

河道における二極化の要因分析と抜本的対策方法の考案

総合技研株式会社 事業第1部 正会員 ○堀岡 和晃

1. はじめに

河道の比高拡大・二極化とは、低水路内において水衝部の侵食・洗掘および、水裏部の土砂堆積・植生繁茂が経年的に発達する現象である。二極化に対し当方の研究では、実例から二極化を解消している事象を見出し、比高拡大・二極化について要因と対策を示した。本稿では、高速・低速の複数セル（緩急並列流とよぶ）の特殊な水理的特徴や、対策工として「突起」のもたらし剥離渦の効果について三次元流況解析を用いて検証した。また、対策工の効率的な配置方法を考案した。

2. 二極化の現状分析

2-1. 二極化の現状と対策の課題、水害リスク

二極化が進行すると出水を機に、水衝部側で河岸の洗掘、自然河岸の侵食、護岸の損傷を生じる場合や、水裏側で砂州に大量の砂の堆積、樹木の繁茂、河積の減少で流下阻害になる場合、堤防決壊に伴う人命・資産の喪失に至る場合がある。既往の対策は、後述する粗度低下を考慮せず、二次元河床変動計算結果から河道整正等を採用しているが、二極化が再発しており、改修維持費の増大が課題となっている。

2-2. 縦断的な粗度一定化による二極化発生

水位観測を縦断的に複数点で行ったデータから、二極化は、河岸が連続した定型区間で発生し、縦断的な粗度の一定化が要因と見出した¹⁾。また、河岸に設置した工作物が意図せず二極化を解消している事例も見出した¹⁾。河川伝統工法の霞堤において、霞堤開口部に洪水流を弱める効果があるのと同様に、樋門吐口、支川合流部、河岸引き込み、小型水制工なども同様な効果を持つことが示された¹⁾。

3. 三次元流況解析による二極化の特性把握

3-1. アーマー化による形状抵抗の低下

二極化すると、侵食河岸等に沿って河床が整形されたような定型の連続した函型に掘れる。細粒分が

抜け落ち、中・大礫集団となり代表粒径が大きくなる。実際は、大礫が噛み合いつつも流れをいなすように鱗状に整然と並んだ河床形状となる「アーマーコート化(鎧化)」が生じることから、礫径は大きいものの、河床の抵抗が小さくなっている。

3-2. 三次元解析による緩急並列流の特徴把握

三次元流況解析を用い、緩急並列流の水理的特徴や対策の効果を検証する。なお、検討に用いた三次元流況解析ソフトの iRIC NaysCUBE は、既往研究で複数タイプの水路等の実測流況との比較を行い、二次流構造の検証精度が高いことを確認している²⁾。

対策工の試験¹⁾を行った北海道管理河川の河道を元に三次元流況解析を実施した(図-1)。河岸に沿う高速流の帯(セル)の成長や、無次元掃流力の増大を確認した(図-2)。高速流のセルは、断面の中で水衝部の深みの範囲を占め、流量全体の主要な流れとなり、水位を下げ、全体の抵抗を減少させている。

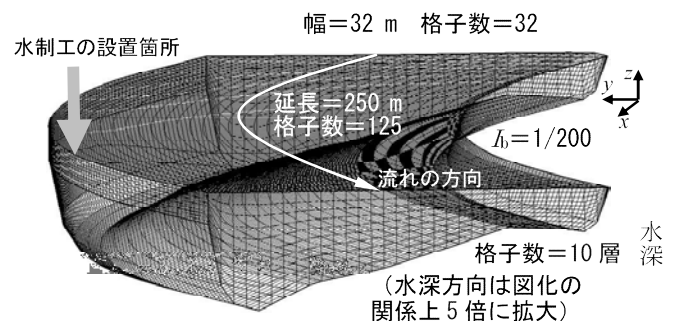


図-1 三次元流況解析モデル 俯瞰図

4. 二極化対策工の検討

4-1. 二極化対策工の試験

対策事例として、北海道管理河川で試験を行った。水衝部が洗掘し砂州が樹林化し始めた河道に対し、水衝部河岸に袋詰め玉石工を配置し河岸に変化を与えたことで、対策2年後に礫河原に復元した¹⁾。

4-2. 二極化対策工の三次元流況解析による検証

外岸部のかく乱を目指して、河岸に突起を設け剥離渦を誘導した。安定した第1種二次流セルを乱す働きをする「レイノルズ応力」という(剥離渦によ

キーワード 比高拡大, 二極化, 粗度低下, 緩急並列流, 三次元流況解析, 第1種二次流
連絡先 〒060-0051 札幌市中央区南1条東1丁目3番地 総合技研(株)事業第1部 TEL 011-223-0091

る底面)せん断力を, 三次元流況解析を用いて定量的に把握した。水制工ありの場合の三次元流況解析を行った結果, 図-3 に示すように, 突起背面の流速低下, 剥離渦による底面せん断力(無次元掃流力), じょう乱の発生を確認した。

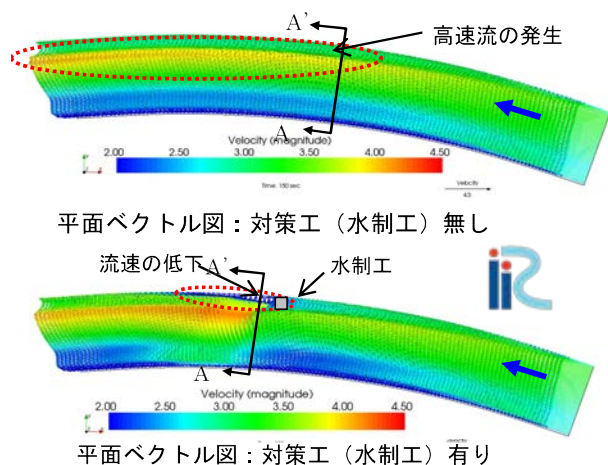


図-2 三次元流況解析結果

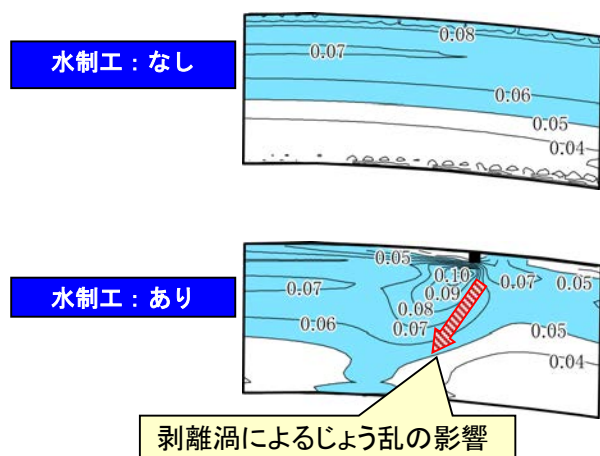


図-3 水制工周辺の無次元掃流力 τ_* の平面分布 (無次元掃流力 $\tau_* = 0.05$ 以上を着色)

4-3. 二極化の要因分析フロー

既往研究で, 比高拡大・二極化は, 出水の平滑化(流量要因), 水衝部の定型化(河岸要因), 時間経過(時間要因)による河道変化の3要因の連鎖が生じ, 出水を契機に被災が起きるものと推察³⁾⁴⁾した。本研究における二極化対策は, 河岸要因を改善し, 時間要因を初期化することで要因を排除する対策を考え, 二極化のフロー図を示した⁵⁾。

4-4. 二極化対策工の効率的な配置検討

二極化対策は, 河道整正と併せ, 簡易で効率的な配置を目指した。対策工の特徴は, 剥離渦を効果的に発生させる非越流水制の複数列配置にある。突起の長さや間隔は, 自然の川の営力による維持可能な

流路幅に対し, 既往文献, 既往事例を基に最適化した数値を抽出した。対策工の模式図を図-4 に示す。

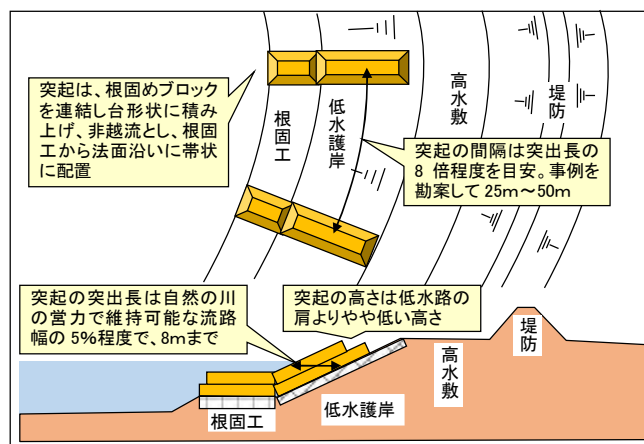


図-4 対策工の模式図

この特許を出願し、「河川における二極化現象への対策方法」第 6776487 号を令和 2 年 10 月に取得した。

5. おわりに

近年, 全国の河川で洪水調節ダムの整備が進む一方, 出水時のピーク流量が平滑・長期化するため, 二極化が顕在化している。二極化対策を河川整備に取り込むことで水害リスクが減り, 危機管理や維持管理が容易となる。砂州・礫河原・瀬・淵が復活し河川環境が改善する。今後は, 中小出水時観測や二極化の更なる解明が必要と考える。特許の実施許諾は, 二極化に関する正しい知識や対策技術などの啓蒙・普及を狙い, 試験・研究のための対策の実施や, NETIS の未評価技術の活用などを目指し, 当面は技術指導契約を行った上で使用料を無償と考えている。

参考文献

- 堀岡和晃, 長谷川覚也: 積雪寒冷地の河川における低水路内の比高拡大の一考察, 土木学会北海道支部論文報告集, No.73/B-41, 2017.2
- 堀岡和晃, 長谷川覚也: 報文: iRIC NaysCUBE による開水路流れの二次流構造の再現検証, 土木学会北海道支部論文報告集, No.73/B-35, 2017.2
- 堀岡和晃: 低水路内の比高拡大・二極化の要因分析と対策の検討, 土木学会年次学術講演会集, No.72/II-146, 2017.9
- 堀岡和晃: 2016年8月北海道豪雨災害における比高拡大・二極化に着目したリスク管理の検討, 土木学会年次学術講演会集, No.73/II-009, 2018.9
- 堀岡和晃: 河道内土砂流出による災害とその原因である二極化の要因と対策についての一考察, 土木学会年次学術講演会集, No.74/II-207, 2019.9
- 今本博健, 池野秀嗣: 水制の水理機能に関する研究 (1) —不透過水制の抵抗特性について—, 京大防災研究所年報第 17 号 B, 1974.4