

II-212

流砂量に基づいた支配流量の推定

日本大学工学部 正員 ○木村喜代治 高橋迪夫 長林久夫

レジーム理論における支配流量の推定方法は種々あり¹⁾、著者らも47回の年講において蛇行河道の平面形状から推定する方法を提案した。

河道の動的平衡状態を想定し、これによって支配流量を推定するのであるから、河道のその部分を流れる流砂量により支配流量を考えるのが基本であると思われる。この場合、考慮する時間スケールは短時間のものでなく、水理量変動する中で、ほぼ同様な状態で変動するものとしたときの長スパンを考慮の対象とすることになる。例えば、流砂量と流量の関係は連続した1対1に対応するものとする。流砂量を推定するときの流砂量式は流砂量を流量のべき乗に比例する経験式を用いることとする。この点、浮流砂量については一般にみとめられているが²⁾、掃流砂量については諸式を検討され¹⁾、また総流砂量については実測にもとずいた経験から示されている³⁾。

さて、時間的に連続した流砂量を流量から推定することになるが、実際は完全な連続として取り扱うことも困難であることが多い。そこである短期間の代表流量を求め、次の短期間も同様に推定し、その連続として長時間の流砂量を考えることが行われる。

流砂量から支配流量を求める方法はいくつかあり下記のように挙げられよう

- ① Fig.3 に示されているように流量に対する頻度を考慮した流砂量の関係において、その曲線と流量軸との間の面積の重心位置の流量を支配流量とする。
- ② ①と同様に流量に対する頻度を考慮した流砂量の関係において全流砂量の2等分に対応する流量を支配流量とする。
- ③ 考慮する期間の全流砂量の平均値に対応する流量を支配流量とする⁴⁾。
- ④ 長期間の最多頻度を示す流砂量に対する流量を支配流量とする。

さて、総流砂量、掃流砂量および浮流砂量をそれぞれ次のように表す

$$Q_T = \alpha Q^m, Q_B = \beta Q, Q_S = \gamma Q^2 \quad (1)$$

掃流砂量と浮流砂量との合計が総流砂量であるから

$$Q_T = Q_B + Q_S, \alpha Q^m = \beta Q + \gamma Q^2 \quad (2)$$

総流砂量に対する掃流砂と浮流砂の量的な構成割合は種々の値が報告されている⁵⁾。かなり広範囲に変化する。ここでは、総流砂量のべき指数 m の値がその構成比により変化するものとして取り扱う。すなわち、 $Q_S/Q_B = R_S$

の関数として m の値を計算する。

Fig.1 においてある流量 Q_0 とそのときの掃流砂量を Q_{B0} 、浮流砂量を Q_{S0} また $R_S = R_{S0}$ とする。 Q_* はそれに対応する掃流砂量と浮流砂量とが相等しいときの流量を示す。

このある流量などを式(1)に適用し、定数 α 、 β 、 γ を求め式(2)に代入すると

$$(1 + R_{S0})(Q/Q_0)^m = (Q/Q_0) + R_{S0}(Q/Q_0)^2 \quad (3)$$

掃流砂量と浮流砂量とが等しいとき、 $R_{S0} = Q_0/Q_*$ となるから、このとき式(3)を用い、整理すると

$$m = \frac{\log \{ 2 / [R_S (1 + R_S)] \}}{\log (1/R_S)} \quad (4)$$

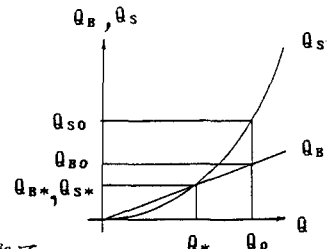


Fig.1 掃・浮流砂量と流量の関係

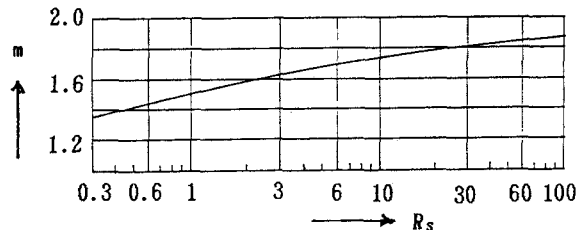


Fig.2 掃・浮流砂量構成比とべき指数の関係

ここで $R_{s0} \rightarrow R_s$ とした。上式で $R_s \rightarrow 1.0$ のときの極限值は $3/2$ となる。 m と R_s との関係を計算し図化したのが Fig. 2 である。 R_s が小さくなれば m は 1.0 に近づき、 R_s が大きくなれば m は 2.0 に近づくことが分かる。 $m=1.5$ は掃流砂量と浮流砂量とが等量の時となる。実際河川の R_s の値は種々報告されている、これが 1.0 より小さい場合もあるようであるが、多くは 1.0 より大きく佐藤ら⁶⁾の研究では利根川下流部で平水時 3 、洪水時 $21 \sim 52$ と推定し、流量の増加により増加する実験式を示している。

①の方法

流量をランク分けし、一つの短期間の度数を 1 とし、その全期間の度数を求める。Fig. 3 は Schaffernak の方法⁷⁾ に準じた図であり、縦軸に Q を横軸右方にランク分けした流量の頻度を示す。横軸左方に Q に対応する Q_T および Q_r と頻度との積をそれぞれに結んだ図である。さて、流量とそれに係わる頻度・

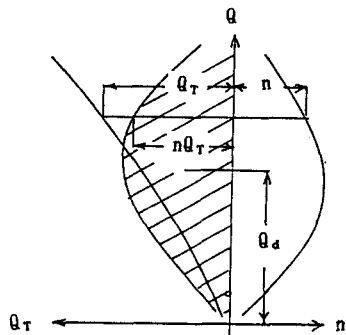


Fig. 3 流量・流砂量・頻度の関係

流砂量の積の関係は、どの流量がその地点の流砂量に最も関係があるかとか、流量をその地点の流砂量からみたときその関連を良く表していると思われる。よって、流量軸と頻度・流砂量の積の曲線で囲まれた図形の重心位置をしめる流量が支配流量として適当と思われる。その算定式は次のよう¹⁾である

$$Q_d = \frac{\sum_{j=1}^M n_j Q_{Tj} Q_{rj}}{\sum_{j=1}^M n_j Q_{Tj}} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i^{(1+m)}}{\sum_{i=1}^N Q_i^m} \quad (5)$$

ただし $1.0 \leq m \leq 2.0$, N : 資料の全数, M : 資料をランク分けした数。

②の方法

①と同様な Fig. 3 の斜線部分の面積を 2 分する位置の流量を支配流量とするものである¹⁾。支配流量より多い部分と少ない部分とで洗掘と堆積がバランスすると考える。算定式は

$$\sum_{j=1}^M n_j Q_{Tj} / \sum_{j=1}^M n_j Q_{Tj} = 1/2 \quad (6)$$

を満足する流量を支配流量とするものである。上式の左辺の流量にたいする累積曲線を描きその $1/2$ に当たる流量を求める方法が良いと思われる。

③の方法

全流砂量の平均であるから

$$Q_d = \left[\frac{\sum_{i=1}^N Q_{Ti}}{N} \right]^{1/m} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^m}{N} \right]^{1/m} \quad (7)$$

④の方法

Fig. 3 で頻度・流砂量の積が最大になるときの流量を支配流量とするものである。

以上の方法の中で①、③は原理的には Fig. 3 によるが式 (5)、(7) で示されるように流量などのランク分けする必要はなく計算できる。

今回は阿武隈川の上流部について、①、③の方法で幾つかの m の値を用いて計算し、それぞれの洪水再現期間を求めてみた。どのようなデータを採用するか、また R_s が流量の変数との考えから m を流量とともに変えるべきであるとの考えもあるが、一つの解析には一定として取り扱った。データの取り方は河村¹⁾にならって 156 個の月最大日流量を用いた。詳細は講演時に示す。

参考文献

- 1) 河村: 支配流量の一計算法, 第12回水理講演会講演集, 1968, pp. 72-84.
- 2) 例えば吉川: 浮遊流砂量に関する二三の考察, 土木研究所報告 83, 1952, pp. 25-37.
- 3) 例えば1)およびD. B. Simons et al: Sediment Transport Technology, WRP Fort Collins, USA, 1977, p. 601.
- 4) H. W. Shen: River Mechanics, Fort Collins, USA, 1971, pp. 13-20~21.
- 5) 高山: 河川地形, 共立出版, 1980, pp. 148-149.
- 6) 佐藤ら: 河川の土砂流送に関する研究, 土木研究所報告 N0. 101, 昭和33.
- 7) 吉川: 河川工学, 朝倉書店, 昭和41.