

パソコンによる排水樋門の出し入れ計算技術

磯島 義一

経営部

要 旨

山林や耕地に降った雨水は排水路を通じ、樋門から海へ流出する。潮が満ちてくると外水位は高くなり、樋門は閉じる。干潮になると、外水位は低下して樋門が開き、内水位は低下する。

この操作はコンピュータプログラムを作成することにより、従来手計算で行なっていた土地改良工作物の計画設計と比べて、迅速にできる見通しがついた。

キーワード：流入水計算；コンピュータプログラム；樋門

緒 言

古くから農業土木は田へ水を引いたり、湿地の水を海や川へ排水する事業に携わってきた。その事業のひとつ排水樋門は、干潮になると樋門の扉が開いて、中の水が海や川に出され、満潮になると樋門の扉が閉じて、海水が堤防内の耕地へ入るのを防ぐ。

排水樋門は、10年に1回起るであろう洪水量を安全に排水するよう設計する。水田の許容湛水深は30cm以下とし、30cmを越える場合は、湛水時間が24時間を越えてはならないとしている。

水稻の湛水被害は、穂ばらみ期における被害が最も多く、この時期における洪水による湛水被害を防ぐことをねらいとしている。

排水樋門の断面の大きさは、洪水の出し入れ計算により決定する。その計算は従来、手計算により行われ、多大な労力を要した。

コンピュータは計算作業の外に、大小を判断する能力がある。この能力を応用して、著者はコンピュータのプログラムを作成し、非常に手間のかかった樋門の出し入れ計算は、迅速に行うことができるようになった。

方 法

排水樋門の出し入れ計算に関するコンピュータのプログラムを作成し、過去に手計算で作成した排水計画のデータをコンピュータに入力して、その成果を確かめる。

雨池川の排水計画（昭和30年初め頃）

1. 雨 量

亀山測候所における最大日雨量の第3位227.6mmを採用した。第1表は、その時の時間雨量である。

2. 流域面積及び流出率（第2表）

3. 樋門からの流出量

樋門から流出する流出量 $Q \text{ m}^3/\text{h}$ は

$$Q = CbT \left(\frac{2}{3} \delta + t \right) \sqrt{2g\delta} \quad (1)$$

但し C：流量係数 両開きゲートの場合0.7

b：樋門の幅9.6 m

T：3600 秒

δ ：内外水位差

t：外水位と樋門敷との差

$$Q = 107,102 \times \left(\frac{2}{3} \delta + t \right) \times \sqrt{\delta} \text{ m}^3/\text{h}$$

第2図に横軸に時刻、縦軸に内外水位を表わしたものである。内水位は $H_0 H_1 H_2 \dots$ 、外水位は $D_0 D_1 D_2 \dots$ で表わす。

時刻が T_0 から T_1 までの平均の内外水位差 δ は

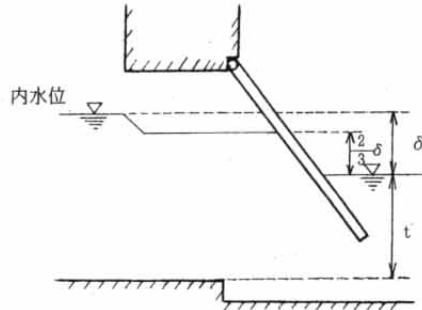
$$\delta = \frac{1}{2} \times \{ (H_0 - D_0) + (H_0 - D_1) \} \quad (2)$$

パソコンはCASIO PERSONAL COMPUTER FX-780 Pを使用する。

第1表 時間雨量

（単位mm）

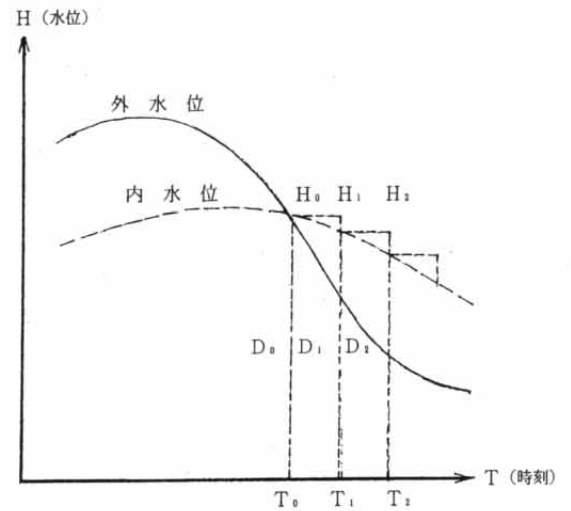
時刻	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計
雨量	9.3	7.2	7.9	7.5	7.3	9.6	7.2	13.9	11.8	12.2	22.2	35.0	34.6	1.6	3.3	10.5	14.1	9.8	0.4	0.2	0.6	0.4	0.6	0.4	227.6



第1図 樋門と内外水位の関係

第2表 流域面積および流出率

	山地	平地	計
流域面積	1,950,000	9,120,000	11,070,000 m ²
流出率	70%	80%	
流入量	310,678	1,660,570	1,971,248 m ³



第2図 平均の内外水位差

第3表 最小自乗法による係数 a の計算資料

水深 y	湛水量 x	\sqrt{x}	$\sqrt{x} \cdot y$	標高 E L m
0	0	0	0	(-) 0.60
0.10	16,000	126	12	(-) 0.50
0.20	37,000	192	38	(-) 0.40
0.30	68,000	260	78	(-) 0.30
0.40	114,000	337	134	(-) 0.20
0.50	174,000	417	208	(-) 0.10
0.60	246,000	495	297	0
0.70	337,000	580	406	0.10
0.80	424,000	651	520	0.20
0.90	542,000	736	662	0.30
1.00	670,000	818	818	0.40
1.10	800,000	894	983	0.50
1.20	980,000	989	1,186	0.60
1.30	1,164,000	1,067	1,387	0.70
1.40	1,374,000	1,172	1,640	0.80
計	6,946,000		8,369	

4. 内水位曲線

雨池川の内水位と湛水量の曲線図より、湛水量 $x \text{ m}^3$ と水深 $y \text{ m}$ を読み取り、 x と y の関係を数式で表す。
 $y = a\sqrt{x}$ とおき、係数 a は最小自乗法で決定する。

$$a = \frac{\sum \sqrt{x} \cdot y}{\sum x}$$

となるので、 $y = 0.001205\sqrt{x}$ となる。

現地は水深0.60mのところ在水位0であるから、 x 軸を0.60mあげると、

$$y = -0.60 + 0.001205\sqrt{x} \quad (3)$$

となる。但し x は湛水量（単位は m^3 ）、 y は湛水位（海抜標高m）である。

考 察

1. 排水樋門の出し入れ計算

外水位は雨池川排水計画によると潮位である。潮位はかんがい期における小潮平均潮位を採用する。樋門巾を正味9.6mとして、二潮で排水する計画である。

流域からの流入量は、山地と平地の流域面積に雨量と流出率をかけて算出する。流域から受益地に入ってくる流入量は既に雨池川排水計画書に算出されているので、それをそのままデータとして使用することにした。

パソコンによる排水樋門の出し入れ計算は、二つの場合をパソコンが判断して計算作業を行なう。

一つは外水位（潮位）が内水位より高く、樋門が閉じている場合である。この場合は流域からの流入量がそのまま湛水して、内水位は上昇する。

もう一つは、内水位が外水位より高くなった場合である。排門の扉は開いて湛水した洪水は樋門を通過して流出する。この時の内水位は累加湛水量から累加流出量を差し引いた洪水量に対するものである。

以上のことを流れ図で表すと第3図のようになる。

第3図の説明で、入れるというのはパソコンの記憶の箱に入れると云う意味である。読みとるは、読みとって記憶の箱に入れることである。

2. パソコンのプログラム作成

まず、パソコンの記憶の箱に入れる内容を整理する。パソコンの記憶の箱は26個ある。これで不足すれば増やすことができる。

まず、1番目の箱をAと名づける。Aはループ制御変数、2番目の箱はBと名づけて、データの数、3番目の箱はCと名付けて一時計算用に使う記憶の箱とする。第4表に記憶の箱とその役割を示す。

まず、記憶の箱の増設を行う。26個のうちA、B、Cの3個を除くと、23個がD(A)からD(5B+A)までの数値を記憶させる箱の数である。増設する数は $B \times 6 - 23$ 個である。

プログラム

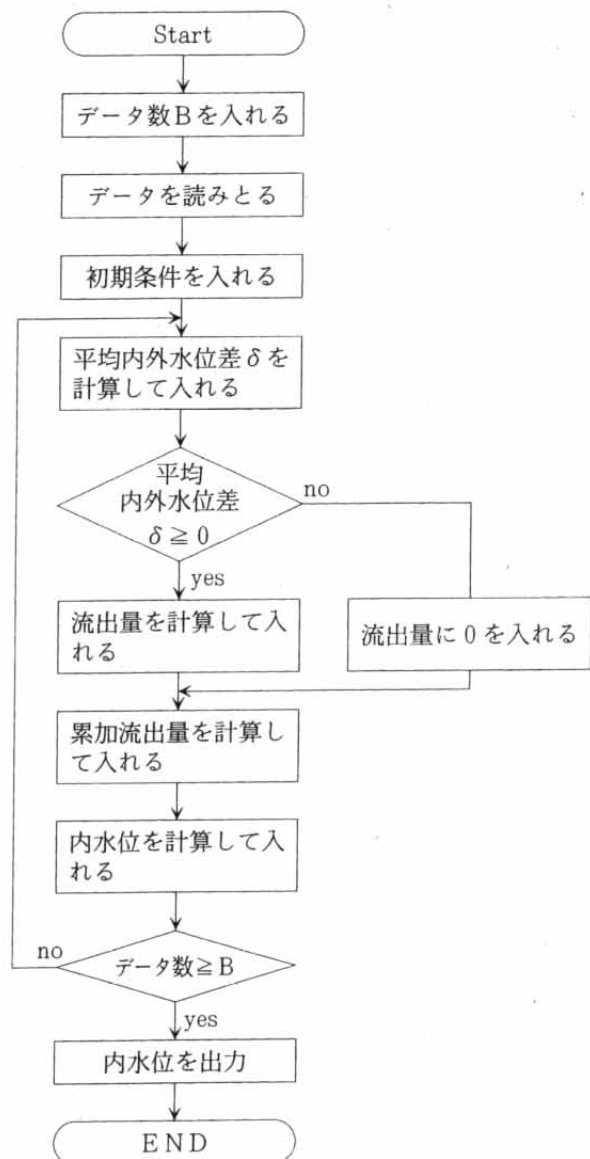
```

10 REM Gate no Keisan
20 INPUT "Number of Date", B
30 IF B*6 ≤ 23 THEN 60
40 DEFM B*6-23
50 REM date set
60 FOR A=1 TO B
70 READ D(A), D(B+A)
80 NEXT A
90 REM Initial Condition
100 D(2B+1) = -0.60 : D(3B+1) = 0 : D(4B+1)
    = 0 : D(5B+1) = 0
110 REM judge
120 FOR A=2 TO B
130 D(3B+A) = 1/2 {2×D(2B+A-1) - D(B+A-1)
    - D(B+A)}
140 IF D(3B+A) ≥ 0 THEN 200
150 D(4B+A) = 0
160 D(5B+A) = D(5B+A-1) + D(4B+A)
170 D(2B+A) = -0.60 + 0.001205 × √{D(A) - D(5B+A)}
180 NEXT A
190 GOTO 220
200 D(4B+A) = 107102 × {2/3D(3B+A) + D(B+A) + 1.5}
    × √{D(3B+A)}
210 GOTO 160
220 REM out Put
230 FOR A=1 TO B
240 PRINT D(2B+A)
250 PRINT D(3B+A)

```

第4表 記憶の箱の名称と役割

名 称	役 割
A	ループ制御変数
B	データ数
C	一時記憶用
D(A)	累加流入量
D(B+A)	外水位
D(2B+A)	内水位
D(3B+A)	平均内外水位差
D(4B+A)	流出量
D(5B+A)	累加流出量



第3図 排水樋門出し入れ計算の流れ図

```

260 PRINT D(4B+A)
270 PRINT D(5B+A)
280 NEXT A
290 PRINT "over"

```

```

300 END
1000 REM date
1010 DATA 0, -0.30
1020 DATA 80548, -0.25
1030 DATA 142907, -0.13
1040 DATA 211329, 0.06
1050 DATA 276787, 0.33
1060 DATA 339513, 0.58
1070 DATA 422659, 0.75
1080 DATA 485018, 0.80
1090 DATA 605406, 0.68
1100 DATA 707606, 0.41
1110 DATA 813270, 0.15
1120 DATA 1005544, -0.05
1130 DATA 1308679, -0.20
1140 DATA 1608350, -0.29
1150 DATA 1622208, -0.25
1160 DATA 1650790, -0.11
1170 DATA 1741731, 0.14
1180 DATA 1863852, 0.38
1190 DATA 1948730, 0.65
1200 DATA 1952194, 0.84
1210 DATA 1953926, 0.79
1220 DATA 1959123, 0.61
1230 DATA 1962587, 0.39
1240 DATA 1966784, 0.18
1250 DATA 1971248, -0.02
1260 DATA 1971248, -0.20
1270 DATA 1971248, -0.22
1280 DATA 1971248, -0.07
1290 DATA 1971248, -0.14
1300 DATA 1971248, -0.37
1310 DATA 1971248, -0.62

```

計算に使用したパソコンのフリーエリアの容量は3552バイトである。パソコンの容量に限度があるので、データは6個（=B）で計算作業を行なった。

プログラムの行番号60から80まではA=1から6までのデータを読んで記憶の箱に入れる作業をする。即ち累加流出量D（A）と外水位D（B+A）を読む。

行番号100では、初期条件を記憶の箱に入れる。内水位は標高（-）0.60m、流出量、累加流出量、共に0である。

行番号130は平均内外水位差を求めて、D（3B+A）の記憶の箱に入れる。その計算式は（2）式である。

行番号140で大小の判定を行う。内水位から外水位を

引いた水位差が正の場合は200番へとんで、流出量の計算を行うのである。

水位差が負の場合は樋門の扉が閉じており、150番から170番の作業を行なって内水位D（2B+A）の計算をする。

行番号180ではAが2からB（=6）まで、行番号120へとび、計算作業を繰り返す。

行番号170番でA=6の計算作業を終えると、180番をとびこして、行番号190番に来て行番号220番にとんで計算結果を出力することになる。

3. 計算結果（第5表）

累加流出量D（A）、外水位D（B+A）、内水位、平均内外水位差、流出量の結果を第5表に示す。但しtは時刻である。

時刻が14時になると樋門の扉が閉じるので、これより後は、ポンプを運転して内水位を下げる計画となっている。

パソコンプログラムを実行させた結果は第5表のとおりである。D（A）、D（B+A）はプログラムの中へ入力したデータ、累加流入量と外水位である。

D（2B+A）、D（3B+A）、D（4B+A）、D（5B+A）はパソコンより出力した計算結果、内水位、平均水位差、流出量、累加流出量である。

内水位の時間的な推移は第5図のとおりである。満潮から干潮へ向う二つの潮の区間は自然排水させ、それ以後はポンプで排水して、2日間で最低田面の高さまで内水位を低下させている。緒言の欄で書いた現在の設計基準と少し異なる。

4. 雨の降り方を変えた場合の内水位曲線

日雨量は亀山測候所における最大日雨量の第3位(228mm (mm単位に丸めた))とし、時間雨量の分布は、日雨量からt時間継続するときの雨量強度

$$(r_t = \frac{R_{24}}{24} (\frac{24}{t})^{\frac{1}{2}})$$

より作成すると、第6表のようになる。

流域面積、流出率、外潮位、樋門の条件（樋門敷、流量係数、有効巾）等は前と同一の条件で、内水位の時間的な推移を計算した結果は、第5図に示すとおりである。

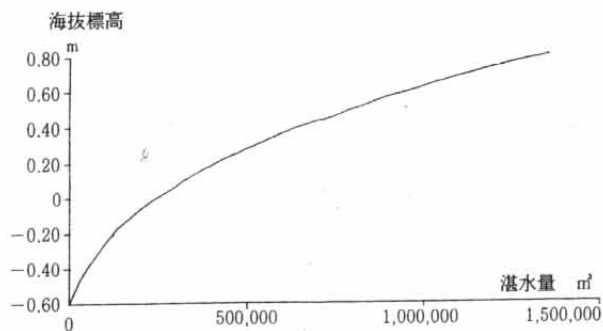
雨の降り方は第1表に示した事例と比べて、後半多く降るので、内水位も後半少し高くなる結果を得る。

第5表 計算結果

時刻	累加流入量	外水位	内水位	平均水位差	流出量	累加流出量
t	D (A)	D (B+A)	D (2B+A)	D (3B+A)	D (4B+A)	D (5B+A)
10	0	-0.30	-0.60	0	0	0
11	80,548	-0.25	-0.26	-0.33	0	0
12	142,907	-0.13	-0.14	-0.07	0	0
13	211,329	0.06	-0.05	-0.11	0	0
14	276,787	0.33	0.03	-0.24	0	0
15	339,513	0.58	0.10	-0.42	0	0
16	422,659	0.75	0.18	-0.57	0	0
17	485,018	0.80	0.24	-0.59	0	0
18	605,406	0.68	0.34	-0.50	0	0
19	707,606	0.41	0.41	-0.21	0	0
20	813,270	0.15	0.44	0.13	68,090	68,090
21	1,005,544	-0.05	0.49	0.39	114,373	182,463
22	1,308,679	-0.20	0.59	0.62	144,181	326,645
23	1,608,350	-0.29	0.67	0.84	173,596	500,242
24	1,622,208	-0.25	0.56	0.94	194,606	694,893
1	1,650,790	-0.11	0.47	0.74	173,589	868,437
2	1,741,731	0.14	0.43	0.46	140,394	1,008,831
3	1,863,852	0.38	0.46	0.17	88,483	1,097,314
4	1,948,730	0.65	0.51	-0.06	0	1,097,314
5	1,952,194	0.84	0.51	-0.23	0	1,097,314
6	1,953,926	0.79	0.52	-0.30	0	1,097,314
7	1,959,123	0.61	0.52	-0.18	0	1,097,314
8	1,962,587	0.39	0.48	0.02	27,822	1,125,136
9	1,966,784	0.18	0.45	0.19	85,292	1,210,429
10	1,971,248	-0.02	0.37	0.37	112,091	1,322,520
11	"	-0.20	0.28	0.48	120,304	1,442,824
12	"	-0.22	0.17	0.49	120,454	1,563,278
13	"	-0.07	0.07	0.31	98,515	1,661,793
14	"	0.14	0.03	0.04	33,486	1,695,280
15	"	0.37	0.03	-0.22	0	"
16	"	0.62	0.03	-0.46	0	"

第6表 日雨量から配分した時間雨量の分布

時刻	時間雨量	時刻	時間雨量
1	4.9 mm	13	46.5 mm
2	5.1	14	15.1
3	5.3	15	11.0
4	5.5	16	9.1
5	5.9	17	8.0
6	6.3	18	7.1
7	6.8	19	6.5
8	7.6	20	6.1
9	8.5	21	5.7
10	10.0	22	5.5
11	12.2	23	5.1
12	19.3	24	4.9

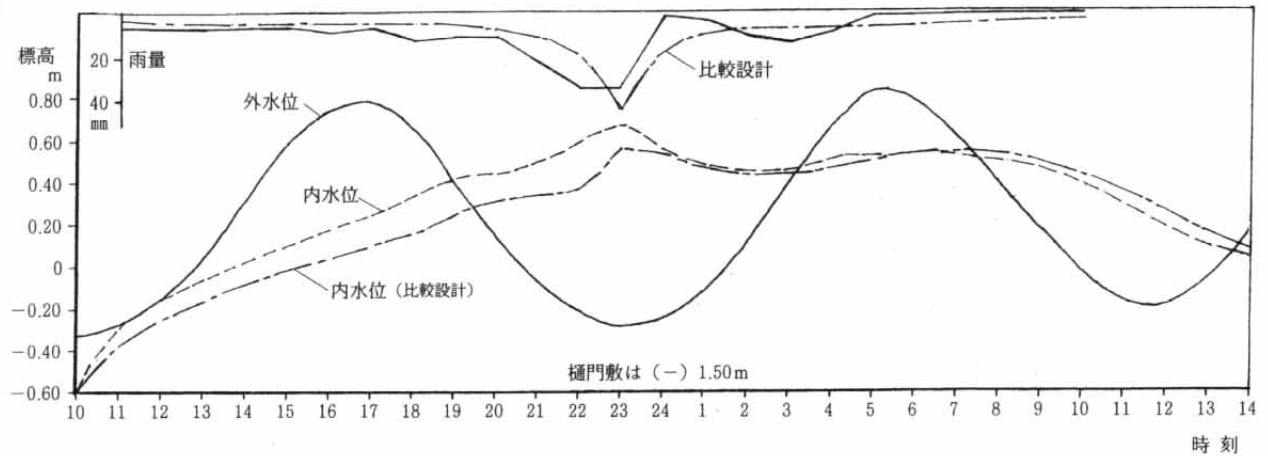


第4図 湛水位曲線図

結 論

コンピューターは内水位（耕地内）と外水位（潮位）の大小を感知して、樋門から洪水量を流出させたり、樋門の扉を閉じて湛水させるなどの計算能力を持っている。

排水樋門の出し入れ計算を行うパソコンプログラムを作成した。それを稼動させることにより、計算作業の時間は、手作業と比べて非常に短縮され、設計が容易にできるようになった。



第5図 内水位曲線図

Hydraulic Computer Calculation on Water Gate Drainage

Yoshikazu ISOJIMA

Abstract

Rain falls on a forest and paddy-field, from where water runs on drainage channel and reaches to water gate near the seashore.

When tide is high, water gate closes and flood flow overflows from the channel.

Paddy field is covered with flood flow.

When tide is low, water gate opens and flood flow runs out. Water level on paddy field becomes low.

I have made a computer program of hydraulic calculation about water level of paddy field.

Work time of the computer hydraulic calculation is shorter in the consequence, comparative with hand working one.

Key word hydraulic calculation, computer program, water gate