

水制先端部に発生する洗掘深さに関する実験

大同工業大学大学院 学生員 ○ 山下 敦
大同工業大学 堀 信貴
大同工業大学 正会員 久保田稔

1. はじめに 水制先端部付近には流水の作用により洗掘が発生する。そこで、水制の設計に際しては洗掘量（例えば最大洗掘深さ）を知る必要がある。ところで、河川構造物周りの洗掘に関しては、これまで橋脚に関する多くの研究が、洗掘形状の相似形を仮定して行われてきているが、まだ、水制周りの洗掘現象に対しては余り検討されていない様である。そこで、まずは水制周りの洗掘現象を検討する端緒として、静的洗掘条件の下に、非越流型不透水水制周りの洗掘形状を測定し、洗掘形状の相似性を検討する。

2. 実験条件 実験には、長さ 24m、幅 50cm、高さ 50cm で勾配を 1/500 に設定したコンピュータ制御の実験水路を用いた。今回の実験は静的洗掘の条件であり、表-1 は水理条件である。水制模型は長さ 15cm、幅 2.5cm、高さ 40cm の鉄製角材であり、水路中央部を挟んで 12 本の水制を水制間隔 67.5cm で設置した。実験に際しては、豊浦の標準砂を水路床から 15cm の厚さに敷き、通水時に急激な水深変化が起きないように水路下流端のゲートを調節して、通水後 1, 3, 6 時間後の水制周辺の洗掘形状をポイントゲージで測定した。

3. 実験結果および考察 図-1 は、RUN-5 での水制周辺の洗掘形状であり、他の実験でも同様な傾向であった。なお、同図中の×印は最大洗掘深さ Z_{00} の発生位置である。同図より、 Z_{00} の発生位置是水制先端付近の上流側に発生しており、この Z_{00} の発生位置を各時間毎の座標原点と考えると、時間的に相似形を保ちながら拡大している様である。ただし、座標原点を時間毎に替えるのは不都合であり、座標原点は後に述べる理由より水制先端上流側とした。図-2 は各時間毎の Z_{00} の発生位置で、上流方向に 1cm と水制側壁方向へ 2.5cm の領域内にあり、極めて水制先端部の座標原点に近い位置で発生している。図-3 は、最大洗掘深さ Z_{00} と座標原点での深さ Z_0 である。同図より、 Z_{00} と座標原点での深さ Z_0 は良く対応しており、 Z_{00} の代わりに最大洗掘深さとして Z_0 を用いても良いと考えられる。なお、最大洗掘深さは座標原点で発生していないので（図-2 参照）、X 軸および Y 軸上で発生している最大洗掘深さを Z_{0X} 、 Z_{0Y} とする。図-4 は、X・Y 軸上での最大洗掘深さ Z_{0X} 、 Z_{0Y} と原点での洗掘深さ Z_0 であり、 Z_{0X} と Z_{0Y} は Z_0 と極めて良く対応している。図-2～4 の結果よりすなわち、最大洗掘深さの発生位置が水制先端付近にあり、さらに Z_{00} と Z_0 および Z_{0X} 、 Z_{0Y} と Z_0 との良好な対応が得られており、現実的には座標原点の深さ Z_0 を洗掘形状で無

表-1 水理条件

実験ケース	流量(ℓ/s)	水深(cm)	水制間隔(cm)
RUN-1	9.00	9.37	67.50
RUN-2	9.00	12.08	67.50
RUN-3	11.00	12.51	67.50
RUN-4	13.00	16.22	67.50
RUN-5	15.00	16.72	67.50

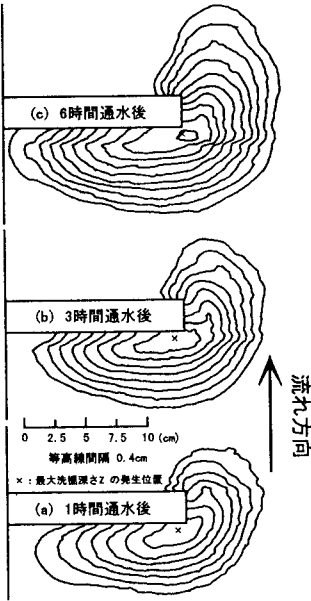


図-1 洗掘形状

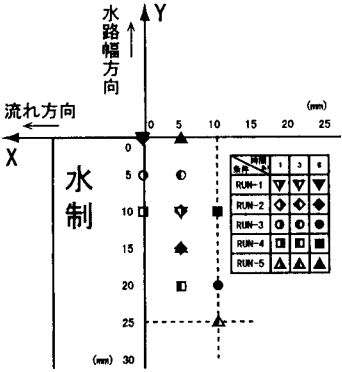


図-2 Z_{00} の発生位置

次元化する基準深さとして良いと考えられる。しかしながら、 Z_{0x} や Z_{0y} の発生位置と原点との微小な距離が無次元洗掘形状に影響するので、今回は、洗掘深さを無次元化する基準深さ Z_0 の代わりに Z_{0x} と Z_{0y} を用いて、 Z_{0x} 、 Z_{0y} の発生する位置を仮の原点として洗掘形状を無次元化

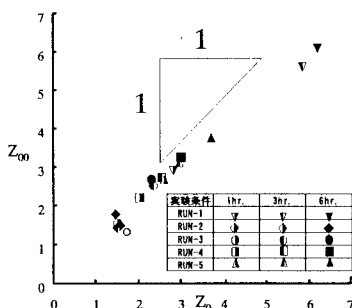


図-3 Z_{00} と Z_0 との対応関係

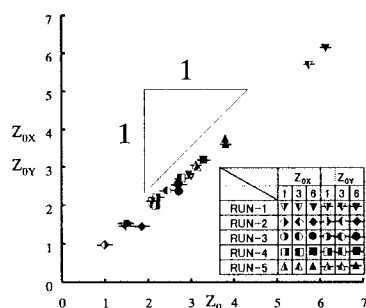


図-4 Z_{0x} 、 Z_{0y} と Z_0 との対応関係

した。図-5 (a・b・c) は、 $\pm X \cdot Y$ 軸上での無次元洗掘形状である。同図 (a・b・c) には、全ての実験での時間経過によるデータをプロットしており、同図より $-Y$ 軸方向以外は時間経過および実験条件に関わらず一本の線で表現されており、 $\pm X \cdot Y$ 軸上での洗掘形状は勾配も同じであり、相似形が成り立っていると考えられる。一方、図-5 (d) の $-Y$ 軸方向の無次元洗掘形状は、実験毎に相当な広がりがあり、6時間後の各実験値 (黒く塗りつぶした印) の無次元洗掘孔半径

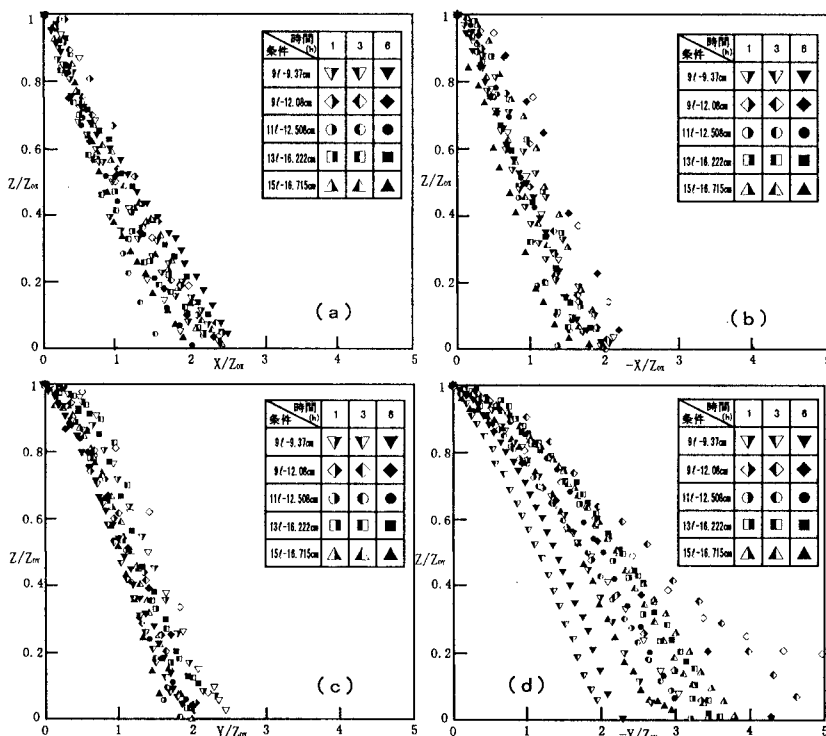


図-5 $\pm X$ 、 Y 軸上での無次元洗掘形状

は約 2.5~4.5 まで変動している。図-5の結果について現時点で著者らは、 $\pm X \cdot Y$ 軸方向の相似な急勾配での無次元洗掘形状と $-Y$ 軸方向の緩い勾配での散らばりのある形状との相違の原因を土砂流送の違いに起因すると推測している。すなわち、 $\pm X$ と Y 軸方向に関しては、水制先端部で剥離した渦による洗掘孔からの土砂輸送と土砂供給量との関係で洗掘形状が規定されており、一方、 $-Y$ 軸方向では水制前面に発生する渦による洗掘と洗掘部への土砂供給量との関係で形状が決まると推測している。つまり現時点では、 $-Y$ 軸方向の散らばりが大きく直ちに洗掘孔全体の相似形を仮定することは困難ではあるが、洗掘に関与する異なった渦の働きを区分して洗掘過程を考察するならば、水制先端部を座標原点として、第1近似としては $\pm X$ 軸と Y 軸上の洗掘形状に相似形を仮定し得ると考えている。

4. 結論 最大洗掘深さが発生する位置は、必ずしも水制先端部ではないが、水制先端部を座標原点としても良く、また水制前面の洗掘形状は相似形でないが、洗掘に関与する渦の異なった働きを考慮するならば、第1近似としては $\pm X$ と Y 軸上の洗掘形状に相似形を仮定し得ると考えている。