

II-255 三角形突起の圧力抵抗と後流について

佐賀大学理工学部 正員 〇渡辺 訓南
 " " 荒木 宏之

1. まえがき

三角形の突起の圧力抵抗については、既に石川¹⁾が風洞中での実験結果をもとに詳細な検討を行なっている。しかし、開水路においては突起に同調して水面が変化し、特に、突起高・水深比が大きい場合には、低フルード数の流れであっても、その影響が無視できなくなると思われる。また、突起の後流も壁面の存在のために、自由乱流中のそれとは性質が異なることが予想される。本文は、単一の突起を用いて、圧力抵抗と後流に関して実験的考察を加えたものである。

2. 実験

幅30cm、長さ6mの開水路のほぼ中央に、図-1の様なduneをモデル化した三角形突起($H/L=1/5, 1/20$)を一個設置して、表面の圧力分布を測定した。表-1の5例については、再付着より1mの間、13断面で鉛直流速分布も測定されている。Run 4, 24については水路底に平均径 $d=2.01\text{mm}$ の鉛玉を密に敷いて粗面とした。

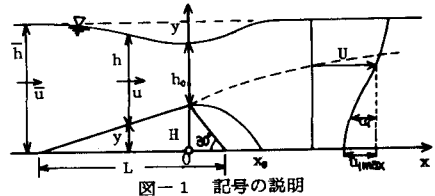


図-1 記号の説明

Run	Hcm	Lcm	粗・滑
1, 2	1	15	滑
3	1	20	滑
4	1	20	粗
24	2	40	粗

表-1

3. 圧力分布

流れをpotential flow とみなし、静水圧分布を仮定すると、高さ y における背面と前面との圧力差 Δp は、ベルヌーイの式

$$\text{const.} = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + y \quad (1)$$

を用いて

$$C_p = \frac{\Delta p / \rho g}{\bar{u}^2 / 2g} = \frac{1}{S_0^2} - \frac{1}{S^2}, \quad S = h/\bar{h} \quad (2)$$

と表わされる²⁾。ここに、 p は背面の圧力、 u, h は背面上任意断面の、 $\bar{u}, \bar{h}$ は接近断面の断面平均流速及び水深である。図-2に圧力分布の測定例を示す。一実線は実測水深を用いて、また、破線は水面変化を無視して式(2)を計算したもので、上流側で実測値と一致させてある。crestの付近では局所的に圧力が低下しており、式(2)では表わせないが、図の C_{p0} で代表させると、近似的に、

$$C_p = \frac{1}{S_0^2} - \frac{1}{S^2} + C_{p0} \quad (3)$$

となる。Sを運動方程式の解として与えると、圧力抵抗係数 C_D は

$$C_D = \frac{1}{S_0^2} - \left(\frac{H}{\bar{h}}\right)^2 \left\{ \left(\frac{1}{S_0} - 1\right) - 4F_r^2 \left(\frac{1}{S_0} - 1\right) \right\} + C_{p0} \quad (4)$$

で与えられる。ここに、 $F_r = \bar{u} / \sqrt{g\bar{h}}$ である。なお、 C_{p0} の実測値は図-3の様であって、平均的には石川の与えた式

$$C_{p0} = 0.13 / \left(1 - \frac{H}{\bar{h}}\right)^2 \quad (5)$$

が成立している。図-4は F_r をパラメーターとして式(4)を計算した

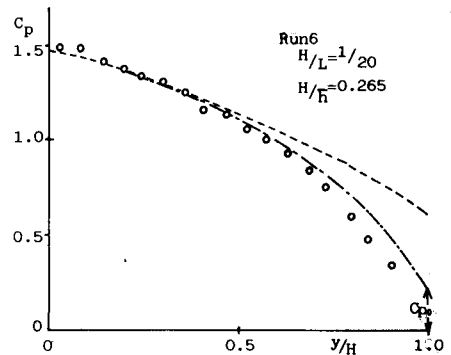


図-2 圧力分布の測定例

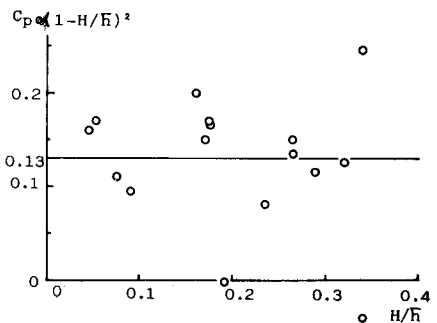


図-3 前面の圧力降下

結果で、実測値の傾向をよく表わしている。抵抗は H/δ が大きくなると急激に増大しており、水面変化も無視すると（図中破線）、抵抗も過小に見積ることになる。

4. 後流

突起の後流は、流速 U の一樣流中にあかれた二次元物体の後流と中心線で分割した半平面の流れとみなす。物体近くの流れも対象とする目的で、通常の後流解を、

①再付着点で流速0、②後流幅は

crest の位置で突起高さ という条件を付加して修正すると、流速分布、最大欠損流速及び後流幅はそれぞれ次式の様になる。³⁾

$$\frac{u_1}{U} = \frac{u_{1max}}{U} (1 - \eta^2)^2, \quad u_1 = U - u \quad (6)$$

$$\frac{u_{1max}}{U} = \frac{\sqrt{20}}{18\beta} \left\{ \xi - \xi_0 + \left(\frac{\sqrt{20}}{18\beta} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$\frac{b}{C_D H} = \sqrt{20} \beta \left\{ \xi + \left(\frac{\sqrt{20}}{18\beta} C_D \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

ここに、 $\eta = y/b$, $\xi = x/C_D H$, $\xi_0 = x_0/C_D H$, $\beta = l/b$ (l :混合距離)である。 b 及び u_{1max} の実測値は式(6)より $y^2 \sim u_1^{\frac{1}{2}}$ なることを利用して求めた。図-5は $\beta = 0.18$ として式(8)と実測値とを比較したものである。後流の規模は自由乱流の場合とほぼ同程度とみなせるが、粗面では $x/H = 40$ 程度より下流で、後流の性質を急速に失っていく様である。図-6に最大欠損流速の速減を示す。実線は式(7)において、滑面の場合に $\beta = 0.075$ 、粗面の場合に $\beta = 0.12$ としたものである。

このことは、壁面近傍では壁面の存在のために乱れがおさえられ、混合距離が小さくなっていることを示しており、壁面噴流の混合距離が、自由噴流のそれの約0.4倍程度になるということに対応している。⁴⁾粗面では滑面の場合より6割程大きくなっているが、 x/H による差異はみられなかった。

5. おわりに

水面変化が圧力抵抗に及ぼす影響がある程度明らかになった。連続波の場合においても H/δ が大きいと、水面波の影響が無視できないと思われる。突起の後流は壁面のため混合距離が自由乱流のそれより小さくなるが、その分布については現在明らかでない。修正された後流の式は、河床波などのように有効間隔の小さい場合に適用できるものと思われる。

- ＜参考文献＞ 1) 吉川・石川：土木学会論文報告集，vol 281，1979. 2) 渡辺・荒木中康：昭和56年度西部支部年講，1982.
3) 渡辺・荒木：昭和54年度西部支部年講，1980. 4) 斎藤：学位論文，1978.

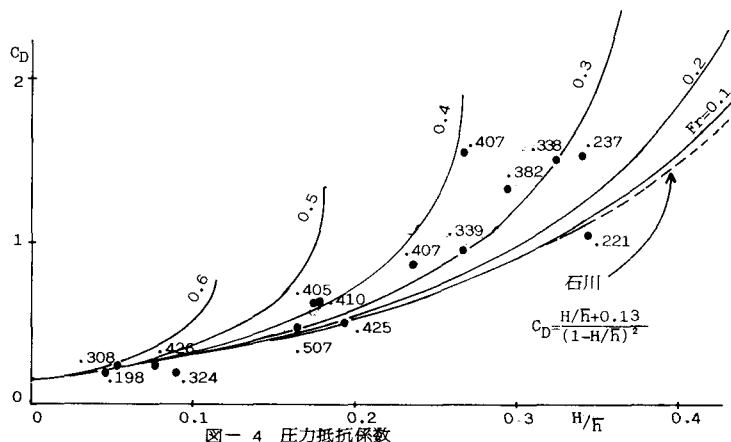


図-4 圧力抵抗係数

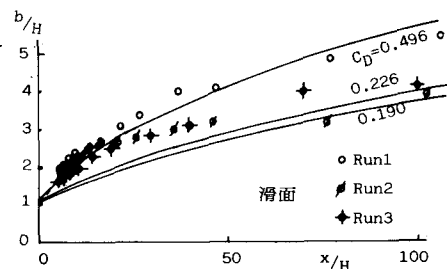


図-5 後流幅

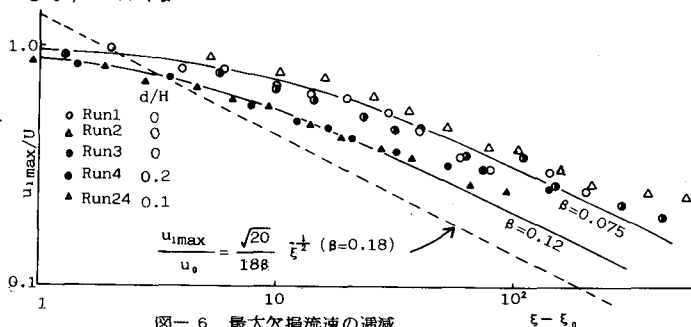
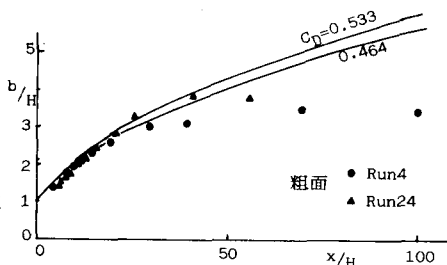


図-6 最大欠損流速の速減