

河床波下流における組織渦に関する研究

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 松本 利典 京都大学大学院 学生員 金沢 文彦

1. まえがき ボイルとは、洪水表面が間欠的に、渦輪のように盛り上がり、下層からの高濃度の浮遊土砂を水面上に、拡散させる現象である。池田・浅枝¹⁾は、kolk-boil渦の発生が、移動床における浮遊砂量に大きく影響していることを示した。本研究では、河床波モデルの形状特性と水理条件を変化させ、河床波モデル下流の剝離渦とkolk-boil渦の動特性を、染料注入法による可視化観測とレーザー流速計による点計測を通して、実験的に考察する。

2. 実験装置と方法 長さ8m、幅30cm、高さ20cmの両面プラスチック製可変勾配型水路の上流端から5mに河床波頂部が位置するように、波高3cmの河床波モデルを設置し、剝離渦とkolk-boil渦の可視化観測のために、トレーサーとして、河床波頂部からウォーターブルーを注入し、再付着点より少し下流の河床に沿って、ロータミンBを注入して、ビデオ撮影を行った。流速測定には、レーザー流速計を用い、河床波頂部から下流50cm区間をトラバースするように設置し、水路中央縦断面上を格子状に約300点計測した。各々の実験条件を表1と表2に示した。

3. 実験結果と考察 可視化実験から得た結果は、図1の $T \cdot U_{max}/h$ とRe数の関係、図2の剝離渦とkolk-boil渦の軌跡、図3の走時曲線である。図1から、kolk-boil渦の無次元周期 $T \cdot U_{max}/h$ は、Re数に関係なく4.0から8.0で、実河川でもとめたJackson²⁾の値の前後で散らばっている。また、剝離渦については、Re数に関係なく約1.0である。図2は、剝離渦およびkolk-boil渦の代表的なものを選びその軌跡を示した。この図から、剝離渦は、再付着点に落下するものと落下しないものの2つあることがわかる。また、kolk-boil渦については、再付着点付近で急激に上昇し、主流によって移流されていることが分かる。可視化観測と図3から、kolk-boil渦の発生・成長は、再付着点の変動と剝離渦の巻き込みが大きく関係していることが分かる。再付着点長さは、kolk-boil渦の発生と同時に縮む。その後、徐々に伸びて、幾つかの再付着点に落下する剝離渦が、再付着点付近に停留し低速流体塊をつくり、それが上昇しだす時、再付着点に落下せずにそのまま移流されて河床波高の2倍ほどの大きさになった剝離渦がそれを巻き込むのが観察された。このことから、剝離渦の1部が、再付着点付近で発生したkolk-boil渦の成長に関係していることが分かる。レーザー流速計による解析結果は、図4の卓越周波数分布図と図5のスペクトル図である。図4は、可視化観測で得た周波数を基に、スペクトル図を卓越周波数に着目して4種類に分類した。BL1(U), BL7(V)の条件では、可視化観測から剝離渦の発生周波数は約2.0Hzで、kolk-boil渦の発生周波数は約0.2Hzである。図4上のBは可視化観測によると、剝離渦が発生する位置より約2.0cm下流にあたり、Eは、再付着点より1.0cmほど下流でkolk-boil渦が急激に上昇する位置である。図5のBL1(U), BL7(V)のB図では、2.0Hzあたりで周波数が卓越しており、可視化観測で得た周波数によく一致する。BL1(U)では、基準周波数の2.0Hzのほかに、その半分の周波数1.0Hzが卓越している。これは、剝離渦の合体によって発生した低調波だと思われる。E図では、0.2Hzの卓越周波数がみられる。これは、kolk-boil渦の通過によって低周波が卓越したと思われる。また、1.0Hzあたりの卓越もみられるのは、剝離渦の影響がこの点でも現れていることを示している。

Hiroji NAKAGAWA, Iehisa NEZU, Toshinori MATSUMOTO & Fumihiko KANAZAWA

4. あとがき 剝離渦は、Kelvin-Helmholtzの不安定性の結果発生し、kolk-boil渦は、再付着点の低周波変動と剝離渦の動特性の相互的な関係によって、発生・成長が行われることが分かった。今後、浮遊砂濃度に着目して、kolk-boil渦の発生過程を追及しようと思う。

<参考文献> 1) Syunsuke Ikeda, M.asce,Takashi Asada.Sediment Suspension with Rippled Bed,Journal of Hydraulic Engineering,Vol.109,No.3,1983
2) Jackson,R.G. ,J. of Fluid Mech.,vol.77,1976.

表1 可視化観測の実験条件表

CASE	h(cm)	U(cm/s)	Re	網床の長さ (cm)	網床の個数
AL1	10.0	5.0	5000	50	1
AL2	10.0	5.0	5000	50	2
AL3	10.0	5.0	5000	50	3
AL4	10.0	5.0	5000	30	1
AL5	10.0	5.0	5000	70	1
AL6	10.0	10.0	10000	50	1
AL7	15.0	5.0	1500	50	1
AL8	10.0	5.0	5000	50	3

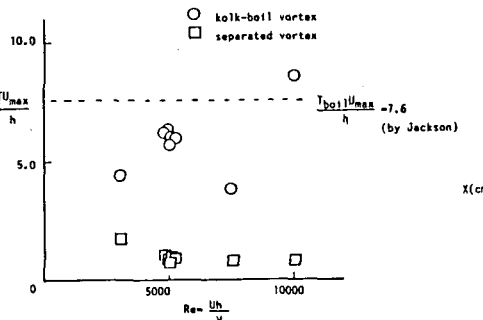


図1 $T \cdot U_{max}/h$ と Re 数の関係

表2 レーザー流速計による流速測定の実験条件表

CASE	h(cm)	U(cm/s)	Re	網床の長さ (cm)	網床の個数
BL1	10.0	10.0	10000	50	1
BL2	10.0	5.0	5000	50	1
BL3	15.0	10.0	15000	50	1
BL4	10.0	10.0	10000	50	3
BL5	10.0	10.0	10000	70	1
BL6	10.0	10.0	10000	30	1
BL7(V)	10.0	10.0	10000	50	1

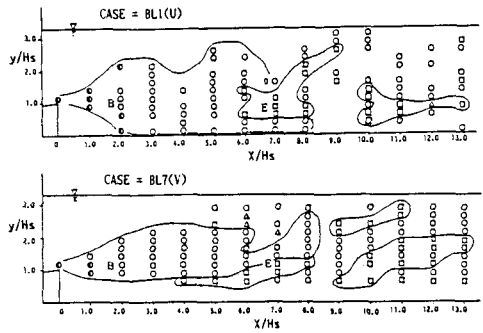


図4 卓越周波数分布図
○: 剝離渦の発生周波数
○: 剝離渦の合体等による低周波数の発生
△: kolk-boil 渦の発生周波数
□: 剝離渦とkolk-boil 渦の相互作用による周波数

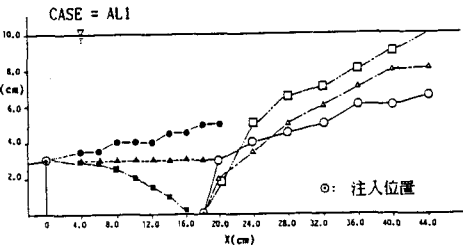


図2 剝離渦とkolk-boil渦の軌跡

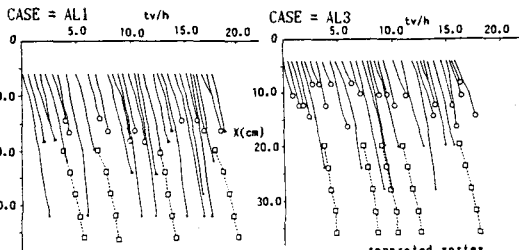


図3 走時曲線
○: kolk-boil vortex
□: reattachment point

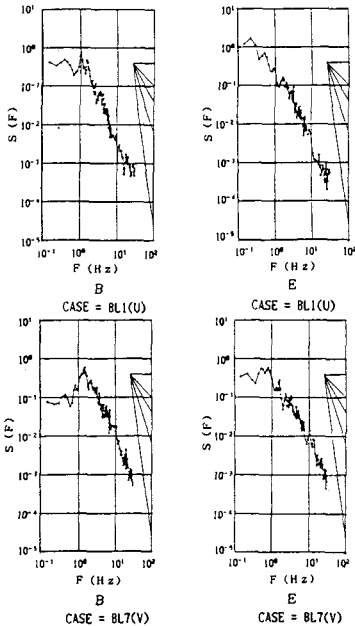


図5 スペクトル図