

越流型フラップゲートの振動特性に関する水理学的研究

岡山大学工学部 正 員 名合 宏之
 岡山大学工学部 正 員 前野 詩朗
 水資源開発公団 正 員 〇山田 賢三
 (株)駒井鉄工所 太田 勝

本報告は、近年工学的に問題となっているフラップゲートの振動現象を解明するための手かりをつかむことを目的として、図1に示されるような実用ゲートを対象として弾性相似を考慮した模型を用いて行った振動実験の結果について述べるものである。

1. 模型の相似則

弾性相似を考慮した模型の相似則は以下のように誘導される。ゲートの運動を支配する力学的要素は、流体力 $[\rho v^2 l^2]$ 、重力 $[\rho g l^3]$ 、弾性力 {縦振動 $[E e l^2]$ 、曲げ振動 $[E I e / l^2]$ 、ねじり振動 $[G J \phi / l^2]$ 、ばね振動 $[k l]$ } およびゲートの慣性力 $[\rho' l^4 / t^2]$ である。ここに、 ρ, ρ' : 水およびゲート材料の密度、 v : 流速、 l : 長さ、 g : 重力加速度、 E : 縦弾性係数、 G : セン断弾性係数、 k : ゲートの吊り材のばね定数、 J : 断面2次極モーメント、 I : 断面2次モーメント、 ϕ : ねじれ角の代表量である。これらの力学的要素間にはある物理法則が存在し、その法則は模型と実物において等しくならなければならないから、量Aの模型と実物との比を λ_A とすると次式が成り立つ。

$$\lambda_{\rho v^2 l^2} = \lambda_{\rho g l^3} = \lambda_{E e l^2} = \lambda_{E I e / l^2} = \lambda_{G J \phi / l^2} = \lambda_{k l} = \lambda_{\rho' l^4 / t^2}$$

ここで、相似則の緩和として軸方向には変形しないと考え、さらに $\lambda_p=1, \lambda_q=1$ を考慮すると、結局、 $\lambda_v = \lambda l^{1/2}$ 、 $\lambda_t = \lambda l^{1/2}$ 、 $\lambda_k = \lambda l^2$ 、 $\lambda_{EI} = \lambda l^5$ 、 $\lambda_{GJ/I_p} = \lambda l$ となる。なお、 $\lambda_v = \lambda l^{1/2}$ および $\lambda_t = \lambda l^{1/2}$ はフルートの相似則表わしている。

2. 実験装置および方法

実験は、幅 2.63 m、長さ 11.6 m、深さ 0.8 m の鋼製水平水路を用い、上述の相似則を考慮して作成された模型ゲートをローラーおよびワイヤーにより支持して行った。模型ゲートの主要な構造諸元は図1に示されるようである。また、フラップゲートの有効幅は 2.275 m、越流幅は 2.175 m である。

振動の測定は、図2に示すフラップ上の位置にひずみゲージを設置し、そのひずみゲージから得られるひずみにアクリル（フラップゲート本体はアクリルで作成されている）の縦弾性係数を乗ずることにより応力を求め、その応力変動をフラップゲートの振動とした。図の記号で - は曲げ測定ゲージ、× はねじり測定用ゲージを表わす。振動の測定と同時に、ゲート上・下流の水面変動を容量式波高計により測定した。また、図1に示されるシェル部の水圧測定点においてゲートに作用する変動水圧の測定を行った。

3. 実験結果とその考察

1) 固有振動数： $\theta = 20^\circ$ および $\theta = 45^\circ$ の場合について、満水状態におけるフラップゲート各部の固有振

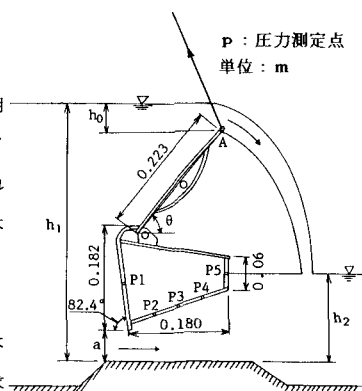


図1 模型ゲートの諸元

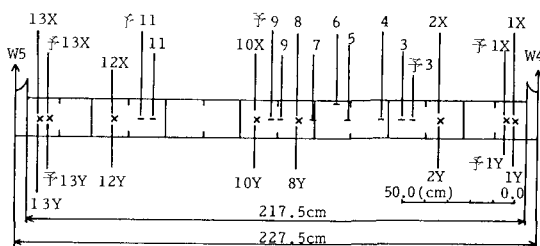


図2 ひずみゲージの設置位置と番号

動数の測定を行った。測定は、ゲート中央部において、図1のA点に水平方向に負荷をかけ急激に開放する方法によった。その結果、測定点により多少の相違はあるが、 $\theta = 20^\circ$ の場合で、約 17 Hz、 $\theta = 45^\circ$ の場合で約 13 Hz 程度の値を示し、フラップ角 θ が小さくなると、固有振動数は大きくなる傾向を示した。この現象は、 θ が小さくなるとフラップ上の水による付加質量が小さくなることに起因していると考えられる。

2) 振動特性：図3および図4はそれぞれ水圧変動および水面変動のスペクトル解析結果の例である。これらの両図はスペクトルの一例であるが、他の条件での実験においても、ほぼ同じ周波数成分が卓越している。すなわち、水圧変動は約 11 Hz、水面変動は 1~3 Hz の間に卓越周波数が見られた。このような結果からは、水圧変動と水面変動とは直接的な関連性はあまりないようであるといえよう。水面変動以外に水圧変動に影響する要因としては流出時の渦が考えられ、渦の発生と変動水圧との関連性について検討していく必要があろう。図5は、ゲートスパン中央部での越流時の曲げ振動のスペクトルを表している。図で示されるように、高周波領域に卓越成分が現れているが、これらの卓越周波数成分は水路自体の振動にも現れており、今回の実験ではゲートの振動特性を表しているものか否かは明確にされなかった。水圧変動のスペクトルと比較すると、10 Hz 近傍の成分が互に関連しているようでもあるがこの点も明確ではない。図6は越流時におけるゲートスパン中央部での曲げ振動の大きさを越流水深に対してプロットしたものである。ここに、縦軸は変動応力の大きさと平均応力との比を示している。この図から、変動量は平均値の数%程度の値を示し、その値は越流水深が変わってもほぼ一定であることがわかる。また、フラップ角度による影響は、 45° から 15° の間では、振動の大きさに差は見られないが、 0° の場合は、他の角度に比べて振動が大きくなっている。ところか図には示していないが、この場合のねじり振動、ワイヤーの振動については、フラップ角度および越流水深による顕著な変化は認められておらず、図6のような θ による変化は曲げ振動のみの現象のようである。

本報告では振動実験の結果得られた二・三の特徴的な事項を示すにとどまったが、今後はさらに詳細な検討を行い振動特性の統一的な把握に努めたいと考えている。

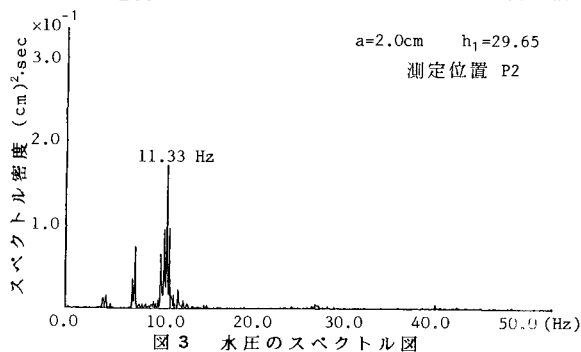


図3 水圧のスペクトル図

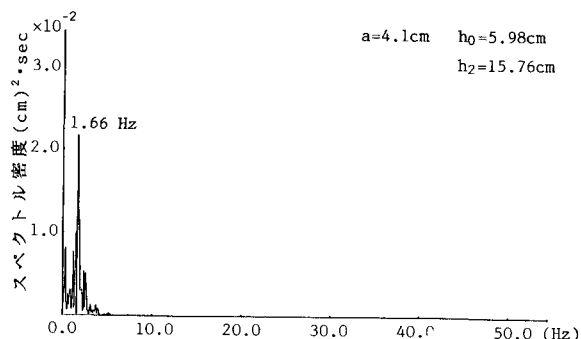


図4 水面変動のスペクトル図

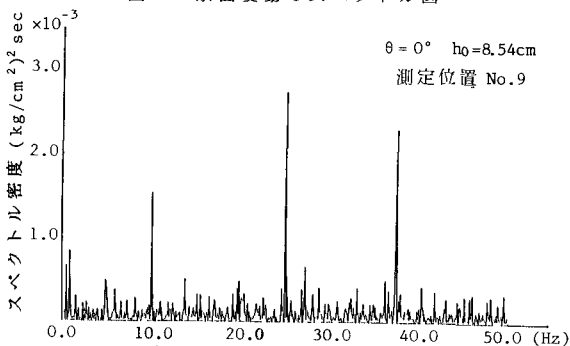


図5 振動のスペクトル図

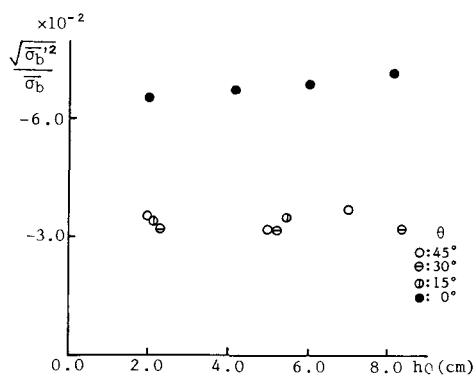


図6 越流水深と振動の大きさの関係