

II-18 柱体に作用する LONGITUDINAL FORCE と TRANSVERSE FORCE について.

岐阜大学 増田 重臣
名城大学 ○ 伊藤 政博
日本水道コンサルタント 遠藤 義寛

1. はじめに

ある断面形状を持つ柱体に波が作用すると、その柱体には波の進行方向の水平波力 (Longitudinal Force: F_L) と渦の発生および斜傾に伴って、波の進行方向と 90 方向の水平波力 (Transverse Force or Lift Force: F_T) との合成波力が作用する (Fig. 1)。波力 F_L に関しては、従来より数多くの研究が行われている。しかし、波力 F_T に関しては、Wiguel, Bidde らによって、 F_T は F_L に比べて無視できない大きさを持っていることが指摘されている。現在のところ、柱体に作用する F_T の挙動およびその特性はほとんど未知の点が多い。また、柱体の断面形状についても、これまで主として円形断面について研究が行われてきた。しかし、これ以外の断面形状、たとえば、正八角形などの形状を有する柱体は海洋構造物に頻繁に使用されている。そこで筆者らは、“円形” “正八角形” “45° 正八角形 (正八角形に対して 45° 方向から波が入射)” の断面形状を持つ柱体に波が作用した場合、波力 F_L , F_T をそれぞれ測定できるような測定装置を製作して実験を行った。本報告は左と右の挙動および断面形状が波力におよぼす効果などについて若干の検討を行った。

2. 実験装置、方法. 実験は一端に Flap 式造波装置を有する幅 0.9 m、高さ 1.0 m、長さ 16 m の造波水槽を使用し、そのほぼ中央に極バネを利用して波力を測定する波力計を設置した。波力計は上端をボルトで固定できる鋼鉄製板バネ (幅 30 mm、長さ 300 mm、厚さ 6 mm) にスロテンジャーを 2 点に裏と表側 1 枚づつ計 4 枚を貼り付けて、柱体が波から受ける波力を歪みとして出力させるものである。この波力計は持ちこた F_T を測定できるようにするため、固定台のボルトを調整することにより、波の入射方向に対して 90 回転できるようにしている (Fig. 1)。実験に使用した柱体の断面形状、寸法は、A: 円形, B: 正八角形, C: 45° 正八角形で、波の入射方向に対する径 $D = 48, 60, 80.9$ mm のものを使用した。また実験波は 2 種類とした (Table 1)。

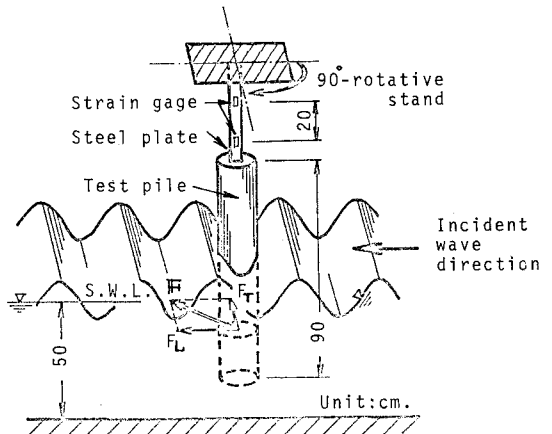


Fig. 1. Apparatus and definition sketch.

Table 1. Experimental conditions.

Run no.	T (sec)	h (cm)	H (cm)	L (cm)	H/L	$\sqrt{g/h}$	D (cm)	* Cross section of test pile	** $\frac{R_a}{\sqrt{U^2 \cdot D}}$	** $\frac{K \cdot C}{\sqrt{U^2 \cdot D}}$
1	1.70	50.0	18.8	322.6	0.058	7.53	4.8	A, B, C	2.17×10^{-4}	16.2
2	"	"	"	"	"	"	6.0	"	2.68	13.0
3	"	"	"	"	"	"	8.9	"	4.03	8.7
4	1.91	"	16.2	409.1	0.040	8.46	4.8	"	2.15	18.0
5	"	"	"	"	"	"	6.0	"	2.68	14.4
6	"	"	"	"	"	"	8.9	"	3.98	9.7

3. 解析結果と検討.

3-1. Fig. 2 は測定記録から計算したテストパイプの位置での水面変動 η とその時に作用する F_L , F_T の時間的変化を図示したものである。この図から、 F_L の周期は水面変動周期と一致しているが、 F_T の周期は F_L の一周期の間に 2 回 3 回変動していることがわかる。断面形状 A, B, C について、40 秒間の測定記録の中から $(F_T)_{\max}/(F_L)_{\max}$ を求めると、A は 0.78 ~ 1.035, B は 0.32 ~ 0.62, C は

* A B C

↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑

Incident wave direction

** $\sqrt{U^2} \sqrt{\int_0^{h+\eta} U^2 dz / (h+\eta)}$

1.04~2.20 であることから、 F_L は断面形状によってかなり大きな値をとることがわかる。これらの値は測定記録の中で最大値のみについてみればよいが、機会をみて $1/3$ 最大値による比、 $(F_L)_{1/3}/(F_T)_{1/3}$ について検討する予定である。

3-2. η , F_L , F_T のスペクトル特性を調べるために、測定記録を 0.04 秒/1 画隔で、999 個のデータをデジタル化し、Blackman & Tukey 法でスペクトル計算を行った。このときサンプル数 = 90, 自由度 = 約 40 である。現段階では、Table 1. の 3 種の断面形状 (A, B, C) について、 $D=6.0$ cm の場合は計算を行っており、そのうち $D=4.8, 8.9$ cm の場合について結果を整理して (F_L , [i], [ii], [iii], [iv])。Fig. 3 から、3-1 でも指摘したように、 η と F_L , F_T とはほぼ同一振動数でピークを持つが、 F_L^A, F_L^B, F_L^C はかなり高周波側に平坦部を有するピークを持っている。これらの F_L と F_T のピーク値での振動数と比べて、Biddle が述べているように、 F_L は F_T の 2~3 倍の波力振動数を持っている。以上のことから、柱体の断面形状は波力スペクトル構造に影響をおよぼしており、特に F_L のスペクトル構造には相対的に影響を与えている。また、スペクトル構造は、A, B については類似しているが、C についてはかなり相違していることから、正四角形断面の柱体の場合、柱体に対する波の入射角が F_L の大きさを支配していることがわかる。

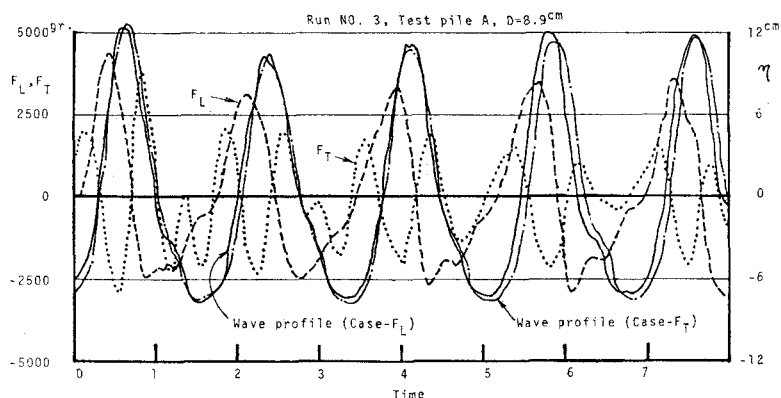


Fig. 2. Typical results of water surface at the pile (η), longitudinal force (F_L) and transverse force (F_T).

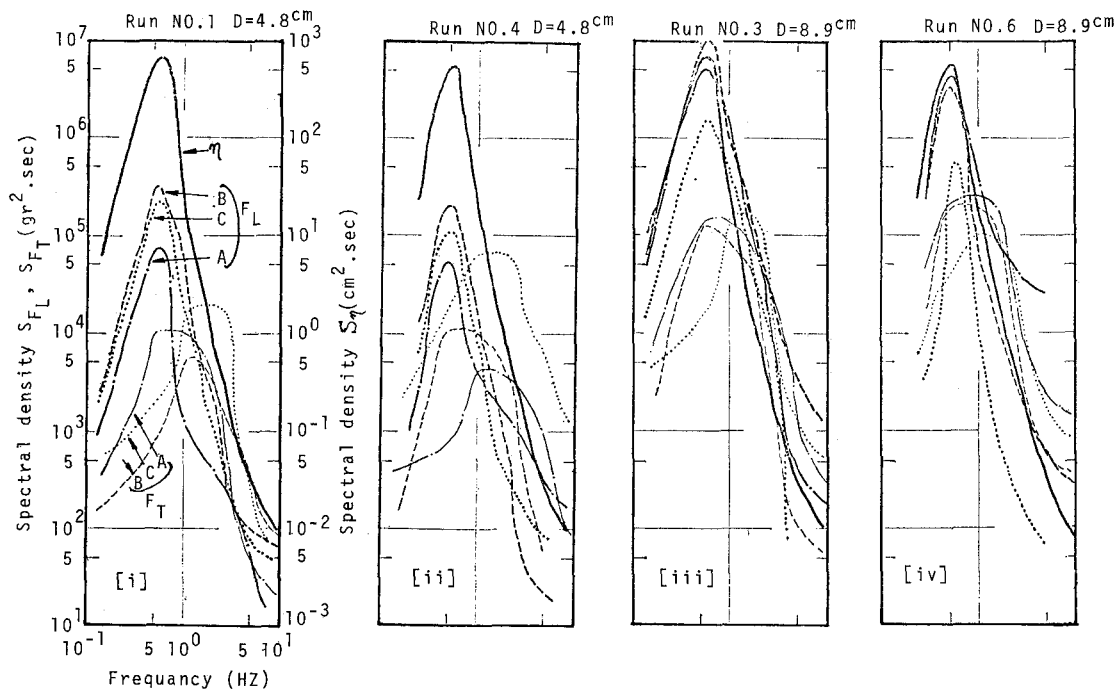


Fig. 3. Spectral density of S_η , S_{F_L} & S_{F_T} .