

港内係留船の不規則波中での運動特性について

大阪大学工学部 正会員 樫木 亨
神戸商船大学 正会員 久保雅義
大阪大学工学部 正会員 O青木伸一

1.まえがき 港内に侵入してくる波は不規則であり、しかもさまざまな方向性をもっている。この波はさらに港内での回折・反射等によって変形し、港内の船舶に外力として作用する。したがって港内係留船の運動特性を把握するためには、規則波に対する周波数応答特性を論議するだけでは不十分であり、不規則波中での運動特性を明らかにしておく必要がある。そこで本研究は、簡単なモデルとして一様直線岸壁前面に係留された浮体が正横より不規則波を受ける場合について、実験および数値計算の両面からその運動特性を明らかにするとともに解析手法の適用性について検討するものである。

2.実験装置および方法 実験は図-1に示す平面水槽を用いて、2段階に分けて行なった。まず図-1において模型船、岸壁のない状態で不規則波を発生させ、図中の波高計により波を測定した。次に岸壁および模型船(240cm×45.5cm×30cm, 重量93kgw, 喫水9.3cm)の鉄製矩形浮体を岸壁から8cm離して対称に係留)を設置し、不規則波を測定したときと全く同じ条件で波を発生させて船体運動を測定した。ただしこの場合浮体は正横より波を受けるため、運動モードはSway, Heave, Rollの3種類である。

3.解析方法 不規則波中での船体運動を解析するためにはその運動を時系列で追っていく必要がある。その際最も問題となるのは、任意に運動する浮体の造波抵抗すなわち付加質量と造波減衰をどのように決定するかということである。一般には不規則波のスペクトルの重みつき平均によって得られた代表周波数あるいは各運動モードの自由振動周波数に対応する値を採用することが多いが、岸壁前面の浮体のようにこれらの値の周波数による変動が大ききような場合には必ずしも適当な方法であるとは言えない。そこで本論文では、Cummins²⁾によって与えられた時間領域における運動方程式を、Oortmerssen²⁾と同様の方法を用いて直線岸壁前面の浮体に拡張して計算を行なった。この運動方程式を(1)式に示す。

$$\sum_{j=1}^b [(M_{kj} + m_{kj}) \ddot{x}_j + \int_0^t K_{kj}(t-\tau) \dot{x}_j(\tau) d\tau + C_{kj} x_j] = f_k(t), \quad k=1, 2, \dots, b \quad (1)$$

ここに M_{kj} は慣性マトリックスの k - j 要素, m_{kj} , $K_{kj}(t)$ はそれぞれ不変付加質量, 遅延関数と呼ばれるものであり、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} K_{kj}(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^\infty b_{kj}(\omega) \cos \omega t d\omega \\ m_{kj} &= a_{kj}(\omega) + \frac{1}{\omega} \int_0^\infty K_{kj}(t) \sin \omega t dt \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ただし、 $b_{kj}(\omega)$, $a_{kj}(\omega)$ はそれぞれ周波数領域での減衰係数および付加質量である。

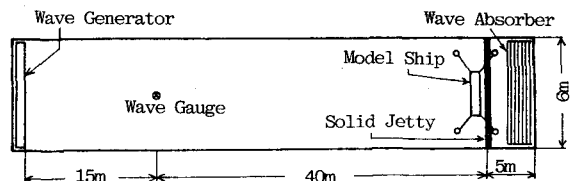


図-1 実験水槽

4. 実験結果および計算結果とその考察 図-2に不規則波のスペクトルを示すが図中 f_{sw} , f_{ro} , f_{he} はそれぞれ自由振動実験によって求めた Sway, Roll, Heave の自由振動周波数である。また図-3は各運動の応答スペクトルであり、実線は実験値を、破線は計算値を示している。なお計算においては、不規則波を $0.005\text{Hz} \sim 1.6\text{Hz}$ までの 164 の規則波の合成として表わして外力を求めている。ここに各成分波の振幅は次式で与えられる。

$$\gamma_i = \sqrt{2S(f_i) \Delta f} \quad (3)$$

さらに表-1にはゼロアップクロス法により求めた不規則波および運動の代表値を示す。これらより、スペクトルについては Sway, Heave, Roll と各波のピーク周波数付近に運動のピークが見られるが、Sway については固有周波数付近にもピークが現われている。(Roll については固有周波数は波のピーク周波数とほぼ一致している。) また計算値はスペクトルの形状については Sway, Heave の 1.3Hz 付近のピークを除いてはほぼ一致しているが、表-1からも明らかなように運動振幅は計算の方がかなり大きな値を示している。この原因としては粘性減衰の効果は計算では考慮されていないことが考えられる。そこで近似的に、自由振動実験により求めた減衰係数を Sway と Roll についてのみ付加して計算を行なった結果を図-3の一点鎖線および表-1に示している。これより Sway, Roll については、実験値と計算値の一致度はかなり改善されていることがわかる。Heave については実験から減衰係数を求めることが困難であったため考慮していないが、 1.3Hz 付近では波力そのもののピークを有しているため

応答スペクトルに図のようなピークが現われたものと考えられる。この点については今後さらに検討する必要がある。

<参考文献>: 1) Cummins, W.E.; The impulse response function and ship motion, D.T.M.B. Report, 1961 2) G. Van. Dortmerssen, The motions of a moored ship in waves, Netherlands Ship Model Basin, 1976

		Exp.	Comp.	
			No Damp	Sway Roll Damp
WAVE (cm)	$H_{1/3}$	2.26	/	/
	$T_{1/3}$	1.18		
	$\bar{H}$	1.31		
	$\bar{T}$	0.92		
SWAY (cm)	ξ_{max}	4.70	10.32	7.26
	$\xi_{1/3}$	3.54	7.99	4.54
	$\bar{\xi}$	2.58	5.46	2.95
HEAVE (cm)	ζ_{max}	2.32	4.67	4.50
	$\zeta_{1/3}$	1.77	2.66	2.59
	$\bar{\zeta}$	1.20	1.69	1.65
ROLL (rad)	ω_{2max}	0.25	0.64	0.52
	$\omega_{21/3}$	0.23	0.34	0.25
	$\bar{\omega}_2$	0.17	0.22	0.16

表-1

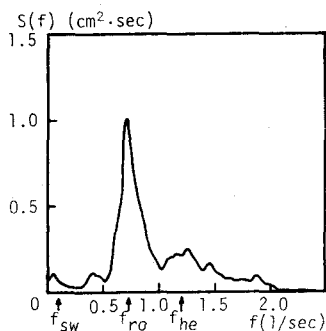


図-2 不規則波のスペクトル

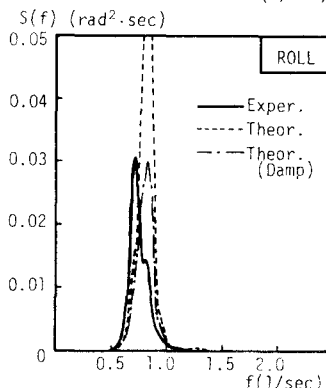
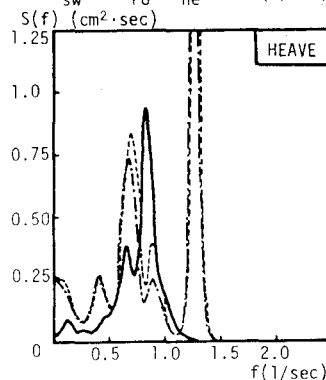
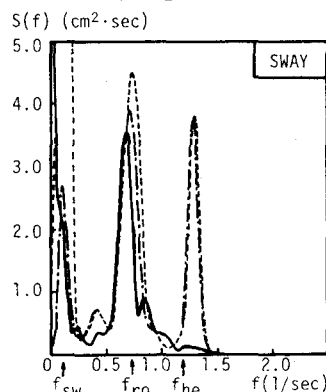


図-3 応答スペクトル