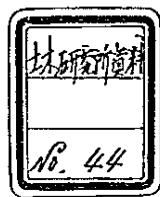


大滝ダム

断層プラグに関する二次元光弾性実験

報告書



昭和40年3月

建設省土木研究所
ダム構造研究室

目 次

	まえがき	1
(1)	実験方法	2
1	模型	2
2	荷重	2
3	実験の種類	3
(2)	実験結果	4
1	等傾線図	5
2	主応力線図	27
3	等色線図	39
(3)	応力解析	48
1	模型材料の光弾性感度	48
2	応力換算比	49
3	表面応力	50
4	NO.1 模型における岩盤内部応力	50
(4)	考 察	60
	添附写真(等色線)	61
	NO.1, NO.5, NO.10, NO.11	

ま え が き

この実験は、断層が存在する基礎岩盤上に、重カラムを施工した場合に基礎岩盤内の応力状態はどのようなものとなるか、又それを処理（プラフの施工）する事により応力状態は如何に変化するかを知り、断層プラフ設計上の指針を得る目的で行われたものであり、主な内容は次のとおりである。

(1) エポキシ樹脂（アラルダイトD型 厚さ15mm）

を用いて $1/1000$ 模型（原型タム高100m、工流面

勾配鉛直、下流面勾配 $1:0.86$ ）の製作-----17ヶ所

(2) (1)の各模型に対する等傾線図、主応力線図の

作製および等色線写真の撮影

(3) 等色線写真による表面応力の計算（No.1～No.17）

および内部応力の計算（No.1）

〔1〕 実 験 方 法

1. 模 型

模型は原型ダムの高さ 100m 上流面勾配鉛直、下流面勾配 1:0.86 に対し縮尺 $\frac{1}{100}$ の二次元模型を製作した。岩盤部としては深さ 13cm (原型換算 260m) 巾 25cm (原型換算 500m) を確保した。

また厚さは 15mm とし、材料としてエポキシ樹脂(アラルダイトD型)を使用した。

断層(弾性係数の減少)の表現は断層部の板厚を減少させる方法によった。

2. 荷 重

ダムに於らく荷重としては、次のものを考慮した。

1) ダムの自重

コンクリートの単位重量 $w_c = 2.30 \text{ t/m}^3$

2) 静水圧

水 深 $h = 100 \text{ m}$

3) 泥 圧

堆泥土係数 $C_s = 0.60$

単位重量 $w_s = 1.0 \text{ t/m}^3$

深 さ $d = 50 \text{ m}$

4) 揚 圧 力

上 流 端

$$P = \frac{1}{2} h \gamma_w P$$

下 流 端

$$P = 0$$

直線変化

載荷方法は以上(1)~(4)の荷重の合力を1英に作用させた。

作用位置および方向は図-19とありである。

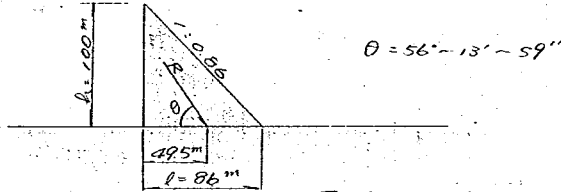


図-19 ゴムに力らく外力の合力の作用点およびその方向

3. 実験の種類

実験は表-1に示すような17種の模型について行なった。

表-1 実験の種類

NO.	断層の位置	断層の方向	断層の深さ	アウターの深さ	弾性係数比 E ₁ /E ₂
1	—	—	—	—	1
2	下流端	鉛直	全底幅の70%	0	4
3			" "		6
4			" "		8
5			" "		10
6			" 10%		"
7			" 12%		"
8		鉛直から下流へ20°	" 20%		"
9		" 上流 "	" "		"
10		鉛直	" "	1×断層厚	"
11		"	" "	2× "	"
12	全底幅内上流側1/3点	"	" "	0	"
13		鉛直から下流へ20°	" "	"	"
14		" 上流 "	" "	"	"
15		鉛直	" "	1×断層厚	"
16		"	" "	2× "	"
17	ゴム下流外側1/3点全底幅点	"	" "	0	"
(18)	下流端	"	" "	"	"

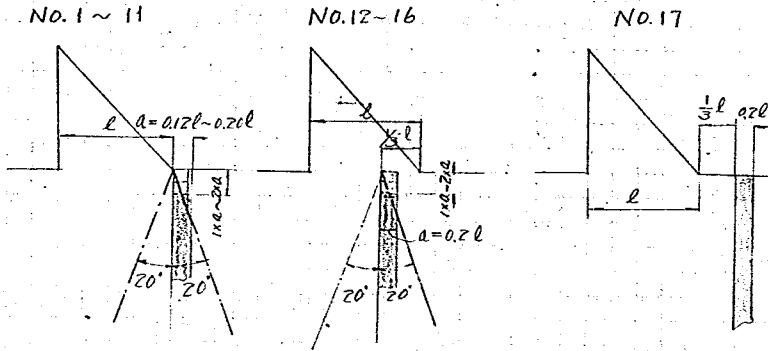


図-2 断面位置および方向

〔2〕 実験結果

実験により得られた各模型に対する等傾線図は図-3(1)~(17)のとおりである。なお、この等傾線のパラメータは合力の作用方向を 0° とし、反時計回りを正として示したものである。

この等傾線図をもとにして主応力線図を描くとそれぞれ図-4(1)~(17)のようになる。

また模型 No. 1~No. 17 の等色線図はそれぞれ図-5(1)~(17)に示すごとくである。

3-1. NO. 1

等傾線

$$E_R/E_T = 1$$

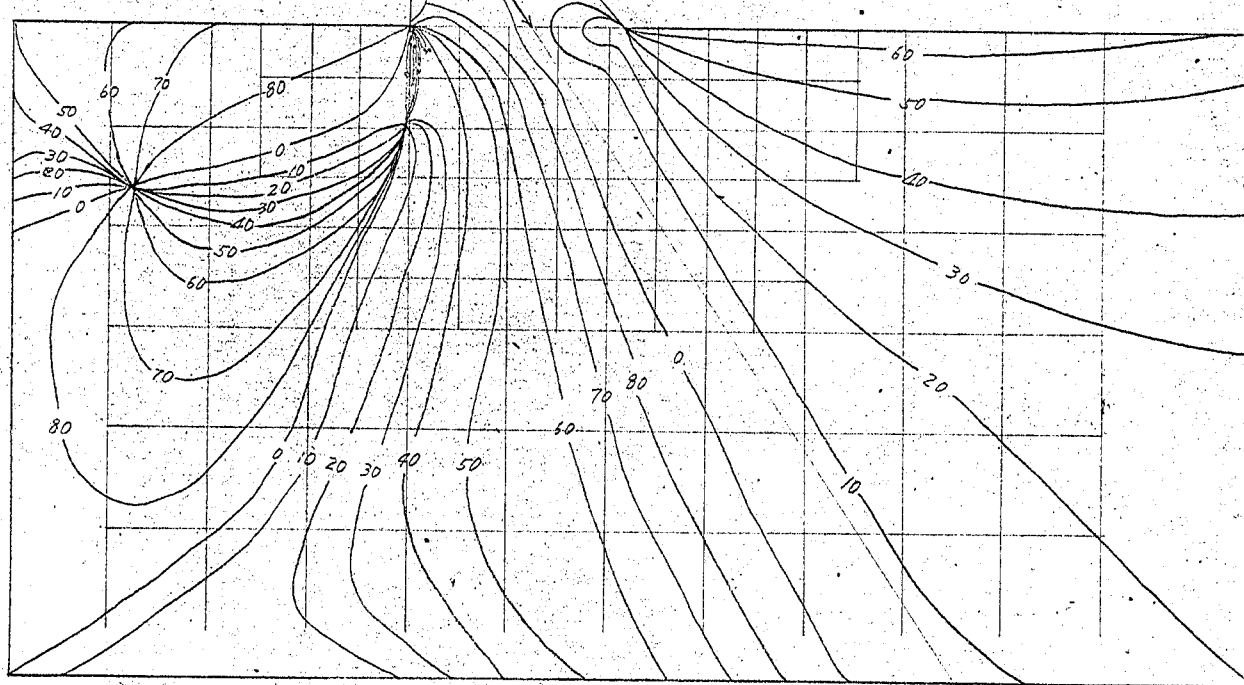


图 3-2.

NO. 2

$E_R/E_F = 4$. 断层厚 $a = 0.2b$
 θ : 方位角

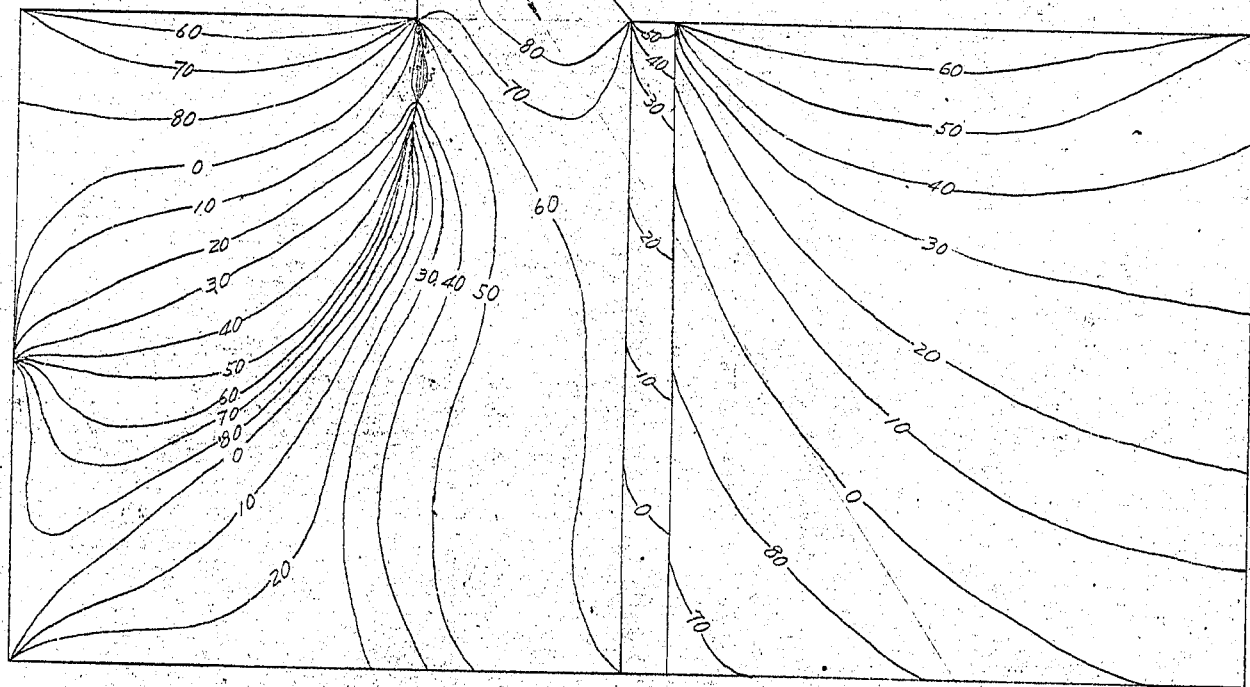


图 3-3

NO. 3

$$\frac{E_R}{E_F} = 6 \quad a = 0.29$$

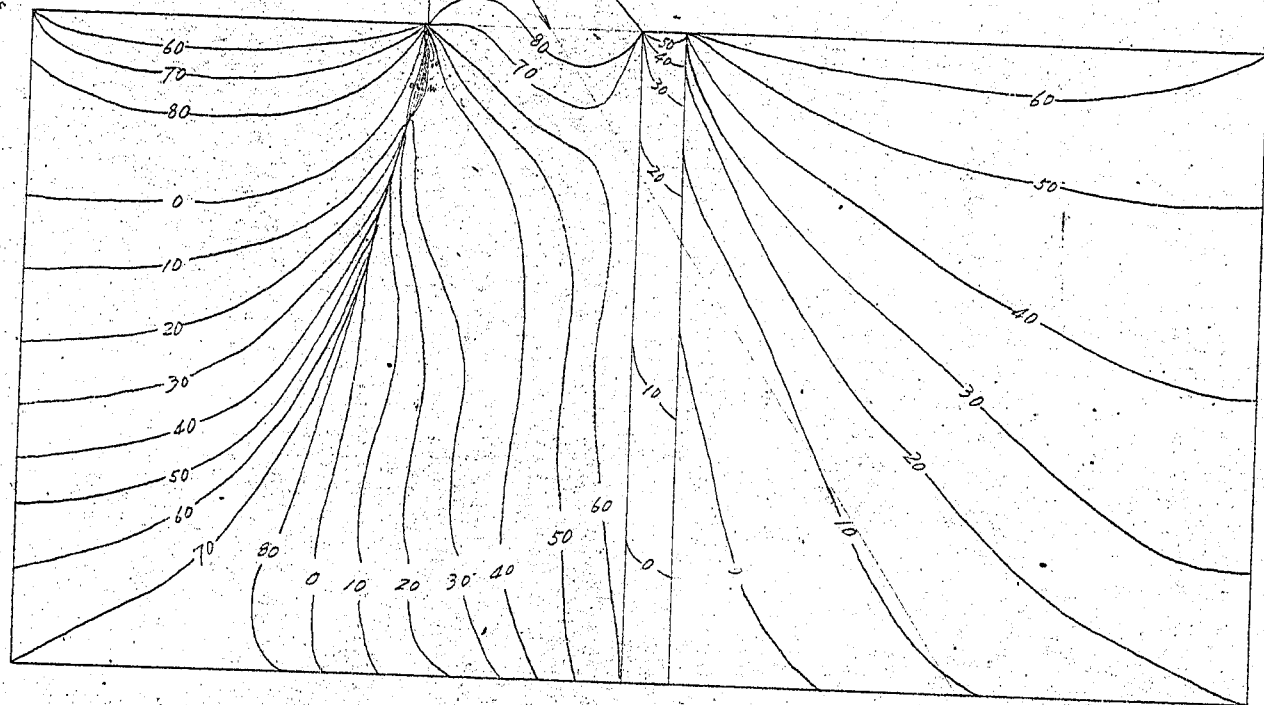
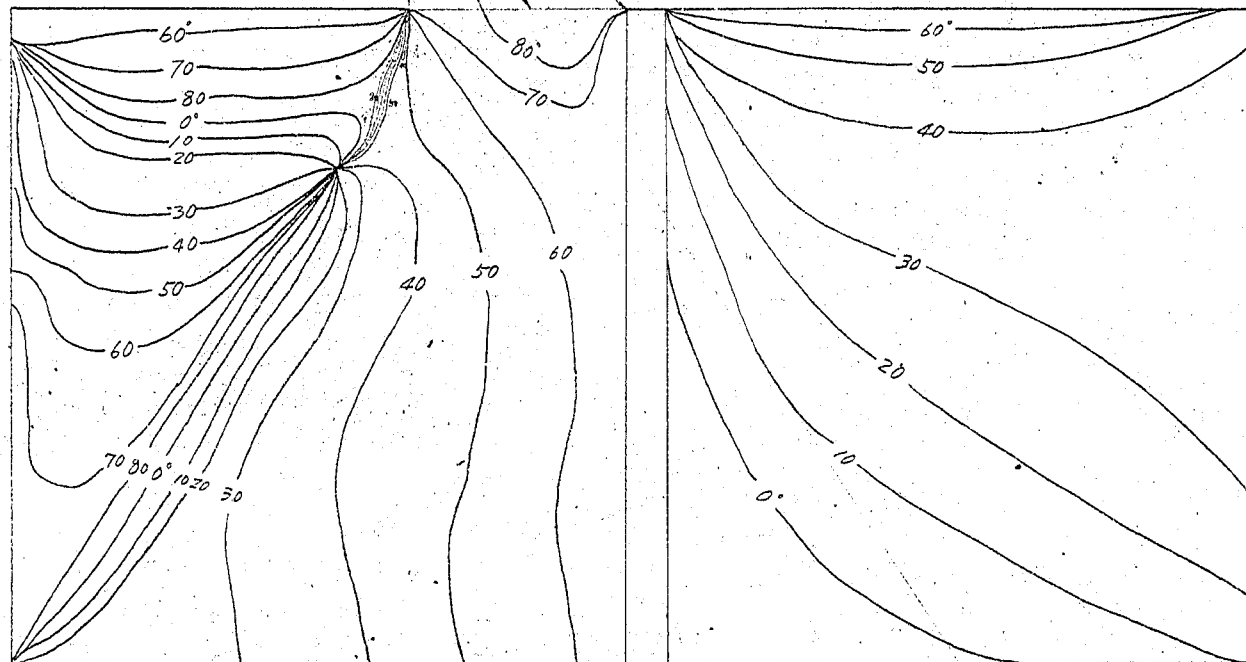


图 3-4

NO. 4

NO. 4

$$E_r/E_f = 8 \quad \alpha = 0.21$$



3-5

N0.5

$$E_R/E_F = 10 \quad a = 0.2\ell$$

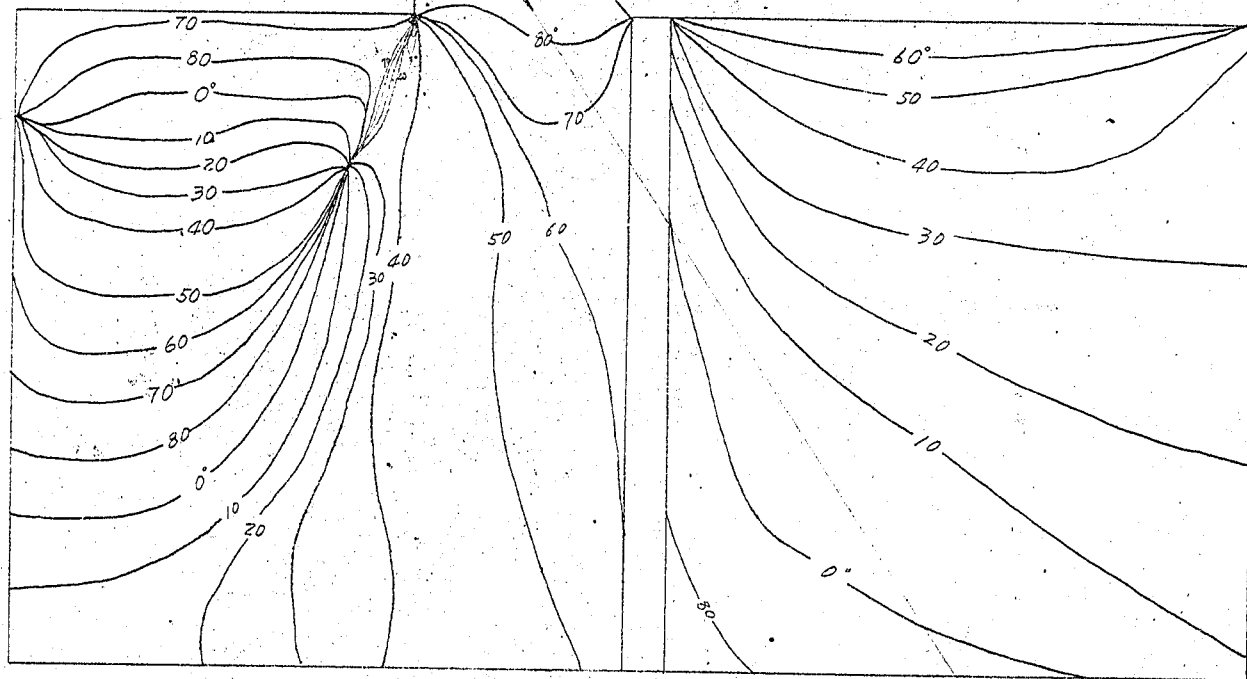
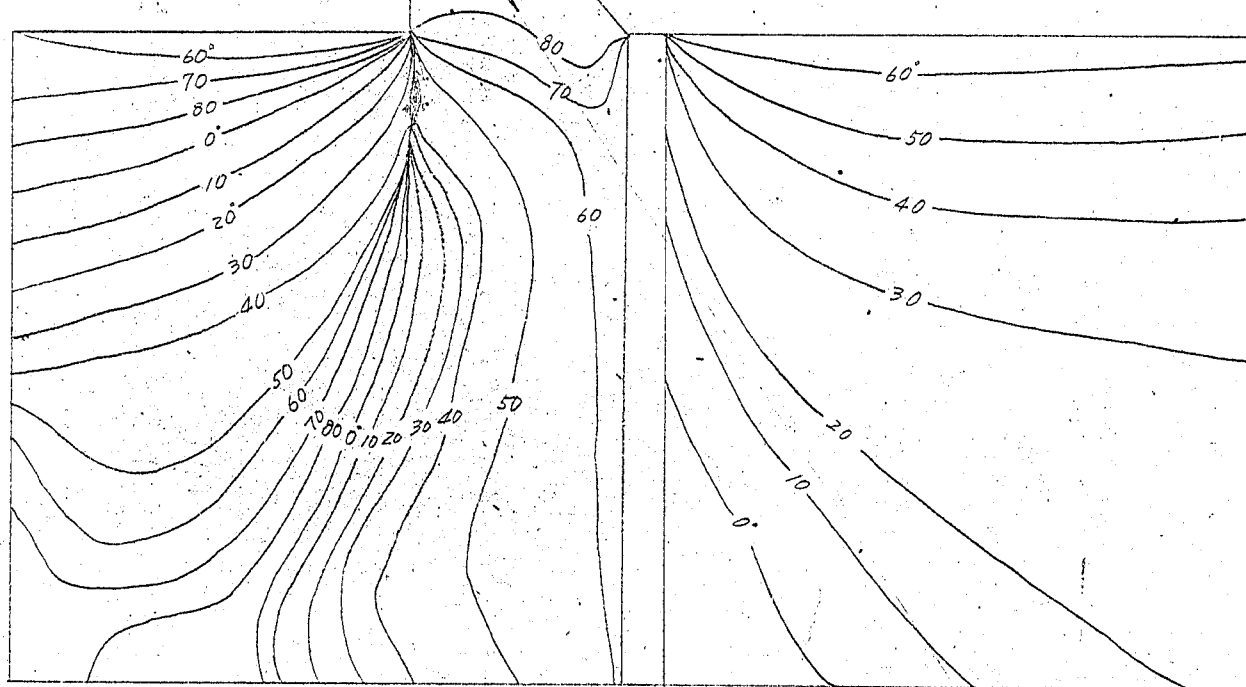


图 3-6

NO. 6

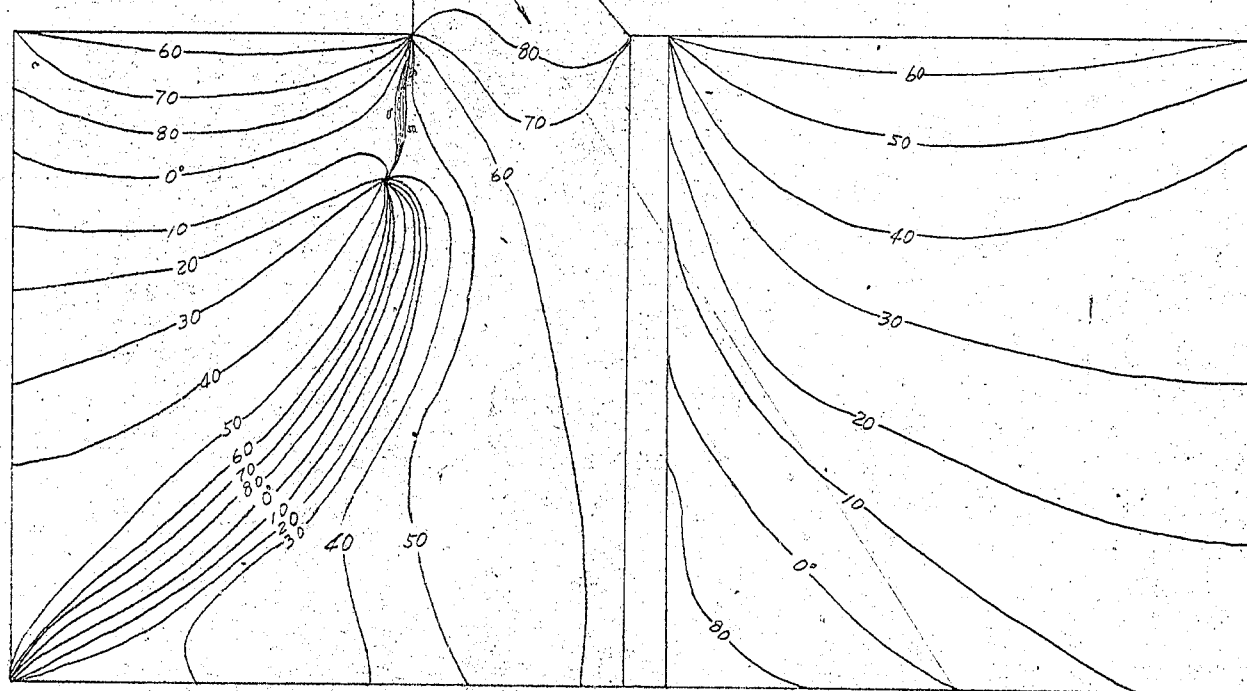
$$E_R/E_F = 10 \quad a = 0.16 \text{ \AA}$$



☑ 3-7

NO.7

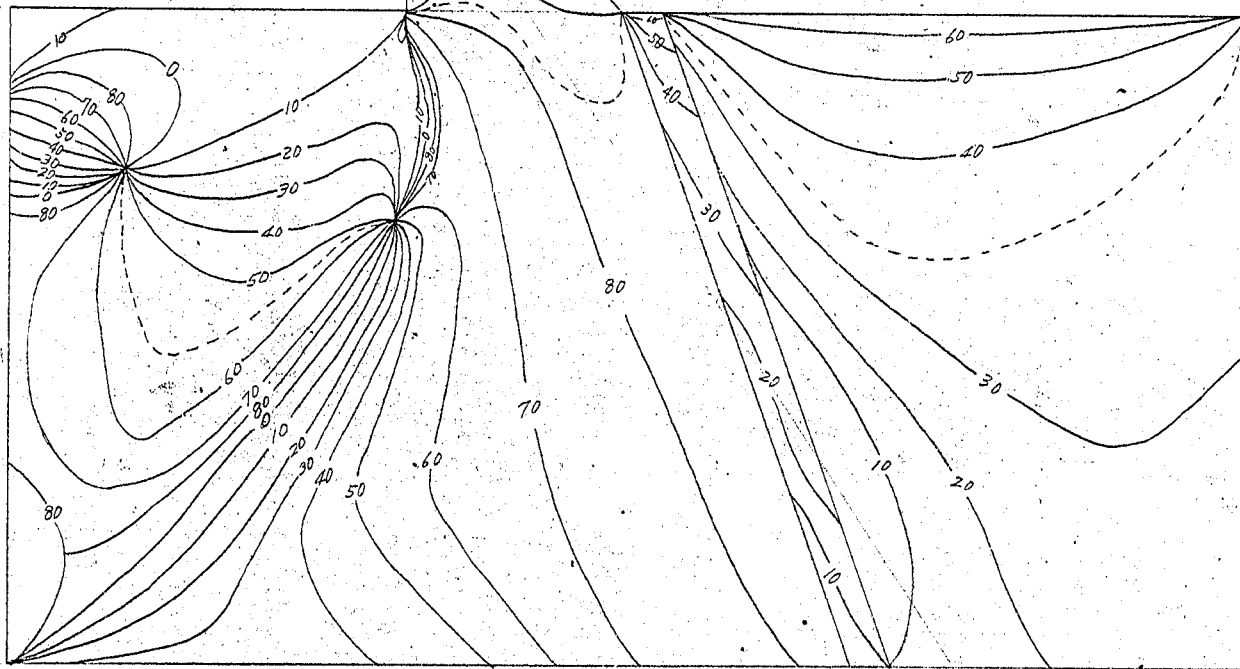
$F_b = 12\%$, $E_R/E_F = 10$, $a = 0.120$



3-8

N0.8

$$E^R/E_F = 10 \quad a = 0.22$$

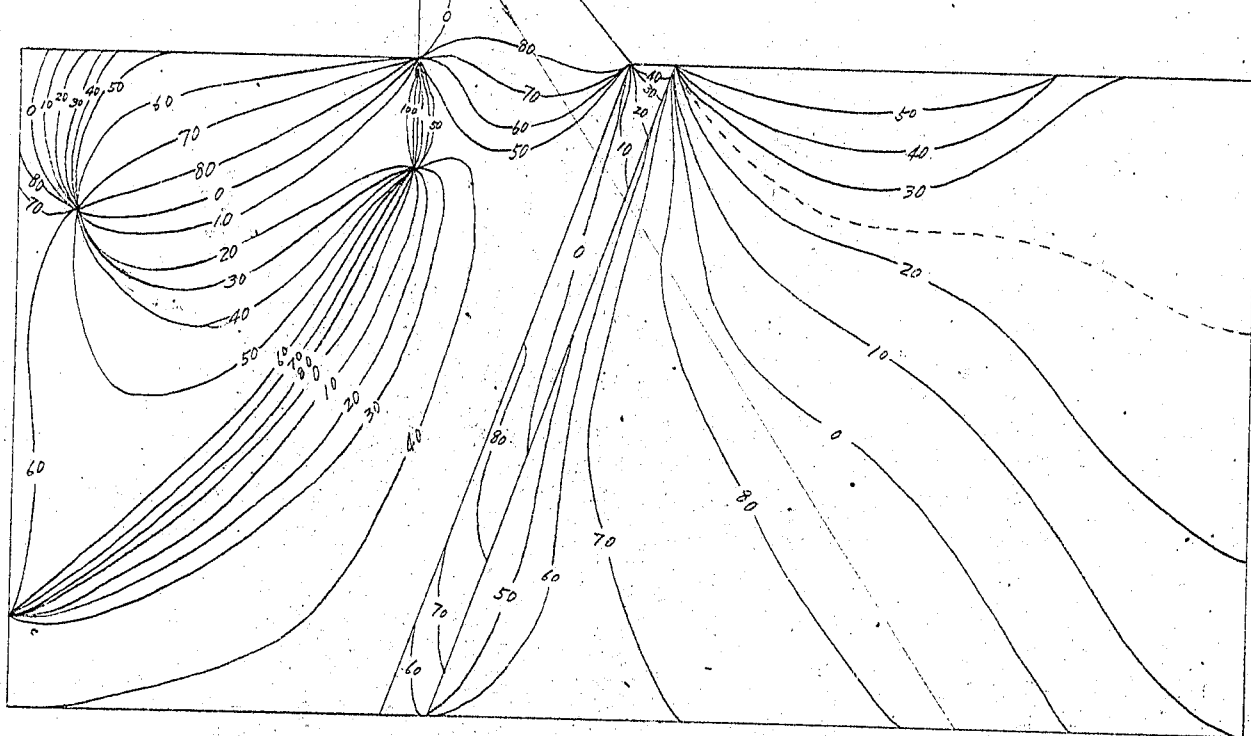


3-9

NO. 9

$$E_x/E_F = 10$$

$$a = 0.2l$$

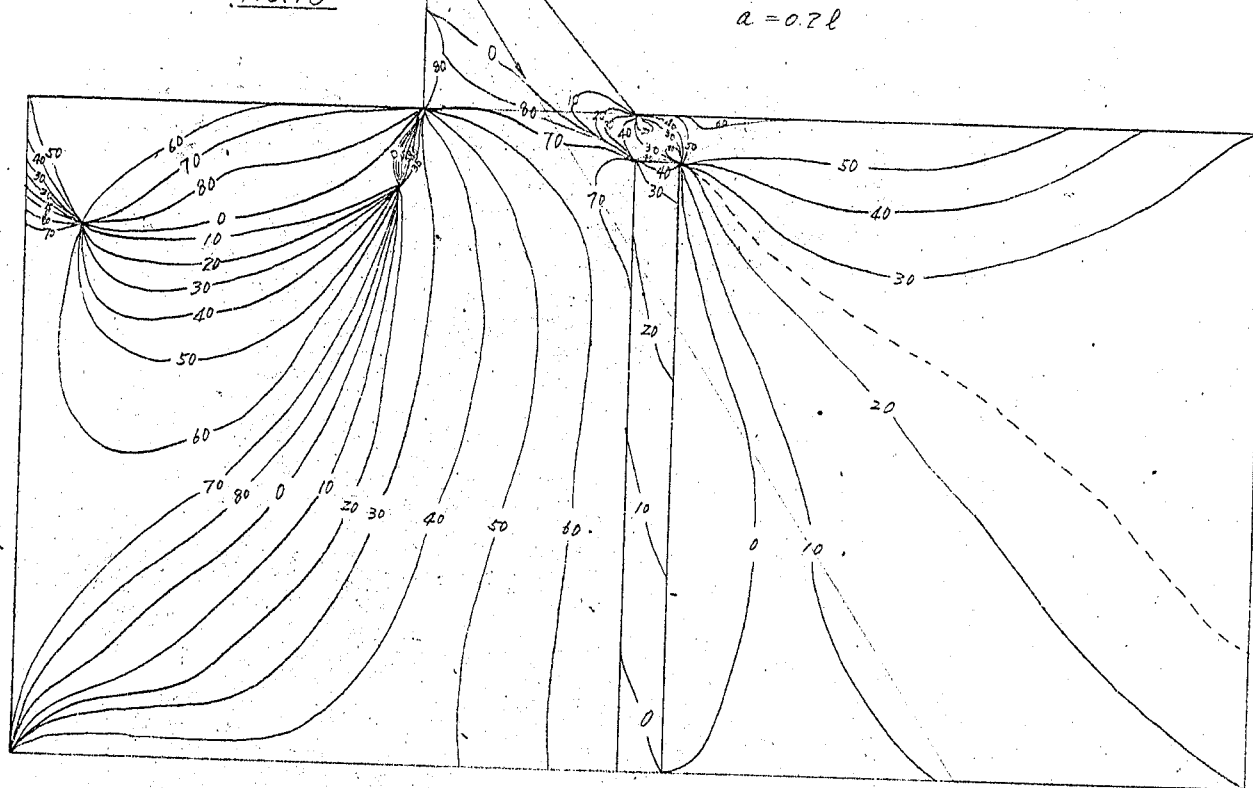


3-10

NO. 10

$$E_R/E_c = 10$$

$$a = 0.7l$$

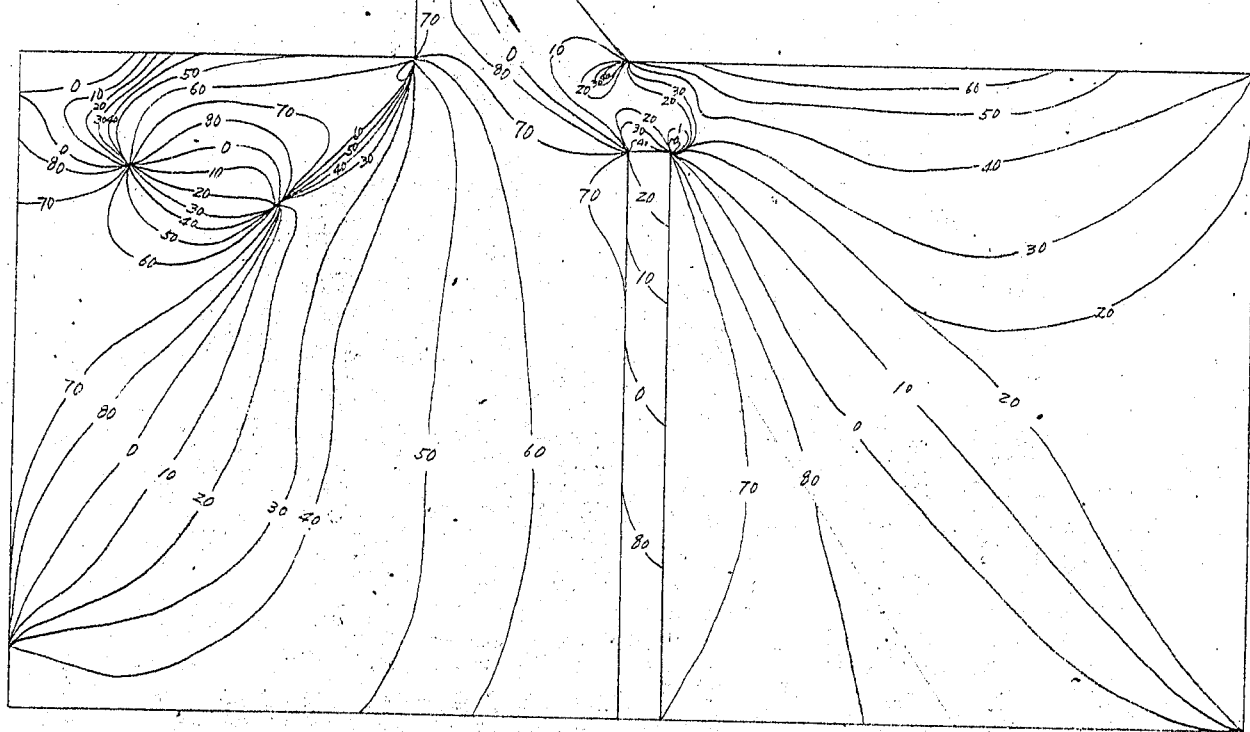


3-11

NO. 11

$$E_R/E_F = 10$$

$$a = 0.72$$

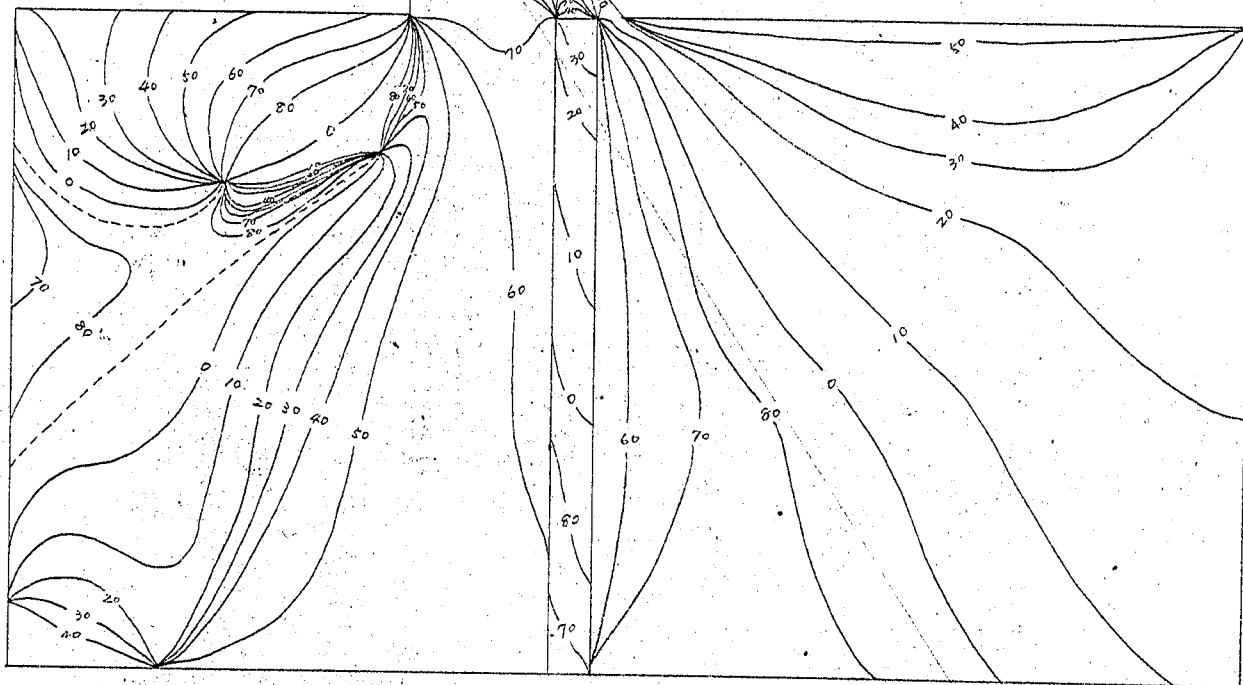


3-12

NO. 12

$$E_x/E_f = 10$$

$$a = 0.2l$$

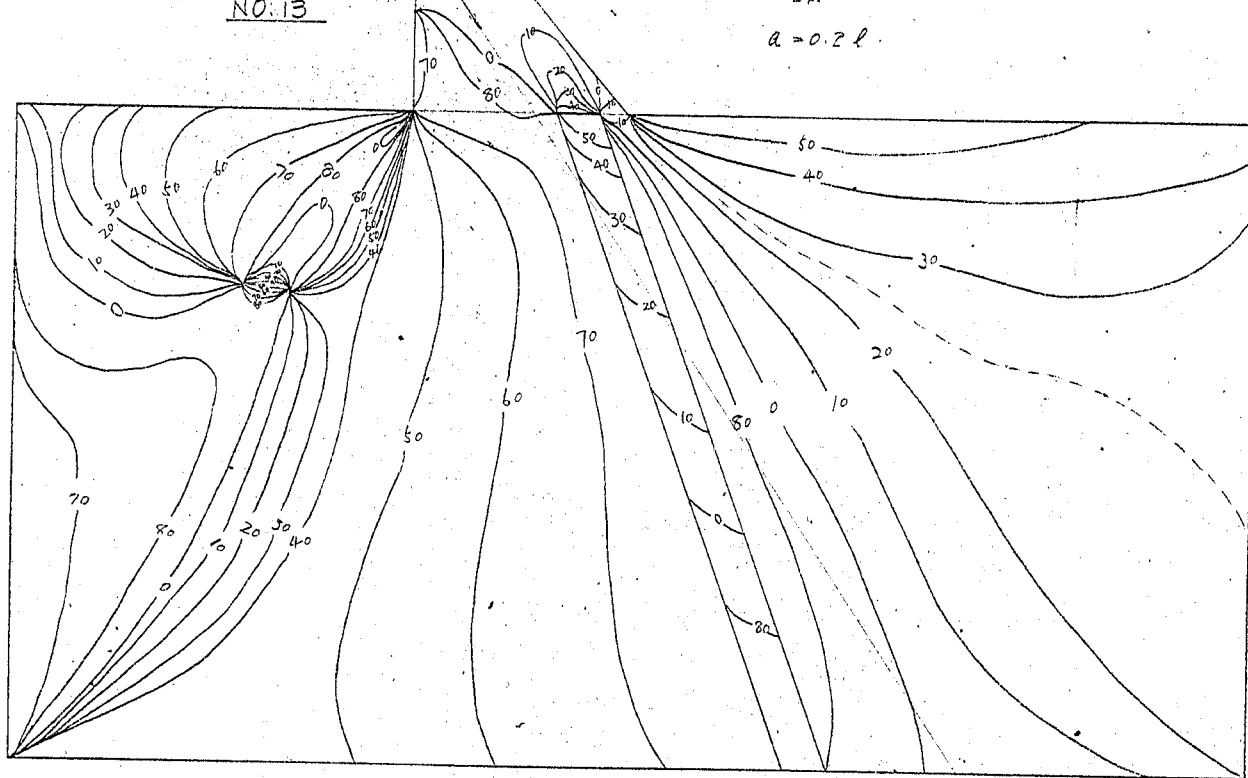


3-13,

NO. 13

$$E_R/E_T = 10$$

$$a = 0.2 l$$

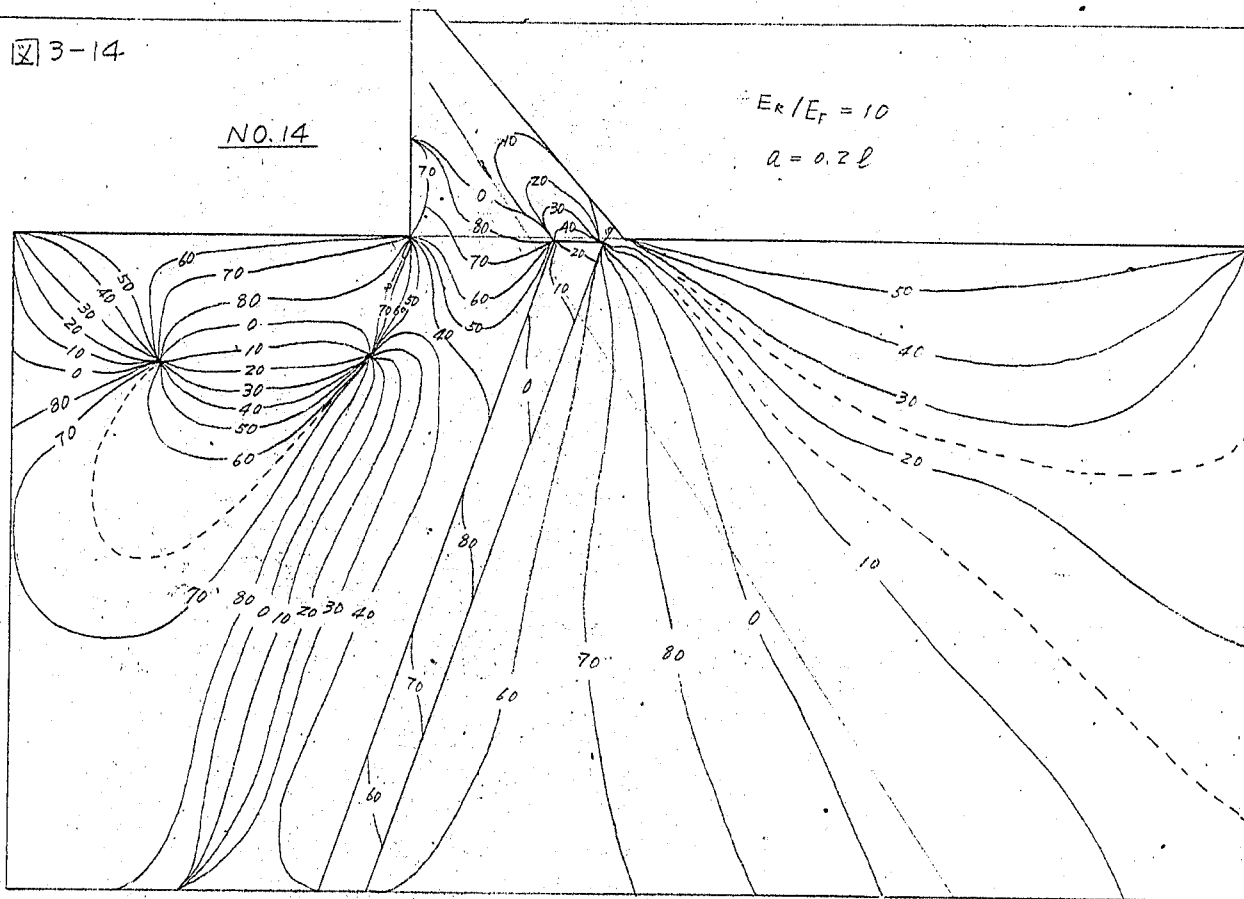


3-14

NO. 14

$$E_R/E_F = 10$$

$$a = 0.2l$$

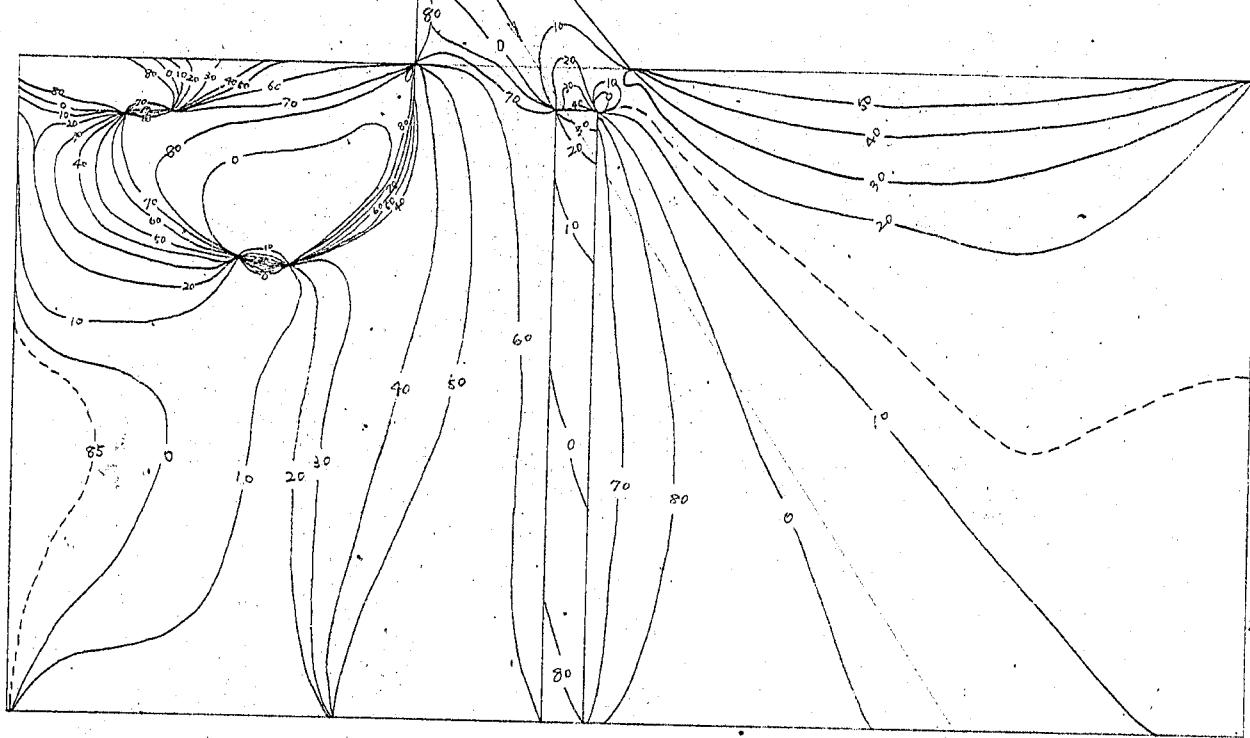


3-15

NO. 15

$$E_R/E_F = 10$$

$$a = 0.2l$$

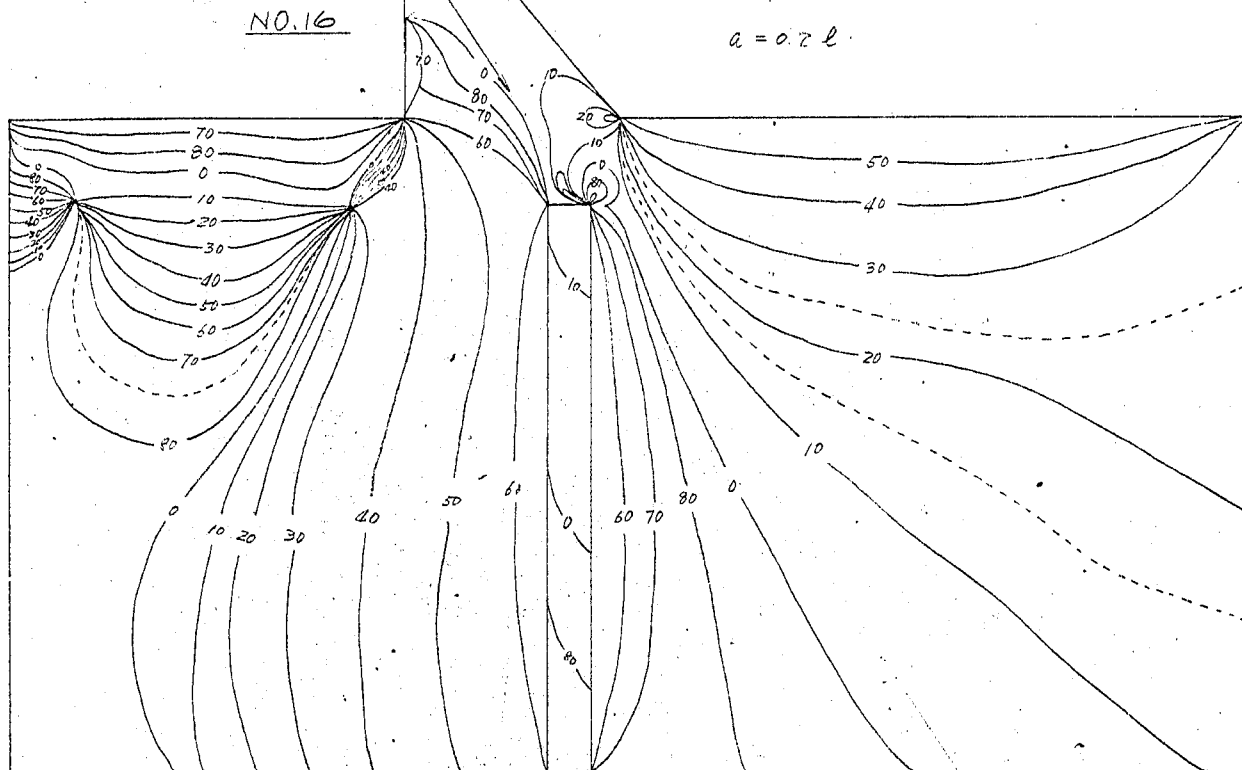


3-16

NO. 16

$$E_x/E_F = 10$$

$$a = 0.7 \ell$$



3-17

NO. 17

$$E_R/E_F = 10$$

$$a = 0.2\ell$$

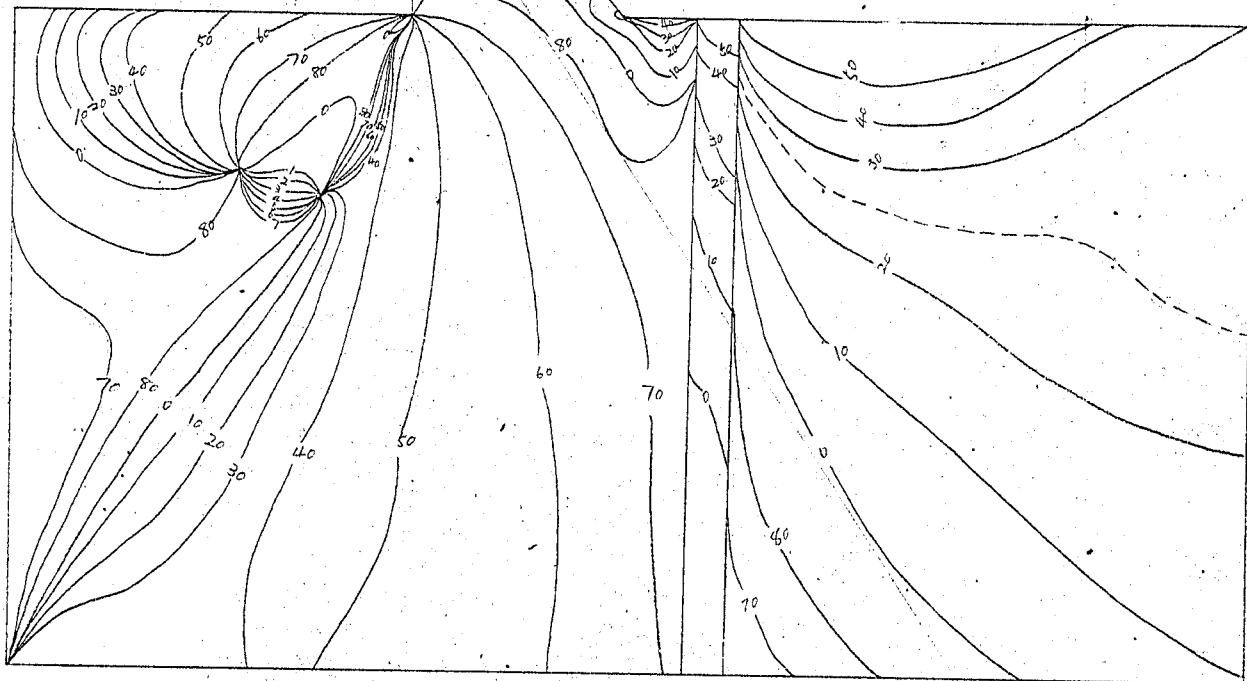
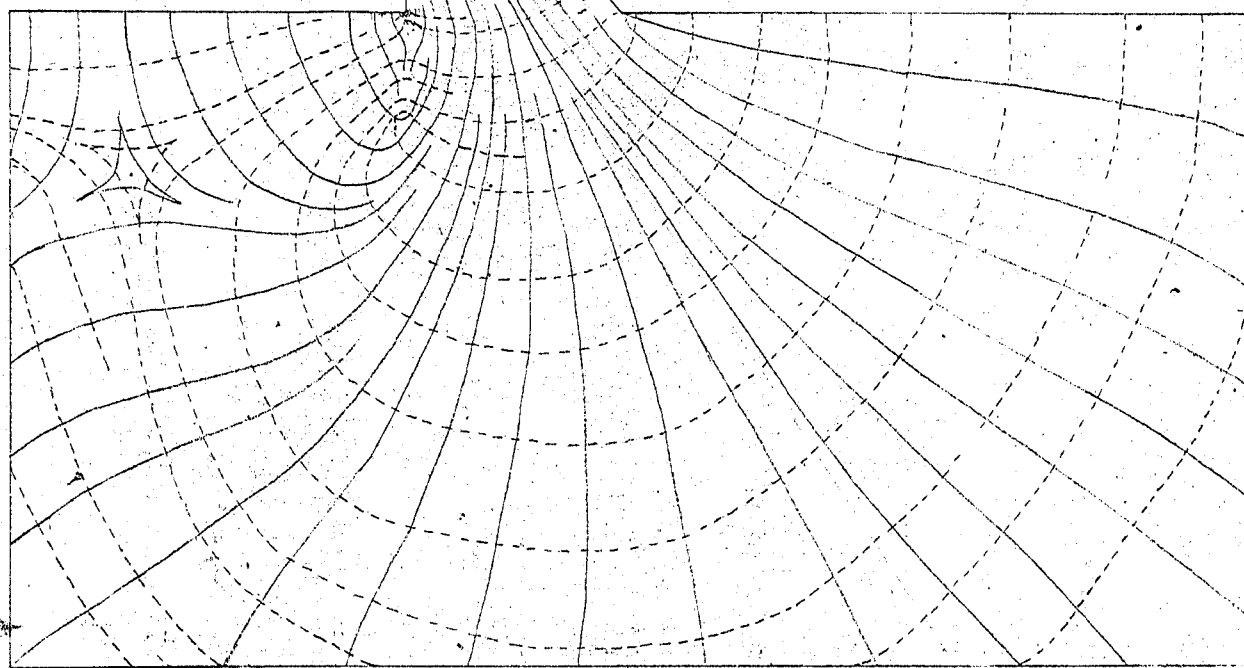


図 4-1

NO. 1

主応力線図



☑ 4-2

NO. 2

$E_F/E_F = 4$, 断面厚 $a = 0.2l$
 l : ダム底幅

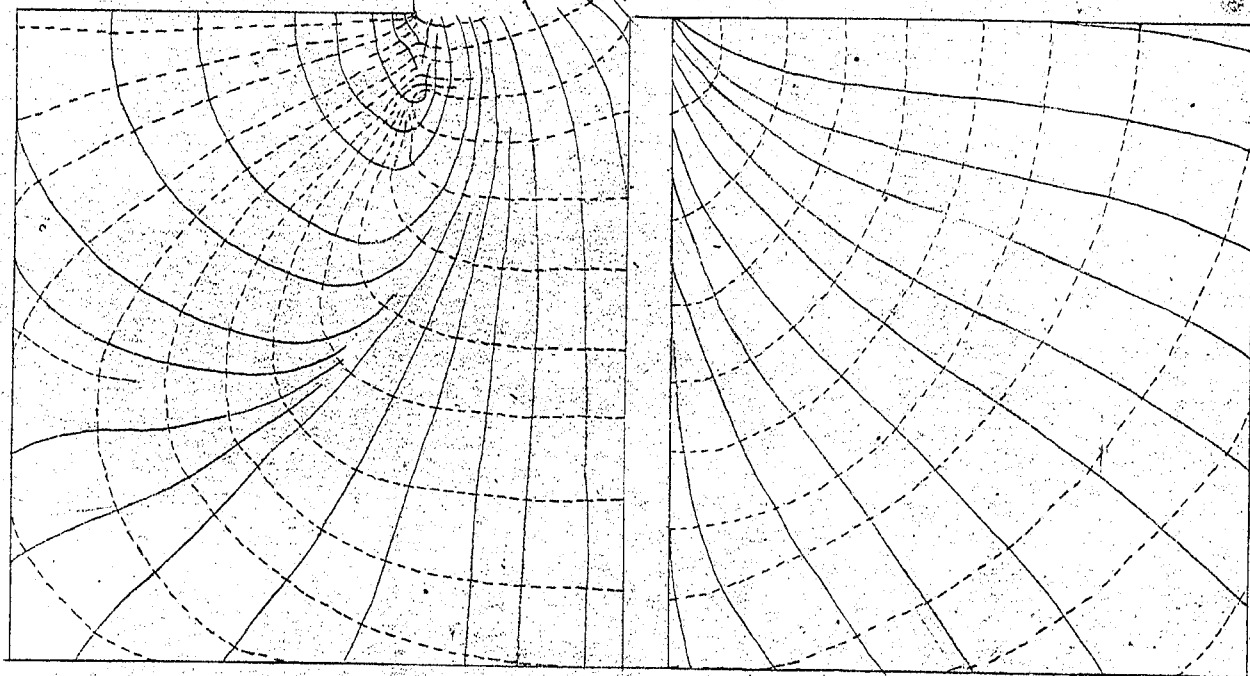
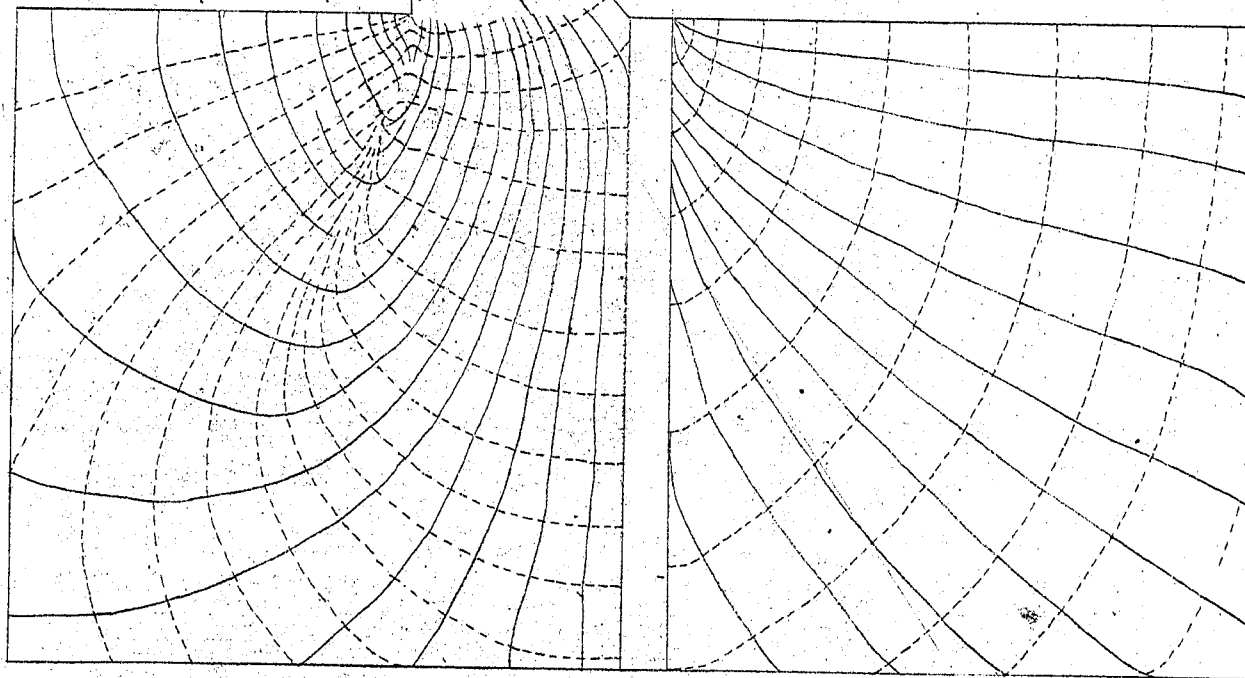


图 4-3

N0.3

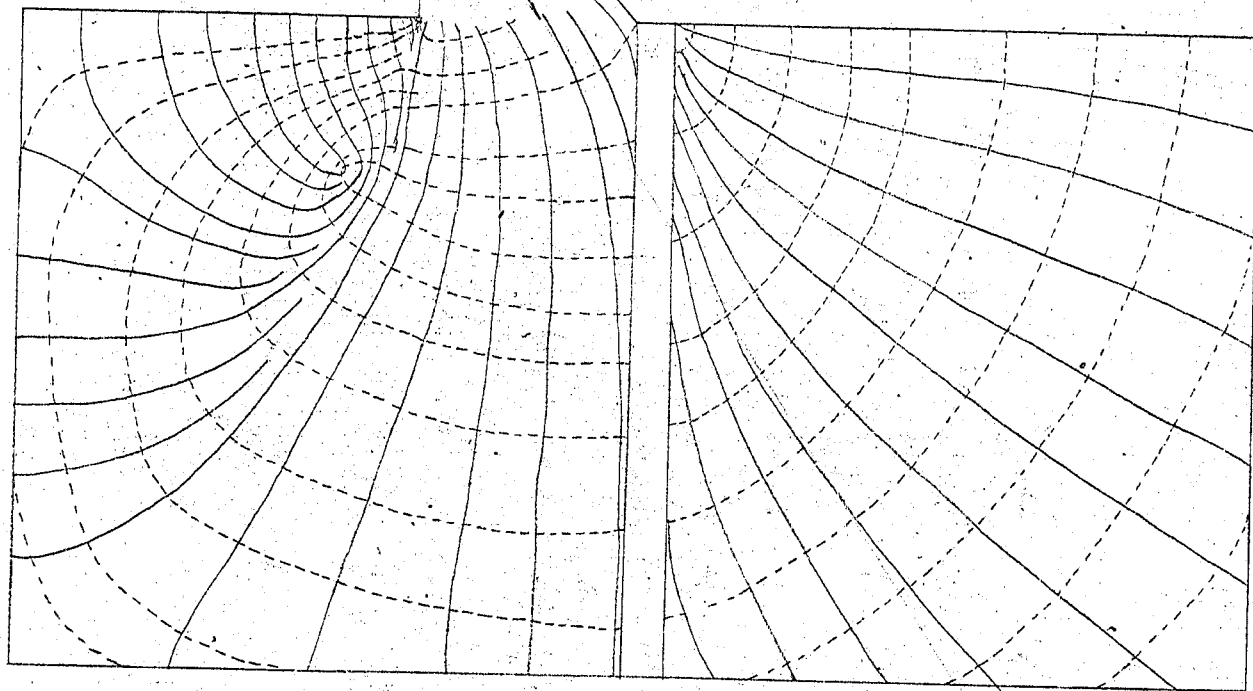
$\frac{E_F}{E_F} = 6$, $a = 0.21$



☒ 4-4

N0.4

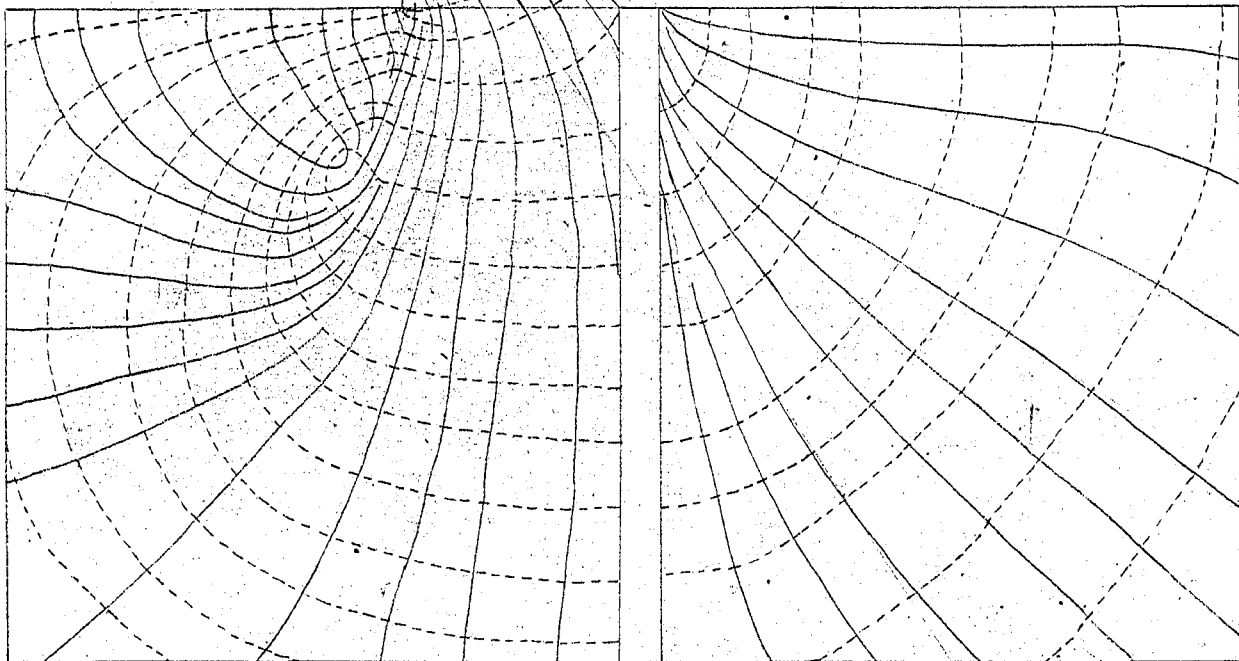
$E_F/E_F = 8$ $a = 0.2l$



4-5

N0.5

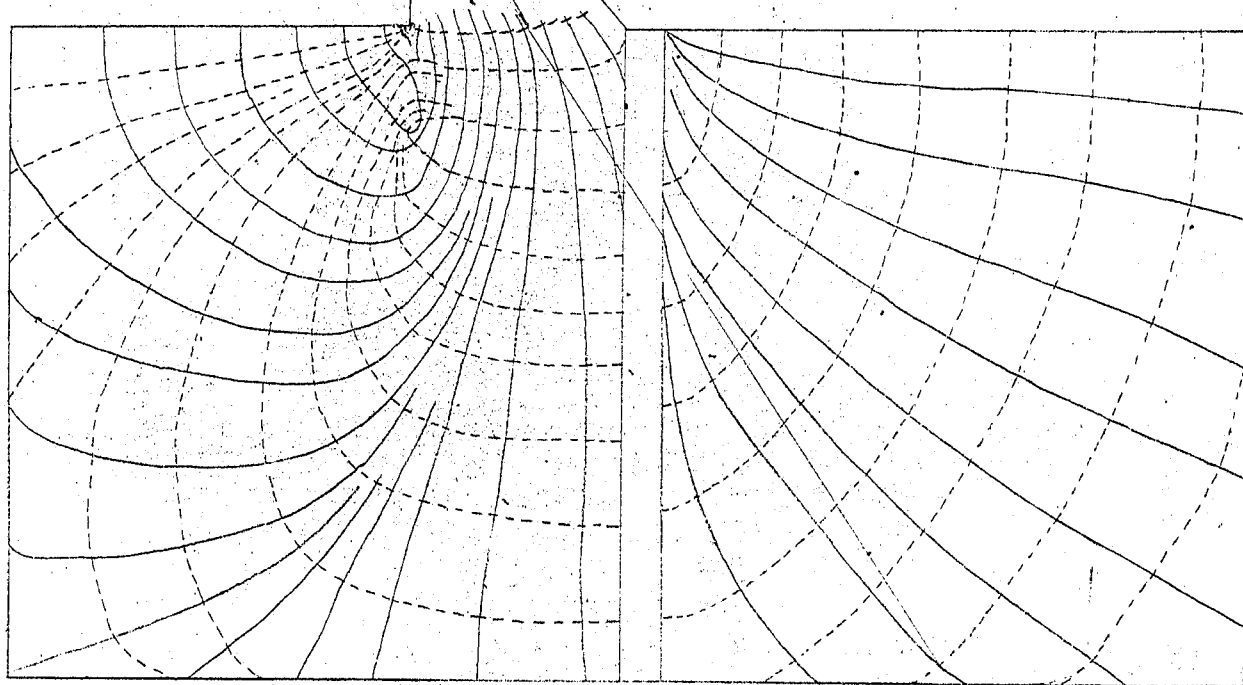
$\epsilon_r/\epsilon_f = 10$, $a = 0.2l$



4-6

NO. 6

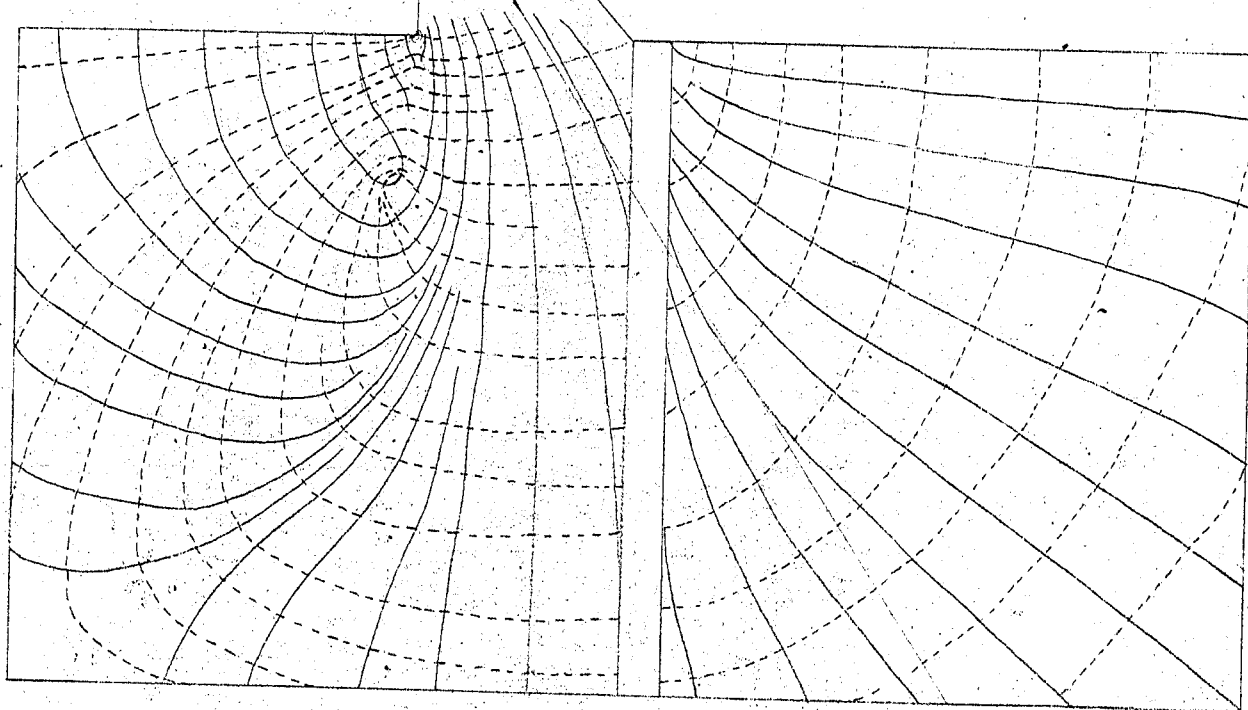
$ER/EF = 1.0$, $a = 0.16$



4-7

NO. 7

$FR/EF = 10, \quad a = 0.122$



4-8

NO. 8

$r_F/r_F = 10$ $q = 0.22$

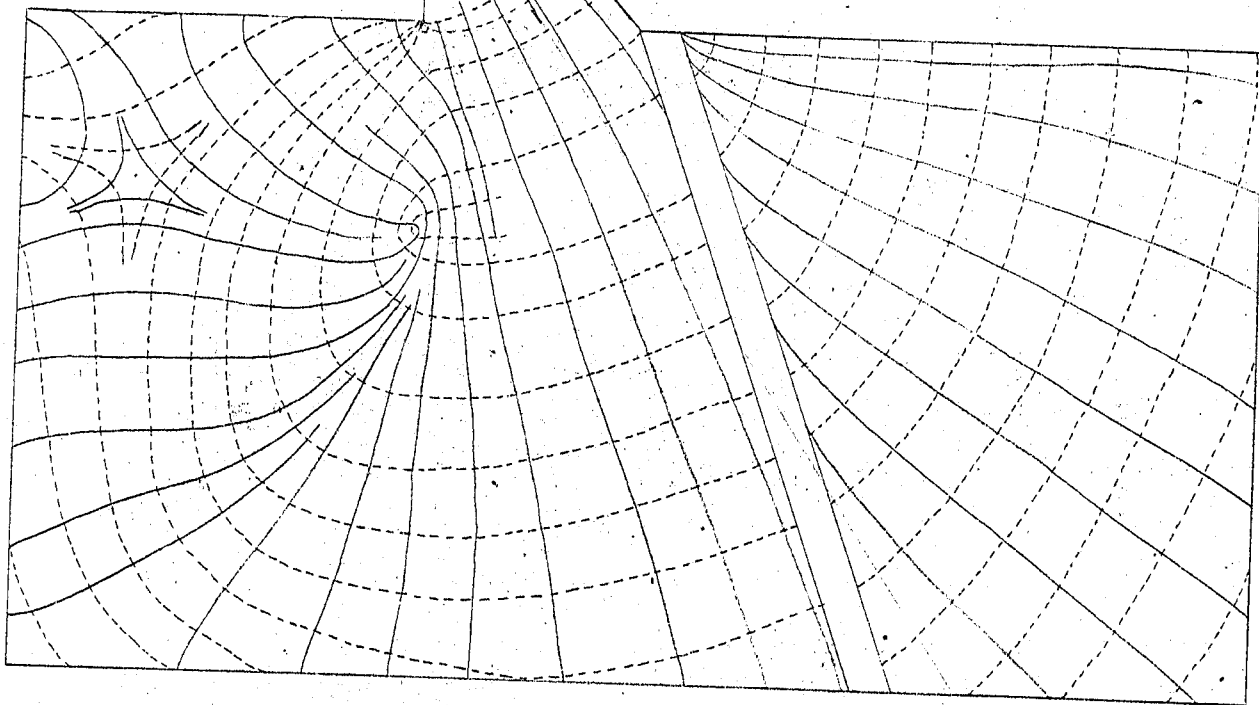
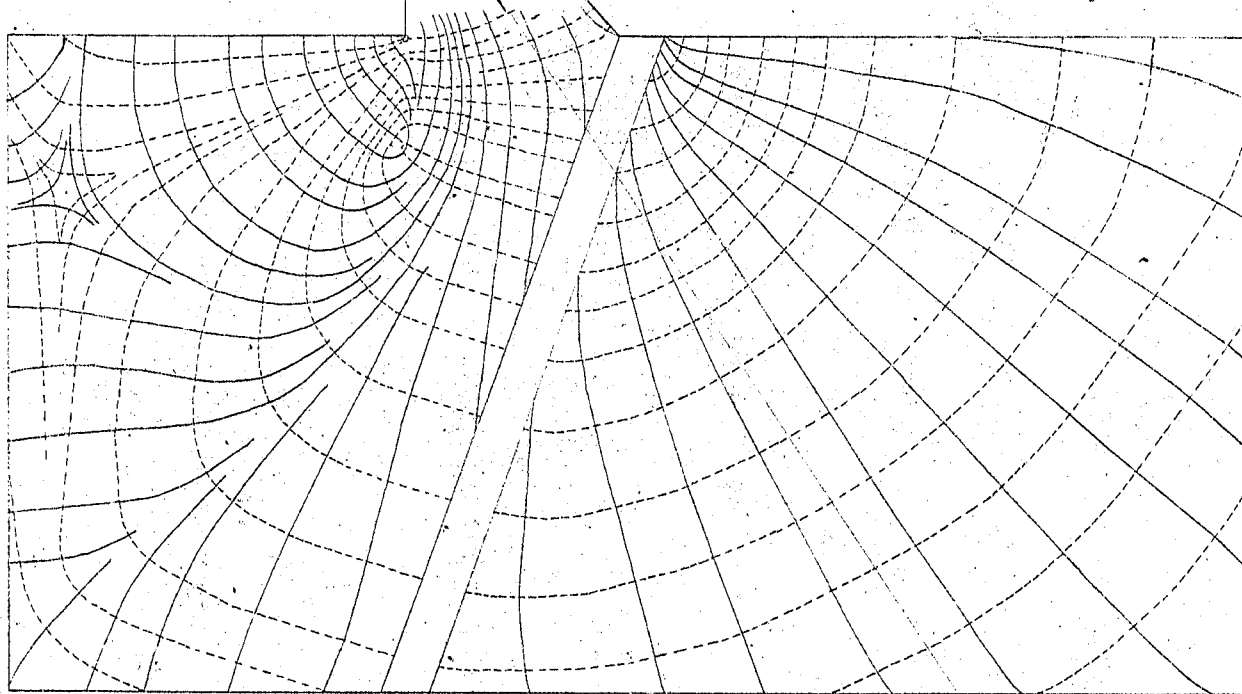


图 4-9

NO. 9

$$E_r/E_f = 10$$

$$a = 0.2l$$

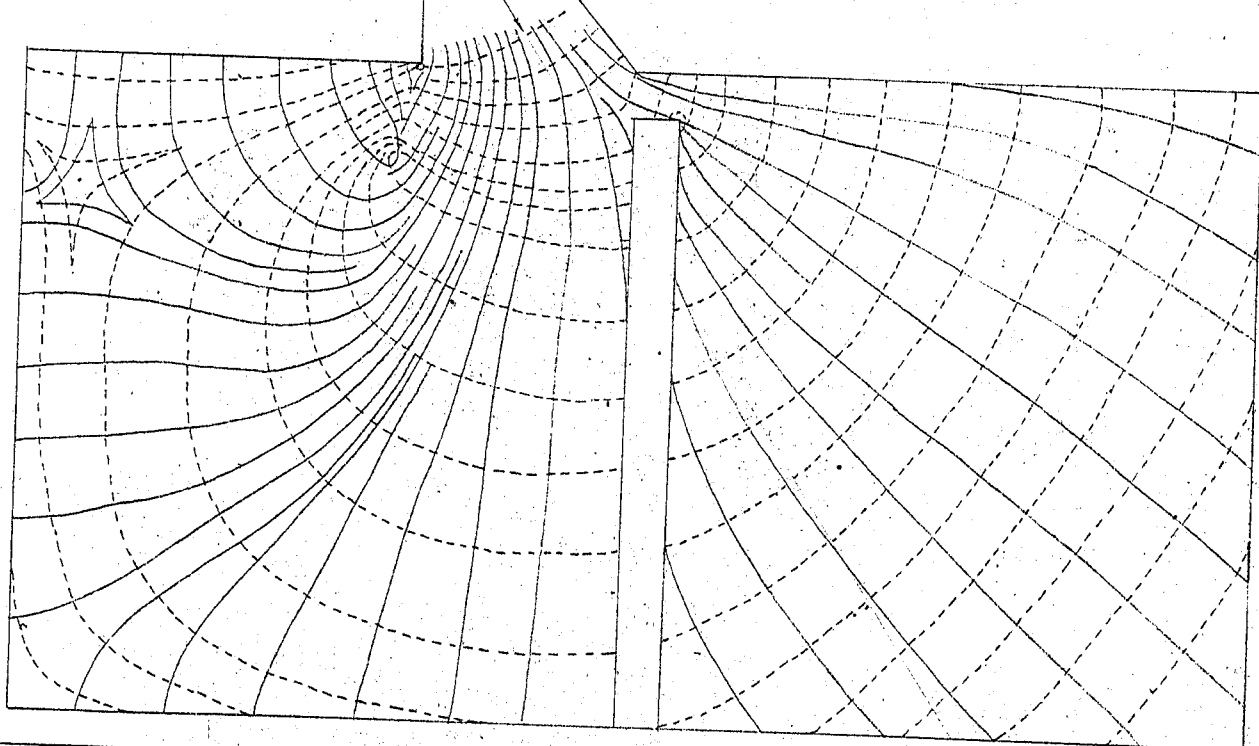


4-10

NO. 10

$$E_r/E_f = 10$$

$$a = 0.2l$$

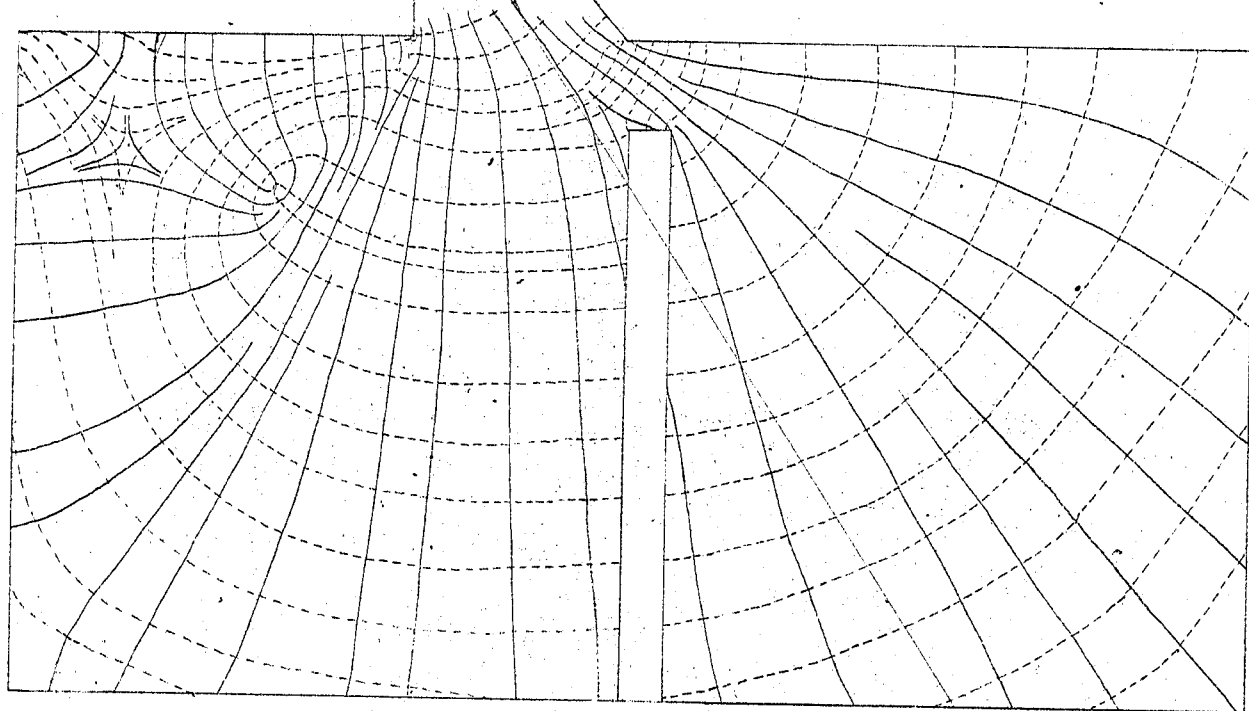


4-11

NO. 11

$$E_R/E_F = 10$$

$$Q = 0.2\ell$$

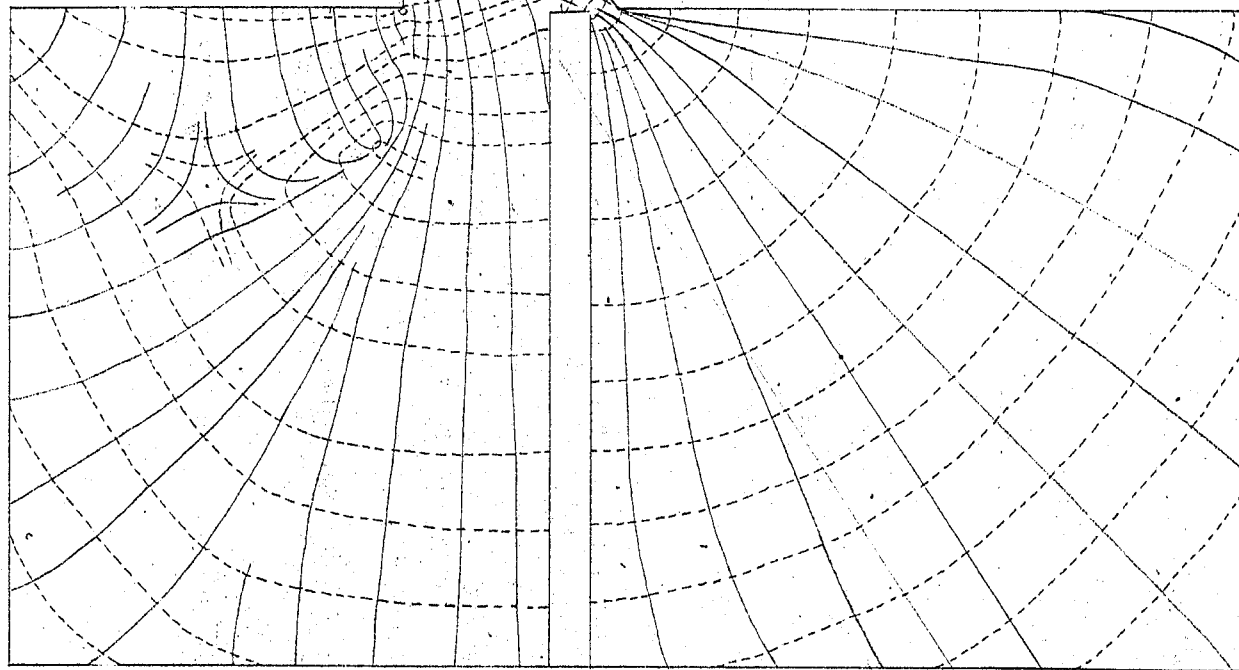


⊗ 4-12

NO. 12

$$E_R/E_f = 10$$

$$a = 0.22$$

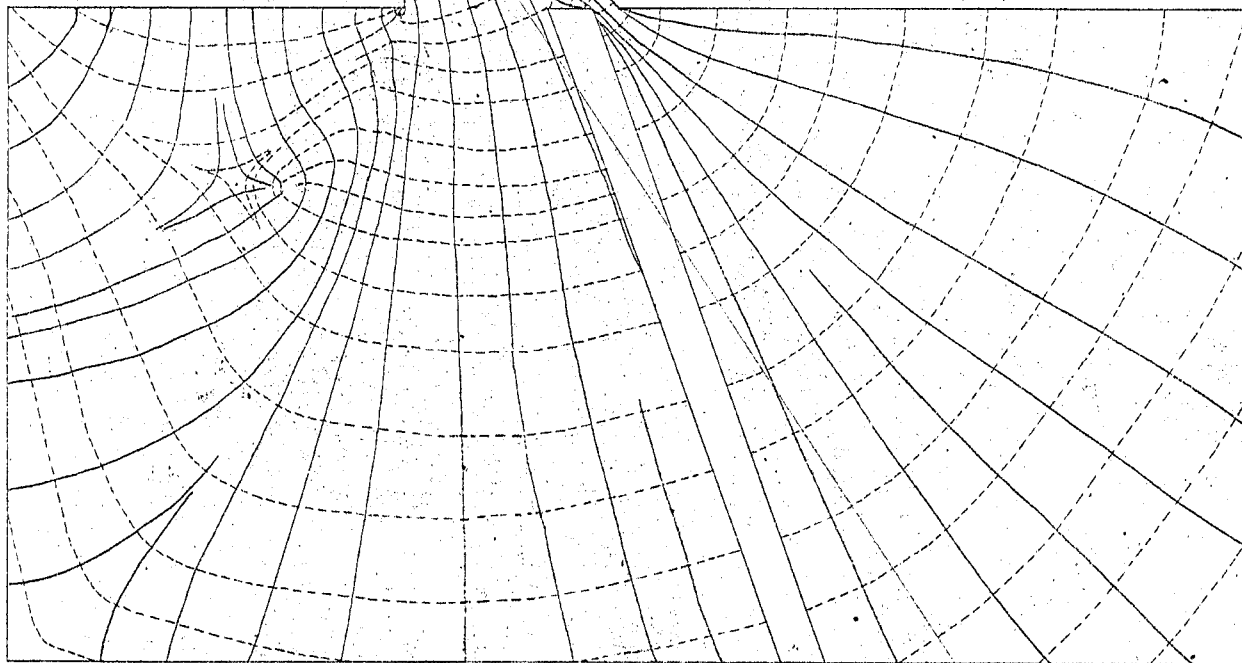


4-13

NO. 13

$$E_R/E_F = 10$$

$$a = 0.2\ell$$

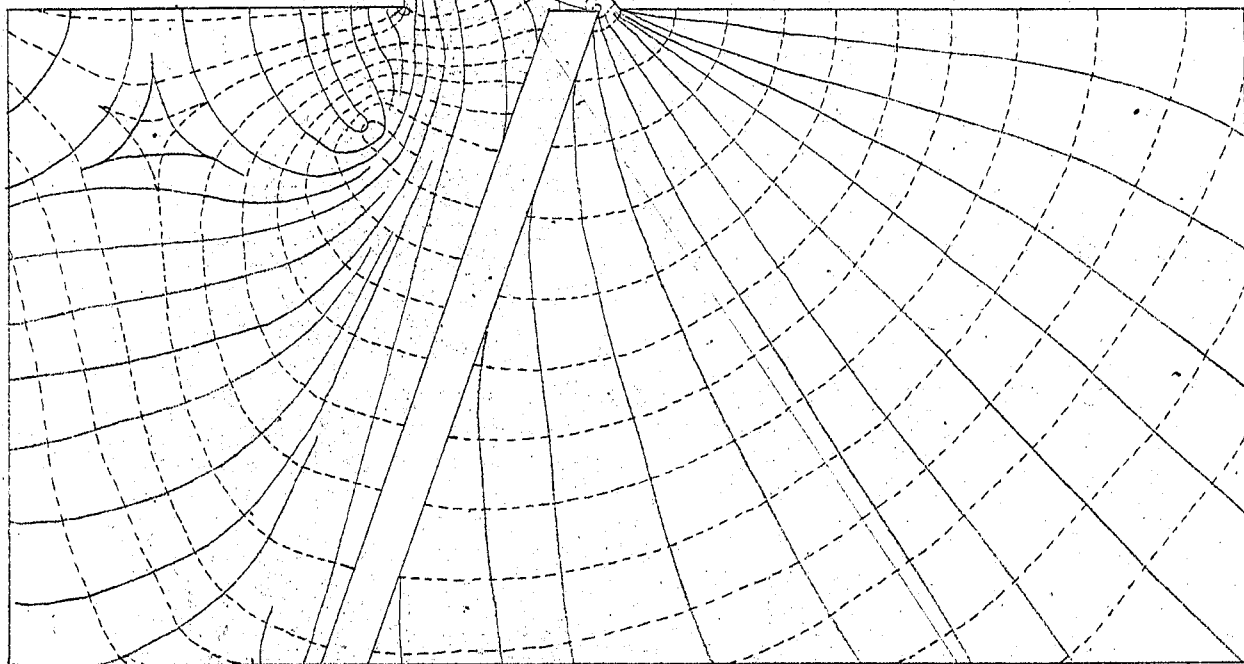


4-14

NO. 14

$$E_R/E_F = 10$$

$$a = 0.2 \ell$$

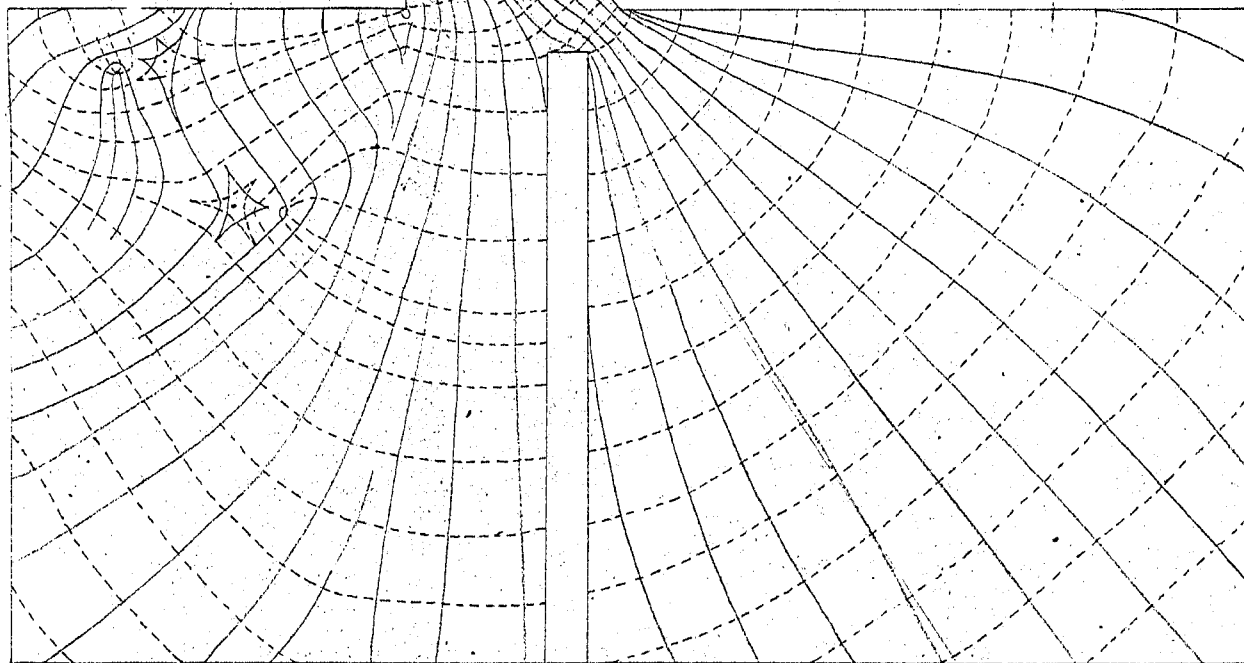


4-15

NO. 15

$$E_r/E_f = 10$$

$$a = 0.2l$$



4-16

NO. 16

$$E_R/E_F = 10$$

$$a = 0.22$$

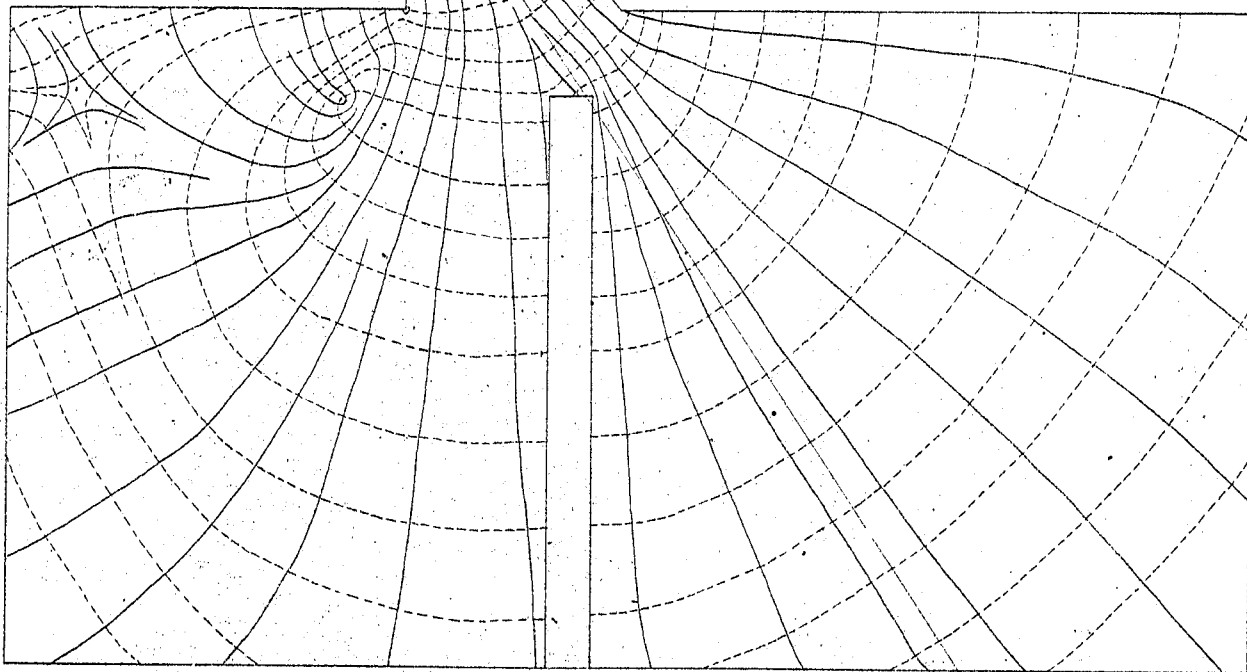
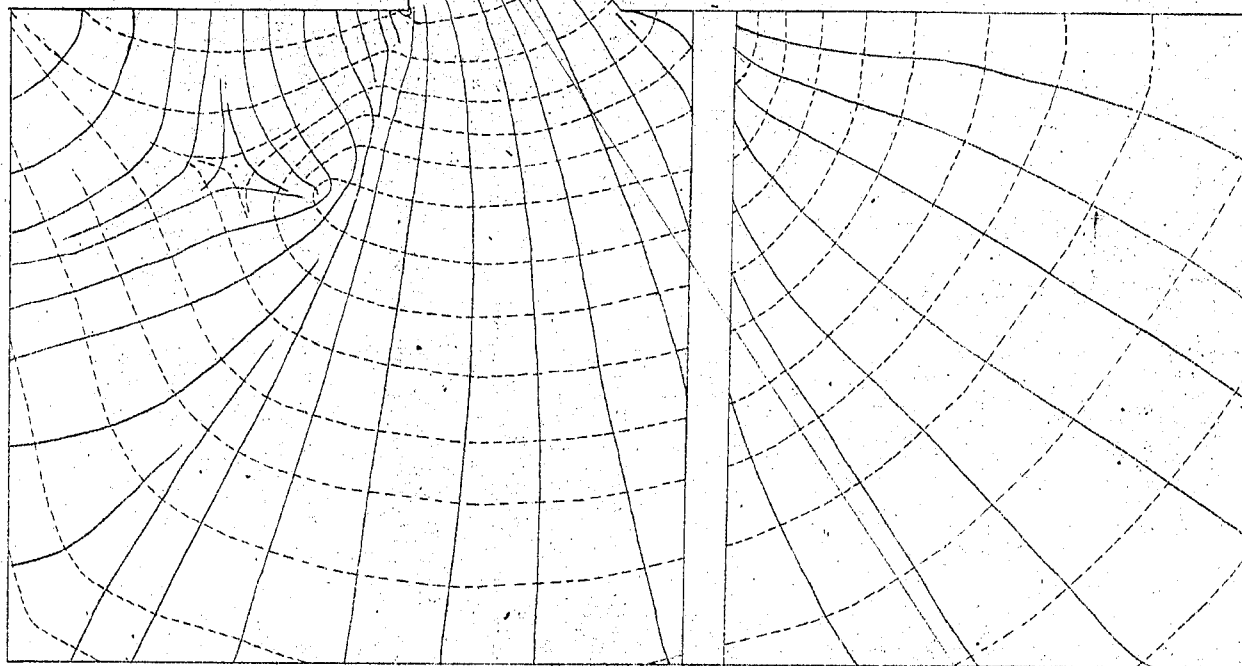


图 4-17

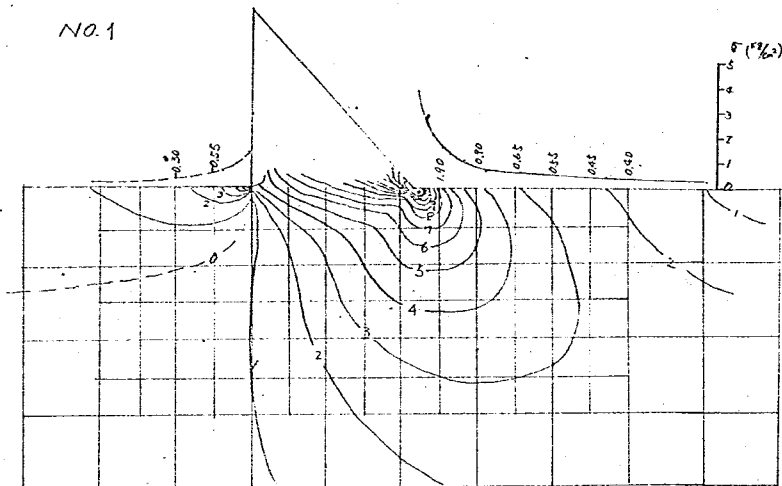
NO.17

$$E_r/E_f = 10$$

$$a = 0.2l$$



No. 1



No. 2

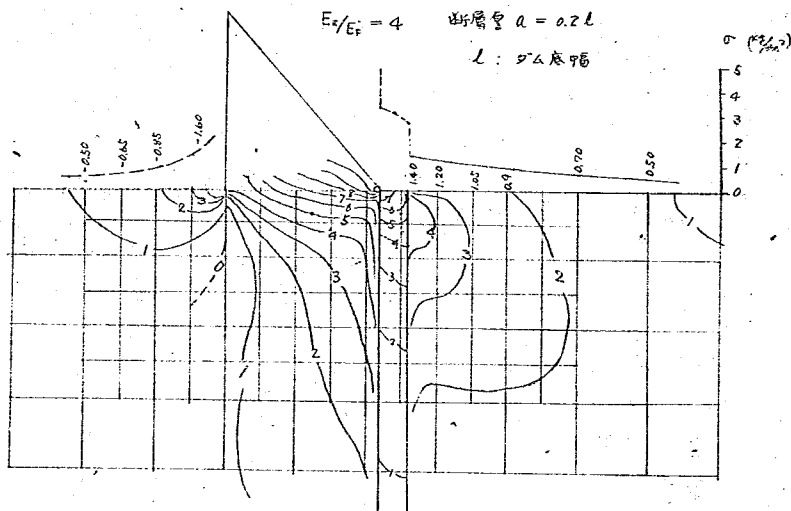


図-5 (1)~(2) 等色線による表面応力

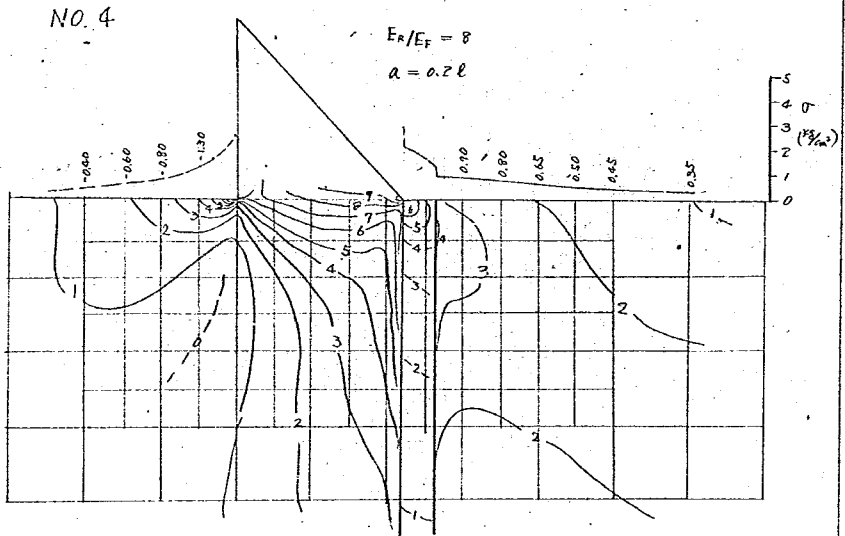
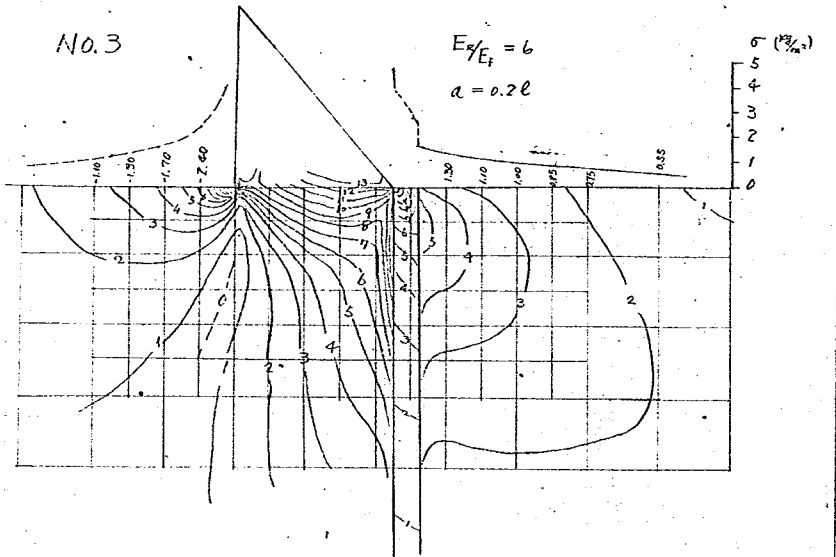


図-5. (a) ~ (d) 等色線 および表面応力

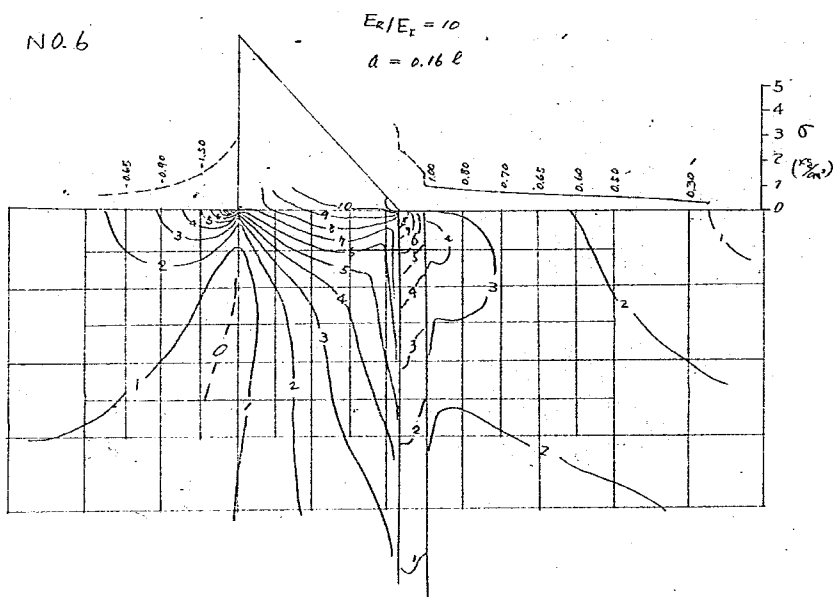
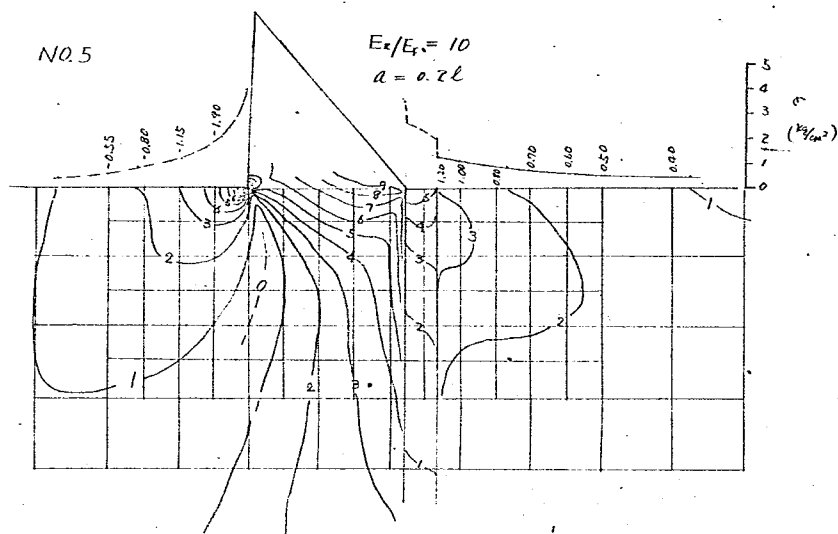


図-5 (5)~(6) 等色線 および表面応力

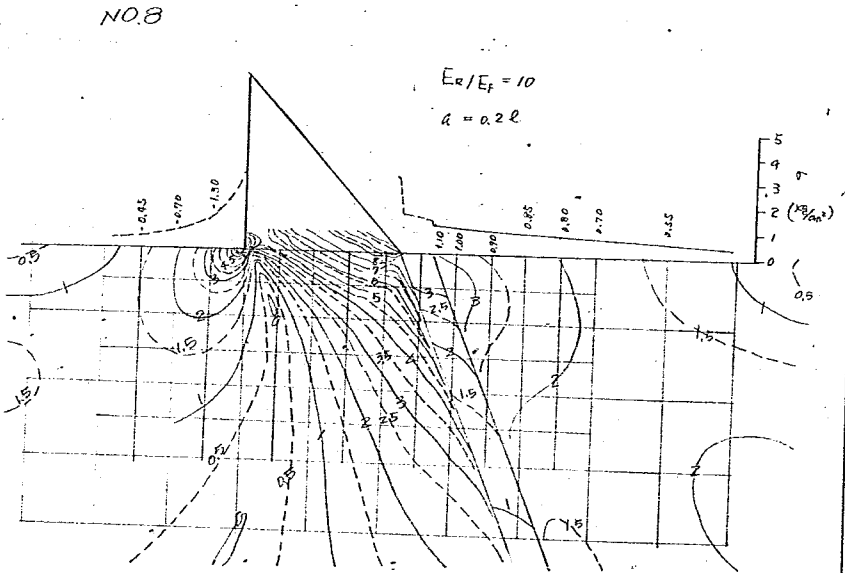
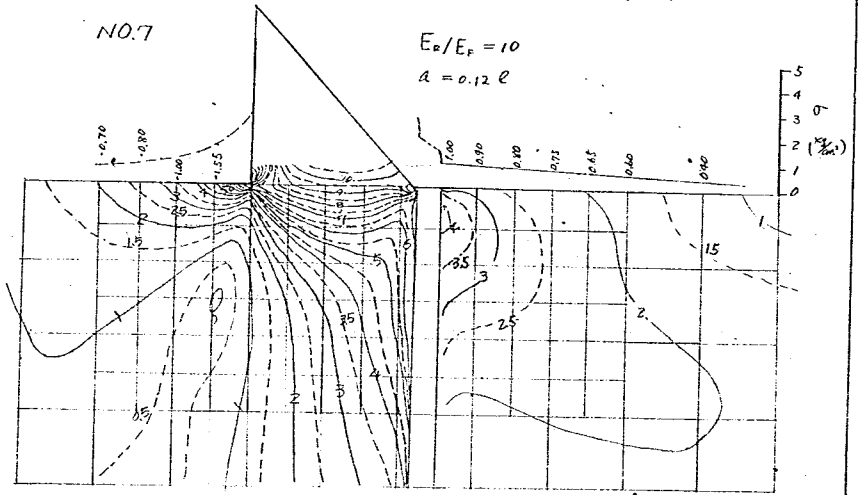
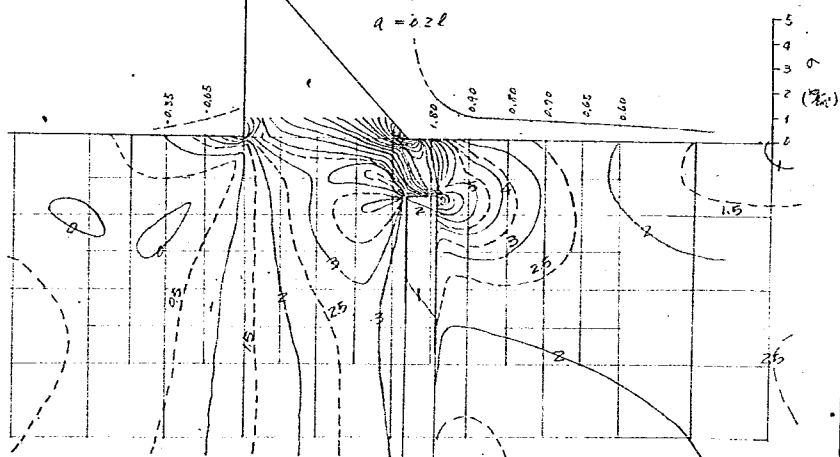


图-5 (7)~(8) 等色线及公表面应力

NO.11,

$$E_s/E_f = 10$$

$$a = 0.2l$$



NO.12,

$$E_s/E_f = 10$$

$$a = 0.2l$$

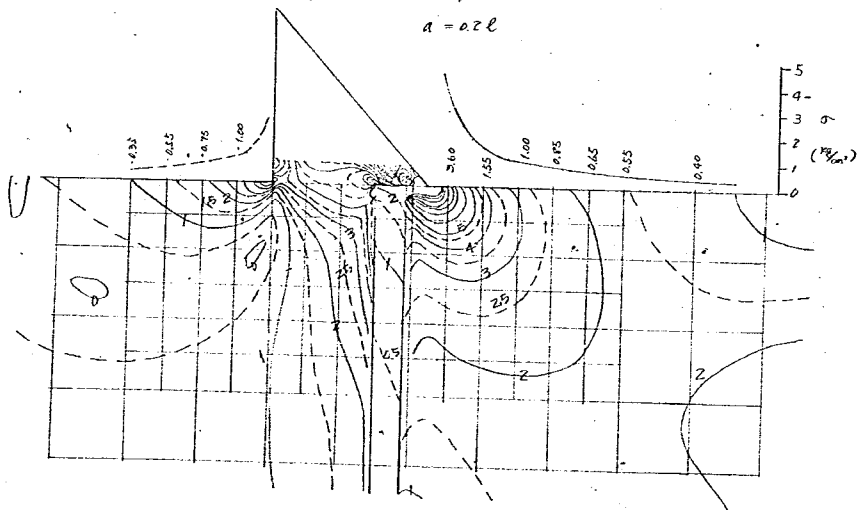
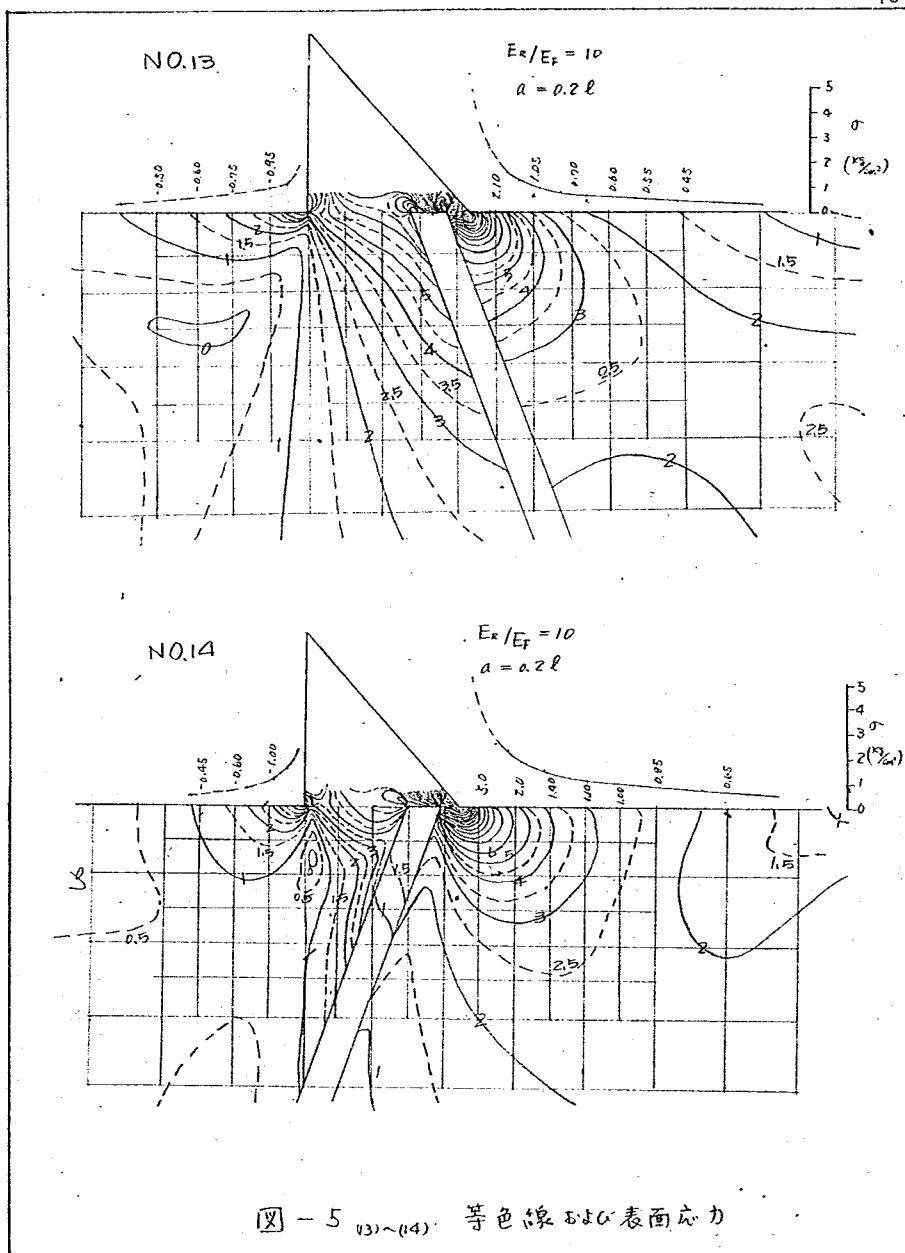


图 - 5 (11) ~ (12) 等色線および表面応力



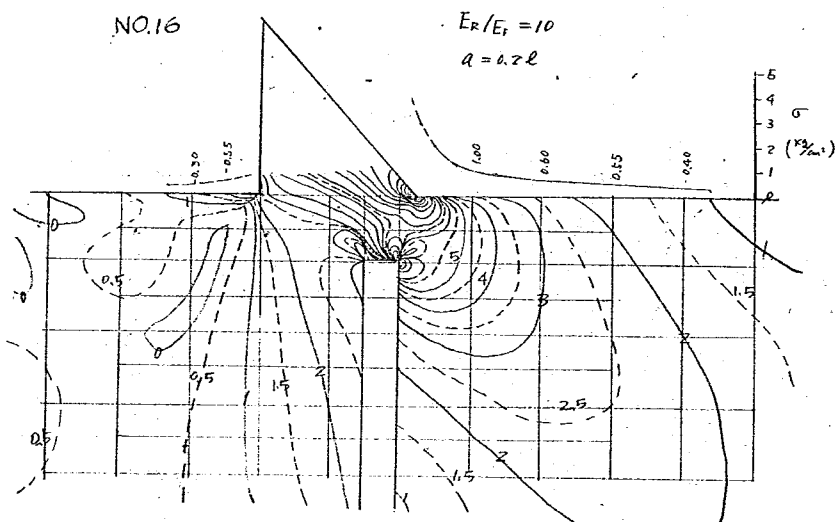
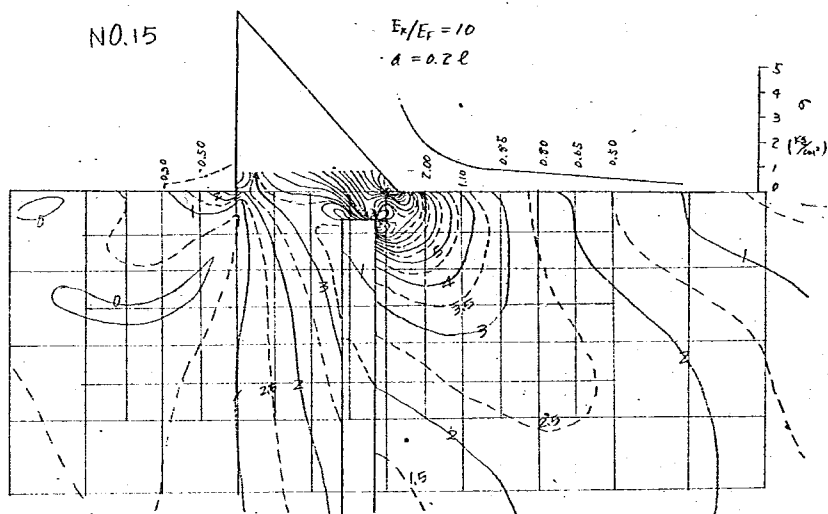


図-5 (15)~(16) 等色線 および表面応力

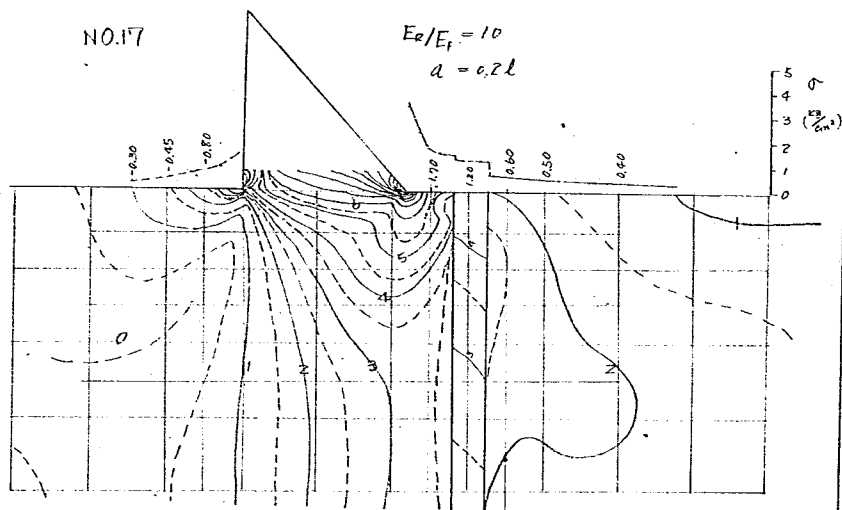


図-5 (17) 等色線 および表面応力

〔3〕 応 力 解 析

1. 模型材料の老弾性感度

応力解析に必要な老弾性感度(またはフリンジ応力)の決定は、各模型を切り取った残りの材料から成形した高さ 2.0 cm 厚 $\pm 1.5\text{ cm}$ 、長さ 15.0 cm の試験片について純曲げ試験の方法により行なった。試験結果は各模型の老弾性感度 α およびフリンジ応力 S を求めると表-2のようになる。

表-2 模型の老弾性感度、およびフリンジ応力

N0	試験片に加えた荷重P	老弾性感度 α	フリンジ応力S
1	52.9 kg	0.649 $\frac{\text{mm}}{\text{kg}}$	1.541 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}}$
2	67.8	0.536	1.866
3	40.2	0.987	1.013
4	59.9	0.518	1.932
5	66.2	0.499	2.006
6	60.8	0.598	1.673
7	58.4	0.491	2.037
8	72.3	0.489	2.046
9	61.6	0.471	2.124
10	61.0	0.546	1.830
11	61.0	"	"
12	71.5	0.499	2.005
13	61.0	0.541	1.848
14	61.0	0.492	2.033
15	61.0	0.541	1.848
16	61.0	0.590	1.692
17	61.0	0.568	1.760
(18)	67.8	0.585	1.709

2. 応力換算比

ニ、モデル応力 σ_m 、原型応力 σ_p の換算比を計算しておく。

いま荷重を P 、模型(または原型)の代表的長を、および、それぞれ l 、 t とすれば、応力 σ は

$$\sigma = \frac{P}{lt} \quad (1)$$

となる。模型に添字 m 、原型に添字 p を附し、比を採れば

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_m} = \frac{P_p / l_p t_p}{P_m / l_m t_m} = \frac{P_p \cdot l_m \cdot t_m}{P_m \cdot l_p \cdot t_p} \quad (2)$$

P_p は単位荷重とせし $1,000 \text{ kg}$ 、 t_p は 1.0 m と採るものとすれば

$$l_m / l_p = 1/2,000 \quad t_m / t_p = \frac{1.5 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} = 0.015$$

$$\text{したがって} \quad \sigma_p = \frac{1,000,000 \text{ kg}}{P_m} \times \frac{1}{2,000} \times 0.015 \sigma_m = 7.5 \frac{\sigma_m}{P_m} \quad (3)$$

いふに $\sigma_m = \frac{S}{d} n$ (S ... フリビシ力 (kg/mm^2), n ... 締込数, d ... 模型厚 (mm))

であるから

$$\sigma_p = 7.5 \frac{\sigma_m}{P_m} = 7.5 \frac{S n}{P_m} = 7.5 \times \frac{S n}{15 P_m} \times 100 = 50 \frac{S n}{P_m} \quad (4)$$

ニ、から各ケースに対して σ_p と締込数 n を表わす式を求めると

表-3 のようになる。

表-3 原型応力換算式

n : 締込数

NO.	模型にかける荷重 P_m	フリビシ力 S	原型応力 σ_p
1	322.9 kg	1.541 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	$0.239 n \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
2	208.1	1.866	$0.449 n$
3	"	1.013	$0.244 n$
4	300.6	1.932	$0.322 n$
5	249.9	2.006	$0.402 n$

ダム底部を除く表面応力

を(2)より求めらる。

その他の境界 $a b b' a'$ に

おける中、値は Saint Venant

の法則と利用し、半無限板に

集中荷重 P が加わった場合

として計算する。すなわち

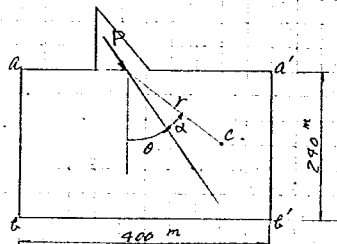


図-6

図-6において岩盤内の任意の点 C の応力を次式により求める。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{2P}{\pi r} \cos(\alpha + \theta) (= \phi) \\ \sigma_\theta &= 0, \quad \tau_{\theta r} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(5)式から判るように σ_r は主応力和に等しくなっている。これから境界 $a b b' a'$ の中、値が計算できるから調和函数の性質と利用して内部任意点の中、値を求めるとできる。

いま閉曲線 $a b b' a'$ の内部の中、値も数値計算により求めるために、領域を図-7のように網目で切り、そこから交点 A, B, C, D, E, F, G, H などの92点について所謂4変方程式をたてる。内部の中、値はこれらの4変方程式群を連立させて解けば得られるはずであるが、ダム底部の境界値 a_7, a_8, a_9, a_{10} が判らないから、これらと未知数に加えるところすは方程式の数に更に4つ追加する必要がある。これについては A_7, A_8, A_9, A_{10} の4変で各2つ (Normal 及び Diagonal 方向) の4変方程式をたてることによって解決する。

(したがって図-7の網目各点の主応力和 $\sigma_1 + \sigma_2$ の値は上式でたてた96元一次連立方程式を解くことによって求めらる。これを著色線

2-7 土力学的計算項目

2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	21.9	22.0	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	23.0	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	24.0	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	24.9	25.0	25.1	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.0	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.8	28.9	29.0	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8	29.9	30.0	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9	31.0	31.1	31.2	31.3	31.4	31.5	31.6	31.7	31.8	31.9	32.0	32.1	32.2	32.3	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	32.9	33.0	33.1	33.2	33.3	33.4	33.5	33.6	33.7	33.8	33.9	34.0	34.1	34.2	34.3	34.4	34.5	34.6	34.7	34.8	34.9	35.0	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	36.0	36.1	36.2	36.3	36.4	36.5	36.6	36.7	36.8	36.9	37.0	37.1	37.2	37.3	37.4	37.5	37.6	37.7	37.8	37.9	38.0	38.1	38.2	38.3	38.4	38.5	38.6	38.7	38.8	38.9	39.0	39.1	39.2	39.3	39.4	39.5	39.6	39.7	39.8	39.9	40.0	40.1	40.2	40.3	40.4	40.5	40.6	40.7	40.8	40.9	41.0	41.1	41.2	41.3	41.4	41.5	41.6	41.7	41.8	41.9	42.0	42.1	42.2	42.3	42.4	42.5	42.6	42.7	42.8	42.9	43.0	43.1	43.2	43.3	43.4	43.5	43.6	43.7	43.8	43.9	44.0	44.1	44.2	44.3	44.4	44.5	44.6	44.7	44.8	44.9	45.0	45.1	45.2	45.3	45.4	45.5	45.6	45.7	45.8	45.9	46.0	46.1	46.2	46.3	46.4	46.5	46.6	46.7	46.8	46.9	47.0	47.1	47.2	47.3	47.4	47.5	47.6	47.7	47.8	47.9	48.0	48.1	48.2	48.3	48.4	48.5	48.6	48.7	48.8	48.9	49.0	49.1	49.2	49.3	49.4	49.5	49.6	49.7	49.8	49.9	50.0	50.1	50.2	50.3	50.4	50.5	50.6	50.7	50.8	50.9	51.0	51.1	51.2	51.3	51.4	51.5	51.6	51.7	51.8	51.9	52.0	52.1	52.2	52.3	52.4	52.5	52.6	52.7	52.8	52.9	53.0	53.1	53.2	53.3	53.4	53.5	53.6	53.7	53.8	53.9	54.0	54.1	54.2	54.3	54.4	54.5	54.6	54.7	54.8	54.9	55.0	55.1	55.2	55.3	55.4	55.5	55.6	55.7	55.8	55.9	56.0	56.1	56.2	56.3	56.4	56.5	56.6	56.7	56.8	56.9	57.0	57.1	57.2	57.3	57.4	57.5	57.6	57.7	57.8	57.9	58.0	58.1	58.2	58.3	58.4	58.5	58.6	58.7	58.8	58.9	59.0	59.1	59.2	59.3	59.4	59.5	59.6	59.7	59.8	59.9	60.0	60.1	60.2	60.3	60.4	60.5	60.6	60.7	60.8	60.9	61.0	61.1	61.2	61.3	61.4	61.5	61.6	61.7	61.8	61.9	62.0	62.1	62.2	62.3	62.4	62.5	62.6	62.7	62.8	62.9	63.0	63.1	63.2	63.3	63.4	63.5	63.6	63.7	63.8	63.9	64.0	64.1	64.2	64.3	64.4	64.5	64.6	64.7	64.8	64.9	65.0	65.1	65.2	65.3	65.4	65.5	65.6	65.7	65.8	65.9	66.0	66.1	66.2	66.3	66.4	66.5	66.6	66.7	66.8	66.9	67.0	67.1	67.2	67.3	67.4	67.5	67.6	67.7	67.8	67.9	68.0	68.1	68.2	68.3	68.4	68.5	68.6	68.7	68.8	68.9	69.0	69.1	69.2	69.3	69.4	69.5	69.6	69.7	69.8	69.9	70.0	70.1	70.2	70.3	70.4	70.5	70.6	70.7	70.8	70.9	71.0	71.1	71.2	71.3	71.4	71.5	71.6	71.7	71.8	71.9	72.0	72.1	72.2	72.3	72.4	72.5	72.6	72.7	72.8	72.9	73.0	73.1	73.2	73.3	73.4	73.5	73.6	73.7	73.8	73.9	74.0	74.1	74.2	74.3	74.4	74.5	74.6	74.7	74.8	74.9	75.0	75.1	75.2	75.3	75.4	75.5	75.6	75.7	75.8	75.9	76.0	76.1	76.2	76.3	76.4	76.5	76.6	76.7	76.8	76.9	77.0	77.1	77.2	77.3	77.4	77.5	77.6	77.7	77.8	77.9	78.0	78.1	78.2	78.3	78.4	78.5	78.6	78.7	78.8	78.9	79.0	79.1	79.2	79.3	79.4	79.5	79.6	79.7	79.8	79.9	80.0	80.1	80.2	80.3	80.4	80.5	80.6	80.7	80.8	80.9	81.0	81.1	81.2	81.3	81.4	81.5	81.6	81.7	81.8	81.9	82.0	82.1	82.2	82.3	82.4	82.5	82.6	82.7	82.8	82.9	83.0	83.1	83.2	83.3	83.4	83.5	83.6	83.7	83.8	83.9	84.0	84.1	84.2	84.3	84.4	84.5	84.6	84.7	84.8	84.9	85.0	85.1	85.2	85.3	85.4	85.5	85.6	85.7	85.8	85.9	86.0	86.1	86.2	86.3	86.4	86.5	86.6	86.7	86.8	86.9	87.0	87.1	87.2	87.3	87.4	87.5	87.6	87.7	87.8	87.9	88.0	88.1	88.2	88.3	88.4	88.5	88.6	88.7	88.8	88.9	89.0	89.1	89.2	89.3	89.4	89.5	89.6	89.7	89.8	89.9	90.0	90.1	90.2	90.3	90.4	90.5	90.6	90.7	90.8	90.9	91.0	91.1	91.2	91.3	91.4	91.5	91.6	91.7	91.8	91.9	92.0	92.1	92.2	92.3	92.4	92.5	92.6	92.7	92.8	92.9	93.0	93.1	93.2	93.3	93.4	93.5	93.6	93.7	93.8	93.9	94.0	94.1	94.2	94.3	94.4	94.5	94.6	94.7	94.8	94.9	95.0	95.1	95.2	95.3	95.4	95.5	95.6	95.7	95.8	95.9	96.0	96.1	96.2	96.3	96.4	96.5	96.6	96.7	96.8	96.9	97.0	97.1	97.2	97.3	97.4	97.5	97.6	97.7	97.8	97.9	98.0	98.1	98.2	98.3	98.4	98.5	98.6	98.7	98.8	98.9	99.0	99.1	99.2	99.3	99.4	99.5	99.6	99.7	99.8	99.9	100.0	100.1	100.2	100.3	100.4	100.5	100.6	100.7	100.8	100.9	101.0	101.1	101.2	101.3	101.4	101.5	101.6	101.7	101.8	101.9	102.0	102.1	102.2	102.3	102.4	102.5	102.6	102.7	102.8	102.9	103.0	103.1	103.2	103.3	103.4	103.5	103.6	103.7	103.8	103.9	104.0	104.1	104.2	104.3	104.4	104.5	104.6	104.7	104.8	104.9	105.0	105.1	105.2	105.3	105.4	105.5	105.6	105.7	105.8	105.9	106.0	106.1	106.2	106.3	106.4	106.5	106.6	106.7	106.8	106.9	107.0	107.1	107.2	107.3	107.4	107.5	107.6	107.7	107.8	107.9	108.0	108.1	108.2	108.3	108.4	108.5	108.6	108.7	108.8	108.9	109.0	109.1	109.2	109.3	109.4	109.5	109.6	109.7	109.8	109.9	110.0	110.1	110.2	110.3	110.4	110.5	110.6	110.7	110.8	110.9	111.0	111.1	111.2	111.3	111.4	111.5	111.6	111.7	111.8	111.9	112.0	112.1	112.2	112.3	112.4	112.5	112.6	112.7	112.8	112.9	113.0	113.1	113.2	113.3	113.4	113.5	113.6	113.7	113.8	113.9	114.0	114.1	114.2	114.3	114.4	114.5	114.6	114.7	114.8	114.9	115.0	115.1	115.2	115.3	115.4	115.5	115.6	115.7	115.8	115.9	116.0	116.1	116.2	116.3	116.4	116.5	116.6	116.7	116.8	116.9	117.0	117.1	117.2	117.3	117.4	117.5	117.6	117.7	117.8	117.9	118.0	118.1	118.2	118.3	118.4	118.5	118.6	118.7	118.8	118.9	119.0	119.1	119.2	119.3	119.4	119.5	119.6	119.7	119.8	119.9	120.0	120.1	120.2	120.3	120.4	120.5	120.6	120.7	120.8	120.9	121.0	121.1	121.2	121.3	121.4	121.5	121.6	121.7	121.8	121.9	122.0	122.1	122.2	122.3	122.4	122.5	122.6	122.7	122.8	122.9	123.0	123.1	123.2	123.3	123.4	123.5	123.6	123.7	123.8	123.9	124.0	124.1	124.2	124.3	124.4	124.5	124.6	124.7	124.8	124.9	125.0	125.1	125.2	125.3	125.4	125.5	125.6	125.7	125.8	125.9	126.0	126.1	126.2	126.3	126.4	126.5	126.6	126.7	126.8	126.9	127.0	127.1	127.2	127.3	127.4	127.5	127.6	127.7	127.8	127.9	128.0	128.1	128.2	128.3	128.4	128.5	128.6	128.7	128.8	128.9	129.0	129.1	129.2	129.3	129.4	129.5	129.6	129.7	129.8	129.9	130.0	130.1	130.2	130.3	130.4	130.5	130.6	130.7	130.8	130.9	131.0	131.1	131.2	131.3	131.4	131.5	131.6	131.7	131.8	131.9	132.0	132.1	132.2	132.3	132.4	132.5	132.6	132.7	132.8	132.9	133.0	133.1	133.2	133.3	133.4	133.5	133.6	133.7	133.8	133.9	134.0	134.1	134.2	134.3	134.4	134.5	134.6	134.7	134.8	134.9	135.0	135.1	135.2	135.3	135.4	135.5	135.6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

図 4 から求められた主応力差および等傾線より岩盤内の応力を計算すると表-4 のようになる。

これから岩盤内部の主応力分布図を描いたのが図-8 である。図-9 は同様に岩盤内の鉛直および水平応力の分布を示したものである。

NOI. 主应力计算

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \cos 2\theta, \quad \sigma_x = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \cos 2\theta$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \cos 2\theta, \quad \sigma_y = (\sigma_1 + \sigma_2) - \sigma_x$$

$$\tau_{xy} = -\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\theta$$

表-4

符号	$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_1 + \sigma_2$	σ_1	σ_2	θ	σ_x	σ_y	τ_{xy}
A-7	1.31	2.55	1.83	0.62	70°	1.86	0.69	0.30
8	1.79	3.26	2.52	0.73	89	2.00	1.26	0.81
9	2.27	3.17	2.72	0.45	11	1.59	1.58	1.14
10	3.35	2.60	2.98	-0.38	25	0.80	1.80	1.60
A-3	0.22	-0.18	0.02	-0.20	79	-0.01	-0.17	0.08
4	0.24	-0.18	0.03	-0.22	81	-0.04	-0.14	0.11
5	0.24	-0.13	0.06	-0.19	85	0	-0.13	0.10
6	0.12	0.15	0.14	0.02	80	0.12	0.03	0.04
7	0.67	1.46	1.07	0.40	45	1.04	0.42	0.13
8	1.00	2.09	1.55	0.55	70	1.49	0.60	0.23
9	1.20	2.20	1.70	0.50	1°	1.31	0.89	0.56
10	1.51	1.96	1.74	0.23	10	1.01	0.95	0.75
11	1.77	1.54	1.66	-0.12	30	0.16	1.38	0.70
12	1.27	1.11	1.19	-0.08	45	-0.03	1.14	0.74
13	0.93	0.84	0.89	-0.05	49	-0.03	0.87	0.12
14	0.74	0.68	0.71	-0.03	51	-0.02	0.70	0.07
15	0.60	0.55	0.58	-0.03	53	-0.02	0.57	0.03

符号	$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_1 + \sigma_2$	σ_1	σ_2	θ	σ_x	σ_y	τ_{xy}
B-2	0.12	-0.08	0.02	-0.10	81°	-0.001	-0.08	0.05
3	0.12	-0.05	0.04	-0.09	85	0.01	-0.04	0.05
4	0.12	0.02	0.07	-0.05	89	0.03	-0.01	0.04
5	0.10	0.16	0.13	0.03	5	0.10	0.06	0.09
6	0.19	0.47	0.33	0.14	12	0.24	0.23	0.24
7	0.48	1.06	0.77	0.29	39	0.83	0.23	0.20
8	0.72	1.46	1.09	0.37	60	1.21	0.25	0.06
9	0.98	1.59	1.29	0.31	83	1.16	0.43	0.49
10	1.22	1.50	1.36	0.14	7	0.85	0.65	0.65
11	1.31	1.29	1.30	-0.01	18	0.78	0.98	0.56
12	1.15	1.04	1.10	-0.06	30	0.81	0.1	0.38
13	0.96	0.84	0.90	-0.06	38	0.73	0.1	0.23
14	0.76	0.68	0.72	-0.04	43	0.64	0.1	0.15
15	0.67	0.56	0.61	-0.06	45	0.59	-0.1	0.13
16	0.57	0.46	0.52	-0.06	46	0.50	-0.1	0.10
C-3	0.06	0.04	0.05	-0.01	10	0.02	0.02	0.03
4	0.07	0.14	0.10	0.04	30	0.08	0.06	0.03
5	0.12	0.29	0.21	0.09	35	0.19	0.10	0.04
6	0.24	0.53	0.39	0.15	39	0.38	0.15	0.01
7	0.43	0.84	0.64	0.21	37	0.59	0.25	0.13
8	0.62	1.08	0.85	0.23	35	0.85	0.23	0.01

符号	$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_1 + \sigma_2$	σ_1	σ_2	θ	σ_x	σ_y	τ_{xy}
C-9	0.84	1.19	1.02	0.18	75	-0.84	0.35	0.26
10	1.00	1.18	1.09	0.09	3	0.73	0.45	0.48
11	1.08	1.07	1.08	0.01	9	0.60	0.47	0.54
12	1.02	0.92	0.97	-0.05	20	0.31	0.61	0.49
13	0.91	0.78	0.85	-0.07	28	0.14	0.64	0.38
14	0.80	0.66	0.73	-0.07	34	0.04	0.62	0.28
15	0.71	0.55	0.63	-0.08	41	-0.06	0.61	0.11
D-2	0.11	0.04	0.08	-0.04	41	0.07	-0.03	0.03
4	0.11	0.20	0.16	0.05	50	0.15	0.05	0.01
5	0.15	0.33	0.24	0.09	70	0.23	0.10	0.03
6	0.24	0.50	0.37	0.13	16	0.27	0.23	0.12
7	0.41	0.69	0.55	0.14	37	0.51	0.18	0.13
8	0.55	0.85	0.70	0.15	53	0.70	0.15	0.03
9	0.72	0.93	0.83	0.11	70	0.78	0.15	0.17
10	0.84	0.94	0.89	0.05	88	0.66	0.28	0.38
11	0.90	0.89	0.90	0.01	5	0.54	0.35	0.44
12	0.88	0.80	0.84	-0.04	12	0.41	0.39	0.44
13	0.82	0.70	0.76	-0.06	20	0.23	0.47	0.39
14	0.76	0.61	0.69	-0.08	25	0.13	0.49	0.34
16	0.67	0.45	0.56	-0.11	32	0	0.45	0.25

行号	$\bar{G}_1 - \bar{G}_2$	$\bar{G}_1 + \bar{G}_2$	$\bar{G}_1$	$\bar{G}_2$	θ	$\bar{G}_x$	$\bar{G}_y$	$T \times Y$
E-5	0.17	0.33	0.25	0.08	5	0.18	0.15	0.08
6	0.24	0.45	0.35	0.11	22	0.26	0.19	0.11
7	0.36	0.58	0.47	0.11	41	0.44	0.18	0.09
8	0.48	0.69	0.59	0.11	52	0.58	0.11	0.04
9	0.60	0.75	0.68	0.08	66	0.66	0.09	0.10
10	0.72	0.77	0.75	0.03	80	0.63	0.14	0.27
11	0.76	0.74	0.75	-0.01	2	0.49	0.25	0.36
12	0.79	0.69	0.74	-0.05	8	0.39	0.30	0.39
13	0.76	0.63	0.70	-0.07	14	0.35	0.28	0.38
F-2	0.10	0.10	0.10	0	65	0.10	0	0.02
4	0.12	0.22	0.17	0.05	80	0.17	0.07	0.04
6	0.22	0.40	0.31	0.09	26	0.31	0.15	0.10
8	0.43	0.57	0.50	0.07	53	0.50	0.07	0.02
10	0.61	0.64	0.63	0.02	76	0.63	0.04	0.12
12	0.69	0.60	0.65	-0.05	5	0.45	0.23	0.34
14	0.69	0.50	0.60	-0.10	14	0.60	0.22	0.34
16	0.65	0.40	0.53	-0.13	23	0.53	0.07	0.30

图-8

NO.1

主应力图

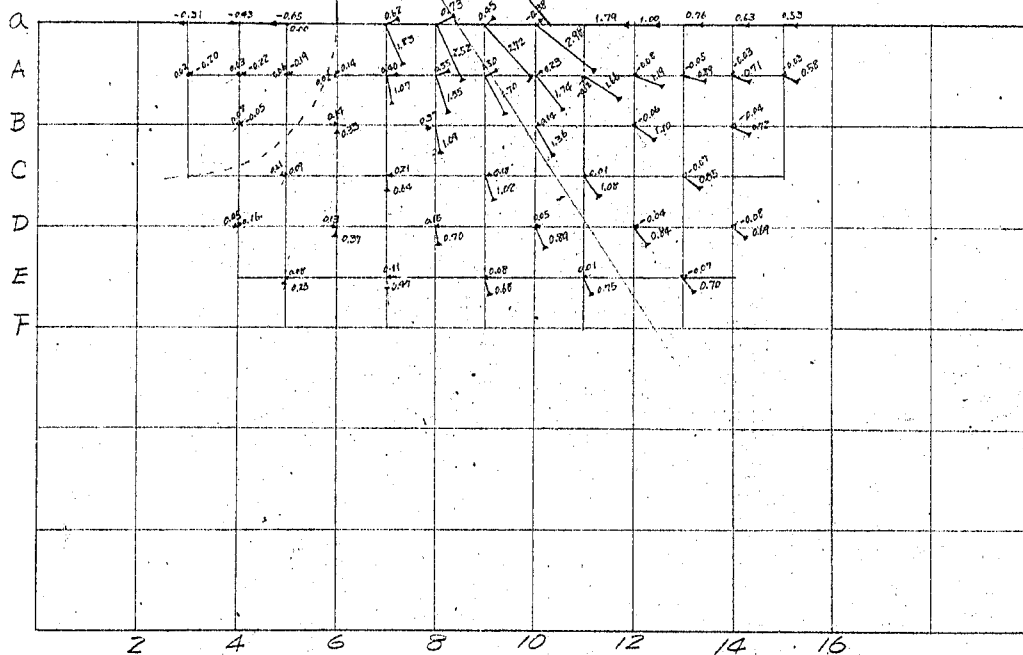
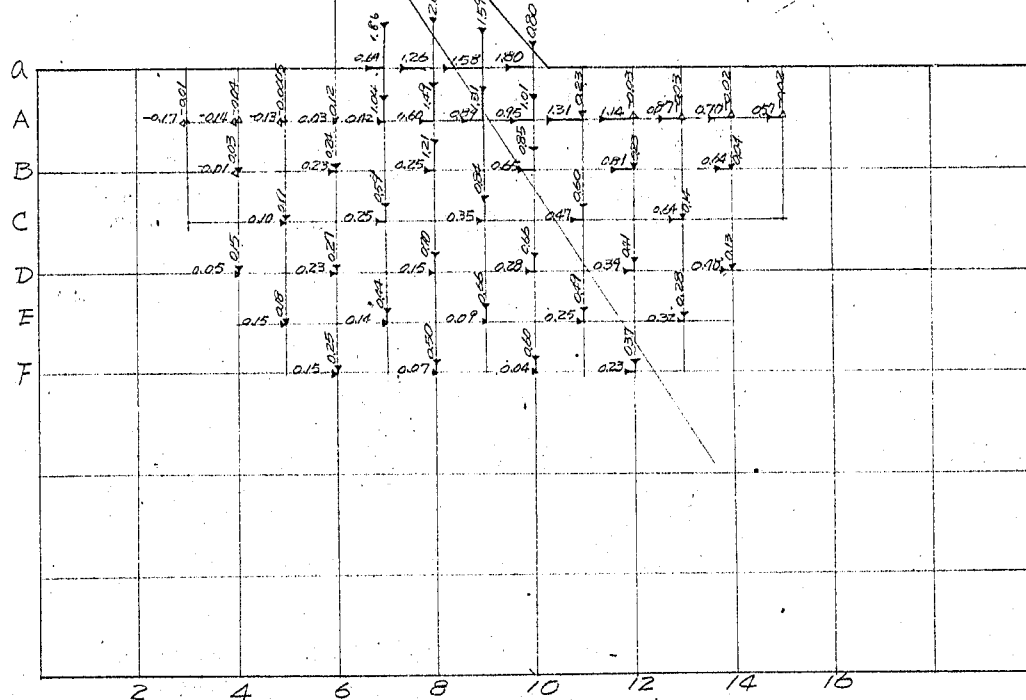
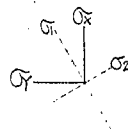


图-9

NO. 1

直角应力图



〔4〕 考 察

以上、実験結果を通観すると、断層の性質、グラフの影響等による基礎岩盤内の応力分布に因りて大體次の諸点と指摘することはできるのである。

(1) 断層の張り (E_r/E_f) による岩盤内引張応力発生領域の変化

図-10 は E_r/E_f の値と零次等色線位置の変化を示すものである。

④ を除けば E_r/E_f が増えれば断層の張りが増えるにつれて岩盤内の

応力分布状態の変化する様子はかなりの規則性を認めることができる。

たとえば、これを表面応力に

つづみければ、図-11 のようになる。

表面応力は、模型材料の高感度のためあり、したがって模型製作上、わずかの欠陥も局部的には応力分布状態と乱す要因となり易い。また、各模型、老弾性感度にも差違があり、実験値のばらつきはある程度避けられない。それと、図-11 から判るように、応力集中の著しい変化はすくなく、表面応力と E_r/E_f の間の関係は、ほゞ規則的である。この傾向は老弾性感度の等しい 5 号の模型で行った No. 18 の場合に特に顕著である。(図-12)

(2) 断層厚の変化による等色線(零次)の移動

断層厚の変化 (E_r/E_f 一定) による零次等色線の移動の状態は、模型 No. 5, 6, 7 の比較によって明らかである。(図-13)

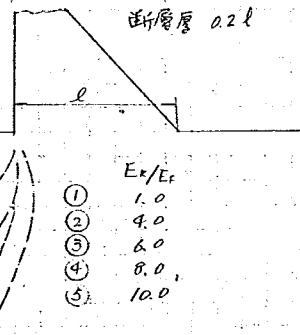


図-10

当然 $\lambda = 0$ ながら断層層の減衰に伴って二次等色線は上流側へ移行していく。

(3) 断層の位置・方向による影響

図-14 は断層がダム下流端にある場合と、ダム底部にある場合とが比較である。前者の方が後者より

二次等色線は全体に下流へ移動していることは当然として、断層の方向による変化は前者と後者は逆の傾向を示しているのが注目される。

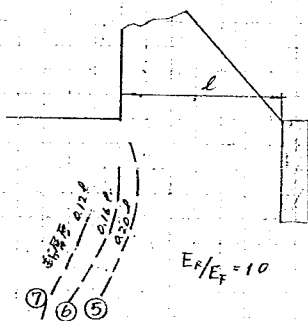


図-13

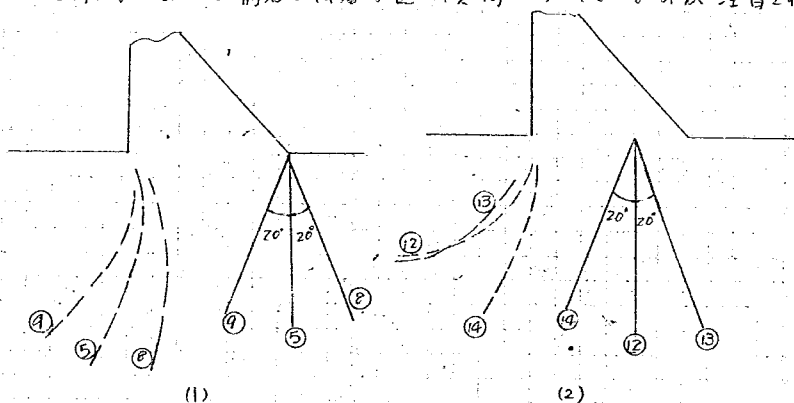


図-14

小さい ⑧ は岩盤内の応力は剪断的の傾向が強く ⑨ の方は曲げの傾向が著しくなるためと考えられる。断層がダム底部にある場合にはダム下流端部分が支えとなるために曲げの傾向が著しくなるためと思われる。曲げの傾向を示す場合には引張り応力発生領域が狭くなる。当然の結果として応力は大きくなる。

(4) フラグの効果

以上で断層の位置、方向、深さ等の岩盤内応力分布状態に対する影響について大凡の傾向をつかむことができたが、こゝで更にフラグの効果について注目する。図-15の(1)、(2)はそれぞれ断層がダム底部内にある場合、ダム底部外にある場合にフラグ、フラグの深さと断層厚

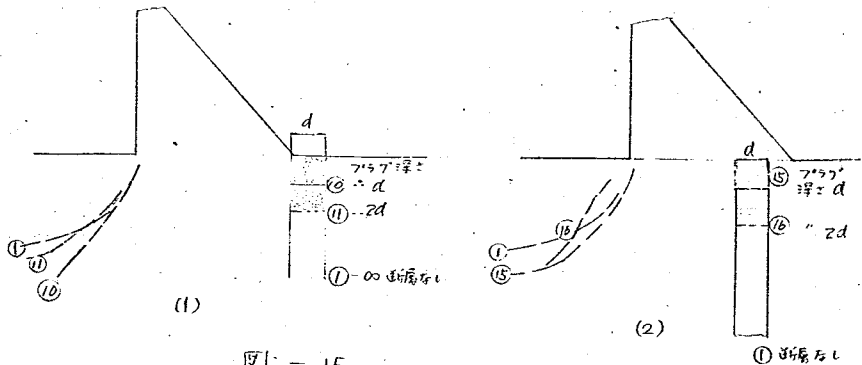


図-15

の1倍および2倍としたときの状態と断層のない場合との比較である。これによればフラグの効果はかなり著しく、(1)、(2)に示す場合でもフラグの深さから断層厚の2倍程度にすればフラグ周辺の応力集中も降り、断層のない場合の応力状態にほぼ近くなっている。(2)より(1)の方がフラグ附近の応力集中が著しい。

模型 No. 17 は断層位置がダムの下流側にダム底幅の $\frac{1}{2}$ だけ離れてある場合であるが、この場合には基礎岩盤内の応力分布状態はかなり緩和され No. 10 程度となっている。

NO. 1

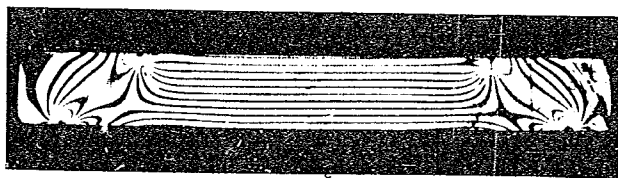
明暗度数凡 (F.R.E.) 1



暗
視
野



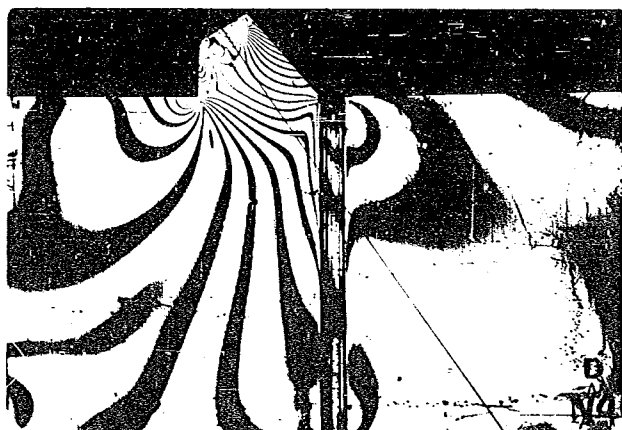
明
視
野



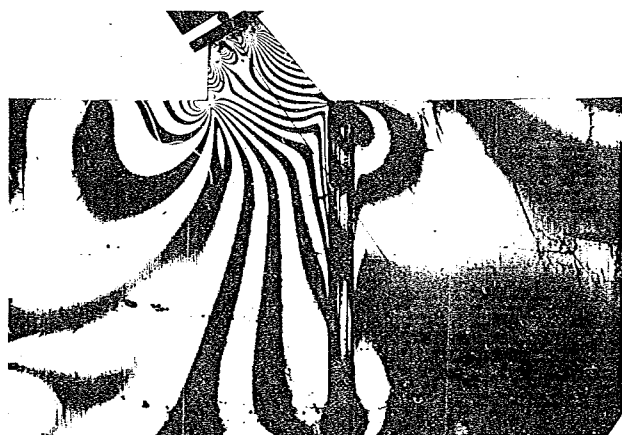
純
色
試
驗
暗
視
野

N0 5

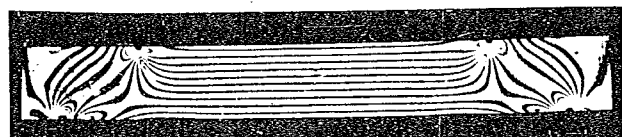
断片 3.3 2.5x1.5 1.07
18/11 12



暗
現
野



明
現
野



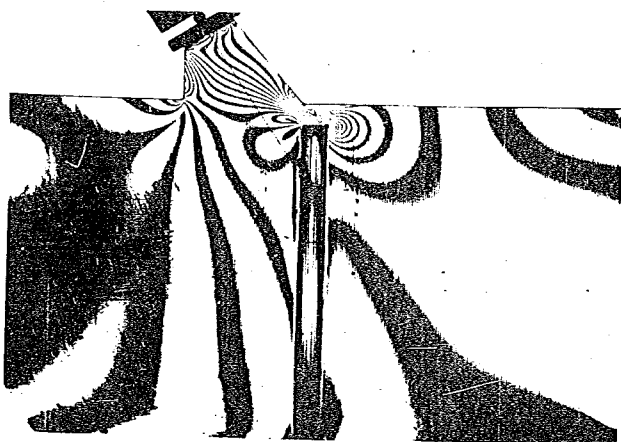
純
白
紙
映
暗
現
野

NO 10

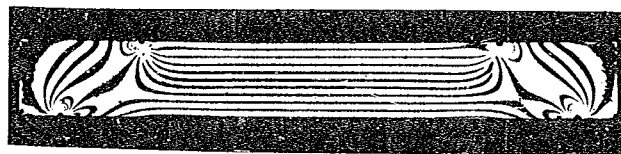
明視野
視野
視野



明
視
野



明
視
野



明
視
野

NO. 11

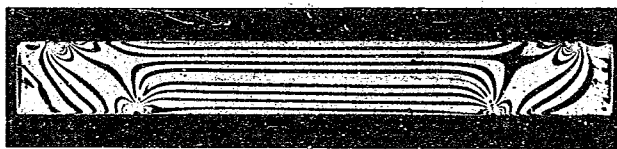
新着の月一々底板の2014
 プリントの2014-2015年
 10/10/10



暗
規
野



明
規
野



試
験
暗
規
野