

(4-16) 洪水追跡用アナログコンピュータの試作について

正員 京都大学工学部 工博 石原 藤次郎
 准員 神戸大学工学部 ○石原 安雄

降雨その他の原因によつて惹起された洪水は、時々刻々変形しながら河道を下流し海に注ぎ込むのであるが、従来の洪水の伝播に関する研究は、河道を単純な形に仮定して解析的に取り扱つたり、あるいは経験式に基づいたいわゆる洪水追跡法によつていた。しかしこのような方法では、きわめて複雑な洪水現象を究明することが困難である。そこでわれわれはこの問題を一挙に解決するために、電気的模擬法を利用した一種の、アナログコンピュータの試作に関する研究を行つた。

試作に当り考慮した諸点を列挙すると、

- (1) きわめて複雑な自然の河道の形状を考慮に入れること、
- (2) 多くの地点の洪水が同時に記録できること、
- (3) 遊水池、貯水池、河口における潮汐などの影響も取り入れられること、
- (4) 取り扱いが比較的簡単であること、

などである。よつてわれわれは基礎偏微分方程式として、速水教授が河道の不規則さを考慮して導かれた次式を採用した。

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{3}{2} U \frac{\partial H}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに H : 水深, U : 平均流速, μ : 河相係数である。

さて、わが国の大部分の河川は急勾配であるから、近似的に $U = C\sqrt{SH}$, C : Chézy の係数, S : 河床の平均勾配, とおき、さらに $A = C\sqrt{S}$ とおくと (1) 式は次のようになる。

$$\frac{\partial H}{\partial t} + A \frac{\partial H^{3/2}}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

A 及び μ の値がそれぞれ主として洪水の伝播速度及び減衰を決定するものである。

いま 図-1 のようなケーブルを考え、電圧: v , 電流: i 及び i_0 , 単位長当りの抵抗及び静電容量をそれぞれ R 及び K とすると、

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = K \frac{\partial v}{\partial t}, \quad -\frac{\partial v}{\partial x} = R(i - i_0) \quad \dots\dots\dots (3)$$

が成立する。(3) 式において $i_0 = kv^{3/2}/R$ において i を消去すると、(2) 式と全く同形の方程式が得られ、洪水を電気現象に対応させることができる。このような電気回路を構成するに当り最も重要な問題は、非線型要素をいかに簡単に実現するかである。種々の方法を比較検討した結果、5極真空管 6SJ7 のシャープカットオフ特性を利用することにした。このようにして得られた回路は 図-2 に示されている。なお、この場合には電圧 v の極性を負に選んである。

つぎに電気系の各係数を決定するために、流体系の電気系への変換を考え、

$$H = \alpha v, \quad t_{hy} = \beta t_{el}, \quad x_{hy} = x_{el}, \quad \dots\dots\dots (4)$$

とおくと、つぎの関係式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} KR = \frac{r^2}{\mu\beta}, \quad k = \frac{A\alpha^{1/2}r}{\mu}, \quad i = \frac{1}{\theta} \left(AH^{3/2} - \mu \frac{\partial H}{\partial x_{hy}} \right), \\ i_0 = \frac{1}{\theta} AH^{3/2}, \quad \theta = \frac{r\alpha}{K\beta} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5)$$

実例として、木曾川の笠松より下流の河道について設計した。m-sec 単位で表わして $A = 0.3 \sim 0.6, \mu = 10^2 \sim$

図-1

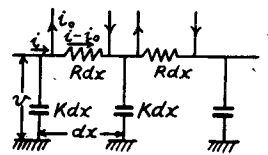
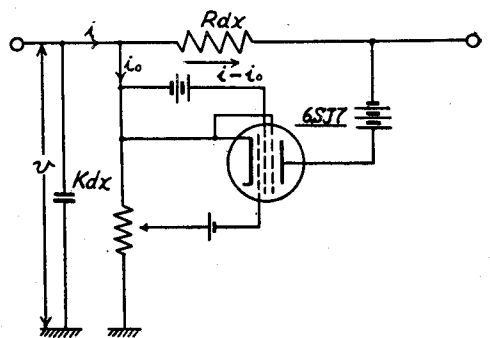


図-2



10^4 であるから、流体系の水位変化 1 m, 時間 1 日及び距離 4 km をそれぞれ電気系の 10 volt, 2.4 sec 及び 1 mesh に選ぶと, $KR=r^2/\mu\beta=0.447$ sec となり, $K=8\times 10^{-6}F$ とすると $R=55.9\times 10^3\Omega$ となる。なお、この場合の θ の値は 1.39×10^3 となる。また A 及び μ の値は各河川についても、また同一の河川でも各地点によつて異なると考えられるので、演算器においては、これに対応する量が容易に変えられる必要がある。そこで K を可変にすることは不経済であるので、抵抗 R 及び強制的電流 i を可変抵抗器で調節できるようにして目的を達した。

上流端での洪水曲線に相似な入力電圧を得る入力回路は、potentiometer と増巾器を組み合わせて設計試作した。河口においては、潮汐の影響により水位が変化するが、演算器において、これに対応する境界条件を入力回路と同じものを用いることによつて容易に満足させることができ、また水位変化の僅少な場合には、一定電圧の電池で模擬することができる。

指示装置としては、インキ書きオシログラフを使用した。

性能試験の結果は非常に満足すべきものであり、コンピューターとして充分役立つものであることがわかつた。

本研究は、建設省建設技術研究補助金の交付を受け、京都大学防災研究所において、速水教授、林教授、近藤助教授等と共同で行つた成果の一部であり、当局並びに木曾川の洪水資料の蒐集に御協力下さつた建設省中部地方建設局に感謝の意を表するものである。

(4-17) 背水領域における洪水波の伝播について

正員 大阪大学工学部 田 中 清

河川の合流、分流および貯水池などの背水領域を、洪水波が通過するときの状況を理論的に調べることはきわめて困難である。ここでは前に発表した擬定流の考え方によつて、その状況を近似的に考察する。

U : 流速, H : 水位, A : 水路断面積, R : 径深, S_0 : 水路勾配, f : 抵抗係数。

$$\text{運動方程式は, } \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = g \left(S_0 - \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{U^2}{f^2 R^3} \right),$$

$$\text{連続方程式は, } \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial AU}{\partial x} = 0$$

水路断面形状は $A=B \times H^r$ で表わされるものとする。

洪水では水位上昇がきわめて緩慢であり、短時間ではほぼ定流とみなし、第一近似として $\frac{\partial}{\partial t}$ の項を無視して普通の不等流背水による水面形状 $H=F(x)$ を用いる。それより流速を $U=\phi(x, A)$, の形に得られる。連続方程式により、

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \left\{ \phi(x, A) + A \frac{\partial \phi(x, A)}{\partial A} \right\} \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{d\phi(x, A)}{dx} = 0$$

上式の特性方程式は、

$$dt = \frac{dx}{\phi(x, A) + A \frac{\partial \phi(x, A)}{\partial A}} = \frac{-dA}{A \frac{d\phi(x, A)}{dx}}$$

この式を解くことによつて洪水波におよぼす背水の影響が求められる。

洪水波の伝播速度 ω は、

$$\omega = \frac{dx}{dt} = \phi(x, A) + A \frac{\partial \phi(x, A)}{\partial A} = U + A \frac{\partial U}{\partial A} = \frac{\partial AU}{\partial A}$$

洪水波が背水領域に入つても、その伝播速度は各地点において Seddon の式に従うことになる。

長波形式の波ならば、貯水池に入つて水深が増大すればその伝播速度が増大し、貯水池を短時間に通過することになるが、洪水波では貯水池に入つて流速が減少するとともに伝播速度も減少し、貯水池を通過するに長時間を要することになる。すなわち貯水池は洪水波の伝播を遅滞せしめる効果がある。

講演のときには、貯水池における洪水波高の減衰性について論ずる。