

土 木 研 究 所 資 料

第 133 号

アーチダム模型実験における電子計算機の利用

昭和 41 年 1 月

建 設 省 土 木 研 究 所

アーチダム模型実験における電子計算機の利用

(昭和41年1月)

飯 田 隆 一

目 次

第1章	概 設	1
第2章	載荷装置の設計	1
第3章	測定値の整理及び応力計算	33

第一章 概 説

アーチダムの模型実験においては載荷装置の設計、測定値の整理、応力解析にかなり複雑な計算が必要となる。これらの計算を容易に処理し得るようするために一連のプログラムを開発した。

載荷装置はゴムチューブによる油圧方式のものに対してプログラムを作製している。測定値の整理はデーターの棄却検定、平均値の計算を行なっている。これは現段階では手計算の方が簡単であるかも知れない。しかし40年度中には当研究室でも測定値をテープで打出す測定器が完成するので、これが完成した後は電子計算機により処理した方がはるかに簡単になると考えられたので、プログラムを作製した。

応力解析は歪の値から応力を計算するもので、ダム本体の三次元の模型実験用に自重を加算したときの応力、主応力の方向計算し得るようになっている。更に断面力も計算するようになっている。しかしこのプログラムは一般の応力測定でJ型のロセットゲージを用いて測定した歪の値から応力、主応力を求めるのにも用い得る。

第二章 載荷装置の設計

第一節 載荷装置の形

ゴムチューブによる油圧方式の載荷装置は図-1に示すような型をしたものである。

従ってこのゴムチューブ内にかかる圧力を層毎に変えることにより、ダムにかかる荷重が水圧荷重にほぼ等しくなるようにしなければならない。

さて、ダムにかかる荷重は階段状になる。この階段状の荷重の各層の圧力比は当研究室の加圧装置では図-2に示すようになっている。従って最も荷重が実際の三角荷重に近い値になるように各層の厚さを計算しなければならない。

第二節 層割計算

前節に述べたように載荷装置の層割計算は模型にかかる階段状の荷重が実際の三角荷重と等しくなるように各層の厚さを決める計算である。

この場合、厳密には階段荷重による曲げモーメントとせん断力が実際の三角荷重によるそれと等しくなるように各層の厚さを決めなければならない。しかし理論的にこれを満足することは不可能である。

具体的な例をとってみよう。一番上の層で厚さを TH_1 とする。このとき三角荷重の液体比重を ρ_0 とすれば三角荷重による曲げモーメント、せん断力は

$$M_p = \frac{1}{8} \rho_0 (TH_1)^3 \qquad V_p = \frac{1}{2} \rho_0 (TH_1)^2$$

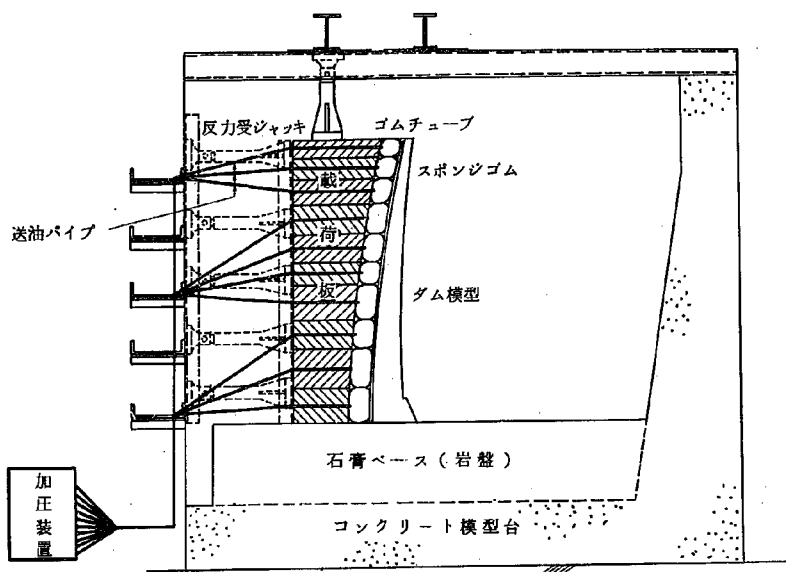
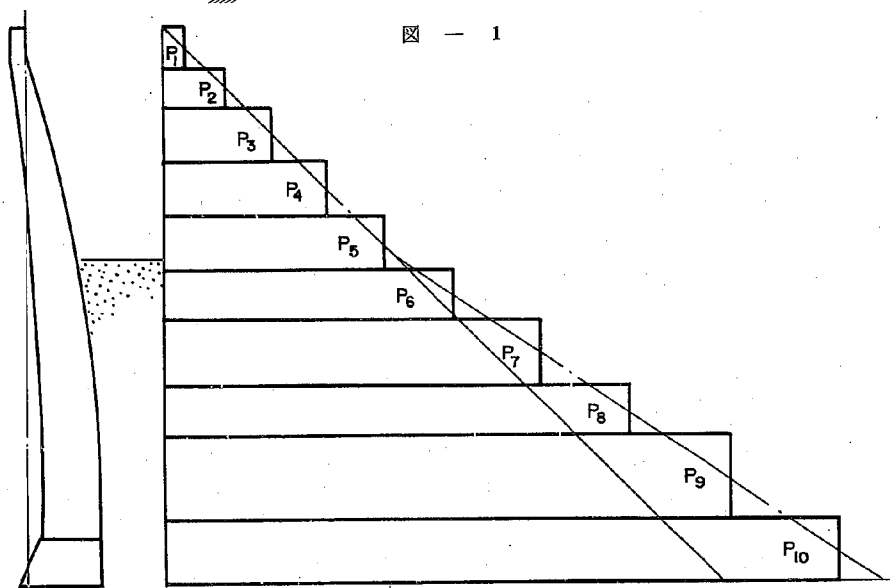


図 - 1



$P_1 : P_2 : P_3 : P_4 : P_5 : P_6 : P_7 : P_8 : P_9 : P_{10} = 1.5 : 4.5 : 8 : 12 : 16 : 21 : 27 : 33 : 40 : 48$

図 - 2

階段荷重による曲げモーメント、せん断力は

$$M_n = \frac{1}{2} P_1 (TH_1)^2 \quad V_n = P_1 (TH_1)$$

従ってせん断力が両者で等しくなるように P_1 を決めると

$$P_1 = \frac{1}{2} \rho_0 (TH_1)$$

曲げモーメントが両者で等しくなるように P_1 を決めると

$$P_1 = \frac{1}{3} \rho (TH_1)$$

即ち明らかに異なっている。この例では層の厚さ TH_1 を求めずに逆に圧力 P_1 を求めている。しかし圧力が二つの考え方で異なった値を示すことは層の厚さも同一には出得ないことを示している。

このように曲げモーメントとせん断力とを合せることは理論的には不可能であるが、その相違は上部では著しいが、荷重が大きい下部では僅かになる。

層割計算において曲げモーメントが合うようにするか、せん断力が合うようにするかは議論の対称になると思われるが、ここでは計算が簡単なせん断力を一致させるようにするという立場で進めることにする。

この層割計算は実際の三角荷重が水圧荷重のみのときは各層の圧力比が一定であればダムの高さに無関係に一定の比率で定まる筈である。しかし堆砂荷重を含めて加圧するときはダムによって静水深と堆砂深の比が異なるため、ダムによって各層の厚さの比は異なってくる。更に実際には階段荷重では各層の厚さ全部に油圧がかかるのではなく、各層を仕切る鉄板の厚さ、ゴムチューブの厚さだけ少なくなった部分に圧力がかかる。この補正を行なうとかなり複雑な計算になる。

これを実際に計算してみると、解には或る程度の任意性があるようであり（理論的には理解しがたいが）これを三通りの方法でプログラムを作ってみた。しかしいづれも収斂せず、この計算を電子計算機により処理できなかった。このためこの計算は当分の間手計算による以外にない。

以下層割計算について説明を加える。

水 深	H
堆 砂 深	H_s
堆砂比重	ρ_s
土圧係数	C

とし、 i 層と $i+1$ 層との境とベースとの高さの差を Z_i とする。すると

$$Z_{10} = 0, \quad Z_0 = H$$

となる。また各層の鉄板、ゴムチューブの厚さを t_i とする。また k_i を圧力係数とする。

堆砂面以上では即ち $Z_1 > H_1$ の時

$$V_p = \frac{1}{2} (2H - Z_1 - Z_{i-1}) (Z_{i-1} - Z_1) \quad \dots\dots\dots (2.2.1 a)$$

$$V_m = (Z_{i-1} - Z_1 - 2t_1) P_1 \cdot K_1 \quad \dots\dots\dots (2.2.2 a)$$

堆砂面が層の中間にくる層では即ち $Z_1 < H_1 < Z_{i-1}$ の時

$$V_p = \frac{1}{2} (2H - Z_1 - Z_{i-1}) (Z_{i-1} - Z_1) + \frac{1}{2} \rho_s \cdot C_s (H_1 - Z_1)^2 \quad \dots\dots\dots (2.2.1 b)$$

$$V_m = (Z_{i-1} - Z_1 - 2t_1) P_1 \cdot K_1 \quad \dots\dots\dots (2.2.2 b)$$

堆砂面以下のとき即ち $H_1 > Z_{i-1}$ の時

$$V_p = \frac{1}{2} (2H - Z_1 - Z_{i-1}) (Z_{i-1} - Z_1) + \frac{1}{2} \rho_s \cdot C_s \times (2H_1 - Z_1 - Z_{i-1}) (Z_{i-1} - Z_1) \quad \dots\dots\dots (2.2.1 c)$$

$$V_m = (Z_{i-1} - Z_1 - 2t_1) P_1 \cdot K_1 \quad \dots\dots\dots (2.2.2 c)$$

にて表わされる。各層で $V_p = V_m$ になるように Z_1 を求めればよい。

そこで $Z_{i-1} - Z_1 = TH_1$

とおき $K_1 = 1$ において TH_1 を適当に仮定して (2.2.1) と (2.2.2) を計算する。 V_p/V_m の値が各層で大体一致するまで返復して繰り返す。

しかしこの値を完全に一致させることは不可能なので V_p/V_m の値の最大値と最小値の差が 1 割以下になるまで行なう。具体例を示すと表-1 の如くである。

表 - 1

層数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TH_1	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	7.0	1.0	1.0	5.0	8.0
	V_p	8.0	24.0	52.5	77.5	102.5	185.5	94.75	228.0	231.25	448.0
	V_m	5.1	15.3	35.2	52.8	70.4	134.4	64.8	178.2	176.0	355.2
	V_p/V_m	1.57	1.57	1.49	1.47	1.46	1.38	1.46	1.279	1.31	1.25
2	TH_1	3.9	3.9	5.0	5.0	5.0	7.0	3.2	6.0	5.0	8.0
	V_p	7.605	228.15	51.5	76.5	101.5	184.1	100.73	228.0	231.25	448.0
	V_m	4.95	14.85	35.0	52.8	70.4	134.4	70.2	178.2	176.0	355.2
	V_p/V_m	1.56	1.536	1.463	1.449	1.442	1.370	1.435	1.279	1.314	1.261

	層数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	TH_1	3.7	3.7	5.1	5.2	5.3	7.4	3.3	5.8	4.9	7.6
	V_p	6.84	20.535	50.745	78.52	107.855	197.58	106.488	225.62	229.933	427.88
	V_m	4.65	13.96	36.0	55.2	75.2	142.8	72.8	171.6	172.0	336.0
	V_p/V_m	1.471	1.472	1.410	1.422	1.434	1.384	1.461	1.315	1.337	1.273
4	TH_1	3.5	3.5	5.2	5.3	5.4	7.5	3.3	6.1	5.2	7.0
	V_p	6.125	18.375	49.92	78.705	109.08	199.875	106.488	238.663	247.52	397.25
	V_m	4.35	13.05	36.8	56.4	76.8	144.9	72.9	181.5	184.0	307.2
	V_p/V_m	1.408	1.408	1.357	1.395	1.420	1.379	1.461	1.315	1.345	1.293
5	TH_1	3.5	3.5	5.3	5.3	5.3	7.5	3.5	6.1	5.3	6.9
	V_p	6.125	18.375	51.145	79.235	107.325	199.875	113.428	240.493	254.268	381.733
	V_m	4.35	13.05	37.6	56.4	75.2	144.9	78.3	181.5	188.0	292.8
	V_p/V_m	1.408	1.408	1.360	1.405	1.427	1.379	1.449	1.325	1.352	1.304

第三節 載荷装置型状計算(1)(三心不等厚アーチ)

前節に述べた層割計算が終了すると、その標高でのダムの上流面の形状計算が必要になる。

ダムの各型状が標高の関数で表わされていれば上流面の形状計算を電子計算機により行なうことは極めて容易である。従って層割計算の結果とダムの型状の数式を与えることにより上流面の形状を計算するプログラムを作成した。本節では三心不等厚アーチに対する上流面の形状計算について述べており、次節では変半径不等厚アーチに対する上流面の形状計算について述べる。尚このプログラムはダムの厚さの T_0 , ${}_LT_A$, ${}_RT_A$ の数式の符号を全部逆にすれば下流面の型状も与えることも出来る。このため入力データに層割計算の結果を与えずに、ほしい標高の間隔を与えれば模型の型枠設計、模型の型状ゲージの設計にも用い得る。

(1) 入力データ

計算式の記号	プログラムの記号	説 明	単 位	整数,実数	備 考
H	H	静 水 深	m	real	
H_s	HS	堆 砂 深	m	real	
ρ_s	RS	堆砂の水中比重		real	
C_s	CE	土 圧 係 数		real	
N	N	縮尺 (1/100 の時 100 とする)		integer	
$N1$	$N1$	ダム型状式の数		integer	<10

計算式の記号	プログラムの記号	説 明	単 位	整数,実数	備 考
$EL3$	$EL3$	ダムベースの標高	m	<i>real</i>	
P_i	$P(I)$	各層の圧力比		<i>real</i>	$I=1,2,\dots,10$
t_i	$T(I)$	各層の鉄板, ゴムチューブ ゴムチューブカバーの厚さ(模 型での寸法)	cm	<i>real</i>	$I=1,2,\dots,10$
T_i	$TH(I)$	層割計算による各層の厚さ (模型での寸法)	cm	<i>real</i>	$I=1,2,\dots,10$
EL_i	$EL1(I)$	ダムの型状式が変化する標高	m	<i>real</i>	$I=0,1,2,\dots,10$
r_i	$B1(1,M,I)$	クラウン附近のアーチ中心線 の曲率半径	m	<i>real</i>	$M=1,\dots,5$
T_c	$B1(2,M,I)$	クラウン附近の等厚部の厚さ	m	<i>real</i>	"
x_o	$B1(3,M,I)$	クラウン附近のアーチ中心線 の x 座標	m	<i>real</i>	"
y_o	$B1(4,M,I)$	クラウン附近のアーチ中心線 の y 座標	m	<i>real</i>	"
ϕ_o	$B1(5,M,I)$	クラウンの法線と x 軸とのなす角	<i>radian</i>	<i>real</i>	"
${}_L2r$	$B2(1,1,M,I)$	左岸のアバット附近のアーチ 中心線の曲率半径	m	<i>real</i>	"
${}_LT_A$	$B2(1,2,M,I)$	左岸のアバットの厚さ	m	<i>real</i>	"
${}_L1\phi_A$	$B2(1,3,M,I)$	クラウン附近の等厚部の左岸 側の中心角	<i>radian</i>	<i>real</i>	$M=1,2,\dots,5$
${}_L2\phi_A$	$B2(1,4,M,I)$	アバット附近の不等厚部の左 岸側の中心角	<i>radian</i>	<i>real</i>	"
${}_R2r$	$B2(2,1,M,I)$	右岸のアバット附近のアーチ 中心線の曲率半径	m	<i>real</i>	"
${}_RT_A$	$B2(2,2,M,I)$	右岸のアバットの厚さ	m	<i>real</i>	"
${}_R1\phi_A$	$B2(2,3,M,I)$	クラウン附近の等厚部の右岸 側の中心角	<i>radian</i>	<i>real</i>	"
${}_R2\phi_A$	$B2(2,4,M,I)$	右岸側の不等厚部の中心角	<i>radian</i>	<i>real</i>	"

【I】入力データシート

表-1 三心不等厚アーチ模型実験載荷装置型状計算 (データは下釜ダムの例を示す)

H	98.0
H_1	50.0
ρ	1.0
C	0.5
N	150
N_1	4
$EL3$	240.0

p_1	1.5	t_1	0.3	T_1	4.3
p_2	4.5	t_2	0.3	T_2	4.3
p_3	8.0	t_3	0.3	T_3	7.3
p_4	12.0	t_4	0.3	T_4	6.2
p_5	16.0	t_5	0.3	T_5	5.93
p_6	21.0	t_6	0.3	T_6	8.8
p_7	27.0	t_7	0.3	T_7	4.4
p_8	33.0	t_8	0.3	T_8	7.4
p_9	40.0	t_9	0.3	T_9	6.6
p_{10}	48.0	t_{10}	0.3	T_{10}	10.1

$EL1$						T_c				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
260.0	0.0	0.0	-0.0249	1.806	61.20	0.0	0.0	0.0055	-0.41	22.02
280.0	0.0	0.0	-0.0046	0.994	69.32	0.0	0.0	0.0	-0.19	19.82
300.0	0.0	0.0	-0.0046	0.994	69.32	0.0	0.0	0.0	-0.19	19.82
320.0	0.0	0.0	-0.0046	0.994	69.32	0.0	0.0	0.0	-0.19	19.82
338.0	0.0	0.0	0.0	0.442	85.88	0.0	0.0	0.0	-0.19	19.82

x					y				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
0.0	0.0	-0.0159	1.521	55.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.0026	0.989	60.43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.0046	1.149	57.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.597	73.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

z					z^2				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.00255	1.0495	119.29
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.00235	1.0495	119.29
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.00235	1.0495	119.29
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.00235	1.0495	119.29

${}_1T_A$					${}_1\phi_A$				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
0.0	0.0	0.001	-0.36	26.2	0.0	0.0	-0.4612_{10}^{-3}	0.55772_{10}^{-3}	0.122173
0.0	0.0	0.001	-0.36	26.2	0.0	0.0	0.1698_{10}^{-3}	0.30532_{10}^{-3}	0.124697
0.0	0.0	0.002	-0.44	27.8	0.0	0.0	-0.3878_{10}^{-3}	0.7514_{10}^{-3}	0.115754
0.0	0.0	0.0	-0.2	20.6	0.0	0.0	-0.2424_{10}^{-3}	0.57692_{10}^{-3}	0.1210098

${}_2T_A$					${}_2\phi_A$				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
0.0	0.0	-0.566_{10}^{-3}	0.201217_{10}^{-2}	0.48882	0.0	0.0	-0.045	2.974	95.09
0.0	0.0	-0.566_{10}^{-3}	0.201217_{10}^{-2}	0.48882	0.0	0.0	-0.0138	1.726	107.57
0.0	0.0	-0.961_{10}^{-3}	0.232817_{10}^{-2}	0.4825	0.0	0.0	-0.0036	0.91	123.89
0.0	0.0	-0.961_{10}^{-3}	0.232817_{10}^{-2}	0.4825	0.0	0.0	-0.0036	0.91	123.89

${}_3T_A$					${}_3\phi_A$				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
0.0	0.0	0.0034	-0.552	30.04	0.0	0.0	0.2182_{10}^{-5}	0.8725_{10}^{-4}	-0.1457349
0.0	0.0	0.0034	-0.552	30.04	0.0	0.0	-0.1454_{10}^{-5}	0.23269_{10}^{-3}	-0.1471893
0.0	0.0	0.002	-0.44	27.8	0.0	0.0	-0.1454_{10}^{-5}	0.23269_{10}^{-3}	-0.1471893
0.0	0.0	0.0	-0.2	20.6	0.0	0.0	-0.1454_{10}^{-5}	0.23269_{10}^{-3}	-0.1471893

${}_4\phi_A$				
a	b	c	d	e
0.0	0.0	0.5088_{10}^{-5}	0.42186_{10}^{-3}	-0.5841035
0.0	0.0	-0.4363_{10}^{-5}	0.7999_{10}^{-3}	-0.5878839
0.0	0.0	-0.4363_{10}^{-5}	0.7999_{10}^{-3}	-0.5878839
0.0	0.0	-0.4363_{10}^{-5}	0.7999_{10}^{-3}	-0.5878839

〔Ⅱ〕計算式

(i) 各層の剪断力の計算

各層の下面のダムベースからの高さは実物では

$$Z_i = \frac{N}{100} \sum_{j=i+1}^{10} T_j \quad \dots\dots\dots (2.3.1)$$

従って各層の下面の標高は実物では

$${}_pEL_{2,i} = EL3 + Z_i \quad \dots\dots\dots (2.3.2)$$

模型では

$${}_mEL_{2,i} = \frac{100}{N} Z_i \quad \dots\dots\dots (2.3.3)$$

さて次に i 層より上の全剪断力は実物換算では

$$V'_{m,i} = V'_{m,i-1} + p_i (Z_{i-1} - Z_i - \frac{2N}{100} t_i) \quad \dots\dots\dots (2.3.4)$$

三角荷重の時の i 層より上の全剪断力は

$Z_i > H_i$ の時

$$V'_{p,i} = \frac{1}{2} (H - Z_i)^2 \quad \dots\dots\dots (2.3.5)$$

$Z_i < H_i$ の時

$$V'_{p,i} = \frac{1}{2} (H - Z_i)^2 + \frac{1}{2} \{ (H_i - Z_i) \rho_s \cdot C_s \}^2 \quad \dots\dots\dots (2.3.6)$$

$$K_s = \frac{V'_{p,10}}{V'_{m,10}} \quad \dots\dots\dots (2.3.7)$$

とし

$$V''_{m,i} = K_s \cdot V'_{m,i} \quad \dots\dots\dots (2.3.8)$$

とすると層割計算が完全に行なわれていれば

$$V''_{m,i} = V'_{p,i}$$

となる筈であるが、実際には層割計算は完全には行なわれ難いので或る程度の誤差を生ずる。

次に各層の油圧の大きさを求める。この種の載荷装置では 10 層の圧力とポンプの圧力は等しいから 10 層の圧力が求まれば運転は可能となる。

比重 G がどれだけの液圧に相当する荷重をかけるかは、どれだけの大きさの歪測定値を得るようにするかの実験計画により決まる。従ってここではこの問題にはふれず 10 層にどれだけの圧力をかければ比重 1 の液圧に相当する荷重がかけられるかについて求めてみる。

$$K_s \cdot p_{10} \quad t/m^2$$

は実物において比重 1 の液圧に相当する荷重となるための圧力である。また p_i は圧力比であるから *nondimension* で、従って $V'_{p,i}$ は (2.3.4) から $[L]$ の *dimension* であり、 $V'_{p,i}$ は (2.3.6) から $[L^2]$ の *dimension* である。故に K_s は $[L]$

の dimension となり, $K_a \cdot p_{10}$ も $[L]$ の dimension となる。10 層の圧力は

$$K_a \cdot p_{10} \cdot \gamma_H \quad t/m^2$$

となり

$$p = \frac{K_a \cdot p_{10}}{10 \cdot N} \quad Kg/cm^2 \quad \dots\dots\dots (2.3.9)$$

となる。

(iii) 形状計算

さてダム各型状は EL_i を $Z=0$ とした時の Z の 4 次式で表わされるとしている。

従って

$$Z_i' = {}_pEL_{2,i} - EL_i \quad \dots\dots\dots (2.3.10)$$

とすれば i 層の下面の標高での各型状は

$$aZ_i^4 + bZ_i^3 + cZ_i^2 + dZ_i + e \quad \dots\dots\dots (2.3.11)$$

にて求められる。(2.3.11) の形の式で ${}_1r, T_c, x_o, y_o, \phi_o, {}_{L_2}r, {}_LT_A, {}_{L_1}\phi_A, {}_{R_2}r,$

${}_RT_A, {}_{R_1}\phi_A, {}_{R_2}\phi_A$ が求められる。

次に上流面の曲率半径を ${}_u1r, {}_{uL_2}r, {}_{uR_2}r$ とすれば

$${}_u1r = {}_1r + T_c/2 \quad \dots\dots\dots (2.3.12)$$

$$\begin{aligned} {}_{uL_2}r = & \left[({}_L2r + {}_LT_A/2)^2 + ({}_L2r + T_c/2)^2 - 2({}_L2r + {}_LT_A/2)({}_L2r + T_c/2) \right. \\ & \left. \cos \cdot {}_{L_2}\phi_A \right] / 2 \left[({}_L2r + T_c/2) - ({}_L2r + {}_LT_A/2) \cos \cdot {}_{L_2}\phi_A \right] \quad \dots\dots\dots (2.3.13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{uR_2}r = & \left[({}_R2r + {}_RT_A/2)^2 + ({}_R2r + T_c/2)^2 - 2({}_R2r + {}_RT_A/2)({}_R2r + T_c/2) \right. \\ & \left. \cos \cdot {}_{R_2}\phi_A \right] / 2 \left[({}_R2r + T_c/2) - ({}_R2r + {}_RT_A/2) \cos \cdot {}_{R_2}\phi_A \right] \quad \dots\dots\dots (2.3.14) \end{aligned}$$

また不等厚部の中心角を ${}_{uL_2}\phi$ とすれば

$${}_{uL_2}\phi = \tan^{-1} \frac{({}_L2r + {}_LT_A/2) \sin \cdot {}_{L_2}\phi_A}{({}_{uL_2}r - {}_L2r - {}_LT_A/2) + ({}_L2r + {}_LT_A/2) \cos \cdot {}_{L_2}\phi_A} \quad \dots\dots\dots (2.3.15)$$

$${}_{uR_2}\phi = \tan^{-1} \frac{({}_R2r + {}_RT_A/2)}{({}_{uR_2}r - {}_R2r - {}_RT_A/2) + ({}_R2r + {}_RT_A/2) \cos \cdot {}_{R_2}\phi_A} \quad \dots\dots\dots (2.3.16)$$

等厚部の上流面の曲率中心の座標を

$${}_ox, {}_oy$$

左岸側不等厚部の上流面の曲率中心の座標を

$${}_{uL_o}x, {}_{uL_o}y$$

右岸側不等厚部の上流面の曲率中心の座標を

$${}_{uRo}x, {}_{uRo}y$$

クラウン上流面の座標を

$${}_{uc}x, {}_{uc}y$$

等厚部と左岸側不等厚部の接合面と上流面の座標を

$${}_{uL_1}x, {}_{uL_1}y$$

等厚部と右岸側不等厚部の接合面と上流面の座標を

$${}_{uR_1}x, {}_{uR_1}y$$

左岸側アバットメントの上流面の座標を

$${}_{uL_2}x, {}_{uL_2}y$$

右岸側アバットメントの上流面の座標を

$${}_{uR_2}x, {}_{uR_2}y$$

とすると

${}_ox, {}_oy$ は (2.3.11) で求めた x_o, y_o と同じである。

$$\begin{aligned}
u_{L0}x &= x + (u_{L2}r - r - T_c/2) \cos(\phi + L_1\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.17) \\
u_{L0}y &= y - (u_{L2}r - r - T_c/2) \sin(\phi + L_1\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.18) \\
u_{R0}x &= x + (u_{R2}r - r - T_c/2) \cos(\phi + R_1\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.19) \\
u_{R0}y &= y - (u_{R2}r - r - T_c/2) \sin(\phi + R_1\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.20) \\
u_cx &= x - (r + T_c/2) \cos\phi & \dots\dots\dots (2.3.21) \\
u_cy &= y + (r + T_c/2) \sin\phi & \dots\dots\dots (2.3.22) \\
u_{L1}x &= x - (r + T_c/2) \cos(\phi + L_1\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.23) \\
u_{L1}y &= y + (r + T_c/2) \sin(\phi + L_1\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.24) \\
u_{R1}x &= x - (r + T_c/2) \cos(\phi + R_1\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.25) \\
u_{R1}y &= y + (r + T_c/2) \sin(\phi + R_1\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.26) \\
u_{L2}x &= u_{L0}x - u_{L2}r \cdot \cos(\phi + L_1\phi_A + u_{L2}\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.27) \\
u_{L2}y &= u_{L0}y + u_{L2}r \cdot \sin(\phi + L_1\phi_A + u_{L2}\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.28) \\
u_{R2}x &= u_{R0}x - u_{R2}r \cdot \cos(\phi + R_1\phi_A + u_{R2}\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.29) \\
u_{R2}y &= u_{R0}y + u_{R2}r \cdot \sin(\phi + R_1\phi_A + u_{R2}\phi_A) & \dots\dots\dots (2.3.30)
\end{aligned}$$

として求められる。これらを実物と模型とで求める。模型でのこれらの型状は(2.3.11) ~ (2.3.14) と (2.3.17) ~ (2.3.30) は $10/N$ を乗ずれば cm 単位で求められる。
(2.3.15) と (2.3.16) は模型でも同じである。

(IV) 出力

計算式の記号	出力の記号	プログラムの記号	説明	実物での単位	模型での単位	符号
p	P	PR	$G=1$ の時の 10 層での油圧		kg/cm^2	+
$V_{p,1}^*$	PROTOTYPE	$V1(I)$	三角荷重による I 層より上での全剪断力	t/m		下流向を正
$V_{m,1}^*$	MODEL	$V2(I)$	階段荷重による I 層より上での全剪断力	"		"
$EL_{2,1}$	EL	$EL2(K, I)$	各層下面の標高	m	cm	+
${}_1r$	$1R$	$R(K, 1, I)$	クラウン附近の等厚部のアーチ中心線の曲率半径	"	"	"
${}_L{}_2r$	$L2R$	$R(K, 2, I)$	左岸側不等厚部のアーチ中心線の曲率半径	"	"	"
${}_R{}_2r$	$R2R$	$R(K, 3, I)$	右岸側不等厚部のアーチ中心線の曲率半径	"	"	"
${}_u{}_1r$	$U1R$	$R(K, 4, I)$	クラウン附近の等厚部の上流面の曲率半径	"	"	"
${}_u{}_L{}_2r$	$UL2R$	$R(K, 5, I)$	左岸側不等厚部の上流面の曲率半径	"	"	"
${}_u{}_R{}_2r$	$UR2R$	$R(K, 6, I)$	右岸側不等厚部の上流面の曲率半径	"	"	"
${}_0\phi$	$0(PHI)$	$PH(K, 1, T)$	クラウンの法線と x 軸とのなす角	度 分	度 分	時計廻りを正

計算式の記号	出力の記号	プログラムの記号	説 明	実物での単位	模型での単位	符 号
$L_1 \phi_A$	$L1(PHI)$	$PH(K, 2, I)$	クラウン附近の等厚部の左岸側の中心角	度分	度分	時計廻りを正
$R_1 \phi_A$	$R1(PHI)$	$PH(K, 3, I)$	クラウン附近の等厚部の右岸側の中心角	"	"	"
$L_2 \phi_A$	$L2(PHI)$	$PH(K, 4, I)$	左岸側不等厚部のアーチ中心線を中心角	"	"	"
$R_2 \phi_A$	$R2(PHI)$	$PH(K, 5, I)$	右岸側不等厚部のアーチ中心線を中心角	"	"	"
$uL_2 \phi$	$UL2(PHI)$	$PH(K, 6, I)$	左岸側不等厚部の上流面の中心角	"	"	"
$uR_2 \phi$	$UR2(PHI)$	$PH(K, 7, I)$	右岸側不等厚部の上流面の中心角	"	"	"
$0x$	$0X$		クラウン附近の等厚部の曲率中心のx座標	m	cm	下流向を正
$0y$	$0Y$	$W(K, 2, I)$	クラウン附近の等厚部の曲率中心のy座標	"	"	左岸向を正
$uL_0 x$	$UL0X$	$W(K, 3, I)$	左岸側不等厚部の上流面の曲率中心のx座標	"	"	下流向を正
$uL_0 y$	$UL0Y$	$W(K, 4, I)$	左岸側不等厚部の上流面の曲率中心のy座標	"	"	左岸向を正
$uR_0 x$	$UR0X$	$W(K, 5, I)$	右岸側不等厚部の上流面の曲率中心のx座標	"	"	下流向を正
$uR_0 y$	$UR0Y$	$W(K, 6, I)$	右岸側不等厚部の上流面の曲率中心のy座標	"	"	左岸向を正
ucx	UCX	$W(K, 7, I)$	クラウン上流面のx座標	"	"	下流向を正
ucy	UCY	$W(K, 8, I)$	クラウン上流面のy座標	"	"	左岸向を正
$uL_1 x$	$UL1X$	$W(K, 9, I)$	等厚部と左岸側不等厚部の接合面上流面のx座標	"	"	下流向を正
$uL_1 y$	$UL1Y$	$W(K, 10, I)$	等厚部と左岸側不等厚部の接合面上流面のy座標	"	"	左岸向を正
$uR_1 x$	$UR1X$	$W(K, 11, I)$	等厚部と右岸側不等厚部の接合面上流面のx座標	"	"	下流向を正
$uR_1 y$	$UR1Y$	$W(K, 12, I)$	等厚部と右岸側不等厚部の接合面上流面のy座標	"	"	左岸向を正
$uL_2 x$	$UL2X$	$W(K, 13, I)$	左岸側アバットメントの上流面のx座標	"	"	下流向を正
$uL_2 y$	$UL2Y$	$W(K, 14, I)$	左岸側アバットメントの上流面のy座標	"	"	左岸向を正
$uR_2 x$	$UR2X$	$W(K, 15, I)$	右岸側アバットメントの上流面のx座標	"	"	下流向を正
$uR_2 y$	$UR2Y$	$W(K, 16, I)$	右岸側アバットメントの上流面のy座標	"	"	左岸向を正

表 — 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROTOTYPE	20.83	83.27	284.53	549.63	884.10	1532.85	1936.69	2738.66	3583.88	5114.50
MODEL:	13.31	73.21	266.04	507.81	814.61	1434.12	1803.24	2610.55	3473.98	5114.50

P= 0.07675 KG/CM²

PROTOTYPE

I	EL	IR	L2R	R2R	U1R	UL2R	UR2R
0	337.995	120.354	186.850	172.966	122.854	189.351	175.467
1	331.545	117.503	182.348	170.569	120.616	185.646	173.899
2	325.095	114.652	177.649	167.872	118.378	181.754	172.030
3	314.145	109.654	169.226	162.608	114.421	174.934	168.394
4	304.845	104.645	161.629	157.459	110.295	169.836	165.729
5	295.950	99.109	153.982	151.785	105.604	165.860	163.591
6	282.750	89.953	141.950	139.694	97.301	161.474	160.132
7	276.150	83.472	135.626	131.383	92.289	159.958	157.725
8	265.050	69.685	124.530	108.961	79.730	154.767	145.460
9	255.150	51.855	114.145	79.608	63.924	145.705	126.434
10	240.000	15.120	97.360	17.610	31.330	121.054	150.069

I	O(PHI)	L1(PHI)	R1(PHI)	L2(PHI)	R2(PHI)	UL2(PHI)	UR2(PHI)
0	0 0	8 40	-7 54	34 41	-31 37	34 41	-31 37
1	0 0	8 35	-7 54	34 22	-31 41	34 20	-31 38
2	0 0	8 30	-7 55	33 59	-31 45	33 55	-31 41
3	0 0	8 18	-7 57	33 15	-31 56	33 5	-31 45
4	0 0	8 7	-8 0	32 31	-32 7	32 3	-31 38
5	0 0	7 53	-8 3	31 43	-32 21	30 45	-31 21
6	0 0	7 35	-8 10	30 27	-32 46	28 20	-30 18
7	0 0	7 26	-8 14	29 47	-33 0	26 57	-29 27
8	0 0	7 9	-8 19	28 34	-33 20	25 0	-27 36
9	0 0	6 50	-8 22	27 26	-33 34	23 54	-24 49
10	0 0	6 15	-8 23	25 34	-33 50	24 2	-8 16

I	OX	OY	UOX	UOY	UROX	UROY	UCX	UCY
0	120.355	0.000	186.091	-10.026	172.468	7.232	-2.499	0.000
1	116.504	0.000	180.804	-9.716	169.281	7.329	-4.112	0.000
2	112.654	0.000	175.333	-9.369	165.794	7.391	-5.724	0.000
3	105.959	0.000	165.837	-8.749	159.413	7.470	-8.462	0.000
4	99.508	0.000	158.453	-8.407	154.402	7.718	-10.787	0.000
5	92.626	0.000	152.310	-8.281	150.040	8.132	-12.978	0.000
6	81.586	0.000	145.196	-8.479	143.778	8.932	-15.715	0.000
7	75.620	0.000	142.718	-8.771	140.381	9.374	-16.669	0.000
8	61.281	0.000	135.734	-9.346	126.319	9.513	-18.449	0.000
9	38.191	0.000	119.389	-9.738	100.035	9.101	-25.733	0.000
10	-29.668	0.000	59.522	-9.776	87.798	17.346	-60.998	0.000

I	UL1X	UL1Y	UR1X	UR1Y	UL2X	UL2Y	UR2X	UR2Y
0	-1.095	18.523	-1.333	-16.886	48.449	120.006	37.131	-104.449
1	-2.758	18.021	-2.965	-16.590	44.878	116.730	35.197	-103.407
2	-4.423	17.501	-4.596	-16.308	41.181	113.259	33.246	-102.269
3	-7.260	16.543	-7.360	-15.837	34.611	106.931	29.863	-100.110
4	-9.682	15.574	-9.713	-15.356	28.682	101.155	26.802	-98.037
5	-11.976	14.513	-11.934	-14.810	22.785	95.318	23.673	-95.759
6	-14.862	12.857	-14.727	-13.833	14.456	86.288	18.432	-90.719
7	-15.890	11.962	-15.717	-13.222	10.733	81.598	15.566	-87.053
8	-17.828	9.930	-17.609	-11.539	4.710	73.029	8.524	-75.827
9	-25.278	7.612	-25.052	-9.307	-5.836	64.749	-5.757	-60.136
10	-60.811	3.414	-60.662	-4.577	-44.998	51.295	-55.955	-25.736

MODEL

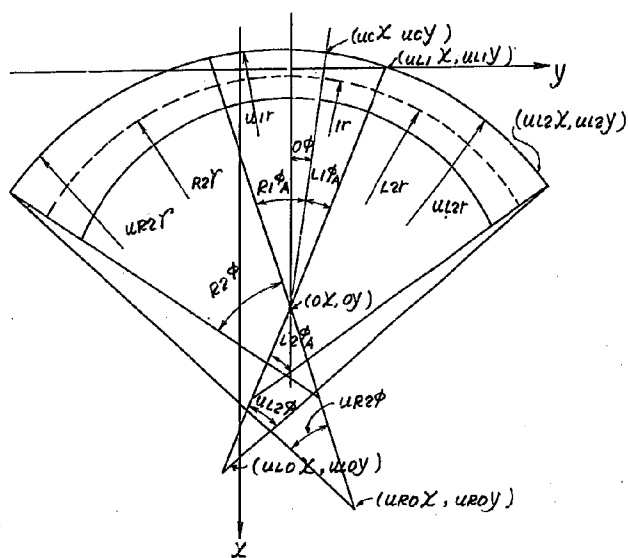
I	EL	1R	L2R	R2R	U1R	UL2R	UR2R
0	65.330	80.236	124.567	115.311	81.903	126.234	116.978
1	61.030	78.335	121.565	113.712	80.411	123.764	115.932
2	56.730	76.435	118.433	111.915	78.919	121.169	114.687
3	49.430	73.103	112.817	108.405	76.280	116.623	112.263
4	43.230	69.763	107.753	104.973	73.530	113.224	110.486
5	37.300	66.373	102.655	101.190	70.403	110.573	109.061
6	28.500	59.702	94.633	93.129	64.848	107.649	106.755
7	24.100	55.915	90.418	87.589	61.526	106.639	105.150
8	16.700	46.457	83.020	72.641	53.153	103.178	96.974
9	10.100	34.570	76.096	53.072	42.616	97.136	84.289
10	0.000	10.080	64.937	11.740	20.887	80.703	100.046

I	O(PHI)	L1(PHI)	R1(PHI)	L2(PHI)	R2(PHI)	UL2(PHI)	UR2(PHI)
0	0 0	8 40	-7 54	34 41	-31 37	34 41	-31 37
1	0 0	8 35	-7 54	34 22	-31 41	34 20	-31 38
2	0 0	8 30	-7 55	33 59	-31 45	33 55	-31 41
3	0 0	8 18	-7 57	33 15	-31 56	33 5	-31 45
4	0 0	8 7	-8 0	32 31	-32 7	32 3	-31 38
5	0 0	7 53	-8 3	31 43	-32 21	30 45	-31 21
6	0 0	7 35	-8 10	30 27	-32 46	28 20	-30 18
7	0 0	7 26	-8 14	29 47	-33 0	26 57	-29 27
8	0 0	7 9	-8 19	28 34	-33 20	25 0	-27 36
9	0 0	6 50	-8 22	27 26	-33 34	23 54	-24 49
10	0 0	6 15	-8 23	25 34	-33 50	24 2	-8 16

I	OX	OY	UOX	UOY	UROX	UROY	UCX	UCY
0	80.237	0.000	124.061	-6.684	114.979	4.821	-1.666	0.000
1	77.670	0.000	120.536	-6.477	112.854	4.886	-2.741	0.000
2	75.102	0.000	116.889	-6.246	110.529	4.928	-3.816	0.000
3	70.639	0.000	110.558	-5.833	106.275	4.980	-5.641	0.000
4	66.339	0.000	105.635	-5.605	102.935	5.145	-7.191	0.000
5	61.751	0.000	101.540	-5.521	100.027	5.421	-8.652	0.000
6	54.391	0.000	96.797	-5.653	95.852	5.955	-10.477	0.000
7	50.413	0.000	95.146	-5.847	93.587	6.250	-11.112	0.000
8	40.854	0.000	90.489	-6.230	84.213	6.342	-12.299	0.000
9	25.461	0.000	79.593	-6.492	66.690	6.067	-17.155	0.000
10	-19.779	0.000	39.681	-6.517	58.532	11.564	-40.665	0.000

I	UL1X	UL1Y	UR1X	UR1Y	UL2X	UL2Y	UR2X	UR2Y
0	-0.730	12.349	-0.889	-11.257	32.299	80.004	24.754	-69.633
1	-1.839	12.314	-1.977	-11.060	29.919	77.820	23.465	-68.938
2	-2.949	11.667	-3.064	-10.872	27.454	75.506	22.164	-68.179
3	-4.840	11.029	-4.907	-10.558	23.074	71.287	19.909	-66.740
4	-6.454	10.382	-6.475	-10.237	19.121	67.436	17.868	-65.358
5	-7.984	9.676	-7.956	-9.873	15.190	63.545	15.782	-63.839
6	-9.908	8.571	-9.818	-9.222	9.637	57.525	12.288	-60.479
7	-10.593	7.974	-10.478	-8.814	7.156	54.399	10.377	-58.035
8	-11.835	6.620	-11.740	-7.693	3.140	48.686	5.683	-50.552
9	-16.852	5.075	-16.701	-6.204	-3.891	43.166	-3.838	-40.091
10	-40.541	2.276	-40.441	-3.051	-29.999	34.197	-37.303	-17.157

出力データの例を示せば表-2
の如くである。



Ⅳ - 3

第三節

(V) プログラム

```

begin
  procedure C03031;
  comment Calculation for the shapes of loading apparatus for model test on arch dam 1-
    H:Depth of hydrostatic pressure (m).
    HS:Depth of silt pressure (m).
    RS:Specific weight of silt.
    CE:Coefficient of earth pressure.
    N:Scale.
    TH(I):Thickness of each layer.
    PI(I):Ratio of pressure of each layer.
    TI(I):Thickness of steel plate, rubber tube and tube cover of each layer (cm).
    N1:Number of classes of formulas for shapes (<10).
    EL(I):EL for shapes.
    B1(L,M,I):Shapes of crown.
    B2(K,L,M,I):Shapes of abutment.
  integer I,J,K,M,N,N1,L;
  real H,HS,RS,CE,KE,PR,KD,EL3;

  integer array PH1(I:2,1:7,0:10),PH2(I:2,1:7,0:10);
  array P10(I:10),T1(I:10),EL1(I:10),B1(I:5,1:5,1:10),B2(I:2,1:4,1:5,1:10),Z(I:10),R(I:2,1:6,0:10),
    TH1(I:10),PH(I:2,1:7,0:10),W(I:2,1:16,0:10),EL2(I:2,0:10),B3(I:5,1:10),B4(I:2,1:4,1:10),
    V1(I:10),V2(I:10);

  procedure READI(A1,A2,MA);
    value A1,A2;
    integer A1,A2; array MA;
    begin
      integer I;
      for I=A1 step 1 until A2 do
        READ(MA(I));
      end;
    end;

  READ(H,HS,RS,CE,N,N1,EL3); READI(1,10,P); READI(1,10,T); READI(1,10,TH);
  READI(0,N1,EL1);
  for L=1 step 1 until 5 do
    for M=1 step 1 until 5 do
      for I=1 step 1 until N1 do
        READ(B1(L,M,I));
      end;
    end;
  end;
  for K=1 step 1 until 2 do
    for L=1 step 1 until 4 do
      for M=1 step 1 until 5 do
        for I=1 step 1 until N1 do
          READ(B2(K,L,M,I));
        end;
      end;
    end;
  end;
  Z(I:10)=0.0;
  for I=9 step -1 until 0 do
    Z(I)=Z(I+1)+TH(I+1)*0.01*FLOAT(N);
    V2(I)=0.0;
    for I=1 step 1 until 10 do
      begin
        if Z(I)>HS then V1(I)=0.5*(H-Z(I))^2 else V1(I)=0.5*((H-Z(I))^2+(HS-Z(I))*RS*CE)^2;
        V2(I)=V2(I-1)+PI(I)*(Z(I-1)-Z(I)-2.0*T(I)*FLOAT(N)*0.01);
      end;
    end;
  end;

```

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53

```

KE=V1[101]/V2[101];
for I=1 step 1 until 10 do V2[I]=KE*V2[I];
PR=KE*P1[101]*0.1/FLOAT(N);
SPACE(52); PRINT('P='); PRINT(1.5,PR); PRINT('KG/CM2'); CRLF(1);
SPACE(5);
for I=1 step 1 until 10 do
  begin
    SPACE(6); PRINT(2,I);
  end; CRLF(1); PRINT('PROTOTYPE');
  for I=1 step 1 until 10 do
    PRINT(5.2,V1[I]); CRLF(1);
    PRINT('MODEL'); SPACE(4);
    for I=1 step 1 until 10 do
      PRINT(5.2,V2[I]); CRLF(55);
    for I=0 step 1 until 10 do
      begin
        J=1; EL2[1,I]=EL3+Z[I];
        EL2[2,I]=Z[I]*100.0/FLOAT(N); Z[I]=Z[I]+EL3-EL1[101];
        if EL2[1,I]-EL1[J]>0.0 then
          begin
            J=J+1; go to L2;
          end;
          for L=1 step 1 until 5 do
            B3[L,I]=B1[L,1,J]*(Z[I]*4)+B1[L,2,J]*(Z[I]*3)+B1[L,3,J]*(Z[I]*2)+B1[L,4,J]*Z[I]+B1[L,5,J];
            for K=1 step 1 until 2 do
              for L=1 step 1 until 4 do
                B4[K,L,I]=B2[K,L,1,J]*(Z[I]*4)+B2[K,L,2,J]*(Z[I]*3)+B2[K,L,3,J]*(Z[I]*2)+B2[K,L,4,J]*Z[I]
                  +B2[K,L,5,J];
                R[1,1,I]=B3[1,I]; R[1,2,I]=B4[1,1,I]; R[1,3,I]=B4[2,1,I];
                R[1,4,I]=B3[1,I]+0.5*B3[2,I];
                for K=1 step 1 until 2 do
                  R[1,4+K,I]=(B4[K,1,I]+0.5*B4[K,2,I])*2-2.0*(B4[K,1,I]+0.5*B4[K,2,I])*(B4[K,1,I]+0.5
                    *B3[2,I])*COS(B4[K,4,I])+(B4[K,1,I]+0.5*B3[2,I])*2/(2.0*(B4[K,1,I]+0.5*B3[
                    -(B4[K,1,I]+0.5*B4[K,2,I])*COS(B4[K,4,I])));
                  for J=1 step 1 until 6 do
                    R[2,J,I]=R[1,J,I]*100.0/FLOAT(N);
                    PH[1,1,I]=B3[5,I]; PH[1,2,I]=B4[1,3,I]; PH[1,3,I]=B4[2,3,I];
                    PH[1,4,I]=B4[1,4,I]; PH[1,5,I]=B4[2,4,I];
                    for K=1 step 1 until 2 do
                      PH[1,5+K,I]=ARCTAN((B4[K,1,I]+0.5*B4[K,2,I])*SIN(B4[K,4,I])/(R[1,4+K,I]-B4[K,1,I]
                        -B3[2,I]*0.5)+(B4[K,1,I]+0.5*B4[K,2,I])*COS(B4[K,4,I]));
                      for J=1 step 1 until 7 do
                        begin
                          PH[2,J,I]=PH[1,J,I];
                          for K=1 step 1 until 2 do
                            begin
                              PH[1,K,J,I]=FIX(PH[K,J,I]-57.29577957);
                              PH[2[K,J,I]=FIX(ABS((PH[K,J,I]-57.29577957)-FLOAT(PH[1,K,J,I]))*60.0);
                            end;
                          end;
                        end;

```

54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104

```

W11,1,I=B3(3,I); W11,2,I=B3(4,I);
for K=1 step 1 until 2 do
begin
W11,1+K+K,I=B3(3,I)+(R(1,4+K,I)-B3(1,I)-0.5*B3(2,I))*COS(B3(5,I)+B4(K,3,I));
W11,2+K+K,I=B3(4,I)-(R(1,4+K,I)-B3(1,I)-0.5*B3(2,I))*SIN(B3(5,I)+B4(K,3,I));
end;
W11,7,I=B3(3,I)-(B3(1,I)+0.5*B3(2,I))*COS(B3(5,I));
W11,8,I=B3(4,I)+(B3(1,I)+0.5*B3(2,I))*SIN(B3(5,I));
for K=1 step 1 until 2 do
begin
W11,7+K+K,I=B3(3,I)-(B3(1,I)+0.5*B3(2,I))*COS(B3(5,I)+B4(K,3,I));
W11,8+K+K,I=B3(4,I)+(B3(1,I)+0.5*B3(2,I))*SIN(B3(5,I)+B4(K,3,I));
W11,11+K+K,I=W11,1+K+K,I-R(1,4+K,I)*COS(B3(5,I)+B4(K,3,I)+PH(1,5+K,I));
W11,12+K+K,I=W11,2+K+K,I+R(1,4+K,I)*SIN(B3(5,I)+B4(K,3,I)+PH(1,5+K,I));
end;
for J=1 step 1 until 16 do
W12,J,I=W11,J,I*100.0/FLOAT(N);
end;
for K=1 step 1 until 2 do
begin
SPACE(45);
if K=1 then PRINT('PROTOTYPE') else PRINT('MODEL'); CRLF(2);
SPACE(5); PRINT('I'); SPACE(8); PRINT('EL'); SPACE(11); PRINT('IR'); SPACE(11);
PRINT('L2R'); SPACE(10); PRINT('R2R'); SPACE(10); PRINT('U1R'); SPACE(9); PRINT('UL2
R');

SPACE(9); PRINT('UR2R'); CRLF(1);
for I=0 step 1 until 10 do
begin
SPACE(3); PRINT(2,I); SPACE(3); PRINT(3,3,EL2(K,I)); SPACE(3);
for J=1 step 1 until 6 do
begin
PRINT(3,3,R(K,J,I)); SPACE(3);
end;
CRLF(1);
end;
CRLF(1);
SPACE(6); PRINT('I'); SPACE(6); PRINT('O(PHI)'); SPACE(7); PRINT('L1(PHI)'); SPACE(
PRINT('R1(PHI)'); SPACE(6); PRINT('L2(PHI)'); SPACE(6); PRINT('R2(PHI)'); SPACE(5);
PRINT('UL2(PHI)'); SPACE(5); PRINT('UR2(PHI)'); CRLF(1);
for I=0 step 1 until 10 do
begin
SPACE(3); PRINT(2,I);
for J=1 step 1 until 7 do
begin
SPACE(3); PRINT(2,PH1(K,J,I)); PRINT(2,PH2(K,J,I));
end;
CRLF(1);
end;
CRLF(1);
SPACE(6); PRINT('I'); SPACE(8); PRINT('OX'); SPACE(11); PRINT('OY'); SPACE(11);
PRINT('ULOX'); SPACE(9); PRINT('ULOY'); SPACE(9); PRINT('UROX'); SPACE(9);
PRINT('UROY'); SPACE(9); PRINT('UCX'); SPACE(10); PRINT('UCY'); CRLF(1);

```

105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155

```

for I=0 step 1 until 10 do
begin
SPACE(3); PRINT(2,I);
for J=1 step 1 until 8 do
begin
SPACE(3); PRINT(3.3,WIK,J,1);
end;
CRLF(1);
end;
CRLF(1);
SPACE(6); PRINT('I'); SPACE(7); PRINT('UL1X'); SPACE(9); PRINT('UL1Y'); SPACE(9);
PRINT('UR1X'); SPACE(9); PRINT('UR1Y'); SPACE(9); PRINT('UL2X'); SPACE(9); PRINT(
"UL2Y");
SPACE(9); PRINT('UR2X'); SPACE(9); PRINT('UR2Y'); CRLF(1);
for I=0 step 1 until 10 do
begin
SPACE(3); PRINT(2,I);
for J=9 step 1 until 16 do
begin
SPACE(3); PRINT(3.3,WIK,J,1);
end;
CRLF(1);
end;
CRLF(7);
end;
end;

```

156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180

TM

TM

1

第四節 載荷装置型状計算(2) (変半径不等厚アーチ)

(1) 入力データ

計算式の記号	プログラムの記号	説 明	単 位	整数,実数	備 考
λ	RM	変半径アーチにおける $r=R \cdot \cos^2 \phi$ の λ		<i>real</i>	
T	T	不等厚記号		<i>real</i>	+1.000 -1.0
H	H	静 水 深	<i>m</i>	<i>real</i>	
H_s	HS	堆 砂 深	<i>m</i>	<i>real</i>	
ρ_s	RS	堆砂の水中比重		<i>real</i>	
C_s	CE	土 圧 係 数		<i>real</i>	
N	N	縮尺 (1/100 の時 100 とする)		<i>integer</i>	
$N1$	$N1$	ダム型式の数		<i>integer</i>	
$EL3$	$EL3$	ダムベースの標高	<i>m</i>	<i>real</i>	
p_i	$P(I)$	各層の圧力比		<i>real</i>	
t_i	$T(I)$	各層の鉄板, ゴムチューブカ バーの厚さ (模型での寸法)	<i>cm</i>	<i>real</i>	
T_i	$TH(I)$	層割計算による各層の厚さ (模型での寸法)	<i>cm</i>	<i>real</i>	
EL_i	$EL_i(I)$	ダムの型式が変化する標高	<i>m</i>	<i>real</i>	
$2l$	$B1(1, M, I)$	アーチ中心線のスパン	<i>m</i>	<i>real</i>	
T_c	$B1(2, M, I)$	クラウン附近の等厚部の厚さ	<i>m</i>	<i>real</i>	
x_c	$B1(3, M, I)$	アーチ中心線のクラウンでの x 座標	<i>m</i>	<i>real</i>	
y_c	$B1(4, M, I)$	アーチ中心線のクラウンでの y 座標	<i>m</i>	<i>real</i>	
ϕ_0	$B1(5, M, I)$	クラウンの法線と x 軸とのなす角	<i>radian</i>	<i>real</i>	
lTA	$B2(1.1, M, I)$	左岸のアバットの厚さ	<i>m</i>	<i>real</i>	
$l_1\phi_A$	$B2(1.2, M, I)$	クラウン附近の等厚部の左岸 側の中心角	<i>radian</i>	<i>real</i>	
$l\phi_A$	$B2(1.3, M, I)$	左岸側の中心角	<i>radian</i>	<i>real</i>	
rTA	$B2(2.1, M, I)$	右岸のアバットの厚さ	<i>m</i>	<i>real</i>	
$r_1\phi_A$	$B2(2.2, M, I)$	クラウン附近の等厚部の右岸 側の中心角	<i>radian</i>	<i>real</i>	
$r\phi_A$	$B2(2.3, M, I)$	右岸側の中心角	<i>radian</i>	<i>real</i>	

〔Ⅱ〕 入力データシート

表-3 変半径不等厚アーチ橋型実験載荷装置型状計算入力データシート

λ	
T	
H	
H_s	
ρ_s	
C_s	
N	
N_1	
EL_2	

p_1		t_1		T_1	
p_2		t_2		T_2	
p_3		t_3		T_3	
p_4		t_4		T_4	
p_5		t_5		T_5	
p_6		t_6		T_6	
p_7		t_7		T_7	
p_8		t_8		T_8	
p_9		t_9		T_9	
p_{10}		t_{10}		T_{10}	

EL_1	z^l					T_s				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e

x					y				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e

ϕ					T_A				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e

ϕ_A					ϕ_A				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e

T_A					ϕ_A				
a	b	c	d	e	a	b	c	d	e

ϕ_A				
a	b	c	d	e

〔Ⅱ〕計算式

各層の剪断力油圧計算は前節と全く同一であるので、ここでは省略1.型状計算のみのべる。この場合にも i 層の下面の各型状は (2.3.11) により求められる。

$$\begin{aligned}
 R = 192(2\ell) / \{ & \sum_{j=0}^{31} [\cos^{i+1} \left(\frac{2j}{64} \cdot L\phi_A \right) + 4 \cos^{i+1} \left(\frac{2j+1}{64} \cdot L\phi_A \right) \\
 & + \cos^{i+1} \left(\frac{2j+2}{64} \cdot L\phi_A \right)] - R\phi_A \sum_{j=0}^{31} [\cos^{i+1} \left(\frac{2j}{64} \cdot R\phi_A \right) + 4 \cos^{i+1} \\
 & \left(\frac{2j+1}{64} \cdot R\phi_A \right) + \cos^{i+1} \left(\frac{2j+2}{64} \cdot R\phi_A \right)] \}^2 + \{ L\phi_A \sum_{j=0}^{31} [\sin \left(\frac{2j}{64} \cdot L\phi_A \right) \cos^i \left(\frac{2j}{64} \cdot L\phi_A \right) \\
 & + 4 \sin \left(\frac{2j+1}{64} \cdot L\phi_A \right) \cos^i \left(\frac{2j+1}{64} \cdot L\phi_A \right) + \sin \left(\frac{2j+2}{64} \cdot L\phi_A \right) \cos^i \left(\frac{2j+2}{64} \cdot L\phi_A \right)] \\
 & - R\phi_A \sum_{j=0}^{31} [\sin \left(\frac{2j}{64} \cdot R\phi_A \right) \cos^i \left(\frac{2j}{64} \cdot R\phi_A \right) + 4 \sin \left(\frac{2j+1}{64} \cdot R\phi_A \right) \cos^i \left(\frac{2j+1}{64} \cdot R\phi_A \right) \\
 & + \sin \left(\frac{2j+2}{64} \cdot R\phi_A \right) \cos^i \left(\frac{2j+2}{64} \cdot R\phi_A \right)] \}^2 \}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (2.4.1)
 \end{aligned}$$

$$L\phi_i = \frac{i}{32} \cdot L\phi_A \quad \dots\dots\dots (2.4.2)$$

$$R\phi_i = \frac{i}{32} \cdot R\phi_A \quad \dots\dots\dots (2.4.3)$$

とする。

(ⅰ) $R_1\phi_A < L\phi_i < L_1\phi_A$ の時

$$T_i = T_c \quad \dots\dots\dots (2.4.4)$$

(ⅱ) $L\phi_i > L_1\phi_A$ で $T > 0.0$ の時

$$T_i = T_c + (L T_A - T_c) \frac{\text{vers}(L\phi_i - L_1\phi_A)}{\text{vers}(L\phi_A - L_1\phi_A)} \quad \dots\dots\dots (2.4.5)$$

(ⅲ) $L\phi_i > L_1\phi_A$ で $T < 0.0$ の時

$$\begin{aligned}
 T_i = \frac{1}{\text{vers}(L\phi_A - L_1\phi_A)} \{ & T_c - L T_A \cdot \cos(L\phi_A - L_1\phi_A) + (L T_A - T_c) \\
 & \frac{\cos(L\phi_A - L_1\phi_A)}{\cos(L\phi_i - L_1\phi_A)} \} \quad \dots\dots\dots (2.4.6)
 \end{aligned}$$

(ⅳ) $R_1\phi_A < R\phi_i < L_1\phi_A$ の時

$$T_i = T_c \quad \dots\dots\dots (2.4.7)$$

(ⅳ) $R\phi_i < R_1\phi_A$ で $T > 0.0$ の時

$$T_i = T_c + (R T_A - T_c) \frac{\text{vers}(R\phi_i - R_1\phi_A)}{\text{vers}(R\phi_A - R_1\phi_A)} \quad \dots\dots\dots (2.4.8)$$

(ⅳ) $R\phi_i < R_1\phi_A$ で $T < 0.0$ の時

$$T_i = \frac{1}{\text{vers}(R\phi_A - R_1\phi_A)} \{ T_c - R T_A \cdot \cos(R\phi_A - R_1\phi_A) + (R T_A - T_c) \}$$

表 - 4

	P= 0.07665 KG/CM2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
PROTOTYPE	20.83	83.27	284.53	549.63	884.10	1532.85	1936.69	2738.66	3583.88	5114.50	
MODEL	19.94	79.76	272.35	513.79	820.20	1438.91	1807.54	2613.80	3476.11	5114.50	
	RADIUS AT CROWN										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROTOTYPE	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
MODEL	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67

PROTOTYPE				LEFT			
I	EL 97.99 M		UY	PHI	MODEL		UY
	PHI	UX			EL 65.33 CM	UX	
0	0	0	-5.00	0	0	-3.33	0.00
1	0	56	-4.99	0	56	-3.32	1.15
2	1	52	-4.94	1	52	-3.30	2.29
3	2	48	-4.87	2	48	-3.25	3.43
4	3	45	-4.78	3	45	-3.18	4.58
5	4	41	-4.55	4	41	-3.10	5.72
6	5	37	-4.49	5	37	-3.00	6.86
7	6	33	-4.31	6	33	-2.87	8.00
8	7	30	-4.10	7	30	-2.73	9.14
9	8	26	-3.86	8	26	-2.58	10.27
10	9	22	-3.60	9	22	-2.40	11.40
11	10	18	-3.30	10	18	-2.20	12.53
12	11	15	-2.98	11	15	-1.99	13.66
13	12	11	-2.63	12	11	-1.76	14.78
14	13	7	-2.26	13	7	-1.50	15.90
15	14	3	-1.85	14	3	-1.24	17.01
16	15	0	-1.42	15	0	-0.95	18.12
17	15	56	-0.96	15	56	-0.64	19.22
18	16	52	-0.48	16	52	-0.32	20.32
19	17	48	0.03	17	48	0.02	21.41
20	18	45	0.57	18	45	0.38	22.50
21	19	41	1.14	19	41	0.76	23.58
22	20	37	1.73	20	37	1.15	24.66
23	21	33	2.35	21	33	1.57	25.73
24	22	30	2.99	22	30	2.00	26.79
25	23	26	3.66	23	26	2.44	27.84
26	24	22	4.36	24	22	2.91	28.89
27	25	18	5.08	25	18	3.39	29.93
28	26	15	5.83	26	15	3.89	30.96
29	27	11	6.60	27	11	4.40	31.98
30	28	7	7.40	28	7	4.93	33.00
31	29	3	8.22	29	3	5.48	34.00
32	30	0	9.07	30	0	6.04	35.00

PROTOTYPE				RIGHT		MODEL		
	EL	97.99 M			EL	65.33 CM		
I.	PHI	UX	UY	PHI	UX	UY		
0	0	0	-5.00	0	0	-3.33	0.00	
1	-3	56	-4.99	-0	56	-3.32	-1.15	
2	-1	52	-4.94	-1	52	-3.30	-2.29	
3	-2	48	-4.87	-2	48	-3.25	-3.43	
4	-3	45	-4.78	-3	45	-3.18	-4.58	
5	-4	41	-4.65	-4	41	-3.10	-5.72	
6	-5	37	-4.49	-5	37	-3.00	-6.86	
7	-6	33	-4.31	-6	33	-2.37	-8.00	
8	-7	30	-4.10	-7	30	-2.73	-9.14	
9	-8	26	-3.86	-8	26	-2.58	-10.27	
10	-9	22	-3.60	-9	22	-2.40	-11.40	
11	-10	18	-3.30	-10	18	-2.20	-12.53	
12	-11	15	-2.98	-11	15	-1.99	-13.66	
13	-12	11	-2.63	-12	11	-1.76	-14.78	
14	-13	7	-2.26	-13	7	-1.50	-15.90	
15	-14	3	-1.85	-14	3	-1.24	-17.01	
16	-15	0	-1.42	-15	0	-0.95	-18.12	
17	-15	56	-0.96	-15	56	-0.64	-19.22	
18	-16	52	-0.48	-16	52	-0.32	-20.32	
19	-17	48	0.03	-17	48	0.02	-21.41	
20	-18	45	0.57	-18	45	0.38	-22.50	
21	-19	41	1.14	-19	41	0.76	-23.58	
22	-20	37	1.73	-20	37	1.15	-24.66	
23	-21	33	2.35	-21	33	1.57	-25.73	
24	-22	30	2.99	-22	30	2.00	-26.79	
25	-23	26	3.66	-23	26	2.44	-27.84	
26	-24	22	4.36	-24	22	2.91	-28.89	
27	-25	18	5.08	-25	18	3.39	-29.93	
28	-26	15	5.83	-26	15	3.89	-30.96	
29	-27	11	6.60	-27	11	4.40	-31.98	
30	-28	7	7.40	-28	7	4.93	-33.00	
31	-29	3	8.22	-29	3	5.48	-34.00	
32	-30	0	9.07	-30	0	6.04	-35.00	

PROTOTYPE				LEFT				MODEL			
EL 91.54 M								EL 61.03 CM			
I	PHI	UX	UY	I	PHI	UX	JY	I	PHI	UX	JY
0	0	-5.00	0.00	0	0	-3.33	0.00	0	0	-3.33	0.00
1	0	-4.99	1.72	0	56	-3.32	1.15	1	0	-3.32	1.15
2	1	-4.94	3.44	1	52	-3.30	2.29	2	1	-3.30	2.29
3	2	-4.87	5.15	2	48	-3.25	3.43	3	2	-3.25	3.43
4	3	-4.78	6.87	3	45	-3.18	4.58	4	3	-3.18	4.58
5	4	-4.65	8.58	4	41	-3.10	5.72	5	4	-3.10	5.72
6	5	-4.49	10.29	5	37	-3.00	6.86	6	5	-3.00	6.86
7	6	-4.31	12.00	6	33	-2.87	8.00	7	6	-2.87	8.00
8	7	-4.10	13.71	7	30	-2.73	9.14	8	7	-2.73	9.14
9	8	-3.86	15.41	8	26	-2.58	10.27	9	8	-2.58	10.27
10	9	-3.60	17.10	9	22	-2.40	11.40	10	9	-2.40	11.40
11	10	-3.30	18.80	10	18	-2.20	12.53	11	10	-2.20	12.53
12	11	-2.98	20.48	11	15	-1.99	13.66	12	11	-1.99	13.66
13	12	-2.63	22.17	12	11	-1.76	14.78	13	12	-1.76	14.78
14	13	-2.26	23.84	13	7	-1.50	15.90	14	13	-1.50	15.90
15	14	-1.85	25.51	14	3	-1.24	17.01	15	14	-1.24	17.01
16	15	-1.42	27.18	15	0	-0.95	18.12	16	15	-0.95	18.12
17	15	-0.96	28.83	15	56	-0.64	19.22	17	15	-0.64	19.22
18	16	-0.48	30.48	16	52	-0.32	20.32	18	16	-0.32	20.32
19	17	0.03	32.12	17	48	0.02	21.41	19	17	0.02	21.41
20	18	0.57	33.75	18	45	0.38	22.50	20	18	0.38	22.50
21	19	1.14	35.37	19	41	0.76	23.58	21	19	0.76	23.58
22	20	1.73	36.99	20	37	1.15	24.66	22	20	1.15	24.66
23	21	2.35	38.59	21	33	1.57	25.73	23	21	1.57	25.73
24	22	2.99	40.18	22	30	2.00	26.79	24	22	2.00	26.79
25	23	3.66	41.76	23	26	2.44	27.84	25	23	2.44	27.84
26	24	4.36	43.33	24	22	2.91	28.89	26	24	2.91	28.89
27	25	5.08	44.89	25	18	3.39	29.93	27	25	3.39	29.93
28	26	5.83	46.44	26	15	3.89	30.96	28	26	3.89	30.96
29	27	6.60	47.97	27	11	4.40	31.98	29	27	4.40	31.98
30	28	7.40	49.50	28	7	4.93	33.00	30	28	4.93	33.00
31	29	8.22	51.01	29	3	5.48	34.00	31	29	5.48	34.00
32	30	9.07	52.50	30	0	6.04	35.00	32	30	6.04	35.00

PROTOTYPE					RIGHT					MODEL				
I	PHI	EL	91.54 M	UY	I	PHI	EL	61.03 CM	UY	I	PHI	EL	61.03 CM	UY
0	0	0	-5.00	0.00	0	0	-3.33	0.00		0	0	-3.33	0.00	
1	-0	56	-4.99	-1.72	-0	56	-3.32	-1.15		1	-0	56	-3.32	-1.15
2	-1	52	-4.94	-3.44	-1	52	-3.30	-2.29		2	-1	52	-3.30	-2.29
3	-2	48	-4.87	-5.15	-2	48	-3.25	-3.43		3	-2	48	-3.25	-3.43
4	-3	45	-4.78	-6.87	-3	45	-3.18	-4.58		4	-3	45	-3.18	-4.58
5	-4	41	-4.55	-8.58	-4	41	-3.10	-5.72		5	-4	41	-3.10	-5.72
6	-5	37	-4.49	-10.29	-5	37	-3.00	-6.86		6	-5	37	-3.00	-6.86
7	-6	33	-4.31	-12.00	-6	33	-2.87	-8.00		7	-6	33	-2.87	-8.00
8	-7	30	-4.10	-13.71	-7	30	-2.73	-9.14		8	-7	30	-2.73	-9.14
9	-8	26	-3.86	-15.41	-8	26	-2.58	-10.27		9	-8	26	-2.58	-10.27
10	-9	22	-3.60	-17.10	-9	22	-2.40	-11.40		10	-9	22	-2.40	-11.40
11	-10	18	-3.30	-18.80	-10	18	-2.20	-12.53		11	-10	18	-2.20	-12.53
12	-11	15	-2.98	-20.48	-11	15	-1.99	-13.66		12	-11	15	-1.99	-13.66
13	-12	11	-2.63	-22.17	-12	11	-1.76	-14.78		13	-12	11	-1.76	-14.78
14	-13	7	-2.26	-23.84	-13	7	-1.50	-15.90		14	-13	7	-1.50	-15.90
15	-14	3	-1.85	-25.51	-14	3	-1.24	-17.01		15	-14	3	-1.24	-17.01
16	-15	0	-1.42	-27.18	-15	0	-0.95	-18.12		16	-15	0	-0.95	-18.12
17	-15	56	-0.96	-28.83	-15	56	-0.64	-19.22		17	-15	56	-0.64	-19.22
18	-16	52	-0.48	-30.48	-16	52	-0.32	-20.32		18	-16	52	-0.32	-20.32
19	-17	48	0.03	-32.12	-17	48	0.02	-21.41		19	-17	48	0.02	-21.41
20	-18	45	0.57	-33.75	-18	45	0.38	-22.50		20	-18	45	0.38	-22.50
21	-19	41	1.14	-35.37	-19	41	0.76	-23.58		21	-19	41	0.76	-23.58
22	-20	37	1.73	-36.99	-20	37	1.15	-24.66		22	-20	37	1.15	-24.66
23	-21	33	2.35	-38.59	-21	33	1.57	-25.73		23	-21	33	1.57	-25.73
24	-22	30	2.99	-40.18	-22	30	2.00	-26.79		24	-22	30	2.00	-26.79
25	-23	26	3.66	-41.76	-23	26	2.44	-27.84		25	-23	26	2.44	-27.84
26	-24	22	4.36	-43.33	-24	22	2.91	-28.89		26	-24	22	2.91	-28.89
27	-25	18	5.08	-44.89	-25	18	3.39	-29.93		27	-25	18	3.39	-29.93
28	-26	15	5.83	-46.44	-26	15	3.89	-30.96		28	-26	15	3.89	-30.96
29	-27	11	6.60	-47.97	-27	11	4.40	-31.98		29	-27	11	4.40	-31.98
30	-28	7	7.40	-49.50	-28	7	4.93	-33.00		30	-28	7	4.93	-33.00
31	-29	3	8.22	-51.01	-29	3	5.48	-34.00		31	-29	3	5.48	-34.00
32	-30	0	9.07	-52.50	-30	0	6.04	-35.00		32	-30	0	6.04	-35.00

$$\frac{\cos(\phi_A - \phi_1)}{\cos(\phi_1 - \phi_A)} \} \dots\dots\dots (2.4.9)$$

$$u_L x = x_c + \frac{R \cdot \phi_1}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin\left(\phi + \frac{2j}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j}{64} \cdot \phi_1\right) + 4 \sin\left(\phi + \frac{2j+1}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j+1}{64} \cdot \phi_1\right) + \sin\left(\phi + \frac{2j+2}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j+2}{64} \cdot \phi_1\right) \right] - \frac{T_1}{2} \cdot \cos \cdot \phi_1 \dots (2.4.10)$$

$$u_L y = y_c + \frac{R \cdot \phi_1}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos\left(\phi + \frac{2j}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j}{64} \cdot \phi_1\right) + 4 \cos\left(\phi + \frac{2j+1}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j+1}{64} \cdot \phi_1\right) + \cos\left(\phi + \frac{2j+2}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j+2}{64} \cdot \phi_1\right) \right] + \frac{T_1}{2} \cdot \sin \cdot \phi_1 \dots (2.4.11)$$

$$u_R x = x_c + \frac{R \cdot \phi_1}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin\left(\phi + \frac{2j}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j}{64} \cdot \phi_1\right) + 4 \sin\left(\phi + \frac{2j+1}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j+1}{64} \cdot \phi_1\right) + \sin\left(\phi + \frac{2j+2}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j+2}{64} \cdot \phi_1\right) \right] - \frac{T_1}{2} \cos \cdot \phi_1 \dots\dots\dots (2.4.12)$$

$$u_R y = y_c + \frac{R \cdot \phi_1}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos\left(\phi + \frac{2j}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j}{64} \cdot \phi_1\right) + 4 \cos\left(\phi + \frac{2j+1}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j+1}{64} \cdot \phi_1\right) + \cos\left(\phi + \frac{2j+2}{64} \cdot \phi_1\right) \cos\left(\frac{2j+2}{64} \cdot \phi_1\right) \right] + \frac{T_1}{2} \sin \cdot \phi_1 \dots\dots\dots (2.4.13)$$

(2.4.2) (2.4.3) (2.4.10) (2.4.11) (2.4.12) (2.4.13) を $i=0,1,\dots,32$ について計算する。実物では m 単位では cm 単易で出力する。

(IV) 出 力

計算式の記号	出力の記号	プログラムの記号	説 明	実物での単位	模型での単位	符 号
P	P	PR	$G=1$ の時の 10 層での油圧		Kg/cm^2	+
$V'_{r,i}$	$PROTOTYPE$	$V1(I)$	三角荷重による I 層より上での全剪断力	t/m		下流向を正
$V''_{m,i}$	$MODEL$	$V2(I)$	階段荷重による I 層より上での全剪断力	t/m		下流向を正
$EL_{2,i}$	EL	$EL2(K, I)$	各層下面の標高	m	cm	+
$u_L x, u_R x$	UX	$W(K, 1)$	上流面の $\frac{i}{32}$ 分点の x 座標	m	cm	下流向を正
$u_L y, u_R y$	UY	$W(K, 2)$	上流面の $\frac{i}{32}$ 分点の y 座標	m	cm	左岸向を正
ϕ_1, ϕ_i	PHI	$PH(J)$	$\frac{i}{32}$ 分点の中心角	度 分	度 分	時計廻りを正

出力データの例を示せば表-4 の如くである。

第四節

(V.) プログラム

```

begin comment Calculation for stresses on model test
Q: Number of measuring points
R: Sign that indicate whether calculate moments and thrusts or not
E: Young's modulus of model material
NU: Poisson's ratio of model material
N: Scale
G: Specific weight of load
A1[K,I,J]: Gauge sign and strains
A2[I,J]: Pressure own weight stress, thickness, area, moment of inertia,
and distance from upstream face to the center of gravity;
integer Q,R,N,I,J,K,L,M;
real E,NU,G;
Integer array A1[1:2,1:4,1:50],TH1[1:2,1:2,1:50],TH2[1:2,1:2,1:50];
array A2[1:7,1:50],B[1:2,1:8,1:50],TH[1:2,1:2,1:50],CF[1:6,1:50];
READ(Q,R,E,NU,N,G);
for K=1 step 1 until 2 do for I=1 step 1 until 4 do
for J=1 step 1 until 2 do READ(A1[K,I,J]);
for L=1 step 1 until 7 do for J=1 step 1 until Q do
READ(A2[I,J]);
for K=1 step 1 until 2 do
begin SPACE(45);
if K=1 then PRINT("UPSTREAMFACE"); else PRINT("DOWNSTREAMFACE");
CRLF(2); SPACE(16); PRINT("HYDROSTATIC"); SPACE(1); PRINT("LOAD");
SPACE(1); PRINT("AND"); SPACE(1); PRINT("SILT"); SPACE(1);
PRINT("LOAD"); SPACE(1); PRINT("ONLY"); SPACE(30); PRINT("OWN");
SPACE(1); PRINT("WEIGHT"); SPACE(1); PRINT("ADDED"); CRLF(1);
SPACE(5); PRINT("I"); SPACE(4); PRINT("(SIGMA)H"); SPACE(3);
PRINT("(SIGMA)V"); SPACE(5); PRINT("(TAU)"); SPACE(4);
PRINT("(SIGMA)1"); SPACE(3); PRINT("(SIGMA)2"); SPACE(5);
PRINT("(TH)"); SPACE(6); PRINT("(SIGMA)V"); SPACE(3);
PRINT("(SIGMA)1"); SPACE(3); PRINT("(SIGMA)2"); SPACE(5);
PRINT("(TH)"); CRLF(1);
for J=1 step 1 until Q do
begin B[K,1,J]=E*FLOAT(N)*(FLOAT(A1[K,2,J])+NU*FLOAT(A1[K,3,J]))*0.000001/(G*(1.0-NU+2))
+FLOAT(2-K)*A2[I,J]*NU/(1.0-NU)*0.1;
B[K,2,J]=E*FLOAT(N*A1[K,1,J])*FLOAT(2*A1[K,4,J]-(A1[K,2,J]+A1[K,3,J]))*0.000001/(G*2.0*(1.0-NU));
for L=1 step 1 until 2 do
begin B[K,3,L,J]=E*FLOAT(N)*(FLOAT(A1[K,3,J])+NU*FLOAT(A1[K,2,J]))*0.000001/(G*(1.0-NU+2))
+FLOAT(2-K)*A2[I,J]*NU/(1.0-NU)*0.1+FLOAT(L-1)*A2[I+K,J];
for M=1 step 1 until 2 do B[K,3*L+M,J]=0.5*(B[K,1,J]+B[K,3*L,J])-(1.0-M)*SQRT(0.5*(B[K,1,J]-
B[K,3*L,J]))^2+B[K,2,J]^2);
if B[K,1,J]=B[K,3*L,J] then
TH[K,L,J]=0.78539816*FLOAT(SIGN(B[K,2,J]));
if B[K,1,J]-B[K,3*L,J]>0.0 then
TH[K,L,J]=0.5*ARCTAN(2.0*B[K,2,J]/(B[K,1,J]-B[K,3*L,J]));
if B[K,1,J]-B[K,3*L,J]<0.0 then
TH[K,L,J]=0.5*ARCTAN(2.0*B[K,2,J]/(B[K,1,J]-B[K,3*L,J]))
+1.57079633*FLOAT(SIGN(B[K,2,J]));
TH1[K,L,J]=FIX(TH[K,L,J]*57.29577957);
TH2[K,L,J]=FIX(ABS(TH[K,L,J]*57.29577957)-FLOAT(TH1[K,L,J]))*60.0;
end;
SPACE(2); PRINT(2,J); SPACE(2); PRINT(3-2,B[K,1,J]); SPACE(2);

```

```

PRINT(3-2,B(K,3,J)); SPACE(2); PRINT(3-2,B(K,2,J)); SPACE(2);
PRINT(3-2,B(K,4,J)); SPACE(2); PRINT(3-2,B(K,5,J)); SPACE(2);
PRINT(2,TH1(K,1,J)); PRINT(2,TH2(K,1,J)); SPACE(2);
PRINT(3-2,B(K,6,J)); SPACE(2); PRINT(3-2,B(K,7,J)); SPACE(2);
PRINT(3-2,B(K,8,J)); SPACE(2); PRINT(2,TH1(K,2,J)); PRINT(2,TH2(K,2,J)); CRLF(1);
end; CRLF(56-Q);
end;
if R>Q then
begin SPACE(5); PRINT('I'); SPACE(10); PRINT('HA'); SPACE(11);
PRINT('MA'); SPACE(11); PRINT('HC'); SPACE(11); PRINT('MC');
SPACE(11); PRINT('SH'); SPACE(11); PRINT('TW'); CRLF(1);
for J=1 step 1 until Q do
begin C[1,J]=5-3*A2[4,J]*(B[1,1,J]-B[2,1,J]);
C[2,J]=5-0*(A2[4,J]*2)-(B[1,1,J]-B[2,1,J])/6-0;
C[3,J]=10-0*A2[5,J]*(B[1,3,J]-(A2[4,J]-A2[7,J])+B[2,3,J]*A2[7,J])/
A2[4,J];
C[4,J]=10-0*A2[5,J]*(B[1,3,J]-B[2,3,J])/A2[4,J];
C[5,J]=(-10-0)*A2[5,J]*(B[1,2,J]-(A2[4,J]-A2[7,J])+B[2,2,J]*A2[7,J])/
A2[4,J];
C[6,J]=(-10-3)*A2[6,J]*(B[1,2,J]-B[2,2,J])/A2[4,J];
SPACE(5); PRINT(2,J);
for K=1 step 1 until 6 do
begin SPACE(2); PRINT(6-1,C(K,J));
end; CRLF(1);
end;
end;
end;

```

54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80

TM
TM

1

第三章 測定値の整理および応力計算

第一節 測定値の整理

一般に歪測定は載荷時の測定と除荷時の測定とを数回反復して行なう。従って載荷時の測定値と除荷時の測定値との差を求め、これらの測定値のうち、おかしい値は棄却検定により棄却し平均値を求める必要がある。

この計算は極めて単純なので手計算の方が簡単であるが、将来測定値がテープで出力されるような測定器が入るので、これらの計算に対しプログラムを作製した。

棄却検定には3シグマー法とレンジによる方法と二つあるが、ここでは3シグマー法によることにした。

(I) 入力データー

計算式の記号	プログラムの記号	説 明	単 位	整数,実数	備 考
P	P	測 定 点 数		<i>integer</i>	< 200
Q	Q	測 定 回 数		<i>integer</i>	< 15
E	E	測定歪の許容誤差	10^{-6}	<i>integer</i>	
x_i	$A[1, I, J]$	載荷時の測定歪	10^{-6}	<i>integer</i>	
x_i	$A[2, I, J]$	除荷時の測定歪	10^{-6}	<i>integer</i>	

(II) 入力データーシート

表—5 測定歪平均値計算入力データーシート

P Q E

$I \backslash J$	1		2		3		4		5		6	
	載荷時	除荷時	載荷時	除荷時	載荷時	除荷時	載荷時	除荷時	載荷時	除荷時	載荷時	除荷時
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												

表 — 6

J	MEAN VALUE	V	1	2	3	4	5	6	7
1	32.3	52.2							
2	18.7	18.2							
3	5.7	28.9							
4	36.2	72.3							
5	0.4	109.0							
6	12.7	41.1							
7	-12.9	71.7							
8	15.5	44.2							
9	-22.6	63.0							
10	13.3	68.0							
11	6.5	35.0							
12	26.6	57.7							
13	-15.8	33.2							
14	32.4	56.9							
15	4.2	45.6							
16	2.3	27.2							
17	-6.1	19.7							
18	-2.0	20.0							
19	-17.2	48.4							
20	8.2	50.9							

1 MIN 0

(II) 計算式

$$x = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q (x_i - x_0 x_1) \quad \dots\dots\dots (3.1.1)$$

$$V = \sqrt{\frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q \{x - (x_i - x_0 x_1)\}^2 / (Q-1)} \quad \dots\dots\dots (3.1.2)$$

$$|(x_i - x_0 x_1) - x| > 3V \quad \text{または} \quad |(x_i - x_0 x_1) - x| > E \quad \dots\dots\dots (3.1.3)$$

の時そのデータは棄却し、残ったデータで再び平均値および標準偏差を求め、(棄却したデータ数だけ Q の値を小さくして (3.1.1), (3.1.2), (3.1.3) の操作を繰り返す) 棄却されるデータがなくなるまで反復し、その時の平均値と標準偏差と棄却されたデータを出力する。

尚、棄却されたデータ数が測定回数の6割以上になったとき *NO MEAN VALUE* と出力する。

(IV) 出力データ

計算式の記号	出力の記号	プログラムの記号	説 明	単位 荷号
x	<i>MEAN VALUE</i>	<i>MX</i>	平 均 値	10^{-6}
V	V	V	標 準 偏 差	10^{-6}
		$C(N)$	棄却されたデータ	10^{-6}

出力データの例を示せば表-6の如くである。

(V) プログラム

CO3033

```

begin
  integer I,J,K,L,M,N,P,Q,E,S;
  real ME,R,V;
  integer array A[1:15,1:2,1:100],B[1:15],C[1:15];

  READ(P,Q,E);
  for I=1 step 1 until Q do
    for K=1 step 1 until 2 do
      for J=1 step 1 until P do
        READ(A[I,K,J]);
      for I=1 step 1 until Q do
        for J=1 step 1 until P do
          A[I,1,J]=A[I,1,J]-A[I,2,J];
        PRINT('*****J*****MEAN*VALUE***V*');
      for K=1 step 1 until Q do
        begin
          SPACE(3); PRINT(2,K);
        end;
        CRLF(1);
      for J=1 step 1 until P do
        begin
          L=Q;
          for I=1 step 1 until Q do B[I]=0;
          L1: S=0; R=0.0; ME=Q; N=0;
          for I=1 step 1 until Q do
            begin
              if B[I]=0 then S=S+A[I,1,J];
            end;
            ME=FLOAT(S)/FLOAT(L);
            for I=1 step 1 until Q do
              begin
                if B[I]=0 then R=R+(ME-FLOAT(A[I,1,J]))^2;
              end;
            V=SQRT(R/FLOAT(L-1));
            for I=1 step 1 until Q do
              begin
                if ABS(ME-FLOAT(A[I,1,J]))>3.0*V*ABS(ME-FLOAT(A[I,1,J]))
                  >FLOAT(E) then
                  begin
                    M=M-1; N=N+1; B[I]=1; C[I]=A[I,1,J];
                  end else
                  begin
                    if B[I]≠0 then B[I]=0;
                  end;
                end;
              if L≠M then
                begin
                  L=M; go to L1;
                end;
            SPACE(3); PRINT(3,J);
            if N>FIX(0.6*FLOAT(Q)) then
              begin
                SPACE(10); PRINT('NO*MEAN*VALUE'); CRLF(1);
              end else
              begin
                SPACE(1); PRINT(4.1,ME); SPACE(1); PRINT(3.1,V);
                for K=1 step 1 until N do
                  begin
                    RSPACE(1); PRINT(4,C[K]);
                  end;
                CRLF(1);
              end;
            if (J=50 V J=100) V J=150 then R CRLF(9);
          end;
        end;

```

第一節

〔V〕 プログラム

C03033

```

begin comment Calculation for mean value of measuring strain 1
P: Number of measuring point (<200)
Q: Number of data of one point (<15)
  A[I,K,J]: Observed data in order of before-P
            points and after-P points for every Q cycles,
E: Allowable error in measured strain;

integer I,J,K,L,M,N,P,Q,E,S;
real ME,R,V;
integer array A[1:15,1:2,1:200],B[1:15],C[1:15];

READ(P,Q,E);
for I=1 step 1 until Q do
  for K=1 step 1 until 2 do
    for J=1 step 1 until P do
      READ(A[I,K,J]);
    for I=1 step 1 until Q do
      for J=1 step 1 until P do
        A[I,1,J]=A[I,1,J]-A[I,2,J];
      PRINT('*****J***MEAN#VALUE##V**');
      for K=1 step 1 until Q do
        begin
          PRINT('4B-ZDB',K);
        end;
      PRINT('/');
      for J=1 step 1 until P do
        begin
          L=Q;
          for I=1 step 1 until Q do B[I]=0;
          L:=S:=R:=0.0; M:=Q; N:=0;
          for I=1 step 1 until Q do
            begin
              if B[I]=0 then S:=S+A[I,1,J];
            end;
          ME:=FLOAT(S)/FLOAT(L);
          for I=1 step 1 until Q do
            begin
              if B[I]=0 then R:=(ME-FLOAT(A[I,1,J]))+2;
            end;
          V:=SQRT(R/FLOAT(L-1));
          for I=1 step 1 until Q do
            begin
              if ABS(ME-FLOAT(A[I,1,J]))>3.0*V*ABS(ME-FLOAT(A[I,1,J]))
                >FLOAT(E) then
                begin
                  M=M-1; N=N+1; B[I]=1; C[N]=A[I,1,J];
                end else

```

TM

```

begin
  if BIII=0 then BIII=0;
end;

end;

if L=M then
begin
  L=M; go to L1;
end;

PRINT('4B-2ZDB'.J);
if N>FIX(0.6*FLOAT(Q)) then
begin
  PRINT('10B'NO'B'MEAN'B'VALUE'/');
end else
begin
  PRINT('2B-3ZD-02B,B-2ZD.DB'.ME,V);
  for K=1 step 1 until N do
  begin
    PRINT('2B-3ZDB'.C(K));
  end;
  PRINT('/');
end;
if (J=50 v J=100) v J=150 then PRINT('9/');
end;
end;

```

49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72

TM

1

第二節 応力計算

さて測定歪の整理が終了するとこれらの測定値から応力計算が行なわれる。

この計算は測定に用いた歪計が45度づつ傾いたロセットゲージを用いて測定したものととしてプログラムが作成されている。

計算では実物での鉛直、水平応力、剪断応力、主応力、主応力の方向、自重加算後の鉛直応力、自重加算後の主応力の方向、水平、鉛直スラスト、水平鉛直軸の周りのモーメント、捩れモーメント接線方向剪断力が計算される。

(1) 入力データ

計算式の記号	プログラムの記号	説 明	単 位	整数・実数	備 考
Q	Q	測定点数		integer	<50
	R	モーメント・スラストの計算を行なうか否かの記号 モーメント・スラストの計算を行なうとき+1 (アーチダムの本体模型実験) モーメント・スラストの計算を行わないとき-1 (岩盤模型実験等)		integer	
E	E	模型の弾性係数	Kg/cm^2	real	
μ	ν	Poisson 比		real	
n	N	縮 尺		integer	
G	G	荷重の比重		real	
		ゲージの貼方に対する記号 斜方向のゲージが右岸上方を向いているとき+1 斜方向のゲージが左岸上方を向いているとき-1 即ち上流面からみたとき $\nearrow$ は+1 $\searrow$ は-1 下流面からみたとき $\swarrow$ は+1 $\nwarrow$ は-1		integer	
ϵ_R	$A1(K, 2, J)$	水平方向歪	10^{-6}	integer	
ϵ_V	$A1(K, 3, J)$	鉛直方向歪	10^{-6}	integer	
ϵ_D	$A1(K, 4, J)$	斜 方 向 歪	10^{-6}	integer	
p	$A1(1, J)$	測定点における水圧 (I. B. M. 半径方向調整計算の P の値の $\frac{1}{\rho}$ を用いる)	Kg/cm^2	real	
σ_w	$A2(3, J)$	自重応力 (I. B. M. 半径方向調整計算の自重応力の $\frac{1}{\rho}$ を用いる)	Kg/cm^2	real	
T	$A2(4, J)$	測定点での厚さ (I. B. M. 半径方向調整計算の T の値を用いる)	m	real	
A	$A2(5, J)$	測定点での片持梁の面積 (I. B. M. 半径方向調整計算の A の値を用いる)	m^2	real	
I	$A2(6, J)$	測定点での片持梁の断面二次モーメント (I. B. M. 半径方向調整計算の I の値を用いる)	m^4	real	
ℓ_g	$A2(7, J)$	測定点での片持梁の上流面から重心までの距離 (I. B. M. 半径方向調整計算の ℓ_g の値を用いる)	m	real	

〔Ⅱ〕 入力データシート

表-7 模型実験応力計算入力データシート

Q	R	E	μ	N	G

I	上 流 面				下 流 面			
	SN	H	V	D	SN	H	V	D
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

I	P	σ_{wu}	σ_{wd}	T	A	I	lg
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

(II) 計算式

$$\begin{aligned}\epsilon_x &= \frac{1}{E} \{ \sigma_x - \mu (\sigma_y + \sigma_z) \} = \frac{1}{E} \{ (1+\mu) \sigma_x - \mu (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \} \\ \epsilon_y &= \frac{1}{E} \{ \sigma_y - \mu (\sigma_x + \sigma_z) \} = \frac{1}{E} \{ (1+\mu) \sigma_y - \mu (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \}\end{aligned}\quad (a)$$

$$\begin{aligned}\epsilon_z &= \frac{1}{E} \{ \sigma_z - \mu (\sigma_x + \sigma_y) \} = \frac{1}{E} \{ (1+\mu) \sigma_z - \mu (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \} \\ e &= \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z \quad \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = s \quad \text{とおくと} \\ e &= \frac{1}{E} \{ (1+\mu) s - 3\mu s \} = \frac{1-2\mu}{E} s\end{aligned}\quad (b)$$

$$\epsilon_x = \frac{1+\mu}{E} \sigma_x - \frac{\mu}{E} s = \frac{1+\mu}{E} \sigma_x - \frac{\mu}{1-2\mu} e \quad (c)$$

$$\begin{aligned}\therefore \sigma_x &= \frac{E}{1+\mu} \left\{ \epsilon_x + \frac{\mu}{1-2\mu} e \right\} \\ \sigma_y &= \frac{E}{1+\mu} \left\{ \epsilon_y + \frac{\mu}{1-2\mu} e \right\}\end{aligned}\quad (d)$$

$$\sigma_z = \frac{E}{1+\mu} \left\{ \epsilon_z + \frac{\mu}{1-2\mu} e \right\}$$

さてダムの模型実験の場合に x 軸を接線方向 (H) に Z 軸を鉛直方向 (V) に y 軸を上下流方向にとると, σ_y はダムの表面に作用する圧力に等しい (上流面で p , 下流面で o)
これを p とおくと (c) より

$$\epsilon_y = \frac{1+\mu}{E} p - \frac{\mu}{1-2\mu} e = \frac{1+\mu}{E} p - \frac{\mu}{1-2\mu} (\epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z)$$

$$\epsilon_y = \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{(1-\mu)E} p - \frac{\mu}{1-\mu} (\epsilon_x + \epsilon_z)$$

$$e = \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{(1-\mu)E} p + \frac{1-2\mu}{1-\mu} (\epsilon_x + \epsilon_z)$$

$$\begin{aligned}\therefore \sigma_x &= \frac{E}{1+\mu} \left\{ \epsilon_x + \left[\frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{(1-\mu)E} p + \frac{1-2\mu}{1-\mu} (\epsilon_x + \epsilon_z) \right] \frac{\mu}{1-2\mu} \right\} \\ &= \frac{E}{1+\mu} \left\{ \epsilon_x + \frac{\mu}{1-\mu} (\epsilon_x + \epsilon_z) \right\} + \frac{\mu}{1-\mu} p = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_x + \mu \epsilon_z) + \frac{\mu}{1-\mu} p\end{aligned}$$

$$\sigma_z = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_z + \mu \epsilon_x) + \frac{\mu}{1-\mu} p$$

x を H に z を V に書きかえれば

$$\sigma_H = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_H + \mu \epsilon_V) + \frac{\mu}{1-\mu} p$$

$$\sigma_V = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_V + \mu \epsilon_H) + \frac{\mu}{1-\mu} p \quad (e)$$

$$\tau_{HV} = \frac{E}{2(1+\mu)} \gamma_{HV}$$

これらはいずれも模型の応力である。相似律から模型と実物との応力の間には

$$\sigma_p = \frac{N}{G} \sigma_m \quad (f)$$

なる関係があるから

$$\sigma_H = \frac{N \cdot E}{G(1-\mu^2)} (\epsilon_H + \mu \epsilon_V) + \frac{\mu}{1-\mu} P \quad \dots\dots\dots (3.2.1)$$

$$\sigma_V = \frac{N \cdot E}{G(1-\mu^2)} \quad \dots\dots\dots (3.2.2)$$

$$\tau_{HV} = \frac{N \cdot E}{2(H\mu)} \tau_{HV} \quad (g)$$

となる。さて(g)の τ_{HV} は測定された値ではない。そこでこれと ϵ_H , ϵ_V 或は斜方向の歪との関係を求める必要がある。

H 軸と 45° 方向の歪を ϵ_D とし、 135° 方向の歪を ϵ'_D とすると

$$\epsilon_D = \frac{1}{2} (\epsilon_H + \epsilon_V + \tau_{HV}) \quad (h)$$

$$\epsilon'_D = \frac{1}{2} (\epsilon_H + \epsilon_V - \tau_{HV})$$

なる関係がある。

$$\therefore \tau_{HV} = 2\epsilon_D - (\epsilon_H + \epsilon_V) \quad (i)$$

$$\tau_{HV} = \epsilon_H + \epsilon_V - 2\epsilon'_D$$

$$\therefore \tau_{HV} = \frac{N \cdot E}{2(1+\mu)} (2\epsilon_D - \epsilon_H - \epsilon_V) \quad \dots\dots\dots (3.2.3)$$

$$\text{or } \tau_{HV} = \frac{N \cdot E}{2(1+\mu)} (\epsilon_H + \epsilon_V - 2\epsilon'_D)$$

自重を加算した時の鉛直応力は

$$\sigma_{WV} = \sigma_V + \sigma_W \quad \dots\dots\dots (3.2.4)$$

次に主応力を求める。応力の変換則から H 軸と θ なる角の方向の応力は

$$\sigma = \sigma_H \cos^2 \theta + \sigma_V \sin^2 \theta + 2\tau_{HV} \sin \theta \cdot \cos \theta$$

$$\tau = \sigma_H \cos \theta \cdot \sin \theta + \sigma_V \sin \theta \cdot \cos \theta + \tau_{HV} (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)$$

σ が極値をとる方向の θ は

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \theta} = 2(\sigma_V - \sigma_H) \sin \theta \cdot \cos \theta + 2\tau_{HV} (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) = 0$$

となる方向である。即ちこの方向では τ は0となる。

$$(\sigma_V - \sigma_H) \sin 2\theta + 2\tau_{HV} \cdot \cos 2\theta = 0$$

$$\therefore \tan 2\theta = \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V}$$

$$\therefore \theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V}$$

$$\sec^2 2\theta = 1 + \tan^2 2\theta = \frac{(\sigma_H - \sigma_V)^2 + 4\tau_{HV}^2}{(\sigma_H - \sigma_V)^2} \quad (j)$$

$$\begin{aligned}\therefore \cos 2\theta &= \frac{\pm(\sigma_H - \sigma_V)}{\sqrt{(\sigma_H - \sigma_V)^2 + 4\tau_{HV}^2}} & \sin 2\theta &= \frac{\pm 2\tau_{HV}}{\sqrt{(\sigma_H - \sigma_V)^2 + 4\tau_{HV}^2}} \\ \cos 2\theta &= \cos^2 \theta - \sin^2 \theta = 2\cos^2 \theta - 1 = 1 - 2\sin^2 \theta \\ \therefore \cos^2 \theta &= \frac{1}{2}(1 + \cos 2\theta) & \sin^2 \theta &= \frac{1}{2}(1 - \cos 2\theta) \\ \therefore \sigma &= \frac{1}{2} \left(\sigma_H \left(1 \pm \frac{\sigma_H - \sigma_V}{\sqrt{(\sigma_H - \sigma_V)^2 + 4\tau_{HV}^2}} \right) + \sigma_V \left(1 \pm \frac{\sigma_H - \sigma_V}{\sqrt{(\sigma_H - \sigma_V)^2 + 4\tau_{HV}^2}} \right) \right) \\ &\quad + \tau_{HV} \frac{\pm 2\tau_{HV}}{\sqrt{(\sigma_H - \sigma_V)^2 + 4\tau_{HV}^2}} = \frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_V) \pm \frac{1}{2} \frac{(\sigma_H - \sigma_V)^2 + 4\tau_{HV}^2}{\sqrt{(\sigma_H - \sigma_V)^2 + 4\tau_{HV}^2}}\end{aligned}$$

即ち

$$\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_V) \pm \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_H - \sigma_V)^2 + \tau_{HV}^2} \quad (k)$$

となる。これから

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_V) + \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_H - \sigma_V)^2 + \tau_{HV}^2} \quad \dots\dots\dots (3.2.5)$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_V) - \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_H - \sigma_V)^2 + \tau_{HV}^2} \quad \dots\dots\dots (3.2.6)$$

$$\sigma_{1W} = \frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_{WV}) + \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_H - \sigma_{WV})^2 + \tau_{HV}^2} \quad \dots\dots\dots (3.2.7)$$

$$\sigma_{2W} = \frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_{WV}) - \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_H - \sigma_{WV})^2 + \tau_{HV}^2} \quad \dots\dots\dots (3.2.8)$$

次に第1主応力の方向を求める。今 $\tan^{-1} \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V}$ は -90° から $+90^\circ$ までの間の値をとるとする。即ち $-45^\circ < \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V} < 45^\circ$

(i) $\sigma_H > \sigma_V$ の時 (自重加算の時は $\sigma_H > \sigma_{WV}$)

第1主応力は V 軸よりも H 軸に近い所にある筈である。

故に $-45^\circ < \theta < 45^\circ$ でなければならぬ。

$$\text{故に } \theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V} \quad \dots\dots\dots (3.2.9)$$

(ii) $\sigma_H < \sigma_V$ (自重加算の時は $\sigma_H < \sigma_{WV}$) で $\tau_{HV} > 0$ の時

第1主応力 H 軸よりも V 軸に近い所にある筈である。

故に $90^\circ > \theta > 45^\circ$ 又は $-45^\circ > \theta > -90^\circ$ でなければならぬ。

$$\text{また } 0 > \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V} > -45^\circ$$

$$\therefore \theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V} + 90^\circ \quad \dots\dots\dots (3.2.10)$$

(iii) $\sigma_H < \sigma_V$ で $\tau_{HV} < 0$ の時前と同様に

$$90^\circ > \theta > 45^\circ \text{ 又は } -45^\circ > \theta > -90^\circ$$

$$\text{また } 0 < \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V} < 45^\circ$$

$$\therefore \theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{HV}}{\sigma_H - \sigma_V} - 90^\circ \quad \dots\dots\dots (3.2.11)$$

次にアーチのモーメント・スラスト，片持梁のモーメント・スラスト，振れモーメント
接線方向せん断力を求める。

$$\sigma_{Ha} = \frac{H_a}{T} + \frac{6 M_a}{T^2}$$

$$\sigma_{Ha} = \frac{H_a}{T} - \frac{6 M_a}{T^2}$$

$$\therefore H_a = \frac{T}{2} (\sigma_{Ha} + \sigma_{Ha}) \quad \dots\dots\dots (3.2.12)$$

$$M_a = \frac{T^2}{12} (\sigma_{Ha} - \sigma_{Ha}) \quad \dots\dots\dots (3.2.13)$$

$$\sigma_{Va} = \frac{H_c}{A} + \frac{M_c}{I} \ell g$$

$$\sigma_{Va} = \frac{H_c}{A} - \frac{M_c}{I} (T - \ell g)$$

$$\therefore H_c = \frac{A}{T} (\sigma_{Va} (T - \ell g) + \sigma_{Va} \ell g) \quad \dots\dots\dots (3.2.14)$$

$$M_c = \frac{I}{T} (\sigma_{Va} - \sigma_{Va}) \quad \dots\dots\dots (3.2.15)$$

$$\tau_a = -\frac{V_c}{A} - \frac{M}{I} \ell g$$

$$\tau_a = \frac{V_c}{A} + \frac{M}{I} (T - \ell g)$$

$$\therefore V_c = \frac{A}{T} (\tau_a (T - \ell g) + \tau_a \ell g) \quad \dots\dots\dots (3.2.16)$$

$$M = \frac{I}{T} (\tau_a - \tau_a) \quad \dots\dots\dots (3.2.17)$$

(3.2.1) ~ (3.2.11) について計算し，更に (3.2.12) ~ (3.2.17) については
 $R = +1$ のときに計算する。

表 8

UPSTREAMFACE

HYDROSTATIC LOAD AND SILT LOAD ONLY						OWN WEIGHT ADDED						
	(SIGMA)H	(SIGMA)V	(TAU)	(SIGMA)1	(SIGMA)2	(TH)		(SIGMA)V	(SIGMA)1	(SIGMA)2	(TH)	
1	10.75	1.23	2.26	11.26	0.72	12	42	4.15	11.45	3.45	17	12
2	13.91	2.05	3.43	14.83	1.13	15	2	4.58	15.04	3.46	18	10
3	21.24	3.14	2.50	21.58	2.81	7	42	5.26	21.62	4.88	8	40
4	28.50	3.85	1.72	28.62	3.73	3	57	5.51	28.63	5.38	4	14
5	34.50	3.92	1.25	34.56	3.87	2	20	5.22	34.56	5.16	2	26
6	45.27	1.58	0.94	45.29	1.56	1	13	1.90	45.29	1.88	1	14
7	47.22	1.97	0.16	47.22	1.97	0	11	1.96	47.22	1.96	0	11
8	47.22	3.85	-1.09	47.25	3.82	-1	26	3.78	47.25	3.75	-1	26
9	42.70	5.56	-1.09	42.73	5.53	-1	40	6.16	42.73	6.13	-1	42
10	38.33	4.31	-0.78	38.35	4.30	-1	18	5.37	38.35	5.35	-1	21
11	33.72	3.77	-1.25	33.78	3.72	-2	22	5.24	33.78	5.18	-2	30
12	26.86	3.14	-1.56	26.96	3.04	-3	44	5.02	26.97	4.91	-4	3
13	22.41	5.25	-0.16	22.41	5.25	-0	31	7.49	22.41	7.49	-0	35
14	21.92	2.57	0.31	21.92	2.56	0	55	11.39	21.93	11.38	1	41
15	23.09	0.93	2.03	23.27	0.75	5	11	8.55	23.36	8.27	7	47
16	30.58	0.93	1.09	30.62	0.89	2	6	6.99	30.63	6.94	2	38
17	35.57	1.55	0.47	35.58	1.55	0	47	6.05	35.58	6.04	0	54
18	42.67	5.22	0.00	42.67	5.22	0	0	4.57	42.67	4.57	0	0
19	44.93	5.30	0.00	44.93	5.30	0	0	2.88	44.93	2.88	0	0
20	43.37	4.99	-0.47	43.38	4.98	-0	41	2.21	43.38	2.20	-0	39
21	30.11	-1.41	-1.40	30.17	-1.47	-2	32	-0.53	30.17	-0.59	-2	37
22	23.87	1.09	-1.72	24.00	0.96	-4	17	4.33	24.02	4.19	-4	59
23	16.30	4.44	-2.50	16.80	3.94	-11	25	9.40	17.11	8.59	-17	56
24	10.92	11.23	-1.09	12.18	9.97	-49	4	17.60	17.77	10.74	-80	56
25	14.57	1.15	1.09	14.66	1.06	4	37	14.83	15.80	13.60	48	19
26	20.42	2.32	0.94	20.47	2.27	2	57	14.55	20.57	14.41	8	50
27	23.86	2.64	0.94	23.90	2.59	2	31	13.10	23.94	13.02	4	56
28	44.37	5.99	-0.47	44.38	5.98	-0	41	7.82	44.38	7.81	-0	44
29	47.73	5.91	0.16	47.73	5.91	0	12	3.98	47.73	3.98	0	12
30	45.07	5.76	0.00	45.07	5.76	0	0	3.03	45.07	3.03	0	0
31	32.90	4.82	-0.62	32.92	4.81	-1	16	9.25	32.92	9.23	-1	30
32	24.71	3.18	-0.78	24.74	3.15	-2	4	11.36	24.76	11.32	-3	19
33	18.78	1.52	-1.09	18.85	1.55	-3	37	12.16	18.96	11.98	-9	7
34	11.21	-0.96	-0.47	11.23	-0.98	-2	11	16.53	16.57	11.17	-85	0
35	21.90	0.05	-0.94	21.94	0.01	-2	26	16.64	22.06	16.48	-9	48
36	44.21	4.89	-0.62	44.22	4.88	-0	54	13.22	44.22	13.21	-1	9
37	48.07	5.47	0.23	48.07	5.47	0	18	7.67	48.07	7.67	0	19
38	45.07	5.44	0.78	45.08	5.42	1	7	6.19	45.08	6.17	1	8
39	25.80	4.58	1.56	25.91	4.46	4	10	15.42	26.03	15.19	8	21
40	19.24	7.39	2.50	19.75	6.88	11	25	22.39	23.77	17.87	61	6
41	13.46	-3.08	-1.72	13.64	-3.25	-5	51	22.37	22.69	13.14	-79	27
42	24.85	-2.30	-0.16	24.85	-2.30	-0	19	12.39	24.86	12.39	-0	43
43	32.50	-1.52	0.00	32.50	-1.52	0	0	6.36	32.50	6.36	0	0
44	30.70	-1.13	1.09	30.74	-1.16	1	57	7.86	30.76	7.81	2	43
45	15.96	-1.83	2.18	16.22	-2.09	6	53	18.53	19.78	14.71	60	14
46	11.27	-10.57	-2.34	11.52	-10.82	-6	2	18.76	19.43	10.60	-73	60
47	21.80	-14.08	0.47	21.81	-14.09	0	44	5.36	21.82	5.34	1	37
48	10.88	-12.52	2.03	11.06	-12.70	4	55	10.32	12.65	8.55	41	4

DOWNSTREAMFACE

HYDROSTATIC LOAD AND SILT LOAD ONLY						OWN WEIGHT ADDED						
I	(SIGMA)H	(SIGMA)V	(TAU)	(SIGMA)1	(SIGMA)2	(TH)	(SIGMA)V	(SIGMA)1	(SIGMA)2	(TH)		
1	22.43	-0.20	5.07	23.51	-1.28	12	4	0.65	23.55	-0.47	12	29
2	26.33	-2.22	1.95	26.46	-2.36	3	53	-0.93	26.47	-1.07	4	4
3	24.61	-3.32	0.70	24.63	-3.33	1	26	-1.55	24.63	-1.57	1	32
4	21.06	-4.21	0.00	21.06	-4.21	0	0	-1.94	21.06	-1.94	0	0
5	15.17	-3.71	-0.08	15.17	-3.71	-0	14	-1.02	15.17	-1.02	-0	16
6	8.31	-3.39	-0.39	8.32	-3.41	-1	54	0.33	8.33	0.31	-2	47
7	4.68	-2.81	0.31	4.69	-2.82	2	22	1.24	4.71	1.22	5	8
8	3.98	-4.45	-0.78	4.05	-4.52	-5	14	-0.33	4.12	-0.47	-9	56
9	15.60	-4.37	-0.62	15.62	-4.39	-1	47	-0.96	15.63	-0.98	-2	9
10	25.04	-3.98	0.16	25.04	-3.98	0	18	-1.11	25.04	-1.11	0	20
11	34.87	-3.51	0.47	34.88	-3.52	0	41	-1.14	34.88	-1.15	0	44
12	26.88	-3.24	-3.98	27.39	-3.75	-7	24	-1.38	27.43	-1.93	-7	51
13	15.13	0.78	-7.18	18.11	-2.19	-22	30	2.16	18.32	-1.02	-23	57
14	30.66	-7.72	1.72	30.74	-7.80	2	33	-7.64	30.74	-7.72	2	33
15	28.01	-9.75	1.40	28.06	-9.80	2	7	-8.17	28.06	-8.22	2	13
16	25.39	-11.59	1.01	25.42	-11.61	1	34	-8.12	25.42	-8.15	1	43
17	23.48	-10.84	0.16	23.48	-10.84	0	15	-5.54	23.48	-5.54	0	18
18	17.94	-7.65	-0.62	17.96	-7.66	-1	23	3.41	17.97	3.39	-2	27
19	17.44	-4.56	-0.23	17.44	-4.57	-0	36	8.27	17.44	8.27	-1	27
20	17.94	-3.90	0.62	17.96	-3.92	1	38	9.29	17.99	9.25	4	6
21	23.72	-8.74	-0.94	23.74	-8.76	-1	39	0.45	23.75	0.41	-2	18
22	27.93	-8.27	-1.25	27.97	-8.31	-1	58	-1.90	27.98	-1.95	-2	23
23	32.18	-5.73	-1.79	32.27	-5.82	-2	42	-1.45	32.28	-1.54	-3	2
24	35.89	-2.18	-1.87	35.98	-2.28	-2	48	0.35	35.98	0.25	-3	0
25	47.00	0.04	4.91	47.51	-0.47	5	54	-0.91	47.50	-1.41	5	47
26	38.62	-3.51	4.52	39.10	-3.99	6	3	-2.40	39.11	-2.89	6	13
27	31.40	-6.83	5.23	32.10	-7.53	7	38	-3.34	32.17	-4.11	8	22
28	19.74	-8.97	1.40	19.81	-9.04	2	47	4.97	19.87	4.84	5	23
29	17.87	-9.91	0.00	17.87	-9.91	0	0	7.90	17.87	7.90	0	0
30	18.65	-10.69	-0.16	18.65	-10.69	-0	18	7.90	18.65	7.90	-0	49
31	26.17	-11.43	-2.89	26.39	-11.65	-4	21	-1.07	26.48	-1.37	-5	58
32	30.31	-7.61	-5.54	31.10	-8.40	-8	8	-1.86	31.24	-2.79	-9	30
33	40.57	2.50	-7.33	41.93	1.13	-10	32	5.33	42.03	3.86	-11	17
34	16.38	-2.34	6.24	18.27	-4.23	16	50	-4.05	18.14	-5.80	15	42
35	10.10	-4.72	3.82	11.03	-5.65	13	38	-4.69	11.03	-5.62	13	40
36	1.72	-12.01	0.62	1.74	-12.04	2	35	-0.01	1.92	-0.21	17	57
37	-0.78	-17.01	-0.16	-0.78	-17.01	-0	33	1.74	1.75	-0.79	-86	28
38	1.01	-17.40	-0.78	1.05	-17.43	-2	25	2.75	3.05	0.71	-69	1
39	19.70	-8.23	-4.29	20.34	-8.87	-8	32	-0.51	20.57	-1.38	-11	30
40	27.89	-0.98	-8.19	30.05	-3.14	-14	47	1.44	30.22	-0.89	-15	53
41	32.96	2.85	7.57	34.76	1.05	13	20	-0.73	34.58	-2.35	12	5
42	16.50	-6.44	1.95	16.66	-6.60	4	49	3.85	16.77	3.56	8	34
43	15.33	-8.54	0.08	15.33	-8.54	0	11	9.30	15.33	9.30	0	44
44	15.80	-8.07	-2.11	15.98	-8.26	-5	0	9.09	16.40	8.48	-16	3
45	23.09	4.99	-9.05	26.84	1.24	-22	30	5.63	26.94	1.78	-23	0
46	2.03	4.52	9.99	13.34	-6.79	48	33	-0.11	11.00	-9.08	41	57
47	-14.04	4.68	-0.31	4.69	-14.05	-89	2	13.96	13.96	-14.05	-89	21
48	7.02	5.15	-7.49	13.63	-1.46	-41	26	5.04	13.59	-1.52	-41	14

I	RA	MA	HC	MC	SH	TU
1	1023.1	-370.2	32.0	44.9	-224.2	88.4
2	1198.1	-367.1	-4.5	125.8	-159.9	-43.6
3	1320.4	-93.2	-4.0	178.3	-92.3	-49.5
4	1384.0	193.2	-9.2	209.8	-48.2	-44.7
5	1357.2	480.9	7.0	190.5	-32.3	-33.1
6	1412.9	856.8	-47.5	116.3	-14.7	-31.0
7	1368.4	985.7	-21.5	112.3	-12.5	3.7
8	1349.9	1001.9	-14.7	194.8	50.1	7.3
9	1565.3	651.1	33.4	240.3	46.5	11.3
10	1782.3	350.3	10.6	219.7	17.8	24.8
11	2034.9	-33.7	8.7	214.1	23.5	50.5
12	1701.8	-0.6	-1.9	213.2	175.0	-80.8
13	1280.4	282.1	205.9	172.7	247.9	-271.3
14	2979.7	-936.1	-277.9	1071.8	-111.0	146.2
15	2653.3	-442.3	-445.0	944.1	-175.6	-55.2
16	2665.8	391.9	-498.8	940.5	-99.8	-5.9
17	2630.7	799.6	-455.7	821.7	-31.1	-20.7
18	2376.3	1266.8	-93.2	673.9	24.8	-32.7
19	2437.9	1400.4	34.0	522.2	9.4	-12.4
20	2396.7	1295.1	48.0	471.5	-5.9	57.9
21	2259.5	375.5	-430.8	437.7	100.1	28.0
22	2446.1	-302.0	-337.9	700.9	141.3	35.1
23	2573.3	-1491.5	-63.1	954.3	227.8	65.8
24	2824.3	-3031.0	548.4	1608.3	176.2	-93.5
25	5422.3	-8383.3	100.8	271.3	-492.8	931.1
26	4536.6	-3580.9	-80.6	1107.3	-400.4	681.1
27	3785.8	-1180.7	-272.5	1454.4	-410.7	659.6
28	3372.8	2272.8	-152.0	1420.8	-49.5	177.8
29	3399.0	2673.0	-206.4	1501.7	-8.7	-14.8
30	3302.0	2365.7	-258.5	1568.2	8.5	-14.9
31	3558.6	814.0	-392.8	2001.7	213.7	-278.7
32	3953.9	-963.1	-305.2	1850.7	447.6	-816.4
33	4984.3	-5121.0	336.2	-200.7	681.5	-1430.9
34	3449.0	-2694.9	-367.8	646.8	-627.1	3147.3
35	3417.4	4483.7	-452.9	1693.2	-275.0	1688.4
36	3125.2	6559.1	-476.0	2672.8	1.6	197.4
37	3052.3	6783.8	-766.0	3353.4	-6.0	-58.2
38	2974.3	6117.5	-803.1	3439.5	-2.4	-235.0
39	3813.0	1427.9	-284.9	3011.0	219.6	-1375.5
40	4949.1	-3177.4	669.4	2946.8	545.9	-3766.8
41	6360.1	-12198.5	-57.6	-3165.2	-640.5	4960.7
42	3458.2	1947.2	-731.0	976.5	-147.4	496.8
43	3695.7	3417.0	-826.5	1516.4	-6.3	16.8
44	3594.1	2968.2	-746.3	1476.6	77.4	-679.7
45	4686.2	-3423.7	331.2	-3092.7	733.6	-5094.0
46	1762.1	5408.7	-810.2	-6706.4	-654.1	5475.1
47	698.4	9678.2	-1094.3	-5583.0	-21.8	-232.1
48	2282.5	2091.3	-1110.8	-8663.5	529.6	-4665.8

(VI) 出力

計算式の記号	出力の記号	プログラムの記号	説 明	単 位	荷 号
σ_H	(SIGMA)A	B(K, 2, J)	水平応力	Kg/cm ²	圧縮が正
σ_V	(SIGMA)V	B(K, 3+L, J)	鉛直応力	Kg/cm ²	圧縮が正
τ_{HV}	(TAU)	B(K, 2, J)	剪断応力	Kg/cm ²	上流面からみたとき が正 下流面からみたとき が正
σ_1	(SIGMA)1	B(K, 3+L+1, J)	第 1 主応力	Kg/cm ²	圧縮が正
σ_2	(SIGMA)2	B(K, 3+L+2, J)	第 2 主応力	Kg/cm ²	圧縮が正
θ	(TH)	TH(K, L, J)	第 1 主応力の方向	度 分	上流面からみたとき水平軸より が正 下流面からみたとき水平軸より が正
H_s	HA	C(1, J)	アーチスラスト	t/m	圧縮を正
M_s	MA	C(2, J)	アーチ曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
H_c	HC	C(3, J)	片持梁の鉛直力	t/m	圧縮を正
M_c	MC	C(4, J)	片持梁の曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
V	SH	C(5, J)	接線方向剪断力	t/m	右岸向を正
M	TW	C(6, J)	捩れモーメント	t	上からみて を正

なお出力データの例は表—8の如くである。

第二節

[V] プログラム

```

begin procedure CQ302;
  comment Calculation for the shapes of loading apparatus for model test on arch dam 2.
  RM: Indication to variation of rading,
  T: Indication to variable thickness,
  H: Depth of hydrostatic pressure(m),
  HS: Depth of silt pressure(m),
  RS: Specific weight of silt,
  CE: Coefficient of earth pressure,
  N: Scale,
  T1(I): Thickness of each layer,
  P(I): Ratio of pressure of each layer,
  T1(I): Thickness of steel plate, rubber tube and cover of each layer(Cm),
  N1: Number of classes of formulas for shapes(<10),
  EL1(I): E1 for shapes,
  B1(L,M,I): Shapes of crown,
  B2(K,L,M,I): Shapes of abutment;
  Integer I,J,K,L,M,N,N1;
  real RM,T,H,HS,RS,CE,KE,PR,P1,P2,P3,P4,R1,K1,K2,K3,K4,EL3,TH1;
  Integer array PH1(0:32),PH2(0:32);
  array P(0:10),T1(1:10),TH(1:10),EL1(0:10),B1(1:5,1:5,1:10),B2(1:2,1:3,1:5,1:10),
  Z(1:10),PH(0:32),W(1:2,1:2),V1(1:10),V2(1:10),R(1:2,0:10),B3(1:5,0:10),B4(1:2,1:3,0:10),EL2(1:
101;
  procedure READI(A1,A2,MA);
    value A1,A2: Integer A1,A2;
    array MA;
    begin
      Integer I;
      for I=A1 step 1 until A2 do
        READ(MA(I));
      end;
    end;
  procedure PRO2(RA,RM,P1,P2,S1,K1);
    value RA,RM,P1,P2,S1: Integer S1;
    real RA,RM,P1,P2,K1;
    begin
      Integer Q; K1=0.0;
      for Q=0 step 1 until S1 do
        K1=K1+((SIN(P2+2.0*FLOAT(Q)*P1/64.0))*COS(2.0*FLOAT(Q)*P1/64.0))*RM
        +4.0*(SIN(P2+(2.0*FLOAT(Q)+1.0)*P1/64.0))*COS((2.0*FLOAT(Q)+1.0)*P1/64.0))*RM
        +(SIN(P2+2.0*FLOAT(Q+1)*P1/64.0))*COS(2.0*FLOAT(Q+1)*P1/64.0))*RM)*RA/P1/192.0;
      end;
    end;
  procedure PRO3(RA,RM,P1,P2,S1,K1);
    value RA,RM,P1,P2,S1: Integer S1;
    real RA,RM,P1,P2,K1;
    begin
      Integer Q; K1=0.0;
      for Q=0 step 1 until S1 do
        K1=K1+((COS(P2+2.0*FLOAT(Q)*P1/64.0))*COS(2.0*FLOAT(Q)*P1/64.0))*RM
        +4.0*(COS(P2+(2.0*FLOAT(Q)+1.0)*P1/64.0))*COS((2.0*FLOAT(Q)+1.0)*P1/64.0))*RM
        +(COS(P2+2.0*FLOAT(Q+1)*P1/64.0))*COS(2.0*FLOAT(Q+1)*P1/64.0))*RM)*RA/P1/192.0;
      end;
    end;
  end;

```

```

end;
READ(RM,T,H,HS,RS,CE,N,N1,EL3); READI(1,10,P); READI(1,10,T1); READI(1,10,TH); READI(0,N1,EL1);
for L=1 step 1 until 5 do
  for M=1 step 1 until 5 do
    for I=1 step 1 until N1 do
      READ(B1(L,M,I));
    for K=1 step 1 until 2 do
      for L=1 step 1 until 3 do
        for M=1 step 1 until 5 do
          for I=1 step 1 until N1 do
            READ(B2(K,L,M,I));
          Z(10)=0.0;
          for I=9 step -1 until 0 do
            Z(I)=Z(I+1)+TH(I+1)*0.01*FLOAT(N);
            V2(0)=0.0;
            for I=1 step 1 until 10 do
              begin
                if Z(I)>HS then V1(I)=0.5*(H-Z(I))^2 else V1(I)=0.5*((H-Z(I))^2+((HS-Z(I))*RS*CE)^2);
                V2(I)=V2(I-1)+P(I)*(Z(I-1)-Z(I)-0.02*T1(I)*FLOAT(N));
              end;
            KE=V1(10)/V2(10);
            for I=1 step 1 until 10 do
              V2(I)=KE*V2(I);
              PR=KE*PI(10)*0.1/FLOAT(N);
              SPACE(52); PRINT('P='); PRINT(1.5,PR); PRINT('KG/CM2'); CRLF(1);
              SPACE(5);
              for I=1 step 1 until 10 do
                begin
                  SPACE(6); PRINT(2,I);
                end;
              CRLF(1); PRINT('PROTOTYPE');
              for I=1 step 1 until 10 do
                PRINT(5-2,V1(I)); CRLF(1); PRINT('MODEL'); SPACE(4);
              for I=1 step 1 until 10 do
                PRINT(5-2,V2(I)); CRLF(2);
              for I=0 step 1 until 10 do
                begin
                  J=1; EL2(1,I)=EL3+Z(I);
                  EL2(2,I)=Z(I)*100.0/FLOAT(N); Z(I)=Z(I)+EL3-EL1(0);
                  L2:
                  if EL2(1,I)-EL1(J)>0.01 then begin J=J+1; go to L2; end;
                  for L=1 step 1 until 5 do
                    B3(L,I)=B1(L,1,J)*(Z(I)^4)+B1(L,2,J)*(Z(I)^3)+B1(L,3,J)*(Z(I)^2)+B1(L,4,J)*Z(I)+B1(L,5,J);
                    for K=1 step 1 until 2 do
                      for L=1 step 1 until 3 do
                        B4(K,L,I)=B2(K,L,1,J)*(Z(I)^4)+B2(K,L,2,J)*(Z(I)^3)+B2(K,L,3,J)*(Z(I)^2)
                          +B2(K,L,4,J)*Z(I)+B2(K,L,5,J);
                        P1=B4(1,3,I); P2=B4(2,3,I); PR02(1-0.8M,P1,0-0.31,K1);
                        PR02(1-0.8M,P2,0-0.31,K2); PR03(1-0.8M,P1,0-0.31,K3);
                        PR03(1-0.8M,P2,0-0.31,K4);
                        R(1,I)=B3(1,I)/(SQRT((K1-K2)^2+(K3-K4)^2)); R(2,I)=R(1,I)*100.0/FLOAT(N);
                      end;
                    SPACE(50); PRINT('RADIUS*AT*CROWN'); CRLF(1);

```

53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105

```

for I=0 step 1 until 10 do
begin
    SPACE(5); PRINT(2,I);
end;
CRLF(1); PRINT('PROTOTYPE');
for I=0 step 1 until 10 do
    PRINT(4.2,R1,I); CRLF(1); PRINT('MODEL'); SPACE(4);
for I=0 step 1 until 10 do PRINT(4.2,R2,I); CRLF(50);
for I=0 step 1 until 10 do
begin
for K=1 step 1 until 2 do
begin
    SPACE(50);
    if K=1 then PRINT('LEFT') else PRINT('RIGHT'); CRLF(1);
    SPACE(20); PRINT('PROTOTYPE'); SPACE(36); PRINT('MODEL'); CRLF(1);
    SPACE(18); PRINT('EL'); PRINT(4.2,EL2(1,I)); PRINT('M'); SPACE(34);
    PRINT('EL'); PRINT(4.2,EL2(2,I)); PRINT('CM'); CRLF(1);
    SPACE(3); PRINT('I'); SPACE(10); PRINT('PHI'); SPACE(10); PRINT('UX');
    SPACE(10); PRINT('UY'); SPACE(12); PRINT('PHI'); SPACE(10);
    PRINT('UX'); SPACE(10); PRINT('UY'); CRLF(1);
    for J=0 step 1 until 32 do
        begin PH1(J)=B4(K,3,I)+FLOAT(J)/32.0;
        if J=0 then
            begin K1=0.0; K2=0.0;
            end else
            begin
                P1=B4(K,3,I); P2=B3(5,I); R1=R1,I;
                PRO2(R1,RM,P1,P2,J-1,K1); PRO3(R1,RM,P1,P2,J-1,K2);
            end;
            if (PH1(J)-B4(K,2,I))*((-1.0)?K)<0.0 then
            begin
                if T>0.0 then
                    THI=B3(2,I)+(B4(K,1,I)-B3(2,I))*((1.0-COS(PH1(J)-B4(K,2,I)))/(1.0-COS(B4(K,3,I)-B4(K,2,I))) else
                    THI=(B3(2,I)-B4(K,1,I)*COS(B4(K,2,I)))+(B4(K,1,I)-B3(2,I))*COS(B4(K,3,I)-B4(K,2,I))/
                    COS(PH1(J)-B4(K,2,I))/(1.0-COS(B4(K,3,I)-B4(K,2,I)))
                end else
                    THI=B3(2,I);
                W(1,I)=B3(5,I)+K1-0.5*THI+COS(PH1(J)+B3(5,I));
                W(1,2)=B3(4,I)+K2+0.5*THI+SIN(PH1(J)+B3(5,I));
                for L=1 step 1 until 2 do
                    W(2,L)=W(1,L)*100.0/FLOAT(N);
                PH1(J)=FIX(PH1(J)+57.29577957);
                PH2(J)=FIX(ABS((PH1(J)+57.29577957)-FLOAT(PH1(J)))*60.0);
                PRINT(2,J); SPACE(3); PRINT(3,PH1(J)); PRINT(2,PH2(J)); SPACE(3);
                PRINT(3-2,W(1,I)); SPACE(3); PRINT(3-2,W(1,2)); SPACE(3); PRINT(3,PH1(J));
                PRINT(2,PH2(J)); SPACE(3); PRINT(3-2,W(2,I)); SPACE(3); PRINT(3-2,W(2,2)); CRLF(1);
            end; CRLF(24);
        end;
    end;
end;

```

TH

TM