

1 まえがき: 係留船舶等、係留浮体の運動を予測する際の計算手法としては、定数係数の運動方程式を時間ステップ毎に解いていく時系列解析法が係留系の非線型性や不規則外力を取り入れられることから、一般によく用いられている。ところがこの運動方程式中の流体力係数(付加質量および造波減衰係数)は運動周波数の関数として与えられるため、不規則に運動する浮体に対しては適当な周波数に対応する値を選択しなければならない。したがって流体力係数の周波数特性を十分把握しておかなければ、外力を正確に算定したとしても運動の予測に大きな誤りを犯す危険性がある。また港内に岸壁係留された船舶に対しては、流体力係数に及ぼす岸壁の影響についても明らかにしておかなければならない。本研究は岸壁の影響を受けない浮体(以下 Open と呼ぶ)および岸壁前面の浮体(以下 Solid と呼ぶ)の流体力係数の周波数特性を明らかにするとともに、波浪強制力、定常漂流力の特性についてもとりまとめ、定数係数の運動方程式を用いた時系列解析法の参考資料を得ることを目的として行なったものである。さらに Solid が Open の重ね合せとしてどの程度表現可能かについても若干の検討を行った。これらの算定には2次元矩形浮体に対する井島の計算手法¹⁾を応用し、漂流力については丸尾理論²⁾を用いた。

2 波浪強制力: 図-1において $\beta=0.5, \delta/\ell=0.5, \omega/\ell=-0.25\beta$ とした場合の、Swayの波浪強制力の振幅 $|F^{(1)}|$ の周波数応答を図-2に示す。ここに θ は角周波数であり、 p は離岸距離の大きさを表わす係数である。(図-1参照) 図より波浪強制力は一般に離岸距離の小さいものほど大きくなる傾向を示しており、また周波数による変動も大きい。また離岸距離が大きい場合には浮体と岸壁との間で波が共振することにより応答曲線に著しい立上りが現われている。($p=20.50$) 図-3は図-2の $\sigma^2 h/g=1.0$ の場合について、横軸に離岸距離と波長の比 $(1-p)\ell/L$ をとって示したものであるが、離岸距離が波長の整数倍の点で急激な変化がみられる。

3 流体力係数: 図-4(a),(b)は、SwayおよびHeaveの付加質量係数(付加質量を船の質量 M で割って無次元化したもの) a_{11} 及び a_{22} を、図-5(a),(b)は造波減衰係数を $M\sqrt{g/\ell}$ で割って無次元化した値 b_{11} 及び b_{22} を示したものである。これから、流体力係数についても波浪強制力と同様、Openの場合は周波数による変動が小さいのに対して、Solidの場合は変動が大きく、特

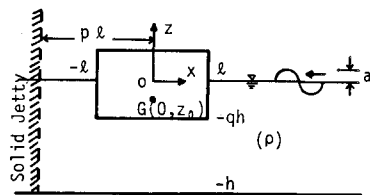


図-1 座標系および文字説明

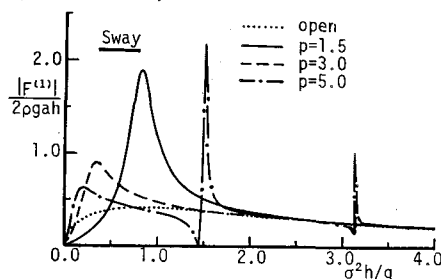


図-2 波浪強制力の周波数応答(Sway)

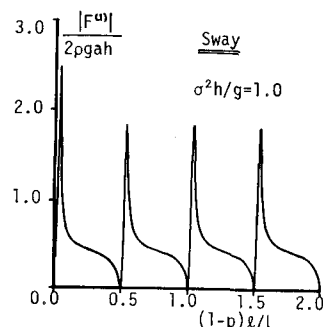
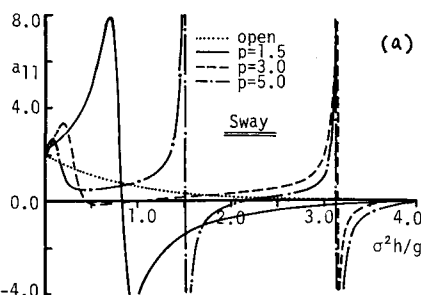
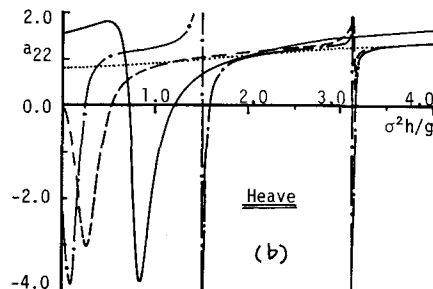


図-3 波浪強制力に及ぼす離岸距離の影響



(a)



(b)

図-4 付加質量の周波数応答(Sway, Heave)

に付加質量は周波数によってその符号まで変わっている。またこれらの流体力係数にも岸壁と浮体間の共振の影響が現われていることがわかる。

④定常漂流力：図-6 (a), (b) はそれぞれ Open と Solid ($p=1.5$) の場合の定常漂流力 下の周波数応答を示したもので、図中線の種類は、浮体を固定した場合、自由浮体の場合および係留浮体の場合 (Sway にも変位に比例する反力を与えたもので、Sway の固有周波数はいずれも $\sigma^2/g = 0.2$ 付近に存在している) を表わしている。これより浮体の拘束条件によって漂流力の周波数応答特性は大きく変化する。係留した場合には Sway の固有周波数付近で大きな値をとることがわかる。また Solid では Open よりも漂流力の最大値は大きく、浮体を岸壁から遠ざける方向 (波の進行方向とは逆方向) に漂流力が働く周波数域が存在する。

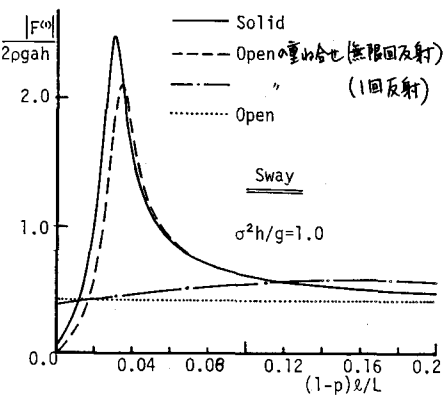
⑤ Open の重ね合せとしての Solid の表現：以上おきたように岸壁のある場合には種々の流体力に大きな変化が現われる。ここでは岸壁をより簡単化して取扱うために岸壁を1つの反射源とみなし、Solid の波力を入射波および反射波の Open に対する波力の重ね合せとして表現することを試みた。岸壁による反射を無限回考慮した式は次式で与えられる。

$$|F_s^{(n)}| = |F_o^{(n)}| \cdot \left| 1 \mp \frac{K_T e^{-2n(1-p)\pi/L}}{1 - K_R e^{-2n(1-p)\pi/L}} \right| \quad (1) \quad \text{..... (1)}$$

(符号: $\ominus$ for Sway, Roll; $\oplus$ for Heave)

ここに $F_s^{(n)}$, $F_o^{(n)}$ はそれぞれ Solid および Open の波浪強制力であり、 K_T, K_R は Open の場合の複素数として表わされた (位相情報を含んだ) 浮体による透過率および反射率である。図-7 は図-3 中の $(1-p)\pi/L$ が $0 \sim 0.2$ までの範囲について Solid の波力および Open の重ね合せとして表現した波力を比較して示したものである。これよりこの場合には離岸距離が波長の約

206 倍以上になれば、無限回反射を考慮した計算結果は Solid の結果と完全に一致している。このような反復反射の考え方をを用いて Solid を表現することによって、(1) 式のように簡単な補正係数によって



表わすことができる。図-7 重ね合せによる Solid の波浪強制力だけでなく、岸壁の反射率や位相差を容易に取り入れることができ便利である。

参考文献 ① 井島ら: 有限水深の波による矩形断面浮体の運動と波の変形, 土木学会論文報告集 Vol. 202, pp. 33-48, 1972 ② Maruo, H.: The drift of a body floating on waves, Jour. Ship Res. Vol. 4, No. 2, 1960 謝辞: 前本学学生 (理系洋建設) 野並伸介君に感謝する。

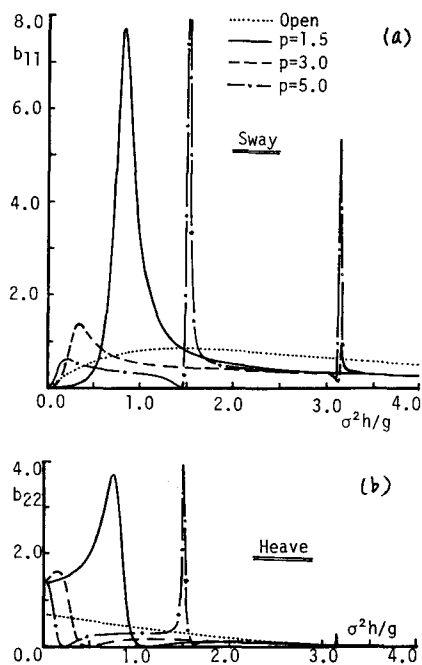


図5 造波減衰係数の周波数応答 (Sway, Heave)

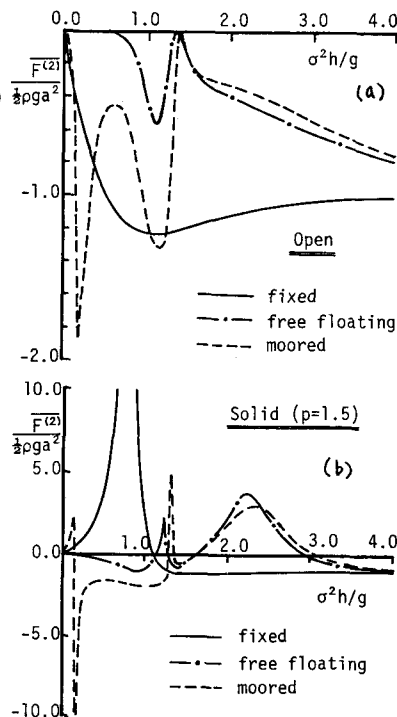


図-6 定常漂流力の周波数応答