

H-9

直線水路化された河川を対象とした砂礫帯の礫の安定性に関する実験的検討

Experimental investigation on stability of gravel bed in a straight channelized river

○安田陽一¹, ピエトロ ベレッタピッコリ マルコ²Youichi Yasuda¹, Pietro Beretta Piccoli Marco²

Abstract: In a straight channelized river, in steep slope, a high velocity flow is formed during flood stages, and it might be easy to transport a lot of gravels from downstream of gravel region. The formation of naked rock in the channelized river might cause disappearance of refuge region and habitat space of aquatic animals. This study presents experimental investigation on the stability of gravel region during flood stages by using 1/15 scale model. The stability of gravel region in the channelized river might be caused by the installation of trapezoidal mount at downstream end of gravel region, a stacked structure of gravel, gravel thickness, and gravel size.

まえがき

防災上の観点から直線化された河道において、砂礫帯が流出し露岩された状態になることが報告されている。特に、急勾配河川において露岩した状態から礫河床に復元することは高速流の制御、および水生生物の避難環境、生息環境の確保に必要なことである^{1,2)}。残念ながら露岩した状態から礫河床に復元する技術は確立していないため、どの程度の礫の大きさをどの程度の層にして復元すればよいのか、不明である。また、洪水時に礫層全体の安定性を確保するために必要な条件が示されていない。ここでは、100分の1勾配の矩形断面水路を直線化された河川と想定して、1/15縮尺で平均粒径2cm前後の礫を用いて平坦に4cm程度の層にして設置した場合に流量変化に対して礫の安定性を実験的に検討した。

実験概要

実験は15m長さ、80cm幅、60cm高さを有する矩形断面水路に、Photo 1,2,3に示すように、平均長さが1.6cmを有する礫(計159.4kgw)を4.70m区間(x=300cmからx=770cm)に設置した。Figure 1に使用した礫(短辺、長辺、高さの平均)の粒度分布を示す。なお、礫が重なり合って安定すること(Photo 4参照)を考慮して、碎石を使用している。また、礫の群体が流出しにくいように、群体下流端に高さ4cm、底部の長さ25cm、頂部の長さ10cmの台形型の鋼製マウントを設置した。



Photo 1 Gravel thickness (about 4 cm) Photo 2 Installation of gravel flatbed Photo 3 Steel mount at downstream end

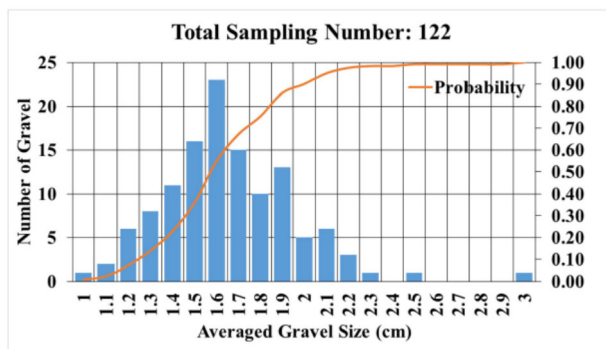


Figure 1 Gravel averaged size distribution

Photo 4 Formation of stacked boulders for Case 4

1: 日大理工・教員・土木 2: 日大理工・臨時職員・土木



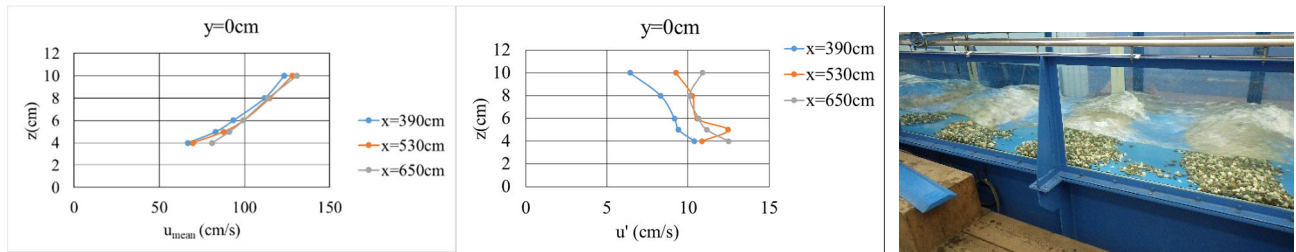
(a) Case 1

(b) Case 2

(c) Case

(d) Case 4

Photo 5 Flow conditions for Cases 1, 2, 3, and 4



(a) Mean velocity

(b) Standard deviation for x-direction Photo 6 transported gravels

Figure 2 Velocity distribution at center part (Case 4)

without mount at downstream end

実験結果

流量 Q は 0.0585 (Case 1), 0.0864 (Case 2), 0.114 (Case 3), 0.143 (Case 4) m^3/s を設定し、平坦に設置した礫の挙動を確認したところ、写真 5 に示されるように、本実験で検討とした範囲では、礫の流出はほとんどなく、水面はほぼ水路と平行であり、定常的なうねりは形成されていない。また、礫の移動については、礫の群体上流端では、流量の増加に伴い、湾曲上に侵食箇所が見られ、最大で設置した起点から 30 cm 程度後退した。ただし、流量を 0.143 m^3/s にして 4 時間経過した後でも後退長さに大きな変化は見られなかった。また、礫設置区間の礫の流出数について、Case 1 では 2 個(0.03%)、Case 2 では 10 個(0.17%)以下、Case 3 では 15 個(0.26%)以下、Case 4 では 4 時間経過後には 130 個(2.2%)以下であった。なお、礫設置区間全体の総数は 5900 個（総重量から平均径から球体とみなして試算した礫 1 個当たりの重量で割って個数を算定したもの）である。流量増加に伴い、写真 4 に示されるように、石組みした状態が増え安定した状態となっている。なお、礫を 1 層のみ敷いた場合、局所的に水路滑面が露出し、安定度は低くなっている。すなわち、礫径の 3 倍程度の厚さがあることによって互いに重ね合う状態となり、安定性が得られやすくなるものと考えられる。図 2 は Case 4 を対象に水路中央の $x=390\text{ cm}$, 530 cm , 650 cm での流速の鉛直方向の分布を示す。左側の図は流下方向の時間平均した流速、右側の図は乱れ強さ（標準偏差として表示）を示す。図に示されるように測定位置による平均流速分布の違いは小さい。また、乱れ強さについては、測定時間が 30s であるため、鉛直方向分布に規則性が見られないが、乱れのオーダーについて測定位置による違いは小さい。なお、同一の x に対して横断方向に測定位置を変えて検討すると側壁付近のみ水面近くの流速が小さくなる傾向を示した。乱れ強さについても同様に小さくなる傾向となった。Case 4 の流量規模において、礫の群体の下流端に設置したマウントを外すと、写真 6 に示されるように、20 分も経過しない内に礫が下流側に流出し、波状水面が形成され、波の凸部に礫が堆積した状態になる。

まとめ

直線化された河川の砂礫が流出し露岩が進行した場合の改善策として、礫が重なり石組みできる礫形状および礫径が必要であることを実験によって示した。また、礫層の厚さが平均粒径の 3 倍程度あることによって、礫同士の安定性に寄与することが確かめられた。さらに、礫設置群体の安定化を図るために、ここでは鋼製のマウントを設置したが、巨礫を利用し埋め込むなどの工夫をすることによって、礫の群体が安定することを定量的に示した。直線化された河川に多様な流れを形成させ¹⁾²⁾、水生生物の棲息、避難環境を確保するためには礫を平坦に設置するのではなく、礫洲などの起伏をつけていく必要がある。

参考文献

- 1) Pietro Beretta 他 2 名, Eco-Hydraulics and Management session, IAHR Congress APD, Zoom meeting, 2020.
- 2) Youichi Yasuda and Pietro Beretta, River flow 2020, Uijtewaal et al (editors), Reference number 0152, Zoom meeting, 2020.
- 3) Youichi Yasuda, Improvement of flow condition in channelized river due to stacked boulders, 2nd ACEER 2020, invited lecture, 2020.