

III-8 水理実験における自動制御装置の応用.

(開水路流入部における入力・出力曲線の応答について)

京都大学工学部 正員 工博 石原藤次郎

京都大学工学部 正員 工博 岩佐 義朗

京都大学大学院 学生員 〇 洪 承延

自動制御装置は、定常流の水理実験において不意の外乱による流量の変動を抑え、常に正しい流量を供給するだけでなく、非定常流の実験において流量を所要の時間的関数として供給するところに大きな役割を果たすものである。非定常流水理学を一段と進歩させなければならぬ今日では、本装置の必要性が一層高められてきた。しかしながら、図-1

に示したような制御系統を使用した場合、整流タンクに流入した一定波形の流量時間曲線は開水路流入部で著しく変形することとが予想される。著者らはこの歪を推定し、実験過程が当初の計画を正しく再現しようとするため、京都大学工学部水理実験室に設置されている図-1の自動制御系統の水理実験への適用度を検討した。全系統は時間のおくれを小さくするため電子式に

し、高い動力をうるため操作部だけを電空式にした最新型の制御系統を使用している。

図-1のような実験系統で、その流量波形の歪を解析するには、連続方程式を応用すれば都合よく行なわれる。図-2に示したように、整流タンクには異なる一定流量を流したとき、AB断面における流量を Q_0 とし、水面はCDにおいて平衡状態に達しているとする。流入流量が Q_0 から $Q_0 + Q_i$ に増加したとき、流出流量は Q_0 から $Q_0 + Q_i$ に増加し、水位はCD線より h_i だけ上がったことにすると、連続方程式は

$$Q_i = Q_0 + A \frac{dh_i}{dt} \quad (1)$$

で与えられる。いま変動水位 h_i と変動流出流量 Q_i との間に、

$$h_i / Q_i = R \quad (2)$$

という関係があると仮定すると、(1)式は

$$Q_i = Q_0 + AR \frac{dQ_i}{dt} \quad (3)$$

と表わされる。これが入力出力流量曲線の基礎方程式である。したがって入力または出力曲線の一方が既知であれば、(3)式によって容易に他方を推定することができ。しかし、既知の曲線が任意の曲線であり、数式で表わせない場合には、単に(3)式によって未知曲線を推定することはできない。したがって、近似解法に頼るより仕方がない。

近似解法として、既知曲線を微小時間 Δt に区切り、Duhamelの公式

$$Z(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t Z_1(\xi) \phi(t-\xi) d\xi \quad (4)$$

を用いて計算する方法があるが、著者らの計算した結果、かなりの労力を必要とするばかり

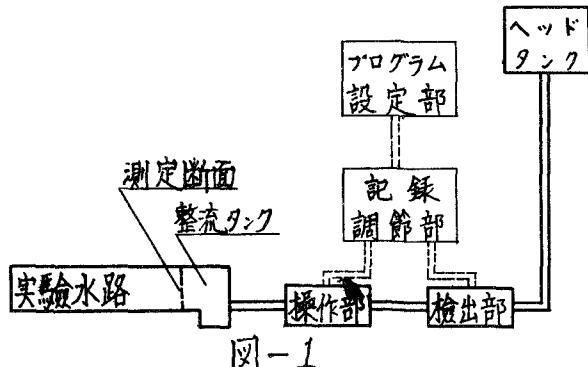


図-1

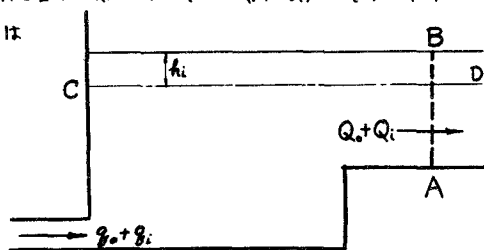


図-2

りでなく、精度も低く、また実用上かなりの不便を感じた。計算を簡単にし、精度を高めるために、著者はつぎの方法を考案した。

図-3に示したように、 $t=0$ のとき、 $Q_i=0$ 、 $g_i=a$ とし、 $t>0$ のとき、 g_i は

$$g_i = a + mt \text{ ----- (5)}$$

という直線を描くものと仮定すると、(3)式の解として

$$Q_i = mt - ARM(1 - e^{-\frac{t}{AR}}) + a(1 - e^{-\frac{t}{AR}}) \text{ ----- (6)}$$

が得られる。(6)式からわかるように、 a が ARM に等しい場合は、 Q_i 曲線は g_i 曲線に平行して伸びる。また $a=0$ 、すなわち $t=0$ のとき、 g_i と Q_i とが一致しており、制御系統は平衡状態にあるものとするれば、(6)式は、

$$Q_i = mt - ARM(1 - e^{-\frac{t}{AR}}) \text{ ----- (7)}$$

となる。 AR は実験装置によって決まる定数で、本装置の場合は 0.04625 であるから、(6)式は

$$Q_i = mt - 0.04625m(1 - e^{-\frac{t}{0.04625}}) + a(1 - e^{-\frac{t}{0.04625}}) \text{ ----- (8)}$$

となる。種々の m について実験を行なった結果、実測値と計算値とはほぼ一致していることがわかった。その一例として、 $m=20 \text{ } \frac{\%}{\text{sec}}$ の場合を図示すれば、図-4のようである。既知の入力曲線より Q_i 曲線を推定するには、 g_i 曲線を単位時間 Δt ごとに区切って、各区間内では g_i 曲線が直線になるものと仮定する。図-5において、 g_i 曲線の AC と Q_i 曲線の BD とが既知であるとする、 AB の偏差から a が測定され、 AC から勾配が測定されるから、(8)式に代入すれば Q_i が求められる。 Q_i は CD の偏差を示すもので、これによって BD が求められる。同様にして EF 各点を求めれば所要の Q_i 曲線を推定することができる。実用上迅速性を必要とするか、各種の a 、 m に対応する Q_i 値を計算し、表にすると便利である。入力曲線がSine Curveの (Q) 40

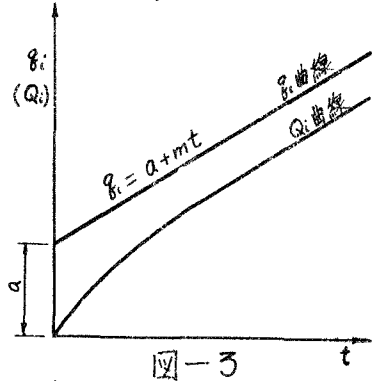


図-3

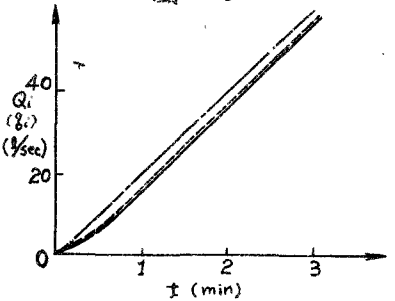


図-4

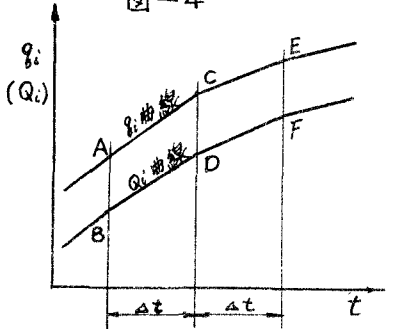


図-5

を必要とするか、各種の a 、 m に対応する Q_i 値を計算し、表にすると便利である。入力曲線がSine Curveの場合を想定して、(3)式による計算出力曲線、Duhamel式による出力曲線、著者らの方法による出力曲線と実測出力曲線とを比較して図示すると、図-6のようになる。図からわかるように、著者らの方法によった場合の精度がはるかにすぐれていることが見られよう。

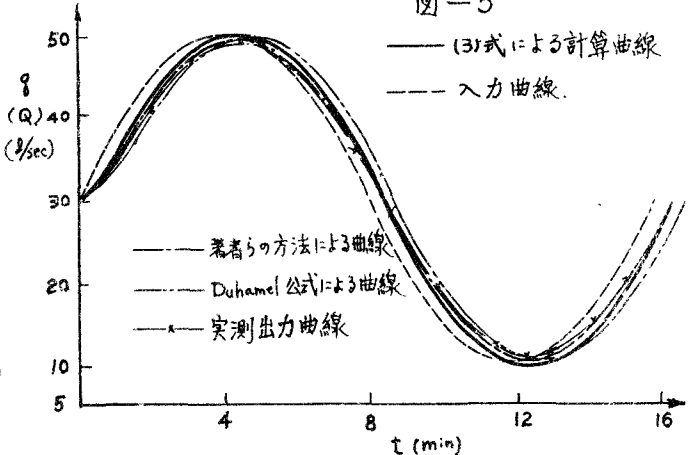


図-6