

開水路段落ち剝離流の空間相関について

京都大学工学部 正 員 中川 博次 京都大学工学部 正 員 福津 家久
 京都大学大学院 学生員 天野 邦彦 京都大学 学生員○藤本 和久

1. まえがき

段落ち剝離流は、断面急変部の局所流として、河床波や堰、減勢工などの最も単純なモデルであると考えられる。本研究は、段落ち部周辺に存在する大規模渦の特性を再付着点における圧力変動と各測点における流速変動との相関を計測することによって明らかにしたものである。さらに、圧力変動、流速変動のスペクトル解析を行い、その卓越周波数と渦スケールとの関係を調べた。

2. 実験方法

実験はFr数を一定に保ち、Re数を変化させた3つのケースで行った(表-1)。段落ちから再付着点までの距離 x_R はRe数によって変わるが、段落ちの位置を移動させることによって、河床にとりつけた圧力タップの位置を再付着点に一致させて、再付着点での圧力変動を測定し、さらに、レーザー・ドップラー流速計によって水路中央線上の各計測点の流速変動を同時測定した。計測時間は1分間であり、この圧力変動と流速変動に対して、大型計算機によって各種の統計計算を行った。

3. 実験結果および考察

まず、圧力変動、流速変動についてのスペクトル解析を行った。図-1は圧力変動の周波数 f によるパワースペクトルの分布図であるが、流速変動についても同様のものが得られた。各変動値の卓越周波数を求め、段落ちからの距離 x についての分布を示したものが、圧力変動に関しては図-2、および流速変動に関しては図-3である。圧力変動の卓越周波数は再付着点付近で極小となっており、これは剝離点で発生した渦が合体を繰り返して、再付着点まで成長するためと思われる。図-3の流速変動の卓越周波数分布は段落ち高さ($y/H_s = 1$)での x 方向に対する変化特性であるが、圧力変動と同様に再付着点付近で卓越周波数は極小となり、渦が剝離流線に沿って移流される過程で、合体を繰り返して成長すると考えられる。さらに再付着点以降で極大値をとってから急激に減少しているのは再付着点でバウンドしてきたボイル渦の卓越周波数をとらえているからであろう。圧力と速度の相互相関は次式で表される。

$$C_{pu} = p(x, y, t) \cdot u(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \tau) / (p' \cdot u')$$

相互相関を計算し、流れ場について等相関線を引いたものが図-4、図-5であり、遅延時間 τ を変化させている。図-5は特に再付着より下流の部分に注目したものである。これを見ると渦が再付着点に到達してから、上流側と下流側の2つの領域に分かれていくのがわかる。図-5に示される相関の高い部分は水面近くに上昇したボイル渦を示すと考えられる。図-4により渦の移流速度を求めると、剝離流線に沿う剝離渦、および再付着点から発生するボイルとも、ほぼ局所平均流速で移流されることがわかった。逆流域では渦

の移流速度は局所平均流速よりはるかに大きい結果が得られたが、これは圧力波の伝播かも知れず、さらに検討が必要である。図-5を見ると水面に達した渦がほぼ等間隔で移流され、興味ある結果である。この渦の移流速度は6 cm/s程度で、局所平均流速20 cm/sよりかなり遅いが、これはボイル渦が再付着点で形成された低運動量を持った流体塊であるから、それが水面まで浮上しても周囲流体より低速であるためと考えられる。ボイル渦の間隔を移流速度で割ったものが渦の通過周期であると考え、これは1.0 Hz程度となり、再付着点での流速変動の卓越周波数とほぼ一致する。圧力変動の卓越周波数もほぼ1 Hz程度となり、この圧力の変動があたかもポンプの役目を果たしてボイル渦を間欠的に発生させていると予測される。

4. あとがき

再付着点の圧力変動解析と流速変動解析から段落ち剝離流の組織渦に関する興味深い結果が得られた。速度-速度の時空間解析をしてこの組織渦さらに検討したい。

参考文献 1) 福津・中川・天野(1986)第30回水講演文集 p p 601-606

表-1

CASE	h (cm)	U _m (cm/s)	Fr	Re	Q (l/s)	W ₀ (cm)	1/1	λ (cm)
ST-11	4.0	15.65	0.25	6250	1.878	0.88	1.99×10^{-5}	12.6
ST-12	6.0	19.17	0.25	11500	3.451	1.01	1.74×10^{-5}	11.6
ST-13	8.0	22.14	0.25	17700	5.313	1.11	1.57×10^{-5}	10.4

図-2

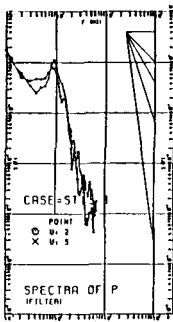
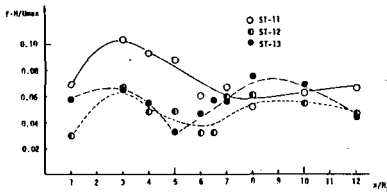


図-1

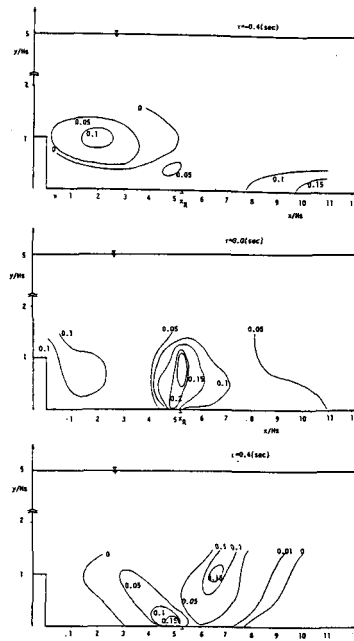


図-4

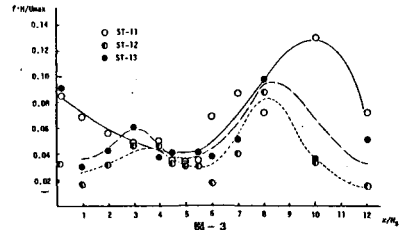


図-3

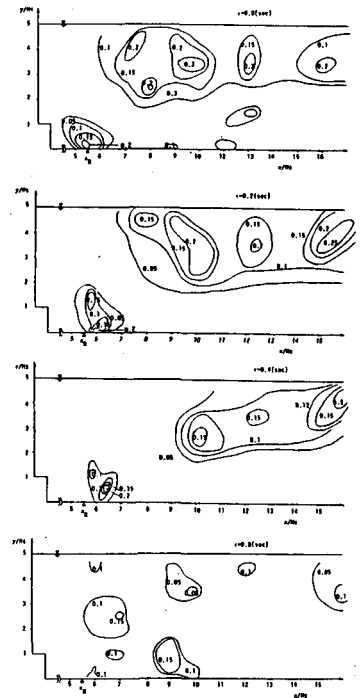


図-5