

市川における斜め堰と水制工による 治水効果を踏まえた河道改修について

高橋 伸明¹

¹兵庫県 姫路土木事務所 河川砂防課 (〒670-0947 兵庫県姫路市北条 1-98)

市川には江戸時代から明治時代にかけて作られた斜め堰や水制工などの特徴的な施設があり、これらの治水、利水機能について、流況の再現精度の高い3次元流体モデルを用いて検証を行った。その結果、斜め堰には平常時の取水効果に加え、洪水時の水位低減効果があり、また水制工については護岸近傍で流速低減効果が顕著に表れ、その周辺では深みができるなど魚類の生息場所の形成にも有効であることが確認できた。大昔に設置されたこれらの構造物を最新の解析技術で検証した結果、治水・利水に加え環境面でも効果があることが確認されたことから、河道改修においてこれらの機能を十分に考慮した計画を策定することとした。

キーワード 斜め堰、水制工、治水・利水

1. はじめに

(二)市川については平成22年3月に河川整備計画が策定され順次整備を行っており、現事業箇所である「砥堀工区」については平成28年度に具体的な改修計画の策定に着手したところである。当工区については、江戸時代より姫路城を中心とする城下の安全と発展を支えた水制工や斜め堰など治水・利水の技術が現代に引き継がれていることから、これらを適正に評価し、改修計画

へ適切に反映させるため、学識経験者、水利関係者等からなる検討委員会を組織し改修計画を策定することとした。

本稿では、ドローン等を用いたレーザ測量による3次元測量データと、3次元流体モデルを用いた水理解析を行った結果、明らかとなった斜め堰や水制工など特徴的な施設が有する治水・利水等の機能について述べるとともに、河道改修計画に引き継ぐべき事項について提案する。

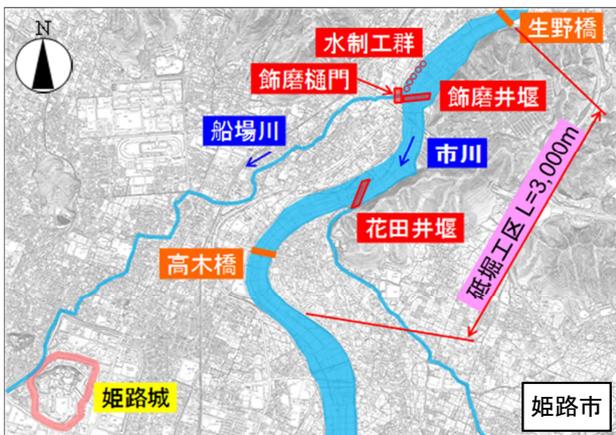


図-1 市川砥堀工区位置図

2. 斜め堰の機能評価

(1) 3次元流体モデルの採用

従来、流下能力の検討を行う際には、斜め堰の場合は堰を流向に対して直角方向に投影した断面形状で評価を行ってきた。しかし、実際は斜め堰と直交堰では流向、流速、水位など異なる水理特性を有していることが考えられ、従来の検討手法では斜め堰が流下能力へ与える影響を適切に評価できない可能性がある。そこで、斜め

堰周辺の複雑な流れに対しても高い再現性を持つ3次元流体モデルを用いて、砥堀工区にある花田井堰と飾磨井堰の2つの斜め堰について水理解析を行うこととした。

(2) 3次元流体モデルの妥当性の確認

水理解析に用いる3次元流体モデルの妥当性の確認については、近年の大きな洪水被害が発生した平成 23 年台風第 12 号の出水時(ピーク流量 2,795 m³/s)の洪水痕跡水位を再現することにより検証を行った。その結果、各地点で観測された洪水痕跡水位を概ね再現することができたことから、3次元流体モデルの妥当性が確認された。

(3) 水位上昇量低減効果

a) 花田井堰

花田井堰について、3次元流体モデルを用いて河川整備計画の目標流量である2,400 m³/sを流下させた場合、現状の斜め堰(図-2)と、直交堰と仮定した場合(図-3)の堰上流断面の水位上昇量を比較すると、斜め堰の方が横断方向の A-A' 断面で平均 11cm 程度低いことが確認できた(図-4)。また、斜め堰の場合、水位の面的な分布を比較すると斜め堰の効果により左岸の限られた範囲で水位が上昇しており、流向については堰上で堰軸の直角方向に変化していることが確認できた。

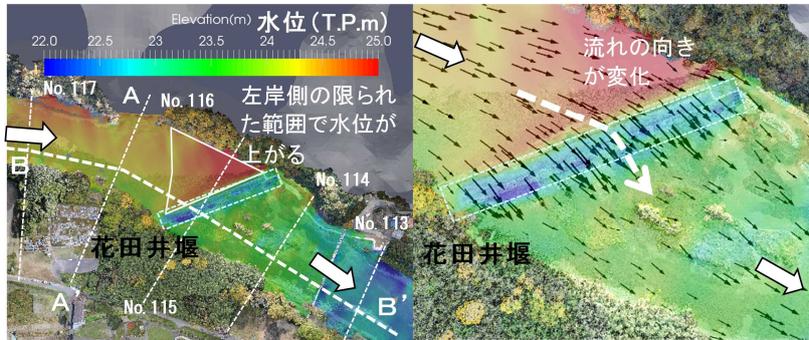


図-2 花田井堰での流況(斜め堰:現況)

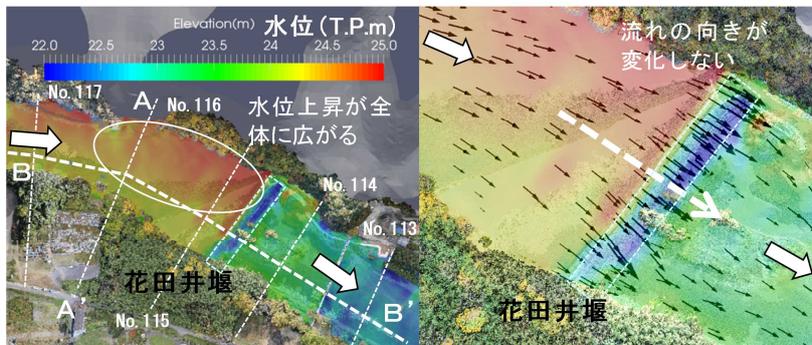


図-3 花田井堰での流況(直交堰:仮定)

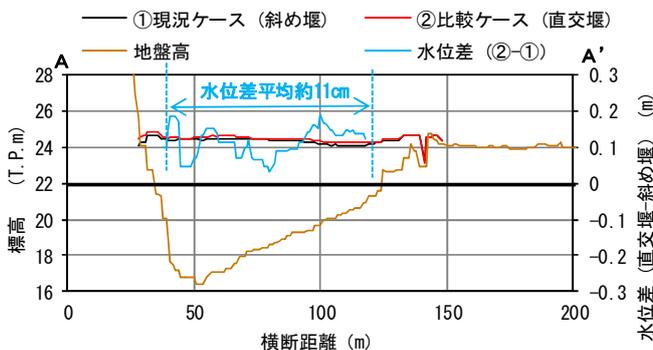


図-4 花田井堰上流の水位差(横断面図)

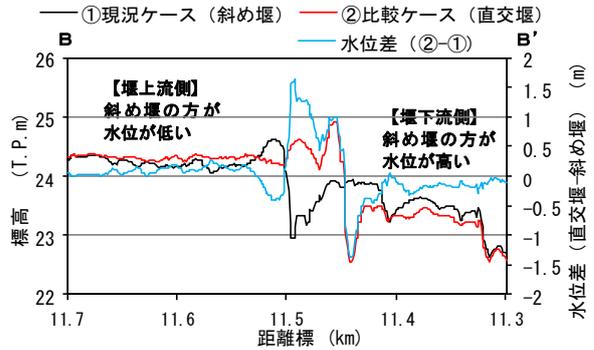


図-5 花田井堰上流の水位差(縦断面図)

b) 飾磨井堰

飾磨井堰については、花田井堰と同様の条件で水位上昇量の比較を行ったが、直交堰の場合と比べ、その差はほとんど認められなかった。

c) 水位上昇量の低減要因

図-2でもわかるように、斜め堰の場合においても洪水時の流向は堰軸に対して直交するため、斜め堰では直交堰に比べ流向に対する横断方向の単位幅流量が小さくなり、その結果、堰上げ量が小さくなっている。従って、流向に対する斜め堰の角度が水位の上昇量に影響しており、花田井堰は流向に対して 60° の角度がついているため水位の低減効果は 11cm であるが、飾磨井堰は流向に対し 70° と花田井堰より直角に近く、直交堰とした場合の堰幅と大きな差がないため、水位低減効果は現れにくくなっているということが推察される。

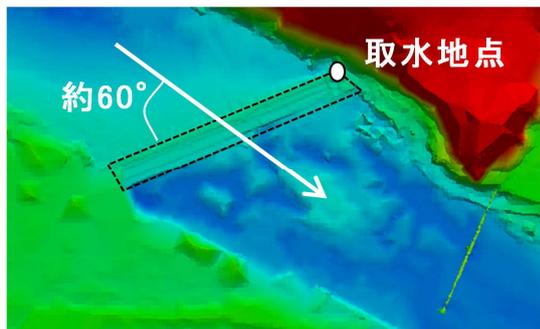


図-6 花田井堰の流向との角度

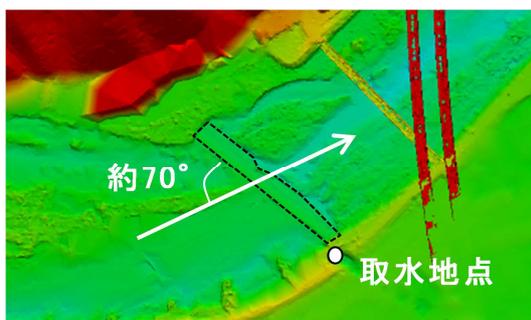


図-7 飾磨井堰の流向との角度

(3) 取水効果

花田井堰、飾磨井堰は主にかんがい用水を取水するための堰であり、河川改修後も現状と同等の取水量が必要である。そこで現況の斜め堰による取水効果を明らかにするため、堰の軸方向と水路の形状を組み合わせた3ケース(図-8)で水理解析を行い、各ケースでの取水量を比較した。解析にあたっては、砥堀工区の河道特性を参考に川幅 100m、河床勾配 1/400 のモデル水路とし、対象流量は市川の平水流量である 10 m³/s とした。

各ケースでの取水量を比較したところ、現状の花田井堰や飾磨井堰の状況に最も近い蛇行水路で斜め堰を設置した①の場合が他のケースと比較して 15%程度取水量が大きくなり、河道形状と斜め堰の組み合わせによる取水効果が現れた結果であると考えられる。

3. 水制工の機能評価

(1) 水制工について

市川の流れは姫路市街に入ってから右岸堤防によって東側に向きを変えている。この右岸堤防は 1749 年に破堤し姫路城下で過去最大の洪水被害が発生しており、姫路城下を洪水から守る重要な堤防である。水制工はこの右岸堤防の前面に低く突き出すような形状で設置され、構造は石積みで長さの異なる5本の水制工群として機能しており、その効果を検証した。

(2) 流速低減・流向制御効果

3次元流体モデルを用いて、水制工群がある場合とない場合について、河川整備計画の目標流量である 2,400 m³/s を流下させたときの水制工群の流速低減効果及び流向制御効果を確認した。その結果、水制工群

	①蛇行水路—斜め堰	②蛇行水路—直交堰	③直線水路—斜め堰
水路と堰の平面形状			
取水量	2.33m ³ /s	2.02m ³ /s	2.01m ³ /s

図-8 水路と堰の平面形状による取水量の比較

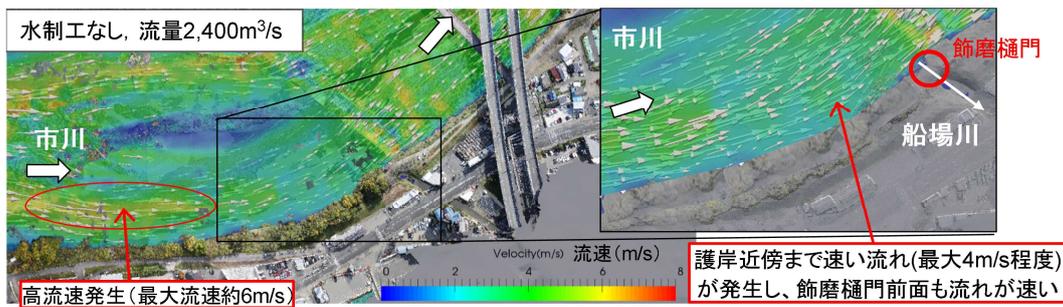


図-9 水制工がない場合の流況

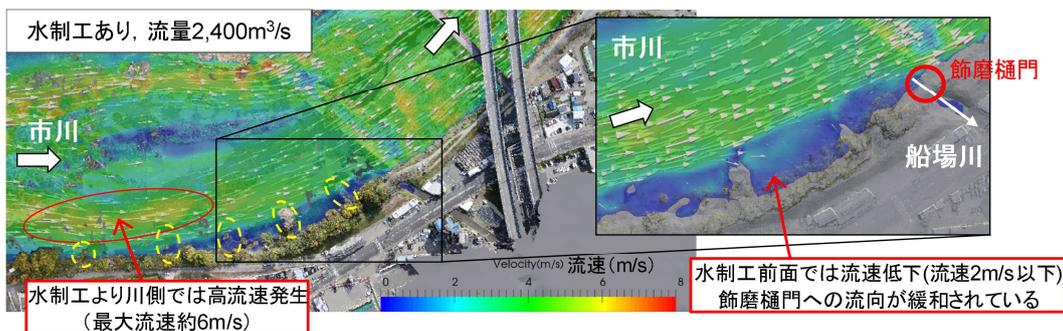


図-10 水制工がある場合の流況(現況)

がない場合、堤防のすぐ前面で最大 6m/s 程度の流速が発生しており、堤防に大きな負荷がかかっている(図-9)。しかし水制工群がある場合では水制工の先端部で最大 6m/s 程度の流速が発生しているが、堤防に近い水制工の根元での流速は 2m/s 以下となっており、水制工群による流速低減効果が確認された(図-10)。また、流向についても、過去に決壊し姫路市街に甚大な被害を及ぼした飾磨樋門に直接影響を及ぼすような流向は発生せず、堤防や飾磨樋門から遠ざける効果があることも確認された(図-10)。以上のように、水制工群が堤防を洪水流による河岸浸食から防護していることが確認された。

(3) 魚類等の生息場所形成効果

水制工群の周辺について今回行った3次元測量データの結果を図化(図-11)すると、水制工群周辺では水深が局所的に深くなっていることがわかった。この「深み」は夏場でも水温が低く、ウナギやナマズ、オオサンショウウオなどの様々な水生生物が生息するための貴重な場所となっており、水制工はこの「深み」の形成にも有効であることが確認できた。

4. まとめ

(1) 斜め堰の効果

洪水時における井堰での水位上昇量は直交堰よりも斜め堰の方が小さく、斜め堰は洪水時に水位低減させる特徴を有しており、また、直交堰よりも斜め堰の方が取水量を確保しやすいことから、湾曲区間の外岸側下流方向に対して斜めに設置された花田井堰については、直交堰よりも治水・利水の両面において有利であることが確認された。

しかし、河川管理施設等構造令では、堰は流心方向に直角に設置することを基本としており、花田井堰の事

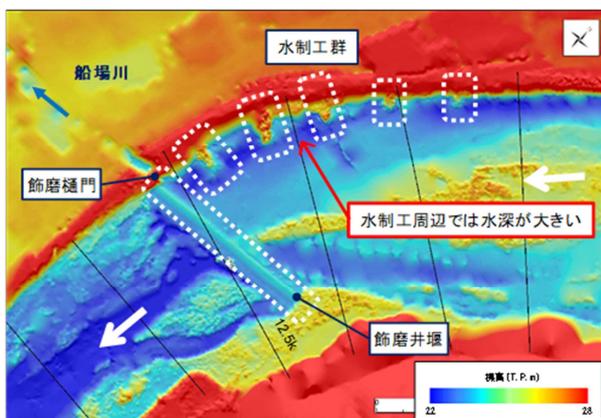


図-11 水制工周辺の「深み」

例は全ての斜め堰において治水効果があるということを証明しているわけではなく、あくまでも地形や構造物の形状など、ある一定の条件の下で結果的に治水効果が発揮されたものである。一方、飾磨井堰は流向に対する角度が直角に近いため、斜め堰特有の効果は認められなかった。

(2) 水制工群の効果

水制工には流速低減効果があり、姫路城下を守る右岸堤防及び飾磨樋門の防御には水制工群が有効に機能しており、局所的な深みと石積みの隙間は様々な水生生物の生息場所となることから、水制工群は治水・環境面で効果があることが確認された。

5. おわりに

市川の砥堀工区に現存する斜め堰や水制工などの特徴的な施設は、先人達の知恵に基づき設置されたものであるが、最新の水理解析技術を用いて検証した結果、それが非常に優れた技術であり、治水、利水そして環境面でも有効であることが確認された。これらの結果を踏まえ、砥堀工区の河川改修においてはこれらの伝統的技術と最新技術をバランスよく融合させた計画を策定し、後世に長く引き継いでいける河川整備を行いたい。また今回の事例から、他の河川でも一様な改修計画とはせず、その河川にある特徴を活かした改修計画を立案するきっかけになれば幸いである。

謝辞: 市川砥堀工区河道計画策定にあたり、検討委員会で熱心な議論をいただいた委員の皆様及び運営に協力いただいた設計コンサルタントの皆様にご感謝の意を表します。