

岸壁付近の係留浮体に働く長周期変動漂流力

名古屋工業大学 学生員 ○山根 聡
 名古屋工業大学 学生員 笹井 大義
 名古屋工業大学 正会員 喜岡 渉

1. はじめに 港内における船体の動揺を把握するためには、岸壁からの反射の影響も考慮した漂流力の解析が必要となる。岸壁前面の対称係留浮体に働く漂流力については、榎木ら(1978)によって定常漂流力の算定法が示されているものの、来襲不規則波群に伴うset-down波による長周期変動漂流力については現在のところ明らかではない。本研究では、断面2次元におけるBoussinesq方程式を用い、岸壁付近の係留浮体に波群に伴う2次長周期波によりどのような漂流力が働くかを数値計算により検討するものである。

2. 支配方程式 図-1に示すように、水平床上の浮体構造物に対し、浮体固定の座標系 $G\bar{x}\bar{z}$ を考える。このとき浮体を固定し、Diffraction問題を考えると、浮体下領域で水深平均流速 u を代表流速とするBoussinesq方程式は浮体の没水表面 S_0 まわりで次の式(1)、(2)で与えられる(喜岡ら, 1995)。

$$\left[u - \frac{(h + \bar{z})^2}{3} \nabla^2 u \right] \bar{n}_x - [(h + \bar{z}) \nabla u] \bar{n}_z = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial \bar{x}} - \frac{(h + \bar{z})^2}{3} \left(\frac{\partial^3 u}{\partial \bar{x}^2 \partial t} \right) + g \frac{\partial \bar{z}}{\partial \bar{x}} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}} = 0 \quad (2)$$

波動場でのBoussinesq方程式はよく知られた次の式(3),(4)である。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \nabla[(h + \eta)u] = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \nabla u + g \nabla \eta - \frac{h^2}{3} \frac{\partial}{\partial t} (\nabla^2 u) = 0 \quad (4)$$

以上の式を浮体下領域と波動場で u および p が接続するように差分法を用いて解いたが、その計算方法については喜岡ら(1995)に従った。ここでは岸壁の境界条件を、以下の式で与えた。

$$u = 0, \quad \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \quad (\text{on wall}) \quad (5)$$

この境界条件は不透過の鉛直岸壁に対して水深平均流速 u を用いた連続式(3)を厳密に満足する。

3. 計算結果と考察 計算にあたっては一定水深 $h = 12.0\text{m}$ の水路に対し幅 $B = 36.0\text{m}$ 、側面勾配5:12、最大喫水深4.98mの台形浮体を用いた。図-2は周期 $T = 12.39\text{s}$ 、振幅 $a = 1.20\text{m}$ の規則波を入射させた場合の離岸距離 l_w と漂流力の水平成

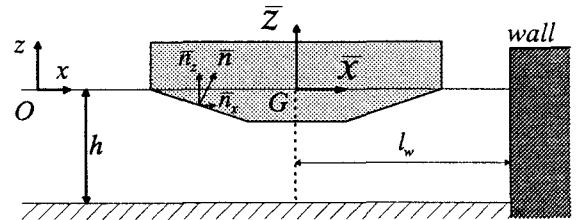


図-1 座標系の定義

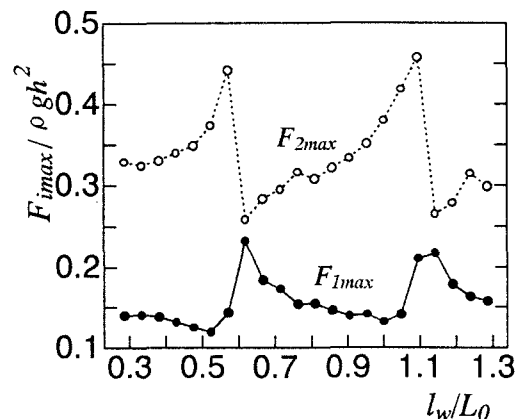


図-2 離岸距離の影響(規則波)

分 F_1 , 鉛直成分 F_2 との関係を示している。縦軸は各離岸距離での全波力の最大振幅を水深 h の 2 乗で無次元化したもの、横軸は離岸距離 l_w を入射波の波長 L_0 で無次元化したものである。計算格子点の配列の都合上多少の違いはみられるが、各成分とも約半波長ごとの周期性を持っていることがわかる。すなわち規則波を入射した場合、離岸距離 l_w により浮体の受ける全波力が大きく変わることが確認された。つぎに 2 成分合成波を入射させ、拘束長波の波長 L_g に対し図-2 の結果より水平方向波力が最大になると思われる点 $l_w = 0.62L_g$ およびさらに岸壁に近い位置 $l_w = 0.125L_g$ に浮体を設置した場合について全波力の計算をおこなった結果を図-3 に、波力の長周期成分のみを分離したものを図-4 に示す。計算に用いた入射波は周期が $T_1 = 10.84\text{s}$, $T_2 = 12.39\text{s}$, 振幅は $a_1 = a_2 = 1.20\text{m}$ で共通の 2 成分合成波とした。これらより 2 成分合成波を入射した場合、岸壁の有無や離岸距離 l_w は変動漂流力に対してはあまり影響しないことがわかる。また図-5 は 2 成分合成波を入射させた場合の離岸距離 l_w をさらに変化させて水平方向漂流力の長周期成分との関係を図-2 と同様に示したものである。図中の直線は岸壁を設置しない場合の計算結果である。離岸距離により変動漂流力に変化がみられるものの、規則波の場合と比べるとその差ははるかに小さいことがわかる。これからも岸壁の有無や離岸距離は変動漂流力に対しては大きく影響しないことが認められる。また各入射波に対して定常漂流力の平均値を計算すると、規則波に対しては $\bar{F}_1 = 0.0115\text{kgf}$ となるのに対し、2 成分合成波に対しては $\bar{F}_1 = 0.0098\text{kgf}$ と正の値となることが確認された。

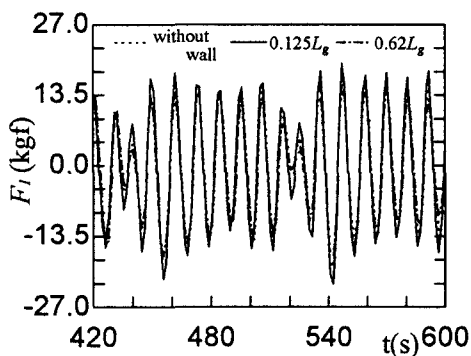


図-3 水平方向変動波力 (2成分波)

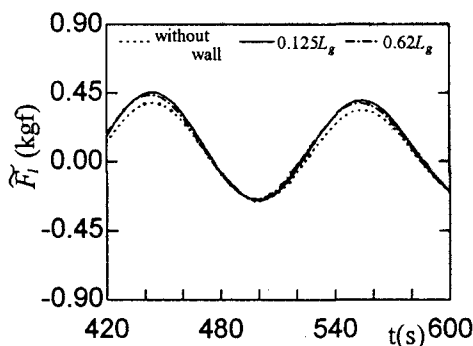


図-4 水平方向長周期変動漂流力

4. おわりに 2 成分合成波を入射した場合の離岸距離と長周期変動漂流力の関係を調べた。その結果、離

岸距離の違いによる漂流力の差は小さく現れることがわかった。波群の個々波の波長の比に依存すると考えられるので、個々波の計算条件を変えて引き続き検討していきたい。

参考文献

- 喜岡 渉・平岡慎司・山根 聡 (1995) : Boussinesq 方程式による浮体の非線形動揺解析法, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.936-940.
- 榎木 亨・久保雅義・京谷光高 (1978) : 係留船の長周期動揺について, 航海, 第58号, 日本航海学会, pp.1-8

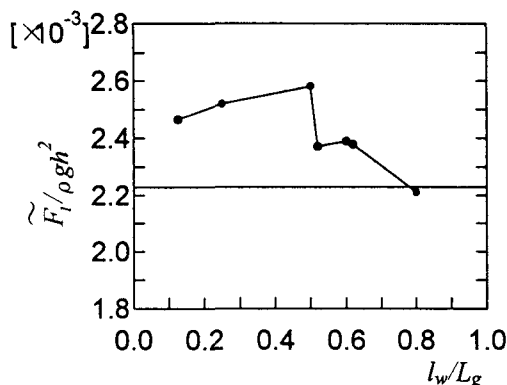


図-5 離岸距離の影響 (長周期成分)