

始めに ロラーゲートの小開度で潜り流出の場合に発生する振動は最近注目され多くの人々により研究されてきている。著者もここ3年間に渡り実験および理論的な解析をしてきたがまだ十分にこの現象を把握出来ないでいた。しかしながらその後の理論解析結果の検討により自励振動の発生条件を明確にすることが出来た。そこで今回のレポートはこの結果を中心にまとめる事にした。

自励振動の発生条件 このけんについては、既にこの現象の振動モデルを作成しその振動方程式の安定条件からつぎの条件式を導いた。
ゲートの設定状態は図-1のようになっている。これは模型実験のものであるが、現地のゲートでも潜り流出になる場合には以下の解析が適応出来る

$$y = \frac{3m\gamma\pi}{4\rho\epsilon BL\omega_n} < \frac{v}{2B\omega_n} \frac{1}{1+(a/a_2)} - 1 \quad (1)$$

この式のままであると、もう少し条件が明確にならないので、ゲートの開度に特に注目して(1)式の左辺を y と置き、開度のパラメーター a/a_2 とのグラフを書いたのが次のページのグラフである。

このグラフから $y=0$ の場合には開度が a_0 以下では不安定領域になり、自励振動が発生する事が判る。この限界条件を与える式は双曲線であり(1)式で与えられるが、 a_0 が小さい場合には次の直線式で近似することも可能である。

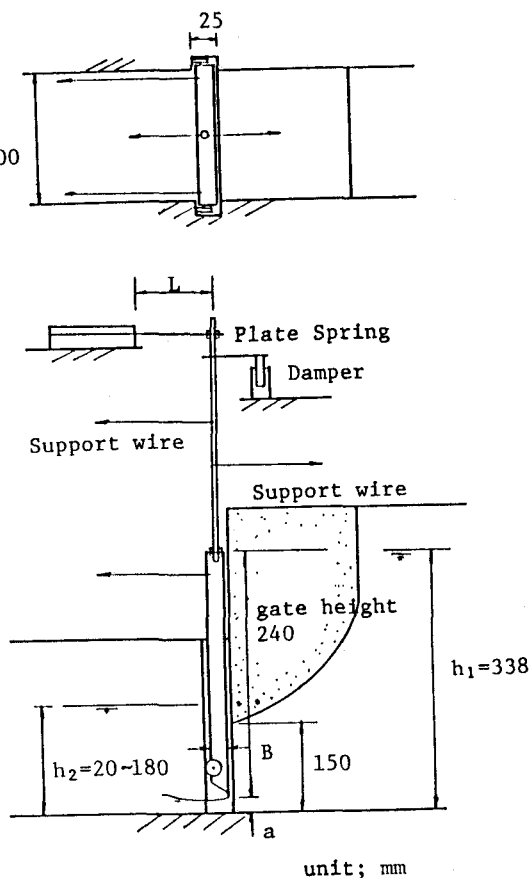
$$y = -\frac{v}{2B\omega_n} + a_0 \quad (2)$$

パラメーター y は(1)式を見ればわかるごとくゲートの質量 m 、振動方程式の減衰係数 γ 、ゲートの厚さ B 、および幅 L 、振動の固有角周波数 ω_n 、振動の振幅 ϵ 、さらに水の密度 ρ が入っている。これを $(m/\rho\epsilon BL)$ と (γ/ω_n) に分けてみると、前者はゲート質量と振動時のゲートが直接動かす水の量を表し、後者は減衰定数を表している。

またパラメーター a_0 は

$$a_0 = \frac{v}{2B\omega_n} - 1 \quad (3)$$

Fig.1 Experimental apparatus.



であり、ゲートの下面より流出する水の流速 v 、ゲートの厚さ B 、固有角周波数 ω_n により決まる。

このパラメータはよく使われる無次元流速 V_r を使ってつぎのように書き直せる。

$$a_0 = \frac{V_r}{4\pi} - 1 \quad (4)$$

さて図-2において見かたを変えて見ると、パラメータ a_0 が大きく成る程、不安定領域が広くなる事が判る。即ち流速が速いほど、固有周波数が小さいほど、ゲートの厚さが薄い程、不安定領域が広がる事が判る。ただし、ゲートの厚さの件はパラメータ γ の中にも

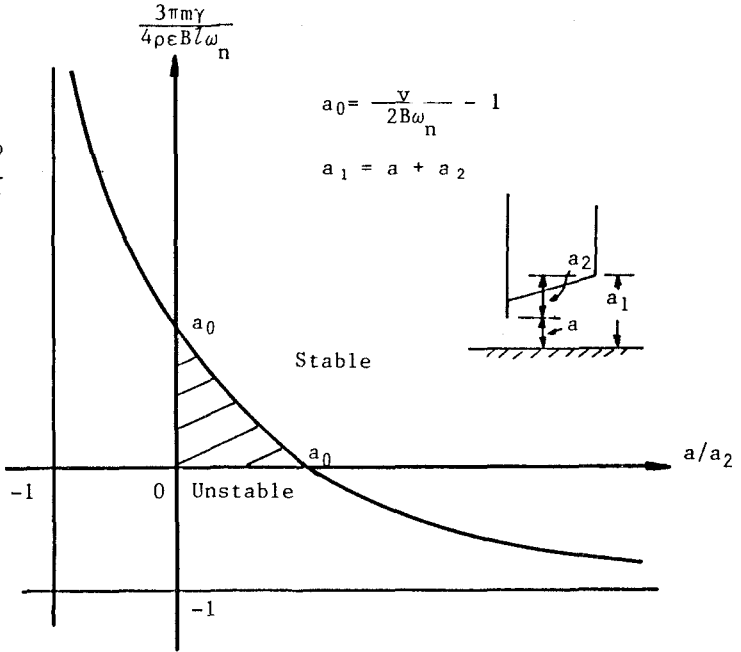


Fig.2 Limit curve for unstable condition

入っているので、その点を加味して考える必要が有る。

振動の発生しない条件 さて図-2において第一象限より不安定領域が無くなる条件を考えてみよう。もしこの条件が満足されればいかなる開度でも自励振動は発生しなくなる。即ち、パラメータ a_0 が0またはマイナスの値を取ると不安定領域は図-2から消えてしまう、これは安定条件を与える事になる。

従って次の式が得られる。

$$\frac{v}{2B\omega_n} < 1, \text{ or } \frac{v}{2B\omega_n} < 1 + \frac{a}{a_2} \quad (5)$$

この式を書き直して、自励振動の発生しない条件を、角周波数 ω_n を求める式に書き直し更にゲートの操作装置のバネ定数 k を求める式に直すと、次の式が得られる。このことからバネが固くなるに従って自励振動が発生しなくなることが証明された。

$$\omega_n > \frac{v}{2B} \quad \text{or} \quad \omega_n > \frac{v}{2B} \frac{1}{(1 + a/a_2)} ; k > M \frac{(v/2B)^2}{(1 + a/a_2)^2} \quad (6)$$

更に先に定義した無次元流速の形で表現すると次のようになり、 a/a_1 が0から1程度の値を取る事を考慮すると、無次元流速が 4π 以下では、このタイプの自励振動は発生しない事が判る。

$$V_r = \frac{v}{Bf_n} \quad V_r < 4(1 + a/a_2), \quad V_r < 12.6 \quad (7)$$

上記で求めた条件は a_0 が0以下の場合であり、 a_0 の値がこれ以外の値を取る場合には、無次元流速が 4π 以下においても、自励振動の発生することは図-2からも判る。