

伝統的河川工法聖牛の水理機能に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 〇内藤 健
名古屋工業大学 学生会員 田本 典秀

名古屋工業大学 学生会員 中居 毅
名古屋工業大学 正 会 員 富永 晃宏

1. はじめに

伝統的河川工法の中で、現在も使用されている工法の一つに聖牛がある。これは水制工の一種で、河岸・河床の保護機能を有し、自然素材を利用するため河川景観に馴染み、適度な空隙が生態系に良い影響を与える¹⁾といった点で河川環境の整備と保全に合致した工法と考えられる。しかし、水理機能に関する研究はほとんど行われていない。本研究では、聖牛の水理機能について実験による評価を試みた。PIV 計測を用いて聖牛周辺の流れを解析するとともに、湾曲部に聖牛を配置した場合の流れ構造の変化、局所洗掘防止効果について検討した。また、同位置に透過型水制を配置した場合との比較を行った。

2. 実験条件および実験方法

PIV 計測は水路幅 $B=30\text{cm}$ 、長さ $L=8\text{m}$ 、水路勾配 $i=1/2000$ の長方形断面直線水路を用いた。聖牛は水路中間部の中央に 1 基配置した。実験に用いた聖牛モデルは 1/50 縮尺の大聖牛で、蛇籠の代わりに同径の木棒を使用した。形状は図-1 に示す。流量 $Q=4.1\text{ l/s}$ の定常流量を通水し、水深 $h=11.5\text{cm}$ とした。PIV 計測の流れの可視化には、 $50\mu\text{m}$ のナイロン樹脂粒子を用い、アルゴンレーザー光を照射した。この可視化画像を高速ビデオカメラで撮影し、VISIFLOW (AEA Technology)PIV システムを用いて画像解析を行った。

湾曲実験は水路幅 $B=90\text{cm}$ 、深さ $H=30\text{cm}$ 、長さ $L=17.2\text{m}$ の長方形断面水路を用い、湾曲部の中心曲率半径 $r=270\text{cm}$ で $r/B=3.0$ である。実験条件は表-1 に示す。聖牛および透過型水制を湾曲角 $\theta=0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ の外岸側に配置した。聖牛は側壁から 2cm 離して横断方向に 2 基、その後方に 1 基、計 3 基を 1 組として配置した。透過型水制は直径 5mm 、長さ 7.5cm の木棒を 2.5cm 間隔で格子状に流下方向 5 列、横断方向に 9 列配置した。各断面における流速は東京計測社製の 3 成分電磁流速計(EMV)で計測し、底面から 3mm における流速は Nortek 社製の 3 成分超音波ドップラー流速計(ADV)で、流下方向および横断方向に 10cm 間隔で計測した。底面せん断応力は ADV により計測した底面近傍 3mm の主流速 U_b と横断方向流速 V_b を用いて以下の式 (1)より τ_{bx} を求めた。

$$\tau_{bx} = \frac{\rho C_f}{2} U_b \sqrt{U_b^2 + V_b^2} \tag{1}$$

摩擦抵抗係数 C_f は上流直線部の流速鉛直分布に対数則を当てはめて求められ、 $C_f=0.0088$ となった。座標系は流下方向を x 軸、横断方向を y 軸、鉛直方向を z 軸とした。

3. 結果および考察

PIV 計測による聖牛中心軸($Y=0\text{mm}$)の鉛直面主流速ベクトルを図-2 に示し、底面近傍($Z=5\text{mm}$)の水平断面主流速ベクトルを図-3 に示す。聖牛後方の主流速は水平方向の減速効果に比べて、鉛直方向の減速効果が大きいことがわかる。また、 $Z<4\text{cm}$ では主流速の減速が大きいことから、聖牛の骨組みである木棒よりも蛇籠が流れに抵抗することで減速されることが考えられる。図-4 に示す主流速分布を見ると、減速効果は明らかである。聖牛後方 $x=35\text{cm}$ まで、 $Z=4\text{cm}$ から 8cm までの流速はほぼ直線分布を示し、ほとんど変化がないのに対し、 $Z<4\text{cm}$ では下流にいくにしたがって加速されている。

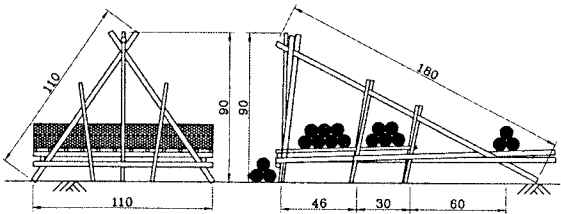


図-1 聖牛モデル [cm] S=1/50

表-1 実験条件およびケース名

ケース名	配置物	水深(cm)	流量(lit/s)	Um(cm/s)	Fr	Re
B-1	—	13.2	38.3	31.5	0.277	4998
SG-50	聖牛	15.0	42.4	32.2	0.266	5805
Ds-10	透過型水制	14.6	41.1	33.4	0.276	5981

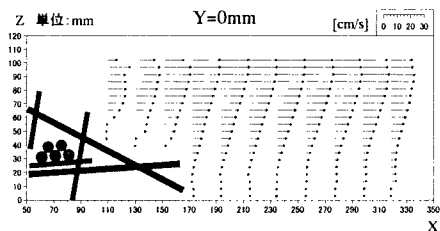


図-2 鉛直面主流速ベクトル

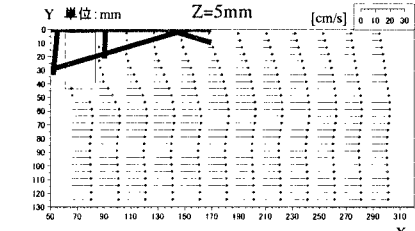


図-3 水平断面主流速ベクトル

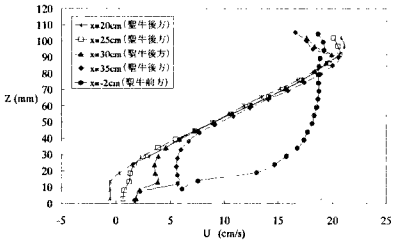


図-4 主流速鉛直分布

聖牛の減速効果を期待して、湾曲部に配置した場合の効果について検討する。ケース Sg-50, Ds-10 の横断方向流れを表した 2 次流ベクトルを図-5 に示す。ここでは 2 次流が最も発達する湾曲部後半の $\theta = 37.5^\circ$ ~ 下流 45cm 断面について検討する。2 次流はどの断面においても、水路幅全体で発生している。何も設置していない場合に、2 次流とは逆回転の外岸渦²⁾ が外岸側で発生するが、このケースでは発生していない。聖牛を配置した $\theta = 45^\circ, 60^\circ$ 断面においても同様の傾向を示し、全断面において 2 次流は透過型水制の場合とほとんど同様の構造を示すことがわかる。

次に、 $\theta = 37.5^\circ$ ~ 下流 45cm 断面の主流速コンター両ケースについて図-6 に示す。聖牛により全断面で高速域が内岸側よりに位置し、外岸側底面の流速は減速されて低速域となっている。聖牛を配置していない断面 $\theta = 37.5^\circ, 52.5^\circ$, 下流 45cm においても、聖牛の減速効果を保たれ、低速域が続いている。透過型水制とほぼ同様の分布であるが、聖牛の方が底面近くの減速効果が大きく、また主流域の加速が大きくなっている。

固定床実験から河床変動を予測する手法として図-7 に示す底面せん断応力コンターを用いる³⁾ ことができる。何も設置しない場合に洗掘発生が予想される湾曲部外岸側では、底面せん断応力の小さな値が分布しており、洗掘は発生しないと考えられる。しかし、内岸側では大きな値が分布しており、洗掘が発生すると予想される。湾曲入口から水路中央方向にかけて、聖牛と主流域との境界 $y/B = 0.7$ に沿うように洗掘が生じ、湾曲後方の内岸側で堆積が発生すると予想される。聖牛の方が透過型水制よりも外岸側の底面せん断力が小さいが、その他の分布特性はほぼ同様であるといえる。

4. おわりに

聖牛を形成する木棒と蛇籠が流れに抵抗することで、後方は大きく減速されることがわかった。聖牛を湾曲部外岸側に配置すると、主流速を減速する効果はあるが、2 次流は維持される。湾曲水路に聖牛を配置した場合の流れ構造の変化は透過型水制とほぼ類似した。

【参考文献】

- 1) 富野章, 日本の伝統的河川工法 [I], 信山社サイテック
- 2) 富野章, 日本の伝統的河川工法 [II], 信山社サイテック
- 3) 富永晃宏, 長尾正志, 千葉茂樹: 幅水深比の

小さな長方形断面開水路の湾曲部流れ構造に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.607/II-45, pp.19-28, 1998. 4) 富永晃宏, 内藤健, 青木健太郎, 中居毅: 水没型円柱を有する開水路湾曲部の流れと河床変動, 第 57 回年次学術講演会講演概要集, II-223, pp.445-446, 2002.

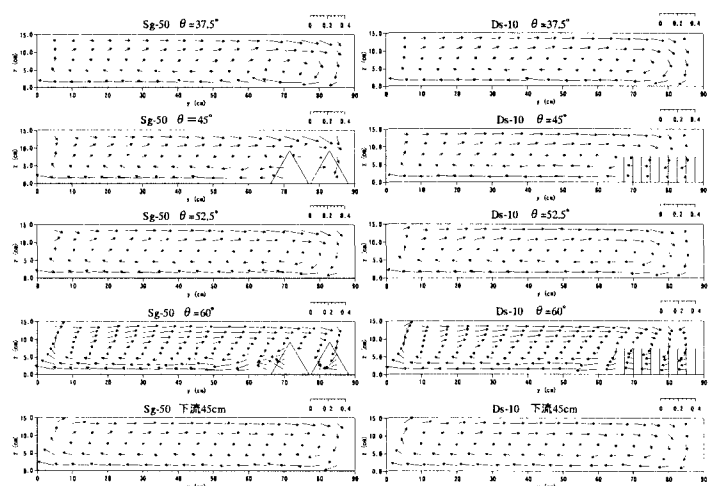


図-5 2 次流ベクトル (左: 聖牛 右: 水制)

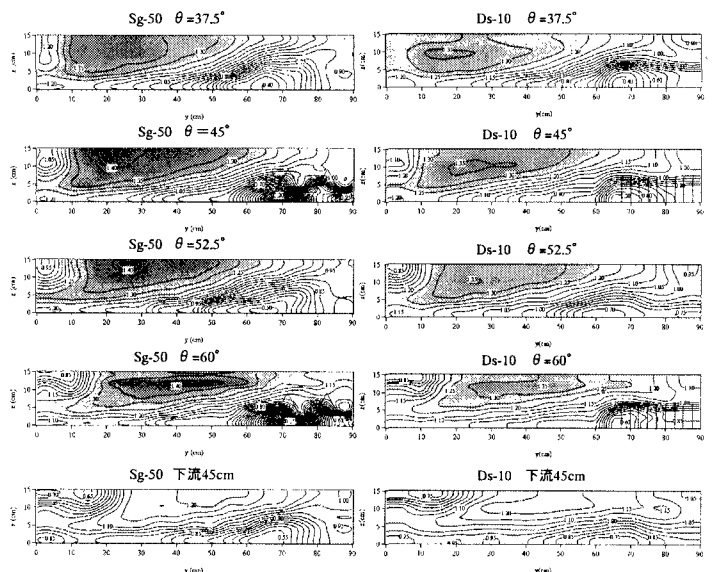


図-6 主流速コンター (左: 聖牛 右: 水制)

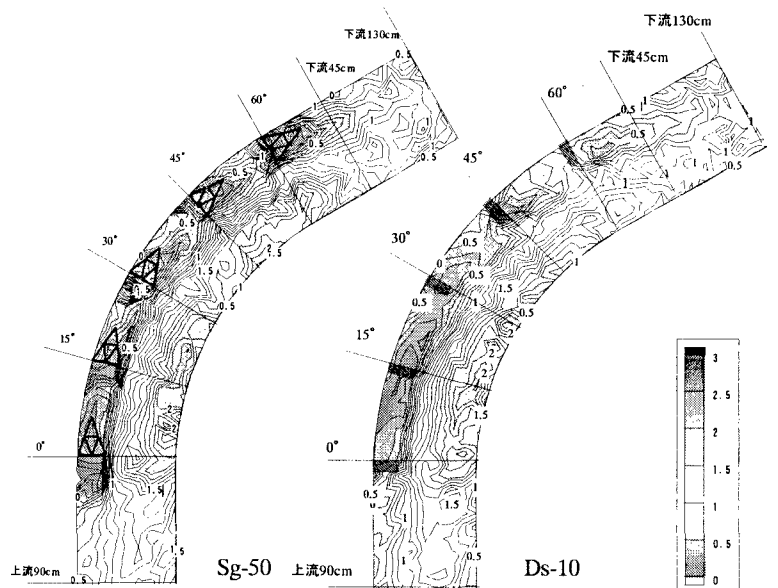


図-7 底面せん断応力コンター (左: 聖牛 右: 水制)