

本研究は円水路定常流に鉛直に立てた円柱のうける抵抗と実験水路で測定した結果について報告する。実験に使用した測定装置としては電気抵抗線ひずみ計であったが、その装置や方法についてはすでに発表したのでここでは省略する。

1. 円柱のうける流れ方向の全抵抗: 流水によって円柱のうける流れ方向の全抵抗は、つぎのように表わされる。すなわち $F_T = C_T \cdot \frac{1}{2} \rho U^2 d h$ であり、ここに ρ は流体の密度、 d は円柱の直径、 h は水深であり、 U はここでは平均流速とする。円水路流れの諸特性、とくに自由表面とが、水深方向の流速変化および全抵抗に影響をおよぼすが、実験結果からこれらの影響を検討しよう。図-1(a), (b) および(c)は Re 数の範囲が $3 \times 10^4 \sim 2.5 \times 10^5$ の場合で d/h の値が 0.3, 0.4 および 0.5 に対する C_T と流れの Froude 数 $U/\sqrt{gh}$ との関係を実験結果にもとづいて示してある。2次元平行流の従来の実験結果では上の Re 数の範囲に対して C_T の値はほぼ 1.2 と一定である。しかし円水路流れでは Fr 数によって C_T の値はかなり変化し、とくに $Fr = 0.1 \sim 0.15$ の間で極大値をとることがわかる。なお図-1(a)は piezometer を用いて測定した圧力分布から算出した形状抵抗による抵抗係数も示してあるが、この場合には抵抗係数が Fr 数によってほとんど変化していない。以上、実験に用いた Re 数の範囲に対しては、全抵抗に占める造波抵抗の割合が Fr 数によって変化することから推定すると考えられる。また d/h は円柱に関する Fr 数と流れの Fr 数との比を表わしている。したがって d/h の値が大きくなれば造波抵抗も大きくなることが推定される。この点については、それゆえの Fr 数に対して C_T の値を比較すると、 d/h の値が大きくなるほど C_T の値が大きくなる傾向がみられることから明らかであろう。

図-2は Fr 数が 1.0 より大きい場合の C_T と Fr 数との関係を示したものである。なお図中の数字は d/h の値を示している。この図から明らかなる

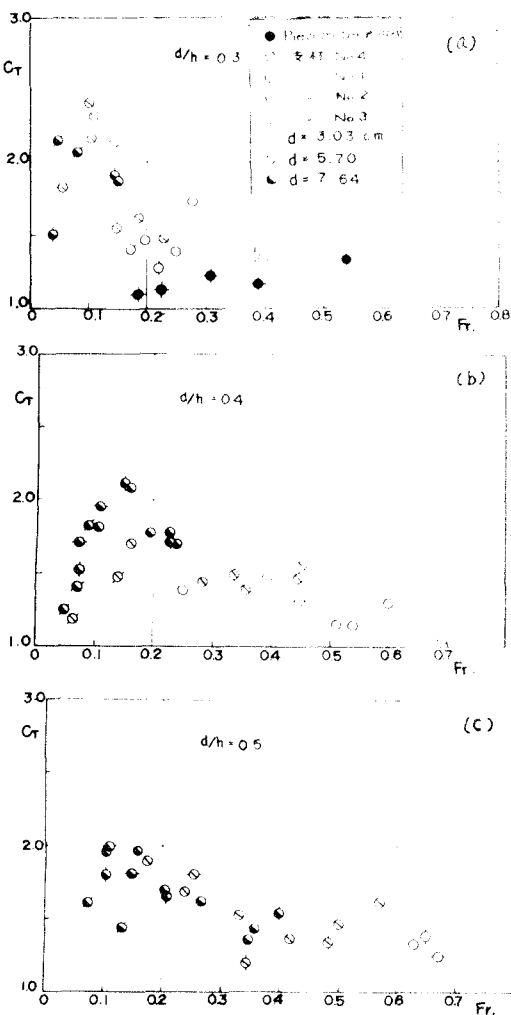


図-1 C_T と Fr 数の関係 ($Fr < 1$)

に、流れが射流の状態では d/λ の値による変化はみられず、 Fr 数に関して、 Fr 数が増加するにつれて C_T の値は 0.8 から 0.5 へと漸次減少する傾向がある。この事実も T. Hsieh の群杭による実験によって指摘されている。

以上の結果から流れが常流の場合には全抵抗に対して道波抵抗の占める割合がきわめて重要な要素であること、射流の場合には T. Hsieh も指摘しているように、自由水面が杭の抵抗にまで影響を及ぼし、 Fr 数の増加とともに円柱のうしろにできる wake の発達をさまたげる結果 C_T の値が減少することなどが考えられる。このような現象は従来の 2 次元平行流れではみられない現象であり、今後さらに詳細な吟味が必要であろう。



図-2 C_T と Fr 数の関係 ($Fr > 1$)

合がきわめて重要な要素であること、射流の場合には T. Hsieh も指摘しているように、自由水面が杭の抵抗にまで影響を及ぼし、 Fr 数の増加とともに円柱のうしろにできる wake の発達をさまたげる結果 C_T の値が減少することなどが考えられる。このような現象は従来の 2 次元平行流れではみられない現象であり、今後さらに詳細な吟味が必要であろう。

2. 円柱のうしろの流れと直角方向の抵抗：境界層のはく離にともない円柱の側面から渦が交互に発生する。このため円柱は流れと直角方向にも抵抗をうける。電気抵抗線ひずみ計を用いて渦の発生による円柱の振動およびその結果生じる直角方向の抵抗について検討しよう。

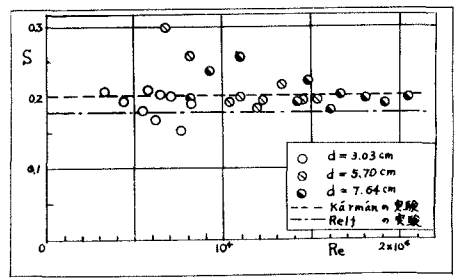


図-3 S と Re 数の関係

図-3 は渦の発生振動数に因って $Strouhal$ 数 ($S = \omega d / U$) と Re 数の関係を示したもので、従来の結果とよく一致している。この結果から渦の発生に因っては円水路流れの影響はとくにみられず、従来の 2 次元平行流れの取り扱いかで十分であると考えられる。つぎに円柱に作用する横方向の抵抗を F_k とすると、 $F_k = C_k \cdot \frac{1}{2} \rho U^2 d \sin \omega t$ と表わされる。ここに $\omega = m / \lambda$ であり、 C_k は Kármán 係数である。上式では F_k は正弦的に変化すると仮定しているが、この仮定は図-4 に示す実験結果から妥当であることが確かめられる。図-5 は実験結果から C_k と Re 数の関係を図示したものである。この図から C_k の値はかなり大きくバラつくが Re 数の増加とともに増大する傾向を示している。

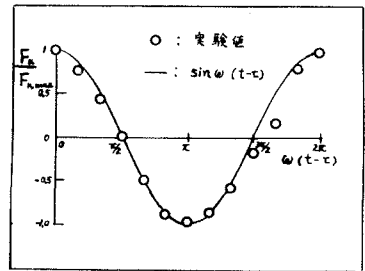


図-4

実験値が少ないため詳細な検討は今後の研究に待たねばならないが電気抵抗線ひずみ計を利用した測定装置によるこの種の測定はきわめて有意であると考えられ、今後の計測計器の発展が切望される。

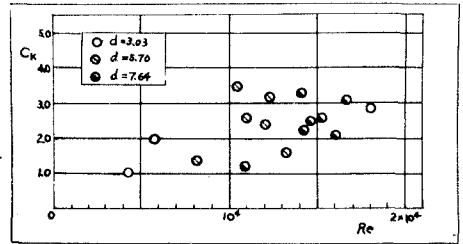


図-5 C_k と Re 数の関係