

部分可動堰の馬場楠堰への適用による
治水安全度向上に関する研究

熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター

大本 照憲

部分可動堰の馬場楠堰への適用による治水安全度向上に関する研究

熊本大学・特任教授 大本 照憲

1. はじめに

ダムや堰などの河川横断構造物は川が本来有する連続性を遮断，物理・生物環境の多様性を消失，さらに自然攪乱を抑制する傾向を持つ．更に，洪水時には堰上流側の水位を高めて治水安全度が低下，堰上流側に土砂を堆積させて本来の目的である利水機能が低下，土砂の移動を遮断するために，下流域では河床低下や河床材料の粗粒化が生じ，固定堰本体を保護する床止め工や本体の損傷・劣化，更には堰近傍の護岸損傷を引き起こしている¹⁾．本研究が対象とする馬場楠堰²⁾は（図-1 参照），加藤清正の命により 1608 年頃に白川中流域に取水堰として築造され，その下流には灌漑用水路である農業土木遺産の鼻グリ井手がある．昭和 28 年の災害復旧で当初の湾曲部斜め堰を直角堰に改築され現在に至っているが，治水上の弱点となっている．本研究では河道湾曲部の特性に着目した堰開口部の位置および大きさが水位，流況，土砂動態に与える影響について検討した．

2. 実験装置および方法

本実験で使用した模型水路は縮尺 1/100 の無歪みであり図-2 に示す．検討対象の馬場楠堰は，既存の全面固定堰および河道中央部に位置する開口幅 30m，開口幅 40m，開口幅 60m および開口部 60m の内，右岸側 30m を閉じた左岸寄開口幅 30m の 5 種の境界条件（表-1）とした．なお，開口部の深さは 3m で共通としている．模型の対象域は，白川河口より上流の 32km/500～33km/150 区間の計画河道である．計画河道の河床は，馬場楠堰上流に堆積した土砂を計画河床まで切り下げている．計画河床のマニング粗度係数は 0.034 であり，これに対応する模型縮尺 1/100 の河床粗度は，0.016 となることから，模型水路に上記の粗度係数を実現させるために砂粒を張り付けて検証実験を行った．

熊本県所管の小碓橋（白川河口より距離標 17k/300）より上流域では整備計画流量が 1,500m³/s であり，その後の整備計画として流下能力 2,000 m³/s が計画されている．本研究では，上記 2 種類の流量を検討対象とした．流速には非接触型の代表的な計測法である粒子画像流速測定法（PIV : Particle Image Velocimetry）と接触型の点計測である I 形センサーを有する電磁流速計を用いて計測を行った．PIV 法では模型スケールにおける画像の 1pixel の最小サイズは，2.08 mm である．流速のサンプリング周波数は 30Hz，1 計測面での画像データは 200 枚，計測時間は，10sec であった．なお，トレーサーとして粒径 100 μ m，比重 1.02 のナイロン粒子を使用した．

なお，座標系は熊本県が設定した距離標に従い流下方向に x 軸，横断方向に y 軸，

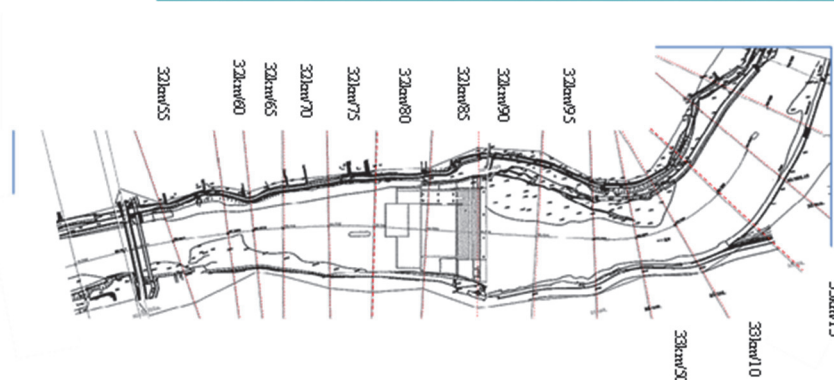
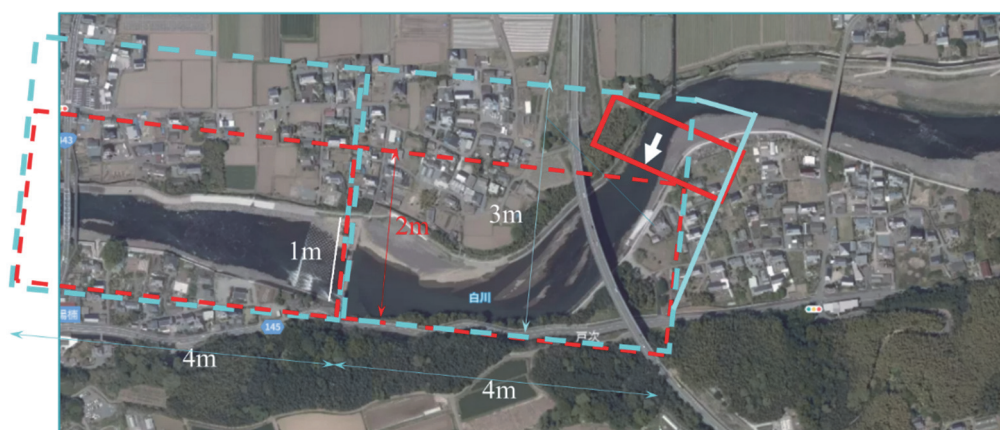


表-1 馬場楠堰の境界条

Case	摘要
1	全面固定堰
2	開口幅 30m
3	開口幅 40m
4	開口幅 60m
5	左岸寄開口幅 30m

図-2 水理模型水路の概要

鉛直方向に z 軸を設定，横断方向については右岸を原点としている．なお，堰地点においては z 軸方向に堰天端を原点とした．また，表面流速については，堰上流域および下流域に対して堰地点から流軸方向に上下流 100m 区間を計測対象とした．

3. 実験結果

3.1 堰開口部が水位に与える影響

図-3 は，計画河道において河口より 32.5km から 33.2km 区間における計画流量 1,500m³/s における水位縦断分布を示す．図より，堰上流の右岸に堆積した土砂を去除いた計画河道では計画流量 1,500m³/s において何れの地点においても実測水位は図中の破線で示された計画高水位 (H. W. L.) を下回っていることが認められる．開口幅の大きさが水位に与える影響については，堰上流域において Case1 (全面固定堰) との比較から全般的には Case4 (開口幅 60m) で最も水位の低下が見られ，続いて Case5 (左岸寄開口幅 30m), Case3 (開口幅 40m), Case2 (開口幅 30m) の順である．Case5 における最大の水位低下量は，河道中央部では 0.60m，右岸近傍で 0.53m，左岸近傍で 0.53m である．堰上流域では Case5 (左岸寄開口幅 30m) は，最大で河道中央部では 0.60m，右岸近傍で 0.83m，左岸近傍で 0.83m の低下を示し，Case4 (開口幅 60m) に近い水位の低下傾向が見られ，Case2 (開口幅 30m) および Case3 (開口幅 40m) との

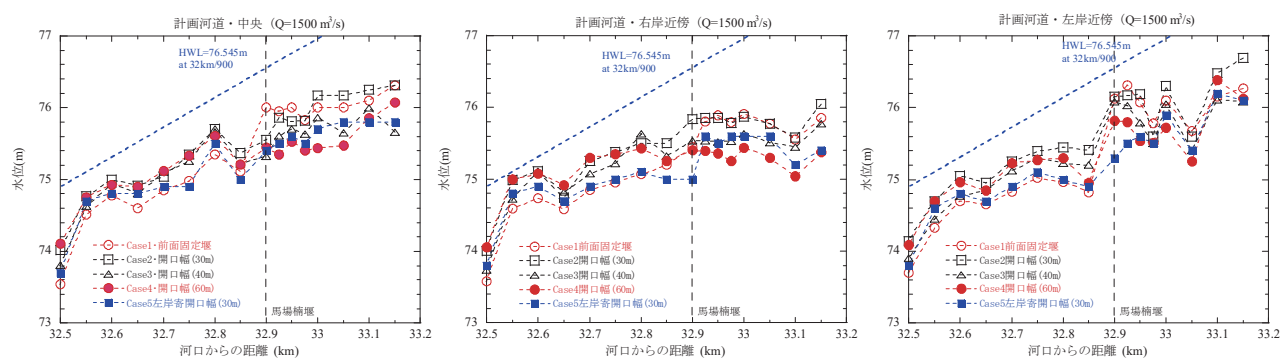


図-3 整備計画流量 1,500m³/s における水位の縦断方向変化

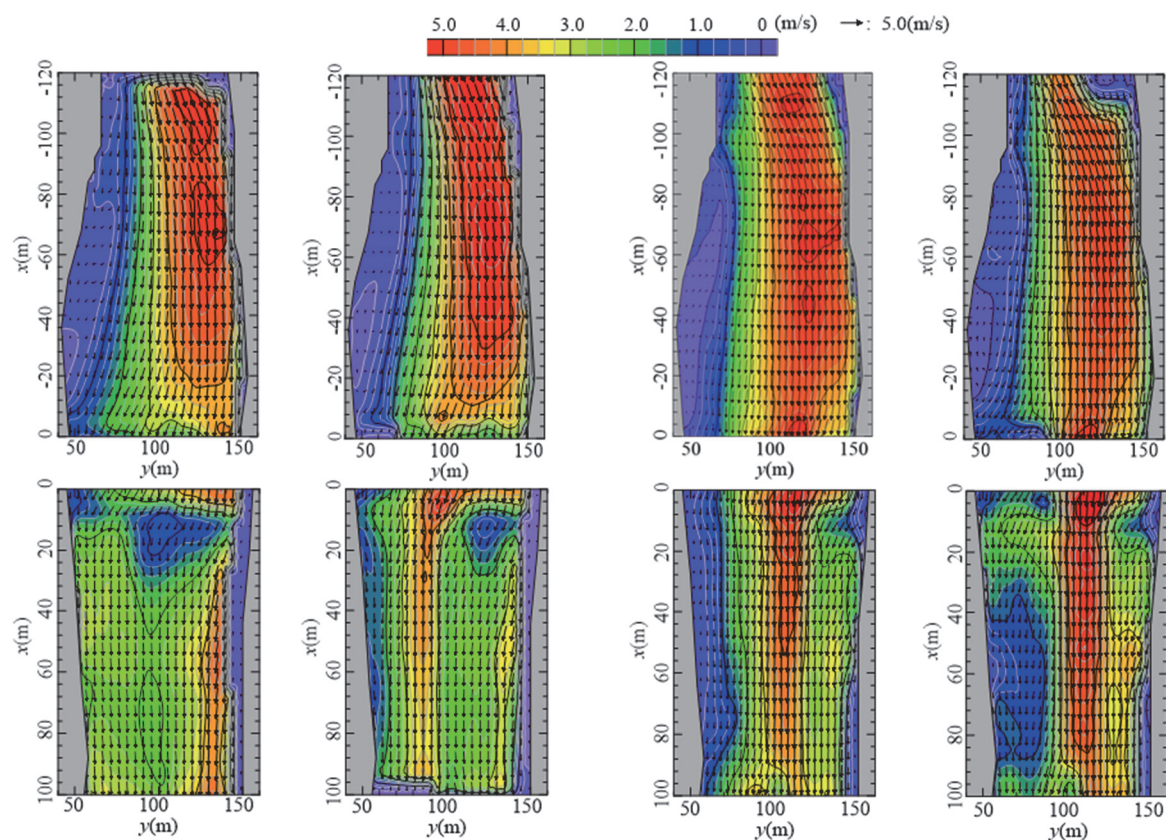


図-4 整備計画流量 1,500m³/s における表面流況

比較でも河道中央および左近傍では全般的に水位をより低下させていることが分かる。原因は、河道の湾曲により流れは左岸寄りに収束し河道中央に開口部を設けた開口幅 40m では右岸側よりの開口部は有効な水位低下に繋がっていないためである。

一方で、堰下流域では開口幅の大きさが水位の低下に繋がっておらず、全面固定堰の方がむしろ水位が低いことが認められる。この原因は、32km/600 から 32km/900 の区間では川幅が下流に向かって約 100m から 60m に漸縮していることから 32km/600 地点において流水断面積が絞られ、バックウォーター現象が水位を規定しているためであること、および全面固定堰では堰上流で水位を高めることから堰直下流における水

位差が大きくなることからエネルギー勾配を大きくした結果、高速域を形成し水位を下げたことが考えられる。開口部の存在は、堰上流の水位を下げエネルギー勾配を小さくしたことから、下流域では流速を落とし水位を上げ、水位の連続性を高めたことが認められる。なお、堰直下流における護床工上の流速低下は護床工下流の河床洗掘を弱める働きがあり、河道安定化に寄与している側面もある。

なお、馬場楠堰より下流 100m(32km/800)に位置する橋脚の影響を受けて河道中央部において局所的に水位が若干盛り上がっていることが分かる。

3.2 計画河道における表面流速

計画河道における開口部の境界条件である Case1（全面固定堰）、Case2（開口幅 30m）、Case4（開口幅 60m）および Case5（左岸寄開口幅 30m）の場合の粒子画像流速計測法 PIV から得られた整備計画流量 $1,500\text{m}^3/\text{s}$ における表面流の主流速 U のコンターを図-4 に示す。図中には矢印によって表面流速ベクトルを記した。図から堰上流域では、堰上流の約-80m~-120m の範囲では流速ベクトルは、外岸である左岸方向に向きを取り、堰近傍では Case1（全面固定堰）の場合には拡がり、開口部がある場合には Case2（開口幅 30m）では明瞭ではないが Case4（開口幅 60m）および Case5（左岸寄開口幅 30m）では開口部に向かう傾向がある。右岸近傍では、ベクトルが小さくわかり難くはあるが遡上する流れのあることが認められる。

全般的に高速域は左岸側に集中しており、堰直上流の 20m 以内では堰開口部近傍であることが分かる。一方で、河道中央部より右岸側では流速が極めて小さく河道湾曲部に伴う遠心力二次流により流速が抑制されていることが認められる。

堰下流域では、堰上流の左岸側に発達した高速域は開口部を有する境界条件では低下しており、Case1 の全面固定堰における左岸側の高速域は Case4（開口幅 60m）および Case5（左岸寄開口幅 30m）では消失し、河道中央部で高速化していることが認められる。河道の安定化および治水安全度を考える上で開口部の存在は有効に機能していることが認められる。

Case5（左岸寄開口幅 30m）における表面流速は、堰上流域では Case4（開口幅 60m）の場合に類似しており、右岸寄開口部 30m を遮蔽したことによる影響は顕著ではないことが分かる。

また、堰下流域流においても、河道中央より左岸側では両者の流速分布に酷似しているが、右岸側では Case5（左岸寄開口幅 30m）の方が相対的に可成り小さくなっていることが認められる。

4. まとめ

本研究では河道湾曲部の特性に着目した堰開口部の位置および大きさが水位、流況に与える影響について検討した。得られた結果を以下に記す。

- (1)整備計画流量 1,500m³/s において、開口幅の大きさが水位に与える影響は、堰上流域では全面固定堰との比較から開口幅 60m で最も水位の低下が見られ、河道中央部では 0.6m の低下があった。更に、堰上流域では左岸寄開口幅 30m は、開口幅 60m に近い水位の低下が観察され、河道中央に設けた開口幅 40m および 30m よりも水位を低下させた。主因は、河道の湾曲により流れは左岸寄りの滞筋部に集中したためである。
- (2)PIV 法を用いた表面流況解析から堰の直上・下流域では、河道湾曲部に伴う遠心力二次流により全面固定堰では外岸側の左岸に沿った高速流は、堰開口部を設けることにより河道中央寄りに流れが集中したことから河道の安定化および治水安全度を考える上で有効に機能していることが認められた。
- (3)左岸寄開口部 30m における堰上流域の流速分布は、開口幅 60m における主流速の空間分布に酷似し、河道中央より右岸側の開口部 30m を遮蔽したことによる影響は小さい。

謝辞：本研究は、一般社団法人九州地方計画協会公益事業の研究助成を受けたものです。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 三輪式：取水堰直下の堆砂のゲート操作によるフラッシュ過程，水工学論文集，Vol. 34, pp. 247-252, 1990.
- 2) 本田彰男：肥後藩農業水利史，熊本県土地改良事業団体連合会発行, 1970.