

越流水脈の振動防止法に関する基礎的研究

J R 東海 正員○竹内 俊博 大林組 正員 栗本 卓
Bucknell大学 C.W.Knisely 京都大学工学部 正員 中川 博次

1. まえがき

堰やゲートを越えて流れ落ちる越流水脈、すなわちナップが振動することによって大きな騒音が発生し社会問題となることがしばしばある。このため、ナップ振動のメカニズムの解明、及び防振対策が急がれている。そこで、このナップ振動の有効な振動防止法としてフレキシブル・フラップを用いる方法が考え出された。本研究においては、フレキシブル・フラップがナップ振動を減衰させる機構を説明し、その妥当性を実験結果をもとに検証を行った。

2. 実験概要

フラップの装填された状態は図-1に示されている。また、実験装置として、水路幅Lが1.00mで図-2に示されているような特別に組み立てられたタンク及び固定堰よりなる木製の実験装置が堰の上から流下するナップに関する実験のために用いられた。また、下流水深Hdを0.20mの一定とし、越流水深H₀は堰の先端部を越流水が完全に離れ、ナップを形成する最も小さい越流水深から約2.8cmまでの範囲とした。ナップの裏側の空洞の圧力変化を圧力計により測定し、FFTアナライザーを使ってスペクトル分析を行った。また、ナップの流況も同様に測定された。

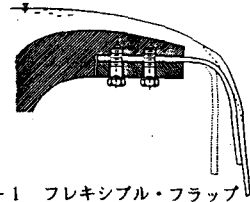


図-1 フレキシブル・フラップ

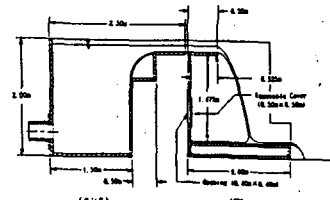


図-2 実験装置

3. フレキシブル・フラップによるナップ振動の減衰機構

ナップの裏側に形成された空洞内の圧力変化は、ナップの落下点での不安定性により引き起こされるが、その圧力変化は、落下している水粒子をナップの放射状の軌道を横切る形で振動させる。また、それによる体積変化は、空洞内の圧力変化を改めて引き起こすことになる。そして、周期的なナップ振動は、ナップを励振させる圧力変化 $\Delta p_1(t)$ と振動しているナップによって引き起こされた圧力変化 $\Delta p_2(t)$ の振動数が等しく、 $\Delta p_1(t)$ と $\Delta p_2(t)$ が一致している場合のみ可能となる(図-3)。そこで、 $\Delta p_1(t)$ を図-4より次のように仮定する。

$$\Delta p_1(t) = A \sin \omega t \quad (1)$$

ここに、Aは圧力変動の振幅であり、 ω は角振動数である。この仮定により、 $\Delta p_2(t)$ の振幅が ω^3 に逆比例することを表す式を導くことができる。¹⁾ ナップ振動が減衰を起こすためには空洞の圧力変化がナップ・エア機構により縮小させられることが必要であり、これは、 $\Delta p_2(t)$ の振幅が $\Delta p_1(t)$ の振幅より小さくなければならないことを意味している。しかるに、振動しているナップに対して、フラップを取り付けることにより角振動数 ω が大きくなれば、ナップ振動は減衰することになる。また、ナップ・エア機構の有効剛性kと角振動数 ω の間には、

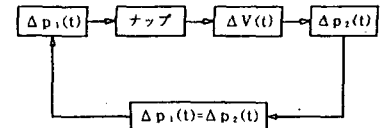


図-3 周期的なナップ振動

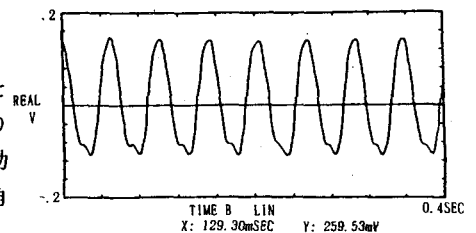


図-4 アンサンブル平均された空洞圧の時間推移 (落下高: 1.275m, 越流水深: 1.04cm)

ナップ・エア機構を単一の自由度を有する系と仮定することにより、次のような式を導くことができる。

$$k = T\omega^3 + m\omega^2 \quad (2)$$

ここに、 m はナップ・エア機構の有効質量であり、 T はナップの落下高、越流水深、及び越流時のナップの勾配によって決まる定数である。薄いナップに対しては、フラップをナップの下側面に沿接させることによりナップを安定させ、ナップの裏側に形成される空洞の圧力変化に対するナップの応答を早くし、ナップ・エア機構の有効剛性の増加をはかる。この有効剛性の増加は、(2)式に示されているように圧力変動の角振動数を増加させ、ナップ振動は減衰するものと思われる。

4. 実験結果

本実験においては、寸法(長さ×幅×厚さ)が、 $30 \times 10 \times 0.1$ cmの2つのフラップを等間隔に取り付けた場合が最も防振効果があることがわかった。そしてあまり防振効果が得られなかったものに $20 \times 5 \times 0.1$ cmの3つのフラップを等間隔に取り付けた場合があった。それらの越流水深 H_0 に対するパワースペクトル及び卓越振動数の推移は図-5及び図-6に示されている。また、図-7及び図-8を見ると最も防振効果のあった2つの $30 \times 10 \times 0.1$ cmのフラップの場合、薄いナップに対しては、有効に圧力変動の振動数は増加し、振幅は減少していることがわかる。しかし、3つの $20 \times 5 \times 0.1$ cmのフラップは、 $30 \times 10 \times 0.1$ cmのフラップと比べると、それ程圧力変動の振動数は増加せず、振幅も減少していないことがわかる。

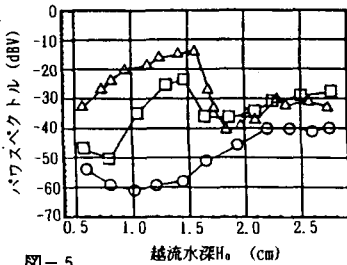


図-5

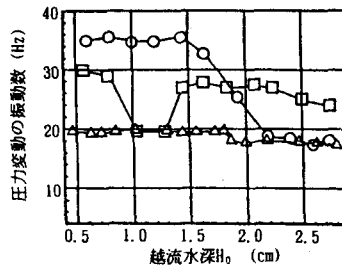


図-7

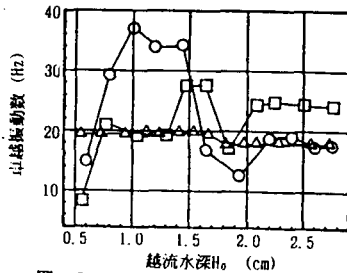


図-6

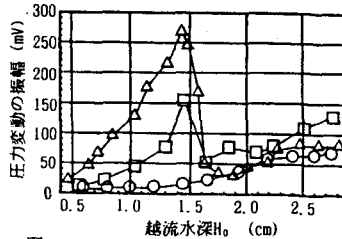


図-8

○: 2 Flaps ($30 \times 10 \times 0.1$ cm)
□: 3 Flaps ($20 \times 5 \times 0.1$ cm)
△: No Countermeasure

5. まとめ

本研究においては、フレキシブル・フラップの有効性の解明に関して、フラップはナップの厚さが薄い場合のみ有効に機能することがわかった。それは、この場合フラップを取り付けることによって、ナップ・エア機構の有効剛性を増加させることができるからである。つまり、この有効剛性の増加は、圧力変動の振動数の増加を招き、その結果、圧力変動の振幅が減少する。そのことにより、ナップ振動は減衰することになるものと考えられる。

- 参考文献 1) Treiber, B. 1974, "Theoretical study of nappe oscillation," Flow-Induced Structural Vibrations, IUTAM/IAHR Symposium, Karlsruhe, W. Germany, Aug. 1972, Springer Verlag, Heidelberg, pp. 34-46.