

(II-5)

斜め段落ち部に於ける圧力および底面せん断応力の分布に関する実験的研究

防衛大学校土木工学教室 学生会員 ○斎藤康康 正實敏孝
防衛大学校土木工学教室 正会員 山田 正 重村利幸

1. はじめに 段落ち流れは、せきや水門周辺あるいは河床波の形成に伴って発生する局所流であり、従来多くの研究がされてきた。しかしそれらの多くは直角段落ち流れの研究であり、河道に形成される砂堆にみられるような斜め段落ちに関する研究はほとんどなされていない。本研究は直角段落ち流れと斜め段落ち流れとの水理特性を比較検討したものである。なお実験装置としては風洞を用いているが、これは水の場合より空気流れの方が測定値のよらつきが少なく、自由表面の影響を受けないためである。

2. 実験装置、実験方法および実験条件 実験装置は図-1に示すよう長さ5.5m、幅40cm、高さ39cmの吹出型の風洞であり、風洞入口上端から2.8m下流の位置に段落ち高さ2cm、4.5cmおよび10cmの段落ちを設け、この近傍の流れの風速・圧力・底面せん断応力等を測定した。段落ち角度としては0度・30度・45度および60度の4種類を採用した。なお模型表面は水理学的滑面となるようアクリル板を使用している。風速は上下左右に移動できるようにしたピトー管とヤツツ型マンノメーターに接続し測定した。表面圧力は模型表面に設けた孔径 $d = 1$ mmの圧力孔と5mmのビニル管に接続しマンノメーターで測定した。表面摩擦応力は表面に接着させた外径1mmの注射針をアレストン管として用い底面摩擦応力を用いた。図-2は段落ち地点より2cm上流の平均風速の分布である。これから段落ち上流では境界層厚さが2cm程度であり、接近流速はほぼ一様流であることがわかる。

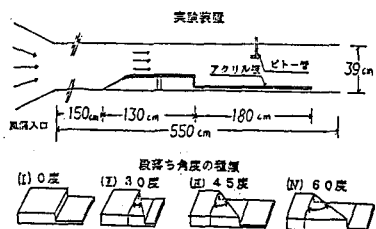


図-1 実験装置および段落ち角度の種類

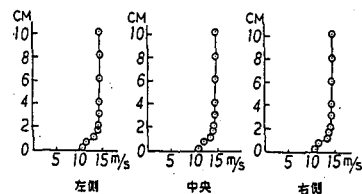


図-2 段落ち2cm上流の平均風速分布

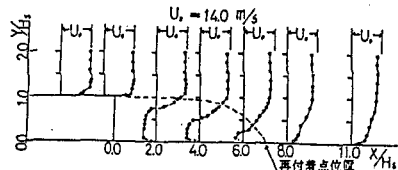


図-3 段落ち角30度の速度分布

3. 実験結果および考察

(1) 再付着点距離に及ぼす角度の効果: 図-3は斜め段落ち角度として30度、段落ち高さ $H_s = 10$ cmの場合の流れ方向にみた速度分布を示している。再付着点位置は底面におけるアレストン管で測定した風速がゼロとなるところ、すなわち底面

せん断応力がゼロとなるところとして定義している。ただし $H_s = 10$ cmの場合には外径1mmのピトー管を用いるとよらつきが多かったのので外径4mmのピトー管で測定したもので代用している。図-4は段落ち角度別による再付着点位置を平面的に示したものである。再付着点位置は段落ち高さ $H_s = 10$ cmの場合には△印、 $H_s = 5$ cmの場合には○印、 $H_s = 2$ cmの場合には□印で示されている。これらの図より再付着点位置は斜め段落ち面に対してほぼ平行になっていることがわかる。段落ち高さ H_s で無次元化した

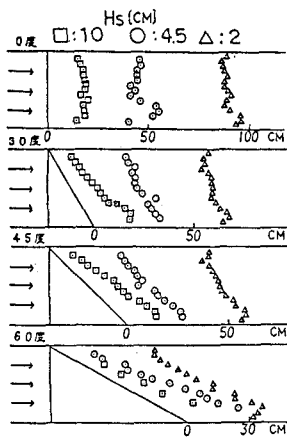


図-4 段落ち角度別による再付着点位置

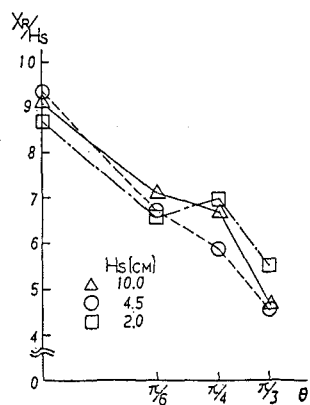


図-5 再付着点距離と段落ち角度の関係

再付着点距離 X_R と段落ら角度 θ の関係を示したものが図-5である。これから X/H_s は θ が増すごとにほぼ反比例しており、斜め段落らになるほど再付着点距離は短くなっていることがわかる。図-6は表面タフト法によって観測した糸の方向と平面的に図示したものである。糸は4 cmの水綿糸を使用し、流れのないうちに、5 cmメッシュに貼りつけた。このときの流速は段落ら3 cm上流で14 m/s、段落ら高さ $H_s = 4.5$ cmの場合である。なお破線は再付着点位置を示している。再付着点位置下流で糸がほぼ流下方向を示すが、段落ら面から再付着点位置間において複雑な動きをしていることがわかる。これは圧力差によって生じる逆流や横移動があることを示している。

(2) 段落ら部下流の底面上の圧力分布：図-7は各段落ら角度の圧力分布と圧力係数 $C_p = (P - P_0) / \frac{1}{2} \rho U_0^2$ と X/H_s で無次元化して表わしたものである。ここに ρ ：流体の密度、 P_0, U_0 ：基準点（段落ら3 cm上流）での静圧と主流速度、 X ：段落ら部よりの流下距離、 $X/H_s = -1 \sim 0$ は段落ら面を表わす。再付着後の圧力上昇はステップが深いほど大きく、ピーク値からの圧力の減少は少ない。これはステップが深いほど上流と下流の流速差が大きいから、ベルヌーイの定理より下流の圧力が上昇するためと考えられる。

(3) 再付着後の壁面上の摩擦抵抗分布：図-8は段落ら角度、段落ら高さ H_s と摩擦抵抗係数 $C_f = \tau_0 / \frac{1}{2} \rho U_{max}^2$ の流下方向変化を表わしたものである。ここに U_{max} は各測定点上の最大流速 U はせん断応力である。段落ら角度0度の場合には他の研究者の値も併記した。Bradshaw・Wong⁽¹⁾の場合はポリスチレン管の径が0.109 mmの場合であり、石川⁽²⁾の場合は流速が4.25 m/sである。これから段落ら角度が増しても摩擦抵抗係数は一定の傾向を示すが、角度が増すほど C_f が最大になるまでの距離がやや短くなっていることがわかる。また C_f の最大値はほぼ同一であるので斜め段落らの場合も直向段落らの場合と同じように議論できることになる。

4. おわりに 今後、各段落ら角度別に砂を入れて砂移動およびそれに伴う局所洗掘の測定並びに理論的解析を行う予定である。

謝辞：本研究の遂行にあたり養育の一人(山田)

付文部省科学研究所実験研究(研究代表：吉川秀夫早大教授)より補助を得ている。ここに記して謝意を表す。

5. 参考文献 (1) Bradshaw, P and Wong, F.Y.F (1972), Fluid Mech. 52, 113, 1972.
(2) 石川忠晴：土木学会論文報告集, No. 257, 21-29, 1977.

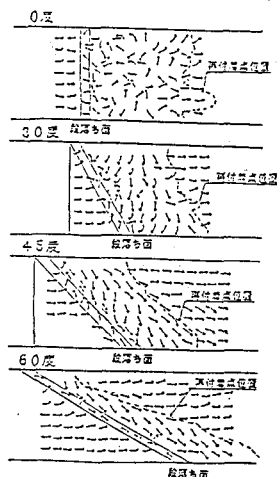


図-6 タフト法による流れ図

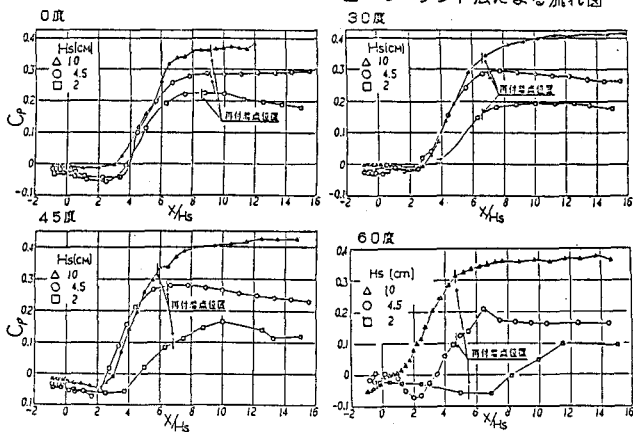


図-7 段落らステップ上の流れの壁面圧力分布

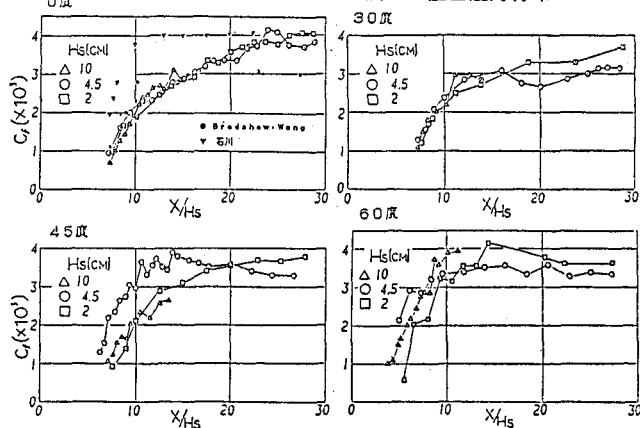


図-8 再付着後の底面摩擦抵抗係数