

ワンドにおける水面振動に及ぼすフルード数の影響

松江高専専攻科 生産・建設システム工学専攻 学生会員 ○三野 誠也
 松江高専 環境・建設工学科 非会員 石原 晴奈
 松江高専 環境・建設工学科 正会員 木村 一郎

1. はじめに

ワンド（湾処）という言葉は、一般的には聞き慣れない言葉であろう。かつては大阪市を流れる淀川で用いられていた言葉であり、水制に土砂が堆積して形成された湾状の水域を指していたが、現在ではそのような入り江状の水域を総称し、ワンドと呼んでいる（図-1）。



図-1 本曾川中流に広がるワンド

ワンドは魚などの水生生物に安定した住み家を与えると同時に様々な植生が繁殖する場であり、河川生態系からみて重要な育成地であると考えられている。また河川に生物多様性をもたらす 1 つの機能として見直され、護岸整備をする際にワンドを形成させるケースも出てきている。

しかしこのような多自然型河川工法は生態系の理解が必須であり、設計法の確立に歯止めをかけている。本研究では生態系への影響が大きいワンド内で発生する水面振動の特徴を仮定し、実験により検討を行う。

2. 水面振動モデルの概要

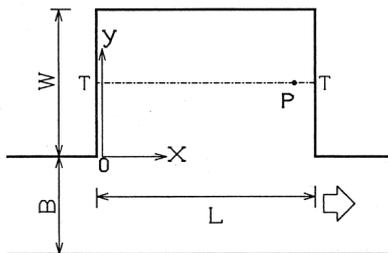


図-2 解析対象とした簡易モデル

本研究では、図-2 に示すような側岸に長方形ワンドを有する開水路流れを解析対象とする。木村の理論^{1,2)}によると、ワンドと本流の間に生じる流速の違いによるせん断不安定が渦を生み出し、ワンド内に発生する自由水面振動と共鳴し大規模渦へと発達する。ここで、水面振動は節を 1 つ有する主流方向の振動のみを考慮する。また、大規模渦の空間的な間隔 (λ) は、

$$\lambda = L \cdot Fr \dots\dots\dots (1)$$

と表される。ここで、Fr はフルード数である。これより、界面に同時に存在する渦の数 ($n=L/\lambda$) は、 $n=1/Fr$ となり、フルード数のみに依存することが分かる。フルード数が 1、1/2、1/3 の 3 通りについて、渦と自由水面振動の共鳴現象を図-3 を用いて検討する。

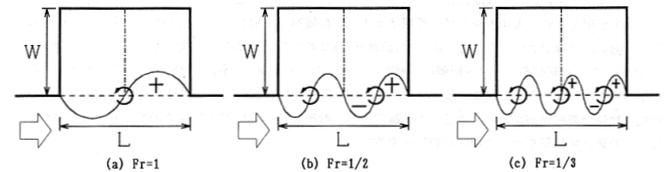


図-3 大規模渦と水面振動の共鳴

(a) Fr=1 の場合：式(1)より $\lambda=L$ となる。下流側半面でワンドへの流入があり水面振動が発生する。

(b) Fr=1/2 の場合：式(1)より $\lambda=L/2$ となる。下流側半面でワンドへの流入量が相殺され 0 となる。従って、水面振動は発生しない。

(c) Fr=1/3 の場合：式(1)より $\lambda=L/3$ となる。下流側半面でワンドへの流入量が部分的に相殺されるものの 0 にはならない。従って、Fr=1 の場合と比べ振幅は小さいが水面振動が発生する。

以後繰り返していくと、Fr=1/奇数の場合は振動が発生し、Fr=1/偶数の場合は振動が発生しないという仮定に至る。この仮定よりフルード数と水面振動の大きさとの関係をグラフに示すと図-4 のようになる。

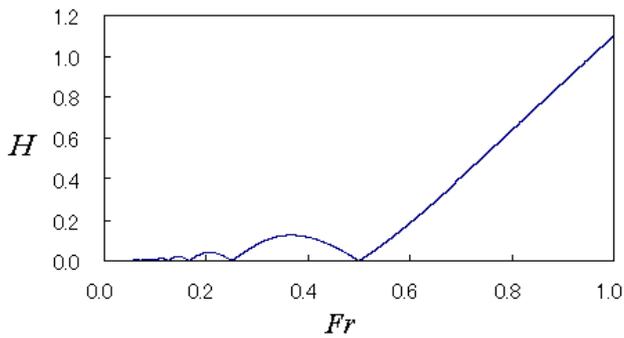


図-4 理想的なフルード数と水面振動の関係

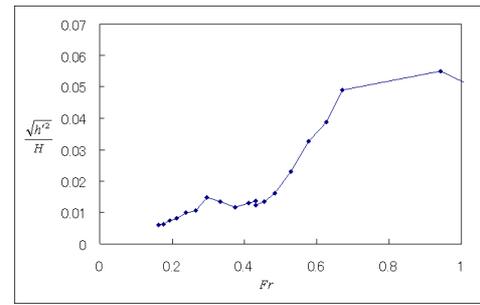
3. 実験方法

実験には、図-2 に示すモデルと同一形状の水理実験装置を用いる。B=15cm、W=15cm とし、L をケース毎に変化させる。また、流量は $Q=20\text{ l/s}$ とする。今回は、(a) L=22.5cm(1:1.5)、(b) L=30cm(1:2.0)、(c) L=45cm(1:3.0) とした 3 ケースの実験を行った。水面振動の測定には KENEK 社製サーボ式水位計を用い、 $Y=W/2=7.5\text{ cm}$ 、 $X=L-2\text{ cm}$ となるワンド内 P 点の水位変動を計測することで行う。また、ワンド開始点 O より上流及び下流に 1m の地点の水深を測定し、それらの平均値を用いてフルード数を算出する。また、水路勾配を少しずつ変化させつつ上述手順を繰り返し、様々なフルード数での水面振動を測定していく。

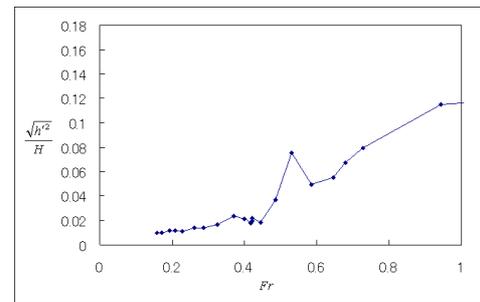
4. 実験結果

実験値を整理し、結果を図-5 に示す。ここで縦軸は水面振動の大きさを水深で割ったもの、横軸はフルード数を示している。簡易モデルによる仮定では $Fr=1$ 及び $Fr=0.33$ 付近で水面振動が発生すると考えた。また、 $Fr=1$ /偶数となる $Fr=0.5$ 付近では水面振動は発生しない。

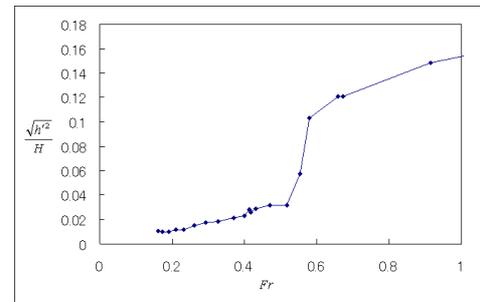
実験結果を見ると、どのケースもフルード数が 1 に近づくにつれ水面振動が大きくなっていることが分かる。ここで、ケース(a)に関しては、 $Fr=0.5$ 付近で振動が弱まり、 $Fr=0.33$ 付近では振動が大きくなるのが見て取れる。この特徴は図-4 に示した、フルード数と水面振動の関係に似ている。また、ケース(b)においてもグラフ上に突出部が見られ、仮定における特徴が表れていることがわかる。しかし、その位置が $Fr=0.5$ 付近という振動が発生しないと仮定した点であることが理想的なグラフ形と反している。また、ケース(c)においては仮定で示した特徴が殆ど現れなかった。



(a) L=22.5cm(1:1.5)



(b) L=30cm(1:2.0)



(c) L=45cm(1:3.0)

図-5 実験によるフルード数と水面振動の関係

5. まとめ・今後の課題

今回の実験により、仮定における水面振動の特徴を再現することができ、この仮定の妥当性がある程度実証されたといえよう。しかしながら、ケースによっては特徴が微弱にしか再現されていない。今回の実験においては主流方向の振動のみしか考慮されていないことから、今後は横断方向の振動も考慮するなど、より実験に近い条件を仮定する必要がある。

参考文献

- 1) 木村一郎・細田尚・村本嘉雄・安永良：開水路流れにおける死水域内の流体振動に及ぼす水理パラメータの効果、水工学論文集、第 39 巻、pp.779-784、1995。
- 2) 木村一郎・細田尚・安永良・村本嘉雄：開水路流れ死水域周辺の水面振動・流体混合特性、水工学論文集、第 41 巻、pp.711-716、1997。