

越流型不透過水制の局所洗掘に及ぼす水制諸元の影響

建設省中国地方建設局 正会員○人川直之
鳥取大学工学部 フェロー 道上正規
鳥取大学工学部 正会員 檜谷 治
鳥取大学大学院 学生員 Emad Elawady

1. はじめに

親水性・環境保全に優れる水制は今後の『多自然型川づくり』の先駆的存在となりえると考えられるが、実河川において最も施工例の多い越流型水制に関しては複雑な 3 次元流れとなるため、非越流型水制に比べ未解明な部分が多分にある。そこで本研究では越流型不透過水制周辺の局所洗掘現象を対象として、局所洗掘特性に水制諸元が与える影響を実験的に検討した。

2. 実験の概要

実験は、幅(B)40cm の矩形断面直線水路に長さ 3m にわたって、厚さ 0.15m に平均粒径 0.75mm の一様砂を敷き詰めた実験水路を用い、アクリル製の越流型不透過水制模型を左岸に単独で設置した。実験条件を表-1 に、各ケースにおける水制の諸元および設定水深を表-2 に示す。なお、 $\theta=60^{\circ}, 120^{\circ}$ はそれぞれ上向き、下向き水制を示している。本実験では、ある形状に設定した水制に対して水深を変化させ多数のケースを行うわけであるが、水深・水制高比(h/d)の影響を同一条件下で比較できるよう、すべてのケースで $\tau_{*}=0.079$ となるように設定した。測定は、砂面計およびサーボ式水位計を用い、通水開始から 5 時間後における河床および水面を測定区間として水制上流側 50cm から下流側 100cm までの領域を最小 1cm メッシュで行った。なお、座標系は水制付根部背面を原点とし、流下方向に x 軸、横断方向に y 軸、初期河床をゼロとして堆積が正、洗掘が負となるように z 軸を取る。

表-1 実験条件

初期河床勾配	1/2500
平均粒径(mm)	0.75
マンギングの粗度係数(n)	0.014
無次元限界掃流力(τ_{*c})	0.040
無次元掃流力(τ_{*})	0.079

表-2 実験ケース

	設置角度 (θ)	水制高 (d)	水制幅 (b)	水深・水制 高比(h/d)
Case1	90	5	10	1.2, 1.6, 2.0
Case2	60	5	10	
Case3	120	5	10	
Case4	90	7.5	10	1.1, 1.3
Case5	90	2.5	10	2.0, 2.4, 2.8
Case6	90	2.5	5	3.2, 4.0, 5.2
Case7	90	2.5	15	

3. 結果と考察

(1)河床および水面形状 図-1 は、最終状態における水面および河床形状の一例 (Case1, h/d=1.6) を示したものである。水面の変位は 2mm 程度であるため、ほとんど乱れはなく安定した流れとなっている。そのため、水面形は河床変動が起こることによりほぼフラットな状態となると言える。つぎに、洗掘孔は水制上流側で二つの段差を有し、水制先端部を中心とするすり鉢型となる。一方、堆積域は水制下流左岸付近から発生し下流方向へと広がりなす峰状の堆積域を呈する。これらの特徴は各諸元の相違によりその規模は異なるが、全ケースに共通した特徴である。

(2)水制諸元の影響 本研究では水制諸元として水制設置角度(θ)、水制高(d)、水制幅(b)を取り上げているわ

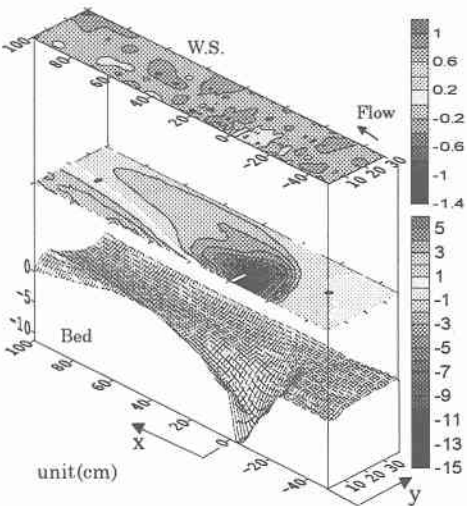


図-1 最終状態での水面および河床形状

けであるが、洗掘孔の広がりおよび規模は水制諸元の影響を受けて変化するため各諸元の影響を比較し図-2に示す。コンターは河床位を最大洗掘深(Z_{max})で無次元化し、 Z_{max} の50%以上を示す領域を深掘れ領域と想定してコンターで示したものである。まず、水制設置角度の影響についてみると、最も深掘れ領域が狭いのは $\theta=60^\circ$ の場合であり、水制背後での大きな洗掘は見られない。逆に、 $\theta=120^\circ$ では水制背後のみならず下流方向へも広い深掘れ領域を形成している。最大洗掘深の発生位置に着目すると $\theta=90^\circ$ および $\theta=60^\circ$ では水制直上流、 $\theta=120^\circ$ は水制先端部付近に発生する。また、発生位置は h/d の相違にも影響されるため $\theta=120^\circ$ において h/d の影響をみると、 h/d が減少し非越流に近い状態になるに連れて先端部方向へと遷移していく。この傾向は、 $\theta=90^\circ$ では同様の傾向が見られるが、 $\theta=60^\circ$ では h/d の影響は受けず水制直上流左岸よりに位置する。つぎに、水制高の影響について見ると、上流側および横断方向への広がりとも d の増加に伴い相似的に変化している。一方、水制幅の影響について見ると、上下流への深掘れ領域の広がりには大きな相違は見られないことから、深掘れ領域の広がりには、水制幅よりも水制高の影響が大きいのではないかと考えられる。

(3)最大洗掘深の評価 最大洗掘深の発生位置については先述したように、ある程度場所的遷移の傾向を把握できた。さらに、量的にも評価するため $\theta=90^\circ$ の実験ケースにおける結果を元に最大洗掘深を評価したのが図-3である。縦軸は最大洗掘深を深掘れ領域の規模に大きく影響を与えとされる水制高で無次元化し、横軸は水制の形状を表すパラメータ b/d および水深を用いた無次元量とした。実験値は対数的に分布し、徐々に一定値に近づくような収束傾向が見られる。これより、水制幅が水制高よりも卓越し、 b/d が大きくなるような細長い水制形状を示す場合でも、 Z_{max} は水制高の5倍程度までしか洗掘されないことが分かった。また、従来の研究として b/d および b/B が本実験条件の範囲外であるAcharya¹⁾およびRoger²⁾の実験結果をプロットしてみたところほぼ一致するため、本評価の妥当性が示唆された。

4. まとめ

(1)局所洗掘現象には水制諸元が複雑に関連し影響を与えている。(2)直角および下向き水制において、最大洗掘深の発生位置は非越流に近づくほど水制先端部付近へと遷移する。(3)水制幅が水制高よりも卓越する場合、最大洗掘深は水制高の5倍程度に収束する。

参考文献 1)Acharya・石丸：越流型水制周辺の流れと河床変動に関する実験的研究，鳥取大学学位論文，1997 2)Roger A. Kuhnle：Geometry of scour holes associated with 90° spur dikes, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.125, No.9, September, 1999, pp972-978.

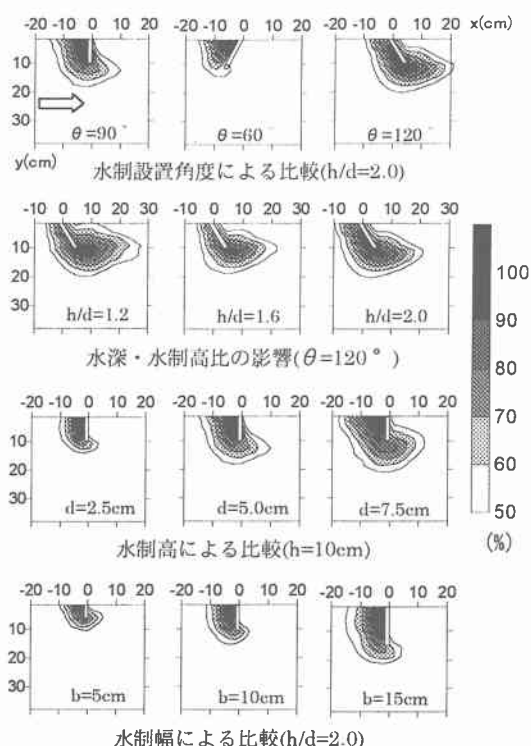


図-2 水制諸元の深掘れ領域への影響

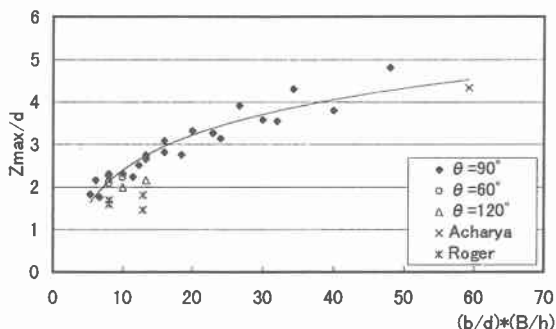


図-3 最大洗掘深の量的評価