

洪水時における伝統水制工周辺の流れ構造に関する研究 Flood Flow Structure around Traditional Spur Dykes

○張 浩・植原捺月・竹林洋史・竹門康弘・石田裕子

○Hao ZHANG, Natsuki UEHARA, Hiroshi TAKEBAYASHI, Yasuhiro TAKEMON, Yuko ISHIDA

Traditional spur dykes made of natural materials such as rocks, woods and bamboos have been widely implemented in alluvial rivers for water and flood management since ancient times. They provide certain controls of river flows and sediment transport with relatively low costs by taking full uses of local resources and natural energies. Traditional spur dykes are environmentally friendly and are developed with long histories and experiences. There is a high potential for their further applications in sustainable river management after revitalization. In this study, the local flow structures around typical traditional spur dykes under flood scenarios have been investigated experimentally, including a masonry spur dyke, a gabion spur dyke, a pile-group dyke, a Bandal-like spur dyke and a crib spur dyke (Seigyu). Based on the research results, both the mean flows and the turbulences are characterized, and their implications on the transport of sediment and nutrients are clarified.

1. はじめに

河川と共生する長い歴史の中で、人類が地域に根ざした特有の知識と技術に基づき、様々な伝統的河川工法を生み出してきた。伝統的河川工法は木、竹、石等の自然材料を最大限に生かし、地元住民による制作・維持管理が可能であるため、ローコスト・環境にやさしい工法としてよく知られている。加えて、数多くの河川でその実用性が確認されている。一方、経験や地域に依存する部分が多く、河川整備においては、試験施工の位置づけの域を出ていない。特に、洪水時における伝統工法の有用性がボトルネックと指摘され、科学的な知見に基づいた適切な機能評価が求められる。

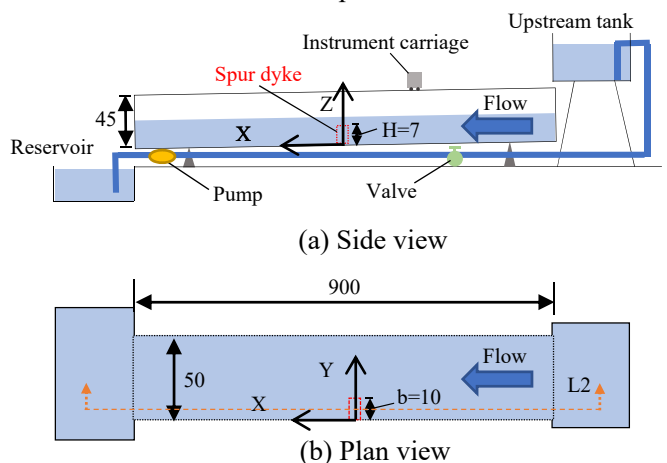
代表的な河川工法である水制は、河岸から河道の中心に張り出し、水はね、流速低減、土砂堆積促進などの機能があり、古くから世界的に用いられた。伝統的水制工は、経験的に把握された洪水流と土砂移動特性を踏まえて、小規模なもので大きなスケールの治水効果を発揮できる治水工法である。本研究では、様々な伝統的水制工周辺の流れの構造に着目し、伝統工法の水理特性と機能を実験結果に基づいて考察する。

2. 実験の概要

本研究は京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーに設置された長さ 9.0m、幅 50cm、深さ 45cm の直線矩形水路を用いた(写真 1 と図 1)。

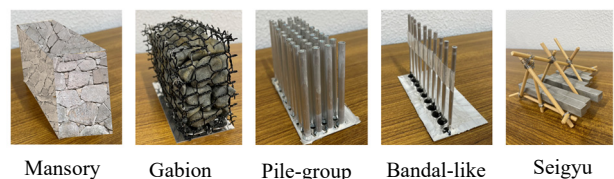


Photo 1 Experimental flume



(Unit: cm)

Figure 1 Experimental setup



Masonry Gabion Pile-group Bandal-like Seigyu

Photo 2 Spur dyke models

各実験ケースにおいては、水路勾配を 1/1000 に設定し、水路左岸側に伝統的水制工模型 1 基を設置した。石積み水制、石かご水制、杭出し水制、バンダル型水制と聖牛型水制の 5 種類の水制工について実験を行った (写真 2)。石積み水制、石かご水制と杭出し水制は世界の多くの地域で用いられてきた水制である一方、バンダル型水制はインド・バングラデシュを中心に設置されてきた水制である¹⁾。上部は竹や木を編んで作った水を通さないシートからなり、下部は竹や木を杭として河床に埋め込んだ透過構造となる。バンダル型水制は主に乾季の舟運改善を目的として用いられてきたが、近年、その河岸浸食防止や堆積促進効果も注目されるようになった。また、聖牛型水制は、丸太を三角錐や四角錐の形に組み上げ、足の部分に錘となる蛇籠を置き、川底へ設置する日本古来の工法である²⁾。聖牛型水制は河川の地形変動に順応し、数多くの急流河川でその有効性が確認された。

本実験は洪水流を想定し、水没した水制工周辺の 3 次元流速分布と水面形状を中心に、電磁流速計とポイントゲージを用いた詳細な計測を行った。実験の水理条件を表 1 に示す。

Table 1 Hydraulic conditions

流量 Q (l/s)	15.9	水路勾配 I	1/1000
等流水深 h (cm)	10.2	平均流速 U_0 (cm/s)	31.5
レイノルズ数 Re	31,800	フルード数 Fr	0.31

3. 結果と考察

本研究では、計測データに基づき、代表的な横断面と縦断面における流れ特性に関する解析とケース間の比較を行った。特に、実験結果から各ケースにおける平均流速、乱れ強度及びレイノルズ応力の分布を算出し、異なる伝統水制工の水理特性を明らかにした。

図 2 では一例として、代表的縦断面 (L2) における平均流速ベクトル ($U/U_0, W/U_0$) 及び主流速 (U/U_0) コンターを示す。なお、 U_0 は断面平均流速、 U は縦断方向流速、 W は鉛直方向流速である。横軸と縦軸は、水制長さ b と等流水深 h にてそれぞれ無次元化したものである。全てのケースにおいて、水制直上流と直下流における主流速の低減と越流部における主流速の増加が確認された。一方、石積み水制、石かご水制と杭出し水制の実験結果から、水制構造物透過率の増加に伴い、背後渦が

弱くなることが確認された。また、バンダル型水制と聖牛型水制では、不透過なシート部や牛枠の影響により複雑な流れ場が形成された。

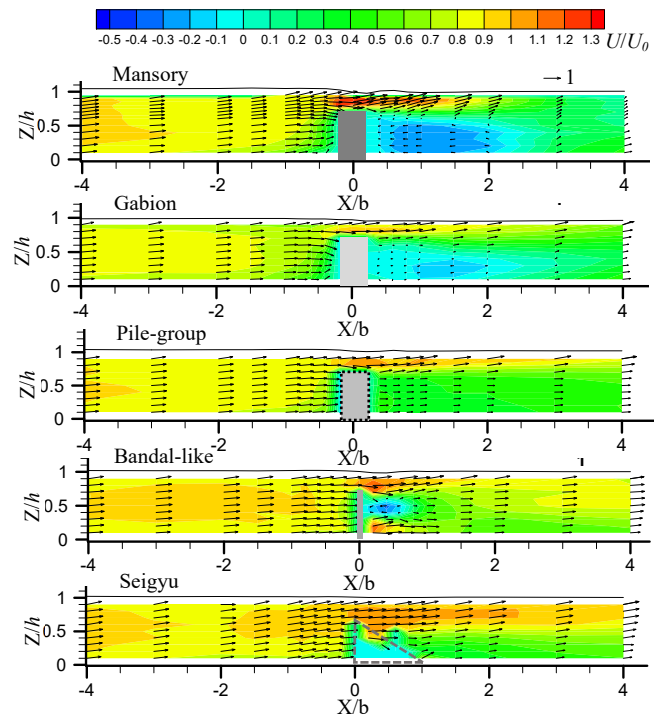


Figure 2 Dimensionless flow velocity along typical longitudinal cross-sections (L2 shown in Fig. 1)

4. おわりに

本研究は、洪水時における代表的な伝統水制工周辺の 3 次元流れ構造を実験的に検討した。実験結果から、代表的な伝統水制工周辺の流れ場における共通点と構造物ごとの特徴が明らかとなった。伝統水制工の機能評価に向けて、流れが流砂・河床変動に与える影響やそれらの相互作用について研究を進める予定である。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 (19KK0118) および京都大学防災研究所一般共同研究 (2022-G05) の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) Zhang, H., Nakagawa, H., Baba, Y., Kawaike, K., Rahman, M. M. and Uddin, M. N.: Hydraulic and morphological consequences of bank protection measures along the Jamuna River, Bangladesh, *Annals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*, No.54B, pp. 477-496, 2011
- 2) 田住真史・角哲也・竹門康弘：伝統的河川工法「聖牛」に関する知見の整理と木津川における試験施工, *京都大学防災研究所年報*, 第 61 号 B, pp.748-755, 2018