

1 はじめに 波動場に設置された小口径円柱(円柱)に作用する進行波力 F_x の算定式としてモリソン式を使用する場合、式中の抗力係数 C_D 、質量係数 C_M の水深方向変化は通常考慮されない。自由表面及び底部境界が存在する波動場では、水深方向に水粒子速度、加速度が変化する。したがって、この場合の波力算定式精度の向上、及びその妥当性を検討するには、波力の水深方向変化特性をも詳しく調べる必要がある。この種の研究として従来、円柱の微小長さ部分(局部円柱)に作用する波力を、静水面からの距離 η が異なる位置でそれぞれ測定する実験が少なされて来たが、まだまとまった成果は得られてないようである。そこで、本報告はこの波力 F_x の水深方向分布特性を示す一つのパラメーターである、波力 F_x の合力作用点に着目し、その実測及び若干の考察を行なったものである。又、円柱に作用する揚力 F_y についても同様な測定を試みた。

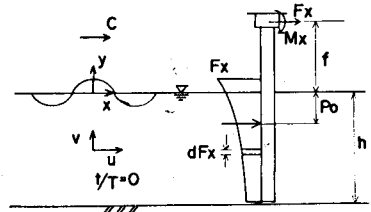


図-1 測定装置 座標系

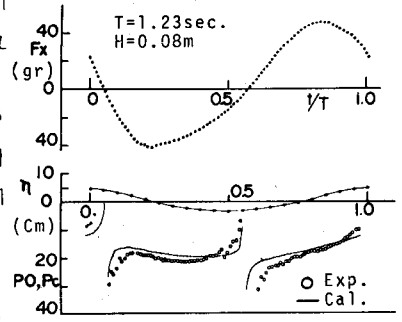


図-2 測定値および計算値例

2 実験方法及び合力作用点 P_0 の算定法

実験は、長さ39.6 m、幅0.6 m、高さ0.8 mの二次元造波水槽を用いて行なった。実験使用波は、水深 $\eta = 30\text{ cm}, 40\text{ cm}, 50\text{ cm}$ 、波高 $H = 2 \sim 13\text{ cm}$ 、周期 $T = 0.7 \sim 2.0$ 秒の波浪諸元を有する規則波である。使用した円柱(アクリルパイプ $(D=30\text{ cm})$ 、アルミ管 $(D=1.4\text{ cm})$)の径 D は1.4 cm, 3.0 cmの二種類である。合力作用点 P_0 の算定に必要な、進行波力 F_x 、及び進行波力モーメント M_x の測定は、市販の三分力計に上記のパイプを取り付けて行なった。この波力測定装置の水中固有振動数 f_n は、19 Hz ($D=1.4\text{ cm}$)、12 Hz ($D=3\text{ cm}$)である。図-1に測定装置の概略、及び座標系を示す。

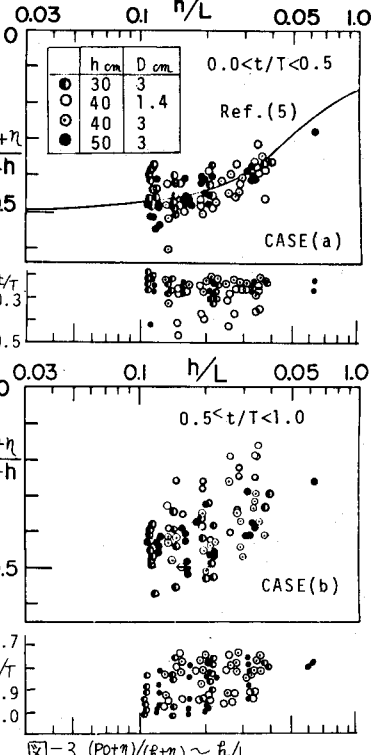


図-3 $(P_0+\eta)/(\eta+h) \sim \eta/h$

F_x 合力作用点の静水面からの距離 P_0 は次式より求まる。

$$P_0(t) = \frac{M_x(t)}{F_x(t)} - f \quad (1)$$

f : 三分力計モーメント測定点と静水面との距離

波力算定式としてモリソン式を用いると、 F_x 合力作用点の静水面からの計算値 P_C は次式で示される。

$$P_C(t) = \frac{\int_{-h}^{\eta} C_D(t,y) \frac{1}{2} D u(t,y) |u(t,y)| dy + \int_{-h}^{\eta} C_M(t,y) \frac{1}{4} \pi D^2 \ddot{u}(t,y) dy}{\int_{-h}^{\eta} C_D(t,y) \frac{1}{2} D u(t,y) |u(t,y)| dy + \int_{-h}^{\eta} C_M(t,y) \frac{1}{4} \pi D^2 \ddot{u}(t,y) dy} \quad (2)$$

ρ : 水の密度, u, \ddot{u} : 水平水粒子速度, 加速度
 式中の $C_D(t,y), C_M(t,y)$ の周期内時間変化、及び水深方向変化を無視すると

$$P_C(t) = \frac{C_D \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{2} \rho D u(t,y) |u(t,y)| dy + C_M \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{4} \pi D^2 \ddot{u}(t,y) dy}{C_D \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{2} \rho D u(t,y) |u(t,y)| dy + C_M \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{4} \pi D^2 \ddot{u}(t,y) dy} \quad (3)$$

u, \ddot{u} の算定式: ストークス波第3近似式

3 実験結果及び考察

図-2は、(1)式によるFx合合作用点の実測値POと、(3)式による計算値PCの位相 η による変化の一例を示したものである。図中には、水位 η 、及びFx実測値の η による変化も同時に記入している。(3)式中の C_D 、 C_M の値は、最小自乗法による方法を用いて決定した。図-2に示すように、 P_0 、 PC は η により変化する。今回は、Fxの正・負の最大値が生じる位相での値をその代表値(P_0^+ 、 PC^+)とし、各種波浪諸元との関係を調べた。

図-3は、その一例として、水位変位 η と水深 h を考慮した P_0^+ の無次元値(P_0^+/η)/(h/η)と、浅水度 η/L (L :波長)との関係を示したものである。図中には P_0^+ が生じる位相 η もそれぞれ記入している。CASE(a)に記入している曲線は、波動理論式に微小振幅波理論式を使用したモリソン式⁴⁾中の抗力項が0となる位相($\eta=0.25, 0.75$)での(3)式による計算値PCの無次元値(PC/η)/(h/η)(η は0である)と、 η/L との関係を示したものである。

図-5は、CASE(a),(b)それぞれにおける実測値 P_0^+ と、(3)式による計算値 PC^+ との関係を水深別別に示したものである。この図より、1) P_0^+ と PC^+ の誤差は水深 h の10%以内であること、2) 水深 $h=30\text{cm}, 50\text{cm}$ の場合には、CASE(b)の位相において、実測値 P_0^+ が計算値 PC^+ より大きな値を示す傾向が認められる。この P_0^+ と PC^+ の誤差には、 C_D 、 C_M の周期時間変化、及び水深方向変化を無視した事などが含まれていると思われる。

そこで、まずアルカジェリ法を用いて C_D 、 C_M の時間変化を考慮した計算値 PC^+ と、実測値 P_0^+ との関係を調べた。その結果を図-4のそれと比較したが、あまり違いは認められなかった。次に、 C_D 、 C_M の水深方向変化特性を、局部円柱や一様振動流中での実験結果⁶⁾より類推した場合の計算値 PC と実測値 P_0 との関係を調べた。しかし、これらの C_D 、 C_M の値に対しても、まだまとまった結果が得られてないので上記の目的に対する十分な比較検討はできなかった。

円柱に作用する揚力 F_y の合合作用点の実測を、Fxの場合と同様な方法⁷⁾で試みた。揚力 F_y の出現状況は、規則波においてむかなり不規則である。

表-1は、揚力 F_y の大きさは進行波力Fxと同程度であり、その時間変化もかなり規則性を示す。波浪諸元における一例を示したものである。揚力 F_y の極大値

表-1 揚力の合合作用点

Run NO.	T (sec.)	H (cm)	L (cm)	t/T	$\frac{P_0^+/\eta}{h/\eta}$	t/T	$\frac{PC^+/\eta}{h/\eta}$	h/L	rmsKC
7	1.21	11.5	202	0.93	0.35	0.06	0.31	0.20	8.5
8	1.21	13.8	205	0.87	0.40	0.03	0.38	0.20	10.6
12	1.42	9.3	248	0.90	0.44	0.06	0.42	0.16	8.7
13	1.42	11.5	251	0.86	0.41	0.02	0.43	0.16	10.7
14	1.40	13.8	249	0.93	0.50	0.05	0.51	0.16	12.7
15	1.42	15.6	255	0.92	0.64	0.06	0.62	0.16	15.0
17	1.62	6.7	291	0.90	0.52	0.08	0.42	0.14	6.7
18	1.62	8.0	292	0.89	0.46	0.04	0.39	0.14	8.2
19	1.63	9.2	295	0.90	0.47	0.05	0.47	0.14	9.6
20	1.62	10.2	294	0.90	0.46	0.03	0.51	0.14	10.9
21	1.62	11.9	296	0.94	0.52	0.02	0.55	0.13	13.0
22	1.62	13.6	299	0.94	0.59	0.06	0.66	0.13	15.1
23	2.02	5.5	377	0.93	0.49	0.10	0.47	0.11	7.2
24	2.03	6.9	380	0.92	0.58	0.08	0.60	0.11	9.1
26	2.03	9.3	384	0.95	0.36	0.07	0.61	0.10	13.2
27	2.02	10.3	383	0.95	0.14	0.02	0.52	0.10	14.7

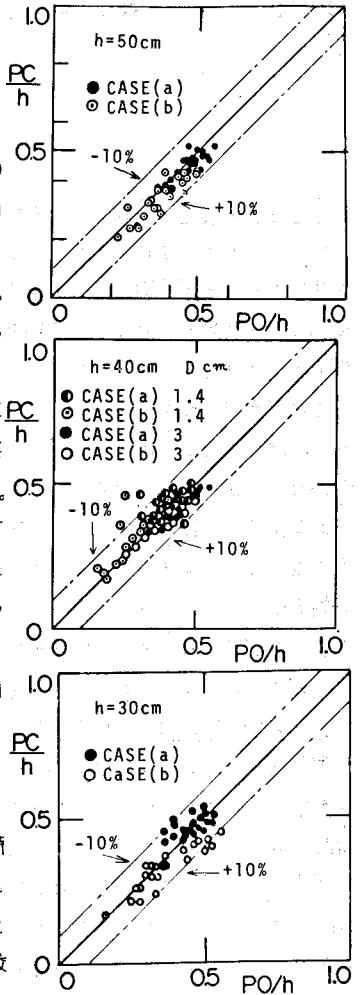


図-4 $PC/h \sim PO/h$

参考文献

- 1) Chakrabart, et. al.: J. of ASCE, wu2, PP201-201 1976
- 2) 岩田, 石田, 佐藤: 土木学会年報 PP99-100, 1977
- 3) 林, 竹内: 土木学会, 海議 PP362-366 1978
- 4) Goda: Port and Harbour Tech. Res. Inst., NO.8, PP-74 1964
- 5) Al-kazily: Unive. of. Cal. Hydra. Technical Report. HEL 9-21 1972
- 6) Sarpkaya: J. of Applied Mechanics, Vol. 42, Series E, No1 1975
- 7) 榎木, 中村: 土木学会, 海議 PP525-530 1975.