

出光興産北海道製油所 石郷岡 三郎
 鹿島建設技術研究所 正員 三村 長二郎
 " " 藤田 時男

1. まえがき 外洋の浪と直接受ける沖合のいわゆる外洋シーバースでは、係留中の船体がうねりを受けて動揺し、時に生じる衝撃力が、設計上重要な外力となる。しかしながら、この種の衝撃力に関する研究はまだ少なく、こうしたシーバースの設計を進展させるべくは、種々の面から研究を積み重ねてゆく必要がある。このような観点から、筆者等はまず実際の状況と把握することが重要であると考え、初めての外洋シーバースである出光北海道シーバースにおいて現地観測を実施してきた。¹⁾ 一方、理論的解析の面からも検討すべく、係留船体の運動性状を考慮すると、設計で対象となるような比較的大きな衝撃力ももたされる場合には、係留船体の入射波による強制振動と、係留索～耐舷柱の復元力系における自由振動が重要であると考えられ、これらの振動成分に主眼を置いて応答解析を試みて衝撃力の算定をはかった。²⁾ 以下、この応答解析で幾つかの要因のうち、前者の強制振動に関しては、係留船体のローリング固有振動特性が、また後者の自由振動では、スエーデンの固有振動特性が重要な要因となる。そのため、上記の現地観測の結果より、これらの固有振動特性について整理を行ってみたいが、ここでは、この実測例を、応答解析で用いた方法による計算値と比較し、固有振動特性の性状を調べてみる。

2. ローリング固有周期 当シーバースの係留対象船舶は、原油用大型タンカーで、ローリングの測定はその甲板上に、可動線輪型のローリング振動計（固有振動数、 $f_0=0.5\text{Hz}$ 、周波数特性は $0.05\text{Hz} \sim 5\text{Hz}$ がフラット）を設置して行なった。測定された液形には、入射波の周期に対応するような振動成分もあるが、ローリングの固有振動とみられる振動成分もあって、周波数分析も施したから、その固有周期を採取した。その代表例と図-1に示すが、荷揚が伴って吃水が浅くなるにつれて固有周期が減少してゆく様子が見られる。

一方、ローリング固有周期 (T_R) の計算値を、文献 [2] で用いた式によって求めてみる。計算式は (1) 式のとおりで、係留索による復元力や、逆液抵抗に伴う付加質量効果などは、微小なるものであるのを省略されている。

$$T_R = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + I_1}{W \cdot GM}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 I_0 は船体の質量慣性モーメント、 I_1 は船底下の底層減からみられる付加質量慣性モーメント、 W は船体重量、 GM は傾心高である。これらは船体の干法 (B, D)、吃水 (d)、水深 (h) などと干渉して定まるが、 GM については、特に船体

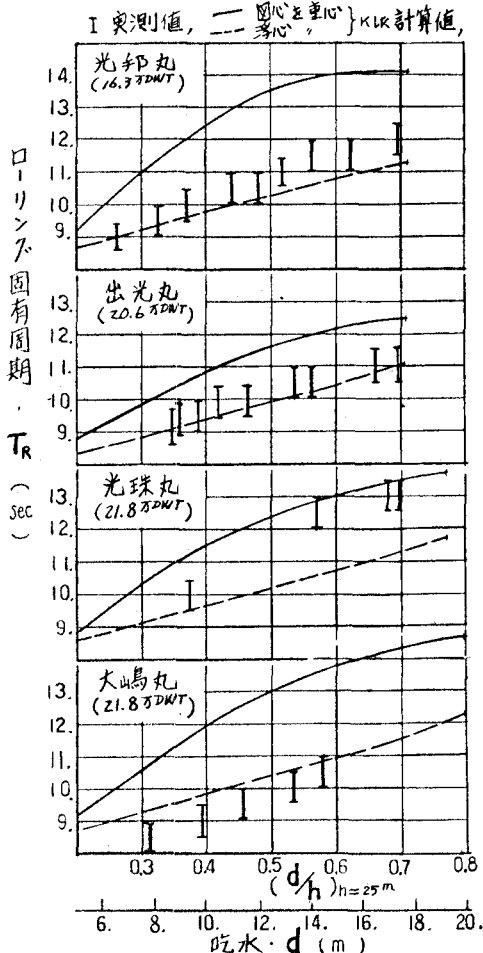


図-1 ローリング固有周期の実測値と計算値

の重心位置の手え方が重要になる。ただし重心位置は、原油やバラストの積載状態に応じて異なるが、船体横断面の図心と浮心の間に位置すると考えられる。

したがって、ここではこの二種類の重心位置を用いて、固有周期を計算してみた。その結果は図-1に併記したとおりである。すなわち、重心位置の採り方にはある範囲が伴うが、このような方法でもって、有限水深の所に係留された大型タンカーのローリング固有周期が算定できそうなことがわかる。

3. スエーイングの固有振動特性 係留索と防舷材との復元力系におけるスエーイングは、i) 船体が防舷材から離れている状態と、ii) 防舷材を押している状態とで、その挙動が著しく相違する。衝撃力を検討する場合には、両方ともその性状を把握しておく必要があるが、ii) の状態に関しては船舶自岸時の挙動が参考になるので、むしろ i) の状態に関して調べておくことが重要である。

ところで、スエーイングの測定としては、防舷材に取付けの変形計(コイルバネとロードセルを構成)によったので、i) の状態に関しては、船体が防舷材に接触する時間々隔が得られる。測定結果には、入射波に影響されて不規則になっている場合もあるが、固有振動によると思われる規則的の場合もあり、ここではこの規則的時間々隔を、衝撃力作用周期として整理してみた。その一例を図-2に示すが、数十秒の周期である。

一方、このi)の状態を、文献[2]に示した方法で計算してみれば、周期が長く、船体が防舷材から離れる距離も少なかったため、係留索のバネ定数を線形にし、逆波抵抗を無視すると、スエーイング(\bar{x}_g)は(2)式で表される。

$$\bar{x}_g = \frac{\dot{x}_{g0}}{\omega_M} \sin \omega_M t + \frac{F_0}{K_M} (1 - \cos \omega_M t), \quad \text{ただし } \omega_M = \sqrt{\frac{K_M}{m_0 + m_1}} \quad (2)$$

ここで、 \dot{x}_{g0} は初期速度、 F_0 は係留索による初期張力、 K_M は係留索のバネ定数、 m_0 および m_1 は船体の質量および付加質量である。図-2の場合に対応するよう計算条件として、係留索(φ75×10mmロープで構成)の初期張力は約10トンより $F_0 = 60 \text{ T}$ 、そのバネ定数は約20mmより $K_M = 12 \text{ T/mm}$ 、初期速度は防舷材の変形量から $\dot{x}_{g0} = -0.05 \sim -0.10 \text{ m/sec}$ 、そして質量は $(1 + \frac{m_1}{m_0}) = 1.5 \sim 2.0$ の範囲で与えると、計算結果は図-3のようになる。衝撃力作用周期に関しては、計算条件における範囲が結果に及ぼすところ大であるため、計算値と実測値はそのオーダーでの対応にとどまる。ただし、衝撃力の検討や係留索の張力を調べる場合の方法としては、さらに検討を積み重ねる必要があるが、その有用性をうかがい知ることが出来る。

<実用研究者> 広島建設技術研究所; 野尻陽一、森光康夫、竹田哲夫

<参考文献> 1) 石塚剛、三村、藤田; 外洋シバスにおける船舶係留中の衝撃力実測例、土木学会第29回年次学術講演会 II-23

2) 三村、森光、竹田; 外洋シバスにおける船舶係留中の衝撃力に関する検討、土木学会第29回関東支部年次研究発表会 II-18

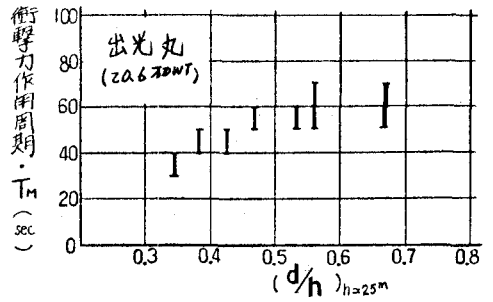


図-2 衝撃力作用周期の実測例

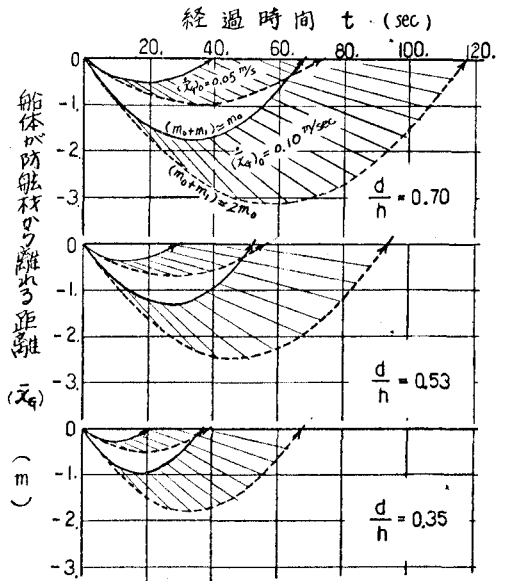


図-3 出光丸のスエーイング(i)の状態の計算値