

粗度高さを変化させた横断勾配のある粗石魚道の流れについて

東洋大学理工学部      正会員    ○青木   宗之

元 東洋大学理工学部（現 関東地方整備局 利根川水系砂防事務所）      正会員      吉田   翔平

東洋大学大学院      学生員      齋藤   圭汰

1. はじめに

魚道は、プールタイプやストリームタイプ、オペレーションタイプの3種類に分類される。これら魚道の研究は頻繁に行われてきており、魚道内の流れや流れに対する魚の行動特性、等々、数多くの研究がなされてきている。そして、魚道機能向上あるいは魚道の改善策の検討も多数行われてきている。著者らは、景観を損なわない、ストリームタイプの粗石魚道に着目している<sup>1), 2)</sup>。また、粗石魚道に横断勾配を設け、遊泳力の弱い魚類も遡上可能であることを示してきた<sup>3)</sup>。しかし、流量が大きいときには魚の遡上が困難であることも示されている<sup>2), 3)</sup>。そこで、本研究は高流量においても魚が遡上できるような工夫として、粗度要素である粗石高さを変化させて水理実験を行った。本研究の目的は、粗度の違いによる流れの比較検討である。

2. 実験概要

図-1に、実験に用いた横断勾配を有する粗石魚道を示す。疑似粗石には、直径5.0(cm)の発泡スチロール半球を用いた。表-1に、実験ケースを示す。Caseは、横断勾配の有無や粗石高さの違いを表している。Case2は、既往研究<sup>2), 3)</sup>と同様に横断勾配 $i_y$ を1/5、粗度（疑似粗石）高さを2.5(cm)としたケースであり、本研究との比較のために併記している。Case3は、粗度を左岸側の疑似粗石高さに横断面で一致させたケースであり、本研究で検討した。なお、Case1は既報<sup>1)</sup>で示した横断勾配のないケースである。

実験は、異なる流量を4パターンで通水させ、水深および流速を計測した。流速は、2次元電磁流速計を用い、サンプリング周波数20(Hz)で512個のデータを計測し、単純平均した。なお、x, y方向の流速を $u, v$ とし、平均流速を $\bar{u}, \bar{v}$ とする。また、平均流速を合成した流速は $V = \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}$ である。

3. 実験結果

図-2に、Case2, Case3の流量 $Q=2.2(l/s)$ および $22.2(l/s)$

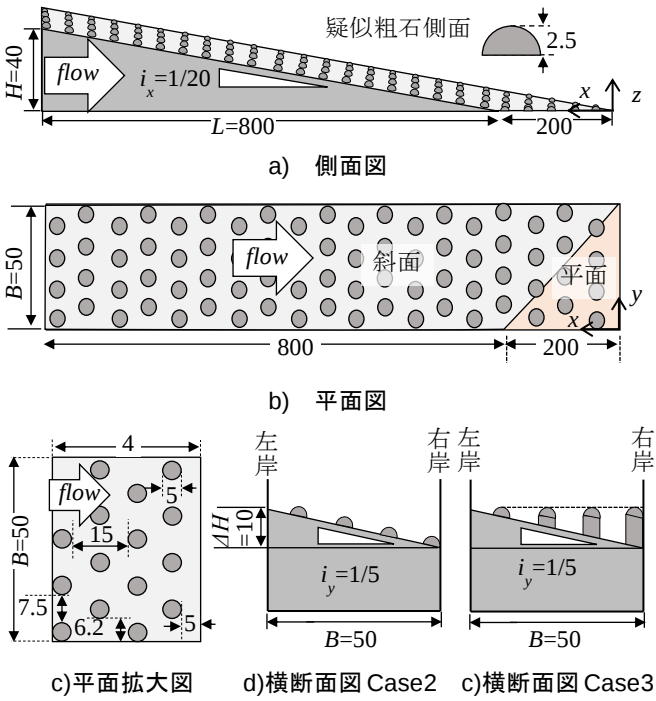


図-1 実験に用いた横断勾配を有する粗石魚道 (単位: cm)

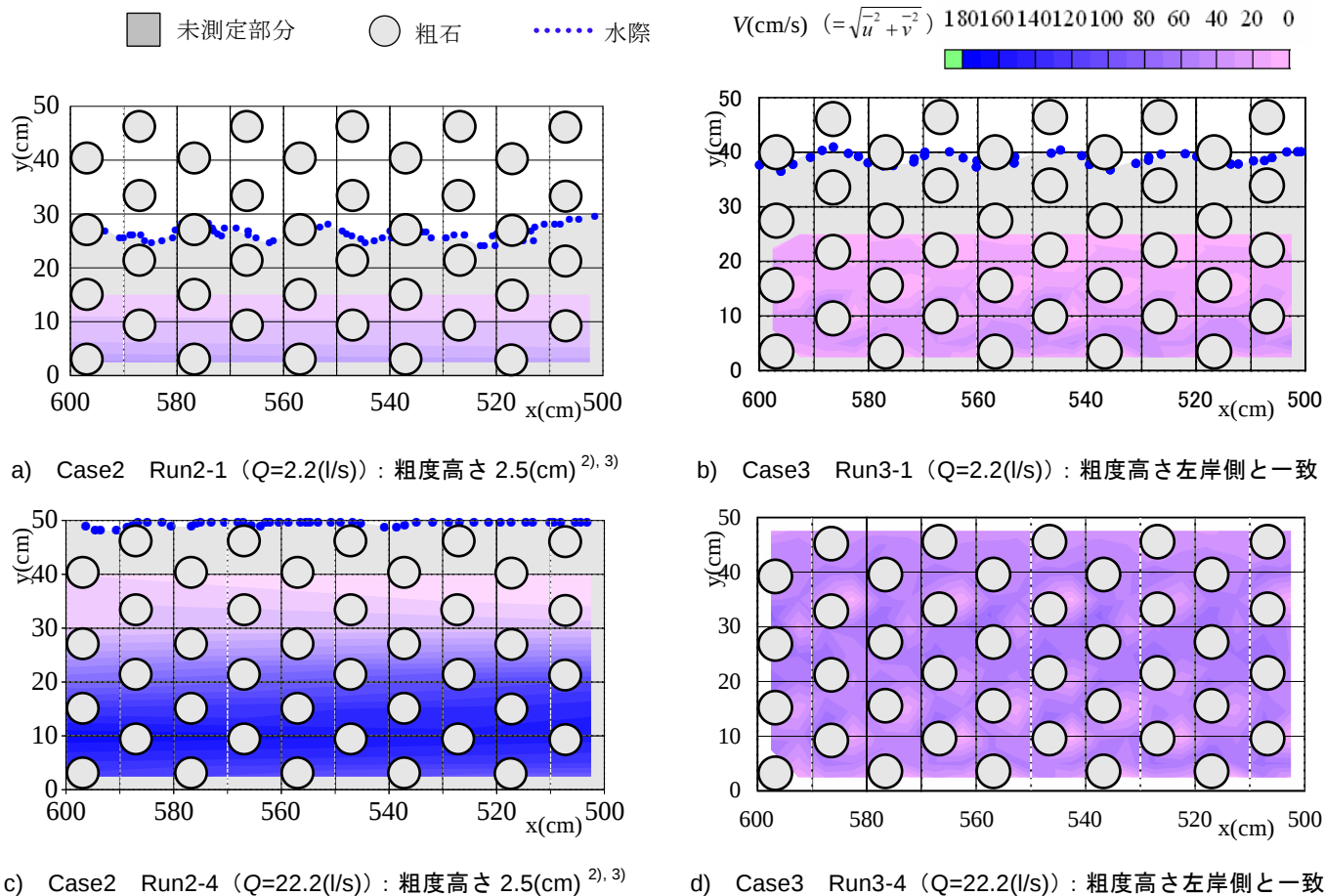
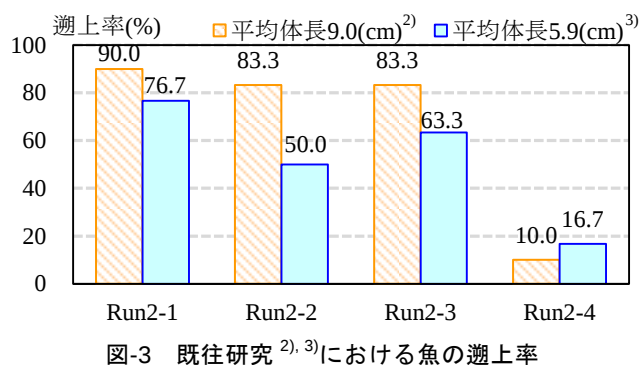
表-1 実験ケース一覧表 (Case2は既往研究<sup>2), 3)</sup>)

| Case | Run | 流量<br>$Q(l/s)$ | 粗度<br>高さ<br>(cm) | 平均<br>体長<br>$\overline{BL}(cm)$              | 粗石<br>密度<br>$\lambda_r$ | 魚道<br>勾配<br>$i_x$ | 横断<br>勾配<br>$i_y$ |
|------|-----|----------------|------------------|----------------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 2    | 2-1 | 2.2            | 2.5              | a: 9.0 <sup>2)</sup><br>b: 5.9 <sup>3)</sup> | 0.16                    | 1/20              | 1/5               |
|      | 2-2 | 4.7            |                  |                                              |                         |                   |                   |
|      | 2-3 | 8.8            |                  |                                              |                         |                   |                   |
|      | 2-4 | 22.2           |                  |                                              |                         |                   |                   |
| 3    | 3-1 | 2.2            | 左岸<br>側と<br>一致   | -                                            | 0.16                    | 1/20              | 1/5               |
|      | 3-2 | 4.7            |                  |                                              |                         |                   |                   |
|      | 3-3 | 8.8            |                  |                                              |                         |                   |                   |
|      | 3-4 | 22.2           |                  |                                              |                         |                   |                   |

における魚道中流部での合成流速 $V$ コンター図を示す。各ケースともに、魚道床から2(cm)での高さの合成流速 $V$ を示している。これは、既往研究<sup>2)</sup>でも分かっているとおり、魚の遊泳深度における流速である。流量

キーワード 粗石魚道, 横断勾配, 粗度高さ, 流れ, 遡上

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学 理工学部 都市環境デザイン学科 TEL: 049-239-1406

図-2 各ケースにおける魚道中流部での合成流速  $V$  コンター図 (魚道床から 2(cm))

$Q=2.2(l/s)$ の Run3-1 および  $Q=22.2(l/s)$ の Run3-4 での流速が、既往研究<sup>2), 3)</sup>での Run2-1 および Run2-4 に比べ 3 ~ 5 割程度減勢していることが分かる。これは、疑似粗石を高くし粗度要素が大きくなった結果、通水断面減少および水深増加をしたためだといえる。併せて、水際が左岸側へ移動した。図-3 は、平均体長 9.0(cm)<sup>2)</sup> および 5.9(cm)<sup>3)</sup>のウグイを用いて実験を行った既往研究の遡上率である。Case2における  $Q=22.2(l/s)$ の Run2-4 では、粗石魚道内での流速  $V$  が 80~170(cm/s) と非常に早く、ウグイが遡上しにくい環境であった。しかしながら、本実験では粗度を大きくすることで水深確保を

行い、流速  $V$  を減勢させた。そのため、Case3 では魚の遡上環境が改善されたと推察される。特に Run3-4 では、30~70(cm/s)の流速  $V$  となったため、体長の大小に関わらず魚道機能の向上が期待できる。

#### 4. おわりに

横断勾配を有する粗石魚道において、粗度要素の高さを変化させた結果、高流量時でも魚道が機能することが示唆された。展望として、多種の魚類を用いて挙動実験を行い、遡上率および実魚の遡上経路等を確認することが挙げられる。

#### 参考文献

- 1) 松木 越, 青木宗之, 菊池裕太, 福井吉孝: 全断面粗石付魚道の機能増進および修復について, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.71, No.4, I\_1105-I\_1110, 2015.
- 2) 松木 越, 青木宗之, 福井吉孝, 櫻井龍太郎: 横断勾配を有する粗石魚道の流れと魚の挙動について, 土木学会論文集 G (環境), Vol.72, No.7, III\_411-III\_417, 2016.
- 3) 吉田翔平, 青木宗之, 斎藤圭汰: 横断勾配のある粗石魚道におけるウグイの遡上行動について, 土木学会関東支部第 44 回技術研究発表会, II-74, 2017.3