

II-56 自動制御装置を利用した水理実験法について

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 義朝
 日本建設コンサルタント 正員 工修 渡 永延

水理実験に自動制御装置を導入することは、定常流実験で流量と不意の外乱から護り、また非定常流の実験で流量を時間的関数として制御し、従来不可能に近かったこの種の水理実験を可能ならしめることである。しかし、自動制御装置を水理実験に導入した場合には、数多くの問題点が生じうる。その中で、もっとも注目すべき問題点は、制御された管水路から実験用水路に流入した場合に起る流量曲線波形のひずみ、すなわち整流ポンプによる流量のおくれ、および自動制御装置の感度といかにすれば、最適の条件で運転できるかということである。制御装置の概況およびその問題点については、すでに昭和37年度、関西支部學術講演会で発表したのである、ここでは省くことにする。

自動制御装置を低感度の状態で運転する場合には、種々の原因による偏差を消すためにかなりの時間を必要とし、制御装置の精度を落す原因となる。しかし、適度に制御装置の感度を上げると、不安定なハンティングを招くことである。したがって、満足な結果をうるためには、制御感度を最適状態に調節することが必要である。本研究は京都大学、工学研究所の水理実験室に設置された自動制御装置を対象にして行なつたものである。本装置の制御感度を左右する調節器は、図-1に示すような回路になっており、その伝達関数を求めると、

$$G_o(s) = \frac{E_o}{E_i} = \frac{G}{1 + \frac{q}{\omega} (1 + \frac{1}{s T_i})} \quad \dots\dots (1)$$

で与えられる。ここに、 T_i は C_i と R_i との積であるが、増中器の増中率である。さらに本調節器のindicial応答特性をあらわすために、 $t=0$ のとき $e_i=0$ で $t>0$ のとき $e_i=\alpha$ なる階段状関数を調節計の入力側に加えると、調節計の出力電圧は

$$e_o = g\alpha \left\{ 1 + \left(\frac{q}{\omega} + k \right) e^{-\frac{t}{T_i (q + k)}} \right\} \quad \dots\dots (2)$$

で与えられる。一般に増中器の増中率 q は数十におよぶ値であり、 k は0から1までの値であるから(2)式は

$$e_o = g\alpha \left\{ 1 - e^{-\frac{t}{T_i}} \right\} \quad \dots\dots (3)$$

にて近似することができる。(3)式からわかるように、応答曲線の形状は k/T_i の値、すなわち比例帯幅と積分時間 T_i との積によって一義的に決められる。したがって全制御装置の特性は、積分時間と比例帯との積によって左右されるはずである。

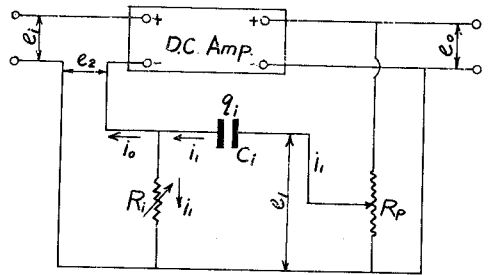


図-1 比例帯積分時間調節基本回路

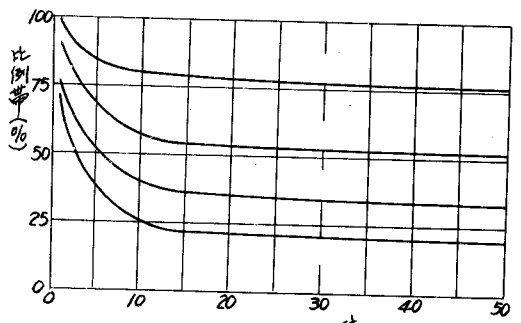


図-2 流量50 l/secの場合、積分時間、比例帯との関係

最適条件は流量および流量の変化こう配によって変化する、その目安となるものはハンティングの周期および振中であり、比例帯および積分時間によって設定される。これらの相関関係は複雑なものであり、定常流の場合には、ハンティングの振中と実験の精度に差をえない程度に抑えうるように感度を上げ、非定常流の場合には、偏差がかなり大きくあらわれるから、応答曲線のおくれを実験精度に差をえない程度に抑えうるように感度を下げることによって、最も理想的な結果がえられる。

図-2は流量を 50 l/sec に保った場合における積分時間、比例帯および振中の関係を示すもので、図からわかるように、積分時間が 5 sec 以上を保つ場合には、積分時間は振中に無関係であるから、定常流におけるハンティングの振中は比例帯によって一義的に決められる。つぎに積分時間と考慮に入れず、振中を中心流量との比で無次元化してから、比例帯との関係を図示すると図-3に示すようになる。またハンティングの周期は流量、比例帯、および積分時間などに無関係であることが実験的に明らかにになったから、周期は振中によって一義的に決められ、これを図示すると図-4のようになる。したがってハンティングの振中をある数値に抑えたい場合は図-3によって設定すべき比例帯が求められる。非定常の場合には、応答曲線を重視することから、筆者らは図-5に示す応答曲線よりおくれの小さいものは実験精度に差をえないことを認め、これを最適条件と規定したが、それぞれの流量変化こう配に対応する最適条件を実験的に求めると図-6に示すとおりである。この平面は曲線によってA、B 2つの領域に分けられ、理想な状態としてはこの曲線上で制御を行なうのが好ましいが水理実験においては流量変化こう配が常に変化しているのが普通であり、したがって制御感度とA領域内におさえられるように設定しなければならない。

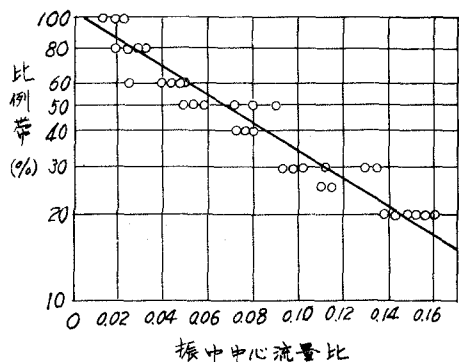


図-3 振中中心流量比と比例帯の関係

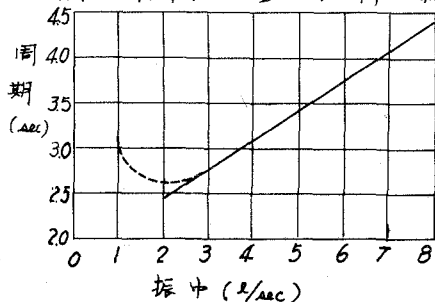


図-4 振中と周期の関係

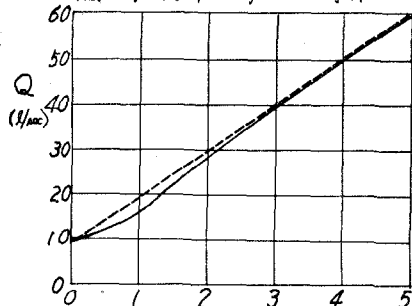


図-5 最適条件における応答曲線

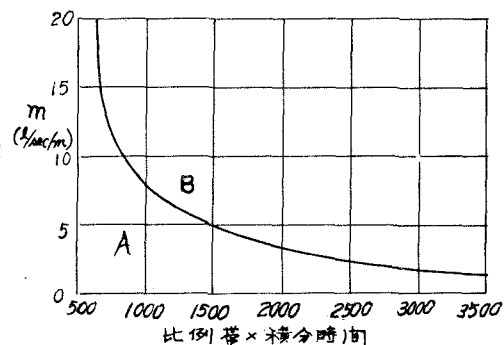


図-6 各種の m に対する最適条件