

千代川における階段状河床形態の形成と形状特性

鳥取大学工学部 正員 道上 正規
 鳥取大学工学部 正員 藤田 正治
 公成建設(株) 正員○平井 淳一

1. はじめに 淵と瀬の構造は、多様な河川環境の中の重要な要素であり、生態系、特に魚類の生活に深い関わりを持っている。本研究では、山陰平川の代表的な淵・瀬の構造である階段状河床形に着目し、鳥取県の千代川支流の八東川、その支流の糸白見川および加地川において、水文条件、階段状河床形の有無、階段状河床形の波長と波高、河床材料などについて調査を行い、階段状河床形態の形成過程とその形状特性について検討した。

2. 河床形状と河床粒度分布 図1は階段状河床形の平面構造の一例を示したもので、ステップの位置が水流の落差別に示されている。石の並んだところにステップ、その下流に淵が形成されている。これら全てのステップの平均間隔(階段状河床形の波長)は3.2m、落差10cm以上の

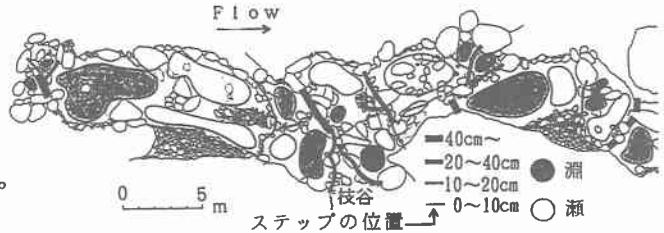


図1 階段状河床形態の平面構造

のものが5.0m、20cm以上のものが5.6mであり、大きなステップの間に小さいステップが点在している。図2は図1の河床材料およびステップの粒度分布を示したものである。ステップは河床材料の80%粒径よりも大きな礫で構成されている。また河床平均粒径は24.6cmで、ステップの平均粒径はその約4倍の98.6cmである。

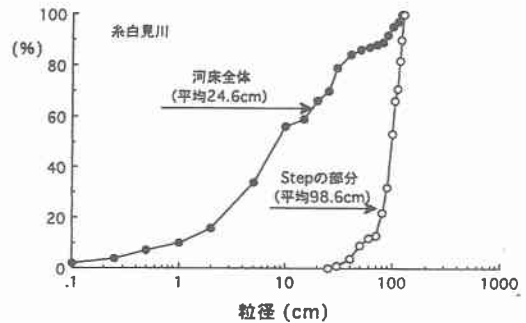


図2 河床・ステップの粒度分布

3. 発生条件 芦田らの研究¹⁾によると階段状河床形の形成条件は、Ⅰ) 混合砂であること、Ⅱ) 流れが射流であること、Ⅲ) 平均粒径より大きい粒径 ($d_1 = \beta d_m$, $\beta \geq 1$) の砂礫が活発に移動すること、Ⅳ) 最大粒径程度 ($d_2 = \gamma d_m$) の礫が移動しないことである。平均流速式に対数則を用い、相当粗度高を αd_m として、 d_1 、 d_2 の礫の移動限界に対する無次元掃流力が d_m のそれに等しいとすると、Ⅱ)、Ⅲ)、Ⅳ) は以下のように表される。

$$\frac{h}{d_m} \leq \left(6.0 + 5.75 \log \frac{h}{\alpha d_m} \right)^2 s \tau_{*cm} \quad , \quad \tau_{*cm} \geq \beta \tau_{*cm} \quad , \quad \tau_{*cm} \leq \gamma \tau_{*cm} \quad (1)$$

ここに、 d_m : 平均粒径、 h : 平均水深、 τ_{*cm} : d_m に対する無次元掃流力、 τ_{*cm} : d_m に対する移動限界のときの無次元掃流力、 s : 砂礫の水中比重である。図3(a)および(b)は、3つの発生条件式と調査した24地点で5年および20年確率の流量に対して計算した τ_{*cm} と h/d_m を階段状河床形の発生または非発生別にプロットしたものである。ただし、 $\alpha = 3$ 、 $\beta = 1$ 、 $\gamma = 4$ とした。また図にはステップの10%粒径の移動限界も示している。図3(a)において、階段状河床形の理論上の発生領域と実際の発生領域は一致しているので、現在の階段状河床形態は5年確率流量で形成されたものと考えられる。図3(b)においても理論と実際の発生領域は一致しているが、ステップ構成材料の10%粒径の礫が移動する条件になる地点が多く、

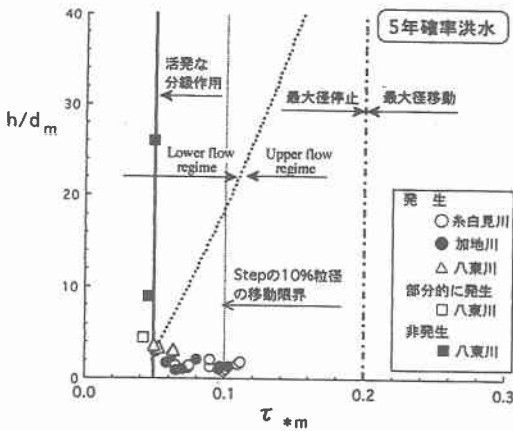


図3 (a) 階段状河床形態の発生条件

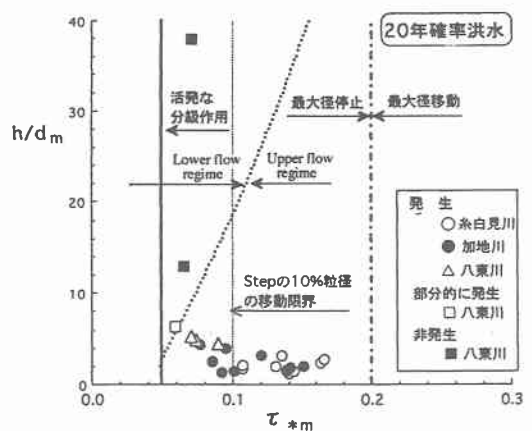


図3 (b) 階段状河床形態の発生条件

ステップは不安定になり、スケールの小さなステップは形成されないものと思われる。

4. 波長と波高 芦田らは、階段状河床形の波長は反砂堆のそれに等しく、次のKennedyによる反砂堆の理論曲線の式で表されるとしている。¹⁾

$$Fr^2 = \frac{2+k \cdot \tanh k_*}{k \cdot 2+3k \cdot \tanh k_*} ; \left(k_* = \frac{2\pi h}{\lambda} \right) \quad (2)$$

ここに、 Fr ：フルード数、 λ ：階段状河床形の波長である。図4はKennedyの理論曲線およびステップの間隔の実測値と5年確率流量に対する水理量から k_* と Fr を求めて示したものである。これから現在の階段状河床形態が5年確率の流量で形成されていることが分かる。しかし、図1に示す落差20cm以上の淵は、式(2)より19年確率の流量に対応して形成されるものと考えられ、実際には色々な洪水に対するスケールの異なるステップが共存している。図5はステップの段差の平均値 Δ と5年確率流量に対する無次元掃流力との関係を示したものである。淵の深さを河床材料の平均粒径で無次元化すると1から4の間の値となり、ステップの構成材料の最小粒径から平均粒径までの深さの淵が流量に応じて形成されるものと考えられる。

5. おわりに 本研究によって明らかになったことは、今後の川づくりを行っていく際に応用できるものと思われる。例えば本研究で対象とした地域では、各地点における河床平均粒径の1～4倍程度の落差で、5年確率の流量に対する階段状河床形の波長に一致するようなステップとプールを造れば、その場になじんだ河床形態が造られるものと思われる。今後は、ステップについても検討していく予定である。

参考文献 1) 芦田ら：第28回水理講演会論文集、1984、pp. 743-749

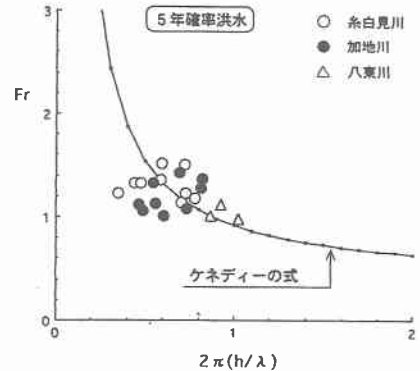


図4 階段状河床形態の波長

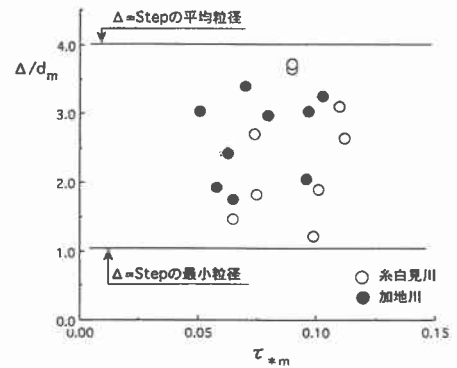


図5 階段状河床形態の波高