

建設省土木研究所

正員

土屋 昭彦

山口大学 工学部

正員

○ 浦 勝

I. 考えかた 一般に流体中に置かれた物体の受ける抗力は次式の形で表わされる,

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D A_D U^2 \quad (1)$$

ところで、橋脚のように自由水面を持つ流れの中に置かれた物体の受ける抗力は、主として後流域に渦を生ずることによって受ける形状抗力;

$$F_f = \frac{1}{2} \rho C_f A_f U^2 \quad (2)$$

と、自由水面に波を造ることによって受ける造波抗力;

$$F_w = \frac{1}{2} \rho C_w A_w U^2 \quad (3)$$

の2種類の性質の異なる力が合成されたものであり、橋脚の全抗力は、

$$F_D = F_f + F_w \quad (4)$$

と考える。ここで $A_D = A_f = Hb$, $A_w = Hl$ (H : 水深, b : 橋脚幅, l : 橋脚長) とすれば、式(1), (2), (3), (4) から 各抗力係数の間に、

$$C_D = C_f + \frac{l}{H} C_w \quad (5)$$

の関係がある。したがって橋脚の全抗力係数 C_D の特性は形状抗力係数 C_f および造波抗力係数 C_w を検討することによって明らかとなるであろう。

II. 実験の方法 表-1 に示す5種の模型橋脚を長さ20m, 幅1.98m, 水深0.45mのモルタル仕上面の水路に流れ方向に回転できるように hinge を持つ装置によってつくり、橋脚の流水による微小な回転量を非接差型抵抗線歪計を用いて測定した。さらに橋脚の自由水面に生ずる波の影響を受けたい、いわゆる形状抗力を測定した。これは図-1 に示すように、完全に水中に潜、た下部橋脚がこれとは独立に支持されたブリーキ製の上部橋脚の中を通る支持棒で歪計に接続されている。

以下、抗力計算において測定の前役に分銅を用いて検定を行い橋脚の浮力による影響も除去した。

III. 実験結果 抗力と平均流速との関係の一例を図-2 に示す。これはB型橋脚について行った全抗力と形状抗力の実測値である。形状抗力は流速の1.8乗に比例してほぼ一様に増加するが、全抗力は流速が大きくなるとこれから離れて流速の2.3乗、3乗と急激に大きくなる。この全抗力と形状抗力との差が造波抗力と考えられる。つぎに全抗力係数 C_D および形状抗力係数 C_f と Reynolds 数との関係を図-3 に示す。これはB型橋脚について見れば、形状抗力係数は円柱の風洞実験結果と同様 Reynolds 数とともに単調に減少する。一方

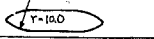
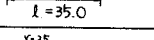
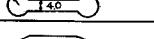
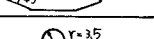
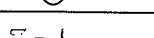
橋脚形状	記号
A 	X
B 	⊙
B(s) 	●
C 	⊙
D 	△
円柱 	○

表-1

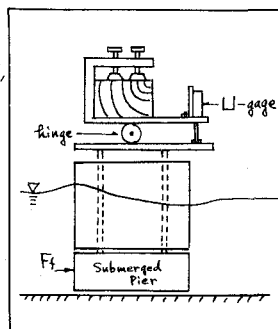


図-1

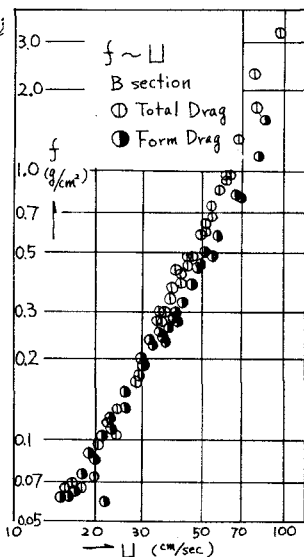


図-2

C_D は C_f から離れられないに増加する。これから、一般に形状抗力係数 C_f は物体の形状ごとに Reynolds 数の関数として定まらね、全抗力係数 C_D は Reynolds 数の関数として定まらねいといえる。

開水路中の橋脚の抗力は、すでに述べたように、造波抗力を含むことから Froude 数が他の境界条件と同様重要な因子となる。全抗力係数と Froude 数との関係を図-4 に示す。A, B, D 型の抗力係数は $Fr=0.2$ 近傍で多少ばらつくが $Fr < 0.6$ までは Froude 数に無関係に一定値をとり、 $C_{DA}=0.3, C_{DB}=0.5, C_{DD}=0.4$ となっている。 $Fr > 0.6$ となると抗力係数はそれぞれ増大する。円柱および C 型の抗力係数は Froude 数の低い所でもかなりばらつきがあるが、全体として Froude 数とともに増大する。この円柱の全抗力係数は、ばらつきは水深の大小によるもので、水深をパラメーターとすればよく整理することができる。この円柱に関して Hsieh²⁾ の実験値とよく一致する。しかし円柱以外の橋脚の抗力係数に関して水深の影響を明らかにすることはできなかった。橋脚間隔 S が小さくなると C_D は増大する。つぎに B 型橋脚について測定した F_D および C_f から F_w を求め、式-(3)を用いて計算した造波抗力係数 C_w と Froude 数の関係を図-5 に示す。これより B 型の造波抗力係数 C_w は $Fr < 1.0$ の範囲で Froude 数の 2 乗に比例する曲線のまわりを振動して増大する傾向にあるといえよう。A, D および円柱型橋脚についても同様の傾向が見出されるが、詳細な考察はまだ行っていない。

IV まとめ 橋脚の抗力係数 C_D は式-(5)で表わされ、各形状ごとに、Reynolds 数の関数である C_f と Froude 数の関数である C_w および相対水深 H/h によって定まる。また橋脚間隔 S も C_D の支配的因子となる。以上橋脚の抗力係数のオーダーと支配因子に関して概略を知ることができたが、 C_f, C_w についてより広範な実験と詳しい解析を加えることが今後の課題である。

- 1) S. Goldstein: Modern developments in Fluid dynamics, II
- 2) T. Hsieh: Resistance of cylindrical piers in open-channel flow, Proc. A.S.C.E. HYD. Jan. 1964.
- 3) T.H. Havelock: Studies in water resistance; Proc. Roy. Soc. S.A 1923

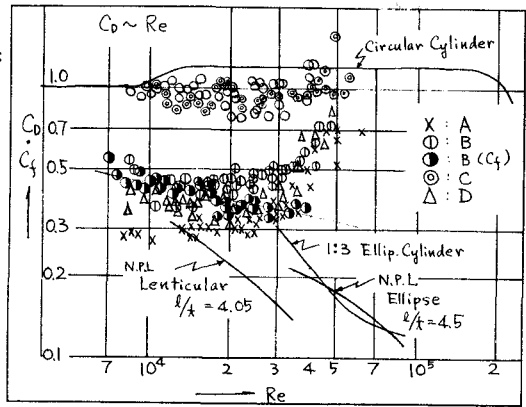


図-3

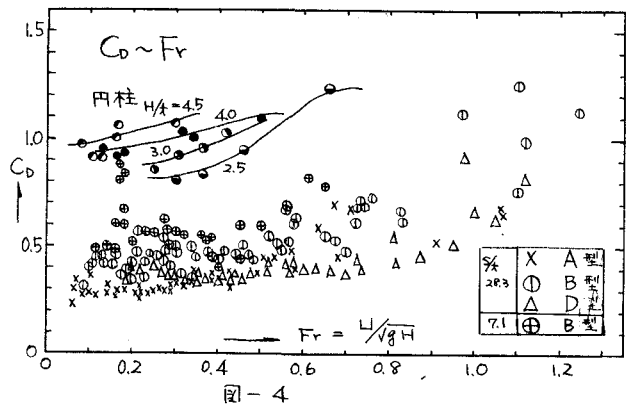


図-4

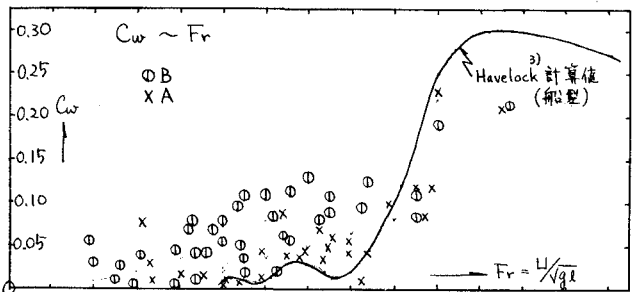


図-5