

## 底面走行式水路の特性

東北大学 学生員 ○ 早坂宏樹  
 東北大学 正会員 後藤智明  
 東北大学 正会員 首藤伸夫

### 1 はじめに

ドライバットを漕上するサージングフロントの水理学的特性を調べる目的で図-1に示す底面走行式水路を試作した。この水路を用いると静止したサージングフロントを再現することができ、定常状態としての測定が可能となる。本研究はその第一段階として、底面走行式水路の流速分布について調べ、若干の考察を行ったものである。

### 2 実験装置と方法

試作した水路は長さ150 cm高さ48 cm幅10 cmの木製矩形水路で、底部にベルトコンベアを取り付けたものである。水路は片面がアクリル板となっており、流れの目視が可能である。ベルトコンベアの移動速度は、数段階に変化させることが可能であるが本実験では2.05 cm/sに固定した。実験は水平床と水路勾配1/3°の2種類を実施している。水平床の実験は水深(4.98, 7.81, 8.78及10.7 cmの4ケース)の異なる場合について実施している。

流速は底面のベルトコンベアに沿って2 cm間隔、鉛直方向には2 mmまたは5 mm間隔で水路内を詳細に測定している。流速測定には超小型プロペラ流速計を用いた。

### 3 結果および考察

#### 3-1 水平床の流速分布

水平床の流速分布の一例を図-2に示す。図-2は水深が10.7 cmと7.81 cmのものであり、それぞれ丸印等で表わす。なお、Y軸は上流側のベルトコンベアの回転軸を原点にとり、ベルトコンベアに沿って測った水平距離である。流速分布はある高さまで急激に変化しそれより上方は一定流速となることがわかる。したがって、この水路ではベルトコンベアの回転によりベルトコンベアの移動方向に循環流を形成していることがわかる。水路に木粉等を混入することにより、流れの状態を調べた結果を図-3に示す。先に述べたように循環流が発生しており、水表面には後壁に起因する逆流層とか、後部ベルトコンベアの回転軸付近に渦が発生するといった複雑な流況を呈している。水深によって位置は多少変化するが流況は変わらない。

いま、この複雑な流況を無視し、ブラジウスの平板上の流れと同様に流れを理想化して考えることにする。すなわち、移動平板上の層流現象として取り扱うのである。移動平板上の層流境界層方程式および境界条件はベルトコンベアの移動速度を $U$ 、水深を $h$ とおくと

図-1 底面走行水路

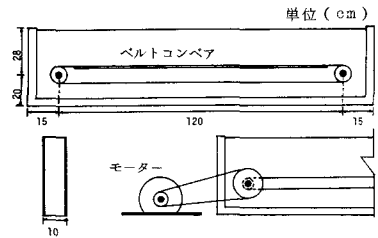


図-2 流速分布 (水平床)

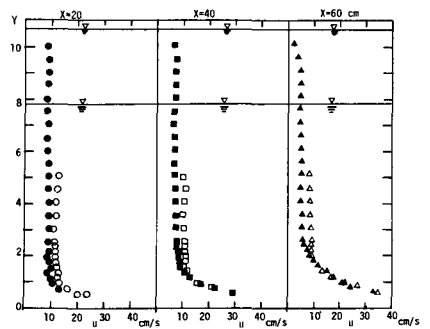
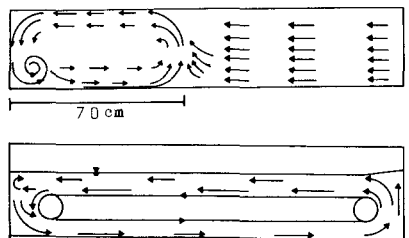


図-3 流況模式図



$$u(x, 0) = 0, v(x, 0) = 0, u(0, y) = 0, \frac{\partial u}{\partial y}(x, h) = 0 \quad (2)$$

となる。したがって、ブラジウスの問題と同様に流速分布の相似性が仮定することができ、これにより独立変数  $x, y$  と無次元距離  $\eta \equiv y/\sqrt{2\eta_*^2}$  だけに減らすことが可能である。また、 $u = Uf(\eta)$  とおくと、この問題は  $\eta_* = h/\sqrt{2\eta_*^2}$  とおいて

$$\frac{d^2 f}{d\eta^2} + f \frac{df}{d\eta^2} = 0, \frac{df(0)}{d\eta} = 1, f(0) = 0, \frac{df(\infty)}{d\eta} = 0, \frac{d^2 f(\eta_*)}{d\eta^2} = 0 \quad (3)$$

を解くことに帰着される。したがって、流速分布は主として無次元距離  $\eta$  と  $\eta_*$  で整理することができよう。

水深 10.7 cm の結果を  $\eta$  で整理したものを図-4 に示す。 $\eta$  が小さくかつ  $x$  が 60 cm 以下では相似則がよく満足されている。 $\eta$  が大きいところで  $\eta_*$  によって多少変化し、かつ水面近くでは先に述べた循環流の影響のため  $u/\eta$  が大きくなっている。また、 $x$  が 80 cm 以上では、相似則が満足されない。これは逆流層の存在域と一致しており、逆流層の影響であると考えられる。以上の考慮により、 $\eta$  および  $\eta_*$  で  $x \leq 60$  cm 以下の実験値を整理したものが図-5 である。実験値がよく整理される。図-6 は流速勾配がほぼ零となる高さ  $\delta$  と循環流を無相した場合の排除厚  $\delta_0$  を描いたものである。図-6 から逆流層の影響が顕微に表われる。

### 3-2 斜面上の流速分布

図-7 に水路床勾配 11.3° のときの流速分布を示す。水路床勾配がある場合も  $\eta$  および  $\eta_*$  で整理すると図-8 のようになる。この場合は水平床と異なり循環流や逆流が発生しないで、ベルトコンベアの後軸付近まで相似則がよく満足される。图中  $u/\eta$  が 0.03 から 0.05 までの値が欠けているのは、アロペラ流速計が微流速を測定できないためである。

図-9 は  $\delta$  および  $\delta_0$  を描いたものである。

## 4 結言

底面走行水路の水理特性について考察を行なったが、結論として以下のことがあげられる。①水平床の流速分布は水路の構造的問題により複雑な流況を呈すが、 $\eta$  および  $\eta_*$  による相似性をよく満足する。②斜面上の流速分布についても相似則をよく満足する。③微流速を測定するために水素気泡等向からの工夫を要する。④本実験のベルトコンベアは滑面であったが、粗度をつけた実験も興味深い。

最後に、実験に尽力をつくしてくれた本学山路弘人技官に謝意を表します。

