

開水路流れにおける流速の横断方向変化特性について

京都大学防災研究所	正員	今本 博健
京都大学防災研究所	正員	宇民 正
京都大学防災研究所	正員	上野 鉄男
鹿島建設	正員	日暮 剛啓
大成建設	正員	○仲井 公哉

実際の河川流には並列らせん流のような二次流が存在することが明らかにされているが、その安定性あるいは大規模乱流構造との相互関係など不明な点が多い。一方、室内実験水路において路床近傍では横断方向に明瞭な流速分布のくびれすなわち低速帯 (Low Speed Streaks) が認められることが、水素気泡法を用いた流れの可視化により確かめられている。一般に、低速帯は上昇流を伴うものであり、このような上昇流は何らかの形で並列らせん流を形成する要因となっているものと考えられ、低速帯の特性を検討することにより二次流の特性をある程度把握できると思われる。本報告は、主として低速帯の分布に注目して滑面および粗面路床上の流れを対象として実験的検討を行う。

1. 低速帯の平均間隔; 図-1は滑面上の流れに関して可視化計測より得られた低速帯の間隔入りの平均値 λ_x と路床からの高さ z との関係を4種のレイノルズ数 $Re (= U_m H / \nu)$; U_m : 断面平均流速, H : 水深, ν : 動粘性係数) の流れについて示したもので、 λ_x および z は内部パラメータである摩擦速度 U_* と Re により無次元化され、 $\lambda_x^* (= U_* \lambda_x / \nu)$ および $z^* (= U_* z / \nu)$ で表示されている。また、図-2は同じ水理条件下で路床を滑面とした場合、平均砂粒径 $d_s = 0.3\text{ cm}$ および 0.6 cm の粗面固定床とした場合の λ_x^* と z^* の関係を示したものであり、 d_s は図中で $Re_d (= U_* d_s / \nu)$ で表示されている。

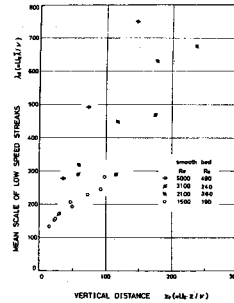


図-1

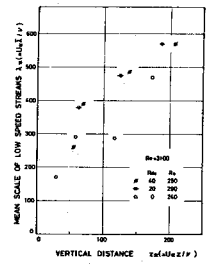


図-2

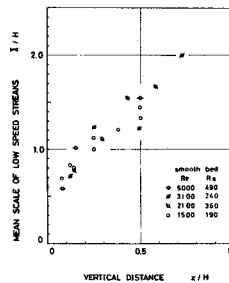


図-3

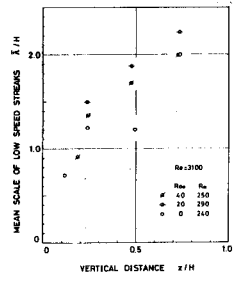


図-4

これらの図より、 z^* が小さい場合 λ_x^* は $\lambda_x^* = 100$ に近づく傾向が認められ、bursts 現象に関する研究結果²⁾と一致するが、 z^* が大きくなると λ_x^* は増加する傾向がみられ、また Re 数によっても増大する傾向が異なるようである。一方、 d_s の差異による差は、底面近傍で計測が困難なため明らかではない。

図-3および図-4は上記図-1および図-2の λ_x を H により無次元化表示したものであって、図-1および図-2に比べらつきが少なく、 λ_x は粘性底層近傍では内部パラメータにより規定されるものの、バッファ層およびそれより外の領域では主として H により支配されるようになり、バッファ層は文字通りその遷移領域に相当していることが認められる。

2. 低速縞の横断方向の分布； 2次流の安定性について検討するため、低速縞の横断方向分布を示すと図-5および図-6のようになる。ここに、 N は水路横断方向30cmの検査範囲で観測された低速縞の総発生数であり、 n は単位幅当り(1cm)での発生数を表わす。図中の破線は、相対度数 $\%N$ の平均値である。

滑面上の流れの場合、路床に近い $z/H=0.12$ では低速縞は横断方向にほぼランダムに発生しているが、路床から離れるにつれて発生位置が固定化される傾向がみられる。また、 N の値は $z/H=0.12$ から0.25の間で急減しており、低速縞に発着があり、弱いものは消滅するかあるいは集合するものと考えられる。一方、粗面上の流れの場合は、 $z/H=0.25$ では相対度数の高い区間および低い区間が比較的明瞭にみられるが、 $z/H=0.5$ では $y=0$ (水路中央)付近で低速縞の分布が一様に近いものになっている。

以上より、この水理条件のように比較的低いRe数の滑面上の流れでは、2次流が形成されていてもその横断方向ならびに水深方向の変動が大きく不安定であるのに対し、粗面上の流れでは滑面の場合に比しかなり安定しているといえる。

3. 低速縞の時間分布； 低速縞の連なりおよび変動を検討するため、滑面上の流れの様子を固定点から1秒ごとに40秒間連続写真撮影して得られた各瞬間の流速分布をずらせて並べたものが図-7であり、図-8(a)(b)は同水理条件で $d_s=0.3\text{cm}$ および $d_s=0.6\text{cm}$ の粗面上の流れについて示したものである。図で縦方向にのびた破線は低速縞の位置を時間軸方向に結んだものであり、時間変動をみることにできる。滑面上の流れの場合には、 $z/H=0.125$ と小さいと低速縞の比較的長く続くものが見られるが、 $z/H=0.25$ になると長く続くものがありみられなくなるのに対し、粗面上の流れの場合、 $z/H=0.25$ においても低速縞の長く続くものが多くみられ、それらの間隔はほぼ水深の2倍になっているのが注目される。

以上より、粗面上の流れでは低速縞およびそれに伴う上昇流が強く、変動はしているものの2次流はかなり安定して形成されているのではないかと考えられるが、今後さらに低速縞の発着の評価を含めた検討が必要と思われる。

参考文献

- 1) 木下良作；写真測量，Vol.6，No.1，1967
- 2) Klineら；J. Fluid Mech., Vol.30，1967

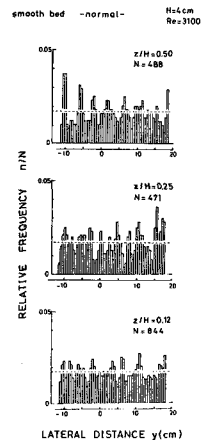


図 - 5

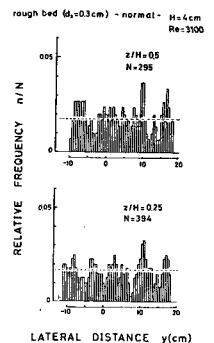


図 - 6

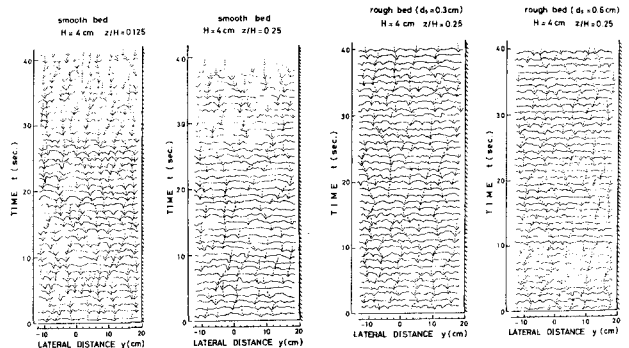


図 - 7

図 - 8