

中央大学 正員 林 泰造
 ○ 建設技術研究所 〃 朝田 真弘
 大坂支社

§ まえがき

本研究は ゲート下部からの流出を許すローラーゲートに 生ずる鉛直振動を 取り扱ったものである。従来の研究によれば ローラーゲートには ゲート開度が 比較的小さい場合に 規則振動が生ずる場合があり ゲート開度が 大きい場合には 不規則振動を生ずることが認められている。

本研究においては この二種類の振動のうち、特にローラーゲートにとって危険と考えられる規則振動について ゲートリッパ形状の異なる 三種類の模型ゲートの 振動実験を行なり、その振動の特性 および 振動を誘起する原因について 研究を行なう。

§ 実験装置 および測定法

α) 実験水路： 実験に使用した水路は、図-1 に示されるような 長さ 5 m 中 2 m 深さ 0.5 m の 鋳鋼水路であり、その側壁の一部は、横からの観察ができるように ガラス張りとなっている。

β) 模型ゲートけんすい方式： 実際のローラーゲートけんすい方法では、ゲート扉体と取り付け金具との間に、大きな摩擦力が生じ、このためゲートは 振動に対して安全側に保たれている。本実験においては、このため 図 1 に模式的に示されるけんすい方式を使用した。このけんすい方式では 模型ゲートは 水平に張られた二対のタイロームと 一対の鉛直バネにより、実験水路中に “中ずり” に保持されるため 外部との摩擦による摩擦力は 生じない。したがって 模型ゲートは 振動に対して危険側にある。なお、この懸垂方式では 水平タイロームが長いので ゲートが鉛直方向に変位した場合に 水平タイロームに生ずる鉛直力は微小である。したがって 水平タイロームは 鉛直バネにほとんど影響しないから この懸垂系は 鉛直方向の動きに対して 単に鉛直バネにより保持される 一自由度のバネ系と等価である。

図-1 実験装置

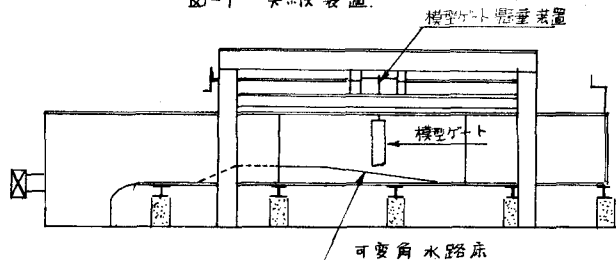
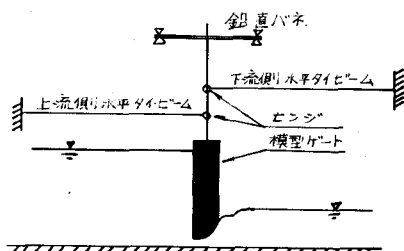


図-2 模型ゲート懸垂系



したがって懸垂系の自由振動数(f)はゲート重量を W 、鉛直バネ常数を k とすれば

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{gk/W}$$

で与えられる。

- c) 模型ゲート：実験に使用した模型ゲートは図-3に示す三種類である。この三種類の模型ゲートの内、(I)型ゲートにはゲート下部に給気孔($\phi = 15\text{ mm}$, 20 ヶ)があり下流側の水位の状態によってゲート扉体内に水が浸入する。(II)(III)型ゲートには給気孔はない。

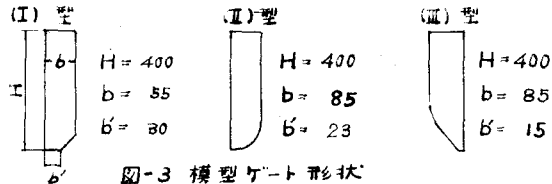
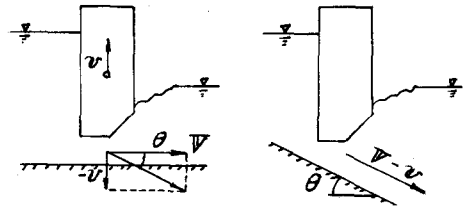


図-3 模型ゲート形状

- d) 運動中のゲートに作用する鉛直方向の力の測定：ゲートの振動問題を解明するためには、ゲート運動中にゲートに作用する鉛直力の測定を行う必要がある。しかし振動中にその力を測定することは不可能に近い。このため本研究においてはゲートの動状態を静状態に置換してゲートに作用する鉛直力の測定を行なう。

ゲートが鉛直方向に等速度で運動 図-4 動状態の静状態への置換

している状態を力学的に相対な静状態に置き換えるためにはゲートの運動速度ベクトルと絶対値が等しく方向逆のベクトル($-v$)と流れのベクトル(V)の和のベク



トル($-v+V$)に、絶対値と方向が等しい流れの場合に静状態の場合に作ればよい。本実験の場合は、 v と V のなす角度は、直角になるので、ゲートの等速運動状態を、静状態に置換するための条件は、次のようになる。

$$|V| = \sqrt{v^2 + V^2} \approx V \quad (|v| < |V|), \quad (|V| = \sqrt{2g(H-h)})$$

$$\tan^{-1} \theta = |v|/|V| = v/\sqrt{2g(H-h)}$$

図-4はこの条件により、ゲート上昇時の状態を静状態に置換した場合を示す。

また、この状態を作るためにゲート水路底はゲート下流側および上流側にそれぞれ最大 15° まで傾斜であるようになっている。

8 実験および結果

(I)型ゲートを色々な流れの中に置いた場合に規則振動を起す場合と不規則振動を起す場合が認められた。両者の振動の代表的な例は図に示される。規則振動の生起の初期状態を井戸敷紙上にプロットすると直線となり、振動は指数関数的に成長することが認められた。

この振動の成長の様子を $x = Ae^{\beta t}$ であらわした場合の β の値(対数減衰率)を

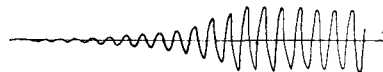
上流側水位を一定に保ち、ゲート開度およびゲート下流側水位を種々に変えて測定した結果が図-6に示される。この図では、 $\beta < 0$ の領域が規則振動発生領域を示し、 $\beta > 0$ の領域では規則振動は発生しないことを示している。

また、規則振動の振動数は、(1)式中で" W "の値を、" W = ゲート空中重量 + ゲート扉体内の水重量"として計算した場合のゲート懸垂系の自由振動数と一致することが認められた。

以上の結果より、ローラーゲートに発生する振動は振動が指数関数的に成長し、しかもその振動数がゲート懸垂系の自由振動数に等しいことから、自励振動であり、その規則振動の初期の状態は、次の微分方程式であらわすことができる。

$$\frac{W}{g} \ddot{z} = -kz - \beta \dot{z}$$

規則振動例



不規則振動例

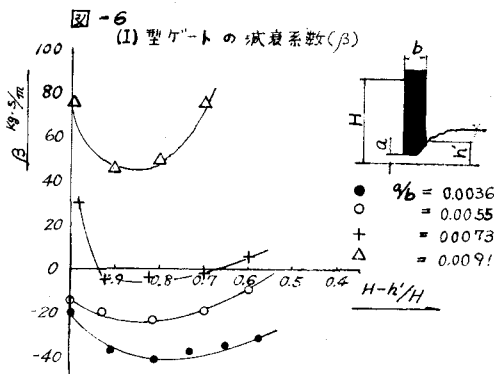
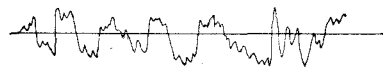
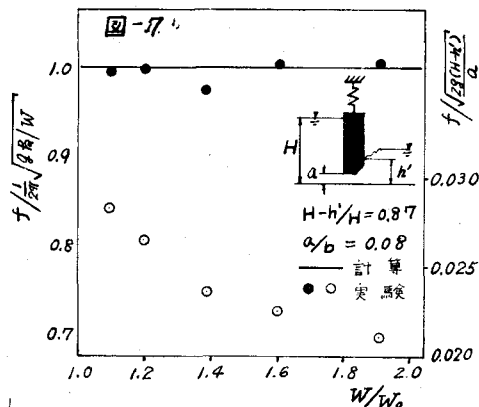


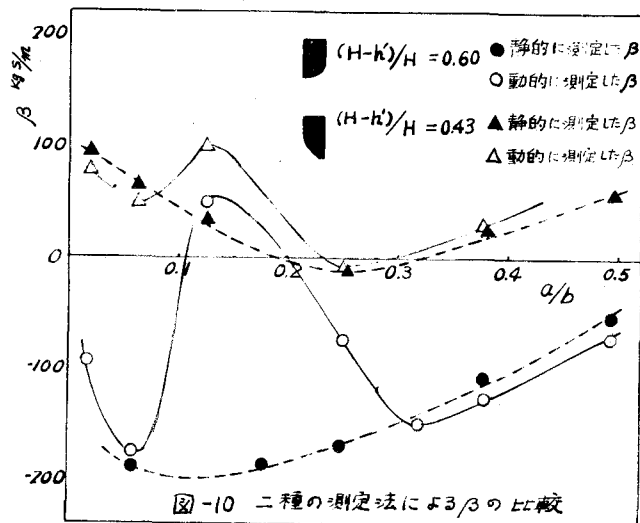
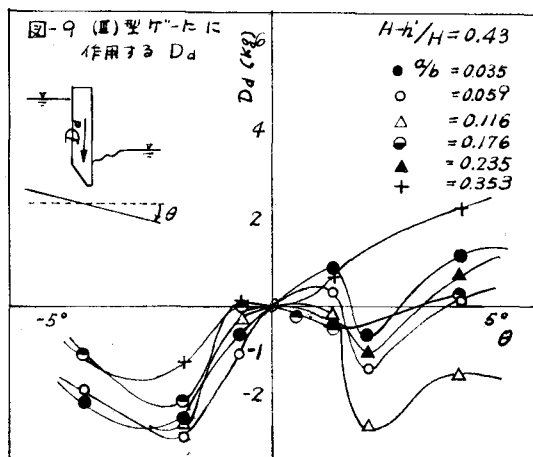
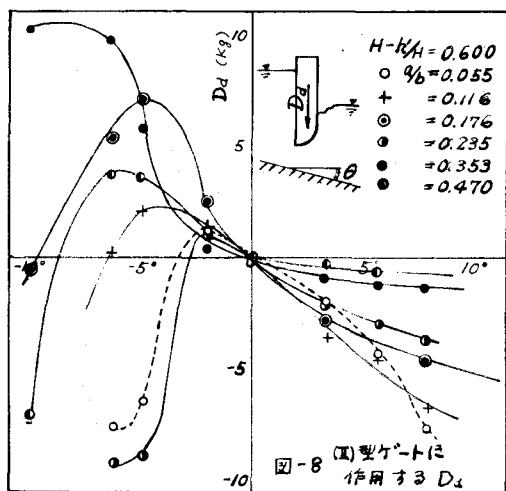
図-6の振動領域内に(I)型ゲートを置き、上流側水深(H)、下流側水深(h)およびゲート開度(a)を一定に保ち、ゲートに附加物を加えてゲート重量のみを変化させた場合にゲートに発生する規則振動の振動数を調べた。その結果を、図-7に示す。実験結果によれば、ゲート重量を大巾に変化させた場合でも、振動は発生し、しかもその振動数は、(1)式中の W の値を、 W = ゲート空中重量 + ゲート扉体内の水重量 + 附加物の重量として計算した場合のゲート懸垂系自由振動数に等しい

ことが認められる。なお、図中のストローハル数は実験で得られた振動数を用いて計算した値である。

従来、ゲート振動の原因は、ゲートリニアよりの渦の排出周期とゲートの自由振動周期が一致した場合と考がえられているが、本実験においては、流れの状況は一定であるから、渦の排出周期も一定である筈である。しかるに、実験の結果では、ゲートの自由振動周期を大巾に変化させても振動が起ることより、ゲート振動を誘起する原因は、"渦"ではないと思われる。



ゲートに作用する力は、静的ダウンアルと動的ダウンアルに分けることができる。静的ダウンアルは、ゲートに静圧が作用すると仮定した場合に計算される浮力と、ゲート静止時に実際にゲートに作用する浮力の差であり、動的ダウンアルは、ゲート静止時に作用する浮力から、ゲート運動時に、作用する浮力の差であらわすことができる。(II)、(III)型ゲートが一番激しい振動を起す状態の



動状態を 静状態に置換して測定した動的ダウ
ンフルが 図-8 および図-9 に示される。

振動の初期においては ゲート振動振幅は、
微小であるから 静的ダウンフルの変化は 無
いとなすことができる。したがって ゲートに
は 動的ダウンフルによる変動力しか作用しな
い。図によれば 動的ダウンフルは θ の値
が小さい範囲 (ゲート変位速度 $\dot{x}$ が遅い範囲)
では θ (°) に比例する。

図-10 は 静的に測定した場合の動的ダウ
ンフル (D_d) の比例定数 $D_d = \beta \dot{x}$ の β の
値と 実際の振動記録から得られる $\%a \dot{x} =$
 $-a\ddot{x} - \beta \dot{x}$ の β の値を比較したものである。

図によれば 両者の値は $0.1 < \%a < 0.3$ の
範囲外では 非常に良く一致している。

したがって ゲートに振動を起す交番力は 負
のこう配を持つ場合の動的ダウンフルであり、
また $0.1 < \%a < 0.3$ の範囲では ゲートの非定
常的な運動によって 負こう配の動的ダウンフ
ルより大きな 正こう配の力が誘起されたも
のと思われる。