

神戸大学工学部

学生員

○丸山達弥

神戸大学都市安全研究センター

正会員

藤田一郎

神戸大学工学部

中野正悟

1. はじめに

近年、治水・利水機能の他に、さまざまな生物が生息できる生態系を考慮に入れたり、河川流域を人々の憩いの場として提供するなどの環境機能を加えた河川整備計画の必要性が呼びかけられている。その中で多自然型工法的一种として、都市河川の落差工下流にトレンチ部を取り付け、環境機能の保持とともに小流量時の水面確保が試みられる場合がある。実際に神戸市東灘区の住吉川では $Z_u=0.9\text{m}$ 、 $Z_d=0.4\text{m}$ 、 $L=1.8\text{m}$ 、 $b(\text{川幅})=7.0\text{m}$ (図-1 参照)というスケールの非対称トレンチが設置されている。

そこで本実験ではトレンチ部において発生することが確認されている振動跳水現象¹⁾についてトレンチのアスペクト比と振動の周期性に関して実験的な検討を行った。

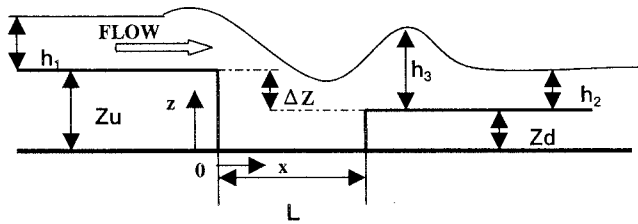


図-1 非対称トレンチの流況概略図

2. 実験概要

使用した実験水路は全長 6.0m、幅 0.15m の循環式直線開水路であり、幅 0.15m、長さ 2m、厚さが 1cm の塩基板を水路底面に敷き重ねることによって、12 種類のトレンチ部形状を作成した。非対称トレンチ部の流況の模式図を図-1 に示す。ここで、 Z_u :上流側の段高さ、 Z_d :下流側の段高さ、 h_1 :上流水深、 h_2 :下流水深、 h_3 :振動跳水の最大高さ、 L :トレンチ長である。実験はまず落差工を固定した状態で L を徐々に変化させて振動跳水を発生させ、そのときの周期、上下流の水深等の計測を行った。

表 1 実験ケース

ケース	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	Re_2	$U_1(\text{cm}/\text{s})$	$Z_d(\text{cm})$	$Z_u(\text{cm})$	$\Delta Z(\text{cm})$
①	0.671×10^{-3}	4500	30.0~32.0	1~4	1~6	1~4
②	1.261×10^{-3}	8400	39.0~40.0			
③	2.104×10^{-3}	14000	50.0~53.0			
④	3.037×10^{-3}	20200	55.0~57.0			
⑤	3.498×10^{-3}	23300	57.0~60.0			

3. 実験結果及び考察

ここでは次のような無次元パラメータを設定し考察した

レイノルズ数 Re_1 : $Re_1 = \frac{U_1 \Delta Z}{\nu}$ (1)

流入レイノルズ数 Re_2 : $Re_2 = \frac{U_1 h_1}{\nu}$ (2)

ストローハル数 Str : $Str = \frac{U_1}{T \Delta Z}$ (3)

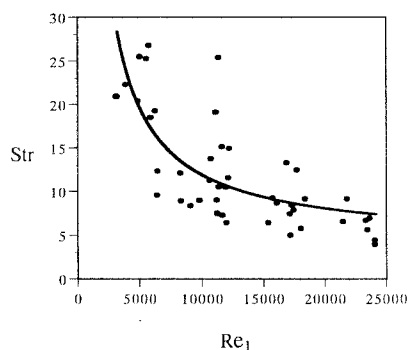


図-2 Re_1 - Str 関係

Re_1 とストローハル数 Str の関係をプロットしたのが図-2 である。 Re_1 が大きくなるにつれて Str が一定値に漸近している様子が確認できる。

次にトレンチ高さのアスペクト比 $\Delta Z/Zd$ とStrとの関係を図-3に示す。これによると $\Delta Z/Zd$ 即ち、相対的な落差が大きくなるにつれ、Strの値が収束している様子が確認できる。

図-4にStr毎の $\Delta Z/Zd$ と L/Zd との関係を示す。これは振動跳水の発生領域に対応している。

Strの値が大になるほど $\Delta Z/Zd$ と L/Zd の両値とも小さくなる傾向にあることが確認できる。また振動跳水現象が発生する際のトレンチ形状の特性としては $\Delta Z/Zd$ が大きくなるほど L/Zd も大きくなる傾向にある。

流れの周期性に関して、さらに詳細な検討を加えるために、レーザー光膜を用いて鉛直縦断面内の可視化を行い、高速ビデオカメラ(DALSA製、CA-D6-256W)を用いた撮影を行った。この計測システムではパソコンのフレームメモリを約1万枚の連続画像を格納できる。本研究では、画像のみのサンプリングを474Hzで行い、得られた画像をPIV解析することで時空間的に高密度のデータを得ることができた。図-5に $Q=1.261 \times 10^{-3}(\text{m}^3/\text{s})$ 、 $\Delta Z/Zd=1.0$ 、 $L/Zd=6.0$ の場合の結果の一例を示す。点Gはトレンチ内部 $(x,y)=(5.12,0.55)$ 、点Iはトレンチ下流側のステップ上の点 $(x,y)=(6.55,1.50)$ であり、ここでは流れ方向成分の各点での時系列データを示している。周期的な流れの変動が良好に得られていることがわかる。また、点Gと点Iでは位相が半周期分ずれていることも明らかである。点Gのデータのスペクトルを図-6に示す。明瞭なピークが得られており、この周波数は目視による結果と良く一致した。

4. おわりに

様々なアスペクト比のトレンチ形状に関する実験を行い流れの周期性をある程度明らかにすることができた。また、今後は本現象のシミュレーションによる再現を試みる考えである。

参考文献

1) 藤田一郎・丸山達弥, 平成12年度関西支部年講, II-57, 2000

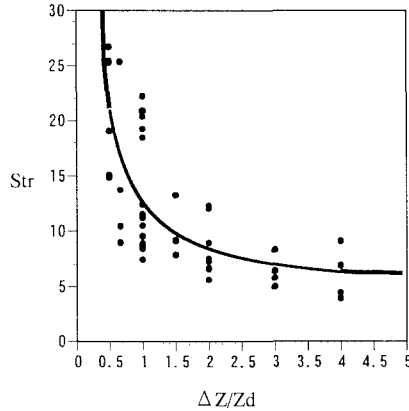


図-3 $\Delta Z/Zd$ -Str 関係

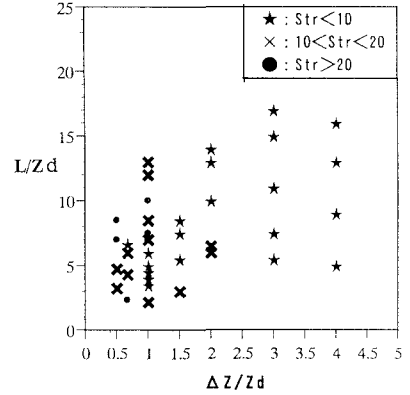


図-4 Str 毎の $\Delta Z/Zd$ - L/Zd 関係

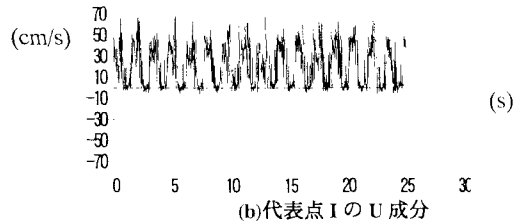
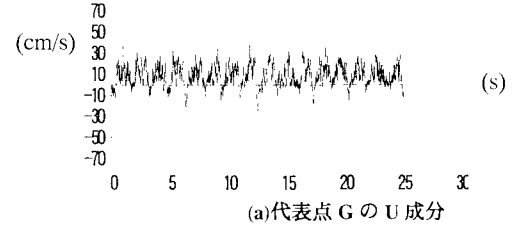


図-5 流速の時系列データ

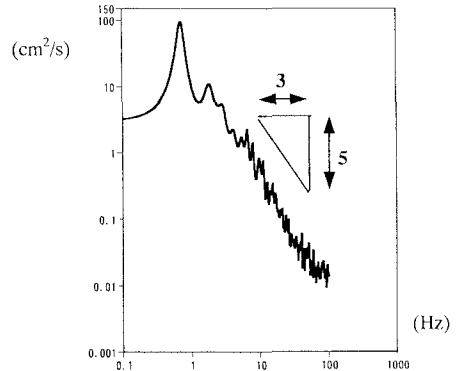


図-6 点GのU成分のスペクトル