

鉛直板の抗力係数について

宮崎大学 工学部 学生員○松下 弘志

正 員 河野 二夫

正 員 高野 重利

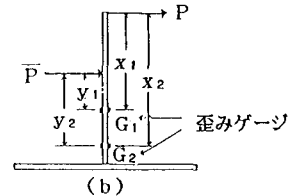
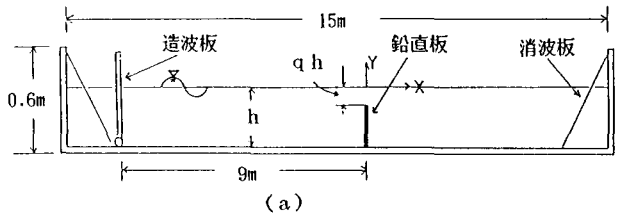
学生員 佐藤 博司

1. まえがき

これまで我々は、水面下に没した鉛直板による波の反射率・通過率を算定する際に、運動量保存則と、抗力によるエネルギー損失を考慮したエネルギー収支の関係を用いた理論を提案したが、反射率・通過率と浅水度 kh の関係は、抗力係数 $C_D=2.0$ と仮定した場合、 kh の増大に伴って反射率・通過率の理論値と実験値の間に差異を生じる傾向にあった。この問題点は、抗力係数 $C_D=2.0$ と仮定したことによるものと考えた。そのため今回は、鉛直板に作用する波力を測定し、その結果から抗力係数を直接算出して、その性質を検討することにした。

2. 実験装置及び実験方法

実験には、図・1(a)のような長さ15m、幅0.3m、高さ0.6mの二次元造波水槽を用いた。造波板の反対側には消波工を設けた。また、水槽内の造波板から9m離れた位置に厚さ3mmで水槽と同じ幅の銅製の鉛直板を設置した。鉛直板の高さは26.5, 34.5cmとし、鉛直板の中央の上下2ヶ所に歪みゲージを取り付けた。水深は、鉛直板天端の深さと水深の比が0.2, 0.3となるようにし、周期 T を0.8~3.0秒、波高 H を3~10cmの間で変化させた。波力のCalibrationは図・1(b)に示したように、鉛直板に歪みゲージ G_1 及び G_2 をはり、天端に静荷重 P をかけて、歪みを測定して行った。実際の波力は、次式に示すモーメント法により求めた。



図・1 実験装置の概略図

$$G_1 \text{点でのモーメント } M_1 = \bar{P} \cdot y_1 = P_1 \cdot x_1 \quad (1)$$

$$G_2 \text{点でのモーメント } M_2 = \bar{P} \cdot y_2 = P_2 \cdot x_2 \quad (2)$$

上式で P_1 と P_2 は、 G_1 点と G_2 点における波力 $\bar{P}$ による同点の曲げモーメントが等しくなる様な仮定の外力である。(1), (2)式より

$$\bar{P} = \frac{P_1 x_1 - P_2 x_2}{y_1 - y_2} = \frac{P_1 x_1 - P_2 x_2}{x_1 - x_2} \quad (3)$$

また、上記 P_1 , P_2 はモリソン公式において第二項が零となるときの、つまり $t = nT$ ($n=0, 1, 2, \dots$)の位相での歪みから測定した。また鉛直板の固有振動数は、波の振動数に比較して十分大きいので、振動増幅率は無視した。抗力係数 C_D の値は、(3)式による実測値 $\bar{P}$ を次式に代入して求められる。

$$C_D = \frac{2\bar{P}}{\rho A \int_{-h}^0 u|u|dy} \quad (4)$$

式中のAは鉛直板の面積であり、uはストークス波の第3次近似解を用いた。また、C_DとReynolds数との関係を調べるために、Reynolds数を次式で仮定した。

$$Re = \frac{\overline{u_i} \cdot h s}{\nu} \quad (5)$$

式中のhsは鉛直板の高さ、νは動粘性係数である。u_iは水平水粒子速度でストークス波の第二次近似解において、uが最大となる時間位相のとき、すなわちcosσt=1としたときのy方向の平均値を用いた。

$$\overline{u_i} = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 \left\{ \frac{H_1 \sigma}{2} \frac{\cosh k(h+y)}{\sinh kh} + \frac{3}{16} k \sigma H_1^2 \frac{\cosh 2k(h+y)}{\sinh^4 kh} \right\} dy \quad (6)$$

3. 実験結果及び考察

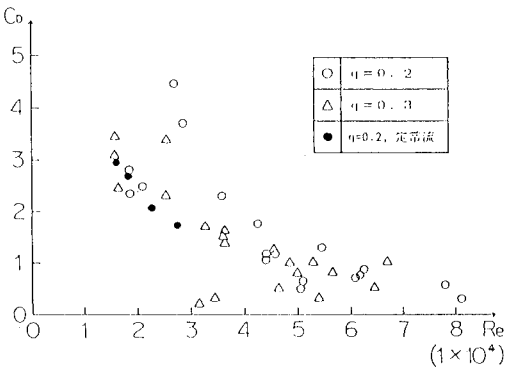
まず抗力係数C_DとReynolds数Reの関係を調べてみた。C_Dと(6)式で仮定したRe数との関係は、図・2のようにRe数の増大に対しC_Dは減少する傾向を示した。この傾向はすでに研究されている定常流場に置かれた円柱や平板などのC_D—Reの関係に一致している。従って、波動場に置かれた鉛直板の抗力係数は定常流中の円柱などの場合とおおよそ同じようなことが言える。

一般的に解釈すると、図・2ではRe数の小さい場合、鉛直板天端からの境界層の層流剝離によって後流域の広い大きな渦域が形成されるため圧力が低下するので圧力抵抗も大きくなりC_Dの値も大きい。Re数を増大させると乱流剝離により後流域の広さは小さくなり、故に圧力抵抗は低下するのでC_Dの値は減少する。本実験の場合も同様な事が言えると判断する。

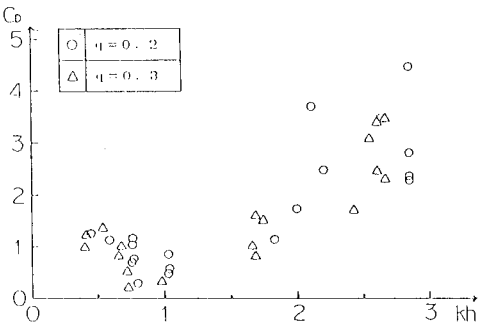
次に、抗力係数C_Dと浅水度khの関係調べた。C_D—khの関係は、図・3のようにkhの増大に伴い、C_Dも増大する傾向を示した。図・3では、Re数とkhの関係は周期と波高を同一の値で考えると逆比例の関係になるので、図・2は図・3のようになる。

4. 結び

鉛直板の抗力係数は、波動場においてkhの増大に伴って増大することがわかった。これまで我々が求めた鉛直板による波の反射率・通過率やエネルギー逸散率などの理論はC_Dを一定にしたために適用範囲が限られたが、C_Dの変動を考慮すると、khの広い範囲で適用できるようである。また、抗力係数は渦の形成と密接な関係をもっている。特にエネルギー逸散率については渦の形成によるエネルギー損失の影響が大きいと思われることから、渦によるエネルギー損失を考える場合、抗力と渦の関係を明らかにすることが今後の課題であろう。



図・2 C_D—Re の関係



図・3 C_D—kh の関係