H3-9

礫を設置した緩勾配台形断面開水路中の流速分布に関する実験的検討

Experimental investigation on velocity profiles in trapezoidal open channel with movable gravel bed

○小林泰士[1]，安田陽一[2]

*Taishi Kobayashi[1] , Yoichi Yasuda[2]

Abstract: A part of natural-river has been transferred to a box culvert in the cases of extension of air-port near coast, dam construction, installation of road, and etc. By considering migration route of aquatic animals, hydraulics in trapezoidal open channel with movable gravel bed should be required. In this report, velocity profiles in trapezoidal open channel with movable gravel bed were investigated experimentally in a mild slope, and the effect of cross-sectional configurations due to gravels on the velocity profile was shown by using physical models.

１．はじめに

道路等の設置状況によっては,自然河道の一部にボックスカルバートを用いて転流することがある.ボックスカルバート内は一般的に凹凸が少ないために流速が加速しやすく,矩形断面のために横断方向に流速の変化が小さく,水深が確保されないために水生生物の移動に適していない.従来の取り組みとして,ボックスカルバート内に粗石や玉石を埋め込んで粗度を増やすことによって,平水時の水深を確保し水生生物の移動を妨げないようにしている事例がある[1], [2]. ボックスカルバート内に粗石や玉石を埋め込んだ場合の課題としては流量が増加するとともにボックスカルバート内で流速が大きくなり水生生物の移動が難しくなる場合が有る.これまでの実験で石を埋め込むのではなく,石組みによる緩傾斜型台形断面河道とすることで,流量が少ない場合には,水深及び流速が横断方向に変化し,多様な水生生物の移動・休息が可能な状況となることが分かった.また,流量が増加しても､礫は掃流されにくい状況になっていることがわかった.ここでは,ボックスカルバート内の河道を想定して礫径の異なる混合礫を用いた緩傾斜台形断面河道を形成させ,横断勾配を変化させることにより,流量の変化に対してどのような水深や流速分布が得られるか実験的検討を行った.

２．実験方法

長方形断面水平水路(幅 80 cm 高さ 60 cm 長さ 15 m)の勾配を 1/1200 とし,等流状態の流れが常流である場合を対象とした.想定しているボックスカルバートは広範囲の流量変化に対応できるものを想定している.実験条件を表 1 に示す. 河床材料として 0.3～5 cm 径の中礫を混合したものを設置した.ここでは,0.3～0.5 cm 径を中心とした中礫の使用量と 2～3 cm 径を中心とした中礫の使用量の割合を 7:12 とした.なお,緩斜面台断面形状が成形され易いようにするため,両側に 3～5 cm 径 の中礫を埋め込むように設置した.また,疑似等流が形成されるように,礫の設置区間は 720 cm とした. 緩斜面台形断面と矩型断面とした河道の横断形状を Figure 1 に示す.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,水深及び流下方向の流速の測定を行った.流速,河床形状について,横断方向に 0.1m 間隔で 7 ヶ所と左岸側の壁際を測定し流下方向に 2m 間隔に 3 ヶ所で測定をした.河道内の流下方向の流速を計測するために,KENEK 製のプロペラ流速計(2 cm 径)を用いた(採取時間 20sec).

Table 1. Experimental conditions

	水路勾配	流量規模Q(m³/s)	横断勾配
Case1	1/1200	1.06×10^{-3}	矩形断面
Case2	1/1200	2.74×10^{-3}	矩形断面
Case3	1/1200	1.25×10^{-1}	矩形断面
Case4	1/1200	1.06×10^{-3}	1/18
Case5	1/1200	2.74×10^{-3}	1/18
Case6	1/1200	1.25×10^{-1}	1/18
Case7	1/1200	1.06×10^{-3}	1/13
Case8	1/1200	2.74×10^{-3}	1/13
Case9	1/1200	1.25×10^{-1}	1/13
Case10	1/1200	1.06×10^{-3}	1/10
Case11	1/1200	2.74×10^{-3}	1/10
Case12	1/1200	1.25×10^{-1}	1/10
Case13	1/1200	1.06×10^{-3}	1/6
Case14	1/1200	2.74×10^{-3}	1/6
Case15	1/1200	1.25×10^{-1}	1/6

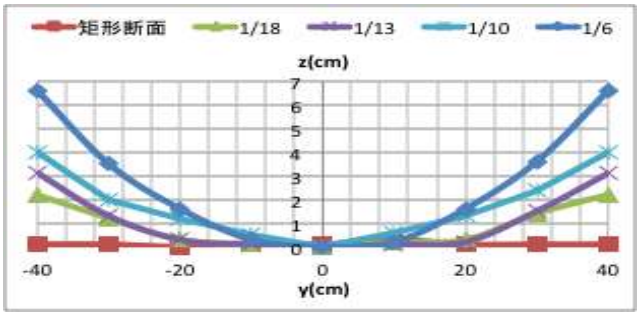

Figure 1. Configurations of the channel bottom

1:日大理工・学部,2:日大理工・教員・土木

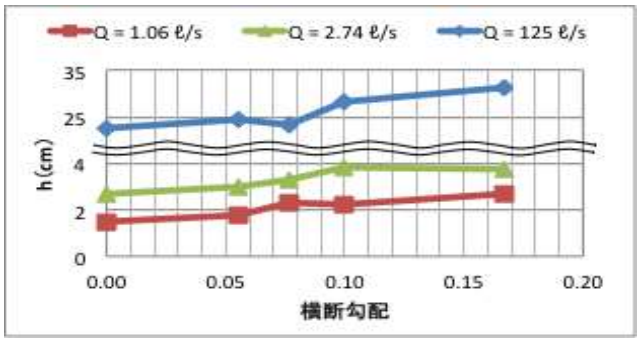

Figure 2. Effect of transverse slope on flow depth

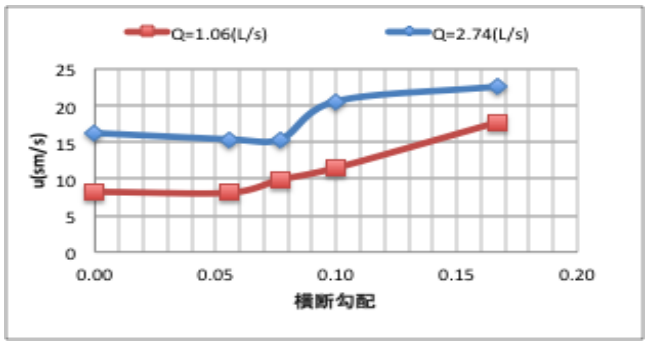

Figure 3. Change of maximum velocity with transverse slope in a quasi-uniform flow

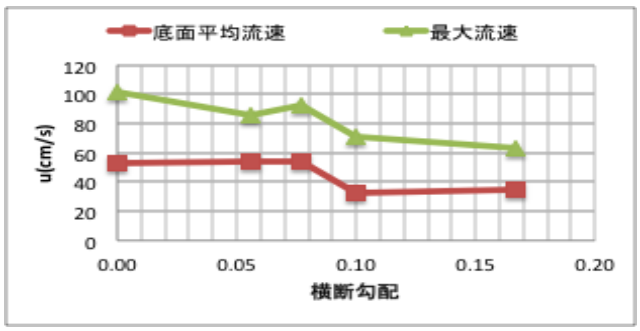

Figure 4. Change of transverse averaged bed velocity and maximum flow velocity with transverse slope for Q=125 ℓ/s

3.実験結果

Figure 2 は,流量および Case ごとの擬似等流区間の平均水深に対する横断勾配の影響を示す．水深が横断勾配に比例して大きくなり,流量が増加するとともに傾きが大きくなっている.また, 横断勾配が 1/13 前後を境界に水深の変化傾向が異なる．これは，横断勾配による冠水幅の変化の違いによるものと考えられる．なお,緩傾斜型台形断面とすることで流量が少ない場合に水深が確保され,水生生物の移動できる環境が確保できることが推定される．

Figure3 は流量規模が Q = 1.06 ℓ/s および Q = 2.74 ℓ/s の場合を対象とした疑似等流区間の断面内での最大流速に対する横断勾配の影響を示す．流量規模が Q = 1.06 ℓ/s の場合,横断勾配が 1/18 より小さくなると，流速の変化がほとんどなく,その一方で 1/18 より大きくなると，流れが中央に集中したため流速は大きくなる.流量規模が Q = 2.74 ℓ/s の場合,横断勾配が 1/13 より大きくなると, 勾配が増加するとともに流速は大きくなる.流量規模によって, 横断勾配の影響が異なるのは冠水幅の違いによるものと考えられる．

Figure 4 は流量規模が Q = 125 ℓ/s の場合を対象とした横断勾配による断面内の最大流速および底面平均流速の変化を示す．横断勾配を大きくすると，水深が増加するため，底面平均流速および最大流速は小さくなる．なお,横断勾配が 1/13 を境界に底面平均流速および最大流速の変化が異なる．横断勾配が 1/13 以下の場合, 横断方向の流速分布の測定結果から横断勾配の影響が小さいことが確認されている．

４．まとめ

礫径の異なる混合礫を用いた緩傾斜型台形断面河道の横断勾配を変化させ,流量変化に対して流速および水深の測定を行い実験的に検討した．

横断勾配が 1/13 前後を境に, 横断勾配による疑似等流区間の水深変化傾向が異なることを示した．また，Q = 1.06 ℓ/s および Q = 2.74 ℓ/s の場合を対象に疑似等流区間の断面内での最大流速に対する横断勾配の影響が横断勾配 1/13 前後を境に異なることを示した．さらに，Q=125 ℓ/s の場合を対象に横断勾配による断面内の最大流速および底面平均流速の変化からも横断勾配が 1/13 前後を境に変化傾向が異なることを明らかにした．

５．参考文献

[1] コンクリートブロック，共和コンクリート URL：http://www.kyowa-concrete.co.jp/seihin/ji-kasen.html.
[2] Jungwirth, M., Schmutz, S., Weiss, S. edit., Fish Migration and Fish Bypasses, Fishing New Books, Vienna, Austria, pp.403-419, 1998.
[3] Chester, K. Wentworth, A scale of grade and class terms for clastic sediments, Journal of Geology, Cicago, Vol.30, No.5, pp.377-392, 1922.
[4] 安田陽一,小林泰士，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.