

河岸侵食に関する現地調査

Field Survey and Observation on Bank Erosion

諏訪義雄*・山本晃一**

By Yoshio SUWA and Ko-ichi YAMAMOTO

The purposes of this study is to clear the relationship between bank erosion mechanics and river channel characters, and to know the place where bank erosion is up to occur. Field survey ,especially the Hinuma river, has been done for this purposes. From this survey the shapes and mechanics of bank erosion have been found to be different from each river channel characters

Keywords : bank erosion, bank erosion mechanics

1. はじめに

河岸侵食は川幅の変化, 河道平面形の変化の原因となり河道計画の考え方やあるいは河岸侵食防止工の設計の考え方を合理的なものとしていくためには, その特性を知ることが重要である。そのためには, 河岸侵食がどのような場でどのような機構で発生するのかを知っておく必要がある。本研究ではまず, 実河川の現地調査のうちに調べた河岸侵食形状を主として写真を使って説明・分類し, それらの特徴等について概説する。つぎに, 沼沼川洪水観測区間で行った河岸侵食調査から沼沼川における河岸侵食の発生箇所とその発生機構について考察する。これによって河道特性と河岸侵食の関連性把握の第一歩とする。

2. 河道特性と河岸侵食形状

写真-1, 2, 3に黒部川(河床勾配 $I_b=1/107$), 鬼怒川($I_b=1/172$), 多摩川($I_b=1/500$)の河岸侵食事例を示す。これらは代表的な扇状地河川である。

* 正会員 建設省土木研究所河川研究室
(〒305 茨城県つくば市大字旭1番地)

** 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長
(〒305 茨城県つくば市大字旭1番地)

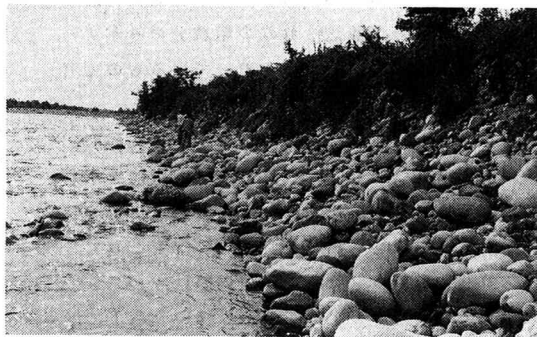


写真-1. 黒部川 ($I_b=1/107$)

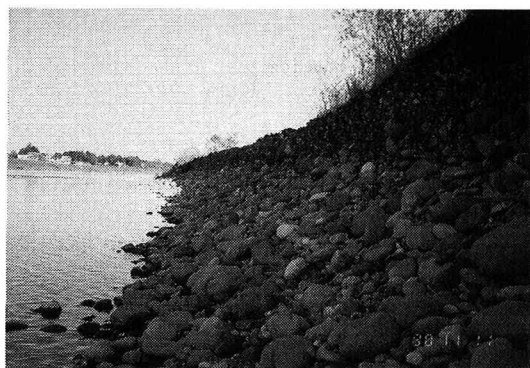


写真-2. 鬼怒川 ($1b=1/172$)

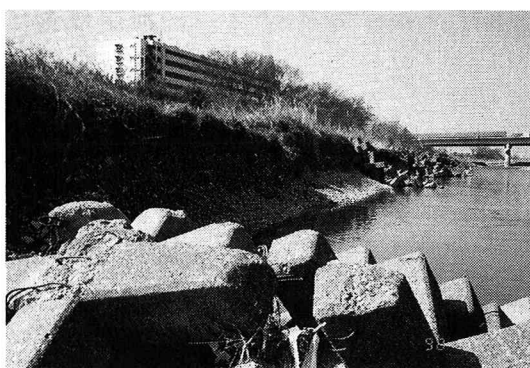


写真-3. 多摩川 ($1b=1/500$)

写真-1, 2, 3から扇状地河川の河岸侵食は河岸上部が切立ち、下部が緩やかな形状をしている場合が多いことがわかる。上部の切立った侵食面は直角に近い急角度である。ただし、写真-4(黒部川: $1b=1/107$)のようにこの切立った侵食面がない場合もある。下部の緩やかな侵食面はおおよそ河床材料の安息角程度で、下へいくほど緩くなっている場合が多い。写真-4に示すようにこの面がほぼ一定勾配である場合もある。この緩やかな侵食面の長さは侵食箇所によって異なり、写真-3の場合には写真-1, 2の場合と比較して短い。侵食面上部の切立った面を形成している材料と下部の緩やかな面を形成している材料は特徴が異なっている。侵食面上部の切立った面は砂と礫が混合した材料によって形成されており空隙率が少なくかみ合わせがよい。下部の緩やかな侵食面は大粒径の礫のみから形成されており、砂分はない。これらの礫は上部の切立った侵食面を形成している材料の最大粒径程度である。このことから侵食面下部の緩やかな侵食面を形成している材料は、本来の河岸材料のうち侵食面付近の掃流力によって流送されない粗粒分のみがアーマー化されて侵食面前面を覆っているものと考えられる。

写真-5, 6, 7, 8に小貝川 ($1b=1/3650$)、酒沼川 ($1b=1/650 \sim 1/1420$)の侵食事例を示す。これらの河川は河床勾配から中間地河川に分類できる。中間地河川の侵食状況には主として3つの形態が見られた。第一の形態は写真-5, 6のように河岸の上部が切立っており、下に崩壊した土塊が残っているものである。第二の形態は写真-7のように崩壊した土砂が流出して



写真-4. 黒部川 ($1b=1/107$)

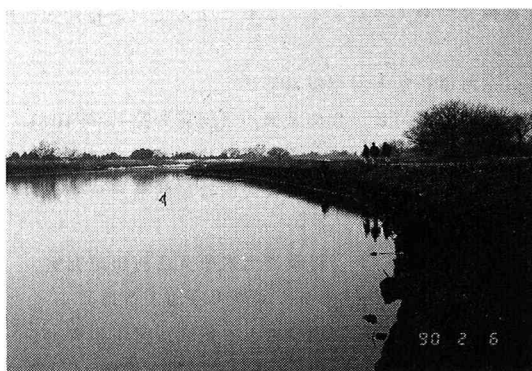


写真-5. 小貝川 ($1b=1/3650$)

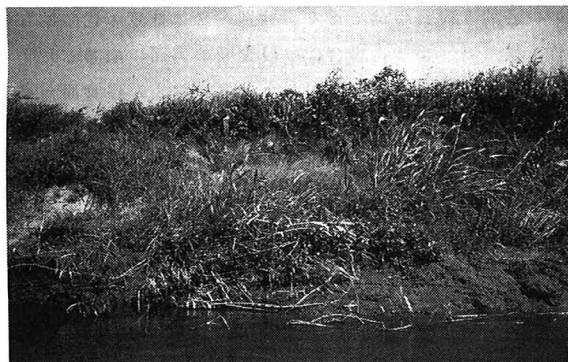


写真-6. 湊沼川 (1b=1/1420)

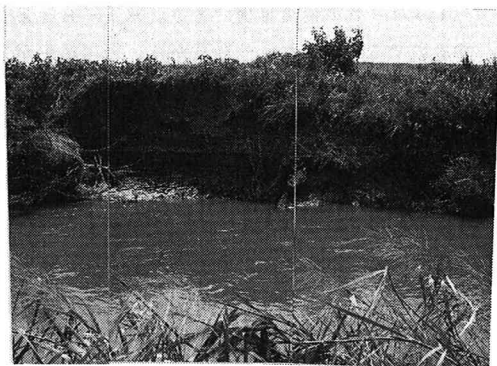


写真-7. 湊沼川 (1b=1/1000)



写真-8. 湊沼川 (1b=1/650)

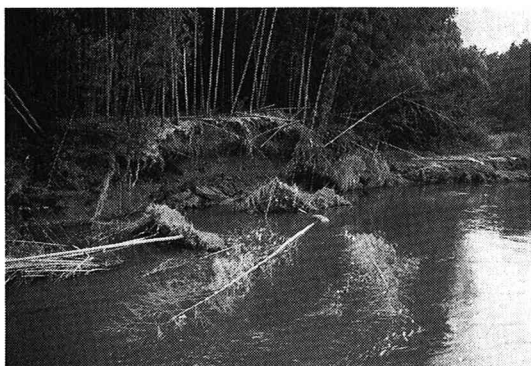


写真-10. 湊沼川 (1b=1/650)

侵食面がよく見えるものである。第三の形態は写真-8のように切立った面が小さく、ほぼ一定勾配の侵食面が続いているものである。

湊沼川では、河岸植生ごとに河岸侵食状況の特徴が異なる。湊沼川における河岸植生は、ま竹、篠だけ、よし、低草の4つに分類される。写真-9は篠だけの侵食事例である。写真



写真-9. 湊沼川 (1b=1/1000)

-10 はま竹の侵食事例である。写真-6 はよしの代表的な侵食事例である。写真-7 は低草の代表的な侵食事例である。これらの写真から、河岸植生がま竹、篠だけ、よしの場合には侵食面の前面に崩壊した土塊、植生が残っている場合が多い。河岸植生が低草の場合には侵食面前面に崩壊した土塊はなく、侵食面が露出している場合が多い。

3. 沼沼川における河岸侵食調査

3・1 調査目的及び方法

河岸侵食がどのような箇所とどのような機構で発生するのかを調査する。この調査を行うには、水理量、河床状況、河岸土質等多くの情報が必要である。一般の実河川でこれらの情報が高密度で集められていることは少ない。土木研究所河川研究室では茨城県友部町地先の沼沼川において高密度洪水観測を行っている。この観測区間では水理量、河床状況、河岸土質のデータを収集している。これらの資料をもとに沼沼川洪水観測区間における河岸侵食の発生箇所とその発生機構について検討を行う。

河岸侵食が発生する箇所として以下の3つが考えられる。①深掘れが生じる箇所。②土質が他の箇所と比較して弱い箇所。③流速が他に比較して速い箇所。これらの要因のうちどの要因が最も河岸侵食の発生と関連が深いのかを調査した。深掘れについては、定期横断測量の結果から河床最深位置を平面図にプロットして河床最深線図を作成し、河岸侵食発生箇所と比較検討した。土質についての検討は、侵食発生箇所と発生していない箇所についてボーリングによる土質調査を行い、河岸侵食発生箇所の土質の種類、N値を河岸侵食が発生していない箇所のそれと比較した。流速の検討は洪水時の航空写真より作成した等流速線図から河岸侵食発生箇所の表面流速を読み取り他と比較して速い場所なのかどうかを調べた。

河岸侵食の発生機構として次の3パターンが考えられる。①河岸付近の流速によって河岸の土砂が引き剥がれるように河岸侵食が起こる。②河床が洗掘され河岸土質の安定性が失われすべり、崩壊が発生する。③河床の洗掘以外に河岸下部も削られ河岸が安定性を失って崩壊が起こる。このうち②のパターンである円弧すべりによる河岸侵食発生の可能性について検討を行った。検討は、各河岸侵食発生箇所について侵食実績に合った円弧すべり面を仮定し、このすべり面に対して安定計算を行い安全率を求めて検討した。具体的な計算方法は以下の通りである。定期横断測量の横断図から侵食後の河岸形状に最も近い円弧すべり面を仮定した。このすべり面と侵食前の河岸に囲まれた部分に対し、円弧すべりの安定計算を行い安全率を求めた。一例を図-1に示す。計算は、すべりに対し最も危険と考えられる状態として低水路満杯水位から河床まで水位が急降下した場合を想定して計算した。したがって土の単位体積重量は飽和重量とし、間隙水圧はすべり面から河岸までの静水圧分が働くと仮定している。計算に用いた土質定数は次のように決めた。計算地点のボーリング調査を行い、土層構造を調べて土質の分類を行った。その結果、観測区間の土質は、おおまかに砂（礫混じり含む）、シルト混じり細砂、シルトの3つに分類できることがわかった。各土質の不攪乱試料を代表的地点から採取し室内土質試験（三軸圧縮試験）を行って単位体積重量、飽和状態における内部摩擦角および粘着抵抗を求めた。ただし、計算対象箇所のうち2地点については、ボーリング調査を行っていないため両極端な土質である砂質一様、シルト一様の両方を仮定して計算した。

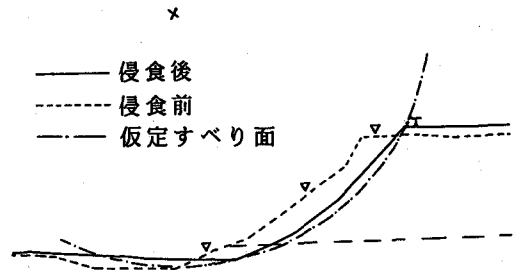


図-1 円弧すべりの安定計算例

河岸侵食が発生しやすい箇所であるにもかかわらず、河岸侵食が発生しない箇所がいくつか見られた。これらの箇所が侵食しない原因を調べることは河岸侵食の発生機構を推定する手がかりとなる。これらの箇所では侵食が発生しない原因を調べるため現地踏査を行った。

以上の調査結果をもとに河岸侵食の発生機構の推定を行った。

3・2. 調査結果

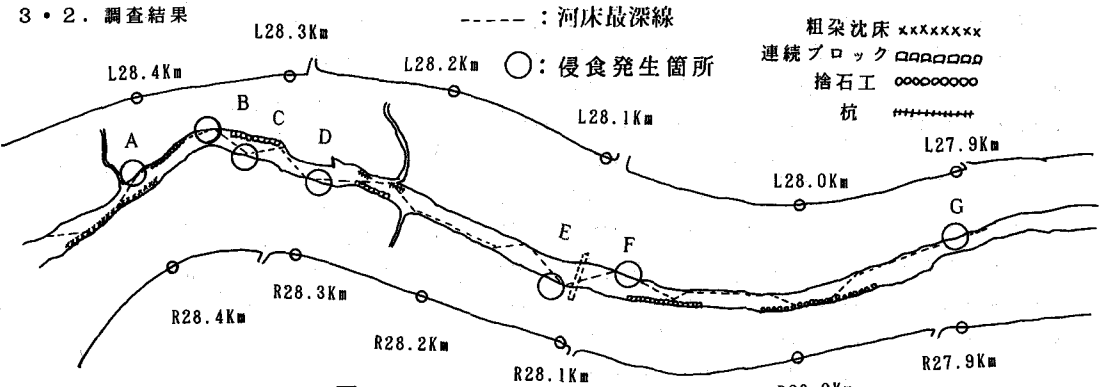


図-2 濁沼川洪水観測区間平面図

図-2に濁沼川洪水観測区間の平面図を示す。本観測区間は那珂川水系濁沼川の27.8km～28.5km地点にあり区間長700mである。河道特性は、流域面積：190km²、河床勾配1/1000、平均粒径：12mmで、河道諸元は、堤間幅：100m、低水路幅：25m、低水路深さ：約3mで中間地河道に分類される。

図-2に濁沼川の洪水観測区間と現地踏査で調べた区間内の河岸侵食発生箇所を示す。図より濁沼川の洪水観測区間では河岸侵食がA～Gの7箇所で行っていることがわかる。図-2に河床最深線をあわせて示す。図より濁沼川洪水観測区間の河岸侵食は河床最深線が河岸に寄っている箇所で行っていることがわかる。

表-1 河岸侵食発生箇所における流速及び河岸土質

河岸侵食発生箇所		河岸土質	N 値	流速
A	28.42左岸	未調査		1.0 m/s
B	28.36左岸	砂質シルト→シルト	1～19	0.4 m/s
C	28.34右岸	砂	2～9	1.2 m/s
D	28.28右岸	シルト混じり細砂→砂	2～13	0.9 m/s
E	28.12右岸	未調査		1.0 m/s
F	28.06左岸	砂	4～12	0.8 m/s
G	27.86左岸	シルト混じり細砂→砂礫	1～8	1.4 m/s
侵食なし27.96右岸		シルト混じり細砂→砂礫	6～17	1.4 m/s
侵食なし28.24左岸		シルト混じり細砂→砂	2～7	1.0 m/s

表-1に河岸侵食発生箇所を含む9箇所について土質調査の結果及び洪水時の表面流速を讀取った結果を示す。表において河岸侵食発生箇所以外の2箇所は、河床最深線が河岸に寄っているにもかかわらず河岸侵食が発生していない箇所である。表から濁沼川洪水観測区間では河岸侵食の発生と河岸土質およびN値には特に明確な相関はみられないことがわかる。また、洪水時の流速のデータは高水数にのる規模の洪水一回しか得られていない。低水路満杯規模の洪水で河岸侵食発生箇所の流速が速くなっている可能性があるが、模型実験での低水路満杯流量規模の流況、現地の洪水時の流況を観察したかぎりでは、河岸侵食の発生と流速の相関は薄いと考えられる。以上の検討から河岸侵食が発生しやすい箇所は河床最深線が河岸に寄っている箇所であると考えられる。

表-2は、各侵食箇所に対して行った円弧すべりの安定計算によって得られた安全率を示したものである。表からほとんどの箇所では安全率が1.2をこえている。この計算では水位が低水路満杯から河床まで急降下するというすべりに対して最も危険な条件を仮定しているが、実際に侵食が発生している時には水位は河床まで下がっていないこと、間隙水圧がある程度下がっていることを考えあわせると実際の安全率はこの計算結

果よりも高いはずである。以上より円弧すべりで侵食が発生する可能性は小さいと考えられる。

河床最深線が河岸に寄っており、河岸侵食が発生しやすい箇所であるにもかかわらず河岸侵食が発生していない箇所の現地踏査を行った結果、河岸に図-3のような構造物がみられた。平時時に河道内を撮影した航空写真から構造物の設置状況を調査した結果を図-2に示す。図より河岸侵食は河床最深線が河岸に寄っており構造物がない箇所で発生しやすいことがわかる。また、これらの構造物は法尻付近のみを保護するものが多い。このように円弧すべりで侵食する可能性が小さいこと、法尻付近を保護することによって侵食が発生しにくいことから考えて溜沼川洪水観測区間の河岸発生侵食機構は以下のように推定される。河床最深線が河岸に寄っているところでは河床が洗掘されるとともに河岸法尻も削られやすい。洪水時に河岸法尻部が削られて河岸上部が不安定となり、不安定が限界に達したとき河岸が崩壊する。崩壊する土塊の大きさは河岸植生の種類によって異なる。土塊が小さければ、土塊は河岸付近の掃流力によって流出し、写真-7のような侵食状況になる。土塊が河岸付近の掃流力で移動できないほど大きければ、土塊は河岸侵食面の前面に残り、写真-5, 6, 9, 10のような侵食状況になる。

4. まとめ

今回の調査から以下の点が明かとなった。

- 1) 扇状地河川の河岸侵食形状は写真-1, 2, 3のように上部に切立った面があり、下部は徐々に緩やかな面がある。上部の切立った面は鉛直に近い急な角度である。下部の緩やかな面の角度は、侵食箇所によって異なるが急な場合でも材料の安息角程度で、安息角よりも緩い。ただし、上部の切立った面の長さと下部の緩やかな面の長さとの比は侵食箇所によって異なる。
- 2) 扇状地河川の河岸侵食面上部の切立った面は、砂と礫が混じっているもので形成されており、かみ合わせがよい。下部の緩やかな面は、上部の切立った面を形成している材料がアーマー化された礫で形成されている。この礫は上部の侵食面を形成している材料のうち河岸の掃流力では運搬されないものがたまっていると考えられる。
- 3) 溜沼川における河岸侵食は河床最深線が河岸に寄っている箇所で発生する。
- 4) 溜沼川における河岸侵食の発生機構は河岸下部が削られ上部が崩壊する形態であると考えられる。したがって河岸下部を保護することにより河岸侵食を発生しにくくさせることができると考えられる。
- 5) 溜沼川の河岸侵食状況は、崩壊する土塊の大きさと侵食部の掃流力の関係によって侵食面前面に土塊が残る場合と土塊が流出してしまう場合とに分けられると推定される。崩壊する土塊の大きさは河岸植生に依存し、ま竹、篠だけ、よしの場合には崩壊する土塊が大きくなるため、侵食面前面に土塊が残ると考えられる。

なお、この調査にあたっては、土木研究所河川研究室の高橋晃、渡辺明英、林正男、平林桂、長谷川賢市、有沢俊治、大森徹治、西尾正博、鈴木一孝、小池康雄が関わった。ここに記して謝意を示します。

表-2 円弧すべりの安定計算結果一覧表

河岸侵食発生箇所		安全率
A	28.42左岸	8.9 (シルト仮定)
		2.0 (砂質仮定)
B	28.36左岸	4.2
C	28.34右岸	0.7
D	28.28右岸	1.3
E	28.11右岸	1.7 (シルト仮定)
		0.5 (砂質仮定)
F	28.06左岸	1.7
G	27.84左岸	1.8

※A, E地点はボーリング調査を行っていない

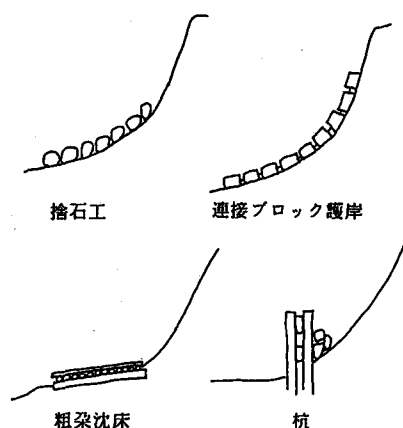


図-3 溜沼川観測区間内河岸構造物