

千曲川における河岸防御工法に関する検討



研究第四部 主任研究員 竹内 義幸

1. はじめに

本検討は、急流河川の千曲川をモデルとして、『護岸の力学設計法、(財)国土開発技術研究センター』¹⁾に基づいて護岸の力学的安定性の照査を行うとき、その適用範囲を見定め、それを補完する河道特性、過去の施工実績、水理模型実験等のデータをどのように有効活用できるのかを研究することにある。

なお、本研究を進めるにあたっては、(財)河川環境管理財団 山本晃一研究総括職を委員長として、学識経験者、行政委員で構成される『千曲川平成11年度洪水の河岸被災原因と復旧手法評価検討会』を設置し、検討を実施した。

2. 河道計画と護岸設計

『護岸の力学設計法』¹⁾での設計手順を図-2に示す。同書において、図中の点線枠内の項目は、検討手順や具体的な施設形状を決定する照査方法が示されている。

本検討では、千曲川をモデルとして、図-2の設計手順にしたがって具体的な設計を進める際の力学設計法の適用範囲を見定め、千曲川の河道特性、過去の施工実績等を踏まえて、どこまで設計できるのかを明らかにした。

護岸の設計は、本来、河道計画段階での検討結果に大きく依存していることを再認識する必要がある。しかし、従来、河道特性の調査が十分に実施されず、護岸が設置されてきた現場が少なくない。災害があれば、その局所的なデータをもとに設計されてきたのが現状である。

そこで、本稿では、図-2に示した本研究での検討項目のうち、河岸防御の視点から河道特性データを精査し、河岸防御の必要性を判断するための水衝部河岸の変動特性の分析結果について述べる。

(1) 「河道のセグメント分類法」¹⁾²⁾に基づくセグメント区分

山本¹⁾²⁾は、河道特性を把握・分析するため、河床勾配、河床材料が同じ河道では、洪水時の掃流力や低水路幅・深さ等が類似した特徴を持つ“セグメント分類法”を提案しており、本検討ではこれに従って検討した。

千曲川のセグメント区分は、82km付近を勾配変化点とし、大きくは82kmより上流はセグメント1、82kmより下流はセグメント2-1の2つのセグメントに分割できる。さらに、河床勾配・材料、狭窄部から、8つに細分割できる(図-1参照)。

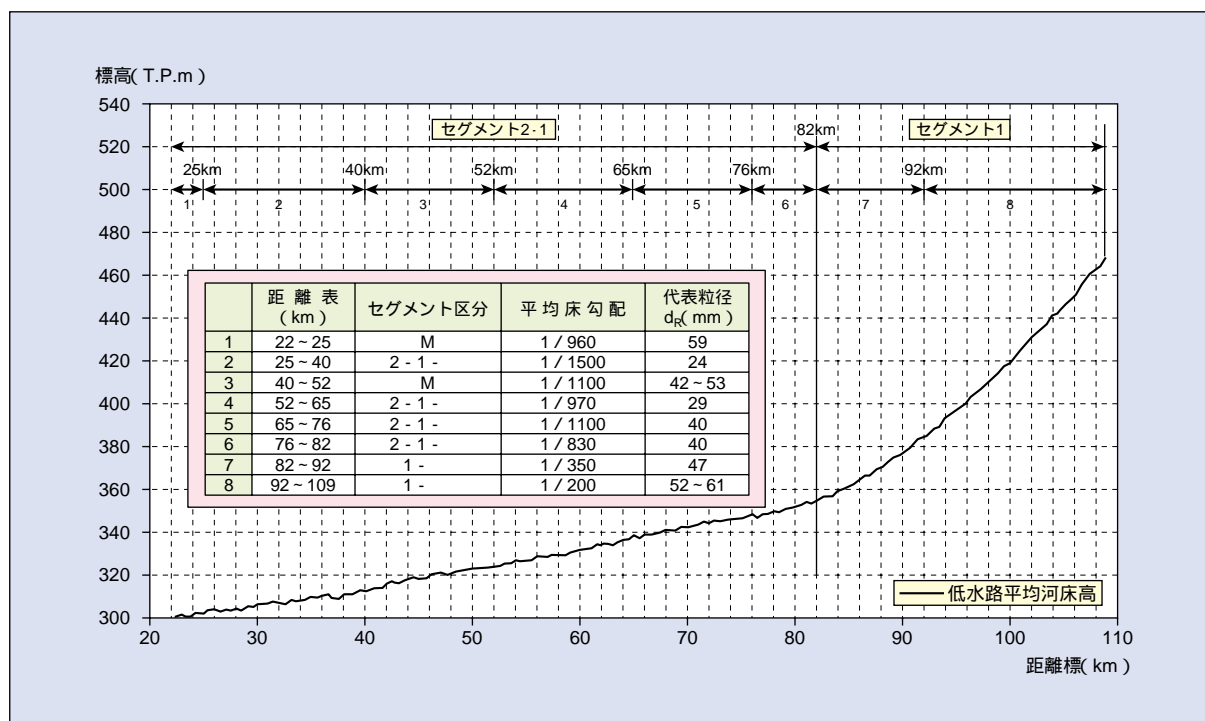
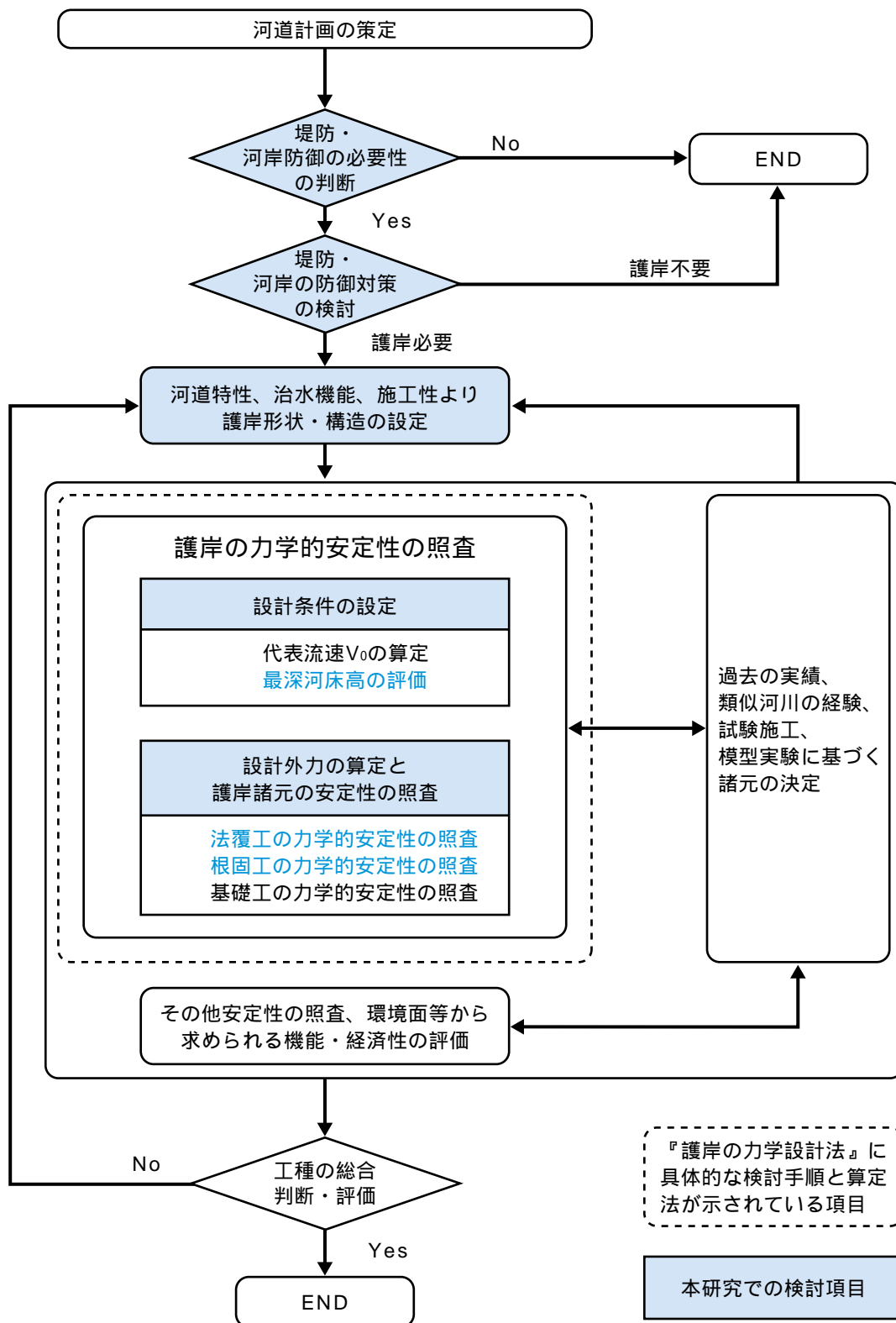


図-1 千曲川のセグメント区分(1995年河道・平均河床高)



(2) 河岸防御対策の検討

河岸防御対策を検討するには、水衝部河岸の変動を把握することが重要であるが、『護岸の力学設計法』¹⁾において、対象河川によりその特性が異なることから、具体的な検討手順まで示されていない。本検討では、直轄河川において容易に入手できる経年的な河床変動データ、洪水時の水理特性と砂州の形状、航空写真を基に、主流路の経年変化を分析し、約20年にわたる水衝部河岸の変動特性を明らかにすることで、河道計画論的な視点から、護岸設置の必要箇所を抽出することができた。

このうち、経年的な河床変動データに基づく流路の安定性の検討手順を以下に述べる。図-3は河道中央から流路までの距離 y を河道半幅 b で無次元化したものである(右岸向きを正、左岸向きを負)。流路位置の判定は、河道横断形状の最深河床高を基本とし、同時期の航空写真を見ることで、流路の平面位置を確認した。図-4には、主流路位置の経年変化(1981年~1995年)、流心の平均位置からの分散および川幅水深比縦断面図を示す。

主流路位置の経年変化は、流心の平均位置からの分散が大きくなるほど、主流路位置の変動が大きくなる。この主流路の変動特性は、山本²⁾³⁾の調査結果による平均年最大流量時の川幅水深比(B/H)で明確に説明できる。川幅水深比(B/H)は、河床に発生する砂州の性質や形状を判断する指標となり、 B/H が70以下では交互砂州が発生する領域で流路も比較的安定している。一方、 B/H が140以上では複列砂州が発生する領域とな

り、流路変動が大きく、兩岸水衝部となる可能性がある。千曲川の各セグメントごとの流路の変動特性の分析結果を表-1に示す。

なお河床変動データは、人為的な影響要因を考慮し、砂利採取量が横這いとなる1981年を基準年とし、それ以降のデータで評価することとした。

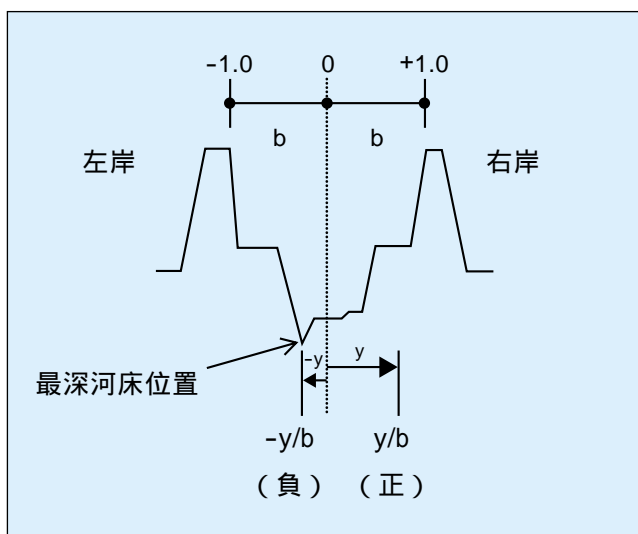


図-3 水衝部位置の無次元化

表-1 みお節の変動特性と砂州の形状

セグメント	区分(km)	特徴
M	22 ~ 25	湾曲部狭窄区間で水衝部はほぼ固定している。
2 - 1 -	25 ~ 40	複断面直線部で交互砂州が発生し、水衝部は若干移動している。
M	40 ~ 52	湾曲部狭窄区間で水衝部はほぼ固定している。
2 - 1 -	52 ~ 65	複断面直線部で交互砂州と複列砂州が混在し、水衝部は若干移動している。
2 - 1 -	65 ~ 76	複断面湾曲部で水衝部はほぼ固定している。
2 - 1 -	76 ~ 82	
1 -	82 ~ 92	単断面直線部で複列砂州、多列砂州が発生し、その変化に伴い水衝部は激しく変化している。
1 -	92 ~ 109	

3. 現時点での技術的評価

本検討で明らかになったことは以下のとおりである。
護岸設置を必要最小限とするための水衝部河岸の変動

護岸設置を必要最小限とするため、経年的な河床変動データ、洪水時の水理特性と砂州の形状、航空写真を基に、主流路の変動を分析した。

その結果、約20年にわたる主流路位置の実績、平均年最大流量流下時の川幅水深比を判断指標として、水衝部河岸の変動が解明できた。

また、本稿で紹介した検討項目以外にも、下記の事項について明らかにすることができた。

高流速区間における護岸の安定性の照査に必要となる諸係数の設定

『護岸の力学設計法』¹⁾で提示されている構造モデルとその力学的照査法、諸係数を急流河川の千曲川で適用した結果、とくに根固めブロックの安定性を左右する現場の施工条件（かみ合せ、連結等）の違いによる効果を諸係数の設定に反映する必要があり、これらを補完するため、簡易な水理模型実験により解明する方策を提案した。さらに、過去の洪水で被災（変状、流出等）を受けた根固めブロック重量とその流体力を評価し、流体力に対する安定に加え、根固め工周辺の洗掘に対する安定の2つの条件から精査する必要があることが分かった。

河道特性、機能、施工性からみた護岸形状・構造の設定

近年、多自然型川づくりのなかで、自然の材料を志向した工法が少なくない。本検討では、セグメント区分に着目した河岸防御方針、現場での経験（実績主義的な判

断による）から決定される施設基本形状（基礎高、根固工法等）を基に、河岸侵食防止の本来的機能から護岸形状・構造を設定した。

4. おわりに

護岸に関わる技術は、これまで経験（実績主義）的な技術判断と対処の積み重ねにより発展してきた。『護岸の力学設計法』¹⁾は、これら経験に基づく判断に加え、水理学や河川工学の分野の研究成果を基に、護岸の破壊現象を定量的に予測する手法が体系的に提示され、その現場への適用が広がりつつある。

護岸の設計は、性能仕様への要請が今後益々高まっていくものと判断される。護岸の力学的安全性、設計の実用性を高めていくためには、実現象（破壊現象）をモニタリング調査し、工学的知見からの検証により、設計法の適用範囲の区分（場合分け）を明らかにしていく必要がある。また、建設コスト縮減の観点から、現場の施工条件とそれを検証する水理模型実験等の裏付けにより、変形を許容した安定条件（安全率）の設定も重要であると判断される。

本研究が、これら護岸設計の議論の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) (財)国土開発技術研究センター編(1999): 護岸の力学設計法、山海堂
- 2) 山本晃一(1994): 沖積河川学、山海堂
- 3) 山本晃一(1998): 河道特性論、土木研究所資料第2662号