

石張り水路における流況特性の景観への適用

APPLICATION OF FLOW CHARACTERISTICS IN CUT-STONE CHANNEL TO LANDSCAPE DESIGN

日本大学理工学部 正員 ○高橋 正行 日本大学理工学部 正員 安田 陽一
 日本大学大学院理工研究科 学生員 神田 志保 日本大学理工学部 正員 大津 岩夫

庭園や公園などの景観・親水設計に「流れの美しさ」を利用する試みが旧来からなされている。これは「流れ」の有する「動」が周囲の「静」なる対照物と調和して美しい景観を創り出すためと考えられる。従来、景観デザインの研究として、落水表情を対象とした研究がある^{1),2)}。一方、景観的に美しい流れの一つとして、溪流河川で見られるせせらぎが挙げられるが、溪流河川で見られるせせらぎを景観設計に取り入れるために必要な流況特性は明らかにされていない。本研究では、登録有形文化財(建造物)として登録されている長野県松本市を流れる牛伏川上流部の流路工で観察されるせせらぎの流れ(写真-1)を対象として、景観設計に必要な流況特性を検討する。すなわち、牛伏川流路工で見られた河床の凹凸形状を単純化した矩形ブロックを急勾配水路に設置し、ブロック上の流れの流況を系統的に明らかにし、流況区分、形成領域を示した。また、牛伏川流路工で現地計測した結果との比較を行った。

実験

表-1 に示す実験条件の基で幅 80 cm、長さ 15m の長方形断面水路に 1/5, 1/10, 1/15 の急勾配水路模型を設置して実験を行った。急勾配水路上で 3 次元的な水面の凹凸を伴った流れが形成されやすくするため、縦横断等間隔に矩形ブロック(図-1)を千鳥に配列した。牛伏川流路工で見られた河床の凹凸形状は図-2 に示すようなほぼ四角錐であり、集中密度(この場合、流体が衝突する方向から見た水平投影面積を四角錐の底面積で割った値の百分率) I を調べてみると 6.7%~16% である。また、開水路流中の流水抵抗が最も大きくなる時の集中密度(この場合、粗度高さを粗度間隔で割った値の百分率) I は 10% である^{3)~5)}。射流の流水抵抗が大きい場合、射流の流脈が乱れやすく水面の凹凸が形成されやすくなり、流れの表情が豊かになるものと考え、集中密度 I (この場合、流体が衝突する方向から見た水平投影面積をブロック 1 個当たりの占有面積で割った値の百分率) を 10% とした。

表-1 実験条件

流量(Q/s): $1.93 \leq Q \leq 80$
勾配: 1/5, 1/10, 1/15
ブロック高さ s : 4.2 cm
斜面長 L : 1.80m
集中密度 $I=10\%$
$0.42 \leq s/dc \leq 4.4$

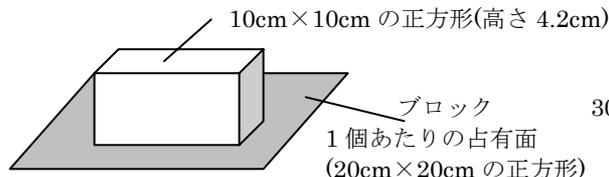


図-1 矩形ブロック部材

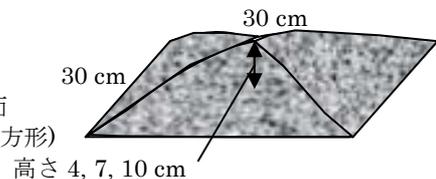


図-2 牛伏川流路工河床ブロック形状

流況説明

矩形ブロック上の流況は勾配 $\tan\theta$ 、ブロック高さ s 、流量 Q 、斜面長 L 、およびブロック集中密度 I によって変化するものと考えられる。流況の支配因子を無次元化して表示すると次のようになる。

$$\text{流況の形成} = f(\tan\theta, I, s/dc, L/s) \quad (1)$$

与えられた $\tan\theta$, I , L/s に対して、流況は s/dc の大きさによって変化し、3 つに区分することができることを実験的に明らかにした。

すなわち、ブロックの間隙を流れる流況(Type A)、ブロック前方に表面渦が形成される流況(Type B)、ブロック上を射流で流下する流況(Type C)に分類される。

Type A この流況は流量が極めて少ない状態で(s/dc が大きい場合に)形成され、ブロック上を越える流れは観察されない。同一な s/dc に対して、勾配が大きくなると、ブロック前方に弱い跳水の形成が見られるようになる(写真-2(1)-(3))。

Type B Type A の状態から流量を増加させると(s/dc を小さくすると)、ある段階でブロック前方に表面渦が形成される。この場合、ブロック上を乗り越える流れが観察されるようになる。同一な s/dc に対して、勾配が大きくなると、空気混入が顕著となり、ブロック前方の表面渦始端とブロックまでの距離が縮まるようになる。また、ブロックを乗り越える流れの流脈が乱れるようになる(写真-3(1)-(3))。

Type C Type B の状態から流量を増加させると(s/dc を小さくすると)、ある段階でブロック前方の表面渦は



写真-1 牛伏川流路工における流況

観察されず、射流の状態ブロック上を流下する。同一な s/d_c に対して、勾配が大きくなると、射流の水面が凹凸に大きく影響され、空気混入の伴った流れが形成されやすくなる(写真-4(1)-(3))。



(1) 1/15 勾配の場合



(2) 1/10 勾配の場合



(3) 1/5 勾配の場合

写真-2 Type A の流況



(1) 1/15 勾配の場合



(2) 1/10 勾配の場合



(3) 1/5 勾配の場合

写真-3 Type B の流況



(1) 1/15 勾配の場合



(2) 1/10 勾配の場合



(3) 1/5 勾配の場合

写真-4 Type C の流況

各流況の形成領域

Type A, B, C の各流況の形成領域を図-3 に示す。図に示されるように、勾配が大きくなるにつれて、ブロック前方で表面渦が形成される流況 Type B の形成領域が狭くなる。また、Type B から Type C に遷移し始めるときの相対ブロック高さ s/d_c は勾配が 1/5 から 1/15 の範囲ではほぼ同じ値を示す。

牛伏川流路工で計測した結果と比較すると、図に示されるように、Type B の領域にデータがプロットされた。また、現地で観察された流況とほぼ類似であることから、矩形ブロックを用いた本実験結果で現地と同様なせせらぎが再現できたことを確認することができた。

参考文献

- 1) 逢澤正行, (2002), 景観水理学序論(落水表情の造形), 鹿島出版
- 2) 逢澤, 篠原, (1998), 自由落下型の落水表情についての実験的研究, 土木学会論文集, No.593/II-43, pp.105-115.
- 3) Sayre, W.W. and Albertson, M.L., (1963), Roughness Spacing in Rigid Open Channels, Trans. ASCE, Hydr. Div., Vol.128, Part I No.3417.
- 4) 足立, (1964), 人工粗度の実験的研究, 土木学会論文集, No.104, pp.33-44.
- 5) 後藤浩, 安田陽一, 大津岩夫, (2003), パッフルブロックによる跳水の制御、流体力の評価とその応用に関する研究論文集、第2巻、pp.13-16.

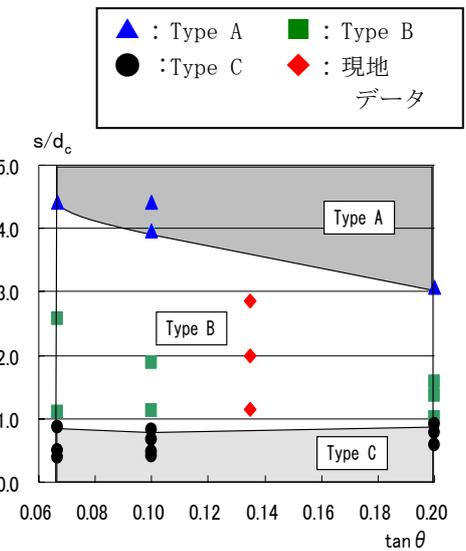


図-3 各流況の形成領域