

重力ダムの標準設計

—プログラム取り扱い説明書—

昭和51年3月

建設省土木研究所

ま え が き

重力ダムは、通常2次元設計法が採用され、次の条件に対して安全であるように設計されなければならない。

1. 上流端にはダムの上流面に直角な鉛直面内の引張応力を生じないこと。
2. せん断に対して安全であること。
3. 許容圧縮応力および許容引張応力を越えないこと。

ここで1, 3は応力解析法にどのような方法を用いるかにもよるものであるが、これには剛体梁理論が慣用され、ダム設計基準の上記の条件もこの方法によるものと解釈されている。この場合、岩盤の内部は問題とされずダム堤体もしくは基礎岩盤との接触面に対する検討となる。

一方2は、せん断外力の総計とせん断抵抗の総計とから、マクロなせん断破壊に対する安全性を検討するものであり、応力を算出して、許容せん断応力のチェックは通常行なわなくてもよいとされていた。

しかしながら、最近良好なダムサイトが少なくなり、強度変形性の異なる岩盤の組合せからなる基礎岩盤上にも、重力ダムが数多く築造せざるを得ない現状にある。この場合には応力集中あるいは脆弱な岩盤の局所的な破壊をチェックできないため、2のせん断破壊に対してマクロな安全性のチェックのみでは不十分で、岩盤の応力と破壊の關係に照らし合わせた安全の確認もまた必要となる。これは既に点安全率（または局所安全率）の考え方としてオーソライズされ、ダム設計基準の改訂でも織り込まれることになっている。

2のせん断に対する安全性はコンクリートより弱いと思われる岩盤でチェックすれば充分で、コンクリートの方は強度を配合でカバーできるため、問題となることはない。従って、岩盤の強度、変形性が不均一な岩盤である時以外は、点安全率の検討が不要のため、個々のサイドでの特殊性は少なくなり剛体梁理論に基づく標準的な設計が可能になる。そこで筆者は剛体梁理論に基づく重力ダムの設計を省力化するために、標準設計のためのプログラムを作成した。本報告は、その内容と取り扱い方法についてまとめたものである。

作成したプログラムでは、荷重条件と基礎岩盤の強度定数を与えた場合に次の各設計ケースを取り扱い得る。

- ① 所要の安全性を満足し、最経済断面の設計
- ② フィレットのつく標高を指定した場合の経済断面の設計
- ③ フィレットの勾配を指定した場合の経済断面の設計
- ④ 断面を与えた場合の縁応力とせん断安全率の算定

1度に多くの設計ケースを取り扱う場合、設計を短時間で行ないたい場合等に本プログラムは有効と思われる。

重力ダムの標準設計

— プログラム取り扱い説明書 —

ダム構造研究室 水野光章

依光春実

まえがき

1. 標準設計の可能なダム	1
2. 標準設計の計算式	
2.1 考慮する荷重	5
2.2 上流端に引張応力を生じない条件を満足する断面の設計	11
2.3 セン断摩擦安全率 $F_s \geq 4$ の条件を満足する断面の設計	14
3. 標準設計のプログラミング	
3.1 計算手順とプログラムの内容	17
3.2 岩盤のせん断強度が2つ以上からなる場合の取り扱い	19
3.3 荷重状態が異なる場合の取り扱い	19
4. 入力データ作成法, 出力データの説明	
4.1 入力データ作成法	21
4.2 出力データの説明	23
附録 1. プログラムリスト	32
2. フローチャート	52
3. 計算式	53

1. 標準設計の可能なダム

一般に重力ダムは、ダム内部の作用応力が小さいため、アーチダムのように形状を仮定して応力解析を行ない、安全率を見込んだ製作可能なコンクリートの強度と対比させ、不可なる場合は、再度設計案の修正といったトライアルの過程を踏む必要はなく必要となる設計条件を満たす経済的な断面を求める作業として容易に求め得る。

重力ダムの設計は、通常二次元設計が行なわれる。このためダムの座取り等最適設計を行なうには、無論平面的な抜がりの状態が問題となるのであるが、狭義の意味では、与えられた条件の中で最も経済的となる断面の上、下流面勾配を決定することに他ならない。従ってダム軸の設定等、平面的な位置の設定作業を除けば、標準設計が可能となるのである。

従って、ここで言う標準設計とは、二次元断面の上下流勾配を決定することを指すものである。

しかしながら従来に比して、基礎岩盤が劣悪な地点にもダムを築造せざるを得なくなると、ダム堤体それ自身の安定の条件よりもむしろ、基礎岩盤の安定の条件（例えば、ダムの基盤が破壊しないためには、ダムと基礎との接触面積を大きく取り岩盤への作用応力度を小さくすることが行なわれる）から、ダムの断面の設計が決まって来る場合も多い。基礎岩盤が劣悪なサイトでは、その劣悪な度合も異なるし、個々のサイトで各々特殊な条件を有することになるために、標準設計は困難となる。

どのような場合に標準設計が可能か更に詳しく述べよう。

現行のダム設計基準では、重力ダムは以下の設計条件に安定となるように設計するものとしている。

1. 上流端には、ダムの上流面に直角な鉛直面内の引張応力を生じないこと。
2. せん断に対して安全であること。
3. 許容圧縮応力および許容引張応力を越えないこと。

ここで3の条件は、1、2の条件で決まる設計断面を用いる限り、150m程度のダムまで、ダムコンクリート示方書に規定せる最小単位セメント量（現行では $140\text{Kg}/\text{m}^3$ ）を用い硬練りのコンクリート（水セメント比50～70%）を用いる限り、問題となるものではない。

1の条件は、慣用されている剛体梁理論による限り基礎の条件とは独立しているものであるから個々のサイトで違いは生じない。このため標準設計は可能となる。

個々のサイトで特殊な条件が入るために標準設計が厳密な意味で不可能になるのは、2の条件に対してである。

この場合、せん断に対して安全であることは、堤体部（コンクリート部分）基礎岩盤部に対して要求される。コンクリート部分については、まがきでも述べた通り、劣悪基礎岩盤上のダムでは、岩盤より強度が大きいことが一般で、コンクリートより強い場合には、劣悪とは言わないと理解し

てもよい。ともかく岩盤よりコンクリートが強いと言うことは、コンクリートと岩盤との接触面、もしくは岩盤内部で問題となる。いま、せん断強さが 300 t/m^2 あるようなコンクリートでは、 120 m 位のダムであれば設計条件の1で求まる断面で自動的に2の条件は満足する。図1-1は設計条件1（ミドルサードの条件）で決まる断面を用いた場合に設計条件2を自動的に満足するには、コンクリートもしくは岩盤のせん断強さがどれだけ必要かを整理したものであり、ダムの高さとはほぼ比例することがわかる。

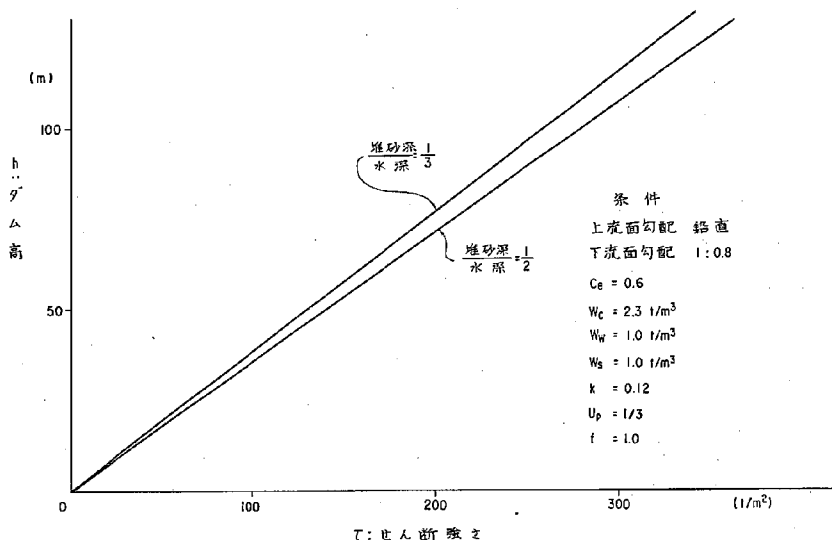


図1-1 ダム高と岩盤の所要せん断強度
(断面をMiddle Thirdの条件より求めた場合)

ダムの高さが高くなった場合には、必要なせん断強さをコンクリート部分については、配合によっていかようにも処理できるが岩盤についてはあるがままの強度で安全であるように堤体側の設計でカバーしなければならない。無論岩盤を改良して強度を高めるという方法もあるが、この方法では、改良が可能なのは実際には極く一部であり、全体が悪い場合については、堤体部の設計でカバーするのが基本であろう。

さて、設計基準に言う設計条件の2のせん断に対して安全であることは通常次の様に取り扱われる。

堤体と基礎岩盤との接触面、および基礎岩盤内の弱点と考えられる面のせん断摩擦抵抗力は、せん断に対して必要な安全率を有するものでなければならない。その安全率 F_s は、

$$F_s = \frac{\tau_0 \ell + f \Sigma V}{\Sigma H} \dots\dots\dots (1)$$

で算定され、 $F_s \geq 4$ でなければならないとしている。この式は通常 Henny の式と呼ばれるものである。

ここで

F_s : セン断摩擦安全率

f : 内部摩擦係数

$\Sigma V, \Sigma H$: 単位巾当りのセン断面に作用する垂直力(揚圧力を含む)および水平力(地震力を含む)

τ_0 : セン断強度(岩盤とコンクリートおよびその接触面のうち小さい値)

ℓ : セン断面の長さ

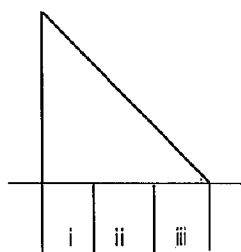
このセン断に対する安全性の検討で個々のサイトで条件が異なる点があるとすれば、 τ_0 と f である。しかし、ここで規定する極限安全率は、 τ_0 と f を与えさえすればよいわけで標準設計は可能になる。

この τ_0 と f に定値が与えられるということは、サイトの基礎岩盤がその τ_0 と f とで与えられる均一な岩盤であると理解できるが、そのような場合には、標準設計が可能となるわけである。

一方、最近の基礎岩盤が悪くなって来た状況下では、この Henny の式による極限安全率のみでは不十分で、岩盤に強弱があり、変形性の異なるものの組み合わせからなる場合には、部分的に岩盤が破壊することが指摘されている。^{*}

この考え方は、点安全率の考え方で、不均一な岩盤の上にダムを築造する場合には不可欠の考え方とされている。この理論によれば、均一な岩盤の上にダムを築造した場合においても、セン断に対する安全率を 4 にとして設計した場合ダム堤趾付近では点安全率は 2 程度しかない。このことは、強度、変形性の異なる岩盤の組み合わせからなる場合には、部分的に点安全率が極度に小さくなることを示唆するものであり、事実そうになっている例が多い。

従って、そのようなサイトの場合は、岩盤内部の応力迄検討する必要がある、剛体梁理論に基づく標準設計は不可能となる。点安全率の思想のない以前では、通常岩盤にいくつかのゾーン分けを行ない



$$F_s = \frac{\Sigma \tau_i \ell_i + \Sigma f_i V_i}{H} \dots\dots\dots (2)$$

といったかたちで極限安全率を求めていたが、これは τ_i, f_i に大きな差がない時にのみ適用されるべきであり、極度に τ_i, f_i あるいは弾性係数が異なる場合には、この方法以外に岩盤内部の応

^{*} 飯田隆一他「ダム基礎の合理的設計法」土木研究所資料 830 号

力解析を行ない，点安全率の検討を行なって設計断面の検討を行なう必要がある。従ってこの標準設計で対象としないダムは，

- ① 極度に変形性，強度の異なる岩盤の組み合わせからなるサイト
- ② 岩盤内部に断層等の弱層があり，その部分の破壊安全率から設計断面が決定する場合となる。

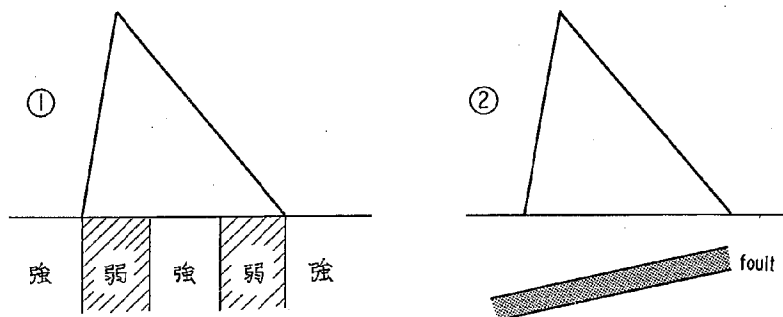


図 1 - 2 標準設計で取り扱い得ない基礎岩盤

2. 標準設計の計算式

2.1 考慮する荷重

重力ダムに2次元設計法を適用する場合、通常ダム軸方向の単位巾を考え、設計断面を基本三角形で近似させる。重力ダムの断面を設計するという事は、上・下流面勾配を決定することであるから、ここでは三角形の勾配を決定することが必要となる。

重力ダムの設計法としては、この他にブロックをダム軸方向にも結んで、この方向の力の伝達を期待する3次元設計法もあるが、最近はまだ用いられないこと、また本書の目的外でもあるのでここでは省略する。

重力ダムの荷重として考慮すべきものは、次の通りである。

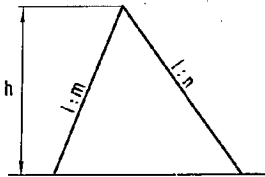
水平力：水圧、堆砂圧、動水圧、地震時自重慣性力、（氷圧）

鉛直力：上流面に作用する水重、堆砂重、堤体自重、揚圧力

次にこれらの荷重の算定式を示す。

○設計外力（水平力）

i) 静水圧 (H_w)



$$H_w = \frac{1}{2} W_w h^2$$

ここに h : 基本三角形の高さ

（風浪、地震波浪を考慮した設計水位）

W_w : 水の単位体積重量

ii) 堆砂圧 (H_s)

$$H_s = \frac{1}{2} W_s \cdot C_o \cdot h_s^2$$

h_s : 堆砂の深さ

W_s : 堆砂の水中単位体積重量

C_o : 泥圧係数

iii) 地震時自重慣性力 (H_o)

$$H_o = \frac{1}{2} (m+n) k \cdot W_o \cdot h^2$$

m : 上流面勾配

n : 下流面勾配

k : 堤体震度

W_o : コンクリートの単位体積重量

iv) 地震時動水圧

地震時動水圧は、上流面の傾き方によって異なり、上流面が鉛直に近い場合は、Westergaard の理論式を用い、傾いている場合は Zanger の実験式を用いる。ここでは、設計基準に基づいて次の様に取り扱うことにした。

設計基準に規定する動水圧の取り扱い

上流面が鉛直でない場合は、Zanger の式を用い、動水圧は上流面に垂直に作用するものとし、

$$pd = C \cdot W_w \cdot k \cdot H_o$$

$$C = \frac{C_m}{2} \left[\frac{h}{H_o} \left(2 - \frac{h}{H_o} \right) + \sqrt{\frac{h}{H_o} \left(2 - \frac{h}{H_o} \right)} \right]$$

ここで

pd : 動水圧強度

W_w : 水の単位体積重量

k : 堤体震度

H_o : 貯水池水面から基礎地盤までの水深

h : 貯水池水面から任意の点までの水深

C_m : pd が最大となるとき C の値

この動水圧の式は、Zanger の実験式である。式中の C_m はダムの上流面の鉛直に対する傾斜角 θ を用いて図 2-1 から求め得る。ある高さから上の全動水圧 P_d およびその高さから P_d の作用点までの高さ hd は、この Zanger の式を積分して、次式によって求められる。

$$P_d = \alpha \cdot \frac{C_m}{2} \cdot W_w \cdot k \cdot H_o^2 \cdot \sec \theta$$

$$hd = \beta h$$

上式中の α および β は、図 2-2 より求める。Zanger の実験式では地震によって水面に生ずる波浪は、動水圧に及ぼす影響が小さいので省略されている。

上流面が鉛直に近い場合は、Westergaard の式を用いて差支えない。

この式は理論式である。

$$pd = \frac{7}{8} W_w \cdot k \cdot \sqrt{H_o h}$$

全動水圧 P_d 、 P_d の作用点までの距離 hd は

$$P_d = \int_0^{H_o} pd \cdot dh = \frac{7}{12} W_w \cdot k \cdot H_o^2$$

$$hd = \frac{\int_0^{H_o} pd \cdot h \cdot dh}{\int_0^{H_o} pd \cdot dh} = \frac{2}{5} H_o$$

ここでの記号の意味は Zanger の式と同じである。

標準設計に於ける動水圧の取り扱い

ダムの上流面が鉛直面と傾斜面との組合せからなる場合の Zanger の式中の傾斜角 θ の値は次のように取り扱っている例がある。(設計基準の記述)

(1) ダム上流面の鉛直部分の高さがダムの高さの
 $\frac{1}{2}$ 以上の場合、上流面の全部を鉛直とみなす。

(2) ダムの上流面の鉛直部分の高さがダムの高さ
の $\frac{1}{2}$ 未満の場合は、ダムの横断面図においてその
上流面が貯水面と交わる点と基礎面と交わる点
とを結んだ直線の勾配を用いる。

設計基準の趣旨にのっとり、本標準設計では表
2-1のように取り扱うことにした。

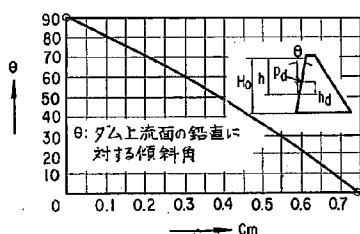
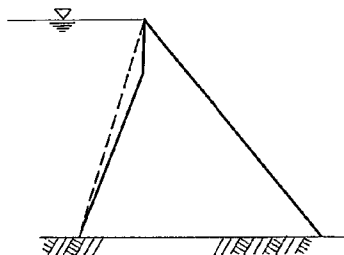


図 2-1 $\theta - C_m$ 曲線

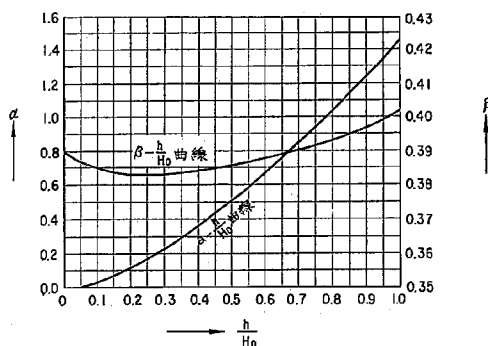


図 2-2 h/H_0 と α および β の曲線

表 2-1 標準設計における動水圧の取り扱い

Zanger の式を用いる場合	Westergaard の式を用いる場合
① 上流面勾配を鉛直以外に入力した 場合	② 上流面勾配を鉛直に入力した 場合
③ 上流面勾配 0 であってもダムの 半高以上までフィレットがつく場 合	④ フィレットのつく標高がダム の高さの半分以下の場合

④の場合をWestergaardで算出することに対して若干の疑問があるが、これはダムの半高
以下の場合、鉛直と見なして良いと考える。また次にZanger と Westergaard の各式による
差を検討してみた。

Zanger と Westergaard の式による動水圧の差異

上流面鉛直の場合にZangerの式Westergaardの式でどの程度の差異が生ずるか検討する。

Zanger

$$Pd = \alpha \cdot \frac{C_m}{2} \cdot W_w \cdot k \cdot H_o^2 \cdot \sec \theta$$

$$hd = \beta \cdot h$$

α は図 2-2 より $h/H_o = 1$ ゆえ $\alpha = 1.45$

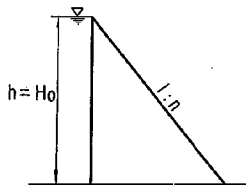
C_m は図 2-1 より $\theta = 0$ ゆえ $C_m = 0.76$

$$\sec \theta = \sec(0) = 1 \text{ ゆえ}$$

$$Pd = \alpha \cdot \frac{C_m}{2} \cdot W_w \cdot k \cdot H_o^2 \cdot \sec \theta = 1.45 \cdot \frac{0.76}{2} \cdot W_w \cdot k \cdot H_o^2 = 0.55 W_w \cdot k \cdot H_o^2$$

$$hd = \beta h = 0.402 H_o \quad (\text{図 2-2 より})$$

$$Md = Pd \cdot hd = 0.55 \cdot W_w \cdot k \cdot H_o^2 \times 0.402 \cdot H_o = 0.221 W_w \cdot k \cdot H_o^3$$



Westergaard

$$Pd = \int_0^{H_o} Pd \cdot dh = \frac{7}{12} W_w k H_o^2 = 0.583 W_w k H_o^2$$

$$hd = \frac{\int_0^{H_o} pd \cdot h \cdot dh}{\int_0^{H_o} pd \cdot dh} = \frac{2}{5} H_o = 0.4 H_o$$

$$Md = Pd \cdot hd = 0.583 W_w \cdot k \cdot H_o^2 \times 0.4 H_o = 0.233 W_w \cdot k \cdot H_o^3$$

このように Westergaard の方がわずかに大きな荷重となるが、その差は微少なので安全側を考慮して、表 2-1 の④の場合において Westergaard の式を用いるのは妥当と思われる。

○ Zanger の式による水平および鉛直荷重項

$$Pd = \alpha \cdot \frac{C_m}{2} \cdot W_w \cdot k \cdot H_o^2 \cdot \sec \theta$$

$$hd = \beta \cdot H_o$$

ゆえ、動水圧の水平成分 Pa_H は

$$Pa_H = Pd \cdot \cos \theta = \alpha \cdot \frac{C_m}{2} \cdot W_w \cdot k \cdot H_o^2 = R \cdot W_w \cdot H_o^2$$

$$h_{dH} = \beta \cdot H_o$$

動水圧の鉛直成分 Pa_V は

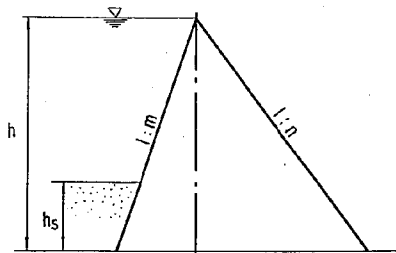
$$Pa_V = Pd \sin \theta = R \tan \theta \cdot W_w \cdot k \cdot H_o^2 \\ = R m W_w k H_o^2$$

$$h_{dV} = \beta H_o \tan \theta = \beta \cdot m \cdot H_o$$

ここで m : 上流面勾配 $R : \alpha \cdot \frac{C_m}{2}$

○ 設計外力 (鉛直力)

V) 上流面水重



$$V_w = \frac{1}{2} m \cdot W_w \cdot h^2$$

vi) 堆砂重

$$V_s = \frac{1}{2} m \cdot W_s \cdot h_s^2$$

vii) 堤体自重

$$V_c = \frac{1}{2} (m+n) W_c \cdot h^2$$

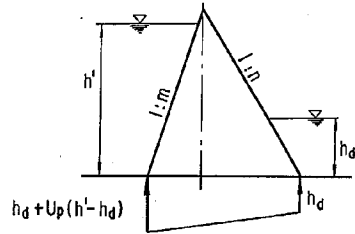
viii) 揚圧力

(1) ドレーンを有さないダム

h' : 地震波浪を考慮しない設計水位

h_d : 下流水深

h : 基本三角形の高さ(地震波浪を考慮した設計水位)



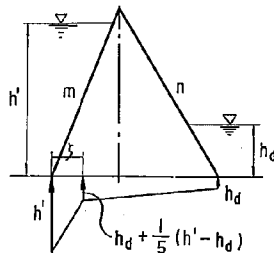
$$V_U = -\frac{1}{2} (m+n) \cdot \{U_p \cdot h' + h_d(2 - U_p)\} h$$

(2) ドレーンを有するダム

$U_p = \frac{1}{5}$ のとき

ここで

ξ : 上流端よりドレーンまでの距離



$$-V_U = \frac{1}{2} W_w \left\{ \xi \left\{ h' + h_d + \frac{1}{5} (h' - h_d) \right\} + \frac{1}{2} \{ (m+n) h - \xi \} \cdot \right.$$

$$\left. \left\{ h_d + \frac{1}{5} (h' - h_d) + h_d \right\} \right\}$$

$$= \frac{1}{10} W_w \xi (6h' + 4h_d) + \frac{1}{10} W_w \{ (m+n) h - \xi \} \cdot \{ h' + 9h_d \}$$

$$= \frac{1}{10} W_w \{ (m+n) h \cdot (h' + 9h_d) + \xi (h' - 5h_d) \}$$

$$V_U = -\frac{1}{10} W_w \left\{ (m+n) h \cdot (h' + 9h_d) - \frac{1}{2} \xi (h' - h_d) \right\}$$

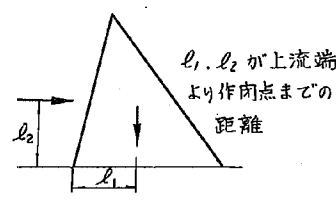
ix) 動水圧

上流面が鉛直でない場合 ($m \neq 0$) は動水圧の鉛直成分が存在する。

$$V_d = R \cdot m \cdot W_w \cdot k \cdot h'^2 \quad R = \alpha \cdot \frac{C_m}{2}$$

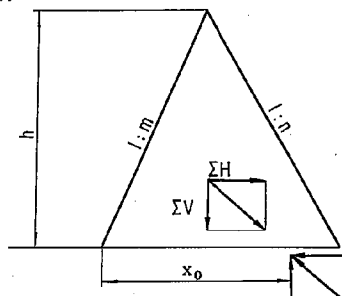
次にこれらの荷重によるモーメントを示せば表 2-2 のようになる

表 2-2 各荷重によるモーメント

荷重	記号	外 力	ℓ_1 or ℓ_2	Moment
静水圧	Hw	$\frac{1}{2} W_w \cdot h^2$	$\frac{1}{3} h$	$\frac{1}{6} W_w h^3$
堆砂圧	Hs	$\frac{1}{2} W_s \cdot C_e \cdot h_s^2$	$\frac{1}{3} h_s$	$\frac{1}{6} W_s \cdot C_e \cdot h_s^3$
地震時 慣性力	Hc	$\frac{1}{2} (m+n) W_c \cdot k \cdot h^2$	$\frac{1}{3} h$	$\frac{1}{6} (m+n) W_c \cdot k \cdot h^2$
動水圧 $m=0$	Hd	$\frac{7}{12} \cdot W_w \cdot k \cdot h'^2$	$\frac{2}{5} h'$	$\frac{7}{30} \cdot W_w \cdot k \cdot h'^3$
$m \neq 0$	Hd	$R \cdot W_w \cdot k \cdot h'^2$	$\beta h'$	$R \beta W_w \cdot k \cdot h'^3$
上流面 水重	Vw	$\frac{1}{2} m \cdot W_w \cdot h^2$	$\frac{1}{3} m h$	$\frac{1}{6} m^2 \cdot W_w \cdot h^3$
堆砂重	Vs	$\frac{1}{2} m \cdot W_s \cdot h_s^2$	$\frac{1}{3} m h_s$	$\frac{1}{6} m^2 \cdot W_s \cdot h_s^3$
自 重	Vc	$\frac{1}{2} (m+n) W_c \cdot h^2$	$\frac{2m+n}{3} h$	$\frac{1}{6} (m+n) (2m+n) W_c h^3$
揚 圧 力	Vu			
フレン無 $\xi=0$		$-\frac{1}{2} (m+n) W_w \{ U_p h' + hd$ $(2 - U_p) \} h$	*1	$-\frac{1}{6} (m+n)^2 W_w \{ 3hd + U_p (h'$ $-hd) \} h^2$
フレン有 $\xi \neq 0$		$-\frac{1}{10} W_w (m+n) h (h' + 9hd)$ $-\frac{1}{2} W_w \xi (h' - hd)$	*2	$-\frac{1}{10} \xi W_w (9hd + h') \{ (m+n) h - \xi \}$ $-\frac{1}{30} W_w \{ \{ (m+n) h - \xi \}^2 (14hd$ $+ h') + \xi^2 (8hd + 7h') \}$
動水圧鉛 直成分 $m \neq 0$	Vd	$R \cdot m \cdot W_w \cdot k \cdot h'^2$	$\beta \cdot h' \cdot m$	$R \beta m^2 \cdot W_w \cdot k \cdot h'^3$
*1 = $\frac{h(m+n)}{3} \cdot \frac{3hd + U_p(h' - hd)}{U_p(h' - hd) + 2hd}$ *2 = $\frac{\xi(9hd + h') \{ (m+n) h - \xi \} + \frac{1}{3} \{ \{ (m+n) h - \xi \}^2 \cdot (14hd + h') + \xi^2 (8hd + 7h') \}}{(m+n) h \cdot (9hd + h') + 5 \xi \cdot (h' - hd)}$  ℓ_1, ℓ_2 が上流端より作用点までの距離				

2.2 上流端に引張応力を生じない条件を満足する断面の設計

いま設計条件の1は、外力の合力が堤体水平断面Middle Thirdに入る条件と等価であるから安定の条件は



$$x_0 \leq \frac{2}{3} (m+n) h$$

$$x_0 = \frac{\sum M}{\sum V}$$

$\sum M$ = 水平、鉛直力によるモーメントの総和

となる。いま動水圧がWestergaardの式で示され、揚圧力をドレーン無し取り扱いをする場合について検討してみる。また、式の性質を解り易くするために、短期の貯水の変動を考慮しない揚圧力、動水圧についても、ここでは h' を h として取り扱うことにする。この差は微少である。また、標準設計のプログラムでは厳密に取り扱っている。

表2-2による外力およびモーメントを代入して両辺に $\frac{6}{h^3}$ を乗じて $(m+n)$ について整理すると、

$$\begin{aligned} & (m+n)^2 (W_c - W_w U_p) - (m+n) \left\{ W_c - 2W_w - 2W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^2 \right\} m + W_{ck} \\ & - \left\{ W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^3 + W_w \right\} m^2 + W_w + W_s C_e \left(\frac{hs}{h} \right)^3 + \frac{7}{5} W_{wk} \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

ここで上式を

$$A(m+n)^2 - B(m+n) - C \geq 0 \quad \text{とおくと}$$

$$m+n \geq \frac{B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A} \quad (4)$$

但し、

$$A = W_c - W_w U_p$$

$$B = \left\{ W_c - 2W_w - 2W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^2 \right\} m + W_{ck}$$

$$C = \left\{ W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^3 + W_w \right\} m^2 + W_w + W_s C_e \left(\frac{hs}{h} \right)^3 + \frac{7}{5} W_{wk}$$

簡略化して堆砂荷重と動水圧の項を除けば、

$$\begin{aligned} m+n \geq & \frac{1}{2(W_c - W_w U_p)} \left\{ (W_c - 2W_w)m + W_{ck} + (W_c^2 + 4W_w^2 - 4U_p W_w^2)m^2 \right. \\ & \left. + 2W_c(W_c - 2W_w)k \cdot m + 4W_w(W_c - W_w U_p) + W_c^2 k^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (5)$$

となる。

ここでは $m+n$ について解いたが、最経済断面を求めるということは、条件を満たす $m+n$ の最

小値を求めることに他ならない。(4)式を考察してみると、 A 、 B 、 C 等は m を除いては設計しようとするダムについては、全て既知のものである。このことは $m+n$ は m のみを変数にしていることになり、 m を決めれば $m+n$ は一義的に決ってくる。従って(4)式の

$$m+n = \frac{B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A}$$

を最少にする m を求めればよい。 $2A$ はいま定数であるので、

$$f(m) = B + \sqrt{B^2 + 4AC} = \alpha_1 m + \alpha_2 + \sqrt{(\alpha_1 m + \alpha_2)^2 + 4A(\alpha_3 m^2 + \alpha_4)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

とおく。

$$\text{ここで } \alpha_1 = W_c - 2W_w - 2W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^2$$

$$\alpha_2 = W_{ck}$$

$$\alpha_3 = W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^3 + W_w$$

$$\alpha_4 = W_w + W_s C_c \left(\frac{hs}{h} \right)^3 + \frac{7}{5} W_{wk}$$

$$A = W_c - W_w U_p$$

$$\frac{df}{dm} = \alpha_1 + \frac{\alpha_1(\alpha_1 m + \alpha_2) + 4A\alpha_3 m}{\sqrt{(\alpha_1 m + \alpha_2)^2 + 4A(\alpha_3 m^2 + \alpha_4)}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

α_2 、 α_3 、 α_4 、 A は式から見て明らかに正である。

いま、 $\alpha_1 \geq 0$ の時は、 $\frac{df}{dm}$ は $m \geq 0$ の領域については常に正である。ゆえにこの場合 f は単調増加となる。このことは m を正に取る条件では(空虚時上流向き地盤を考慮して $m < 0$ には取らない) $m = 0$ すなわち上流面鉛直の場合がもっとも経済的な断面となる。

次に $\alpha_1 < 0$ の時、例えば $m = 0$ においては

$$\frac{df}{dm} = \alpha_1 + \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\sqrt{\alpha_2^2 + 4A\alpha_4}}$$

となり

$$\frac{df}{dm} < 0$$

となる。

また、 m を充分大きくとれば $\frac{df}{dm} > 0$ となるから、 $m \geq 0$ の区間で f は極小値をとる。この m がこの場合の最経済断面を与える上流面勾配となる。この m について解くと、

$$m = \frac{-\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 + \sqrt{(\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3)^2 + (\alpha_1^2 \alpha_3 + 4A\alpha_3^2) \alpha_1^2 \alpha_4}}{\alpha_1^2 \alpha_3 + 4A\alpha_3^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

この様に上流面勾配が鉛直をとる以外に、最経済断面を与える m が存在する場合がある。この事を少し検討してみると、

$$\alpha_1 < 0 \text{ ということは、}$$

$$W_c - 2W_w - 2W_s \left(\frac{hs}{h}\right)^2 < 0$$

$$W_c = 2.3 \text{ t/m}^3, W_w = 1.0 \text{ t/m}^3, W_s = 1.0 \text{ t/m}^3$$

とすれば

$$\left(\frac{hs}{h}\right)^2 > 0.15 \quad \frac{hs}{h} > 0.387$$

であることがわかる。

すなわち堆砂深が、貯水深に比して比較的大きい場合についてこのようなことが起り得るのである。

一例として、 $hs/h = 0.50$ の場合の最経済断面を与える上流勾配 m を求めると、 $m = 0.07$ となる。しかしながらこのような場合でも、 $m = 0$ とした場合との差は小さいので、施工のやり易さを考慮すれば $m = 0$ とする設計も充分考えられるのである。図 2-3 に上流面勾配 m と上、下流面勾配の和 $m+n$ の関係を示す。

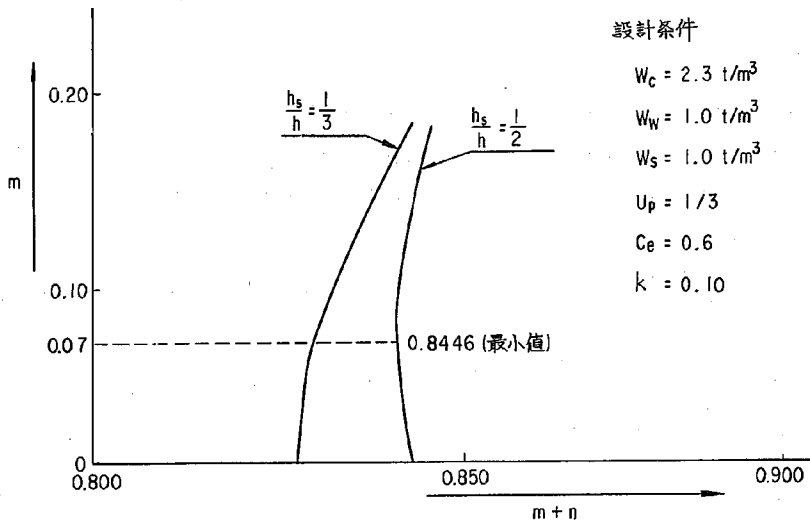


図 2-3 最経済断面を与える上流面勾配 (m) と
上下流面勾配の和 ($m+n$)

さて、上記の検討は最大断面のベース（底面）で行なったが、それより上部の断面については不明であるのでこの点について検討してみよう。(3)式で、最大断面以外で荷重項が変わり得るのは堆砂と動水圧であり、例えば、堆砂面より上ではこの荷重は 0 になる。動水圧の荷重強度は

$$pd = \frac{7}{8} W_{wk} \sqrt{H_0 h}$$

で表わされるので、この荷重項も変って来る。

(5)式は堆砂と動水圧の荷重を除いたものである。この式をみると、右辺に h の項がない。このことは2つの荷重を除いた場合には、Middle Third の条件による基本三角形断面は、ダムの高さによらないで上、下流面勾配が決定されることを示している。厳密には、前述した様に堆砂荷重、動水圧は無視できないので、ダム高が小さくなる側方片持梁では最大断面により設計される上・下流面勾配では若干安全側となるが、この差は比較的小さいので、最大断面で設計される上・下流面勾配をそのまま採用する場合が多い。

このように、基礎岩盤の強度が充分大きくて、Middle Third の条件のみによって重力ダムの断面が決定される場合は、上流面勾配を鉛直 ($m=0$) か若干ねせた場合に最も経済的な断面が得られ、しかも m を決めることによって n は(4)式により即座に決定されることがわかる。

また、既に述べたように m を決めた場合、ダム高によって所要の下流面勾配 n は厳密に異なるのであるが、その差は微小であるので n が最大となる最高断面の安定条件で決定される n を持ってして、ダムの下流面勾配とするのが一般に取られる方法である。

従って、この標準設計でも、上流面勾配を入力しダムの最高断面で得られる下流面勾配をダム全体の下流面勾配とすることにした。

2.3 セン断摩擦安全率 $F_s \geq 4$ の条件を満足する断面の設計

近年のように高いダムや基礎地盤の岩盤が弱い部分にダムが築造されるようになると、この条件より重力ダムの断面が決定される場合が多い。この場合、設計条件の項で述べたように Henny の式が用いられる。

$$F_s = \frac{\tau_0 \ell + f \Sigma V}{\Sigma H} \geq 4 \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここで ΣH , ΣV : すべり面に作用する全水平、鉛直力

τ_0 , f : ダム堤体材料または基礎岩盤の純せん断強度および内部摩擦係数

ℓ : セン断面の長さ

条件式を変形して

$$4 \Sigma H \leq \tau_0 \ell + f \cdot \Sigma V$$

両辺に表 2-2 の H および V を代入して $(m+n)$ について整理すると、

$$\begin{aligned} (m+n) \left(\frac{2\tau_0}{h} + W_{cf} - W_w U_{pf} - 4W_{ck} \right) + mf \left\{ W_w + W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^2 \right\} - \left\{ 4W_w + 4W_s C_e \right. \\ \left. \left(\frac{hs}{h} \right)^2 + \frac{14}{3} W_{wk} \right\} \geq 0 \\ \therefore m+n \geq \frac{4W_w + 4W_s C_e \left(\frac{hs}{h} \right)^2 + \frac{14}{3} W_{wk} - mf \left\{ W_w + W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^2 \right\}}{\frac{2\tau_0}{h} + W_{cf} - W_w U_{pf} - 4W_{ck}} \quad \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

簡略化して堆砂荷重と動水圧の項を省けば、

$$m+n \geq \frac{4W_w - m f W_w}{\frac{2\tau_0}{h} + W_c f - W_w U_{pf} - 4W_{ek}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

を得る。

(10)式について詳しく検討してみよう。m+nについて整理した(10)式はmの一次式になっており、mを決定すればm+nが一義的に決定されることはMiddle Thirdの条件式と全く同じである。また、mにかかる係数は、

$$-f \left\{ W_w + W_s \left(\frac{hs}{h} \right)^2 \right\}$$

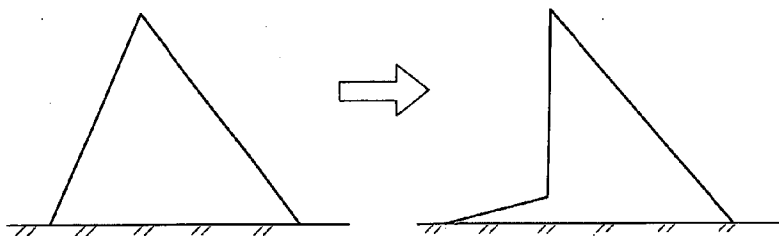
であり、この値は負の値となる。このことはm+nの値を大きくとった方が有利となることを示している。すなわち、上流面を緩勾配にする程、上流面上の水重および堆砂重が増加し安全側に働くからである。

次に、分子に含まれる $\left(\frac{hs}{h}\right)$ は単に堆砂深のダム高に対する割合であるから、この値はダム高によらない。一方、分母中で $\frac{2\tau_0}{h}$ の占める割合は大きく、ダム高hが増すにつれて $\frac{2\tau_0}{h}$ は小さくなる。すなわち、 τ_0 が一定であればダム高が増す程m+nはこの条件から大きくせざるを得ない。

Middle Thirdの条件から決まるm+nは、ダム高にはほとんど影響を受けなかった。これよりダム高が高くなる程この条件が支配的になることがわかる。逆にダム高が高くなっても、経済的な断面を維持するには、それに応じた基礎岩盤の強度が要求されるということである。この点についてはすでに1章で述べ図1-1にダム高と岩盤の所要せん断強度について示した。

さて、以上の議論は基本三角形に基づいて行なっている。Middle Thirdの条件では断面の勾配がダム高さによらないので、基本三角形を用いることは妥当なのであるが、せん断の条件に対しては、岩盤との接触面の長さの影響が大きいので、基本三角形で検討することはやや不経済ではないかという疑念をいだく、すなわち下図のような設計が可能ではないかとする意見である。

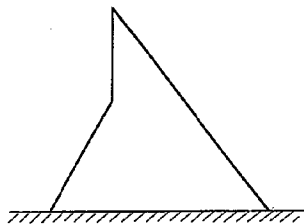
基本三角形



この設計案が妥当であれば基礎との接触面積をふやし、コンクリート体積を節約することも可能である。石井、小林は内部応力の検討から上図のような極端に緩勾配となる案は張出し部分の応力集中、施工の困難さ等の理由から不適当であると結論したが、上流面の適当な標高から適当な勾

配の張り出しをつけることによって、基本三角形より経済的な設計があり得ることを示した*。この適当な勾配としては、 $0.8 \sim 1.0$ 以下であることが必要であるとしている。

すなわちフィレットの採用である。この方法はすでに一般化された手法であり、基礎岩盤のせん



断強度が低く Middle Third の断面では、せん断の条件を満足しない場合、適当なフィレットを上流側につけることが最近では実施設計に常用されるようになっている。

従って、本標準設計においても Middle Third の条件から求まる断面では、せん断に対する安全性が確保されない場合は、フィレットを上流側につける設計を行なうこととした。このフィレットのつけ方については、色々な場合を取り扱い得るようにしたが、この詳細については次章で述べる。

* 「重力ダムのせん断摩擦」石井。小林，土木研究所報告 131 号の 3

3. 標準設計のプログラミング

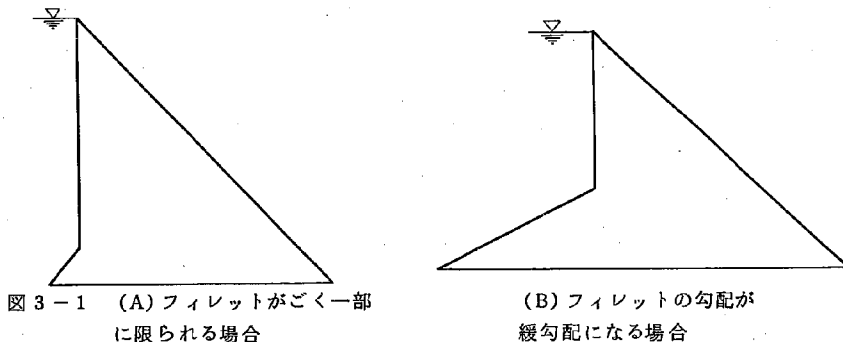
3.1 計算手順とプログラムの内容

計算手順は現行の重力ダム設計手順に従い次のように行なう。

- ① Middle Third の条件から下流面勾配を決定する。この時、上流面勾配は入力しなければならない。
- ② 入力された岩盤の強度定数に対して、①で決定される断面がせん断条件を満足するかいなか検討する。満足しない時は、ダム高に対して1m毎に検討して行き、フィレットを必要とするダムの標高を算出する。
- ③ ②で求めた標高よりフィレットをつけるものとし、ダムの最大(高)断面で必要となるフィレットの大きさ(これは、フィレットのつく標高とフィレットの勾配で規定される)を決定する。

以上で、下流面形状、上流面形状が決定される。ここで決定された断面は最も経済的な断面であるが、いくつかのダムの設計施工上適当でない点がある。それらは次の2点である。

- ④ フィレットのつく位置がダムの高さのごく一部に限られ、フィレットのつく位置をもっと高い標高とするか、上流面勾配でカバーした方が適切となる場合(図3-1(A)参照)。
- ⑤ フィレットの勾配が緩くなり、施工上困難であったり、応力分布上問題が出て来る場合。(図3-1(B)参照)



- ④、⑤の問題を解決するには、
- ④ フィレットのつく標高を指定してフィレットの大きさを決める
- ⑤ フィレットの勾配を指定してフィレットの大きさを決める

ことが可能でなければならない。作成したプログラムではこの設計も可能になっている。しかし、このプログラムを用いて設計を行なう者が、④や⑤の判断を事前に行なうことがどのようにしたら出来るであろうか。この点について述べる。

④の小さなフィレットになることは次の様にして予想できる。すなわち、すでに述べた図1-1に示したダム高と岩盤の所要せん断強度の関係からどの程度せん断強度が不足するかで知ることができる。

例として、ダム高90m、基礎のせん断強さ $\tau_0 = 230 \text{ t/m}^2$ 、 $f = 1$ で表わされる場合を考えてみよう。この基礎のせん断強さでフィレットを必要としないダム高は、図1-1より約 $(\frac{\text{堆砂深}}{\text{水深}} = \frac{1}{5} \text{ の場合})$ 85mであることがわかる。この場合5mのフィレットをつけることは、ダムの安定感のうえでも好ましいものではない。従って、コンクリート体積で若干損であるが、ダムの形状は基本三角形とし、上流面勾配で対処するのが自然の考え方であろう。このため、プログラムは任意の標高でフィレットのつく位置を指定できるようにした。

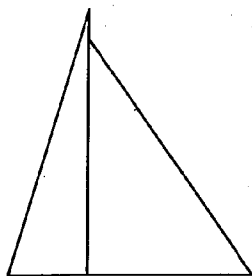
次に、⑥のフィレットの勾配が緩くなることであるが、施工の方からの型枠セットが困難になる勾配は1割程度と言われている。またフィレット部分の応力集中の問題から決まる限界勾配は、石井、小林によって8分程度とされている。このプログラムでは、この点も考慮できるようにした。すなわち、最緩勾配の指定をすることができる。この指定を行なって計算された勾配が指定されたものより緩くなった場合は、フィレット勾配を指定された最緩勾配に直して、フィレット標高を算出するようになっている。

それ以外にプログラムでは与えられた断面に対して、せん断安全率と縁応力を算出するプロセダも入っている。これを用いて設計断面が設計条件を満たすかいないかを知ることができる。

このプログラムで取り扱える設計ケースをまとめると次の様になる。

- (1) フィレットの形状(標高、勾配)を指定しないで、岩盤の強度から決まるフィレットの形状を算出するケース。
- (2) フィレットをつける標高を指定して、フィレットの形状を算出するケース。
- (3) フィレットの勾配を指定して、フィレットの形状を算出するケース。
- (4) 設計断面を入力して、せん断安全率と縁応力を算出するケース。

(1)~(3)はいずれの場合も最緩フィレット勾配を指定できる。最緩フィレット勾配の指定に違反する場合は、最緩フィレット勾配に修正した形状を算出するようになっている。(2)、(3)の場合、指定



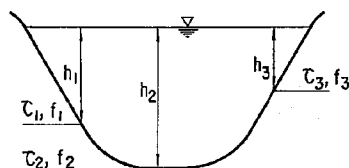
した標高なり勾配なりでは、フィレットのつく標高が岩盤の強度から決まるフィレットの標高よりも下に来る場合が生じ、(2)、(3)の標高や勾配の指定が不適当な指定となる場合があり得る。このような事態が生じた場合には、いずれの場合も(1)のケースに読みかえて形状を算出するようになっている。しかし、標高あるいは勾配を指定する場合は、事前に先に述べた検討を行なって、指定が無意味にならないように注意する必要がある。

次に岩盤の強度が極端に小さい場合は、最緩勾配のフィレットを持

ってしても、前図のような状態でしか設計が成立しない場合がある。本プログラムは、このような場合はMiddle Third断面にフィレットをつけるという設計手法では設計できないものと考え、“設計不能”とoutputすることにしている。

3.2 岩盤のせん断強度が2つ以上からなる場合の取り扱い

ダムサイトの岩盤が右図のように2つ以上の強度定数を持っている場合の取り扱いについて示す。この場合も図1-1が事前に設計断面の概略を想定する場合の有力な武器になる。すなわち、 τ_1 、 f_1 あるいは τ_3 、 f_3 で表される岩盤の強度と、この強度で表わされる部分の最大高さ、 h_1 と h_3 から図1-1に基づいてフィレ



ットが必要か否か判定する。そして明らかにMiddle Thirdの条件のみで断面が決定される場合は、これらの強度定数での断面の検討は不要となる。すなわち、最高断面の h_2 で表わされる部分の設計を行なうだけで充分である。これはすでに述べたようにMiddle Thirdによって決定される下流面勾配は、ダム高によって殆んど差を生じないという理由によるものである。

次に、 τ_1 、 f_1 と h_1 の組み合わせでフィレットが必要となる場合については、この断面での検討も必要となる。そして最高断面で得た断面と組み合わせで最終形状を決定しなければならない。この際、本プログラムがフィレットのつく標高を指定できる計算が可能であるということは、有力な武器となる。

3.3 荷重状態が異なる場合の取り扱い

一般にダムが最も大きな荷重を受けると予想される場合は、次の2つの場合である。

- ① 常時満水位の状態に貯水池がある時に、地震力が作用する場合。
- ② 洪水時満水位もしくは、設計洪水流量が余水吐を流下している時に地震力が作用した場合。

設計基準では、各々の場合に採用すべき水圧と地震力の大きさを次の様に規定している。

表 3-1 地震時静水圧と動水圧を組み合わせる際の計算に用いる水位および堤体の震度の値

貯水池水位の状態	水 圧		計算に用いる堤体の震度の値
	静水圧の場合	動水圧の場合	
常時満水位	常時満水位＋風波高 ＋ $\frac{1}{2}$ 地震波高	常時満水位	ダムの種類により決まる堤体震度
サーチャージ水位	サーチャージ水位＋風波高＋ $\frac{1}{2}$ 地震波高	サーチャージ水位	ダムの種類により決まる堤体震度の $\frac{1}{2}$

表中の静水圧を水深に直したものを基本三角形の高さに採っている。動水圧、揚圧力は、貯水池水位の一時的な変動を受けないものとしているので、これらの値の算出は波浪および地震波浪を考慮しなくてよいことに注意を必要とする。

さて、上に述べたどちらの荷重条件が支配的であるかによって、設計断面は決まるわけであるが、常時満水位と洪水満水位との間に大きな差がないときは、地震力の大きい常時満水位状態にある場合で設計断面が決まるのがほとんどである。従ってこの場合は、常時満水位で設計断面を求めればよい。

次にどちらの荷重状態が支配的か不明な場合には、両者を併行して断面を求め、得られた設計断面を検討することにより、両者の荷重条件を満足する真の設計断面を得ることができる。

4. 入力データ作成法, 出力データの説明

4.1 入力データ作成法

入力データの作成に用いる記号は次に示す通りである。

T タイトルカード 入力した通り出力される。

H 水位カード

ICAS1 NORMAL WATER LEVEL

ICAS2 FLOOD WATER LEVEL

ICAS3 EMERGENCY WATER LEVEL

} と表示される

h_1 ... 設計水位 (m) h_1' ... 満水位 (m) h_s ... 堆砂梁 (m)

h_d ... 下流側水位 (m)

EL 標高カード

EL1 基盤標高 (m)

EL2 天端標高 (m)

EL3 設計水位標高 (m)

EL4 堆砂位標高 (m)

EL5 下流水位標高 (m)

P 物理常数カード

W_w 貯水の単位体積重量 (t/m^3)

W_s 堆砂の水中での単位体積重量 (t/m^3)

C_o 泥圧係数

W_c コンクリートの単位体積重量 (t/m^3)

U_p 揚圧力係数 (ドレーン無しの場合)

QT その他のカード

ξ 上流面よりドレーン位置迄の距離 (m)

k 地震係数

k_o 地震係数 (空虚時)

S 設計条件カード (指定カード)

n_{mA} 下流面勾配の指定 (指定しない時は -1.0 と記入)

m_1 上流面勾配

m_{2A} フィレット勾配の指定 (指定しない時は -1.0 と記入)

h_{LA} フィレット標高の指定 (指定しない時は -1.0 と記入)
 m_{3A} フィレットの最緩勾配の指定
 τ_0 岩盤のせん断強度 (t/m^2)
 f 岩盤の内部摩擦係数

E END カード…1 ケースのデータの最後を示す。

EF END OF FILE カード…全ケースのデータの最後を示す。

ここで、この内容について補足説明することにする。

ICAS : 荷重状態を示す記号で、例えば常時満水位の荷重状態であれば 1 と記入する。

h_1, h_1' : 基本三角形の高さが h_1 となる。すなわち h_1' に風浪および地震による波高を加えたものである。

EL : 設計計算には直接関係なく、断面に標高を明示するための入力である。

P : 物理定数としては通常下記のものが使われる。

$W_w = 1, W_s = 1, C_e = 0.4 \sim 0.6, W_e = 2.3 \sim 2.4$

$U_p = \frac{1}{2}$ 、但しドレーンを有するときは 0 と入力しなければならない。このとき、プログラムの内部では、ドレーンの位置で U_p に逆減するものと入力済である。

ξ : ドレーンを有する場合の計算では必ず $\xi > 0$ の値としなければならない。ドレーン無しの場合は 0 としなければならない。

k_e : 空虚時の縁応力を算出するために必要となるもので、 k_e は k の $\frac{1}{2}$ の値を入力する。

n_{mA} : 断面が与えられ、縁応力とせん断安全率を算出する場合のみ入力し、その他の場合は -1.0 と入力する。

m_1 : 必ず入力する必要がある。例えば上流面鉛直の場合は 0 と入力する。

m_{2A} : フィレットの勾配を指定した場合のみ正数を入力する。その他は -1.0 と記入する。

h_{LA} : フィレットの標高を指定する場合のみ正数を入力する。この場合、頂点よりの高さ h で入力する。その他は -1.0 と記入する。

m_{3A} : フィレットの最緩勾配を表わす。断面が与えられた縁応力とせん断安全率の計算以外には必ず入力しなければならない。通常 0.8 ~ 1.0 が設計施工の面から適当である。また指定したフィレット勾配是最緩勾配より小さくならないから $m_{3A} \geq m_{2A}$ としなければならない。

入力データ、シートを図 4-1 に、実際に作成した例を図 4-2 に示す。

4.2 出力データの説明

出力データは、計算段階での諸数値と断面、縁応力、せん断安全率等必要なものの図化とからなる。実際に知りたいものは全て図化してあるので、そちらだけでも事足りるわけであるが、出力データの全てについて一応の説明を加えておく。

○ Output Data の表示およびその内容

INPUT DATA

入力データがそのまま出力される。

OUTPUT

KARYU KOUBAI

NM……Middle Third の条件より求まる勾配

NS……せん断の条件より求まる勾配

DI……NM-NS の値

FILLET HYOKO

HLB……基礎岩盤の強度から理論的に求まる頂点からフィレットのつく位置までの高さ。

FILLET KOUBAI

M2B……基礎岩盤の強度から、前記のフィレットのつく位置までの高さより理論的に求まるフィレットの勾配。

SHUSEI FILLET HYOKO

HLC……この場合2つの意味がある。

- ① フィレットの勾配を指定した場合は、フィレットのつく位置までの頂点からの高さ。
- ② 各設計ケースで、各々算出されたフィレットの勾配が、最緩勾配の指定に抵触するため、指定された最緩勾配から求め直したフィレットのつく位置までの頂点からの高さ。

ENORYOKU SENDANANZENRITU

SIGU……上流端縁応力

SIGU……下流端縁応力

N……せん断安全率

図化

- ① 図化したものの記号の説明は図4-3に示す通りである。
- ② 設計断面が、2枚以上Outputされた場合、1枚目は入力した設計条件が妥当でない場合に、一応その条件で算出される設計断面を表示したもので最経済設計断面ではない。最経済設計断面図は常に縁応力、せん断安全率算出のOutputの直前に表示されるものと

なる。この例を図4-5に示す。

図4-2で示した入力によって得られる出力（但し図化の部分のみ）を図4-4に示した。

最後に計算費用について述べる。

CRC社に計算を委託する場合

計算を1ケース行なう場合 1万2千円／1ケース

計算を5ケース以上行なう場合 約5,000円／1ケース

となる。

1ケースで割高になるのはプログラムをコンパイルするのに要する費用が割高につくからである。従って多ケースを計算する場合は順次安くなるが、図化に要する費用が1ケースで約3,000円かかるのでそれ以上安くなることはない。（昭和51年1月現在）

DATA DESCRIPTION

PREPARED BY

図 4-2 入力データ例

CONTROL DATA 3600 DATA INPUT FORM

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	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	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
01 T																																																																																
02 H																																																																																
03 EL																																																																																
04 P																																																																																
05 QT																																																																																
06 S																																																																																
07 E																																																																																
08 T																																																																																
09 H																																																																																
10 EL																																																																																
11 P																																																																																
12 QT																																																																																
13 S																																																																																
14 E																																																																																
15 T																																																																																
16 H																																																																																
17 EL																																																																																
18 P																																																																																
19 QT																																																																																
20 S																																																																																
21 E																																																																																
22 T																																																																																
23 H																																																																																
24 EL																																																																																
25 P																																																																																
26 QT																																																																																
27 S																																																																																
28 E																																																																																
29 EF																																																																																

DATA DESCRIPTION

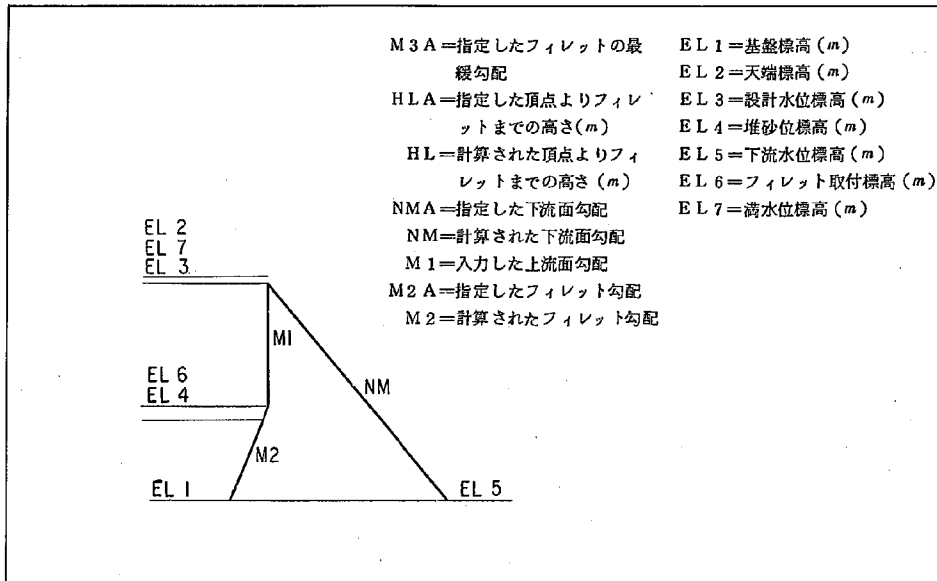
PREPARED BY

CR Century Research Center Corporation

DATE PAGE OF

△△△△（入力したタイトルを表示する）

○○○○WATER LEVEL KEIJO



- 注 1. M3Aは断面の縁応力解析以外は必ず指定しなければならない。
2. HLA, NMA, M2Aは各設計ケースに応じて指定する。
3. M1は常に入力しなければならない。

図 4 - 3 図化された形状 (Output) の記号の説明

図 4.4(1) OUTPUTの例(1)

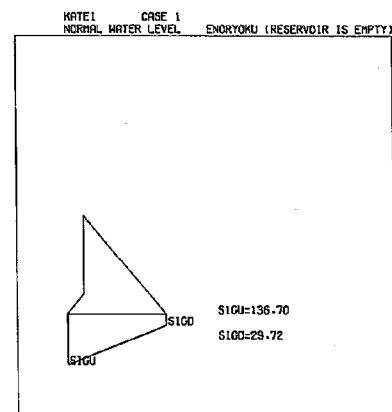
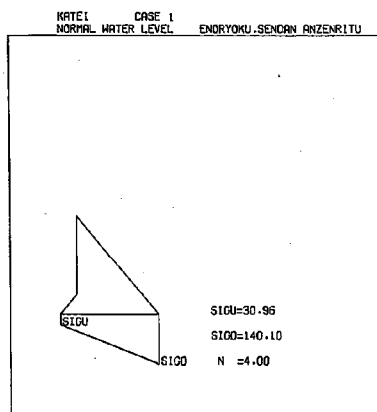
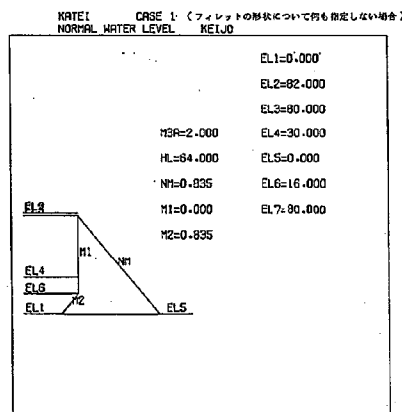
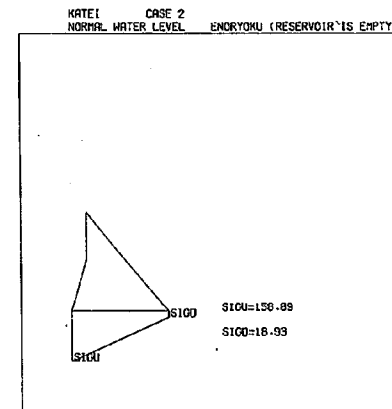
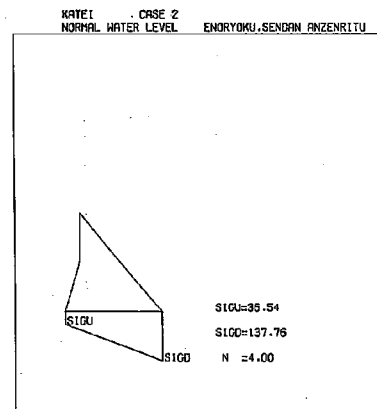
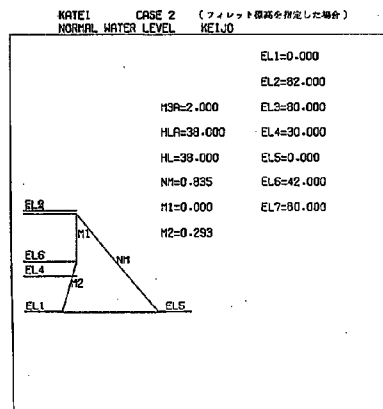


図 4.4(2) OUTPUTの例(2)



Cの値は4.000

図 4.4 (3) OUTPUT の例(3)

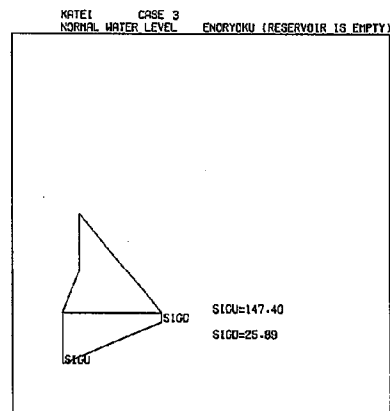
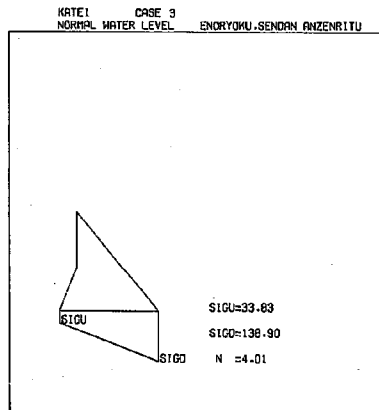
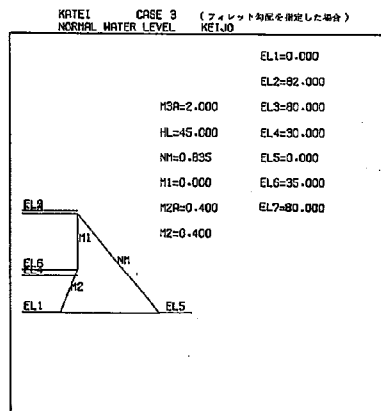


図 4.4 (4) OUTPUT の例(4)

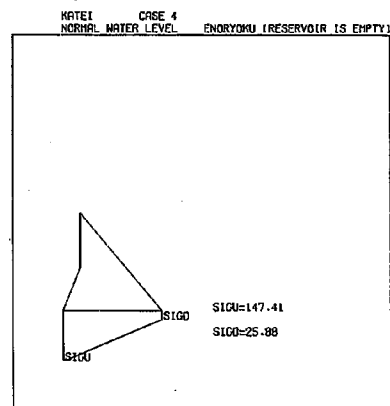
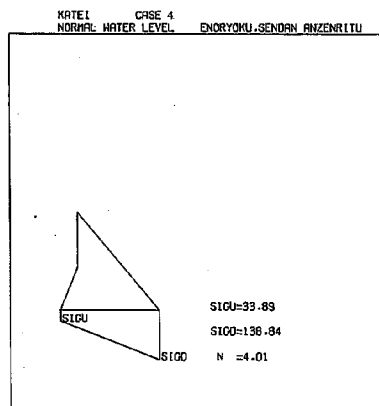
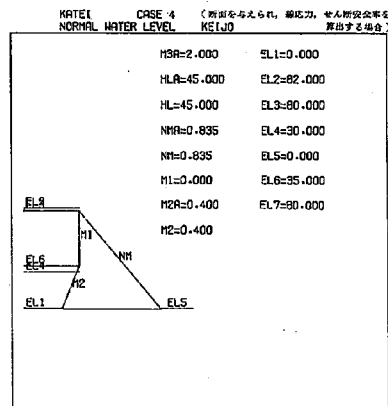
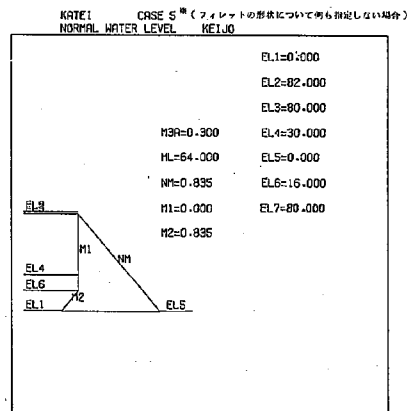
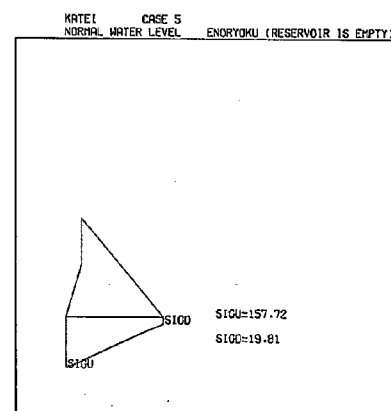
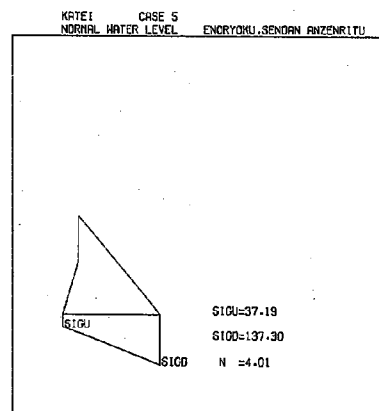
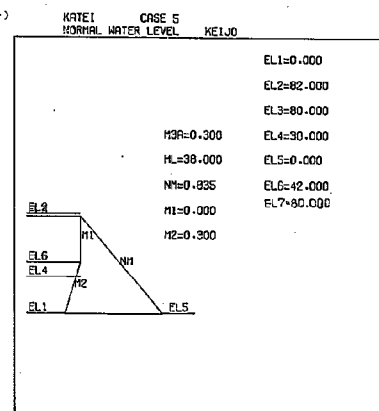


図 4.5 OUTPUTの例(5)



※ CASE5はCASE1において乗数勾配MA=0.3に変更したケースである。



附 録

標準設計のプログラムのリスト，フローチャートおよびプログラム作成のための記算式を以下に示す。

付録1 プログラムリスト

PROGRAM	DAMJ	74/74	OPT=1	FTN 4.4-R401	02/26/76	15.10.56.	PAGE	1
1	C	PROGRAM DAMJ(INPUT, OUTPUT, TAPE5=INPUT, TAPEE=OUTPU*, TAPE10)						
	C...	*****						
	C...	** JYURYOKU DAM HYOUJYIN SEKI **						
	C...	*****						
5	C							
		DIMENSION IH(10), AKK(3)						
		DIMENSION BUF(1024)						
		DIMENSION IC(10), IM(10), ELL(5), NAMECC(3,2)						
10		COMMON ITITLE(8), NAMEC(2)						
		DATA ALPH/ 1.45 / , BETA/ 0.402 /						
		DATA (IH(I),I=1,8)/ 1HT, 1HM, 2HEL, 1HP, 2HOT, 1HS, 1HE, 2HEF/						
		DATA DEL/0.00001/						
		DATA NAMECC/ 10HNORMAL WAT, 10HER LEVEL , 10H ,						
15	1	10HFLOOD WATE, 10HR LEVFL , 10H ,						
	2	10HEMERGENCY , 10HWATER LEVE, 10HL /						
		CALL PLOTS(BUF, 1024, 10)						
		CALL PL763H						
	11	CONTINUE						
20		READ(5,1000) IHED, (IM(I),I=1,8)						
	1000	FORMAT(A2, 7A10, A8)						
		IF(EOF(5).NE.0.0) GO TO 99						
		BACKSPACE 5						
		DO 500 I=1,8						
25		IF(IHED.EQ.IM(I)) GO TO 501						
	500	CONTINUE						
		PRINT 4000, IHED, (IM(I),I=1,8)						
	4000	FORMAT(10X, 16H** DATA EPROR ** / 10X, A2, 7A10, A8)						
	502	READ(5,1000) IHED						
30		IF(IHED.NE.1HE) GO TO 502						
		GO TO 11						
	C..	DATA READ						
	501	GO TO (503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 99) , I						
	C..	TITLE READ						
35	503	CONTINUE						
		READ(5,1010) (ITITLE(I),I=1,8)						
	1010	FORMAT(5X,7A10, A9)						
		GO TO 11						
	C..	SUII DATA						
40	504	CONTINUE						
		READ(5,1009) ICAS, (IC(I),I=1,4)						
	1009	FORMAT(5X, I5, 4A10)						
		DO 513 I=1,4						
		IF(IC(I).EQ.1H) GO TO 513						
45		DECODE(10,4500,IC(I)) ELL(I)						
	513	CONTINUE						
		HI=ELL(1)						
		HD1=ELL(2)						
		HS=ELL(3)						
50		HD=ELL(4)						
		GO TO 11						
	C..	EL READ						
	505	CONTINUE						
		READ(5,1020) (IC(I),I=1,5)						
55	1020	FORMAT(10X, 5A10)						
		DO 511 I=1,5						
		IF(IC(I).EQ.1H) GO TO 511						

```

        DECODE(10,4500,IC(I))  ELL(I)
4500  FORMAT( F10.0)
60    511  CONTINUE
        EL1=ELL(1)
        EL2=ELL(2)
        EL3=ELL(3)
        EL4=ELL(4)
65    515  ELL5=ELL(5)
        GO TO 11
C... PHYSICAL CONSTANT READ
596  CONTINUE
        READ(5,1030)  WH, WS, CF, WC, UP
70    1030  FORMAT( 10X, 7F10.0 )
        GO TO 11
C... OTHER DATA READ
507  CONTINUE
        READ(5,1020)  (IC(I),I=1,3)
        DO 512 I=1,3
75    IF(IC(I).EQ.1H 1) GO TO 512
        DECODE(10,4500,IC(I))  ELL(I)
512  CONTINUE
        XI=ELL(1)
        AK=ELL(2)
80    AKK(1)=ELL(3)
        GO TO 11
C... M1, M2A, HLA, M3A, TAU0, F
598  CONTINUE
85    READ(5,1030)  ANMA, AM1, AM2A, HLA, AM3A, TAU0, F
        GO TO 11
C... DATA END
599  CONTINUE
C... INPUT DATA PRINT
90    READ(5,1000)  IHED
        PRINT 2230
2230  FORMAT( 1H1, 6X, 16H** INPUT DATA ** )
        PRINT 2220, (IITITLE(I),I=1,8)
95    2220  FORMAT( 5X, 8A10)
        DO 515 I=1,3
515  NAMEC(I)=NAMECC(I,ICAS)
        PRINT 2220, (NAMEC(I),I=1,3)
        PRINT 2000, H1, HD1, HS, HD
100   2900  FORMAT( 1H-, 13X, 6H* H1 *, 3X, 7H* HD1 *, 4X, 6H* HS *,
        1 4X, 6H* HD *, / 10X, 4( 7X, 3H(M) ) / 10X, 4F10.2 )
        PRINT 2010, (I,I=1,5), EL1, EL2, EL3, EL4, EL5
2010  FORMAT( 1H-, 9X, 5( 3X, 4H* EL, I1, 2H *) / 10X, 5( 7X, 3H(M) ) /
        1 10X, 5F10.2 )
        PRINT 2020, WH, WS, CE, WC, UP
105   2920  FORMAT( 1H-, 13X, 6H* WH *, 4X, 6H* WS *, 4X, 6H* CE *,
        1 4X, 6H* WC *, 4X, 6H* UP *, / 10X, 2X, 8H(T/M**3),
        2 2X, 8H(T/M**3), 10X, 2X, 8H(T/M**3) / 10X, 5F10.2 )
        PRINT 2030, ANMA, AM1, AM2A, HLA, AM3A, TAU0, F
2030  FORMAT( 1H-, 12X, 7H* ANMA *, 4X, 6H* M1 *, 3X, 7H* M2A *,
110   1 3X, 7H* HLA *, 3X, 7H* M3A *, 2X, 8H* TAU0 *, 5X, 6H* F *, /
        2 32X, 3H(M), 17X, 3H(M), 2X, 8H(T/M**3) / 10X, 7F10.3 )
        PRINT 2031, XI, AK, AKK(1)
2031  FORMAT( 1H-, 11X, 8H* ZETA *, 5X, 5H* K *, 4X, 6H* KE *, /
        1 17X, 3H(M), / 10X, 3F10.2 )

```

```

115      C. BEGIN
          MSH=0
          EL6=EL6B=0.0
          AM2=AM2B=0.0
          HL=HLB=HLC=0.0
120      ISW21=0
          PRINT 2310
2110     FORMAT( 1H-, 6X, 10H* OUTPUT *)
          PRINT 2311
2311     FORMAT( 7X, 10HKAJU KEISU)

125      C
          C.. KAJU KEISU
          A1=WW*H1**2/2.0
          A2=WS*CE*HS**2/2.0
          A3=WC*AK*H1**2/2.0
          A4=7.0*WW*AK*HD1**2/12.0
130      THETA=ATAN(AM1)
          CM=-0.1033*THETA**2-0.3024*THE TA+0.73
          R=ALPH*CM/2.0
          A5=R*WW*AK*HD1**2
135      A6=WW*H1**2/2.0
          A7=WS*HS**2/2.0
          A8=WC*H1**2/2.0
          A9=-(UP*HD1+HD*(2.0-UP))*H1/2.0*WW
          A10=-H1*(HD1+9.0*HD)/10.0*WW
140      A11=-X1*(HD1-HD)/2.0*WW
          A12=R*WW*AK*HD1**2

          C
          CPRINT * A *
          PRINT 2050, (II,II=1:6), A1, A2, A3, A4, A5, A6
145      2950 FORMAT( 10X, 6( 8X, 3H* A , I2, 2H *) / 10X, 6F15.2 / )
          PRINT 2050, (II,II=7:12), A7, A8, A9, A10, A11, A12
          T1=WW*H1**3/6.0
          T2=WS*CE*HS**3/6.0
          T3=WC*AK*H1**3/6.0
150      T4=7.0*WW*AK*HD1**3/30
          T5=R*BETA*WW*AK*HD1**3
          T6=WW*H1**3/6.0
          T7=WS*HS**3/6.0
          T8=WC*H1**3/6.0
155      T9=WC*H1**3/2.0
          T10=WC*H1**3/3.0
          T11=-(3.0*HD*UP*(HD1-HD))*H1**2/6.0*WW
          T12=-(3.0*HD*UP*(HD1-HD))*H1**2/3.0*WW
          T13=-H1**2*(14.0*HD*HD1)/30.0*WW
160      T14=-H1**2*(14.0*HD*HD1)/15.0*WW
          T15=-X1*H1*(HD1-HD)/30.0*WW
          T16=-X1**2*(HD1-HD)/6.0*WW
          T17=R*BETA*WW*AK*HD1**3

          C
          CPRINT * T *
165      PRINT 2060, (II,II=1:6), T1, T2, T3, T4, T5, T6
          2060 FORMAT( 10X, 6( 8X, 3H* T, I2, 2H *) / 10X, 6F15.2 / )
          PRINT 2060, (II,II=7:12), T7, T8, T9, T10, T11, T12
          PRINT 2061, (II,II=13:17), T13, T14, T15, T16, T17
170      2061 FORMAT( 10X, 5( 8X, 3H* T, I2, 2H *) / 10X, 6F15.2 / )

          C.. HANTEI SEKKEI JOKEN

```

```

      IF(AMMA.GE.0.0) GO TO 79F
      IF(AM1.NE.0.0.OR.X1.NE.0.0) GO TO 15
      B1=2.0*(A8+A9)/3.0*H1-TA-T11
175      B2=(2.0*(A6+A7+2.0*A8+2.0*A9)/3.0*H1-T9-T12)*AM1-T3
      B3=(2.0*(A6+A7+A8+A9)/3.0*H1-(T6+T7+T10+T11))*AM1**2-T3*AM1-
      (T1+T2+T4)
      GO TO 20
15      CONTINUE
      IF(AM1.NE.0.0.OR.X1.EQ.0.0) GO TO 16
      B1=2.0*(A8+A10)/3.0*H1-T8-T13
180      B2=(2.0*(A6+A7+2.0*A8+2.0*A10)/3.0*H1-T9-T14)*AM1+2.0*A11*H1/3.0
      -T3-T15
      B3=(2.0*(A6+A7+A8+A10)/3.0*H1-(T6+T7+T10+T13))*AM1**2
      +(2.0*A11*H1/3.0-T3-T15)*AM1-(T1+T2+T4+T16)
      GO TO 20
16      CONTINUE
      IF(AM1.EQ.0.0.OR.X1.NE.0.0) GO TO 17
      B1=2.0*(A8+A9)/3.0*H1-TA-T11
190      B2=(2.0*(A6+A7+2.0*A8+2.0*A9+A12)/3.0-T9-T12)*AM1-T3
      B3=(2.0*(A6+A7+A8+A9+A12)/3.0*H1-(T6+T7+T10+T11+T17))*AM1**2
      -T3*AM1-(T1+T2+T5)
      GO TO 20
17      CONTINUE
      IF(AM1.EQ.0.0.OR.X1.EQ.0.0) GO TO 20
195      B1=2.0/3.0*(A8+A10)*H1-T8-T13
      B2=(2.0/3.0*(A6+A7+2.0*A8+2.0*A10+A12)*H1-T9-T14)*AM1+2.0/3.0*A11
      *H1-T3-T15
      B3=(2.0/3.0*(A6+A7+A8+A12+A12)*H1-(T6+T7+T10+T13+T17))*AM1**2
      +(2.0/3.0*A11*H1-(T3+T15))*AM1-(T1+T2+T5+T16)
200      GO TO 20
21      CONTINUE
      PRINT 2250
2250      FORMAT(1H-, 6X, 19HKARVU KQJBAI KEISUJ)
      C
205      CPRINT * B *
      PRINT 2070, (II,II=1,3), B1, B2, B3
2070      FORMAT(10X, 3( 8X, 3H* B, I2, 2H *) / 10X, 3F15.2 / )
      ANH=(-B2+SQR(B2**2-4.0*B1*B3))/2.0/B1
      C
210      C..
      IF(AM1.NE.0.0.OR.X1.NE.0.0) GO TO 21
      C1=4.0*A3-(A8+A9)*F-TAU7*H1
      C2=TAU0*H1+(A6+A7+A8+A9)*F-4.0*A3
      C3=-4.0*(A1+A2+A4)
215      GO TO 25
21      CONTINUE
      IF(AM1.NE.0.0.OR.X1.EQ.0.0) GO TO 22
      C1=4.0*A3-(A8+A10)*F-TAU0*H1
      C2=TAU0*H1+(A6+A7+A8+A10)*F-4.0*A3
      C3=A11*F-4.0*(A1+A2+A4)
220      GO TO 25
22      CONTINUE
      IF(AM1.EQ.0.0.OR.X1.NE.0.0) GO TO 23
      C1=4.0*A3-(A8+A9)*F-TAU7*H1
225      C2=TAU0*H1+(A6+A7+A8+A9+A12)*F-4.0*A3
      C3=-4.0*(A1+A2+A5)
      GO TO 25
23      CONTINUE

```

```

230      IF(AM1.EQ.0.0.OR.X1.EQ.0.0) GO TO 25
          C1=4.0*A3-(A8+A10)*F-TAU0*H1
          C2=TAU0*H1+(A6+A7+A8+A10+A12)*F-4.0*A3
          C3=A11*F-4.0*(A1+A2+A5)
25      CONTINUE
C
235      CPRINT * C *
          PRINT 2080, (I1,I1=1:3), C1, C2, C3
2080      FORMAT( 10X, 3( 8X, 3H* C, I2, 2H *), / 10X, 3F15.2 / )
C
240      C.. SENDAN NS
          ANS=(C2*AM1+C3)/C1
C
C.. HANTEI
          D1=ANH-ANS
          PRINT 2260
245      2260      FORMAT( 1H-, 6X, 12HKARYU KOUJAI )
C
          CPRINT * NH NS D *
          PRINT 2090, ANH, ANS, D1
2090      FORMAT( 10X, 9X, 6H* NH *, 9X, 6H* NS *, 9X, 6H* D1 *, /
1          10X, 3F15.4 / )
250      IF(D1.GE.0.0) GO TO 201
C
C.. FILLET HYOKO
          I=0
255      190      I=I+1
          HSI=1.0-I/HS
          HD1I=1.0-I/HD1
          HDI=0.0
          IF(HD.NE.0.0) HDI=1.0-I/HD
          H1I=1.0-I/H1
          IF(HSI.LT.0.0) HSI=0.0
          IF(HD1I.LT.0.0) HD1I=0.0
          IF(HDI.LT.0.0) HDI=0.0
          IF(AM1.NE.0.0.OR.X1.NE.0.0) GO TO 26
265      VU=-(AM1+ANH)/2.0*(UP*HD1*HDI+HD*HDI*(2.0-UP))*H1*H1*WW
          VD=0.0
          HDL=A4*HDI**2
          GO TO 30
270      26      CONTINUE
          IF(AM1.NE.0.0.OR.X1.EQ.0.0) GO TO 27
          VU=-H1*H1*(HD1*HDI+9.0*HD*HDI)*(AM1+ANH)/10.0*WW
          -X1/2.0*(HD1*HDI-HD*HDI)*WW
          VD=0.0
          HDL=A4*HDI**2
          GO TO 30
275      27      CONTINUE
          IF(AM1.EQ.0.0.OR.X1.NE.0.0) GO TO 28
          VU=-(AM1+ANH)/2.0*(UP*HD1*HDI+HD*HDI*(2.0-UP))*H1*H1*WW
          VD=A12*AM1*HDI**2
          HDL=A5*HDI**2
          GO TO 30
280      28      CONTINUE
          IF(AM1.EQ.0.0.OR.X1.EQ.0.0) GO TO 30
          VU=-H1*H1/10.0*(HDI*HDI+9.0*HD*HDI)*(AM1+ANH)*WW
          -X1*(HD1*HDI-HD*HDI)/2.0*WW
285      1

```

```

      VD=A12*AM1*HD1I**2
      HDL=A5*HD1I**2
30    CONTINUE
      VH=A6*AM1*H1I**2
290   VS=A7*AM1*HSI**2
      VC=A8*(AM1+ANM)*H1I**2
      HW=A1*H1I**2
      HSS=A2*HSI**2
      HC=A3*(AM1+ANM)*H1I**2
      EE=TAU0*(AM1+ANM)*H1*H1I + F*(VH + VS + VC + VU + VD)
      IF(EE.LT.0.0) GO TO 100
      HLB=H1*H1I
      EL6B=EL1+HLB-HLB
300   CPRINT * VH VS VC VU VD *
      PRINT 4053, VH, VS, VC, VU, VD
      4053 FORMAT( 1H-, 6X, 12HFILLET HYOKO /
      1    10X, 9X, 6H* VM *, 9X, 6H* VS *, 9X, 6H* VC *, 9X, 6H* VU *,
      2    9X, 6H* VD * / 10X, 5F15.2 )
305   CPRINT * HW HSS HC HDD *
      PRINT 4051, HW, HSS, HC, HDL
      C
      CPRINT * HLB EL6B *
      PRINT 2102
310   2102 FORMAT( 1H-, 6X, 18HFILLET KOBAT KEISU )
      PRINT 2101, HLB, EL6B
      2101 FORMAT( 10X, 8X, 7H* HLB *, 7X, 8H* EL6B *, / 10X, 2F15.4 )
      C.. HANTEI SEKKEI JOKEN
      HL=HLB
      IF(AM2A.GE.0.0) GO TO 771
      IF(HLA.GE.0.0) GO TO 772
      C
      C.. FILLET KOBAT
      EL6=H1-HL+EL1
320   716 CONTINUE
      E1=HC*AK*(H1-HL)**2/2.0
      E2=-WH*HL**2/2.0
      E3=HS*(2.0*HSS+HL-H1)/2.1*(H1-HL)
      E4=WS*(HS-H1+HL)**2/2.0
      E5=MC*(H1-HL)**2/2.0
      E6=-(UP*HD1+HD*(2.0-UP))/2.0*(H1-HL)*WH
      E7=-(HD1+9.0*HD1)/10.0*WH
      C
      CPRINT * E *
330   PRINT 2110, (II,II=1,7), E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7
      2110 FORMAT( 10X, 7( 8X, 3H* E, I2, 2H * ) / 10X, 7F15.2 / )
      C
      C.. FILLET KOBAT
      IF(AM1.NE.0.0.OR.XI.NE.0.0) GO TO 31
      IF(HS.GT.H1-HL) GO TO 32
      F1=4.0*E1-TAU0*H1+TAU0*HL-(A5+E2+A7+E5+E6)*F
      F2=TAU0*H1+ANM+TAU0*HL*AM1+F*(-E2*AM1+A8*(ANM+AM1)-F*AM1
      1    +A9*(ANM+AM1)-E6*AM1)-4.0*(A1+A2+A3*(ANM+AM1)-E1*AM1+A4)
      GO TO 121
340   C
      72 CONTINUE
      F1=4.0*E1-TAU0*H1+TAU0*HL-(A5+E2+E3+E5+E6)*F

```

```

F2=TAUB*H1*ANM+TAUB*HL*AM1+F*(-E2*AM1+AB*(ANM+AM1)-E4*AM1
1 +A9*(ANM+AM1)-E5*AM1-E6*AM1)-4.0*(A1+A2+A3*(ANM+AM1)-E1*AM1+A4)
345 121 IF(HL.GE.H1/2.0) GO TO 101
GO TO 102
C
C
C
31 CONTINUE
350 IF(AM1.NE.0.0.OR.XI.EQ.0.0) GO TO 33
IF(HS.GT.H1-HL) GO TO 34
F1=4.0*E1-TAUB*(H1-HL)-(A6+E2+A7+E5+E7*(H1-HL))*F
F2=TAUB*(H1*ANM+HL*AM1)+F*(A8*(ANM+AM1)+A11-(E2+E5)*AM1
1 +E7*(H1*ANM+HL*AM1))-4.0*(A1+A2+A3*(ANM+AM1)-E1*AM1+A4)
355 GO TO 35
C
C
34 CONTINUE
F1=4.0*E1-TAUB*(H1-HL)-(A6+E2+E3+E5+E7*(H1-HL))*F
F2=TAUB*(H1*ANM+HL*AM1)+F*(A8*(ANM+AM1)+A11-(E2+E4+E5)*AM1
1 +E7*(H1*ANM+HL*AM1))-4.0*(A1+A2+A3*(ANM+AM1)-E1*AM1+A4)
360 IF(HL.GE.H1/2.0) GO TO 101
GO TO 102
C
C
C
33 CONTINUE
IF(AM1.EQ.0.0.OR.XI.NE.0.0) GO TO 36
IF(HS.GT.H1-HL) GO TO 37
F1=4.0*E1-TAUB*(H1-HL)-(A6+E2+A7+E5+E6)*F
F2=TAUB*(H1*ANM+HL*AM1)+F*(A8+A9*(ANM+AM1)-AM1*(E2+E5+E6+A12))
1 -4.0*(A1+A2+A3*(ANM+AM1)-E1*AM1+A5)
370 GO TO 103
C
C
37 CONTINUE
F1=4.0*E1-TAUB*(H1-HL)-(A6+E2+E3+E5+E6)*F
F2=TAUB*(H1*ANM+HL*AM1)+F*(A8+A9*(ANM+AM1)-AM1*(E2+E4+E5+E6+A12)
1 )-4.0*(A1+A2+A3*(ANM+AM1)-E1*AM1+A5)
GO TO 103
C
C
36 CONTINUE
IF(HS.GT.H1-HL) GO TO 39
F1=4.0*E1-TAUB*(H1-HL)-(A6+E2+A7+E5+E7*(H1-HL))*F
F2=TAUB*(H1*ANM+HL*AM1)+F*(A8*(ANM+AM1)+A11-(E2+E5)*AM1
1 +E7*(H1*ANM+HL*AM1)-A12*AM1)-4.0*(A1+A2+A3*(ANM+AM1)-E1*AM1+A5)
GO TO 103
385 C
C
38 CONTINUE
F1=4.0*E1-TAUB*(H1-HL)-(A6+E2+E3+E5+E7*(H1-HL))*F
F2=TAUB*(H1*ANM+HL*AM1)+F*(A8*(ANM+AM1)+A11-(E2+E4+E5)*AM1
1 +E7*(H1*ANM+HL*AM1)-A12*AM1)-4.0*(A1+A2+A3*(ANM+AM1)-E1*AM1+A5)
GO TO 103
390 C
C
C
C.. M2B (I)
101 CONTINUE
395 AM2B=F2/F1
GO TO 200
C
C
C.. M2B (II)

```

```

400      102 CONTINUE
          AMD2=F2/F1
          THETA=ATAN(AMD2+HL/H1*(AM1-AMD2))
          CM1=-0.1033*THETA**2-0.7024*THETA+0.73
          R1=1.45*0.5*CM1
          DM2=4.0/F1*(A4-R1*WW*AK*HD1**2)+F/F1*R1*WW*AK*HD1**2*TAN(THETA)
          AM2B=AMD2+DM2
          GO TO 200

C
C
410      C.. M2B (III)
          103 CONTINUE
          AMD2=F2/F1
          THETA=ATAN(AMD2+HL/H1*(AM1-AMD2))
          CM1=-0.1033*THETA**2-0.7024*THETA+0.73
          R1=1.45*0.5*CM1
          DM2=4.0/F1*(A5-R1*WW*AK*HD1**2)+F/F1*(R1*WW*AK*HD1**2*TAN(THETA)-
          A12*AM1)
          AM2B=AMD2+DM2

C
420      C... OUTPUT 1 KEIJO
          200 CONTINUE

C
CPRINT * F1, F2, MD2, THETA, CM1, R1, DM2 *
          PRINT 2120, F1, F2, AMD2, THETA, CM1, R1, DM2
425      2120 FORMAT( 10X, 9X, 6H* F1 *, 9X, 6H* F2 *, 8X, 7H* MD2 *,
          1 6X, 9H* THETA *, 8X, 7H* CM1 *, 9X, 6H* R1 *, 6X, 7H* DM2 * /
          2 10X, 7F15.2 / )

C
CPRINT * M2B *
430      PRINT 2131
          2131 FORMAT( 1H-, 6X, 12HFILLST KOBAT )
          PRINT 2130, AM2B
          2130 FORMAT( 10X, 8X, 7H* M2B *, / 10X, F15.4 )
          231 CONTINUE
          IF(AM2B.LE.DE1) EL6=0.7
          CALL OUTPT1( EL1, EL2, EL, EL4, FL5, FL6, EL6B,
          1 AM1, AM2B, ANH, HL, AM2B, ANH8, HL8, AM3A, 0.0, 0.0, 0.0, 1 )
          IF(D1.LT.0.0) GO TO 300

C
440      C.. EN ORYOKU ( MIDDLE THIRD )
          715 CONTINUE
          IF(AM1.NE.0.0.OR.XI.NE.0.0) GO TO 105
          AMHD=T4
          AMVU=T11*(ANH**2+AM1**2)+T12*ANH*AM1
          AMVD=0.0
          VU=A9*(ANH+AM1)
          VD=0.0
          GO TO 106
          105 CONTINUE
          IF(AM1.NE.0.0.OR.XI.EQ.0.0) GO TO 107
          AMHD=T4
          AMVU=T13*(ANH**2+AM1**2)+ANH*(T14*AM1+T15)+T15*AM1+T16
          AMVD=0.0
          VU=A10*(ANH+AM1)+A11
          VD=0.0
          GO TO 106
          455

```

```

117 CONTINUE
IF (AM1.EQ.0.0.OR.XI.NE.1.0) GO TO 108
AMHD=T5
460 AMVU=T1*(ANN**2+AM1**2)+T12*ANN
AMVD=T17*AM1**2
VU=9*(ANN+AM1)
VD=A12*AM1
GO TO 106
465 108 AMHD=T5
AMVU=T13*(ANN**2+AM1**2)+ANN*(T14*AM1+T15)+T15*AM1+T16
AMVD=T17*AM1**2
VU=A10*(ANN+AM1)+A11
VD=A12*AM1
470 106 CONTINUE
PRINT 2270
2270 FORMAT( 1H-, 6X, 28HENOURYOKU, SENDAN ANZENRITSU, 3X,
1 17H( MIDDLE THIRD ) )
C
475 CPRINT * MHD MVU MVD VU VD *
PRINT 2140, AMHD, AMVU, AMVD, VU, VD
2140 FORMAT( 10X, 8X, 7H* MHD *, 8X, 7H* MVU *, 8X, 7H* MVD *,
1 9X, 6H* VU *, 9X, 6H* VD *, / 10X, 5F15.2 / )
480 1 SIGM=T1+T2+T3*(ANN+AM1)+T6*AM1**2+T7*AM1**2+T8*ANN**2+T9*ANN*AM1
+T10*AM1**2+AMHD+AMVU+AMVD
SIGV=A6*AM1+A7*AM1+A8*(ANN+AM1)+VU+VD
E=SIGM/SIGV-H1*(AM1+ANN)/P.0
B=H1*(AM1+ANN)
SIGD=SIGV/B*(1.0+6.0*E/R)
485 SIGU=SIGV/B*(1.0-6.0*E/R)
HDL=A4
IF (AM1.NE.0.0) HDL=A5
SIGH=A1+A2+A3*(AM1+ANN)+HDL
AN=(TAUD*B+P*SIGV)/SIGH
490 C
CPRINT * SIGM SIGV SIGH E B SIGD SIGU *
PRINT 2150, SIGM, SIGV, SIGH, E, B, SIGD, SIGU
2150 FORMAT( 10X, 7X, 8H* SIGM *, 7X, 8H* SIGV *, 7X, 8H* SIGH *
1 10X, 5H* E *, 10X, 5H* B *, 7X, 8H* SIGD *, 7X, 8H* SIGU * /
495 2 10X, 7F15.2 / )
PRINT 2160, AN
2160 FORMAT( 10X, 10X, 5H* N * / 10X, 5F15.2 / )
C
500 C.. OUTPUT 3 ENORYOKU ( MIDDLE THIRD )
CALL OUTPT1( EL1, EL2, EL, EL4, FL5, FL6, EL6B,
1 AM1, AM2, ANN, HL, AM2A, ANMA, HLA, AM3A, SIGD, SIGU, AN, 3)
C
C.. ENORYOKU ( RESERVOIR IS EMPTY )
115 CONTINUE
505 PRINT 2280
2280 FORMAT( 1H-, 6X, 10HENOURYOKU KIKUKYOJI )
IF (MSSW.EQ.1) GO TO 88
IT3=MC/6.0*AKK(1)*H1**3
SIGM=-IT3*(ANN+AM1)+T8*AM1**2+T9*ANN*AM1+T10*AM1**2
510 SIGV=A8*(ANN+AM1)
GO TO 89
510 88 CONTINUE
SIGM=-AMHC+AMVC

```

```

515      AMHC=AKK(1)*WC/6.0*(H1**3*AM1+(HL**3-2.0*H1*HL**2+3.0*H1**2*HL)*
      1 AM1+(H1-HL)**3*AM2)
      SIGV=VC
      39      CONTINUE
      E=SIGM/SIGV-0/2.0
      SIGD=SIGV/8*(1.0+6.0*E/3)
      SIGU=SIGV/8*(1.0-6.0*E/3)
520      CPRINT * SIGM SIGV SIGH E 0 SIGD SIGU *
      PRINT 2150, SIGM, SIGV, SIGH, E, 0, SIGD, SIGU
      C
      C.. OUTPUT 4 ENORYOKU ( RESERVOIR IS EMPTY )
525      CALL OUTPT1( EL1, EL2, EL, FL4, FL5, FL6, FL6B,
      1 AM1, AM2, ANM, HL, AM2A, ANMA, HLA, AM3A, SIGD, SIGU, AN, 4)
      GO TO 11
      C
      C.. ENORYOKU ( SLIDING )
530      300 CONTINUE
      AM2=AM3A
      IF(AM2B.GT.AM3A) GO TO 703
      AM2=AM2B
      717 CONTINUE
      B=H1*(ANM+AM2)+HL*(AM1-AM2)
      AMHW=T1
      AMHS=T2
      AMHC=AK*WC/6.0*(H1**3*AM1+(HL**3-2.0*H1*HL**2+3.0*H1**2*HL)*AM1
      1 +(H1-HL)**3*AM2)
      540      AMVN=HW/6.0*(HL**3*AM1**2+3.3*(H1-HL)*HL**2*AM1*AM2+(H1+2.0*HL)*
      1 AM2**2*(H1-HL)**2)
      AMVC=WC/6.0*(H1**3*(ANM+AM2)*(AM1+2.0*AM2)+3.0*H1**2*HL*(ANM+2.0
      1 *AM2)*(AM1-AM2)+3.3*H1*HL**2*(2.0*AM2-AM1)*(AM2-AM1)-HL**2
      2 *(AM1-AM2)*(AM1-2.0*AM2))
      545      VH=A6*AM2+E2*(AM2-AM1)
      VC=A6*(ANM+AM1)+E5*(AM2-AM1)
      HW=A1
      HSS=A2
      HC=A3*(ANM+AM1)+E1*(AM2-AM1)
      550      IF(HS.GT.H1-HL) GO TO 109
      AMVS=17*AM2**2
      VS=A7*AM2
      GO TO 110
      109 CONTINUE
      555      AMVS=HS*(HS-H1+HL)**3*AM1**2+3.0*(H1-HL)*(HS-H1+HL)**2*AM1*AM2
      1 +(H1-HL)**2*(3.0*HS-2.0*H1+2.0*HL)*AM2**2)/6.0
      VS=E3*AM2+E4*AM1
      110      IF(AM1.LE.0.0.OR.HL.LT.H1/2.0) GO TO 111
      AMHD=I4
      AMVD=0.0
      HDL=A4
      VD=0.0
      GO TO 112
      111 CONTINUE
      565      THETA=ATAN(AM2*HL/H1*(AM1-AM2))
      R1=1.45*(-0.1033*THETA**2-0.3024*THETA+0.73)/2.0
      AMHD=R1*0.402*WM*AK*HD1**2
      HDL=R1*WM*AK*HD1**2
      AMVD=R1*0.402*WM*AK*HD1**2*TAN(THETA)**2
      570      VD=R1*WM*AK*HD1**2*TAN(THETA)

```

```

112 IF(XI-NE=0.0) GO TO 113
AMVU=- (UP*HD1+MD*(2.0-U**2))*(H1*(ANM+AM1)+(H1-HL)*(AM2-AM1))*2/6.0
1 *WH
VU=A9*(ANM+AM1)+E6*(AM2-AM1)
575 GO TO 114
113 CONTINUE
AMVU=-1.0/30.0*((14.0*H*HD1)*(B-XI)**2+(27.0*HD*3.0*HD1)*XI*
1 (B-XI)+(8.0*HD+7.0*HD1)*XI**2)*WH
VU=E7*(H1*(ANM+AM2)+HL*(AM1-AM2))+A11
580 114 CONTINUE
SIGM=AMH*AMHS+AMHC*AMH*AMVH+AMVS+AMVC+AMVU+AMVD
SIGV=VM+VS+VC+VU+VD
SIGH=HM+HS+HC+HDL
E=SIGM/SIGV-(H1*(ANM+AM2)+HL*(AM1-AM2))/2.0
585 SIGU=SIGV/B*(1.0-6.0*E/B)
SIGO=SIGV/B*(1.0-6.0*E/B)
C.. SENDAN ANZENRITSU N
AN=(TAUB*B*SIGV)/SIGH
PRINT 2290
590 2290 FORMAT(1H-, 6X, 21HENOURYOKU ( SLIDING ) )
C
CPRINT * MHM MHS MHC MHD *
PRINT 2170, AMH, AMHS, AMHC, AMHD
2170 FORMAT(10X, 8X, 7H* MHM *, 8X, 7H* MHS *, 8X, 7H* MHC *,
595 1 8X, 7H* MHD * / 10X, 4F15.2 )
C
CPRINT * MVH MVS MVC MVU MVD *
PRINT 2180, AMVH, AMVS, AMVC, AMVU, AMVD
2180 FORMAT(10X, 8X, 7H* MVH *, 8X, 7H* MVS *, 8X, 7H* MVC *,
600 1 8X, 7H* MVU *, 8X, 7H* MVD * / 10X, 5F15.2 )
C
CPRINT * VH VS VC VU VD *
PRINT 2190, VH, VS, VC, VU, VD
2190 FORMAT(10X, 9X, 6H* VH *, 9X, 6H* VS *, 9X, 6H* VC *, 9X, 6H* VU *,
605 1 9X, 6H* VD *, / 10X, 5F15.2 )
C
CPRINT * HW HS HC HD *
PRINT 2200, HW, HS, HC, HD
2200 FORMAT(10X, 9X, 6H* HW *, 9X, 6H* HS *, 9X, 6H* HC *,
610 1 9X, 6H* HD * / 10X, 4F15.2 )
C
CPRINT * SIGM SIGV SIGH E B SIGU SIGO *
PRINT 2210, SIGM, SIGV, SIGH, E, B, SIGU, SIGO
2210 FORMAT(10X, 7X, 8H* SIGM *, 7X, 8H* SIGV *, 7X, 8H* SIGH *,
615 1 10X, 5H* E *, 10X, 5H* B *, 7X, 8H* SIGU *, 7X, 8H* SIGO *
2 / 10X, 7F15.2 / )
C
CPRINT * N *
PRINT 2160, AN
620 C
C.. OUTPUT 5
CALL OUTPT1(EL1, EL2, 5L, 2L4, EL5, FL6, EL6B,
1 AM1, AM2, ANM, HL, AM2A, ANMA, HLA, AM3A, SIGO, AN, 5)
MSSH=1
625 GO TO 115
C.. SHUSEI FILLET HYOKOO
733 CONTINUE

```

```

HLD=0.0
715 CONTINUE
630 VH=A6*AM2*(AM2-AM1)*(-1.0/2.0*WH*HLD**2)
VC=A8*(ANM+AM1)+(AM2-AM1)*1.0/2.0*WC*(H1-HLD)**2
HW=A1
HSS=A2
HC=A3*(ANM+AM1)+1.0/2.0*HC*A*(H1-HLD)**2*(AM2-AM1)
635 IF(HS.GT.H1-HLD) GO TO 706
VS=A7*AM2
GO TO 707
706 VS=1.0/2.0*WS*(2.0*HS+HLD-H1)*(H1-HLD)*AM2+1.0/2.0*AM1*WC*
(HS+H1-HLD)**2
640 707 CONTINUE
IF(AMI.NE.0.0.OR.HLD.LT.H1/2.0) GO TO 708
HDD=A4
VD=0.0
GO TO 709
645 708 TH=ATAN(AM2+HLD/H1*(AM1-AM2))
R1=1.0/2.0*1.45*(-0.1033**H**2-0.3024*TH+0.73)
HDD=R1*WH*AK*HD1**2
VD=HDD*TAN(TH)
709 CONTINUE
650 IF(XI.NE.0.0) GO TO 710
VU=A9*(ANM+AM1)-1.0/2.0*(AM2-AM1)*(H1-HLD)*(UP*HD1+HD*(2.6-UP))*WH
GO TO 711
710 VU=-1.0/10.0*(HD1+5.0*H7)*(H1*(ANM+AM2)+HLD*(AM1-AM2))*WH + A11
655 711 CONTINUE
SIGV= VH + VS + VC + VU + VD
SIGH= HW + HSS + HC + HDD
FF=0.0-(TAU0*(H1*(ANM+AM2)+HLD*(AM1-AM2))+F*SIGV)/SIGH
IF(FF.GE.0.0) GO TO 712
HLD=HLD+1.0
660 GO TO 705
712 CONTINUE
HLC=HLD-1.0
CPRINT * VH VS VC VU VD *
665 4050 PRINT 4050, VH, VS, VC, VU, VD
FORMAT(1H-, 6X, 19SHUSEI FILLET HYOKO /
1 10X, 9X, 6H* VH *, 9X, 6H* VS *, 9X, 6H* VC *, 9X, 6H* VU *,
2 10X, 9X, 6H* VD * / 10X, 5F15.2 )
CPRINT * HW HSS HC HDD *
PRINT 4051, HW, HSS, HC, HDD
670 4051 FORMAT( 10X, 9X, 6H* HW *, 9X, 6H* HS *, 9X, 6H* HC *,
1 9X, 6H* HD * / 10X, 5F15.2 )
CPRINT * SIGV SIGH F HLC *
PRINT 4052, SIGV, SIGH, FF, HLC
675 4052 FORMAT( 10X, 7X, 8H* SIGV *, 7X, 8H* SIGH *, 10X, 9H* F *,
1 8X, 7H* HLC * / 10X, 3F15.2, F15.4 )
C.. HANTEI HLC * 1 *
HL=HLC
EL6=H1-HL+EL1
IF(ISH21.EQ.1) GO TO 721
680 IF(HLC.GE.0.0) GO TO 714
CALL OUTP1(EL1, EL2, F1, F14, F15, F16, F16R,
1 AM1, AM2, ANM, HL, AM2A, ANMA, HLA, AM3A, SIGV, SIGH, AN, 7)
PRINT 2300
2300 FORMAT( 1H-, 4X, 28H***** )

```

```

685      1      SX, 28H** DAM CANT BE DESIGNED **
        2      SX, 28H*****
          GO TO 11
        C.. HANTEI
        702    D2=HLA-HLB
          HL=HLB
690          IF (D2.LT.0.0) HL=HLA
          EL6=H1-HL+EL1
          GO TO 716
        C.. SHUSEI FILLET HYOKO
695        791    CONTINUE
          AM2=AM2A
          ISW21=1
          GO TO 703
        C.. HANTEI HLC 2
700        721    CONTINUE
          IF (HLC.LT.0.0) GO TO 722
          O3=HLC-HLB
          IF (O3.LT.0.0) GO TO 723
          HL=HLB
705          EL6=H1-HL+EL1
          CALL OUTPT1( EL1, EL2, EL, EL4, EL5, EL6, EL6B,
1            AM1, AM2, ANM, HL, AM2A, ANMA, HLA, AM3A, 0.0, 0.0, 0.0, 2)
          GO TO 716
        723    CONTINUE
          HL=HLC
710          EL6=H1-HL+EL1
          GO TO 714
        722    CONTINUE
          HL=HLB
715          EL6=H1-HL+EL1
          CALL OUTPT1( EL1, EL2, EL, EL4, EL5, EL6, EL6B,
1            AM1, AM2, ANM, HL, AM2A, ANMA, HLA, AM3A, 0.0, 0.0, 0.0, 2)
          GO TO 716
        C.. HANTEI SEKKEI JOKEN
720        790    IF (AM2A.LT.0.0) GO TO 720
          AM2=AM2A
          ANM=ANMA
          HL=HLA
          EL6=H1-HL+EL1
725          GO TO 714
        720    CONTINUE
          ANM=ANMA
          CALL OUTPT1( EL1, EL2, EL, EL4, EL5, EL6, EL6B,
1            AM1, AM2, ANM, HL, AM2A, ANMA, HLA, AM3A, 0.0, 0.0, 0.0, 2)
          GO TO 715
        714    CONTINUE
          CALL OUTPT1( EL1, EL2, EL, EL4, EL5, EL6, EL6B,
1            AM1, AM2, ANM, HL, AM2A, ANMA, HLA, AM3A, 0.0, 0.0, 0.0, 2)
          E1=WC*AK*(H1-HL)**2/2.0
735          E2=-WW*HL**2/2.0
          E3=WS*(2.0*HS*HL-H1)/2.0*(H1-HL)
          E4=WS*(HS-H1+HL)**2/2.0
          E5=WC*(H1-HL)**2/2.0
          E6=-(UP*HD1+HD*(2.0-UP))/2.0*(H1-HL)*WW
740          E7=-(HD1+9.0*HD)/10.0*WW

```

PROGRAM DAMJ 74/74 OPT=1

FTN 4.4+8401

02/26/76 15.10.56.

PAGE 14

CPRINT * E *

PRINT 2110, (II,II=1,7), E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7

GO TO 717

745

99

CONTINUE

CALL PLOT(0.0, 0.0, 999)

STOP

END

```

1      SUBROUTINE OUTPT1( EL1, EL2, EL, EL4, EL5, EL6, EL8,
2      AM1, AM2, ANM, HL, AMPA, ANMA, HLA, AN3A, SIGT, SIGUU,
3      AN, ISW)

```

```

5      C.. *****
6      C.. ** OUTPUT 1 KEIJO **
7      C.. *****
8      C..

```

```

10     DIMENSION X(9), Y(9), XC(9), YC(9), ELX(10), ELY(10), NFL(10),
11     AA(10)
12     DIMENSION IHEAD(3,5), IS(10)
13     COMMON IITL(8), NAMEF(3)
14     DATA DEL/0.00001/
15     DATA IHEAD/ 10H KEIJO , 10H , 10H , 10H , 10H ,
16     10H KEIJO , 10H , 10H , 10H , 10H ,
17     10H ENORYOKU, 10HSENDAH, ANZ, 10HENRITU ,
18     10H ENORYOKU , 10H(RESERVOIR, 10H IS EM*TV),
19     10H ENORYOKU, 10HSENDAH, ANZ, 10HENRITU /

```

```

20     N=4
21     XX=50.0
22     YY=40.0
23     XZ=20.0
24     YZ=20.0
25     YZZ=20.0
26     XSZ=150.0
27     YSZ=150.0
28     AM=0.0005
29     IF(ISH.EQ.7) GO TO 80

```

```

30     SIGD=-SIGDD
31     SIGU=-SIGUU
32     ELM1=EL-EL6
33     ELM2=EL6-EL1
34     ELNM=EL-EL1
35     THM1=ATAN(AM1)
36     THM2=ATAN(AM2)
37     THNM=ATAN(ANM)
38     XM1=0.0
39     IE(AM1.GT.DEL) XM1=ELM1*TAN(THM1)
40     XM2=0.0
41     IF(AM2.GT.DEL) XM2=ELM2*TAN(THM2)
42     XNM=ELNM*TAN(THNM)
43     X(1)=0.0
44     Y(1)=EL1-EL1
45     X(2)=XM1+XM2+XNM
46     Y(2)=EL1-EL1
47     X(3)=XM1+XM2
48     Y(3)=EL-EL1
49     X(4)=XM2
50     Y(4)=EL6-EL1
51     IF(EL6.LE.DEL) Y(4)=0.0
52     XMAX=X(1)
53     YMAX=Y(1)
54     XMIN=X(1)
55     YMIN=Y(1)
56     DO 10 I=2,N
57     IF(X(I).GT.XMAX) XMAX=X(I)
58     IF(X(I).LT.XMIN) XMIN=X(I)

```

```

      IF(Y(I).GT.YMAX) YMAX=Y(I)
      IF(Y(I).LT.YMIN) YMIN=Y(I)
      CONTINUE
      EL21=EL2-EL1
      YMAX=AMAX1(YMAX, EL21)
      XXX=XMAX-XMIN
      YYY=YMAX-YMIN
      SCALX=XX/XXX
      SCALY=YY/YYY
      SCALE=AMIN1(SCALX, SCALY)
      DO 15 I=1,N
      XD(I)=(X(I)-XMIN)*SCALE+X7
      YD(I)=(Y(I)-YMIN)*SCALE+Y7+YZZ
      XD(N+1)=XD(3)
      YD(N+1)=(EL21-YMIN)*SCALE+Y7+YZZ
      CALL PLOT(XD(1), YD(1), 3)
      DO 20 I=2,N
      CALL PLOT(XD(I), YD(I), 2)
      CALL PLOT(XD(1), YD(1), 2)
      XLZ=5.0
      IF(ISH.GT.2) GO TO 92
      NEL(1)=1
      ELX(2)=4
      ELX(1)=XD(1)
      ELY(1)=YD(1)
      EL4A=EL4-EL1
      EL5=AMAX1(EL4-EL6,0.0)
      ELX(2)=(EL5*TAN(THM1)+(EL5-EL1)*TAN(THM2)-XMIN)*SCALF+XZ
      ELY(2)=(EL4A-YMIN)*SCALF+Y7+YZZ
      K=2
      IF(AM2.LE.DEL) GO TO 25
      K=K+1
      NEL(K)=6
      ELX(K)=XD(4)
      ELY(K)=YD(4)
      K=K+1
      NEL(K)=3
      ELX(K)=XD(3)
      ELY(K)=YD(3)
      K=K+1
      NEL(K)=5
      EL88=(EL5-EL1-YMIN)*SCALE
      ELX(K)=XD(2)-EL88*ANH
      ELY(K)=EL88+Y7+YZZ
      K=K+1
      NEL(K)=2
      ELX(K)=XD(N+1)
      ELY(K)=YD(N+1)
      DO 45 I=1,K
      XLZZ=XLZ
      IF(NEL(I).EQ.5) XLZZ=ELX(I)+A9.0/7.0
      CALL PLOT(XLZZ, ELY(I), 3)
      CALL PLOT(ELX(I), ELY(I), 2)
      IF(NEL(I).EQ.5) XLZZ=ELX(I)+2.0
      CALL SYMBOL(XLZZ+1.0, ELY(I)+1.0, 3.0, 2HEL, 0.0, 2)
      CALL WHERE(XDM, YDM, F)
      CALL NUMBER(XDM, YDM, 3.0, FLOAT(NEL(I)), 0.0, -1)

```

```

115      45  CONTINUE
          ELX(1)=(XD(2)+XD(3))/2.0
          ELY(1)=(YD(2)+YD(3))/2.0
          NEL(1)=2HNM
          IF(AM2.LE.0EL) GO TO 59
120      ELX(2)=(XD(3)+XD(4))/2.0+1.0
          ELY(2)=(YD(3)+YD(4))/2.0
          NEL(2)=2HMI
          ELX(3)=(XD(4)+XD(1))/2.0+1.0
          ELY(3)=(YD(4)+YD(1))/2.0
125      NEL(3)=2HM2
          GO TO 55
          59  ELX(2)=(XD(3)+XD(1))/2.0+1.0
          ELY(2)=(YD(3)+YD(1))/2.0
          NEL(2)=2HMI
130      NEL(3)=0
          NEL(4)=0
          55  CONTINUE
          DO 60 I=1,3
          IF(NEL(I).EQ.0) GO TO 59
135      CALL SYMBOL( ELX(I), ELY(I), 3.0, NPL(I), 0.0, 2)
          50  CONTINUE
          K=0
          K=K+1
          AA(K)=AM2+AM
140      ELX(K)=50.0
          ELY(K)=YSZ-80.0
          NEL(K)=3HM2=
          IS(K)=3
          IF(AM2A.EQ.-1.0) GO TO 95
          K=K+1
          AA(K)=AM2A
          ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
          NEL(K)=4HM2A=
          IS(K)=4
150      K=K+1
          ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
          NEL(K)=3HMI=
          AA(K)=AM1+AM
          IS(K)=3
155      K=K+1
          ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
          NEL(K)=3HNM=
          AA(K)=ANM+AM
          IS(K)=3
          IF(ANMA.EQ.-1.0) GO TO 90
          K=K+1
          AA(K)=ANMA
          NEL(K)=4HNMA=
          ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
165      IS(K)=4
          90  CONTINUE
          K=K+1
          AA(K)=HL+AM
          ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
170      NEL(K)=3HHL=
          IS(K)=3

```

```

      IF(HLA.EQ.-1.0) GO TO 91
      K=K+1
      AA(K)=HLA
175      ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
      NEL(K)=4*HLA=
      IS(K)=4
      91 CONTINUE
      IF(AM3A.EQ.-1.0) GO TO 93
      K=K+1
      AA(K)=AM3A
180      ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
      NEL(K)=4*AM3A=
      IS(K)=4
      185      93 CONTINUE
      DO 65 I=1,K
      CALL SYMBOL( ELX(I), ELY(I), 3.0, NEL(I), 0.0, IS(I))
      CALL WHERE( XDM, YDM, 0)
      CALL NUMBER( XDM, YDM, 3.0, AA(I), 0.0, 3)
190      ELX(I)=100.0
      K=0
      IF(EL6.LE.DEL) GO TO 87
      K=K+1
      AA(K)=EL6+AM
      ELY(K)=YSZ-60.0
195      NEL(K)=6
      K=K+1
      87 AA(K)=EL5
      ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
      IF(EL6.LE.DEL) ELY(K)=YSZ-60.0
      NEL(K)=5
      K=K+1
      AA(K)=EL4
      ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
205      NEL(K)=4
      K=K+1
      AA(K)=EL
      ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
      NEL(K)=3
      210 K=K+1
      AA(K)=EL2
      ELY(K)=ELY(K-1)+10
      NEL(K)=2
      K=K+1
      AA(K)=EL1
      ELY(K)=ELY(K-1)+10.0
215      NEL(K)=1
      DO 70 I=1,K
      CALL SYMBOL( ELX(I), ELY(I), 3.0, 2*EL, 0.0, 2)
      CALL WHERE( XDM, YDM, 0)
      CALL NUMBER( XDM, YDM, 3.0, FLOAT(NEL(I)), 0.0, -1)
      CALL WHERE( XDM, YDM, 1)
      CALL SYMBOL( XDM, YDM, 3.0, 1H=, 0.0, 1)
      CALL WHERE( XDM, YDM, 1)
      CALL NUMBER( XDM, YDM, 3.0, AA(I), 0.0, 3)
225      70 CONTINUE
      IF(ISW.EQ.1.OR.ISW.EQ.2) GO TO 91
      SIGA=AMAX1(SIGDD,0.0)

```

```

230      SIG8=AMAX1(SIGUU,0.0)
      AAMIN=AMIN1(SIG4,SIG8,0.0)
      AAMAX=AMAX1(SIGDD,SIGUU)
      AAMXN=AAMAX-AAMIN
      SCALE=YZZ/AAMXN
      ELX(1)=XD(1)
235      ELY(1)=YD(1)
      ELX(2)=ELX(1)
      ELY(2)=ELY(1)+SIGU*SCALE
      ELX(3)=XD(2)
      ELY(3)=YD(2)+SIGD*SCALE
240      ELX(4)=ELX(3)
      ELY(4)=YD(2)
      CALL PLOT( ELX(1), ELY(1), 3)
      DO 81 I=2,4
245      81 CALL PLOT( ELX(I), ELY(I), 2)
      CALL SYMBOL( ELX(2)+1.0, ELY(2), 3.0, 5HSIGU=, 0.0, 4)
      CALL SYMBOL( ELX(3)+1.0, ELY(3), 3.0, 5HSIGD=, 0.0, 4)
      ELX(1)=80.0
      ELY(1)=40.0
250      NEL(1)=5HSIGU=
      AAC(1)=SIGUU
      ELX(2)=ELX(1)
      ELY(2)=ELY(1)-10.0
      NEL(2)=5HSIGD=
      AAC(2)=SIGDD
255      ELX(3)=ELX(1)
      ELY(3)=ELY(2)-10.0
      NEL(3)=5H N =
      AAC(3)=AN
      N=3
260      IF(ISH.EQ.4) N=2
      DO 82 I=1,N
      CALL SYMBOL( ELX(I), ELY(I), 3.0, NEL(I), 0.0, 5)
      CALL WHERE( XDM, YDM, F)
265      82 CALL NUMBER( XDM, YDM, 3.0, AA(I), 0.0, 2)
      80 CONTINUE
      ELX(1)=0.0
      ELY(1)=0.0
      ELX(2)=XSZ
270      ELY(2)=ELY(1)
      ELX(3)=ELX(2)
      ELY(3)=YSZ
      ELX(4)=ELX(1)
      ELY(4)=ELY(3)
      CALL PLOT( ELX(1), ELY(1), 3)
275      DO 83 I=1,4
      I=I+1
      IF(J.GT.4) J=1
      CALL PLOT( ELX(J), ELY(J), 2)
280      83 CONTINUE
      IF(TSW.NE.7) GO TO 94
      CALL SYMBOL( 20.0, 40.0, 5.0, 20HDAM CANT BE DESIGNED, 0.0, 20)
285      94 CONTINUE
      CALL SYMBOL( 20.0, YSZ+1.0, 3.0, NAMFC, 0.0, 21)
      IF(TSW.EQ.7) GO TO 95
      CALL WHERE( XDM, YDM, F)

```

SUBROUTINE OUTPT1

74/74

OPT=1

FTN 4.4+R401

02/26/76 15.10.56.

PAGE

6

95

CALL SYMBOL(XDM, YDM, 3.0, INEAD(1, ISN), 0.0, 30)

CONTINUE

CALL SYMBOL(20.0, YDM+5.0, 3.0, ITITLE, 0.0, 80)

CALL PLOT(XSZ+10.0, 0.0, -3)

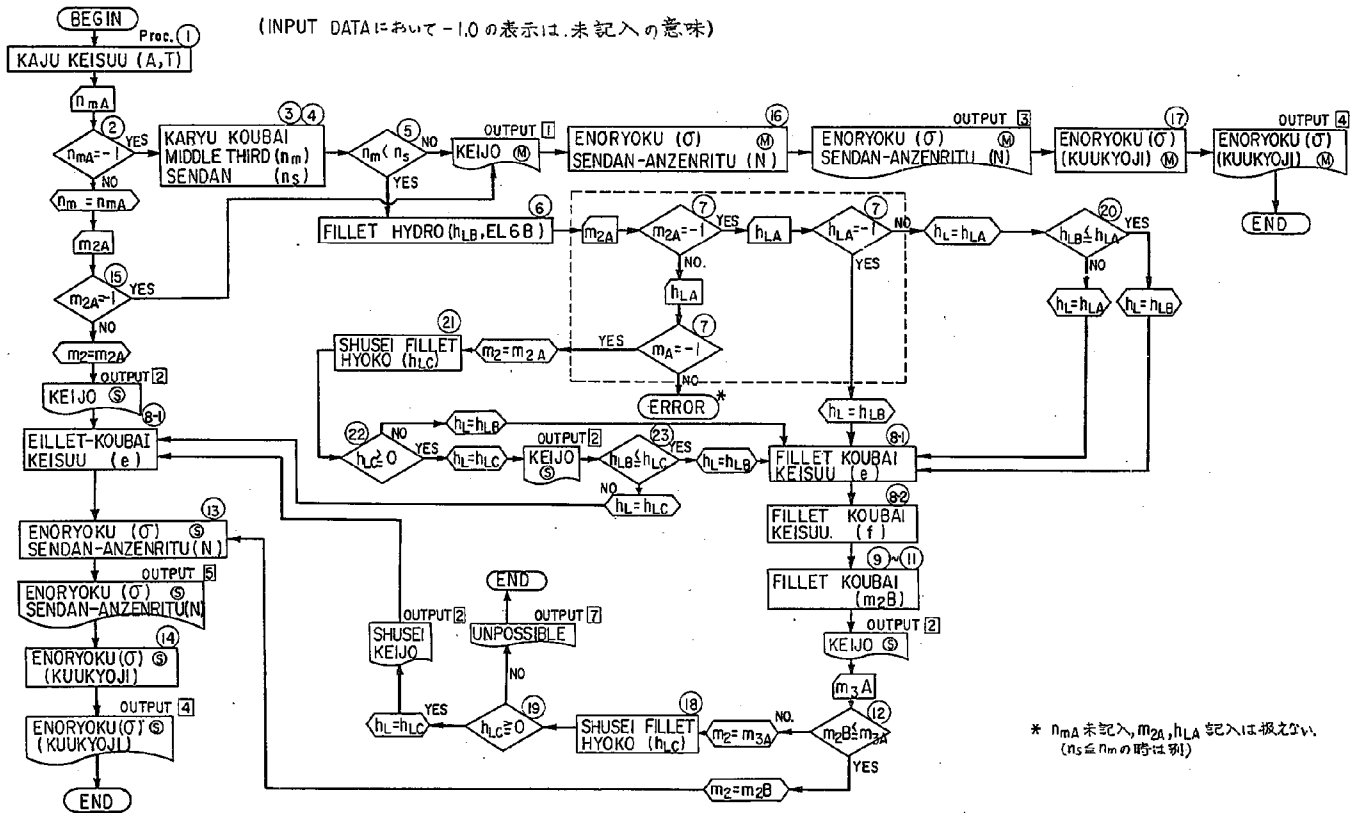
290

RETURN

END

付録-2 FLOWCHART

(INPUT DATAにおいて-1.0の表示は、未記入の意味)



* n_{mA} 未記入, m_{2A} , h_{LA} 記入は扱えない.
($n_5 \leq n_m$ の時は別)

付録 3. 計 算 式

Proc.1. KAJU KEISU(a, t)

$$H: a_1 = \frac{1}{2} W_w \cdot h_1^2$$

$$a_2 = \frac{1}{2} W_s \cdot c_e \cdot h_s^2$$

$$a_3 = \frac{1}{2} W_o \cdot k \cdot h_1^2$$

$$a_4 = \frac{7}{12} W_w \cdot k \cdot h_1'^2$$

$$\alpha = 1.45 \quad \theta = \tan^{-1} m_1 \quad C_m = -0.1033\theta^2 - 0.3024\theta + 0.73$$

$$R = \frac{\alpha \cdot C_m}{2}$$

$$a_5 = R \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2$$

$$V: a_6 = \frac{1}{2} W_w \cdot h_1^2$$

$$a_7 = \frac{1}{2} W_s \cdot h_s^2$$

$$a_8 = \frac{1}{2} W_o \cdot h_1^2$$

$$a_9 = -\frac{1}{2} W_w \{U_p h_1' + h_d (2 - U_p)\} h_1$$

$$a_{10} = -\frac{1}{10} W_w h_1 (h_1' + 9h_d)$$

$$a_{11} = -\frac{1}{2} W_w \xi (h_1' - h_d)$$

$$a_{12} = R \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2$$

$$M_H: t_1 = \frac{1}{6} W_w \cdot h_1^3$$

$$t_2 = \frac{1}{6} W_s \cdot c_e \cdot h_s^3$$

$$t_3 = \frac{1}{6} W_o \cdot k \cdot h_1^3$$

$$t_4 = \frac{7}{30} W_w \cdot k \cdot h_1'^3$$

$$\beta = 0.402$$

$$t_5 = R \beta \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^3$$

$$M_v: t_6 = \frac{1}{6} W_w \cdot h_1^3$$

$$t_7 = \frac{1}{6} W_s \cdot h_s^3$$

$$\begin{aligned}
t_8 &= \frac{1}{6} W_c \cdot h_1^3 \\
t_9 &= \frac{1}{2} W_c \cdot h_1^3 \\
t_{10} &= \frac{1}{3} W_c \cdot h_1^3 \\
t_{11} &= -\frac{1}{6} W_w \{ 3 h_d + U_p (h_1' - h_d) \} h_1^2 \\
t_{12} &= -\frac{1}{3} W_w \{ 3 h_d + U_p (h_1' - h_d) \} h_1^2 \\
t_{13} &= -\frac{1}{30} W_w h_1^2 (14 h_d + h_1') \\
t_{14} &= -\frac{1}{15} W_w h_1^2 (14 h_d + h_1') \\
t_{15} &= -\frac{1}{30} W_w \xi h_1 (h_1' - h_d) \\
t_{16} &= -\frac{1}{6} W_w \xi^2 (h_1' - h_d) \\
t_{17} &= R \beta \cdot W_w \cdot k \cdot h_1^3
\end{aligned}$$

goto proc.2

Proc. 2 HANTEI SEKKEI JOKEN (n_{mA})

if n _{mA} $\neq$ -1.0	のとき go to proc.15
if n _{mA} = -1.0	のとき go to proc.3

Proc. 3 KARYU KOUBAI (MIDDLE THIRD: n_m)

o in case of (m₁ = 0 and $\xi = 0$)

$$\begin{aligned}
b_1 &= \frac{2}{3} (a_8 + a_9) h_1 - t_8 - t_{11} \\
b_2 &= \left\{ \frac{2}{3} (a_6 + a_7 + 2a_8 + 2a_9) h_1 - t_9 - t_{12} \right\} m_1 - t_3 \\
b_3 &= \left\{ \frac{2}{3} (a_6 + a_7 + a_8 + a_9) h_1 - (t_6 + t_7 + t_{10} + t_{11}) \right\} m_1^2 - t_3 m_1 \\
&\quad - (t_1 + t_2 + t_4)
\end{aligned}$$

o in case of (m₁ = 0 and $\xi \neq 0$)

$$\begin{aligned}
b_1 &= \frac{2}{3} (a_8 + a_{10}) h_1 - t_8 - t_{13} \\
b_2 &= \left\{ \frac{2}{3} (a_6 + a_7 + 2a_8 + 2a_{10}) h_1 - t_9 - t_{14} \right\} m_1 + \frac{2}{3} a_{11} h_1 - t_3 - t_{15} \\
b_3 &= \left\{ \frac{2}{3} (a_6 + a_7 + a_8 + a_{10}) h_1 - (t_6 + t_7 + t_{10} + t_{13}) \right\} m_1^2 \\
&\quad + \left(\frac{2}{3} a_{11} h_1 - t_3 - t_{15} \right) m_1 - (t_1 + t_2 + t_4 + t_{16})
\end{aligned}$$

◦ in case of ($m_1 \neq 0$ and $\xi = 0$)

$$b_1 = \frac{2}{3} (a_8 + a_9) h_1 - t_8 - t_{11}$$

$$b_2 = \left\{ \frac{2}{3} (a_6 + a_7 + 2a_8 + 2a_9 + a_{12}) - t_9 - t_{12} \right\} m_1 - t_3$$

$$b_3 = \left\{ \frac{2}{3} (a_6 + a_7 + a_8 + a_9 + a_{12}) h_1 - (t_6 + t_7 + t_{10} + t_{11} + t_{17}) \right\} m_1^2 - t_8 m_1 - (t_1 + t_2 + t_5)$$

◦ in case of ($m_1 \neq 0$ and $\xi \neq 0$)

$$b_1 = \frac{2}{3} (a_8 + a_{10}) h_1 - t_8 - t_{13}$$

$$b_2 = \left\{ \frac{2}{3} (a_6 + a_7 + 2a_8 + 2a_{10} + a_{12}) h_1 - t_9 - t_{14} \right\} m_1 + \frac{2}{3} a_{11} h_1 - t_3 - t_{15}$$

$$b_3 = \left\{ \frac{2}{3} (a_6 + a_7 + a_8 + a_{10} + a_{12}) h_1 - (t_6 + t_7 + t_{10} + t_{13} + t_{17}) \right\} m_1^2 + \left\{ \frac{2}{3} a_{11} h_1 - (t_3 + t_{15}) \right\} m_1 - (t_1 + t_2 + t_5 + t_{16})$$

$$n_m = \frac{-b_2 + \sqrt{b_2^2 - 4b_1 b_3}}{2b_1}$$

go to proc.4

Proc.4 KARYU KUBAI (SENDAN: n_s)

◦ in case of ($m_1 = 0$ and $\xi = 0$)

$$c_1 = 4a_3 - (a_8 + a_9) f - \tau_0 h_1$$

$$c_2 = \tau_0 h_1 + (a_6 + a_7 + a_8 + a_9) f - 4a_3$$

$$c_3 = -4(a_1 + a_2 + a_4)$$

◦ in case of ($m_1 = 0$ and $\xi \neq 0$)

$$c_1 = 4a_3 - (a_8 + a_{10}) f - \tau_0 h_1$$

$$c_2 = \tau_0 h_1 + (a_6 + a_7 + a_8 + a_{10}) f - 4a_3$$

$$c_3 = a_{11} f - 4(a_1 + a_2 + a_4)$$

◦ in case of ($m_1 \neq 0$ and $\xi = 0$)

$$c_1 = 4a_3 - (a_8 + a_9) f - \tau_0 h_1$$

$$c_2 = \tau_0 h_1 + (a_6 + a_7 + a_8 + a_9 + a_{12}) f - 4a_3$$

$$c_3 = -4(a_1 + a_2 + a_5)$$

◦ in case of ($m_1 \neq 0$ and $\xi \neq 0$)

$$c_1 = 4a_3 - (a_8 + a_{10}) f - \tau_0 h_1$$

$$c_2 = \tau_0 h_1 + (a_6 + a_7 + a_8 + a_{10} + a_{12}) f - 4a_3$$

$$c_3 = a_{11} f - 4 (a_1 + a_2 + a_3)$$

$$n_s = \frac{1}{c_1} (c_2 m_1 + c_3)$$

go to proc. 5

Proc.5 HANTEI

$$D_1 = n_m - n_s$$

if $D_1 \geq 0$ のとき goto output 1 and proc.16

if $D_1 < 0$ のとき goto proc. 6

Proc.6 FILLET HYOKO (h_{LB})

$$E = \tau_0 (m_1 + n_m) h_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) + f \Sigma V - 4 \Sigma H$$

$$\text{ただし } \Sigma V = V_W + V_S + V_C + V_U + V_D$$

$$\Sigma H = H_W + H_S + H_C + H_D$$

$i = 1$ より計算を初め $E_1 < 0$ の時は $i = i + 1$ として計算を進め、初めて $E_1 \geq 0$ となる時の i を i_n とする。

その時

$$h_{LB} = h_1 \left(1 - \frac{i_n}{h_1}\right)$$

$$EL_6 B = EL_1 + h_1 - h_{LB} \quad \text{とする。}$$

◦ every case

$$1 - \frac{i}{h_s} < 0 \quad \text{のとき} \quad 1 - \frac{i}{h_s} = 0$$

$$1 - \frac{i}{h_{1'}} < 0 \quad \text{のとき} \quad 1 - \frac{i}{h_{1'}} = 0$$

$$1 - \frac{i}{h_d} < 0 \quad \text{のとき} \quad 1 - \frac{i}{h_d} = 0$$

$$V_W = a_6 m_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

$$V_S = a_7 m_1 \left(1 - \frac{i}{h_s}\right)^2$$

$$V_C = a_8 (m_1 + n_m) \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

$$H_W = a_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

$$H_S = a_2 \left(1 - \frac{i}{h_s}\right)^2$$

$$H_C = a_3 (m_1 + n_m) \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

◦ in case of $(m_1 = 0 \text{ and } \xi = 0)$

$$V_U = -\frac{1}{2} W_w (m_1 + n_m) \{ U_p h_1' \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) + h_d \left(1 - \frac{i}{h_d}\right) (2 - U_p) \} h_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)$$

$$V_D = 0$$

$$H_D = a_4 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

◦ in case of $(m_1 = 0 \text{ and } \xi \neq 0)$

$$V_U = \left[-\frac{1}{10} h_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) \{ h_1' \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) + 9 h_d \left(1 - \frac{i}{h_d}\right) \} (m_1 + n_m) \right. \\ \left. - \frac{1}{2} \xi \{ h_1' \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) - h_d \left(1 - \frac{i}{h_d}\right) \} \right] W_w$$

$$V_D = 0$$

$$H_D = a_4 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

◦ in case of $(m_1 \neq 0 \text{ and } \xi = 0)$

$$V_U = -\frac{1}{2} W_w (m_1 + n_m) \{ U_p h_1' \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) + h_d \left(1 - \frac{i}{h_d}\right) (2 - U_p) \} h_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)$$

$$V_D = a_{12} \cdot m_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

$$H_D = a_5 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

◦ in case of $(m_1 \neq 0 \text{ and } \xi \neq 0)$

$$V_U = \left[-\frac{1}{10} h_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) \{ h_1' \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) + 9 h_d \left(1 - \frac{i}{h_d}\right) \} (m_1 + n_m) \right. \\ \left. - \frac{1}{2} \xi \{ h_1' \left(1 - \frac{i}{h_1}\right) - h_d \left(1 - \frac{i}{h_d}\right) \} \right] W_w$$

$$V_D = a_{12} \cdot m_1 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

$$H_D = a_5 \left(1 - \frac{i}{h_1}\right)^2$$

goto proc.7

Proc.7 HANTEI SEKKI-JOKEN (m_{2A} , h_{LA})

if $m_{2A} \neq -1.0$ のとき goto proc.21

if $h_{LA} \neq -1.0$ のとき goto proc.20

if m_{2A} , $h_{LA} = -1.0$ のとき goto proc.8-1 (ただし $h_L = h_{LB}$)

Proc. 8-1 FILLET KOUBAI KEISUU(e)

$$e_1 = \frac{1}{2} W_o k (h_1 - h_L)^2$$

$$e_2 = -\frac{1}{2} W_w h_L^2$$

$$e_3 = \frac{1}{2} W_s (2h_s + h_L - h_1) (h_1 - h_L)$$

$$e_4 = \frac{1}{2} W_s (h_s + h_L - h_1)^2$$

$$e_5 = \frac{1}{2} W_o (h_1 - h_L)^2$$

$$e_6 = -\frac{1}{2} W_w \{U_p h_1' + h_d (2 - U_p)\} (h_1 - h_L)$$

$$e_7 = -\frac{1}{10} W_w (h_1' + 9h_d)$$

goto proc. 8-2

or

goto proc. 13

Proc. 8-2 FILLET KOUBAI KEISUU(f)

o in case of ($m_1 = 0$ and $\xi = 0$)

when $h_s \leq h_1 - h_L$

$$f_1 = 4e_1 - \tau_0 h_1 + \tau_0 h_L - (a_6 + e_2 + a_7 + e_5 + e_6) f$$

$$f_2 = \tau_0 h_1 \cdot n_m + \tau_0 h_L m_1 + f \{-e_2 m_1 + a_8 (n_m + m_1) - e_5 \cdot m_1 + a_9 (n_m + m_1) - e_6 m_1\} - 4 \{a_1 + a_2 + a_3 (n_m + m_1) - e_1 m_1 + a_4\}$$

when $h_s > h_1 - h_L$

$$f_1 = 4e_1 - \tau_0 (h_1 - h_L) - (a_6 + e_2 + e_3 + e_5 + e_6) f$$

$$f_2 = \tau_0 h_s \cdot n_m + \tau_0 h_L \cdot m_1 + f \{-e_2 m_1 + a_8 (n_m + m_1) - e_4 m_1 + a_9 (n_m + m_1) - e_5 m_1 - e_6 m_1\} - 4 \{a_1 + a_2 + a_3 (n_m + m_1) - e_1 m_1 + a_4\}$$

$$\text{if } h_L \geq \frac{h_1}{2} \quad \text{goto proc. 9}$$

$$\text{if } h_L < \frac{h_1}{2} \quad \text{goto proc. 10}$$

o in case of ($m_1 = 0$ and $\xi \neq 0$)

when $h_s \leq h_1 - h_L$

$$f_1 = 4e_1 - \tau_0 (h_1 - h_L) - \{a_6 + e_2 + a_7 + e_5 + e_7 (h_1 - h_L)\} f$$

$$f_2 = \tau_0 (h_1 n_m + h_L m_1) + f \{a_8 (n_m + m_1) + a_{11} - (e_2 + e_5) m_1 + e_7 (h_1 n_m + h_L m_1)\} - 4 \{a_1 + a_2 + a_3 (n_m + m_1) - e_1 m_1 + a_4\}$$

when $h_s > h_1 - h_L$

$$f_1 = 4e_1 - \tau_0(h_1 - h_L) - \{a_6 + e_2 + e_3 + e_5 + e_7(h_1 - h_L)\}f$$

$$f_2 = \tau_0(h_1 \cdot n_m + h_L \cdot m_1) + f \{a_8(n_m + m_1) + a_{11} - (e_2 + e_4 + e_5)m_1 + e_7(h_1 \cdot n_m + h_L \cdot m_1)\} - 4 \{a_1 + a_2 + a_3(n_m + m_1) - e_1 m_1 + a_4\}$$

$$\text{if } h_L \geq \frac{h_1}{2} \quad \text{goto proc. 9}$$

$$\text{if } h_L < \frac{h_1}{2} \quad \text{goto proc. 10}$$

o in case of $(m_1 \neq 0 \text{ and } \xi = 0)$

when $h_s \leq h_1 - h_L$

$$f_1 = 4e_1 - \tau_0(h_1 - h_L) - \{a_6 + e_2 + a_7 + e_5 + e_8\}f$$

$$f_2 = \tau_0(h_1 \cdot n_m + h_L \cdot m_1) + f \{(a_8 + a_9)(n_m + m_1) - m_1(e_2 + e_5 + e_6 + a_{12})\} - 4 \{a_1 + a_2 + a_3(n_m + m_1) - e_1 m_1 + a_5\}$$

when $h_s > h_1 - h_L$

$$f_1 = 4e_1 - \tau_0(h_1 - h_L) - \{a_6 + e_2 + e_3 + e_5 + e_8\}f$$

$$f_2 = \tau_0(h_1 \cdot n_m + h_L \cdot m_1) + f \{(a_8 + a_9)(n_m + m_1) - m_1(e_2 + e_4 + e_5 + e_6 + a_{12})\} - 4 \{a_1 + a_2 + a_3(n_m + m_1) - e_1 m_1 + a_5\}$$

goto proc.11

o in case of $(m_1 \neq 0 \text{ and } \xi \neq 0)$

when $h_s \leq h_1 - h_L$

$$f_1 = 4e_1 - \tau_0(h_1 - h_L) - \{a_6 + e_2 + a_7 + e_5 + e_7(h_1 - h_L)\}f$$

$$f_2 = \tau_0(h_1 \cdot n_m + h_L \cdot m_1) + f \{a_8(n_m + m_1) + a_{11} - (e_2 + e_5)m_1 + e_7(h_1 \cdot n_m + h_L \cdot m_1) - a_{12} m_1\} - 4 \{a_1 + a_2 + a_3(n_m + m_1) - e_1 m_1 + a_5\}$$

when $h_s > h_1 - h_L$

$$f_1 = 4e_1 - \tau_0(h_1 - h_L) - \{a_6 + e_2 + e_3 + e_5 + e_7(h_1 - h_L)\}f$$

$$f_2 = \tau_0(h_1 \cdot n_m + h_L \cdot m_1) + f \{a_8(n_m + m_1) + a_{11} - (e_2 + e_4 + e_5)m_1 + e_7(h_1 \cdot n_m + h_L \cdot m_1) - a_{12} m_1\} - 4 \{a_1 + a_2 + a_3(n_m + m_1) - e_1 m_1 + a_5\}$$

goto proc.11

Proc.9 FILLET KOUBAI:m_{2B}(l)

$$m_{2B} = \frac{f_2}{f_1}$$

(m₂=m_{2B}) goto output2 and proc.12

Proc. 10 FILLET KUBAI: m_{2B}(III)

$$m_2' = \frac{f_2}{f_1}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ m_2' + \frac{h_L}{h_1} (m_1 - m_2') \right\}$$

$$C_{m1} = -0.1033\theta^2 - 0.3024\theta + 0.73$$

$$R_1 = 1.45 \times 0.5 \times C_{m1}$$

$$\Delta m_2 = \frac{4}{f_1} (a_4 - R_1 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2) + \frac{f}{f_1} \cdot R_1 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2 \cdot \tan \theta$$

$$m_{2B} = m_2' + \Delta m_2$$

goto output 2 (m₂=m_{2B})
and proc.12

Proc. 11 FILLET KUBAI: m_{2B}(IV)

$$m_2' = \frac{f_2}{f_1}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ m_2' + \frac{h_L}{h_1} (m_1 - m_2') \right\}$$

$$C_{m1} = -0.1033\theta^2 - 0.3024\theta + 0.73$$

$$R_1 = 1.45 \times 0.5 \times C_{m1}$$

$$\Delta m_2 = \frac{4}{f_1} (a_5 - R_1 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2) + \frac{f}{f_1} (R_1 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2 \cdot \tan \theta - a_{12} \cdot m_1)$$

$$m_{2B} = m_2' + \Delta m_2$$

goto output 2 (m₂=m_{2B})
and proc.12

proc. 12 HANTEI SEKKEI JOKEN(m_{3A})

if m_{2B} - m_{3A} ≤ 0 のとき goto proc.13(m₂=m_{2B})

if m_{2B} - m_{3A} > 0 のとき goto proc.18(m₂=m_{3A})

Proc. 13 EN-ORYOKU(SENDAN) and SENDAN-ANZENRITU

$$\Sigma M = M_{HW} + M_{HS} + M_{HC} + M_{HD} + M_{VW} + M_{VS} + M_{VC} + M_{VU} + M_{VD}$$

$$\Sigma V = V_W + V_S + V_C + V_U + V_D$$

$$\Sigma H = H_W + H_S + H_C + H_D$$

$$B = h_1 (n_m + m_2) + h_L (m_1 - m_2)$$

$$e = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} - \frac{1}{2} B$$

$$\sigma_u = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$\sigma_d = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

SENDAN ANZENRITU(N)

$$N = \frac{\tau_0 B + f \Sigma V}{\Sigma H}$$

goto output 5
and
proc. 14

o every case

$$M_{HW} = t_1$$

$$M_{HS} = t_2$$

$$M_{HC} = \frac{k W_C}{6} \{ h_1^3 n_m + (h_L^3 - 3h_1 h_L^2 + 3h_1^2 h_L) m_1 + (h_1 - h_L)^3 m_2 \}$$

$$M_{VW} = \frac{W_W}{6} \{ h_L^3 m_1^2 + 3(h_1 - h_L) h_L^2 \cdot m_1 \cdot m_2 + (h_1 - h_L)^2 (h_1 + 2h_L) \cdot m_2^2 \}$$

$$M_{VC} = \frac{W_C}{6} \{ h_1^3 (n_m + m_2)(n_m + 2m_2) + 3h_1^2 h_L (n_m + 2m_2)(m_1 - m_2) \\ + 3h_1 h_L^2 (2m_2 - m_1)(m_2 - m_1) - h_L^3 (m_1 - m_2)(m_1 - 2m_2) \}$$

$$V_W = a_6 m_2 + e_2 (m_2 - m_1)$$

$$V_C = a_3 (n_m + m_1) + e_3 (m_2 - m_1)$$

$$H_W = a_1$$

$$H_S = a_2$$

$$H_C = a_3 (n_m + m_1) + e_1 (m_2 - m_1)$$

$$\text{when } h_s \leq h_1 - h_L$$

$$M_{VS} = t_7 \cdot m_2^2$$

$$V_S = a_7 \cdot m_2$$

$$\text{when } h_s > h_1 - h_L$$

$$M_{VS} = \frac{1}{6} W_s \{ (h_s - h_1 + h_L)^3 m_1^2 + 3(h_1 - h_L)(h_s - h_1 + h_L)^2 m_1 m_2 \\ + (h_1 - h_L)^2 (3h_s - 2h_1 + 2h_L) m_2^2 \}$$

$$V_S = e_3 m_2 + e_4 m_1$$

$$\text{when } m_1 = 0 \text{ and } h_L \geq \frac{h_1}{2}$$

$$M_{HD} = t_4$$

$$M_{VD} = 0$$

$$H_D = a_4$$

$$V_D = 0$$

when $m_1 \neq 0$ or $m_1 = 0$ and $h_L < \frac{h_1}{2}$

$$M_{HD} = R_1 \cdot 0.402 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^3$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot 1.45 \{ -0.1033\theta^2 - 0.3024\theta + 0.73 \}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ m_2 + \frac{h_L}{h_1} (m_1 - m_2) \right\}$$

$$H_D = R_1 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2$$

$$M_{VD} = R_1 \cdot 0.402 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^3 \tan^2 \theta$$

$$V_D = R_1 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2 \tan \theta$$

when $\xi = 0$

$$M_{VU} = -\frac{1}{6} W_w \{ U_p h_1' + h_d (2 - U_p) \} \{ h_1 (n_m + m_1) + (h_1 - h_L) (m_2 - m_1) \}^2$$

$$V_U = a_9 (n_m + m_1) + e_6 (m_2 - m_1)$$

when $\xi \neq 0$

$$M_{VU} = -\frac{1}{30} W_w \{ (14hd + h_1') (B - \xi)^2 + (27hd + 3h_1') (B - \xi) \xi + (8hd + 7h_1') \xi^2 \}$$

$$V_U = e_7 \{ h_1 (n_m + m_2) + h_L (m_1 - m_2) \} + a_{11}$$

proc. 14 EN-ORYOKU (RESERVOIR IS EMPTY)

$$\Sigma M = -\frac{k_e}{k} M_{HC} + M_{VC}, \quad \Sigma V = V_C, \quad B = h_1 (n_m + m_2) + h_L (m_1 - m_2), \quad e = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} - \frac{1}{2} B$$

$$\sigma_u = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right), \quad \sigma_d = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$$

goto output 4

Proc. 15 HANTEI SEKKEI JOKEN (m_{2A})

if $m_{2A} \neq -1.0$ のとき goto(output 2, proc. 8-1, proc. 13)

このとき $m_2 = m_{2A}$, $n_m = n_{mA}$, $h_L = h_{LA}$

if $m_{2A} = -1.0$ のとき goto(output 1, proc. 16) このとき $n_m = n_{mA}$

Proc. 16 EN-ORYOKU (MIDDLE THIRD) and SENDAN-ANZENRITU

$$\Sigma M = M_{HW} + M_{HS} + M_{HC} + M_{VW} + M_{VS} + M_{VC} + M_{HD} + M_{VU} + M_{VD}$$

$$\Sigma V = V_W + V_S + V_C + V_U + V_D$$

$$\Sigma H = H_w + H_s + H_c + H_D$$

$$B = h_1 (n_m + m_1), \quad e = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} - \frac{B}{2}, \quad \sigma_u = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right), \quad \sigma_d = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right),$$

$$N = \frac{\tau_0 B + f \Sigma V}{\Sigma H}$$

goto output 3, proc.17

o every case

$$M_{HW} = t_1, M_{HS} = t_2, M_{HC} = t_3 (n_m + m_1), M_{VW} = t_6 m_1^2, M_{VS} = t_7 m_1^2,$$

$$M_{VC} = t_8 n_m^2 + t_9 n_m m_1 + t_{10} m_1^2, V_W = a_6 m_1, V_S = a_7 m_1, V_C = a_8 (n_m + m_1)$$

$$H_W = a_1, H_S = a_2, H_C = a_3 (n_m + m_1)$$

o in case of ($m_1 = 0$ and $\xi = 0$)

$$M_{HD} = t_4, M_{VU} = t_{11} (n_m^2 + m_1^2) + t_{12} n_m m_1, M_{VD} = 0, V_U = a_9 (n_m + m_1),$$

$$V_D = 0, H_D = a_4$$

o in case of ($m_1 = 0$ and $\xi \neq 0$)

$$M_{HD} = t_4, M_{VU} = t_{13} (n_m^2 + m_1^2) + n_m (t_{14} m_1 + t_{15}) + t_{16} m_1 + t_{16}, M_{VD} = 0,$$

$$V_U = a_{10} (n_m + m_1) + a_{11}, V_D = 0, H_D = a_4$$

o in case of ($m_1 \neq 0$ and $\xi = 0$)

$$M_{HD} = t_5, M_{VU} = t_{11} (n_m^2 + m_1^2) + t_{12} n_m m_1, M_{VD} = t_{17} m_1^2, V_U = a_9 (n_m + m_1),$$

$$V_D = a_{12} m_1, H_D = a_5$$

o in case of ($m_1 \neq 0$ and $\xi \neq 0$)

$$M_{HD} = t_5, M_{VU} = t_{13} (n_m^2 + m_1^2) + t_{14} n_m m_1 + t_{15} (n_m + m_1) + t_{16}, M_{VD} = t_{17} m_1^2,$$

$$V_U = a_{10} (n_m + m_1) + a_{11}, V_D = a_{12} m_1, H_D = a_5$$

Proc. 17 EN-ORYOKU (RESERVOIR IS EMPTY)

$$\Sigma M = - \frac{k_0}{k} M_{HC} + M_{VC}$$

$$\Sigma V = V_c$$

$$B = h_1 (n_m + m_1)$$

$$e = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} - \frac{B}{2}$$

$$\sigma_u = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$$

$$\sigma_d = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$$

goto output 4

$$F = 4 - \frac{\tau_0 \{ (h_1 (n_m + m_2) + h_L' (m_1 - m_2)) + f \Sigma V \}}{\Sigma H}$$

但し, $\Sigma V = V_W + V_S + V_C + V_U + V_D$

$\Sigma H = H_W + H_S + H_C + H_D$ である。

ここで, $h_L' = 0$ より計算を初め, $F < 0$ の時は $h_L' = h_L' + 1$ として計算を進め, 初めて $F \geq 0$ となった時の h_L' を h_{0L}' とする。

この時

$$h_{LC} = h_{0L}' - 1$$

とする。

ここで V_W , H_W 等は下記の値となる。

○ every case

$$V_W = a_6 \cdot m_2 + (m_2 - m_1) \left(-\frac{1}{2} W_W h_L'^2 \right)$$

$$V_C = a_8 (n_m + m_1) + (m_2 - m_1) \cdot \frac{1}{2} W_C (h_1 - h_L')^2$$

$$H_W = a_1$$

$$H_S = a_2$$

$$H_C = a_3 (n_m + m_1) + \frac{1}{2} W_C k (h_1 - h_L')^2 (m_2 - m_1)$$

$$\text{when } h_s \leq h_1 - h_L'$$

$$V_S = a_7 \cdot m_2$$

$$\text{when } h_s > h_1 - h_L'$$

$$V_S = \frac{1}{2} W_s (2h_s + h_L' - h_1) (h_1 - h_L') m_2 + \frac{1}{2} m_1 W_s (h_s - h_1 + h_L')^2$$

$$\text{when } m_1 = 0 \text{ and } h_L' \geq \frac{h_1}{2}$$

$$H_D = a_4$$

$$V_D = 0$$

$$\text{when } m_1 \neq 0 \text{ or } m_1 = 0 \text{ and } h_L' < \frac{h_1}{2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ m_2 + \frac{h_L'}{h_1} (m_1 - m_2) \right\}$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot 1.45 \{ -0.1033 \theta^2 - 0.3024 \theta + 0.73 \}$$

$$H_D = R_1 \cdot W_w \cdot k \cdot h_1'^2$$

$$V_D = H_D \cdot \tan \theta$$

when $\xi=0$

$$V_U = a_9 (n_m + m_1) - \frac{1}{2} W_w (m_2 - m_1) (h_1 - h_L') \{U_p h_1' + h_d (2 - U_p)\}$$

when $\xi \neq 0$

$$V_U = -\frac{1}{10} W_w (h_1' + 9h_d) \{h_1 (n_m + m_2) + h_L' (m_1 - m_2)\} + a_{11}$$

goto proc.19

proc.19 HANTEI (h_{LC}の1)

if $h_{Lc} \geq 0$ のとき $h_L = h_{Lc}$ として goto output 2, proc.8-1, proc.13

if $h_{Lc} < 0$ のとき goto output 7

proc.20 HANTEI

$$D_2 = h_{LA} - h_{LB}$$

if $D_2 \geq 0$ のとき $h_L = h_{LB}$

if $D_2 < 0$ のとき $h_L = h_{LA}$

} として

goto proc.8-1

proc.21 SHUSEI FILLET HYOKO (h_{LO})

proc.18 と同じ式で h_{Lc} を求める。

ただし, $m_2 = m_{2A}$

proc.22 HANTEI (h_{LC}2)

if $h_{Lc} \geq 0$ のとき $h_L = h_{Lc}$ として goto output 2 and proc.23

if $h_{Lc} < 0$ のとき $h_L = h_{LB}$ として goto proc.8-1

proc.23 HANTEI

$$D_3 = h_{Lc} - h_{LB}$$

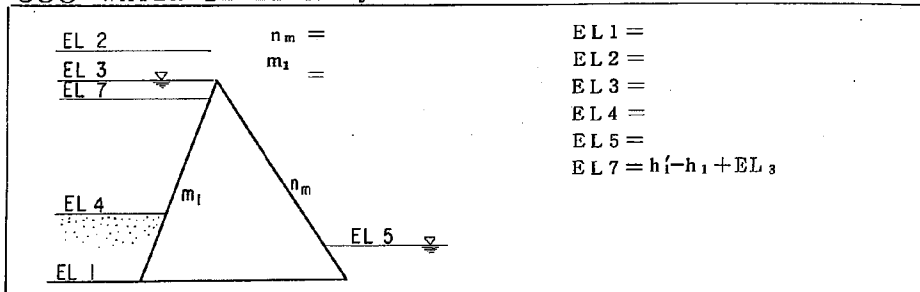
if $D_3 \geq 0$ のとき $h_L = h_{Lc}$ として goto proc.8-1

if $D_3 < 0$ のとき $h_L = h_{LC}$ として goto proc.8-1, proc.13

output 1

ダム名

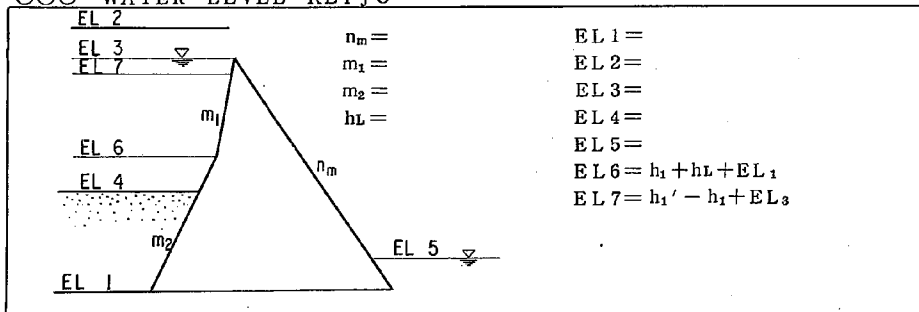
〇〇〇 WATER LEVEL KEIJO



output 2

ダム名

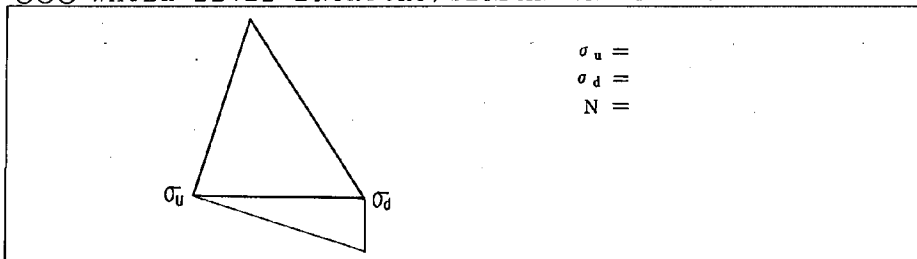
〇〇〇 WATER LEVEL KEIJO



output 3

ダム名

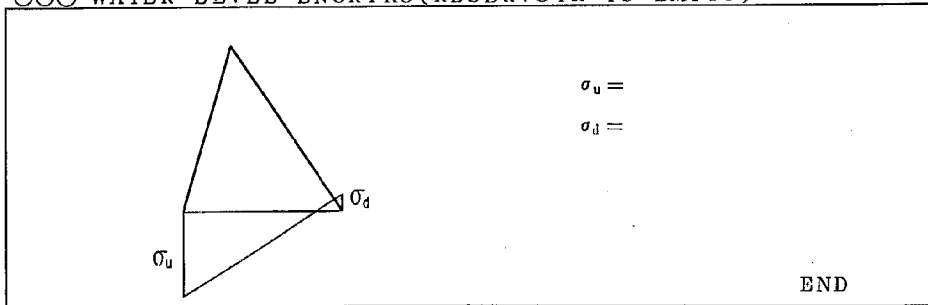
〇〇〇 WATER LEVEL ENORYOKU, SENDAN ANZENRITU



output 4

ダム名

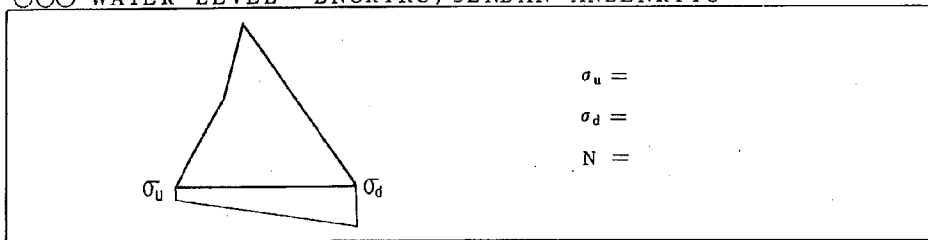
〇〇〇 WATER LEVEL ENÖRYKU (RESERVOIR IS EMPTY)



output 5

ダム名

〇〇〇 WATER LEVEL ENÖRYKU, SENDAN-ANZENRITU



output 7

ダム名

〇〇〇 WATER LEVEL

"DAM CANT BE DESIGNED"

END