

川崎重工業(株) 正員 梶本龍雄
 川崎重工業(株) 正員 門屋大二
 川崎重工業(株) 正員 坂井藤一

1. はじめに

河川に設置されるゲートには、使用目的に沿った様々な型式のものがある。そのうち、流量調節ゲートは、主として水を越流させることにより流量を調節するため、一般に図-1に示すような転倒堰、あるいはフラップ付シエルゲートなどが考えられる。いづれにしても、ゲート開度(度)を変化させて流量調節を行うわけである。この場合、あるゲート開度において、ある範囲内の越流水深になったとき、落下水脈が振動し、それに伴う大きな騒音が発生することが報告されている。本研究は、この水脈振動の防止策を確立するための基礎的研究として、水脈振動の発生条件および振動特性を把握することを目的としている。

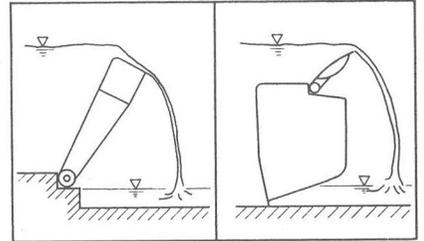


図-1

2. 実験方法

実験は、長さ14m、幅1m、高さ0.9mの水路中に、幅1m、高さ0.7mの模型を設置して行った。模型は、図-1の実物を模し、図-2に示すようにゲート先端部形状を2種類考えた。実験は、ゲート開度と越流水深をパラメータとして、まず水脈振動が自然発生するかどうかを観察し、振動しない場合には、模型の下流側約2mの位置から送風することによって水脈振動を強制的に起こさせることも試みた。測定は、写真撮影、ゲート下流面に設置した風圧計(定格容量0.005kg/cm²、高さ方向に3点)による水脈内空気圧の計測、ならびに精密騒音計と1/3オクターブ分析器による騒音計測を行った。

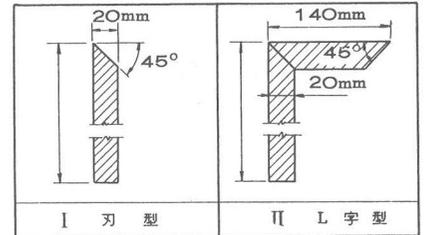


図-2

3. 実験結果

ゲート先端部形状が刃型の場合、越流水がnappeを形成しうる最小の越流水深 h ($\geq 1\text{cm}$)においても、水脈振動は自然発生せず、風によって励起させねばならなかった。L字型の場合には $h \leq 1.3\text{cm}$ において水脈振動が自然発生した。図-3は、水脈振動が発生する限界風速と越流水深 h の関係を表わしたものである。図-3から、同じゲート開度および越流水深に対して、L字型よりも刃型の方が、水脈振動の発生に関し、より強い励起を必要とすることがわかる。いづれの型においても、越流水深が大きくなるほど、また水脈の落下高が小さくなるほど、水脈振動は発生しにくい。また、ゲートの両側端にスプリッターを設置して、水脈内空気が外気と通じるようにすれば、スプリッターなしの場合に比べて水脈振動は発生しにくい。

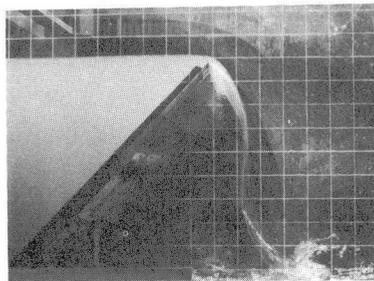


写真-1

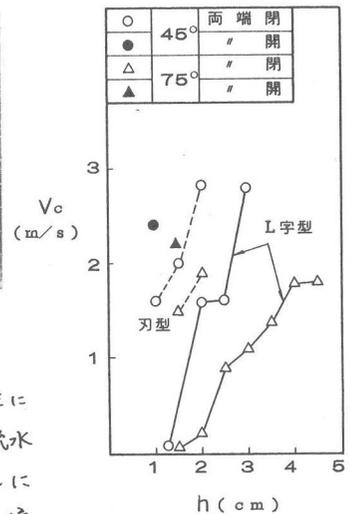


図-3

水脈の落下時間 T と振動周波数 f の間には、次式の関係が成
立することが報告されている。

$$f \cdot T = n + \delta \quad n = 1, 2, \dots, \delta = 1/4 \quad (1)$$

本実験において、写真-1 ($f \approx 4$, $T = 0.32$) に見られる
ように、近似的に(1)式は満足されているようである。

図-4は、刃型ゲートの水脈振動周波数と風速の関係を示す。
図-4から、ゲート両端条件の違いにより、同じ風速下にお
いても水脈振動周波数は大きく異なることがわかる。また、ゲ
ート両端条件が閉の場合、ゲート開度 45° のときには水脈振動
周波数の変化がほとんど見られないのに対し、開度 75° のとき
には、風速 2 m/s を境に周波数が大きく変化している。これは
(1)式において n の値が2から3へ変化したことに相当してい
る。すなわち、水脈の落下高が大きい場合(1)

式における n の値は単一ではなく、結果的に様
々な周波数をもつ水脈振動が発生しうるので
ある。

図-5は、L字型ゲートにおいて自然発生す
る水脈振動の周波数と越流水深の関係を示した
ものである。これを見ると、越流水深が大き
なるにつれて、周波数も大きくなる傾向が認め
られる。

図-6は、刃型ゲートの水脈内空気圧の変動
値と風速との関係を示す。ゲート両端を閉にす
れば、水脈内空気圧変動値は小さくなり、また
水脈内空気圧変動値に与える風の影響は、落下
高の大きいとき顕著に現れるようである。図-4に示されたように、風速 2 m/s を境に水脈振動のモードが変化するが、これが空気圧変動の顕著な変化と対応している。

図-7は、L字型ゲートの水脈内空気圧と越流水深の関係を示したもので
ある。これによると、水脈振動を起こしている場合の水脈内空気圧変動値の
ピークがわかる。すなわち、ゲート開度 45° のときは、越流水深 $2 \sim 2.5\text{ cm}$
で $\Delta P_{\text{max}} = 0.7\text{ g/cm}^2$ 、ゲート開度 75° のときは、越流水深 3.5 cm で $\Delta P_{\text{max}} \approx 1.1\text{ g/cm}^2$ である。なお、 ΔP は風圧計3個の平均値とした。図中(A)の実験
における水脈内空気圧変動波形を示したのが図-8である。風圧計3点の
出力値に若干の差はあるものの位相は全く同じであり水脈内の空気は一緒に振
動していると考えられる。

4. おわりに

水脈振動は、ゲート先端部形状、ゲート両端条件、水脈落下高、越流水深および風速等が複雑に影響し合
て発生するようであり、既往研究によっても明らかにされていない。今後騒音問題の解決のためにも、その基礎的
解明が待たれる所であり、現在研究を継続中である。

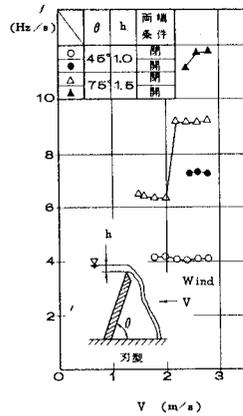


図-4

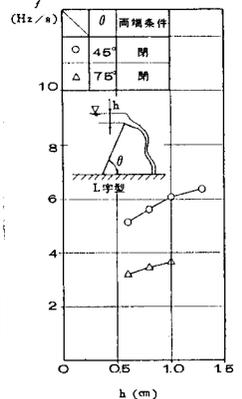


図-5

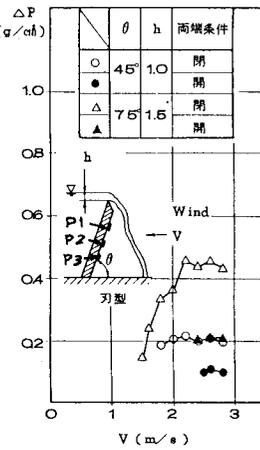


図-6

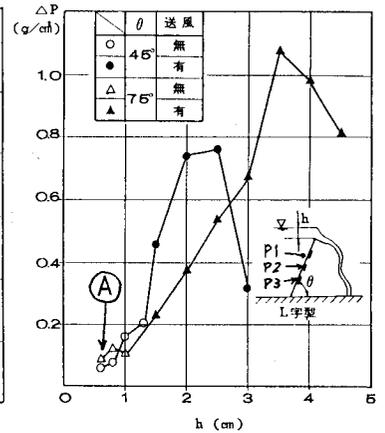


図-7

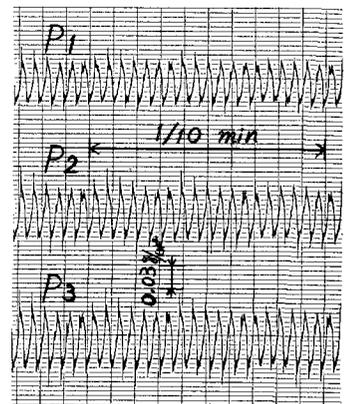


図-8