河床砂礫の透水性の評価

Laboratory Measurement of Transmissibility of Riverbed Sediment

森井俊広*・〇小越将仁**・佐藤一史***・鷲尾潤一*** T. Morii, M. Okoshi, K. Sato and J. Washio

1. はじめに

フローティングタイプの頭首工の安定性は、固定堰下の河床砂礫を通過する浸透流による動水こ う配と揚圧力分布に支配される。河床砂礫を通過する浸透流を予測するためには、その透水性を適 切に評価しなければならない。しかし、河床砂礫は、最大粒径が数百 mm におよぶことから、通常 の φ 50 あるいは φ 100mm のモールドを用いた透水試験ではその透水性を測定することは難しい。 本研究では、大粒径粒子を含む河床砂礫の透水性の試験法を提案し、それに基づき、河床砂礫の透 水性を規定する因子(粒径)について考察する。

2. 河床砂礫の透水性の試験法

2.1 河床砂礫材料

大規模河川に建設された頭首工の保全工事にお いて, バックホーを用いて深さ 50cm あたり(以 下,上部材とよぶ),ならびにさらに掘削して深さ 50~100cm あたりの河床砂礫を採取した。図1に 粒径加積曲線を示す。土の工学的分類方法による と「砂まじり礫 (G-S)」に分類される。

2.2 水路実験による河床砂礫の透水性の推定

幅 50cm の大型水路に、河床砂礫を締め固めて 直方体状の堤体を築造(図 2)したのち、上流側 水位を何段階かに変えて通過流量を測定した。次 いで、これによってえられる水位流量曲線を逆解 析することにより、河床砂礫材の透水パラメータ を推定した。透水パラメータの推定にあたり、河 床砂礫の透水性が次の Forchheimer 式でモデル化 できるとした¹⁾。つまり,

$$i = A \cdot V + B \cdot V^2$$
, $A = \frac{A_0 \cdot v}{g}$, $B = \frac{B_0}{g}$ (1)

ここで, i は動水こう配, V は流量流速である。A0 と B_0 は間隙の幾何構造のみに依存する係数、 ν は 水の動粘性係数,そしてgは重力加速度である。

図3は、上部材を用いた水路実験における測定 値と、式(1)に基づいて推定した水位流量曲線であ る。おおむね良好に対応しており、この逆解析に より得られた河床砂礫の透水パラメータは $A_0=60008.0$ cm⁻² および $B_0=172.29$ cm⁻¹ となった。

2.3 河床砂礫の透水性を規定する因子(粒径)





図3 水位流量曲線に基づく透水パラメータの推定 式(1)の係数 A₀と B₀は間隙の幾何構造のみに依存し、次式の水理学的平均径 m と一価的な関係を

*新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University, **新潟県 Niigata Governmental Prefecture, **北陸農政局 Hokuriku Regional Agricultural Administration Office, MAFF; Keywords:河床砂礫, 透水性, 水路実験

もつことが分かっている¹⁾。これまでの室内1次元 透水試験と水路実験から提案された A_0 および B_0 と mの関係¹⁾に基づき,第2.2節で推定した A_0 , B_0 に 対応するmを求めると、いずれからもm=0.0076cm となる。これに、水路試験で築造した堤体の間隙比 (e=0.389)および粒形測定結果から推察される $r_e=1.9$ 程度を考慮すると、透水性を規定する粒径と してd=0.22cm がえられる。つまり、数百 mm にお よぶ大粒径の石分を含む河床砂礫であるが、その透 水性は、大きな粒径の礫や石分の空隙内に充てんさ れた砂粒子に支配されていると考えることができる。

3. 河床砂礫の透水性

第2章で推定した河床砂礫の透水性を i~V 関係で 示すと図4のようになる。同図には、比較の目的で、 粒径 50~75mm の粗礫集合体(ロックフィル)の関 係を併記している。現実的な動水こう配の範囲でみ ると非線形性はそれほど強くなく、また河床砂礫で は透水性が大きく多量の浸透流が生じているであろ うとする一般のイメージが実際的でないことがわか る。動水こう配1以下の範囲で等価な線形流れ(ダ ルシー流れ)に置き換えると、透水係数は K=0.013m/s と見積もることができる。第2.3節で示 したように、河床砂礫の透水性が大きな粒径の礫や 石分の空隙内に充てんされた砂粒子に支配されてい ることを考えると、肯ける大きさである。

河床砂礫の透水性がもつ河川構造物の安全性への 影響を把握するため、上下流水位差 5.5m のもとで クリープ長 64.5m(うち上流端より 10.5m 位置に深 さ 11m、厚さ 4m のケーソンを設置)に沿って生じ る水圧と動水こう配の分布を、FEM 非線形浸透解析 により求めた。これを図 5 に示す。ケーソン前面か ら背面にかけて水圧および動水こう配は大きく変化 し、その度合いは非線形性の程度とともになること が分かる。大きな動水こう配は、ケーソンの先端部、 ならびにエプロン末端の流出部で生じることになる。



図5 固定堰下の水圧と動水こう配の分布

4. まとめ

河床砂礫の透水性の測定法を提案した。その結果,大礫を含む河床砂礫であるが,その透水性は 礫や石分の空隙内に充てんされた砂粒子に支配されており,そのため,透水量はロックフィルに比 べると非常に少なく,また非線形性の程度も小さいことが明らかとなった。農業農村工学会ダム研 究委員会の顧問沢田敏男先生ならびに委員長長谷川高士先生には多大なご助言をいただいた。ここ に記して厚くお礼申しあげます。

参考文献

1) 森井俊広: ロックフィル材を通る流れの水頭損失式, 農業土木学会論文集, 230, pp. 91-98, 2004.