

# 洪水流による砂州の粒度構成と河川横断構造物周辺の局所洗掘に関する研究

東京都建設局 正会員 ○忠津 哲也 国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所 正会員 下條 康之  
 中央大学研究開発機構 正会員 内田 龍彦 中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

## 1. 序論

砂州河道では洪水流によって砂州が移動, 変形すると, それに伴って局所洗掘の発生箇所や, 深さが変化する. そのため, 河川横断構造物の維持管理においては, 洪水流による構造物周辺の砂州の変形機構を把握し, 構造物と局所洗掘の相互関係について検討することが重要となる. 著者らは, 平成19年9月洪水時に局所洗掘が要因の一つとなって護床工が被災した二ヶ領宿河原堰の周辺や上流(写真-1)の河床変動について検討してきた. 堰上流の河床は砂礫で構成されているため, 著者らは<sup>1)</sup>, 現地河床材料調査によって, 砂州の平面的, 鉛直的な粒度構成について検討してきた. 本研究では, これまでの平成20年の現地調査に加え, 平成22年に同一砂州においてより詳細な現地調査を行い, 砂州の粒度構成の特徴について検討する. 次に, それを考慮した混合粒径河床変動解析法を構築し, その妥当性を検証する. そして, 平成19年9月洪水時における二ヶ領宿河原堰周辺の局所洗掘について検討する.

## 2. 砂州の平面的, 鉛直的な粒度構成の調査

現地調査は写真-1に示すように多摩川24.6km付近の左岸に形成されている砂州を対象に平成20年と22年の2回行った. 調査地点は写真-2に示すように粗い粒径集団で構成されていると考えられる砂州前面や水際を中心に行っている. 調査はふるい分け試験と画像解析法を行っており, 写真-2の△で示す地点では鉛直方向の粒度分布も調査している. 図-1は全調査地点の河床表層の粒度分布を比較したものである. 赤線で示す砂州の上流部では, 青線で示す中・下流部に比べ粗い傾向にあることが分かる. 両者のd50の平均を比較すると, 上流部で20mm程度粗い. また, 中・下流部の粒度分布は平成17年度において写真-1の黄緑の□地点で示すように縦断的に多点で測られた粒度分布の平均と同程度である. 図-2は砂州上流部の鉛直方向の粒度分布を示している. 下層(黒破線)の粒度分布は表層(赤実線)の粒度分布の範囲内にあることから, 上流部では表層も下層も粒度分布が粗いことが分かる. 図-3は砂州中・下流部(写真-2のNo.1, No.2)の鉛直方向の粒度分布を示している. この2地点は平成17年と19年(洪水後)の地形測量データから, 平成19年洪水によりNo.1では+108cm, No.2では+59cm土砂の堆積が見られる. 両地点とも表層(橙)は中層(水色), 下層(紫)に比べて粗い. これは, 粗粒化によるものと考えられる. しかし, No.2(実線)の最下層(黒)は表層よりも粗い. これは, この地点が平成19年9月洪水の堆積厚さよりも低いことから, 砂州の底部付近が過去の洪水時に河床であったときに形成された粗い粒度分布が観測されたと考えられる.

このように, 砂礫河川の砂州は平面的, 鉛直的に粒度分布をなしている. このことが洪水時の河床変動にどのように影響するかを明らかにする必要がある.

## 3. 砂州の粒度構成を考慮した混合粒径河床変動解析法の構築と検証

平成19年9月に観測した戦後最大規模の洪水を対象に21.0~29.0km区間で混合粒径河床変動解析を行う. 対象洪水の水位・流量ハイドログラフ(27.8km)を図-4に示す. 流れの解析には砂州下流部の局所洗掘箇所や河道湾曲部での流れの三次元性を考慮するため, 鉛直方向の流速分布を評価できる渦度方程式を用いた底面流速解法を適用している<sup>2)</sup>. 河床変動解析では流砂量の算定に芦田・道上式と流砂の連続式を用いている. また, 粒度分布については河床表層に交換層, その下に貯留層を設けて, 土砂堆積等による鉛直方向の粒度分布の変化を解析している. 初期の河床形状は平成



写真-1 二ヶ領宿河原堰上流の航空写真

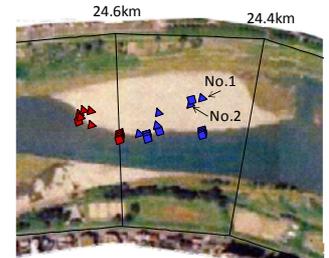


写真-2 現地河床材料調査地点

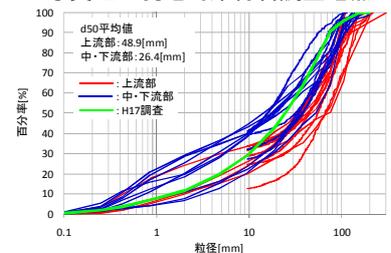


図-1 砂州表層の平面的な粒度分布

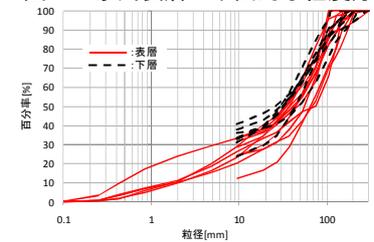


図-2 砂州上流部の鉛直的な粒度分布

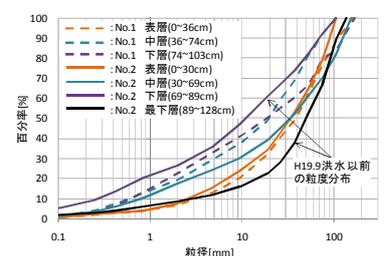


図-3 砂州中・下流部の鉛直的な粒度分布

キーワード 多摩川, 砂礫河川, 砂州, 粒度構成, 混合粒径河床変動解析, 二ヶ領宿河原堰  
 連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL03-3817-1611

18年の横断測量データと平成17年の航空測量データを用いて作成した。砂州の粒度構成については初期粒度分布で考慮した。2章で示したように現地調査では、砂州の上流部や中・下流部の深い位置が粗い材料で構成されていた。そこで、粗い材料に着目し、図-5に示すように砂州を鉛直方向に上層と下層に分ける。この層を分ける基準高については、粒度構成が過去の洪水での砂州の移動の影響を受けていると考えられることから、経年的な河床変化を考慮することが必要である。そのため、昭和49, 54, 平成3, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 20年の経年的な横断測量データを用いて、各断面における低水路平均河床高の平均値を基準河床高とした。初期粒度分布には図-6に示すように、下層に砂州上流部の調査結果を平均した粗い粒度分布(赤線)、上層に平成17年度に解析区間内で行われた調査結果を平均した細かい粒度分布(緑線)を用いた(以下Case1)。また、粒度構成の効果を検証するため、平面的、鉛直的に同じ粒度分布(平成17年の平均値(緑線))を与えた解析も行い(以下Case2)、Case1と比較した。

図-7は写真-1で示す二ヶ領宿河原堰上流の22.6kmにおける解析と実測の低水路横断形状を示している。22.6kmでは右岸側の局所洗掘に着目すると、粗い粒度分布を考慮したCase1で洪水後実測と同様に洗掘部が低く維持されている。これは、粗い粒度分布を考慮したことで上流からの土砂(砂州)の移動量が低下したため、局所洗掘箇所的位置や形状が維持されたためと考えられる。

このように、混合粒径河床変動解析の初期粒度分布において、現地調査で得られたように粗い材料を考慮することにより、洪水による砂州の移動、変形量に変化することで、粗い材料を考慮しない場合に比べ局所洗掘深が深い状態を維持する機構があることが分かった。

4. 二ヶ領宿河原堰周辺における洪水時の局所洗掘

Case1の河床変動解析から洪水時における二ヶ領宿河原堰周辺の河床変動について検討する。平成19年9月洪水による二ヶ領宿河原堰上流側の護床工の被災は、現地の監視カメラより洪水ピーク付近(9/7/7:00頃)に発生していること、また、洪水後の調査より右岸側を中心に被災していたことが確認されている。図-8に堰上流(22.45~22.8km, 護床工上流端: 22.45km)における最深河床高縦断図の時間変化を示す。堰上流では最深河床高が洪水前から護床工敷高(A.P.+17.0m)よりも低い状態にあった。22.45~22.6kmにおいては上流から局所洗掘箇所が移動してきて最深河床高が低下している。また、図-9は堰直上流の22.5kmにおける洪水ピーク時の河床形状と水深平均流速の横断分布を示している。堰直上流では右岸側の洗掘と河道湾曲や堰右岸側に設置されている土砂吐きの影響を受けて、右岸側で流速が大きくなっていることが分かる。そのため、洪水ピーク付近の堰上流では右岸側を中心に護床工の安全性が低下していたと考えられる。

5. 結論

現地河床材料調査より砂礫河川の砂州では、上流部や中・下流部の深い位置に粗い材料が多く存在することが分かった。これを考慮した混合粒径河床変動解析では、堰周辺の局所洗掘の位置や深さの再現性が向上した。また、この解析により二ヶ領宿河原堰上流では局所洗掘箇所が堰に接近し、最深河床高が低下していたことを示した。

参考文献: 1) 忠津哲也, 下條康之, 内田龍彦, 福岡捷二: 洪水中による砂州の移動・変形と砂州粒度構成の変化, 河川技術論文集, 第16巻, pp.119-124, 2010. 2) 内田龍彦, 福岡捷二: 水平方向渦度方程式を用いた底面流速の半直接解法の提案と局所洗掘解析, 水工学論文集, 第54巻, pp.841-846, 2010.

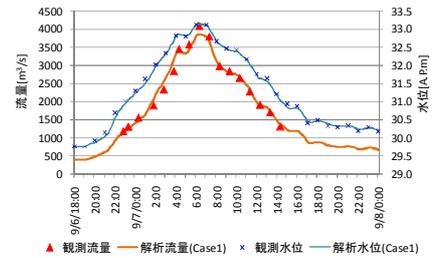


図-4 平成19年9月洪水の観測水位と流量

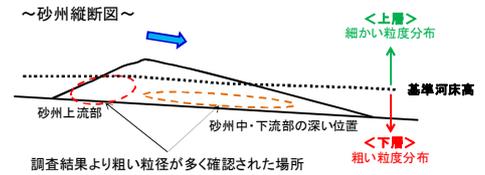


図-5 調査による砂州粒度構成のイメージ

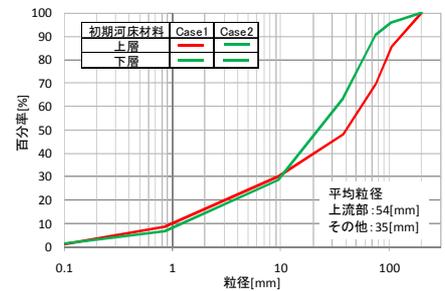


図-6 解析に用いた初期粒度分布

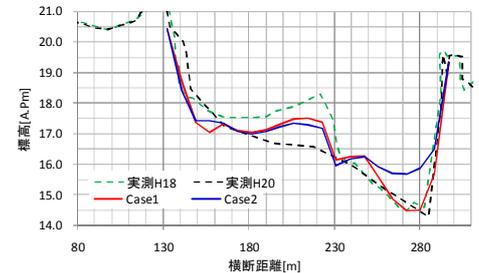


図-7 22.6kmにおける低水路横断形状

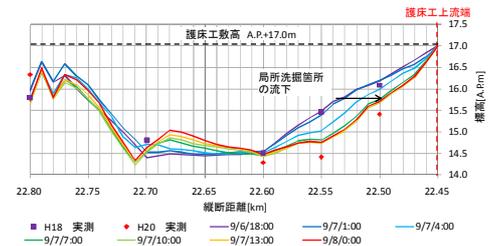


図-8 洪水時における堰上流の最深河床高

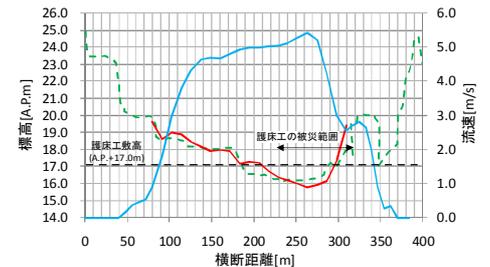


図-9 洪水ピーク時における堰直上流(22.5km)の河床形状と平均流速