

第Ⅱ部門 トレンチ付き落差工における周期振動跳水のPIV解析

神戸大学工学部

○学生会員 村田 祥之

神戸大学大学院工学研究科

正会員 藤田 一郎

神戸大学大学院工学研究科

学生会員 谷 昂二郎

1. はじめに

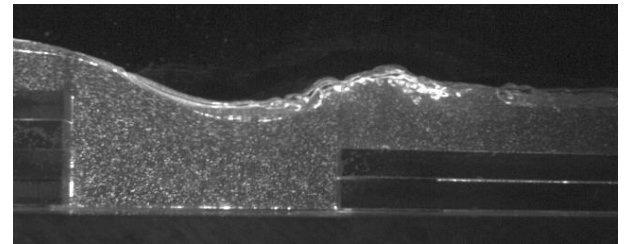
トレンチ付き落差工により発生する周期振動跳水については、トレンチ長さを変化させた研究が行われているが¹⁾²⁾、その他の水理条件を変化させた研究は行われていない。本研究では非対称トレンチを有する流れの水理条件を様々に変化させ、レーザー光膜を用いた可視化実験を行い、PIVによる内部流速場の解析を実施した。さらに、これらの解析結果に基づき、跳水に振動を生じる条件および流れの構造について考察を行った。

2. 実験概要

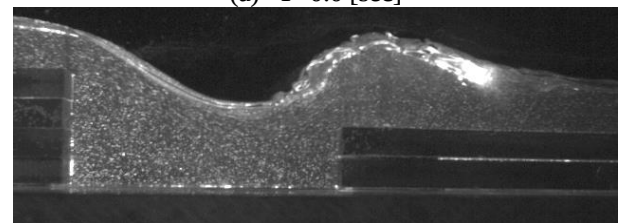
本研究では、長さ約4m、幅10cmの直線水路にアクリル板を用いて作成した落差工を設置し、トレンチを形成した。流れには80 μ mのナイロン破砕粒子をトレーサーとして混入し、レーザー光膜により可視化された流れ場を高速カメラにより撮影した。撮影した画像の例を図-1に示す。跳水位置が時間により変化する様子がわかる。撮影された連続画像に対して、PIV解析を適用することで詳細な内部流速場を得た。表-1に、PIV解析を実施したケースの水理条件を示す。比較のために、跳水が振動を伴わないケースの解析も行っている。加えて、トレンチの幾何形状および、流量を系統的に変化させた実験も実施し、周期振動跳水が発生する水理条件を検討する。

3. 周期振動跳水の発生条件

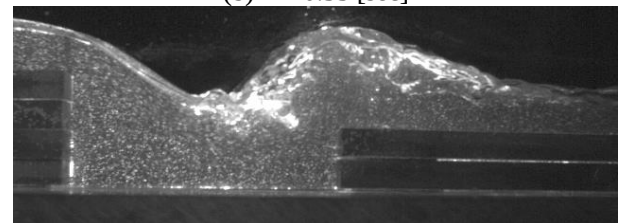
図-2にトレンチの幾何形状ごとに整理した、周期振動跳水の発生する範囲を示す。図-2(a)に上流側トレンチ高さ6cm、下流側トレンチ高さ2cmの場合を、図-2(b)に上流側トレンチ高さ5cm、下流側トレンチ高さ2cmの場合をそれぞれ示している。各図には、赤の実線で、周期振動跳水が発生する流量の上限値を、青の実線で同様に下限値を示している。図より、上下流のトレンチ高さが同じである場合には、トレンチ長さが大きいほど、周期振動跳水が発生する流量範囲が大きくなっており、上限・下限とも増加している。また、上流側のトレンチ高さが異なる場合と比較すると、流量の上限下限とも同程度である。従って、トレンチの幾何形状に関する条件では、トレンチの落差は流量にはあまり影響を及ぼさず、トレンチ長さによって、周期振動跳水が発生する流量が変化することがわかる。



(a) T=0.0 [sec]



(b) T=0.33 [sec]



(c) T=0.33 [sec]

図-1 可視化画像

表-1 実験条件

Case	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	水深
振動	4cm	2cm	10cm	1000 cm ³ /s	1.6cm
非振動	5cm	3cm			1.6cm

4. PIV 解析結果

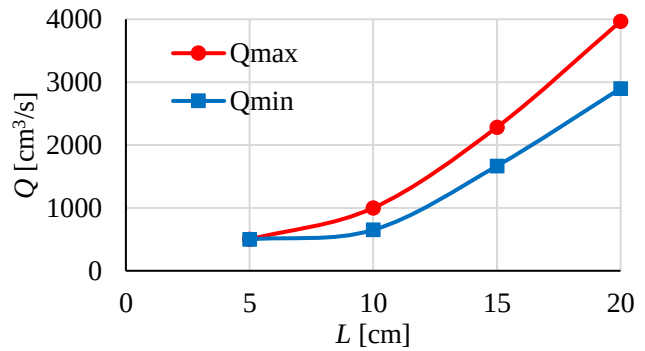
図-2 に PIV 解析により得られた流速ベクトルを示す。跳水に振動を伴うケースでは、砕波に至る直前の瞬間を、跳水が定常であり振動しないケースでは平均流を示している。跳水に振動を伴うケースでは、 $x = 7\text{cm}$ 付近に再付着点があり、再度付着した流れは下流の段差と干渉して強い上向きの流れを形成している。すなわち、トレンチ下流端の影響により流線が強く曲がることで砕波に至っているものと思われる。跳水が砕波したのち、再び強い上向きの流れが形成されるとともに波高が増大することで振動跳水が発生している。一方、跳水が定常であり振動しないケースでは、跳水に振動を伴うケースに比べて相対的にトレンチ深さが大きいため、トレンチ内に右回りの弱い循環流が生じている。このため、流れはトレンチ内部で再付着せず、トレンチ下流端で強い上向きの流れは生じない。従って、跳水は砕波に至らず、振動しないものと考えられる。

5. おわりに

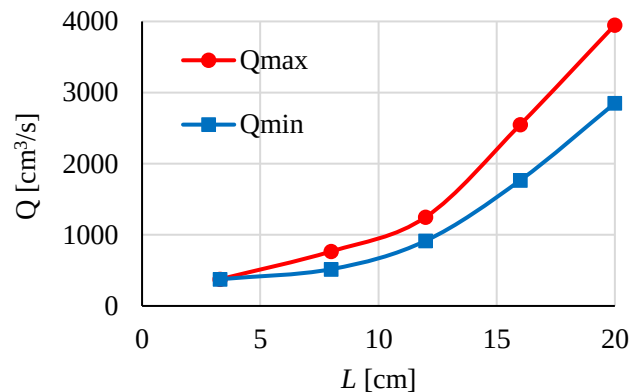
本研究では、トレンチ付き落差工流れにおける周期振動跳水に焦点を当て、PIV 解析によって得られたベクトルから周期振動跳水の流れの構造を検討した。その結果、周期振動跳水においては、トレンチ内部で流れが再付着することにより、強い上向きの流れが形成されることで砕波に至ることが明らかになった。加えて、トレンチの幾何形状を変化させた実験を行い、周期振動跳水の発生条件について調べたところトレンチ長さによって周期振動跳水が発生する流量が変化することが明らかになった。今後の課題としては、水理条件による周期振動跳水の振動周期の変化の解明があげられる。

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.

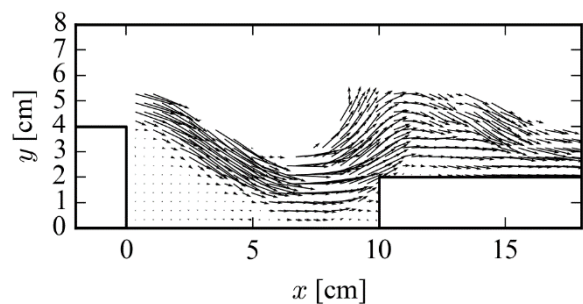


(a) 上流側トレンチ高さ 6cm
下流側トレンチ高さ 2cm

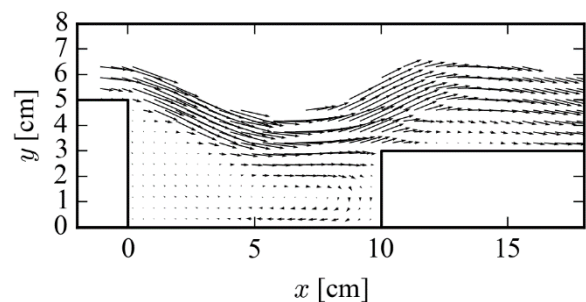


(b) 上流側トレンチ高さ 5cm
下流側トレンチ高さ 2cm

図-2 トレンチ幾何形状の各条件における
周期振動跳水の発生範囲



(a) 振動するケース



(b) 振動しないケース

図-3 PIV による解析結果