

II-256

ローラーゲートの小開度で発生する自励振動の理論的検討

東洋大学工学部 荻原国宏

はじめに

図-1に示す様なローラーゲートで上流側にスキンプレートが配置されており、下流側の水位が自由流出にならない程大きい場合で、微小開度で放流する場合には、自励振動が発生して来ることは、我々の研究で明らかになって来た。

この件についてはその概況を昨年(昭和60年)の年次講演会で発表しており、さらにその発生条件についての理論解析を学会の関東支部の講演会で発表した。この解析モデルにより自励振動の発生条件を明確にすることが出来た。ここではさらにこの解析モデルによって本当に自励振動が生ずるか検討した結果をまとめてみた。

発生条件

自励振動の発生条件は先のモデルによりつぎの様に求める事が出来た。

$$\gamma < 2\varepsilon(\beta - 2\omega)/3\pi$$

$$\delta = \rho Bl/m, \quad 2\gamma = R/m \quad \omega^2 = k/m$$

$$\beta = \rho Q(1/a - 1/a_1)/m$$

ここに  $\varepsilon$  は振動の振幅であり、振幅が大きくなる程また  $\beta$  が大きくなるほど自励振動が発生しやすい事を示している。後者の条件は流量  $Q$  が大きく、ゲートの開度が小さい程またゲートの質量が軽いほど振動が発生しやすい事を示しており、先の実験結果と良い相関を示している。また固有振動の角周波数  $\omega$  が高くなると、即ちゲートを支持するバネが固い程振動が発生しなくなることもこの条件式により説明出来る。

これらの事は、実験で確認出来た事実と非常に良い相関を示しており、この解析モデルはこの現象を良く捉えているものと考えて良い。

振動と振動外力の関係

この解析モデルでの外力と振動の関係を調べる為に、振動をサイン関数で与えて、そのときに生ずる振動外力を、次の式で求め、パラメーターによってどのように変わるかをグラフに表わしてみた。

$$F = \cos \omega t [ |\sin \omega t| - D |\cos \omega t| ], \quad D = \delta / \beta$$

グラフの中の  $y$  は振動を  $F$  は振動の外力を表わしている。またパラメーター  $D$  はパラメーター  $\beta, \delta$  の比として与えられるものである。この値が小さい程自励振動が生じやすいことを先の条件は示してい

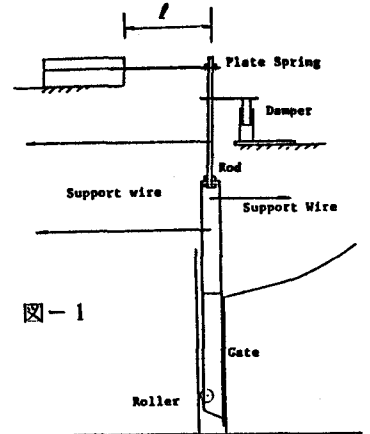


図-1

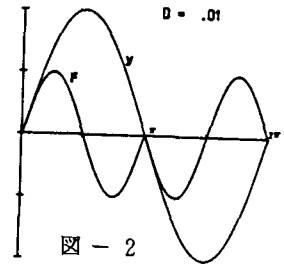
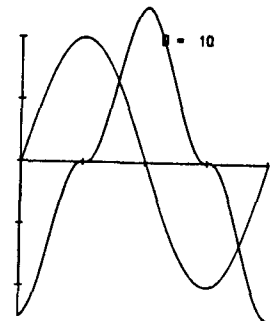


図-2



るが、図-2の $D=0.01$ と $D=10$ の場合を比較するとこのことがよくわかる。すなわち $D$ の小さい時には振動を加速する方向に力が作用し、大きい時には運動方向と逆の力が働いていることが分かる。

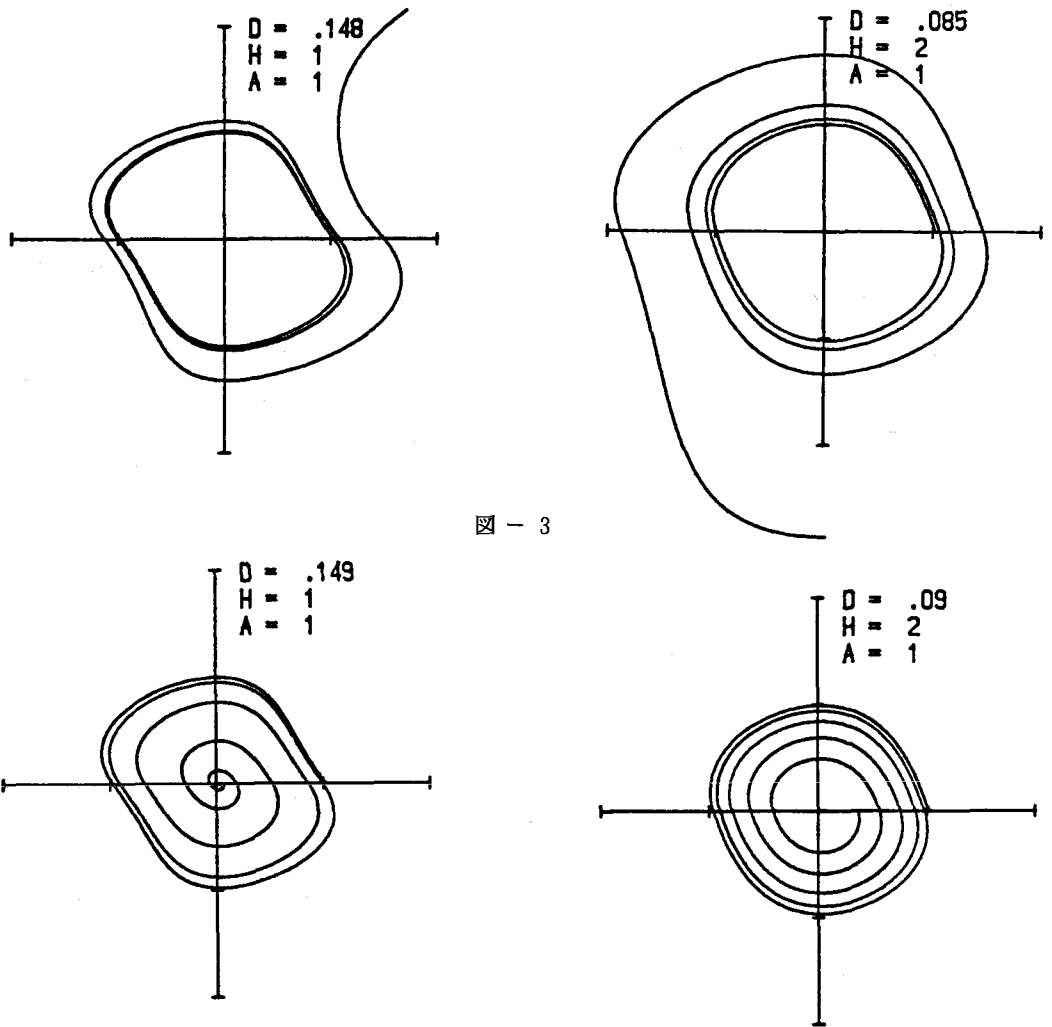


図-3

### 位相平面による検討

振動方程式を書きなおして、位相面 $\delta$ 法による図解法によってこの自励振動の発生状況を捉えてみた。パラメータとしては先の $D$ の他に、 $H, A$ の二つが加わっているが、前者は減衰係数によるパラメータであり、後者は初期の振幅と、 $H, \delta$ によって決まるパラメータである。従ってパラメータ $D, H$ ともにこの値が小さい程自励振動が発生しやすい事が考えられる。図-3に示した一連のグラフは、パラメータ $A=1$ と固定し他の二つのパラメータの影響を見た。 $H=1$ のケースでは $D=0.149$ では減衰振動となっており、 $D=0.148$ では発散振動となっている。さらに $H=2$ のケースでは $D=0.085$ と $D=0.09$ が発散と減衰の分枝点になっているのがグラフから分かる。

この二つの $H$ のケースを比較すれば分かるごとく減衰係数が大きく成っても、パラメータ $D$ が小さくなれば自励振動が発生して来る事が分かる。即ち一般に減衰係数を大きくすれば自励振動の発生を少なくすることが出来るとされているが、ここ場合には他のパラメータ $D$ との関連で考える必要がある。