

佐賀大学理工学部

正員 渡辺 訓南

〇 荒木 宏之

学正員 市原 仁志

1. まえがき 先年、石川は単-三角形粗度の圧力抵抗について水面変化を無視した解析を行ない、風洞中の実験結果と良く一致することを示した。しかし、開水路においては粗度に同調して水面形が変化し、特に、波高・水深比が大きくなると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。本文は、開水路に三角形粗度の粗度を一個設置し、水面形と圧力抵抗との関係について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波高勾配 $1/20$ の三角形粗度を設置し、次の2 caseの水面形状に対して波面上の圧力分布を測定した。

Case 1. 流れの全領域で常流 ($F_r = 0.2 \sim 0.4$, $\Delta R/H < 0.4$)

Case 2. 常流から射流に移移する流れ ($F_r = 0.4 \sim 0.6$, $\Delta R/H = 0.2 \sim 1.0$)

圧力は波面に穿った径1mmの孔から検出し、水面形は静圧管及び Point Gauge を用いて測定した。

3. 圧力分布 図-1のように背面、前面及び crest に対して添字 1, 2, 0 を付すと、背面と前面との圧力差は crest での圧力を基準として次式で表わされる。

$$\Delta P = (P_1 - P_2) - (P_2 - P_0) = \rho g \{ (h_{p1} - h_{p0} - i_1) - (h_{p2} - h_{p0} - i_2) \} \quad (1)$$

h_p は Piezo head, i は路床勾配である。実験によると右辺の2項は0であり、このことは、静水圧分を差し引くと、前面では crest での圧力が浸透して一定となっていることを示すものである。以後、添字 1 とはすす。

今、波面上でベルヌーイの式が成立するとすれば

$$\text{const.} = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + y = \frac{u_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\rho g} + H \quad (2)$$

圧力分布は

$$C_p = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho U^2} = \frac{1}{5^2} - \frac{1}{5^2}, \quad 5 = R/\lambda \quad (3)$$

で表わされる。流速は断面平均流速である。

図-2の一点鎖線は実測水深を用い、破線は水面変化を無視して、それぞれ式(3)と実測値とを波面上の流線と一致させたものである。両者の差は水面低下が大きい程、 H/λ が大きい程大きい事になる。又、crest 付近では流線の曲りによる遠心力の作用によって式(3)よりさらに圧力が低下しており、Case 2 では極めて大きな圧力降下を生じている。

図-2より crest での圧力降下量 C_{p0} を求めて図示したのが図-3である。Case 1 については $C_{p0}(1-H/\lambda)^2$ の値がほぼ一定であって、石川と同様に次式で表わされる。

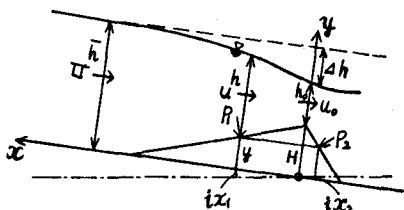


図-1 流れの概況

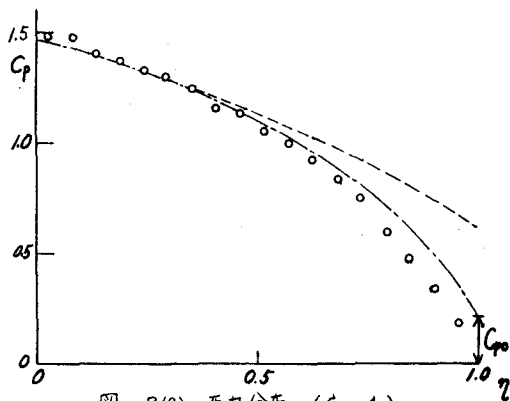


図-2(a) 圧力分布 (Case 1)

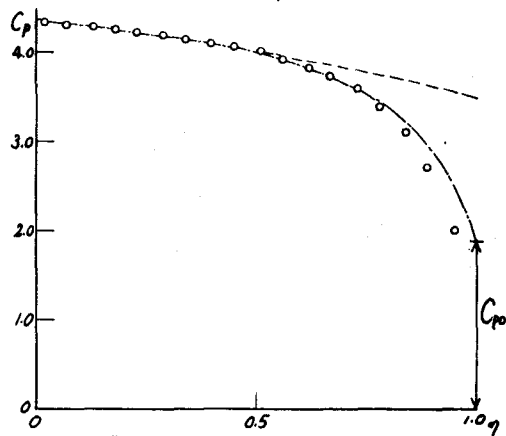


図-2(b) 圧力分布 (Case 2)

$$C_{p0} = 0.13 / (1 - H/h)^2 \quad (4)$$

また、Case 2 の場合は水面低下が著しく、 H/h によって急激に大きくなっていく。このように、crest 近傍の局所的な圧力降下は、いずれの Case においても H/h に強く規定されており、 Fr はほとんど等しいものと思われる。

4. 圧力抵抗 圧力分布は図-2 の一英鎖線で近似して

$$C_p = \frac{1}{S_1^2} - \frac{1}{S_2^2} + C_{p0} \quad (5)$$

と表わし、5 と式(2)より

$$S^3 - (1 + \frac{1}{2} Fr^2 - \frac{H}{h} \eta) S^2 + \frac{1}{2} Fr^2 = 0, \quad \eta = y/H, \quad Fr = U/\sqrt{gh} \quad (6)$$

で与えらる、圧力抵抗係数 C_D は

$$C_D = \int_0^1 C_p d\eta = \frac{1}{S_2^2} - \left(\frac{H}{h}\right)^2 \left\{ \left(\frac{1}{S_2^2} - 1\right) - \frac{1}{4} Fr^2 \left(\frac{1}{S_2^2} - 1\right) \right\} + C_{p0} \quad (7)$$

となる。図-4 は式(4)、(6)、(7)を用い、 Fr をパラメーターとして C_D を計算した結果であって、実測値の傾向と良く表わしている。図中破線は水面変化を無視した場合（石川 の式）であるが、抵抗は Fr が大きくなると急激に増大し、それは H/h が大きい程著しいため、低フルード数の流れであっても、 H/h が大きいと水面変化の影響が無視できなくなることからわかる。尚、Case 2 の流れは式で計算できないが、この場合の抵抗は図-4 に示すようにほぼ H/h のみに規定されていると考えられる。図-5 は Case 1 について実測値と比較したものである。計算値の方が若干大きい。これは圧力分布を式(5)で近似し、crest より上流での圧力降下を無視していることによる。図中 Δ 印は水面変化を無視した場合である。

以上、水面変化が抵抗に及ぼす影響についてかなり明らかにされた。Case 2 についてはさらに検討を続けるつもりである。尚、実験、資料整理は本学四年生宮口博樹君の労に負うところが多い。記して感謝します。

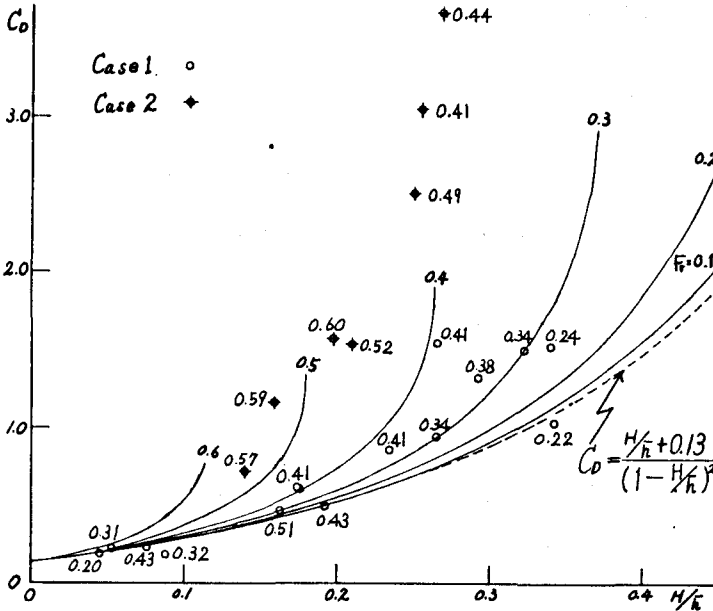


図-4 圧力抵抗係数

<参考文献>

吉川 石川：砂遣、砂堆上の流れの抵抗について、土木学会論文報告集、vol.281, 1979.

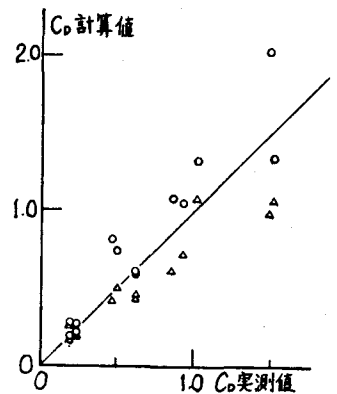


図-5