

越流型フラップゲートのナップの振動特性に関する研究

岡山大学	正員	名合 宏之
岡山大学	正員	前野 詩朗
(株)大林組	正員	○内藤 明
五洋建設(株)	正員	戸梶 直人

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によって引き起こされると考えられている。そこで、本研究では、下流側に傾斜した刃形堰を固定状態として、それを越流するナップに風を当てることでナップ振動を発生させ、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、ナップの振動特性を明確にするものである。

2. 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) ナップに風の当たる位置を鉛直方向に2ヵ所に变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。

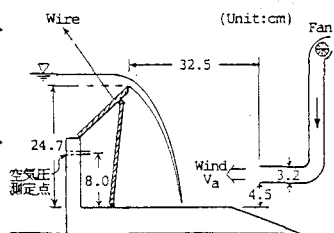


図1 実験ゲートの概要

3. ナップ形状

図2のように、風を当てる前のナップ形状と、風速を上げてゆくと発生する持続的な弱い振動および激しい振動を急激に止めた後の形状とは、明かに異なる。

4. ナップの振動特性

写真1は、ナップ上に1つの波の尾根があるのがわかる。また、写真2は、越流水深が小さくて風がナップの上半分に当たり、風速が大きくなったとき、ナップ上の波の尾根が2つ認められるものを示している。次に、図3は、ビデオから読み取ったナップの振幅である。風速が大きくなるにつれて振幅も大きくなる。また、ある風速から急激に大きくなっている。これは、ナップの振動は、越流水深、風速によってその状態が決定されるためであると考えられる。風は、ナップに振動を持続させるエネルギーを供給する役目を果たしていることが予想される。

5. ナップ背後の圧力変動

(風速と圧力変動の分散) 図4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。図5は、越流水深を変えた場合であるが、落下高に対する分散の立ち上がる順序が異なっている。また、風速に対して一様に大きくなるのではなく、ピークを持つことがわかる。

(風速に対する分散の履歴) 図6では、一度激しい圧力変動が発生するとその分散は、風速を下げても、

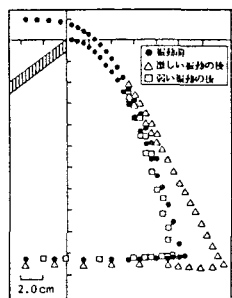


図2 ナップ形状の変化



写真1 ナップの振動

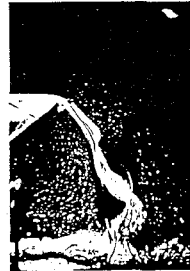


写真2 ナップの振動

上げるときとは違う傾向を示すことがわかる。特に、一度圧力変動が起こると、それ以前では発生しなかった風速に対しても激しい振動が起こる。3章で指摘したナップの形状と考え合わせると、ナップの末端が張り出した形状となったとき、風速に対して振動が発生しやすい状態となっていると考えられる。

（風速と圧力変動の卓越周波数）風速を変化させたときの圧力変動のスペクトルを示したものが図7である。風速が大きくなると卓越周波数は、複数現れてくる。そして、最大スペクトル密度を示す周波数は、ある風速から高周波に遷移する。これらのことは、風速が、分散ばかりでなく卓越周波数にも影響を及ぼしていることを示している。

（落下高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8である。図中の実線は、Schwartz¹⁾の提案している周波数予測式、

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

f: 周波数、 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ことが予想される。

6. あとがき

以上のことから、密閉された空気室をその背後に持つナップの振動は、越流水深、風速、落下高が相互に関連して決定されることがわかった。さらに、ナップの振動および背後の空気室の圧力変動は、風速に対して履歴を持つことも明かとなった。以上のことで、Schwartz²⁾の指摘した振動エネルギーの概念を考慮すると、風が振動を持続させるエネルギーを供給していると考えてよいであろう。そして、流出する水流のエネルギーとのバランスで、振動数やその激しさが決定されていると予想される。今後は、ゲートが弾性支持されている状態でナップに風を当て、そのときに発生するゲートの振動とその固有振動数との関係を調べ、さらにその振動特性とナップ単独の振動特性の比較を行うことによって、実際のゲートで発生する振動のメカニズムが解明されて行くものと考えられる。

<参考文献>1) H. I. Schwartz: Nappe Oscillation, J. Hyd. Div. Proc. A.S.C.E., Hy6, pp. 133-134, 1964. 2) 同, pp. 134-138.

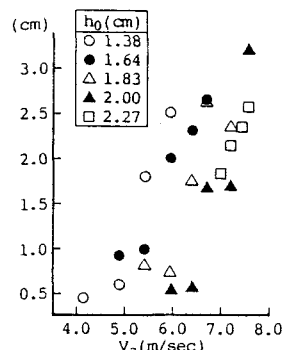


図3 風速とナップの振幅の関係

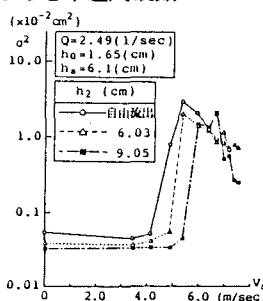


図4 風速と分散の関係

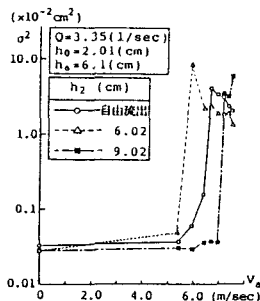


図5 風速と分散の関係

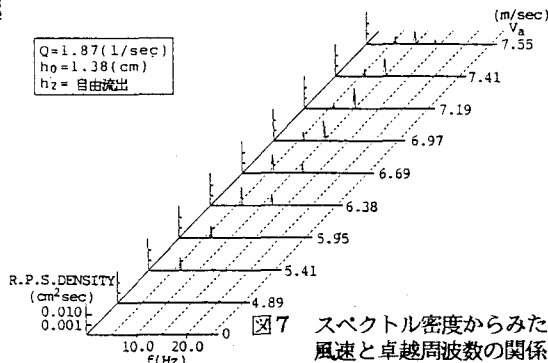


図7 スペクトル密度からみた風速と卓越周波数の関係

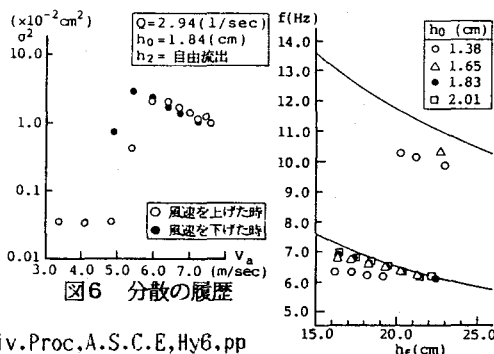


図6 分散の履歴

図8 落下高と卓越周波数