

河床波の発生機構に関する研究

神戸大学大学院 学生員 ○難波 徹

神戸大学工学部 正員 笹 源亮

神戸大学工学部 正員 瀬良昌恵

1. まえがき 河床波の発生機構については不明な部分が多く残されている。本研究は河床波の発生と流れの状態の関係を明らかにすることを目的として、軽い粒子を河床材料として使用し、流れの状態を層流から遷移領域までに限って実験を行った。そして河床波の発生限界と流速分布、底面剪断力との関係について若干の考察を加えた。

2. 実験方法 実験は全長1000(mm)、流水断面50×70(mm)の矩形管水路で行った。水路左側には薄いアクリル板をはめ込んで流れの流速分布を変化させられる装置を設けた。河床部には粒径0.8(mm)、比重1.04のポリスチロール球を70(mm)の厚さに敷いた。流速分布はトレーサを流し、その像を多重発光ストロボにより二重像として写真撮影し、その移動距離を画像処理によって求めた。

3. 実験結果 本研究で2種類行った実験の結果を各々について述べる。

① まず、アクリル板を入れずに通常の状態を通水し河床波が発生した最低流量($Re_{数}=900$)の場合について、上流から30, 60, 90(cm)の3ヶ所で同時に流速分布を測定して底面剪断力を算出し、既往の実験結果との比較を試みた。流れは粒子の移動を追跡できることからほぼ層流と半断しブラシウスの流速分布に適合させて層流分布からの差異を調べた。結果を図1に示す。これより流れに非定常変動成分が存在することが推測される。次にこの流速分布から次式に示されるカルマンの積分方程式により底面剪断力を算出した。

$$\frac{\tau_0}{\rho} = U^2 \frac{d\theta}{dx} + (2\theta + \delta^*) U \frac{dU}{dx}$$

ここに θ : 運動量厚、 δ^* : 排除厚

この結果を次式で表わされるブラシウスの層流解とともに図2に示す。

$$\frac{\tau_0}{\rho} = 0.332 U \left(\frac{\nu U}{x} \right)^{1/2}$$

図より2者の傾向に多少の違いは見られるが、剪断力はオーダーとしては一致している。図3は、

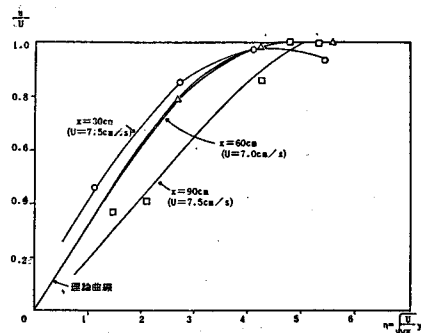


図-1 層流分布への適応

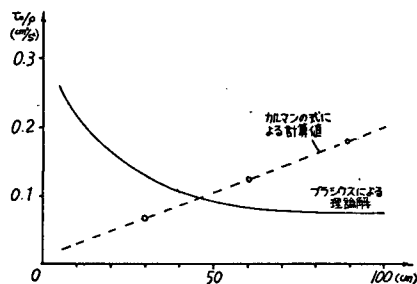


図-2 カルマンの式による底面せん断力

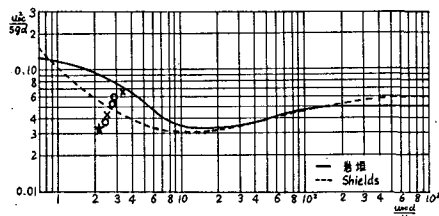


図-3 限界掃流力の比較

Motoaki YANO, Masanori SERA, Tohru NAMBA

Shields が求めた限界掃流力の無次元量と砂粒レイノルズ数との関係である。図2より比較的上流部の剪断力を $\tau_b/p = 0.1$ として計算した結果を図中に★印で記入した。この点は底面剪断力が明らかに限界掃流力以下であることを示している。

② 次に Re 数1300の流れにおいて上流端から20, 23, 26 (cm)の位置で流速分布を8 case 求め、流速分布の変動と底面剪断力の関係をみた。case 2~8は流速分布を変えるためにアクリル板をはめ込んだ。また河床波は case 4~8で発生した。case 1はブラシウスの理論解から、他の case では $\tau_b/p = \nu(\partial u/\partial y)_{y=0}$ の値を実験値から算出して底面剪断力を求めた。この結果を図4に示す。また図5に主流の流速 U を断面最大流速と考えてカルマンの積分方程式を適用した結果を示す。これらの結果から河床波が発生する場合は流速分布が局所的に変動し、それと同時に剪断力に場所的な変動が生じることがわかる。図4と図5で剪断力が異なるのは、流速分布に変化を与えた場合の U の値を独自の定義によったことが原因の一つと考えられる。図4の結果も実験①の場合と同様に河床波が発生した場合を○印、発生しなかった場合を×印として図3に記した。

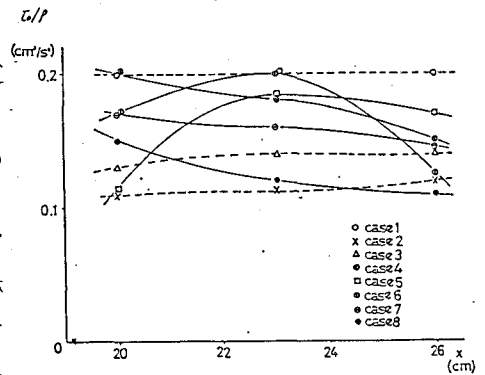


図-4 $\tau_b = \mu(\partial u/\partial y)_{y=0}$ による底面せん断力

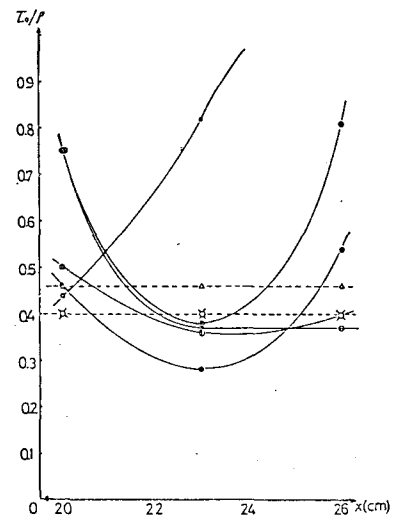


図-5 カルマンの式による底面せん断力

4. 考 察 カルマンの積分方程式は、流体を区間に区切り両端に作用する圧力の差と底面剪断力との和が運動量の変化に等しいことを表わしている。よって流速分布の変化により圧力変動または底面剪断力の変動がもたらされる。実験①では

限界掃流力以下の剪断力で河床波が発生したが、主流が図1に示すような流速変動を持っていた。また実験②では意図的に流速分布を変化させた結果、底面剪断力の局所的な変動を得た。さらにここでも限界掃流力以下の剪断力で河床波が発生した例を見ることが出来る。以上のことから河床波は、流れに存在する局所的な流速変動によってもたらされる剪断力の変動あるいは圧力変動が原因となり、発生すると考えられる。

5. 結 論 本実験で得られた結論は次のとおりである。1) 河床波の発生原因として底面剪断力または圧力分布の変動が考えられる。2) 軽い河床材料を用いて層流付近で河床波を発生させる実験手法は、粒子の動きが緩やかであり実験解析等によって流れと粒子の関係を把握する上で有用である。

今後は実験手法に改良を加えるとともに、流速分布をさらに詳細に検討していく。(参考文献) 1) 橋本一郎：水理学Ⅱ，基礎土木工学全書7，森北出版，p. 218，1974