

河岸侵食部近傍の流れと侵食拡大メカニズム

北海道開発局 正会員 ○山縣 聡 広島大学工学部 フェロ会員 福岡捷二
 広島大学工学部 正会員 渡邊明英 広島大学大学院 学生会員 S.M.Habibullah Bahar

1. 序論

これまでに行った、マクロな土質構造を持たない現地試料を用いた侵食実験¹⁾により、河岸侵食拡大の重要な特性が明らかにされている。すなわち、水面付近で生じる深掘れの侵食は主に上流方向へ拡大し、水面下で生じる浅い平面的な侵食は主に下流方向へ拡大するという特性である。また、侵食形状を再現した模型の実験²⁾により、上下流への拡大のメカニズムは、河岸近傍流速の大きさと縦断勾配が重要な要素であることが示されている。しかし、水面付近において侵食が生じるメカニズムは分かっていない。本研究では、河岸侵食の拡大メカニズムを河岸近傍の流れから明らかにすることを目的とし、河岸侵食形状の模型を用いた実験により侵食部近傍の流れを詳細に把握している。さらに侵食機構を予測するために、河岸侵食部の流れの数値解析を行っている。

表-1 模型実験の水利条件

流量(l/s)	水路勾配	水深(cm)	Fr
40.0	1/200	14.3	0.96

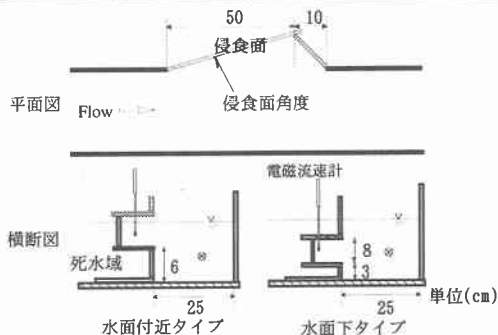
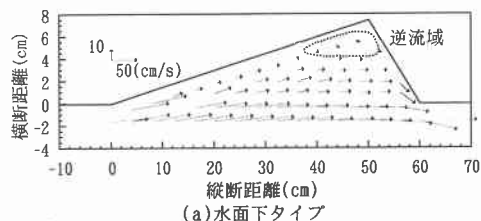
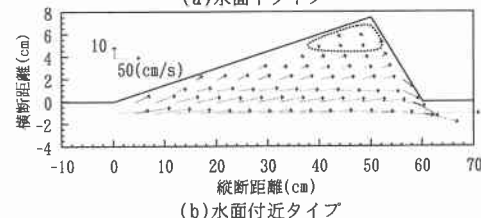


図-1 ヒサシ状模型の諸元



(a) 水面下タイプ



(b) 水面付近タイプ

図-2 両タイプにおける流速ベクトル

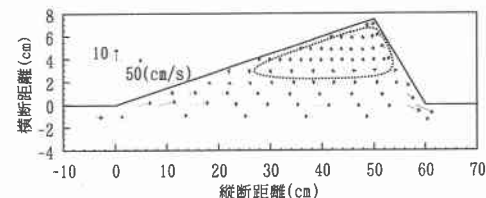


図-3 流量の少ないケース(21l/s)の流速ベクトル

2. ヒサシ形状模型を用いた実験と侵食部内の流れ

実験に用いた模型は、図-1 に示すように侵食形状の特徴を単純化したヒサシ形状である。侵食最深部へ向かう面を侵食面、その面の角度を侵食面角度とする。模型には侵食部の存在する高さの異なる水面付近タイプと水面下タイプの二種類があり、それぞれ侵食面角度を変えることができる。模型壁面には人工芝を貼り付け、抵抗を与えている。表-1 に示す侵食実験と基本的に同じ水利条件で通水し、侵食部周辺の流速を電磁流速計により詳細に測定する。

図-2 は侵食面角度 8° における水面付近タイプと水面下タイプの流速ベクトルである。どちらも侵食最深部では、侵食面で流れが剥離するため逆流の渦が生じている。侵食部の位置が異なるにも関わらず、侵食部内の流況はほとんど変化していない。この理由は、模型タイプが違っていても、侵食部に流入する水の鉛直高さがほぼ同じであったためと考えられる。

そこで侵食面角度 8° の水面付近タイプにおいて、流量を少なくし水位を低くすることにより、侵食部の位置が水面に対して高くなった場合の流況を調べる。これまでの流量が 38 l/s であり、少ないケースの流量が 21 l/s である。図-3 に 21 l/s のケースの水深平均流速ベクトルを示す。38 l/s のケースに比べて侵食部内の逆流域が大きくなっている。これは、水深が低くなるに従い侵食部内の流下方向への運動量が小さくなる一方で、侵食部における境界層内の逆圧力勾配の度合いが大きくなることにより、侵食部内での境界層の剥離点が上流へ移動するためである。つまり水面付

近の侵食部内では水面下に比べて大きな渦が生じていることが分かる。

以上のことから、侵食実験において水面付近の侵食が深掘れの形状をしていたのは、侵食部内で大きな逆流の渦が生じていたためと考えられる。よって侵食部内での平面的な渦から侵食機構を知ることができる。しかし侵食面角度が同じで侵食部の流下方向の長さが長くなった場合などでは、どのような渦が発生するか想像することは難しい。そこで侵食部の流れを数値解析により再現する必要がある。

3. 数値解析による河岸侵食部の流れの再現

本研究における侵食部形状は二次元であるため、直交曲線座標系を用いた二次元浅水流モデルにより計算を行う。渦動粘性係数は局所的な摩擦速度と水深に比例すると仮定している。計算は差分法で行いスタガード格子を用いている。上流端で流量、下流端で水深を与えている。時間ステップは $dt=0.0002s$ に設定し、計算がほぼ収束した 100s 経過後の値を計算結果として出力している。

この計算モデルの適合性を検証するために、水面付近タイプのヒサシ形状模型の侵食部流れに適用する。図-4は、侵食面角度 8° における計算メッシュである。壁面に沿いながら直交性を保つようにメッシュを切る。侵食部では侵食部底面の高さ分 6cm だけ嵩上げしている。ガラス製の水路右岸側はほとんど抵抗が無いため slip 条件とし、抵抗の大きな左岸側は non-slip 条件により抵抗を与えている。計算に用いた水理量は、表-1 に示す模型実験と同じである。マンニングの粗度係数は $n=0.01$ としている。

図-5 は、侵食面角度 8° における実験結果と計算結果の水深平均流速ベクトルを示している。計算結果は、侵食部内での剥離による渦を表現しており、逆流域の大きさも同程度である。しかし侵食部内へ流入する流速と逆流域の流速が実験結果に比べて大きく計算されている。この原因は、直線的に流れている主流域と、複雑な混合をしている侵食部内とは、運動量の輸送の機構が異なるにも関わらず、同じ拡散項により運動量の輸送を表しているためと考えられる。逆流の生じない侵食面角度 4° では、実験結果を良く再現していたことから、逆流の生じる場合の運動量輸送の与え方にやや問題があると言える。このように本計算モデルは、侵食部内での剥離渦を正確に再現できていない。今後は計算モデルを改善し、様々な侵食形状の流れを再現することにより侵食機構を明らかにしていく予定である。

4. 結論

水理模型を用いた実験により、水面付近の侵食部内では水面下に比べて大きな渦が生じるため、水面付近において深掘れが生じることが分かった。また本研究の計算モデルは、侵食部内の逆流を概ね表現することができるが、流速の大きさの再現に問題が残されている。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 渡邊明英, 片山敏男, 板屋英治, 柏木幸則, 山縣 聡, 林基樹: 粘性土(シルト)河岸の流水による侵食拡大機構, 水工学論文集, 第 43 巻, pp.695-700, 1999.
- 2) 福岡捷二, 渡邊明英, 山縣 聡, 柏木幸則: 河岸近傍の流速とヒサシ状河岸形成の関係, 水工学論文集, 第 44 巻, pp.759-764, 2000.

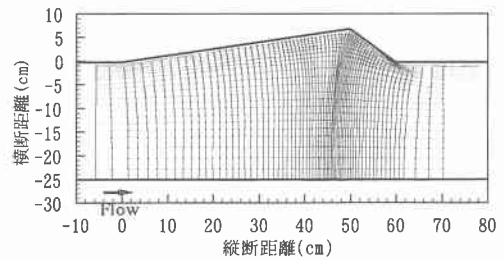
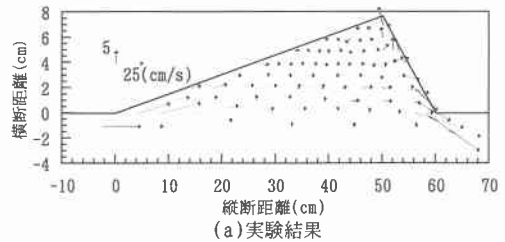
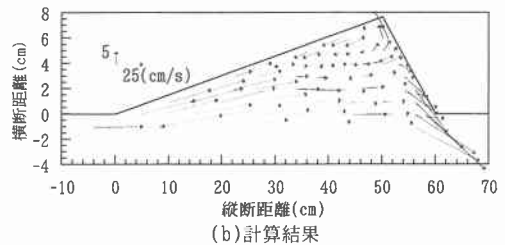


図-4 侵食部付近の計算メッシュ(侵食面角度 8°)



(a) 実験結果



(b) 計算結果

図-5 実験と計算の流速ベクトルの比較