

II-237

気球を用いた空中写真による河床粗度の測定について

神戸市立工業高等専門学校 正 員 日下部 重 幸
立命館大学 理工学部 正 員 大 同 淳 之

1. はしがき 河川の流れに対する抵抗は、河幅などの縮小拡大を含めた断面形状、側壁の粗度、河床の粗度の3つに大別することができる。比較的高配の急な河川では、いずれも現地調査が容易ではないが、中でも河床粗度は、大小の岩石からなっていることが多く正確に測定することが困難である。河床粗度としての岩石は、その大きさ・高さ・形状・間隔が問題であり、これらの調査方法として空中写真による方法が有効であると思われる。狭い溪谷の河床を、近距離から撮影するには、一般の航空写真が適しているとはいいがたい。

そこで、比較的簡易な方法として、気球による空中写真の撮影を試みた。気球の場合、浮力に限度があり、軽量カメラを使用するため、一般の航空写真のように各種の補正を行なって実体視したり、厳密な平面図の作成や、高さを読み取ることは期待できない。しかし、気球による方法は、撮影したい場所を選んで河床を近距離から撮れるので、岩石の位置と河床による切り口形状を簡単に測ることが可能である。従って、比較的高配の急な河川の河床粗度測定に、有効な方法の一つと考え、京都府桂川で実施したので、その方法と問題点について報告する。

2. 測定に用いた装置 測定に用いた装置は図-1に示す通りで、気球はアドバルーン用に市販されているビニル製で直径2.3 mの球形をしたものである。充填ガスは、市販のボンベ入ヘリウムガスである。この気球によって得られる浮力は約7 kgfであるが、自重を差し引くと揚力として使えるのは約4 kgf弱である。撮影用のカメラは、自動焦点・自動巻取装置付きでできるだけ軽量のものを用い、シャッターは地上からのラジコン操作によった。ラジコンは、市販の送信機および受信機とサーボモーターによりカメラのシャッターが切れるようにしたものである。気球の高度と位置の操作は、3本の軽量ロープによって行なった。また、カメラは図-2のように上部を釣り上げると、鉛直下向きになるように取り付けた。試作した撮影装置の重さは、電池やフィルム等すべて含めて0.49 kgfである。カメラの揺れ防止と正確な撮影高度を知るため、カメラ直下に透明の糸を付けて、撮影写真の主点となるべき地点まで下げた。

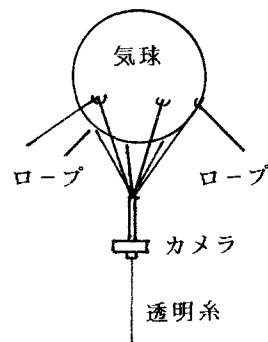


図-1 装置の概略図

3. 測定方法 河床の撮影対象範囲と写真の主点を決定し、撮影範囲内の適当な場所にスケール用の箱尺を置く。気球を主点上で撮影範囲の写せる高度にあげて静止させ、地上より無線によってシャッターを切る。この操作を繰り返して、対象とする河床の撮影を行なう。被写体の寸法は、写真に写し込んだスケールとカメラの高度とを検定して読み取ることができる。

写真より、岩石を実態視して、突起高さを求めることは望めないもので、河床に露出する岩石の高さは、大同の提唱する方法によるものとする。岩石を球状体と見なすと、直径Dの岩石が、河床での切り口直径dの場合、突起高さkは次式で表される。

$$k = (D/2) \{1 - \sqrt{1 - (d/D)^2}\} \dots \dots \dots (1)$$

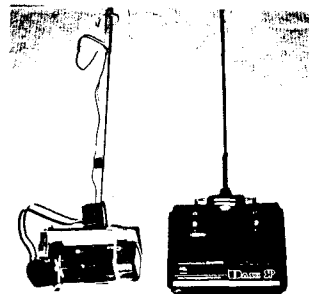


図-2 測定に用いたカメラと無線機

楕円体の場合も球状体の特性値に係数をかけることで取り扱えるので、引き続き球について考えるものとする。同じ大きさDの岩石が、ある平面に露出している数をN、河床での切り口直径dで露出している数を $N(d, j)$ 、その確率を p 、 Δh を河床切り口範囲として次式で表せる。

$$N = N(d, j) / p, \quad p = \Delta h / (D/2) \dots \dots \dots (2)$$

さまざまな大きさの岩石からなる河床において、 $N(d)$ 、 $N(d, j)$ をそれぞれ切り口直径dで露出する岩石の数、直径jの岩石が切り口直径dで露出する岩石の数とし、岩石の区分を d_{max} から d_{min} までn分割すると、 d_{max} を d_0 と表して次のようにかける。

$$\begin{aligned} N(d_0) &= N(d_0 \cdot d_0) \\ N\left(\frac{n-1}{n}d_0\right) &= N\left(\frac{n-1}{n}d_0 \cdot \frac{n-1}{n}d_0\right) + N\left(\frac{n-1}{n}d_0 \cdot d_0\right) \dots \dots \dots (3) \\ N\left(\frac{n-2}{n}d_0\right) &= N\left(\frac{n-2}{n}d_0 \cdot \frac{n-2}{n}d_0\right) + N\left(\frac{n-2}{n}d_0 \cdot \frac{n-1}{n}d_0\right) + N\left(\frac{n-2}{n}d_0 \cdot d_0\right) \\ &\vdots \\ &\vdots \end{aligned}$$

$N(d)$ 、 $N(d \cdot d)$ を測定し、確率 p を求めて式(1)にかけ岩石の突起高さを求めることができる。撮影した写真の例を図-3に示す。

4. 利点と問題点およびその対応

- (1) 航空写真や模型飛行機・ヘリコプターによるものと比較して、装置が低廉である。
- (2) 低空で撮影高度と範囲を自由に選べ、操作も簡単で熟練を要しない。
- (3) 撮影時カメラを静止させられるので、同一地点で複数の写真が撮れ失敗を防げる。
- (4) 風の強いときには、操作が困難である。特に高度が上がると操作がむずかしい。
- (5) 正しく主点上に気球を上げ、鉛直下向きに撮影することがむずかしい。
- (6) 浮力に限度があり、軽量カメラを使うので解像力やわい曲収差に問題がある。
- (7) 河床の水中部分の測定や河床の基準高さの決定がむずかしい。

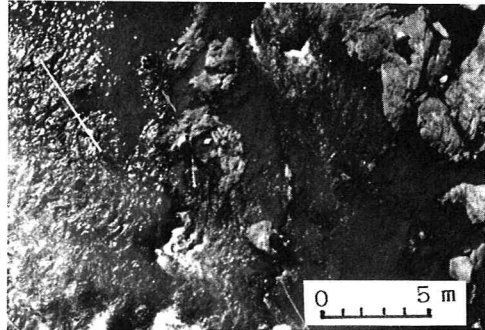


図-3 撮影した写真の例
(高度35m)

問題点の対応として、(4)についてはプロペラ等を2方向に設置することで、いくらか風に対応できるものと思われるが、やはり風の弱い日を選ぶことが望ましい。(5)については河床で直角2方向にスケールを設置しておき、同一地点で複数の写真を撮り、ずれの少ないものを選ぶようにする。また主点上に人が写ることを許せば、主点直上に気球を静止させることは比較的容易である。(6)については撮影対象が、自然の不規則なものであり高精度な読み取りを期待しなければそれほど問題にはならないと思われる。(7)については、水深を別に測定する必要もあり、また河床の基準高さは岩石の粗度としての効果などと合せて検討する必要がある。

5. むすび 気球を用いることで、比較的手軽に空中写真をとることができる。特に、軽量カメラや無線機の機能が向上していることもあり、比較的急こう配の河床粗度測定には、有効な方法の一つと思われる。しかし、風があると高度を上げることがむずかしいので、できるだけ小さい気球で必要な揚力を得ることが望ましい。試作したものは、浮力の多くを気球自重に食われているので、耐久性や費用の点もあるが軽い材質の気球にすれば、より扱いやすいものになると思われる。

参考文献

- 1) 大同；粗く、分布の大きい岩からなる河道の抵抗係数、水工学論文集 第34巻 1990年2月