

川崎重工業(株) 正員○裾本龍雄 正員 門屋大二
 正員 坂井藤一 正員 鬼塚博文

1. はじめに

河川に設置されるシェル構造ゲートは、越流・下流流出・上下同時放流など様々の放流状態が考えられる。上下同時放流を行っている状態は、水理的に最も不利な状態であり、ゲートの振動を誘起したり、巻上げ操作に多大な影響を及ぼすことが考えられる。従って、設計に際しては、考えらるあらゆる水理条件の下で、静的に作用する流体力のみならず、振動特性も十分考慮する必要がある。本研究は、3次元弾性相似模型を用いて、長径間のフラップ付シェル構造ゲートの振動特性を把握することを目的としており、流体関連振動と密接な関係のある付加質量し水力減衰について考察を行ったものである。

2. 実験方法

実験は、長さ14m、幅2m、深さ0.9mの水路を使用して行った。水路上流側に整流槽、下流側に量水槽を配置し、上流側から8.5mのところに模型をセットした。ゲート断面形状は、図-1に示すようなものである。模型縮尺は、水路幅との関係から1/26とし、ほぼ実際のゲート諸量に相似させて設計した。すなわち、扉体の曲げ剛性は、断面重心位置に配置した鋼製の角形弾性棒のみもたせ、幾何学形状はアクリル樹脂によって相似させた。このアクリル樹脂製の外殻部は、13ブロックに分割し、曲げ剛性に関与しないように組立てられた。質量は、弾性棒とアクリル樹脂の板厚を相減して相似させた。また、扉体を懸架するワイヤーロープの弾性は、板ばねで相似させた。河床形状は、平坦河床と図-2に示すような段差付河床の2種類に変化させた。また、板ばねもより剛なものより柔らかいものを含めて3種類に変化させた。模型諸元を表-1に示す。鉛直振動の振幅は、径間中央、1/4点および端部にセットされた非接触変位計により計測し、径間中央には2個(鉛直・水平)の加速度計も取り付けた。板ばねと扉体に作用する力は、歪ゲージで計測した。流況は、写真と8ミリフィルムで記録し、目視にも観察を行った。

実験は、あるゲート開度に対し、上流水位を一定に保ったまま下流水位を変化させ、振動の成長する様子を観察するというように進めた。流水によって振動が発生しなかった場合には、強制的に初期変位を与えることによる自由振動実験も行った。

3. 実験結果

流水に伴う振動を計測するに先立ち、空中および静水中における自由振動実験を行い、径間中央の変位記録から固有振動数と減衰定数を求めた。空中における実験結果を表-2に、静水中での結果を図-3、図-4に示す。表-2には、模型を質点-ばね系と考えた推定固有振動数 f_0 と、扉体を単純梁と考えた板ばね系との連成を考慮した推定固有振動数 f_0' を併記している。 f_0 と実験値は良い対応を見せることと、 f_0 と f_0' の値が近いことから、

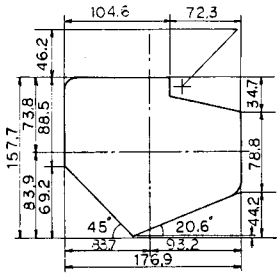


図-1 ゲート断面図

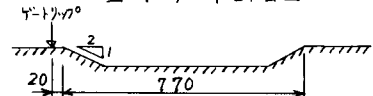


図-2 段差付河床断面

表-1 模型諸量

重量(吊下材3.3kg除)	30.1 kg	
曲げ剛性	EI _v	1.563 × 10 ⁷ kg/cm ²
	EI _H	2.562 × 10 ⁷ kg/cm ²
板ばね定数	K ₁	100.4 kg/cm
	K ₂	39.2 kg/cm
	K ₃	254.0 kg/cm
扉高 H (フラップを除く)	15.8 cm	
扉体幅 B	17.6 cm	

表-2

ばね	減衰定数	固有振動数(Hz)		
		実験値	推定値 f_0	推定値 f_0'
K ₁	0.0255	9.0	9.10	9.00
K ₂	0.0225	5.5	5.69	5.68
K ₃	0.0161	13.4	14.47	14.23

扉体の弾性の影響は小さく、弾性効果はもっぱら板げねが受け持つものと考えてよい。図-3から扉体の没水度が増すにつれ付加質量が大きくなるため、固有振動数は小さくなるのがわかる。この付加質量は、次のようなものからなる。 $m_a = m_1 + m_2 + m_3$ 、ここで m_1 は扉体内水による付加質量、 m_2 は扉体底部周辺水による付加質量、 m_3 は扉体上部水による付加質量である。一方、固有振動数 f は、 $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{K/m_0 + m_a}$ で計算される。ここで、 K はばね定数、 m_0 はゲートの質量である。 $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m_0}}$

であるから、 m_a は、 $m_a = \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{1}{f^2} - \frac{1}{f_0^2} \right)$ とする。 m_1 と m_3 がそれぞれ扉体内部水と上部水の全質量で近似できるとすれば、底部周辺水による付加質量 m_2 は、 $m_2 = m_a - m_1 - m_3$ として求

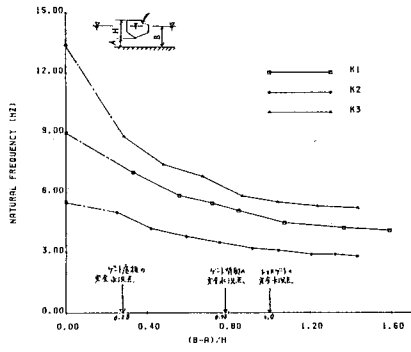


図-3

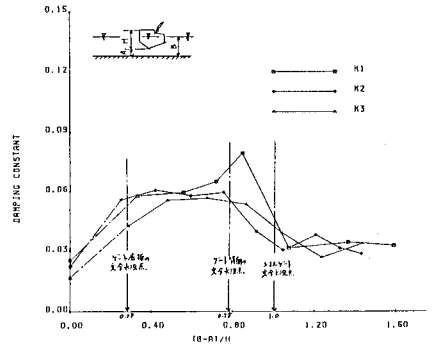


図-4

まる。図-4から、静水中での減衰定数は空中における減衰定数よりも大きい。これは、水中では構造減衰に水力減衰が付加されていると考えらるべきである。図-5(a)~(c)は、フラップ角度-11°における平坦河床の場合の変位振幅応答曲線を示したものであり、図-6(a), b)は段差付河床の場合を示したものである。

る。ばね定数が小さい場合に大振幅の振動が発生しやすく、また、段差付河床の方が平坦河床よりも変位振幅が小さくなり、振動に対しては有利であることがわかる。

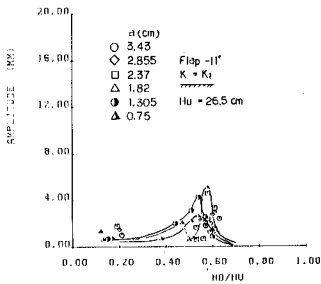


図-5(a)

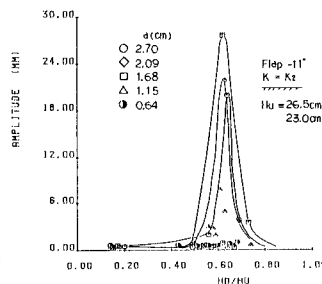


図-5(b)

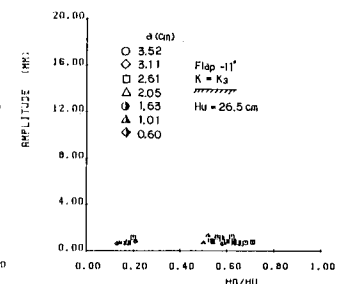


図-5(c)

図-7は、流水時の減衰定数と固有振動数の結果を整理した一例である。計測された減衰定数は、構造減衰定数と水力減衰定数の和と考えれば、水の影響が減衰を減少させる方向に働く時、水力減衰定数は負となる。図-7で示した結果は図-5(b)で示したケースに対するものであるが、ばね定数 K_2 の時には、発散的な自由振動が発生し、水力減衰定数は構造減衰定数2.25%の逆符号値以下の負値となる。水力減衰定数は、ある条件下では負の大きい値をとり、このことは自由振動と密接な関係がある。また、この時の固有振動数は、図-3で示した静水中の固有振動数の扉体が完全に没水した時の値にほぼ対応している。

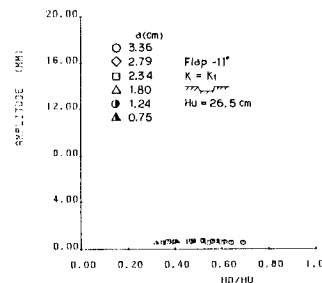


図-6(a)

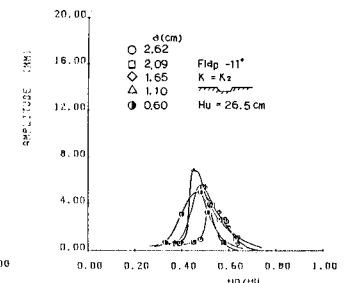


図-6(b)

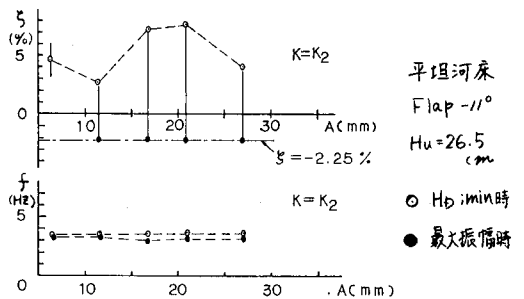


図-7