

射流場における円柱橋脚周辺の局所洗掘に関する水理模型実験

鳥取大学大学院 学生会員 ○山田 雄太
 鳥取大学大学院 正会員 梶川 勇樹
 株式会社フジタ 非会員 天河 丈

1. はじめに

河川を横断する橋の安定性を考えるうえで、橋脚周辺の局所洗掘現象を考慮することは非常に重要である。これまでに、土研式¹⁾をはじめとした最大洗掘深を予測する推定式²⁾が提案されており、橋脚周辺の流況および河床変動現象については数多くの研究がなされている。しかしながら、それらの研究は常流を対象としており、射流場における橋脚周辺の局所洗掘に関する研究はほとんど行われていないのが現状である。そこで本研究では、射流場に設置された円柱橋脚周辺の局所洗掘現象について、水理模型実験を通して明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

実験は、図-1 に示す開水路を用いて行った。実験条件を表-1 に示す。水路に敷き詰める砂は、平均粒径 4.7 mm のほぼ一様な珪砂 1 号を用いた。通水終了後、橋脚から上流側 0.3 m、下流側 1.0 m の範囲で河床形状を計測した。また、水路上流側の台直下では洗掘が生じるため、水路下流端の砂溜で流砂を回収し、重量を測定後、橋脚中心から上流側 3.0m 地点に投入する作業を 10 分おきに行った。

3. 実験結果

最大洗掘深の時間変化を図-2 に示す。図-2 を見ると、勾配を 1/50 および 1/75 とした場合では、通水開始から約 20 分程度でほぼ平衡状態となり、勾配が 1/100 の場合では、通水開始から約 60 分で平衡状態となった。また、平衡状態となった後、最大洗掘深は小刻みに振動しており、動的平衡状態にあることが分かる。また、平衡状態での最大洗掘深と円柱橋脚直径の比は、表-1 をみると、フルード数 $Fr > 1$ の条件である実験 No.1 では 0.72 倍、No.2 では 0.74 倍、No.4 では 0.88 倍、No.5 では 0.85 倍であった。従来明らかにされている、常流場における橋脚周辺の最大洗掘深は、橋脚直径の 1.0~1.5 倍とされており、本研究での結果はその値より小さくなっている。一方、フルード数 $Fr < 1$ で常流となっている実験 No.3 および No.6 ではそれぞれ 1.03 倍、1.07 倍であり、従来の知見に沿う結果となった。ここで、図-3 に、実験 No.1 と No.3 における最終河床形状を示す。図-3 をみると、どちらのケースに

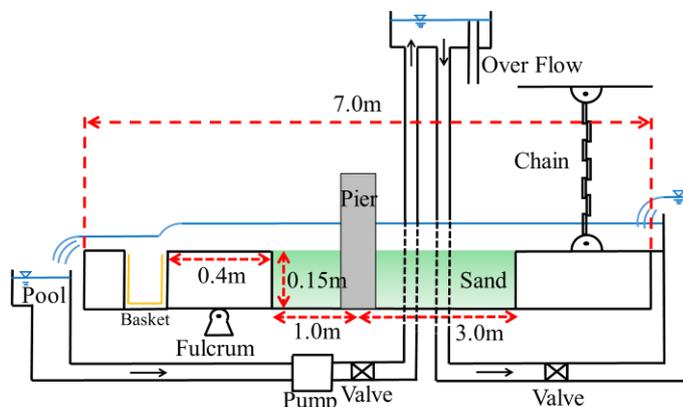


図-1 実験水路概略

表-1 実験条件

| 実験ケース | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | No.6 |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 円柱橋脚直径(cm) | 6.0 | | | 9.0 | | |
| 流量(m ³ /s) | 0.0165 | | | | | |
| 水深(m) | 0.048 | 0.055 | 0.061 | 0.048 | 0.055 | 0.061 |
| フルード数 | 1.25 | 1.02 | 0.87 | 1.25 | 1.02 | 0.87 |
| 勾配 | 1/50 | 1/75 | 1/100 | 1/50 | 1/75 | 1/100 |
| 通水時間(min) | 90 | 90 | 120 | 90 | 90 | 120 |
| 最大洗掘深Zmax(cm) | 4.33 | 4.44 | 6.16 | 7.93 | 7.65 | 9.67 |
| Zmax/D | 0.72 | 0.74 | 1.03 | 0.88 | 0.85 | 1.07 |

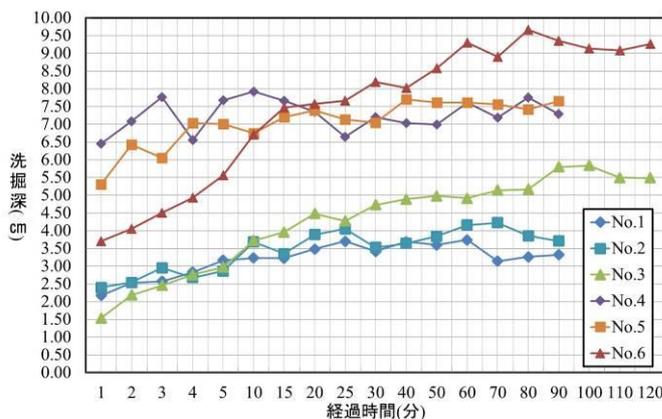


図-2 最大洗掘深の時間変化

キーワード 局所洗掘, 射流場, 橋脚周辺

連絡先 〒680-8850 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学大学院工学研究科

TEL 0857-31-5007

においても、最終河床形状は従来から言われているような円柱橋脚を中心としたほぼ同心円状の形状となることが分かる。加えて、橋脚下流側に堆積砂による山と谷ができていることが見て取れるが、フルード数が大きいほど、円柱橋脚下流側における砂の堆積範囲と堆積高が大きくなる傾向があり、土砂の堆積位置が橋脚側に近いことが分かる。一方、最大洗掘深と洗掘範囲は、フルード数が大きいほど小さくなる傾向があるという結果になった。フルード数が大きいほど橋脚下流の土砂堆積位置が橋脚に近くなる原因として、射流場のために反砂堆のような状態が発生し、下流の土砂が上流側へ移動したこと、上流からの流砂が洗掘孔内に流入したことなどが考えられる。

4. 従来の推定式との比較

ここでは、最大洗掘深について実験結果と従来の推定式²⁾による推定値を比較する。図-4に Laursen の式、Laursen-Toch の式、中川・鈴木の式と実験値の比較を示す。なお、これらの式の射流場への適用性は示されていない。Laursen の式は、他の推定式に比べて実験値を良好に再現しているが、No.6 については実験値と推定値の差が大きくなる結果となった。Laursen-Toch の式は、フルード数 $Fr > 1.0$ かつ h_0/d_m が小さい場合には洗掘深を過大評価するという結果を得た。図-5(a)、図-5(b)に実験値と土研式の比較を示す。各実験条件における h_0/d_m は 10~12 程度である。図-5(a)、(b)から、フルード数が大きいほど Z/D が小さくなる傾向があり、土研式の $h_0/d_m = 30$ の曲線に似た傾向を示す結果を得た。

5. まとめ

本研究で対象とした射流場における最大洗掘深は、橋脚径の 0.72~0.88 倍であることや、円柱橋脚下流側における砂の堆積高および堆積範囲とフルード数の間に関係があることを示唆する結果を得た。しかしながら、本研究のみでは射流場における洗掘深の推定式の表現は困難であるため、今後異なる条件で実験を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 須賀堯三・西田祥文・高橋晃・坂野章：橋脚による局所洗掘の予測と対策に関する水理的検討，土木研究所資料，第 1797 号，1982
- 2) 土木学会：水理公式集平成 11 年版，p.220.

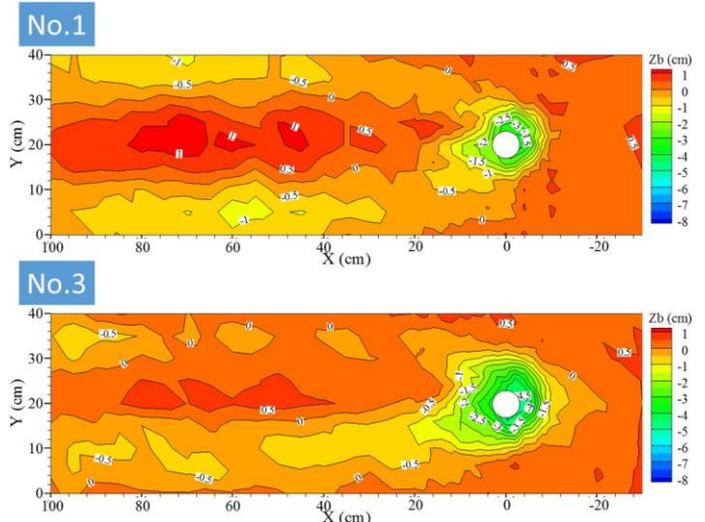


図-3 実験 No. 1 および No. 3 の最終河床形状

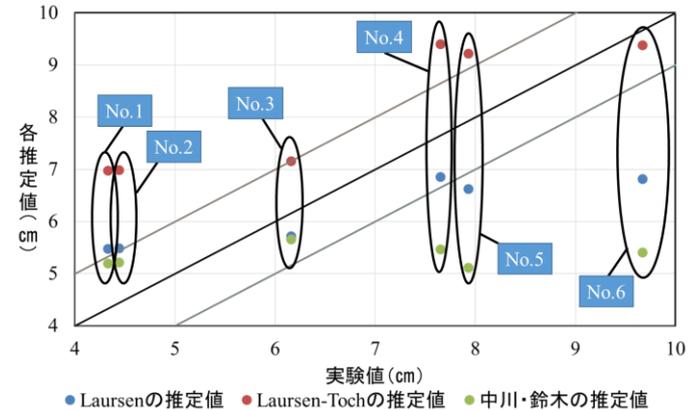


図-4 実験値と推定値の比較

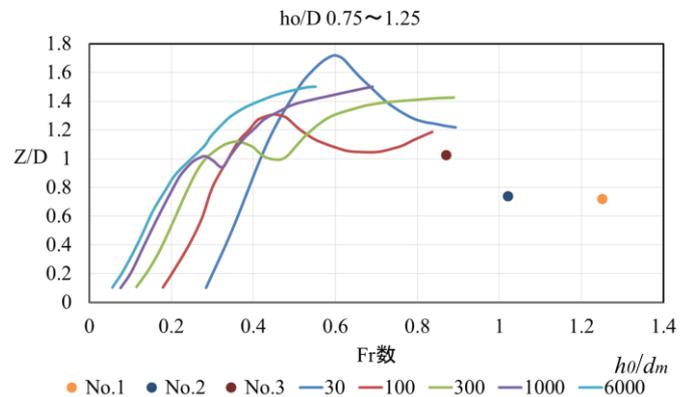


図-5(a) 実験値と土研式の比較

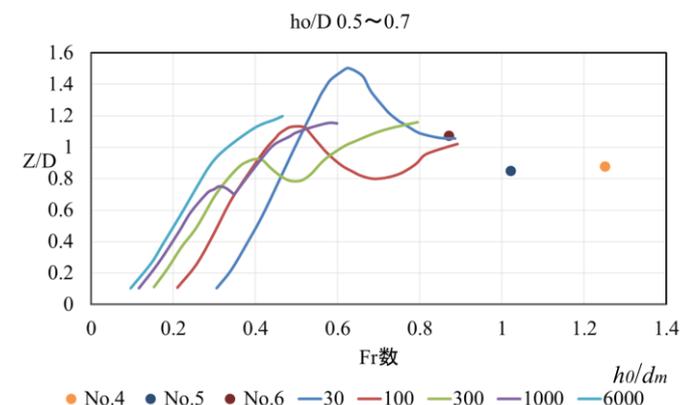


図-5(b) 実験値と土研式の比較