

重複波動場での波強制力とフルードクリロフ力の関係

大阪大学工学部 正会員 榎木 亨・青木伸一
大阪大学大学院 学生員 ○金 憲泰

1. まえがき： 既存の港湾において静穏度の向上を図ろうとする場合、港内に係留された船舶の波浪による動揺の特性を把握した上で、船体動揺を最も効果的に低減せられるような対策を講じることが望ましい。著者らの研究¹⁾によれば、港内係留船の波浪動揺は波の周波数に強く依存しており、これは波強制力（船体を固定浮体とした場合の波力）が周波数によって大きく変化するためであること、さらには防波堤の延長や低反射岸壁の設置などの静穏化対策は、波強制力を大きく変化させる効果があることがわかっている。したがって、種々の静穏化対策によって波強制力がどの様に変化するかを予測することができれば、諸対策の船体動揺低減効果のある程度見積ることができる。ところが波強制力を求めるためには、港内での入射波の変形以外に、変形した波の船体による散乱を解析する必要があるため、かなり面倒な数値計算を必要とする。

一般に波強制力は次の2つの波力の和として計算される。すなわち1つは、船体によって乱されない（船体がないとした場合の）波動場の圧力を仮想的な船の没水表面にわたって積分した力（フルードクリロフ力）であり、他の1つは船体によって波動場が乱される影響を表す散乱波から受ける力（回折波力）である。港内の船体の場合、フルードクリロフ力は港内での入射波の変形のみを計算すれば求められるので、従来から用いられている種々の計算法を活用することができる。したがって、フルードクリロフ力が波強制力の指標となり得るならば、種々の静穏化対策の船体動揺低減効果を比較検討する際に、船体による波の散乱までを含めた複雑な計算をすることなしに、ある程度の検討が可能になるものと思われる。フルードクリロフ力が波強制力の良い指標であるためには、種々の静穏化対策に対してフルードクリロフ力が波強制力と同様の变化傾向を示し、その変化の割合が両者でほぼ等しい（言い換えれば諸対策によって波強制力に占めるフルードクリロフ力の割合が変化しない）という条件を満たす必要がある。

上述の考えに基づき、本研究では最も簡単な場合として鉛直岸壁前面の2次元矩形断面浮体を取り上げ、波強制力を支配するパラメータの変化が、波強制力とフルードクリロフ力の関係にどのような影響を及ぼすかを調べることで、港湾のような重複波動場において、フルードクリロフ力が波強制力の良い指標となり得るかどうかを検討した。

2. 計算結果および考察： 計算は井島²⁾による領域分割法を用いて、図-1に示すような鉛直岸壁前面の矩形浮体の諸元を種々変えて行った。波強制力およびフルードクリロフ力を支配するパラメータとしては、 kb （ k は波数）、 d/b 、 ks および kh の4つを考えればよい。

重複波動場について考える前に鉛直岸壁がない場合について検討したところ、sway, heaveともおよそ $1.5 < kb < 4$ の範囲では、 kb 、 d/b 、 kh の変化に対してフルードクリロフ力は波強制力の比較的良い指標となることがわかった。図-2は一例として kb に対する波力の変化を示したものであるが、 $kb = \pi$ （ $b = L/2$ ）を境にして両者の傾向が変化していることがわかる。

図-3は鉛直岸壁がある場合の kb に対する波力の変化を示したものであるが、この場合にも図-2と同様、 $kb = \pi$ 付近までは両者の変化傾向は類似していることがわかる。図-4は縦軸に、（swayの波強制力の振幅）／（swayのフルードクリロフ力の振幅）で与えられる係数 C をとり、 kb に対する変化を見たものであるが、 $1.5 < kb < 4.5$ の範囲では d/b によらず kb に対する C

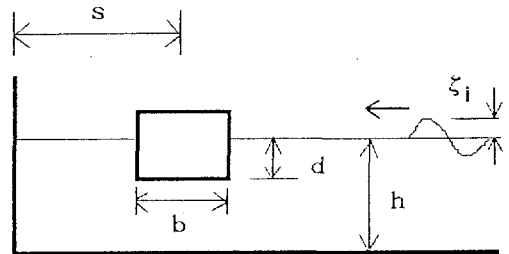


図-1 鉛直岸壁前面の矩形浮体

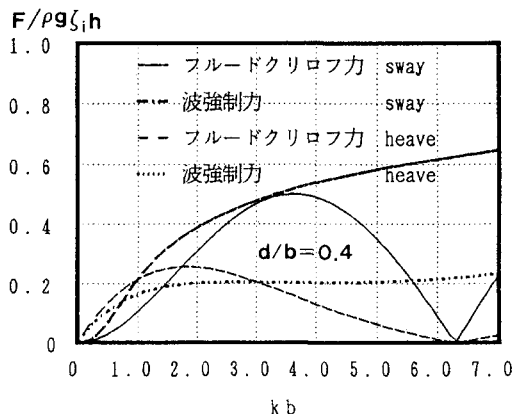


図-2 kb に対する波力の変化（鉛直壁なし）

Toru SAWARAGI Shin-ichi AOKI Heontae KIM

の変化は小さいことがわかる。また kh について同様の検討をしたところ、 C は kh のごく小さいところを除いて、 kh によらずほぼ一定の値をとることがわかった。以上の結果は *heave* についてもほぼ同様であった。このことより、 η の力は kb 、 d/b および kh の変化に対しては鉛直岸壁がない場合と同様に波強制力の良い指標となり得ることがわかった。

一方図-5 は ks に対する波力の変化を示したものである。 $ks = 0.8$ 付近で *sway*, *heave* とともに波強制力のピークが現れているが、 η の力はこれを十分説明していない。このピークは岸壁と浮体との間で波が共振することによって発生するものであるため、船体の存在を考慮しない η の力にはその影響は現れない。また、重複波の節 ($ks = \pi/2$) および腹 ($ks = \pi$) に浮体の中心がある場合には、それぞれ *heave* および *sway* の η の力がゼロになるのに対して、波強制力ではゼロとなる位置がずれている。このように、鉛直岸壁前面の浮体については波強制力と η の力の関係は離岸距離の影響を強く受け、 ks に対しては両者の波力は類似した変化傾向を示す範囲がかなり限定されていることがわかる。図-6 は ks に対する上記の係数 C の変化をみたものであるが、 ks の変化に対して C の値が大きく変化しており、 η の力が波強制力の指標となり得る範囲 (ks の変化に対して C の値があまり変化しない範囲) は非常に狭いことがわかる。この傾向は *heave* についても同様であった。

以上のことから、今回取り扱ったような重複波動場では、 kb 、 d/b および kh の変化に対しては η の力は波強制力の指標となり得るが、 ks の変化に対しては岸壁と浮体との間での波の反復反射の影響により、 η の力はあまりよい指標とはならないことがわかった。

3. あとがき: 今回は2次浮体を対象としたため、浮体と鉛直岸壁の間の反復反射の影響がかなり顕著に現れたが、平面的な広がりのある3次元浮体に対してはこの影響が緩和されることが予想されるため、さらに3次元浮体についても検討する予定である。

最後に、本研究を行うに当たり、大変御尽力頂いた上田広海君(大阪府)に感謝の意を表します。

参考文献: 1) 榎木ら: 港内係留船舶の波浪動揺特性とその予測, 海岸工学論文集, vol. 37, pp. 711-715, 1990.

2) 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, 土木学会論文集, 第202号, pp. 33-48, 1972.

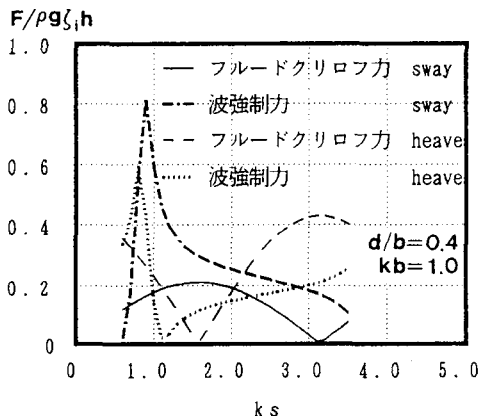


図-5 ks に対する波力の変化

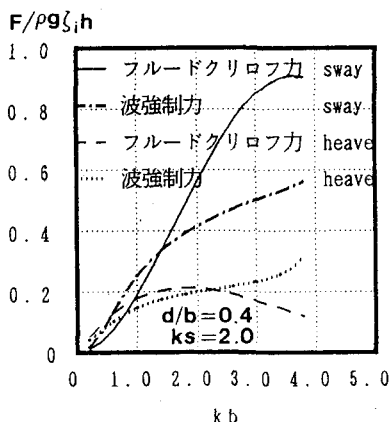


図-3 kb に対する波力の変化

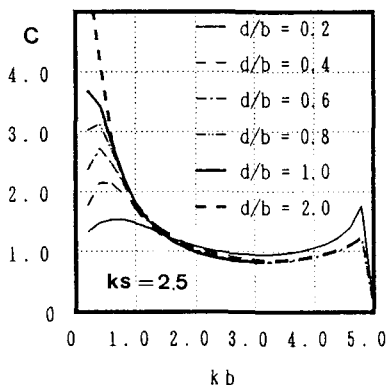


図-4 kb に対する係数 C の変化

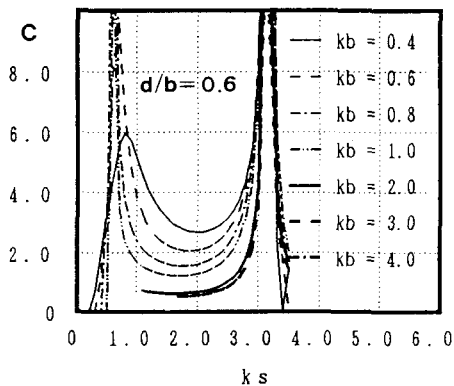


図-6 ks に対する係数 C の変化