

UAV を活用した鋼製透過型砂防堰堤の設計に用いる礫選定についての一考察

(一財) 砂防・地すべり技術センター 嶋丈示 ○佐々木流 佐々木司

1. はじめに

閉塞型の鋼製透過型砂防堰堤(以下、鋼製堰堤)の部材間隔は、最大礫径である D_{95} によって決定される。 D_{95} とは、砂防堰堤設置計画地点より上下流 200m に存在する 200 個以上の巨礫により作成された頻度分布の 95% に相当する礫径である。この選定方法は、河床に目立つ礫をランダムに選定することからランダム法と呼ばれており¹⁾、測定者が溪流にある礫のうち、土石流の痕跡と考えられる礫を選んで測定している。本来であれば河床に存在する礫全てを計測し、その結果より部材間隔を決定する礫の選定を行うことが望ましいが、実際に河床に存在する礫全てを手作業にて測定することは困難である。一方で、UAV は上空から河川の全景を撮影することで、河床に存在する礫のほぼ全数近くを測定することが出来る。

本研究は、ランダム法から作成された礫径分布と、UAV のデータによって作成された礫径分布を比較することで、ランダム法による最大礫径選定の妥当性を検証するものである。

2. 調査地点と解析方法

2. 1 調査地点

調査箇所は、北海道函館市の白浜川にある白浜川堰堤の土石流危険溪流(流域面積 2.1km²、渓床勾配 1/10 写真 1)と、栃木県日光市の稲荷川にある日向堰堤の堆砂敷(流域面積 5.8km²、渓床勾配 1/12 写真 2)の 2 箇所である。溪流環境によって礫径の分布傾向に違いが生じることが考えられたため、調査対象として鋼製堰堤が設置される一般的な地形条件で、ある程度礫個数が限られている白浜川と、礫個数がほぼ無尽蔵で偏りが無いと考えられる稲荷川の 2 溪流とした。



写真 1 函館・白浜川



写真 2 日光・稲荷川

2. 2 解析方法

UAV にて、長さの基準となるスケールバーを河床に存在する礫と一緒に撮影し、取得した画像データから 1 つ 1 つの礫の大きさを測定した。測定した礫の大きさは、上空から視認できる礫の 2 辺の平均としている。

3. 解析結果

白浜川は流域面積が狭く礫の個数も多くなかったため、河床に存在する礫のほぼ全数近くを UAV にて測定出来た。一方稲荷川は流域面積が広く、礫も無数に存在するため UAV を用いても河床に存在する礫全てを測定することは難しかった。そこでランダム法にて測定した地点を中心に半径 1km 程度の範囲の礫を UAV にて測定した。白浜川での UAV の測定礫個数は 673 個。稲荷川での UAV の測定礫個数は 1400 個である。

ランダム法から作成された礫数と、UAV のデータから作成された礫数を比較した結果を図 1 及び図 2 に示す。図 1 は函館・白浜川、図 2 は日光・稲荷川のデータである。

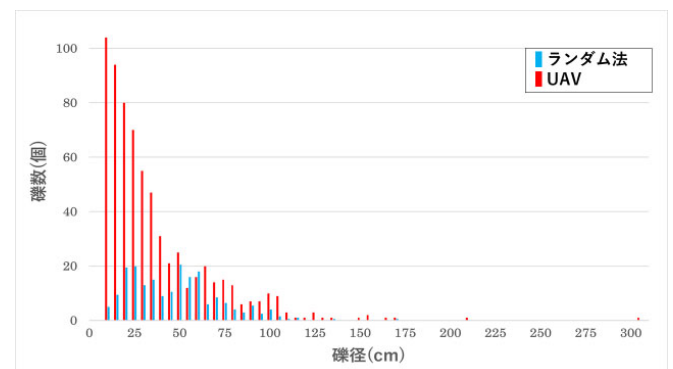


図 1 函館 白浜川の礫径調査結果

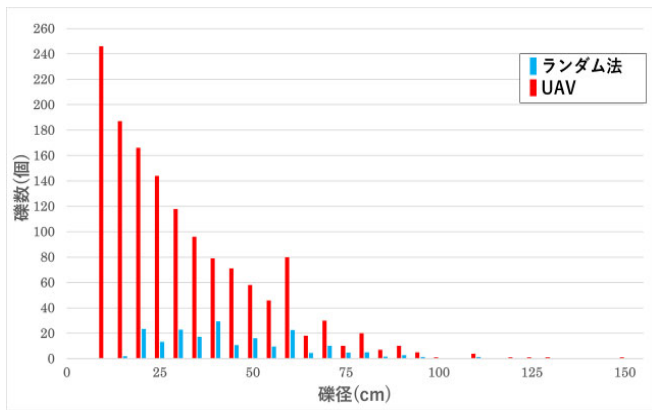


図2 日光 稻荷川の礫径調査結果

図を見ると、UAVにて測定された礫は、礫径が大きくなるにつれ礫数が少なくなるという右肩下がり傾向がある。一方で、ランダム法にて測定された礫は、小礫から中礫に近づくにつれ礫数が多くなり、中礫から大礫に近づくにつれまた少なくなっていく、ピラミッド形のような傾向となった。

次にこの図をもとに作成した累積百分率曲線および、 D_{100} ・ D_{95} を図3、図4に示す。図3は函館・白浜川、図4は日光・稻荷川のデータである。

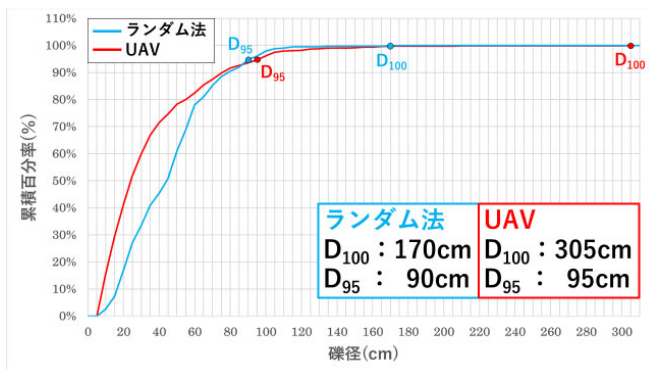


図3 函館 白浜川の累積百分率

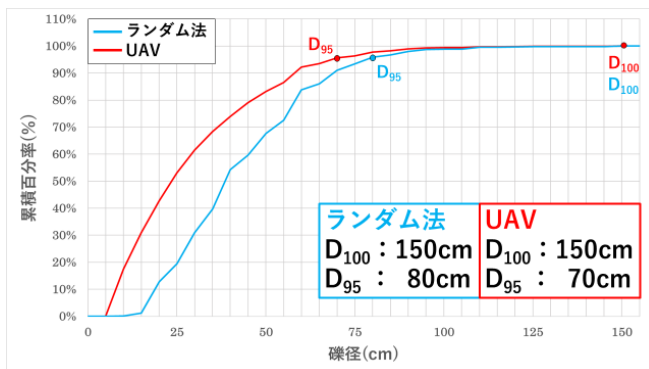


図4 日光 稻荷川の累積百分率

4. 考察

本来河床に存在する礫は、礫径が小さければ小さくなる程沢山存在すると考えられる。つまり、UAVの礫数データのように右肩下がりになると考えられるが、ランダム法は目に付く大きな礫から順に、200個になるまで人の手によって測っていくため、数える礫が小さく多くなるほど測定者に左右されムラが生じやすい。また、測定した礫が200個になった時点で測定をやめるので、河床に存在する小礫を測定している途中で測定が終わる。このことから、ランダム法は河床に存在する礫のうち、小～中礫帯に属する礫の測定にばらつきが生じる。

一方で、礫が大きくなるにつれUAVとランダム法の累積百分率曲線の差が小さくなっているが、 D_{95} ～ D_{100} となるような巨礫はそもそもの絶対数が少なく、測定もしやすいため測定個数に大きな差は無く、UAVとランダム法で同じ傾向を持つ。図3および図4の D_{95} の値を見ると、UAVとランダム法で近い大きさとなっており、UAVとランダム法の曲線の開きが D_{95} 程度収束し始めている。また、土石流は一般的に巨礫を先頭にして流れてくるものであり、小～中礫帯が鋼製堰堤の閉塞に直接影響を与えることは無い。

以上よりランダム法は、本来であれば河床に存在する礫全てを測定することでわかるはずの D_{95} を、測定個数を200個に抑えながら効率良く測定出来ているため、鋼製堰堤の部材間隔を決定するための方法としては有効な手段であるといえる。

5. おわりに

ランダム法による礫径調査は、現行の鋼製堰堤の設計に関して効果的な手法である。これからは河川のより正確な情報を得るためにUAVによる調査も増えてくるものと考えられるが、礫径調査においてはUAVが使用できない現地も存在する。以下のような特徴のある現場についてはUAVの使用について留意されたい。

- ・樹木により上空からの河川の全景が隠れている
- ・礫の重なりが多い
- ・渓床勾配が急である

参考文献

- 1) 財団法人砂防・地すべり技術センター 鋼製砂防構造物委員会編集：鋼製砂防構造物設計便覧（平成21年度版 p.176 2009）
- 2) 嶋丈示・吉田圭佐・川上誠博・水山高久：鋼製透過型砂防堰堤の土石流捕捉における礫および部材間隔に関する一考察（砂防学会誌 Vol. 67 No. 5 p. 3-11 2005）
- 3) 一般財団法人砂防・地すべり技術センター sabo 編集委員会：礫径調査のはなし（SABO Vol. 120 p. 30）