砂州縁部における河岸浸食特性の実験的検討

および数値解析の適用性に関する研究

ウエスコ	正会員	〇田中	龍二
岡山大学	正会員	赤穂	良輔
岡山大学	正会員	吉田	圭介
岡山大学	フェロー会員	前野	詩朗

2. 河岸浸食実験

2.1 実験水路

ここでは、河岸浸食実験により、条件を変えた場合の 河岸浸食特性について考察する.本実験では流量、水制 先端の角度の2点を変更して実験結果の比較を行う.実 験では、幅0.6m、長さ14m、水路勾配1/500の可変勾配 直線水路を用いた.図-4に示すように、14mの水路上 に、上流から順に上流側固定床8m、移動床4m、下流側 固定床2mを設置した.河床材料には、平均粒径dmが 0.88mmの均一な4号珪砂を用いた.また、浸食の状況 の視認性を上げるため、赤いペンキで着色した珪砂を高 水敷に幅1cm、深さ3cmで20cm間隔に配置した.通水 する時間は全てのケースで15分である.

2.2 実験ケースと測定項目

実験は図-2 に示すように,水制の先端の角度 2 ケースに対して 2 ケースの水深で行った. 流量 0.0006 m³/s では高水敷まで浸水し,流量 0.00015 m³/s では低水路のみ

ケース	流量	水制	勾配	水面幅	等流水深
	$Q(m^3/s)$	$\theta(^{*})$	I(1/)	B(m)	ho(m)
case1-1	0.006	30	500	0.6	0.059
case1-2	0.006	60	500	0.6	0.059
case2-1	0.0015	30	500	0.25	0.029
case2-2	0.0015	60	500	0.25	0.029





1. はじめに

岡山県の一級河川の一つである旭川でも図-1に示す 15.4 km付近の右岸において図中の赤破線で囲まれた箇所 で河岸浸食が観測された.この辺りは低水路が蛇行して おり,河岸浸食が観測された箇所は砂州湾曲部の外岸側 に位置し,衝突する様な流れが起きる場所であるため河 岸浸食が生じやすいと推察される.河岸侵食特性を明ら かにすることは河道の維持管理を考えるうえで大変重要 な課題である.しかし,流れの偏向と洪水時の河岸浸食 についての実験はあまり行われていない.そこで本研究 では河岸浸食における流水の直接的な作用を解明するこ とを目的とし,流れの偏向と砂州縁部の河岸浸食の関係 を明確化させるための水理実験と写真測量,平面2次元 解析を用いた再現解析を行った.



図-1 実験条件



キーワード 河岸侵食 数値解析 砂州縁部

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1

TEL086-251-8167

を通水するように調節した. 通水時には, 流況, 河岸の 浸食状況, 下流端水位, 計測部の水深を計測した. 通水 停止後, ポイントゲージで側岸周辺の地盤高を横断方 向に 3cm 間隔, 縦断方向に 20cm 間隔で計測した. 本 論文では水制矩形部分の先端を縦断距離 0cm とし, 実 験結果の考察を行う.

2.3 写真測量

実験後の面的な地形データを測定するために Agisoft の Photo Scan を用いて写真測量を行った.撮影は低水 路河床から 75cm の地点より行った.撮影範囲は下流端 固定床の先端より上流側 2m とした.横断方向には 10cm 間隔,縦断方向には 10cm 間隔で1モデルにつき 6×20 枚を撮影している.基準点は,撮影範囲の上流側 に2点,下流側に2点設置した.

2.4 実験結果

図-4 は通水後の縦断距離 40cm の地点の河床高を示 したものである.以下,横断図のグラフに関しては,水 路右岸端を 0cm,左岸端を 60cm として地盤高をプロッ トしている.塗りつぶしの点を実測,白抜きの点を写真 測量値としてプロットしている.初期地形の低水路地 盤高の高さを 0cm としている.

河岸浸食の頂点の位置について検討する.図-4 は半 弧状の河岸浸食地形の頂点位置の縦断,横断方向の座 標をプロットしたものである.両ケースとも流量が多 いほど頂点位置は横断方向に移動した.このことから 横断方向の浸食頂点位置は流量の影響を受けやすいと 言える.また、同流量で比較したとき、両ケースとも水 制の角度が大きいほど頂点位置が横断方向に移動する 結果となった.case1の流量に関しては初期地形から横 断方向に10~17cm程度の浸食をし、case2の流量に関 しては2.5~5cm程度の浸食をした.これに対し、水制 の角度の違いにより case1では3~5cm, case2では1~ 1.5cm程度浸食が拡大しているため、水制の角度の違い は横断方向の河岸浸食頂点位置に大きな影響を与える 要因であると言える.それに対し、縦断方向への浸食長 さは全ケースで130~140cmになった.この結果より、 流量と水制の角度の違いは横断方向の河岸浸食頂点位 置に大きな影響を与える要因であると言える.

図-2に示すように、写真測量の結果は、ポイントゲージで取った値とほぼ同値となった.この写真測量の値の 平均誤差は0.077cmとなった.この結果より、写真測量 によって水路の面的な地形データを測定することができ ると言える.しかし、本実験では水制周辺や大きく浸食 している場所では比較的誤差が大きくでたため、撮影角 度等を工夫する必要がある.

3. 数値解析の適用性

3.1 計算条件

流況解析には河川の流れ・河床変動解析ソフトウェア である iRIC に含まれる平面二次元ソルバーNays2DH を 使用した.

本研究では直線水路全体の再現計算を行う.本解析に



図-4 縦断距離 40 cmにおける横断地盤高(左: case1, 中: case2)と頂点位置(右)



図-5 実験後地形コンター(左上: case1-1, 右上: case1-2, 左下: case2-1, 右下: case2-2)



図-6 解析コンター(左: case1-1, 右: case1-2, 1列目: 1.25cm, 2列目: 2.5cm, 3列目: 5cm)



図-7 解析コンター(左: case2-1, 右: case2-2, 1列目: 1.25cm, 2列目: 2.5cm, 3列目: 5cm)



図-8 浸食頂点位置相関(左:縦断距離,中:横断距離)縦断浸食長さ相関(右)

用いる流量は実験で通水したものを与えた.下流端で は実験で計測した水位と同じものを与えた.マニング の粗度係数は 0.025m^{-1/3}s と設定した.河床材料の粒径 は 0.88mm の均一粒径として与えた.計算格子は 1.25cm, 2.5cm, 5cm の3パターンを用いた.水制の 形を滑らかに表現するために,右岸側の一部の格子を 左岸側に寄せた.また,低水路の端が横断距離 20cm, 高水敷の端が 26.25cm の場所にあるため,その位置に 格子点がくるよう 2.5cm, 5cm の格子においては斜面 部分の格子のサイズを一部変更した.

3.2 計算結果

図-6と図-7に水路上流端から830~980cm 位置(水 制周辺)の解析結果の地盤高変動量を可視化したもの を示す.

図-8はx方向に解析値,y方向に実測値をプロット し,実験と解析の浸食頂点位置を比較したものである. 縦断方向に関しては,case1-1の1.25cm格子と2.5cm 格子の解析ケースで再現性が良かった.その他のケー スでは実験値に比べ頂点が上流側であった.case2の2 ケースに関しては,浸食幅に対して格子サイズが大き いため,浸食量を過小評価し浸食が下流に広がってい かず頂点位置が上流側になったと考えられる.よって, 1.25cmの格子ではcase2の流量の浸食は表現しきれな いため,これよりも格子を小さくする必要がある.

また,流量が少ないと縦断頂点位置が実測よりも上 流側に表現されてしまう特徴は水制角度 60°の方が 顕著に表れている.水制角度 30°の頂点位置が実測位 置の 2/3 程度なのに対し,水制角度 30°のものは頂点 位置が実測の1/2 程度であった.これは流量の多いケ ースにおいても同様で,水制角度 60°のケースの方が 水制角度 30°よりも頂点位置が上流側にきている.こ れより,縦断方向の浸食は水制の角度の影響も受けや すく,水制の角度が大きくなるほど再現性が低くなる 傾向にあると言える.

横断方向に関しては全体的に解析結果が過大となった. case2-2の1.25cm, 2.5 cmの格子に関してはほぼ頂 点位置が等しかったが, case1のケースは浸食幅の1.3 ~1.5 倍の大きさとなった.

図-8(右)は x 方向に解析値, y 方向に実測値をプロ

ットし,実験と解析の縦断の浸食初めから浸食終わりま での長さを比較したものである.全体を精度よく表現で きている case1-1 の 1.25cm, 2.5cm と case1-2 の 1.25cm 格子以外では縦断浸食長さは実測よりも短く,特に水制 の角度が 60°のものは,全てのケースで同流量同格子サ イズの 30°のものよりも縦断浸食長さが短くなった.こ れは格子の形状が原因と考えられる.

4. 結論

砂州縁部が流水の影響によって浸食するとき,横断方 向への浸食量は流れの偏向を引き起こす水制の角度と 流量に依存する.しかし,縦断方向への浸食長さに関し ては大きな影響を及ぼさない.

流量が少ないケースの方が解析において浸食量を過 小評価しやすい.これは浸食量に対して格子サイズが大 きいため,急な浸食部分が格子の幅で平均化されて緩や かになり,正確に表現されないためである.また,水制 の角度が急な場合にも浸食量を過小評価しやすい傾向 にある.

平面2次元解析では、格子が密なほど再現性が向上する. case2 のように浸食量が小さいものに関しては今回よりも密な格子で計算することが推奨される. しかし、 今回用いた1.25cm 格子による解析は1ケース1日ほど時間がかかっている. 計算時間と再現性のバランスを考 えたとき、側岸に局所的に格子を集中させて解析を行う 等の工夫が必要であると考えられる.

参考文献

- 河上将尊,渡邊康玄:河岸浸食に及ぼす交互砂州の 影響に関する水理実験:土木学会論文集 A2(応用力 学), Vol.72, No.2(応用力学論文集 Vol.19), p593-600, 2016
- 渡邊康玄,島絵梨子,山口里実:浸食性河岸を有 する水路を用いた中規模河床波の形成実験,土木 学会論文 B1(水工学)Vol.71, No4, p1009-1014, 2015.