

日立造船(株) 技術研究所 正員 巻幡 敏秋
同上 正員・新井 信一

§ まえがき

一様流の中に複数のパイル(円柱)がおかれた時に、パイル間の流体力学的干渉のため、それぞれのパイルに働く抗力・揚力が複雑な変化を示すことが知られている。しかしながら、この現象には、未だ不明な点も多い。本報告は、複数のパイルが流れ(例えば潮流)の方向に直列に配置された場合と三角形配置(図参照)された場合について、パイル間距離がパイルの流体力にどのような相互干渉を与えているかを、実験的に調べたものであり、その抗力・揚力・揚力の振動数の挙動から干渉の機構を若干考察したものである。

§ 実験装置及び方法

実験は、当社の回流水槽に仮設床を設けて実施され、水路断面は巾100cm、水深67cmである。パイルは直径(d)=5cm、吃水(h)=66cmで、図1のように片持式検力計に設置した。流速(v)=44.3cm/sであり、 d を基準長としてレイノルズ数(Re)=2.2×10⁴、フルード数(Fr)=0.6となる。この時、パイル底面は床面境界層の中にわずかに入っている。流体力は以下のように無次元化して整理した。

$$\text{抗力係数 } C_D = F_D / \frac{1}{2} \rho v^2 A, \quad \text{揚力係数 } C_L = F_L / \frac{1}{2} \rho v^2 A, \quad \text{換算振動数 } f_s = f d / v$$

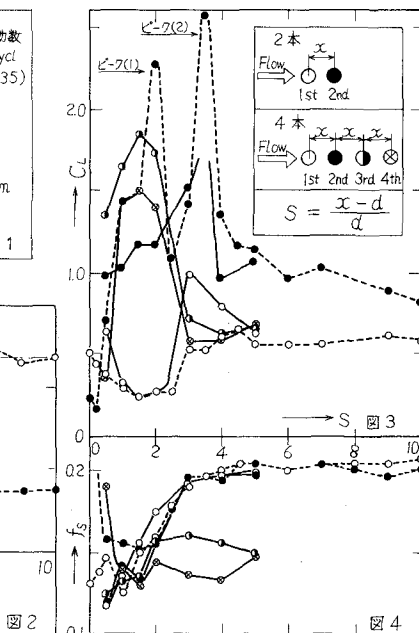
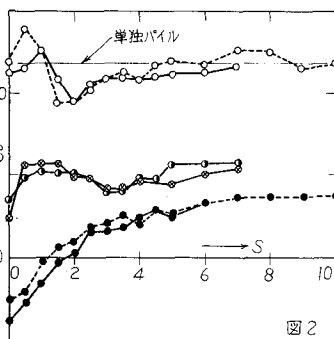
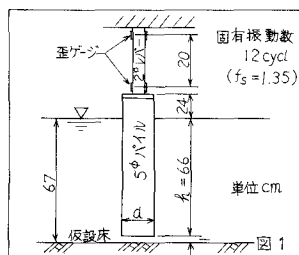
ただし、 F_D ; 抗力、 F_L ; 揚力、 f ; 揚力の振動数、 A ; 物体投影面積($d \times h$)である。 F_L の値は、100波中の最大10波を抽出して、その波高の算術平均として求めた。又、 f は最大10波の時の値を読み取った。

§ 実験結果及び考察

自由表面が存在するため、力の成分に造波抵抗が含まれる。しかし、文献⁽¹⁾のデーターから、 $Fr=0.6$ の時、 $h/d > 5$ における C_D 中の造波抵抗成分はほぼ無視できる状態になることが読みとれる。本実験の h/d は13.2であることから、以下の結果は、一様流中の2次元現象が卓越していると考えてよい。

(1) 直列配置

2本のパイルを直列等間隔に配置した時のパイル間距離(x)による諸量の変化を図2,3,4に示す。図中にて実験で結んであるのは4本配置の時の値である。 C_D について見れば、2本直列の場合、 $S = \frac{x-d}{d}$ が大きくなると1stパイルは単独パイルの値になる。2ndパイルは1stの後流によって乱流剥離状態になり値が小さくなる。 S が小になると、2ndが1stの後流死水域の影響を受けるために2ndが負の力を受けるようになる。以上の傾向は多くの実験結果にみられるが、その値は Re 数により異なる。例えば、2ndのゼロクロスの位置についてみると、文献⁽²⁾が



ら、その位置はRe数に対応した1stの死水域の長さに関係していることが認められる。4本の時もこの傾向は同じであるが、3rd・4thは異なる傾向をもつ。次に揚力をみると、Sが大で2ndの値は1stに近づくようである。又、2本の場合で2ndに2ヶのピークがみられる。4本の結果を含めて考察すれば、ピーク(2)は2ndに固有の現象らしく、他方、ピーク(1)は4本の場合の2ndにはみられず3rd・4thに発生している。S→0で、最後部のパイルのC_Lが極めて小さくなり、f₀が大きくなる現象は、2本・4本の場合とも一致している。

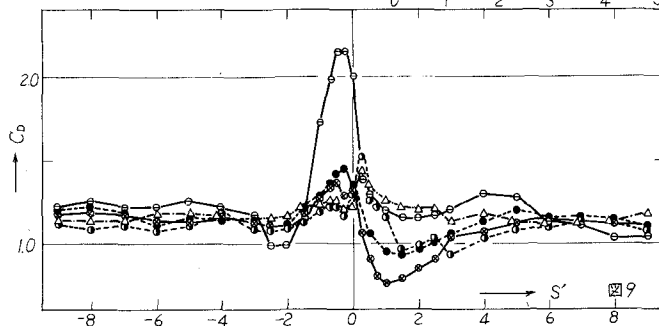
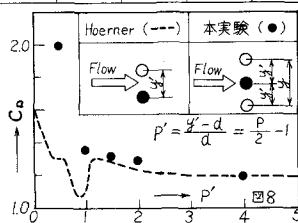
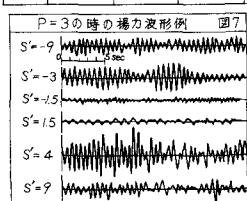
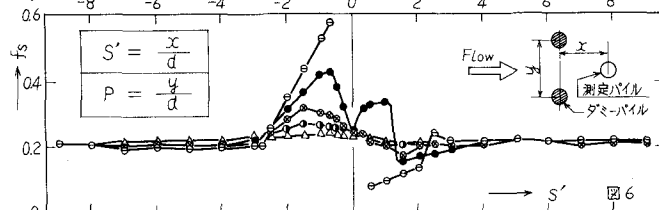
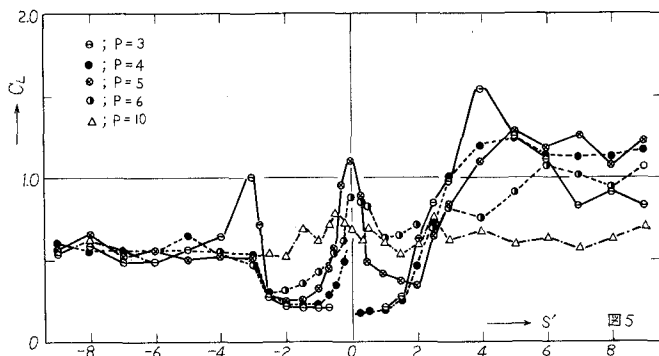
(2) 三角形配置

図6中に示すような三角形配置をした場合に、測定パイル(○印)を流れ方向に移動させた時の諸量は図5, 6, 9のごとく変化する。揚力波形の一例として、P (= $\frac{y}{d}$) = 3 の場合の計測波形を図7に示す。さて揚力をみると、パイルが上流側から近づいてきた場合、P = 10を除いてS' (= $\frac{x}{d}$) < -3 でC_Lが低下する。Birkhoffの仮想死

水領域振動子モデルの考え方によれば、S' = -3の時には、ダミーパイルのために、この仮想振子の後端部の動きが拘束され始める状態にあることがわかる。又、S' → 0でf₀が増加していることから、ダミーパイルの存在が、仮想死水領域を变形させ、振子の実効質量を減少させる作用をもしていると推測される。ただし、P = 3の時にS' = -3でピークを生じていることは、このような配列間隔では、ダミーが逆に振子を励振させる作用を及ぼしたことを意味する。パイルがダミーの下流にある場合には、その後流の影響を直接うけるために、Pの値によるC_Lのバラツキが生じる。一方、S'が零付近では、f₀が0.2になる傾向がみられ、C_Lはこの時ピークをもつようである。これはすでに述べたような仮想死水領域の考え方では説明できない現象のようである。これに対し抗力の場合、Pの値による、下流側でのC₀のバラツキはC_L程大きくはない。ただ、S' = 0の前後にピークがみられ、P = 3ではC₀が2.2まで大きくなる。S' = 0の時の値を、一例としてHoerner⁽³⁾の2本並列の場合と比較すれば図8のようになる。

8 結 言

これら2種類の配置における、パイル間距離と抗力・揚力の相関の傾向が明らかとなった。しかし、流れの可視化等により、さらに究明していかなければならぬ点も多い。特に、揚力の干渉機構には興味深いものがあるように思われる。



参考文献

- (1) 日本造船学会誌; No.505 「水面を直進する直立円柱の性質について」; 田中; S46・7
- (2) 九大応力研所報; No.36 「円柱後方の逆風域の測定」; 種子田他; S47
- (3) S・F Hoerner 「Fluid-Dynamic Drag」; 1958