

II-245 河岸侵食の原因となるノッチの形成条件

建設省土木研究所 正 員 平林 桂

同 上 宇多高明

同 上 深谷 渉

1. まえがき

中間地河道において最も高い頻度で生じる河岸侵食は、図-1に示すように河岸を構成する地層のうち粘着性の乏しいものが侵食され、その上層部が崩落するいわゆるノッチ型侵食と考えられる。福岡ほか（1993）は、ノッチ形成後の侵食過程について実験・理論の両面から検討したが、本研究では、酒沼川でのノッチ型侵食事例調査をもとにノッチの形成条件について考察する。

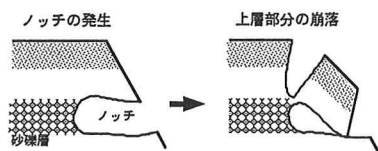


図-1 ノッチ型侵食の進行過程

2. 酒沼川における河岸侵食調査

酒沼川は茨城県中央部を流下し酒沼に注ぐ流域面積459 km²の河川である。酒沼川27.8km～28.5km区間の平面形状を図-2に示す。この区間の河床勾配は約1/1000であり、地形区分は蛇行帯に属する。河床材料は粒径2mm程度のマサ土と2～5cm程度の砂利が中心である。この区間の河岸の大半はシルト、粘土および砂利の互層となっている。高水敷は竹類、ヨシ等により密に覆われている。

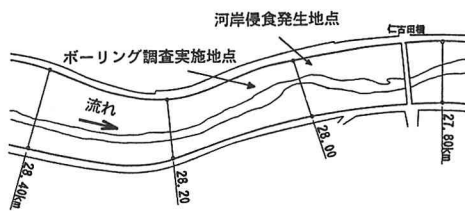


図-2 酒沼川27.8～28.4kmの平面形状



写真-1 河岸侵食の発生状況

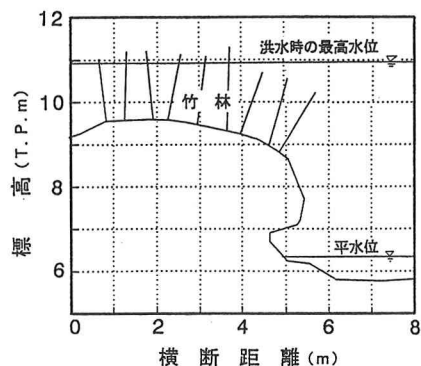


図-3 侵食発生地点直上流の河岸横断形状

1993年8月27日、台風11号によりもたらされた洪水（最大流量163m³/s）により図-2に示す28.0km地点直下流で河岸侵食が発生した。侵食状況を写真-1に示す。この付近の河岸には竹が密に繁茂しており、河岸にクラックが発生し、それより河道側の土塊が低水路に崩落した。河岸侵食発生後の横断測量によると、侵食発生地点直上流では図-3に示すようにほぼ平水位（T.P. 6.3m程度）の高さにノッチが見られた。また、侵食地点の上流約80mでのボーリング調査によれば、T.P. 7.24mより下層に砂利層（粒径1～3cm）があった（図-4参照）。この高さは図-3のノッチの標高と概ね一致している。以上から、このノッチは砂利層が侵食され、上層の粘土層が残されて形成されたと推定される。

3. ノッチの形成条件

ここではノッチの形成条件を推定するため、宮沢ほか（1992）の開水路層流の解析結果を参考としてノッチ内のせん断力分布を計算した。図-5に示す座標系を定め、ノッチは x 方向に無限に続き、かつノッチ内では渦動粘性係数 ε が一定と仮定すると、流れの基礎式は式(1)、(2)で与えられる。

$$\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = -\rho g I \quad (1)$$

$$\tau_{yx} = \varepsilon \frac{\partial u}{\partial y} \quad \tau_{zx} = \varepsilon \frac{\partial u}{\partial z} \quad (2)$$

ここに、 u は流速、 ρ は水の密度、 g は重力加速度、 I は縦断勾配、 τ はせん断力である。ノッチ入り口での u の z 方向分布は上下壁面で0、両壁面の中央で最大値を取ると推定されることから、式(3)で与えられると仮定する。またノッチ壁面での流速は明らかに0であるから式(4)が成り立つ。

$$u(0, z) = U_0 \sin \frac{\pi}{H} z \quad u(L, z) = u(y, 0) = u(y, H) = 0 \quad (4)$$

ここで、重力の作用は無視できるほどに小さいと仮定し（式(1)の右辺=0）、式(3)、(4)を境界条件に式(1)、(2)を解くと式(5)、(6)が得られる。

$$\frac{u(\xi, \eta)}{U_0} = \frac{\sinh \frac{L}{H} \pi (1-\xi) \sin \pi \eta}{\sinh \frac{L}{H} \pi} \quad (5)$$

$$\tau_x(\xi, \eta) = \frac{\tau(\xi, \eta)}{\tau(0, 0.5)} = \cosh \frac{L}{H} (1-\xi) \sin \pi \eta \quad (6)$$

ここに、 $\xi = y/L$ 、 $\eta = z/H$ である。ノッチの発達は、 $\xi=1$ でのせん断力に依存する。式(6)における $\eta=0.5$ でのせん断力分布を図-6に示す。分布特性はノッチのアスペクト比 L/H に大きく影響され、 L/H が1以上になるとノッチ入り口($\eta=0$)でのせん断力がノッチ最深部($\eta=1$)までほとんど伝達されないことがわかる。この結果は、ノッチの進行が最大でも $L/H < 1$ 程度で停止することを示している。

4. あとがき

本研究により、侵食の原因となるノッチは河岸の粘着性の低い地層が侵食されて形成され、ノッチの横断方向の発達は最大でも粘着性の低い地層の高さ程度に止まることが明らかとなった。今後は実験等を通じてノッチ内の流速分布を調べ、渦動道粘性係数の適切な評価を行うとともに、粘着性の弱いシルト混じり砂礫層等の耐侵食特性を明らかにすることによって、ノッチの発生に関する評価手法を立案し、弱点のみを補強する護岸工の開発に寄与したいと考えている。

参考文献

- 福岡捷二・木暮陽一・佐藤健二・大東道郎(1993)：自然堆積河岸の侵食過程、水工論文集、第37巻、pp. 643-648。
宮沢直季・荻原能男(1992)：長方形断面開水路における流速・せん断応力分布、第47回年講概要集、pp. 206-207。

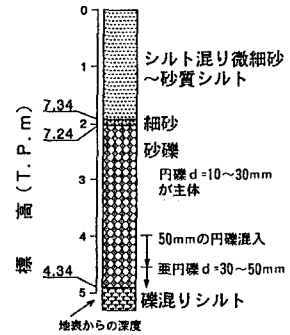


図-4 ボーリング調査により求めた地層の構造

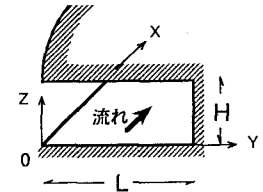


図-5 座標系

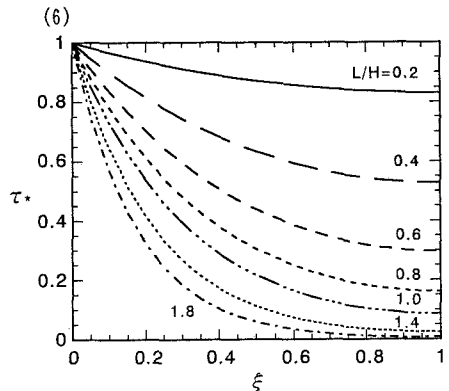


図-6 ノッチ中央でのせん断力分布