伝統的河川工法「聖牛」の水理的効果について

名古屋工業大学大学院　学生会員○松本　大三
清水建設　正会員　内藤　健
名工建設　宮島　健
名古屋工業大学　正会員　冨永　晃宏

１．はじめに　伝統的河川工法である聖牛は施工が容易で河岸・河床の侵食防止機能を有し，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といったことから，近年施工例が増えてきている．聖牛を設置した流れの実験的研究は行われているが [1)]，聖牛独自の水理機能に着目した研究はあまりなされていない．そこで本研究では聖牛の水理的な効果について模型実験によって検討しようと試みた. 聖牛の水理機能として水はね効果, 背後の減速効果, 河岸侵食防止効果に重点を置き，配置方法，設置間隔を変化させ，異なる勾配条件のもとで実験を行い，聖牛周辺の流れと河床変動について検討した．

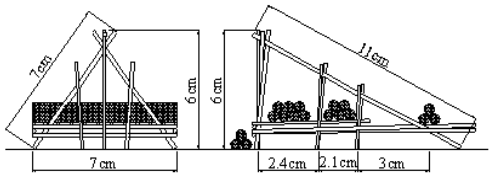


図-1　聖牛概略図

２．実験方法および実験条件

実験水路は水路幅 B=59.3cm, 深さ 30cm, 長さ 13m の勾配可変型長方形断面開水路である．実験に用いた聖牛モデルは 1/80 縮尺の大聖牛で 2mm と 3mm のラミン丸棒を構造とし，蛇籠の代わりに同径の鉄丸棒を使用した．概略図を**図-1** に示す．水路勾配は 1/1000,1/500,1/300 とした．聖牛群配置は 1 群配置および 4 群配置とし，群間隔は大井川の施工されていた 6 倍を基準長さとし，4 倍，6 倍，8 倍に設定した．1 群あたりの聖牛数は前列 2 基後列 1 基の計 3 基および前列 2 基とした．比較のため円柱粗度の実験も行った．実験条件は**表-1** に示す．U_*/U_{*C} は x=-90cm の平均摩擦速度U_*を限界摩擦速度U_{*C}で除した値である．流速計測には 2 成分電磁流速計を用い主流速成分(u)と横断流速成分(v)を計測した．

表-1　実験条件表

CASE	配置粗度	水路勾配 s	粗度群数 g	1群あたりの粗度個数 m	粗度長さと間隔の比 X/l	流量 Q (l/s)	平均流速 U_m (m/s)	水深 h (m)	*Froude* 数 Fr	*Reynolds* 数 Re (x10^4)	U_*/U_{*C}
G-3	大聖牛	1/1000	1	3	—	15.0	0.394	0.0633	0.500	2.19	1.19
G-2	大聖牛	1/1000	1	2	—	15.0	0.396	0.0621	0.508	2.13	1.18
G6-3	大聖牛	1/1000	4	3	6	15.0	0.385	0.0657	0.480	2.17	1.21
G6-2	大聖牛	1/1000	4	2	6	15.0	0.386	0.0655	0.482	2.15	1.21
G4-3	大聖牛	1/1000	4	3	4	15.0	0.384	0.0658	0.479	2.09	1.21
G8-3	大聖牛	1/1000	4	3	8	15.0	0.378	0.0670	0.466	2.07	1.22
E6-3	大聖牛	1/300	4	3	6	19.5	0.504	0.0653	0.630	2.63	2.20
D6-3 c	円柱粗度	1/1000	4	30	6	15.0	—	—	—	—	—

３．聖牛群配置と流れ構造　聖牛は実河川では 1 基だけでなく 3 基または 5 基を 1 群として用いられている．本実験では前列 2 基後列 1 基の計 3 基配置のケース G-3 と前列 2 基配置のケース G-2 の水はね効果，減速効果について比較した．**図-2** にケース G-3, G-2 の z=1.5，5cm の(U,V)流速ベクトルを示す．両ケースとも聖牛群頭部で対岸に向かう水はねが発生している．聖牛群背後においてはケース G-3，z=1.5cm では聖牛群中心軸 y=7.5cm の流速が最も減速され，横断方向に窪んだ後流状の流速分布を示し，主流境界と水路側壁近くから中心軸に向かう流れが発生している．

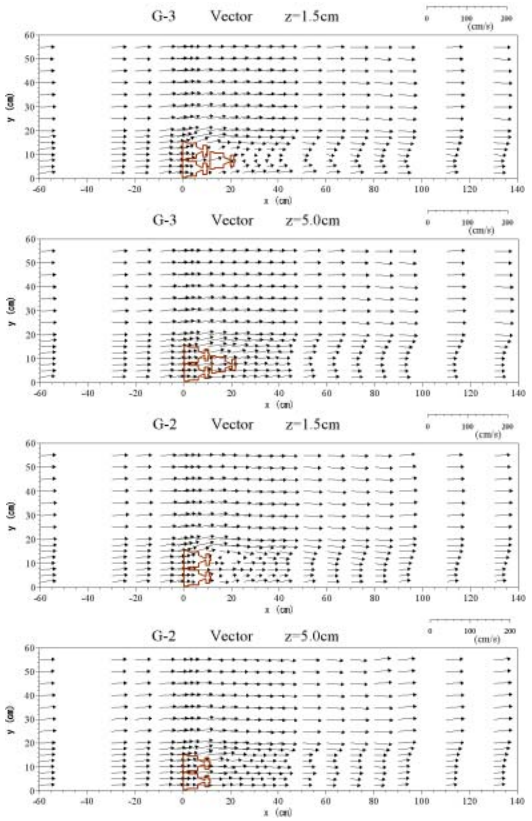
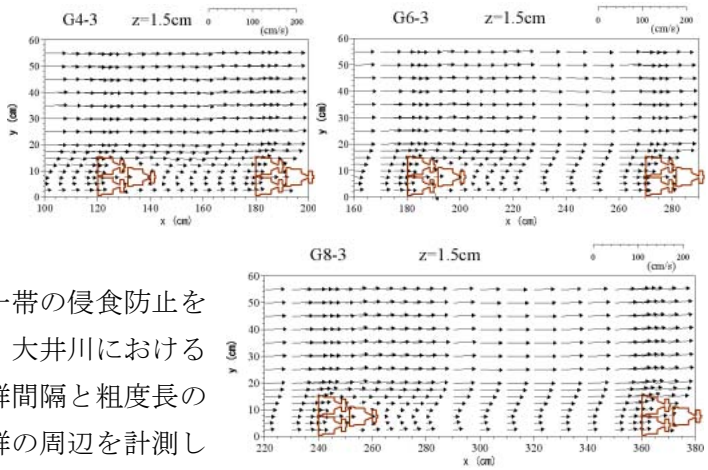


図-2　流速ベクトル（**単独設置**）

キーワード　聖牛，水制，流れ構造，河床変動
連絡先　〒466-8555　名古屋市昭和区御器所町　名古屋工業大学工学部社会開発工学科　TEL 052-735-5490

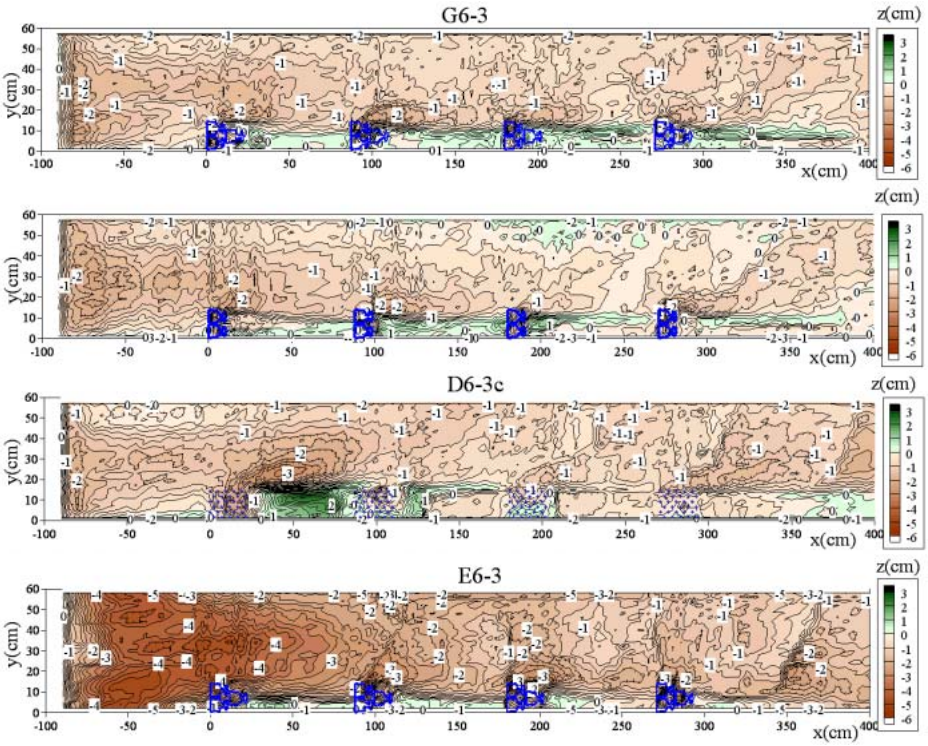
このような底面近傍の流れの中心軸への収束が中心軸上での上昇流を誘起し，2 次流を発生させている可能性がある．このため，z=5cm でも流下する過程で減速される傾向を示す．一方，ケース G-2 では聖牛群中心軸の y=7.5cm の流速が減少せず，結果として聖牛背後の減速が小さく z=5cm の聖牛群後方流速の回復が G-3 より速くなる．聖牛群は一般に河岸一帯の侵食防止を目的として複数群を設置して使用されることが多い．大井川における施工例では聖牛長の 6 倍の間隔であったことから，群間隔と粗度長の比 X/l を 4，6，8 と設定し，第 3 聖牛群と第 4 聖牛群の周辺を計測した．**図−3** にケース G4-3，G6-3，G8-3 の z=1.5cm の(U,V)ベクトルを示す．全てのケースにおいて聖牛群間領域で減速されているが，間隔が広がるにつれて主流側は高速流の進入が大きくなる傾向にある．8 倍のケースでも減速効果が確認できるが，聖牛前縁の水はねがやや大きくなる．



図−3　流速ベクトル（群設置）

４．聖牛群配置と河床変動　　**図−4** にケース G6-3, G6-2, 円柱粗度のケース D6-3c および急勾配のケース E6-3 の河床コンターを示す．全体の河床は上流からの給砂がなく河床が低下している．聖牛群領域の主流側まで河床低下が及んでいるが，側壁側の河床は低下せず保護されていることがわかる．また，聖牛群直後と聖牛群間の主流域との境界に沿う堆積が認められる．これは聖牛群後方に回り込む流れが掃流砂を含み，境界付近で減速されて堆積したと考えられる．3 基配置では最後尾の聖牛以降も河床低下が防止されているが，2 基配置では 3 群目から 4 群目後方の側壁側で侵食が見られる．これを杭水制に見立てた円柱粗度群と比較すると，円柱群内の侵食が大きく，1 群目後方では堆積が見られるが，2 群目以降では円柱群領域においても洗掘が発生している．したがって杭水制は聖牛群とは異なる河床形態を示すと考えられる．聖牛では底部に浸透性の低い蛇籠を有することが洗掘防止に効いているものと思われる．勾配が 1/300 のケース E6-3 では全体の河床低下が著しくなり，洗掘がかなり聖牛群領域内に進入しているが，側壁近くでは洗掘は発生していない．これは急流部における複数配置の効果を示している．ただし，主流側がかなり洗掘され，聖牛自体が主流側に沈み込むように傾く．大井川における聖牛においてもこれと同様の形態が多く見られており，実現象をよく再現したものと考えられる．

５．おわりに　　聖牛群を設置した開水路流れの流れと河床変動を計測し，杭水制とは異なる河岸の洗掘防止効果が明らかとなった．また，聖牛を 3 基配置する有効性が示され，聖牛群横断長さの 6 倍という設置間隔の妥当性も確認された．さらに急勾配河川においても聖牛群を複数配置することで河岸侵食を防止できることが示された．



図−4　河床コンター

<参考文献>
Morota, K, Tsuchiya, M: Study on the effect of Placement of Seigyu groins at confluence and curve, Proc. of IAHR Congress, vol.C-II, 55-62, 2003.