

## II - 5 4

## 開水路側壁に小さな凸部がある場合の不等流計算の一例について

○ 東北電力(株)電力技術研究所 正員 佐々木 牧夫  
(株)東北開発コンサルタント 正員 三瓶 隆雄

## 1. はじめに

側壁に小さな凸部がある開水路流れにおいて不等流計算を行なう場合には、断面変化による流速分布の変化を十分に取り入れるとともに、凸部により生ずるはく離領域についても十分に考慮する必要がある。この問題については、流速分布より求められるエネルギー補正係数 $\alpha$ の場所的变化を考慮した検討<sup>1)</sup>や、断面変化部から発生するはく離領域に関する検討<sup>2) 3)</sup>など従来よりいくつかの検討が行なわれているが、凸部背後に発生するはく離領域を考慮した水面形に関する検討は行なわれていない。

本報告では、凸部背後に発生するはく離領域を水路幅より削除することにより、凸部周辺の水面形を求めたのでその結果について報告する。

## 2. 基礎式

不等流計算の基礎式は、標準逐次計算法を用い、摩擦損失係数は、マンニングの公式により表わす。

$$h_1 = h_4 + (Z_4 - Z_1) + \left( \frac{1}{A_4^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) \frac{\alpha Q^2}{2g} + \left( \frac{1}{R_4^{4/3} A_4^2} + \frac{1}{R_1^{4/3} A_1^2} \right) \frac{n^2 Q^2 L}{2} \quad (1)$$

ここに、 $A$ ：流積、 $R$ ：径深、 $\alpha$ ：エネルギー補正係数、 $g$ ：重力加速度  
 $n$ ：マンニングの粗度係数であり、その他の記号は図-1に示す。エネルギー補正係数 $\alpha$ は、計算簡略のため $\alpha = 1$ とする。また、凸部の断面変化による損失水頭 $\Delta h$ は、断面変化部において発生するものとして、不等流計算においては、凸部上流の水深から損失水頭 $\Delta h$ を減じることとする。損失水頭 $\Delta h$ については、TracyおよびCarter<sup>4)</sup>によって表わされている

はく離領域は、(2)式により求められる横断面毎の点を連ねることによって得られる。

$$\int_0^y V \cdot h dy_1 = 0 \quad (2)$$

ここに、式中の記号は図-2に示す。

## 3. 実験装置および実験条件

実験装置は、図-3に示すように、幅40cm・深さ40cm長さ20mの勾配可変式ガラス製開水路を用いた。凸部は、上流より8m地点に先端形状の直角なアクリル柱を設置した。

流れは、凸部周辺において射流状態とならないような表-1に示す6ケースについて行なった。流速測定は、正反式プロベラ流速計(径5mm 計測技研製)を用い、精密法により行なった。水位測定は、サーボ式水位計(SW402型 計測技研製)を用いて行なった。

## 4. 実験結果

## (1) はく離領域

流速測定値を基に、(2)式により求めたはく離領域を図-4に示す。はく離領域末端を側壁まで直線的に延長して考えると、はく離領域の大きさは、凸部長さ $l$ の8~10倍程度であった。その形状は、

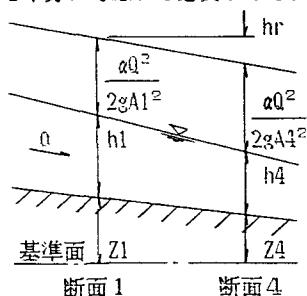


図-1 開水路の不等流

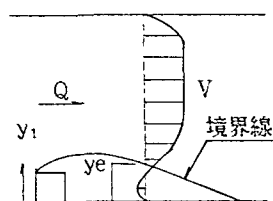


図-2 はく離領域の概要

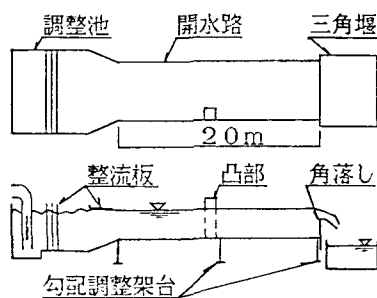


図-3 実験装置

表-1 実験諸元

| ケース | 勾配      | 流量<br>(l/s) | 凸部 (cm)<br>高さ 長さ 個数 |
|-----|---------|-------------|---------------------|
| 1   | 1/10000 | 7.307       | 2.0 2.0 1           |
| 2   | 1/5000  | 10.334      | 2.0 2.0 1           |
| 3   | 1/2000  | 16.340      | 2.0 2.0 1           |
| 4   | 1/1000  | 23.108      | 2.0 2.0 1           |
| 5   | 1/2000  | 16.340      | 2.0 2.0 2           |
| 6   | 1/2000  | 16.340      | 4.0 4.0 1           |

ケース4を除いた5ケースにおいてほぼ同じような形状を示している。実験ケースの中でフルード数が一番大きいケース4のはく離領域の大きさだけが著しく異なるが、これは、凸部周辺の流れが射流域に近くなったためと考えられる。すなわち、凸部周辺においてもフルード数の十分小さな常流域では、はく離領域の大きさは、フルード数に関係なく様な大きさであり、はく離領域の大きさに違いはあるにせよ、フルード数は境界流線の形状にほとんど影響を及ぼさないとした石井・岸<sup>5)</sup>の研究報告を満足するものと考えられる。

## (2) 不等流水面形

凸部周辺の水面形を、測定した水深を基に不等流計算により算出する。計算範囲は、流速分布形状が凸部がない場合と同じくなるような地点として凸部の長さ $l$ に対し、上流側10倍・下流側30倍の全長40倍とした。計算に使用する水路幅は、水路幅40cmよりはく離領域を削除して与えた。また、比較検討のため、はく離領域を図-5に示すような台形に近似させた場合についても計算を行なった。図-6・7に凸部の大きさが違うケースとして、ケース3およびケース6の結果を示す。図-6・7からもわかるように、水路幅を2号台形に変化させた場合の水面形は実測値にはほぼ一致している。水路幅をはく離形状に合わせて変化させた場合には、はく離領域下流付近で実測値と著しく異なっていることがわかる。これは、はく離領域境界付近の流速分布は、壁面の粗度を考慮した場合(対数則など)と違い、ゆるやかな分布を示しているため、水面形のみに注目すると、みかけ上の水路幅の減少は、はく離領域より大きくなるものと考えられる。

実測した水面形とほぼ一致する2号台形とはく離領域の形状を比較すると、はく離は凸部前面より始まり、その厚さ(水路横断方向)は凸部の高さの約1.5倍と両者ともほぼ等しい値を示している。また、その長さ(流れ方向)は、はく離領域では、凸部の長さの8~10倍であったのに対し、2号台形では16倍と2倍程度になっている。

## 5. おわりに

開水路側壁に凸部がある場合の水面形を、凸部背後に形成されるはく離領域を台形近似することにより求めることができたが、今後は、これらの理論的解析を行なうとともに、凸部が任意の間隔をもって連続する場合について実験を行ないたいと考えている。

## <参考文献>

- 1) 浅野・福岡・加賀谷・林：土木学会第41回年講
- 2) 石井・浅田・岸：第28回水理講演会論文集
- 3) 石原・志方：土木学会論文集第138号
- 4) Tracy, H. J. & Carter, R. W.: A.S.C.E., 120, ('55)
- 5) 石井・岸：第26回水理講演会論文集

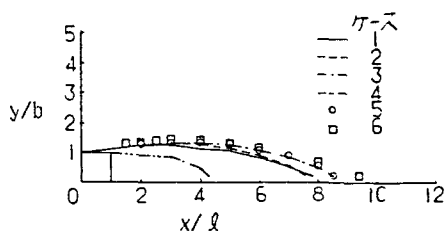


図-4 はく離領域

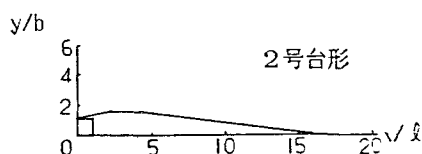


図-5 水路幅の変化

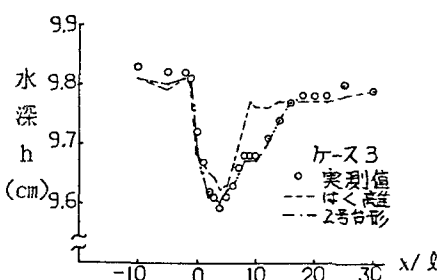


図-6 不等流計算による水面形

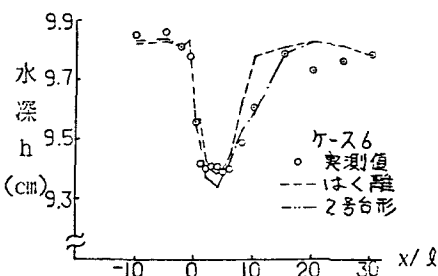


図-7 不等流計算による水面形