

礫床台形断面水路における河床形状効果  
Effect of gravel bed shape in channel with trapezoidal cross section

安田陽一<sup>1</sup>, ○小林泰士<sup>2</sup>  
Yoichi Yasuda<sup>1</sup>, \*Taishi Kobayashi<sup>2</sup>

Abstract: In this report, the flow condition during flood stage was investigated experimentally in mild slope channel with gravel bed and smooth sidewalls. Flow velocities and water depths in various types of trapezoidal cross sections were measured. The experiments result yield that velocity field and aspect ratio in a quasi-uniform flow depend on side slope and the ratio between horizontal bottom width and top width of water. By consider flood control and preservation of aquatic animals optimum gravel shape might be existed in the cannel.

1. はじめに

河川と接続する水路に求められる機能としては、平水時から豊水時にかけての流量変動に対しては水生生物の移動・休息が可能な環境を確保し<sup>[1]</sup>、洪水時に対しては適切に排水機能を確保することが重要である。また、輸送される砂礫の堆積や掃流にともなう維持管理が容易なことも重要である。都市河川に着目すると河川幅が制限されており、砂礫底面を有する二面張水路となっている場合が多く存在する。河道断面が矩形の場合には、洪水流を速やかに排出でき、治水上有効な断面である。しかし、平水時には水深確保および水温管理が困難であるため水生生物を考慮した河道断面ではない。

河川幅が十分に確保できる河川においては、笹木らによって提案された、船底形断面河道が治水と環境が調和した河道断面であると結論付けている<sup>[2][3]</sup>。しかし、二面張水路においては、治水と環境が調和した適切な河道断面形状は明らかになっていない。そのため、治水と環境が調和した適切な河道断面形状を知るために礫を用いた台形断面水路を提案した<sup>[4]</sup>。礫床台形断面河道の特徴としては、平水時から豊水時までの流量変化に対しては、横断方向に流速および水深が変化し多様な水生生物の移動・休息が可能である。しかし、洪水時においては河床横断勾配を大きくすることで、側岸侵食や過剰な水深上昇の要因となることがわかっている<sup>[5]</sup>。ここでは、緩勾配水路に礫を用いた台形断面河道を設置し、流量規模が洪水時を想定し、疑似等流状態の任意の測定点における各方向の流速および水深上昇に対する底面幅比および河床横断勾配の形状による影響について実験的に検討した。

2. 実験条件

長方形断面水平水路(幅 80cm 高さ 60cm 長さ 15m)において、等流状態の流れが常流である場合を対象とする。ここで想定している水路は二面張水路であり、広範囲の流量変化に対して安全性を確保できるものとしている。洪水時における礫床台形断面河道の断面形状の効果を検討するために、流量規模を一定とし、底面幅比および河床横断勾配を変化させた実験条件を Table 1 に示す。河床材料として混合した 0.8~3cm 径の中礫を用いて台形断面河道を設置した。台形断面河道であることを仮定した定義図を Figure 1 に示す。疑似等流が形成されるように、礫の設置区間は 7.2m とした。礫を設置した区間の河道内の流れを検討するために、河床形状および横断、鉛直、流下方向の流速、水深の測定を行った。横断方向に 0.1m 間隔で 7ヶ所と左岸側の壁際を、流下方向に 2m 間隔に 3ヶ所で底面形状を測定した。ポイントゲージを用いて水路中央部を流下方向に 0.5m 間隔に 15ヶ所で水深を測定した。水深測定

から疑似等流区間を判断し、KENEK 製の I 型電磁流速計を用いて水路中央から左岸側に 5 箇所流速を測定した(採取時間 30sec)。

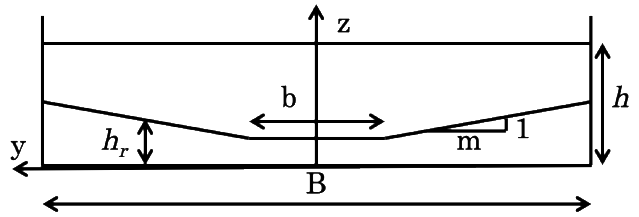


Figure 1 Definition sketch of trapezoidal cross section

Table 1 Experimental condition

1/m	b/B	i	Fr	1/m	b/B	i	Fr
0.00	1.00	1/1200	0.56	0.11	0.375	1/1200	0.59
0.062	0.250		0.58	0.20			0.60
0.11			0.59	0.066			0.59
0.16			0.60	0.061	0.58		
0.21			0.61	0.11	0.59		
				0.19	0.61		

3. 底面幅比が流況に及ぼす影響

流量規模が洪水時の場合を想定し、河床形状および横断、鉛直、流下方向流速、水深の測定を行い、底面幅比  $b/B$  を変化させることによる流況の変化を実験的に検討した。また、河床横断勾配  $1/m$  の大きさの違いによる底面幅比の変化に伴う流況の変化傾向を比較検討した。

河床横断勾配に対するアスペクト比  $B/h_0$  の変化を Figure 2 に示す。河床横断勾配を概ね一定として底面幅比を変化させ、相対横断距離  $y/B$  ごとに、礫天端からの鉛直距離を表す無次元量  $(z - h_r)/h_0$  に対する流速比を表す無次元量  $u/V$  とした無次元流速分布の、 $1/m = 0.11$  の場合を Figure 3 に示す。底面幅比の変化にともなう  $y-z$  断面の流速のベクトル図の比較を Figure 4 に示す。ここで、 $h_0$  は水路中央部の礫天端からの疑似等流水深、 $V$  は疑似等流区間の断面平均流速、 $u, v, w$  は任意の測定点  $(y, z)$  での各方向流速である。

Figure 3 に示した無次元流速分布から、 $y/B = 0.00$  では河床横断勾配が存在しない領域であるため、無次元流速分布は河床横断勾配に関わらず差異のない分布形状になっている。 $y/B = 0.125$  では、 $b/B = 0.125$  の場合には河床横断勾配を有しており、早い流れが  $b/B = 0.25, 0.375$  と比較して下方に生じていることがわかる。また、 $b/B = 0.25$  の場合は河床横断勾配の開始位置であるのに対して、 $b/B = 0.375$  の場合には河床横断勾配が存在しない領域であるため、 $y/B = 0.00$  の流速分布と同様な変化傾向であることがわかる。 $y/B = 0.25$  以上では河床

1: 日大理工・教員・土木, 2: 日大理工・院(前)・土木

横断勾配を有しているため、相対横断距離が大きくなると速い流れの位置が下方に生じていることがわかる。これは底面幅比が小さい方が顕著に見られる。すなわち、同程度の河床横断勾配を有する台形断面河道であれば、水路中央付近では主流幅は水面付近に分布しているため、底面幅比が小さくなると相対横断距離が小さい値から速い流れが下方に生じるため、側岸侵食の要因となるため好ましくない。

Figure 2 に示した河床横断勾配に対するアスペクト比の変化から、 $b/B = 0.375$  の場合には  $1/m = 0.9$ 、 $b/B = 0.25$  の場合には  $1/m = 0.4$ 、 $b/B = 0.125$  の場合には  $1/m = 0.15$  でそれぞれアスペクト比の変化点が存在することがわかる。この結果から、底面幅比が大きくなるとアスペクト比の変化点の河床横断勾配が大きくなることがわかる。すなわち底面幅比を小さくすると、床横断勾配が小さい状態でも水深をせき上げる要因となるため好ましくない。

Figure 4 で示した横断面の流速ベクトル図から、 $b/B = 0.125$  と  $b/B = 0.375$  の場合を比較すると  $b/B = 0.375$  は水面付近の水平方向外向きの流速が増加し、底面付近の水平方向内向きの流速が減少している。一方で、 $b/B = 0.125$  は水面付近の水平方向外向きの流速が減少し、底面付近の水平方向内向きの流速が増加している。底面幅比を変化させることで、二次流の特性が変化することがわかった。Figure 3 から底面幅比を大きくすることでアスペクト比の変化点の河床横断勾配が大きくなることがわかっていいる。これは、底面幅比を大きくすることで、水面付近の合成流速が上昇し、アスペクト比が大きくなり、底面幅比を小さくすることで、水面付近の合成流速が低下し、アスペクト比が小さくなったものと考えられる。さらに、底面幅比を小さくすることは、底面付近の合成流速が卓越し、河床低下を引き起こす要因となるため好ましくない。

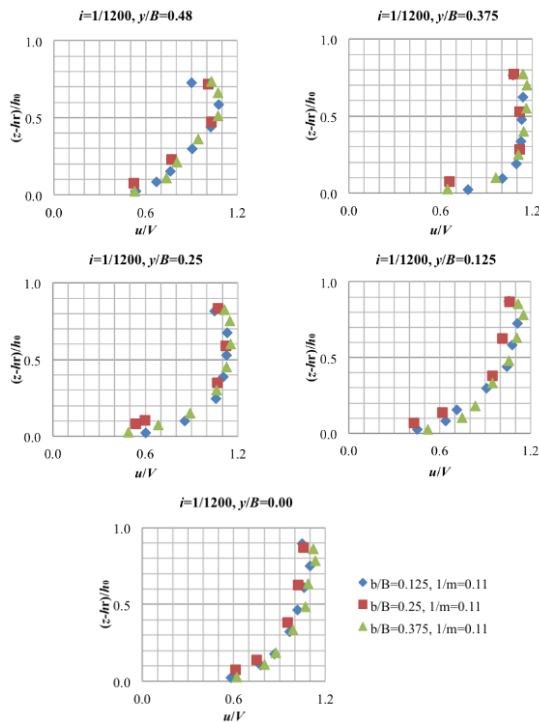


Figure 2 Comparison of velocity profiles for  $b/B$  and  $y/B$   
Figure 3 Change of aspect ratio with side slope

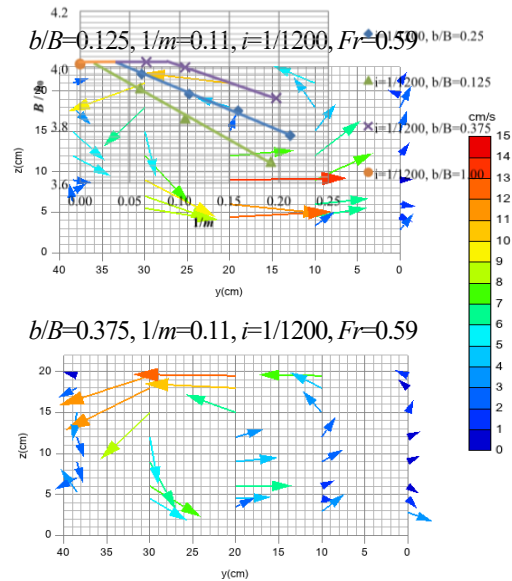


Figure 4 Vector diagram in cross section

#### 4. まとめ

洪水時を想定した場合を対象に適切な河床断面形状を明らかにするために、河床横断勾配および、底面幅比を変化させ、実験的に検討した。河床横断勾配を大きくすると、過剰な水深のせき上げや、側岸侵食の要因となるため好ましくない。また、河床横断勾配を有し、なおかつアスペクト比が矩形断面の場合と同程度にできる底面幅比と、河床横断勾配の組み合わせが明らかになった。さらに、二次流に着目してみると、底面幅比を大きくすると底面付近の合成流速が減少することで河床低下しにくい状態とすることができるとわかった。これらのことから、都市河川等の川幅が制限された二面張の河道断面となっている場合においては、河道断面を  $b/B = 0.375$ 、 $1/m \cong 0.1$  とすることが有効であると考えられる。

#### 5. 参考文献

- [1] 安田陽一,技術者のための魚道ガイドライン-魚道構造と周辺の流れからわかること-,コロナ社,150 pages,2011.
- [2] 笹木拓真,宮原幸嗣,福岡捷二,複断面から船底形断面河道への改修による洪水流況及び低水路河床高の変化,河川技術論文集,第20巻,pp.277-282,2014.6.
- [3] 福岡捷二,温暖化に対する河川の適応技術のあり方-治水と環境の調和した多自然川づくりの普遍化に向けて-,土木学会論文集 F,vol.66,No4,pp.471-489,2010.
- [4] 安田陽一,小林泰土,ボックスカルバート内の流速分布に対する断面形状の影響,土木学会第70回年次学術講演会, II-47,CD-ROM, 2015.
- [5] 安田陽一,小林泰土,礫床緩勾配の台形断面水路における流速分布に対する側壁勾配の影響,土木学会第72回年次学術講演会, II-137,CD-ROM, 2017.