

泊発電所（1，2号炉）

原子炉建屋基礎地盤の

安定性の検討について

昭和58年 9月13日

原子力発電安全審査課

目 次

1. 検討目的	1
2. 検討内容	2
2.1 解析断面位置の選定	2
2.2 解析用岩盤分類図	4
2.3 解析用物性値	5
2.3.1 単位体積重量	5
2.3.2 強度特性	5
2.3.3 変形特性	5
2.4 地震力	10
2.5 解析方法	12
2.5.1 慣用法	12
(1) 平面すべり安定の検討	12
(2) 岩盤ブロックのすべり安定の検討	16
2.5.2 静的二次元 F E M 解析	21
2.5.3 動的二次元 F E M 解析	28
2.5.4 no tension 解析	31
3. 検討結果	32
3.1 慣用法による検討結果	32
3.1.1 平面すべり安定の検討結果	32
3.1.2 岩盤ブロックのすべり安定の検討結果	35
3.2 静的二次元 F E M 解析による検討結果	39
3.2.1 予備検討結果	39
3.2.2 本検討結果	41
(1) 基本解析による検討結果	41
(2) 変形係数解析による検討結果	42

(3) コントラスト解析(1)	
- 安山岩熔岩に対する検討結果 -	43
(4) コントラスト解析(2) - 全岩種に対する検討結果 -	44
(5) 浮力解析による検討結果	44
(6) F-3断層の安定性の検討結果	45
(7) すべり安全率の検討結果	48
3.3 動的二次元 FEM解析による検討結果	66
3.3.1 予備検討結果	66
3.3.2 本検討結果	68
(1) 基本3断面の検討結果	68
(2) 地震時の地盤の剛性低下を考慮した検討結果	69
(3) 基準地震動 S ₂ 2波による検討結果	71
(4) F-3断層の安定性の検討結果	72
(5) すべり安全率の検討結果	73
(6) 地震時の建屋基礎の変位	74
3.4 no tension 解析による検討結果	80
3.5 地下水位の変化の影響について	83
4. 総合評価	86
5. 審査意見	87

1. 検討目的

原子炉建屋基礎地盤については、地震時の荷重により原子炉施設の安定性に影響を与えないことを確認する必要がある。

このため申請者が実施した原子炉基礎地盤の安定解析の方法、内容及び解析結果について検討を行う。

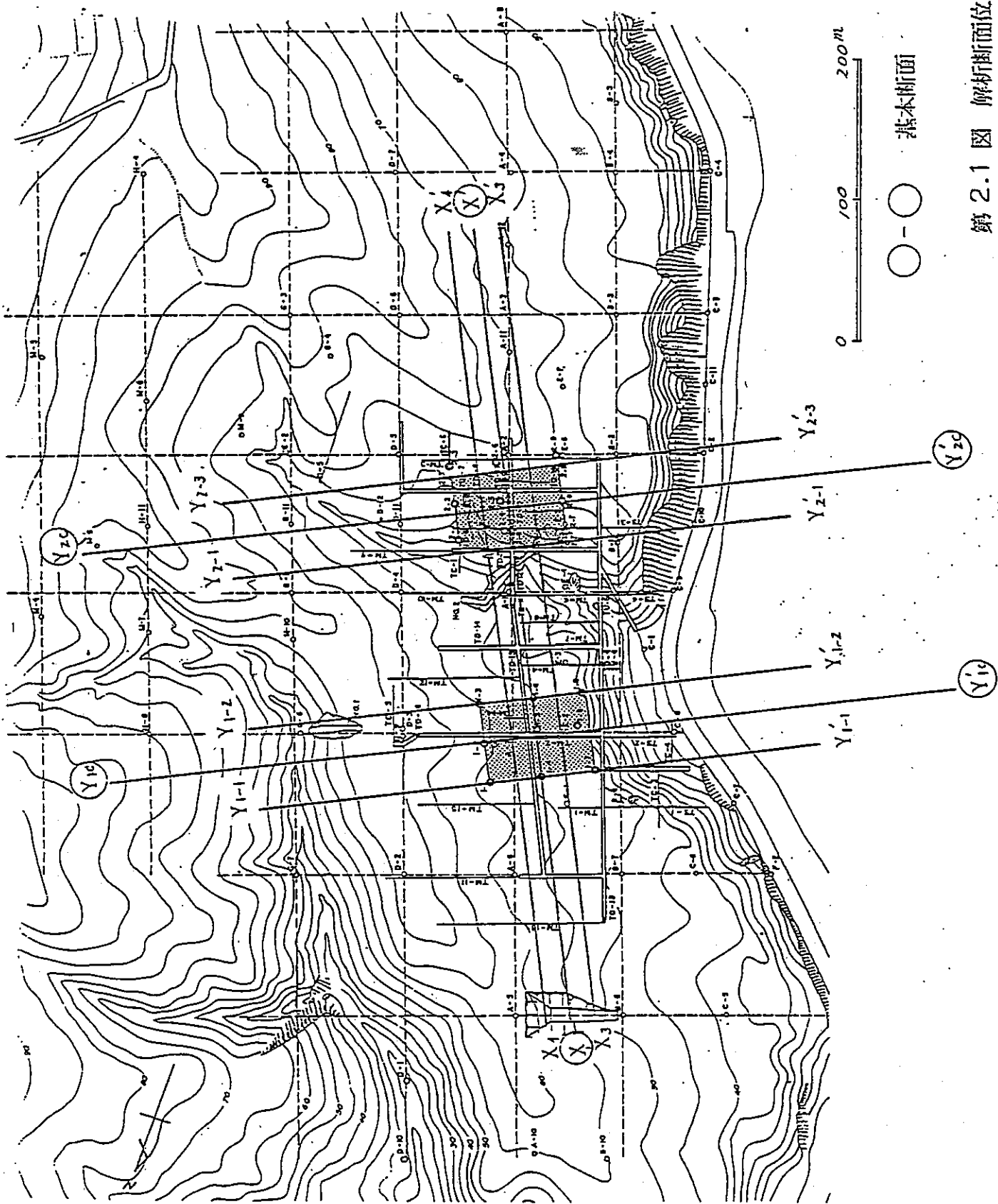
2. 検討内容

2.1 解析断面位置の選定

原子炉建屋基礎地盤は、凝灰角礫岩、凝灰岩を主体として一部に軽石凝灰岩、守山岩熔岩を伴うほか、周辺部に含泥岩礫凝灰岩、深部に凝灰質泥岩が分布する不規則な地盤で、全体に海側に傾斜する同斜構造となっている。

そのため申請者は、原子炉建屋中央で直交する基本的3断面のほか、その他の6断面を合せて9断面を選定し、解析断面としている。

解析断面位置を第2.1図に示す。



第 2.1 图 解析断面位置图

2.2 解析用岩盤分類図

申請者は、ボーリング調査、試掘坑調査等から作成した地質断面図を工学的見地に立って検討し、前述した9断面の岩盤分類図を作成している。

解析用岩盤分類図を第2.2図～第2.10図に示す。

2.3 解析用物性値

申請者は基 5854 (C-53) 10/ 「原子炉建屋基礎地盤及び周辺斜面の岩盤分類と地盤物性について」に基づき、安定解析に用いる物性値を次のように設定している。(第 2.1 表参照)

2.3.1 単位体積重量

単位体積重量は、各岩級ごとの飽和状態の密度の平均値を設計値とする。

2.3.2 強度特性

強度特性は、A~C 級の岩盤については ロックせん断試験, C~D 級については ブロックせん断試験, E 級岩盤については 三軸圧縮試験, 断層については 単純せん断試験の結果による強度を採用する。

なお、割れ目のやや多い B 級の安山岩熔岩については、コントラスト解析(1)において強度定数-標準偏差とした検討を行う。

2.3.3 変形特性

(1) 静的変形特性

静的変形特性は、A~D 級岩盤については岩盤変形試験, E 級岩盤については三軸圧縮試験, 断層については単純せん断試験の結果により、次の値を設計値として採用する。

a. 基本解析及び浮力解析

岩級ごとの静弾性係数の平均値とする。

b. 変形係数解析

岩級ごとの変形係数の平均値とする。

c. コントラスト解析(1)

原子炉建屋付近のB級の安山岩熔岩については平均値±標準偏差とし、その他の岩盤については、基本解析と同じとする。

d. コントラスト解析(2)

厳しいコントラストがつくようにA, B級岩盤については、平均値+標準偏差、C, D級岩盤については、平均値-標準偏差とする。

また、静ポアソン比は、岩石試験結果等を参考にして設定する。

なお、断層の変形性については、静的単軸せん断試験結果から拘束圧依存性を考慮している。

(2) 動的変形特性

動的変形特性のうち動弾性係数(E_d)及び動ポアソン比はPS検層結果等から得られた V_p, V_s の平均値より算出している。

また、動弾性係数の設計値は、地震時のひずみ

レベルとC級の軽石凝灰岩の動的三軸試験結果から判断して $0.8E_d$ 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、 $0.8E_d$ のケースと更に剛性を低下させた $0.5E_d$ のケースについて解析を行っている。(第2.11図参照)

なお 断層は、動的単純せん断試験から弾性係数にひずみ依存性をもたせ非線形性を考慮している。

減衰定数は、次のように設定している。

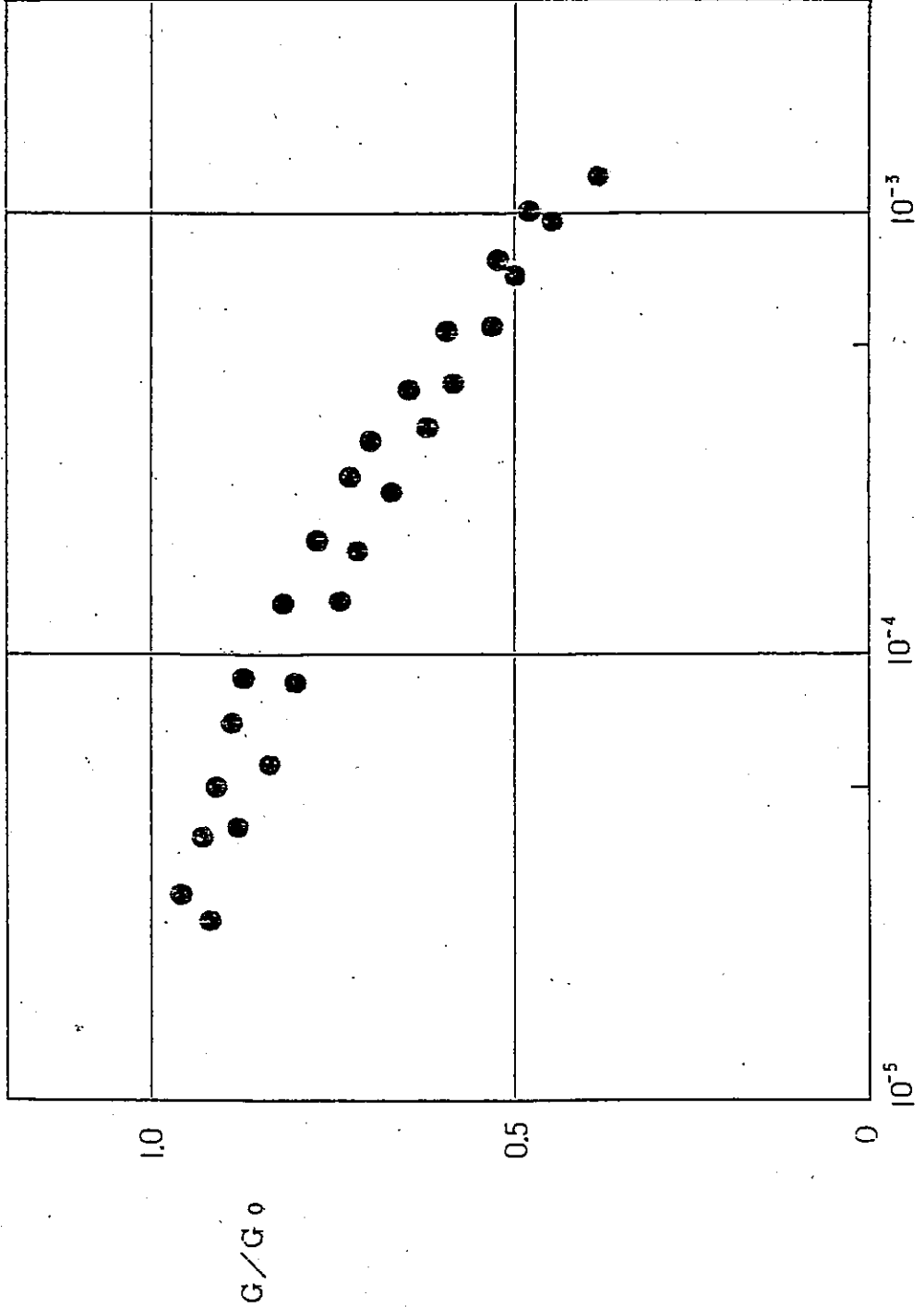
建屋	5 %
A~D級岩盤	3 %
E級岩盤, 断層	10 %

表 2.1 表 解析用物性値

特 性 項 目 岩 盤 類	物理特性		強度特性		変 形 特 性						
	密度 γ_1 (t/m^3)	せん断 強度 τ_0 (kg/cm^2)	内 部 摩擦角 ϕ ($^\circ$)	静 的 的 解 析			動 的 的 解 析				
				静 弾 性 係 数 ($\times 10^4 kg/cm^2$)			ν_s	B_d ($\times 10^4 kg/cm^2$)	ν_d	h (%)	
				基本解析	変形係数解析	コントラスト 解析(1)※					コントラスト 解析(2)※
A 級	2.2	22.1	51.1	6.2	4.8	6.2	8.5	0.25	13.7	0.36	3
B 級	2.1	15.8	47.0	2.8	2.3	2.8	4.2	0.25	9.8	0.35	3
C 級	1.9	5.8	46.3	1.0	0.7	1.0	0.7	0.25	6.4	0.37	3
D 級	1.9	3.0	38.8	0.5	0.4	0.5	0.4	0.30	3.1	0.38	3
E 級	1.7	0.87	25.5	0.04	0.04	0.04	0.04	0.35	0.90	0.41	10
安山岩熔岩	2.6	10.1	47.0	2.8	2.3	1.4~4.2	4.2	0.25	17.9	0.32	3
※※ F-1 断層	1.8	1.65	14.7	282.8 σ_v	0.519	0.519	282.8 σ_v	0.40	840.6 σ_v	0.48	10
※※ その他断層	1.8	1.81	22.2	193.2 σ_v	0.811	0.811	193.2 σ_v	0.40	836.9 σ_v	0.48	10

※コントラスト解析(1)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
 コントラスト解析(2)は、A, B級岩盤では弾性係数平均値±標準偏差，C, D級岩盤では弾性係数平均値-標準偏差
 としたものである。

※※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。



せん断ひずみ γ (%)

第 2.11 図 軽石凝灰岩の動的三軸試験結果

2.4 地震力

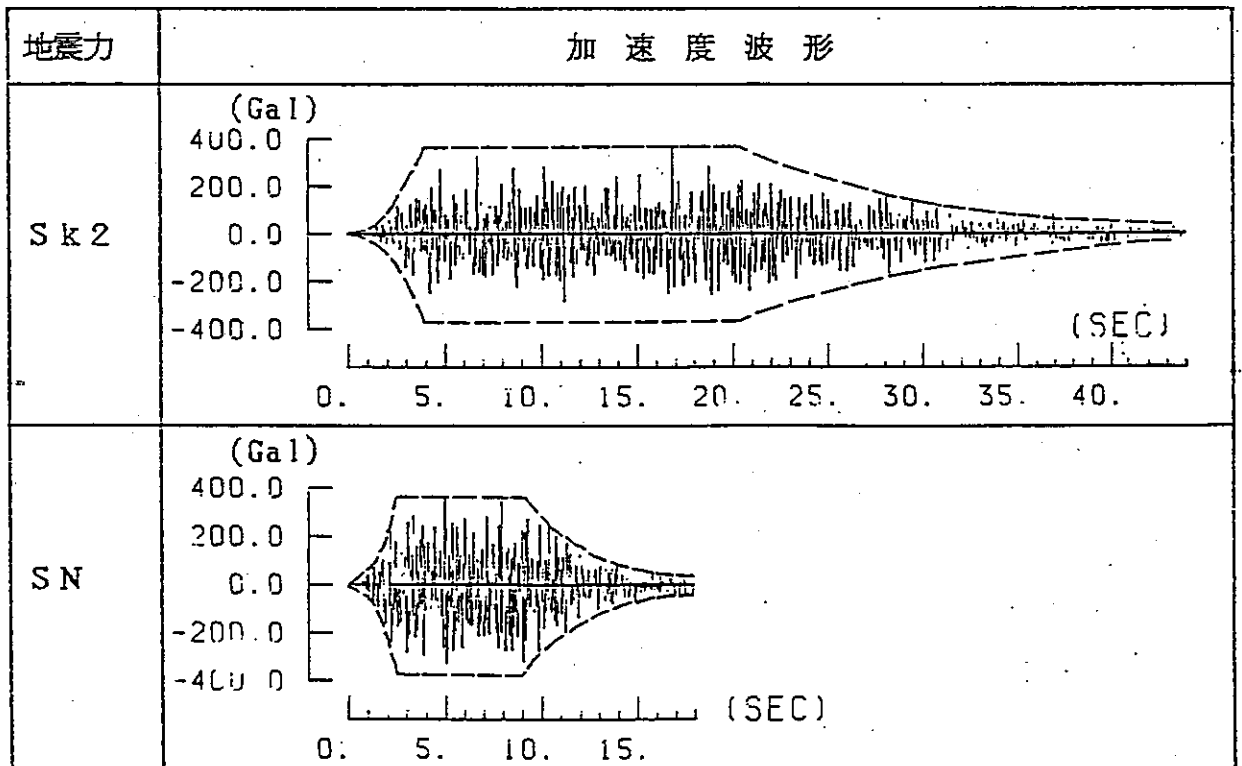
申請者は、原子炉建屋基礎地盤の安定性を検討するにあたって、地震力を第2.2表のとおりとしている。

静的解析においては、建屋に、層せん断力係数 $3C_2$ と鉛直震度0.24を、地盤に水平震度0.20、鉛直震度0.10を与えている。

動的解析においては、基準地震動S2 2波と鉛直震度を建屋に0.24、地盤に0.10を与えている。

第 2.2 表 地 震 力

検討方法	地 震 力										
慣用法及び静的FEM解析 静的検討	水平方向	建 屋 3 C I 地 盤 0.20									
	鉛直方向	建 屋 0.24 地 盤 0.10									
動的FEM解析 動的検討	水平方向	基準地震動 S2 <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <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	370.08	18.0
	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 0.24 地 盤 0.10										



2.5 解析方法

申請者は、原子炉建屋基礎地盤の地震時安定性を確認するために静的な検討(慣用法及び静的FEM解析)及び動的な検討(動的FEM解析)を行っている。

2.5.1 慣用法

慣用法としては、原子炉建屋基礎底面の平面すべり安定解析と断層等に使われた岩盤ブロックのすべり安定解析を行っている。

(1) 平面すべり安定の検討

a. 解析方法

原子炉建屋を剛体とみなし、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。

b. 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要素分割した。

なお断層はいずれも幅が薄いためモデル化していない。

第2.12図に岩盤分類図と対応させて解析モデル図を示す。

c. 地震力

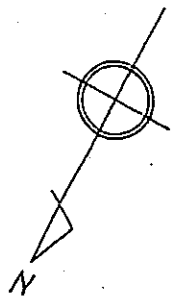
原子炉建屋に作用する地震力は、第2.2表に示すとおり層せん断力係数 $3C_E$ (基礎底面における層せん断力係数 0.48) と高さ方向に鉛直震度 0.24 を一様に与えている。

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。

d. 解析用物性値

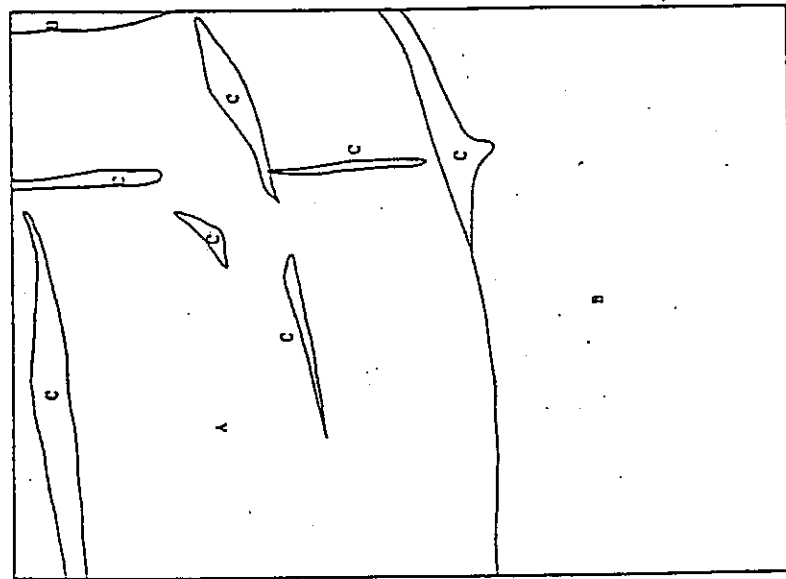
基礎岩盤の解析用物性値は第2.1表に基づいて次のとおりとしている。

岩盤分類	τ_0 (kg/cm ²)	ϕ (°)
A 級	22.1	51.1
B 級	15.8	47.0
C 級	5.8	46.3

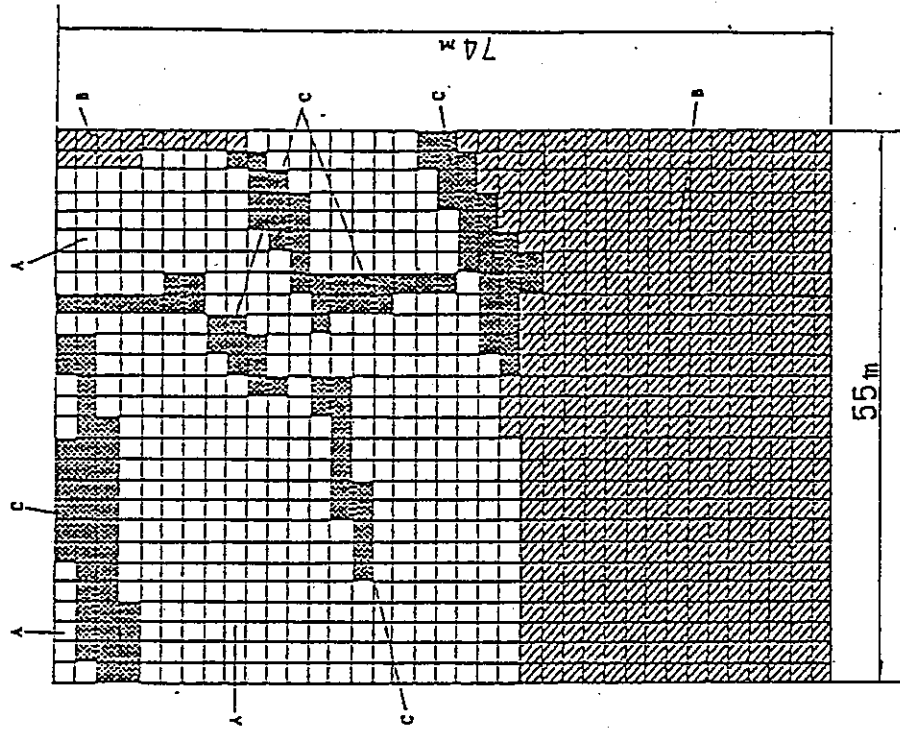


1号原子炉建屋

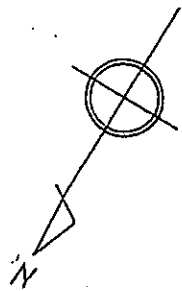
岩盤分類



モデル

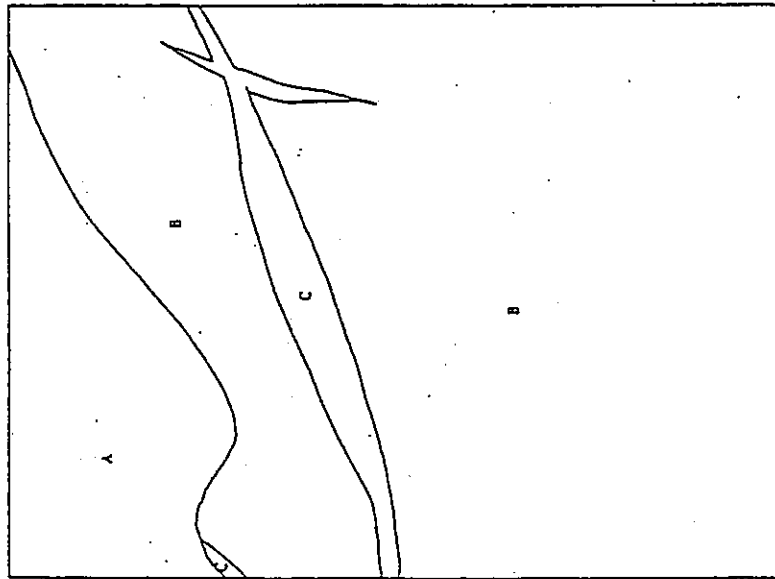


第 2.12 図 (1) 平面すべり安定解析用モデル (E L 2 . 3 m)

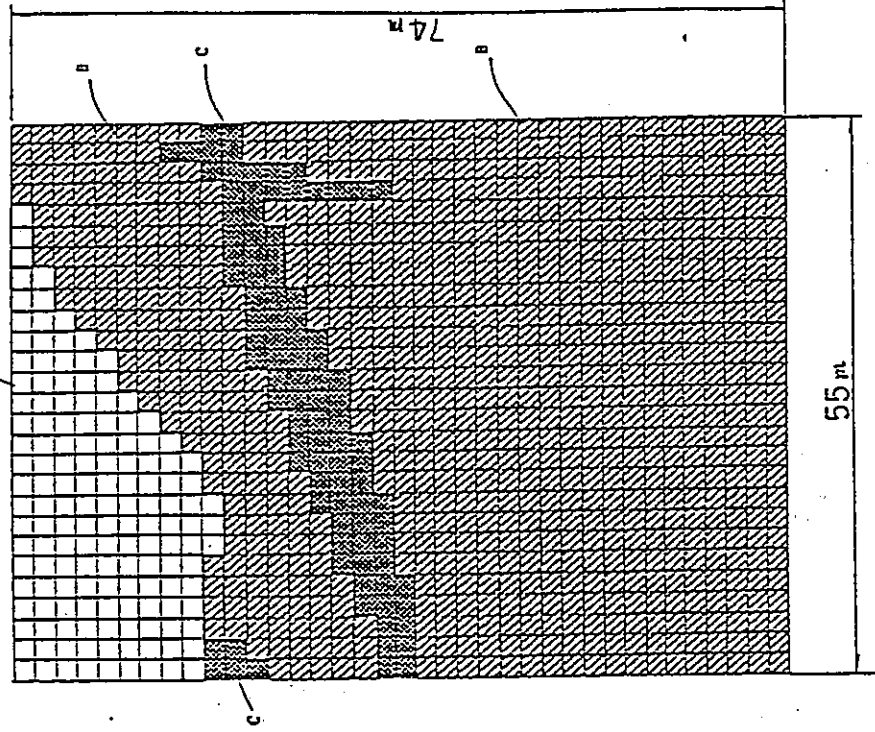


2号原子炉建屋

岩盤分類



モデル



第 2.12 図 (2) 平面すべり安定解析用モデル (E L 2 . 3 m)

(2) 岩盤ブロックのすべり安定の検討

a. 解析方法

断層や弱層にかこまれた岩盤ブロックを剛体とみなし、岩盤に作用する地震力によって発生するせん断力と断層物質のせん断抵抗力の関係から、3次元的に安定性を検討している。

b. 解析モデル

1, 2号原子炉建屋基礎底面には、断層や弱層にかこまれた岩盤ブロックが存在しないので断層を一部仮想して形成される次の2ケースのブロックについてモデル化した。

(a) ケース1 (1号炉側)

1号原子炉建屋基礎底面に分布するF-2断層及びNo.3-1小断層を延長して、これらとF-1断層によって形成される岩盤ブロックを仮想してモデル化した。

解析モデルを第2.13図, 第2.14図(1)に示す。

(b) ケース2 (2号炉側)

2号建屋基礎底面付近に分布するNo.9-3, H-3小断層を延長して、これらとF-5断層によって形成される岩盤ブロックを仮想してモデル化した。

解析モデルを第2.13図, 第2.14図(2)に示す。

c. 地震力

岩盤ブロックに作用する地震力は水平震度0.2、鉛直震度0.1とし、さらに震度を増加させてブロックが滑動する時の限界地震力を求めている。

地震の方向は水平地震力を0~360°、鉛直地震力を上向きとしている。

d. 解析用物性値

岩盤及び断層物性値は第2.1表に基づいて次のとおりとしている。

	γ (g/cm ³)	τ_0 (kg/cm ²)	ϕ (°)
岩盤	2.2	—	—
F-1 断層	1.8	1.65	14.7
その他の断層	1.8	1.81	22.2

なお、岩盤ブロックには浮力を作用させる。