

1. まえがき

前報¹⁾において、混合砂礫河床の分級作用と河床変動の計算法を示し、実験結果と比較してその適合性を確かめるとともに、静的および動的平衡河床への適用を試みた。本報は、parallel degradationの場合と、動的平衡河床について、前報の補足を行なったもので、これをもって最終報としたい。

2. parallel degradation における平均粒径

通常、静的平衡河床として、「掃流力が限界掃流力に等しい河床」という定義が採用されているが、armoring の実験によると、掃流力が限界掃流力以下になっても armoring は進行するので、上記の定義を最終状態の条件として用いることは、河床高に対してはよいとしても、河床砂礫の粒度分布に対しては適当ではない。そこで、まずこの点について考察してみる。最終河床における河床の平均粒径 d_{mf} に対する限界掃流力と、その河床の掃流力との比を C_f とすると、

$$C_f \equiv \frac{\tau_{*cf}}{\tau_{*f}} = \left(\frac{u_{*cf}}{u_{*f}} \right)^2 \frac{d_{mf}}{d_{m0}} \frac{\tau_{*cf}}{\tau_{*0}} \quad \dots \dots (1)$$

parallel degradation の場合には $u_{*f}/u_{*0} = 1$ としてよいから、

$$\frac{d_{mf}}{d_{m0}} = C_f \frac{\tau_{*0}}{\tau_{*cf}} \quad \dots \dots (2)$$

こゝに、 $\tau_{*cf} = u_{*cf}^2 / (v\beta - 1) g d_{mf}$ 、 $\tau_{*f} = u_{*f}^2 / (v\beta - 1) g d_{mf}$ 、 u_{*cf} : 粒径 d_{mf} の砂粒の限界摩擦速度、 u_{*f} および u_{*0} : それぞれ最終河床および初期河床の摩擦速度、 d_{m0} : 初期河床の平均粒径、 $\tau_{*0} = u_{*0}^2 / (v\beta - 1) g d_{m0}$ である。

τ_{*cf} は d_{mf} の関数であるから、 C_f が与えられれば、式

(2) より d_{mf} が求まる。土屋²⁾の研究によると、均一砂の実験において、砂粒がほとんど移動しない状態の掃流力は、岩垣公式において遮蔽係数 $E = 0.7$ とした線に、限界掃流力は $E = 0.4$ とした線によく一致する。したがって、均一砂の場合には、 $C_f = 0.7/0.4 = 1.75$ とする。また、混合砂礫の場合もとも動しやすい砂粒の限界掃流力は、Egiazaroff の式によると、平均粒径のその 0.85 倍であるから、これに上記の値を適用すると、 $C_f = 1.75/0.85 = 2.06$ とする。つまり、既往の実験値より d_{mf}/d_{m0} を求めて plot すると図-1 のようになり、Gessler³⁾ と河村⁴⁾ の data は式(2)において $C_f = 2$ とした線に、芦田・道上⁵⁾ の data は $C_f = 1/0.85$ とした線とほぼ一致する。したがって、Gessler と河村は砂粒がほとんど移動しなくなった状態を、芦田らは河床がほとんど低下しなくなった状態とそれぞれ最終状態と判断したものである。このように、parallel degradation における最終河床の平均粒径は最終状態の判定基準に依存することになる。

3. 動的平衡河床の平均粒径

実験結果 動的平衡河床の実験は、長さ 15m、幅 60cm、中流部に幅 20cm の狭さく部を設置した土砂運搬装置付水路で Run 6、Run 7 の 2 回行なわれた。両者の水理条件は等しいが、初期河床形状が

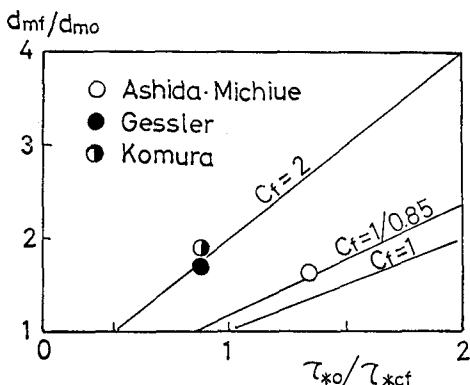


図-1 armor coat の平均粒径

異なり、Run 6 では直線状に、Run 7 では狭さく部の初期河床高が平衡河床より約 3cm 低く作られている。このため、狭さく部の河床は、Run 6 では次第に低下しなから、Run 7 では上昇しなから平衡状態に移行した。河床高と水位が変動しなくなった後、河床砂礫を採取して平均粒径を求めたものを図示すると図-2 のようである。図によると、狭さく部では平均粒径が小さくなり、静的平衡の場合とは逆の傾向になっている。これは次の理由により説明される。動的平衡河床において、各断面の流砂量が等しいので、狭さく部ほど単位幅当り流砂量が大きくなり、したがって掃流力が増える。一方掃流力が増えたと流砂の粒度は河床砂のそれに近づき、掃流力が小さくなるにつれて両者の差が大きくなるが、動的平衡河床においては、流砂の粒度分布が各断面で等しいから、河床砂礫の粒度は、狭さく部ほど流砂のそれに近づき、広い断面ほど流砂のそれから遠く粗くなることになる。このように、動的平衡河床の粒度は、狭さく部ほど細くなるが、実際の河川においては、狭さく部の粒度が他の部分より粗くなっている場合が多い。このことは、実際の河床が静的平衡に近い場合が多いことや、通常見受けられる河床の粒度が、河床砂礫はけしく流送されている洪水時のそれとはかなり相違している可能性を示唆するものであり、興味深いことと思われる。

実験値と計算値の比較 前報で示した計算法より計算を行ない、実験値と比較すると図-2 のようである。それによると、狭さく部において、Run 7 の実験値は計算値とよく一致しているのに対し、Run 6 の実験値は計算値よりやや大きい値を示している。これは、Run 6 の実験においては、狭さく部の河床が低下する際にとり残された大きい砂礫が、河床の掃流力が小さい ($U_{*2}/U_{*c} = 1.3$) ために、河床低下が終了した後もなお河床に残っており、大きい砂礫については動的平衡状態にまでなっていないことによるものと思われる。これに対して、Run 7 の実験は、狭さく部の河床が上昇しなから平衡状態に近づいているため、この部分の平均粒径が動的平衡状態のそれより小さくなるという可能性があるが、計算によると、狭さく部の流砂の粒度と河床のそれとの差はかなり小さいので、動的平衡になつていないための誤差はごくわずかであると考へられる。したがって、Run 7 における計算値と実験値の良好な一致は、理論値と実験値の適合性のよさを示すものと考えられる。

参考文献

- 1) 平野宗夫：分級作用をもつた河床変動，第26回年次学術講演会講演集（昭46.10）
- 2) 土屋義人：混合砂礫の限界掃流力に関する研究，京大防災研年報第6号（昭38.7）
- 3) Gessler, J.: Self-stabilizing Tendencies of Alluvial Channels, *proc. ASCE, Vol. 96 WW2*
- 4) 河村三郎：Armor Coat の生成に関する研究，第15回水理講演会講演集（昭46.2）
- 5) 芦田和男・道上正規：混合砂礫の河床変動—armouring 現象について—，第15回水理講演会講演集，（昭46.2）

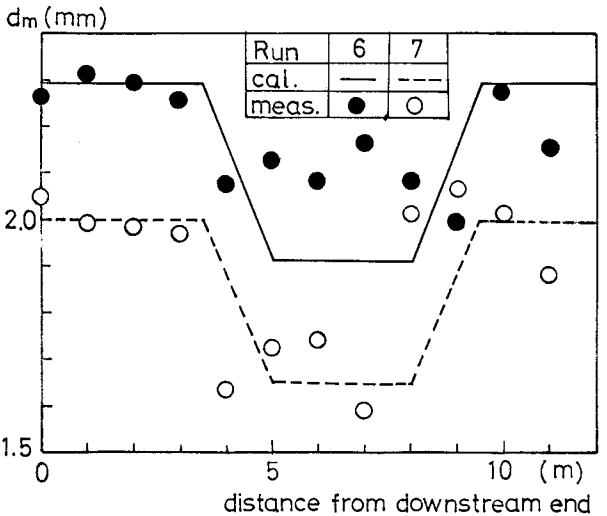


図-2 動的平衡河床の平均粒径