

フラップゲートの振動特性に関する研究

京都大学工学部 正員 中川 博次
 (株)大林組 正員○栗本 卓
 東海旅客鉄道(株) 正員 竹内 俊博

1. はじめに フラップゲートを越えて水脈が流れ落ちる場合、フラップゲートの振動が起こることがよく見受けられる。このフラップゲートの振動は、越流水脈（以下ナップと呼ぶ）の振動と共に起こる。フラップゲートの振動はフラップ自体の寿命を短くするなど悪影響を与え、またナップの振動は、低周波で十分大きくなり、かなり離れた建築物をも振動させ、建物内の人間に対しても不快感を及ぼす。フラップゲートやナップの振動のメカニズムに関しては、これまでも数多くの研究がなされているが、まだ未解明の部分が多い。本研究では、フラップゲートやナップの振動防止策を確立するための基礎研究として、水理模型実験を行い、フラップゲートの振動特性を調べた。

2. 実験方法 本実験では、循環式水路に設置した図-2のような塩化ビニル製のフラップゲートを備えた図-1のような木製実験装置を使用し、タンクにポンプで水を送り込み、フラップゲートを越えて自然落下させた。フラップゲートは、図-3のように上下面ともワイヤーとバネによって弾性支持されている。実験条件は、表-1に示す。

3. 実験結果および考察 図-4～6は、横軸に越流水深を今回の実験に置ける最大越流水深 3 cmで割って無次元化した値、縦軸に測定されたフラップゲートの振動数を水中での固有振動数で割って無次元化した値をとって、実験結果を表した。図-4は空気中での固有振動数 $f(\text{air})=25.5\text{Hz}$ のときで、 f_g/f_0 はほぼ1をとる。このことから、この実験条件ではフラップゲートは自励振動していることが分かる。しかし、 $f(\text{air})=11.5\text{Hz}$ の時の図-5、 $f(\text{air})=6.625\text{Hz}$ の時の図-6を見ると、 f_g/f_0 は1とならず他の整数値を取る。図-7はフラップゲートの傾斜角が15度、落下高が1.4mのときのグラフで (a)がフラップゲートの振動数、(b)がフラップを固定したときのナップの下の空洞の圧力変動の振動数、(c)空洞の圧力変動のスペクトル密度値の最大値を示している。このグラフから $f(\text{air})$ が11.5Hz、6.625Hzの時は、(b)と(c)は似たような値を取ることが分かる。また、(c)より自励振動振動を起こしていると思われる $f(\text{air})=25.5\text{Hz}$ よりも $f(\text{air})=6.625\text{Hz}$ のときのほうが、激しい振動が起こっていることが分かる。また図-8にフラップゲートの傾斜角が15度、落下高が1.4mのときのスペクトル分布よりフラップゲートの固有振動数に近い、振動数における、(b)フラップの振動のスペクトル密度値と(c)フラップとナップのクロススペクトル密度値を示す。この図からナップの固有振動数(図-7(b))とフラップゲートの固有振動数が近いほど、フラップゲートは自励振動を起しやすいことが分かる。

図-4～8より、フラップゲートはナップの固有振動数にフラップゲートの固有振動数が近いほど自励振動を起こしやすく、遠くなればナップ独自の振動に支配されフラップとナップの振動が共鳴を起して振動は大きいものとなることが結論付けられる。

図-9は落下高とナップの振動の波数($f_n \times tH$)を示したもので、Pariset¹⁾のいう放出端が

Hiroji Nakagawa, Taku Kurimoto & Toshihiro Takeuti

弾性支持されている場合の法則

$$f_n \cdot tH = K + 3/4 \beta \quad (K=1, 2, 3, \dots) \quad \beta = -0.2 \sim 0.2$$

f_n : ナップの振動数 tH : 落下時間

に、図-10も参考にいて、当てはまっていることが分かる。

4. おわりに 本研究では、ナップの固有振動数とフラップゲートの固有振動数の関係がフラップゲートの振動にどのような影響を与えるかしらべた。しかし今回ナップの固有振動数とフラップゲートの固有振動数（水中）がほぼ同じになる条件での実験は行えず、今後行う予定である。また、帯状のゴムを使ったフラップゲートの新しい防振方法を、現在実験中である。

【参考文献】

1) Pariset, E., "Etude sue la Vibration des Lames Deversantes," Proceeding of the International Association of Hydraulic Research, Paper C21, The Hague, Netherlands, 1955.

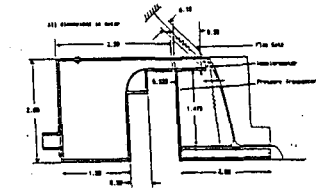


図-1 実験装置の概略図

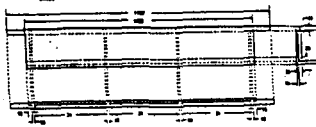


図-2 フラップゲートの概略図



図-3

TABLE 1: Experimental Conditions

No.	Initial inclination (degrees)	Fall Height (m)	Water frequency (Hz)	Countermeasures
1.	4.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	None
2.	4.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	None
3.	4.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	None
4.	4.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	With flap
5.	4.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	With flap
6.	4.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	With flap
7.	4.5	1.001 ~ 1.101	*****	Fixed
8.	1.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	None
9.	1.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	None
10.	1.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	None
11.	1.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	With flap
12.	1.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	With flap
13.	1.5	1.001 ~ 1.101	$f_n = 25.11 \text{ Hz}$	With flap
14.	1.5	1.001 ~ 1.101	*****	Fixed

15deg, f(n)=0.025Hz

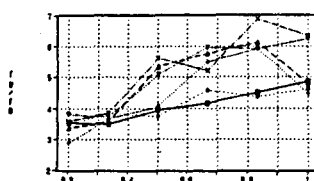


図-6

Calculated non-dimensional frequency of flap gate as a function of non-dimensional initial nappe thickness for natural free fall in air (fall=0.025Hz) with flap gate angle $\theta=15\text{deg}$.

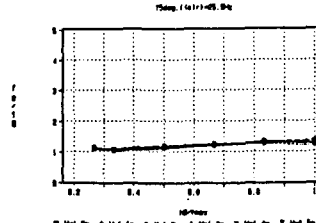


図-4

Calculated non-dimensional frequency of flap gate as a function of non-dimensional initial nappe thickness for natural free fall in air (fall=0.025Hz) with flap gate angle $\theta=15\text{deg}$.

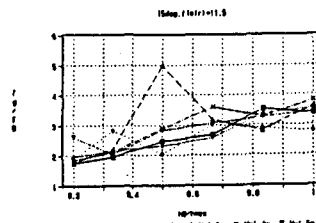


図-5

Calculated non-dimensional frequency of flap gate as a function of non-dimensional initial nappe thickness for natural free fall in air (fall=0.025Hz) with flap gate angle $\theta=15\text{deg}$.

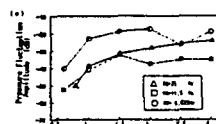
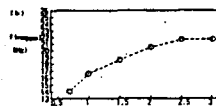


図-7

(a) フラップゲートの振動数 (b) フラップ固定時のナップの振動数 (c) スペクトル密度値の最大値

図-10 ナップの振動の波数の少数部分

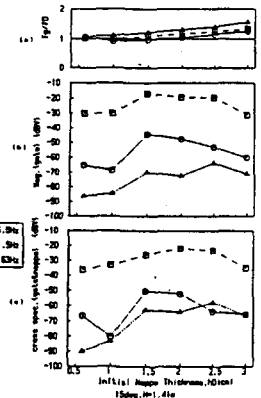


図-8 (b) スペクトル密度値の最大値 (c) クロススペクトル密度値の最大値

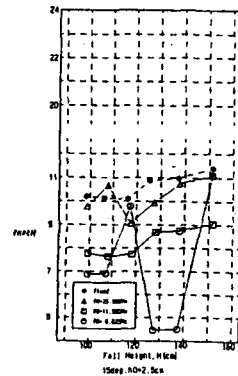


図-9 ナップの振動の波数

