

II-127 シェル構造フラップゲートの振動とその防止対策

石川島播磨重工業(株) 正員 上田孝彦

1 まえがき フラップゲートや2段式ゲート等のようにその上部から滞り越流させようとするとき、ある限られた越流水深でナッパが脈動を起しゲートが激しく振動することはよく知られている。この種の振動は通常越流端にスポイルを設け、ナッパを分割することによって防止できると言われているが、ナッパが分割できない程越流水深が深くなると振動を防止できないことがある。本報告はシェル構造フラップゲート(通称魚腹型ゲート)の実物による振動測定より、ゲートの振動特性と振動防止対策について考察したものである。

2 シェル構造フラップゲート 振動測定に用いられたゲートは図-1に示すようにシェル構造のフラップゲートの上に設けられた流量調節用ゲートで有効径間39.5m、弁高1.1mである。

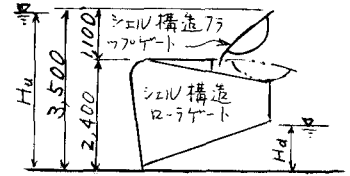


図-1 フラップ付シェル構造2-ラゲート

3 実験方法 実験はシェル構造のフラップゲートを全開状態にしたまま、フラップゲートを全開→全開→全開または全開→全開→全開の連続的或は間歇的操縦を行い、この間の±2gおよび±5gの加速度計により計測した。加速度計はフラップゲートの右岸側端部に取り付け支保棒を中心とする半径の回転方向の振動を計測した。実験に用いたスポイルの形状は図-2に示すようなI型とII型の2種類で、スポイルの取付間隔は図-3に示すようにI型と1.5mの等間隔、I型とII型と等間隔及び不等間隔にした3種類とした。

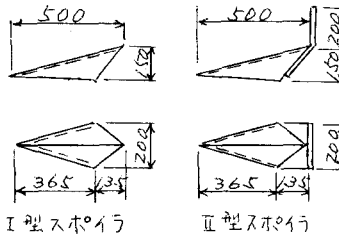


図-2 スポイルの形状

・I型スポイル
○II型スポイル

CASE-1 I型等間隔

CASE-2 I型とII型等間隔

CASE-3 I型とII型不等間隔

4,000 3,000

図-3 スポイルの取付間隔

4 実験結果及び考察

4.1 I型スポイルのみ取付けた場合

の振動特性 I型スポイルのみ取付けた場合には図-4、図-5に示すように倒伏時と起立時の振動特性がかなり異なっていることがわかる。すなわち倒伏時には角度80cm付近から約4%の振動が現われ全開付近まで持続するが起立時には角度100cm付近から角度50cmあたりまで約4%の振動が持続する。

このようにゲートが約4%で振動するとき、ナッパが激しく脈動し全径間にわたってしきり目ができ、スポイルの上を通過する流れとスポイルのない越流部の流れの自由落水面はほとんど一致

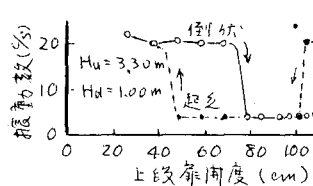


図-4 振動数

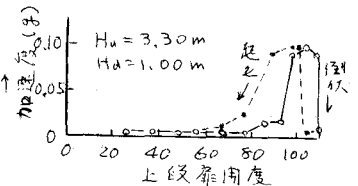


図-5 振動加速度

していることが観測された。次に他の水位条件での振動観測結果と比較すると表-1のようになる。この表からフラップゲートに振動を起す限界越流水深($H_u=2.4$)は0.7~0.8mの間にありと云える。スポイルの限界高さ h_{sc} は $h_{sc}=(0.19\sim0.21)h_0$ (h_0 :越流水深)であると考えられる。なお規則的な振動が現われるときの振動数約4%はゲートの固有振動数とはほぼ一致し、同時にnappe-air systemの固有振動数にも近似することから確かめられている。

この場合、ゲートの固有振動数は次式で与えられる。

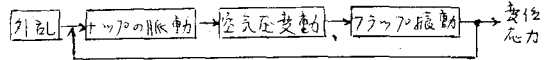
上流水深 H_u	振動の有無	発生開度
3.10m	なし	—
3.20	あり	60~100cm
3.30	あり	50~110
3.40	あり	50~110
3.45	あり	40~110

表-1 振動観測結果(I型スポイル)

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{(m+m_0)(AR^2+J)} \left(\frac{\pi^2}{L^2} EIR^2 + GJ \right)}$$

ここに、 m はゲートの単位長さ当たりの質量、 m_0 は水単位長さ当たりの付加質量、 A はゲートの断面積、 EI はゲートの曲げ剛性、 GJ はゲートのねじり剛性、 R は支承ピンからセン断中心までの距離、 e は支承ピンから水の付加質量中心までの距離、 L は径間である。また *nappe-air system* の固有振動数は次式で与えられる。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{gK\delta RP}{S\delta V}}$$



ここに、 K は空気の比熱比、 R はナツプの落下高

図-6 振動の発生機構

δ 、 P はナツプ管面の空気圧、 δ はナツプの厚み、 S は水の比重量、 V はナツプとゲートで囲まれた空気の体積である。従ってこの種の振動はナツプ風等の初期外乱を受けて脈動したとき、その脈動振動数とゲートの固有振動数に近いとゲートと *nappe-air system* 一つの合成振動系を形成して激しく振動するのではないかと考えられる。これを図式的に表わせば図-6 のようになる。

4.2 II型スポイウと取付けた場合の振動特性

I型スポイウとII型スポイウと交互に3m間隔で取付けた場合には図-7に示すようにナツプスポイウによって分割されないにもかかわらず全周度を通じて振動数約20%、加速度約0.005g

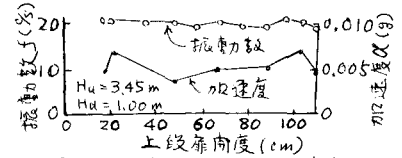


図-7 振動数と振動加速度

という著しく微少な振動となり、ナツプの脈動は全くみられずII型スポイウの上を通過する流れと他の部分の流れの自由落水面が異なっていることが観測された。このときのII型スポイウの高さ h_2 と越流水深 h_1 の間隙 h_3 は0.3 h_1 である。次にII型スポイウを不規則に取付けた場合について調べてみると図-7とほとんど同一のような傾向を示すことが確かめられた。すなわちスポイウを等間隔に取付けても不等間隔に取付けても両者の有意差はほとんど認められないことが明らかになった。従ってII型スポイウを設けた場合には実質的に振動は防止できたと考えることができる。このようにナツプスポイウによって分割されなくても振動を防止できるのはII型スポイウを越える部分のナツプの厚み δ 薄くその部分のナツプの固有振動数とゲートの固有振動数よりも高くなるためではないかと考えられる。

5 振動防止対策 フラップゲートの振動を防止するには、励振源となるナツプの脈動を止めることが最も効果的な方法である。ナツプの脈動を止める簡単で確実な方法は越流端にスポイウを設けることである。スポイウの形状、高さ及び取付間隔スポイウの効果と左右する大きな役割を果たすものと考えられる。従って本実験の結果より次の点に留意することと振動防止対策上重要なことになるだろう。

(1) ナツプスポイウによって分割できない程越流水深が深い場合には、スポイウの上縁と他の越流部を通過する流れの自由落水面が異なるようにスポイウの形状を決定する。

(2) スポイウの高さは越流水深の30%以上とする。

(3) スポイウの取付間隔は3m程度を目安とする。

なお、越流水深が浅い場合にはナツプと出来るだけ大きく分割してナツプの裏側に十分な空気を入れることが望ましいので、結局スポイウの基本形状は三角錐と平板の組合せが望ましいと考えられる。

6 あとがき 本報告は長径間ゲートの振動防止対策の一環としてまとめられた一部である。この結果は他のいろいろな越流型ゲートにも広く適用できよう。

参考文献 1) 林 政輝、上田 孝彦：シエル構造フラップゲートの静的解析および固有振動数の計算法；石川島播磨技術報，No. 3, Vol. 9, 1969

2) K. Petrikat : Vibration Test on Weirs and Bottom Gate ; Water Power, 1958