

# 石礫複断面河道における流れ，縦横断面形状，河床材料分布に及ぼす河道平面形状の影響

中央大学大学院 学生会員 ○前嶋達也  
中央大学研究開発機構 正会員 長田健吾

国土交通省北陸地方整備局 非会員 岩佐将之  
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡捷二

## 1. はじめに

洪水時の流水エネルギーが大きい急流石礫河川は，河岸が侵食され土砂が活発に移動する．福岡らは，2004年から2008年にかけて常願寺川で大規模現地実験を行い，石礫河川の河床材料粒度分布特性<sup>1)</sup>，河床変動機構，河床安定機構<sup>2)</sup>を明らかにしてきた．これらの実験では，高水敷砂州上に単断面水路を掘削し，直線，または蛇行の平面形状の違いによる流量に見合った断面形状，河床勾配，河床材料粒度分布の検討を行った．しかし，河道断面が単断面と複断面では，洪水時の流れ場，その結果として生じる河床変動，及び河床材料粒度分布が異なると考えられる．本研究は，2009年11月に常願寺川で行った複断面直線—蛇行水路を用いた現地実験結果に基づき，複断面河道における流れ，河道縦横断面形状，河床材料粒度分布に及ぼす河道平面形状の影響を検討する．

## 2. 2009年常願寺川大規模現地実験の概要

現地実験は，常願寺川 8.6km の高水敷上に複断面蛇行—直線水路を掘削し行った．図-1 に実験水路平面図を示す．実験水路は，蛇行長 190m，低水路幅 3m，左右岸高水敷幅 2m，全水路幅 8m，低水路河岸勾配 1:1 である．2つの蛇行部の蛇行度は， $S=1.1$  である．1つ目の蛇行部(No.5~No.9)は，素掘りの自然河岸で形成されている．2つ目の蛇行部(No.10~No.13)外岸には，袋詰め玉石を複数積んで河岸及び高水敷を保護した．また，左右岸の高水敷防際に，約 400mm の玉石を連続的に置き，堤防側岸からの土砂供給がないようにした．実験水路の通水は全部で3回行った．通水1回目は，掘削水路に低水路満杯流量(2.0m<sup>3</sup>/s)を1時間40分流し，流量に見合った河床高，河床材料分布を作成した．通水2回目は，流量(Q=3.2m<sup>3</sup>/s)が若干大きくなるが，高水敷上の相対水深(Dr=0.13)は縦断的にごくわずかであり，通水1回目とほぼ同規模の実験であった．通水3回目は，流量を8.0m<sup>3</sup>/sに増大させ，河床形状が安定するまで2時間30分通水した．通水中は水位，流量，通水終了後は河床形状，河床材料を測定した．

## 3. 実験結果

図-2 に観測水位と河床高の縦断図，図-3 に通水2回目，通水3回目終了後の河床高コンターを示す．自然河岸蛇行部(No.5~No.8)で外岸の水位が内岸に比べ高くなっている．水面勾配，河床勾配は約 1/130 である．低水路満杯流量の通水2回目終了後，自然河岸蛇行部は，砂が内岸に堆積し砂州が形成された．しかし，河床断面形状，河床材料分布の変化は小さく水路全体は通水前の複断面形がほぼ保たれていた．一方，水路満杯流量に匹敵する通水3回目終了後は，湾曲部外岸高水敷が大きく侵

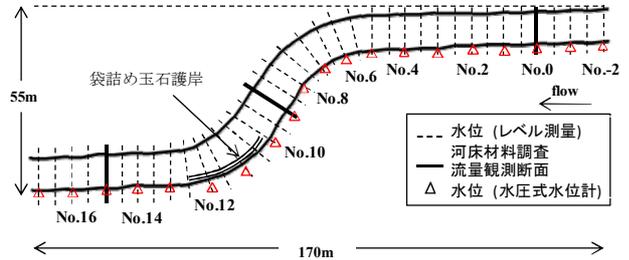


図-1 実験水路平面図

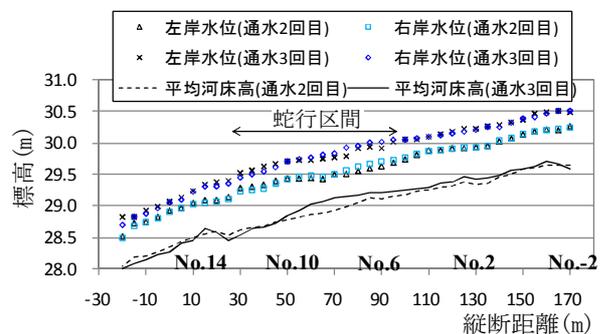
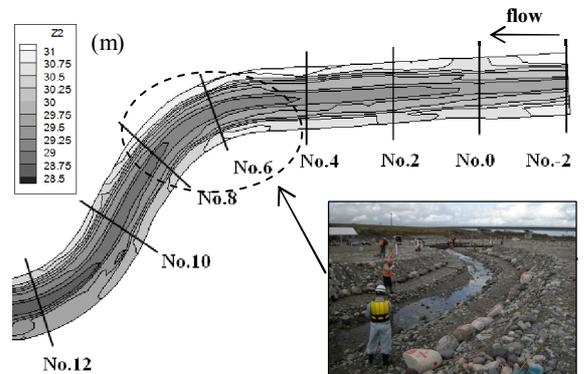
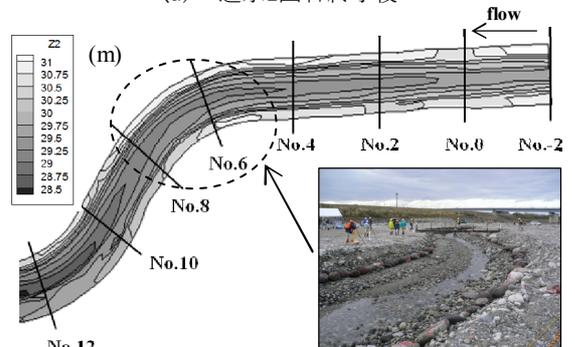


図-2 観測水位・平均河床高の縦断図



(a) 通水2回目終了後



(b) 通水3回目終了後

図-3 河床高コンター

食され、2次流によって運ばれた石礫が蛇行部内岸に堆積し、砂州が発達した。

図-4に通水2回目、3回目終了後の横断面形状と通水3回目終了後の河床表層写真を示す。また、図-5は同断面の河床材料粒度分布である。直線区間(No.4)では、通水3回目終了後は、高水敷、特に、低水路河岸寄りの高水敷が侵食され、斜面はなめらかな形状となった。低水路河床は、縦断的に若干の堆積、洗掘はあるが河床高はほとんど変化しておらず、対称な複断面形状を維持している。低水路河岸の侵食により低水路に供給された土砂は、砂を多く含んでいる。大量の細粒分と共に流下する石礫は河床に停止しにくくなるため、河床での堆積は少ないと考えられる。また、通水1回目、2回目終了時は、高水敷の河床材料は主に砂であったが、通水3回目終了時には、高水敷の河床材料が粗粒化し、低水路河岸では、大きな洗掘を受けたため低水路幅は広がり河床材料が最大となった。直線区間では、縦横断方向の材料分布が一様化した。

蛇行部(No.8)では、外岸の洗掘、上流断面で侵食された土砂が内岸に堆積したことで複断面形状から滑らかな勾配をもつ船底形断面形状<sup>3)</sup>に変化した。河床材料は、侵食された外岸の平均粒径は約180mm、漕筋から左岸高水敷にかけては約50mm、さらに左岸高水敷上は砂が堆積した。表層写真を見て分かるように横断面内で河床材料が顕著に分級している。蛇行区間では、図-3のコンター図に示したように、蛇行入口部のNo.6付近から洗掘量、堆積量が徐々に増加し、断面形状、河床材料分布が縦横断的になめらかに変化した。

図-6に通水3回目流量観測時のNo.9地点における断面形状と横断面内の流速分布を示す。流速値は、水深の9割に相当する位置で測定している。船底形断面に変化したため、複断面直線区間における断面形状、流速分布形状とは異なり、外岸側の流速が速く、蛇行流れに見合った断面形状となっている。

図-7に福岡<sup>3)</sup>の検討データに2009年常願寺川現地実験データを加えた無次元河幅、無次元水深と無次元流量の関係を示す。流れの条件に応じて河岸及び高水敷を侵食し、流れに対応する断面形状となった通水2回目、3回目の実測値は、福岡の式によく対応する。

4. まとめ

複断面直線区間では、高水敷上の流速が小さく低水路河岸の侵食は抑制される。流量増加に対して、河道内全体で河床材料が粗粒化し、複断面形状を維持する。一方、複断面蛇行区間では、流量規模に応じた2次流の発生によって外岸高水敷が侵食される。侵食された土砂は、下流内岸に堆積し、砂州を発達させ、流量規模に応じた縦横断面形状、河床材料の分級が生じる。

参考文献

1) 塚本洋祐, 福岡捷二, 須賀正志, 澤原和哉, 長田健吾: 石礫河川の粒度分布特性と安定河道形状, 河川技術論文集, 第14巻, pp.7-12, 2008. 2) 福岡捷二, 長田健吾, 安部友則: 石礫河川の河床安定に果たす石の役割, 水工学論文集, pp.643-648, 2008. 3) 福岡捷二: これからの河川管理を考える—自然河川に学ぶ, 河川 66巻, 第3号, pp.3-9, 2010.

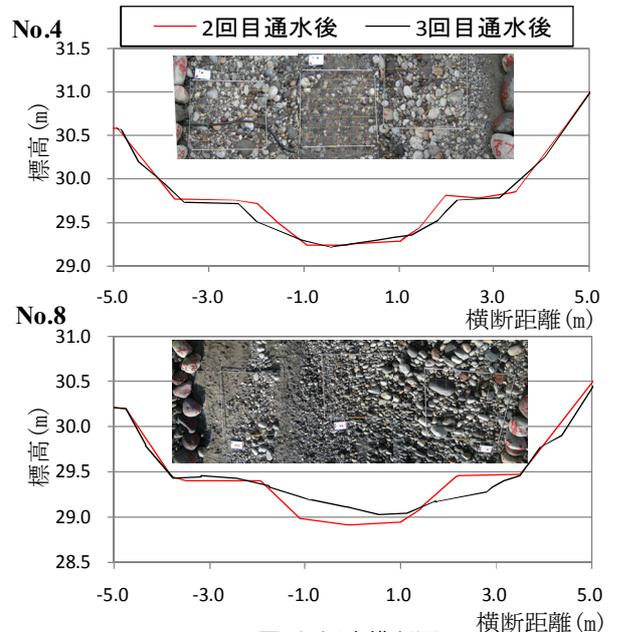


図-4 河床横断図

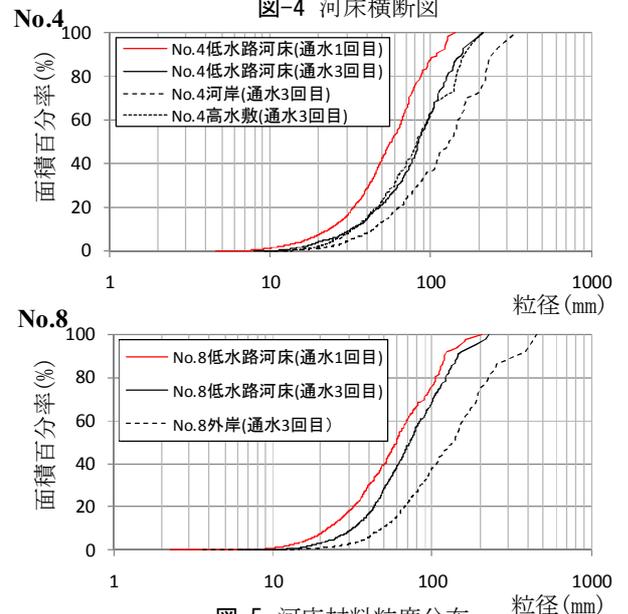


図-5 河床材料粒度分布

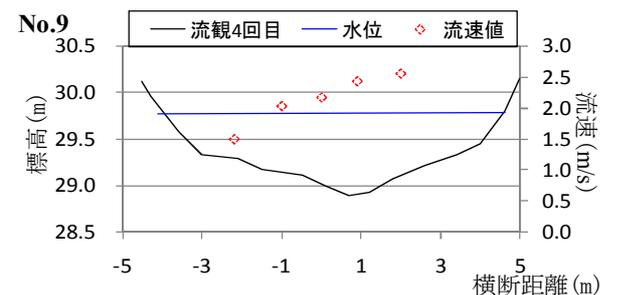


図-6 河床断面形状と横断流速分布

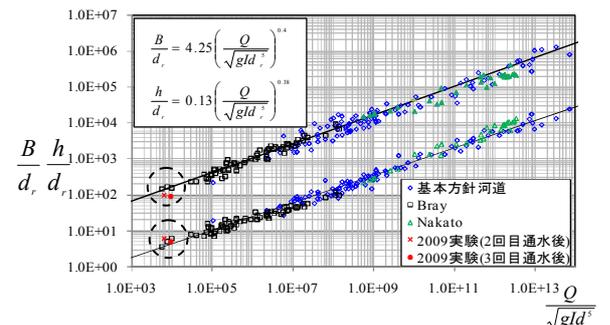


図-7 無次元河幅・水深と無次元流量の関係