II-208　二平行粗面上流れの乱れ特性について

神戸大学工学部　正員　藤田一郎
神戸大学工学部　正員　篤　源亮
阪神高速道路公団　正員　毛利哲也

1. まえがき

本研究は前報[1]に引き続き粗さの異なる二平行粗面上の流れに関して検討を行なったものである。前報では平均流速分布に関して自由せん断流との比較を行ない、両者の間で若干の差が見られることを示した。本研究では、さらにその乱れ特性に関して考察を加えた。

2. 実験方法

基本的な実験方法は前報と同様である。但し本研究では図-1に示すように2通りの粗度配列を用いた。粗度指数（粗度間隔／粗度高さ）はcase 1が2.5 と10, case 2が2.5 と5 である。測定線と粗度要素との相対的な位置関係は図-1に示した通りである。解析には、サンプリング周波数500Hz でAD変換した値を用いた。

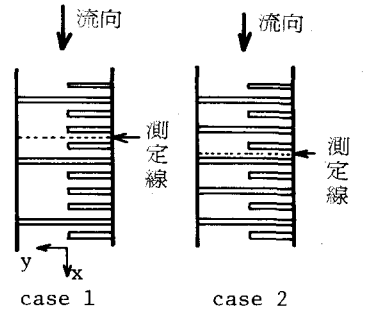

図-1　実験ケース

3. 平均流速分布

case 1の平均流速分布を図-2に示す。このように本研究で対象とした流れは、いわゆる自由せん断流の場合とは異なり、水路中央の粗度の不連続面近傍で流速が最大値を示すような分布形を呈する。これは個々の粗度要素の存在により生じる局所的な流れに起因するものと考えられる。定性的な説明を行なうために、図-3に示すような二次元ポテンシャル流を考えると、物体近傍で流れが加速されることがわかる。この流れは次式で表わされ、ヤコビのだ円関数を用いて直接に解を求めることができる。

$$z=Ak\int_0^{\zeta}\sqrt{\frac{\zeta^2-1}{k^2\zeta^2-1}}\,d\zeta+\ell i$$

ここに、$A=ak/(E-k'^2F)$ 、$\ell=A(E'/k-k\cdot F')$ 、$k'^2=1-k^2$、F,E はそれぞれ第一種、第二種の完全だ円積分、a,ℓ は図-3に示した長さである。ここでは$k^2=0.3$ として求めた流速分布を示した。

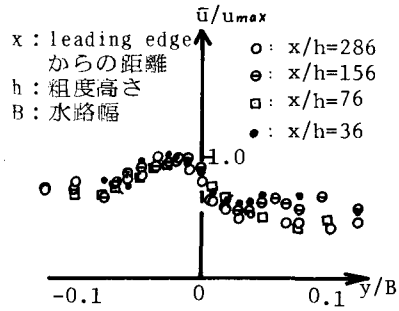

図-2　平均流速分布（case 1）

また、この加速流部分(遷移領域と名付ける)の特徴を明確にするために、自由せん断流との流速差の分布を示したのが図-4である。自由せん断流の流速分布は、前報で示したクロッコの式を用いて求

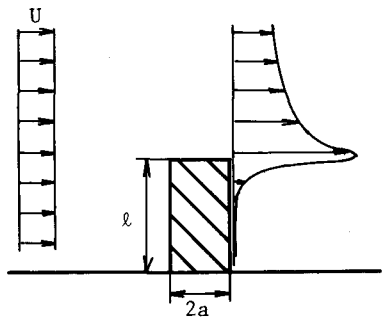

図-3　二次元ポテンシャル流

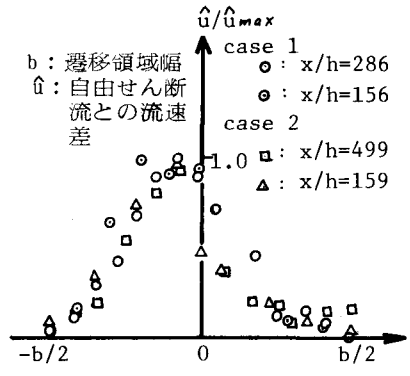

図-4　遷移領域における加速流の流速分布

めることができる。図- 4より、加速された部分の流速は、遷移領域内で若干、高流速側へひずんだ分布形を呈することがわかるが、これは遷移領域をはさむ流速の異なる領域間の圧力差に起因するものと考えられる。

4. 乱れ特性について

流下方向流速成分の乱れ強度を図- 5に示す。case 1の場合は低流速側から高流速側に向って遷移領域内で乱れが漸減するのに対し、case 2ではcase 1ほどの乱れの変化は見られない。これは、流れを一様な粗面上の流れとみなした場合、case 1の方が二平行粗面間の水理学的な粗さの差が顕著であったためと考えられる。実際には、遷移領域では流れの三次元性が強くu′のみの測定では不十分と考えられるが、流下方向の乱れに関する限り平均流速分布の場合のような特徴的な傾向は見られなかった。

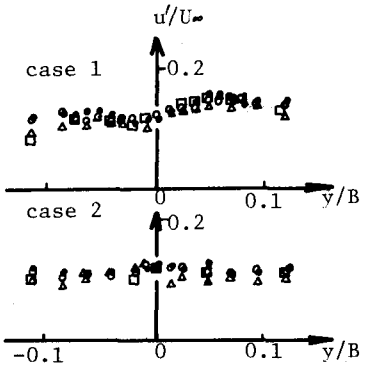

図- 5 乱れ強度

平均渦径は凍結乱流を仮定してu′の自己相関係数の積分より求めた。結果を図- 6に示す。これより、平均渦径は遷移領域で増大し、下流に向って全体的に漸増することがわかる。またそのオーダーはほぼ粗度高さか、あるいは粗度間隔程度であることがわかる。

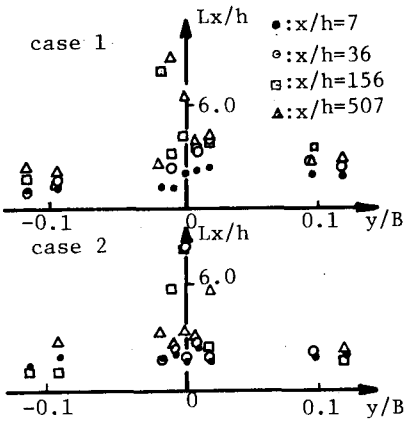

図- 6 平均渦径 Lx

次に流下方向の流速変動成分に関してパワースペクトルを求め比較検討した。その結果、いずれの場合においても生成、慣性、粘性の三領域の存在が認められ、粘性領域においては－3乗則が成立することがわかった。また、相対的には遷移領域での低周波数領域のエネルギーレベルが高く、この領域での渦の発生が卓越していることが考えられる。図- 7にcase 1の場合の下流側測点におけるスペクトルを示す。これより、高流速領域(粗度指数＝2.5) のエネルギーレベルは全体的に低く、遷移領域と低流速領域(粗度指数＝10)のスペクトルはほぼ一致するが、慣性領域を比較すると遷移領域での値の方が若干、大きいことがわかる。これは、遷移領域へのエネルギーの供給が他の領域の場合と比べて余分に行なわれていることを表わしていると考えられる。case 2の場合には、case 1の場合ほど顕著な差は認められなかった。

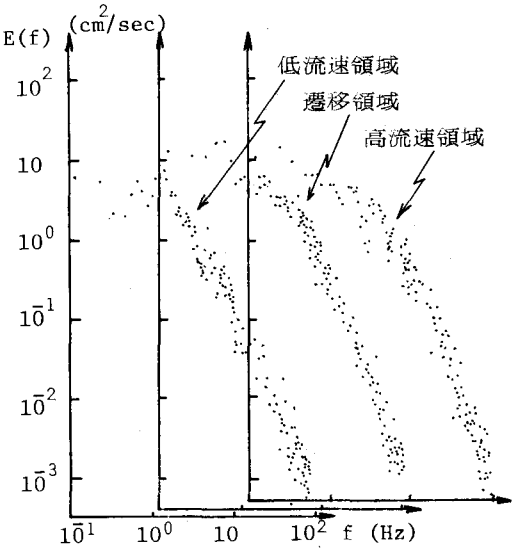

図- 7 case 1 のスペクトル

5. あとがき

本研究では主に二平行粗面の不連続面近傍で生じる加速流領域の乱れ特性を流下方向の流速成分のみを用いてある程度明らかにしたが、本来この領域の流れは三次元性が強いと考えられるため、今後は横方向の流速成分に関しても検討を加える必要があると思われる。

参考文献

1) 篤、藤田：第34回年講 II- 377,1979