

# 電子計算機とその応用(8)

## 土木一般における応用例

土木学会編集部

### その1 建設省土木研究所における応用例

#### A. 道路研究室関係

プログラム	開発者	機械	文献
1. 道路土工量計算	建設省道路局 日建コンサルタント	FACOM 128 B	高速道路 Vol. II. No. 9

中央自動車道の土工量計算のためのもの。盛土高によってよう壁を使用する場合などが考えられている。

100 m ごとの断面をとると、道路延長 1 km につき 25 分の計算時間である。

2. 将来希望線の予測	建設省土木研究所 日本技術開発	NEAC -2203	
-------------	--------------------	---------------	--

O D 調査(起終点調査)の結果として、現在交通の希望線、あるいは流動三角表が画ける。これに対し将来において各ゾーンの起終点数の変化が起こったときは希望線交通量は当然現在と異なったものとなる。この調整計算にもちいられる Fratar 法、平均法、Detroit 法のプログラムで、最大 50 個のゾーンまで可能である。東海道の O D 調査、20 ゾーンに応用したとき、計算時間 6~10 分、タイプ時間 5~6 分であった。

3. 道路網への交通量配分	日本道路公団星野 日建コンサルタント	FACOM 128 B	道路 1960.9 月号
---------------	-----------------------	----------------	-----------------

O D 調査結果から交通量を道路網を構成する各道路区間に割り当てるものである。京浜間の道路網で応用された。

#### B. 河川研究室関係

##### 1. 不等流計算

河川名 川内川  
使用機種 FACOM 128 B  
使用時間 150 分  
人力による場合 推定 40 man-day

##### 2. 不等流計算

河川名 五箇瀬川

使用機種 FACOM 128 B  
使用時間 450 分  
人力による場合 推定 120 man-day

### 3. 利根川潮止め水門による下流部への影響調査

河川名 利根川  
使用機種 FACOM 128 B  
金額 239 908 円(機械使用料のみ)  
人力による場合 推定 360 man-day

方法 
$$\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} - i + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 u |u|}{R^{4/3}} = 0,$$
  
$$\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x}$$
 の 2 式を適当な差分方程式

式になおす。境界条件は上流端で流入流量一定、下流端で  $A \sin \omega t + B \sin 2 \omega t$  型の朔望潮位変動を与える。これによって  $x-t$  平面上で水位、流量を求めることができる。

#### C. ダム構造研究室関係

##### 1. 不等厚アーチ ダムのクラウン カンチレバー法

###### (1) 概要

アーチは 6 標高にとり、クラウン カンチレバーのラジアル アジャストを行なって荷重を配分し、6 標高のクラウンおよびアバットメントの各上下流面応力を求めるプログラムで、荷重としては静水圧、動水圧、堆砂圧、地震、温度荷重、初期条件としては頂部切欠きのあるなし、ダムの形状、コンクリートおよび岩盤のヤング率、ポアソン比、コンクリートの熱膨張係数だけを与えればよい。したがって、基礎の面積係数、岩盤常数などはすべて機械内部で計算を行なうように仕組まれている。

なお、このプログラムは不等厚アーチに対して組立てられたが、等厚アーチももちろん可能である。

###### (2) 入力データ

(a) 形状に関するもの  $Z_i$  (アーチ標高),  $r_i$  (アーチ半径),  $R_a$  (アーチ中心から axis までの距離),  $T_{of}$  (クラウンの厚さ),  $T_{ai}$  (アバットの厚さ),  $\phi_A$  (中心角ラジアン)。

(b) 荷重に関するもの  $H_0$  (静水深),  $H_d$  (動水深),  $H_s$  (堆砂深),  $\rho_c$  (コンクリート単位重量),  $\rho_0$  (貯水単位重量),  $\rho_s$  (堆砂水中重量),  $k$  (地震係数),  $C_e$  (土圧係数),  $t_i$  (温度荷重)。

(c) 弾性常数  $E_c$  (コンクリートのヤング率),  $E_{Rf}$  (基礎岩盤のヤング率),  $\nu_c$  (コンクリートのポアソン比),  $\nu_{Rf}$  (基礎岩盤のポアソン比),  $C$  (コンクリートの熱膨張係数)。

ただし、サフィックスでは 6 標高について異なった値をとり得るものとする。また各アーチ標高は等間隔である必要はないが中間標高は必ずその真中の値にする。

図-1 (a)

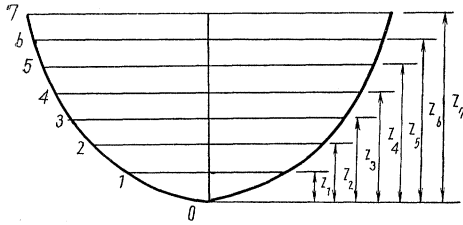


図-1 (b)

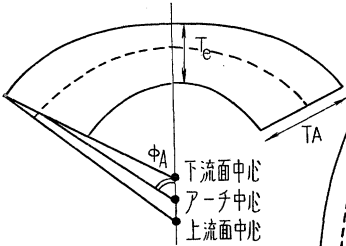
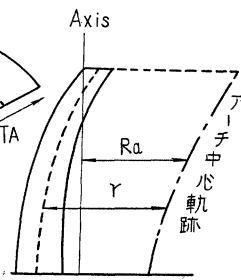


図-1 (c)



(d) 計算過程 機械内部ではダム形状計算, 荷重計算, 岩盤変形常数, 初期たわみ, アーチおよびカンチレバーの単位たわみ, 温度常数および温度荷重によるたわみ, 荷重分割, 応力計算を行ない, 次の出力データを打ち出してくる。

(3) 出力データ

カンチレバー単位たわみ, アーチ単位たわみ, 分担荷重, スラスト, 曲げモーメント, せん断力, 上下流面応力。

入力データ様式 (不等厚アーチ)

No.	$z_n$	$r_n$	$R_{an}$	$T_{cn}$	$T_{An}$	$\phi_{An}$	
						Radian	Degree
7.0	116	184.35	188.3	7.9	7.9	0.9409069	53°~55'
6.5	113	183.675	187.043	8.2	8.2	0.9443103	54°~06'
6.0	110	183.0	185.786	8.5	8.5	0.9477138	54°~18'
5.5	100	179.9375	180.7835	9.5	9.68	0.9590583	54°~51'
5.0	90	175.25	174.156	10.5	11.22	0.9651671	55°~18'
4.5	80	168.9375	165.9035	11.5	13.12	0.9680838	55°~03'
4.0	70	161.0	156.026	12.5	15.38	0.9459685	54°~12'
3.5	60	151.4375	144.5835	13.5	18.00	0.9206612	52°~45'
3.0	50	140.25	131.936	14.5	20.64	0.8901179	51°~00'
2.5	40	128.25	118.956	15.5	22.96	0.8595747	49°~15'
2.0	30	116.25	106.456	16.5	24.96	0.8290314	47°~30'
1.5	20	104.25	94.436	17.5	26.64	0.7984881	45°~45'
1.0	10	92.25	82.896	18.5	28.00	0.7679449	44°~00'
0.5	5	87.4375	78.4935	19.0	28.56	0.7428551	42°~34'
0.0	0	85.0	76.586	19.5	29.04	0.6981317	40°~00'

$H_0 : 116$	$H_d : 114$	$H_s : 52$					
$\rho_0 : 235$	$\rho_0 : 1.0$	$\rho_s : 1.0$		6	5	4	3
$k : 0.12$	$C_e : 0.4$			$t_n$	0	0	0
					0	0	0
$E_c : 2.5 \times 10^5$	$\nu_c : 0.2$	$\nu_R : 0.2$	$C = 10 \times 10^{-5}$				
$n$	6	5	4	3	2	1	0
$E_{R_n}$	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$5 \times 10^5$

(4) 計算機

プログラムは FACOM 128 B についてはすでに完成し, いままで不等厚 50 ケース, 等厚 20 ケースくらいの計算を行なった。なお, NEAC 2203 についてはプログラム準備中とのことである。

計算時間は FACOM 128 B によるときは不等厚は約 60 分, 等厚は約 40 分である (FACOM 128 B は 1 時間 150 円)。

なお, 人力によって計算するとき, 不等厚 150 人時間, 等厚は表を用いて 80 人時間ぐらいを要する。

2. 自重応力計算

(1) 二心不等厚アーチ ダムのサイドカンチレバーの自重応力計算を, 図-3 の入力データのもとに行なうものでカンチレバーの切り出し方により二つの種類がある。

(2) 種類

第一種 (図-2(a)) に示すように, 各代表アーチのアバットに立つカンチレバーの計算を行なう。ここで  $\phi_0 = 0$  にするとクラウンカンチレバーの計算を行なう。

第二種 (図-2(b)) に示すように, ダム軸にそってのクラウンからの距離を指定して, サイドカンチレバーの位置をきめ, これの応力計算を行なう。第一種を下から切り出すものとみなせば, 第二種は上から切り出すものに相当する。入力データは 図-3 に加えて  $S_1 S_2 \dots$

$S_n$  の値を記入したものをを用いる。たとえば  $S_1 = 7.5, S_2 = 22.5, S_3 = 37.5$  と記入すると 15 m ブロックのジョイントの面の応力計算を行なうことになる。

(3) 計算内容

図-2(a) 第一種

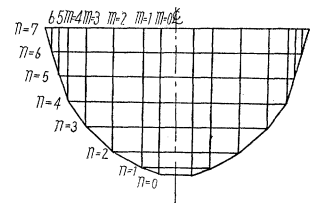
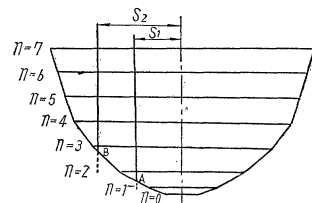


図-2(b) 第二種



(a) カンチレバー ブロック分割法 Bureau of Reclamation に従って、ダム軸をトップ アーチの上流面をふくむ円筒ときめて、各標高において、ダム軸上で互いに 1 m はなれた 二つの半径方向鉛直面によって切り出されると定義する。

(b) カンチレバーのねじれに対する考慮 ねじれにともなう断面形状の変化はもとより、曲げモーメントの方向が変わることも考慮されている。

(c) 第二種の計算において、形状の入力データが離散的に与えられるために、各カンチレバーの着眼点はちょうど代表アーチのところに一致するとはかぎらない。そこでダムの外にはみ出すところまで判別を行ないつつ切り出して、そこで計算を止めるように仕組んである。

### (3) 計算結果印刷内容

応力、断面形状、体積、座標。

### (4) 計算機

FACOM 128 B, 所要時間約 40 分 (第一種), 第二種は場合によって異なる。人力では 60 man-hr。

## 3. 二次元アーチの応力計算

二心不等厚アーチの単位等分布荷重をかけたときの応力、その他アーチの特性の計算を行なう。前もって定めた方針のもとに自動的に形状を変化させて、特性を追跡することができ、今までに利用されたものをあげると、

(1) 初めの等厚アーチのクラウン下流面を指定された厚さで次々と自動的にけずって応力を追跡する。

(2) (1) と同じくアバットを増厚する。

(3)  $1/3(2T_c + T_A) = T_{const}$  (これは大体断面積不変にあたる) の条件で  $T_c$  と  $T_A$  の比を変化させる。

(4) 中心角を変化してスラストラインの方向を調べる。

入力データは、岩盤常数  $K_1, K_2, \dots, K_n$ , 傾角  $\psi$ ,  $r, \varphi_A, T_c, T_A$  で 1. に定義されたものである。

### 二心不等厚アーチのクラウン カンチレバー法

アーチは 6 標高 クラウン カンチレバーのラジアルアジャストのみによる応力計算。

入力データとしては形状に関する基本データ、荷重条件、弾性常数 (岩盤については 6 標高について変化可能) のみを与えればよい。

FACOM 128 B, NEAC 2203 (準備中)

FACOM により約 60 分

### 等厚アーチのクラウン カンチレバー法

入力データは不等厚に同じ。

FACOM 128 B, NEAC 2203 (準備中)

FACOM により約 40 分

### 自重応力計算 (第一種, 第二種)

入力データは不等厚に同じ。

FACOM 128 B 約 40 分 (第二次はカンチレバーの本数により異なる)。

### 二次元不等厚アーチ計算

岩盤常数 傾角 形状

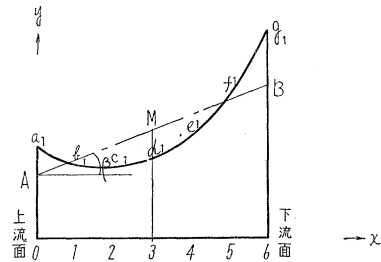
FACOM 128 B 所要時間アーチ 1 本につき 5 分。

## 4. ダム実測における電子計算機の利用

### (1) 平均温度, 温度勾配の算出

堤体水平断面で堤軸を直角に横切る直線上の温度分布からその平均温度と、その温度分布より生じる面積および、その断面一次モーメント ( $y$  軸のまわりの) が等しくなるように置き換えた直線温度勾配を求めるものであり、面積はシンプソンの公式、補間はラグランジュ工法を用いている。図-3 で 0~6 が温度測定点で各測定点

図-3



での温度が  $a_1 \sim g_1$  であるとする。この分布における平均温度  $M$  および等値直線温度勾配  $\alpha = \tan \beta$  を求めるもので  $\alpha$  は上流から下流に向かって増加するものを正、反対の場合を負とする。

(a) 入力様式 測点の数, データ組数の他に浮動小数点方式で 5 桁, ダム厚, ダム厚の 1/10, 各測点の上流面からの距離を下流面から順に入れ, 温度も下流側の測点から入れる。

(b) 出力様式 測点数, データー組数の他に固定小数点方式にて 3 桁ダム厚とその 1/10, 各測点の上流面からの距離を印字し, さらに平均温度, 温度勾配の順に一組ごとに行をかえて 5 桁印字する。

(c) 演算時間(読み込みをふくむ) 測点数 5, データー組数 26 で約 20 分 (データー組数 1 個につき約 45 秒) を要する。

### (2) 実測ひずみの調整

実測のひずみについて温度補正 (コンクリートの線膨張係数  $K = 10 \times 10^{-6}$  とする), 体積ひずみの補正 (dilatation correction) およびポアソン比の補正を行なうものである。

(a) 入力様式 データーの組数の他に浮動小数点方式で補正すべき温度差および実測ひずみを 5 桁入れる。

(b) 出力様式 補正したひずみが組ごとに行をかえて浮動小数点方式にて 5 桁印字される。

(c) 演算時間(読み込みをふくむ) 5 成分の場合 1

ケースにつき約 8 秒, 9 成分の場合 1 ケースにつき約 12 秒である。

### (3) 重回帰分析

ダムに関する実測値のうちたわみ, ひずみ, 応力などが水位平均温度, 温度勾配などといかなる関係があるかを定量的に分析するために重回帰分析を行なう。これは非常に多くの労力と時間を要するので電子計算機を用いると便利である。

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + \dots + a_n X_n$$

なる推定式をたて回帰係数  $a_i$  を求める。

(a) 入力様式 データの数, および  $X_i, Y$  を浮動小数点方式で入れる。

(b) 出力様式  $a_0 \sim a_n$  の順に固定小数点方式で印字されるが, 同時に逆マトリックスをも印字する。

(c) 演算時間(読み込みをふくむ) 8 因子の方程式でデータ組数 15 で約 17 分を要する。

## その 2 京都大学における応用例

標 題	略 号	時 間 (単位 ms)	機 能	範 囲
matrix multiplication	MXMPL	$T \approx 75 lmn + 140 ln + 50 l$ $T \approx 35 lmn + 40 ln + 15 l$ $T \approx 21 lmn + 10 ln + 2 l$	(NB) $m$ 行 $n$ 列の matrix ( $a_{ik}$ ) と, $n$ 行 $l$ 列の matrix ( $b_{kj}$ ) の積 ( $C_{ij}$ ) を計算し, 指定された場所に store する。 $C_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik} \cdot b_{kj}; i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, l$	$ln + mn + ln$ が 4 000 程度まで, 従って正方形行列の場合には, 35 行 35 列程度までの matrix の積を求めることができる。
solution of linear equations	LEQ	$T \approx 140 + 337.5 n + 117.5 n^2 + T_r$ (NB) $T_r = 0$ ( $n=1$ ) $T_r = 11.7 n^3 + 55 n^2 + 13.3 n - 80$ ( $n \geq 2$ ) $T \approx 37.5 + 93.75 n + 36.25 n^2 + T_r$ (QB) $T_r = 0$ ( $n=1$ ) $T_r = 5 n^3 + 13.75 n^2 + 1.25 n - 20$ ( $n \geq 2$ ) ただし $n$ は元の数	$n$ 元連立一次方程式 $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + a_{1,n+1} = 0,$ $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + a_{2,n+1} = 0,$ ..... $a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + a_{n,n+1} = 0$ を解き, 結果 ( $x_i$ ) を指定された場所に store する。	元の数 $n$ は data を収容できる限り, すなわち $n=60$ 程度まで扱いうる。
solution of linear equation by Gauss-Seidel method	GS	$T \approx 270 + 50 n + (55 n^2 + 155 n + 60)K$ (NB) $T \approx 67.5 + 17.5 n + (22.5 n + 17.5)K$ (QB) $T \approx 37.5 + 8.4 n + (13.1 n^2 + 41.7 n + 8.4)K$ (CB+QB) ただし $n$ は元の数, $K$ はくり返し回数	与えられた係数 $a_{ij}$ , 定数 $b_i$ に対し, つぎの $n$ 元一次連立方程式を解き, 結果 ( $x_i$ ) を指定された場所に store する。ただし対角項の係数 $a_{ii}$ はどの一つをとっても 0 でないものとする。 $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1,$ $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2,$ ..... $a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n$	特に制限はないが, 式 (1) の対角項の係数 $a_{ii}$ が一つでも 0 の場合には適用できない。この方法には一般に $a_{ii}$ が他の係数にくらべて大きいときに有利である。元の数 $n$ は data を収容できる限り, すなわち $n=60$ 程度まで扱いうる。
solution of linear equations (fx.pt.)	LEQX	元の数 $n$ とすれば, $T \approx 53.3 n^3 + 258 n^2 + 564 n - 665$ (NB) $T \approx 14.6 n^3 + 68 n^2 + 147 n - 170$ (QB)	$n$ 連立一次方程式の根を求め, 指定した番地に store する。	$n=60$ 程度まで扱いうる。
root of polynomial by Bairstow's method	BAIRS	場合によっていちじるしく異なるが, ごく大体の目安はつぎの次からえられる。 $T \approx 2 n^2$ (sec) (NB)	polynomial equation $a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x + a_n = 0$ の根を求め, これらを print してから main program に帰る。	$n \geq 3$ の場合のみ適用される。一次および二次方程式をこの subroutine で解くことはできない。
a search for the real root of $f(x)=0$ (approximate position $x_a$ is given)	RLRT 1	$T \approx 320 + 295 n + 353 m + (1+m+n) \times T(\text{FUN})$ (NB) $T \approx 98 + 101 n + 119 m + (1+m+n) \times T(\text{FUN})$ (QB) ただし, $T(\text{FUN})$ は関数 $f(x)$ の計算に要する時間, $m$ は $(x_a, x_b)$ 間に根を挟んでから, 所定の精度に達するまでの繰り返し回数 $n$ は最初の予測値 $x_a$ から $\delta$ ずつ歩ませて $(x_a, x_b)$ 間に根を挟むまでの歩みの回数。	近似値 $x_a$ を UA に置いて subroutine にはいり, $f(x)=0$ の根を UA にもって, main program に帰る。	
a search for the real roots of $f(x)=0$ (range of search $(x_0, x_n)$ is given)	RLRT 2	$T \approx 210 + 60 r + 155 n + 298 m + (1+m+n)T(\text{FUN})$ (NB) $T \approx 55 + 18 r + 50 n + 109 m + (1+m+n)T(\text{FUN})$ (QB) ただし $r$ は根の数, $n$ は歩数 $(x_n - x_0)/\delta$ , $m$ は所定の精度に達するまでの逆補間の総回数。	区間 $(x_0, x_n)$ にある $f(x)=0$ の実根を求め, その個数を ROOT 番地に, 根を ROOT+1 番地以降に store する。	

minimization of a function of two variables	MINF 2	$T \approx (1 + (4 + m) \times n) T(\text{FUN}) + 270 + n(420 + 160 m)$ (NB) $T \approx (1 + (3 + m) \times n) T(\text{FUN}) + 77.5 + n(140 + 55 m)$ (QB) ただし $n$ は長周期を繰り返す回数, $m$ は一つの長周期に含まれる短周期の平均繰り返す回数である。	UA に置かれた変数 $x^0$ および MD に置かれた変数 $y_0$ を出発点として, 2 変数関数 $f(x, y)$ の最小値を探し, えられた最小値 $f(x_m, y_m)$ を指定した番地に store し, $x_m$ を UA に, $y_m$ を MD に置いて main program に帰る。
minimization of a function of $n$ variables	MINFN	$T \approx (130 + 50 n)m + (100 + 320 n)l + (m + 2 nl) T(\text{FUN})$ (NB) $T \approx (40 + 20 n)m + (35 + 80 n)l + (m + 2 nl) T(\text{FUN})$ (QB) ただし $T(\text{FUN})$ は関数 $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ を計算するための補助サブルーティンの FUN 所要時間である。また $n$ は変数の個数, $m$ および $l$ はそれぞれ短周期および長周期をまわる回数である。多くの場合, 所要時間はつぎの式から概算して差支えない $T \approx (m + 2 n) T(\text{FUN})$	$n$ 変数関数 $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ の最小値およびそれに対応する $x_1, x_2, \dots, x_n$ の値を求める。すなわち XM 番地から XM + $n - 1$ 番地までに store されている $x_1, x_2, \dots, x_n$ の値を出発値として, $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ の最小値を探索し, えられた $f$ の最小値を FM 番地に store し, この点における $x_1, x_2, \dots, x_n$ の値を XM 番地以降に store して main program に帰る。
inverse interpolation	II 1	$T \approx 220 + (305 + T(\text{FUN}))n$ (NB) $\approx 62.5 + (98.5 + T(\text{FUN}))n$ (QB) ただし $T(\text{FUN})$ は関数値 $f(x)$ の計算に要する時間, $n$ は補間を繰り返す回数である。	$f(x) = 0$ を満足する実数 $f^{-1}(0)$ を含む 2 点 $x_a, x_b$ およびそれらの点における関数値 $f_a, f_b$ を与えて $f^{-1}(0)$ を求める。 $f_a, f_b$ は概略の値を与えればよい。
Gauss six-point formula	GAUSS	$T \approx 190 + m[285 + (895 + 6 T(\text{FUN}))n]$ (NB) $T \approx 50 + m[97.5 + 307.5 + 6 T(\text{FUN}))n]$ (QB) ただし, $T(\text{FUN})$ は関数 $f(x)$ を計算するための時間, $m$ は繰り返しの回数, $n$ は区間 $(a, b)$ の分割数, すなわち $n = [(b - a)/h]$ である。	関数 $f(x)$ を区間 $(a, b)$ で積分し, 結果を UA にもって main program に帰る。 $\int_a^b f(x) dx \rightarrow c(\text{UA})$ 数値積分の刻みの最初の値および精度判定の基準とは main program が与える。
integration of a function by Simpson's rule	SIMPS	$T \approx (90 + T(\text{FUN}))n^2 + 315 n + 410 + 2 T(\text{FUN})$ (NB) $T \approx (32.5 + T(\text{FUN}))n^2 + 100 n + 130 + 2 T(\text{FUN})$ (QB) ただし, $T(\text{FUN})$ は関数 $f(x)$ を計算するための時間, $n$ は繰り返しの回数である。	関数 $f(x)$ を区間 $(a, b)$ で積分し, 結果を UA にもって main program に帰る。 $\int_a^b f(x) dx \rightarrow c(\text{UA})$ 精度判定の基準は program が与える。
Runge-Kutta method for first-order ordinary differential equation	RK 1	$T \approx (540 + 4 T(\text{FUN}))n$ (NB) $T \approx (200 + 4 T(\text{FUN}))n$ (QB) ただし, $T(\text{FUN})$ は関数 $f(x)$ を計算するための時間, $n$ は区間の数	1 階の常微分方程式 $y' = f(x, y)$ を与えられた初期値 $x_0 = c(\text{UA}), y_0 = c(\text{MD})$ から出発して, 指定された歩み $h$ で $n$ 区間にわたって積分し, 分割点 $(x = x_0, x_0 + h, x_0 + 2h, \dots, x_0 + nh)$ における $y$ の値を, loc(y) 番地以降に store してから main program に帰る。
Runge-Kutta-Gill method for ordinary differential equation	RKG	$T \approx 4\{300(n+1) + \Sigma T(\text{FUN})\}$ (NB) $T \approx 4\{100(n+1) + \Sigma T(\text{FUN})\}$ (QB) ただし, $\Sigma T(\text{FUN})$ は関数 $f_1, f_2, \dots, f_n$ を計算するための時間の総計	1 階連立常微分方程式 $y_0' = 1, (y_0 = x)$ $y_1' = f_1(y_0, y_1, \dots, y_n)$ $\dots$ $y_n' = f_n(y_0, y_1, \dots, y_n)$ を満足する $y_1(x), y_2(x), \dots, y_n(x)$ の $x$ における値を与えて, これらの関数の $x + h$ における値を計算する。
solution of $n$ -simultaneous second order differential equations by Newmark's $\beta$ -method	NEWM	$(400 \text{ xi}) + (\text{Aux. Routine I}) + (\text{Aux. Routine II} = \text{output})$ $i$ is number of iterations	$n$ 元連立 2 階常微分方程式 $y_i'' = f_i(y_0, y_1, y_2, \dots, y_{n-1}, y_0', y_1', y_2', \dots, y_{n-1}')$ を積分する。
			右辺に独立変数を含む場合には, $y$ のうち一つを独立変数と考えて取り扱うから, 数値解析の方法は $y_{i,j,k}' = y_{i,j-1}' + (h/2) f_{i,j-1} + (h/2) f_{i,j,k}$ $y_{i,j,k} = y_{i,j-1} + h y_{i,j-1}' + (h^2/3) f_{i,j-1} + (h^2/6) f_{i,j,k}$

			の2式に従うが、もし $h^2 f_{i,j,k} - f_{i,j,k-1}  < \delta$ が満足されるならば iteration が終了した ものとし、 $y_{i,j} = y_{i,j,k}$ $y'_{i,j} = y'_{i,j,k}$ $f_{i,j} = f_{i,j,k}$ とおく。ここで $i$ =変数の番号 $j$ =積分の step の番号 $k$ =iteration の回数 $h$ =独立変数の step の間隔	
solution of two-dimensional Laplace equation	LAPL 1	領域を矩形と仮定し、縦が $M$ 個、横が $N$ 個の mesh にわけられている場合には、 $T \approx 95.8 MN - 2N + 249M + 114$ $+ (49.1 MN - 98N - 78M + 170)R$ ただし、data tape を読み込む時間および 結果 (約 10 MN 字) を print する時間は 含まれていない。なお $R$ は mesh 全体に ついての relaxation を行なう繰り返しの 回数である。	閉じた二次元の領域において、境界値を与 えたとき内部の点における Laplace の方 程式の解を求め、結果を print する。	扱いうる有効格子点 の数 $L$ は $L \leq 3799$ 、 $L + 2 T \leq 4000$ でなければならな い。ただし $T$ は水 平に並ぶ内部群の数 である。

### その3 各機関における応用例一覧

以下において使用された計算機の要目

計算機名	NEAC 2203	KDC-1 (HITAC 102)	IBM 650	Bendix G 15 D	FACOM 128 B
製造会社	日本電気	日立	IBM	Bendix	富士通信機
構成素子	トランジスタ 1000 ゲルマニウムダイオード 11000	トランジスタ	真空管 3000 ゲルマニウムダイオード 10000	真空管 459 ゲルマニウムダイオード 3012	リレー 5200
記憶装置	磁気ドラム 2000語	磁気ドラム 4200語	磁気ドラム 2000語	磁気ドラム 2160語	リレークロスバー 180語 (外にカード命令)
平均呼出し時間	3 ms	5 ms	2.4 ms	14.5 ms	10 ms
加算	0.24 ms	0.8 ms	0.8 ms	0.54 ms	120 ms
乗算	2.5 ms	4.2 ms	12 ms	16.7 ms	300 ms
除算	6.0 ms	5.7 ms	15 ms	16.7 ms	1100 ms
入力装置	PTR 200字/秒	PTR		PTR 250字/秒	MTR 250字/秒
出力装置	頁式 8字/秒			頁式 8字/秒	ラインプリンク 2行/秒 (1行60字)
摘要					セルフチェック可能

注：以下の文において、ゴジック体は計算名、a. は内容、b. は計算機名、c. は計算機による所要時間、d. は人力の場合の所要時間を示す。

#### 京都大学 (計算機はすべて KDC-1)

- 橋脚の振動性状に関する計算
  - 誤差は  $h^2$  に比例する。対象とした振動率は bi-linear hysteretic な復元力特性を持つものとした。
  - 1シリーズ当約 10 分、d. 1シリーズ当系約 200 時間
- 直交異方性平行四辺形板理論による斜桁橋のたわみの影響係数に関する計算
  - 補助サブルーチンとして単位行列のサブルーチンを必要とする。
  - 1ケース当約 25 分、b. 1ケース当約 400 時間

- 地震による吊橋塔の弾塑性性状に関する計算
  - 精度はプログラムの中に指定することができる。
  - 1シリーズ当約 1 時間、プリント簡略化すれば 20 分
  - 1シリーズ当約 5000 時間

#### 建設技術研究所

- アーチダムの型わく座標計算
  - 計算したものはダム接手の座標、ブロック内に設けた 10 個の点の座標  $(x, y)$  と極座標、ブロックなどの体積等。極座標変換のためには記憶、容量が不足するので、外部磁気ドラムを用いた。
  - NEAC-2203, c. 8 時間、d. 6 カ月/2 人

#### 建設省土木研究所

- 土工量計算
  - 断面 100 m ごと、b. FACOM 128 B
  - 延長 1 km 当 25 分
- 将来希望線の予測
  - NEAC 2203
  - 東海道のある事例について 16 分

#### 3. 道路網への交通量配分

- FACOM 128 B

#### 4. 不等流計算

- FACOM 128 B, c. 実例により 150~450 分
- 40-120 man-day

#### 5. 潮止水門による下流部への影響

- FACOM 128 B, d. 360 man-day

#### 6. 不等厚アーチダムのクラウンカンチレバー法

- アーチ 6 本
- FACOM 128 B および NEAC 2203 (準備中)
- FACOM 60 分 (等厚の場合 40 分)
- 不等厚 150 人時間, 等厚 80 人時間

#### 7. 不等厚アーチの自動応力計算

- 第一種 (6 本のアーチからカンチレバーを立てた場合)

第二種（カンチレバーを任意の間隔に定めた場合）

- b. FACOM 128 B
  - c. 第一種 40 分 第二種 カンチレバー 1 本当約 5 分
  - d. 第一種 100 人 時間
8. 二次元アーチの応力計算
- a. 不等厚アーチの応力追跡およびスラストの変化追跡
  - b. FACOM 128 B および NEAC 2203
  - c. FACOM により 5 分, d. 40 人 時間
9. ダム実測解析計算
- (1) 平均温度, 温度勾配
- a. 5 点の実測値による堤体平均温度, 平均勾配の計算
  - b. NEAC 2203, c. 1 ケース 45 秒
- (2) 重回帰分析
- a. 8 因子, b. NEAC 2203, c.  $n=15$  の場合 17 分
- (3) ひずみ調整
- b. NEAC 2203, c. 5 成分 1 ケース 8 秒, 9 成分 12 秒
10. プレストレスト合成桁の影響線の作成
- b. NEAC 2203, c. 500 人 時間

### 国鉄鉄道技術研究所

1. ワーレントラスの影響線
- a. 1~3 径間連続ワーレントラス(平行弦: 等格間)で panel 数 25 までのものを解くことができる。
  - b. Bendix G-15
  - c. 3 径間 18 panel の場合 3.5 時間, 3 径間 15 panel の場合 2.5 時間
  - d. 60 時間
2. ローゼ桁の影響線計算
- b. Bendix G-15
  - c. 10 panel のローゼ桁の場合 3 時間 30 分(現在改良中であるが, これが完成すると 1 時間 30 分くらいでできる予定である)。
  - d. 80 時間

### 東京電子計算サービス KK

1. 一次連立方程式 (例 33 元)
- b. Bendix G-15, c. 47 分 30 秒
2. その他 ビアーの設計におけるモーメントの分布, ビームのひずみおよび変形, 部分的に一樣な荷重を受けるスパン ビームの問題, Moment Distribution, 鋼鉄円柱の設計, はりのひずみ, 基礎工事における土量の計算 (高速道路設計での切りくずし土量の計算), 合成ばりの設計, 架橋設計におけるモーメントの分布, 固定アーチの解析, 土壌の検査解析

### 東京電力 KK

1. アーチダムの応力計算
- a. アーチおよびカンチレバー エレメントをおのおの 10 本以内にとった場合の半径方向のたわみ調整。
  - b. NEAC-2203, c. 2 時間 30 分, d. 1000 時間
2. 基礎岩盤中の応力計算
- a. 半無限弾性体上に等分布三角形分布荷重 および せん断力が作用したときの弾性体内の  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$
  - b. NEAC-2203, c. 1 時間, d. 350 時間

### 電源開発 KK

1. アーチダム Radial 調整 (円形, 等(不)厚, 非対称), 片持

り Deck (自重, 水重), アーチ単位 たわみ Deck, 連立方程式 Deck

- a. アーチダム第 2 近似の計算 Program であるほう大な各 Deck 群より構成される。  
各種の円型アーチダムの Radial 調整が可能である。すべての間隔は自由である。破壊実験などから 非常にすぐれた結果が得られた。
  - b. IBM 650 Basic
  - c. 計算量 (片持ばり本数  $c$ , アーチ本数  $A$ ) とすれば,  $45 \text{ 分} \times c + 100 \text{ 分} \times A + 100 \text{ 分}$
  - d. 1 週間
2. アーチダム Crown 調整 (円型, 等厚, 不等厚)
- Deck I 片持ばり自重計算  
Deck II 水重による片持ばり, アーチの単位たわみ  
Deck III 連立方程式 (7 元) 各応力の計算
- a. Deck I, II, III が連続的に駆動して, アーチダムの第一近似を得るに有効である。  
アーチダムの型式が V 型で各アーチ間の距離が頂上と岩底の距離をのぞく他は等間隔にとられている欠点がある。
  - b. IBM 650 Basic, c. 1 ケース 15 分, d. 30 日

### 日本 IBM 計算センター (計算機はすべて IBM-650)

1. アーチダムの応力計算  
c. 40 分, d. 1 カ月
2. アーチダム温度応力解析に用いる諸係数の計算  
c. 70 分

### 日本技術開発 KK (計算機はすべて NEAC 2203)

1. ラーメンの応力算定  
c. Cal 10 分, Pri 30 分, d. 70 時間
2. ラーメンの Panel Moment Shem  
c. 不静定次数により変わる, d. 3 分 30 秒
3. 交通量予測計算
4. 3 径間変断面 PM 影響線  
c. Cal 4 分, Pri 22 分 (ただし左右対称のとき)  
d. 30 時間
5. 3 径間変断面連続合成桁影響線
6. 3 径間変断面ねじれ角影響線  
c. Cal 90 分, Pri 20 分 (ただし左右対称のとき)
7.  $n$  連続桁の曲げモーメント反力
8. 合成桁断面の応力算定  
c. Cal 5 秒, Pri 2 分, d. 2 時間
9. トンネル アーチの応力計算
10. 緩和曲線 (クロソイド) 数値計算  
c. Cal 6 分, Pri 19 分
11. アーチ ダム部分計算  
c. Cal 23 分, Pri 35 分
12. ワーレン トラス部材影響線の計算  
c. 部材数により変わる。

### 日本建設コンサルタント (計算機はすべて FACOM 128 B)

1. 霞ヶ浦・北浦, 宍道湖・中海など洪水による流入を考慮した湖, 感湖などをふくんだ水路網の計算  
c. 洪水 100 時間分に対し約 3 時間
2. 境水道の解析計算

- a. 不定流の基礎方程式の数値解による。
- c. 1 ケース 40 時間分追跡し約 30 時間
- 3. 横流入を考慮した不定流計算
  - c. 洪水 50 時間分追跡し約 10 時間
- 4. 泰阜ダム貯水池上流部の河床変動の将来推定計算
  - c. 収束の度合による。
- 5. 五ヶ瀬川等分合流の計算
  - c. 収束の度合による。
- 6. 水路の縦断方向にピアが並立した場合の背水計算
  - c. 収束の度合による。
- 7. 管水路フローネットの計算
  - c. 収束の度合による。
- 8. その他 曲線橋応力計算, アーチダム応力計算, 連続ばり自己振動の解析, 連続ばり自己応力計算, 床版の応力計算, 舗装版の応力計算, 多層断熱伝導解析, トラバース, 三角測量補正計算, 航空測量補正計算, 座標換算, 路線選定のための土量計算, 交通容量計算, 交通量変動係数の計算, 交通量予測計算 (フレーター法をふくむ) がある。

**日本電子工業振興協会** (使用機械は \* 印 JEIDAC 101,

\*\* 印 JEIDAC 102)

- 1. ラーメンのたわみ角方程式\*
  - a. 剛比, 荷重を与えてたわみ角方程式を解く。格子点数 8 ~ 20。注: 1) 連立一次方程式を解く問題, 2) 連立方程式の元数は現状では 99 元まで。
  - c. 20 元 2 分, 8 元 20 秒
- 2. 節点曲げモーメント\*\*
  - a. たわみ角方程式の解を用いる。
  - c. 5 秒
- 3. 鉄骨コンクリート柱の応力計算\*\*
  - a. 円形断面コンクリート柱に圧縮力と曲げモーメントを加えた場合の圧縮部, 引張部の面積比および鉄, コンクリートの面積比を求める。注: 未知数を sin または cos などのアーギュメントとしてふくむ。関数方程式を解く。
  - c. 1 分
- 4. 杭の応力計算\*
  - a. 土中の杭の上部におけるモーメントの先端における応力を求める。注: 1) 4 元連立常微分方程式 (R-K-G 法), 2) 常微分方程式の解法は, 特に元数に制限はない。
  - c. 積分点 30 点 2 分
- 5. 排水樋門の計算\*
  - a. 排水樋門の水位の上下の状態を計算する。注: 関数計算をふくむ 常微分方程式で中に数表より 不等間隔補間により数値を求める計算をふくむ。
  - c. 積分点 50 点 20 分
- 6. 河川の粗度係数および流量計算\*\*
  - a. 河川の粗度係数とそれを用いて流量の時間的变化を求める。注: 常微分方程式 (オイラー法)
  - c. 各積分点ごとに 5 秒
- 7. アーチダムの座標および体積計算\*
  - a. アーチダムのコンクリートを打つ場合に必要とするその体積の全量, およびブロックごとの座標を求める。
  - c. 50 分
- 8. 航空測量による座標変換\*
  - a. 航空写真による測量点を座標変換により補正する。注: 最少二乗法による係数の決定計算をふくむ。
  - c. 30 点 5 分

- 9. その他 従来取扱った計算方式として次のようなものがある。(計算機 JEIDAC 101, JEIDAC 102 使用) 代数方程式, 高次方程式, 関数方程式, 超越方程式, 連立一次方程式 (線型計算), マトリックス計算, 行列固有値, 固有ベクトル, LP (Linear Programing), D.P. (Dynamic Programing), 微積分, 微積分方程式, 補間法, 特殊関数, フーリエ解析, 関数近似, 統計計算 (相関マトリックス, 回帰分析, 因子分析), モンテカルロ法, 乱数, 複素数計算, Double Precision, その他。

**日本道路公団**

- 1. 名神高速道路 14 径間連続高架橋の設計
  - a. トランジスタ 1500 個, GE ダイオード 11000 個精度 : 固定 12 桁, 仮数 10 桁, 不動 10 桁, 指数 10 桁
  - b. NEAC-2203, c. 100 分, d. 10 日
- 2. ゾーン相互間の将来交通量の推定
  - a. 連立方程式 40 以上の計算に適, 精度, 桁数, 小数点上 下各 19 桁
  - b. FACOM-128
  - c. 連立方程式 50 元 9.5 時間, 100 元 64.4 時間
  - d. 2 カ月 (error がないと考えて)

**有隣電機精機 KK**

- 1. アーチダム座標計算, 塔頂片持り法によるアーチダム応力計算, 合成桁断面決定, 塔状建造物の自由振動たわみ曲線, ラーメン計算, 重力ダム一般ルーチン
  - a. 10 進 8 行, 3 アドレス方式, リレー計算機, 相対精度,  $10^{-8}$ ,  $\sqrt{\quad}$  を命令として装備, 応力計算などではアーチダムのごとく 80 元, 90 元もの連立方程式を種々解いているが, これなどは手計算ではほとんど不可能と考えられる。
  - b. FACOM-128 B
  - c. 規模により一概にはいえないが, 例えばアーチダム 応力計算について クラウン, キャンチレバーメソッドでアーチ方向数本として 30~50 分。
  - d. 計算種類によるが約 100 倍である。

付記: 最近各所に電子計算センターが設置され計算サービスを行なっているので, 本講座の最後にその要目を紹介する。

**電子計算センター** (a. 場所, b. 計算機, c. 料金)

- 1. 日本電子工業振興協会電子計算センター
  - a. 東京都港区芝西久保巴町 (431) 7311  
1958 年 11 月開設
  - b. NEAC 2203      FACOM 212 A  
HITAC 301      TOSBAC III B
  - c. 350 円/分      プログラム料 100 円/ステップ
- 2. 日本 IBM 計算センター
  - a. 東京都千代田区 2 番地 (332) 6111
  - b. IBM 650
  - c. 500~900 円/分
- 3. 富士電算機センター
  - a. 東京都千代田区有楽町 (朝日生命ビル) (591) 2541
  - b. FACOM 128 B



4. 有隣電機 KK 富士電算所

- a. 第1 東京都千代田区飯田町2の15 (331) 8436
- 第2 東京都千代田区富士見町2の8 (331) 4236
- 第3 神戸市生田区元町通り1の62 (3) 7737
- b. FACOM 128 B
- c. 150 円/分 9000 円/時 プログラム料 800 円/時  
デバッグ料 20~60 円/ステップ

5. 山一電子計算センター

- a. 東京都中央区日本橋兜町1の3 (671) 4412
- b. Univac File Computer

6. 東京電子計算サービス KK

- a. 東京都中央区日本橋本町2の4 (661) 1211
- b. Bendix G 15 D
- c. 400 円/分

7. 日本科学技術研修所電子計算センター

- a. 東京都渋谷区千駄ヶ谷5の10 (341) 5211
- b. HIPAC 101 B

8. 神奈川県商工指導計算センター

- a. 横浜市中区尾上町 (8) 5141
- b. TOSBAC 1

9. 日本技術開発 KK

- a. 東京都中央区築地4丁目4番地 (541) 5327
- b. NEAC 2203
- c. 24000 円/演算時間 9000 円/プリント時間  
プログラム料 50~100 円/ステップ

10. 日本建設コンサルタント KK

- a. 東京都港区赤坂溜池町16 (481) 8138
- b. FACOM 128 B
- c. 150 円/分

今回で“電子計算機とその応用”の講座は終了です。執筆者各位、および本文のとりまとめに御協力いただいた関係各位に深く感謝致します。次回講座は“地盤改良工法”と題して4月より6回にわたり連載の予定です。 【編集部】

技術士国家試験の予告

本年度技術士の本試験（大学卒業以上）が次の日程で施行される。詳細は4月20日付官報で公示されるが、受験希望者は事務取扱先にご照会ありたい。

受験申込期間： 5月11日～6月10日  
筆記試験期日： 9月10日  
口頭試験期間： 10月9日～10月12日

試験に関する事務取扱先：

東京都千代田区霞ヶ関3の4（文部省庁舎）科学技術庁振興局業務課（電(581)5271代表）

# コンクリート パンフレット

各号共A・5判70頁内外 1部60円〒10

御一報次第図書目録進呈  
全国丸善書店などでも販売中

〔土木関係一覧〕

- |                       |                       |                                      |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 1号 コンクリートの常識          | 27号 樋門・水門・閘門          | 50号 コンクリートマニュアル<br>(抜萃)              |
| 6号 コンクリート<br>重カダムの設計  | 29号 コンクリートのクリープ       | 54号 コンクリート工作                         |
| 13号 コンクリート擁壁          | 30号 コンクリート舗装の監督       | 56号 コンクリートくい<br>(設計・製作・打込)           |
| 14号 コンクリートの施工         | 31号 農家のコンクリート工        | 57号 遠心力鉄筋<br>コンクリート管                 |
| 15号 コンクリート道路          | 34号 舗装コンクリートの養生       | 58号 {コンクリートの練}(上)                    |
| 16号 河川工事とコンクリート       | 36号 コンクリートの<br>非破壊試験法 | 59号 {り混ぜと打込み}(下)                     |
| 18号 コンクリート用骨材         | 38号 コンクリートマクラ木        | 61号 コンクリート道路指針                       |
| 19号 港湾工事とコンクリート       | 43号 {プレストレストコ}(上)     | 62号 {プレストレストコン}(上)                   |
| 22号 コンクリート<br>しくじり百話台 | 44号 {ンクリート構造物}(下)     | 63号 {クリート橋の架設}(下)                    |
| 23号 灯                 | 45号 わかりやすいダムの話        | 翻訳 A.C.I. 「コンクリート舗<br>装設計基準および工事仕様書」 |
| 24号 プレストレスト<br>コンクリート | 48号 遠心力鉄筋<br>コンクリートクイ |                                      |
| 26号 トンネル              | 49号 空港                |                                      |

東京都港区赤坂台町1番地 日本セメント技術協会 振替東京196803・電(481)8541(代表)