

鳥取港における港内係留船舶の動揺計算

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
岡山市役所 正会員 ○長鋪 大威
兵庫県庁 正会員 高田 隆史

1. はじめに

鳥取港においては、冬季の風浪が激しくそのため出入港船舶の操船及び係留に関する検討が必要とされている。本論文では、鳥取港1号岸壁及び2号岸壁に係留された3000DWT級の船舶の動揺量を動揺シミュレーションによって計算し、荷役の稼働性および係留索の安全性について考察する。

2. 方法

表-1は対象とする3000DWT級の船舶の諸元、図-1は対象とする1号岸壁、2号岸壁における係留船舶と波向との関係を示したものである。波向は港内の回折波および反射波を考慮し、0°または30°とした。また風向は10°とした。図-2は、船舶の係留に用いるゴム防舷材および係留索の配置である。ゴム防舷材は高さ500mm(1号岸壁)、400mm(2号岸壁)の定反力型防舷材で、3000DWT級船舶に対しては6個が係留に関与する。また、係留索はテトロンエイトロープφ40mmを用いるものとするが、簡便のためバウライン40m、スターンライン40m、スプリングライン20mを各2本ずつ計8本用いる。

図-3は定反力型ゴム防舷材の変位復元力曲線であるが、この図において変形量10%の点Dをとり、直線ODの勾配を k_1 とする。直線OD上で変形量18%の点をA、変位復元力曲線上で最大反力を示す点をE、定格変形量に対する点をBとし、図に示すように、AE(k_2)、BF($k_3 = 1.2k_1$)、BC($k_4 = k_1$)などの直線で特性をモデル化した。係留索の変位復元力特性は、テトロン索の強伸度曲線から求めた。図-4はこのようにして求めた長さ40mの係留索の変位復元力曲線である。係留索の初期張力は1.0tfとした。

3. 動揺シミュレーション

係留船舶の動揺シミュレーションは、逐次数値計算法(Wilson-θ法)を用いて、次式の運動方程式を逐次積分して行った。

$$\left(\frac{W}{g} + M_a\right)\ddot{U} + C\dot{U} + KU = F(t)$$

W : 浮体の重量及び慣性モーメントマトリックス、 g : 重力加速度、

M_a : 付加質量マトリックス、 U : x 、 y 、 z 方向変位ベクトルであり、

各々は x 、 y 、 z 方向変位(サージ、スウェイ、ヒープ)、 x 、 y 、 z 軸変位(ロール、ピッチ、ヨウ)である。 C : 減衰係数マトリックス、



図-1 鳥取港港湾図

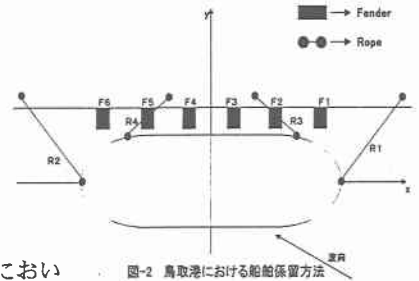


図-2 鳥取港における船舶係留方法

表-1 船舶の諸元

諸元	3000DWT
船長(Lpp)	80.30m
船幅(B)	12.15m
吃水(d)	2.98m
重心位置(KG)	4.77m
ブロック係数(C _B)	0.641m
環動半径(Rolling)	4.59m
環動半径(Pitching)	22.65m
環動半径(Yawing)	22.65m
メタセーター高(GM)	0.69m

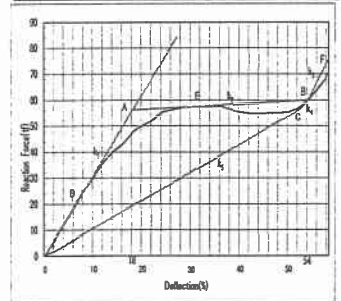


図-3 防舷材の変位復元力曲線(H500mm)

K : 復元力係数マトリックス、 $F(t)$: 荷重ベクトル(波浪荷重、風荷重)

1). 動揺シミュレーションは表-2 に示す計算条件で計算を行った。鳥取港では、港内静穏度の目標として係留施設前面波高が、通常時 0.5m 以下とされているので、この値を中心に波高 0.1~1.5m を対象に計算した。

4. 結果及び考察

ここでは、波向 0° または 30° としているのでサージングに着目して結果を示す。図-5~図-10 は、1号岸壁で波向が 30° 、風速が 0、10、15m/s のサージングの動揺量と係留索の張力を、周期および波高に対して示したものである。図中の動揺量はシミュレーション計算結果の最初の

1/3 をカットし、残りの 2/3 の結果の最大値と最小値との差を表示している。サージングは、波周期が長くなるにしたがって増加することがわかる。一般船舶の荷役可能動揺量²⁾ は $\pm 1.0\text{m}$ とされているので、これらの図の動揺量 2.0m までを荷役可能とする。例えば、図-5 の波向き 30° 、風速 0m/s で、

周期 8s 以下では、サージングの動揺量は波高 1.5m 以下でも許容値を超えない。しかし波周期 10s 以上では波高 0.7m 以下でないと許容値以下にならない。これに対して、風速 15m/s では、周期 8s でも波高 1.0m 以下でないと動揺量が許容値を超える。ただし風速 10m/s であっても、周期 8s、波高 1.5m では係留索の張力は、28tf となり、切断荷重 21tf を超える。さらに、風速が大きくなると波高 0.7m でも切断の恐れがある。以上の結果から判断すると、波高 0.5m 以下では係留および荷役が可能と考えられる。

5. あとがき

鳥取港の 1, 2 号岸壁に係留される 3000DWT 級の船舶については、風速 15m/s、波高 0.5m において係留及び荷役が可能であると判断できる。今回の計算では、船型、風向および波向を特定したが、今後、船型、波向および風向を変えて検討を進めたい。

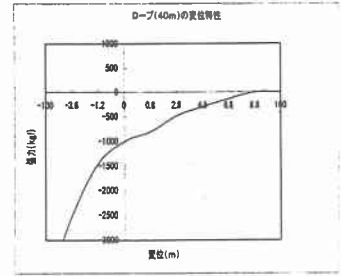


図-4 係留索の変位復元力特性(40m)

表-2 計算条件		
1号岸壁(-10.0m)	2号岸壁(-7.5m)	
波向き($^\circ$)	180, 150	30
風向($^\circ$)	170	10
風速(m/s)	0, 10, 15, 20	
波高(m)	0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5	
周期T(s)	4, 6, 8, 10, 12	

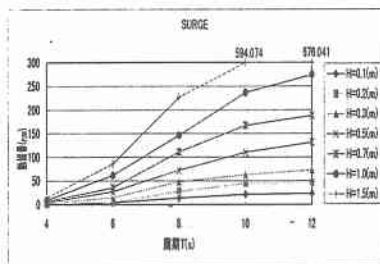


図-5 周期変化による波高別の動揺変化
(1号岸壁、波向き 30° 、風速0m/s)

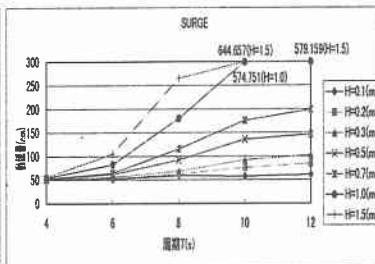


図-6 周期変化による波高別の動揺変化
(1号岸壁、波向き 30° 、風速10m/s)

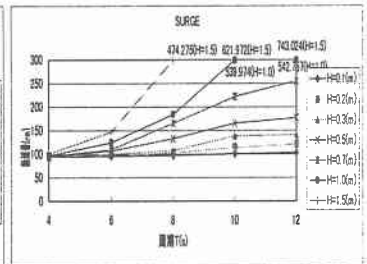


図-7 周期変化による波高別の動揺変化
(1号岸壁、波向き 30° 、風速15m/s)

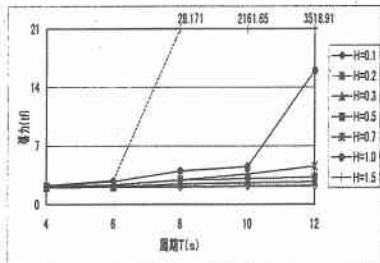


図-8 周期変化による波高別の係留索張力
(1号岸壁、波向き 30° 、風速0m/s)

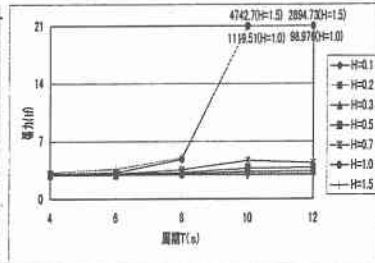


図-9 周期変化による波高別の係留索張力
(1号岸壁、波向き 30° 、風速10m/s)

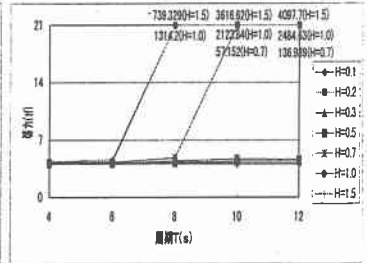


図-10 周期変化による波高別の係留索張力
(1号岸壁、波向き 30° 、風速15m/s)

参考文献：1) 上田 茂「係留船舶の動揺解析手法とその応用に関する研究」港湾技研資料 No.504

2) 上田 茂・白石 悟「The Allowable Ship Motions for Cargo Handling at Wharves」港湾技術研究所報告