

18 放水路サージチャンバーのサージングの簡易計算法

中央大学工学部 工博 林 泰 造

§ 1 緒 言

筆者はさきに、負荷遮断に伴う放水路サージタンクサージングの研究を行い、サージングの基本式を提示した。¹⁾ この理論は実験とよく合うものであることがいさうな研究によりよく確かめられているが、その計算式が取り扱ひ上 多少繁雑であるという点でその簡易化が望まれてきた。千秋信一・秋元保両氏はその簡易化につき優れた寄与をされている。²⁾ 本報もまたその簡易化に関するものであって、図式解法の導入により、前理論式にもとずき、簡単な実用計算の方法を示そうとするものである。

§ 2 筆者の前理論の概要

放水路が圧力水路となつてゐる場合(図-1)につき考察する。負荷遮断に伴いサージチャンバー内水面は下降し、自由水面が放水路内に侵入してゆき(写真-1)、放水路内の水部分がそれだけ欠けてゆく。この現象を負の段波の伝播と考えると、実用計算のためには複雑な現象となり過ぎ

である。この場合の放水路内の水面形状、図-2 のような形状で近似できるものとする。すなわち動水勾配は常に直線 ABC

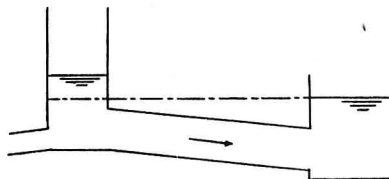


図-1 負荷遮断前の状況

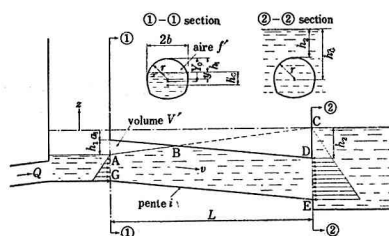


図-2 サージング時の仮定水面形

で表わされ、これが常に C を固定点として回転するものと仮定する。そうすると、放水路内の水流に対する運動方程式はつぎのようになる。

$$\frac{W}{g} \frac{dv}{dt} = P_1 - P_2 + W i \mp c v^2 \dots (1)$$

ただし、 P_1 , P_2 はそれぞれ放水トンネル入口および出口各断面において流水に作用する水圧の合力、 W は放水トンネル内の水の重量 (ABDEGA 部分の重量) である。

一方、 Δt 時間の間のサージチャンバー水面の

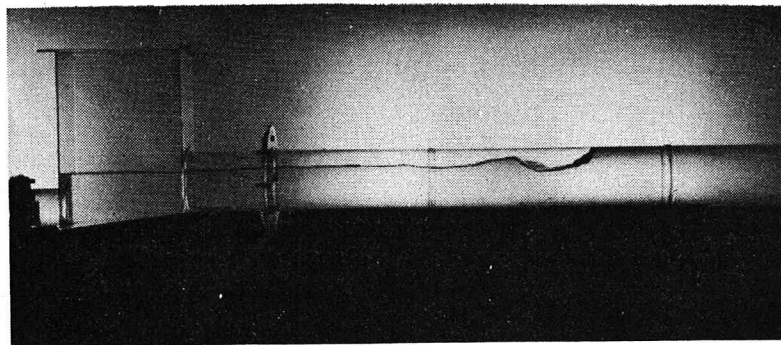


写真-1 負荷遮断に伴う自由水面の侵入

下り差 $-\Delta z$, Δt 時間の間の放水路トンネル内の空気容積の増分を $\Delta V'$ とすれば,

$$F\Delta z + \Delta V' = (fv - Q_t)\Delta t \quad \dots (2)$$

となり, z が連続の方程式である。

(1) および (2) 中の P_1, P_2, W および V' を z (したがって図示の h_1) の関数として書き表われ, (1) および (2) に代入すると, それらはそれぞれ

$$\frac{dv}{dt} = \frac{z \mp [cv^2 \{1 - (V'/Lf)\}]}{L/g} \quad (3)$$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{Q_t - fv}{F + \frac{L}{h_1 + h_2} (f' - \frac{V'}{L})} \quad \dots (4)$$

となる。ただし

$$f' = r^2 \left[\sin^{-1} \frac{b}{r} - \frac{y}{r} \frac{b}{r} \right] \quad \dots (5)$$

$$V' = \frac{L}{h_1 + h_2} r^3 \psi \quad \dots (6)$$

$$\psi = \frac{2}{3} \left(\frac{b}{r} \right)^3 - \frac{y}{r^3} f' \quad \dots (6.a)$$

である。 ψ の値を計算してグラフにすればものが図-3である。

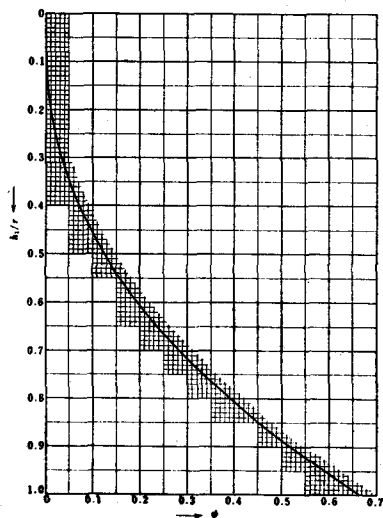


図-3 ψ の値

これらの式を用いて Runge の方法等による数値積分によりサージングの計算を

行うことができよう。

特殊の場合として, 放水路内には自由水面が現れない場合には

$$f' = 0, \quad V' = 0$$

であり, したがって (3), (4) はそれぞれ

$$\frac{dv}{dt} = \frac{z \mp cv^2}{L/g} \quad \dots (7)$$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{Q_t - fv}{F} \quad \dots (8)$$

となり, 通常の導水路のサージタンクサージングの基本式と同一のものとなる。

§3 新しい計算方法 (図式積分法)

(3) において近似的に

$$V' \ll Lf \quad (9)$$

と考えれば, 同式は

$$\frac{dv}{dt} = \frac{z \mp cv^2}{L/g} \quad (10)$$

となる。この式の両辺に f をかけて差分の形に書き直せば

$$f\Delta v = \frac{gf}{L}\Delta t \cdot (z \mp cv^2) \quad (11)$$

一方, 連続の方程式は (2) から

$$\Delta \left(\int Fdz + V' \right) = (fv - Q_t)\Delta t \quad (12)$$

となる。(11) と (12) とはもとより,

Schoklitsch の図式計算の方法に倣って図式解法を行う。図-4 はその計算例を示す。

導水路のサージタンクの場合と図式計算上異なるところは, 同図 (a) において通常のサージタンク容量曲線に V' の曲線を加えておくこと, および同図 (b) において cv^2 曲線と上向きに画いたおくことである。 V' の曲線は図-3 の ψ の曲線であり, その縦軸の数値は $Lr^3/(h_1 + h_2)$ 倍

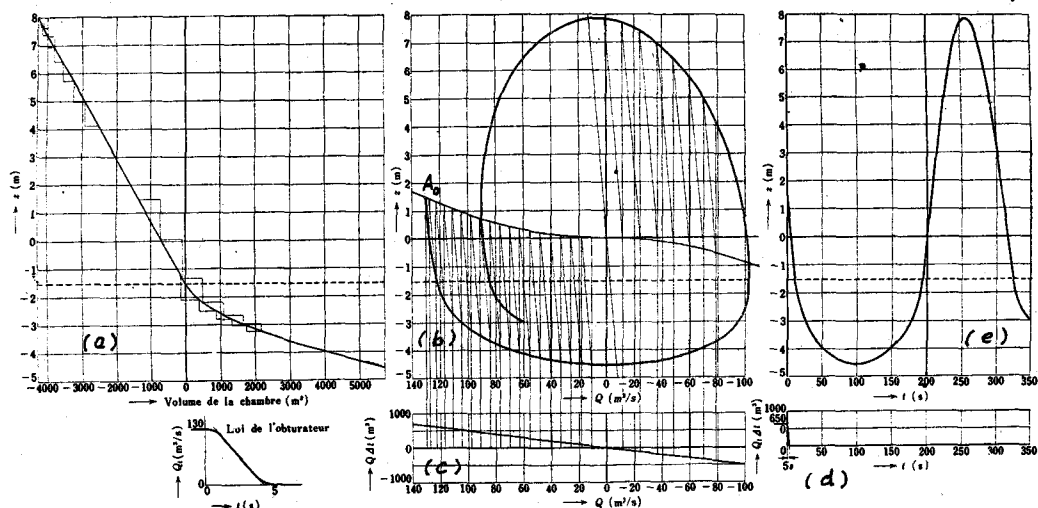


図-4 計算例

すべし。

2. 9. 5. 1. 図計算は極めて簡単である。2. 本図に入ったものは極めて迅速に作図を完了する。2. 2. 6. 2. 2. 2.

図-5 および図-6 は 2. 9. 5. 1. 図式解法による計算と理論曲線と実験値とを比較を示すものである。一般の場合には極めて良好である。2. 本報の図式計算法は 確信をもち、2.

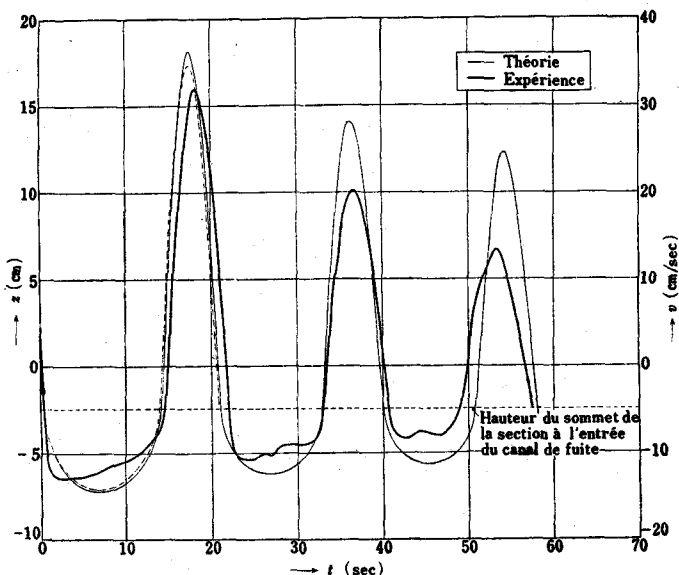


図-5 計算と実験の比較

実用は供し、2. 9. 5. 1. 図式解法による計算と理論曲線と実験値とを比較を示す。

引用文献

- 1) 杯泰造：押流調圧水槽の水理について、土木学会年次講演会講演要旨集、1954；または The governing eqs. for surging at the surge chamber of the tail-race tunnel, 土木学会論文集 No.56.

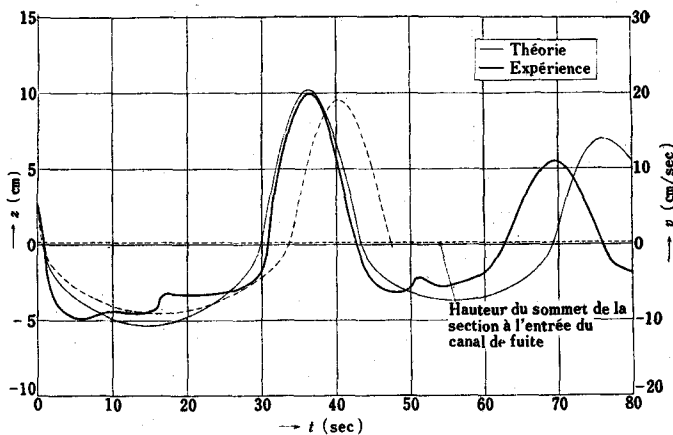


図-6 計算と実験の比較

2) 千坂信一, 秋元 保: 放水路に設ける
サージタンクの水理計算について, 土木
学会年次講演会講演要旨集, 1959.

