

II-285

山地河川の河床縦断特性と抵抗則について

中央大学理工学部 学生員 ○寺本 康宏
 中央大学理工学部 正 員 日比野忠史
 中央大学理工学部 正 員 山田 正

1 はじめに 本研究は流出解析に用いられる、マンニングの抵抗係数を理論的に導くことを最終目的としており、その第一段階として山地河川の河床形状及び勾配等を測定しその特性を求め、さらに抵抗係数の導出方法と計算結果の一例を示したものである。

2 観測諸元 対象とした流域は東京西部にある丹沢・玄倉川流域であり、この川の中 上流にある2つの砂防ダム間の約1.5km間の河床特性を観測している。河床縦断形状の測定では著者らの考案したもの¹⁾を用いており、3回の観測が行われている。

3 観測の結果 図1は対象とした河床の縦断方向の分布を示すものである。従来の研究では、河川縦断曲線は指数曲線に近い形を取ると言われてきたが、図2のように数100m単位の細かい区間で見ると約190m～1000mにかけては直線的な河床形状を形成していることがわかる。河床勾配は3/100程度である。河床材料については平均粒径4～40cmのものから上流部では1m以上の巨石まで観測されている。

4 河床のスペクトル特性 本研究では図1中の190m～1000m区間について特性を調べた。なお解析はFFT法によるスペクトル解析を用いている。図2は山地河床のスペクトルを示したものである。この図より波長が167m, 112m, 71m, 40mの成分が卓越しており、それが40mのほぼ整数倍になっていることがわかる。さらに山地河床のスペクトルの高波数（短波長部分）では、波数の-2乗となっていることがわかる。

5 河床の再構成 前述のように得られたスペクトル $P(k)$ (k :波数)は観測河床のフーリエ変換から得られる。このスペクトルから逆に河床形状を再現するにはフーリエ成分 $F(k)$ の位相をランダムにとりフーリエ逆変換を行えばよい。なお、再現する河床を実際のものに近づけるため、スペクトルの高波数部分はカットしている。これにより同一のスペクトル特性を有する多くの河床形状を再現することができた。

6 抵抗係数の導出 通常の壁面摩擦の他に跳水による抵抗—損失関係を考慮した抵抗則が山田ら²⁾によって提案されている。この方法では、跳水が生じる基準としてはBernoulliの式と連続の式を基本式として得られる無次元波高 $y=(h/h_0)$ に関する3次式についてその水面形が存在するという条件で解き、その解が存在しないところでは跳水が1回発生しているものと考えられている。図3は前述の再構成した河床と水面形を表

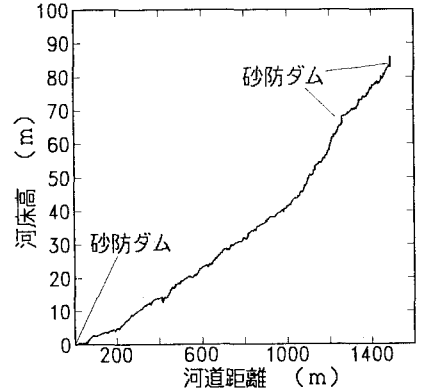


図1 山地河川の河床縦断曲線

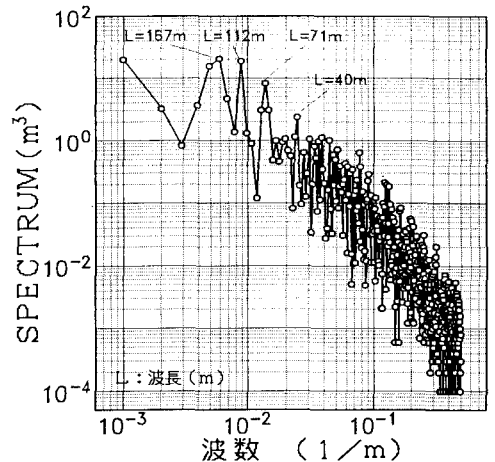


図2 山地河床のスペクトル

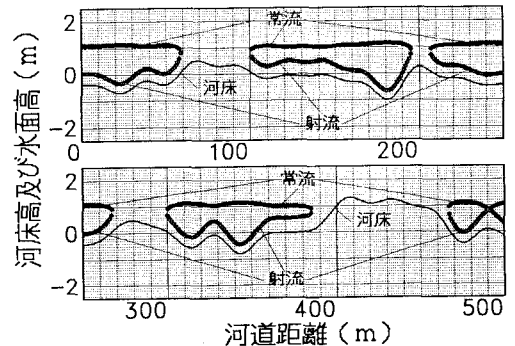


図3 山地河川の水面形

す一例であり、山田らの方法を用いて計算している。図の水面形が存在しないところで跳水が発生していると考えられる。その跳水の回数とエネルギー損失を求め、跳水による損失から算出される付加的なマンニングの粗度係数 n を求めた。上流一様部分の河床勾配及びマンニングの n を変えて、フルード数と跳水回数及びマンニングの粗度係数との関係を示したのが図4～7である。射流域においてフルード数の小さい部分で跳水回数は6回であった。Fr数の増加に伴って同様なカーブを描くが、同じFr数に対する跳水回数、マンニングの n は大きく異なっている。Fr数の小さい領域では跳水回数は多いが1回の跳水で失うエネルギー損失は小さいので全エネルギー損失は小さく、Fr数の大きい領域では1回の損失は大きいが流量、水深の増加によって跳水回数が減少する。つまり跳水回数の平均値付近でマンニングの n がピークとなっていることがわかる。

7 まとめ 今回の観測、解析結果から、①河川縦断曲線が部分的に直線を形成している。②直線部における卓越波長が基本波の整数倍になっている。③山地河床のスペクトルの高波数部分では、波数の-2乗則になっている。④同質のスペクトル特性を持つ河床を再現し、跳水によるエネルギー損失を考慮することによって付加的なマンニングの抵抗係数及びその傾向等を知ることができた。

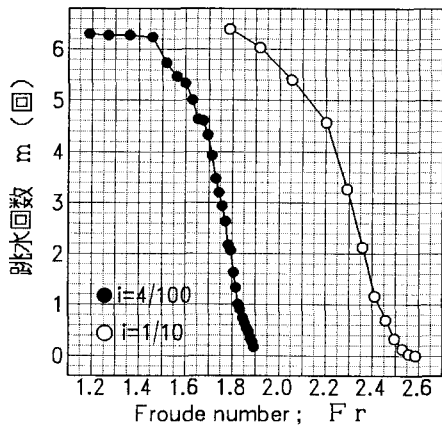


図4 上流一様Fr数と跳水回数

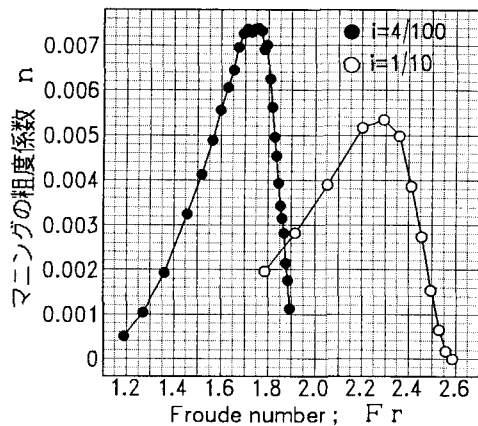


図5 跳水から求めたマンニングの粗度係数

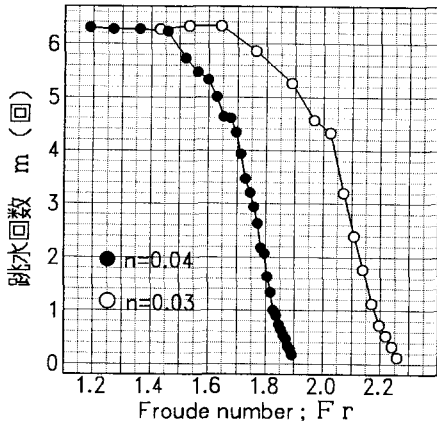


図6 上流一様Fr数と跳水回数

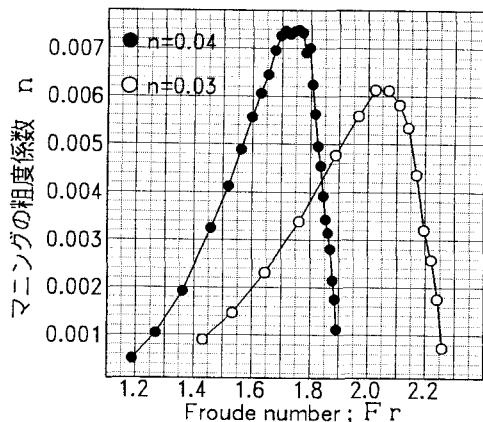


図7 跳水から求めたマンニングの粗度係数

参考文献 1) 寺本康宏、山田正：山地河川の河床縦断特性、第20回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp122-123, 1993. 2) 山田正、池内正幸、村上良宏：渓流を模擬した開水路流れの水面形遷移と抵抗則に関する研究、第30回水理講演会論文集、pp73-78, 1986. 3) 山田正、池内正幸、堀江良徳：不規則底面を持つ開水路流れに関する研究、第28回水理講演会論文集、pp149-155, 1984. 4) 山田正、池内正幸、堀江良徳：固定床不規則断面を持つ開水路流れに関する研究、第38回年次学術講演会講演概要集第2部、pp605-606, 1984.