

# 土砂捕捉効果に対する効率的なブロックの配置に関する実験的研究

## Experimental study of block to capture sand on exposed bedrock

北海道大学工学部環境社会工学科  
 北海道大学大学院工学院  
 北海道大学大学院工学研究院助教  
 北海道大学公共政策大学院教授  
 北海道大学大学院工学研究院助教

○学生員 小舘 亮太 (Ryouta KODATE)  
 学生員 及川 森 (Shin OIKAWA)  
 正員 山口 里実 (Satomi YAMAGUCHI)  
 フェロー 清水 康行 (Yasuyuki SHIMIZU)  
 正員 田中 岳 (Gaku TANAKA)

### 1. はじめに

#### 1. 1 背景

現在、全国各地の河川で河床の露岩化による河床低下が報告されている<sup>1)</sup>。北海道の中心都市である札幌市街地を貫く豊平川中流部(図-1)、南一条大橋から南二十二条大橋までは河床低下を抑制するために床止工が施されているが、五輪大橋よりも上流部は床止め対策が施されておらず、河床が露岩化している部分が目立つ(図-2)。

河床露岩化の原因としては、ダム建設による土砂捕捉や上流部での過剰な砂利採取などの原因で上流からの河床材料の供給が遮断されたり、捷水路や護岸工事などによる河道の直線化で掃流力が卓越したりし、河床のバランスを保つ河床材料が一掃されることが考えられる。

ひとたび河床が露岩してしまうと、洪水時などにその河床上を流される土砂の摩擦によって岩盤は摩耗し、一方的に河床低下が進行する。通常時であっても、露岩化による河床粗度の減少から土砂が捕捉されにくくなり、礫河床は復元することなく、河床は低下の一途を辿る。

河床低下に併発する河川水位の低下により、農業用水の取水が困難になること、高速流発生による側岸侵食とそれに伴う護岸の安定性低下、水生生物の育成場所の減少など、様々な悪影響が発生する。このように礫河床を復元させ河床低下を抑制することは、利水面、治水面、環境面いずれにおいても極めて重要であるといえる。

現在、礫河床を復元させ、河床低下を防ぐため、上流部ダムにおける堆積土砂を下流部へ流すという試みがある。しかし、前述の通り、粗度の低い岩盤上では土砂が通過し易く、これだけでは本問題の対策としては不十分であるといえる。したがって、流れてきた土砂を効率よく捕捉し堆積させることも加えて検討する必要がある。

#### 1. 2 目的

そこで本研究では、露岩した河道上に構造物を配置し、上流部より流れてくる土砂を捕捉して堆積させる実験を行った。このとき流下能力を阻害することなく、礫河床を復元させる構造物として、流水抵抗を変化させるブロックを採用した(図-3)。本実験ではブロックの配置パターンによって、捕捉される土砂量が異なることに着目し、より効率良く土砂を露岩部に留めておけるような配置を考え、それらを比較した。より少ないブロックの数で多くの土砂を捕捉できることは経済的にも利点があるといえる。その効果を検証するために、流量と粒径を変えてブロックの配置が土砂捕捉に与える影響に注目した。



図-1 豊平川上流部五輪大橋下流部<sup>2)</sup>



図-2 豊平川上流部五輪大橋下流部

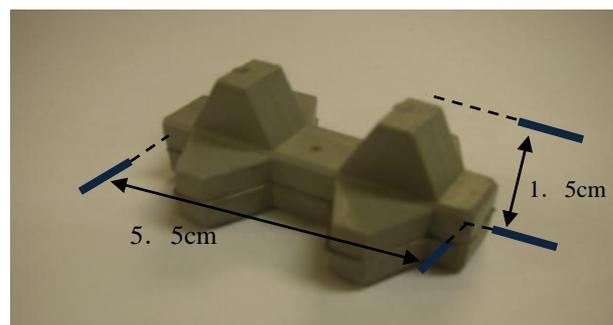


図-3 トラスフィット型模型

2. 土砂捕捉に関する実験

2. 1 実験水路

豊平川の露岩箇所(図-1)を実験の対象とする。

実河川では、低水路幅は約 25m, 河床勾配は 1/160 である。低水路内は横断方向にほぼ一様平坦で、河床材料の平均粒径は約 160mm である。一方、室内実験水路では図-4 に示すような全長 8m, 幅 0.3m の水路を用い、3 パターンのブロックの置き方に対して 2 種類の流量と 2 種類の粒径の土砂を流し、計 12 ケースの実験を行った。水路勾配は、現地河道に合わせて、 $I=1/160$  とした。低水路幅を基準とした水路模型縮尺は 1/65 である。河床は木材できており、粗度は 0.01 である。対象流量としては、年最大規模の流量  $200(m^3/s)$ , 3~6 月の融雪期平均流量  $80(m^3/s)$  の 2 種類とした。



図-4 実験水路

2. 2 水路中の構造物

設置する構造物の模型としては、図-3 に示すような突起構造を持ち、減勢効果が得られるブロックを使用する。模型底面は水路と平行であり、河床面に一致している。高さ 1.5cm, 横 5.5cm である。模型を設置する場所については、表-1 内の配置図に示すように、水路横断方向に 1 列になるようブロックを 2 個設置し、間隔を変えて 3 パターンを検討した。ここで、表-1 内の図中に示すように、2 つの十字型を連結させたものでブロック 1 個分として簡易的に表す。

- パターン A : 水路中央に 2 個配置
- パターン B : 水路両壁面近傍に 1 つずつ配置
- パターン C : ブロックと壁面、ブロック同士を等間隔に配置

2. 3 実験条件

実験条件は、表-1 に示す通りである。流量は、2 章 1 節に示した値、年最大規模の流量  $200(m^3/s)$ , 3~6 月の融雪期平均流量  $80(m^3/s)$  をフルード相似則より水路模型縮尺 1/65 にスケールダウンしたものを使用している。実験開始時を時刻 0 分とし、どのケースでも実験開始直後から時刻 1 分まで絶え間なく給砂し、45 分経過以降は投入した土砂の一部が水路上に堆積し移動しなくなったため、通水終了時刻を 60 分で打ち切った。供給する土砂は、対象区間における河床材料の平均粒径を水路幅模型縮尺にスケールダウンしたものを基準として 2 種類を使用した。それぞれ 1.7~2.3mm, 及び 2.8~3.8mm の範囲でばらつきがあり、それらの代表粒径としてそれぞれの平均値 2mm, 3.3mm を用いた。いずれも比重 2.65 である。なお、どのケースにおいても総給砂量は 250ml で統一した。

本実験では全土砂供給量に対して通水終了時に水路上に残っている土砂量の割合(以下、トラップ率と呼ぶ)を測定した。給砂終了後 59 分間無給砂通水を行い、時刻 60 分において水路上に残っている土砂量をトラップ率を測定する際に用いた。また通水終了時の水路上に堆積している土砂の様子は、水路上方よりカメラにて撮影した。

表-1 実験条件とブロックの各配置パターン

実験番号	配置図	流量 $Q(l/s)$	平均粒径 $d(mm)$
run A-1		3.4	2
run A-2			3.3
run A-3		1.6	2
run A-4			3.3
パターン A			
run B-1		3.4	2
run B-2			3.3
run B-3		1.6	2
run B-4			3.3
パターン B			
run C-1		3.4	2
run C-2			3.3
run C-3		1.6	2
run C-4			3.3
パターン C			

3. 実験結果

各ケースとも 3 回の繰り返し実験を行った。3 回の実験で、トラップ率の差異はいずれも 6%以内であり、それらのデータの平均値を代表値として用いた。

流量の違いに着目した各ケースのトラップ率を図-2,3 に示した。各グラフとも、縦軸をトラップ率、横軸の各項目をブロックの置き方とした。

通水終了時に水路上に堆積している土砂の形状を図-7 から図-18 に示す。いずれの図でも、水は右から左へ流れている。ブロックの置き方、流量、粒形の違いによって土砂が補足される場所に違いが見られるのが分かる。図中、四角で囲った部分にブロックが設置してある。

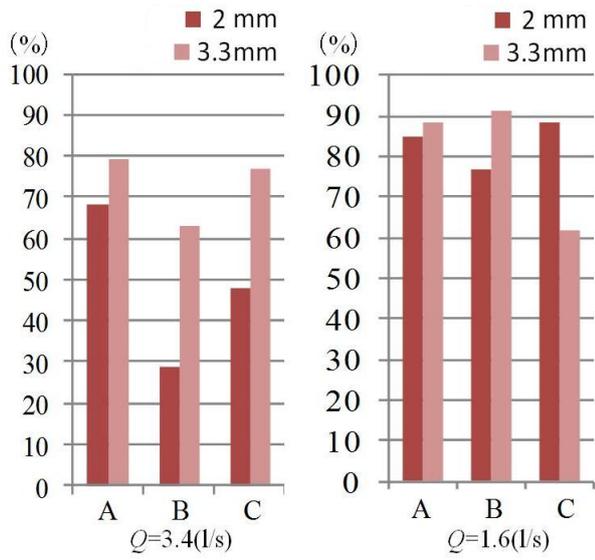


図-5.6 流量の違いに着目したトラップ率の比較



図-7 run A-1



図-8 run A-2



図-9 run A-3



図-10 run A-4



図-11 run B-1



図-12 run B-2



図-13 run B-3



図-14 run B-4



図-15 run C-1



図-16 run C-2



図-17 run C-3



図-18 run C-4

## 4. 考察

### 4. 1 比較検討

融雪期平均流量の際は、図-6 に示されるように粒径や配置パターンによるトラップ率有意な差はそれほど見られず、水路全体均等な分布となった(図-9,10,13,14,17,18)。また、このときブロックが直接的に土砂補足に関係しているわけではないようだった。ブロックによって形成される流れの抵抗によって土砂が堆積すると考えられる。

一方、洪水時などの年最大流量の際は、図-5 に示されるように粒径によって差が見られ、水路のブロック近傍に筋状に集積するような分布となった(図-7,8,11,12,15,16)。土砂が堆積するプロセスとしては、流された土砂がブロックにより捕捉され、その捕捉された土砂があたかも新たに配置されたブロックのように振る舞い、流されてくる土砂を自身の背後上流側に捕捉するようにして列をなした。

また、後者洪水時などの年最大流量の際(図-5)、パターン A,C では、いずれも流速の卓越する中央部の流れを阻害するようにブロックが配置されているので、それぞれの粒径においてパターン B よりもトラップ率が高かったと考えられる。パターン A,C 同士で比較した場合はいずれもパターン A がパターン C を上回っている。対するパターン B ではいずれの粒径でも一番トラップ率が低かったが、これは一般的な矩形断面直線水路では水路中央部が一番流速が速くなることが分かっているが、その流れの速い箇所を阻害しないようにブロックを配置したためであると考えられる。

### 4. 2 今後の展望

図-5 から分かるように、パターン B,C において粒径を大きくしたときにトラップ率の向上が著しい。今回パターン C のブロック間隔は中間値を採用したが、大きな粒径の土砂に対してこの間隔がトラップ率に寄与する影響を検証してゆくことが今後の課題である。

さらに今回は、各ケース3回の繰り返し実験により平均値をとったが、データの信憑性をより向上させるために、今後さらに同じケースで実験回数を増やし、データの母集団を多くする必要がある。

ブロック配置位置に関しては、ブロックの個数を限定して実験を行ったが、トラップ率の比較対象を多くするために、より多くの配置位置を検討していく必要がある。その際、ブロックを2つ使用する場合、水路横断方向に2個置く場合と、流下方向に2つ置く場合では、水路横断断面に投影したブロックの投影面積に差が生じ、トラップ率への効果が薄いブロックが存在してしまうので、その点を留意し、少ないブロック数で多くの土砂をトラップできる配置を、比較検討していきたい。

## 5. 結論

本研究は、流量、粒径によって違う条件下において、仮想岩盤河床上に設置された構造物が土砂堆積に与える影響について、実験を行った。水路上流部から土砂を供給し、流量、粒径が異なる条件でブロックの配置を変え、トラップ率と土砂がトラップされる場所について、考察を行った。その際、効果的なトラップ方法を知るために土砂補足のために使用するブロックの数を限定し、ブロックの置き方を検討した。今回、水路壁面近傍に置くパターン B、ブロック-壁面間とブロック-ブロック間が等しい間隔になるパターン C よりも、水路中央にブロックを連結させるパターン A の方が、より効果的なトラップ率を得られることがわかった。

またブロックを配置させる場所によって、水路上に土砂が捕捉される場所にも違いが出た。ブロックを河床上に設置させる場所を変えることによって、礫河床を復元させたい場所を意図的に形成することに本研究が役立てることを願って、本文の結びとする。

### 参考文献

- 1) 及川森, 岩崎理樹, 山口里実, 清水康行, 木村一郎: 流砂の磨耗作用による岩盤侵食に関する実験的研究と数値シミュレーション: 水工学論文集, 第 55 巻, 2011 年 2 月
- 2) Google マップ(<http://maps.google.co.jp/>)
- 3) 北海道開発局: 豊平川河床変動基礎解析資料
- 4) 国土交通省, 水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp/>)