

高 Reynolds 領域のデューン河床の流れに関する水路実験

開発土木研究所 正会員 池崎 慎二

正会員 Mark Schmeckle

1. 諸論

実河川での洪水時の流速分布等に関しては、洪水時に多くの現地観測が行われている。しかしながら、近年では洪水の発生がきわめて少なくなってきており洪水時に良好な計測データを入力するのは、非常に困難な状況となってきている。よって、洪水時の様々な現象はいまだ、不確定な部分が多い。そこで、今回、室内実験水路を用いて高 Reynolds 領域である洪水時の流れの特異現象を把握することを目的として基礎実験を行った。実験条件、測定、結果などは、以下に述べる。

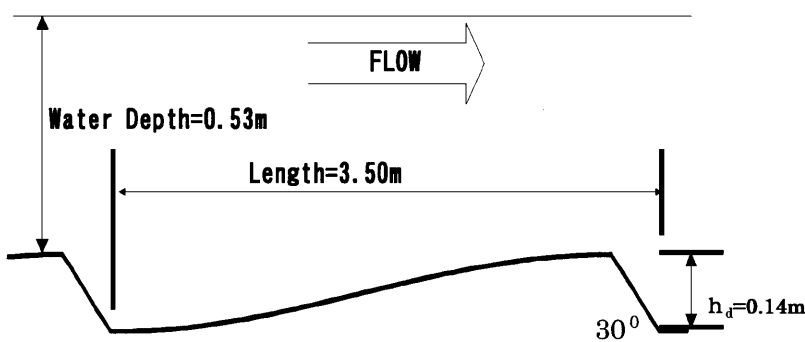


図-1 河床模型図

CASE	Mean Velocity Um(m/s)	Red (Red=Um·hd/ν)
D1	2.07	2.88 × 10 ⁵
D2	2.03	2.83 × 10 ⁵
D3	1.80	2.51 × 10 ⁵
D4	1.80	2.51 × 10 ⁵
D5	1.47	2.05 × 10 ⁵
D6	1.08	1.50 × 10 ⁵
D7	0.92	1.28 × 10 ⁵
D8	0.69	9.63 × 10 ⁴
D9	0.31	4.32 × 10 ⁴

表-1 実験条件

2. 実験装置及び条件

実験の基本条件を表-1に示す。実験は長さ2.5m、幅1m、高さ70cmの循環式直線水路を使用してコンクリート製の2次元デューン型河床を製作し、模型のCRESTの高さ(h_d)14cm長さ3.5m幅1mとし水路に7基設置し、水深(h)53cmは一定とし、流速を変化させ9ケースの実験を行った。流速測定は上流から14mの位置でTSI社製(2w)の2次元レーザー流速計を用いDune Crest位置からXr/hd=3.35~6.92の範囲については河床部の流速がゼロになる点(再付着点位置)の確認の為、河床から高さ1~5mmの流速を3cmピッチで、Xr/hd=7.14の地点では河床から44cmの高さまで水深方向に測定した。

3. 実験結果

パワースペクトルと周波数の関係(図-2)を見るとRe_d10⁴~10⁵の範囲の流れにおいてデューンからできる後流が広がって重なり合い、乱れの性質は一様化され、周波数の高い小さい渦成分についてはコルモゴロフの局所等方性乱流¹⁾が発生していると考えられる。Re_d数と再付着点距離の関係(図-3)を見ると、複数のデューン河床が存在する本実験の再付着点距離はDune crest高さの4.87倍であり、Re_d数で10⁵を越える領域ではRe_d数の違いによる再付着点距離に変化は見られなかった。この結果とNezu²⁾、Nelson³⁾の値を総合すると複数のデューン河床

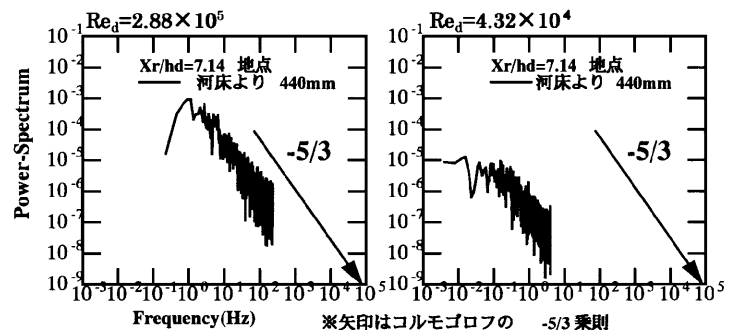


図-2 パワースペクトル図の一例

keyword:高レイノルズ数,デューン河床,ストローハル数

〒062-8602 札幌市豊平区平岸1-5 TEL011-841-1111 FAX011-820-4246

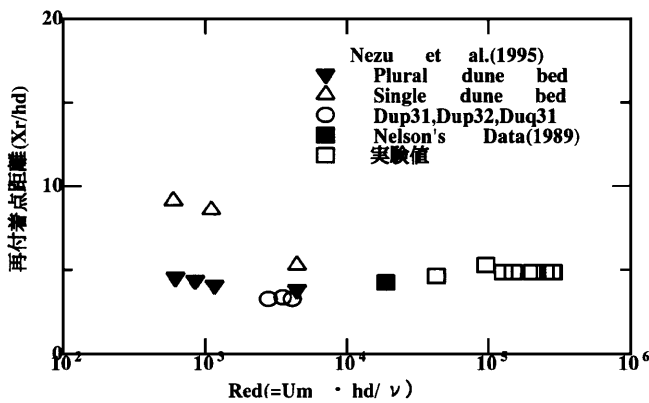


図-3 再付着点距離

が存在する流れの再付着点距離は Re_d 数が 10^5 を越える領域については、ほぼ一定であると考えられる。Dune crest を通過した水流の流速変動には周期性がある (図-4)。自己相関係数が $1/e$ になる時間を τ として卓越周波数 f を式-1 から算出し流速変動の卓越周波数と Re_d 数との関係 (図-5) を見ると Re_d 数で 10^5 を越えるところから急激に卓越周波数が大きくなってきていることが

$$f = \frac{\arccos(1/e)}{2\pi\tau} \dots \text{式-1}$$

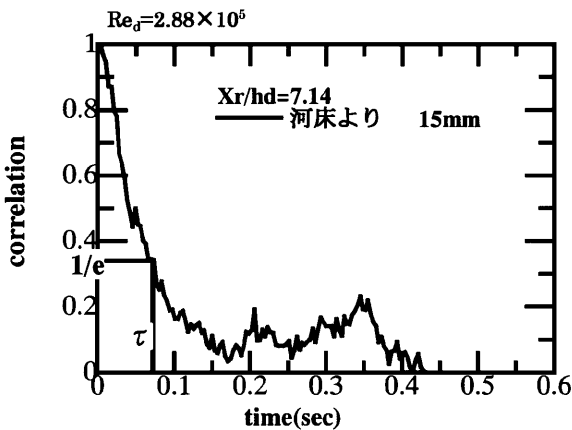


図-4 自己相関図の一例

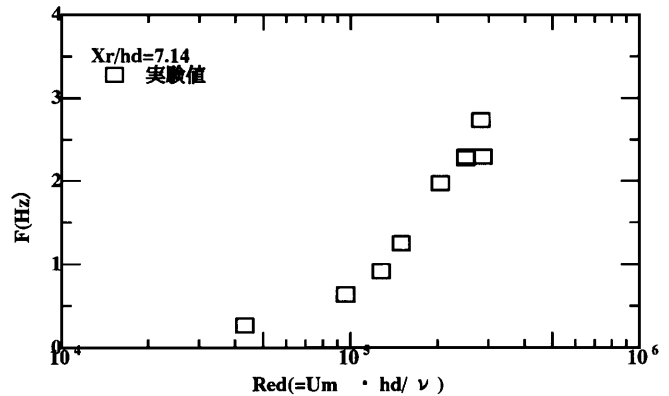


図-5 流速変動の卓越周波数

わかる。離脱する渦の発生周期と Re_d 数の関係 (図-6) を見ると、本実験で得られた St 数 (Strouhal 数) は約 $0.6 \sim 0.9$ 程度で、Eaton⁴⁾ らと比べると、本実験の数値が緩やかに変化していることが確認でき、 Re_d 数が $10^5 \sim 10^6$ の領域において Re_d 数が大きくなるのに伴って St 数は増加すると考えられる。

4. おわりに

本実験では、高 Reynolds 領域の河川を模して実験を行った。この実験では既往実験より Re_d 数が大きい領域の現象を実際に計測で確認した。しかしながら、これらの数値の妥当性はさらにデータを蓄積し検証が必要である。また、このような現象は現地計測された例が無く、今後現地計測との比較検討も必要である。

参考文献

- 1) 日野幹雄(1992)、流体力学、朝倉書店 p 377-380
- 2) 門田章宏(1997)、開水路流れの乱流特性に及ぼす圧力勾配の影響と組織渦構造に関する研究,p227
- 3) J.M.Nelson And J.D.Smith (1989) Journal of Geophysical Research, Vol.94, No.C6, p 8146-8162
- 4) Eaton, J.K. & Johnston, J.P. (1980) Turbulent flow re-attachment: an experimental study of the flow and structure behind a backward-facing step. Stanford University, Rep. MD-39.

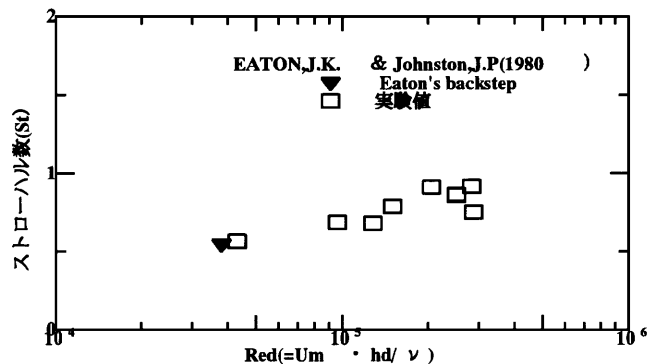


図-6 渦の発生周期(St 数)