

1. はじめに

筆者は既に第1回及び第2回関東支部年次研究発表会において、孤立波理論を用いて円柱に作用する波力計算(F_D , F_M)を行う場合の計算労力の省力化を目的とした式の簡易化について報告した。前回に引続いて、ここでは波力によるモーメント式、即ち $(M_D)_{max}$, $(M_H)_{max}$ に関する計算式の簡易化について報告する。

2. 基本式及び $(M_D)_{max}$, $(F_M)_{max}$ の式

次項以下で用いる孤立波理論の基本式(1)~(4)及び円柱に作用する波力式(6)は「水理公式集」より、最大抗力(7)、最大質量力(8)は前回までの報告より次のように示されている。

$$\eta = H \operatorname{sech}^2 \alpha (X - Ct) - \frac{3}{4} \left(\frac{H}{h} \right)^2 \left\{ \operatorname{sech}^2 \alpha (X - Ct) \right\} \left\{ 1 - \operatorname{sech}^2 \alpha (X - Ct) \right\} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{3H}}{\sqrt{4h^3}} \left(1 - \frac{5}{8} \frac{H}{h} \right) \quad (2) \quad C = \sqrt{gh} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \frac{H}{h} - \frac{3}{20} \left(\frac{H}{h} \right)^2 \right\} \quad (3)$$

$$u = \sqrt{gh} \frac{H}{h} \left\{ 1 - \frac{5}{4} \frac{H}{h} - \frac{3}{2} \frac{H}{h} \left(2 \frac{Z}{h} + \frac{Z^2}{h^2} \right) \right\} \operatorname{sech}^2 \alpha (X - Ct) + \sqrt{gh} \left(\frac{H}{h} \right)^2 \left\{ \frac{5}{4} + \frac{9}{4} \left(2 \frac{Z}{h} + \frac{Z^2}{h^2} \right) \right\} \operatorname{sech}^4 \alpha (X - Ct) \quad (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 2\alpha C \sqrt{gh} \frac{H}{h} \left\{ 1 + \frac{5}{4} \frac{H}{h} + 3 \frac{H}{h} \left(2 \frac{Z}{h} + \frac{Z^2}{h^2} \right) \right\} \tanh \alpha (X - Ct) \operatorname{sech}^2 \alpha (X - Ct) \quad (5)$$

$$dF = dF_D + dF_M = \frac{1}{2} \cdot W/g \cdot C_D U^2 dZ + C_M W/g \cdot \pi D^2/4 \cdot \partial u / \partial t \cdot dZ \quad (6)$$

$$(F_D)_{max} = \frac{1}{2} W C_D D H^2 K_D \quad (7)$$

$$(F_M)_{max} = W C_M D^2 H K_M \quad (8)$$

ここに、 $(F_M)_{max}$ となる $\eta = 0.65 H$ K_D , K_M は表-1, 図-2。

3. $(M_D)_{max}$ の計算式

任意時点における円柱に作用する抗力によるモーメントは、

$$M_D = \int_0^{\eta} \ell dF_D = \int_h^{\eta} (h+Z) dF_D \quad (9)$$

となる。また、抗力によるモーメントは水平粒子速度 u が最大になる波峰において最大となるので、(9)式に(6)、(4)式を代入して整理すると次のようになる。

$$\begin{aligned} (M_D)_{max} &= \frac{1}{2} \frac{W}{g} C_D D \int_h^{\eta} (h+Z) u^2_{max} dZ \\ &= \frac{1}{2} \frac{W}{g} C_D D \int_h^{\eta} (h+Z) \left\{ \sqrt{gh} \frac{H}{h} \left\{ 1 + \frac{3}{4} \frac{H}{h} \left(2 \frac{Z}{h} + \frac{Z^2}{h^2} \right) \right\} \right\}^2 dZ \\ &= \frac{1}{2} W C_D D H^2 h (K_D + L_D) = (F_D)_{max} \cdot h (K_D + L_D) / K_D \end{aligned} \quad (10)$$

$$\therefore (M_D)_{max} = (F_D)_{max} \ell_D \quad \text{ここに、} \ell_D/h = 1 + L_D/K_D \text{ (表-1, 図-2)} \quad (11)$$

$$L_D = \frac{9}{96} \left(\frac{H}{h} \right)^8 + \frac{9}{20} \left(\frac{H}{h} \right)^7 + \frac{9}{16} \left(\frac{H}{h} \right)^6 + \frac{3}{8} \left(\frac{H}{h} \right)^5 + \left(\frac{H}{h} \right)^4 + \frac{141}{480} \left(\frac{H}{h} \right)^3 + \frac{15}{24} \left(\frac{H}{h} \right)^2 - \frac{1}{2} \quad (12)$$

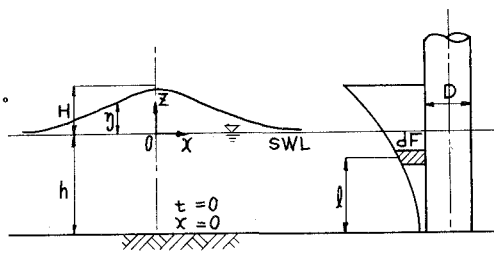


図-1

4. $(M_M)_{max}$ の計算式

任意時点における円柱に作用する質量力によるモーメントは、

$$M_M = \int_0^{h+z} \ell \, dF_M = \int_{-h}^z (h+z) \, dF_M \quad (13)$$

となる。また、質量力によるモーメントは水平粒子加速度 $\frac{\partial u}{\partial t}$ が最大になる $\alpha(X-Ct) = 0.66$ において最大となるので (このとき $z \doteq 0.65H$)、(13)式に (6)、(5)式を代入して整理すると次のようになる。

$$\begin{aligned} (M_M)_{max} &= C_M \frac{W}{g} \frac{\pi D^2}{4} \int_{-h}^{0.65H} (h+z) \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)_{max} dz \\ &= C_M \frac{W}{g} \frac{\pi D^2}{4} \int_{-h}^{0.65H} (h+z) 0.76982 \alpha C \sqrt{g h} \frac{H}{h} \left\{ 1 + \frac{5}{4} \frac{H}{h} + 3 \frac{H}{h} \left(\frac{2z}{h} + \frac{z^2}{h^2} \right) \right\} dz \\ &= W C_M D^2 H h (K_M + L_M) = (F_M)_{max} \cdot h (K_M + L_M) / K_M \end{aligned} \quad (14)$$

$$\therefore (M_M)_{max} = (F_M)_{max} \cdot \ell_M \quad \text{ここに、} \frac{\ell_M}{h} = 1 + \frac{L_M}{K_M} \quad (\text{表-1, 図-2}) \quad (15)$$

$$\begin{aligned} L_M &= 0.5236121 \sqrt{\frac{H}{h}} \left(1 - \frac{5}{8} \frac{H}{h} \right) \left\{ 1 + \frac{1}{2} \frac{H}{h} - \frac{3}{20} \left(\frac{H}{h} \right)^2 \right\} \left\{ 0.1338795 \left(\frac{H}{h} \right)^5 + 0.5492499 \left(\frac{H}{h} \right)^4 \right. \\ &\quad \left. + 0.2640625 \left(\frac{H}{h} \right)^3 + 0.21125 \left(\frac{H}{h} \right)^2 + 0.625 \left(\frac{H}{h} \right) - \frac{1}{2} \right\} \end{aligned} \quad (16)$$

H/h	K_D	K_M	ℓ_D/h	ℓ_M/h
0	1.0000	0	0.5000	0.5000
0.1	1.0046	0.1627	0.5675	0.5647
0.2	1.0251	0.2293	0.6474	0.6447
0.3	1.0738	0.2859	0.7425	0.7392
0.4	1.1670	0.3441	0.8539	0.8439
0.5	1.3269	0.4101	0.9795	0.9525
0.6	1.5845	0.4870	1.1136	1.0582
0.7	1.9830	0.5753	1.2487	1.1564
0.8	2.5816	0.6722	1.3789	1.2449

表 - 1

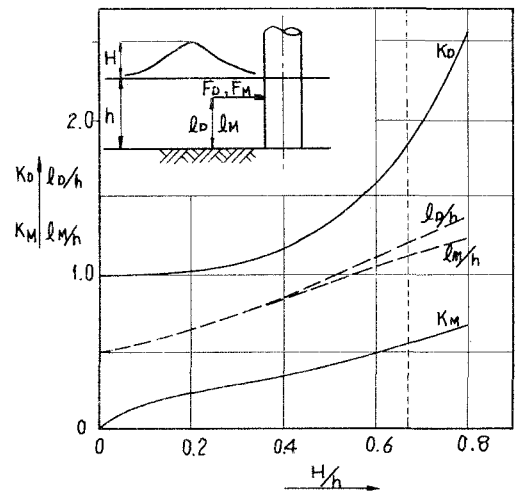


図 - 2

5. $(F_D)_{max}$ と $(F_M)_{max}$ の比率について

前項までの結果から、 $(F_D)_{max}$ 、 $(F_M)_{max}$ のいずれが卓越するか、その限界を (7)、(8) 式を用いてしらべると次のようになる。

$$\frac{(F_D)_{max}}{(F_M)_{max}} = \frac{\frac{1}{2} W C_D D H^2 K_D}{W C_M D^3 H K_M} = \frac{H}{4D} \frac{K_D}{K_M} \quad (17)$$

計算結果を図-3に示す。但し $C_D = 1.0$ 、 $C_M = 2.0$ とし計算した。

6. むすび

以上抗力又は質量力のいずれか一方が全波力に対して無視出来る場合についての計算式の簡易化について報告した。両者共に無視

出来ない場合の合成波力の計算式については現在検討中である。なお図-3の点線より右側の範囲については、ここに用いた u と C の式では、 $u > C$ となる領域であり更に検討が必要である。

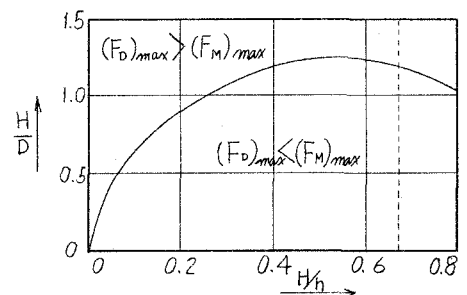


図 - 3