

## トレンチ付き落差工における周期振動跳水の振動周波数に関する研究

神戸大学大学院 学生会員 ○村田 祥之  
 一般財団法人建設工学研究所 正会員 藤田 一郎  
 株式会社建設技術研究所 学生会員 谷 昂二郎

## 1. はじめに

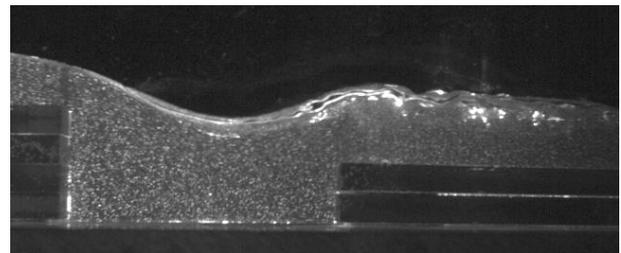
トレンチ付き落差工により発生する周期振動跳水については、トレンチ長さを変化させた研究が行われているが<sup>1)2)</sup>、その他の水理条件を変化させた研究は行われていない。本研究では非対称トレンチを有する流れの水理条件を様々に変化させ、発生する周期振動跳水の振動周波数を推定した。さらに、これらの結果に基づき、水理条件と振動周波数の関係について考察を行った。

## 2. 実験概要

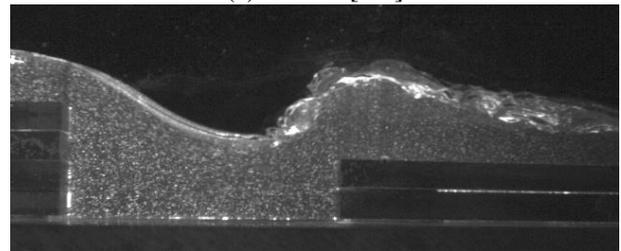
本研究では、長さ約 4m、幅 10cm の直線水路にアクリル板を用いて作成した落差工を設置し、トレンチを形成した。発生する周期振動跳水の様子を約 1 分間撮影した。撮影した動画から抜き出した画像の例を図-1 に示す。跳水位置が時間により変化する様子がわかる。撮影された動画に対して、水面形が大きく変化する位置の時空間画像(STI)を作成し、この時空間画像の横方向の輝度の平均をとり、パワースペクトル密度を求めることで振動周波数を推定した。表-1 に、振動周波数の推定を実施したケースの水理条件を示す。本研究では、上流側トレンチ高さが下流側トレンチ高さよりも大きいケースを実験対象とした。また、明確な周期振動跳水が発生した 150 ケースを振動周波数の推定対象とした。

## 3. 振動周波数と水理条件の関係

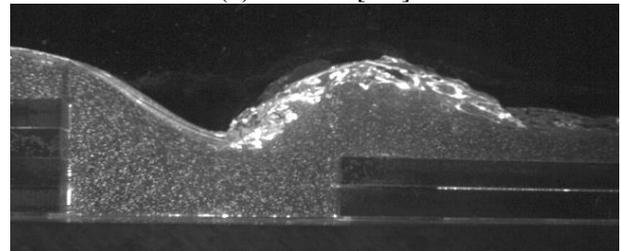
図-2 に振動周波数 $f$ とトレンチ長さ $L$ の関係を表す図を示す。ほぼ線形的な分布をしており、トレンチ長さが小さいほど振動周波数が大きく、トレンチ長さが大きいほど振動周波数が小さいことが確認できる。従って、振動周波数とトレンチ長さの間には負の相関があるといえる。図-3 に振動周波数 $f$ と流量 $Q$ の関係を表す図を示す。図中の点は反比例のような分布をしており、流量が小さいケースほど振動周波数が大きく、流量が大きいケースほど振動周波数が小さいことが確認できる。従って、振動周波数と流量の間には負の相関があるといえる。



(a) T=0.0 [sec]



(b) T=0.32 [sec]



(c) T=0.64 [sec]

図-1 周期振動跳水の様子

表-1 実験条件

勾配	上流側 トレンチ 高さ	下流側 トレンチ 高さ	トレンチ 長さ	流量
$\frac{1}{500}$	2~6cm	1~4cm	3~20cm	240~4000 cm <sup>3</sup> /s

キーワード 非対称トレンチ, 周期振動跳水, 振動周波数, ストローハル数, レイノルズ数

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL 078-803-6439

#### 4. ストローハル数とレイノルズ数の関係

図-4にストローハル数(Strouhal number)とレイノルズ数(Reynolds number)の関係を示す。無次元量であるストローハル数は振動周波数( $f$ [1/s])にトレンチ長さ( $L$ [cm])を掛け、流入水深に基づく長波の伝播速度( $\sqrt{gh_2}$ [cm/s])で割ることで得た。同じく無次元量であるレイノルズ数は流量( $Q$ [cm<sup>3</sup>/s])を水路幅( $B = 10$ [cm])と動粘性係数( $\nu = 0.01$ [cm<sup>2</sup>/s])で割ることで得た。図より、レイノルズ数が10000よりも小さい場合にはストローハル数が0.10~0.30と比較的大きい値をとるのに対し、レイノルズ数が10000よりも大きい場合にはストローハル数が0.05~0.15と比較的小さい値をとる。従って、レイノルズ数が大きくなるほどストローハル数が小さくなり、ストローハル数は0.10程度に収束することが明らかとなった。また、図中の赤破線は累乗近似による近似曲線を示しており、式(1)で表される。

$$St = 2.9Re^{-\frac{1}{3}} \quad (1)$$

式(1)からも、レイノルズ数が大きくなるとストローハル数が小さくなることを確認できる。

式(1)を用いることにより、本研究で使用した水路においては、振動周波数を推測することが可能となる。

#### 5. おわりに

本研究では、トレンチ付き落差工流れにおける周期振動跳水に焦点を当て、振動周波数と水理条件の関係を検討した。その結果、周期振動跳水の振動周波数はトレンチ長さおよび流量に影響されることが明らかとなった。さらに、振動周波数とトレンチ長さ、振動周波数と流量の間にはどちらも負の相関があることが明らかとなった。加えて、ストローハル数とレイノルズ数の関係を調べたところ、レイノルズ数が大きくなるにつれてストローハル数が小さくなり、ストローハル数は0.10程度に収束することが明らかになった。すなわち、実河川スケールでは一定となることが示唆された。今後の課題としては、水路幅や勾配が異なるケースにおいても、本研究と同様の傾向を有するのか、式(1)を適用することができるのかを解明することがあげられる。

#### 参考文献

- 1) 藤田一郎, 丸山達也: トレンチ付き落差工流れの水理特性, 水工学論文集, 第45巻, pp403-408 2001.
- 2) 浪平篤, 高木強治: トレンチ付き落差工における非定常の2次元URANS, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.75, No.2, I\_577-I\_582, 2019.

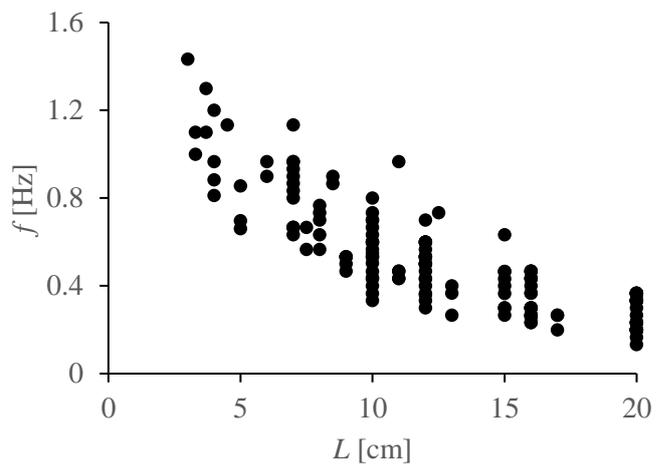


図-2 振動周波数とトレンチ長さの関係

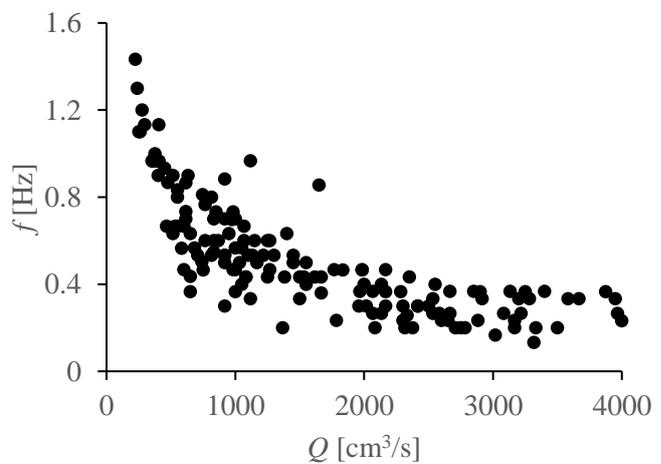


図-3 振動周波数と流量の関係

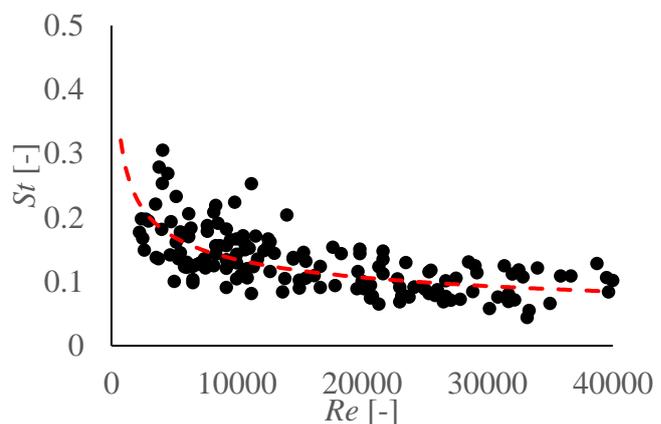


図-4 ストローハル数とレイノルズ数の関係

今後の課題としては、水路幅や勾配が異なるケースにおいても、本研究と同様の傾向を有するのか、式(1)を適用することができるのかを解明することがあげられる。