

岡山大学 工学部 正員 名合 宏之
中電技術 コンサルタント 〇 白石 修
大 本 組 初岡 勉

1. まえがき

最近、比較的小規模な既設発電所において、出力の増大をはかろうとする方式が種々検討されているなかで、単純に調整池を拡大することが困難な場合、調整池からトンネル（以後、調整水槽と呼ぶ）を掘り、これに貯水することにより必要調整池容量を確保し、あわせてこの調整水槽を他河川から供給される新規使用水量の導水路として使用する計画が考えられている。このような調整池-水槽系の特徴としては、調整池の湛水面積および容量が極めて小さく、これに接続される調整水路が非常に長いことが挙げられる。したがって、そこには発電所の負荷の急増によって非定常な流体運動の発生が考えられる。本研究は、その特性を実験的に検討し、かつ、シミュレーションの手法について考察したものである。

2. 実験装置および方法

実験装置の概要は図1に示されるようである。すなわち、調整水槽には、全長10.75 m、幅0.25 m、深さ0.20 mのアルミ製可変工配水路が用いられ、調整池としては幅0.80 m、長さ1.0 m、深さ1.0 mの水槽がこれに接続されている。調整池からの取水は、これに接続されるラインポンプによっておこなわれる。また、調整水槽上流部からの定常流量 Q_u の供給は、低水槽からいす一つのラインポンプで高水槽に揚水されたのちおこなわれる。水位の測定は、図1に示される各点にあり、容量式水位計によって、流速測定は図1に示される測定点Iにおいてフロベラ式流速計を用いておこなわれる。このとき検出部であるフロベラの中心はつねに水路底から14 mmの位置に固定されている。取水流量 Q_d は実験中数回にわたって弁により測定され、定常流量 Q_u は、実験開始前に三角せきによって測定される。

3. 実験結果の検討

図2は、一例として取水流量 Q_d が大きい場合の各点における水位および流速の時間的変化を示したものである。この図より調整水槽内の流体は水槽全長を半波長とする振動現象をともないながらも、その水位は平均的にほぼ一定の速度で降下している。また、時間の経過とともに、その流れは次第に一樣な流れに移行している。流速については、その振動の周期は、水位のそれと対応しているが、その位相に関して、流速のほうが約 $\pi/2$ 進んでいる。

4. シミュレーションの手法

調整池については、水量の連続条件のみを考慮するとその基

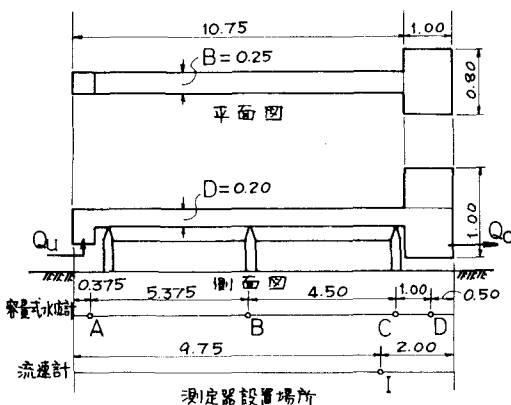


図1 実験装置

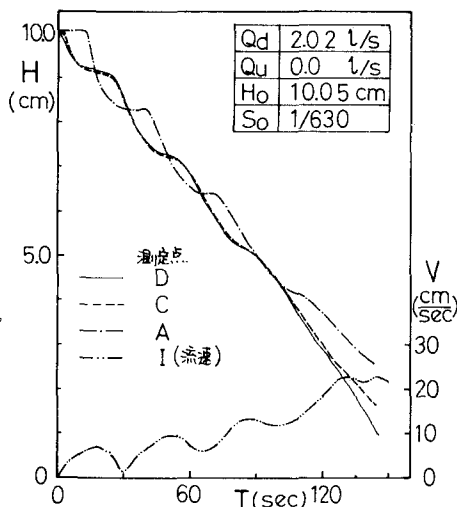


図2 水位の時間的変化

基礎方程式は

$$A_0 \frac{dH_r}{dt} = Q_i - Q_d \quad (1)$$

ここに、 A_0 :調整池湛水面積、 H_r :調整池水位、 Q_i :水槽から調整池への流入流量である。また、調整水槽については、開水路不定流の基礎方程式を用いると、それらは特性曲線法によってつぎのように表すことができる。

$$\text{特性曲線} \left(\frac{dx}{dt} \right)_{\pm} = \frac{\alpha \pm \beta}{2\beta} \cdot v \pm C \quad \left(C = \sqrt{\left(\frac{\alpha - \beta}{2\beta} \cdot v \right)^2 + \frac{gA}{\beta B}} \right) \quad (2) \text{に} \text{ } \rightarrow \text{次式が成立する。}$$

$$\frac{1}{B} \left(\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \right) + \left(\frac{\alpha - \beta}{2\beta} \cdot v \pm C \right) \left(-\frac{\beta}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial H_t}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (H_t = z + h \cdot \cos \theta + \frac{\alpha v^2}{2g}) \quad (3)$$

ここに、 α :コリオリのエネルギー補正係数 β :フシネスクの運動量補正係数、 S_0 :水路底の勾配、 θ :水路底と水平面とのなす角度 g :重力加速度、 S_f :摩擦の勾配(Manning係数 n および径深 R を用いると、 $S_f = n^2 v^4 / R^{4/3}$)である。

(1)および(3)式を差分化するとつぎのように表すことができる。

$$\frac{H_r^{n+1} - H_r^n}{\Delta t} = \left(\frac{Q_i - Q_d}{A_0} \right)^n \quad (4)$$

$$\frac{1}{B_j^n} \left(\frac{A_j^{n+1} - A_j^n}{\Delta t} + \frac{Q_j^n - Q_{j+1}^n}{\Delta x_j} \right) + \left(\frac{\alpha - \beta}{2\beta} \cdot v \pm C \right)_j^n \left(\frac{\beta}{g} \frac{v_j^{n+1} - v_j^n}{\Delta t} + \frac{H_t_j^n - H_{t_{j+1}}^n}{\Delta x_j} + \frac{S_{fj}^n + S_{fj+1}^n}{2} \right) = 0 \quad (5)$$

ここに添字 n は $t = n \cdot \Delta t$ ($n=0, 1, 2, \dots$)における量であることを示し Δt は時間の増分である。

計算は、初期条件として流量 Q_u で調整水槽下流端の水位が初期調整池水位 H_0 に等しい不等流とする。また、境界条件は、 $x=0$ (調整水槽下流端)で $H=H_r$ 、 $x=L$ (上流端)で $Q=Q_u$ を与え、境界条件の課せられない中間点は、(5)式において、 $(dx/dt)_+$ および $(dx/dt)_-$ に合う式を連立的に解けばよい。

5. 結果とその考察

図3は、実験結果と計算結果を、水位の時間的变化に関し、現定地点Cについて直接比較したものである。また、図4は同様に、流速の時間的变化について比較したものである。これらの図より、水位については、現象の全過程を通じて良く一致しているといえる。また流速についても、その絶対値および振動の特性がよく説明されている。したがってここで用いたシミュレーションの手法は、調整池-水槽系における非定常流体運動をよく表現するものであるとみなすことができる。

以上本研究では発電所の負荷の急増にともなう調整池-水槽系における非定常流体運動の基本的な水理特性とその数学的シミュレーションの手法が明らかにされた。

本研究の遂行にあたっては、京都大学の岩佐義朗教授の御指導を賜わり、井上和也助教授の御協力をえた。また、中国電力土木部の関係各位より多大の御配慮をうけた。ここに記して深謝の意を表する次第である。

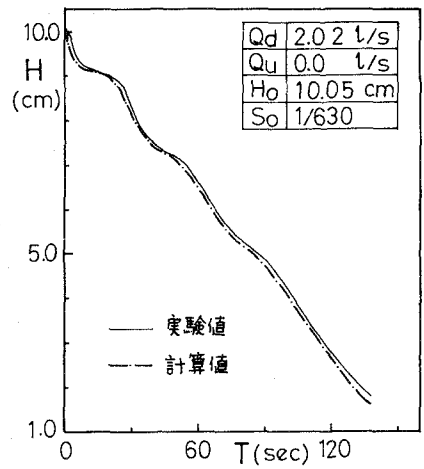


図 3

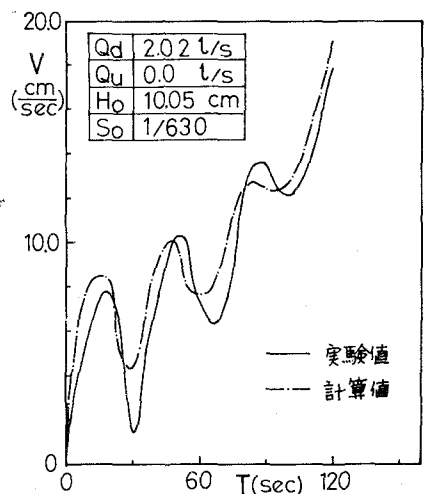


図 4