

II-250

弯曲河道における洗掘と流れの集中度に関する研究

立命館大学院
立命館大学理工学部
日本工営株式会社
(財)河川環境管理財団

学生員 守田克成*
正会員 江頭進治*
正会員 金 海生**
正会員 大槻英樹***

1. はじめに

近年、自然石や人工材料を用いた緩傾斜護岸を有する多自然型川づくりが進められている。しかし、どのような河道条件の下でいかなる護岸工法が適用でき、それがどの程度安全であるのか必ずしも明らかではない。特に、弯曲部においては河道形状と内岸砂州によって外岸部に流れの集中が生じ、護岸敷設の際には流れの集中による流体力の増大に留意する必要がある。本稿は、弯曲部の水理特性に影響を及ぼす河道形状とりわけ弯曲角と護岸形態の相違が流れの集中度¹⁾におよぼす影響について、実験および数値解析によって検討したものである。

2. 実験²⁾および数値解析の概要

実験水路は、図1に示す弯曲中心角 $\theta = 90^\circ$ の台形断面移動床水路である。低水路幅0.8m、高水敷高0.1m、低水路中心線上での曲率半径2.05m、上下流にそれぞれ5.0、4.0mの直線区間を有する。実験条件は表1に示し、護岸形状は図2のようである。数値解析には境界適合型直交曲線座標系での二次元平面流モデルを用い、流砂量式には芦田・道上式を用いる。なお、計算は実験を実施した弯曲中心角 $\theta = 90^\circ$ に加えて、 $\theta = 60^\circ$ 、 120° に対しても同様に行った。

3. 横断形状における実験値および計算結果の比較

図3は、実験(Run52LL, SN)および計算(Run52LL-M, SN-M)による弯曲出口の 90° 断面の水位、河床位形状である。根固めおよび法覆い工の粒径が大きい条件では、河岸は安定しており、根固めの効果によって洗掘は河道中心線より起こる。一方、根固めが無く、法覆い工の粒径が小さい場合、計算(Run52SN-M)においては河岸侵食が見られないものの法尻付近から洗掘が生じている。実験(Run52SN)では法尻付近の洗掘とともに法覆い工の若干の移動により河岸が極めて不安定な状況にある。洗掘が河道中央よりあるのは、河岸侵食と法尻付近の崩壊により河床に堆積した法覆い工が河床の侵食を抑制したためである。計算においては、護岸近傍の深掘れにともなう河床の横断勾配が、動的摩擦角($\phi = 40^\circ$)を越えたとき、護岸の一部が河道中央より崩れるものとしているが、法覆い工の材料の移動は見られず、実験にみられるような洗掘の抑制効果は十分に評価されていない。

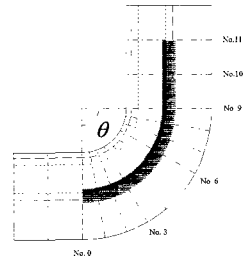


図1 実験水路形状

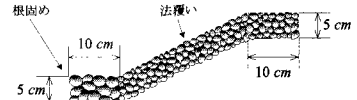


図2 護岸形状

表1 実験条件

	弯曲角	r/B	河床勾配	法面勾配	流量 [l/s]	河床材料 [mm]	法覆工 [mm]	根固工 [mm]
Run52LL	90	2.05	1/500	1:2	40.4	1.13	5.34	9.75
Run52LN							---	---
Run52SS							2.86	5.34
Run52SN							---	---

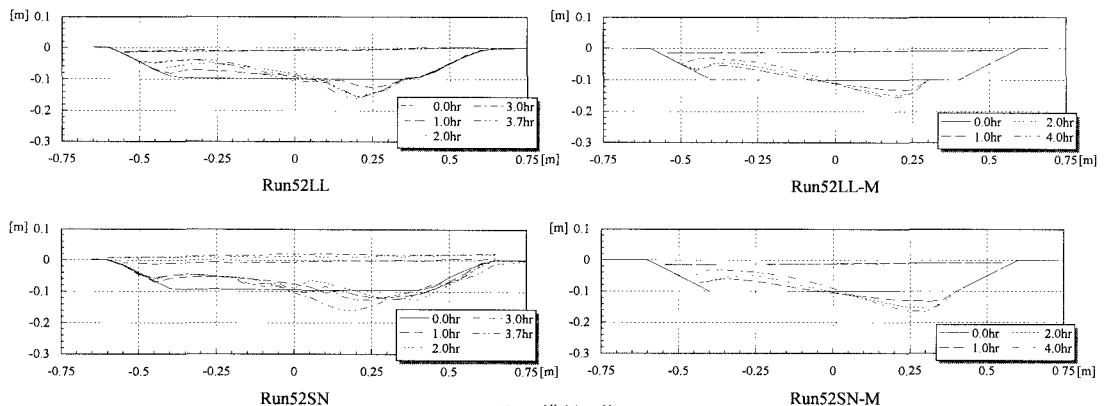


図3 横断形状

Keyword : Curved channel, Bank protection, Bed shear stress

* 〒525-8577 草津市野路東 1-1-1
** 〒300-1245 茨城県稲敷郡茎崎町高崎 2304
*** 〒540-0008 大阪市中央区大手前 1-6-4

TEL 077-561-2732
TEL 0298-71-2001
TEL 06-642-2310

FAX 077-561-2667
FAX 0298-71-2022
FAX 06-942-2118

図4は、外岸の最大洗掘深と内岸の堆積厚の縦断分布を示したものである。プロットされた点は実験結果を示し、破線は計算結果を表す。実験では70°断面付近に最大洗掘が起こり、計算では弯曲出口90°断面付近に位置している。実験では、護岸材料の粒径が大きいほど洗掘深も大きい傾向を示しているが、計算においては護岸形態の相違に関する顕著な違いは見られない。実験(Run52SN)で大きな洗掘が生じたのは、河岸崩壊による局所的な洗掘が生じたためである。

4. 流れの集中度および洗掘深と弯曲角

図5は、弯曲中心角 $\theta=90^\circ$ 水路において計算によって得られた流れの集中度 $(u/u_m)^2$ の横断分布である。弯曲入口では内岸に集中が生じ、次第に外岸へと移動し弯曲出口付近から下流直線部1m(No.10)で最も大きくなっている。外岸部法尻($y/B=-0.33$)での集中度は、護岸粗度に応じて小さくなっている。特に、根固め工のある場合、その効果は大きく、法覆い工の崩壊を防ぐだけでなく、集中度の大きい領域を河道中央よりへ移動させ、深掘れ位置を中央よりへ移動させる機能を有していることがわかる。

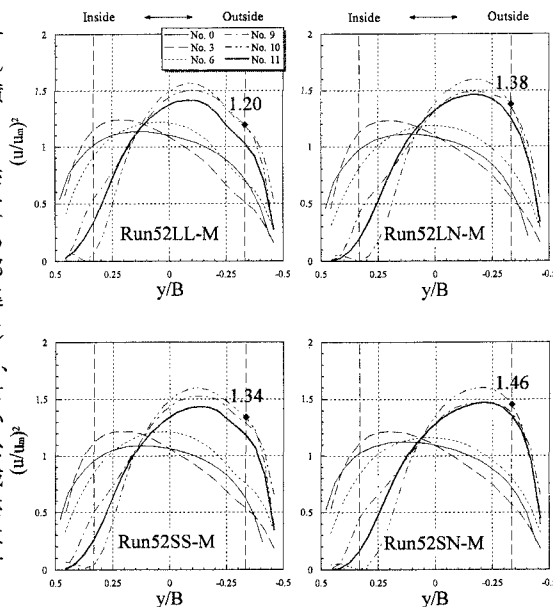


図5 流れの集中度の横断分布

図6は、弯曲中心角 $\theta=60^\circ, 90^\circ$ および 120° 水路における外岸部法尻上における流れの集中度の最大値を示し、図7は最大洗掘深である。いずれも計算値であって、これらの図のRun記号は、表1の護岸の条件を用いた計算値であることを意味している。また、図8は河道中心線上の縦断距離 L を弯曲部の河道中心線長さ L_0 で除したものを横軸にとり、各位置の最大洗掘深と法尻における流れの集中度の縦断分布を示したものである。これらによると、弯曲中心角の相違に関わらず、流れの集中度は弯曲出口の直線部で最大値を有している。その大きさは、図6に示すとおり弯曲中心角の大きい水路において大きくなっている。一方、最大洗掘深には、大きな相違は見られず、いずれも弯曲入口断面の平均水深 h_m のおよそ2倍程度になっている。また、図8にプロットされた点は $\theta=60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ の水路における60°断面に対する法尻での流れの集中度に関する計算結果である。このように弯曲出口における流れの集中度は弯曲中心角とともに変化する。

5. おわりに

弯曲出口近傍の流れの集中度は、弯曲中心角とともに増加し、護岸粗度を設けた場合にはその効果により法尻付近で小さくなる。深掘れ位置は、弯曲出口のやや上流部で発生し、集中度はその下流で生じる。今後、曲率など流れの集中度に影響を及ぼすであろうパラメータを調べ、多自然型護岸に関する有益な情報を提供してゆきたい。

参考文献

- 青木章浩・江頭進治・金 海生・角野 稔・守田克成：弯曲河道における河床変動と河岸せん断力の評価法、平成九年関西支部年次学術講演会
- 芦田和男・大槻英樹・大本雄二：多自然型護岸の実験的研究、河川環境総合研究所報告、第2号、pp.87-105、1996

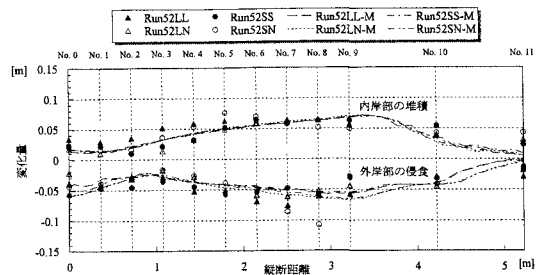


図4 通水3時間後における洗掘深と堆積厚

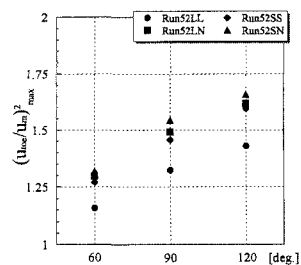


図6 法尻での流れの集中度

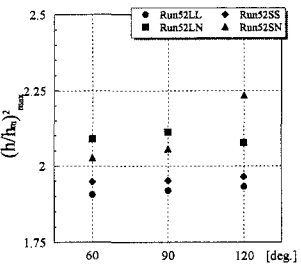


図7 最大洗掘深

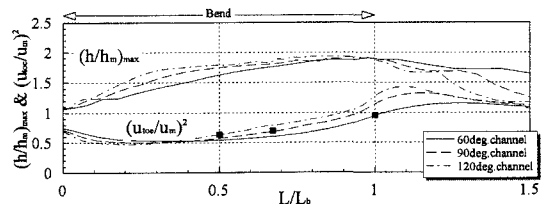


図8 弯曲中心角の相違による洗掘深と流れの集中度の縦断分布