

題目 急流都市河川における環境に配慮した改修技術に関する研究

九州大学 学生員 眞砂 祐貴

持続可能な社会構築のための決断科学センター 正会員 巖島 怜

九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 島谷 幸宏

1.背景および目的

我が国の都市化が進むにつれ、水を速やかに下流に流すことで治水を行う目的で三面コンクリート張りの直線形の河川が多く作られてきた。しかし、生物の生息環境の劣化、河川の人工化による自然度の低下など、環境への悪影響が問題視されてきた。そこで、近年、河川の自然再生というものに注目が集まり、我が国でも数多くの河川で実践されてきた。しかし、市街地を流れる急流河川の自然再生の事例は少なく、環境に配慮した急流都市河川の河川改修技術はまだ構築されていない。

本研究は長崎市内を流れる二級河川である浦上川水系大井出川を対象地とした(図-1)。大井出川は、平均河床勾配が約 1/170 で、住宅が密集した地域を流れる河川である。大井出川では、現在改修工事が行われており、その際に環境に配慮した河道にするために(図-2)の区間の河道設計を検討中である。2/128.39 地点には急縮部が存在し、そこで水位が急増するため洪水時の災害ポテンシャルが高くなっている。そこで、落差工と水制工を用いて落差工下流部の流速を落とすような河道設計を行う。落差工には、射流の発生による河床材料の流失、落差による遊泳魚の遡上障害、広範囲に敷設される護床工による水生生物の環境の喪失等の問題点があるが、福留らが提唱する step-pool 構造の落差工は、低落差で step-pool を繰り返し流速を抑えることで高い環境改善効果を得られるとされている。¹⁾ プールの深さと長さを算出する式として、 $D=2d$, $L=1.5U_1^2$ (D : 必要なプール深さ(m), L : 必要なプール長さ(m), d : 落差(m), U_1 : 1 段目の落差工を越流する前の流速(m/s)) という考え方が数馬田らによって提唱されているが、実験のケースが少なく、step-pool 構造の落差工の技術が確立されているとは言えない。流速を緩和する方法として、もう一つ水制工の設置がある。急縮部手前に水制工を設けて流れを右岸側に寄せること

で急縮部での流速を低減させることが出来る。そこで、本研究では step-pool 型落差工と水制工を組み合わせ水コントロールするような河道設計を目的とし、模型実験を行った。



図-1 対象河川

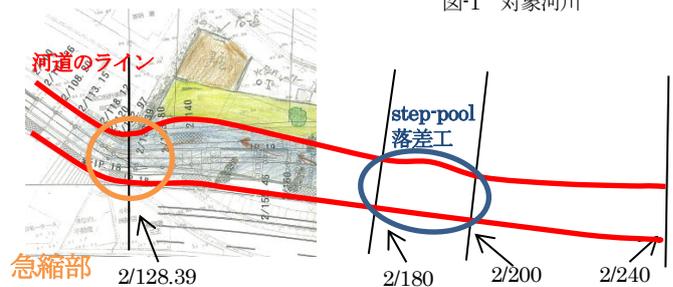


図-2 改修工事計画案平面図

2.模型実験の方法

模型の再現範囲は 2/103.26 地点から 2/240 地点の約 140m とし、相似則にはフルード相似則を用いた。縮尺は 1/33 とし、これは今回の改修案の対象流量である生起確率 1/10 の流量時に最低水位が表面張力や水の粘性の影響を無視できる水深である 3cm 以上を確保できることや実験スペースの問題を考慮して最適だと判断した値である。河床は移動床とし、河床材料は実際のスケールで $d_{60}=6\text{cm}$ となるように、模型上で $d_{60}=2\text{mm}$ のものを使用した。この代表粒径は、マンニングの式から導き出した摩擦速度と代表粒径の関係を表したグラフにより決定した(図-4)。step-pool 構造の検討は、計 8 通りを実験した。自然溪流では $(H/L)/S$ (H : 平均 step 高; L : 平均 step 間隔; S : 河床勾配) 値が 1 から 2 であることが多い。²⁾ そこで、 $(H/L)/S=1$ の場合と 2 の場合の構造を考え、また、それぞれの場合で $H=80\text{cm}$ の 2 段で構成したものと $H=53\text{cm}$ の 3 段で構成したものを作り、流量は $55\text{m}^3/\text{s}$ (生

起確率 1/2)と計画対象である 80m³/s(生起確率 1/10)との2通りで実験した。計測項目は水位, 6割水深における流速, 河床変動量である。計測地点は, 各プールの最も深い横断面と, 2/140 地点から 2/220 地点を 20m 間隔で測定した。各断面を水路幅により 5 から 7 分割し, 測定地点決定した。

表-1 各物理量の縮尺

| 諸元 | 次元 | 縮尺 | n=33 のとき |
|------|--------------------|----------------------|-------------|
| 距離 | L | 1 : n | 1 : 33 |
| 体積 | L ³ | 1 : n ³ | 1 : 35937 |
| 時間 | T | 1 : n ^{1/2} | 1 : 5.74 |
| 流速 | L/T | 1 : n ^{1/2} | 1 : 5.74 |
| 流量 | L ³ /T | 1 : n ^{5/2} | 1 : 6255.83 |
| 粗度係数 | T/L ^{1/3} | 1 : n ^{1/6} | 1 : 1.79 |

表-2 実験ケース

| case | 流量(m ³ /s) | H(m) | L(m) | S | (H/L)/S |
|-------|-----------------------|------|------|------|---------|
| case1 | 55 | 0.8 | 8 | 1/10 | 1 |
| case2 | 80 | 0.8 | 8 | 1/10 | 1 |
| case3 | 55 | 0.8 | 4 | 1/10 | 2 |
| case4 | 80 | 0.8 | 4 | 1/10 | 2 |
| case5 | 55 | 0.53 | 5.3 | 1/10 | 1 |
| case6 | 80 | 0.53 | 5.3 | 1/10 | 1 |
| case7 | 55 | 0.53 | 2.65 | 1/10 | 2 |
| case8 | 80 | 0.53 | 2.65 | 1/10 | 2 |

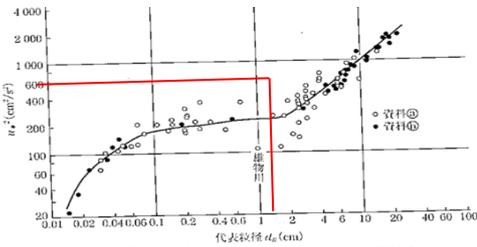


図-4 日本の沖積河川の μ^2 と d_{60} の関係

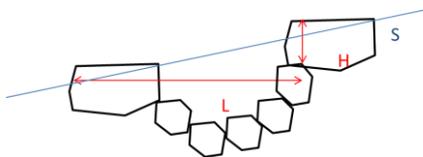


図-6 step-pool 簡略図

3.結果

(1) 落差工のみを設置した場合の出水時の再現

(a) 流速

生起確率 1/10 の流量 (case2, case4) では両者の違いはほぼ見られないが, 生起確率 1/2 の流

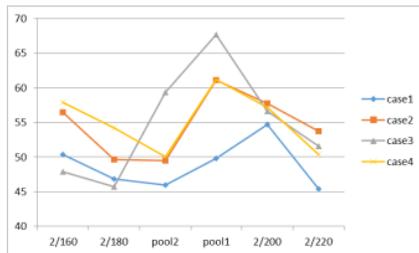


図-5 断面平均流速分布

量 (case1, case3) を見比べてみると $H/L/S$ の違いによる影響が確認できる。また, 落差工最下段のプールに水が沈み込むことで一時的に流速が減少していることが確認

できる (図-5)。

(b) 水位

プール間隔が短いとプール下流で跳水が生じ, 流量が大きいほど跳ね上がりも大きくなっている。

(c) 河床変動

全てのケースで, 落差工上流で河床が洗掘されて下流側で堆積していること, 左岸護岸付近で洗掘されやすいことが確認できる (図-6)。

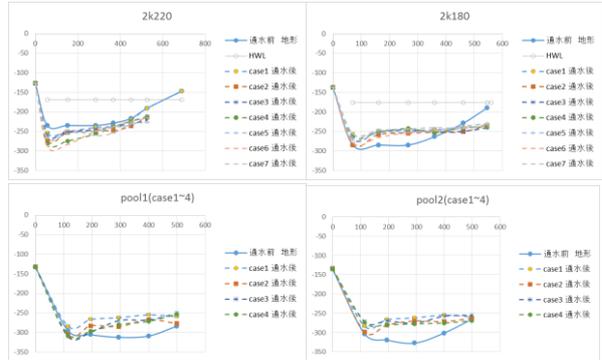


図-6 各断面の河床変動分布

(2) 分散型落差工と水制工を組み合わせた場合の出水時の再現実験は, 今後行っていく予定である

4.考察

case2, case4 で流速に違いが見られなかったのは流量が大きくなると水が step-pool を飛び越え構造による違いが反映されなくなったためであると考えられる。また, 落差工下流では一時的な流速低減により, 上流から運ばれてきた土砂が堆積し河床高が増大したものと考えられる。左岸護岸付近で河床の洗掘が大きいのは, 護岸の粗度が河床に比べ小さいために左岸側の流速が他より大きく, 掃流力が大きいことが原因だと考えられる。

5.今後の課題

今後は, 水制工を組み合わせた場合も含めてプール長をより大きくしたケースを実験して, 水制工と step-pool を用いた最適な河道設計を考えていく。また, 流量の違いによって step-pool 構造による流速低減効果に違いが見られたので, 流量と流速低減効果の関係を実験により調べていこうと考えている。

6.参考文献

- 1) 数馬田 貢(2012)『ステップ・プール構造の落差工設計と現場への適用について』
- 2) 劉 義涛(2013)『山地溪流における自然環境配慮型の河川工法の評価に関する研究』