

1. はじめに

筆者は既に 第1回関東支部年次研究発表会その他において、孤立波理論を用いて円柱に作用する波力計算を行う場合の式の簡略化について発表した。^{①②}しかしこれらは、質量力を無視出来る場合、即ち抗力が全波力に対して支配的である場合に限られていた。ここでは抗力が無視出来る場合、即ち質量力が全波力に対して支配的である場合について報告する。

2. 基本式

孤立波理論による表面波形(η)、波速(C)、水平粒子速度(U)は「水理公式集」^③に示されている下記の式を用いる。水平粒子加速度($\partial U/\partial t$)は、水平粒子速度を微分して求められる。この場合の座標系は図-1に示される。

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

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

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

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

進行波により水中の円柱に作用する波力は次式で示される。

$$dF = \frac{1}{2} \frac{W}{g} C_D D U^2 dz + C_M \frac{W}{g} \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial U}{\partial t} dz$$

$$= dF_D + dF_M \quad (6)$$

ここに、 dF = 鉛直距離 dz の部分に作用する水平力 (t)

g = 重力加速度 (m/sec^2) W = 水の単位体積重量 (t/m^3)

D = 円柱の直径 (m) dz = 鉛直微小距離 (m)

C_D = 抗力係数 C_M = 質量係数

U = 水平粒子速度 (m/sec) $\partial U/\partial t$ = 水平粒子加速度 (m/sec^2)

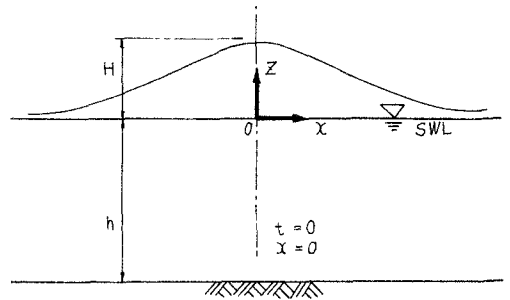


図 - 1

3. 抗力卓越の場合

抗力 (F_D) が卓越している場合、即ち質量力 (F_M) が無視出来る場合については、前回の発表より結果のみを次に示す。

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

$$K_D = 1 + \frac{3}{10} \left(\frac{H}{h} \right)^2 + \frac{3}{2} \left(\frac{H}{h} \right)^3 + \frac{1}{2} \left(\frac{H}{h} \right)^4 + \frac{3}{4} \left(\frac{H}{h} \right)^5 + \frac{9}{16} \left(\frac{H}{h} \right)^6 + \frac{9}{80} \left(\frac{H}{h} \right)^7$$

= 表-1 参照

H/h	K_D
0.6	1.585
0.7	1.983
0.8	2.582
0.9	3.460

表 - 1

4. 質量カ卓越の場合

4-1 (F_M)_{max}になる条件

表面波形状(1)式及び水平粒子加速度(5)式において、 $X = \alpha(X - Ct)$ において、 $(\partial u / \partial t)_{\max}$ になる X を求めると、 $X = 0.66$ となる(図-2)。このとき $(\partial u / \partial t)_{\max}$ 及び η は(5)、(1)式に $X = 0.66$ を代入して次のようになる。

$$\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_{\max} = 0.76982 \alpha C \sqrt{gh} \frac{H}{h} \left\{ 1 + \frac{5}{4} \frac{H}{h} + 3 \frac{H}{h} \left(\frac{2x}{h} + \frac{x^2}{h^2} \right) \right\} \quad (8)$$

$$\eta_{x=0.66} = 0.666H - 0.167(H/h)^2 \div 0.65H \quad (\text{但し } H/h \div 0.8, H = 6.0 \sim 8.0 \text{ m}) \quad (9)$$

4-2 (F_M)_{max}の計算式

(6)式に、 $dF_D = 0$ 、 $(\partial u / \partial t)_{\max}$ を代入し、水深 $-h$ から波の表面 η までを積分すると次のようになる。

$$(F_M)_{\max} = C_M \frac{W}{g} \frac{\pi D^2}{4} \int_{-h}^{\eta} \frac{\partial u}{\partial t} dz = 0.76982 C_M \frac{W}{g} \frac{\pi D^2}{4} \alpha C \sqrt{gh} \frac{H}{h} \int_{-h}^{0.65H} \left\{ 1 + \frac{5}{4} \frac{H}{h} + 3 \frac{H}{h} \left(\frac{2z}{h} + \frac{z^2}{h^2} \right) \right\} dz$$

$$= W C_M D^2 H K_M = F \quad (10)$$

$$K_M = 0.523612 / \left(1 - \frac{5}{8} \frac{H}{h} \right) \left\{ 1 + \frac{1}{2} \frac{H}{h} - \frac{3}{20} \left(\frac{H}{h} \right)^2 \right\} \sqrt{\frac{H}{h}} \left\{ 1.00 - 0.10 \left(\frac{H}{h} \right) + 0.8125 \left(\frac{H}{h} \right)^2 + 1.2615 \left(\frac{H}{h} \right)^3 + 0.214628 \left(\frac{H}{h} \right)^4 \right\} \quad (11)$$

ここに K_M は $1/h$ の函数であるから、あらかじめ表-2のように計算しておくことができる。

5. おまけ

以上質量カが全波力に対して支配的である場合について、孤立波理論を用いて計算式の簡易化について報告した。F_DとF_Mの全波力に対する比率、及び両者共に無視出来ない場合については現在検討中であるので他の機会に発表する予定である。

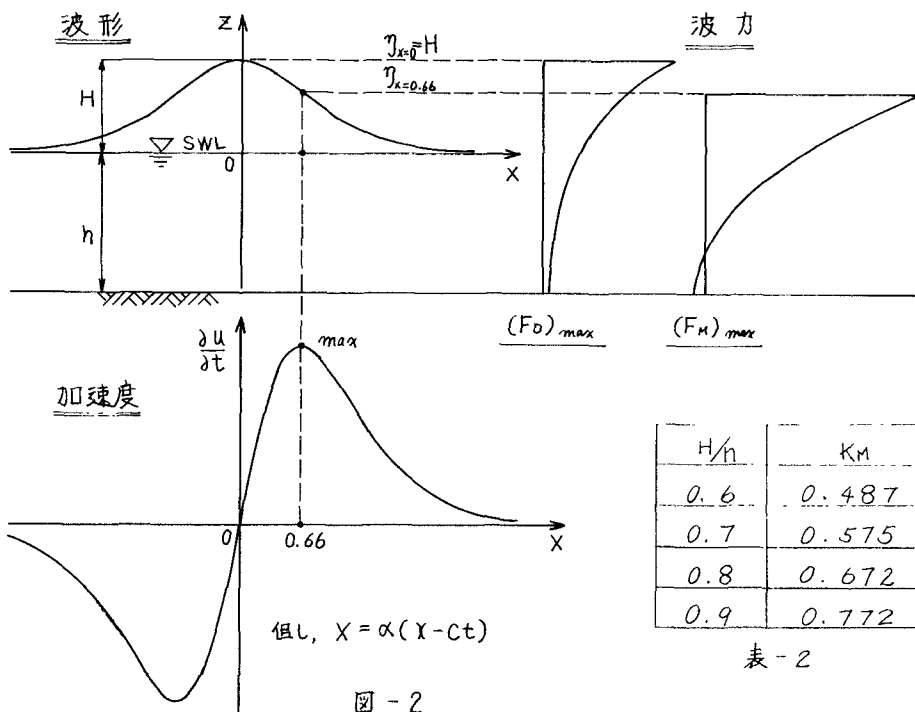


図-2

<参考文献>

- ① 柳沢満天：孤立波理論による海中橋脚の波力計算，第1回関東支部年次研究発表会講演要集，昭和49年5月
- ② 柳沢満天：海中橋脚の波力計算に関する考察，橋深 10巻7号，昭和49年7月
- ③ 土木学会：水理公式集 昭和46年度改訂版