琉球大学学術リポジトリ

貯水池供水調節の計算(農業工学科)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 東郷, 成蔵, Togo, Seizo メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4378

貯水池洪水調節の計算

東　郷　成　蔵*

Seizo TOGO : Computation of flood control of a reservoir

1 はしがき

およそ水理現象の解法には必ずそこに何等かの仮定がなされてある。しかもその仮定が普遍妥当性に遠ざかる程それだけ求められた解法も適合度が低下する。越流ゼキ型余水吐を持つ貯水池の洪水調節現象の解法にも，これまでともさまざまの仮定が考案された。それは洪水調節の基本式が一般解のない微分方法程式であるため，これを解くためのやむを得ない措置であるが，筆者はこの基本式の解法に仮定を設けずに数値解法を試みた。数値解法は高次数となりその計算に当っては著しい繁雑と時間を要し，実用には図式解法を採用した。その後電算機の導入によりこの隘路はすべて全く解消し，極めて有効に貯水池洪水調節の計算ができたので計算例をあげて紹介する。

2 貯水池洪水調節の基本計算式

ある単位時間に貯水池に流入する流量をf，貯水池より流出する流量をφとし，その間の貯溜量をVとすれば

$$f-\varphi=V$$

あるいは

$$f=\varphi+V$$

f……貯水池の流入量
φ……貯水池の流出量
V……貯水池の貯溜量

洪水時の単位時間を末尾字に附して

$$\left.\begin{array}{ll} \text{最初は} & f_0=\varphi_0+V_0 \\ \text{第1時限は} & f_1=\varphi_1+V_0+V_1 \\ \text{第2時限は} & f_2=\varphi_2+V_1+V_2 \\ \text{第3時限は} & f_3=\varphi_3+V_2+V_3 \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \text{第}n\text{時限は} & f_n=\varphi_n+V_{n-1}+V_n \end{array}\right\} \cdots\cdots \quad (1)$$

貯水池からの流出量φは余水吐の越流水深をh，越流ゼキの長さをℓ，越流係数をCであらわせば

$$\varphi=C\ell h^{\frac{3}{2}} \quad \cdots\cdots \quad (2)$$

また貯水池の内容積Vは貯水池水面積の変化を越流水深hの1次関数とすれば

$$V=ah+\frac{b}{2}h^2 \quad \cdots\cdots \quad (3)$$

* 琉球大学農学部農業工学科

琉球大学農学部学術報告 21：231～236(1974)

a，b……貯水池の水面積に関する定数

これを各時限別にあらわすと

$$\left.\begin{array}{ll} \varphi_0 = C\ell h_0^{\frac{3}{2}} & V_0 = a h_0 + \frac{b}{2} h_0^2 \\ \varphi_1 = C\ell h_1^{\frac{3}{2}} & V_1 = a h_1 + \frac{b}{2} h_1^2 \\ \varphi_2 = C\ell h_2^{\frac{3}{2}} & V_2 = a h_2 + \frac{b}{2} h_2^2 \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots \\ \varphi_n = C\ell h_n^{\frac{3}{2}} & V_n = a h_n + \frac{b}{2} h_n^2 \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4)$$

(4)式を(1)に代入して

$$\left.\begin{array}{l} f_0 = C\ell h_0^{\frac{3}{2}} + a h_0 + \frac{b}{2} h_0^2 \\ f_1 = C\ell h_1^{\frac{3}{2}} + a h_0 + \frac{b}{2} h_0^2 + a h_1 + \frac{b}{2} h_1^2 \\ f_2 = C\ell h_2^{\frac{3}{2}} + a h_1 + \frac{b}{2} h_1^2 + a h_2 + \frac{b}{2} h_2^2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ f_n = C\ell h_n^{\frac{3}{2}} + a h_{n-1} + \frac{b}{2} h_{n-1}^2 + a h_n + \frac{b}{2} h_n^2 \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5)$$

この式に順次 $f_1 f_2 \cdots\cdots f_n$ の数値を代入してそれに相当する $h_1 h_2 \cdots\cdots h_n$ の値を求め，これらの値を(2)式に代入すれば時限別の洪水調節状況が判明する。

3　洪水調節の計算

1. 図式による計算

上述の基本計算式(5)は　$h^{\frac{1}{2}} = \chi$ とおけば χ の4次式となり代数式としては解けるが，次に述べる電算機による計算以外では到底できない。従って実用として計算するには図式による。図式計算は容易にかつ精度においても信頼し得る限度に求めることができる。予め表1の如く各々 h の値によるV，φ，およびV＋φ の値を計算しおき，図1Aの如く縦軸に流量および内容積を，横軸に越流水深をある縮尺で求めて，

(i)　$\varphi - h$　曲線

(ii)　V $- h$　曲線

(iii)　(V＋φ) $- h$　曲線

を描く。また図1Bは縦軸は図1Aと同じ，横軸は洪水時限とし各時限に相当する流入量 f をプロットして

(i)　f −T　曲線　　T ……　時限

を描く。図1Bは図1Aの右側に配置して縦軸を共用すれば次に求める洪水調節状況図を作図する場合

便利である。洪水調節状況図は各時限における貯水池の流入量，流出量および水位を併記作図せるもので，$f-T$ 曲線のほか

(ii) $\varphi-T$ 曲線

(iii) $h-T$ 曲線

を描いて完成する。洪水調節状況図作成の詳細は次の計算例にゆずる。

2. 電算機による計算

基本計算式(5)において $h^{\frac{1}{2}}=\chi$ とおいて

$$\left.\begin{aligned} f_0 &= C\ell\chi_0^3+a\chi_0^2+\frac{b}{2}\chi_0^4 \\ f_1 &= C\ell\chi_1^3+a\chi_0^2+\frac{b}{2}\chi_0^4+a\chi_1^2+\frac{b}{2}\chi_1^4 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ f_n &= C\ell\chi_n^3+a\chi_{n-1}^2+\frac{b}{2}\chi_{n-1}^4+a\chi_n^2+\frac{b}{2}\chi_n^4 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (6)$$

この4次式からニュートンの近似公式を用いて χ を求める。FORTRAN のフローチャートを描いて図2とする。

Table 1. Value of φ, V, (φ + V) with respect to h

h*	h^2	$h^{\frac{3}{2}}$	V**	φ***	(V + φ)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.00	0.011	0.057	0.017	0.075
0.10	0.01	0.031	0.513	0.049	0.562
0.20	0.04	0.089	1.034	0.141	1.175
0.30	0.09	0.164	1.563	0.260	1.823
0.40	0.16	0.252	2.101	0.400	2.501
0.50	0.25	0.353	2.647	0.561	3.208
0.60	0.36	0.464	3.201	0.737	3.938
0.70	0.49	0.585	3.763	0.930	4.693
0.80	0.64	0.715	4.334	1.136	5.470
1.00	1.00	1.000	5.500	1.590	7.090
1.50	2.25	1.837	8.557	2.920	11.477
2.00	4.00	2.827	11.820	4.496	16.316
2.20	4.84	3.263	13.182	5.188	18.370

* Water depth of weir

** Capacity of reservoir

*** Outflow discharge

Table 2. Computation of flood control of reservoir

n^{*}	f_n^{**}	Graphical					Computer		
		V_{n-1}	$f+V_{n-1}$	V_n	φ_n	h_n	φ_n	h_n	V_n
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
1	0.15	0.00	0.15	0.14	0.01	0.03	0.007	0.028	0.142
2	0.55	0.14	0.69	0.62	0.07	0.13	0.067	0.121	0.625
3	1.25	0.62	1.87	1.55	0.32	0.31	0.271	0.307	1.604
4	2.05	1.55	3.60	2.98	0.62	0.56	0.668	0.561	2.986
5	2.90	2.98	5.88	4.60	1.28	0.85	1.250	0.852	4.634
6	3.65	4.60	8.25	6.35	1.90	1.14	1.939	1.141	6.345
7	4.45	6.35	10.80	8.10	2.70	1.42	2.705	1.425	8.087
8	4.85	8.10	12.95	9.60	3.35	1.66	3.387	1.655	9.552
9	5.20	9.60	14.80	10.80	4.00	1.85	3.978	1.843	10.773
10	5.50	10.80	16.30	11.80	4.50	2.00	4.482	1.995	11.791
11	5.45	11.80	17.25	12.45	4.80	2.09	4.807	2.090	12.434
12	5.20	12.45	17.65	12.70	4.95	2.13	4.939	2.128	12.694
13	4.70	12.70	17.40	12.60	4.80	2.11	4.857	2.105	12.535
14	3.90	12.60	16.50	11.90	4.60	2.02	4.569	2.021	11.964
15	2.85	11.90	14.75	10.77	3.98	1.84	3.998	1.849	10.815

* Time hour

** Inflow discharge

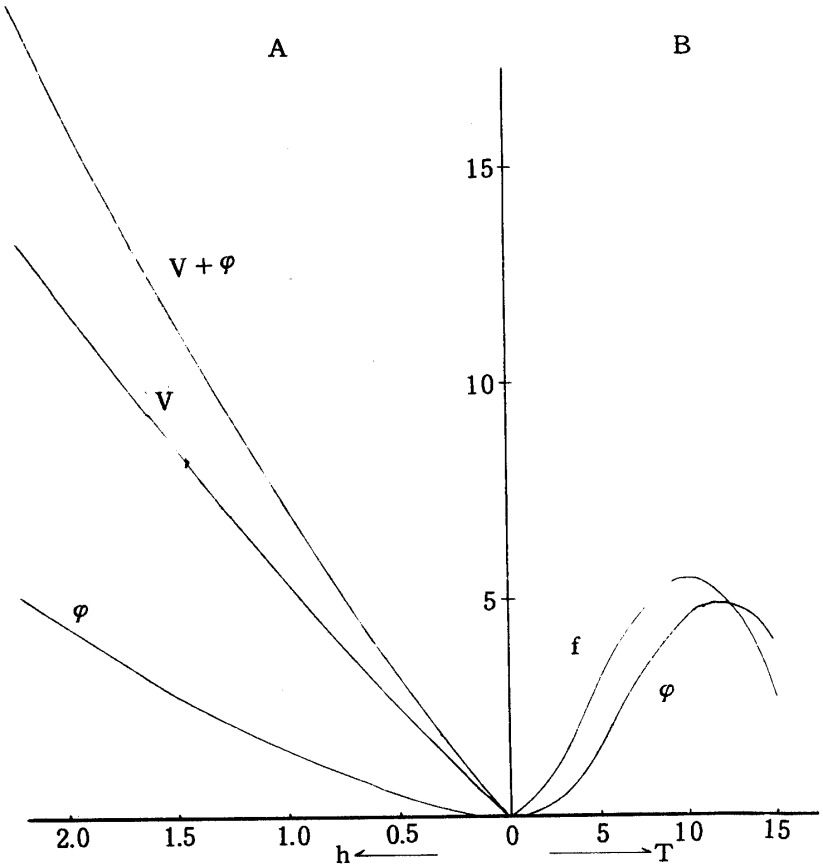

Fig. 1. Graph of flood control of a reservoir

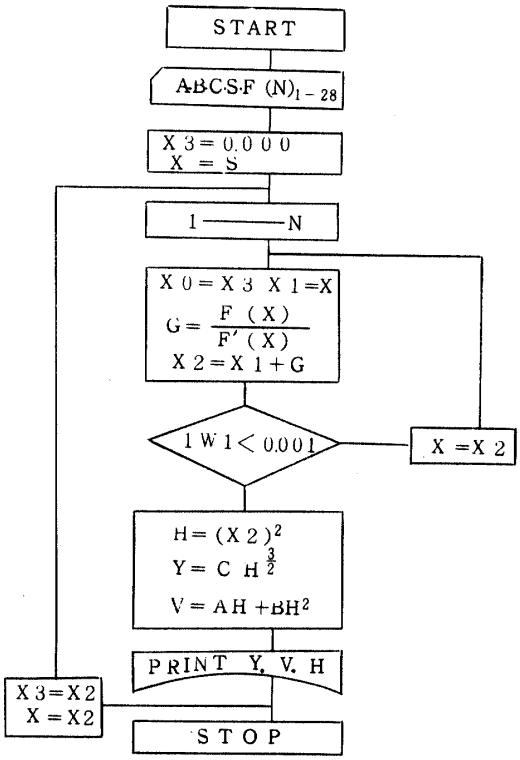

Fig. 2. Flow chart

4 計 算 例

貯水池　水面積　$A = 5.09 + 0.82\,h$ …… (10^6 m^3)

　　内内積　$V = 5.09\,h + 0.41\,h^2$ …… (10^6 m^3)

余水吐　越流ゼキ長　$\ell = 240$ …… (m)

　　越流係数　$C = 1.84 \times 3{,}600$

　　越流量　$\varphi = 1.84 \times 3{,}600 \times 240\,h^{\frac{3}{2}} = 1.59\,h^{\frac{3}{2}}$ …… (10^6 m^3)

　　越流水深　h …… (m)

貯水池　流入量　f = （表２）の通り …… (10^6 m^3)

　　時　限　T = 1時間

表２の求め方

先ず最初は流入量流出量ともにないから　$f_0 = \varphi_0 = 0$

従って

$$h_0 = 0 \qquad V_0 = 0$$

次の第１時限においては流入量f_1は 0.15 であるから

$$f_1 + V_0 = 0.15 + 0.00 = 0.15$$

図１Aの（V＋φ）－h 曲線より（V＋φ）＝0.15 に相当する h を読んで $h_1 = 0.03$ 同時にV－h 曲線 $\varphi - h$ 曲線より $h_1 = 0.03$ に相当するV，φ を読んで　$V_1 = 0.14$　　$\varphi_1 = 0.01$　が求められる。

このときV_1とφ_1の合計は（V＋φ）－h曲線より求められる値と一致するようチエックにもなる。

第2時限においては流入量f_2は0.55 V_{2-1}は0.14であるから

$$f_2 + V_1 = 0.55 + 0.14 = 0.69$$

図1Aの（V＋φ）－h　曲線より（V＋φ）＝0.69 に相当するhを読んで　h_2＝0.13同時にV－h曲線φ－h曲線よりh_2＝0.13 に相当するV，φを読んで

$$V_2 = 0.62 \qquad \varphi_2 = 0.07$$

が求められる。

第3時限以下同様にこの方法を操り返して表2が完結する。電算機により求められたh，V，φの値をこの表の右余白に併記して，両者の比較に便ならしめた。

5　む す び

この貯水池洪水調節の計算は，はしがきにも述べた如く特定の仮定を設けず，貯水池の流入量と持越量とを基礎とした洪水調節の水理解法で計算した。計算例に洪水調節の時限を1時間単位としたのは，流入量の単位が毎時間単位であるからそれに揃えたので，時限は細かくする程より正確な結果が得られる。また貯水池の水面積の変化を水深の1次関数式で表わしたが貯水池によっては2次以上高次の関数で表わすのが適当な場合でも，図式または電算機によれば計算には差程ひびきはない。なお図式と電算機による両者の数値を比較してみても（表2参照）殆んど差異なく，実用的には図式で充分であることがわかる。

終りにのぞみ本橋中の電算機による計算は琉球大学農学部農業工学科米蔵敏博君に手伝っていただいた。ここに深く感謝する。

参 考 文 献

1. 東郷成蔵，1953，貯水池洪水調節の新解法（I）農業土木研究，**21**（4）：260～264
2. 東郷成蔵，1954，貯水池洪水調節の新解法（II）農業土木研究，**21**（5）：269～272
3. 東郷成蔵，1954，貯水池洪水調節の新解法（III）農業土木研究，**22**（2）：108～109

Summary

The hydrauric analysis of flood control of a reservoir has been hitherto resolved with the aid of some asumption, which is not propriety.

The author deviced another solution without any asumption, and computed an example according to it.