

# 内水解析簡易逐次計算法についての一提案

資 料

辻川 勝雄\* 大平 純久\*\*

## 1. はしがき

堤防方式による治水計画がかなり進歩した現在、各地で内水の処理問題が取りざたされているようである。

一般に内水解析は、内水位と外水位との水位差により水門または樋管から自然排水される地区において、外水位が内水位より高くなる直前にゲートを閉鎖し、さらにその後外水位が降下して内水位より低くなったときゲートを開放して自然流出させる、一連の水位、および流量の関係を計算解析することが普通である。またさらにこの間にポンプ排水を加味する場合もある。

このような内水排除計算には、一般に洪水調節計算と同様な逐次計算の方法があるが、この場合は水門または樋管の自然流出量が下流側水位（この場合外水位）に影響されるために、その計算が複雑になるとして、現在広く中四地建法（中村博士の四象限図解法）が利用されているようである。

これについて筆者は逐次計算をそのまま簡単に計算する方法として、一見複雑に見えるが、割合簡単に作図できるグラフを利用した計算法を紹介させていただくこととする。

## 2. 基本式

$I_t$  : 時刻  $t$  における流入量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

$O_t$  : 時刻  $t$  における流出量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

$S_t$  : 時刻  $t$  における総貯留量 ( $\text{m}^3$ )

$\Delta t$  : 時刻  $t-1$  と時刻  $t$  との時間差

いま  $\Delta t$  間の  $I$  と  $O$  の変化が直線と見て差し支えない程度に  $\Delta t$  を短くとれば、

$$\left(\frac{I_{t-1}+I_t}{2}\right)\Delta t = \left(\frac{O_{t-1}+O_t}{2}\right)\Delta t + (S_t - S_{t-1})$$

ここで  $I_t, I_{t-1}$  を既知として

$$\frac{I_{t-1}+I_t}{2} = Q_t$$

とおけば、

\* 正会員 KK東京建設コンサルタント代表取締役

\*\* 正会員 KK東京建設コンサルタント常務取締役

$$Q_t \Delta t = \left(\frac{O_{t-1}+O_t}{2}\right)\Delta t + (S_t - S_{t-1})$$

いま  $\Delta t$  を1時間にとり、 $S$  の単位を ( $\text{m}^3/3600$ ) として上式を整理すると、

$$S_t + \frac{O_t}{2} = \left(Q_t + S_{t-1} - \frac{O_{t-1}}{2}\right) = C \dots\dots\dots(1)$$

式(1)のカッコ内はすべて既知数であるので、この  $S + \frac{O}{2}$  曲線 ( $C$  曲線と仮称する) を作成すれば、容易に逐次計算を行なうことができる。

## 3. C 曲線の作成方法

### (1) 流出量曲線の作成

水門または樋管における流出量を、内水位と外水位との関係から計算して、図-1 のごときグラフとする（両目盛とも普通目盛が便利であろう）。

### (2) 水位貯留量曲線の作成

内水位は、一般に水平に貯留するものと仮定し、水門または樋管の入口の水位を基準として、その貯留量を計算して図-2 のごときグラフとする（目盛は内水位を普

図-1 H-Q 曲線

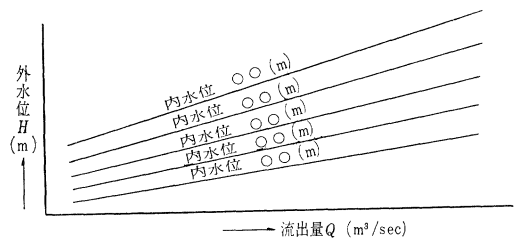
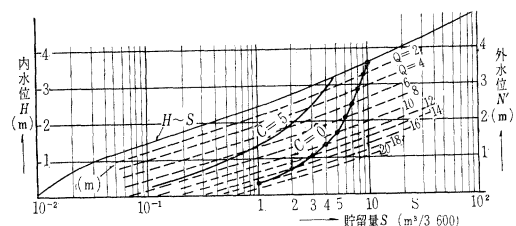


図-2 H-S 曲線 (反 Q, C 曲線)



通目盛とし、貯留量を対数目盛とするのが便利であろう。

### (3) C 曲線の作成

図-1 を利用し、図-2 の貯留量曲線に、流出量が  $2 \text{ m}^3/\text{sec}$  となるような外水位の曲線 (図-2 の  $m$ ) をえがく。同様な方法で 4, 6, ……  $\text{m}^3/\text{sec}$  と偶数流量となる外水位の曲線を、予想される水位差に対する流量程度までえがくと、C 曲線は  $S+O/2$  であるから、いまえがいた O 曲線の  $1/2$  量と S 量との和が一定の曲線であるので、図-2 の例  $C=10$  のごとく、 $S=10$  の上端から対角線状に結んで曲線が得られる。このようにして各 C の値に対する曲線を作図すればよい。

(注) この曲線の精度が計算の精度を左右するので、内水位の縮尺をできるだけ大きくし、C 曲線等をていねいに作図することに留意されたい。

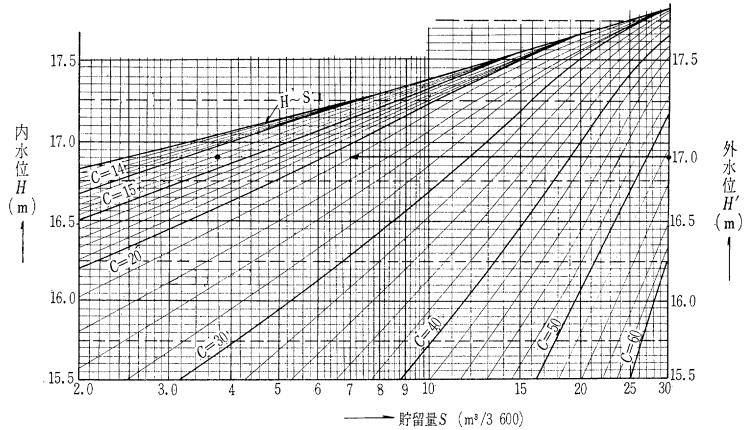
## 4. 逐次計算

流入量が与えられ、また外水位の時間変化が与えられた場合の逐次計算を表-1 の例題にて示して見よう。すなわち、C 曲線が図-3 のごとく得られた (計算を示す意味で一部分の抽出図) ものとし、流入量と外水位の既知に対して、まず ① の平均流入量を計算する。

ここで最初流出量を仮定するのであるが、内水位が低い場合は、ほとんど流入量と流出量が等しいことから、⑥ の流出量を  $21.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  と仮定する。つぎに図-1 より与えられた外水位に対して  $21.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  の流出量となる内水位を求めて  $16.92 \text{ m}$  を得、同時に ② の貯留量  $2.7$  を得る。すると ③ は当然  $21.0/2=10.5$  である。

そこで式(1)より C を計算するわけで、すなわち、

図-3 C 曲線 (一部抽出)



$$C_t = Q_t + S_{t-1} - \frac{O_{t-1}}{2} = 21.5 + 2.7 - 10.5 = 13.7$$

以上、 $C=13.7$  は 15 日 4 時の値である。ゆえに、この外水位  $16.90 \text{ m}$  のとき、 $C=13.7$  となる場合の貯留量  $S$  を図-3 より求めると、 $S=3.8$  が得られる。

つぎに  $O/2=C-S$  より ③ の  $O/2=13.7-3.8=9.9$  となる。

このようにしてつぎの 5 時における C の計算として  $C=23.5+3.8-9.9=17.4$  が得られ、上記と同様の計算をくり返せば、容易に一連の計算ができることとなる。

また、内水位は貯留量が ② に示されているので、 $H \sim S$  曲線より求め、また流出量  $O$  は ③ を 2 倍することにより求められる。

以上の計算を検討して見よう。

15 日 4 時における  $C=13.7=S+O/2$  は外水位  $16.90 \text{ m}$  を条件として、図-2 の作図方法から考える。内水位  $17.06 \text{ m}$  と外水位  $16.90 \text{ m}$  の水位差により、流出する量  $19.8 \text{ m}^3/\text{sec}$  の  $1/2$  量  $9.9$  を貯留量  $S=3.8$  との和を満足しているはずである。

また、流入量合計と最初の貯留量  $2.7$  との和と、流出量の合計と、貯留量最後の  $10.3$  との和とが等しくなけ

表-1 逐次内水計算

日時	流入量 $I$ ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	① 平均流入量 $Q_t = \frac{I_{t-1} + I_t}{2}$ ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	② 貯留量 $S$ ( $\text{m}^3/3600$ )	③ $1/2$ 流出量 $O/2$	④ $①_t + ②_{t-1} - ③_{t-1} = C$	⑤ 外水位 $H'$ ( $\text{m}$ )	⑥ 内水位 $H$ ( $\text{m}$ )	⑦ 流出量 $O$ (仮定)	摘要
15日 3 時	21.0	20.0	2.7	10.5	—	16.80	16.92	21.0	
4	22.0	21.5	3.8	9.9	13.7	16.90	17.06	19.8	
5	25.0	23.5	6.0	11.4	17.4	17.00	17.20	22.8	
6	27.0	26.0	8.2	12.4	20.6	17.08	17.30	24.8	
7	30.0	28.5	11.1	13.2	24.3	17.16	17.43	26.4	
8	34.0	32.0	15.7	14.2	29.9	17.24	17.55	28.4	
9	33.0	33.5	20.1	14.9	35.0	17.30	17.66	29.8	
10	30.0	31.5	22.0	14.7	36.7	17.35	17.70	29.4	
11	25.0	27.5	21.0	13.8	34.8	17.38	17.68	27.6	
12	20.0	22.5	17.5	12.2	29.7	17.38	17.59	24.4	
13	16.0	18.0	13.4	9.9	23.3	17.35	17.50	19.8	
14	12.0	14.0	10.3	7.2	17.5	17.30	17.39	14.4	

ればならないはずである。表-1 は前者が、297.7 であり、後者が 298.9 である。この誤差は最初の流出量の仮定と C 曲線作図の精度誤差からくるものと考えられる。

### 5. ポンプ排水を考える場合の計算

上述の水門または樋管排水のほかに、ポンプによる排水を併用する場合についてその基本式を考えて見よう。

#### (1) 基本式

$O_t$ : 時刻  $t$  における自然流出量 (m<sup>3</sup>/sec)

$O'_t$ : 時刻  $t$  におけるポンプ排水量 (m<sup>3</sup>/sec)

流出量を上記のごとく分割して考えると、

$$Q_t \Delta t = \left( \frac{O_{t-1} + O_t}{2} \right) \Delta t + \left( \frac{O'_{t-1} + O'_t}{2} \right) \Delta t + (S_t - S_{t-1})$$

$\Delta t$  を 1 時間にとり、 $S$  の単位を (m<sup>3</sup>/3 600) として上式を整理すると、

$$S_t + \frac{O_t}{2} = \left( Q_t + S_{t-1} - \frac{O_{t-1}}{2} \right) - \frac{O'_{t-1} + O'_t}{2}$$

一般にポンプの排水量は一定量であるので、

$$O'_{t-1} = O'_t = \text{const.} = O'$$

とすると、

$$S_t + \frac{O_t}{2} = \left( Q_t + S_{t-1} - \frac{O_{t-1}}{2} \right) - O' = C \dots (2)$$

すなわち、ポンプ併用の場合においても、 $S + O/2 = C$  の曲線を使用して、表-1 と同様な計算を行なうことができる。

$$\text{すなわち、} C = Q_t + S_{t-1} - \frac{O_{t-1}}{2} - O'$$

であるので、表-1 の ③ 1/2 流出量のぎの欄に、 $O'$  の欄を追加することで、表-1 と同様な計算ができ、また  $1/2 \cdot O$  の算出に当っては、表-1 と同様  $S + O/2 = C$  であることから  $O/2 = C - S$  で計算してよいこととなる。

### 6. あとがき

この方法は、水門または樋管が固定されれば、図-3 の C 曲線図は一定となるので、各種流入量および外水位について、簡単に計算が可能である。また、この C 曲線図の作成は、水門または樋管の流出量関係グラフ 図-1 ができると、だれでも 1 日前後の作業で十分作図できるようである。ただし、前述したように精度を考え、できれば縦の水位縮尺を 1/10 程度の大縮尺とすれば、はなはだ良好な精度が得られるようである。

最後に、この方法がこの種の解析に広く利用されるならば、光栄と思う次第である。 (1965. 6. 1. 受付)

Dr. T. IWINSKI: Theory of Beams

## 梁の理論

前北海道開発庁事務次官  
日本建設コンサルタント  
株式会社顧問・工学博士

猪瀬寧雄

北海道開発庁  
開発専門官

竹下 淳 訳編

・ 簡明で直截な入門書！

— ラプラス変換の技術問題への応用 —

本書は、構造力学において取り扱う最も基本的なものの 1 つである梁をとりあげ、この解析に対して演算子法の一部をなすラプラス変換の応用方法を説明したものである。

2 つの支点上の梁について種々の端部支持条件 (自由端、固定端等) を与えてその解を求め、さらにまた固定した支点および弾性支点上の連続梁の解を示し、想定されるすべての形の荷重を考慮して詳しく論じた。

一般に線形微分方程式 (とくに定数係数の) を境界条件に含ませて解く問題では、ラプラス変換は有力な武器であり、ラプラス変換表を利用することによって他の計算方法に比較して計算時間の省ける場合が多い。この意味でラプラス変換法を会得することは、土木建築の技術者にとって極めて有意義であると信ずる。

訳編者は、本書を一層わかり易く読めるように、補遺としてラプラス変換に関する初歩的な事項、梁についての基本的なことから簡潔に纏め、そのほか参考として構造の異なるいろいろの梁に各種の荷重が作用した場合の構造力学的諸元、実際の計算に必要な断面 2 次モーメント表などを付加して読者の便を図った。また、実際上の目的から幾つかの例題について数値計算をも含めて、本書の解法を用いて解いた < 計算例 > を配置した。

【主要目次】 I. 序論 1. 階段関数および多階段関数 2. ラプラス変換に関する予備知識 II. 梁の理論 1. 仮定、弾性曲線の微分方程式、荷重関数 2. 単一径間の梁の弾性曲線 3. 単一径間の梁の静力学的な量の決定 4. 三支点上の梁 5. 連続梁の弾性曲線 6. 三連モーメントの定理 7. 弾性支点の単径間梁 8. 弾性支点上の連続梁 9. 五連モーメントの定理 10. 曲げ剛性の変化する梁の弾性曲線 < 補遺 > 1. 梁について 2. ラプラス変換について 3. 計算例 4. 付表

・ A5 判上製函入クロス装  
定価 650 円 予 100  
好評発売中

## 鉄道工学

工学博士 森島宗太郎 著 [A5 判 224 頁 定価 900 円]

最新の技術をもれなく懇切に解明した新進技術者向けの好著

森北出版株式会社

東京・神田・小川町 3 の 10  
振替東京 34757 電 (292) 2601 (代)