



粗面河床開水路における棧型粗度の抵抗に関する研究 (2)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-11-08 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 阪本, 吉一, 多田, 博登 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00008095

粗面河床開水路における棧型粗度の抵抗に関する研究(Ⅱ) A Study of Flow Resistance of Strip Roughness on the Granular Rough Bed in Open Channels(Ⅱ)

阪本吉一*, 多田博登*

Yoshikazu SAKAMOTO** and Hiroto TADA**

(昭和53年9月1日 受理)

Abstract

This paper is continuation of the previous paper. For fundamental study concerned with the comparison of flow resistance has been discussed experimentally with the condition that the strips are arrayed systematically on the fixed sand grain bed and on the smooth bed of the board of plastic goods. This time we observed the velocity distribution which seems to be an important fact to explain the mechanism. To enumerate chief obtained results, it runs as follows:

1. At the main current of surface of water, in order to determine quantitatively the territory which is not influenced very much by the strips its rational to make use of the shortage of velocity.
2. We can prove the increase of the resistance caused by arraying the strips in the way we examine the patterns of the current with the locus which divides the main current and the other part.
3. We can prove the increase of the resistance caused by arraying the strips in the way we examine the patterns of the current with the locus; to take logarithms of the main current, to take out the origin from the equation obtained by a least squares method and to find the locus.

概 要

前報に引続いて流水抵抗に関する基礎研究として、砂粒粗面中に棧粗度を規則的に配列した場合、およびエンピ滑面上に同様に配列した状態について実験的に比較した。今回その内部機構を示すと思われる流速分布に注目した。得られた主な知見を列挙すれば次のとおりである。

- 1) 水面付近の主流部においては、棧の影響の及ばない領域を定量的に見つけるには、速度欠損を利用するのが合理的である。
- 2) 棧配置と抵抗の関係は、流速の主流域とそうでない領域を分ける軌跡が異なることによって抵抗係数に変化があらわれる。
- 3) 棧配置と抵抗の関係は、流速の主流域を log 分布し最小二乗法で求めた式の原点が異なることによって抵抗係数に変化があらわれる。

1. は し が き

摩擦損失係数は、巨視的にみて次元解析の手法を用いれば

*土木工学科 **Department of Civil Engineering

$$f \sim (\ell/k, k/h, Re) \cdot (ks/h, Re)$$

とあらわすことができる。ここに f : 摩擦抵抗係数, ℓ : 棧間隔, k : 棧高, h : 水深, $Re = UR/\nu$, u : 平均流速, R : 径深, ν : 動粘性係数, および ks : 相当砂粒粗度である。上の考え方によって、棧高および棧間隔による流れの抵抗と河床粗さとの関係を実験的に比較し、実験範囲における各パラメータの特性が理解できることを示した¹⁾しかし更に棧粗度による抵抗の水理学的機構を解明するには、流速分布に代表される流れの内部の性状の知見を必要とする。そこで本研究は、河床粗さが異なる場合、棧の配置の仕方と流速分布の間にいかなる関係があるかについて検討するものである。

2. 実験方法と実験ケース

実験は水路幅29.2cm, 深さ30cmおよび長さ15.0mのエンピ製矩形断面の片面ガラス張り可変こう配水路を用いて行なった。河床は、滑面としてエンピ板, および粗面としてエンピ板表面に粒径3mmのほぼ均一な砂粒を接着材ではりつけたものを用いた。棧は断面が6mm×6mmの栓棒を、流れ方向と直角に上述の河床上に規則的に配置した。棧間隔 ℓ と棧高 k の比は $\ell/k=10, 40$ および棧なしの3種類とした。実験ケースは Re 数の影響を知ろうとする実験では Fr 数をほぼ一定にすればよい, また Re 数をほぼ一定にした流れで広範囲にわたる Fr 数の影響を検討することも考えられる。これらの事を考慮して流量を2倍に、水深は $2^{2/3}$ 倍にすれば、等しい Re 数と Fr 数の各ケースが行なえるので粗度の影響を系統的に検討するため、水深は5.00, 7.94および12.60cmの3種, また流量は1.5, 3.0, 6.0および12.0 ℓ /secと定めた。実験方法は下流端の堰を適当に操作し等流状態となる河床勾配 i をレベルによって測定した。等流水深は、下流端および上流端の影響のないほぼ中央4m間の水深を測定して定めた。流速分布は径5mmの超小型プロベラ式流速計を用いて、棧間隔を10等分した断面において測定を行なった。

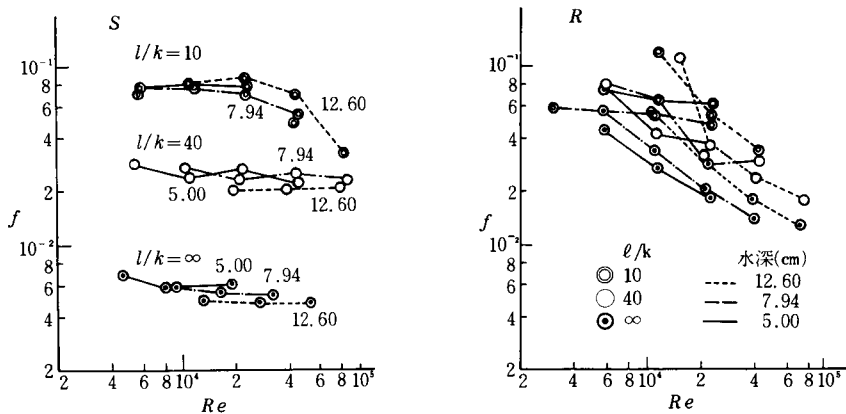


図-1 $f \sim Re$

3. 実験結果と考察

1) 抵抗係数とレイノルズ数

図-1に、流れの抵抗係数 f とレイノルズ数 Re の関係を示す。図中の記号はそれぞれS:滑面河床, R:粗面河床におけるケースであり、この河床上に棧をそれぞれ $\ell/k=40$, および10に設置した

場合を示す。プロットの添字は水深を示し、プロットを結ぶ直線は等水深線を示している。棧を配置した粗面における f は滑面上における f よりも大きい値を示す。棧間隔による抵抗係数の変化は、滑面上に設置した場合 l/k の変化に伴い f に変化がみられるが粗面上に棧粗度を配置した場合にも滑面と同様な傾向を示しているが、 f の Re に対する変化は、それ程大きくない。等水深線を見る場合、 S は Re にほぼ平行であり水深の変化も小さい棧を配置した場合は、ゆるやかな右下りのグラフとなる。一方 R は急な傾の contour を持ち、棧を設置してもその傾向は同様である。すなわちこれはレイノルズ数により抵抗係数が変化していることを示す。

ii) 流速分布

図-2 は水深 5 cm、流量は 3.0 l/sec と定め等流状態となる河床勾配 i を求め、河床を変化させた流速分布の測定値をプロットしたものである。横軸は u/u^* であらわす。ここに u : 局所平均流速および、 u^* : 摩擦速度である。

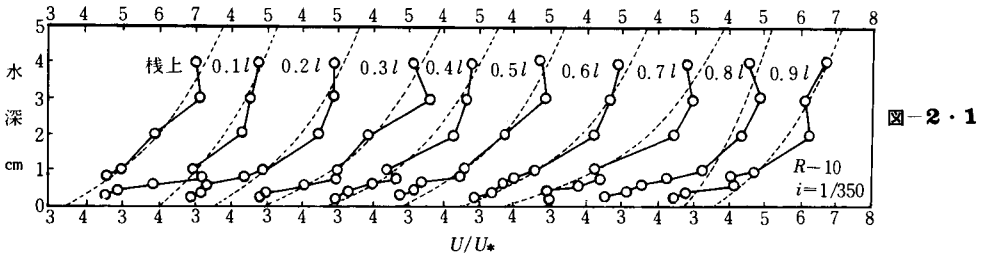


図-2.1

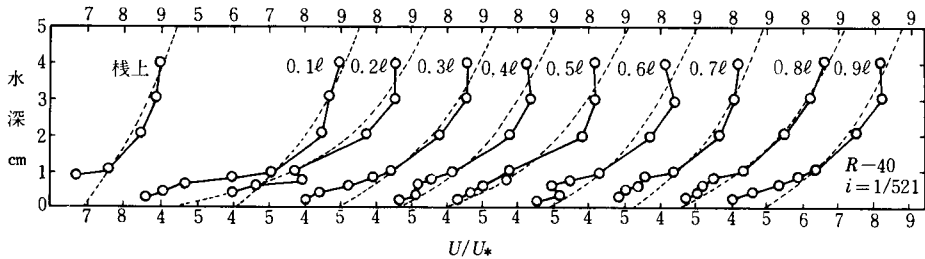


図-2.2

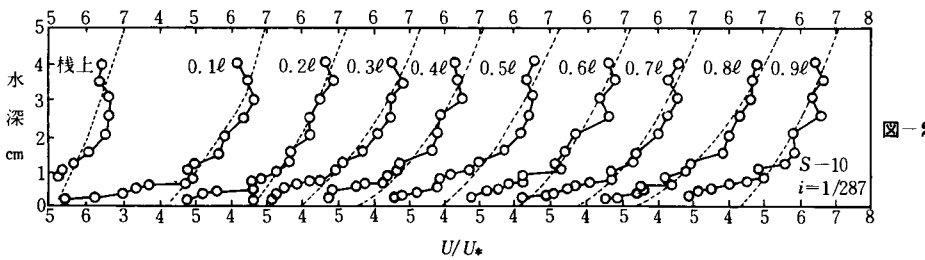


図-2.3

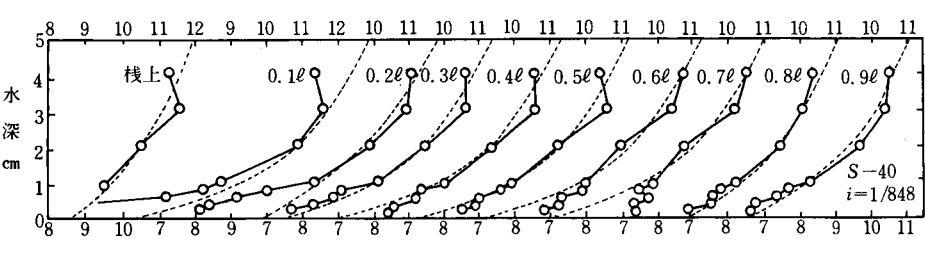


図-2.4

図-2 流速分布

流れのパターンを考える上でまず重要なことは、流れ方向の1周期（棧から棧）間において、各断面共通する流れの特性を抽出しなければならない。河床の棧近傍では、流向、流速および大きな後流（wake）の存在などによって流れ方向の各断面では等しくない。しかし上方では、周期的な棧粗度の影響が及ばない領域すなわち主流域が存在すると仮定することができる。定量的にこの存在を確認する方法として考えられるのは速度欠損則である。

$$\frac{u_{max}-u(y)}{U_*} = fn(y/k)$$

これを図-3に示す。流速分布形状を知るために速度欠損を適用し、各断面における流れ方向の変化を知るため各断面について重ね合わせ、重なり合う領域の位置をみる。この図より $y/h=0.8$ から $y/h=0.12$ までの領域を主流域であると定める。流速分布の主流域とは棧が周期的に配置されていても、主流域は変化しないと考えてもよい。それは棧高および各棧間とも相似な流れで、この主流域の流速分布は今までに確立されている対数則が従うと考える。この重なり合う領域における実験値のみにおいて各断面で対数則の5.75勾配になるよう最小二乗法で当てはめたのが図-2中の破線である。なお表面流速はプロベラ計では測定不可能でありやむを得ず流速分布から推定して求めた。

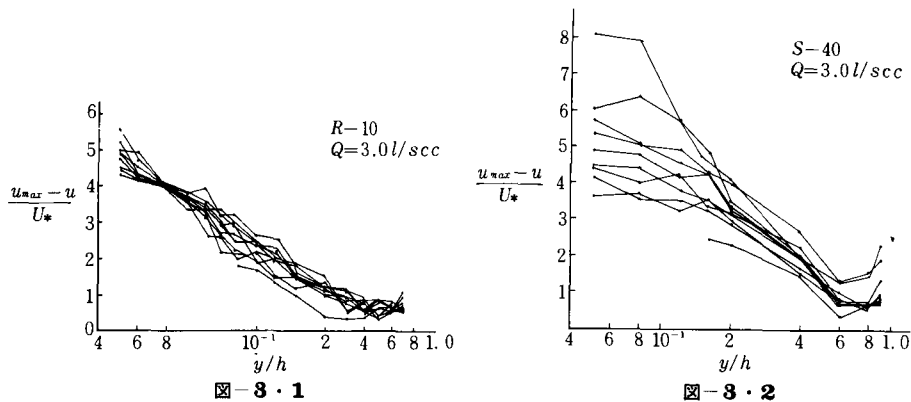


図-3 速度欠損

粗面河床上の流れ

計算値と実験値が離れ始める高さ、すなわち主流域と河床領域の境界線、計算値の原点である仮想基面位置とを流下方向に従って調べて軌跡を描くと図-4に示すような結果となる。図により次の点がわかった。

Sの場合

- 1) 10の主流域と河床領域の境界線については、河床より1.5cm位で変動している。
これは棧頂面の高さに押えられ、棧頂面を結ぶ面にほぼ平行になっている。この場合棧間隔がきわめて小さいので主流は粗度頂面上を滑るように流れていると思われる。
- 2) 40の棧間隔が広い場合棧間隔の $\frac{2}{5}$ 付近で河床に近ずき、流れ全体対数則に従い再び棧頂面へとなだらかに漸近してゆく。
- 3) 計算で求めた仮想基面の位置は、10と40を比較すると10の場合大きい。
- 4) 流量の増加に従い、仮想基面の位置は小さくなる。
- 5) 10の場合棧の前後の仮想基面の位置が大きい。

粗面河床開水路における棧型粗度の抵抗に関する研究(II)

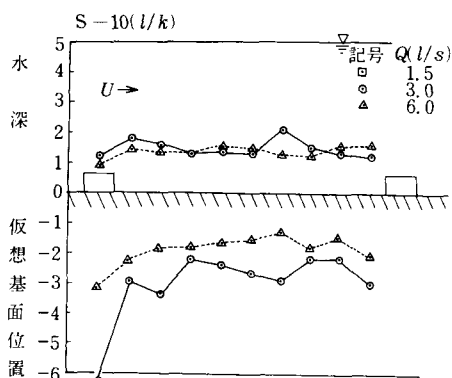


図-4・1

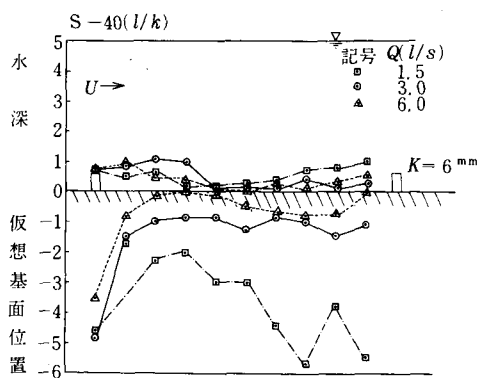


図-4・2

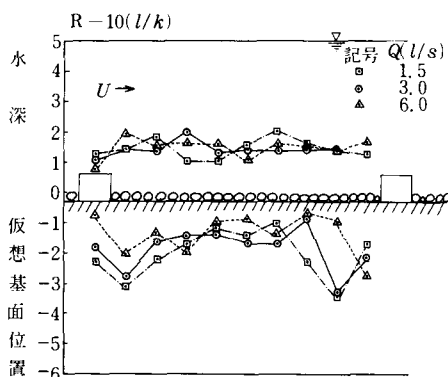


図-4・3

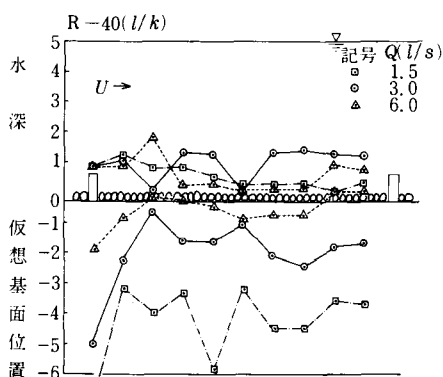


図-4・4

図-4 河床上の流れ

Rの場合

- 1) 10の主流域と河床領域の境界線は、河床より1.0 cm付近で激しく変動している。この場合は、元の河床の摩擦抵抗と棧が互いに接近しているため干渉し合っていると思われる。
- 2) 40の棧間幅が広い場合やはり元の河床の影響と考えられるがSの場合と比較すると変動が激しく棧間隔の $\frac{1}{5}$ で河床に近づいていることがわかる。
- 3) 計算値で求めた仮想基面の位置はSの場合とほぼ同じパターンを示すようである。

以上のことにより、河床領域では、通常の乱流のものに比べ、この軌跡より非常にゆるやかになっている所である。実際には急激に0に近づいているので、ここで大きな速度勾配が存在し、強い乱れと大きなせん断力が発生していると思われる。

原点である仮想基面位置の軌跡は、棧がない流れで対数則に従う流れであれば、原点は河床近傍に来るが、この場合棧を置いてしかも主流域と判断した上の方の流れだけの情報だけをとって勾配を調べてみたので、全くみかけ上であって実際に原点がくるわけではない。この仮想基面が下の方にくるのは、主流域の下の方の流速が大きいと、棧の直後から右回りの大きな渦がありその渦に乗っているような流速があるためであると思われる。

iii) 流れの形態

栈高および栈間隔による流れの抵抗と河床の粗さとの関係は、流速分布によってかなり明確に把握できる。前項の流速分布の結果を参考にして栈の設置された流れの抵抗は、栈配置効果と元の河床の摩擦抵抗の2種の極大値によって特性づけられる。その要素は栈間隔、相対水深およびレイノルズ数である。このような抵抗特性を栈粗度周辺における主流地域境界線の流況特性より説明できるとづぎのようである。すなわち栈間隔と元の河床の変化に伴う主流域境界線の流況は図-5に示されるように分類され、それぞれの特性はつぎのようである。

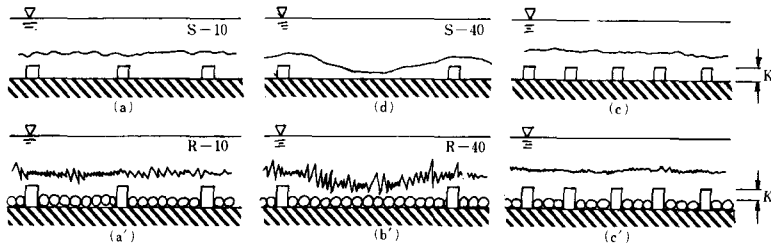


図-5 流れの形態

(a) $l/k=10$ の滑面では、主流域の境界線が栈粗度頂面上を結ぶ面にはほぼ平行となるのに対し、(b) $l/k=40$ のように栈間隔が広くなると、主流域の境界線が栈間の1/3付近において河床面に近づく周期性を持つ。(a)(b)元の河床が粗面となれば、その主流域の境界線はほぼ同じ値を示すが、それはランダムな変動をしている。(c)栈間隔がきわめて小さい $l/k > 10$ のような場合、主流域境界線は上昇する。

以上の流速特性が支配スケールとして、全体的な現象を表わす $f - Re$ の変化と対応するものと考えられる。なお河床領域は現在どのようになっているか未知であり、たとえばレイノルズ応力や乱流常数を求めることは今後の研究に待たねばならない。

おわりに

本研究は栈の水理機能を解明するため、内部機構を示すと思われる流速分布に注目し実験的に検討したものであって、得られた成果についてまとめるとつぎのようである。

- 1) 水面付近の主流部においては、栈の影響の及ばない領域を定量的に見つけるには、速度欠損を利用するのが合理的である。
- 2) 栈配置と抵抗の関係は、流速の主流域とそうでない領域を分ける軌跡が異なることによって抵抗係数に変化があらわれる。
- 3) 栈配置と抵抗の関係は、流速の主流域をlog分布し最小二乗法で求めた式の原点が異なることによって抵抗係数に変化があらわれる。

参 考 文 献

- 1) 多田博登, 阪本吉一: 粗面河床開水路における栈型粗度の抵抗に関する研究, 大阪府立高専研究紀要, 第11巻, 昭52.
- 2) 阪本吉一, 多田博登: 粗面河床上の栈粗度による流れの抵抗, 土木学会関西支部年次学術講演集, 昭53.
- 3) 足立昭平: 流水抵抗と安定問題, 水工水理学 (石原藤次郎編), 丸善, 昭47.