

II - 217

静的平衡理論を用いた縦断形の設定

北海道開発コンサルタント(株)	正員	長谷川裕史
北海道開発局 石狩川開発建設部	正員	石川 伸
北海道開発局 石狩川開発建設部		岡田 幸七
北海道開発コンサルタント(株)	正員	山下 恭正
道建コンサルタント(株)	正員	吉田 美樹

1. はじめに

従来河川改修工事は、洪水による氾濫を防ぐことに主眼が置かれ、洪水流量の安全な流下を第一として計画され施工されてきた。今日では、河道を設計するために流水のみならず流送される土砂の両者についての重要性が認識されている。本報告は、主として流送土砂に着目し、安定した河道を設計するための合理的な計算手法について述べる。

安定した河道とは、流水が安全に流下しさらに、流砂が平衡状態にあることをいう。平衡状態には、河床の砂礫が掃流力と釣り合った状態、すなわち限界掃流力を条件とする静的平衡状態と、縦断方向に流砂量が一定であるとする動的平衡状態がある。ここでは、土屋¹⁾が限界掃流式を用いて導いた静的平衡理論を実河川に適用し、安定勾配を求める。さらに、この平衡河床形に対する1次元河床変動計算により、この手法の妥当性について検討する。

2. 静的安定河床形の計算手法

静的平衡河床形は、流速式、砂礫の限界掃流力、および河床高を表す条件式を用い、河床の粒度分布、河幅および基準点の河床高を境界条件にして求める。

ダムの建設などで上流から土砂の流入がなくなった場合に、流送土砂の移動がなくなり静的平衡状態が得られて河床が安定する現象が見られる。このとき、流れが砂の移動限界掃流力状態、つまり $gh_0 I_0 = u_{*c}^2$ とすると、この式とマンニングの平均流速式を連立して解くことにより(1)式に示す静的平衡勾配 I_0 を導くことができる。

$$I_0 = \left(\frac{B}{nQ} \frac{u_{*c}^{10/3}}{g^{5/3}} \right)^{3/7} \quad (1)$$

ここで、 Q ：流量、 B ：河幅、 n ：マンニングの粗度係数、 u_{*c} ：限界摩擦速度、(1)式に最大粒径の回帰式、岩垣の式を代入し、この式を積分すると(2)式となる。

$$Z = Z_{i+1} - \int_{x_i}^{x_{i+1}} I_0 dx \quad (2)$$

3. 実河川の適用例

(1) 河川概要

豊平川は流路延長72.5kmを有し、河道状況から3つの河相に区分できる。上流部の約50kmは山間地河道で、河床が所々露岩し、ほとんど掘込み河道である。中流部約10kmは扇状地河道で、河床勾配は1/500～1/100と急勾配であり、橋梁、地下鉄等多くの主要横断構造物が設置されている。また、下流部約10kmはデルタ地河道であり河床勾配は1/4,000～1/1,000と緩勾配である。さらに豊平川は現在河床が低下傾向にある。その原因としては、次の3原因があげられる。

- ① 上流部の発電用のダムが築造され上流から流下砂礫量が減少
- ② 治水工事の進展による流路の固定とその反面、水深・勾配が増すことによる掃流力の増加
- ③ 市内周辺の発展による土木建築材料としての玉石・砂利・砂等の需要増加に伴う当地域からの大量の採取

(2) 河床材料

豊平川の最大粒径、平均粒径の縦断図を図-1に示す。この図よりKP10.0を境に下流側では上流側と比べ極端に粒径が小さくなっている。これは、豊平川の河相の急激な縦断的变化によるものである。

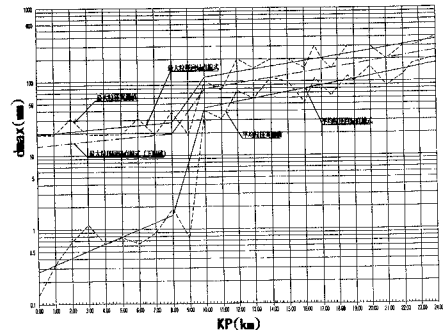


図-1 最大粒径・平均粒径縦断図

(3) 静的平衡勾配と床止めの配置

豊平川は、現在砂防ダム群が計画・施工されており、KP22.0kmより本川上流域では、岩露出部が点在し上流からの流入土砂量がほとんど見込めない状況にある。したがって、豊平川に静的平衡理論を適用する。河道設計条件を表-1に示す。

表-1の条件より設定した静的平衡河床形を図-2に示す。床止めの設置は、現在の計画と勾配の差の大きいKP13.0～20.0付近とした。

4. 河床変動計算による河道安定効果の比較

3. により設定された縦断面を用い、掃流砂および浮遊砂を考慮した1次元河床変動計算を行う。

表-2に計算条件を示す。

静的平衡河床形と現計画河床形の2ケースで河床変動計算を行いその効果を比較する。その結果を図-3に示す。この結果より静的平衡河床形にした場合床止め間での最大変動高が約1.0mに対し現計画での変動高は約2.5mとなった。これより静的平衡理論を考慮したことによる河床変動量の軽減が図られている。

表-1 河道設計条件

流量	年最大流量の平均値（昭和30年～平成3年）63.0%とする。
川幅	計画低水路下幅（60m～80m）とする。
粗度係数	計画粗度係数とし高水数粗度係数は、 $nh=0.050$ 低水路粗度係数は $nh=0.025\sim0.035$ とする。
河床材料	(2) で設定した同輪直線式より求める。

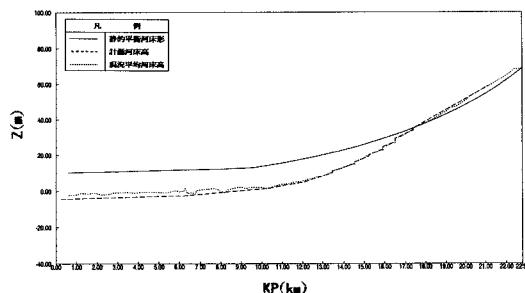


図-2 静的平衡河床形図

表-2 計算条件

計算区間	KP0.8～KP22.8間の約22km
区間距離	$\Delta X=20.0$ m
計算流量	平均年最大流量63.0%
計算時間	8,000時間主計画高水流量ハイドログラフ
河床断面形状	左岸高水数・低水路および右岸高水数を矩形近似した等価断面
粗度係数	計画粗度係数 高水数 $nh=0.050$ 、低水路 $nh=0.025\sim0.035$
初期粒度分布	平均粒径(同輪直線)から設定した粒度分布
計算水位	計画河床勾配に対する等流計算

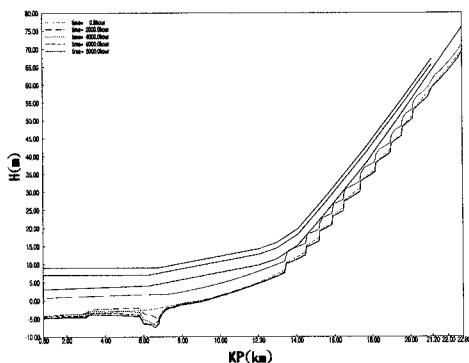


図-3 (1) 河床変動結果図（静的平衡河床形）

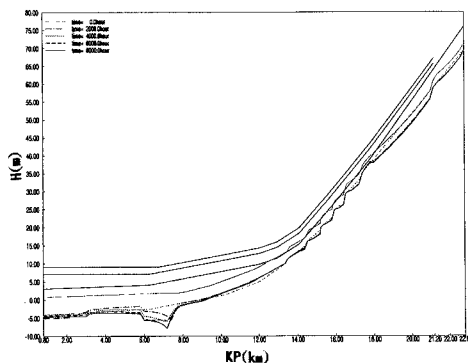


図-3 (2) 河床変動結果図（現計画河床形）

5. あとがき

本報告では、静的平衡理論を実河川に適用し、粒度分布を与え合理的な縦断面を設定する一連の手法について述べた。この縦断面を用い床止めを配置した河床形で河床変動計算結果を行った結果一応の成果が得られた。

しかし、実河川に適用した場合のいくつかの課題および成果を以下に示す。

- ① 粒径の小さい区間では、限界掃流力を容易に越えるため静的平衡理論が適用できない。
- ② 模型実験および再現計算などによる河床形の検証
- ③ 上流からの流入土砂量が見込めない河川において、安定した河道の設計が容易である。

参考文献

- 1) 土屋昭彦：『吉野川河道計画に伴う河道安定の検討報告書』土木研究所資料 第438号，1969。