

都市河川に設置された階段工における水理機能に関する研究

神戸大学都市安全研究センター 正会員 藤田 一郎
 神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 ○長浜 弘典
 神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 小澤 純

1.はじめに

近年，神戸市などの三面張りの急勾配な都市河川においても親水性を確保するために河川側岸に階段工やスロープなどが設置されるようになってきた．特に川幅の狭い都市河川では河川側岸に凹部を設けた形状の階段工が見られる．しかしながら洪水時におけるこのよう形状の階段工の特性については，まだ十分な検討が行われていない．そこで，本研究ではこのような側岸凹部を抵抗要因という観点から調べ，階段工のアスペクト比などの変化に対する１次元的な抵抗特性に関して検討を行った．また PIV により表面流れの状況などを求め，抵抗要因についても検討を行った．

2.実験概要

図 1 に階段工付近の概略図を示す．本実験では全長 7.5m、全幅 30cm の可変勾配型循環式直線水路を使用し、水路の横断方向中央点の水深を下流端から 50 cm 間隔で計測した．表 1 に実験条件を示す．表中の I は勾配、

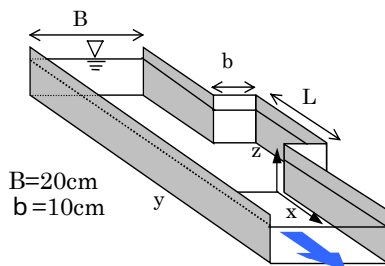


図 1 階段工付近の概略図

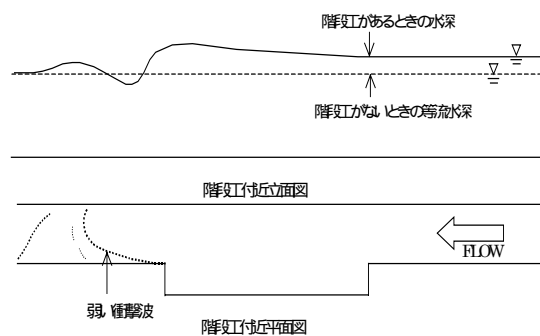


図 2 水面形の概略図

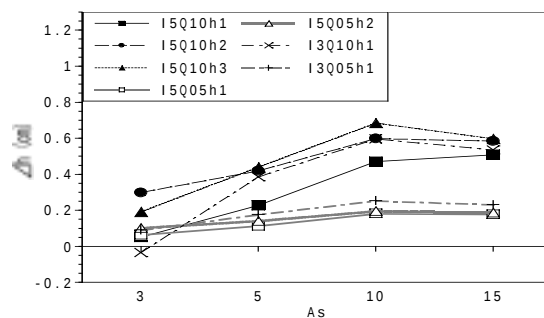
Q は流量、 Fr_0 は $x=0$ 断面でのフルード数、 b は階段工幅である． H_0 は幅 20 cm の直線水路とした場合の等流水深の実験値であり、 h_0 は $x=0$ 断面における階段工がない場合の水深である．本実験ではアスペクト比 ($As=L/b$) を 3, 5, 10, 15 の 4 通りに設定し実験を行った．

3.実験結果および考察

流れの状況はアスペクト比によって若干異なるが，概略，図 2 のように階段工上流域で水位上昇の生じる流れとなる．本研究ではこの場合の水位増分量について着目し，流水抵抗について検討を行うこととする．ここでは流水抵抗を，以下の 3 つのパラメータを用いて調べた．すなわち 1) h , 2) f_s , 3) f_t である．ここで

$$\Delta h = \hat{h}_u - h_u \quad (1), \quad \Delta h = f_s \frac{v_u^2}{2g} \quad (2)$$

$$(\hat{h}_u + z_u + \frac{\hat{v}_u^2}{2g}) - (h_d + z_d + \frac{v_d^2}{2g}) = f_t \frac{v_u^2}{2g} \quad (3)$$

図 3 h vs As

キーワード：階段工，画像計測，流水抵抗，多自然型工法，親水護岸

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

ただし、階段工設置前の上流側代表点での平均水深を h_u 、流速を v_u 、下流側代表点での水深を h_d 、流速を v_d とした。また階段工設置後の上流側代表点での平均水深を $\hat{h}_u$ 、流速を $\hat{v}_u$ とし、上流側代表点、下流側代表点での水路床高をそれぞれ z_u 、 z_d とした。上流側代表点は $x = -2.25\text{m}$ 、下流側代表点は $x = 1.0\text{m}$ の点とした。

図3～5に h 、 f_s 、 f_t それぞれの特性を示す。このようにどのパラメータも $As=10$ までは大きくなるがそこからはほぼ一定となることが確認された。 f_s を用いた場合、一定ケースごとのデータはある程度は整理できたが、ケース間のばらつきが大きい。一方、 f_t を用いて整理すると、抵抗の大きくなるアスペクト比大の場合のデータはある程度整理することができ、この抵抗係数は階段工の流水抵抗を検討するうえで有効なパラメータと考えられる。

PIVによって得られた流量 $Q=10.0 \times 10^{-3}(\text{m}^3/\text{s})$ のときの $As=15$ の表面平均流速分布を図6に、流量 $Q=5.0 \times 10^{-3}(\text{m}^3/\text{s})$ のときの $As=5$ の表面平均流速分布を図7に示す。

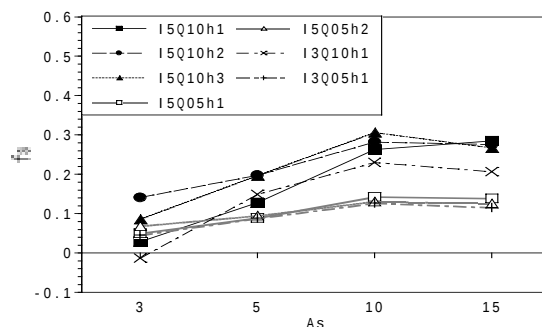


図4 f_s vs As

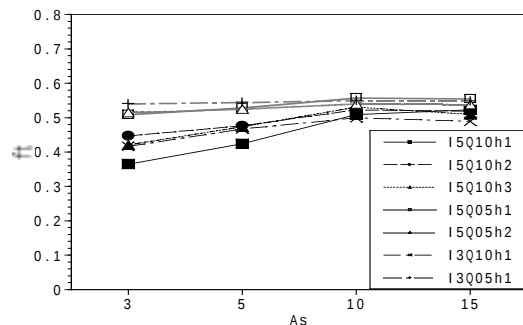


図5 f_t vs As

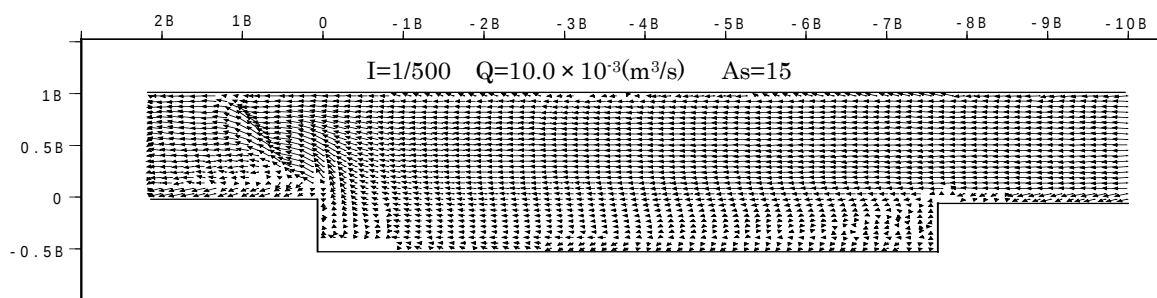


図6 流量 $Q=10.0 \times 10^{-3}(\text{m}^3/\text{s})$ のときの $As=15$ の表面平均流速分布

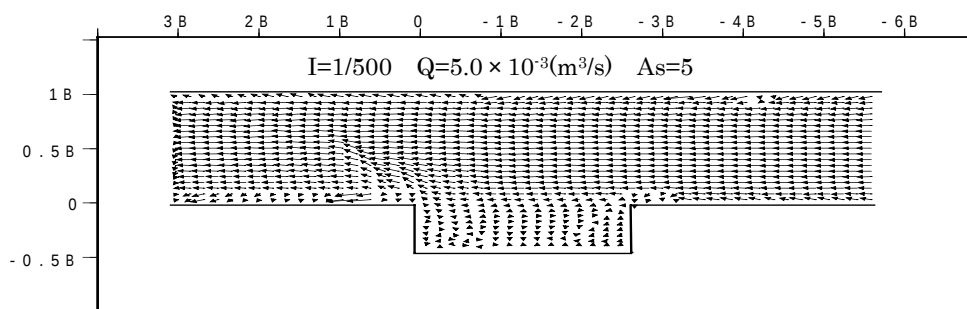


図7 流量 $Q=5.0 \times 10^{-3}(\text{m}^3/\text{s})$ のときの $As=10$ の表面平均流速分布

上図からわかるように、アスペクト比が大きくなると階段工下流部付近の流れは急縮流的な性質が強まり、加えて水面には主流に対して斜めに交差する衝撃波が生じることが確認された。アスペクト比が小さい場合には側岸凹部内の流れはある程度閉じた循環流となり、主流との相互干渉が相対的に弱まる。以上のことから、急縮流による主流の有効断面の減少ならびに衝撃波による造波抵抗がこの種の流れの大きな抵抗要因を形成しているものと思われる。

4.おわりに

本研究では主として階段工のアスペクト比が流れの抵抗に及ぼす影響について考察したが、今後は三次元的流れの内部構造と流水抵抗との関係を PIV による三次元計測を通じて明らかにしていく予定である。