

# 落差部に設置されたトレンチ流れの特性

神戸大学大学院自然科学研究科 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

## 1. はじめに

水路床にトレンチなどの凹部を設置した開水路流れは、流入流量・勾配・凹部形状などによって様々な流れの状況を呈する。また、水理的にみても、剥離せん断層の発達や、組織渦の発生・発達・崩壊、あるいは逆流域、死水域の存在といった複雑な乱流場を形成しており、興味深い局所流であるといえる。このようなトレンチ流れに関する既往の研究<sup>1)2)</sup>では、水面の大きな変形を伴わない流れが対象とされている。本研究では、落差部にトレンチを設置した場合に生じる水面変形を伴う流れに着目する。そこで、水路床の全幅にわたって非対称なトレンチ部が存在する開水路流れの実験を行い、PTVを用いてトレンチのアスペクト比などの変化に対する水路内の流動特性に関して検討した。

## 2. 実験概要

使用した実験水路は全長 7.5m、幅 30cm の可変勾配型循環式直線水路であり、幅 30cm、長さ 2m、厚さがそれぞれ 1cm と 0.5cm の 2 種類の透明な塩ビ板を水路底面に敷き重ねることによって、数種類のトレンチ形状を生成した。

画像計測システムの概略を図-1 に示す。流れの可視化には平均粒径が約 60 μm、比重 1.02 のナイロン破碎粒子をトレーサとして用いた。空冷式アルゴンイオンレーザー(出力 1W)からのビームは、まず、AOM(Acoustic Optical Modulator)に導かれ、そこで連続光から任意の時間間隔のパルス光へと変換される。パルス光はビームエキスパンダーによって厚さ 2~3mm 程度の光膜とし、水路中央の縦断面に照射した。撮影には 12fps(frame per second)の高解像度カメラ(HITACHI 製, KP-F100, 1304 × 1024pixel)を用い、画像時間間隔 1/500 秒、サンプリング周波数 6Hz の画像を 1450 枚程度得た。解析には PTV(二値化相関法)を用いた。発光タイミングの同期は、パーソナルコンピュータで AOM をコントロールし、高解像度カメラに同期信号を送ることによってとった。

非対称トレンチ部の流況概略図を図-2 に示す。実験ではトレンチ長、流量、勾配を種々変化させて、トレンチによる損失水頭を調べ、表-1 に示すケース

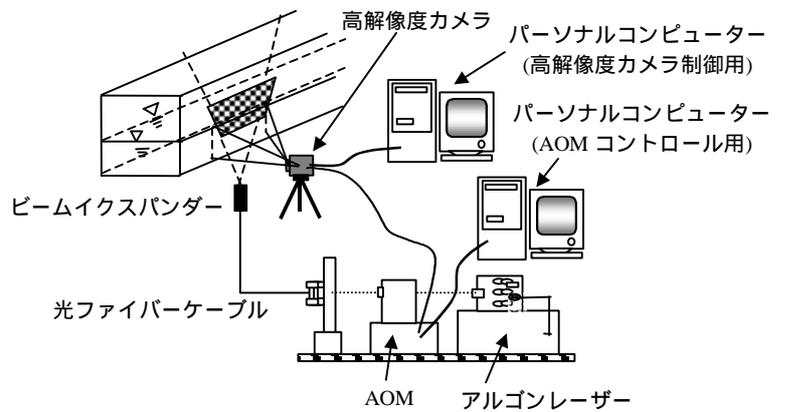


図-1 画像計測システム

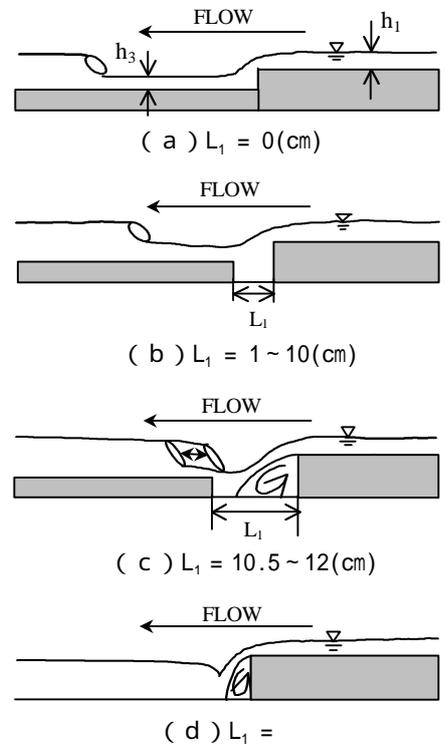


図-2 流況概略図 (B5\_DhU3)

表-1 水理条件

CASE	B5_DhU3
勾配 $i$	1/500
流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	$5.0 \times 10^{-3}$
$Z_d(\text{cm})$	1.0
$Z_u(\text{cm})$	3.0
$h_1(\text{cm})$	3.37
$Fr_1$	0.86

キーワード：局所流，PTV，非対称トレンチ，エネルギー損失

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 Tel.078-803-6439, Fax.078-803-6394

に対しては PTV による詳細な計測を行った。ここで、 $Z_d$ :下流側の段高さ、 $Z_u$ :上流側の段高さ、 $h_1$ :上流側水深、 $Fr_1$ :流入部のフルード数、 $L_1$ :トレンチ長である。

### 3. 一次元解析

実験結果から、 $L_1$  を徐々に大きくすると、エネルギー損失の影響で跳水の発生位置が凹部に近づくことがわかった。このことを詳しく調べるために、跳水前面の水深を  $h_3$  として様々なケースに対して計測を行った。その結果、図-3 に示すような関係を得た。ここに、 $Z$  は落差 ( $Z_u - Z_d$ ) であり、 $E_3$  は  $L_1=0(\text{cm})$  の  $h_3$  の測定地点におけるエネルギー  $E_0$  を基準としたその変化量である。これをみると、 $L_1/h_1$  が 2 を過ぎたあたりから  $E_3/Z$  が急激に増加しているのがわかる。このように、 $L_1$  の増加に伴ってエネルギー損失が生じたのは、 $L_1$  の増大によってトレンチ内の逆流域の規模が増し、それに伴ってエネルギーの散逸が活発に行われたためと考えられる。

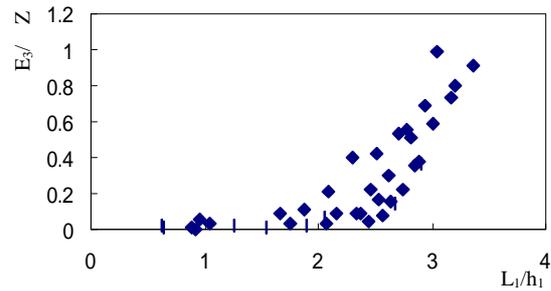
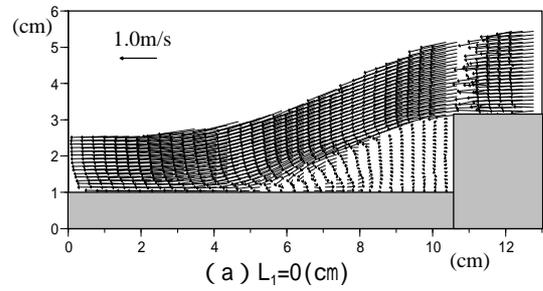


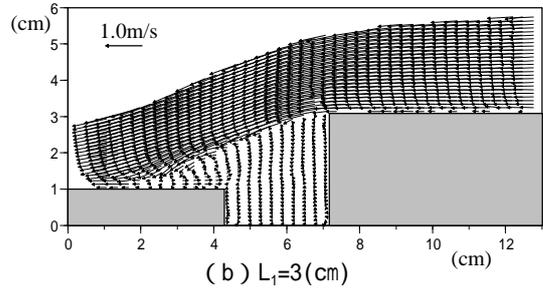
図-3  $L_1/h_1$  と  $E_3/Z$  の関係

### 4. 画像解析結果

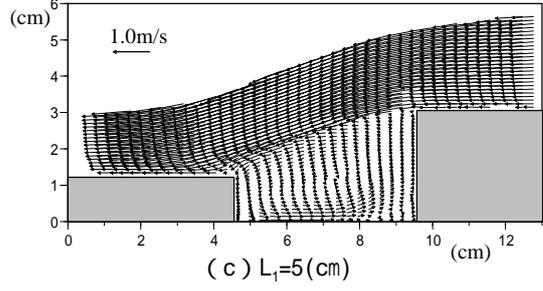
図-4 に PTV 解析によって得られた平均流速ベクトルを示す。 $L_1=0, 3(\text{cm})$  のとき、再付着点距離はほとんど同じで約 5.0cm である。また、循環領域(渦)は再付着点付近に発生しており、渦の中心も再付着点近傍にある。これに対し  $L_1=5(\text{cm})$  になると、渦の中心がトレンチのほぼ中央に移動し、トレンチ内部に大規模な循環流が生じる。また、底面付近の流速も大きくなる。このことから、相対的なエネルギー損失の増大が見込まれる。 $L_1=7(\text{cm})$  のときは、循環領域の中心は高落差の段落ち流れに対応した再付着点付近に移動する。以上より、図-3 に示したエネルギー損失の主要因には、トレンチ内の循環流の規模と強さが大きく関与していることがわかる。



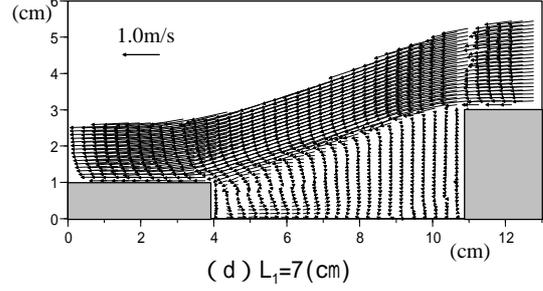
(a)  $L_1=0(\text{cm})$



(b)  $L_1=3(\text{cm})$



(c)  $L_1=5(\text{cm})$



(d)  $L_1=7(\text{cm})$

図-4 平均流速ベクトル (B5\_DhU3)

### 5. おわりに

本研究では取り扱わなかったが、トレンチ長のある範囲において、図-2(c)に示すような非常に規則的な振動跳水が観測された。今後はその発生原因等に関して詳細な検討を進めていく予定である。

### 謝辞

高解像度カメラの利用に関して協力して頂いたジャパンフォトニクス(株)に謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 藤田正治, 道上正規, 檜谷治: トレンチ内の流れと浮遊砂濃度分布の数値シミュレーション, 水工学論文集 第 35 巻, pp.377-382, 1994 .
- 2) 藤田一郎, 神田徹ら: 開水路凹部流れの PIV および LES による乱流解析, 土木学会論文集, No.539/ -35 , pp.79-88, 1996 .