

## 開水路段落ち剝離流の圧力、運動量及びエネルギーの変化特性について

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

建設 省 正 員 〇天野 邦彦

1. まえがき 河川、人工水路上には、数多くの断面急変部が見られる。本研究では、その中でも典型的な段落ちを取り上げ、その下流における水理特性の変化をフルード数 $Fr$ 、レイノルズ数 $Re$ を系統的に変化させた水理条件のもとに実験的に検討する。

2. 実験装置及び方法 実験水路は、幅40cm長さ10mの長方形断面直線水路であり、上流より7mの所に段落ち高さ $H_s=1$ mの段を設け、水路中央軸に沿って下流方向(x方向)に18断面、鉛直方向(y方向)に9-27測点レーザー Doppler 流速計をトラバースして流速計測を行った。表-1に実験条件表を示す。

3. 実験結果及び考察 図-1に段落ち流れの概念図を示す。図-2は流速分布の回復過程を示している。図中の直線は式-1で表される対数則分布を示しており、常流の場合では、再付着点より下流で底面近傍より徐々に直線にのり、内部境界層が発達する様子が分る。しかし、段下流 $x/H_s=60$ の下流でも流速分布は、完全には回復していない。それに対し、射流の場合では、段下流 $x/H_s=10$ 程度でほぼ対数則分布に一致し回復が非常に速いことが分る。これは、射流の場合では水面が低下し、それにより縮流に似た効果が得られるためと考えられ、比較的水面変化の小さい常流の場合、壁付近では、乱流スケールが小さく、すぐに調整されるのに対し、外部領域では、ほとんどの乱流エネルギーが大規模スケール乱流に属するので、回復が遅れると考えられる。<sup>1)</sup> 図-3は、運動量の変化を示している。この図上では、水面変化を明確にするため、 $(M-gh_1^2/2)/(M_1-gh_1^2/2)$ の値をプロットしている。(ここに $M$ は比力、 $h$ は水深であり、添字1は段の位置における値を表している。) 常流の場合、段背面の圧力を静水圧と仮定し、上流断面と下流断面で運動量が保存されるとして導かれた一次元解析による式-2により得られた結果とよく一致することが分る。<sup>2)</sup> これに対し、式-3により求められる動圧力の各項別の値をプロットした図-4からも明らかなように成分中 $P_{UV}$ が非常に大きく動圧力の決定に寄与しており、水面変化の大きい射流の場合では、この値が大きいため段背面に常流の場合に比べて大きな負圧が発生することが予想される。参考のために図-5に常流の場合の動圧力分布を示す。水深が低下する部分で動圧力が正の値をとることがよく示されている。そこで、段背面の圧力を段上流と段下流の水深の平均水深により与えられる静水圧と仮定し、一次元解析により式-4を得た。射流の場合も、このように補正すれば、図-3に見られるように、一次元解析が、妥当であることが分る。図-6にエネルギーの変化を示す。ここに $HU$ は運動エネルギーを、 $HG$ は位置

エネルギーを、REはレイノルズ応力による仕事を表している。運動量同様、一次元解析がほぼ妥当であることがわかる。

4.あとがき 段落ち流れの水理特性の変化は、水面変化に大きく支配され、常流と射流では非常に異なった性質を有することが分った。また、射流の場合では、上述の方法で、一次元解析を行なえば、従来よりも良い結果が得られることが分った。

5.参考文献 1)Tani, I : AFOSR-IFR-Stanford Conference 1 pp 483-494 1969  
2)福津 家久 中川 博次 天野 邦彦: 第30回水理講演会論文集 pp 601-606 1986 年

$$U/U_\infty = \frac{1}{\kappa} \ln \left( \frac{yU_\infty}{\nu} \right) + A \quad (1) \quad A=5.3 \quad \kappa=0.41$$

$$\beta^3 - ((1+\gamma)^2 + 2.06Fr_1^2)\beta + 2.06Fr_1^2 = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{h^2}{y} \frac{\partial (UV)}{\partial x} - \frac{h^2}{y} \frac{\partial (v^2)}{\partial x} - \frac{h^2}{y} \frac{\partial (v^2)}{\partial x} - \frac{h^2}{y} \frac{\partial (v^2)}{\partial x} \quad (3)$$

$$\beta^3 + (2\gamma - 2)\beta^2 + (8Fr_1^2 + 1 + \gamma^2 + 2\gamma)\beta - 8Fr_1^2 = 0 \quad (4)$$

| Case  | Re    | Fr2  | h2    | S                    |
|-------|-------|------|-------|----------------------|
| S1-21 | 25000 | 0.18 | 12.56 | $1.4 \times 10^{-2}$ |
| S1-23 | 25000 | 0.45 | 6.81  | $1.0 \times 10^{-3}$ |
| S1-25 | 25000 | 1.40 | 3.20  | $2.7 \times 10^{-3}$ |

表 - 1 実験条件表

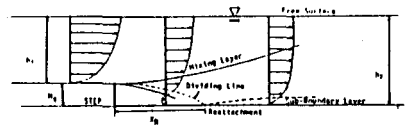


図 - 1 段落ち流れ

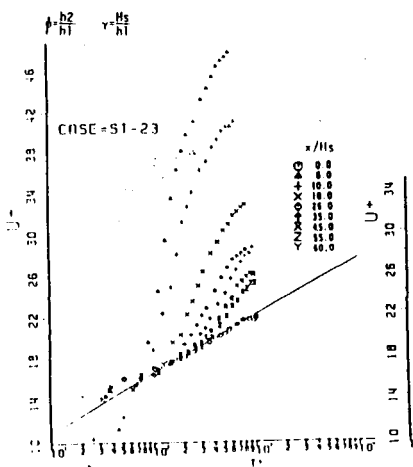


図 - 2 流速分布の回復過程

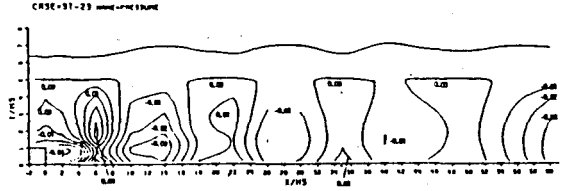


図 - 5 動圧力の分布

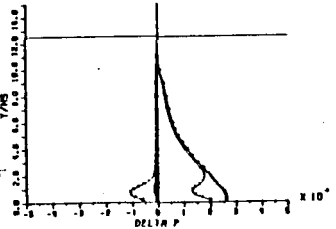
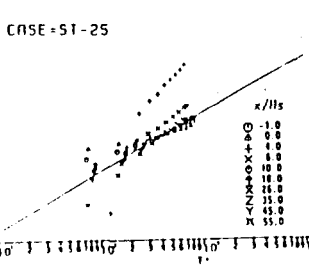


図 - 4 動圧力の成分

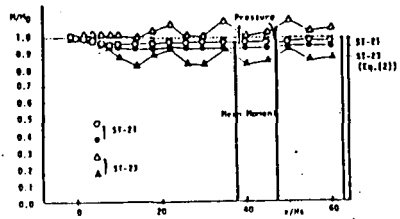
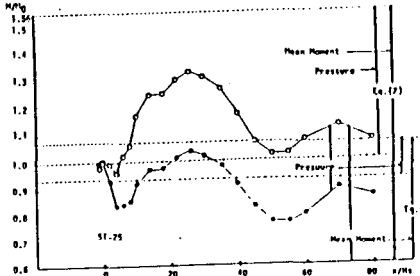


図 - 3 運動量の変化

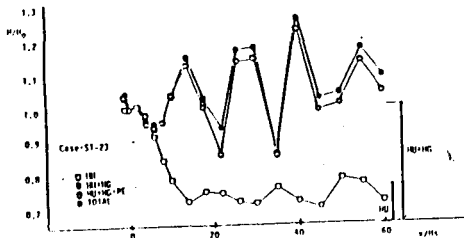
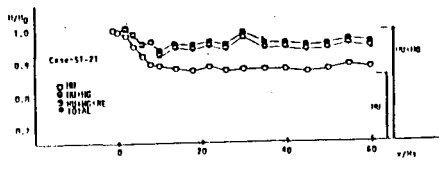


図 - 6 エネルギーの変化