

2次流とはどんな流れですか？

河川研究室

【問1】 弯曲河道において外岸が洗掘し、内岸が堆積するのはどうしてでしょうか？

【回答】 通常、直線河道において等流状態を仮定したとき、流れは重力と河床抵抗(エネルギー勾配)によって決定されます。

これを図で示すと、図-1のようになります。

また、これを式で表わすと(1)式ようになります。

$$\epsilon \frac{d^2 u}{dz^2} = -gI \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 ϵ は渦動粘性係数、 u は主流方向流速、 z は鉛直方向の座標軸、 g は重力加速度、 I はエネルギー勾配です。

さらに、水面でのせん断力(du/dz)(=0)および表面流速 u_s を与えることにより、(1)式を積分すると(2)式になります。

$$u = -\frac{1}{2} \frac{gI}{\epsilon} z^2 + u_s \quad \dots\dots\dots(2)$$

(2)式は河床付近で流速が遅く、表面付近で流速が早くなることを表わしています。当然のこ

とながら、等流状態を仮定したとき横断方向流速は $v=0$ となります。しかしながら、弯曲河道において横断方向の流れ v は0ではなく、表面付近で内岸から外岸へ向かい、河床付近で外岸から内岸へ向かう流れが生じます(図-2参照)。この流れは2次流(2次流は平面としての現象であり、らせん流は2次流を空間として捕えられた現象である。)と呼ばれるものであり、弯曲河道の河床形状を決定する重要な要因です。

この2次流の働きにより外岸は洗掘され、流心(流速が最大となる点)は外岸に移動します。さらに流心が移動することにより、外岸の掃流力は増加し、ますます外岸が洗掘されます。一方、内岸は2次流の働きおよび流心の移動により、内岸の掃流力が減少することで土砂が堆積されます。

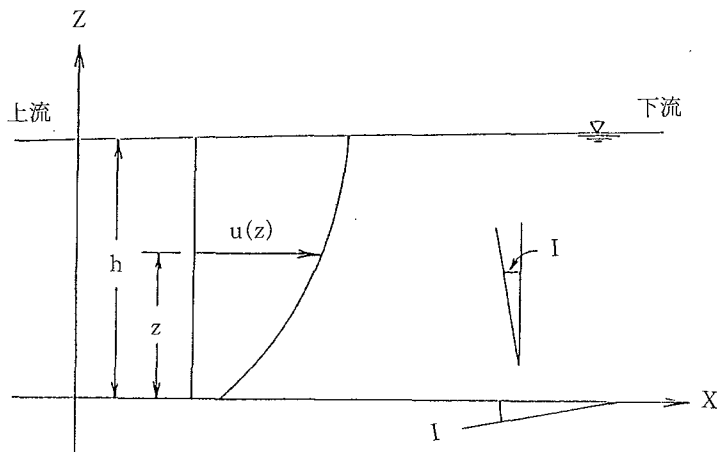


図-1 等流状態における力のつり合い

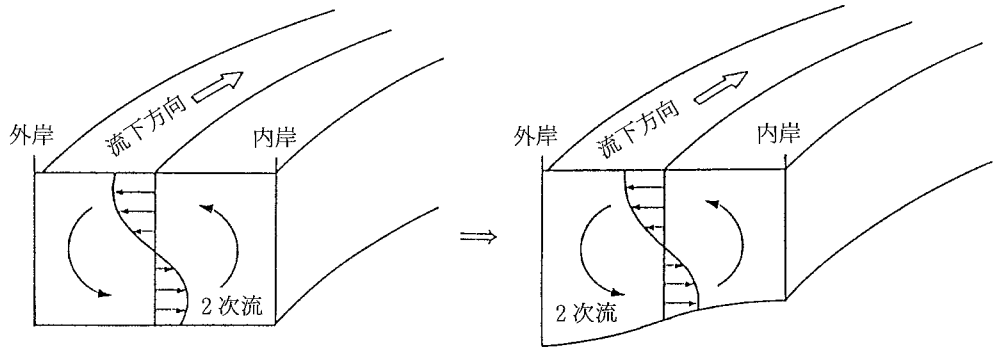


図-2 水路弯曲部の2次流

【問2】 では、2次流はどうして起きるのですか？

【回答】 弯曲河道では、以下に示す流れが生じるものと考えられます。

(1) 主流流速が慣性力により、そのまま真っすぐ流れようとする流れ。

(2) 流線が強制的に曲げられるために遠心力が生じ、この遠心力とつり合う水面勾配(流れ)。

この二つの流れが合成されたものが、2次流と考えられています。

【問3】 弯曲河道以外にも2次流は発生しないのですか？

【回答】 2次流は弯曲河道にしか発生しない希な現象ではなく、実河川においてほとんどの流れが2次流を伴っているといえます。

複列砂州河道の河道安定に非常に有効な手法と考えられているものに、水制があげられます。水制背後の土砂堆積は水制によって発生する2次流の影響が非常に大きい(図-3参照)。

また、急流河川の河床安定を目的として施工されている床止めにおいても、床止め直下流部では鉛直剝離を伴う2次流が発生しています(図-4参照)。

このような河川構造物だけでなく、複断面を有する境界上にも2次流は発生しています(図-5参照)。

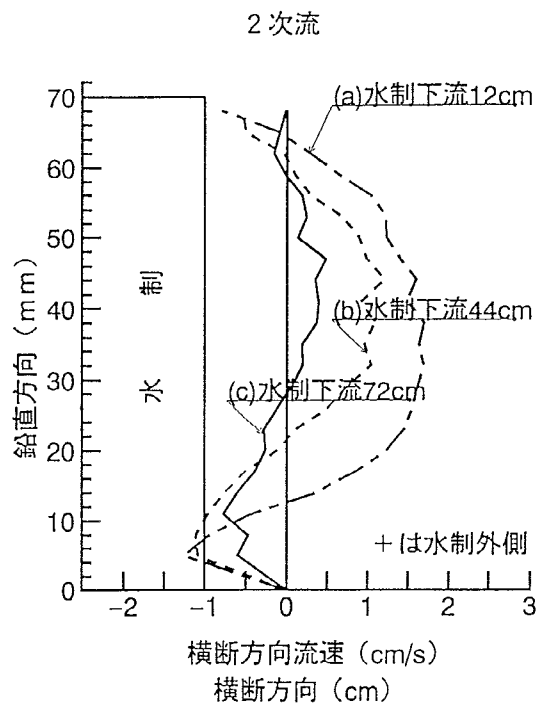


図-3 水制により発生する2次流

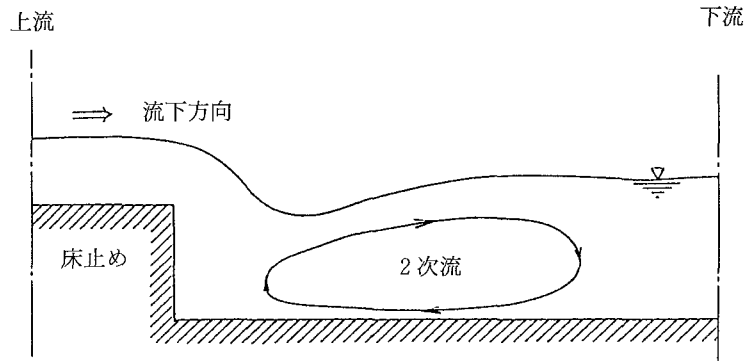


図-4 床止め下流に発生する2次流

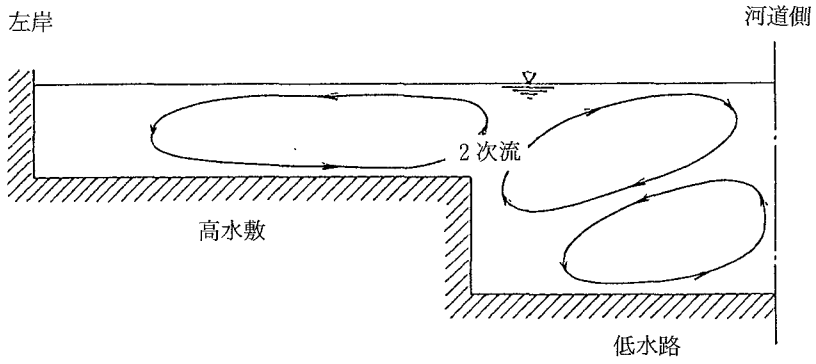


図-5 複断面開水路に発生する2次流

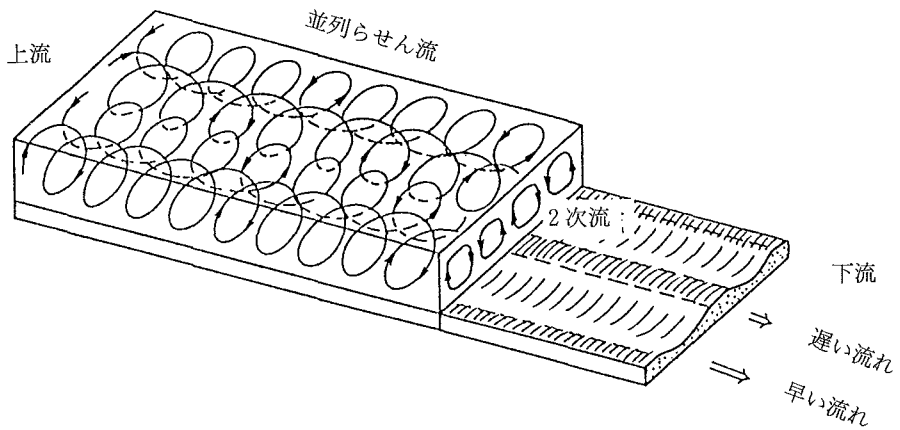


図-6 縦筋と並列らせん流

また、洪水時には川に数本の縦筋が生じ、流木などが固まって流れる縦筋とらせん流が生じています（図-6 参照）。

以上述べたように、一見単純に流れていると考えられる川の中の仕組みは非常に複雑な流れをしています。

（文責 崇田徳彦）

参考文献

- 1) 清水康行；沖積河川における流れと河床変動の予測手法に関する研究，北海道開発局開発土木研究所河床研究室，平成3年2月。
- 2) 土木学会；水理公式集，昭和60年度。
- 3) 吉川秀夫；流砂の水理学，丸善株式会，昭和60年。

*

*

*