

ゲートを越流するナップの振動に関する実験的研究

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
 泉佐野市 正 員 ○津谷 泰弘
 建設省 正 員 石井 宏幸

1. はじめに

ゲートを越流するナップ（水脈）が振動することがあり、これによる騒音、振動公害が、しばしば問題となっている。本研究は、ゲートを越流するナップの振動現象をとり上げ、その発生機構を基礎的に解明しようとするものである。そこで本研究では、鉛直固定刃形堰を用いて、流量、落下高、風速、ナップ背後の空気室体積が、ナップ振動の周波数に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 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。ゲートは鉛直固定刃形堰である。空気室の壁は厚さ2.0cmの合板製であるが、堰より下流の左側の壁は振動状態を観察できるように厚さ2.0cmのアクリルを用いた。ナップ背後の壁は、堰の真下から奥へ80.0cmの所まで任意の位置に固定可能であり、これにより空気室体積を変えることができる。本実験では壁が堰の真下にあるときを体積STEP1、壁が堰の真下から奥へ40.0cmのところにあるときを体積STEP2、壁が奥へ80.0cmのところにあるときを体積STEP3、空気室開放状態のときをSTEP4とした。また、床板を堰先端から

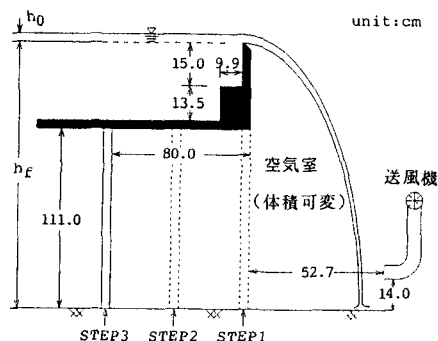


図1 実験用ゲートの概要とその諸元

155.0cmの高さから10.0cm刻みで115.0cmの高さまで落下高を調節できる。ナップに送風するファンは水路幅方向に一樣な風を得るためにワイドクロスフローファンを用いた。実験は、(1) 越流水深 h_0 を1.7~3.2cm(0.3cm刻み)、(2) 落下高 h_f を115.0~155.0cm(10.0cm刻み)、(3) 送風機電圧 V_a を0V、40V、90V、(4) 空気室体積 V を体積STEP1~体積STEP4として行っている。測定は、ナップ振動の周波数(ストロボスコープ)について行った。ナップ振動の周波数の測定は、ストロボスコープの閃光周波数をナップ振動に同調させ、ナップの形状が静止して見える場合のストロボスコープの閃光周波数をナップ振動の周波数とした。

3. 実験結果

図2は、ナップ背後の空気室体積によるナップ周波数の変化を示したものである。これによると、ナップ振動の周波数は体積STEP3までは、空気室体積の増加とともに大きくなっているのがわかる。また、空気室開放状態、すなわち、体積が無限度においても振動が生じるがナップ周波数は小さくなっており、ナップの周波数は空気室体積に対してピーク値をもつようである。

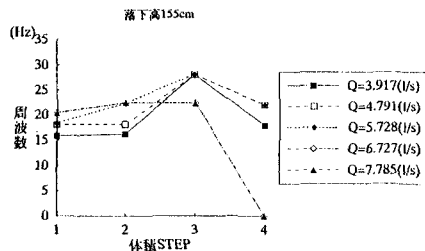


図2 体積によるナップ周波数の変化

図3にSchwartzの $K+1/4$ (ナップが振動している状態で、ナップ上にある波の数)則¹⁾とナップの周波数の実験値を比較したものを示す。ナップの周波数は、Schwartzの $K+1/4$ 則にほぼ従っているのがわかる。また、全体的に体積STEPの増加とともに、 K の

値が大きくなることが確認された。

図4は、風速によるナップ周波数の変化を示す。風無しで振動しているナップに風をあてても、ナップ振動の周波数は変化しないことがわかる。

図5は、落下高とナップ振動が起こる越流水深の上限を示している。これによるといずれの体積STEPにおいても落下高の増加とともに、振動が起こる越流水深の上限も増えている。さらに、体積STEPが増加すると振動が起こるための越流水深の上限も大きくなることがわかる。

図6は空気室の固有振動数と空気室開放時のナップ周波数の実験値とを比較したものである。

なお、空気室固有振動数の計算式は、

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{P_0 S_w}{\rho_w \bar{h} V}}$$

とする。ここに、 P_0 ：大気圧、 S_w ：ナップの面積、

ρ_w ：水の密度、 $\bar{h}$ ：ナップの厚さの平均値、

V ：空気室体積である。

これによると、空気室体積の増加とともにナップ周波数と空気室固有振動数とが近づいていくのがわかる。このことより、実験で体積STEPを大きくしていくと振動しやすくなったことを空気室の固有振動数とナップ周波数が、近づくことによる共振として考えることができる。

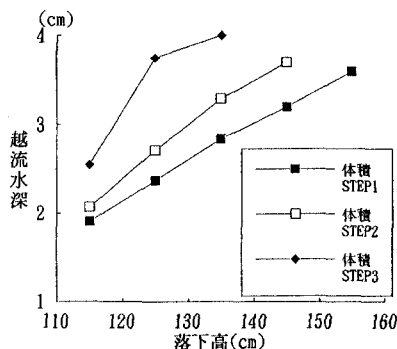


図5 落下高とナップ振動が起こる越流水深の上限の関係

4. まとめ

以上の実験結果より、空気室体積はナップ振動において重要なパラメータであり、空気室が存在しなくても振動が発生することから、空気室は増幅機構の役割を果たすことが明らかにされた。また、ナップ振動の激しさは空気室の固有振動数とナップ周波数が近づくことによる共振によるものではないかと考えられる。

<参考文献>

1) H. I. Schwartz: Nappe Oscillation, J. Hydr. Div. Proc. A. S. C. E, HY6, pp. 129 - pp. 143, 1964.

2) 大久保精二・角哲也: 鉛直落下水膜の振動特性, 土木学会第43回年次学術講演会, II-207, 1988.

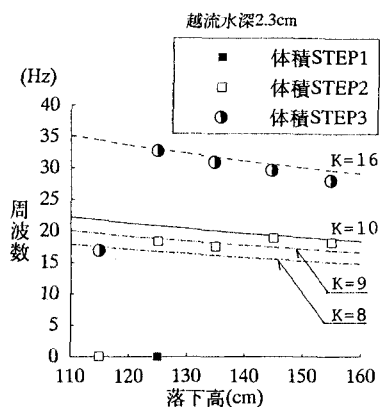


図3 $K+1/4$ 則と実験値との比較

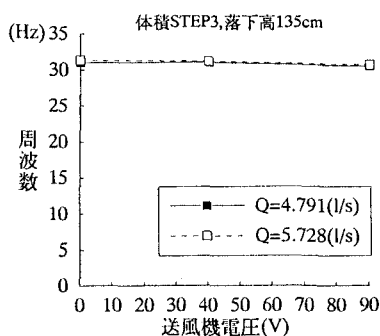


図4 風速によるナップ周波数の変化

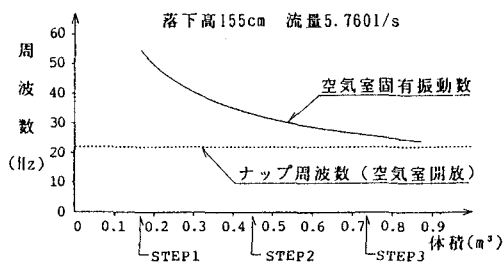


図6 空気室固有値と空気室開放時のナップ周波数との比較