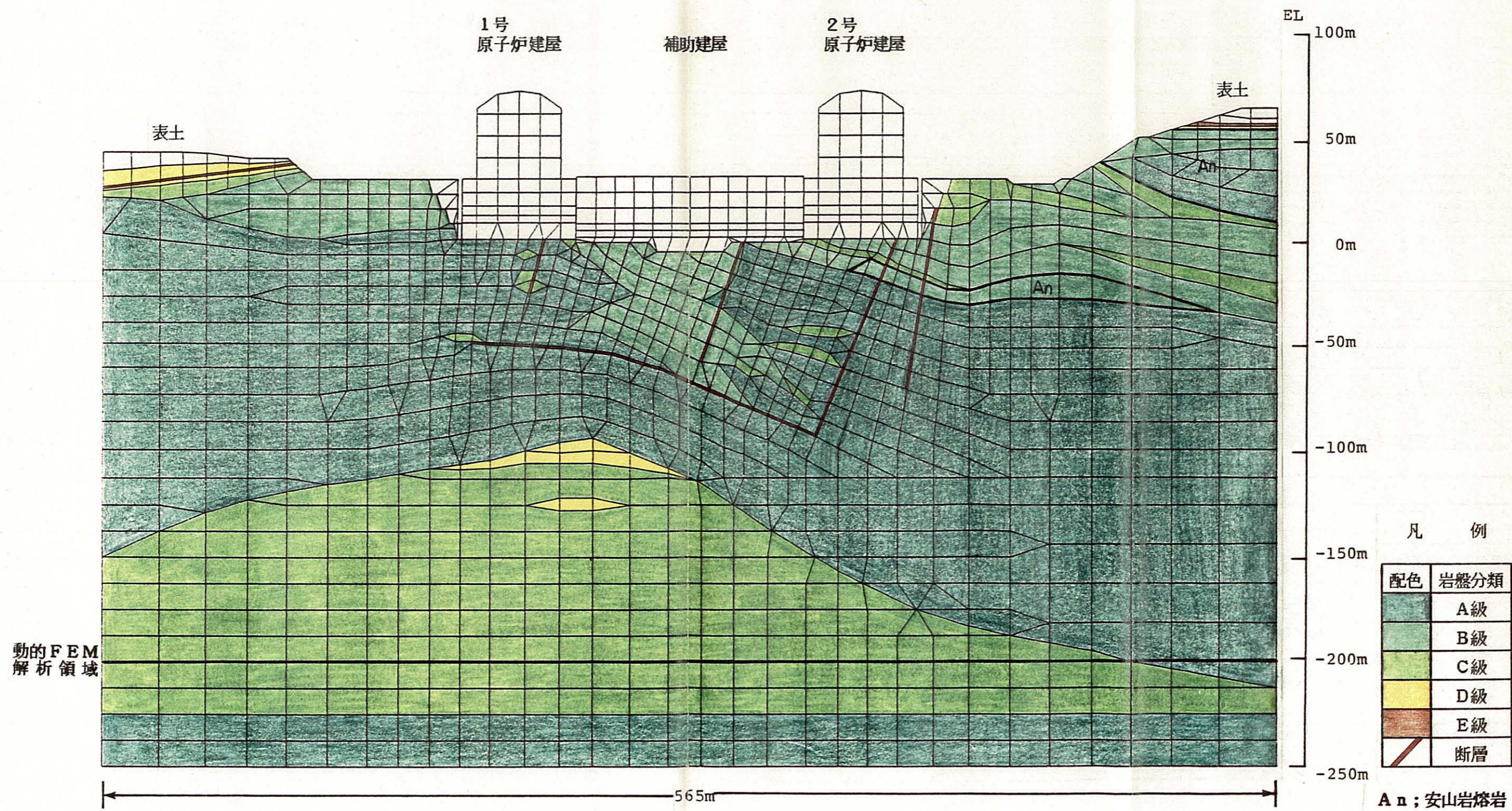
第 5.2 図 動的 FEM 解析用要素分割図

Y₂c-Y₂c' 断面



第 5.3 図 動的 FEM 解析用要素分割図

Ⅹ-Ⅹ' 断面



第 5.4 图 動的 静的 FEM 解析用要素分割图

第5.4表 静的FEM解析による安定検討ケース

解析断面	基本解析	コンテラスト解析	浮力解析	地震力の作用方向		弾性係数	備考
				水平	鉛直		
1号側 ($Y_{1c} - Y_{1c}'$)	○			山→海	上向	$\bar{\alpha}$	
			○	"	"	"	断層に対する地下水の影響
2号側 ($Y_{2c} - Y_{2c}'$)	○			"	"	"	
		○		"	"	$\bar{\alpha} - 0$	安山岩溶岩の影響
		○		"	"	$\bar{\alpha} + 0$	"
1~2号 ($X - X'$)	○			1号→2号	"	$\bar{\alpha}$	
	○			1号←2号	"	"	

5.2.2 検討結果

(1) 基本解析

原子炉建屋に直交する3断面についての局所安全係数一覧を第5.5図に、原子炉建屋付近の局所安全係数を第5.6図～第5.9図に、すべり安全率とすべり面の位置を第5.10図～第5.12図に示す。

これらを要約すると以下のとおりである。

- a) いずれのケースにおいても、原子炉建屋基礎岩盤で局所安全係数が、1.0を下回る要素はみられない。
- b) 断層の局所安全係数は、タービン建屋直下のF-1断層で0.9程度の要素が2箇所みられたほか、いずれも1.0以上の値を示している。なお、F-1断層については、周辺岩盤の局所安全係数が十分大きいことから進行性破壊の生ずる恐れはないと判断した。
- c) 1号側($Y_{1c}-Y_{1c}'$)断面の最小すべり安全率は、F-3断層に沿うすべり面で慣用法により5.7、静的FEM解析により4.5となっている。
- d) 2号側($Y_{2c}-Y_{2c}'$)断面の最小すべり安全率は、原子炉建屋基礎底面に沿うすべり面で慣用法により8.0、静的FEM解析により10.3となっている。
- e) 1～2号($X-X'$)断面の最小すべり安全率は、原

子炉建屋基礎底面に沿うすべり面で慣用法により 6.3、静的FEM解析により 10.9 とはっている。

(2) コントラスト解析—安山岩熔岩の影響—

2号原子炉建屋付近に分布する割れ目の発達状況が部分的に異なるB級の安山岩熔岩の物性値のバラツキの影響を検討するために、 $Y_{2c}-Y_{2c}'$ 断面について強度定数—標準偏差，弾性係数の平均値±標準偏差の値を用いて検討を行っている。

検討結果による局所安全係数を第5.13図～第5.14図に、すべり安全率を第5.11図に示す。

これらを要約すると以下のとおりである。

- a) 安山岩熔岩の局所安全係数は、基本解析よりやや低下するが、ほぼ3.0以上の値を示し、C級の軽石凝灰岩を含めその周辺の岩盤の局所安全係数も基本解析とほとんど変わらない。
- b) 最小すべり安全率は、静的FEM解析により 10.1 とはっており、基本解析とほぼ変わらない。

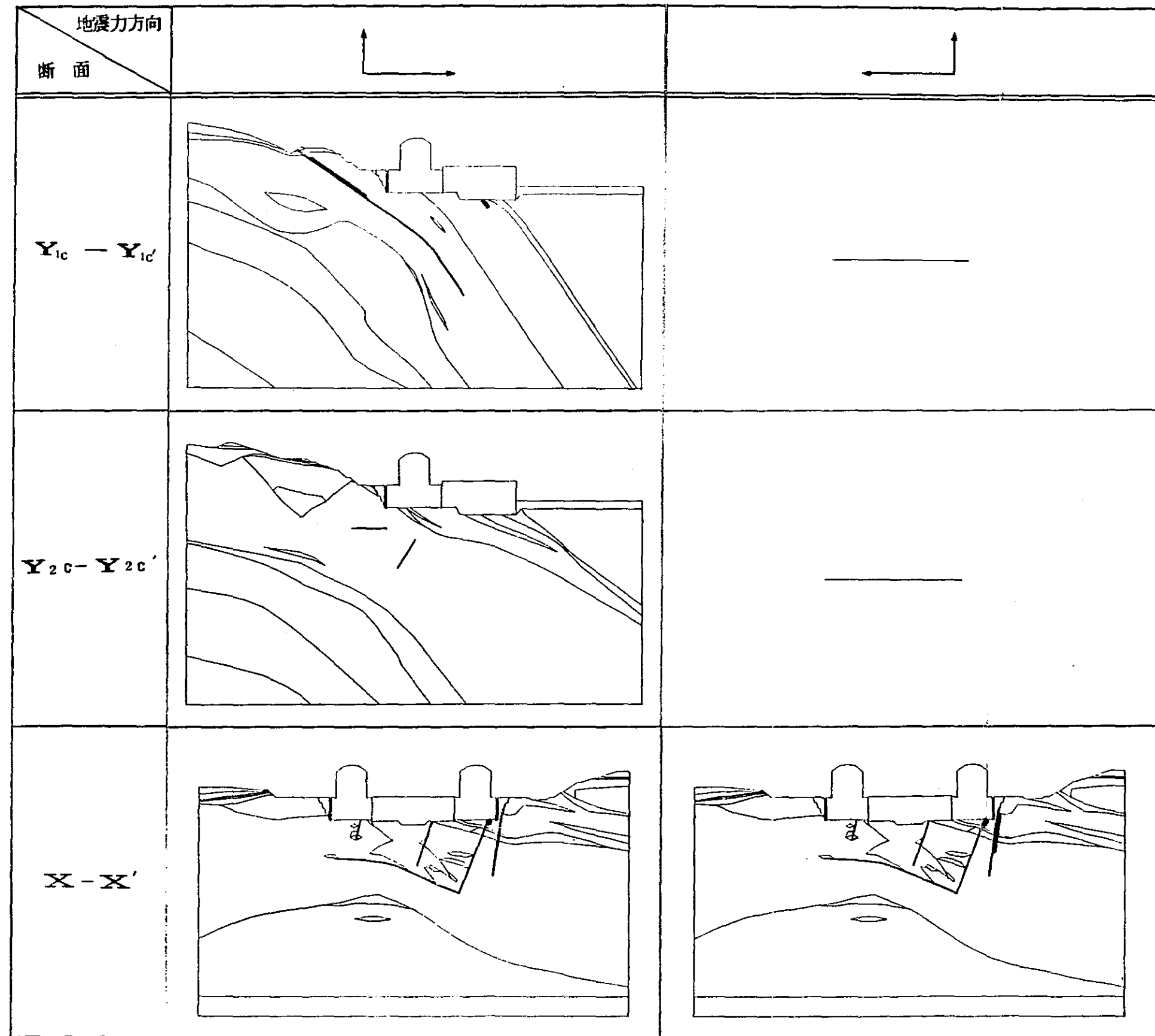
(3) 浮力解析—断層に対する地下水の影響—

1号原子炉建屋付近に分布する断層に対する地下水の影響について検討するために、現状地下水以下の断層を含む岩盤に浮力が作用するとして検討を $Y_{1c}-Y_{1c}'$ 断面について行っている。

検討結果による原子炉建屋付近の局所安全係数を第5.15図に、F-3断層の局所安全係数を第5.16図に、すべり安全率を第5.10図に示す。

これらを要約すると以下のとおりである。

- a) 断層及び原子炉建屋基礎岩盤の局所安全係数は、基本解析よりやや低下する傾向にあるが、基本解析と同様、F-1断層で局所的に1.0を下回っているほか、F-3断層を含めいずれも1.0を上回っている。
- b) 最小すべり安全率は、F-3断層に沿うすべり面で静的FEM解析により4.5と算出されており基本解析と変わらない。



凡例



$f_s < 1.0$



$1.0 \leq f_s < 1.5$

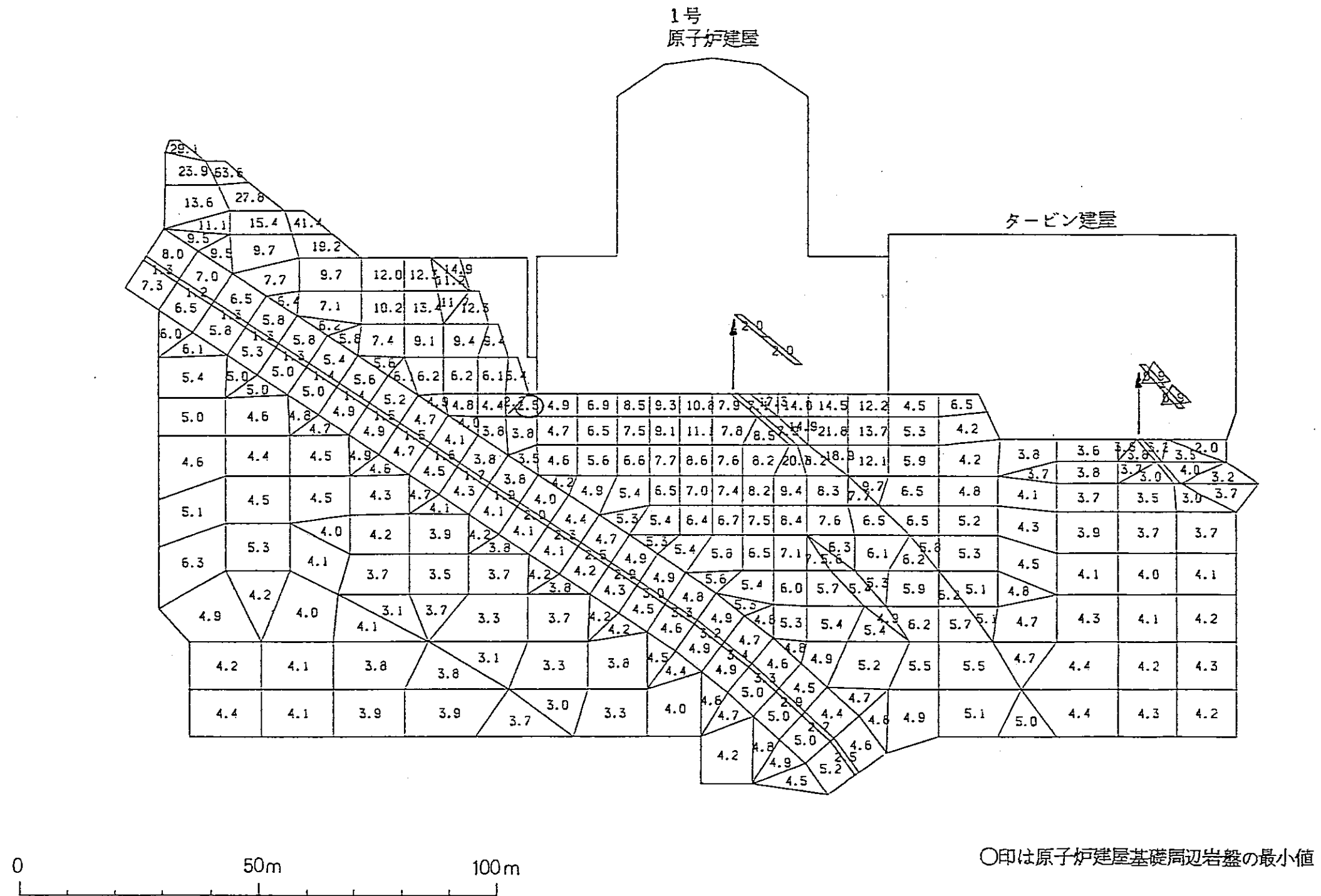
第 5.5 图 地震時局所安全係数分布一覽

(基本解析)

静的線形解析

(基本解析)

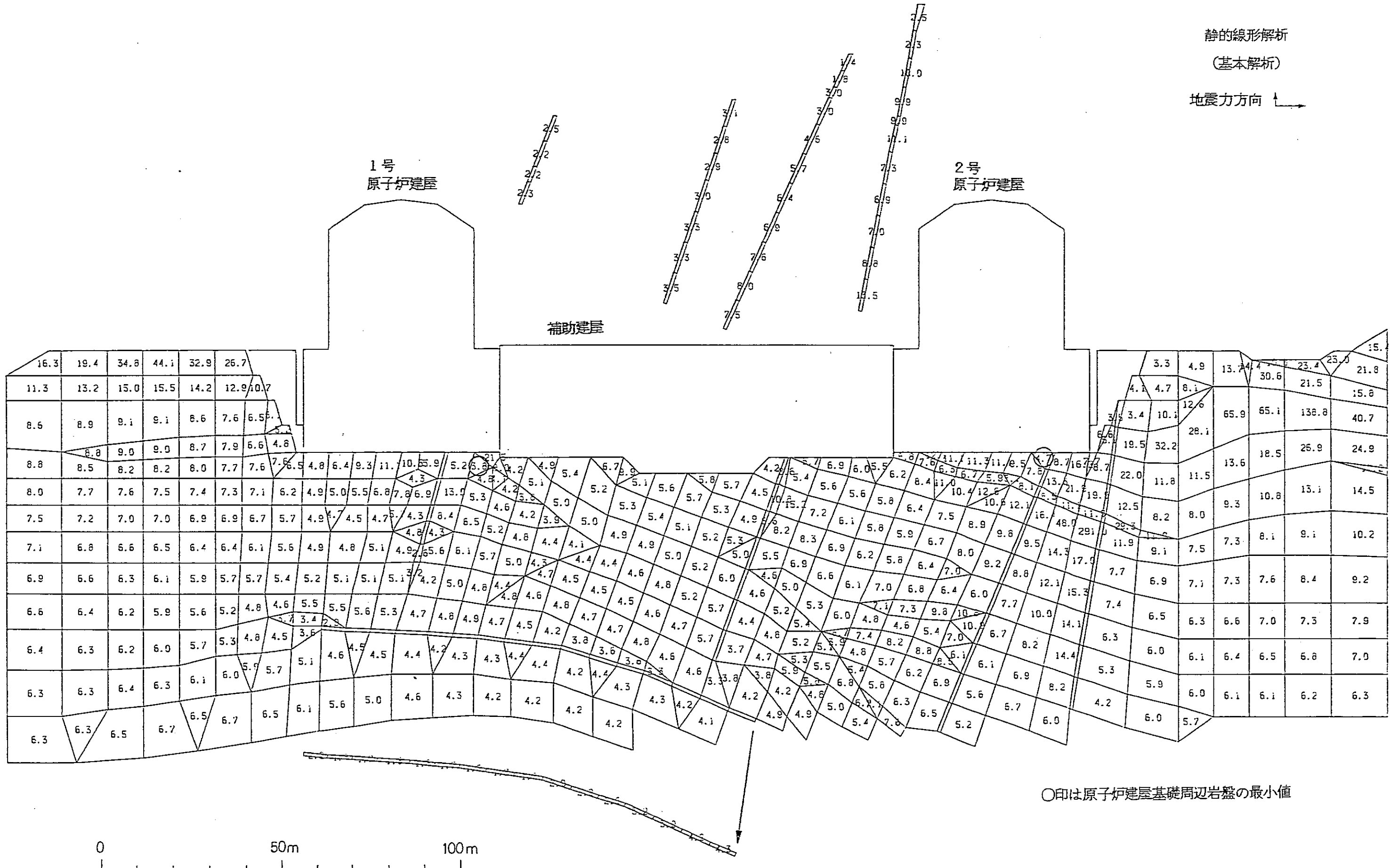
地震力方向 \rightarrow



第 5.6 図 地震時局所安全係数図 (主要部分)

静的線形解析
(基本解析)

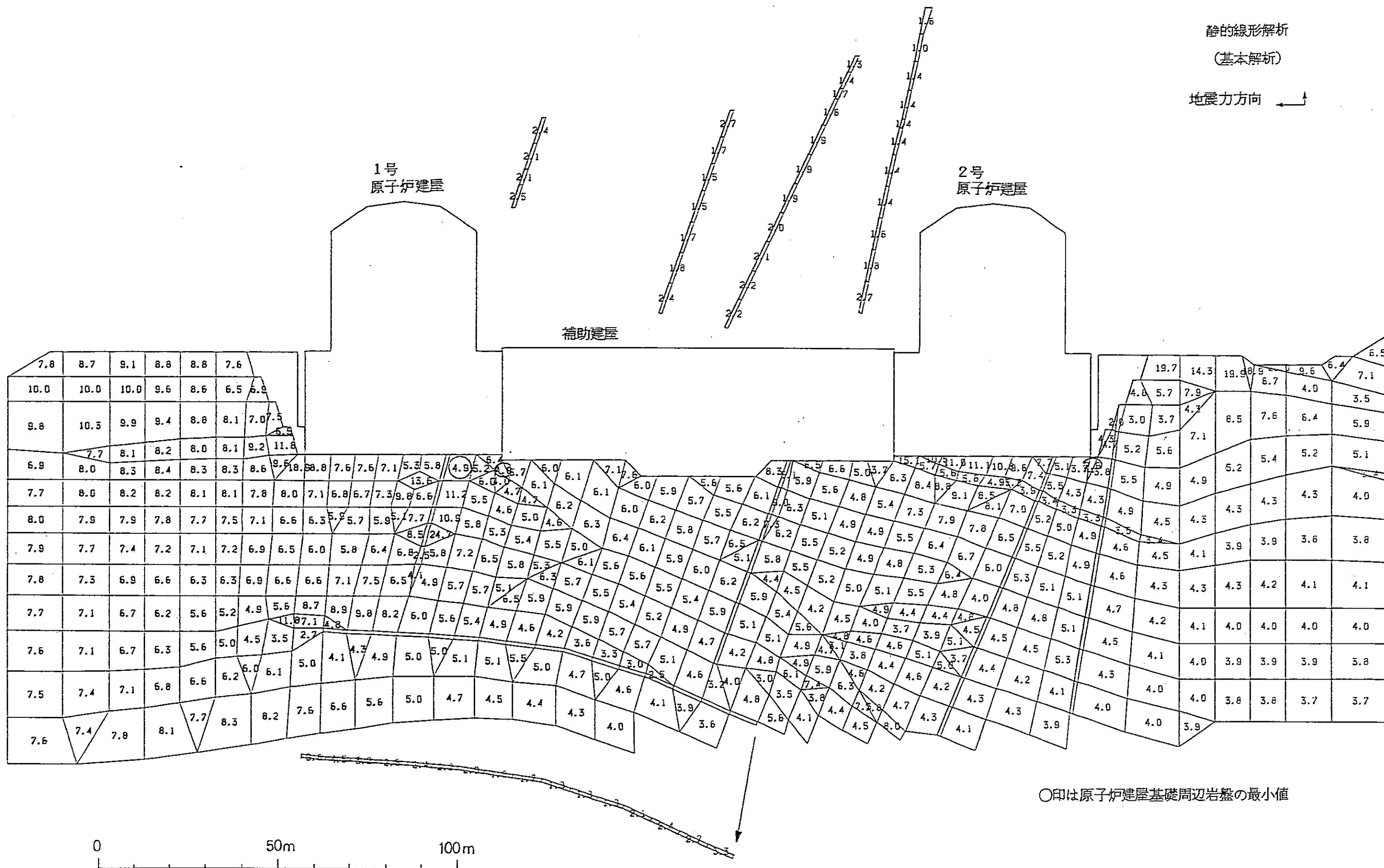
地震力方向 ↑



第 5.8 図 地震時局所安全係数図 (主要部分)



静的線形解析
(基本解析)

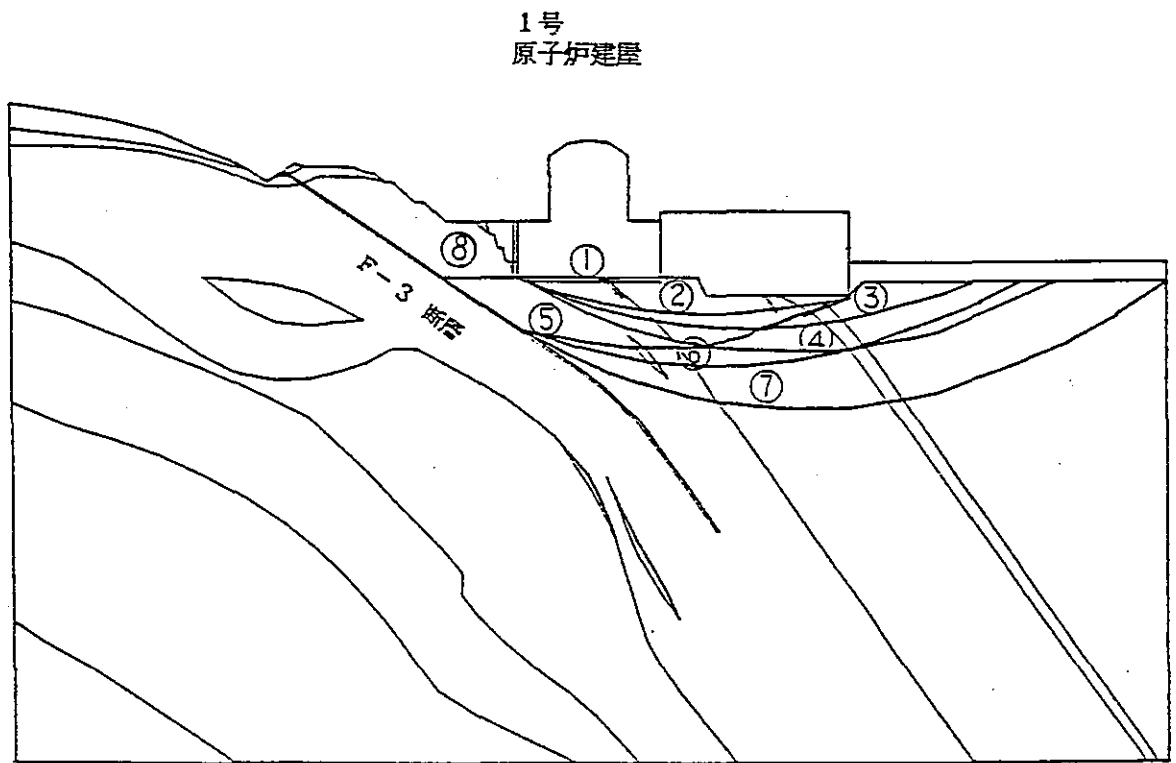
地震力方向 ← ↑



第 5.9 図 地震時局所安全係数図 (主要部分)

すべり面	慣用法	静的2次元FEM解析	
		基本解析	浮力解析
①	9.3	14.1	13.9
②	9.5	12.3	12.1
③	10.8	9.6	8.6
④	10.7	13.1	11.9
⑤	6.4	6.4	5.9
⑥	6.6	7.6	6.7
⑦	7.0	8.5	7.2
⑧	5.7	4.5	4.5

①～④は基礎岩盤
 ⑤～⑧はF-3断面を含むすべり安全率   : 最小値



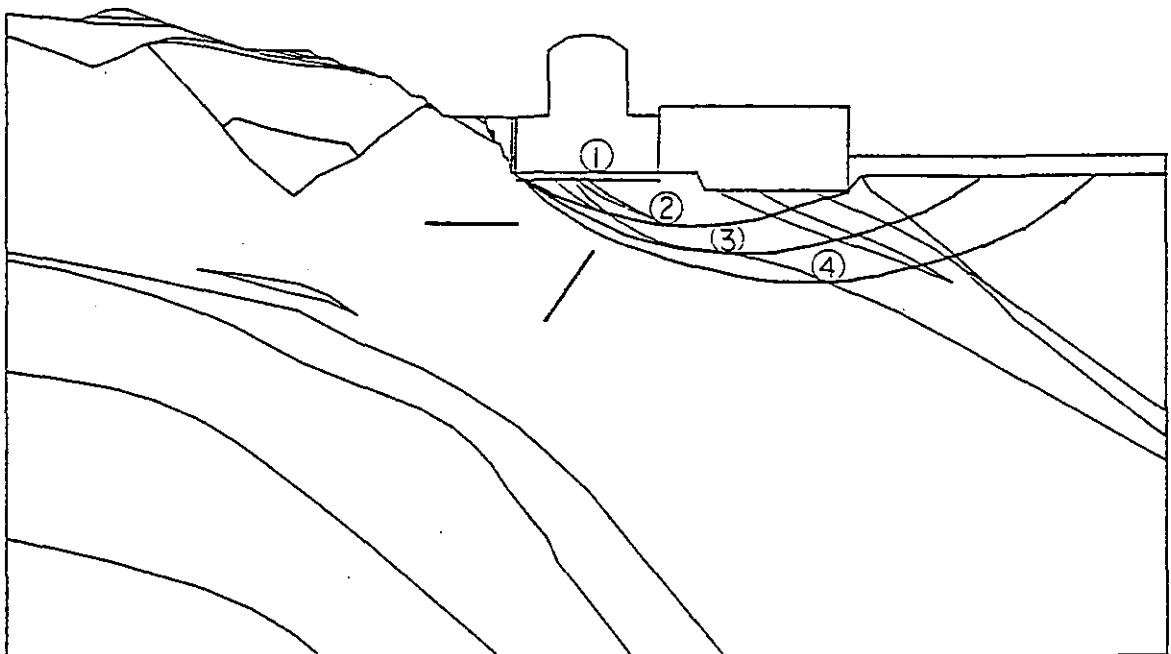
第5.10図 $Y_{1c} - Y_{1c}'$ 断面すべり安全率

すべり面	償用法	静的2次元FEM解析		
		基本解析	コントラスト解析 $\bar{x}-\sigma$	コントラスト解析 $\bar{x}+\sigma$
①	8.0	10.1	10.3	10.1
②	8.5	11.1	11.0	11.0
③	9.8	12.5	12.5	12.4
④	10.5	13.7	13.7	13.6

■ : 最小値

地震力方向 \uparrow

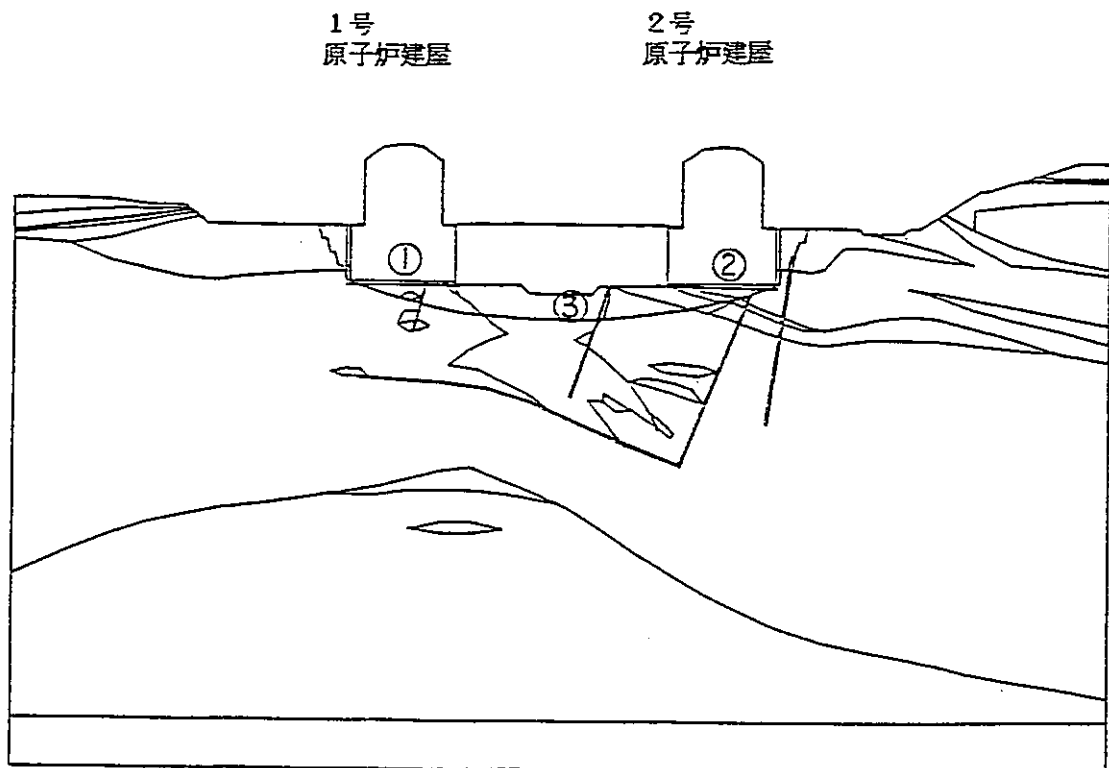
2号
原子炉建屋



第5.11図 $Y_{2c} - Y_{2c}'$ 断面すべり安全率

地震力 方向	↗		↖	
	慣用法	静的FEM 基本解析	慣用法	静的FEM 基本解析
①	9.0	11.8	9.1	11.2
②	6.9	17.8	6.3	11.5
③	10.6	11.1	10.7	10.9

■ : 最小値

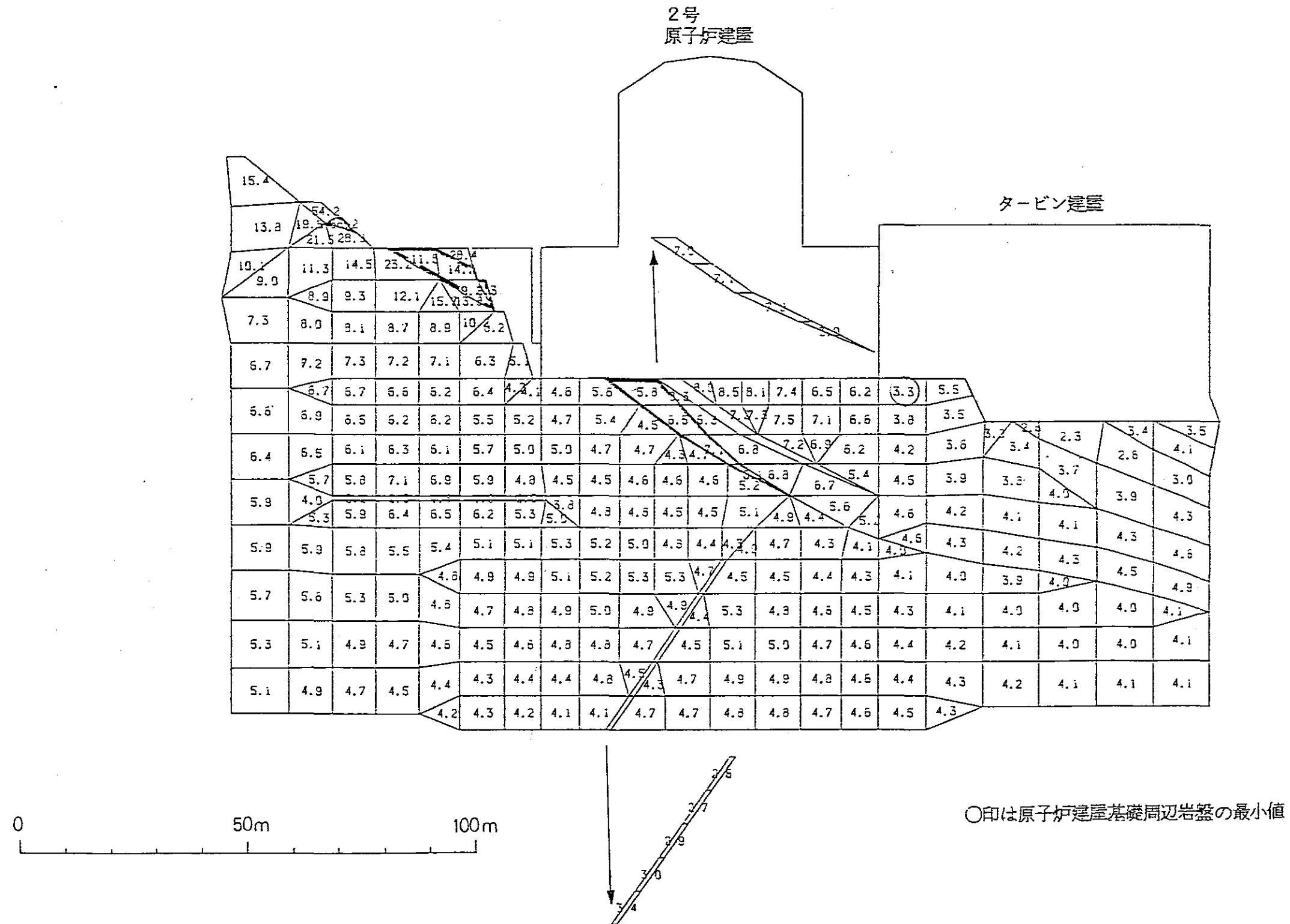


第5.12図 X-X' 断面すべり安全率

静的線形解析

(コントラスト解析 $\bar{\alpha}-\sigma$)

地震力方向 ↑



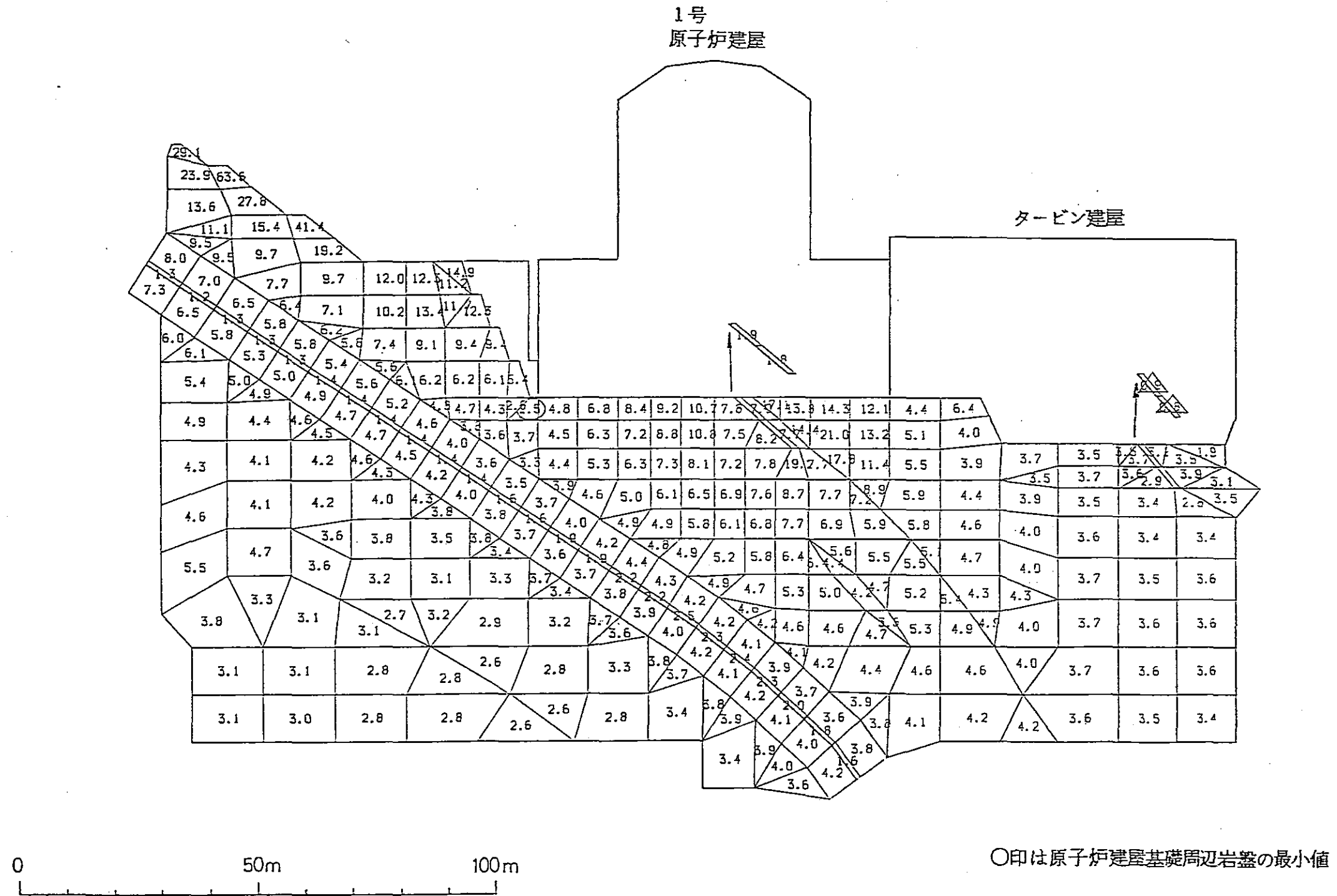
第5.13図 地震時局所安全係数図 (主要部分)

Y_{1c} - Y_{1c}' 断面

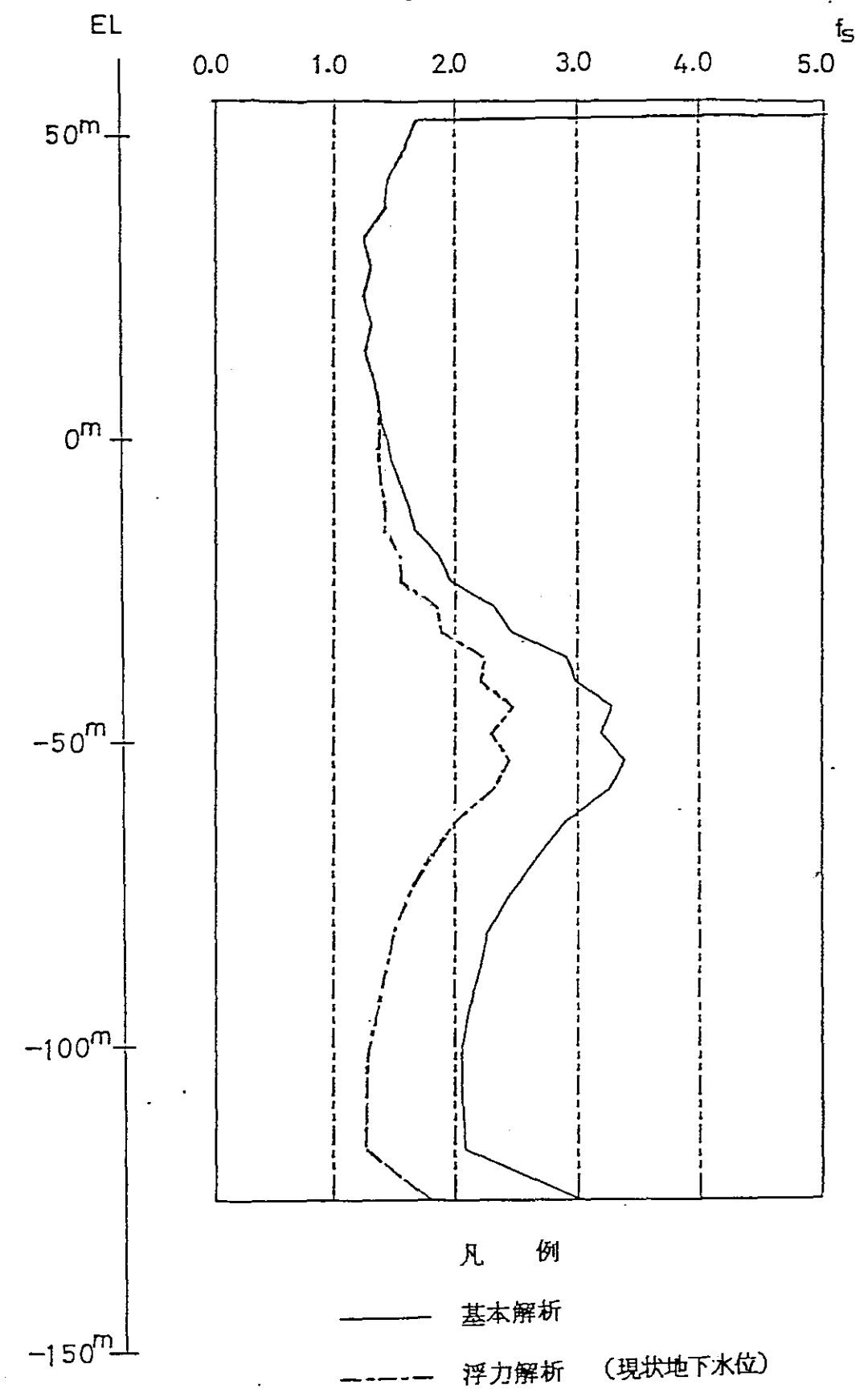
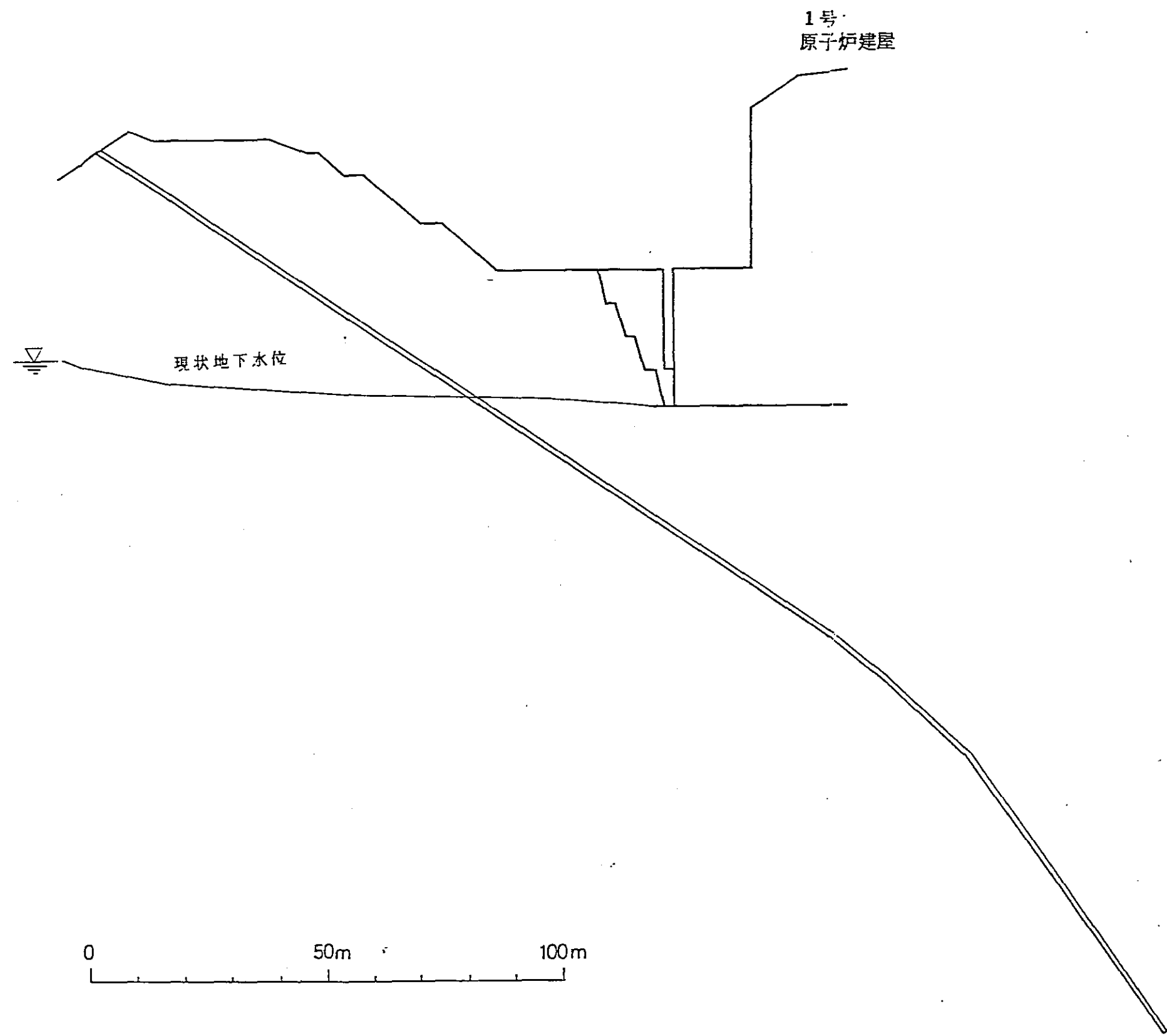
静的線形解析

(浮力解析 (現状地下水位))

地震力方向 ↗



第 5.15 図 地震時局所安全係数図 (主要部分)



第 5.16 図 F-3 断層の地震時局所安全係数分布

5.3 動的二次元FEM解析による検討

5.3.1 検討内容

(1) 解析方法

解析方法は、基準地震動 S_2 に対して動的FEM解析（複素応答法）により求めた発生応力と初期地圧、建屋自重、鉛直地震力の各状態について静的FEM解析により求めた発生応力を重ね合せて地震時応力としている。

(2) 解析モデル

解析モデルは、原子炉建屋の中央を通るス断面（ $Y_{1c}-Y_{1c}$ 、 $Y_{2c}-Y_{2c}$ ）であり、幅は400m、深さEL-200mとしている。

境界条件は、下方を粘性境界、側方をエネルギー伝達境界としている。

地盤の要素分割は、静的解析と同じものとし、地盤の振動特性として15Hzまで通過できるものとしている。

建屋の要素分割は、各建屋について設定される夕質点系モデルからFEMモデルに変換することにより作成している。

解析用要素分割図を第5.2図、第5.3図に示す。

(3) 地震力

地震力は、第4.1表に示すとおり、基準地震動 S_2 （

S_{k2} , S_N) 2波を用いている。

解析モデル底面 (EL - 200 m) での入力地震動は、第5.17図に示すとおり基準地震動の定義された原子炉建屋基礎底面 (EL 2.3 m) からFEMモデルで逆応答を行うことにより作成している。

なお、鉛直地震力は、建屋に0.24、地盤に0.1を上向きに与えている。

(4) 検討ケース

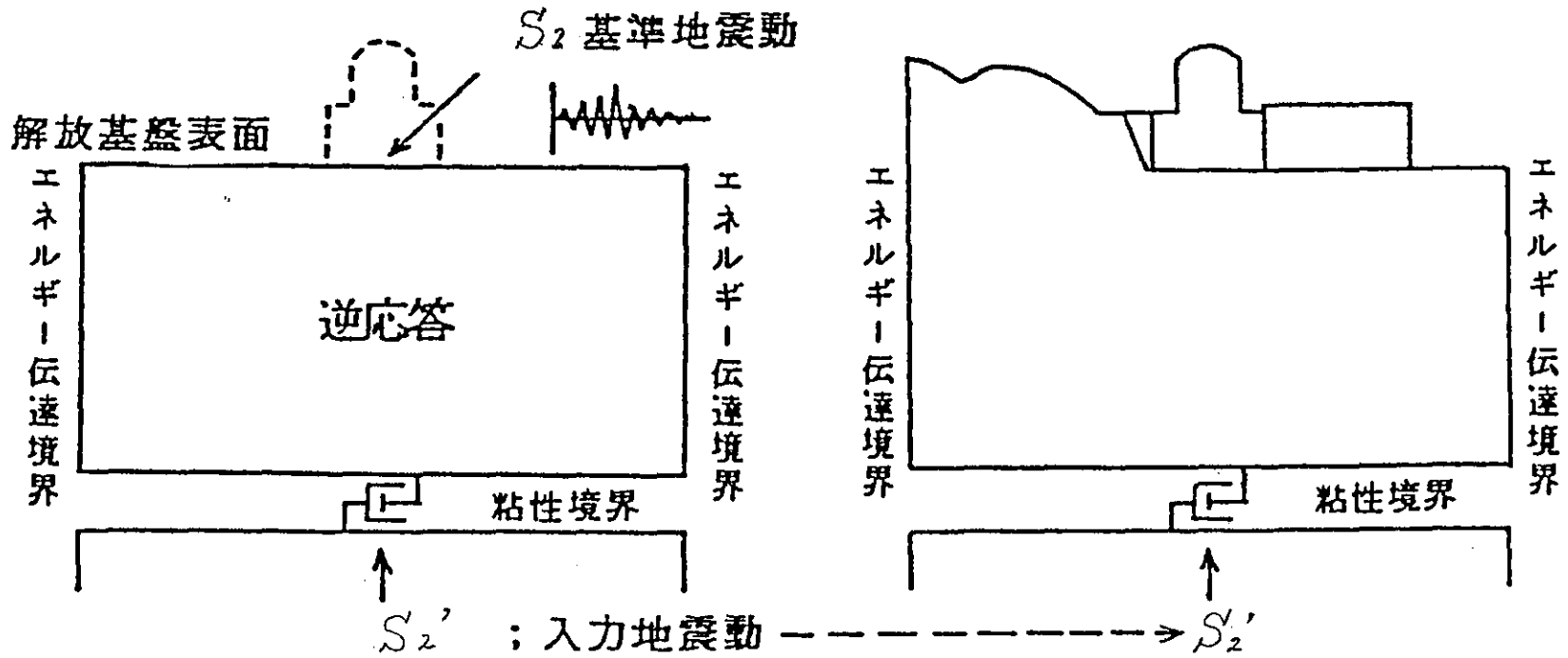
静的解析において最も厳しい1号側 ($Y_{1c} - Y_{1c}'$) 断面について動弾性係数 E_d を用い、基準地震動 S_2 (S_{k2} , S_N) 2波による検討を行っている。また、地震時の地盤の剛性低下を考慮して $0.8 E_d$ を用い、基準地震動 S_{k2} による検討を行っている。

さらに、2号側 ($Y_{2c} - Y_{2c}'$) 断面について動弾性係数 E_d を用い基準地震動 S_{k2} による検討を行っている。

検討ケースを第5.5表に示す。

入力地震動の作成

動的FEM解析



第 5.17 図 入力地震動の作成概念図

第 5.5 表 動的FEMによる安定解析ケース

断 面	入力地震動	鉛直地震力	動 弾 性 係 数	
			岩 盤	
			Ed	0.8 Ed
1 号 側 Y _{1c} - Y _{1c'}	S _{k2}	上向き	○	
	S _N	"	○	
	S _{k2}	"		○
2 号 側 Y _{2c} - Y _{2c'}	S _{k2}	"	○	

Ed : 第3.8表に示した物性値

5.3.2 検討結果

(1) 地盤の最大加速度

基準地震動 S_2 による動的二次元FEM解析の結果得られた最大加速度分布を第5.18図～第5.20図に示す。

最大加速度について要約すると以下のとおりである。

- a) S_2 2波(S_{R2} , S_N), 剛性差(E_d , $0.8E_d$), 地質断面の相違(1号, 2号)に対する検討のいずれによっても最大加速度分布には、ほとんど差はみられない。
- b) 各ケースともA, B級岩盤を主体とする火砕岩層でやや低減し、表層付近でやや増大する傾向にある。

(2) 地盤の最大せん断応力

基準地震動 S_2 による動的二次元FEM解析の結果得られた最大せん断応力分布を第5.21図～第5.23図に示す。

最大せん断応力について要約すると以下のとおりである。

- a) 各ケースとも岩盤内の大きな変化はみられないが、地層境界付近で変化がみられ、原子炉建屋基礎底面付近で低減する傾向がみられる。
- b) S_{R2} と S_N の比較では、全体に S_{R2} の方が大きい。表層付近では、 S_N がやや大きい傾向にある。
- c) E_d と $0.8E_d$ の比較では、 E_d の方がやや大きい。

傾向にある。

d) 1号側と2号側の断面による相違は、あまりみられない。

(3) 局所安全係数

基準地震動 S_2 による最小局所安全係数分布一覧を第5.24図に、原子炉建屋付近の最小局所安全係数を第5.25図～第5.28図に、F-3断層の最小局所安全係数を第5.29～第30図に示す。

a) いずれのケースにおいても原子炉建屋基礎岩盤で局所安全係数が1.0を下回る要素はみられない。

b) 1号側のF-1断層, F-3断層で極く局所的に1.0を下回る要素がある。

c) F-3断層では、基準地震動 S_N の方が S_{R2} より、やや小さく、 E_d の方が $0.8E_d$ よりやや小さな値を示している。なお、局所安全係数が1.0を下回る要素は S_N , E_d の条件で1つみられるが、第5.31図のとおり瞬時的なものである。

(4) すべり安全率

基準地震動 S_2 による各検討ケースのすべり線の位置及びすべり安全率を第5.32図～第5.33図に示す。

すべり安全率について要約すると以下のとおりである。

a) 1号側($Y_{1c} - Y_{1c}$)断面の最小すべり安全率は、 S_N

による場合で基礎底面に沿うすべり面で 11.3、F-3 断層に沿うすべり面で 4.3 を示している。

b) 2号側 (Y_{2c}-Y_{2c'}) 断面の最小すべり安全率は、S_{A2} による場合で基礎底面に沿うすべり面で 12.3 を示している。

(5) 原子炉建屋の沈下

基準地震動 S₂ による原子炉建屋の沈下に対する検討結果を静的解析の結果と併せて第 5.6 表に示す。

これによると、原子炉建屋設置地盤は、安全上支障のある沈下を生ずることはないと考えられる。

Y 1c-Y 1c' 断面

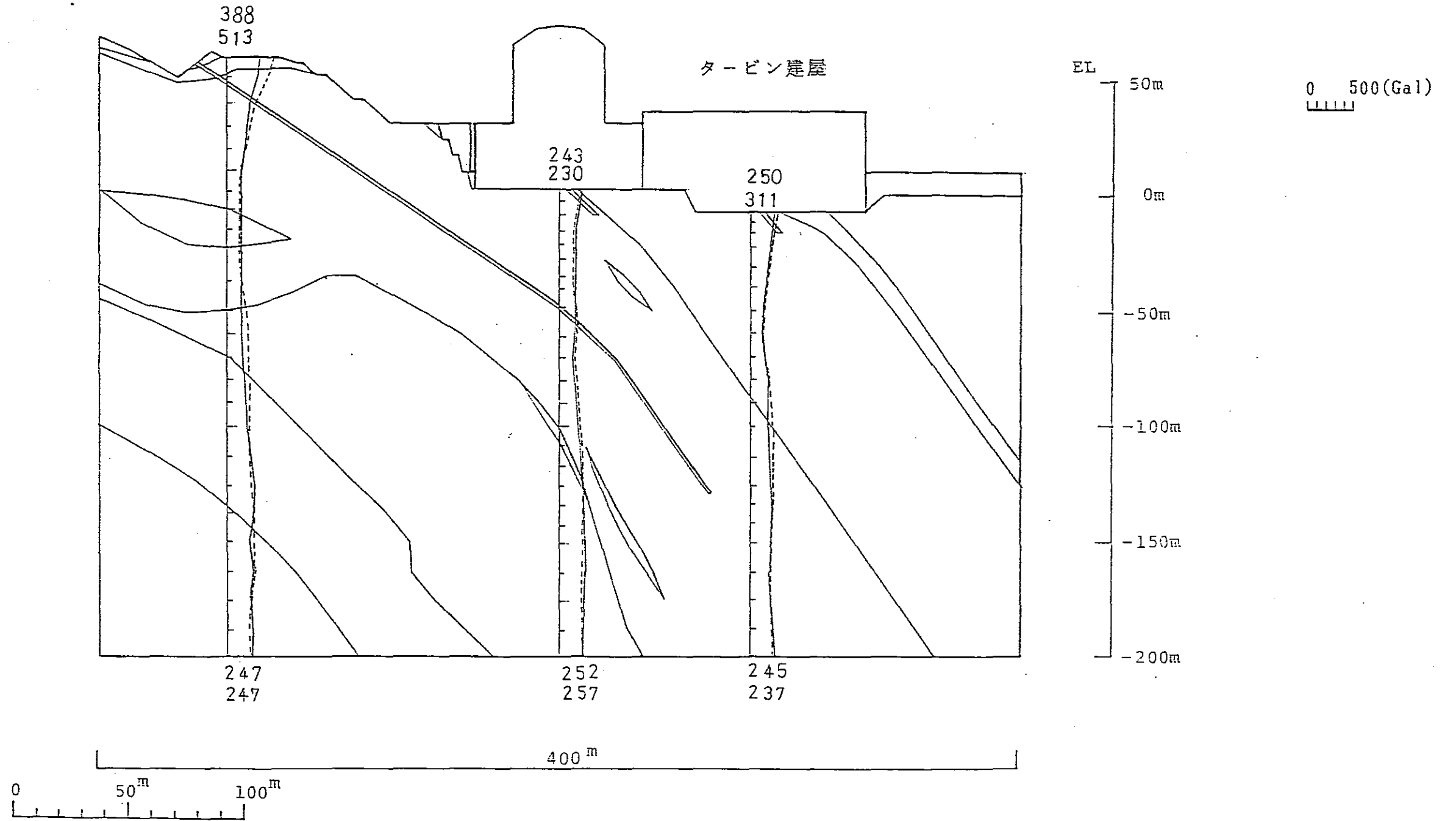
動弾性係数 E_d

凡例

- 基準地震動 S k2 (上段)
- 基準地震動 S N (下段)

1号
原子炉建屋

タービン建屋



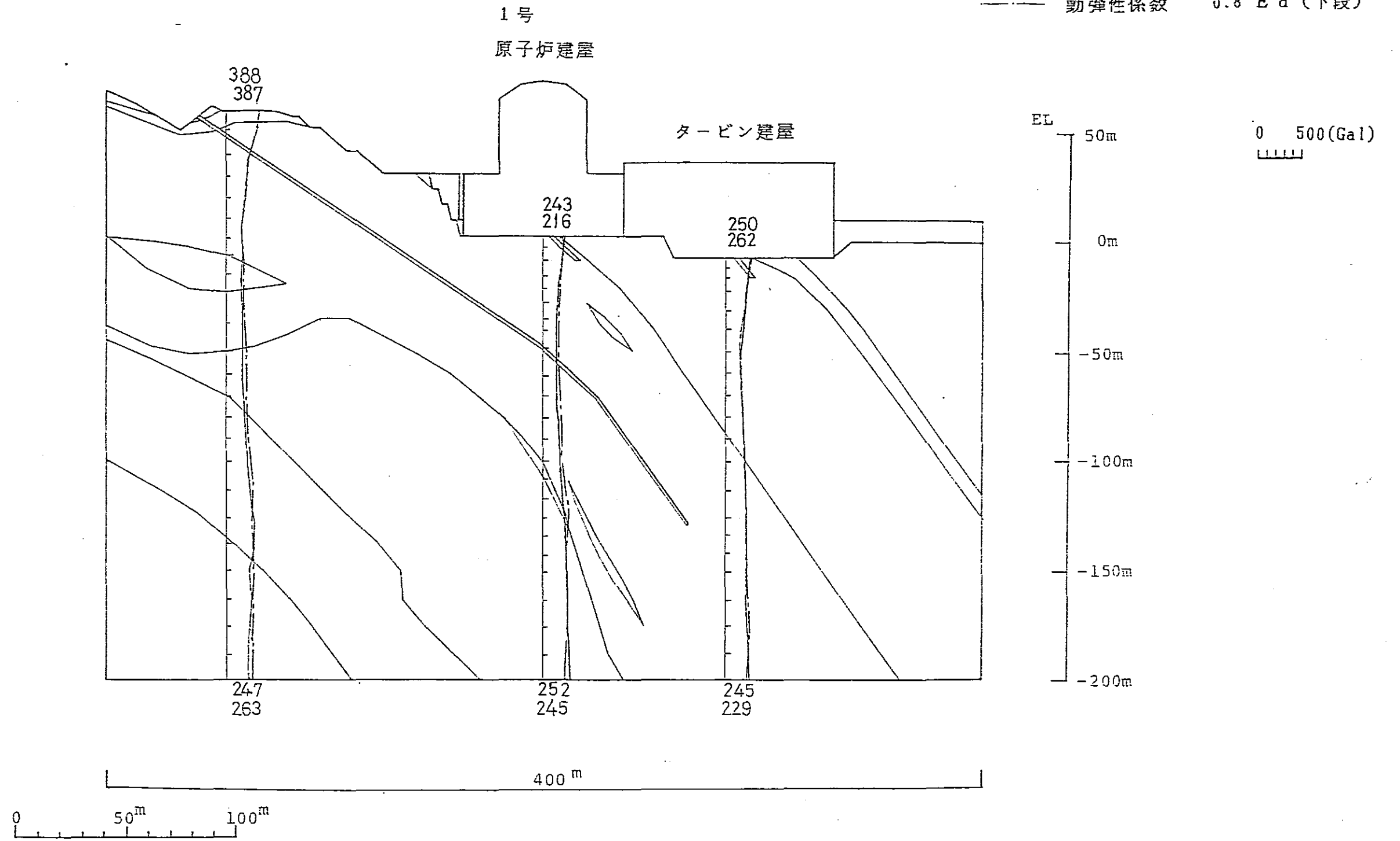
第 5.18 図 水平方向最大加速度分布図

Y 1c - Y 1c' 断面

基準地震動 S k 2

凡例

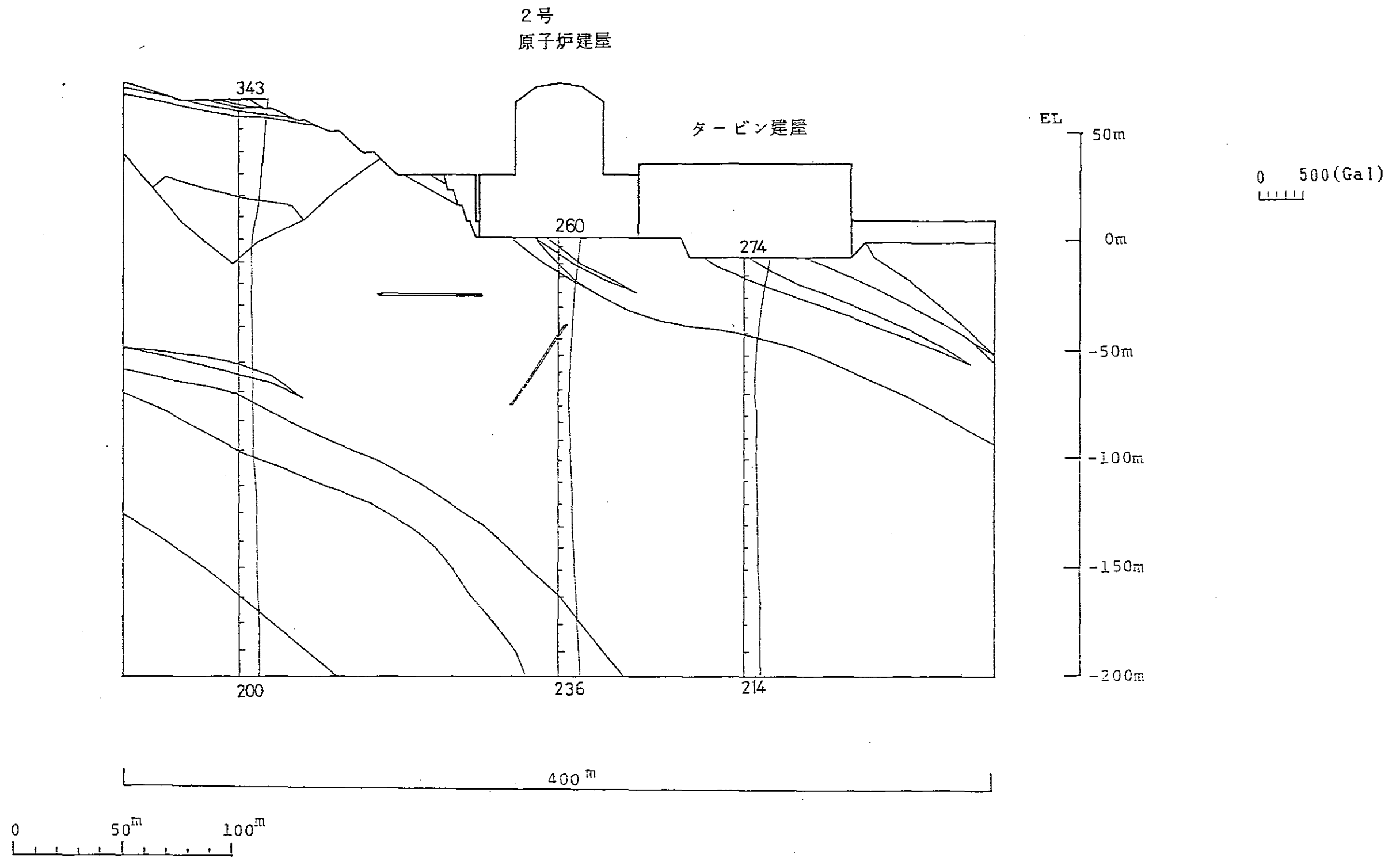
- 動弾性係数 E_d (上段)
- 動弾性係数 $0.8 E_d$ (下段)



第 5.19 図 水平方向最大加速度分布図

Y 2c - Y 2c' 断面

基準地震動 S k 2
 動弾性係数 E d



第 5.20 図 水平方向最大加速度分布図

Y 1c - Y 1c' 断面

動弾性係数 E_d

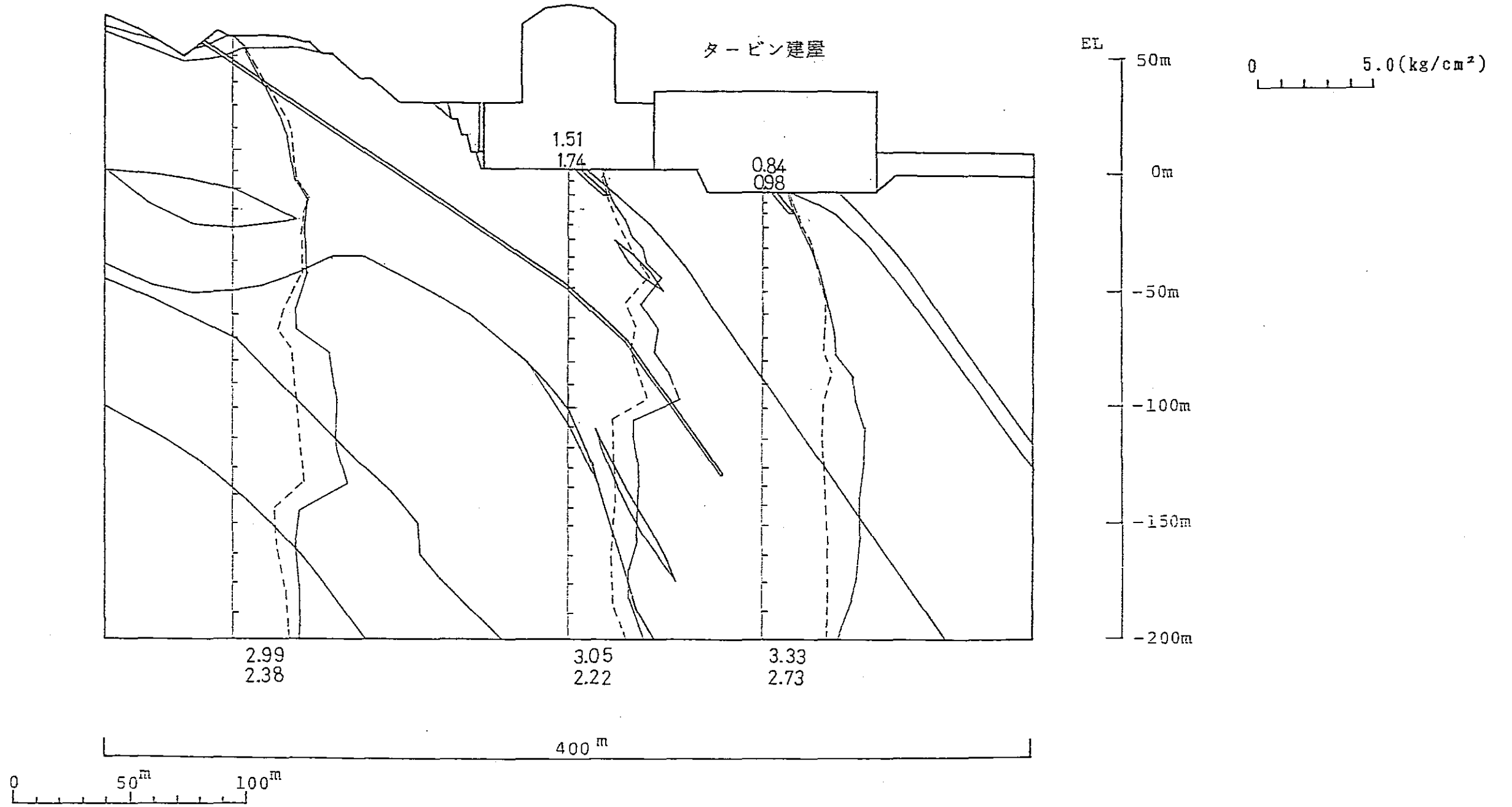
凡例

—— 基準地震動 S k 2 (上段)

----- 基準地震動 S N (下段)

1号
原子炉建屋

タービン建屋



第5.21図 最大せん断応力 (τ_{xy}) 分布図

Y 1c-Y 1c' 断面

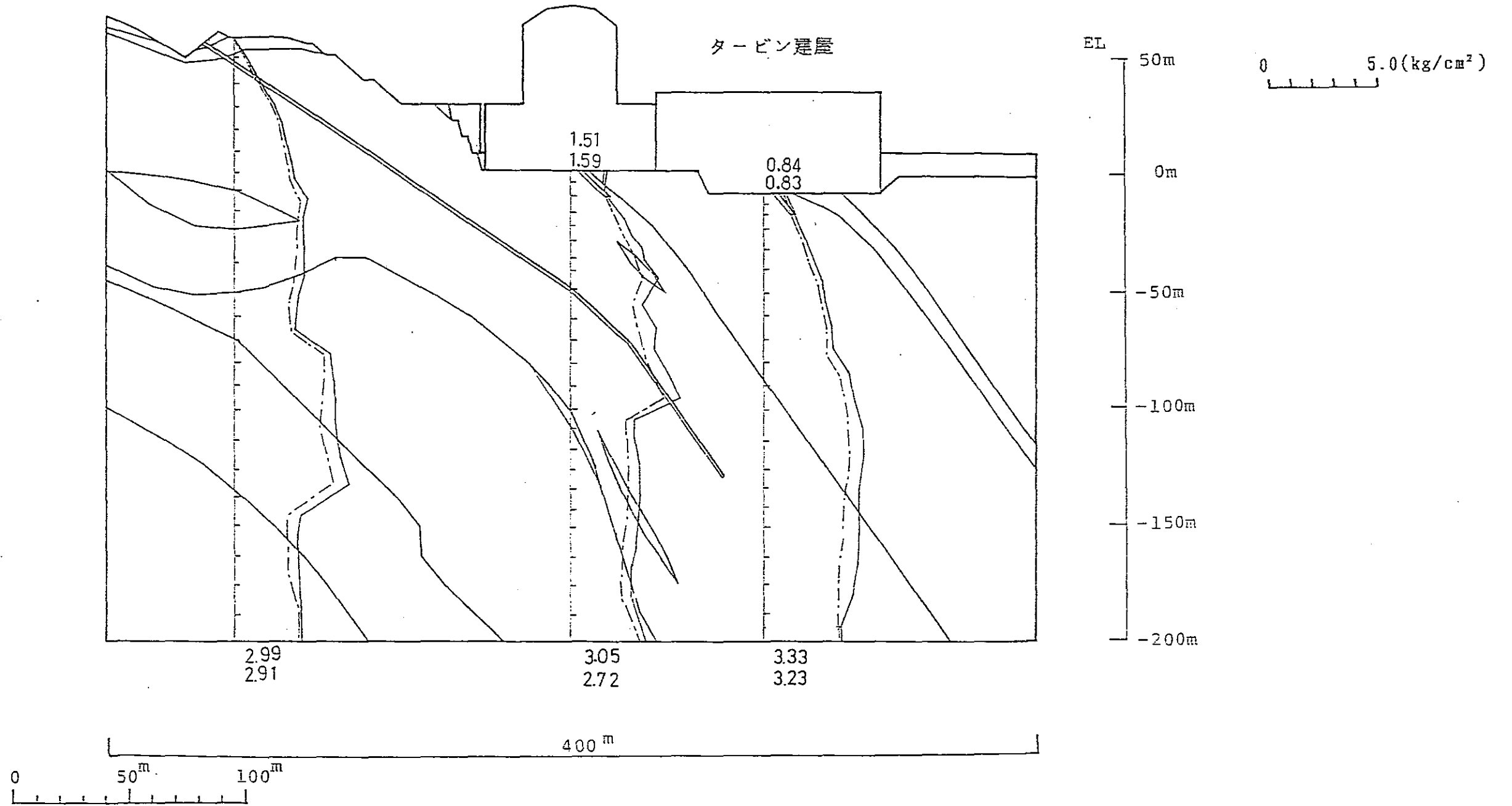
基準地震動 S k 2

凡例

- 動弾性係数 E_d (上段)
- 動弾性係数 $0.8 E_d$ (下段)

1号
原子炉建屋

タービン建屋



第 5.22 図 最大せん断応力 (τ_{xy}) 分布図

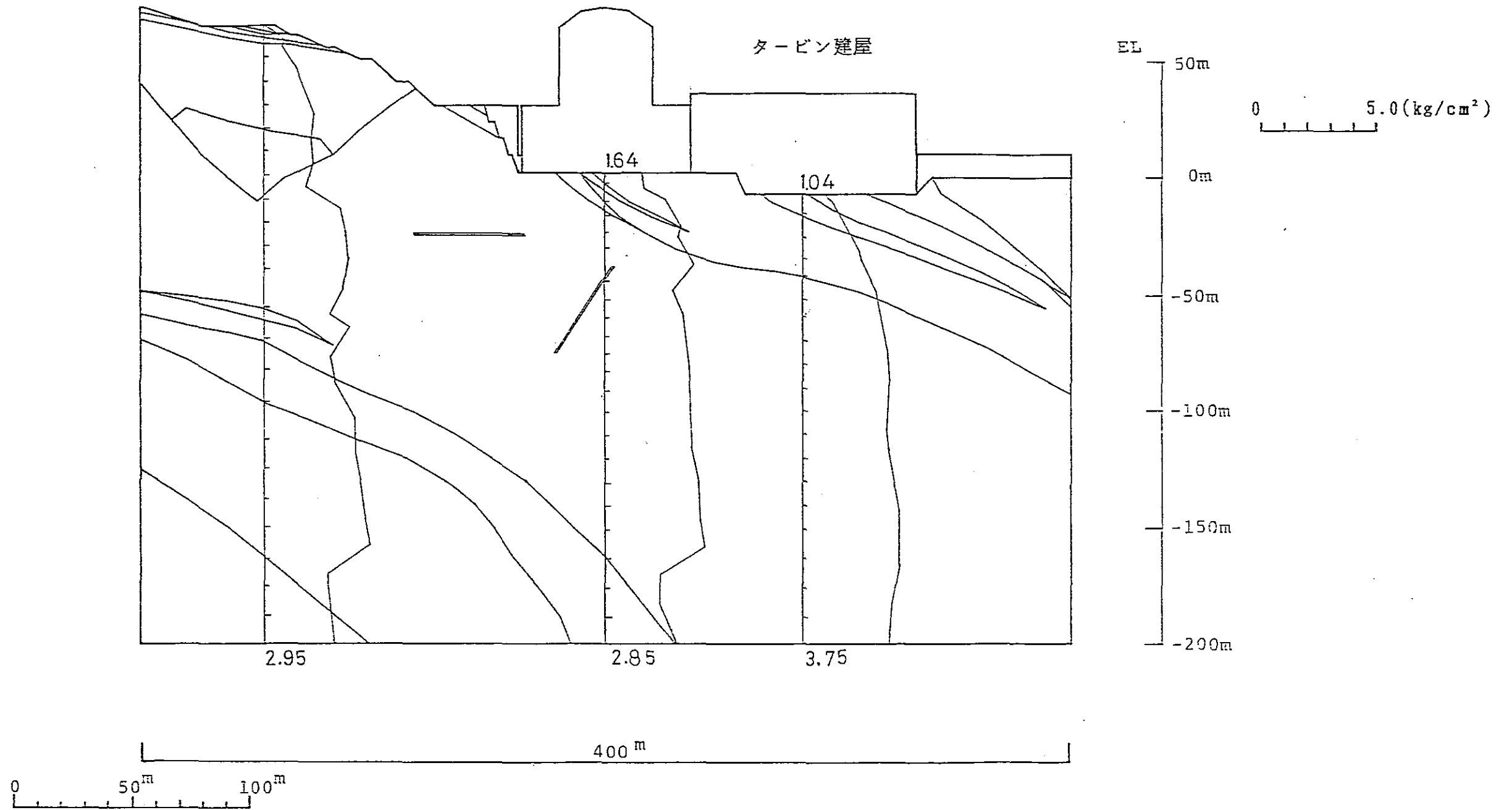
Y 2c - Y 2c' 断面

基準地震動 S k 2

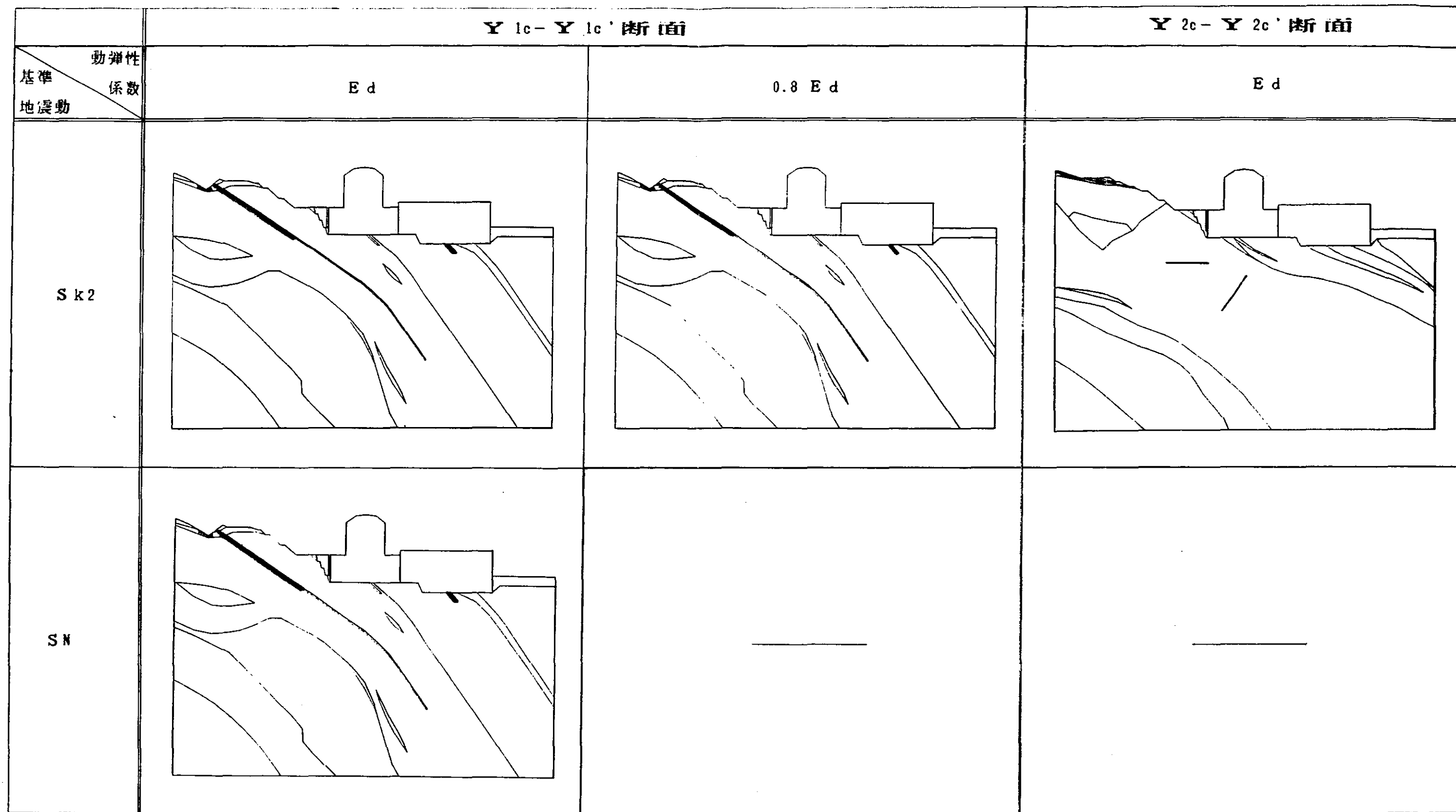
動弾性係数 E d

2号
原子炉建屋


タービン建屋




第 5.23 図 最大せん断応力 (τ_{xy}) 分布図



凡 例

 $f_s < 1.0$

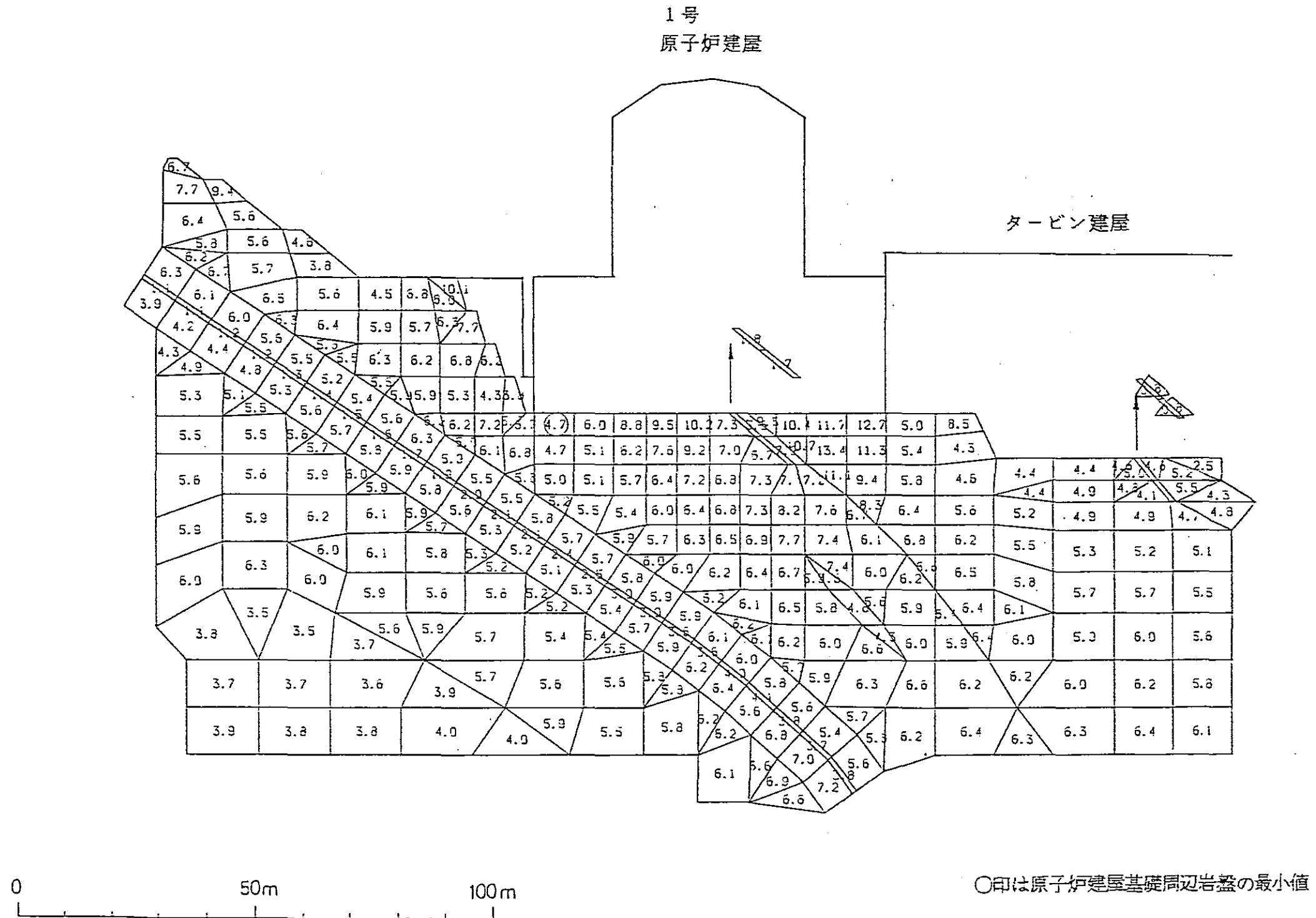
 $1.0 \leq f_s < 1.5$

第 5.24 图 動的解析 地震時最小局所安全係數分布一覽

動的解析

動弾性係数 E d

基準地震動 S k2

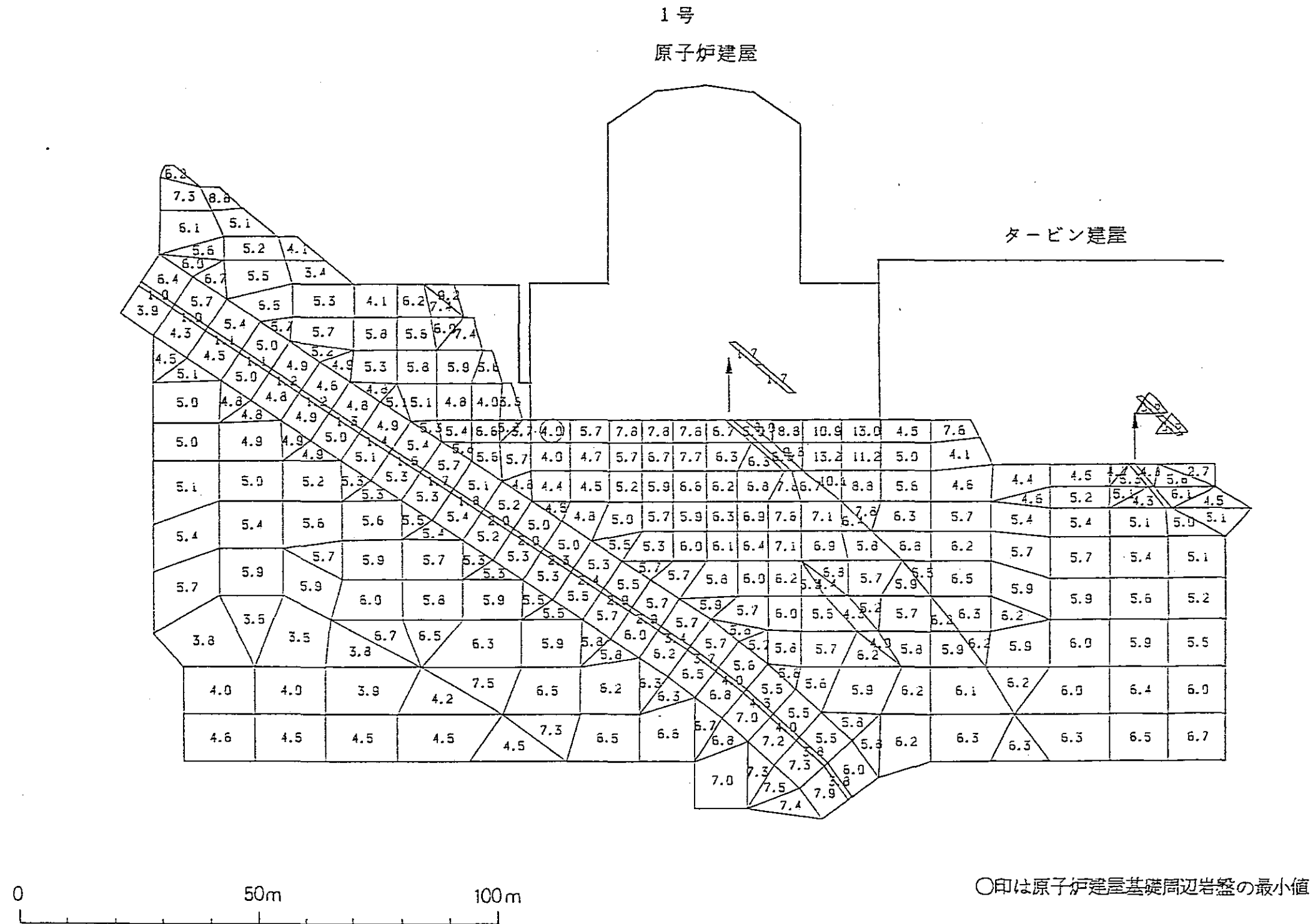


第 5.25 図 動的解析 地震時最小局所安全係数図 (主要部分)

動的解析

動弾性係数 E d

基準地震動 S N



第 5.26 図 動的解析 地震時最小局所安全係数図 (主要部分)

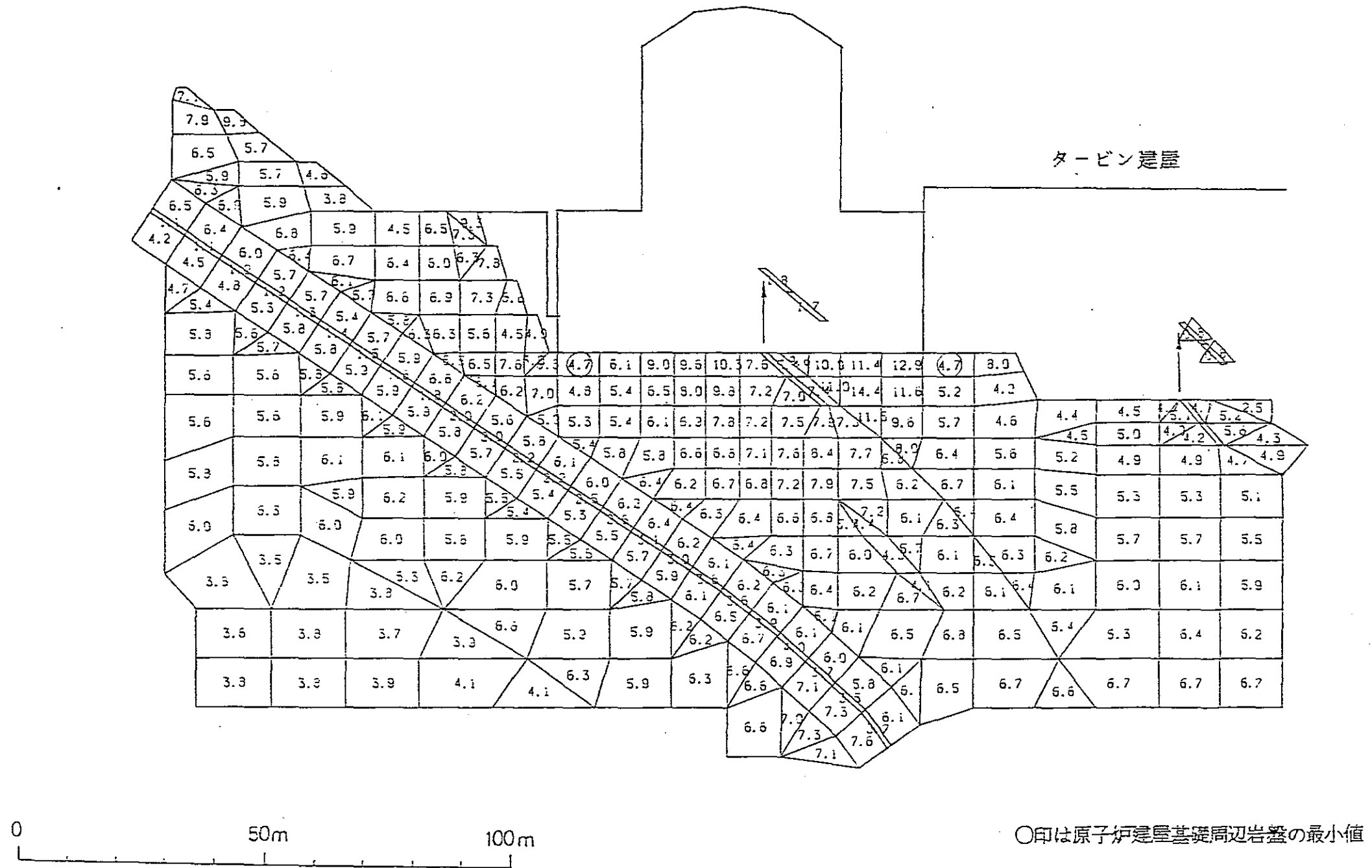
動的解析

動弾性係数 0.8 E d

基準地震動 S k 2

1号
原子炉建屋

タービン建屋

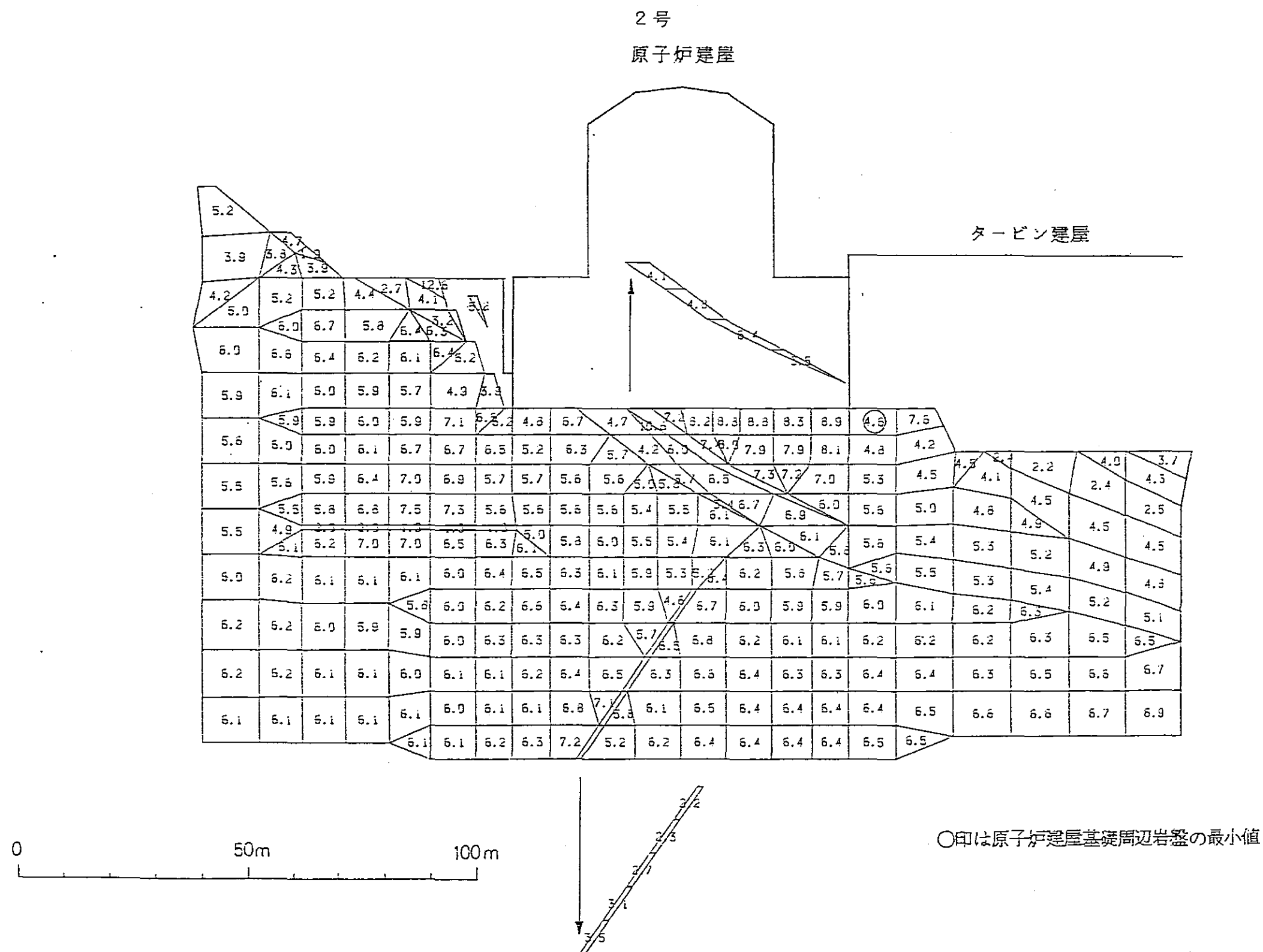


第5.27 図 動的解析 地震時最小局所安全係数図 (主要部分)

動的解析

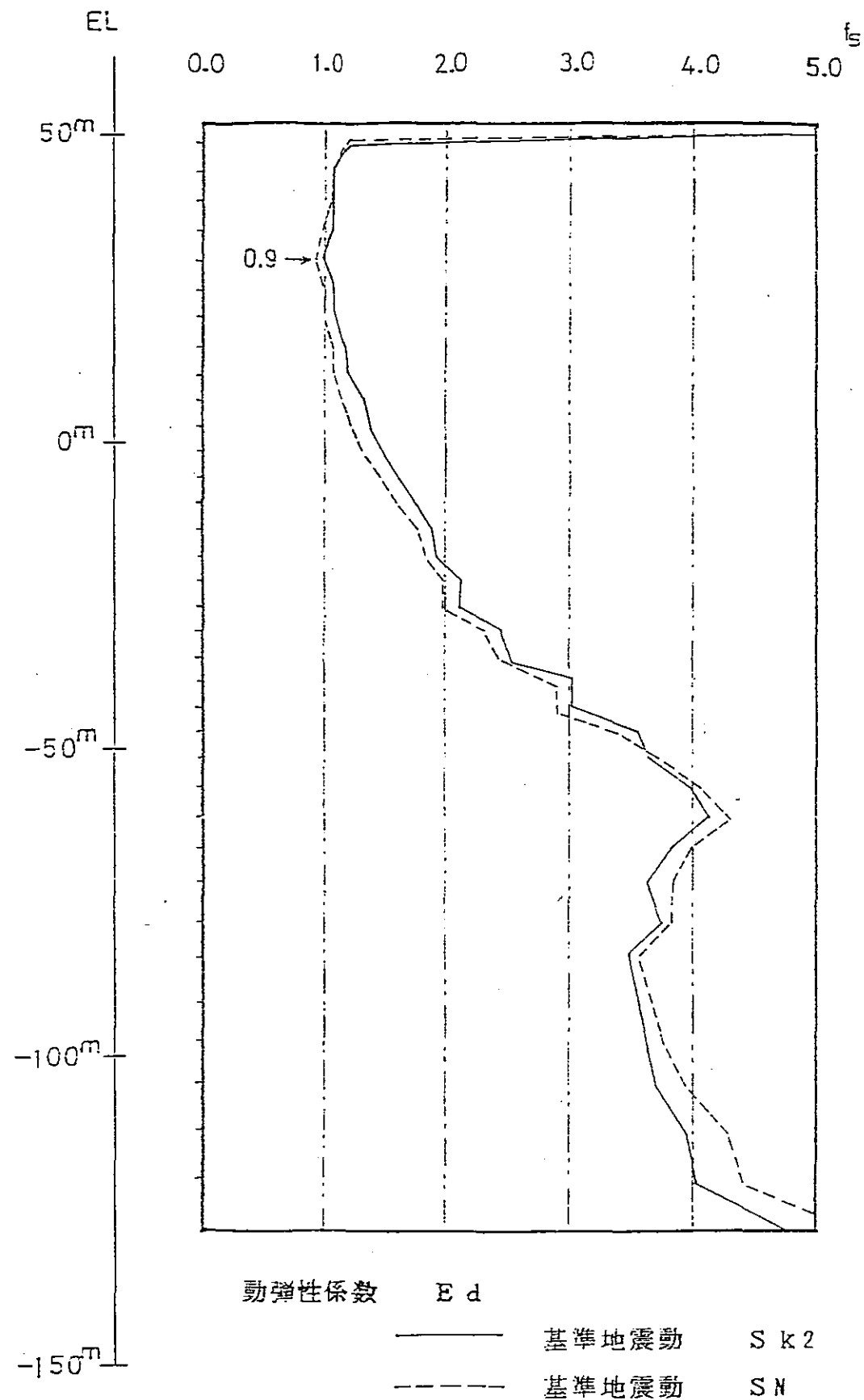
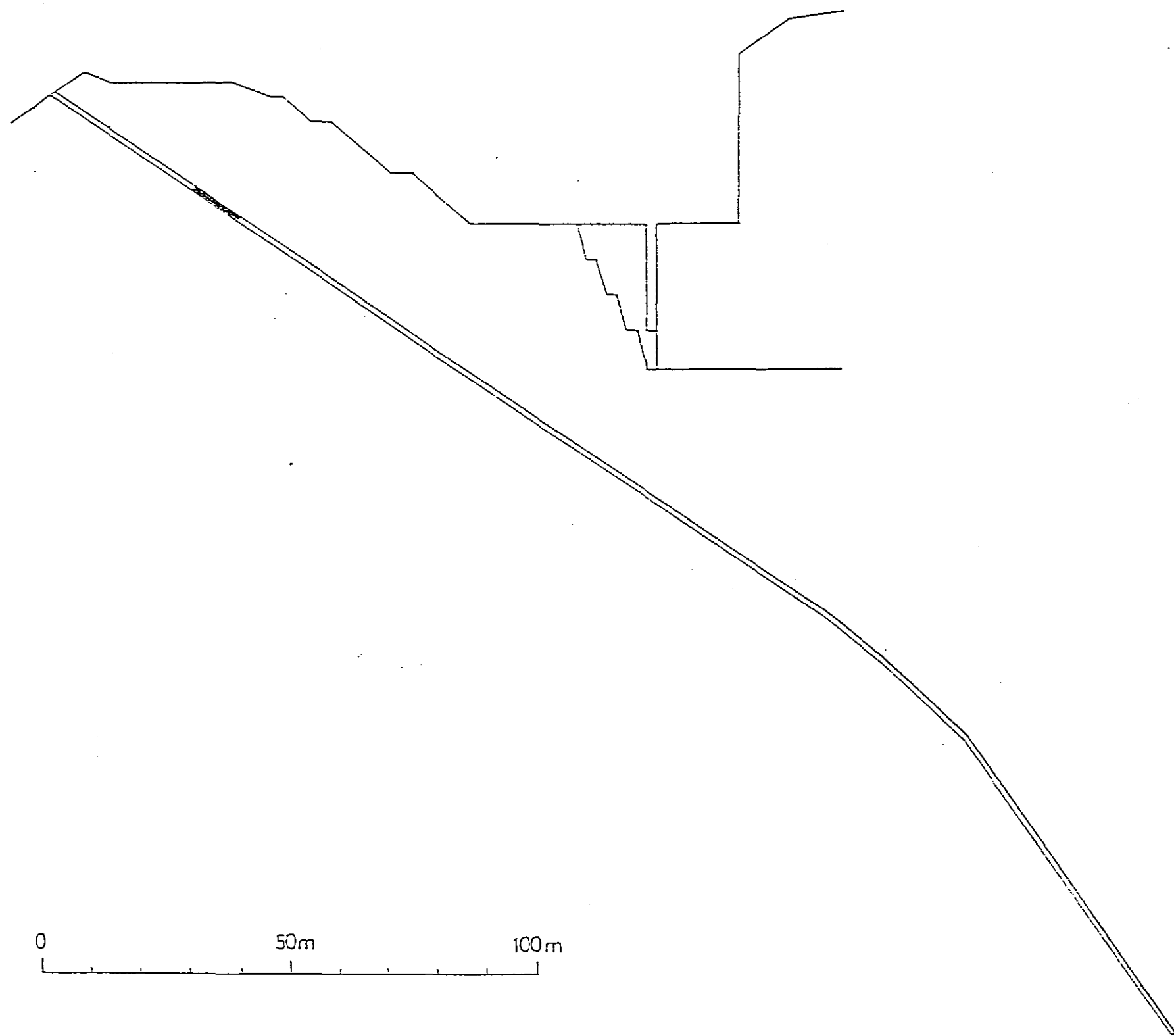
動弾性係数 E d

基準地震動 S k2



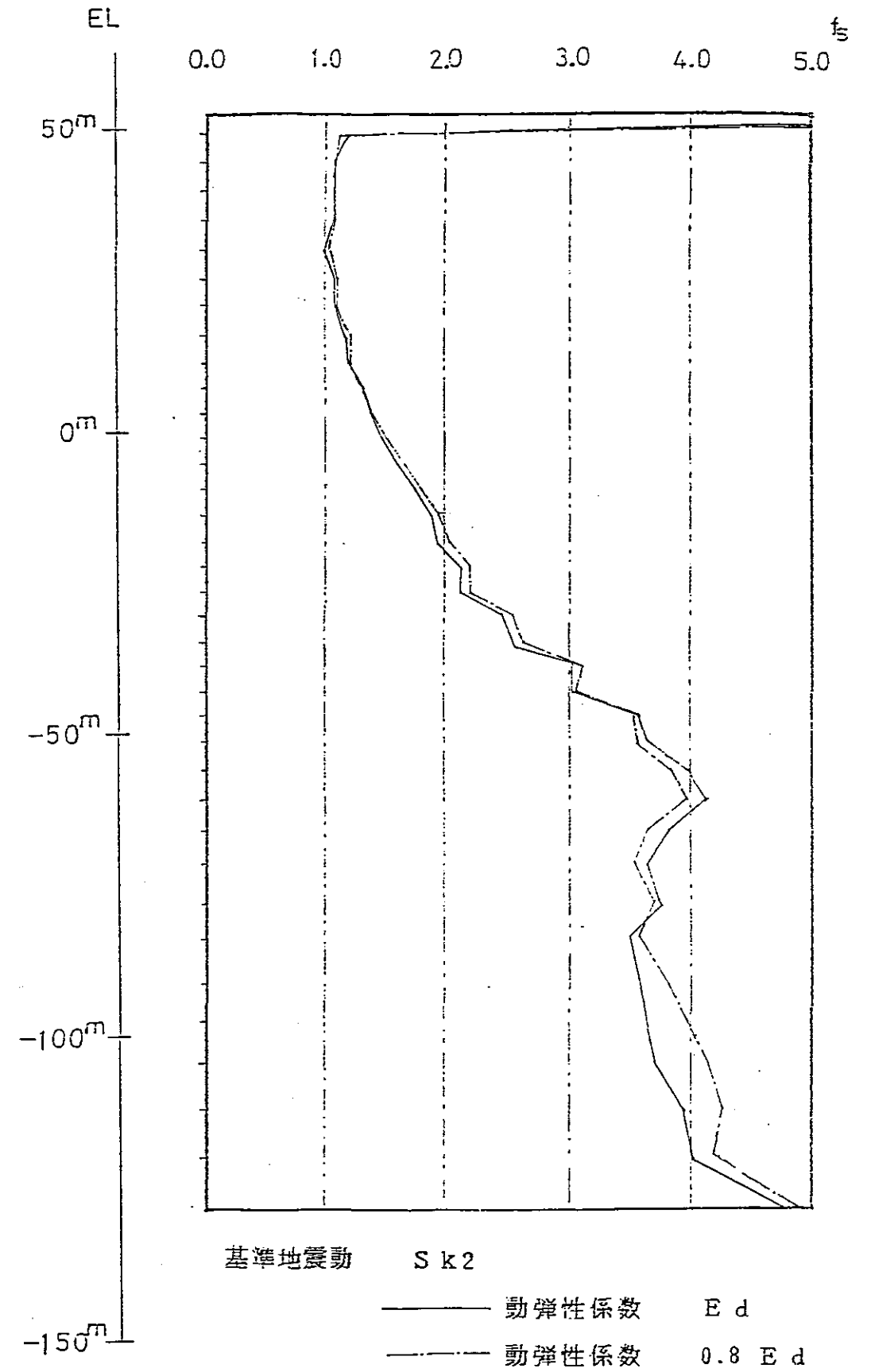
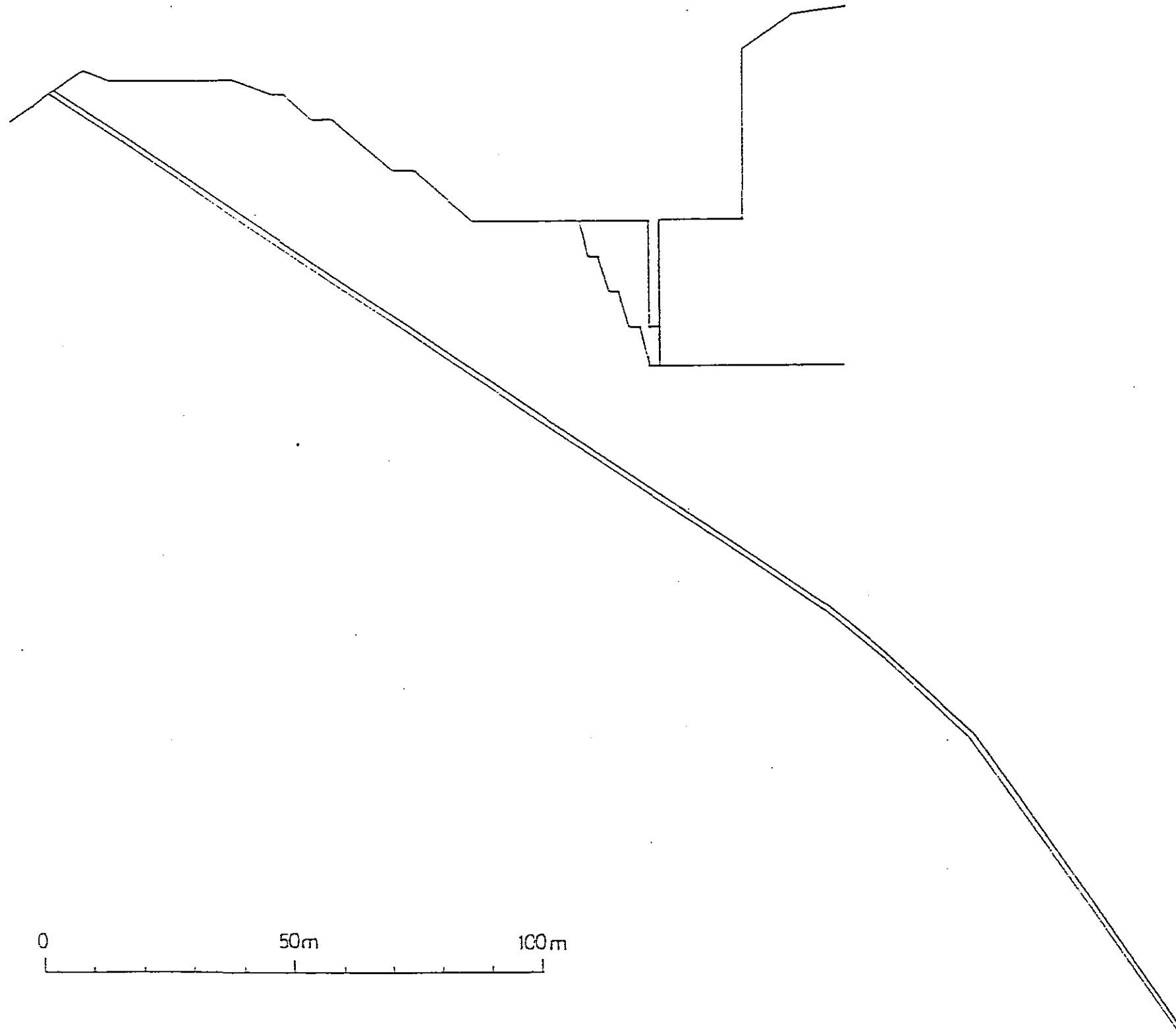
第 5.28 図 動的解析 地震時最小局所安全係数図 (主要部分)

1号
原子炉建屋

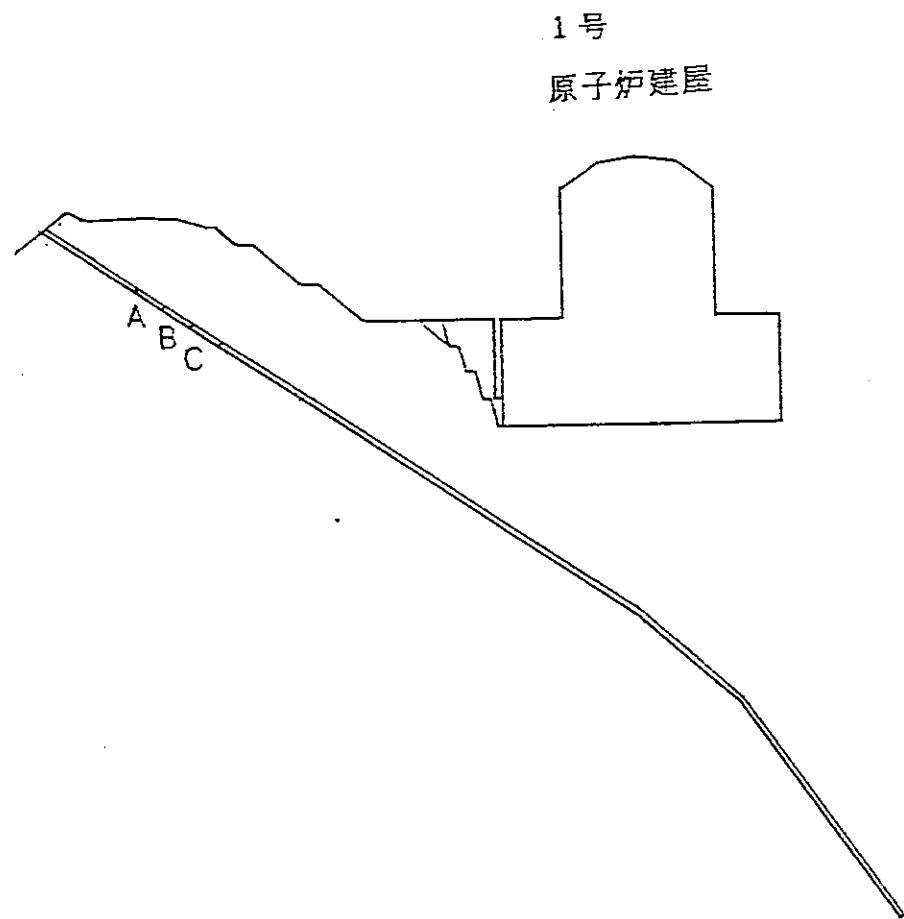


第 5.29 図 F - 3 断層の地震時最小局所安全係数分布図
(動的解析)

1号
原子炉建屋

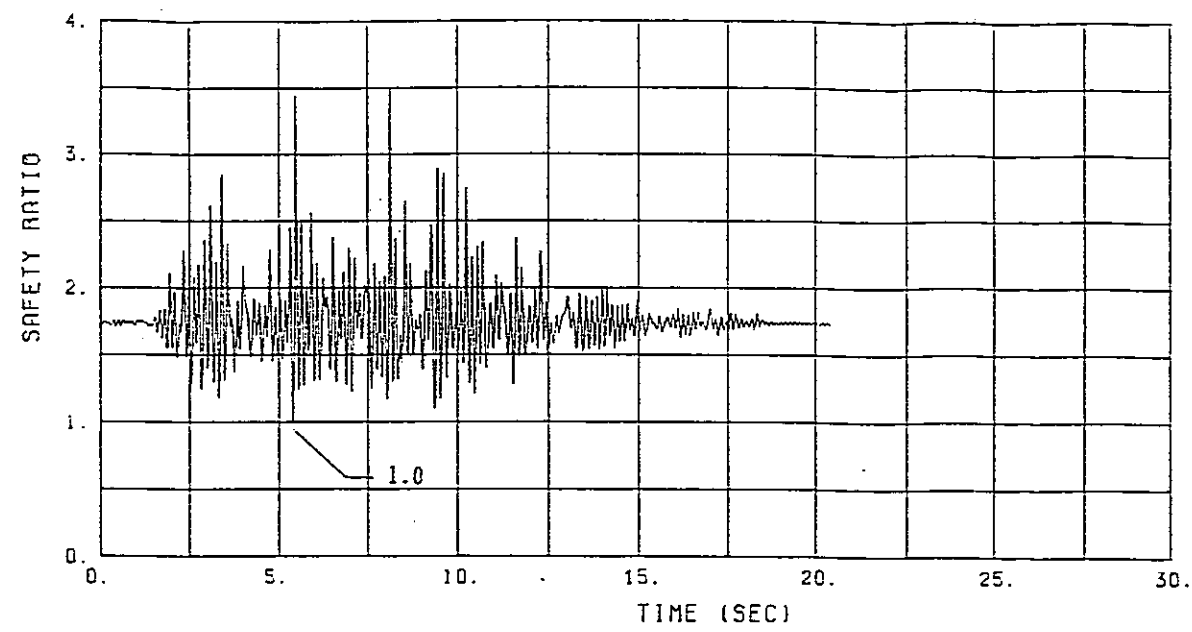


第 5.30 図 F - 3 断層の地震時最小局所安全係数分布図 (動的解析)

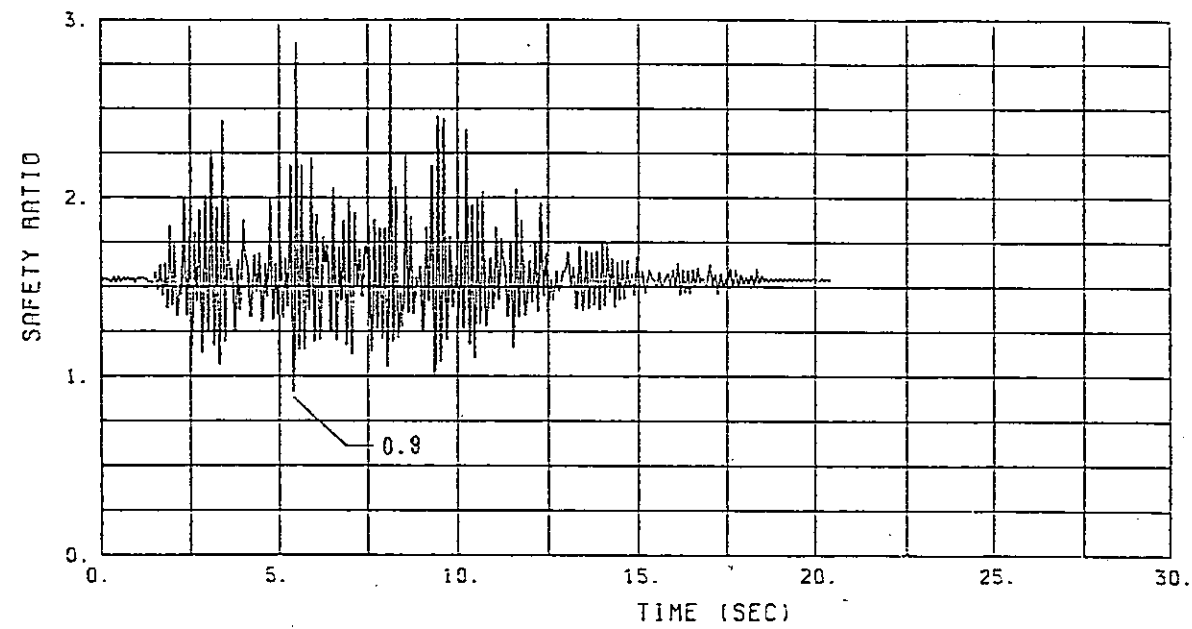


Y 1c - Y 1c' 断面

動的解析
基準地震動 SN

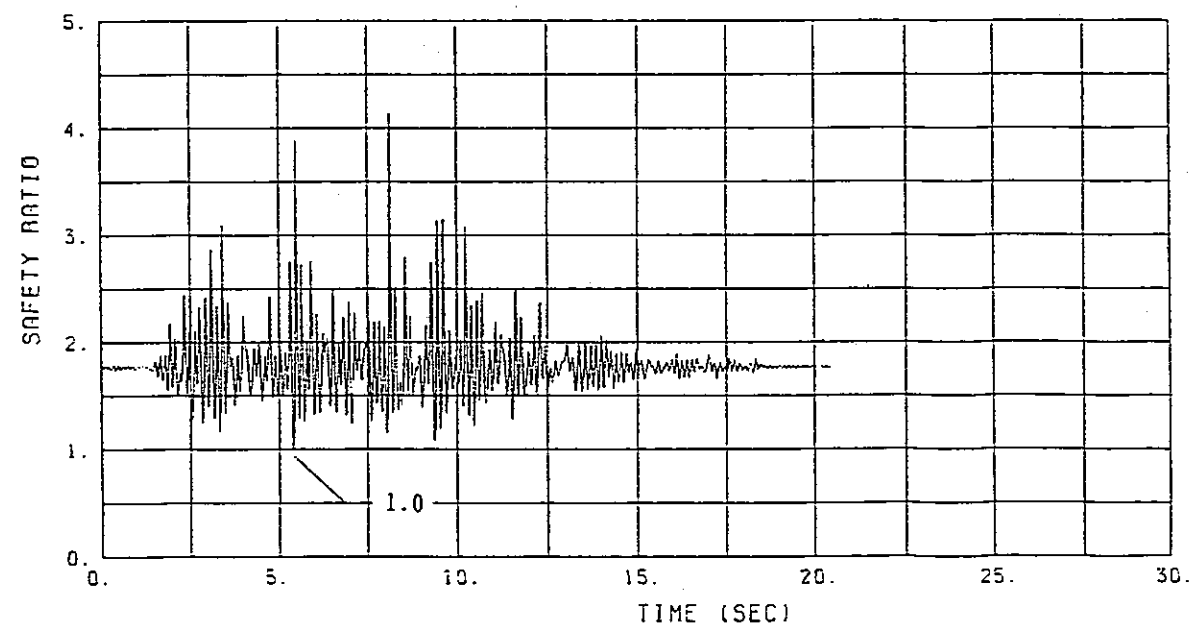


要素 A



$f_s < 1$ の回数 ; 1
継続時間 ; 0.04秒

要素 B

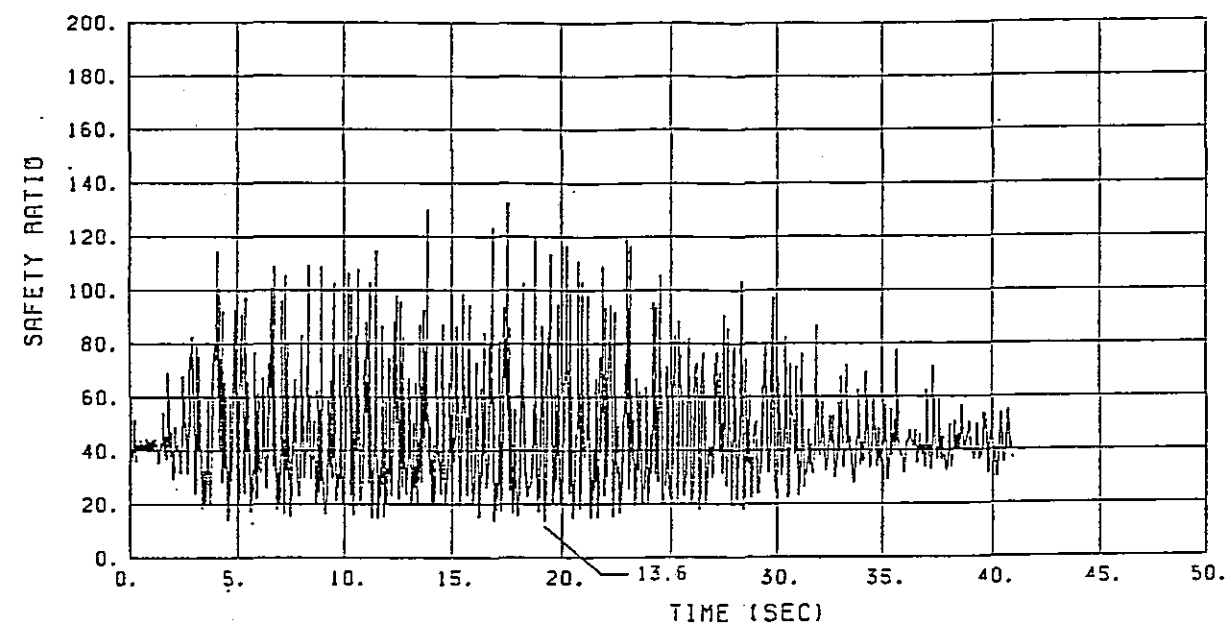
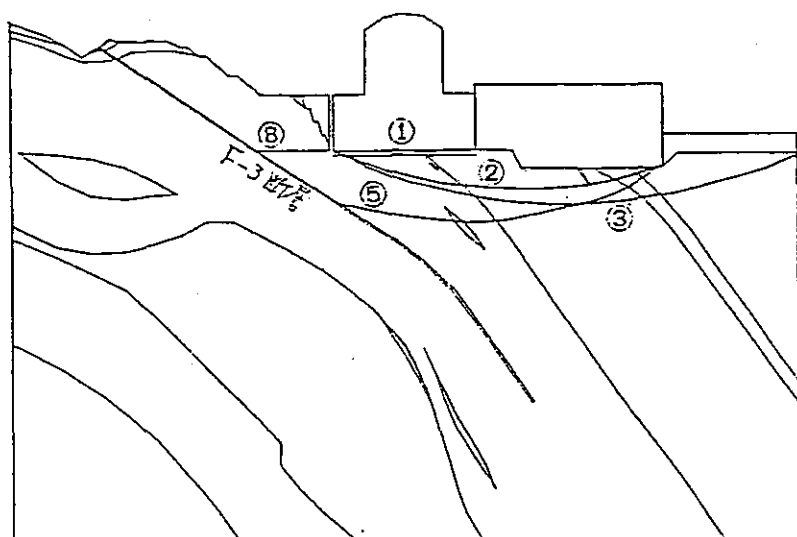


要素 C

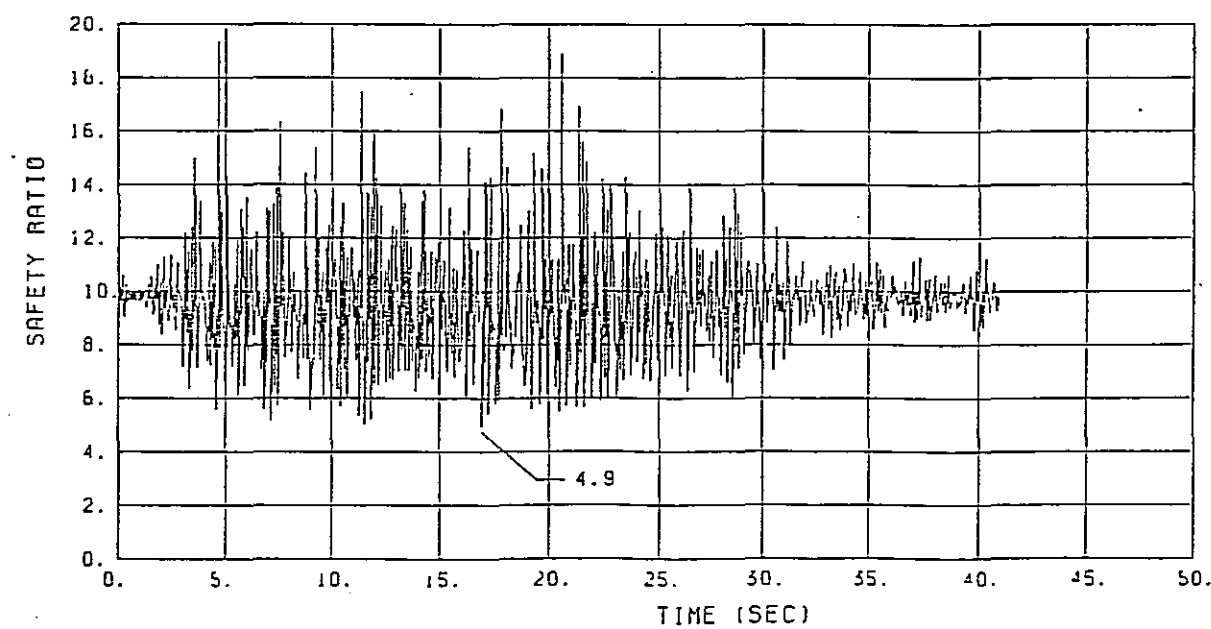
第5.31図 F-3 断層の局所安全係数時刻歴

地震動 ケース すべり面	Sk2		SN
	Ed	0.8Ed	Ed
①	13.6	13.6	11.3
②	13.7	14.0	12.5
③	14.1	14.9	13.5
④	7.2	7.6	6.5
⑤	4.9	5.0	4.3

■ : 最小値



(1) Sk2, Ed すべり面 ①



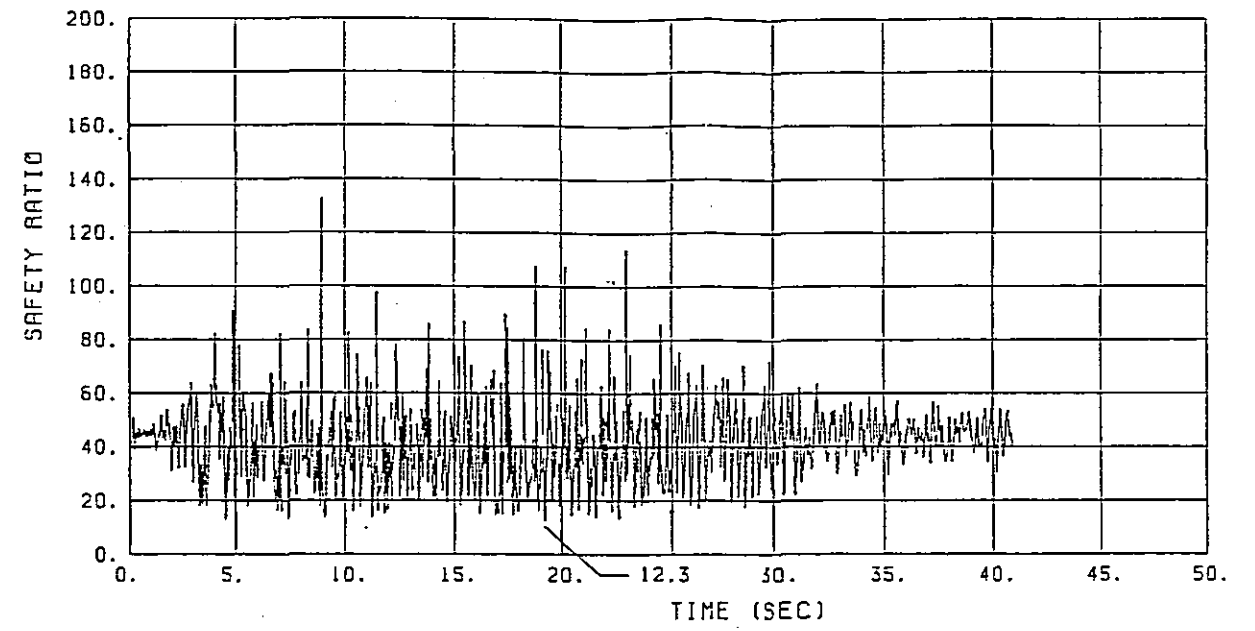
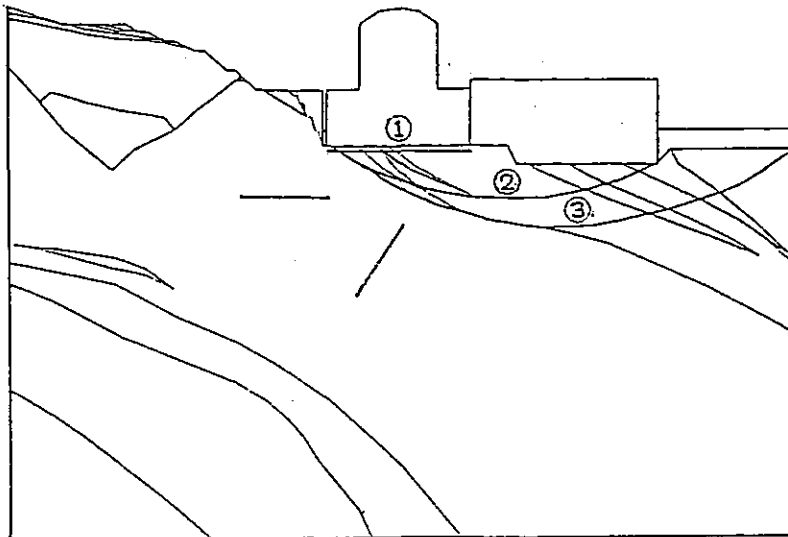
(2) Sk2, Ed すべり面 ⑤

第5.32 動的解析 最小すべり安全率

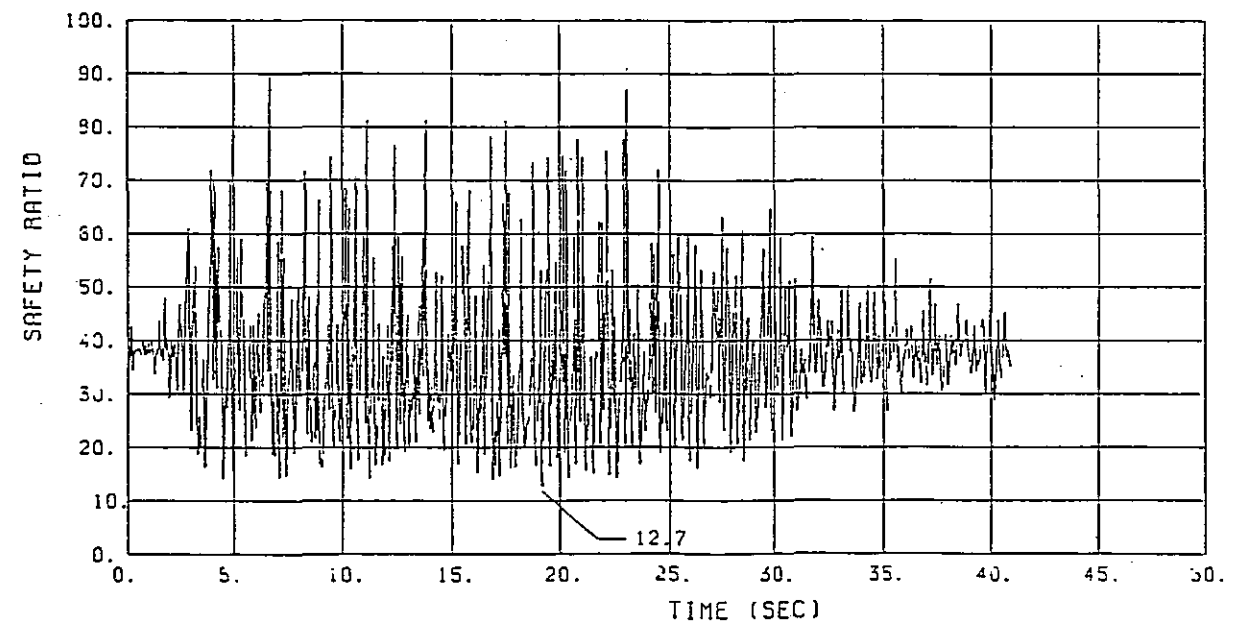
(Y1c-Y1c'断面)

ケース すべり面	Ed
①	12.3
②	12.7
③	14.0

■ : 最小値



(1) すべり面 ①



(2) すべり面 ②

第 5.33 図 動的解析 最小すべり安全率

(Y 2c - Y 2c' 断面)

第5.6表 原子炉建屋の沈下に対する検討結果

断面				$Y_{1c} - Y_{1c}'$	$Y_{2c} - Y_{2c}'$
建屋				1号炉	2号炉
静的 解析	常時	沈下量	山側	2.0 cm	1.3 cm
			海側	1.9 cm	1.4 cm
		不等沈下量		0.1 cm	0.1 cm
		傾斜		1/74,000	1/74,000
	地震時	沈下量	山側	-5.7 cm	-3.5 cm
			海側	-3.3 cm	-1.8 cm
		不等沈下量		2.4 cm	1.7 cm
		傾斜		1/3,000	1/4,300
動的 解析	地震時	最大傾斜	S_{k2}	1/46,000	1/19,000
			S_N	1/44,000	—

6. 原子炉建屋背後斜面の安定性の検討

6.1 慣用法及び静的二次元FEM解析による検討

6.1.1 検討内容

(1) 解析方法

原子炉建屋背後斜面の安定性を慣用法及び静的二次元FEM解析により検討を行っている。

a) 慣用法

慣用法は、円弧すべり面法により行っている。

計算式は次に示す通りである。

$$F_s = \frac{R \sum [C l + (W \cos \alpha - f_v W \sin \alpha - f_h W \cos \alpha - U_s l) \tan \phi]}{\sum \{ R (W \sin \alpha - f_h W \cos \alpha) + f_v W \cdot y \}}$$

ここで、 F_s ：すべり安全率

R ：すべり円の半径

W ：帯片の全重量

f_v ：鉛直震度

f_h ：水平震度

α ：帯片のすべり面と水平面のなす角度

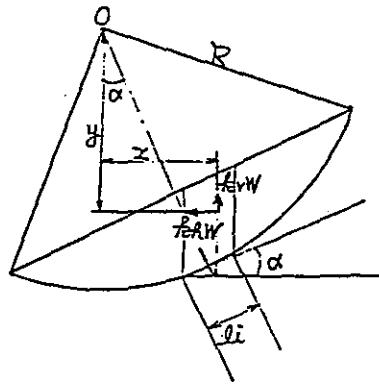
l ：帯片のすべり面の長さ

y ：すべり円の中心から帯片の重心までの鉛直距離

U_s ：帯片のすべり面に作用する単位長さ当り間隙水圧

C ：帯片のすべり面上の単位長さ当り粘着力

ϕ ：帯片のすべり面における内部摩擦角



なお、最小すべり安全率は、考え得る多くのすべり円弧についての計算から求めている。すべり円弧の設定は、半径の中心点を間隔 25m 以下の格子状に配し、一つの円弧中心点から半径を 2m 以下の間隔で増加させて行っている。

b) 静的二次元 FEM による線形及び no tension 解析

解析方法は、初期地圧、地震力の各状態における発生応力を静的 FEM 線形解析によって求め、それらを重ね合せて地震時応力としている。

また、大雨により地盤が飽和し、浮力が生じるとした場合には、線形解析のほか no tension 解析を行っている。

(2) 解析モデル

解析モデルは、自然斜面が最長となる①-①断面と、切取斜面が最長となる②-②断面を対象に岩盤分類に基づき作成している。

モデルは、①-①断面で幅約 540m、高さ約 130m、②-②断面で幅約 360m、高さ約 90m としている。

FEM 解析の境界条件は、下方が固定、側方が荷重方向ローラーとしている。

解析用要素分割図を第 6.1 図～第 6.2 図に示す。

(3) 地震力

地震力は、水平方向に山から原子炉建屋に向う方向とし、基準地震動 S_2 の最大加速度 370 gal を震度に換算した 0.38 を作用させる。

(4) 地下水位

地下水位は、第2.10図～第2.11図に示すように現状では岩盤内の低い位置にある。

解析に用いる地下水位は、現状水位と大雨により地表面まで水位を設定した場合(大雨時)について検討している。

(5) 検討ケース

検討ケースは、第6.1表及び以下のとおりである。

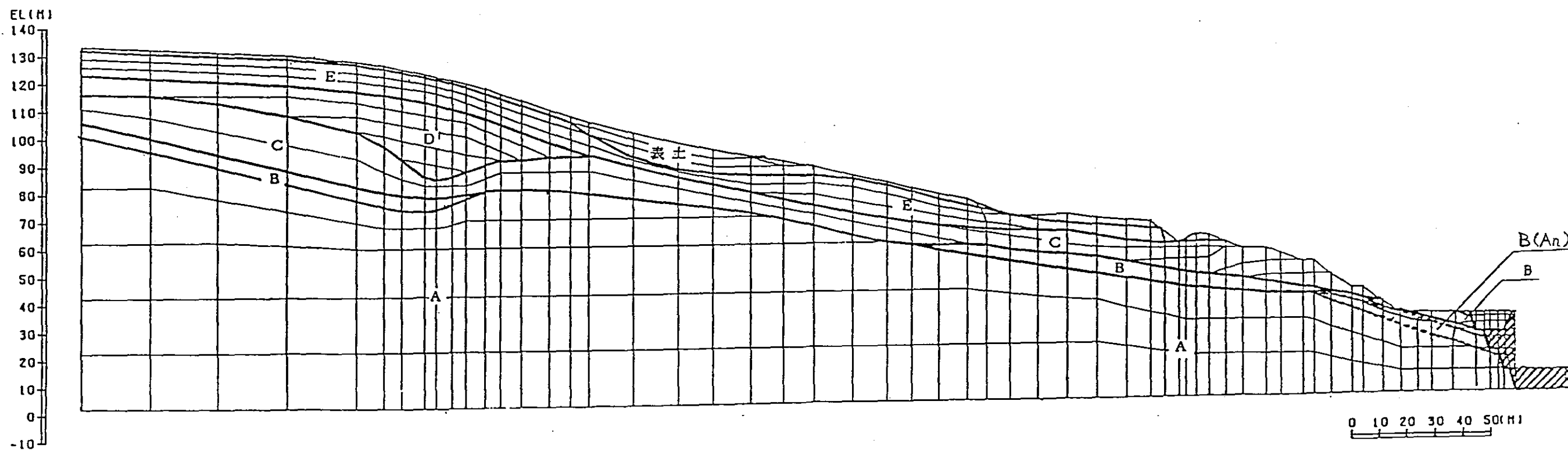
a) 地震時

地下水が現状の状態での地震力が発生した場合について、①-①断面及び②-②断面について慣用法及び静的FEM線形解析を行っている。

b) 大雨・地震時

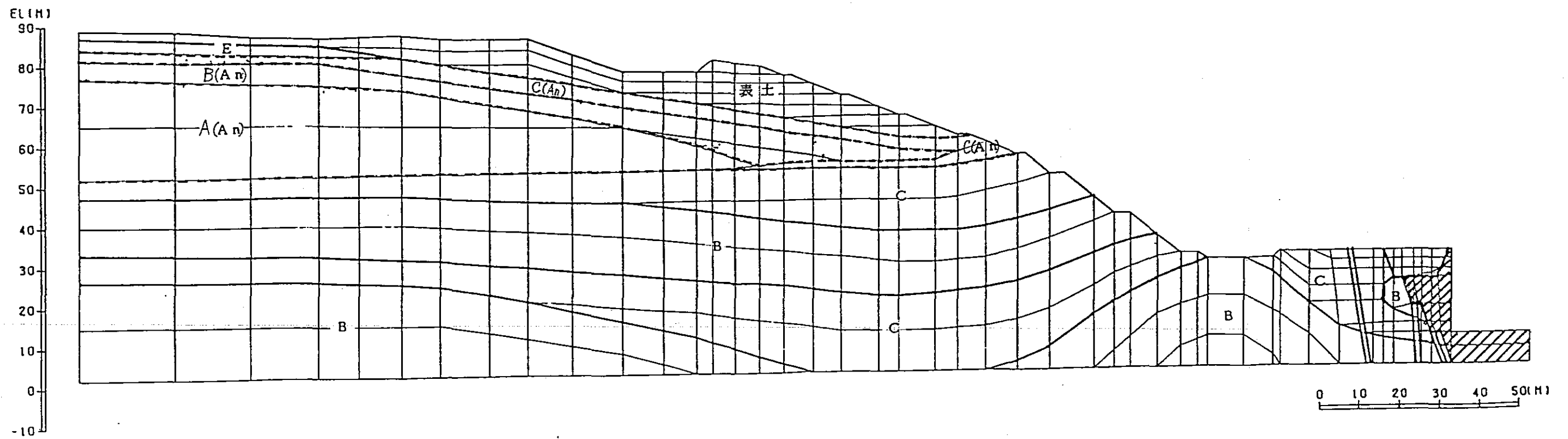
大雨により地表面以下の地盤全体が飽和し、浮力が生じるとした状態で地震力が発生した場合について、③-③断面について、慣用法、静的FEM線形及びno tension解析を行っている。

Ⓐ — Ⓐ' 断面



第 6.1 图 解析用有限要素分割图

ⓑ — ⓑ 断面



第 6.2 图 解析用有限要素分割图

第 6.1 表 慣用法、静的 FEM 安定解析ケース

断面	検討ケース	地震力	地下 水位	解析法	
	内容	震度		慣用法	FEM解析
㊸-㊸	地震時	0.38	現状	○	線形
㊸-㊸	地震時	0.38	現状	○	線形
	大雨・ 地震時	0.38	地表面	○	線形 no tension

6.1.2 検討結果

(1) 地震時における①-②断面及び③-④断面の検討結果は、以下のとおりとなる。

慣用法及び静的二次元FEM解析による最小すべり安全率とすべり線の位置を第6.3図～第6.4図に示す。

静的二次元FEM線形解析による局所安全係数を第6.5図～第6.6図に示す。

これらによると、最小すべり安全率は①-②断面では、慣用法で1.56、静的FEM解析で1.64、③-④断面では、慣用法で1.51、静的FEM解析で1.52となっている。また、局所安全係数は、いずれも1.0を上回っている。

(2) 地震時の解析で厳しい条件となっている①-④断面について大雨・地震時の慣用法、静的二次元FEM線形解析及びno tension解析を行っている。

慣用法及び静的二次元FEM解析による最小すべり安全率とすべり線の位置を第6.4図に、静的FEM解析により得られた局所安全係数を第6.7図～第6.8図に示す。

これらによると、最小すべり安全率は、慣用法で1.31、線形解析で1.30、no tension解析で1.33となっている。

また、局所安全係数は、線形解析で連続して1.0を下回っている部分が一歩みられるが、no tension解析では、このような状況はみられなくなる。

自然斜面

条 件	安 全 率		半 径 R (m)
	慣用法	静的FEM法	
地 震 時	1.56	1.54	264.04

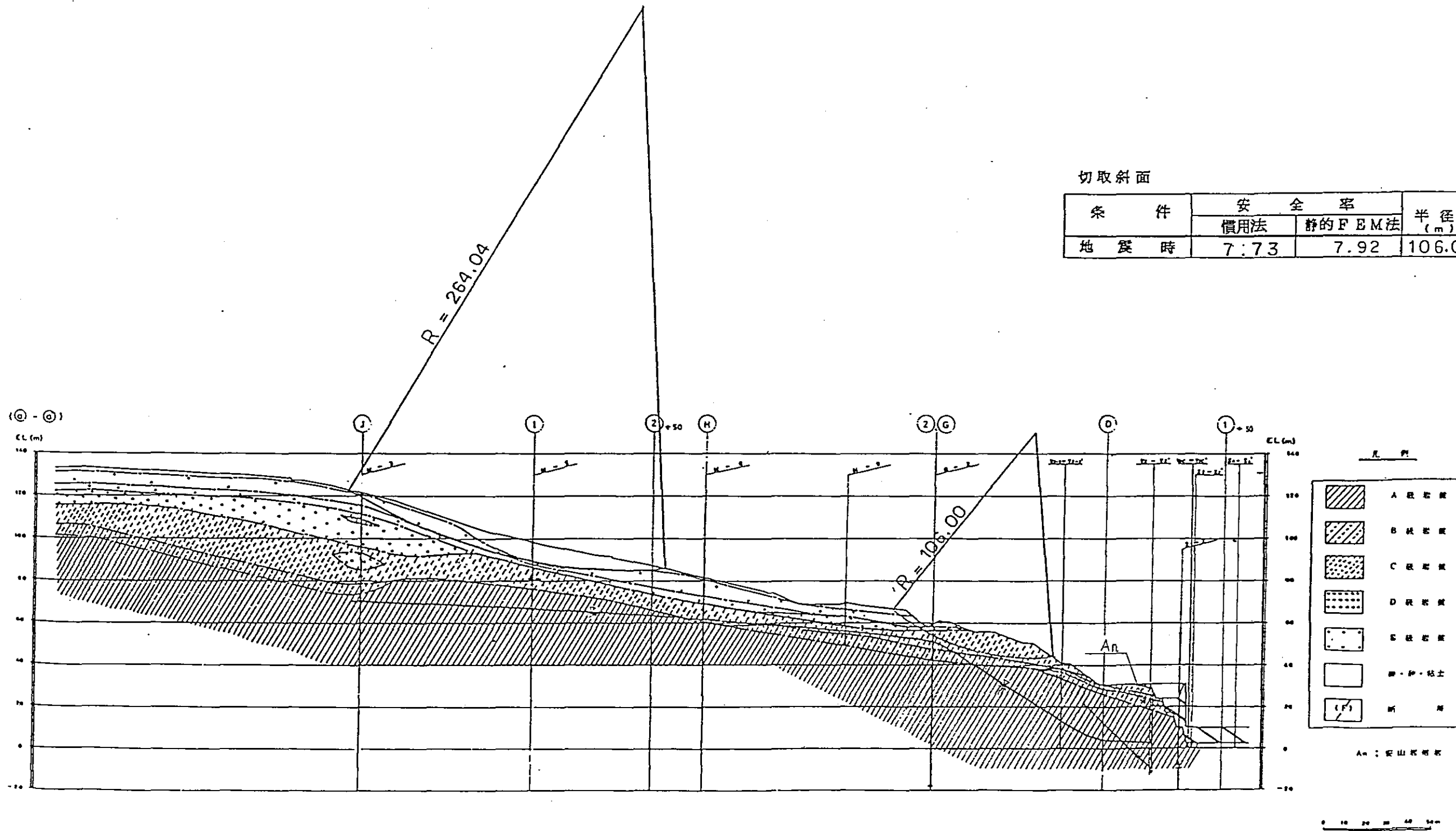
Ⓐ — Ⓐ' 断面

地震力方向 \longrightarrow

 最小値

切取斜面

条 件	安 全 率		半 径 R (m)
	慣用法	静的FEM法	
地 震 時	7.73	7.92	106.00



第 6.3 図 すべり安全率図

地震力方向 →

切取斜面 (地表部)

条 件	安 全 率		半 径 R (m)
	慣用法	静的FEM法	
地 震 時	1.51	1.52	264.00
大雨・地震時	1.31	1.30(1.33)	∞

最小値

() no tension 解析

切取斜面 (全体)

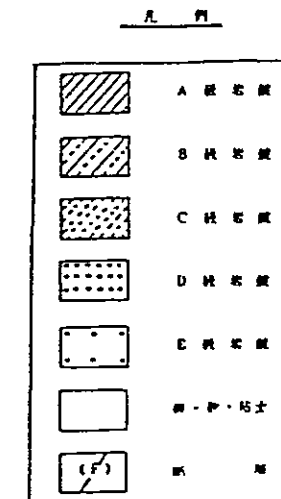
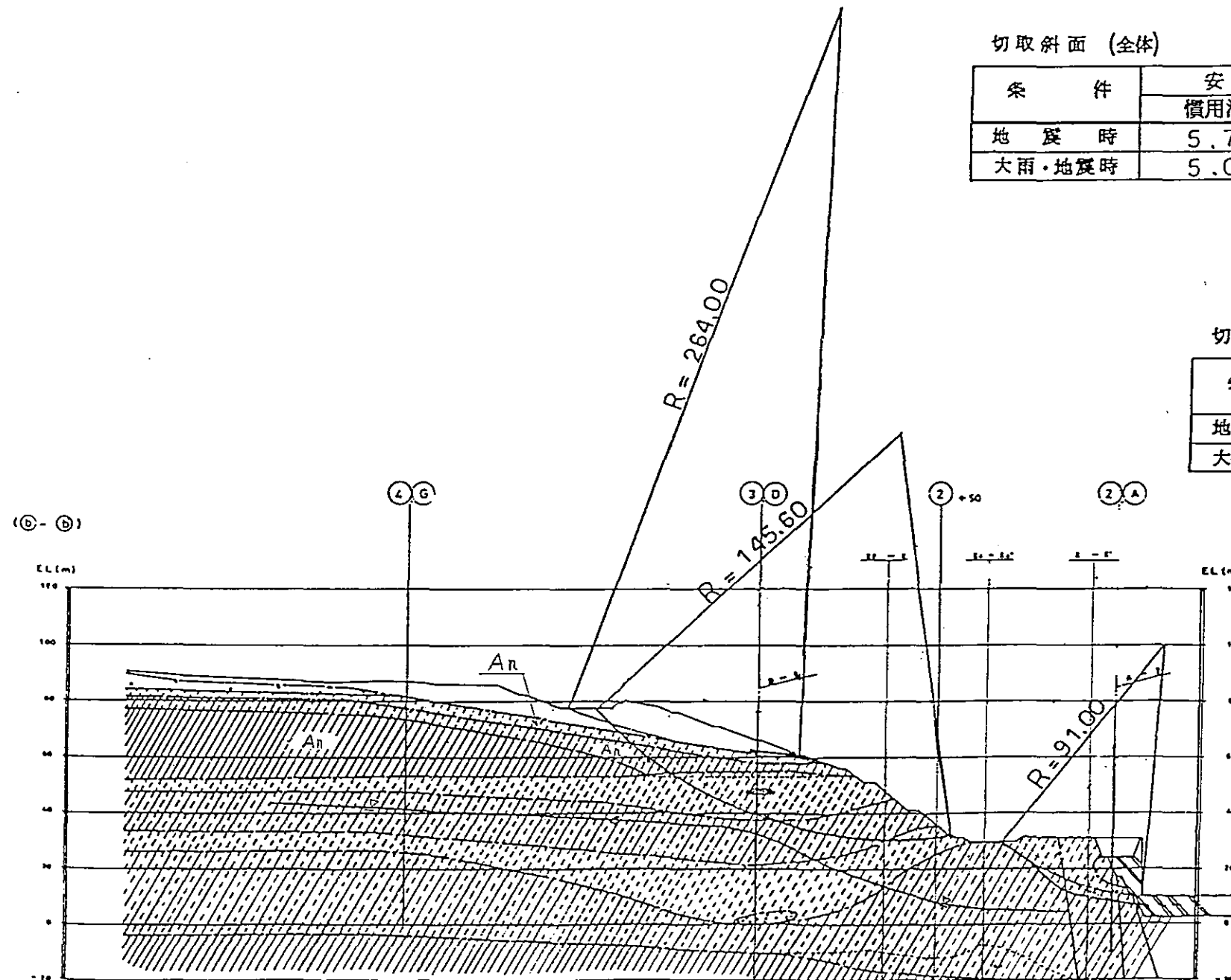
条 件	安 全 率		半 径 R (m)
	慣用法	静的FEM法	
地 震 時	5.74	5.82	145.60
大雨・地震時	5.01	5.09(5.08)	∞

() no tension 解析

切取斜面 (炉心部)

条 件	安 全 率		半 径 R (m)
	慣用法	静的FEM法	
地 震 時	6.71	11.75	91.00
大雨・地震時	6.29	10.88(11.79)	∞

() no tension 解析



A: 安山岩質土

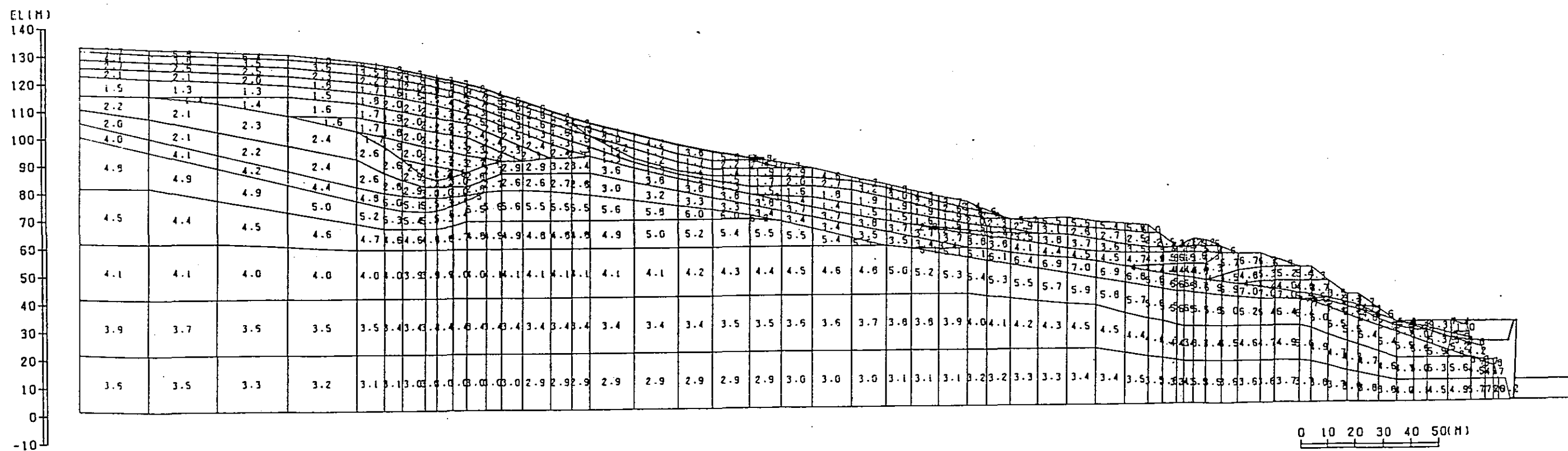
0 10 20 30

第 6.4 図 すべり安全率図

Ⓐ — Ⓐ 断面

静的線形解析

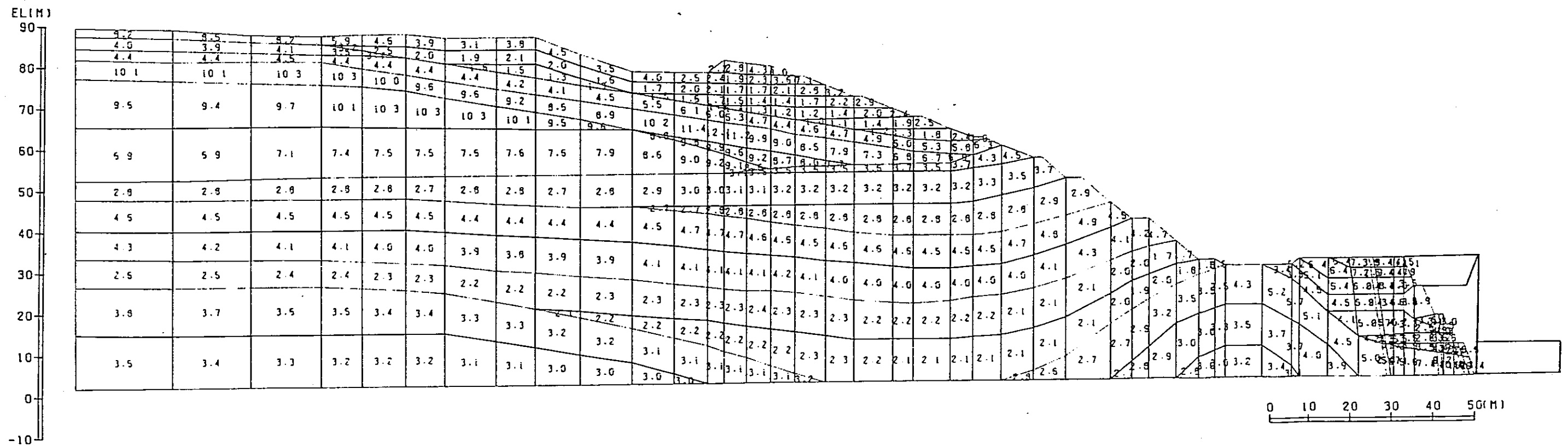
地震力方向 \longrightarrow



ⓑ — ⓑ 断面

静的線形解析

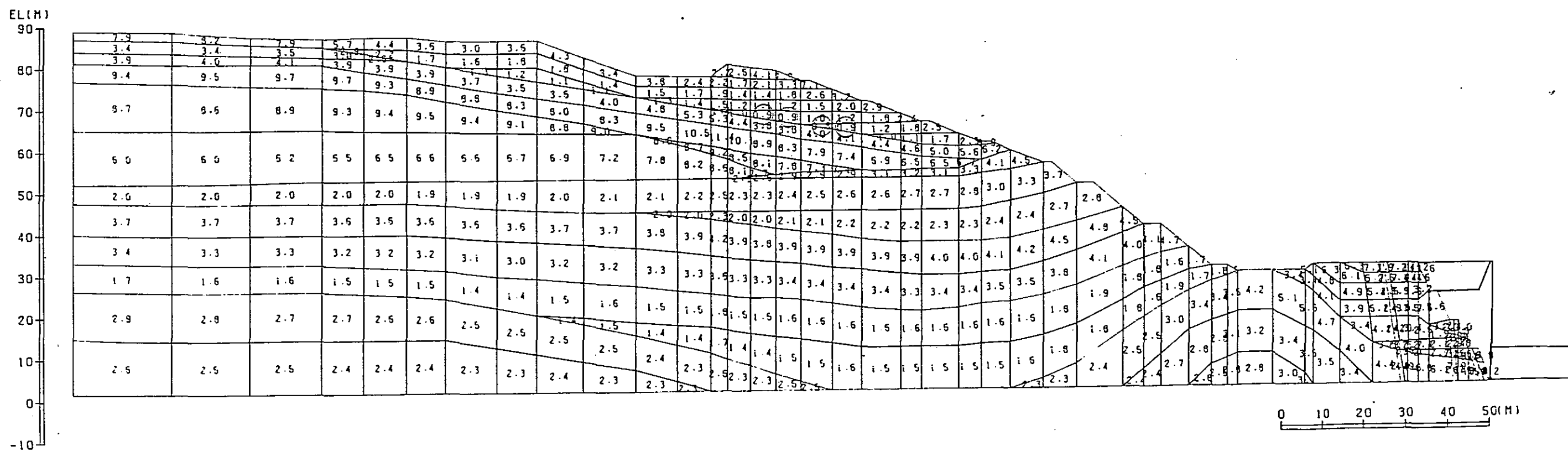
地震力方向 →



第 6.6 图 地震時局所安全係数图

静的線形解析

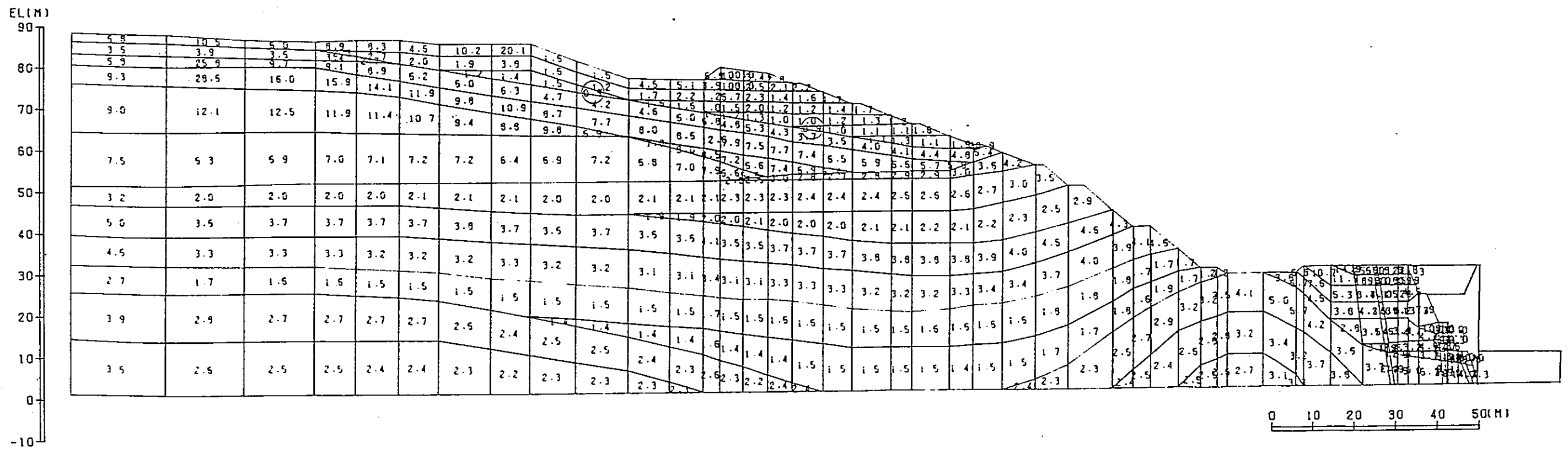
地震力方向 →



第 6.7 图 大雨・地震時局所安全係数图

no tension 解析

地震力方向 \longrightarrow



第 6.8 图 大雨 - 地震時局所安全係数图

6.2 バックフィルコンクリートの安定検討

6.2.1 解析内容

当発電所では、建屋背後にバックフィルコンクリートを設置することとしている。

原子炉建屋設置地盤及び周辺斜面のFEM安定解析結果より、背後の岩盤の局所安全係数が十分大きいことからコンクリートと岩盤の付着力が十分働くように慎重に施工するならば、バックフィルコンクリートは十分安定はもと考える。

ここでは、コンクリートと岩盤の付着力を無視した条件を想定した地震時の転倒に対する安定性の検討を行う。

(1) 解析方法

第6.9図に示すバックフィルコンクリートの標準断面について、コンクリートと岩盤の付着力を無視して、原子炉建屋基礎底面及び上面レベルのO点とO'点のモーメントのつり合いから地震時の転倒に対する検討を行う。

(2) 解析用物性値

a) コンクリート及び掘削岩砕の単位体積重量をそれぞれ 2.4 g/cm^3 、 1.8 g/cm^3 とする。

b) バックフィルコンクリートには、第6.9図に示すようにPSアンカーを4mピッチ4段で配置することと

し、PSアンカー1本当りの緊張力を60tとする。

(3) 地震力

地震力は、水平方向に山側から原子炉建屋に向かう方向に基準地震動 S_2 の最大加速度370 galを震度に換算した0.38をバックフィルコンクリート及び掘削岩砕に作用させる。

6.2.2 検討結果

検討結果による転倒に対する安全率を第6.2表に示す。これによると、仮想的にバックフィルコンクリートと岩盤の付着力を無視した条件においても、所定のPSアンカーを設置する場合は、転倒に対する安全率は1.28以上である。

第6.2表 転倒に対する安全率

検討ケース	モ-メント原点	転倒に対する安全率	備考
1	O (EL2.3m)	1.28	
2	O' (EL10m)	1.44	

以上のことから、バックフィルコンクリートには、所定のPSアンカーを設置し、原子炉建屋に影響を及ぼすことはないと考えられる。

6.3 対策工

6.3.1 法面保護工

原子炉建屋背後斜面については、安定解析により十分な安全性を有していることを確認しているので崩壊現象はないと考えられる。

しかし、安全上の配慮から切取斜面を次のような仕様にもとづき法面を保護する。

EL56m以下の法面勾配1:1.2のA~C級岩盤斜面は、法枠アンカー（径13~22mm、長さ0.5~1.2m、1本/m²）で縫い、モルタル吹付け（厚さ5cm、50mm×50mm、φ3.2mmの溶接金網入り）及びコンクリート法枠工（幅20cm×高さ20cmの鉄筋コンクリート梁）により保護する。

また、EL56m以上の法面勾配1:2.5のD~E級岩盤及び段丘堆積物の斜面は法枠アンカー（径9~13mm、長さ0.4~0.6m、3本/m²）で縫い、鋼製法枠工（直径100cm、高さ15cm、鋼製多孔波付枠）により保護する。

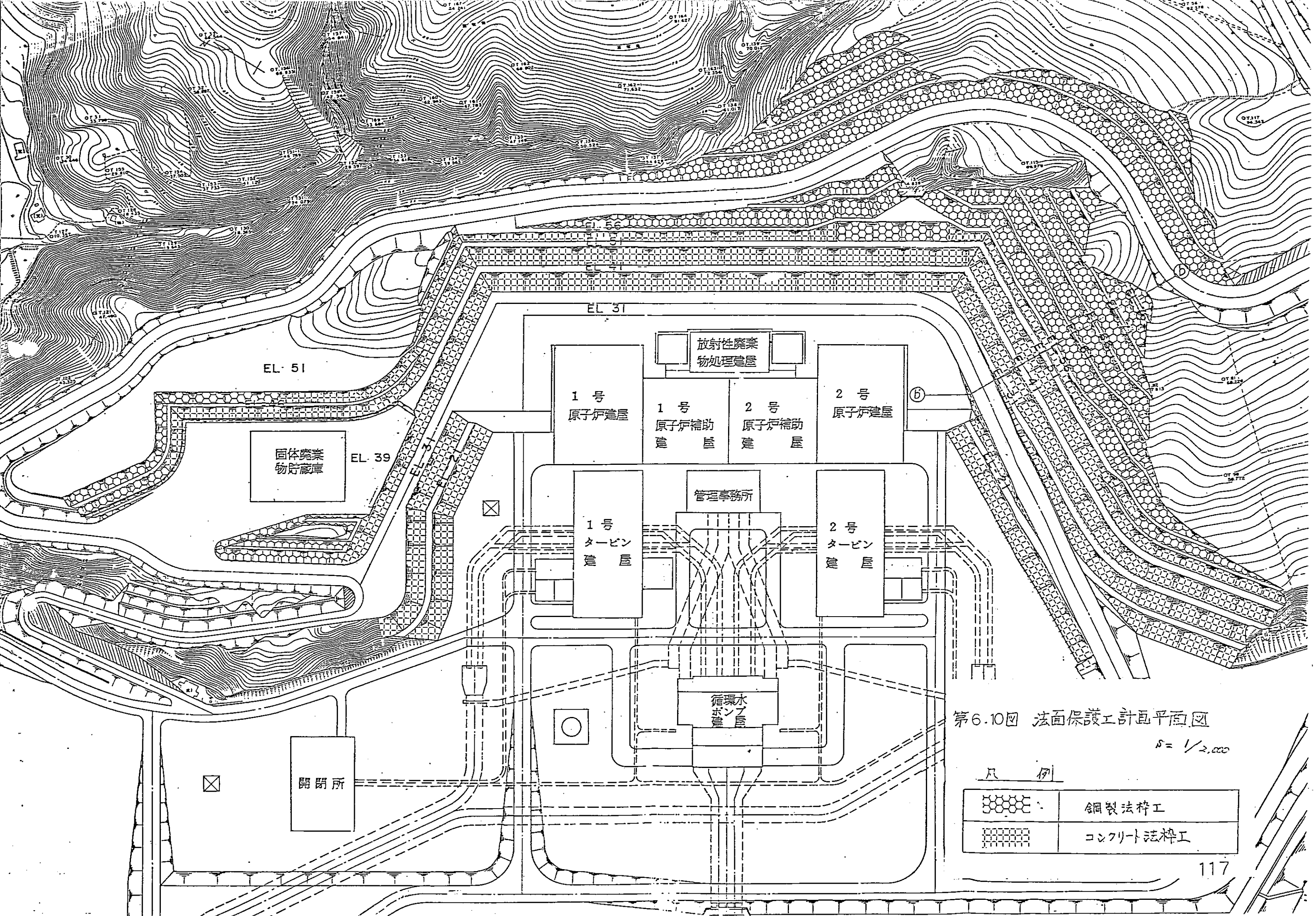
法面保護工の計画平面図を第6.10図に、断面図を第6.11図に、詳細図を第6.12図に示す。

6.3.2 排水工

斜面崩壊の誘引となる雨水は、下走りに設ける側溝とそれを結ぶ縦排水溝により排水する。

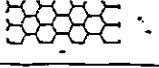

さらに、切取斜面外からの雨水が斜面に流出しないよう、切取法肩部周辺の工事用道路に排水溝を設置する。

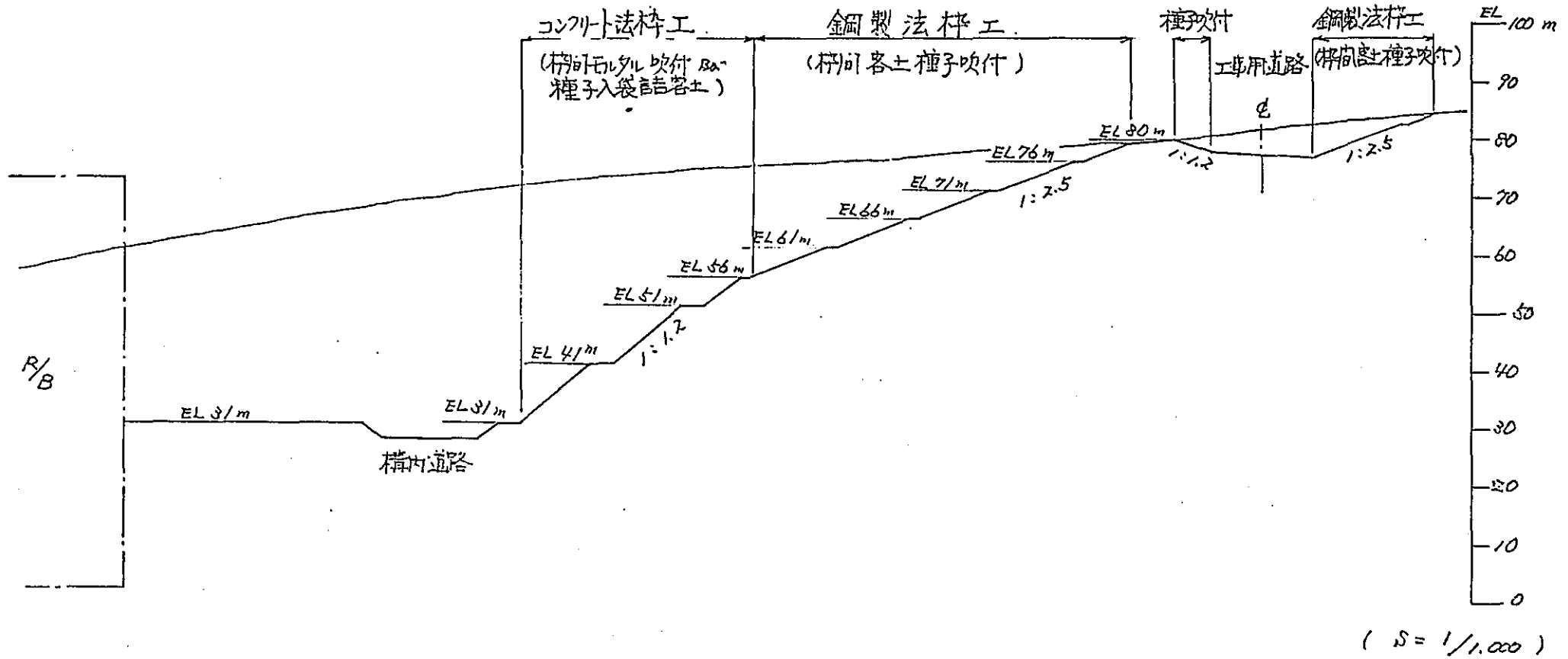
排水工の計画平面図を第6.13図に、断面図を第6.14図に示す。



第6.10回 法面保護工計画平面図
 $S = 1/2,000$

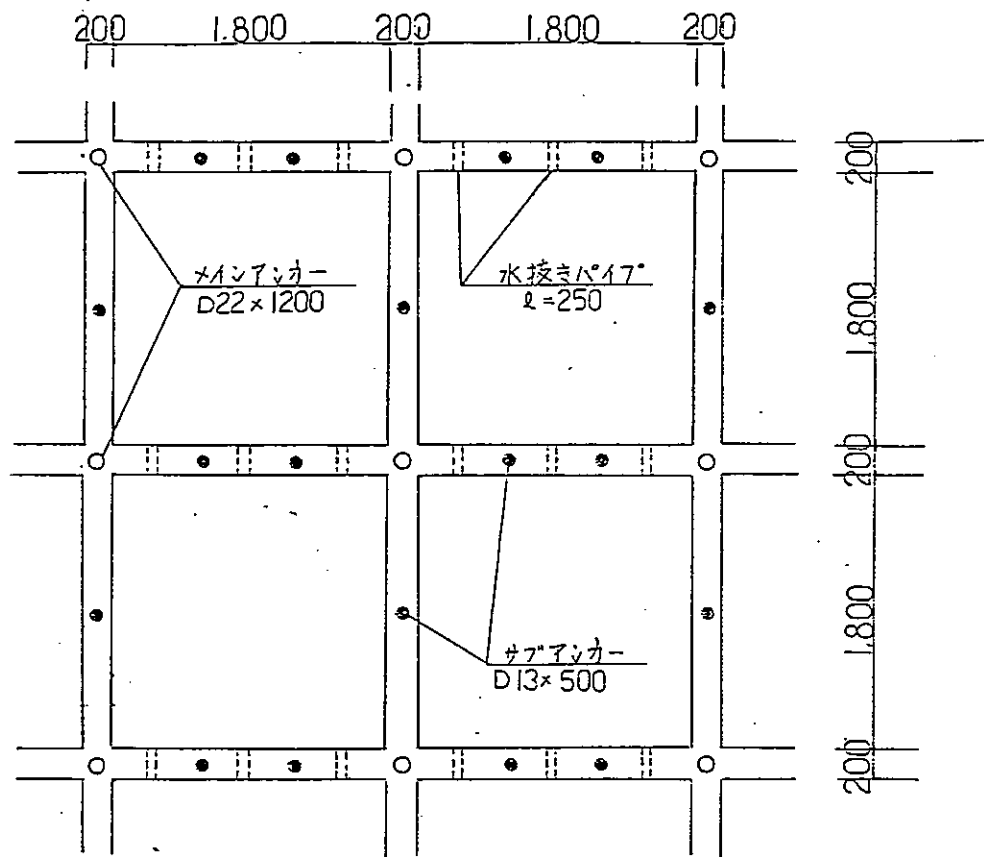
凡例

	鋼製法枠工
	コンクリート法枠工

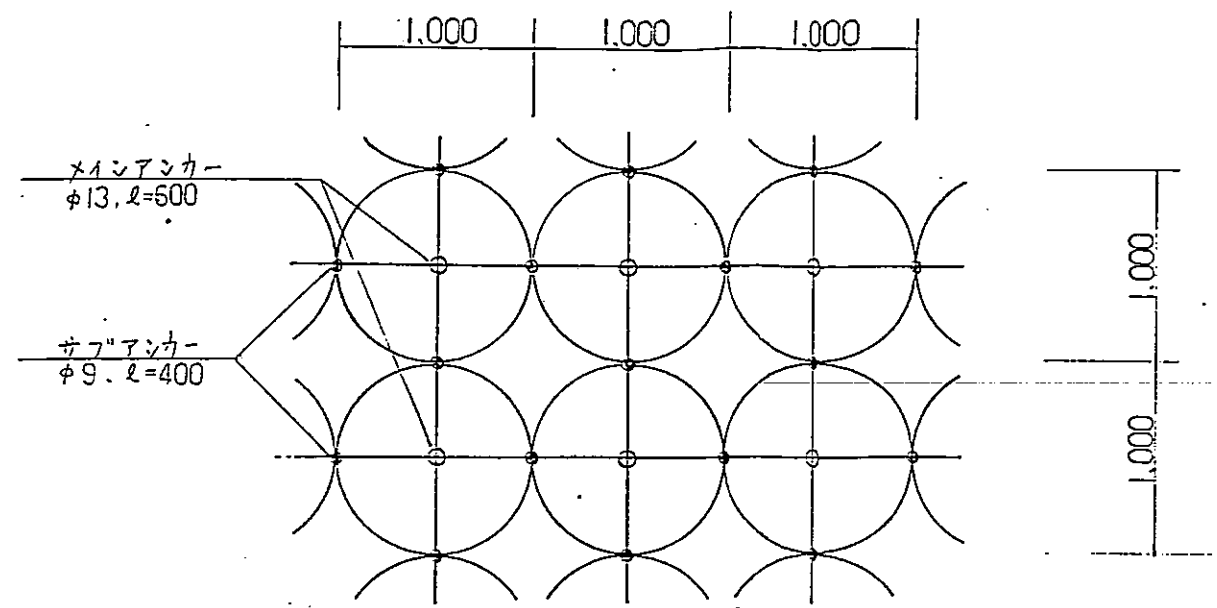


第6.11図 法面保護工断面図(⑥-⑥断面)

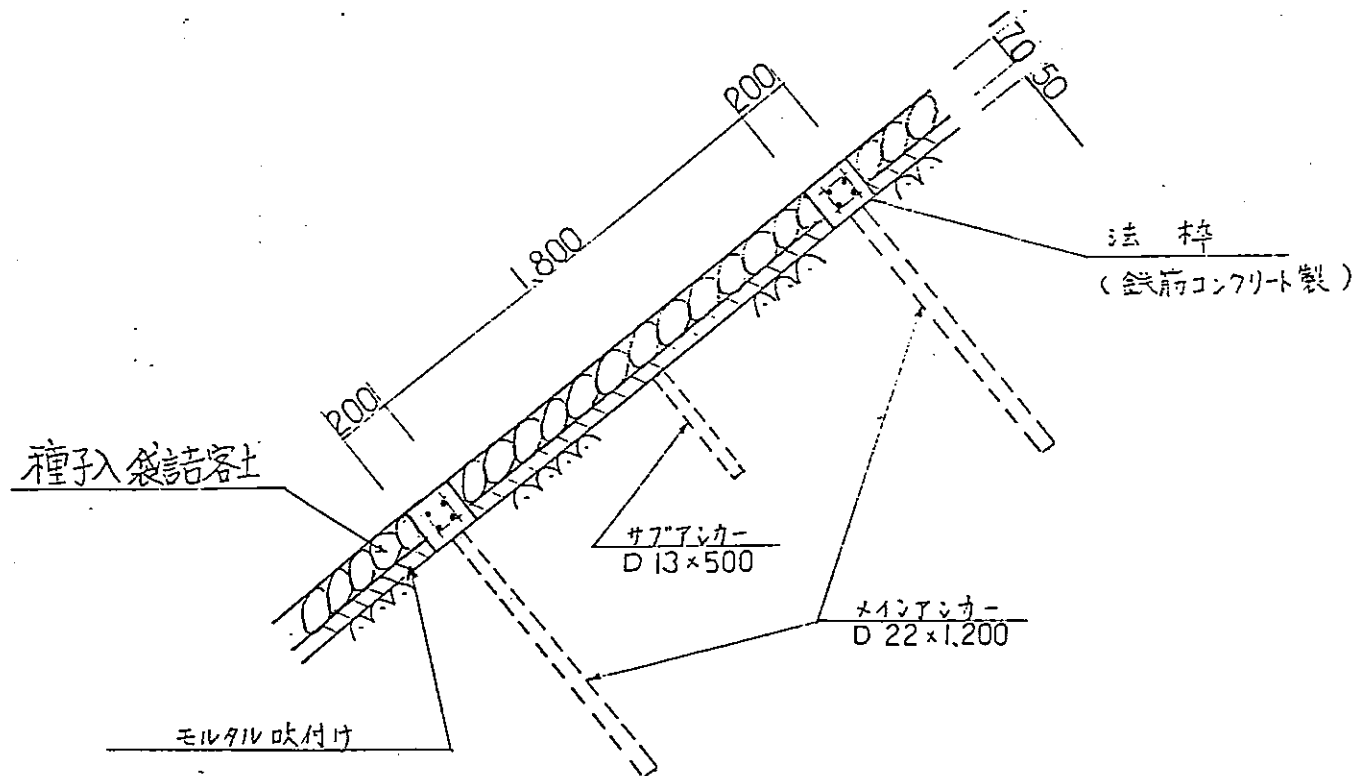
コンクリート法枠工 平面図 $s = 1/50$



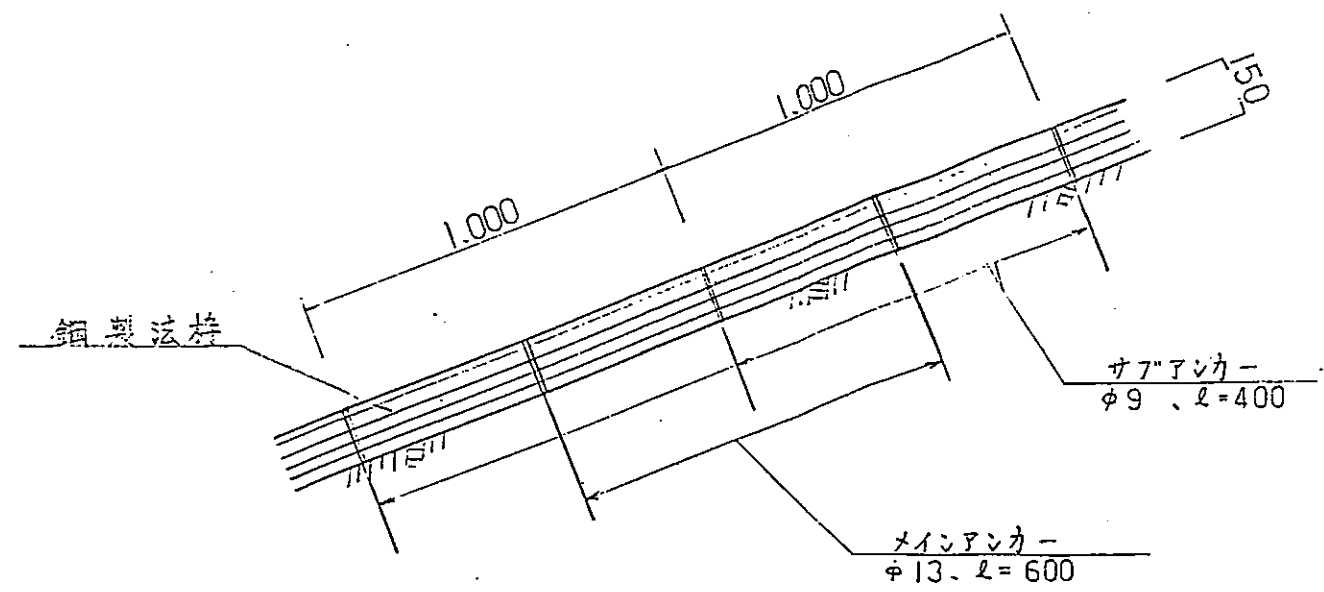
鋼製法枠工 平面図 $s = 1/40$



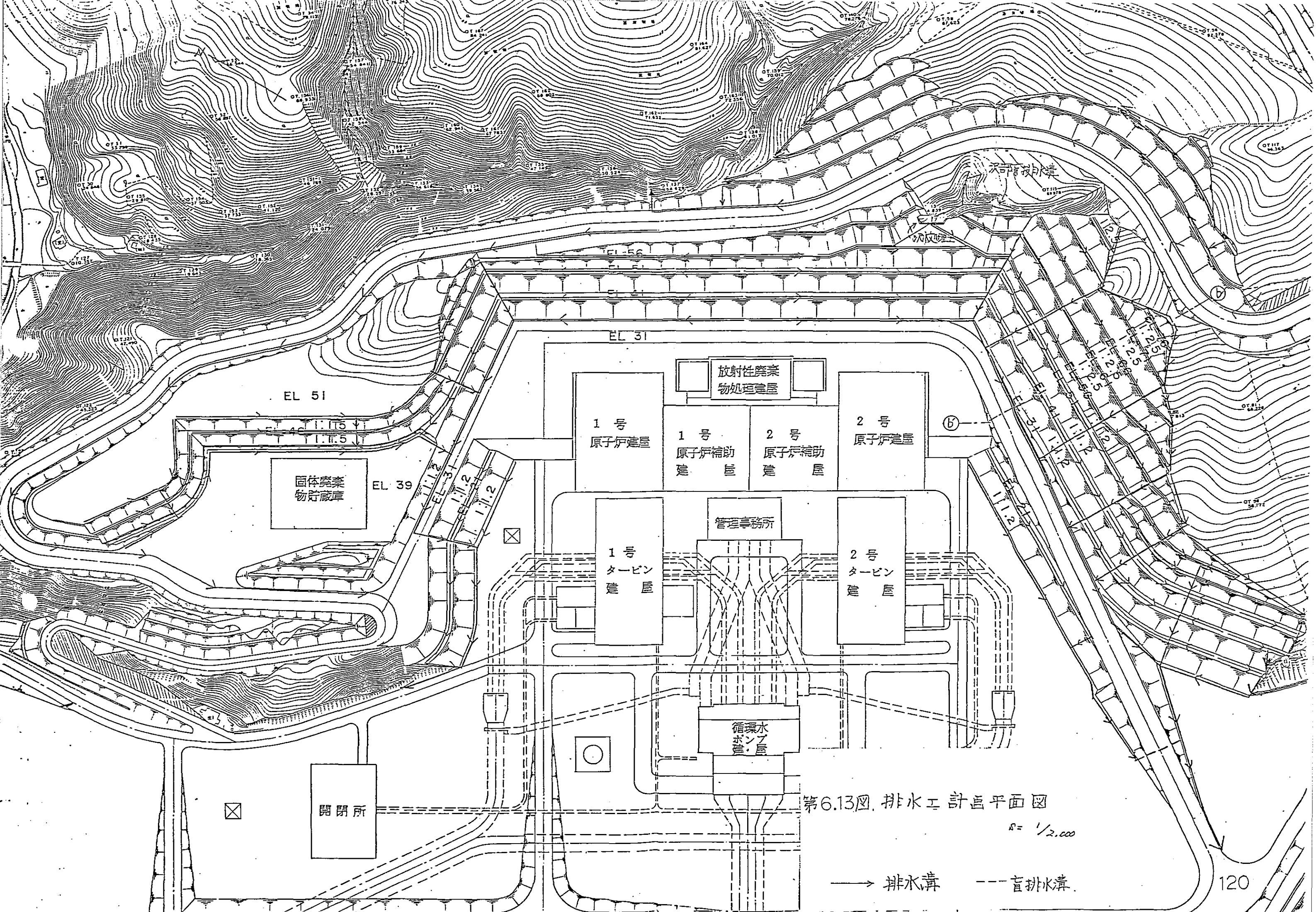
コンクリート法枠工 断面図 $s = 1/30$



鋼製法枠工 断面図 $s = 1/20$



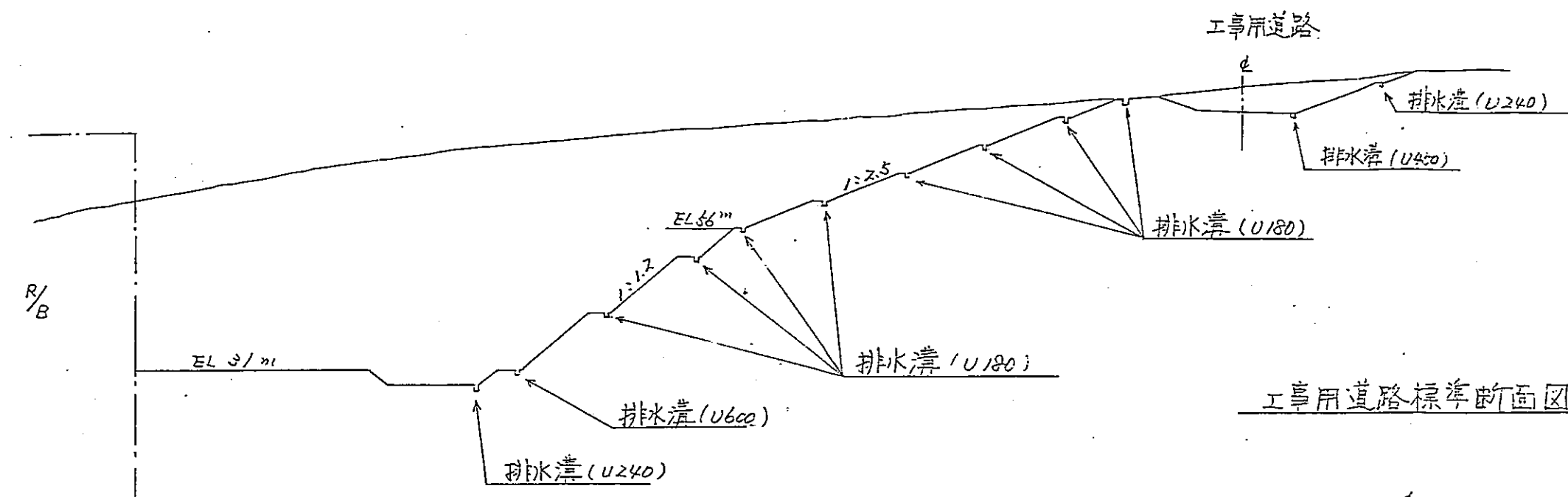
第 6.12 図 法面保護工 詳細図



第6.13図. 排水工計画平面図

S= 1/2,000

→ 排水溝 - - - 盲排水溝

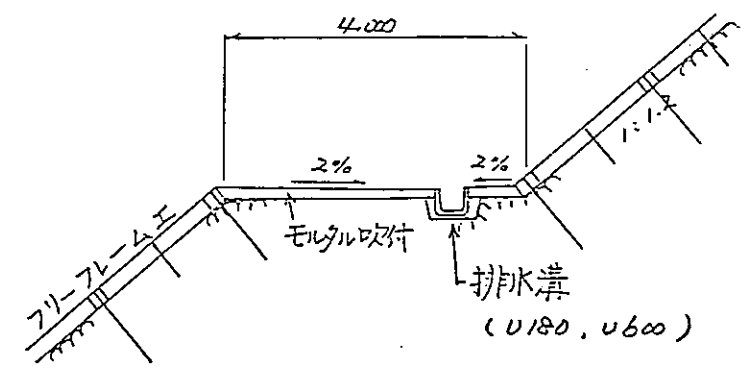


工事用道路標準断面図

$S = 1/200$

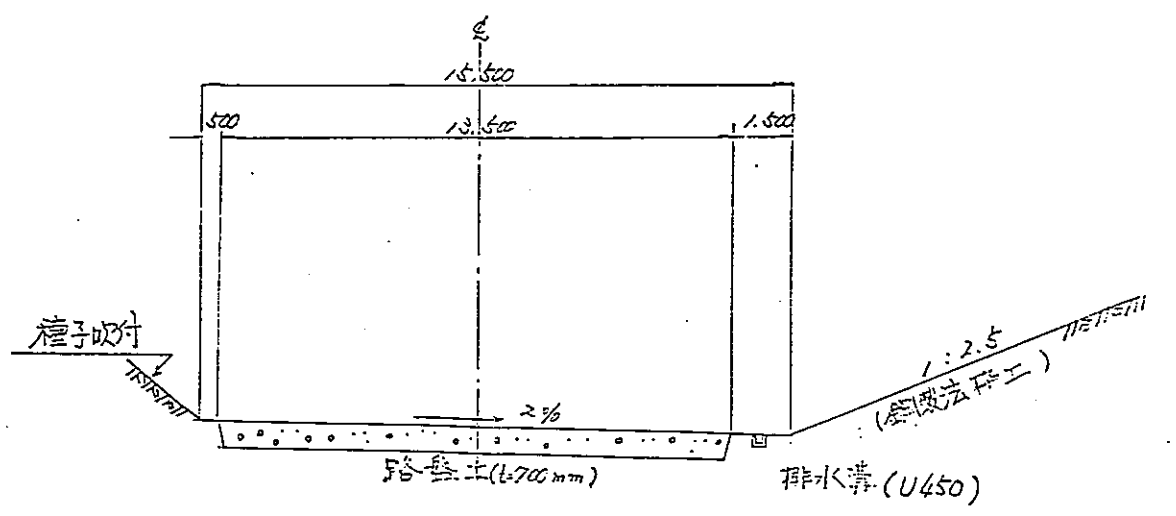
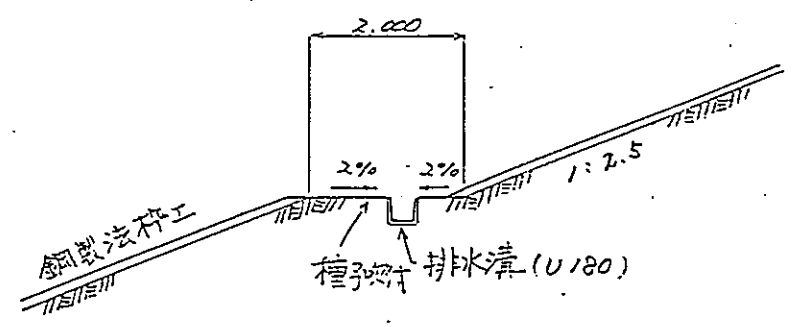
EL 56 m以下標準断面図

$S = 1/100$



EL 56 m以上標準断面図

$S = 1/100$



第6.14図 排水計画断面図 (⑥-⑥断面)

泊発電所（1，2号炉）

原子炉建屋背後斜面の地盤物性

昭和59年 2月28日

目 次

1 試驗內容	1
(1) 土質試驗	1
(2) 岩石試驗	1
(3) 岩盤試驗	1
2 試驗結果	2
(1) 土質試驗	2
(2) 岩石試驗	3
(3) 岩盤試驗	3
圖表集	4

1. 試験内容

原子炉建屋背後斜面の表土と岩盤を対象にして土質試験、岩石試験及び岩盤試験を実施した。試料採取位置及び試験位置を第1.1図、第1.2図に示す。

(1) 土質試験

表土及び土砂状を呈するE級岩盤を対象にして、物理及び力学試験を実施した。物理試験としては比重、含水比、密度、粒度を測定し、力学試験としては乱さない試料により圧密非排水による三軸圧縮試験を土質工学会編「土質試験法」に準拠して実施した。

(2) 岩石試験

A～C級岩盤を対象にして、岩石の物理及び力学試験を実施した。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、力学試験としては一軸圧縮試験、引張試験を実施した。

なお、D級岩盤について物理試験を実施した。

(3) 岩盤試験

風化しているC～E級岩盤を対象にして、岩盤のせん断及び変形試験を実施した。岩盤せん断試験装置を第1.3図に、載荷パターンを第1.4図に、岩盤変形試験装置を第1.5図に、載荷パターンを第1.6図に示す。また表土及びD～E級岩盤を対象に、ボーリング孔内でPS検層を実施し、地盤の縦波(P波)、

横波 (S波) の伝播速度を求めた。

2. 試験結果

(1) 土質試験

表土及び土砂状を呈するE級岩盤の物理試験結果を第2.1表、三軸圧縮試験結果を第2.1図に示す。

試験結果の平均値は以下のとおりである。

a. 比重

比重は、表土約2.73、E級岩盤約2.69である。

b. 自然含水比

自然状態の含水比は、表土約31.2%、E級岩盤約50.9%である。

c. 密度

自然状態での密度は、表土約 $1.81\text{g}/\text{cm}^3$ 、E級岩盤約 $1.60\text{g}/\text{cm}^3$ である。

d. 三軸圧縮試験

飽和状態において、表土で粘着力約 $0.67\text{kg}/\text{cm}^2$ 、内部摩擦角約 14.9° 、E級岩盤の土砂状を呈し軟質なもので粘着力約 $0.87\text{kg}/\text{cm}^2$ 、内部摩擦角約 25.5° である。

割線弾性係数 E_{50} は側圧 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ で表土約 $310\text{kg}/\text{cm}^2$ 、E級岩盤約 $440\text{kg}/\text{cm}^2$ である。

(2) 岩石試験

岩石試験結果を原子炉建屋設置地盤の結果とあわせて第2.2表に示す。

原子炉建屋背後斜面の岩石物性は、物理特性、強度特性、変形特性とも原子炉建屋設置地盤の試験結果と同等の値を示している。

(3) 岩盤試験

2号原子炉建屋山側地表付近に分布する凝灰岩の風化したC～E級の岩盤で実施した岩盤せん断試験結果を第2.2図に、岩盤変形試験結果を第2.3表に示す。

風化したC級及びD級岩盤は、試掘坑内での新鮮なC級及びD級岩盤の試験結果と同等の値を示しており、これらをまとめると、C級岩盤ではせん断強度 5.8 kg/cm^2 、内部摩擦角 46.3° 、割線弾性係数 $1.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、D級岩盤ではせん断強度 3.0 kg/cm^2 、内部摩擦角 38.8° 、割線弾性係数 $0.5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ である。

なお、岩盤状を呈しているE級岩盤でせん断強度 1.7 kg/cm^2 、内部摩擦角 26.2° 、変形係数 $0.13 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ である。

また、表土及びD～E級岩盤を対象にして実施したボーリング孔内のPS検層結果を第2.4表に示す。

弾性波速度の平均値は、D級岩盤でP波 1.7 km/s 、S波 0.76 km/s 、E級岩盤でP波 1.1 km/s 、S波 0.43 km/s 、表土でP波 0.84 km/s 、S波 0.26 km/s となっている。

圖 表 集

第 2.1 表 表土及び E 級岩盤の物理試験結果

分 類		表 土	E 級	
比 重 G_s	試験個数	70	32	
	平均値	2.73	2.69	
	標準偏差	0.07	0.04	
含水比 W (%)	試験個数	75	32	
	平均値	31.2	50.9	
	標準偏差	10.5	11.6	
密 度 (g/cm^3)	試 験 個 数	41	11	
	乾 燥	平均値	1.39	1.06
		標準偏差	0.17	0.22
	自 然	平均値	1.81	1.60
		標準偏差	0.13	0.13
	飽 和	平均値	1.89	1.67
		標準偏差	0.12	0.14
	間隙比 e	平均値	1.00	1.63
標準偏差		0.25	0.43	
粒 度	試 験 個 数	68	31	
	レキ分 (%)	3.4	4.8	
	砂 分 (%)	56.0	53.4	
	シルト分 (%)	25.1	31.1	
	粘土分 (%)	15.5	10.7	

第 2.2 表(1)原子炉建屋背後斜面 岩石試験結果

岩 盤 分 類		A 級			B 級		C 級					D 級		
岩 種		安山岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	整石凝灰岩	含泥岩凝灰岩	凝灰岩	質凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩	凝灰岩
風 化 状 况		新 鮮 岩							風 化 岩					
物 理 試 驗	試 驗 個 数	17	66	79	6	31	6	6	33	37	63	8	8	
	密 度 (g/cm ³)	乾 平 均 值	2.62	2.04	1.84	2.14	1.63	1.19	1.34	1.58	1.78	1.56	1.41	1.38
		標 準 偏 差	0.07	0.16	0.17	0.20	0.16	0.09	0.28	0.18	0.20	0.17	0.06	0.06
	自 然	平 均 值	2.65	2.26	2.11	2.34	2.01	1.70	1.83	1.96	1.97 ¹⁾	1.91 ²⁾	1.85	1.84
		標 準 偏 差	0.06	0.11	0.12	0.13	0.10	0.05	0.15	0.13	0.12	0.11	0.06	0.05
	飽 和	平 均 值	2.66	2.26	2.12	2.35	2.02	1.72	1.83	1.96	2.09	1.96	1.87	1.86
		標 準 偏 差	0.06	0.11	0.12	0.12	0.10	0.05	0.16	0.13	0.14	0.11	0.05	0.05
	吸 水 率 (%)	平 均 值	1.4	11.3	15.8	10.4	24.5	44.5	40.5	25.1	18.3	26.2	32.8	34.6
		標 準 偏 差	0.7	4.5	5.7	5.1	7.1	6.9	17.3	8.1	6.6	6.7	2.5	3.1
	有 効 間 隙 率 (%)	平 均 值	3.7	22.4	28.2	21.5	39.0	52.5	50.0	38.4	31.4	39.9	46.1	47.6
標 準 偏 差		1.6	7.3	7.2	8.2	6.2	4.3	12.9	7.9	7.7	6.6	2.1	2.4	
超 音 波 速 度 測 定	試 驗 個 数	17	57	79	5	26	3	6	30	21	27	—	—	
	P 波 速 度 (km/s)	平 均 值	4.78	3.54	2.97	2.77	2.92	2.34	2.57	2.13	3.02	2.61	—	—
		標 準 偏 差	0.89	0.30	0.43	0.24	0.27	0.11	0.41	0.35	0.46	0.48	—	—
	S 波 速 度 (km/s)	平 均 值	2.56	1.79	1.47	1.42	1.48	1.18	1.27	1.03	1.44	1.23	—	—
		標 準 偏 差	0.53	0.19	0.19	0.11	0.14	0.04	0.23	0.23	0.20	0.23	—	—
	動 弾 性 係 數 (×10 ⁴ kg/cm ²)	平 均 值	48.1	19.8	12.8	12.7	12.1	6.3	8.3	6.0	12.1	8.5	—	—
		標 準 偏 差	18.5	3.8	3.8	2.0	2.3	0.4	3.2	2.7	3.5	3.1	—	—
	動 波 ン 比	平 均 值	0.30	0.32	0.33	0.32	0.32	0.33	0.34	0.34	0.35	0.35	—	—
		標 準 偏 差	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	—	—
	力 学 試 驗	試 驗 個 数	17	57	79	5	26	3	6	30	21	27	—	—
一 軸 圧 縮 強 度 (kg/cm ²)		平 均 值	1404	272	307	129	190	70	85	136	147	109	—	—
		標 準 偏 差	513	85	142	32	57	1	29	103	72	67	—	—
静 弾 性 係 數 (×10 ⁴ kg/cm ²)		平 均 值	51.6	17.6	12.8	9.8	8.8	5.3	4.9	4.1	7.8	5.1	—	—
		標 準 偏 差	13.8	5.6	5.0	4.3	2.8	1.1	2.5	3.6	4.8	3.5	—	—
静 波 ン 比		平 均 值	0.24	0.24	0.29	0.30	0.30	0.28	0.34	0.23	0.22 ³⁾	0.27 ⁴⁾	—	—
		標 準 偏 差	0.04	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.12	0.08	0.03	0.09	—	—
試 驗 個 数		14	52	75	5	21	3	6	28	21	27	—	—	
引 張 強 度 (kg/cm ²)		平 均 值	104.0	25.2	25.7	18.4	25.3	14.2	11.0	12.0	17.2	16.8	—	—
		標 準 偏 差	38.6	9.1	8.2	14.4	7.3	0.9	3.3	7.5	11.2	7.9	—	—

1) 試験個数 17
 2) " 32
 3) " 5
 4) " 7

原子炉建屋設置地盤

第2.2表(2) 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	安山岩塔岩	凝灰角礫岩	凝灰岩	軽石凝灰岩	含泥岩凝灰岩	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	0.15	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	
	動弾性係数 ($\times 10^4$ 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	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	
	静弾性係数 ($\times 10^4$ 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	
	試験個數		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	
試験組數		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		

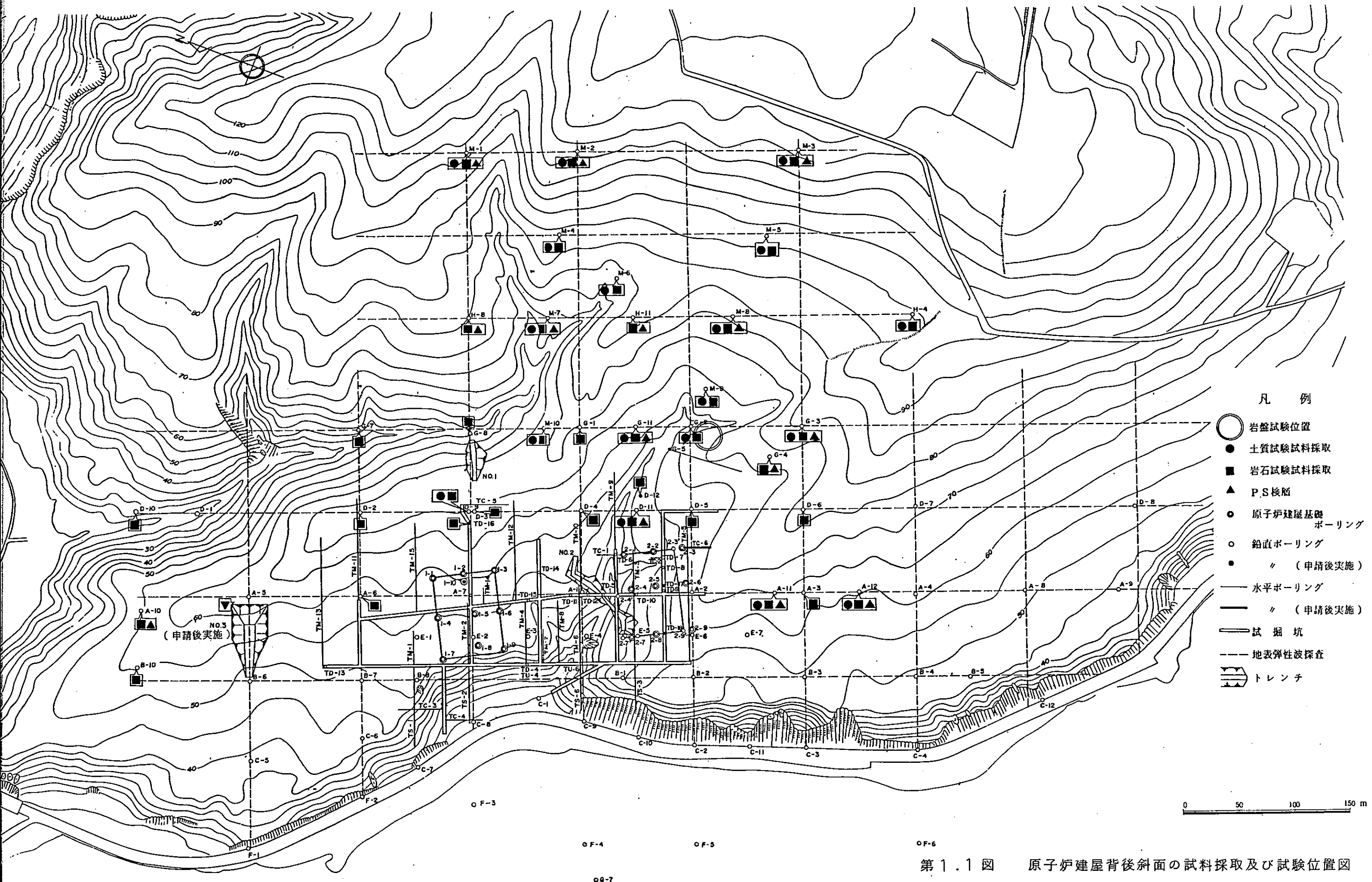
第 2.3 表 原子炉建屋背後斜面 岩盤変形試験結果

項目 岩盤分類	岩種	試験位置	変形係数 ($\times 10^4 \text{kg/cm}^2$)		割線弾性係数 ($\times 10^4 \text{kg/cm}^2$)		接線弾性係数 ($\times 10^4 \text{kg/cm}^2$)	
			荷重範囲(kg/cm^2)		荷重範囲(kg/cm^2)		荷重範囲(kg/cm^2)	
			0~10	0~30	0~10	0~30	0~10	0~30
C 級	凝灰角礫岩	試験坑	0.7	1.2	0.9	1.5	1.6	2.8
	軽石凝灰岩	試験坑	0.9	0.8	1.0	1.0	1.0	1.2
			0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.8
	凝灰岩	試験坑	0.8	1.0	0.9	1.1	1.1	1.7
			0.8	1.0	1.1	1.3	1.3	1.9
	凝灰岩	斜面	0.3	0.5	0.5	0.7	0.7	1.3
			0.9	1.5	1.4	1.7	1.8	2.8
	凝灰岩	斜面	0.6	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2
	平均値		0.7	1.0	1.0	1.2	1.2	1.8
D 級	含泥岩礫凝灰岩	試験坑	0.5	0.6	0.5	0.7	0.7	1.2
			0.3	0.5	0.4	0.6	0.6	1.4
			0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8
	凝灰岩	斜面	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.9
	平均値		0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	1.1
E 級	凝灰岩	斜面	0.11	—	—	—	—	—
			0.15	—	—	—	—	—
	平均値		0.13	—	—	—	—	—

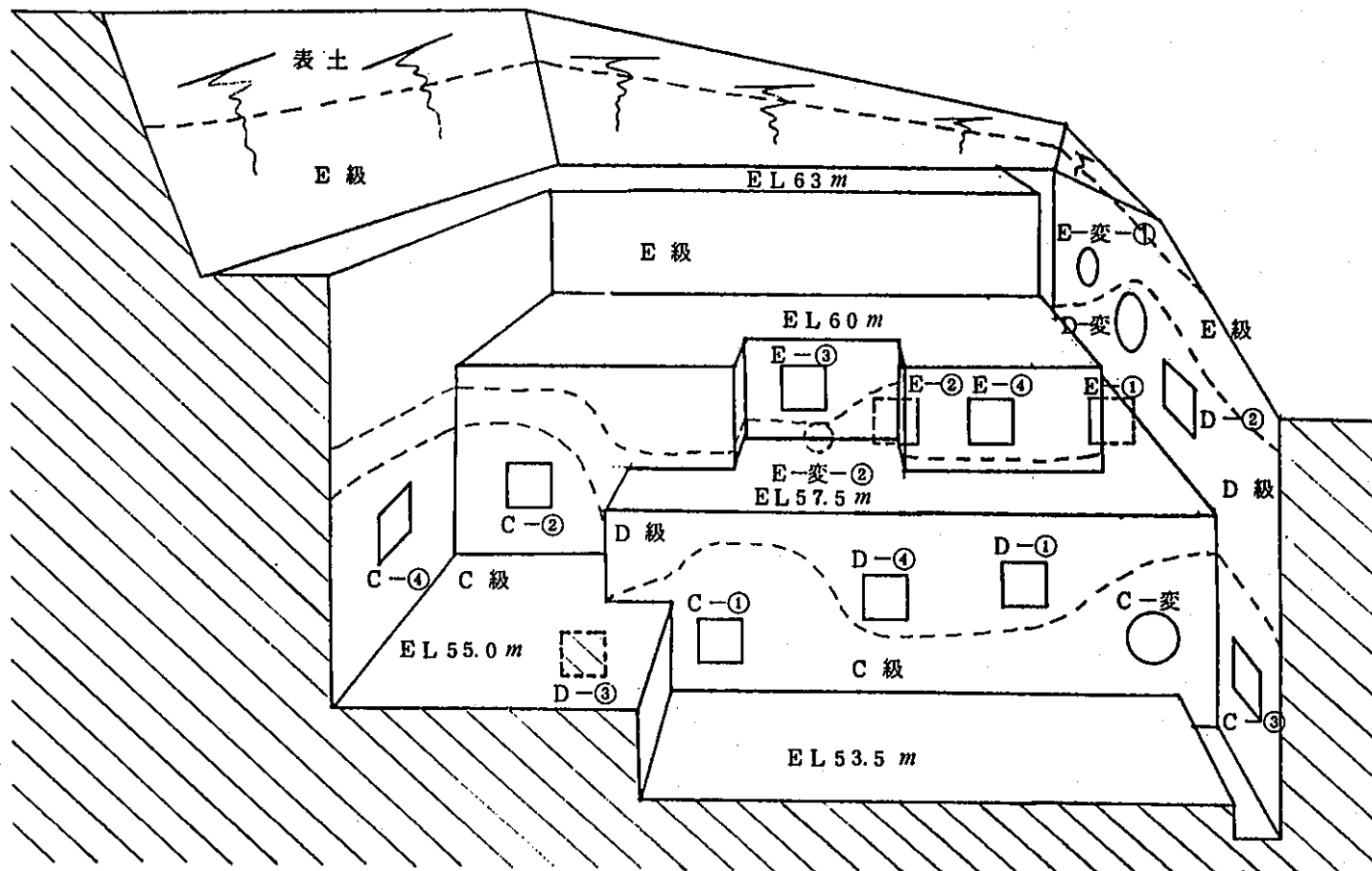
第2.4表 ボーリング孔内P S検層結果

地点名	深 度 (m)	層 厚 (m)	岩 盤 区 分	P 波 速 度 V _p (km/s)	S 波 速 度 V _s (km/s)
A-10 孔口標高 EL+53.54m	2.00~9.15	7.15	表土	0.92	0.27
	9.15~12.70	3.55	E級	/	/
	12.70~17.00	4.30	D級	/	/
	17.00~17.40	0.40	/	2.39	1.08
A-11 孔口標高 EL+65.03m	2.00~4.00	2.00	表土	0.31	0.15
A-12 孔口標高 EL+60.68m	2.00~3.30	1.30	表土	0.88	0.42
	3.30~4.50	1.20	D級	/	/
D-11 孔口標高 EL+55.90m	2.00~7.00	5.00	E級	1.11	0.38
	8.50~10.25	1.75	D級	1.70	1.00
G-3 孔口標高 EL+79.00m	2.00~11.00	9.00	表土	0.50	0.25
G-4 孔口標高 EL+70.90m	2.00~7.00	5.00	表土	2.14	0.34
	7.00~9.80	2.80	E級	/	/
	9.80~10.00	0.20	D級	/	/
	10.00~11.00	1.00	/	/	0.44
G-11 孔口標高 EL+67.24m	2.00~3.60	1.60	表土	0.59	0.23
	3.60~6.30	1.70	E級	/	/
H-5 孔口標高 EL+85.54m	2.00~4.00	2.00	表土	0.64	0.36
	13.40~15.00	1.60	D級	1.10	0.62
H-11 孔口標高 EL+86.43m	2.00~2.50	0.50	表土	1.15	0.32
	2.50~6.00	3.50	E級	/	/
M-2 孔口標高 EL+117.44m	0~1.00	1.00	表土	0.28	0.13
	1.00~2.50	1.50	E級	/	/
	2.50~6.80	4.30	/	1.26	0.63
	6.80~8.00	1.20	/	2.37	1.23
M-3 孔口標高 EL+121.99m	0~1.35	1.35	表土	0.24	0.11
	1.35~10.00	8.65	E級	0.82	0.39
	10.00~10.50	0.50	/	2.08	1.06
	10.50~13.00	2.50	D級	/	/
M-7 孔口標高 EL+75.26m	0~1.00	1.00	表土	0.35	0.16
	1.00~6.00	5.00	E級	0.57	0.29
	6.00~9.00	3.00	D級	2.39	1.23
M-8 孔口標高 EL+81.93m	0~1.00	1.00	表土	0.31	0.14
	1.00~8.50	7.50	E級	0.75	0.34
	8.50~12.00	3.50	/	1.67	0.76
	12.00~12.80	0.80	/	2.67	1.23

岩 盤 分 類	密 度 ρ (g/cm ³)	P 波 速 度 V _p (km/s)	S 波 速 度 V _s (km/s)	動 弾 性 係 数 E _d (×10 ⁸ kg/cm ²)	動 ポ ア ソ ン 比 ν _d	備 考
D 級	1.9	1.7	0.76	3.1	0.38	
E 級	1.7	1.1	0.43	0.90	0.41	
表 土	1.9	0.84	0.26	0.38	0.45	

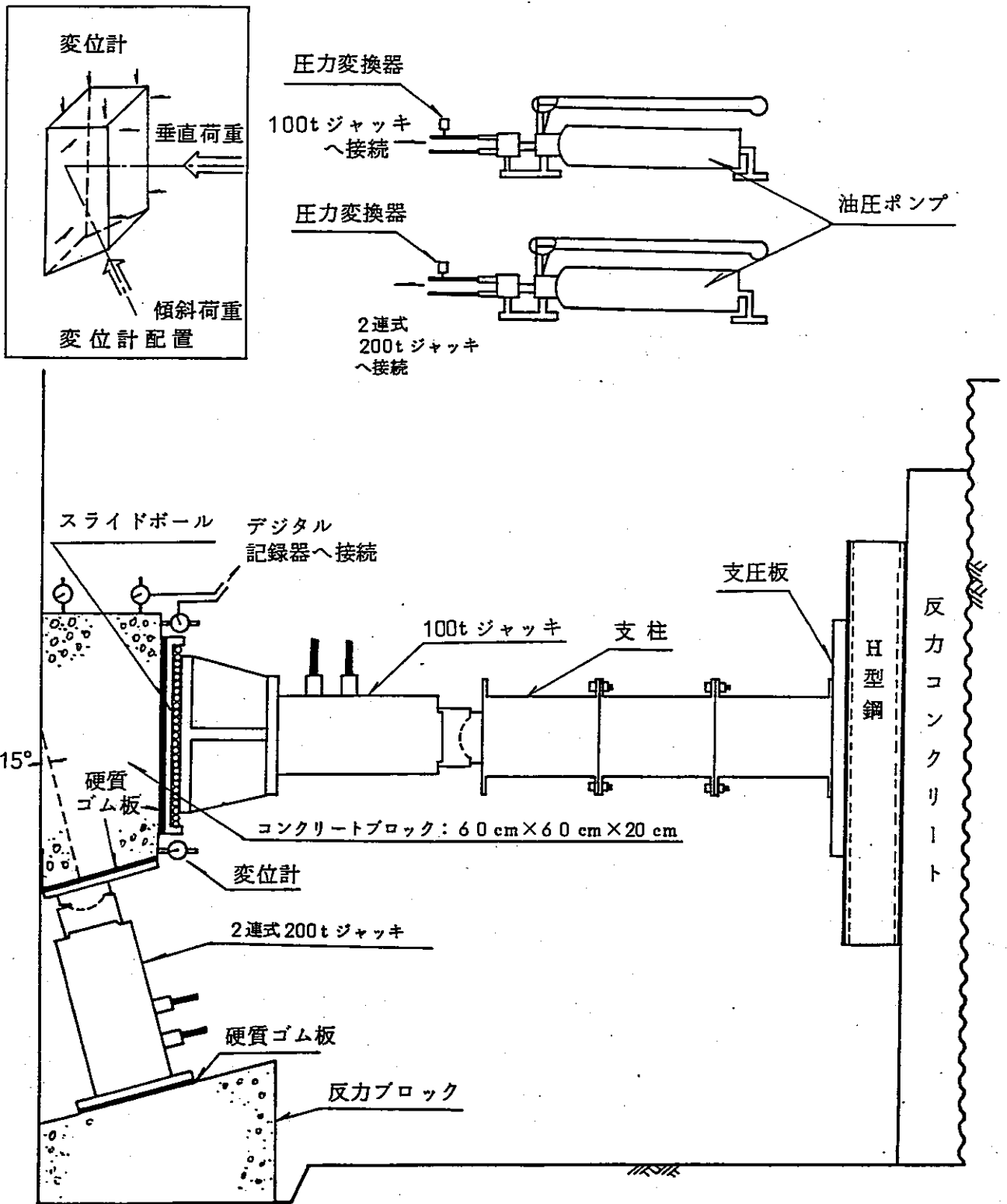


第 1.1 図 原子炉建屋背後斜面の試料採取及び試験位置図

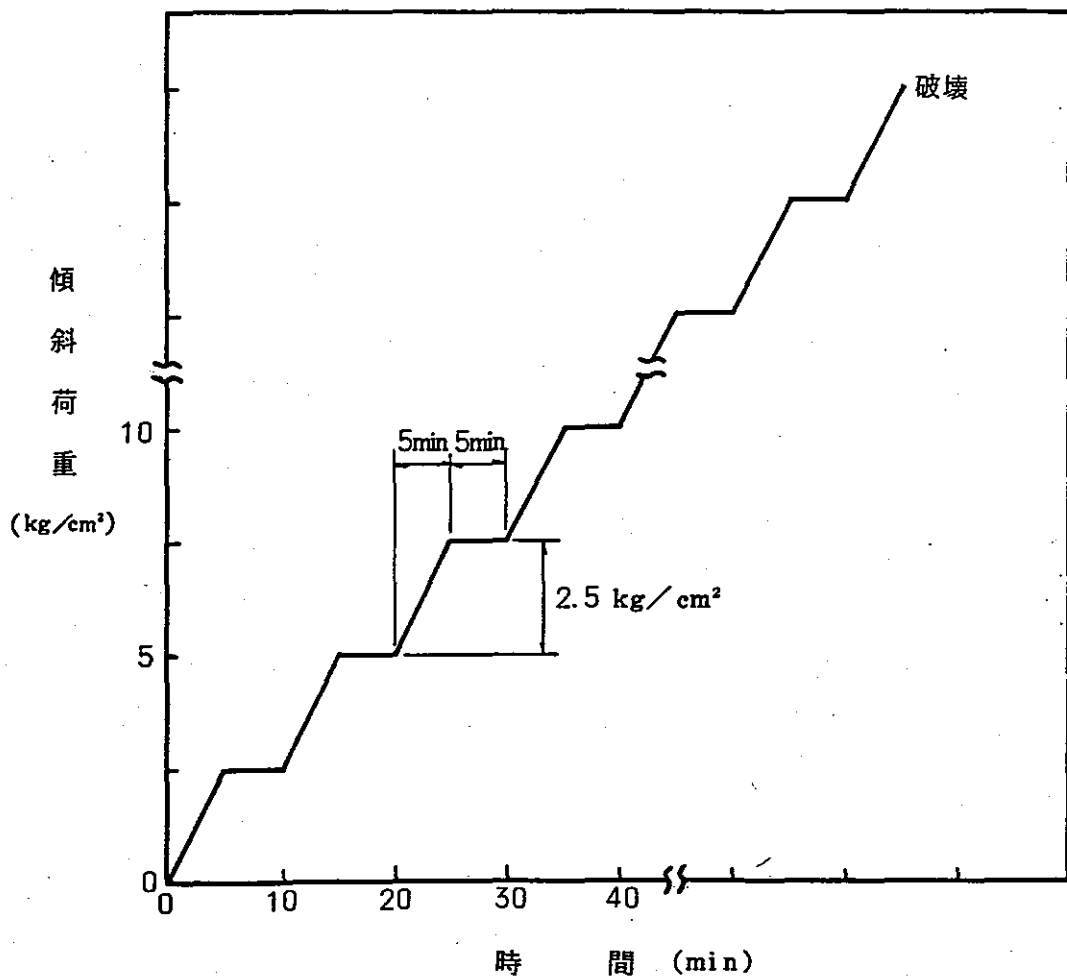
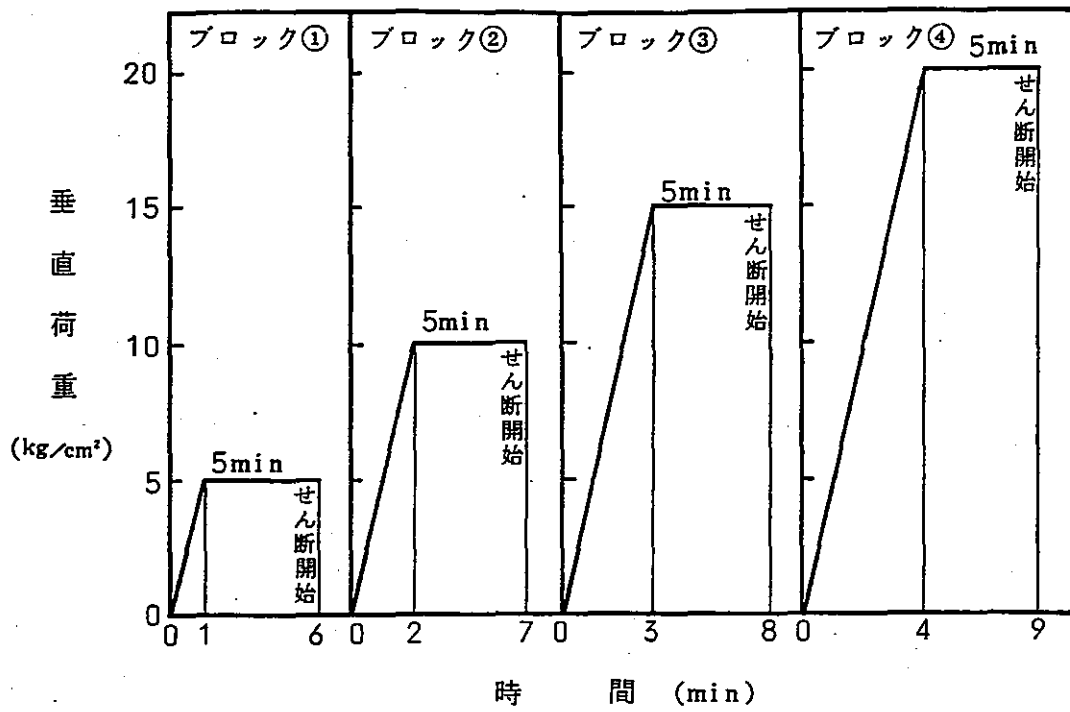


- ; 岩盤せん断試験 (C ~ E 級岩盤)
- ; 岩盤変形試験 (C、D 級岩盤)
- ; 岩盤変形試験 (E 級岩盤)

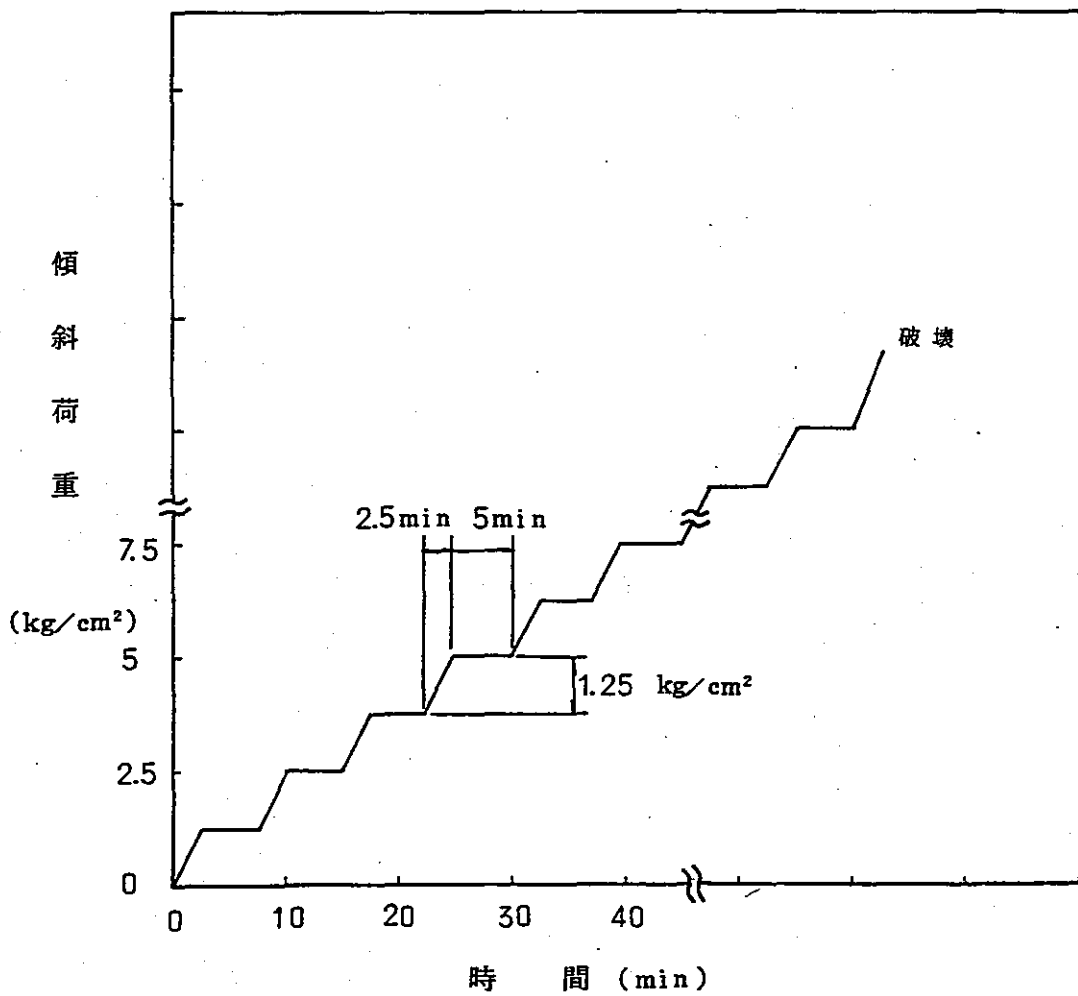
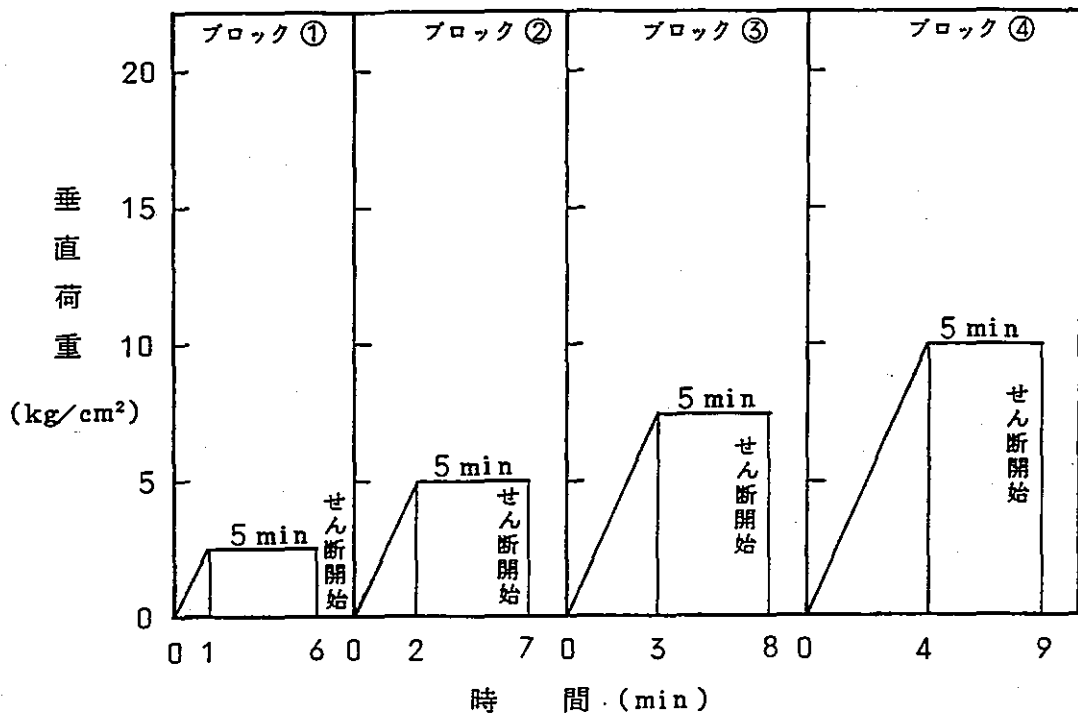
第1.2図 岩盤試験位置概念図



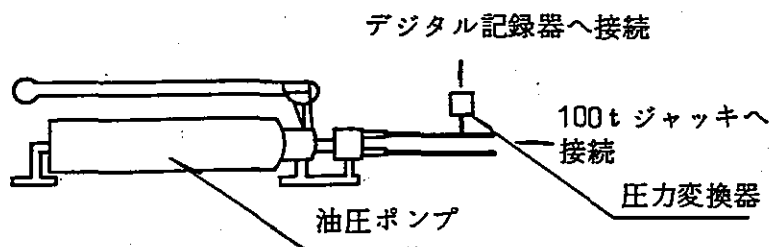
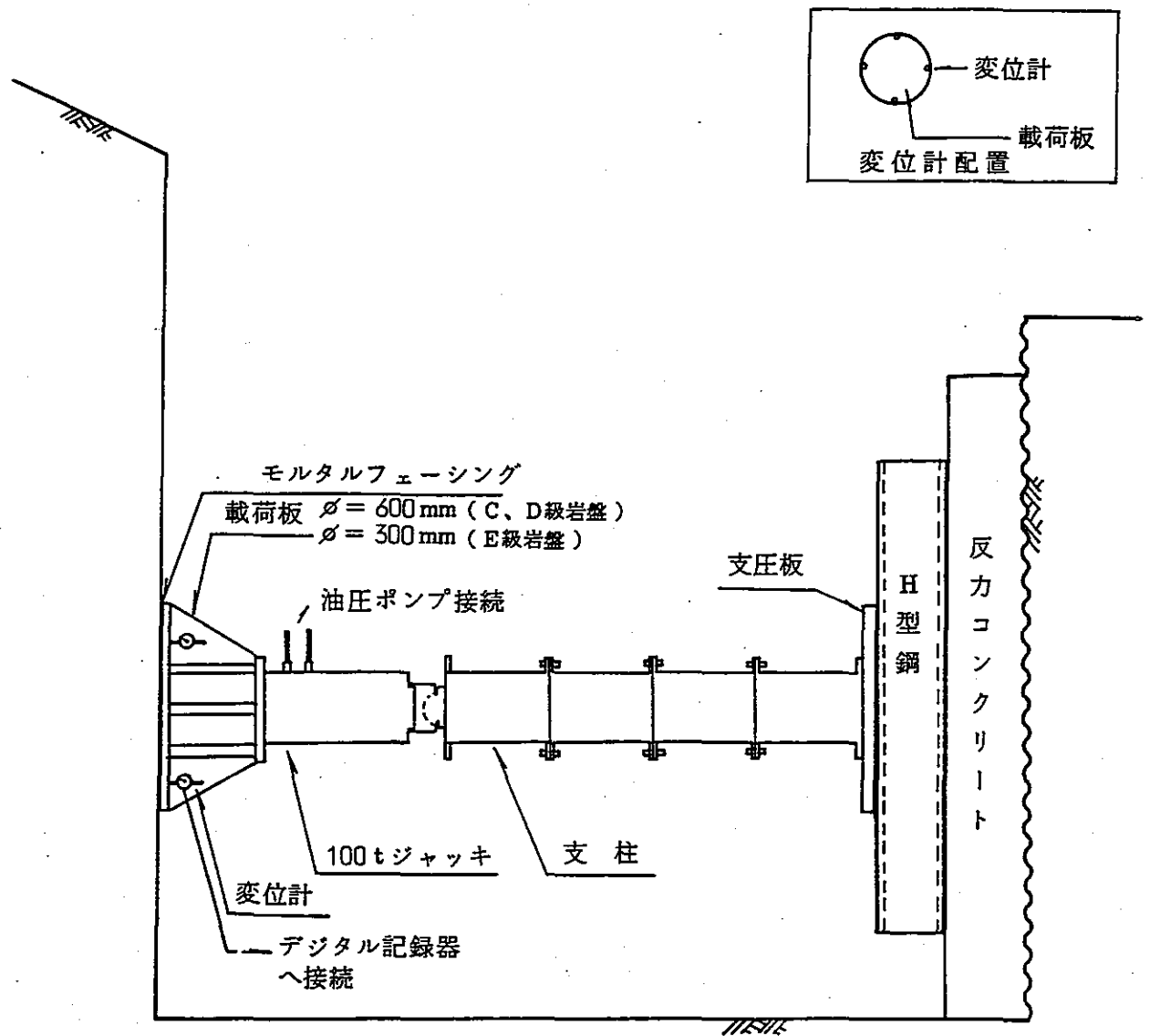
第 1.3 図 岩盤せん断試験装置図 (C ~ E 級岩盤)



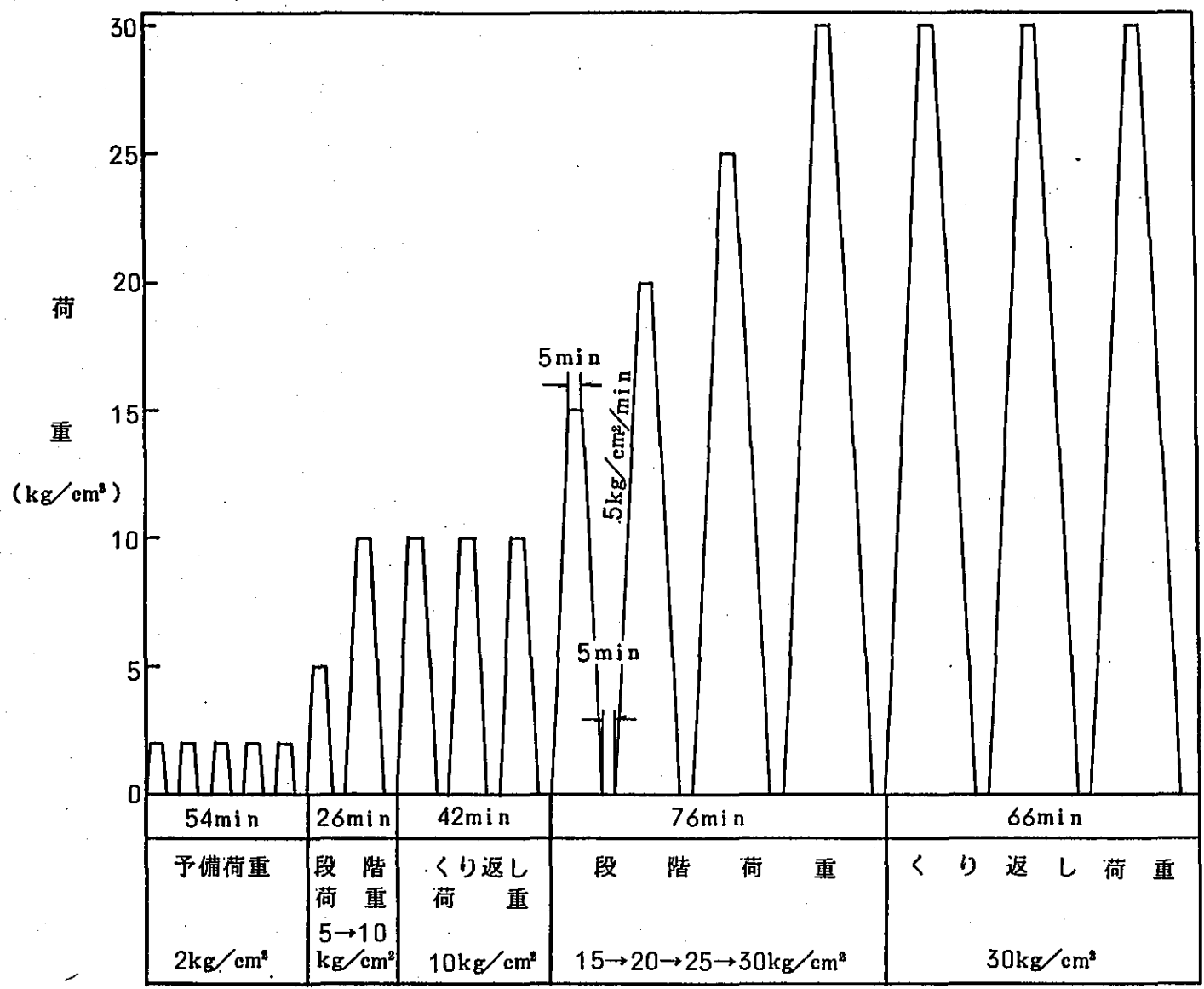
第1.4図(1) 岩盤せん断試験載荷パターン (C、D級岩盤)



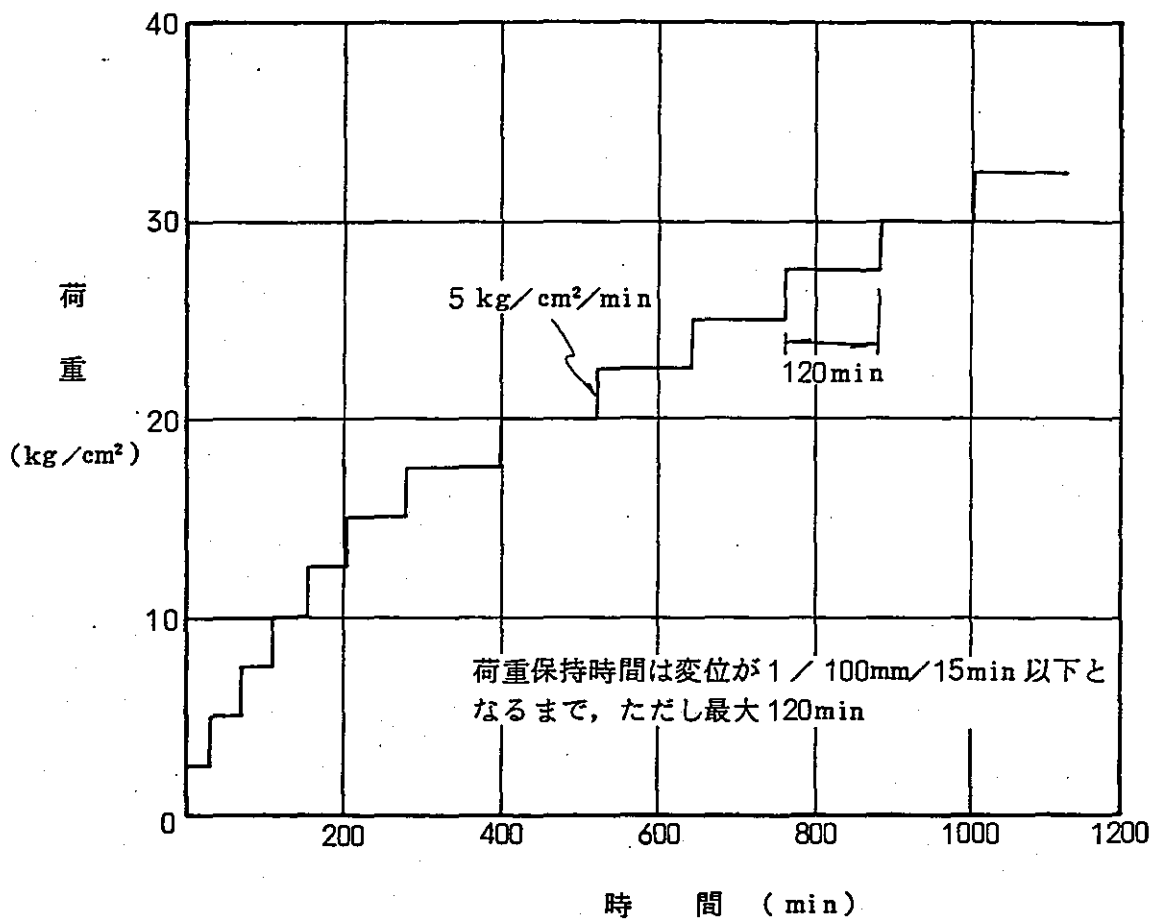
第 1 . 4 図(2) 岩盤せん断試験載荷パターン (E 級岩盤)



第 1.5 図 岩盤変形試験装置図 (C ~ E 級岩盤)

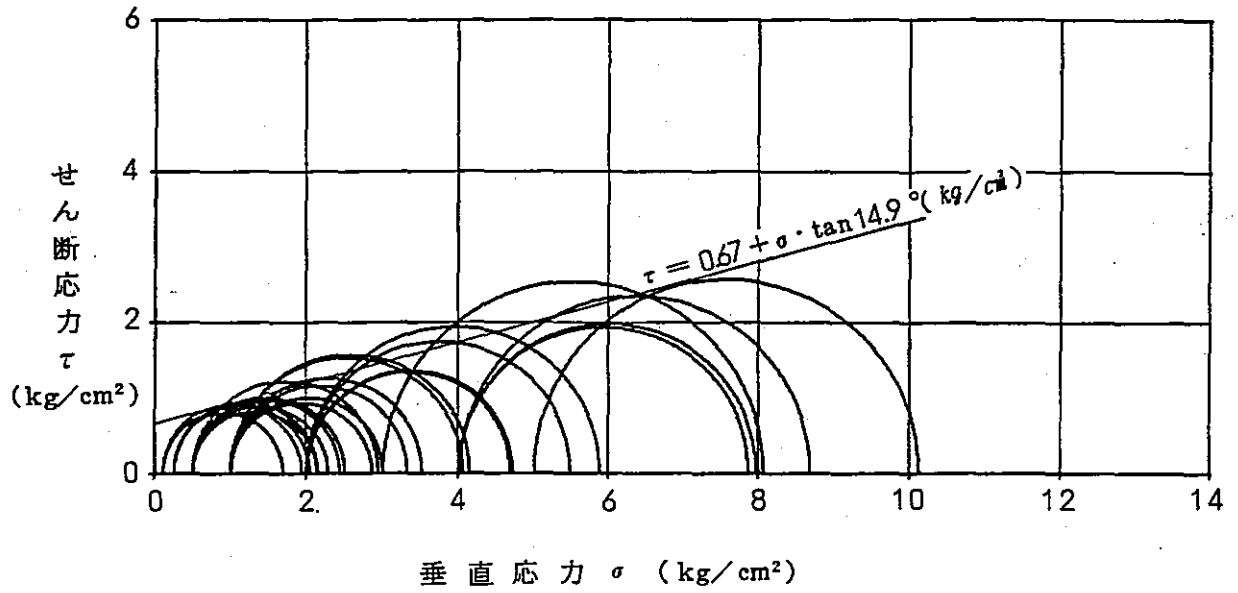


第 1 . 6 図(1) 岩盤変形試験載荷パターン (C、D 級岩盤)

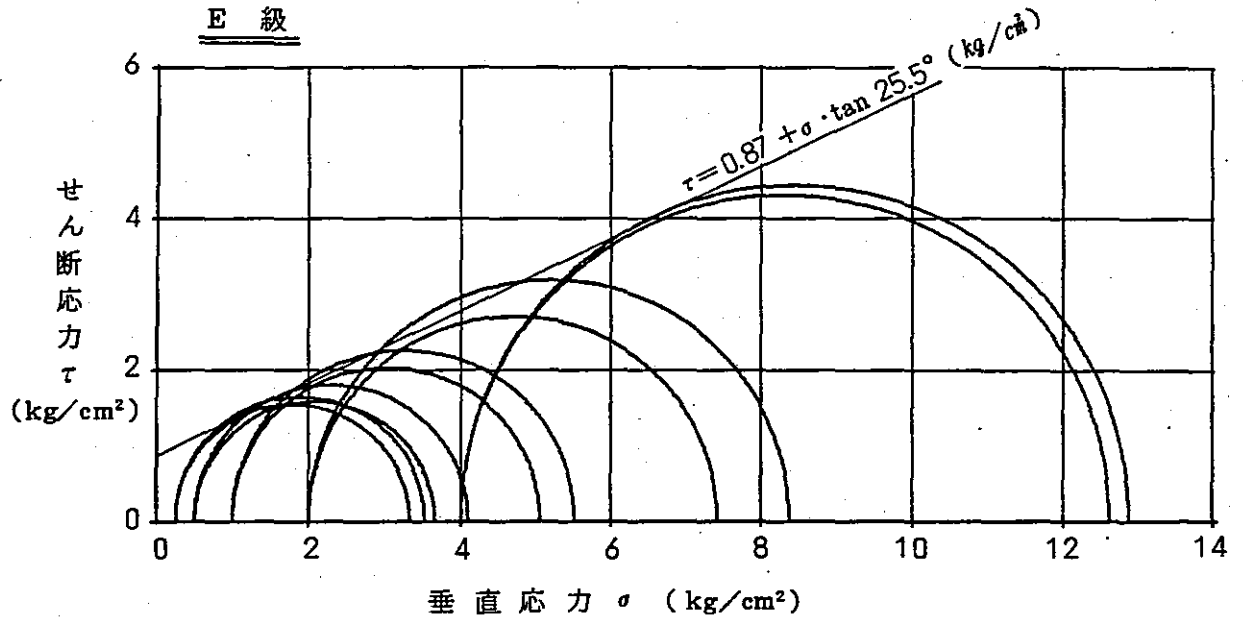


第1.6図(2) 岩盤変形試験載荷パターン (E級岩盤)

表土

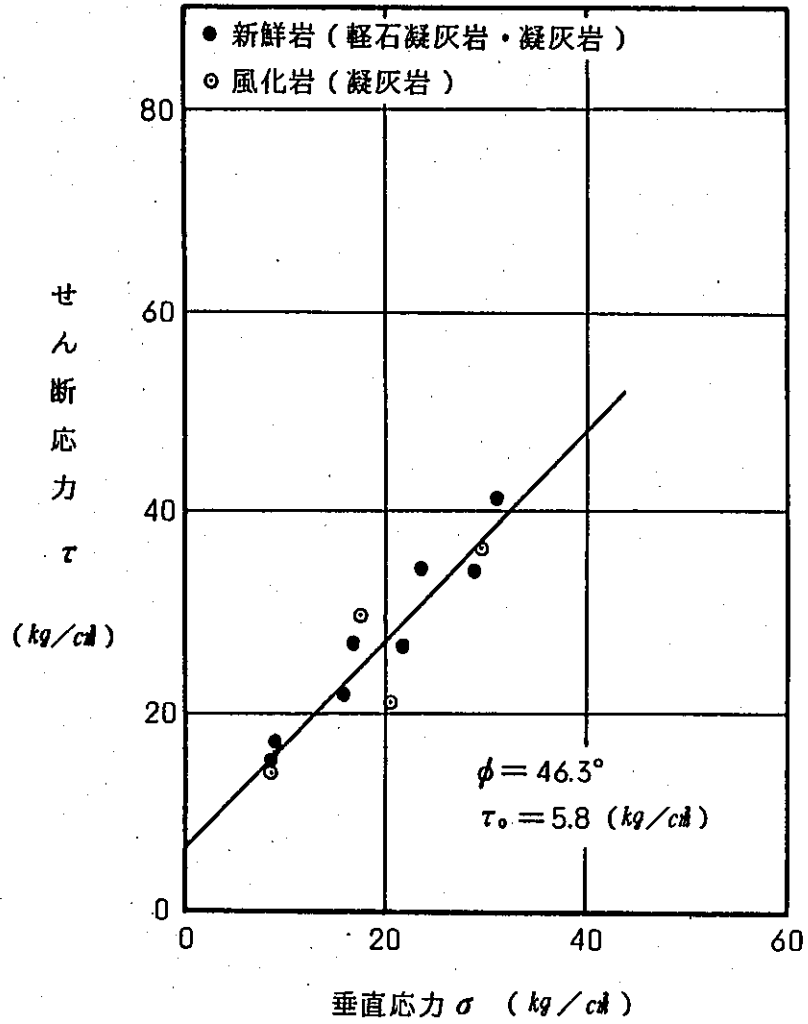


E 級

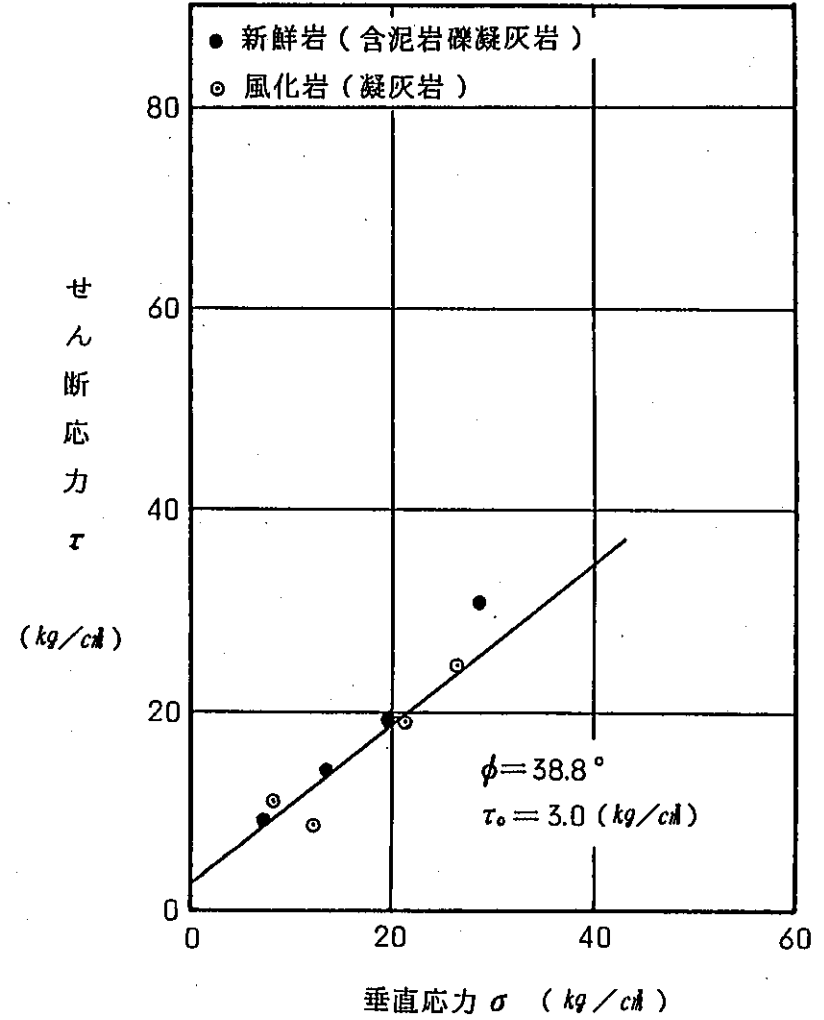


第 2.1 図 表土及び E 級岩盤の三軸圧縮試験結果

C 級

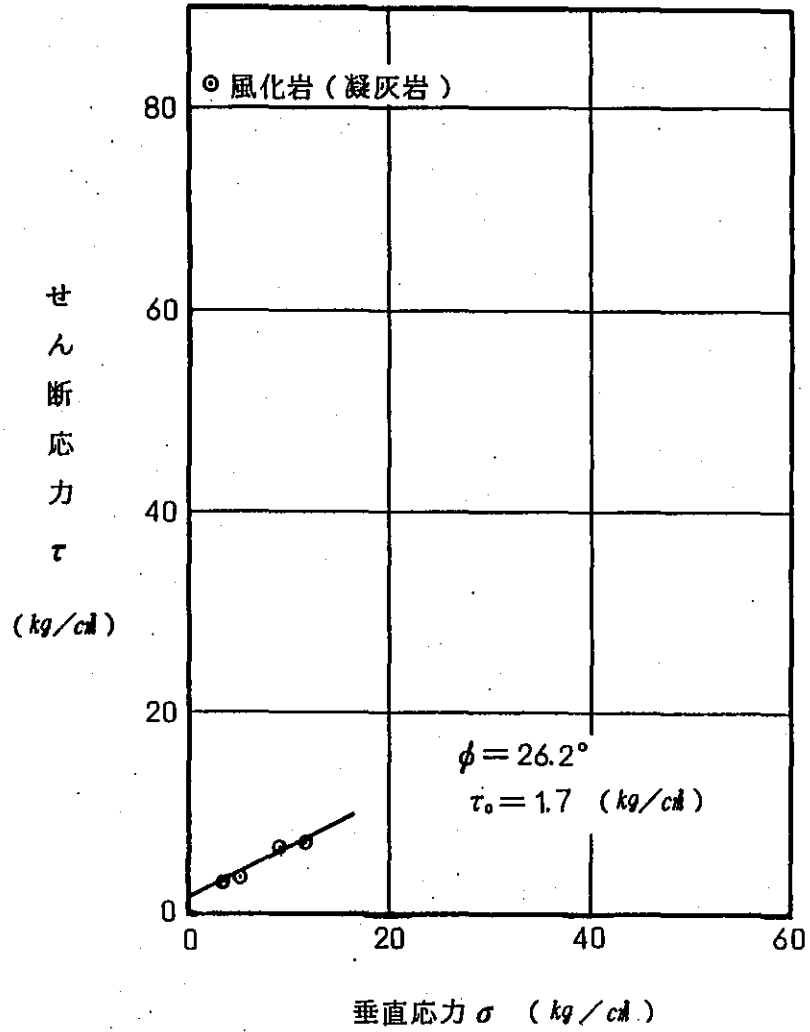


D 級



第 2.2 図(1) 原子炉建屋背後斜面 岩盤せん断試験結果

E 級



第 2.2 図(2) 原子炉建屋背後斜面 岩盤せん断試験結果

泊発電所（1，2号炉）

断層物性試験について

昭和59年 2月28日

目次

1. 試驗內容	1
a. 物理試驗	1
b. 靜的單純世人斷試驗	1
c. 一面世人斷試驗	2
d. 動的單純世人斷試驗	2
e. 原位置世人斷試驗	2
2. 試驗結果	3
a. 一般物理特性	3
b. 靜的變形特性	3
c. 動的變形特性	3
d. 強度特性	4

1. 試験内容

試掘坑内の断層露頭より不攪乱試料を採取して断層内物質の物理及び力学試験を実施した。

力学試験としては、室内で静的単純せん断試験、一面せん断試験、動的単純せん断試験を、原位置でせん断試験を実施した。

室内試験は敷地内において連続性が認められる主要なF-1～F-6の6本の断層を対象とし、試料は地質観察結果から細粒分が多く軟質と認められる部分から採取した。

供試体は鋼製リングを圧入して採取し、直径5cm及び6cm、高さ2cmの円板形に整形した。

試料採取位置及び試験位置を第1.1図に示す。

a. 物理試験

物理試験としては比重、含水比、密度、液性限界、塑性限界及び粒度を土質工学会編「土質試験法」に準拠して測定した。

b. 静的単純せん断試験

断層内物質の強度、変形特性を把握するために、不攪乱試料採取可能なF-1.2.3.5断層を対象に直径5cm、高さ2cmの円板形の供試体で静的単純せん断試験を実施した。

試験装置図を第1.2図に示す。試験はひずみ速度を0.01%/secで供試体にせん断力を加え、ひずみ10%になるまで行った。

c. 一面せん断試験

F-3断層を対象に、直径6cm、高さ2cmの円板形の供試体で一面せん断試験を実施した。

試験装置図を第1.3図に示す。試験は変位速度0.035mm/minで破壊に至るまで供試体にせん断力を加え行った。

d. 動的単純せん断試験

F-1, 2, 3, 5断層を対象に動的単純せん断試験を実施した。

試験装置及び供試体寸法は、第1.2図に示す静的単純せん断試験と同様のもので、それぞれひずみ $\gamma = 10^{-4} \sim 10^{-3}$ の周波数1Hzの正弦波の動的せん断応力を供試体に加えて試験を行った。

e. 原位置せん断試験

F-3断層を対象に長さ60cm、幅60cm、高さ10~20cmの岩盤ブロックをせん断面付近に断層の破碎部が挟在するように切り出し、原位置せん断試験を実施しせん断強度、内部摩擦角を求めた。

試験位置を第1.1図に、試験装置を第1.4図に、載荷パターンを第1.5図に示す。

2 試験結果

a. 一般物理特性

F-1～F-6断層から採取した試料について実施した物理試験結果を第2.1表に示す。

試験結果を要約すると以下のとおりである。

(a) 比重

比重は、2.78～3.04の範囲にありやや大きめの値を示すがこれは菱鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱等の金属鉱物が含まれるためと判断される。

(b) 含水比

自然状態の含水比は、25.2%～42.6%である。

(c) 密度

自然状態の密度は、1.66～1.79 g/cm³である。

b. 静的変形特性

F-1, 2, 3, 5断層の静的単純せん断試験より得られたせん断応力～せん断ひずみ曲線を第2.1図に示す。

これより求めた弾性領域(せん断ひずみ 5×10^{-3} 時)のせん断弾性係数と垂直応力の関係を第2.2図に示す。

これによるとF-1断層は静的な剛性が比較的小さく、その他の断層は同等の値を示している。

c. 動的変形特性

F-1, 2, 3, 5断層の動的単純せん断試験より得られた微小ひずみ時の初期せん断弾性係数と垂直応力の関係を第2.3

図に、せん断弾性係数、減衰定数とせん断ひずみの関係を第 2.4 図に示す。

これによると F-1 断層は動的な剛性が比較的小さく、その他の断層は同等の値を示している。また、いずれの断層も剛性等のひずみ依存性は同様な傾向を示している。

d. 強度特性

F-1, 2, 3, 5 断層の静的単純せん断試験 (10% せん断ひずみ時) により得られたせん断応力と垂直応力の関係を第 2.5 図に、F-3 断層の一面せん断試験及び原位置せん断試験により得られたせん断応力と垂直応力の関係を第 2.6 図、第 2.7 図に、原位置せん断試験により得られたせん断応力とフロック変位の関係を第 2.8 図に示す。

なお、せん断面スケッチを第 2.9 図に示す。

各試験により得られたせん断強度と内部摩擦角を第 2.2 表に示す。

結果を要約すると以下のとおりである。

単純せん断試験では、せん断強度 $1.65 \sim 1.95 \text{ kg/cm}^2$ 、内部摩擦角 $14.7 \sim 23.7^\circ$ となっている。

また F-3 断層は単純せん断、一面せん断及び原位置せん断試験でそれぞれせん断強度 $1.95, 2.52, 1.98 \text{ kg/cm}^2$ 、内部摩擦角 $21.6, 27.8, 21.8^\circ$ となっている。

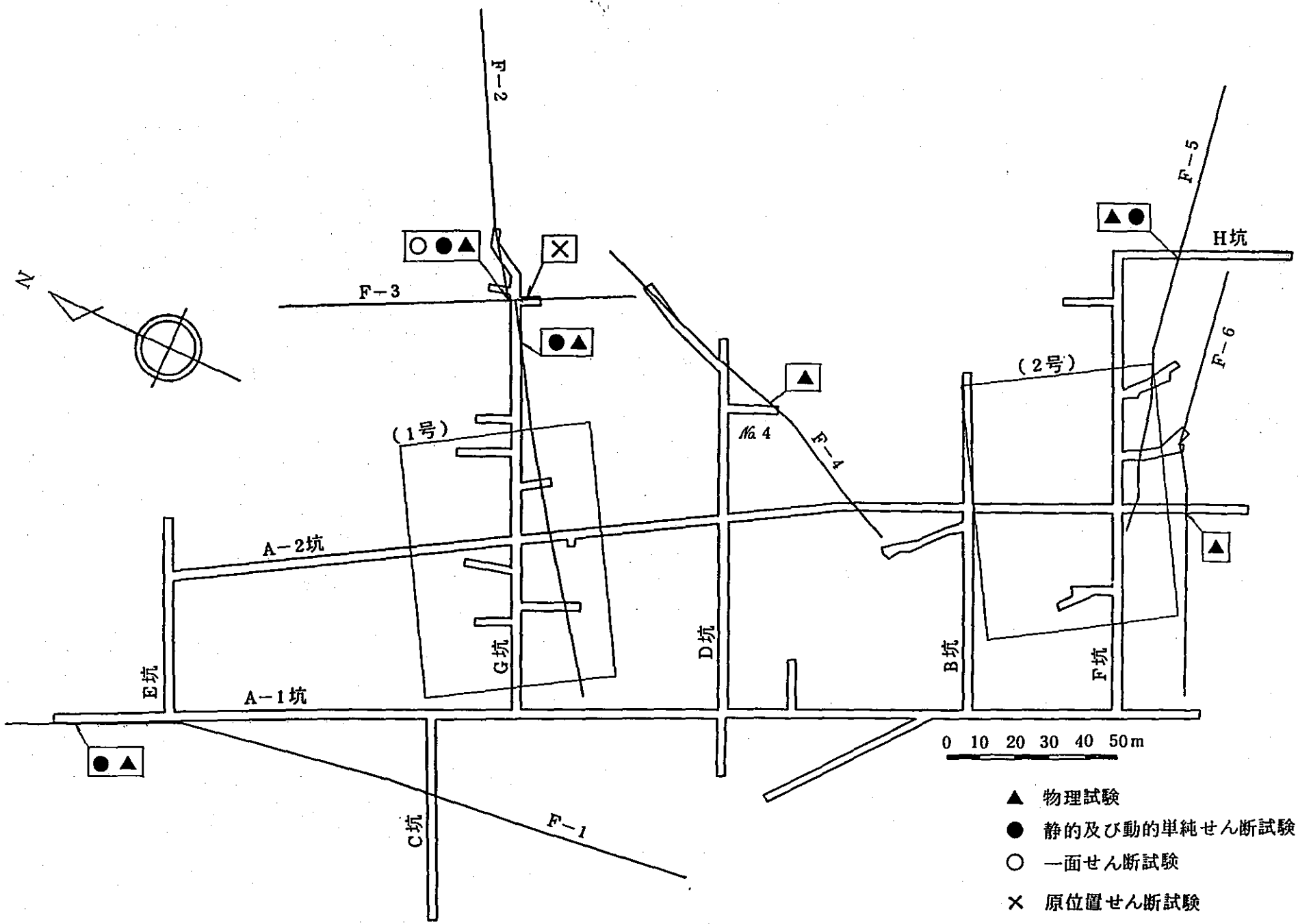
图 表 集

第 2.1 表 断層内物質の物理試験結果

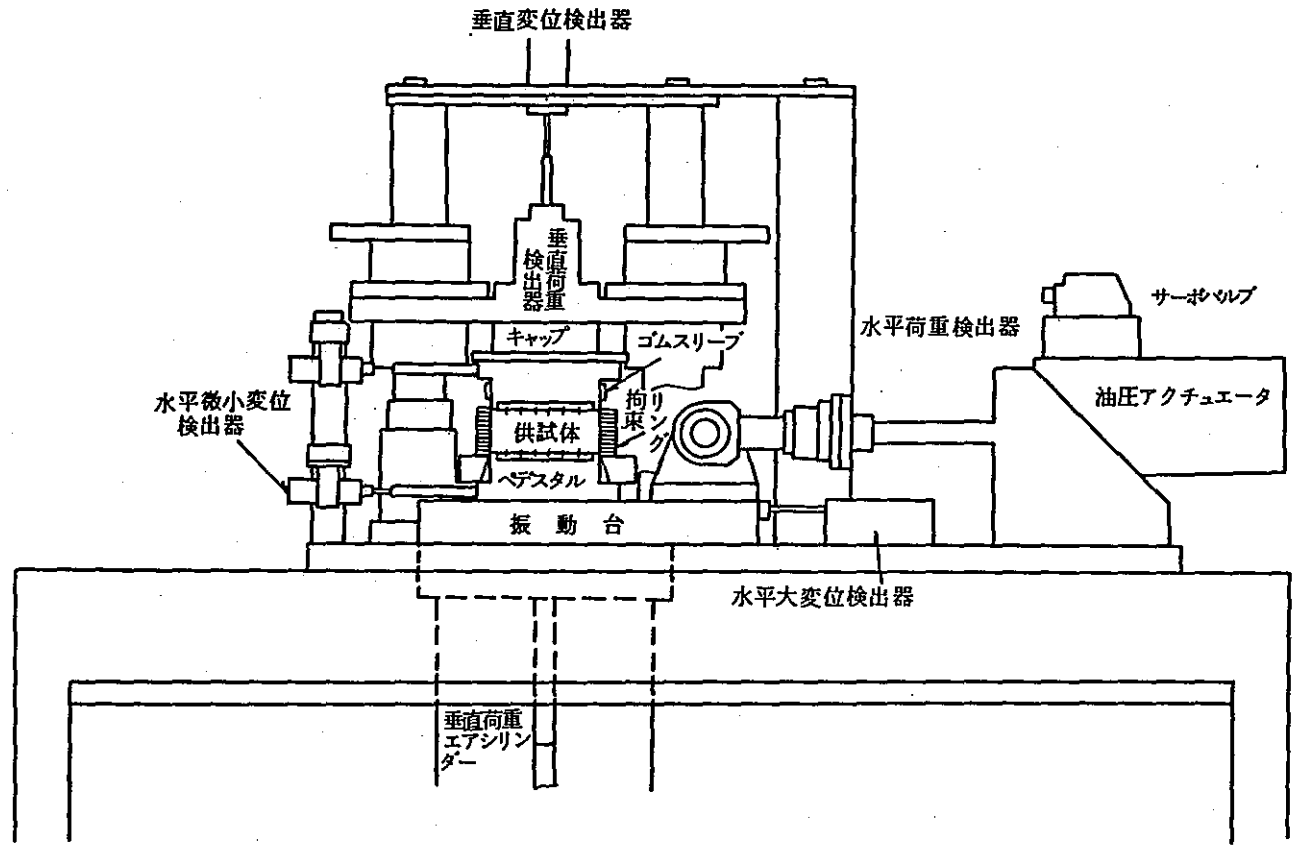
試験項目		断層名	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6
比重 Gs			3.04	2.84	2.78	2.83	2.85	2.90
含水比 W(%)			37.7	25.2	27.5	39.6	42.6	32.7
密度 (g/cm^3)	乾燥		1.21	1.37	1.36	1.20	1.26	—
	自然		1.66	1.72	1.73	1.67	1.79	—
	飽和		1.81	1.89	1.87	1.78	1.82	
間隙比 e			1.522	1.067	1.049	1.366	1.270	—
コンシステ ンシー	液性限界 W _L (%)		65.6	39.0	30.6	56.4	57.0	NP
	塑性限界 W _p (%)		31.7	24.4	16.9	38.8	37.0	NP
粒 度	レキ分 (%)		0.0	16.8	2.0	2.0	10.5	9.9
	砂分 (%)		29.0	37.2	31.0	37.0	38.5	35.1
	シルト分 (%)		44.0	34.3	45.0	44.0	35.0	38.0
	粘土分 (%)		27.0	11.7	22.0	17.0	16.0	17.0

第 2.2 表 断層内物質の力学試験結果

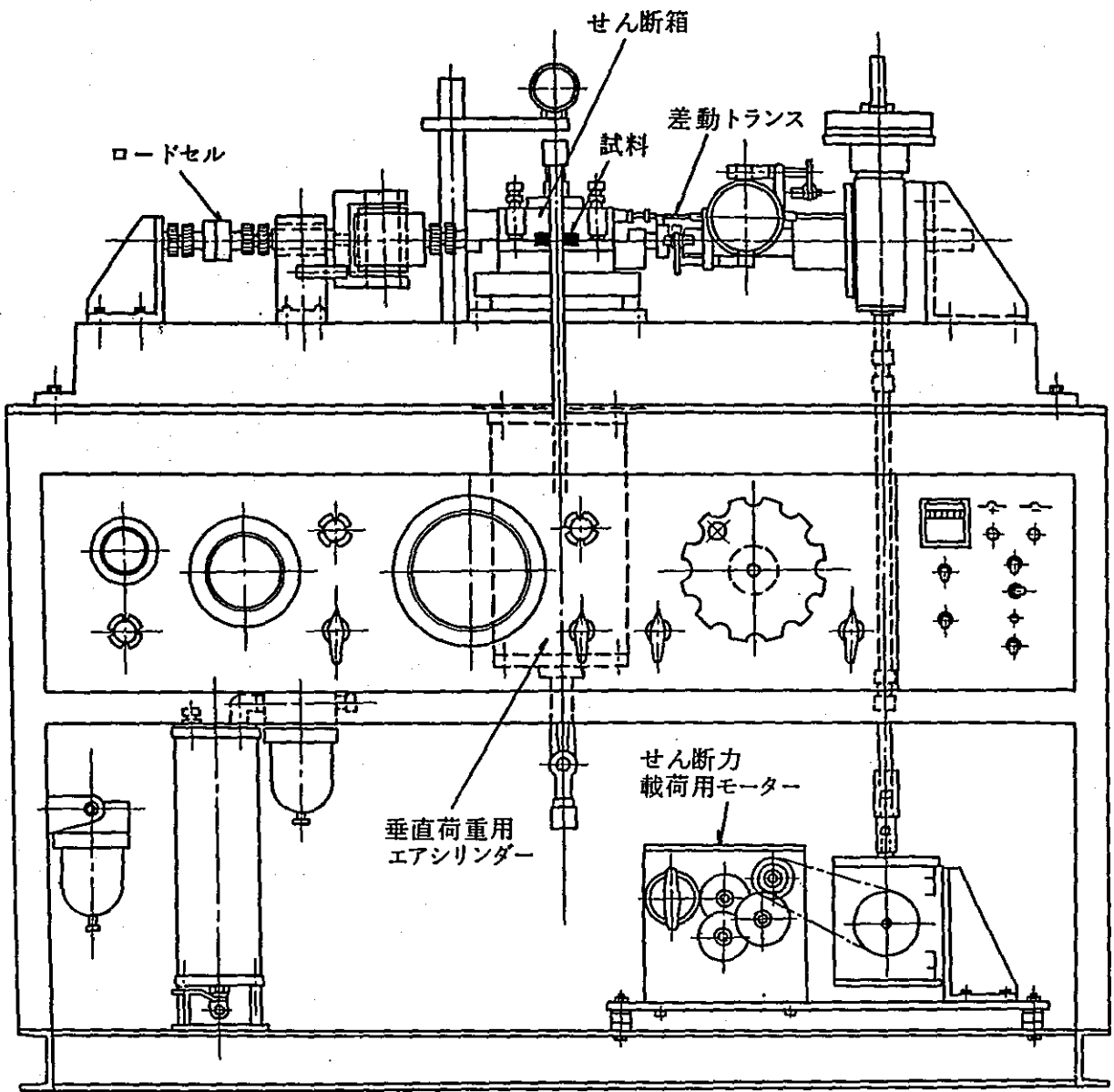
断層名	試 験	強 度 定 数	
		せん断強度 τ_0 (kg/cm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
F-1	単純せん断試験	1.65	14.7
F-2	単純せん断試験	1.70	21.3
F-3	単純せん断試験	1.95	21.6
	一面せん断試験	2.52	27.8
	原位置せん断試験	1.98	21.8
F-5	単純せん断試験	1.77	23.7



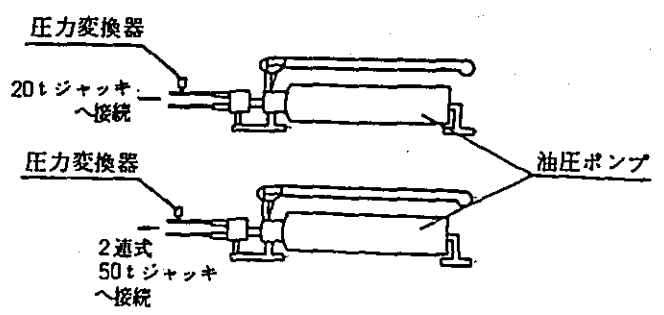
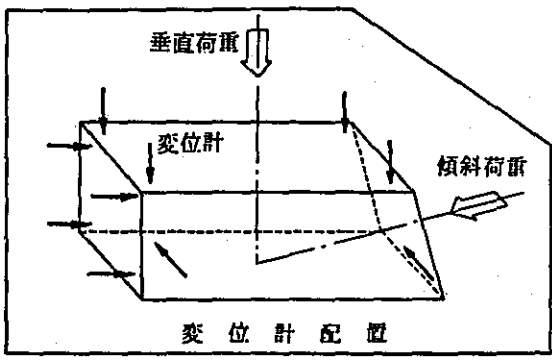
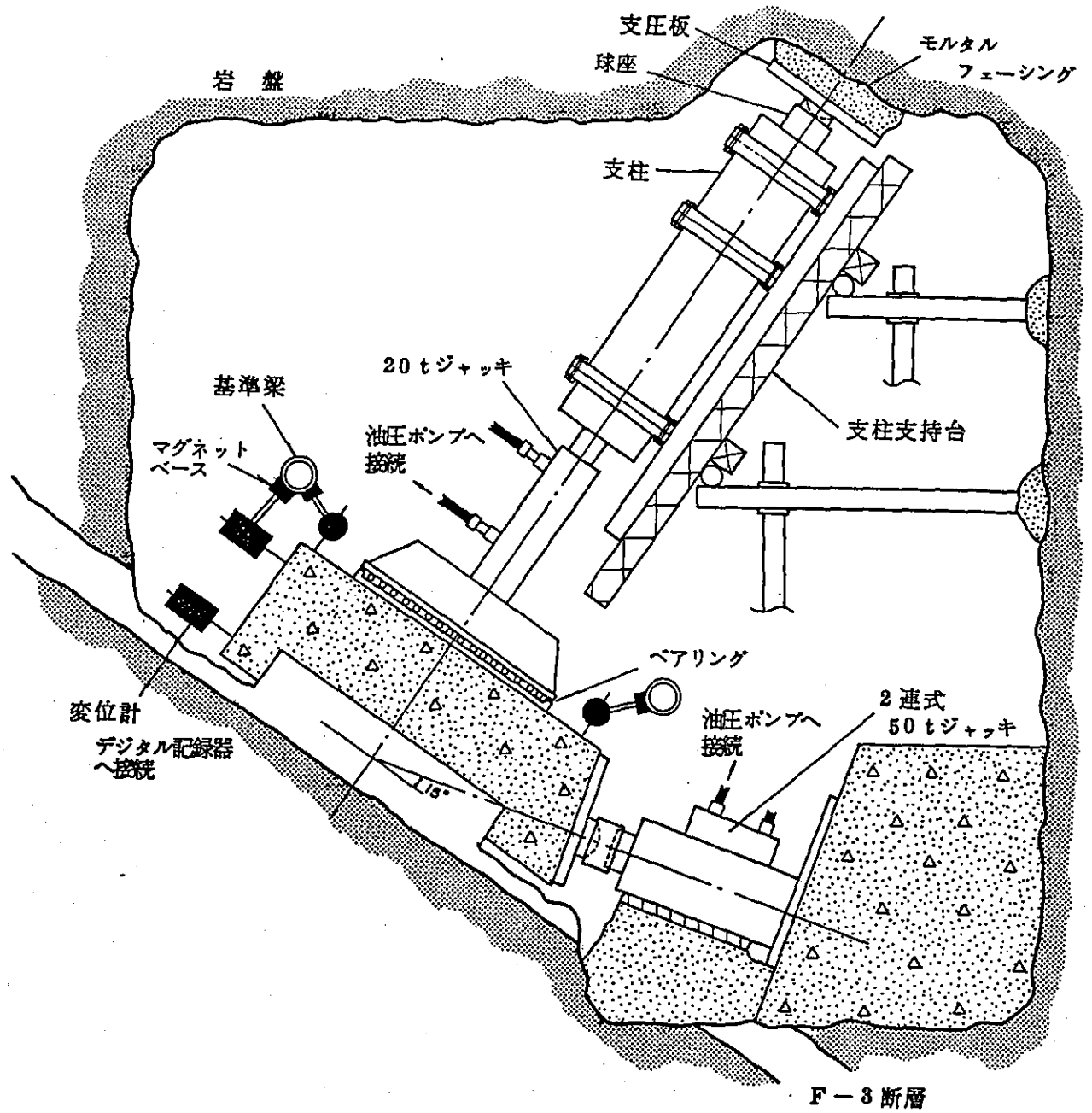
第 1.1 図 断層物性試験試料採取及び試験位置図



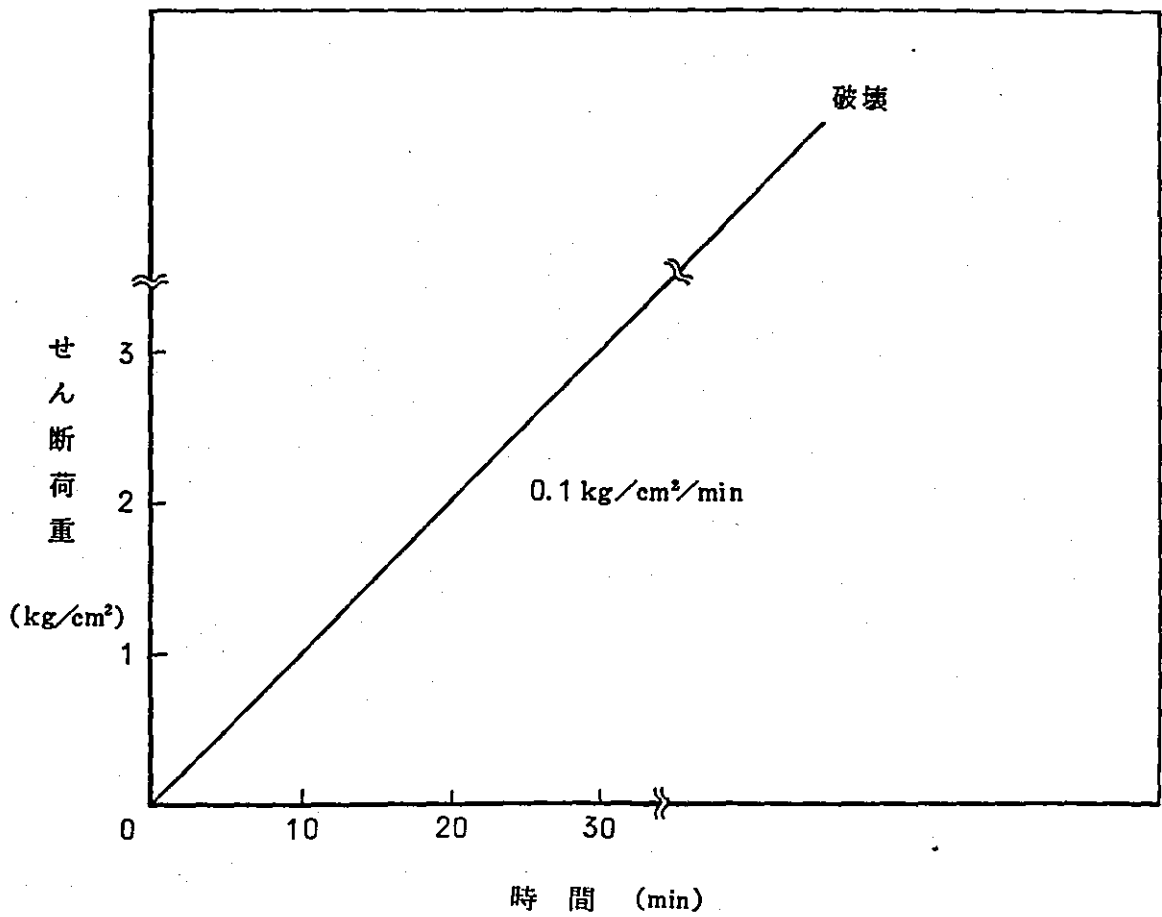
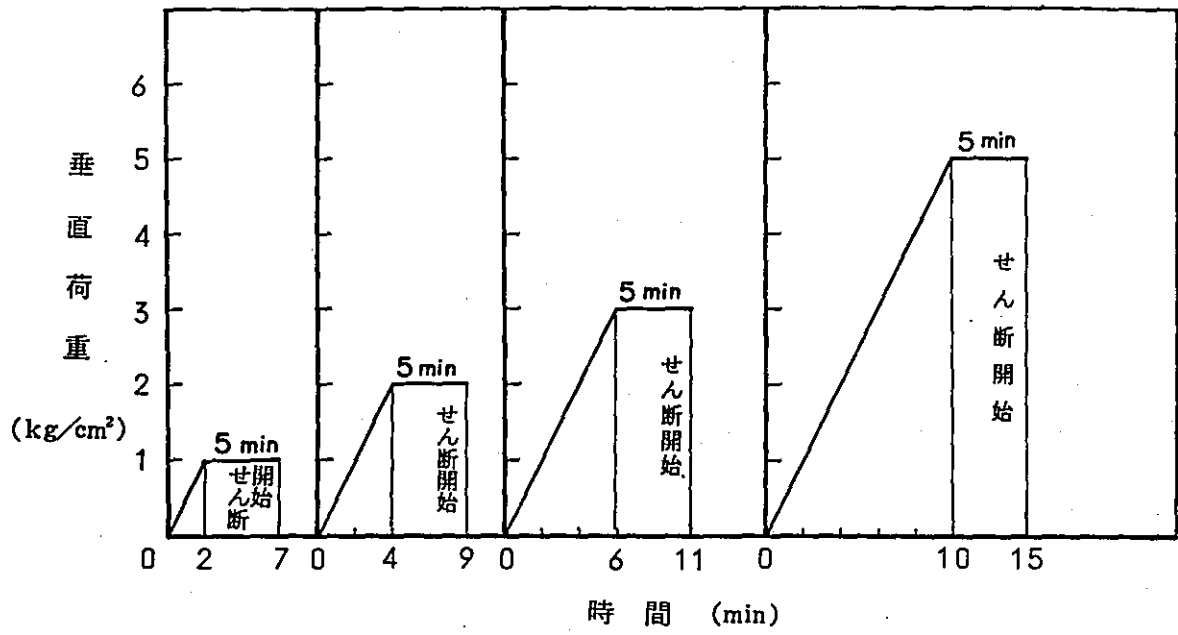
第 1.2 図 静的・動的単純せん断試験装置図



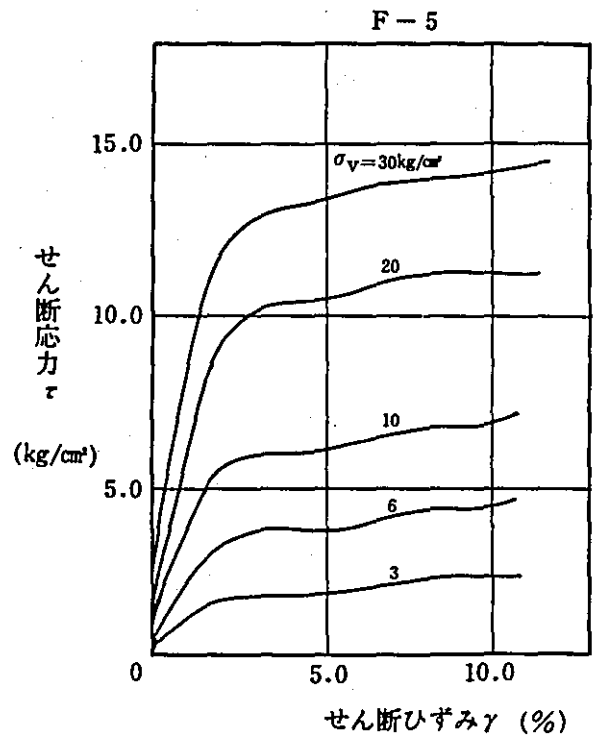
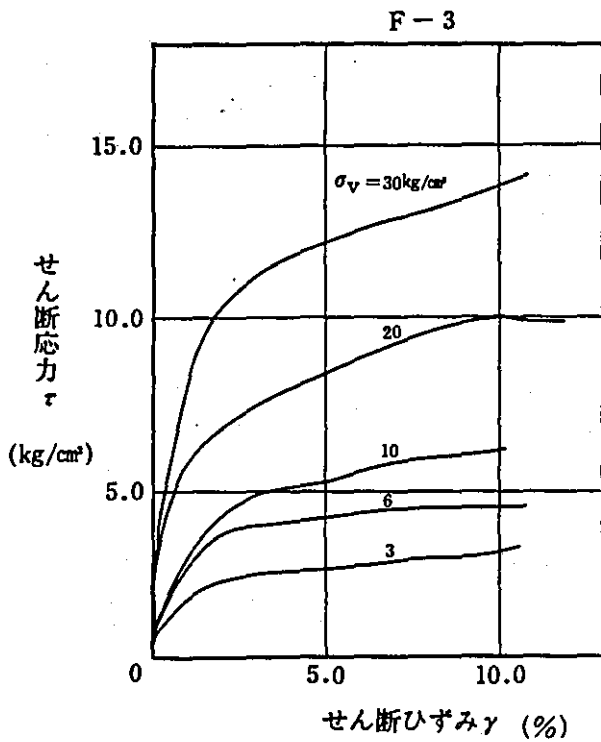
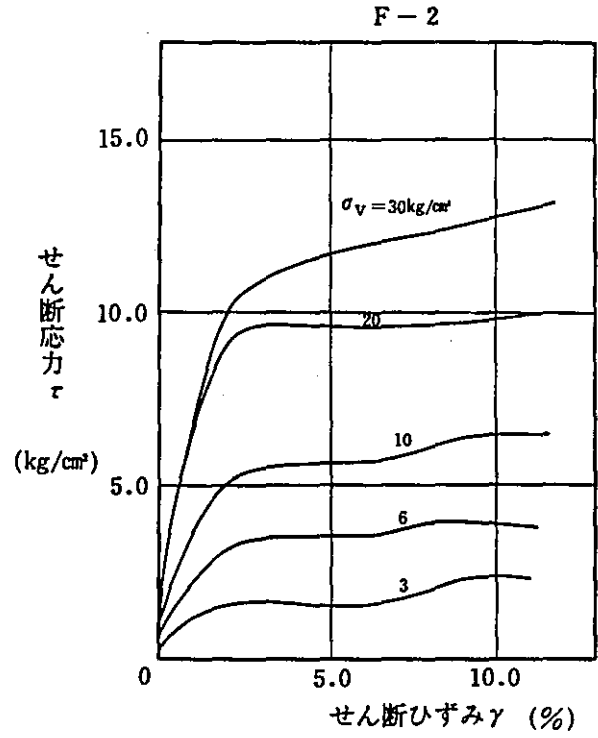
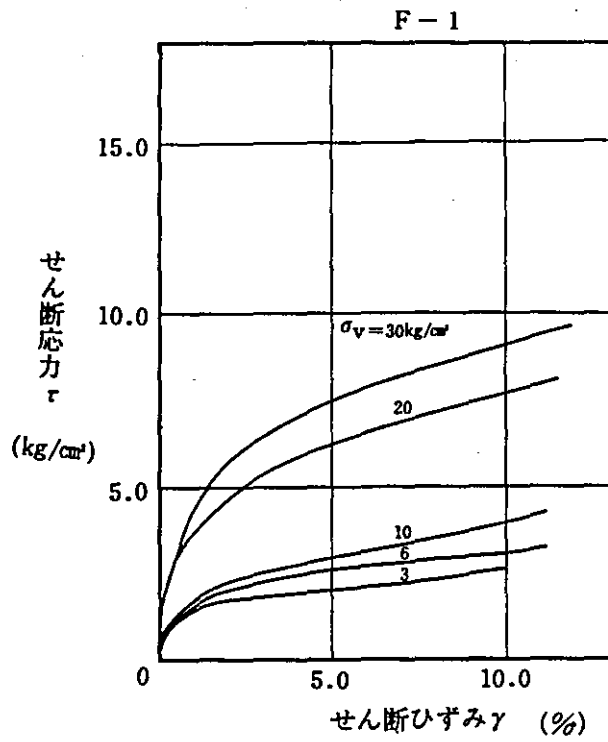
第 1.3 図 一面せん断試験装置図



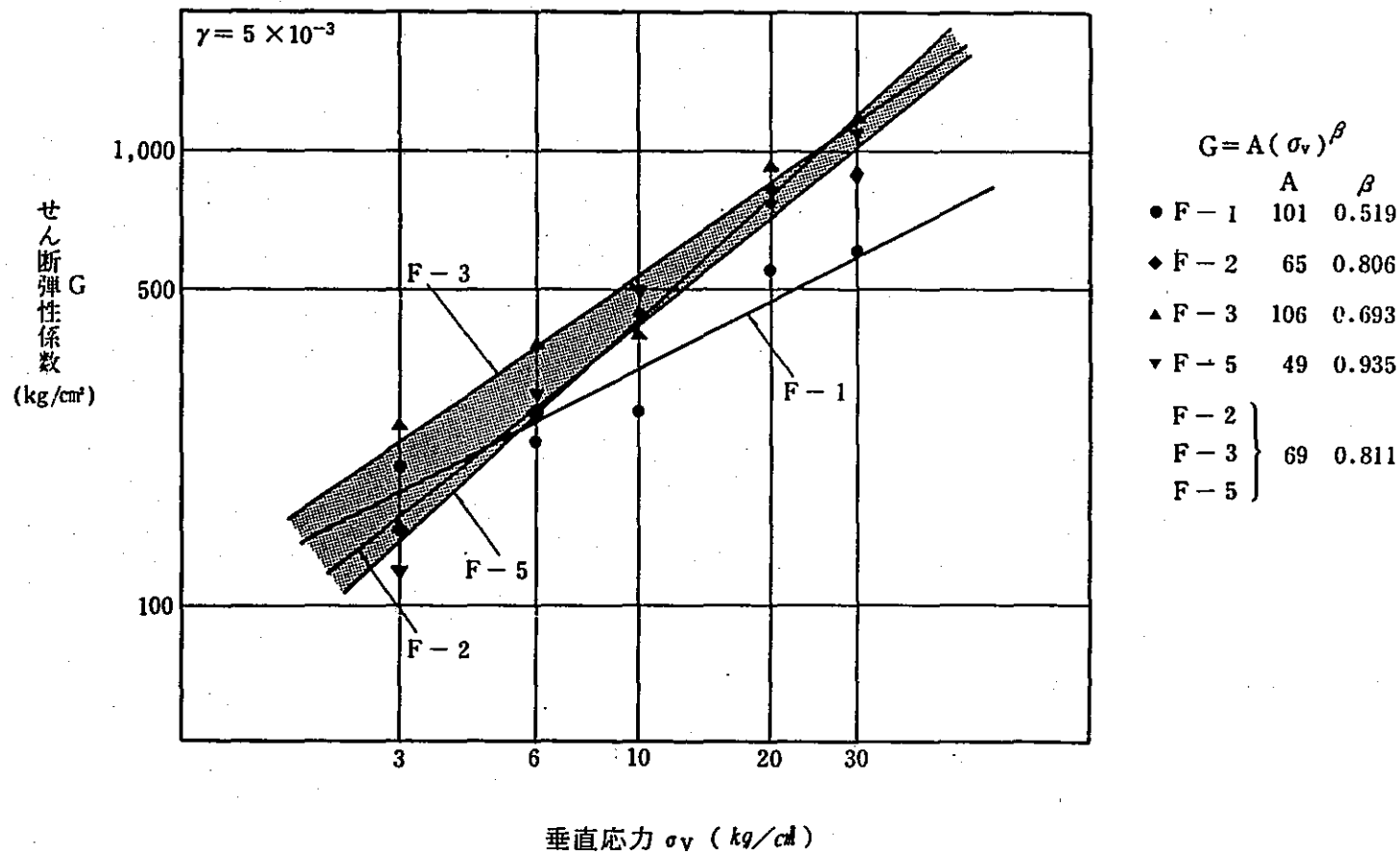
第 1.4 図 原位置せん断試験装置図



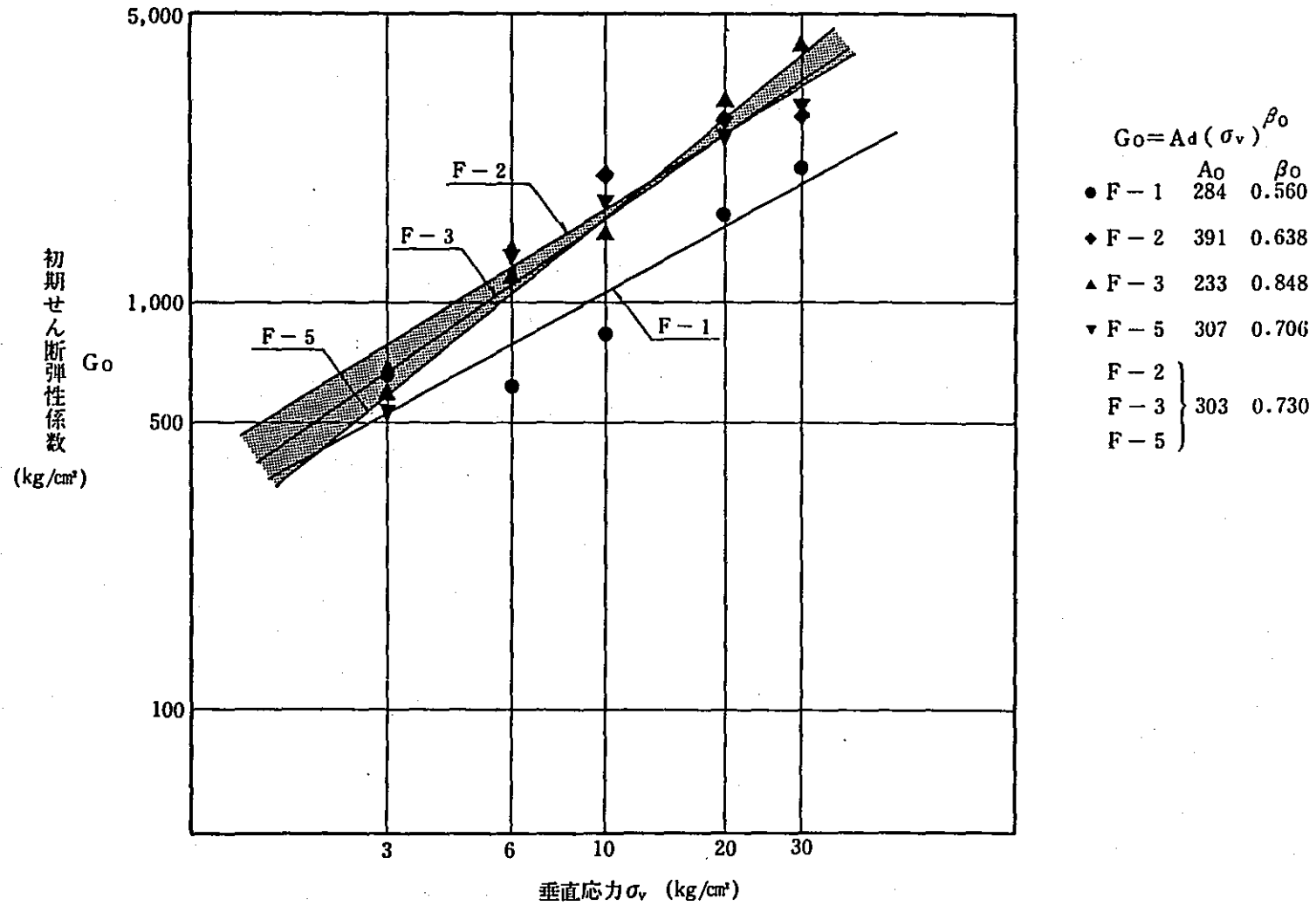
第 1.5 図 原位置せん断試験載荷パターン



第 2.1 図 断層内物質の静的単純せん断試験結果 (応力～ひずみ曲線)

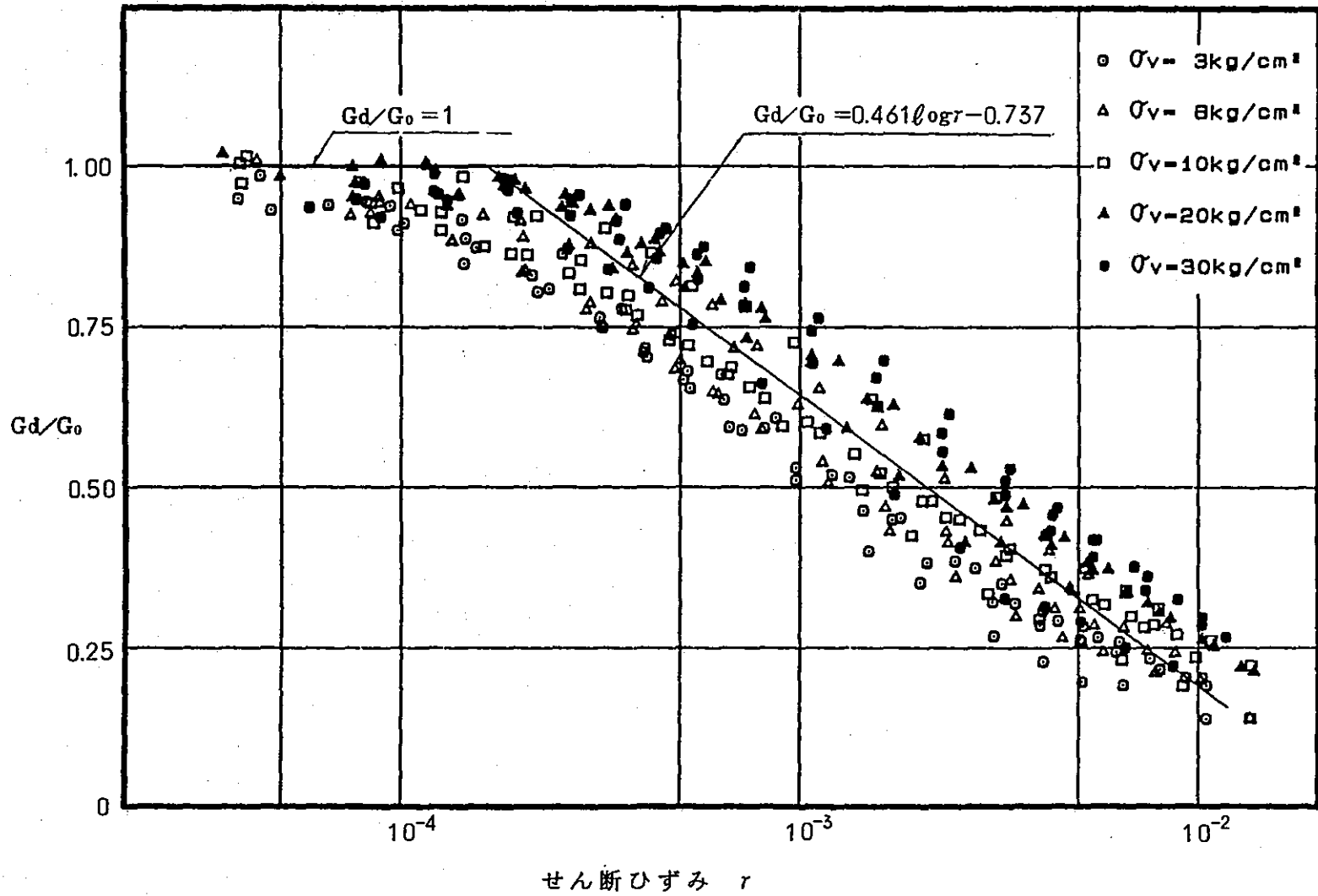


第 2.2 図 断層内物質の静的単純せん断試験結果 (静的変形特性)

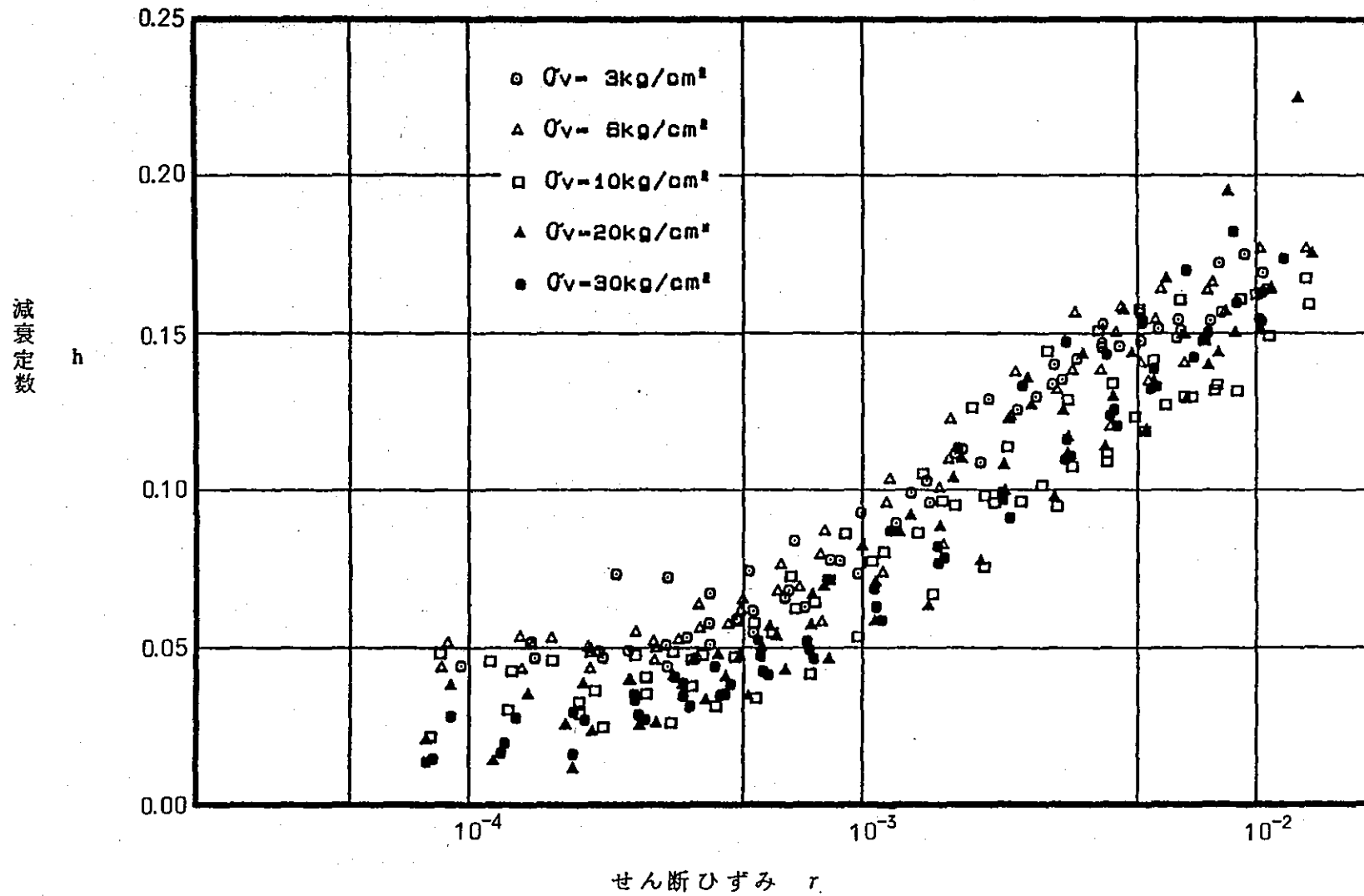


第 2.3 図 断層内物質の動的単純せん断試験結果 (微小ひずみ時の動的変形特性)

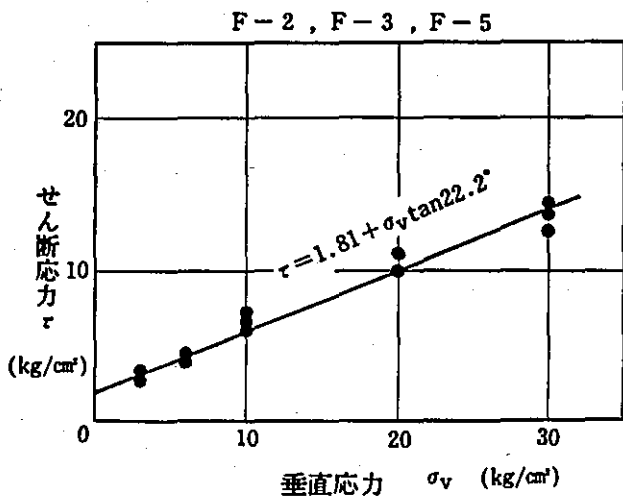
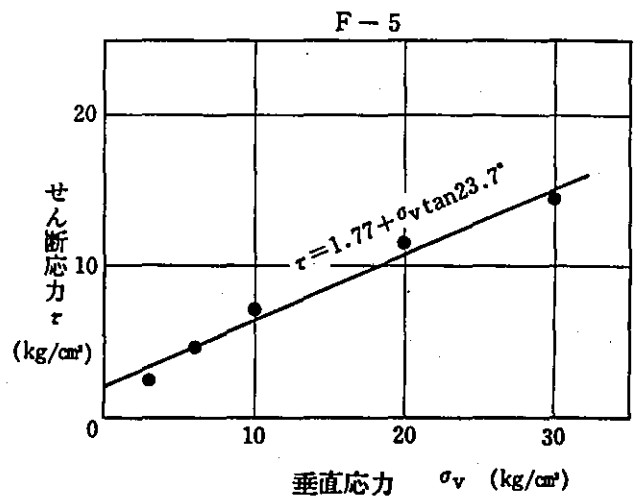
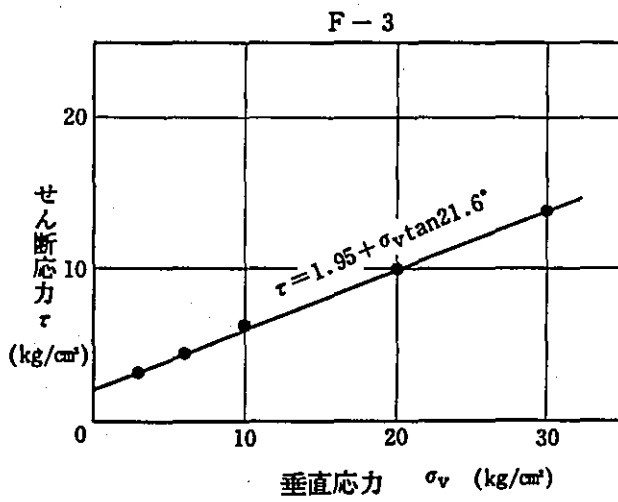
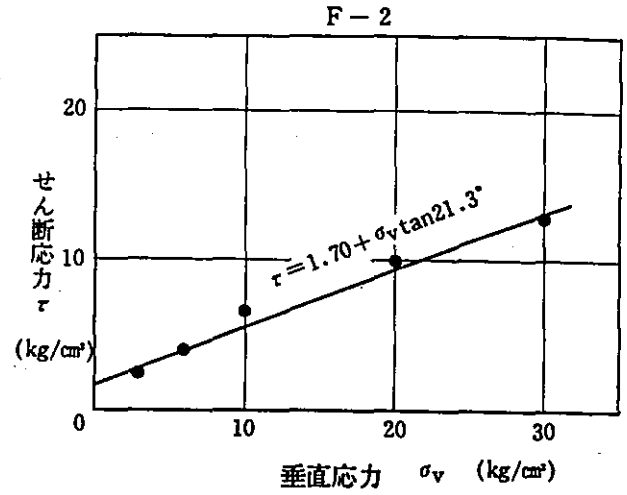
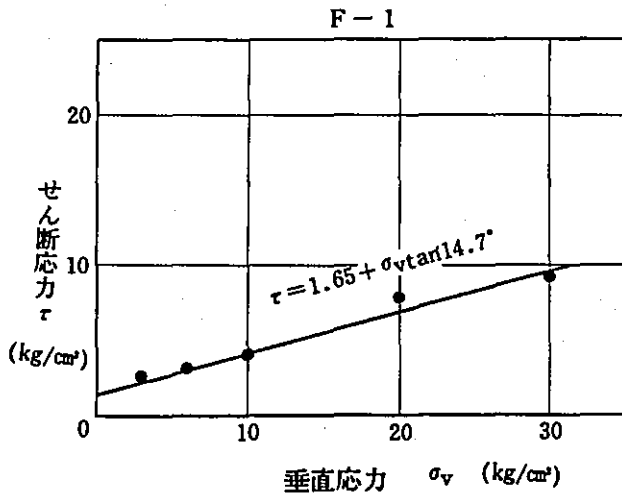
動せん断弾性係数 / 初期せん断弾性係数



第 2.4 図(1) 断層内物質の動的単純せん断試験結果 (動的変形特性)

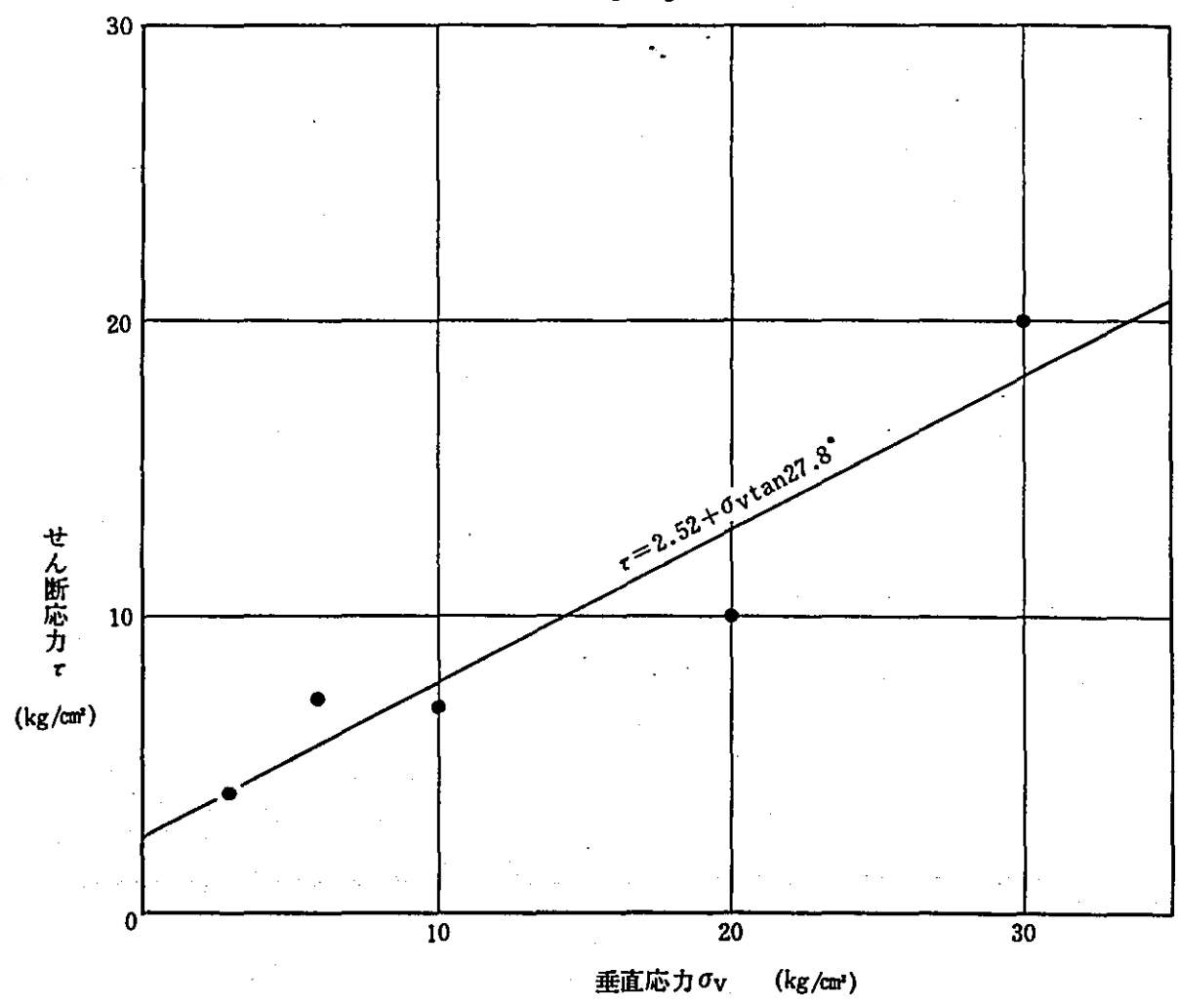


第 2.4 図(2) 断層内物質の動的単純せん断試験結果 (動的変形特性)

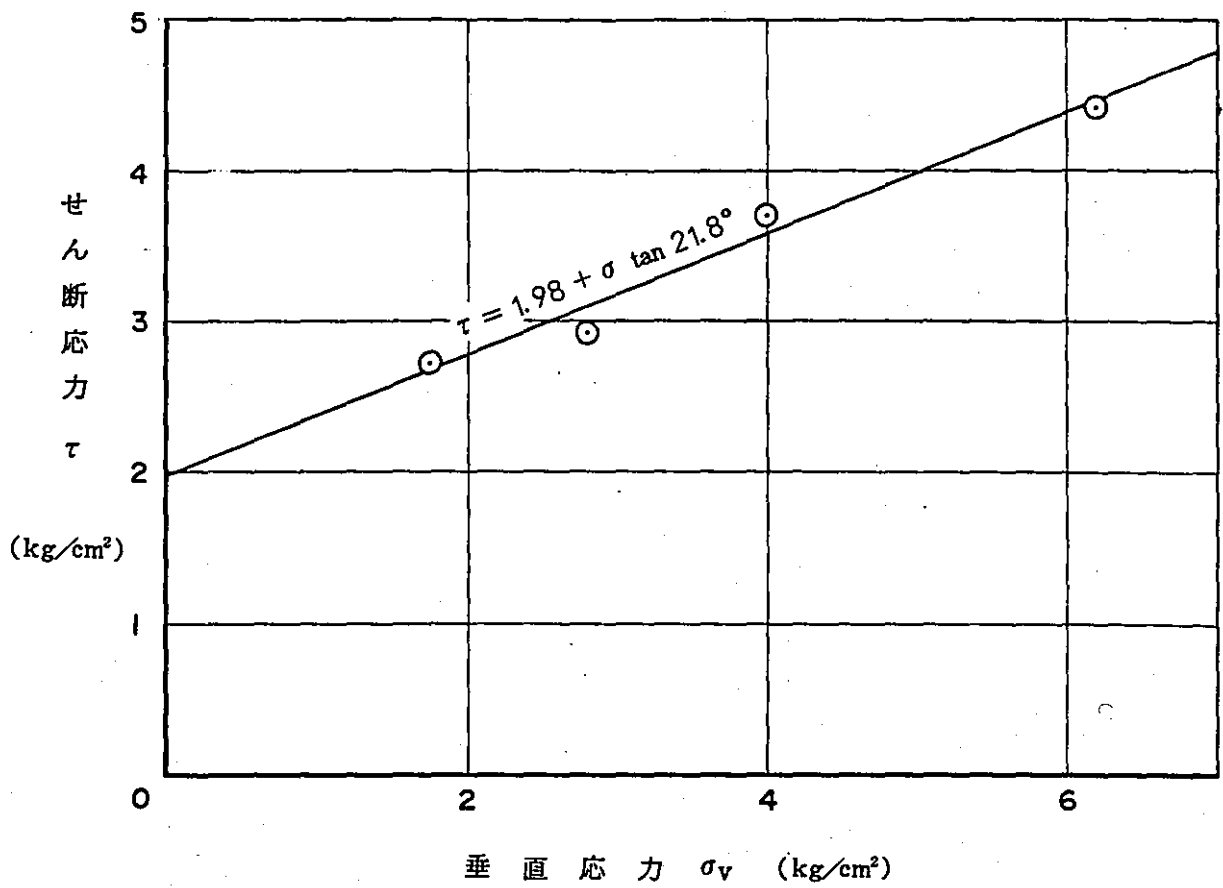


第 2.5 図 断層内物質の静的単純せん断試験結果 (強度特性)

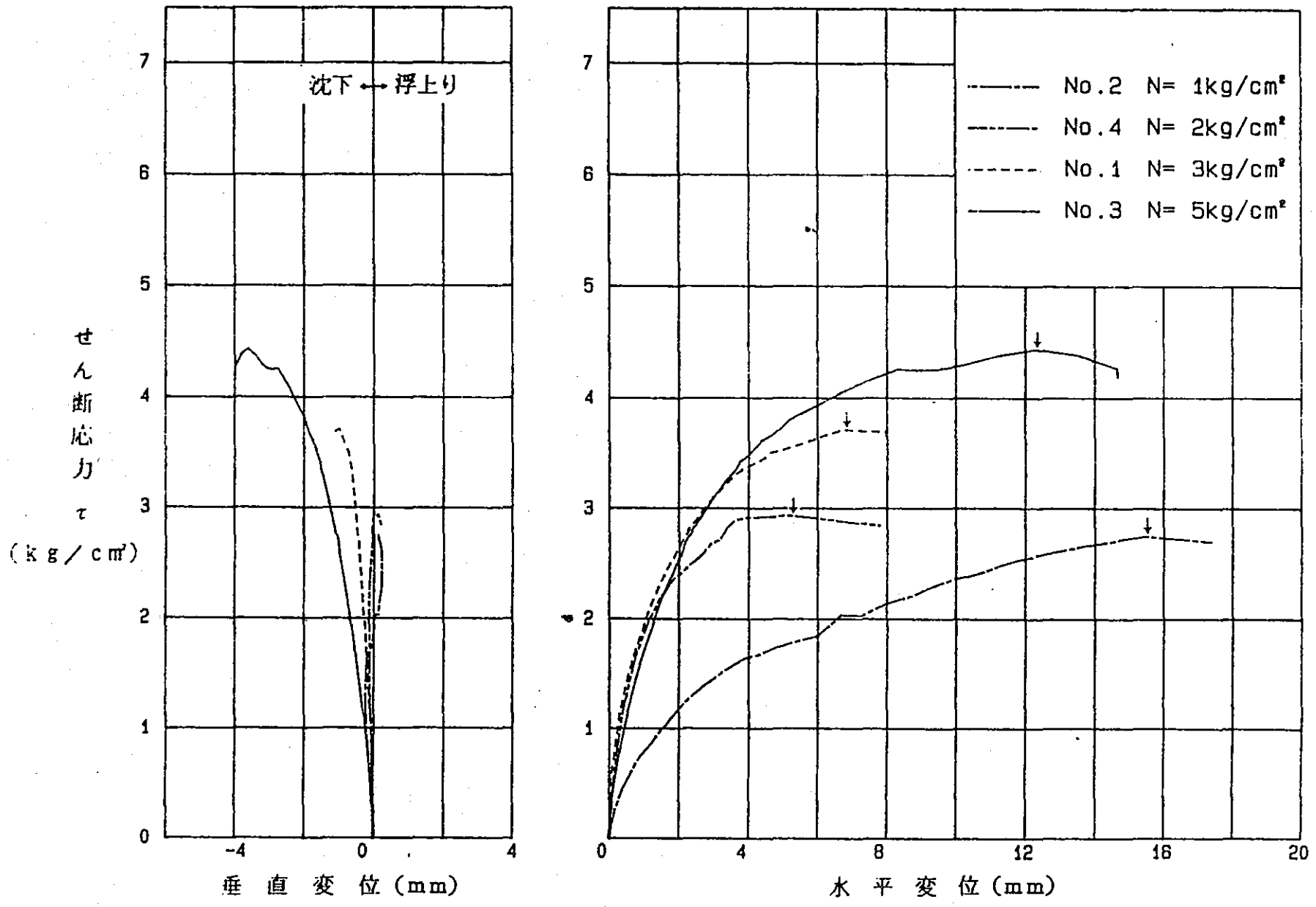
F-3



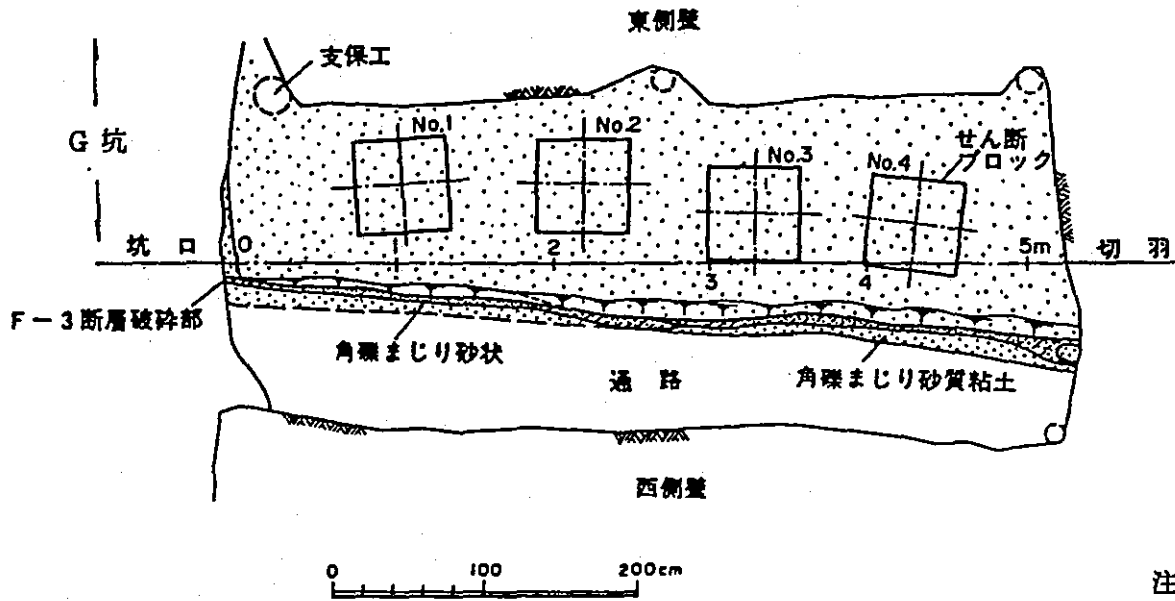
第 2.6 図 断層内物質の一面せん断試験結果



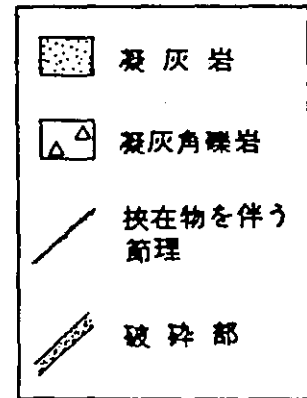
第 2.7 図 原位置せん断試験結果 (F - 3 断層)



第2.8図 せん断応力-変位曲線 (せん断試験)



凡例

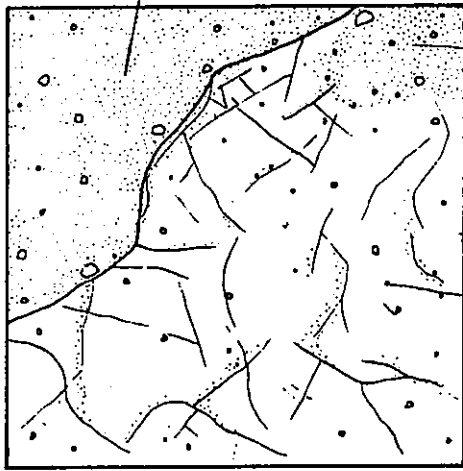


注) 凝灰岩は、火山礫凝灰岩、砂質凝灰岩、泥質凝灰岩を一括したものである。なお、当試験坑の凝灰岩は、砂質凝灰岩、火山礫凝灰岩が主体をなす。

第2.9図 (1) せん断試験坑底盤スケッチ

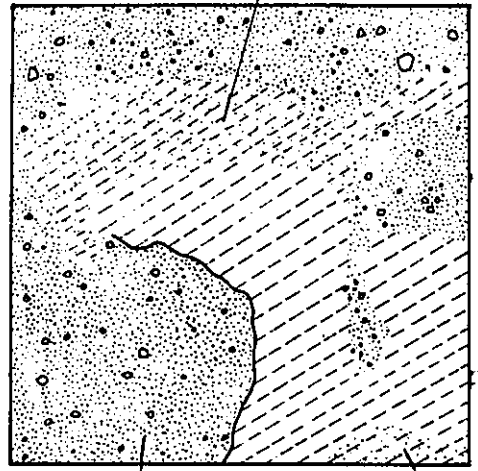
No. 1

角礫混り砂状



No. 2

砂質粘土状

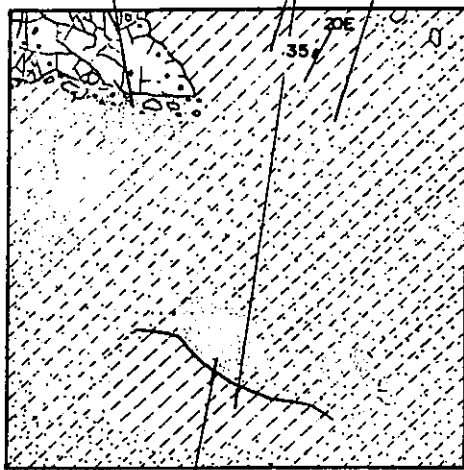


角礫混り砂状

砂質粘土状 (鏡肌)

No. 3

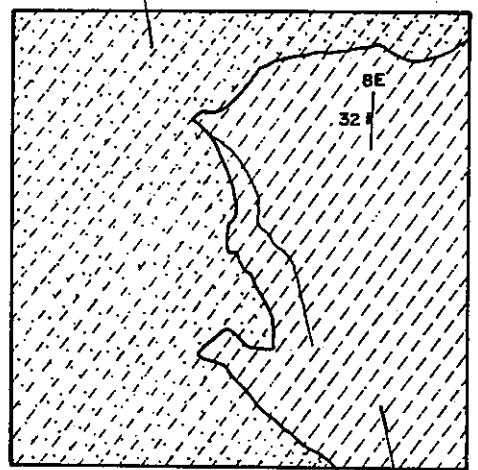
角礫混り砂質粘土状 砂質粘土状 (鏡肌) 砂質粘土状



砂状

No. 4

砂質粘土状



砂質粘土状 (鏡肌)

第2.9図(2) せん断面スケッチ

泊発電所（1，2号炉）

岩盤分類及び物性に関する

指摘事項について

昭和59年 2月28日

1. 凝灰角礫岩と凝灰岩の物性の相違を検討すること。

- 1) 岩石供試体による一軸圧縮試験において、凝灰岩の方が凝灰角礫岩よりやや強度が大きくなっている。(第1.1図参照)
これは、以下の理由によると考えられる。

凝灰角礫岩の供試体は、礫と基質の両方がとりこまれるように選定しているため、いずれの岩種も基質で破壊するようになる状況となっており基質の強度を測定していることとなる。したがって、凝灰角礫岩中の礫と基質の境界付近に応力が集中すること、また当サイトにおいては、一般に凝灰岩の方が凝灰角礫岩より基質の状態が均質かつ緻密であることなどから凝灰岩の方が強度が大きくなったと考えられる。

- 2) 岩盤変形試験によると凝灰岩の方が凝灰角礫岩よりやや変形性が大きくなっている。(第1.2図参照)

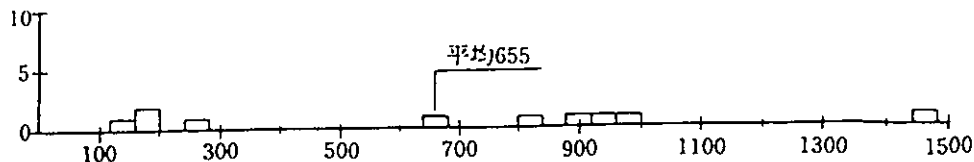
これは、以下の理由によると考えられる。

岩盤試験においては、割れ目等の性状を取りこんだ物性を確認することとなる。

当サイトでは、一般に凝灰岩の方が凝灰角礫岩より割れ目がやや多いことや礫の含有状況などの違いにより、凝灰岩の方が変形性が大きくなったと考えられる。なお、B級の凝灰岩の試験箇所は他のB級部分より割れ目がやや多い。

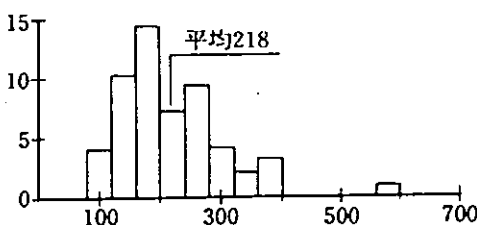
B級 安山岩 熔岩

(a) N=10
 \bar{x} = 655
 σ = 444
 V = 68%



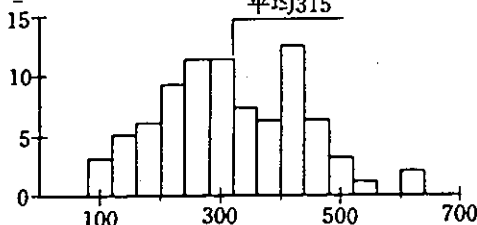
A級 凝灰角礫岩

(b1) N=54
 \bar{x} = 218
 σ = 89
 V = 41%



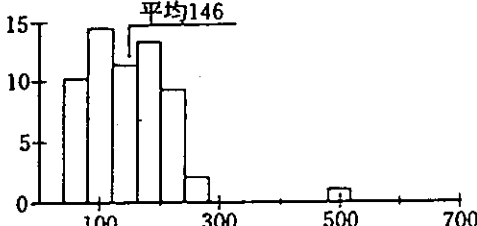
A級 凝灰岩

(b1) N=82
 \bar{x} = 315
 σ = 121
 V = 38%



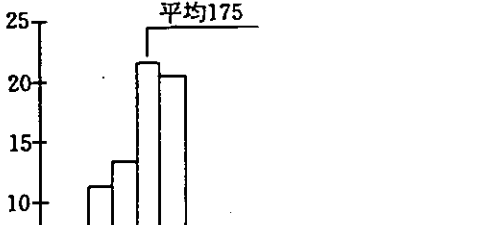
B級 凝灰角礫岩

(b2) N=60
 \bar{x} = 146
 σ = 72
 V = 49%



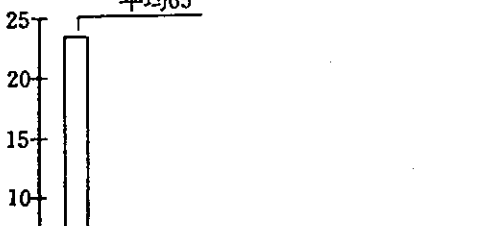
B級 凝灰岩

(b2) N=74
 \bar{x} = 175
 σ = 52
 V = 30%



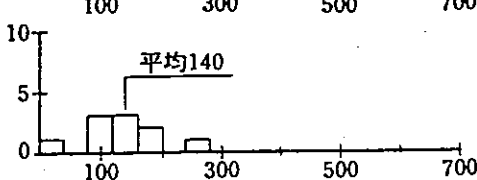
C級 軽石凝灰岩

(c) N=26
 \bar{x} = 65
 σ = 29
 V = 44%



C級 含泥岩凝灰岩

(c) N=10
 \bar{x} = 140
 σ = 63
 V = 45%



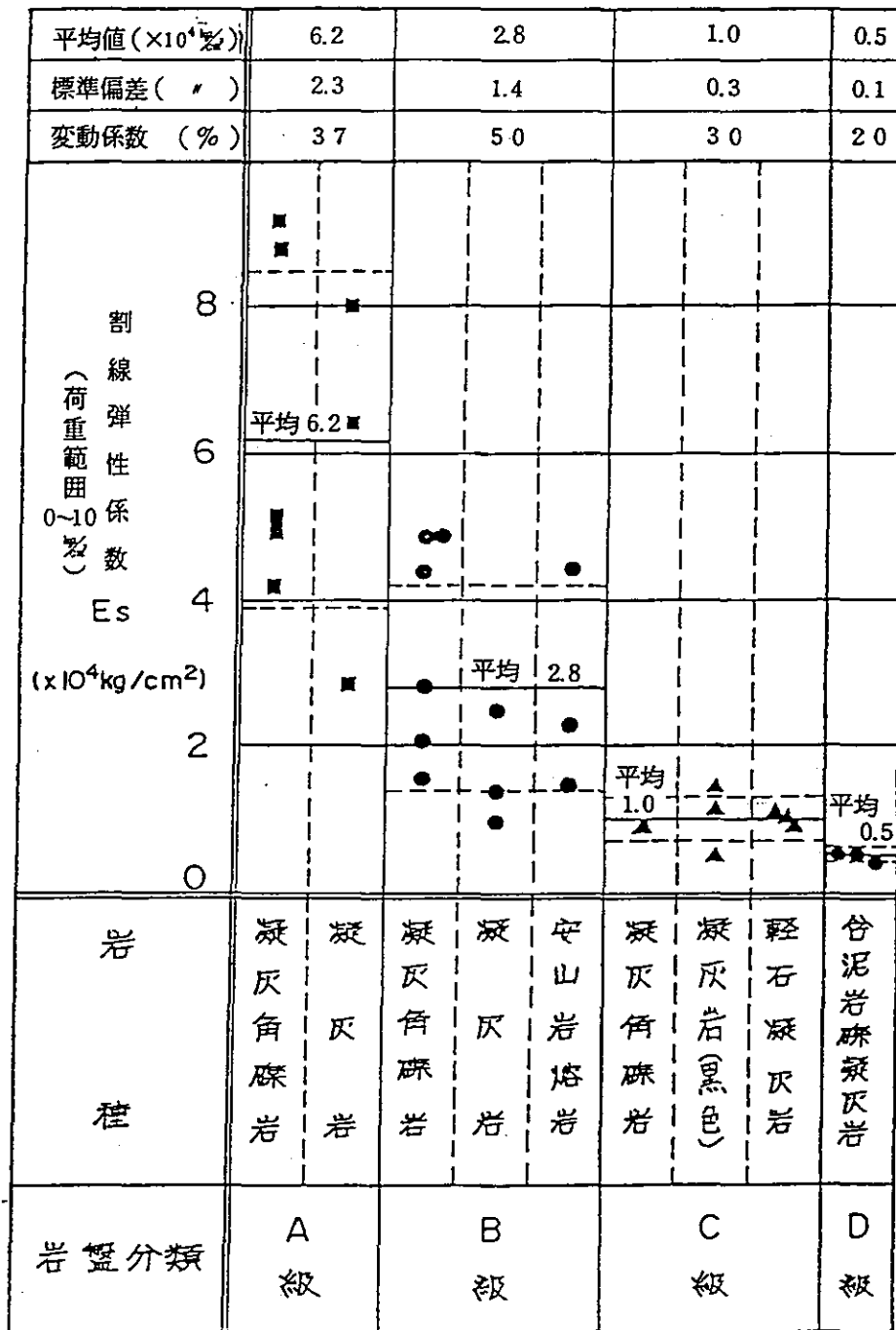
C級 凝灰質泥岩

(c) N=25
 \bar{x} = 114
 σ = 75
 V = 66%



一軸圧縮強度 (kg/cm²)

第 1.1 図 岩種・岩盤分類別岩石試験結果ヒストグラム



第 1.2 圖 岩種・岩盤分類別岩盤變形試驗結果 (割線彈性係數)

2. 三軸圧縮試験結果の表示法を検討すること。

岩石の三軸圧縮試験による包絡線は、一般的に曲線で表示される。しかし、地震時においても、原子炉建屋近傍の応カレベルが大きくて 30 kg/cm^2 程度であることから、岩盤せん断試験と同様の応カレベルに着目した直線による表示を採用している。

第2.1表、第2.1図に直線による表示と曲線による表示をあわせて示す。ここで曲線近似として放物線近似を採用し、次式に従って近似する。

$$\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2 = 1 + \frac{\sigma}{\sigma_0}$$

τ_0 : せん断応カ軸との交点

σ_0 : 垂直応カ軸との交点

これらによると、放物線近似をすると三軸圧縮試験結果を高応カレベルまで良く表現しているが、ここでは原子炉建屋近傍の応カレベルに注目して直線近似している。

第 2.1 表 三軸圧縮試験結果

岩種	岩盤分類	C、 ϕ の区別	直線近似		放物線近似	
			τ_0	σ_0	τ_0	σ_0
凝灰 角礫岩	A	C	2.8	τ_0	76.6	
		ϕ	5.6	σ_0	24.8	
	B	C	2.0	τ_0	40.9	
		ϕ	5.2	σ_0	16.0	
凝灰岩	A	C	3.4	τ_0	89.5	
		ϕ	5.7	σ_0	28.5	
	B	C	2.7	τ_0	40.9	
		ϕ	4.5	σ_0	20.8	
軽石 凝灰岩	C	C	1.0	τ_0	14.8	
		ϕ	3.8	σ_0	6.6	
凝灰質 泥岩	C	C	1.6	τ_0	28.2	
		ϕ	4.3	σ_0	14.1	

凡例 C : せん断強度 (kg/cm²) ϕ : 内部摩擦角 (度)

低 応 力 : 引張強度、一軸圧縮強度 ($\sigma_3 = 0$) および

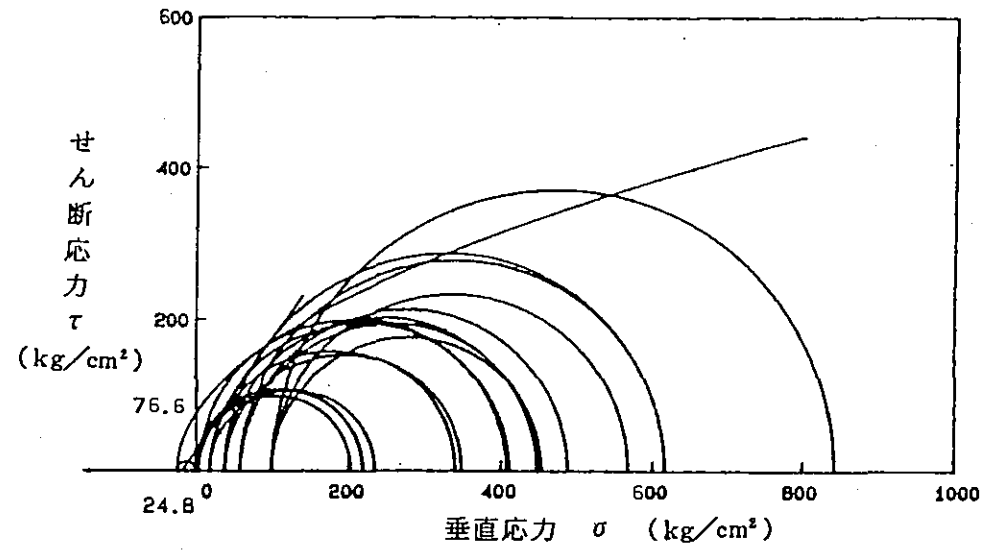
$\sigma_3 = 5$ 、 $\sigma_3 = 20$ (kg/cm²) の軸差強度から求め

た C、 ϕ

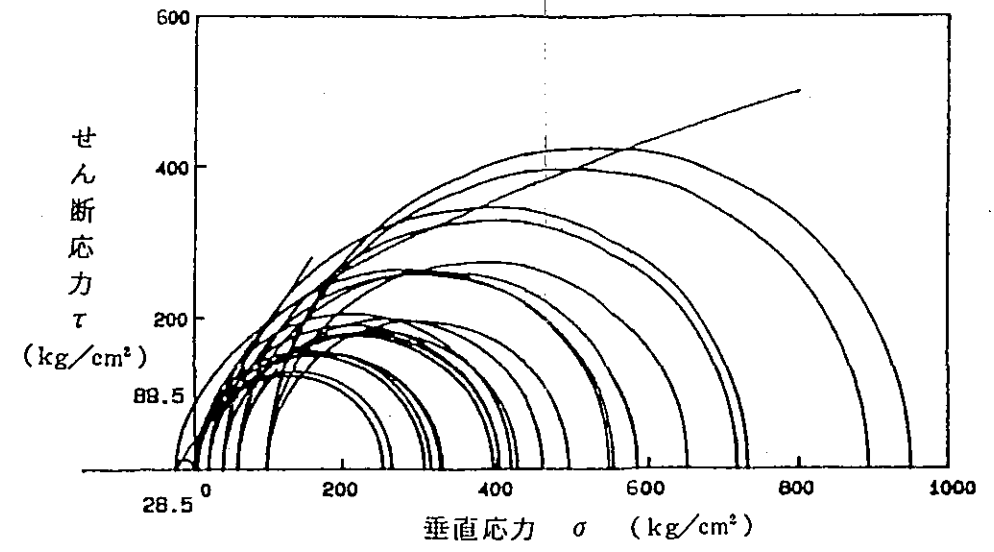
放 物 線 : $\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2 = 1 + \frac{\sigma}{\sigma_0}$; τ_0 はせん断応力軸との交点、

σ_0 は垂直応力軸との交点を

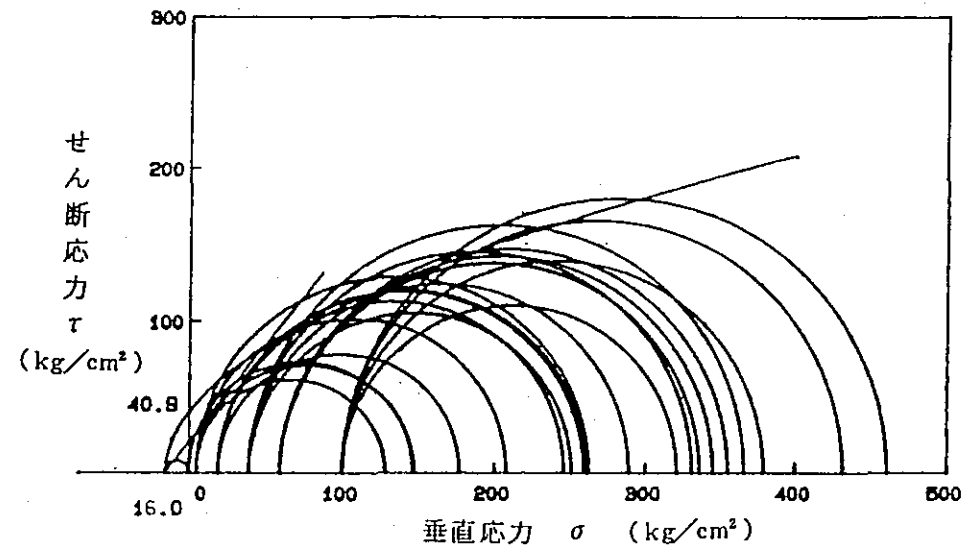
表わす。



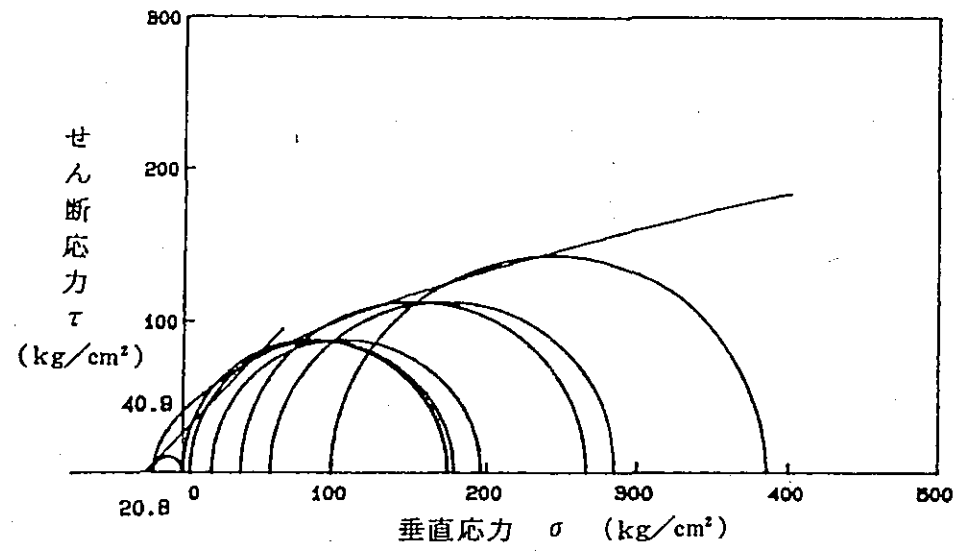
凝灰角礫岩 A



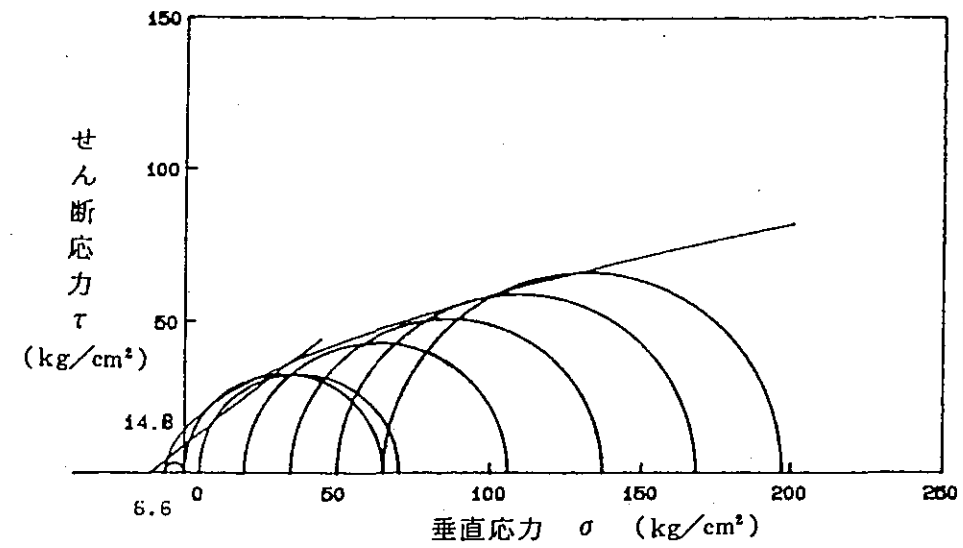
凝灰岩 A



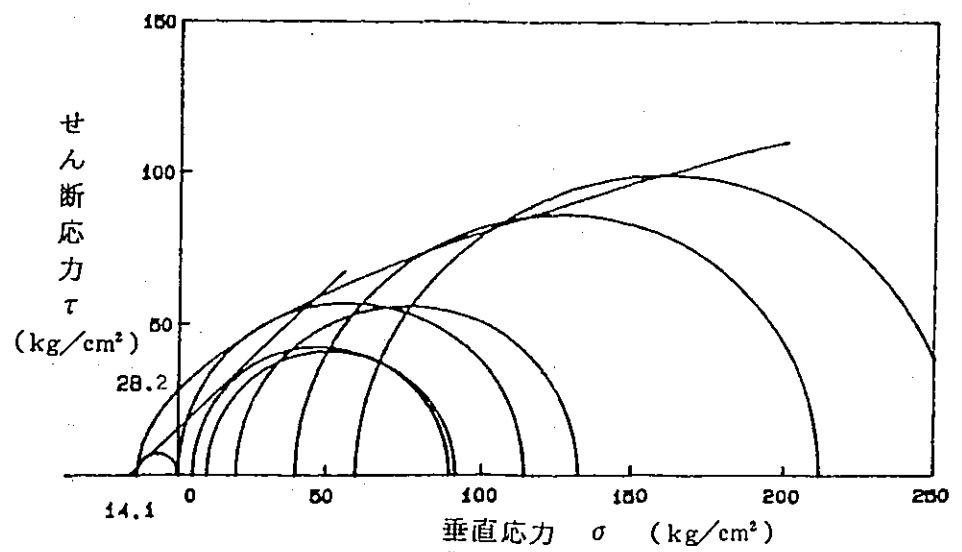
凝灰角礫岩 B



凝灰岩 B



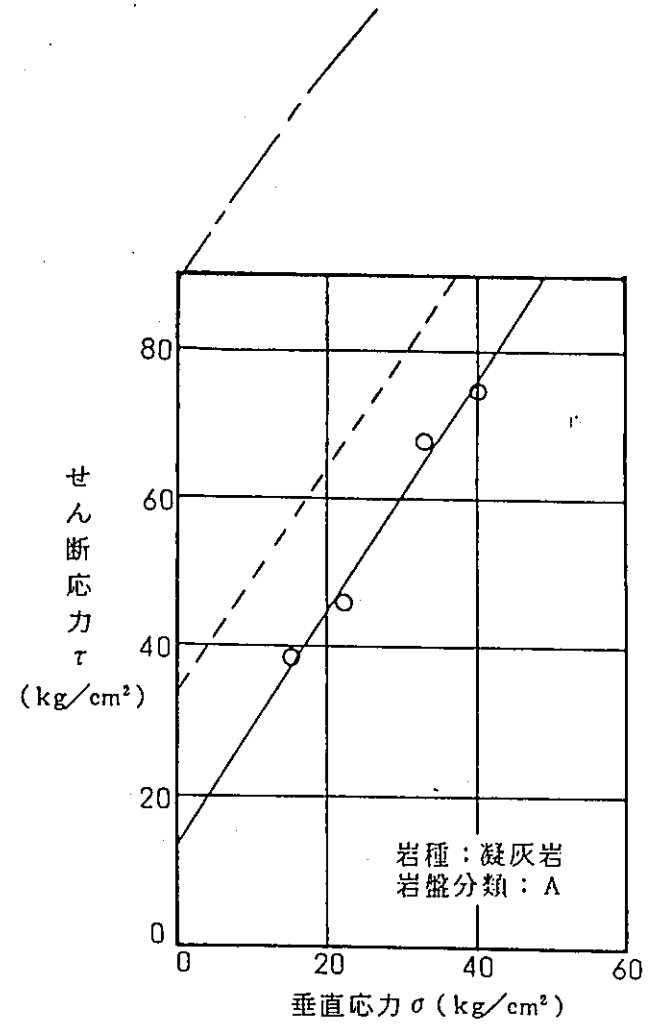
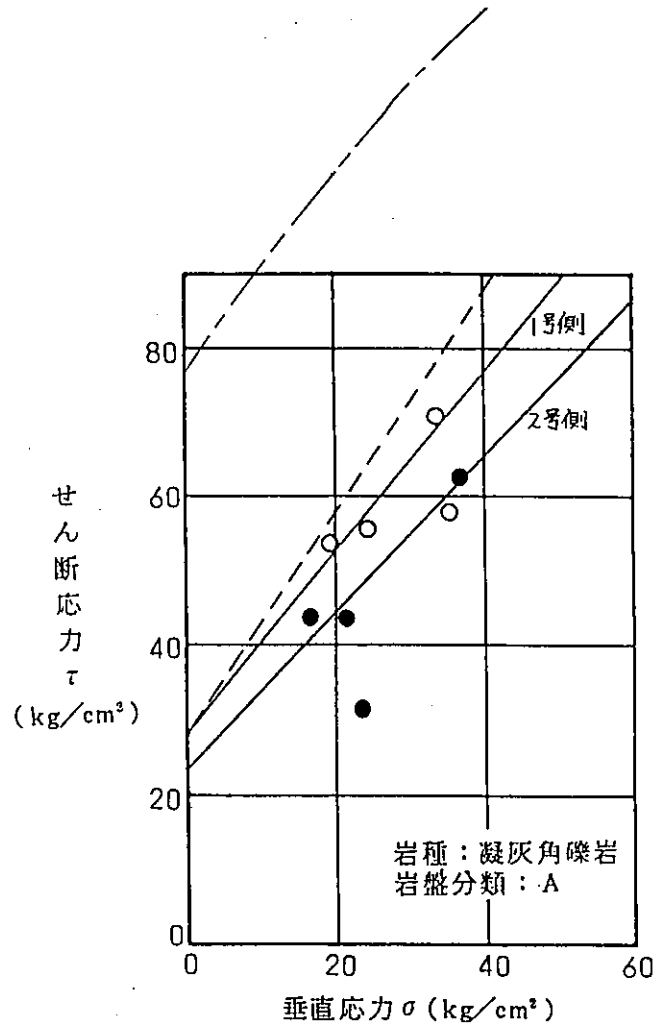
軽石凝灰岩 C



凝灰質泥岩 C

3. 三軸圧縮試験と岩盤せん断試験結果を検討すること。

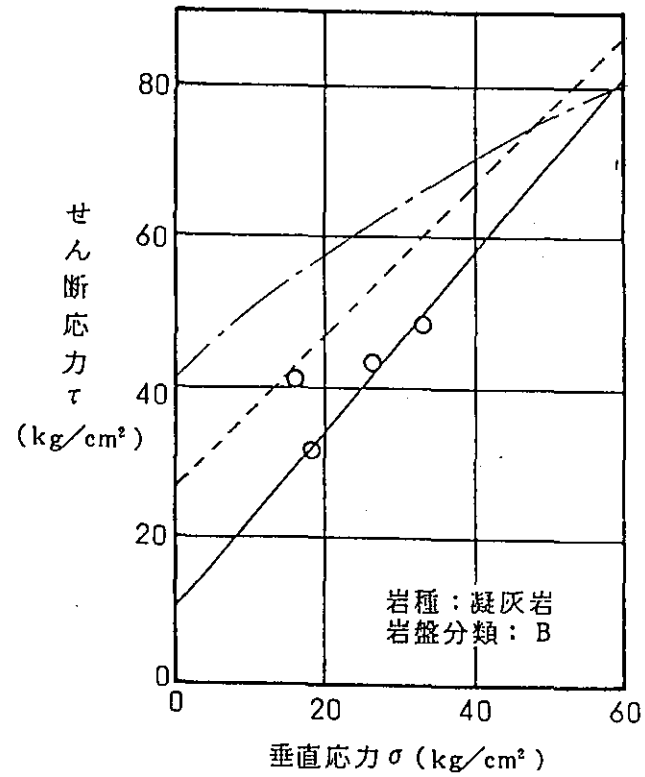
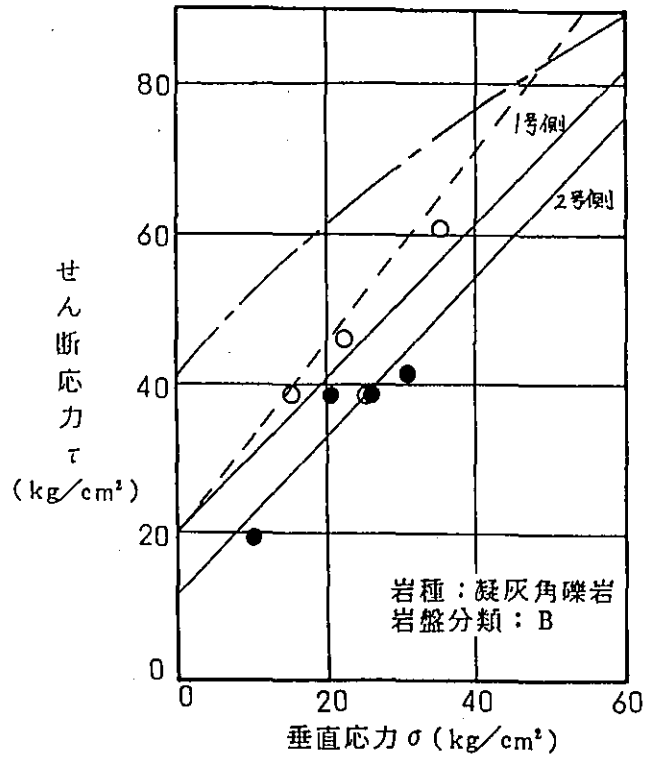
第3.1図にホーリングコアによる三軸圧縮試験と岩盤せん断試験結果を示す。これから、岩盤せん断試験より得られた破壊基準は、岩盤の割れ目の状況等を反映して、三軸圧縮試験のそれより小さい値を示していることがわかる。ただし、軽石凝灰岩は、割れ目が少ないことからその差は小さい。



- ; 岩盤せん断試験結果
- - - - ; 三軸圧縮試験結果 (放物線近似)
- - - - ; 三軸圧縮試験結果 (直線近似)

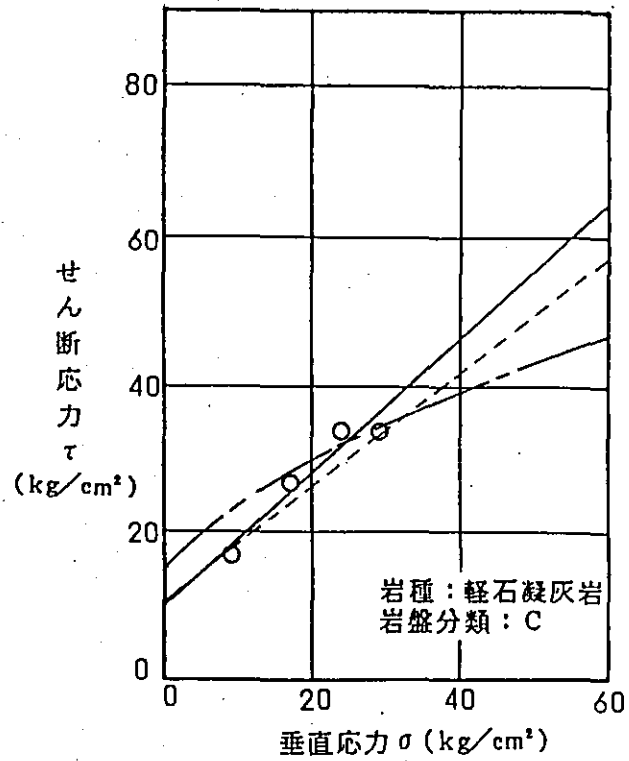
第 3.1 図(1) 三軸圧縮試験結果と岩盤せん断試験結果の比較

6



- ; 岩盤せん断試験結果
- ; 三軸圧縮試験結果 (放物線近似)
- ; 三軸圧縮試験結果 (直線近似)

第 3.1 図(2) 三軸圧縮試験結果と岩盤せん断試験結果の比較



- ; 岩盤せん断試験結果
- - - - ; 三軸圧縮試験結果 (放物線近似)
- - - - ; 三軸圧縮試験結果 (直線近似)

第 3.1 図(3) 三軸圧縮試験結果と岩盤せん断試験結果の比較

4. 岩盤分類の風化、割れ目、硬さ区分の根拠を示すこと。


- 1) 風化区分については、硬岩を対象とした田中等による電研分類（第4.1表）を参考にして、第4.2表に示すように区分したものである。
- 2) 割れ目及び硬さ区分については、土質工学会「岩の力学委員会」の分類（第4.3表）に基づいて大分類した土木学会「岩盤力学委員会」の分類（第4.4表）を参考にして第4.5表に示すように区分したものである。

なお、これらの基本的考え方は、菊地、有藤等による電研分類にも反映されている。

第 4.1 表 田中等によるダム基礎岩盤分類基準

名称	特 徴
A	<p>きわめて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない。キレツ、節理はよく密着し、それらの面に沿って風化の跡は見られないもの。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。</p>
B	<p>岩質堅硬で開口した(たとえ1mmでも)キレツあるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質が見られる。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。</p>
C _H	<p>造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいはキレツの間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目に沿って岩塊が剝脱し、剝脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。</p>
C _M	<p>造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。 節理あるいはキレツの間の粘着力は多少減少しておりハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目に沿って岩塊が剝脱し、剝脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。</p>
C _L	<p>造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。 節理あるいはキレツの間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目に沿って岩塊が剝脱し、剝脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。</p>
D	<p>岩石鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。 節理あるいはキレツの間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。剝脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。</p>

第 4.2 表 岩盤の風化度区分

風化模式概念図	泊分類 (中硬岩)			田中等による電研分類 (硬岩)	
	風化帯区分	風化度区分	風化の特徴	風化帯区分	岩盤分類
	表 土			表 土	
	強風化帯	風化度 ③	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。	強風化帯	D
					CL
	弱風化帯	風化度 ②	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。	弱風化帯	CM
漸移帯				CH	
未風化帯	風化度 ①	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。	未風化帯	B	
				A	

第 4.3 表 土質工学会 (岩の力学委員会) の岩盤分類法

土質工学会岩の分類表¹⁾

第2分類記号		A	B	C	D	E	F
第1分類記号							
H ₁		H ₁ A	H ₁ B	H ₁ C	H ₁ D	H ₁ E	H ₁ F
H ₂		H ₂ A	H ₂ B	H ₂ C	H ₂ D	H ₂ E	H ₂ F
H ₃		H ₃ A	H ₃ B	H ₃ C	H ₃ D	H ₃ E	H ₃ F
H ₄		H ₄ A	H ₄ B	H ₄ C	H ₄ D	H ₄ E	H ₄ F
H ₅		H ₅ A	H ₅ B	H ₅ C	H ₅ D	H ₅ E	H ₅ F
S ₁		S ₁ A	S ₁ B	S ₁ C	S ₁ D	S ₁ E	S ₁ F
S ₂		S ₂ A	S ₂ B	S ₂ C	S ₂ D	S ₂ E	S ₂ F
S ₃		S ₃ A	S ₃ B	S ₃ C	S ₃ D	S ₃ E	S ₃ F

記号説明

記号		記 述
第1記号 (平均せん断強度など)	H ₁	平均一軸圧縮強さが 1000 kg/cm ² 以上である
	H ₂	500~1000 kg/cm ² である
	H ₃	100~500 kg/cm ² である
	H ₄	100~500 kg/cm ² の巨礫性岩である
	H ₅	異方性岩 (片岩など) で、平均一軸圧縮強さが 100~500 kg/cm ² である
	S ₁	平均一軸圧縮強さが (風化花崗岩を含む) 10~100 kg/cm ² の砂質岩である
	S ₂	10~100 kg/cm ² の粘土質岩である
S ₃	10~100 kg/cm ² の巨礫性岩である	
第2記号 (平均きれつ間隔)	A	平均きれつ間隔が 90 cm 以上である
	B	平均きれつ間隔が 30~90 cm である
	C	平均きれつ間隔が 10~30 cm できれつ間充填物がない
	D	平均きれつ間隔が 10~30 cm できれつ間充填物がある
	E	平均きれつ間隔が 10 cm 以下でありきれつ間充填物がない
	F	平均きれつ間隔が 10 cm 以下でありきれつ間充填物がある

土質工学会岩の副分類表 [弾性波 縦波速度による]

副分類表

第2分類記号		a	b	c	d	e
第1分類記号						
V ₁		V ₁ a	V ₁ b	V ₁ c	V ₁ d	V ₁ e
V ₂		V ₂ a	V ₂ b	V ₂ c	V ₂ d	V ₂ e
V ₃		V ₃ a	V ₃ b	V ₃ c	V ₃ d	—
V ₄		V ₄ a	V ₄ b	V ₄ c	—	—
V ₅		V ₅ a	V ₅ b	—	—	—

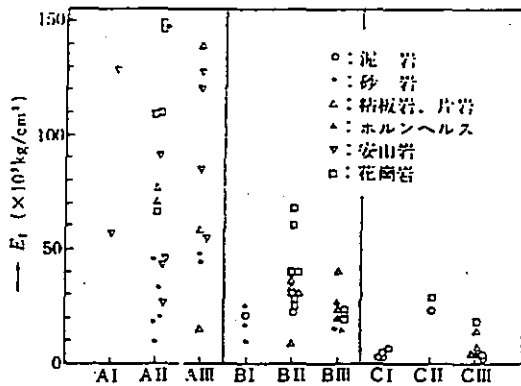
記号説明

記号		記 述
第1記号	V ₁	供試体弾性波速度が 5 km/sec 以上である
	V ₂	4~5 km/sec である
	V ₃	3~4 km/sec である
	V ₄	2~3 km/sec である
	V ₅	3 km/sec 以下である
第2記号	a	地山弾性波速度が供試体速度の 80% 以上である
	b	70~80% である
	c	60~70% である
	d	50~60% である
	e	50% 以下である

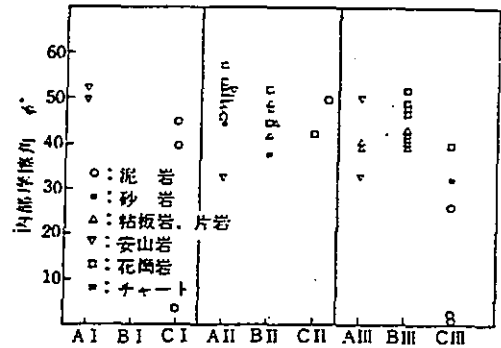
第 4.4 表 土木学会（岩盤力学委員会）の岩盤分類法

		岩石の強度による分類			
		500 kg/cm ² 以上 A 種	100~500 kg/cm ² B 種	100 kg/cm ² 以下 C 種	
罅れ目の間隔による分類	30 cm 以上	I 群	A I	B I	C I
	10~30 cm	II 群	A II	B II	C II
	10 cm 以下	III 群	A III	B III	C III

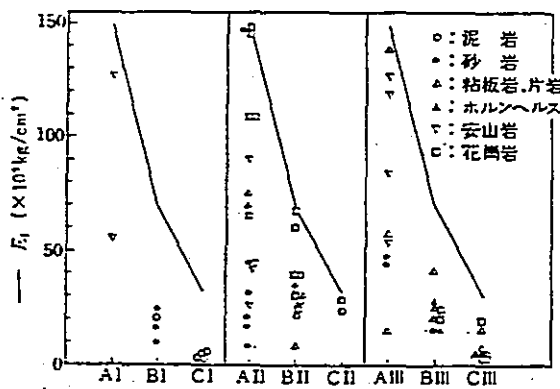
※ 土質工学会分類との対比: A→H₁, H₂ I→A, B
 B→H₃, H₄ II→C, D
 C→S₁, S₂ III→E, F



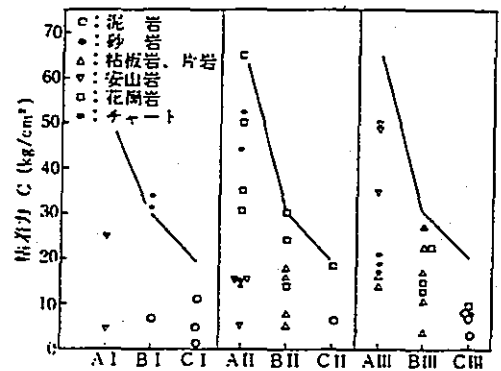
岩盤の弾性係数



岩盤の内部摩擦角



岩盤の弾性係数



岩盤の粘着力

第 4.5 表(1) 岩盤の割れ目区分

泊 区 分				土木学会区分	
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		割 れ 目 区 分	割れ目間隔
		火 碎 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。	I 群	30 cm 以上
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。	II 群	10 ~ 30 cm
III	2 ~ 10 cm	角礫状が主体であるが棒状コアも含む。		III 群	10 cm 以下
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 4.5 表(2) 岩盤の硬さ区分

泊 区 分				土木学会区分		
区 分	代 表 的 岩 種		一軸圧縮強度の目安	備 考	区 分	一軸圧縮強度の目安
a 硬 い	安 山 岩 熔 岩 (An)		約 500 kg/cm ² 以上		A 種	500 kg/cm ² 以上
b 中硬	b ₁ 中硬 ₁	凝灰角礫岩 (Tb)	L-Tb	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 種	100~500 kg/cm ²
			L-Tf			
	b ₂ 中硬 ₂	凝 灰 岩 (Tf)	M-Tb			
			M-Tf			
			U-Tb			
			U-Tf			
c やや軟い	軽石凝灰岩 (Pt)		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。	C 種	100 kg/cm ² 以下
	含泥岩礫凝灰岩 (Tfm)					
	凝灰質泥岩 (Ms)					
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。		

5. 変形係数と荷重範囲の関係について示すこと。

第5.1図に岩盤変形試験から得られた荷重～変位曲線と変形係数の算出法の一例を示す。

変形係数Dは、荷重～変位曲線より各荷重レベルに対応する繰返し部分についてブーシネスクの円形剛体載荷の式を用いて算出している。

$$D = \frac{1-\nu^2}{2r} \cdot \frac{\Delta f}{\Delta \delta} \cdot A$$

r : 載荷板半径 (cm)

A : 載荷板面積 (cm²)

Δf : 荷重増分 (kg/cm²)

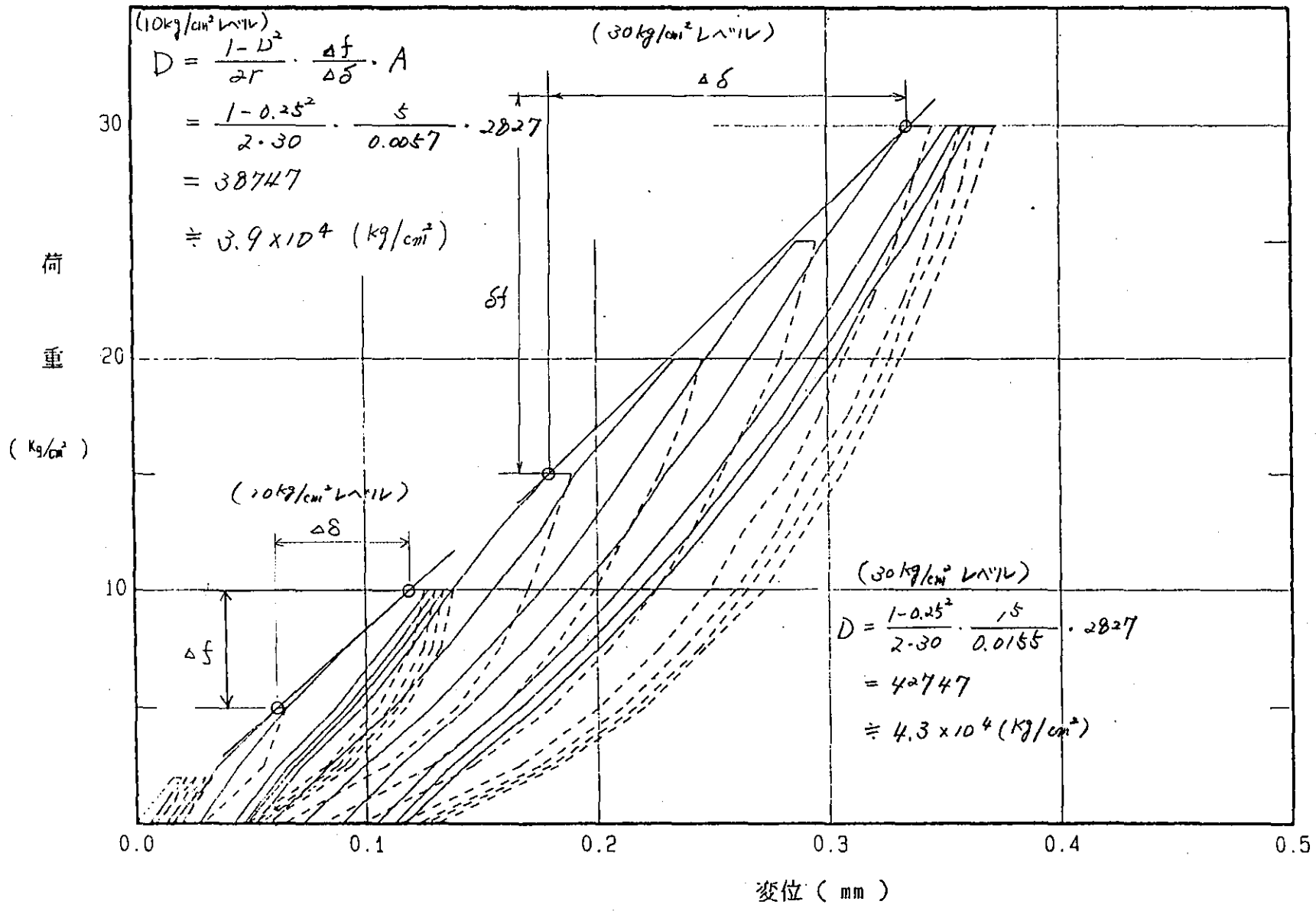
$\Delta \delta$: Δf に対応する変位増分 (cm)

ν : ポアソン比

申請書においては、 $0 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ 、 $0 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ の範囲の変形係数の代表値として上記のようにして求めた 10 kg/cm^2 、 30 kg/cm^2 レベルの値を示している。

変形係数と荷重範囲の関係を第5.2表に示す。

これによると 10 kg/cm^2 、 30 kg/cm^2 レベルのいずれの変形係数もほぼ同等な値を示しており、この範囲内では、十分弾性的挙動を示している。



第 5.1 图 变形试验 荷重-变位曲线 (J-1-1a例)

第5.1表 岩盤變形試驗結果

	岩種	岩盤分類	試驗位置	變形係數 ($\times 10^4$ kg/cm)		
				荷重範圍(kg/cm)		
				0~10	0~30	
1 號 側	凝灰角礫岩	A級	J-1-1	3.9	4.3	
			J-1-2	6.1	6.1	
			J-1-3	7.1	6.7	
	凝灰岩	A級	J-1-4	2.6	4.1	
			J-1-5	6.5	6.9	
			J-1-6	4.5	4.7	
	凝灰角礫岩	B級	J-1-7	1.8	2.3	
			J-1-8	2.3	2.3	
			J-1-9	3.7	3.7	
2 號 側	凝灰角礫岩	A級	J-2-1	3.5	3.8	
			J-2-2	4.2	4.0	
		C級	J-2-3	0.7	1.2	
	安山岩熔岩	B級	J-2-4	1.0	1.3	
			J-2-5	3.1	3.7	
			J-2-6	1.9	2.7	
	凝灰岩	B級	J-2-7	2.2	2.7	
			J-2-8	0.7	1.0	
			J-2-9	1.2	1.5	
	凝灰角礫岩	B級	J-2-10	1.8	3.0	
			J-2-11	3.4	3.5	
			J-2-12	4.1	4.2	
		輕石凝灰岩	C級	J-2-13	0.9	0.8
				J-2-14	0.8	1.0
				J-2-15	0.8	1.0
周 邊 部	凝灰岩 (黑色)	C級	J-0-1	0.8	1.0	
			J-0-2	0.3	0.5	
			J-0-3	0.9	1.5	
	含泥岩礫 凝灰岩	D級	J-0-4	0.5	0.6	
			J-0-5	0.3	0.5	
			J-0-6	0.4	0.4	
A級岩盤平均值				4.8	5.1	
B級岩盤平均值				2.3	2.7	
C級岩盤平均值				0.7	1.0	
D級岩盤平均值				0.4	0.5	