

(株)大林組 正員 内藤 明
岡山大学 正員 前野 詩朗
岡山大学 正員 名合 宏之

1. まえがき

本研究は、フラップゲートの振動機構を解明するための基礎として行ったものである。この種の振動現象は、ゲートを越流するナップの振動と密接に関連していると考えられている。そこで、本研究では、まず、下流側に傾斜した固定刃形堰を越流するナップの振動特性を、その形状変化と背後の空気室における圧力変動に着目して、明確にするものである。次に、この結果とナップの振動が発生している弾性模型ゲートの振動特性とを比較し、両者の関連性について検討する。なお、ナップの振動は風をあてることにより発生させている。

2. ナップの振動実験

2.1 実験装置および実験方法

図1のような装置を用いて実験を行った。ゲートは平らな越流面を持ち、ナップに送風するファンは、水路幅方向に均一に送風できるワイドクロスファンを用いた。なお、ナップ背後の空気室は、ナップ、ゲート、水路底および水路壁で密閉されている。実験は、(i)越流水深 h_0 を1.4~2.4cm, (ii)風速 V_a を3.4~7.6m/sec, (iii)下流水深 h_2 を自由流出状態から9cmに変化させて行い、さらに、(iv) ナップに風のあたる位置を鉛直方向に2か所に変化させて行っている。測定は、(a) 振動前と振動後のナップ形状（プロット）、(b) ナップの振動特性（ビデオ、写真）、(c) ナップ背後の空気室の圧力変動（微差圧測定器）について行った。

2.2 実験結果

(振動形状)

写真1および2はナップの振動形状の代表例である。写真1は、ナップ上に1つの波の尾根があるのがわかる。それぞれは、ナップ上の波が1つの場合と2つの場合を示している。後者は、越流水深が小さくて風がナップの上半分にあたり、風速が大きくなったときに認められる。

(風速と圧力変動の大きさ)

図2では、分散は、ある風速以上になると急激に立ち上がることを示している。その立ち上がる時の風速は、下流水深が上昇し落下高が小さくなるにつれて大きくなる。

(落下高 h_f と圧力変動の卓越周波数)

落下高を変化させると卓越周波数は変化する。その様子を示したのが図3である。図中の実線は、Schwartz¹⁾の提案している周波数予測式、

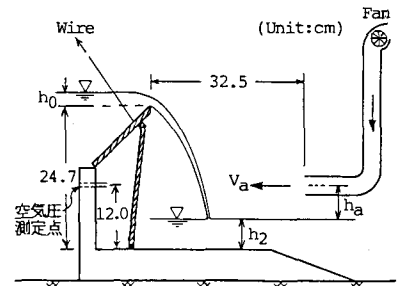


図1 実験ゲートの概要

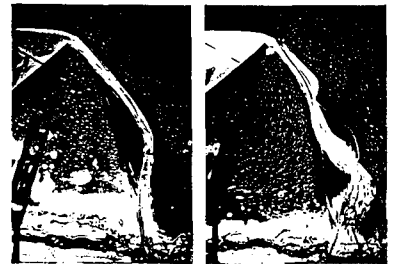


写真1 ナップの振動 写真2 ナップの振動

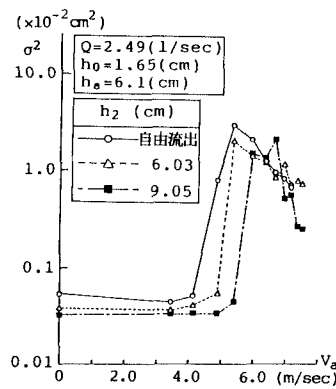


図2 圧力変動の大きさ

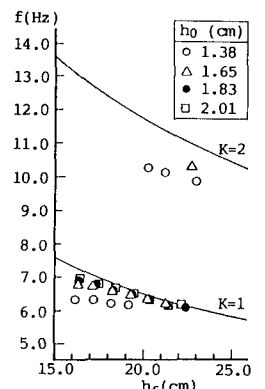


図3 圧力変動卓越周波数

$$f = (k + 1/4) / (-V_{0y}/2g + \sqrt{(V_{0y}/2g)^2 + 2h/g}) \cdots (1)$$

f :周波数、 K :波の数、 V_{0y} :ゲート先端の流速の鉛直成分、 h :落下高、 g :重力加速度

より求めたもので、 $K = 1$ と $K = 2$ の場合である。卓越周波数は越流水深が一定の場合、落下高が大きくなるにつれて $K = 1$ の線に沿って小さくなる。越流水深の小さい場合には、落下高が大きくなるとある落下高から卓越周波数は高周波に遷移する。また、遷移の起こる落下高は、越流水深が増加するにつれて大きくなる傾向がある。

3. 弾性模型ゲートの振動実験

3.1 実験方法

図4のようなフラップゲートの弾性模型を越流するナップに下流方向から風をあて、そのときに発生するゲートの振動を測定した。実験は、(i)ワイヤー途中のバネのバネ定数 k を、120, 60, 30, 15, 5kg/cmと変化させた状態とワイヤーだけの状態、(ii)風速 V_a を、4.9~7.6m/sec、(iii)下流水深 h_2 を、6.3, 9.5, 24.95cmに変化させて行った。そして、ワイヤーの伸縮は、ワイヤー途中のプレート部分に取り付けられた歪ゲージによって得られる歪量から荷重値に変換して求めている。また、ゲートの固有振動数は、満水状態で自由振動試験を行って各バネ定数について求めている。

3.2 実験結果

(風速とゲート振動の大きさの関係)

図5のように風速が大きくなるとある風速からゲートの振動の分散が急激に増大する様子がみられる。また、越流水深が増すとその立ち上がる風速は大きくなる。これは、固定刃形堰におけるナップの振動の大きさの特性と共通している。

(ゲートの振動数と固有振動数 f_n の関係)

図6は、ゲートの振動とその固有振動数の関係を示したものである。2つの図は、同じ風速で下流水深が異なる場合である。ともに、両振動数間の相関はなく、ゲートの振動はナップ振動に励起されているとみなせる。つぎに、下流水深が小さくなり、落下高が大きくなると、 $k=5\text{kg/cm}$ と $k=120\text{kg/cm}$ で卓越周波数の遷移が認められる。 $k=5\text{kg/cm}$ では、6Hz付近から10Hz付近に、 $k=120\text{kg/cm}$ では、10Hz付近から13Hz付近に変化している。実験結果を考慮すると式(1)より、6Hz付近のものは $K = 1$ 、10Hz付近のものは $K = 2$ 、13Hz付近のものは $K = 3$ に対応している。

4. まとめ

以上の実験結果より、弾性的に支持されたゲートの振動特性は、固定刃形堰を越流するナップの振動特性によってよく説明されるものであり、本実験のように、ナップに風があたった場合のゲート振動はナップの振動に起因する強制振動とみなしてよいようである。

<参考文献>

1) H. I. Schwartz: Nappe Oscillation, J. Hyd. Div. Proc. A.S.C.E., Hy6, pp133-134, 1964.

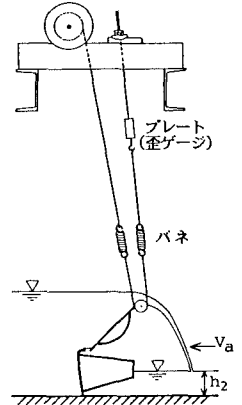


図4 弾性模型ゲート概要

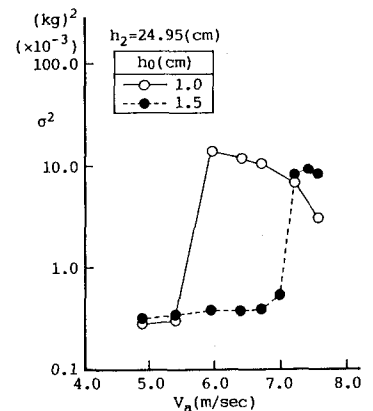


図5 ゲート振動の大きさ

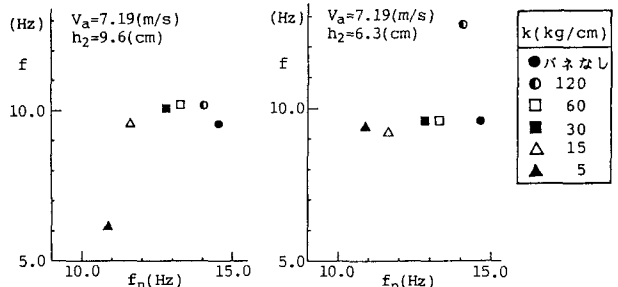


図6 ゲート振動の卓越周波数