

東京工業大学大学院 学生員 佐藤 友厚
 東京工業大学工学部 正員 日野 幹雄
 東京工業大学工学部 正員 灘岡 和夫
 東京電力(株) 正員 宇賀田 康男

1. はじめに

従来より、交番振動流においては、高レイノルズ数・高ストークス数の条件下に比較的振幅の大きく、周波数の高い流速変動が現れることが知られており、著者らはここ数年、この変動—高周波乱れ—の乱流構造に重点をおいて実験的な研究を進めてきた。しかし、これら一連の実験は実験条件を一つに固定しているため、前述の高周波乱れが加わる条件下で生成されるか、高周波乱れの存在の有無が乱れの構造にどのように関連しているかについては、未だ明らかにされていない。そこで今回は、高周波乱れが発生する条件 (Case 1) と全位相を通じて乱流状態になっているのが高周波乱れがほとんど現れなくなる条件 (Case 2) の2つのケース (表-1 及び図-1 参照) を詳しく調べ、高周波乱れが乱れの構造に如何なる影響を与えるかについて明らかにした。以下にその結果を述べる。

2. 乱れ強度 U_{rms} 及びレイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$

図-2 は乱れ強度 U_{rms} のコンターである。ピークの位相や分布形は若干異なるが、ピーク値は同程度であり、両者に決定的な差はない。しかし、測定値にハイパスフィルターをかけて高周波の変動を取り出したものから乱れ強度を求めると、全体の乱れ強度におけるその割合は図-3 のように高周波乱れの存在する Case 1 の方が明らかに大きい。

図-4 はレイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ の空間分布である。分布形状は似ているが、減速位相でのピーク値は Case 1 の方が2倍以上も大きい。このことは高周波乱れの存在の有無により、減速位相の乱流構造が大きく異なることを示している。

3. 平均流速の対数分布

上述のように高周波乱れの存在の有無が乱流構造に大きく係わっているならば、当然その影響は平均流速場にも及んでいる筈である。そこで平均流速を $\log$ プロットし、その直線部分から K 及び A_s に相当するものを求めてみた (図-5 及び図-6)。Case 1 では減速位相の K が、定常壁面乱流の場合の値 0.4 に近い値を示すのに対し、Case 2 では

	CASE 1	CASE 2
レイノルズ数 Re	1.87×10^4	1.53×10^4
ストークス数 λ	13.3	12.0
ピストン周期 T_{sec}	3.18	3.93
断面平均流速の振幅 $\bar{U}_{cm/s}$	2.61	2.14
ストークス層厚 δ_{cm}	0.38	0.42
風路厚さ d_{cm}	10.0	10.0

表-1 実験条件

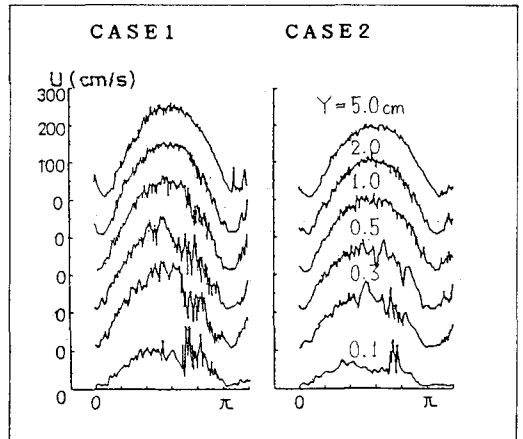


図-1 流速変動

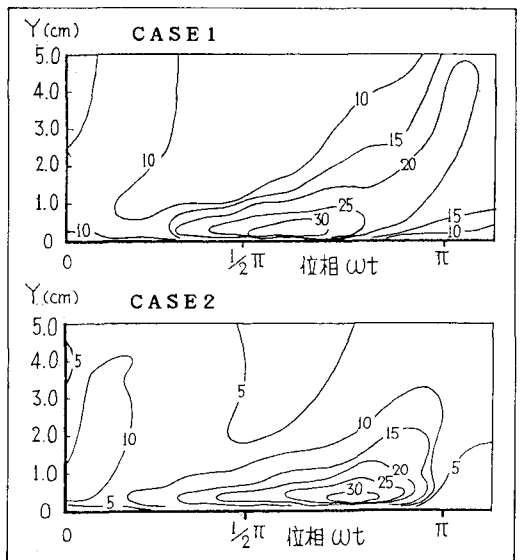


図-2 乱れ強度のコンターマップ

0.2程度である。このことは次の様に解釈される。即ち、高周波乱れはそれ自身の寿命時間が短かく、平均的な流速場の時間変動に対する応答性が違い、Case 1のように高周波乱れが支配的な場合には乱れの構造が時々刻々の平均場の変動にすばやく追従し、結果的に平均流速場の構造と乱れの構造との間に定常流と類似のバランス関係が成立するためと思われる。

4. 可視化

写真1, 2は各々Case 1, 2のスモークワイヤ法によるスパン方向 ($Y=0.3\text{cm}$) の可視化写真である。写真1の流脈の方が変形が著しい。また、写真1には白丸で囲んだような微細な構造が数多く見られるが、この構造の水平スケールは1~2cm程度であり、これらがこの場の平均流速で移流されるとすると、固定点観測では100Hz程度として計測されることになり、この構造が高周波乱れの実体であると考えられる。

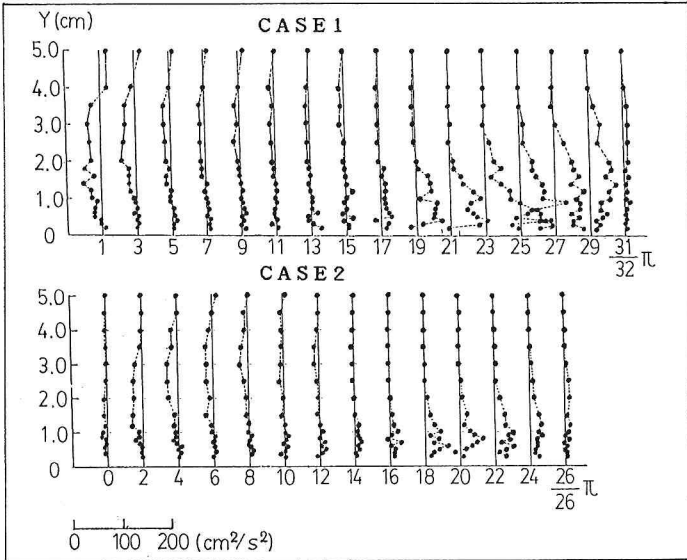


図-4 レイノルズ応力

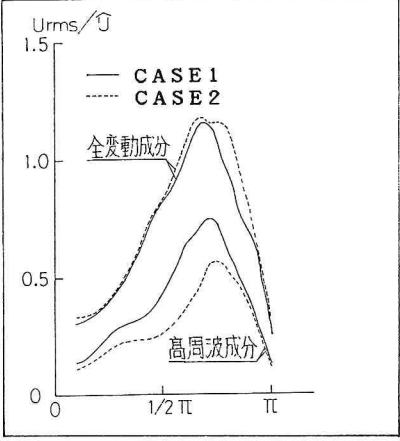


図-3 高周波乱れの強度

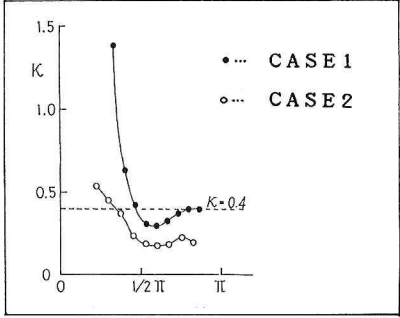


図-5 対数則の K

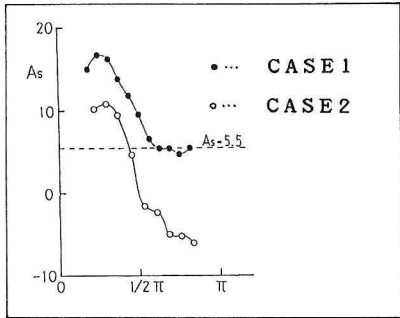


図-6 対数則の A_s

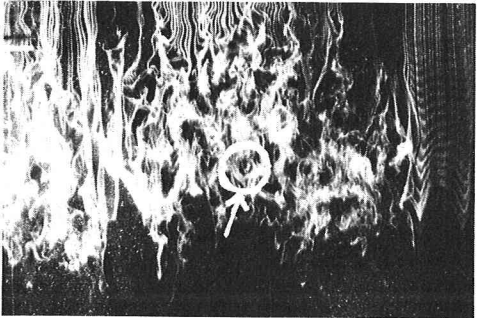


写真1 CASE 1のスパン方向の写真 ($Y=3\text{mm}$)

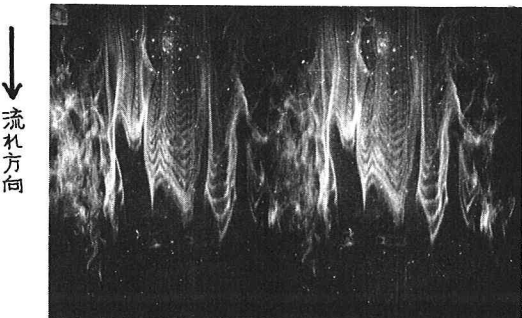


写真2 CASE 2のスパン方向の写真 ($Y=3\text{mm}$)