

京都大学防災研究所 正員 ○宇民正, 上野鉄男

1. はじめに

著者らは主として可視化の手法を用いて開水路乱流構造の時空間的な構造の解明を行なってきた。その中で、¹⁾オ2次渦と2次流が開水路における大規模乱流構造の重要な型態であり、それらの配置により流れの構造が非常に異なる、たむろとなることが明らかになった。したがってオ2次渦と2次流の配置が変山は開水路流れの抵抗特性を変わるであろうことが予想されるに到了。一方、木下³⁾は、水路床面に刻みこまれた細かい溝の配置によって2次流の配置がある程度規制できることを明らかにした。また著者らも、²⁾水路床面に粗度要素を設置することによってオ2次渦と2次流を規制することができることを示した。

本報告は、以上の事を考慮して、粗度要素を水路床面に配置することにより2次流の配置を人工的に規制し、そのようにして得られた各種の流れの抵抗特性を比較検討したものである。

2. 実験方法

(1) 粗度要素とその配列方法——粗度要素としては、①直径 2.6 mm の針金を 1辺 1.77 cm の直角「L」字型に折曲げたもの、②上と同じで1辺を 5.66 cm としたもの、③六角形のナット(1辺 5.7 mm, 厚さ 3.8 mm)、④1辺 3 mm の正方形断面の直線状の棒、4種類を用い、それを図のようく配置した。各粗度要素の流下方向の間隔 P および横断方向の間隔もをいろいろ変化させて ($2.5 \text{ cm} < t_1 < 16 \text{ cm}$, $2.5 \text{ cm} < P < 8 \text{ cm}$) 実測を行った。

(2) 実験条件と計算方法——水路下流端の堰の高さおよび流量 (1.928 l/sec) を全実験を通じて一定に保ち、粗度要素の各配列様式毎に水面勾配と水深を実測した。実測地点における平均水深は $24 \sim 29 \text{ cm}$ であった。また、水路幅は 40 cm であり、水路床勾配は 0.0017 あるいは 0.0021 に設置されている。抵抗特性は Manning の粗度係数で表現することとした。ここで、水深 H としては水路床面から水面までの距離の平均的な値を用いた。

3. 実験結果とその特徴

実測から得られた Manning の粗度係数を、粗度要素の横断方向間隔 t_1 を水深 H で割った無次元量 t_1/H に対応させたところ図-2 が得られた。本図において遮蔽率とは粗度による水路床面の遮蔽効果を意味しており、V1~V4 型および X 型の粗度要素の場合には、水路床面 $/ \text{m}^2$ 中にあら粗度要素の継延長を m 単位で計算した値で表わされており、また B1~B2 型の粗度要素の場合には $/ \text{m}^2$ あたりの粗度要素の箇数で表示されている。また図中の破線は、ほぼ等しい遮蔽率を有する点の位置を平均的に結んだものである。木下の実験は、平均粒径 2.2 mm の粗砂をしきつめた幅 40 cm の水路で行なわれたものであり、その水路床に流下方向と 45° の傾きをもつ格子状の細溝が設けられている。

本図から、 t_1/H と t_1/H との関係について次のよき特徴が指摘される。^① 等しい t_1/H の下では、遮蔽率が大きい程 t_1/H の値も大きくなっている。^② 等しい遮蔽率の下では、 t_1/H の減少に

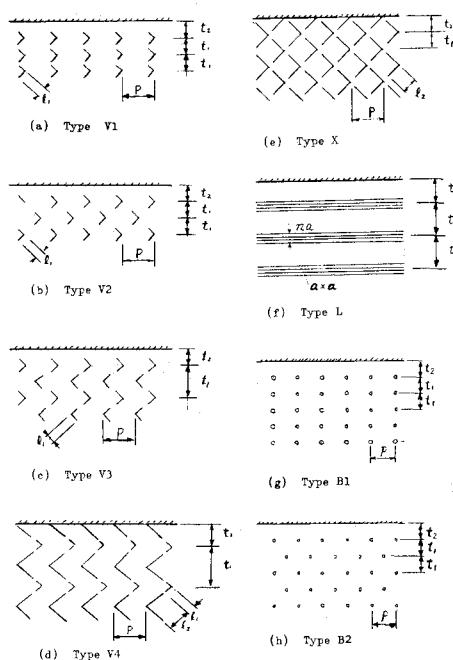


図-1 粗度要素の配置方法

ともなってれり値は増加する傾向が認められるが、とくに $t_1/H < 2$ でその増加率は大きくなっている。③上記の2つ特性から著しく外れた実測結果が2つあり、それが点線で囲まれて示されている。

4. 大規模乱流構造と抵抗特性との関連性

に関する考察

以上のようないくつかの実験結果について、著者らが提案した開水路の乱流構造に関するモデルに基づいて考察を加えよう。著者らの可視化法による実験によれば、V型の粗度要素を配置したとき、その頂点の位置を流下方向に連ねる線に沿ってオフ次渦が発生していることが認められた。またL型の粗度要素を配置した時にはその粗度要素に沿ってオフ次渦が発生するこれが認められた。さらに、これら2種類の配列にあらわされる規則性がより明らかになると、そこで発生したオフ次渦は2次流を形成するこれが明らかになった。同時に、オフ次渦の発達の過程は流れの内部におけるエネルギー遷散の過程であると著者らは考えた。一方(1)式中の粗度俠数を含む項は、流れの境界面におけるままであるエネルギー損失のみならず流れの内部におけるエネルギー遷散も同時に含んでいふと考えてよいであろう。

以上の考察から、

$$\text{エネルギー遷散量} \propto (\text{オフ次渦の強さ}) \times (\text{オフ次渦の発生頻度}) \quad \dots \quad (2)$$

であり、この値が大きくなると粗度俠数も結果的には大きくなると考えられる。

図において、 $t_1/H > 2$ の時には t_1/H の増加にもかかわらずれり値はあまり変化していないのは、ほぼ2Hのスケールで発達する2次流のためにオフ次渦が粗度要素の位置だけでなく、その中間の位置にも発生し、結果的には(2)式の値があまり変化せぬためと考えられる。これに反して $t_1/H < 2$ でれり値が大きくなるのは、2Hのスケールの2次流の発達に対応したオフ次渦が発生する他に、粗度要素によって強烈的に発生させられたオフ次渦もあつたため、全体として(2)式の値が大きくなるものと考えられる。

つまに、 $t_1/H = 3$ のあたりでれり値に通常よりも小さなものが実測されたことについて考察しよう。木下は水路床形状と2次流の安定性との関連を検討して結果、2次流が安定して発生する限界は日安として $1.6 < t_1/H < 3.2$ を得た。 $t_1/H = 3$ はこの限界内に入っているので、2次流は粗度要素の配列に従つて発達し、その様子は図-3(c)のようになると考えられる。その結果 $t_1/H = 3$ のあたりでは2次流の発生箇所は通常の場合よりも多くなると考えられる。ただし、このような傾向はすべての実験条件において認められた訳ではない。このような傾向がどのような条件の下で発生するかについては今後検討してゆくつもりである。

- 参考文献； 1) 宇民、上野；可視化法による大スケール乱流に関する研究、京大防災研年報、第19B号、1976.4.
 2) "、" ; "、" "、" "、" (2), "、" "、" , 第20B号、1977.4.
 3) 木下良作；並列らせん流に関する実験的研究、北海道開拓局石狩川開拓建設部、1977.

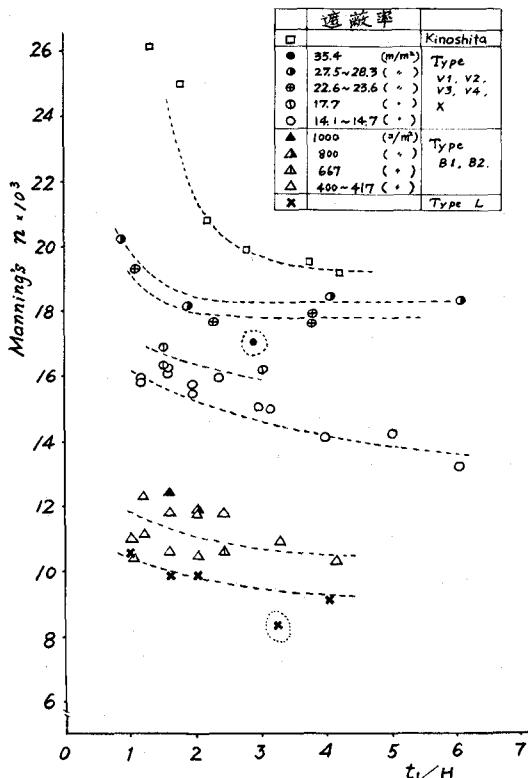


図-2 粗度要素の配置にともなうれり変化

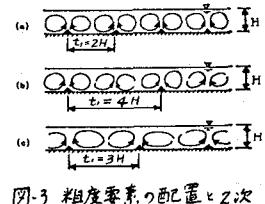


図-3 粗度要素の配置と2次流との関連性