

II-236

ヒサシ状河岸に作用するせん断力

(株)熊谷組 正員 佐藤 健二
 東京工業大学工学部 正員 福岡 捷二
 東京工業大学大学院 学生員 大東 道郎

1. 概要

自然堆積構造をもつ河岸は、相対的に侵食されやすい層(砂質土層)から侵食を受け、河岸がヒサシ状の構造をとる¹⁾。これまでは形成されたヒサシの崩落、細分化流送について知見を得たが、ヒサシが形成される過程を見積る方法の議論はされなかった。河岸の侵食量を定量的に評価するにはヒサシ状の河岸に作用する流れによる剪断力を求め、ヒサシの形成過程を評価できるようにする必要がある。このため本研究では外岸にヒサシ状河岸模型を設置した一様湾曲水路での実験と解析を通じて河岸に作用する剪断力を検討している。

2. ヒサシ状河岸を有する湾曲流路での実験

実験は中心半径4.5m、幅1m、全長24mの一様湾曲水路の外岸にヒサシ模型を設置し、移動床(平均粒径0.82mm、河床勾配1/500)のもとで流れが平衡状態に達するまで通水を行い、水位、河床形状を測定した。次にこの河床形状を固定し、流速分布を測定した。ヒサシ長さは2cmおよび3cmの2つの場合について行

い、また比較のためヒサシがない場合についても測定を行った。平衡状態での平均横断河床形状を図-1に示す。ヒサシ長の増加に伴い外岸付近の河床洗掘量が減少すること、またヒサシ長さの増加に伴い最大洗掘域の幅が広くなることがわかる。図-2にヒサシ長が2cmの場合およびヒサシがない場合についての主流の等流速線図を示す。外岸にわずか2cmのヒサシがあるだけで流速のピークが外岸から離れ、またヒサシ下部に流れが潜り込むことにより外岸付近の流速がかなりの程度小さくなっている。図-3は横断面内の流れのベクトル図を示す。ヒサシを有する場合には表面付近およびヒサシ下部にもぐり込む流れを補償するように内岸に向かう流れが現れる。このため、ヒサシがない鉛直壁の場合に見られるような大規模な2次流の発達が抑制されている。ヒサシ長さの増加に伴い2次流を抑制する効果が増加するために、外

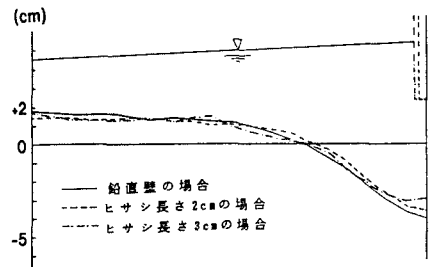


図-1 平均横断河床形状

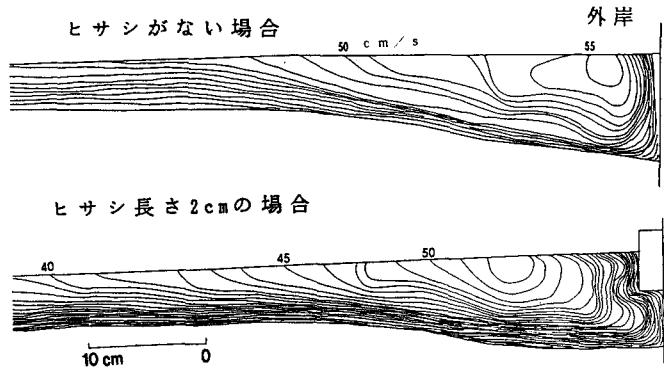
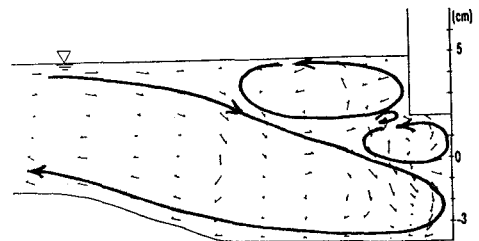


図-2 主流の等流速線図

図-3 横断面内の流れのベクトル図
(ヒサシ長さ2cmの場合)

岸近傍の河床の洗掘深も減少している。

3. ヒサシ状河岸を有する湾曲流れの解析

解析は式①～③の一樣湾曲流れの基礎方程式に、式④の形で与えたた流下方向の流速成分 u 、横断方向の流速成分 v を代入し、鉛直方向にガラーキン法を用いて離散化し、それらの連立方程式を差分法で解いた。また本解析では流れと同時に河床変動も解いている。剪断力は式⑤より河床および壁面近傍の流速を用いて求めた²⁾。

$$\frac{1}{r} \frac{\partial (r v)}{\partial n} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0 \quad \dots \text{①}$$

$$v \frac{\partial u}{\partial n} + w \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{u v}{r} = -g \frac{\partial H}{\partial s} + \frac{\partial}{\partial n} \left(\varepsilon \frac{u}{n} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad \dots \text{②}$$

$$v \frac{\partial v}{\partial n} + w \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{u^2}{r} = -g \frac{\partial H}{\partial n} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad \dots \text{③}$$

$$u = \sum_{m=0}^4 u_m \cos m \pi z', \quad v = \sum_{m=0}^4 u_m \cos m \pi z' \quad \dots \text{④}$$

$$\tau_b / \rho = C_B \cdot u_b \sqrt{u_b^2 + v_b^2} \quad \dots \text{⑤}$$

ε : 渦動粘性係数 = $\frac{\kappa}{6} u_* h$, C_B : 河床または壁面の摩擦係数、

$z' = (z - z_0) / h$, h : 水深, z_0 : 河床高

4. 実験結果と解析結果との比較

図-4に河床および河岸に作用する剪断力 ($\tau_* = \tau / (\rho_* / \rho - 1) g d$: 無次元剪断力, d : 河床材料の平均粒径) を示す。ここで、実験による剪断力は測定した主流および2次流分布を用いて断面分割面積法によって求めた²⁾。解析結果は実験より得られた剪断力分布をほぼ表現していることがわかる。それぞれのケースを比較すると、ヒサシ長さの増加に伴いヒサシの下部、および河岸付近の河床に作用する剪断力が減少している。自然堆積構造をもつ河岸では、侵食に対して相対的に弱い層から侵食されるが、ここで与えられる計算法で砂質土層に働くせん断力を求め、これにより侵食深を概略求めることができる。この結果と先に求めたヒサシの崩落、土塊の流送という侵食過程¹⁾を結合することによって河岸の一連の侵食過程の定式化が可能と思われる。

参考文献

- 1) 福岡、木暮、佐藤、大東：自然堆積河岸の侵食過程、水工学論文集、第37巻、1993。
- 2) 福岡、三宮、西村：湾曲部外岸のり面の緩勾配化による流況改善、水工学論文集第36巻、1992。

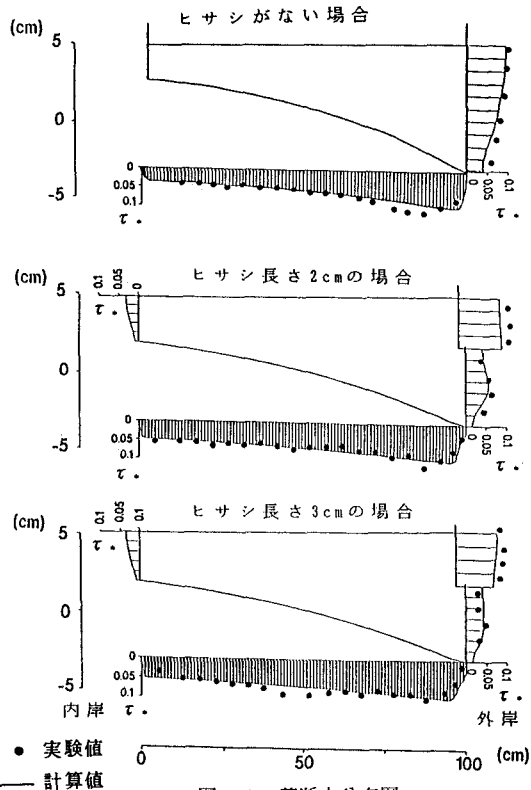


図-4 剪断力分布図