

鳥取港の港内係留船舶の動揺と荷役稼働率の検討

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
 鳥取大学工学部 正会員 池内 智行
 鳥取大学大学院 学生員 ○恵良 拓路

1. はじめに

鳥取港においては、冬季の風浪が激しく、そのため出入船舶の接泊、係留に関する検討が必要とされている。そこで、稼働率を求め、鳥取港の港内静穏度を検討する。図1、図2は鳥取港の現況及び将来計画の施設配置図である。ここでは、3000DWT級の一般貨物船を対象として、1号岸壁に係留された場合の動揺量を計算し、それに基づいて荷役稼働率を求める。

2. 波浪回折計算

まず港内波高を求める。ここでは港湾技術研究所の波浪変形計算システムを用いて、港内波高比を算定した。なお、岸壁及び防波堤などの反射率の設定は、以下の通りである。

- ①岸壁の標準反射率…0.9 ④天然海浜…0.1
 ②防波堤…0.9 ⑤スリットケーソン…0.5
 ③消波ブロック…0.4

これにより、沖波を1.0とした時の1号岸壁前面の波高比を、波周期：6.0、8.0、10.0、12.0s、波向き：NNE、N、NNW、NW、WNWという計算条件で求めた。図3～6は、計算結果の一例として、波周期8.0s、波向きNNW、NWの場合の岸壁前面の波高比を表したものである。

3. 動揺シミュレーション

係留船舶の動揺量を求めるために、今回の研究では、動揺シミュレーションを行った。その際、逐次数値計算法（Willson-θ法）を用いて次式の運動方程式より動揺の時系列を求める。

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

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 の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、 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⁾。

動揺解析は表1に示す計算条件で行った。

4. 荷役稼働率の算定

波浪回折計算によって求めた、岸壁前面の波高比、動揺シミュレーションによって求めた動揺量、及び係留船舶の許容最大動揺量（表2参照）を用いて、次式より許容沖波波高を求める。

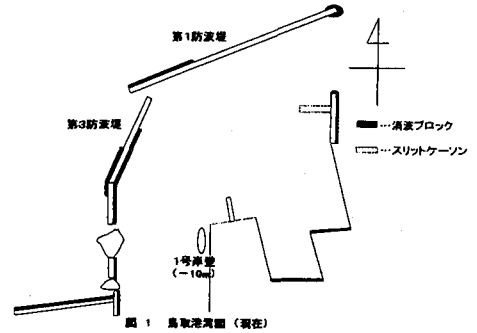


図1 鳥取港現況図

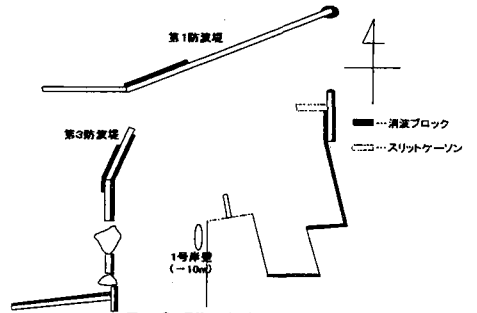


図2 鳥取港将来図

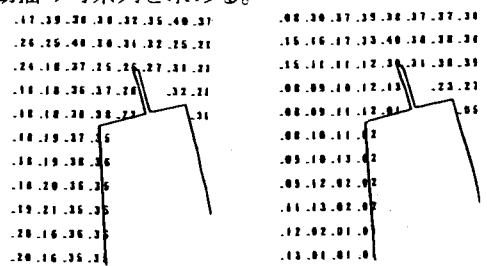


図3 波高比（現在、波向き：NNW）

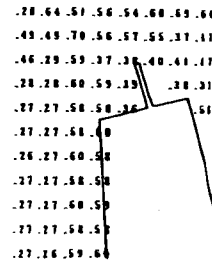


図4 波高比（現在、波向き：NW）

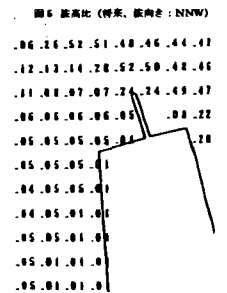


図5 波高比（将来、波向き：NNW）



図6 波高比（将来、波向き：NW）

(港内での許容波高) = (許容最大動揺量) ÷ (動揺量/波高)、(許容沖波波高) = (港内での許容波高) ÷ (岸壁前面の波高比)

次に、許容沖波波高を、波高と波周期の結合頻度分布に照らし合わせて、年間通じての荷役稼働率を6成分別に求めた。

5. 対象船舶と係留方法

表1は対象とする3000DWT級の船舶の諸元であり、その係留方法として防舷材、及び係留索の配置を図7に示す。防舷材はSM500をそれぞれ6個設置し、係留索(テトロンエイトロープ)は、φ40mmを用い、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6本を設置する。また、今回の研究では初期張力として1.0tfを係留索に与えるものとする。

6. 結果

上記の式で求めた許容沖波波高を、鳥取港における波高と波周期の結合頻度分布に照らし合わせることによって、6成分別に荷役稼働率を求めた結果を表5(現在)、表6(将来)に表した。これにより現在、及び将来の鳥取港1号岸壁どちらの時も、ピッチによる稼働率が最も低い値となった。他の5成分(サージ、スウェイ、ヒープ、ロール、ヨウ)では、港内静穏度の目標とされる稼働率97.5%に近い値となったが、ピッチの場合のみかなり低い値となった。特に、現在の鳥取港においては稼働率90%をも下回った。これにより鳥取港では稼働率を検討する際、ピッチが最も支配的な成分であると言える。現在、及び将来の鳥取港1号岸壁での荷役稼働率(ピッチの場合)を比較すると、将来の方が稼働率は良くなった。これは、岸壁前面の波高比を求めた結果、NNW、NWのような北系の波に対して将来の鳥取港では波高比が大変低くなる為であることが、1つの理由として考えられる。

表1 計算条件

岸壁	1号岸壁(現在)	1号岸壁(将来)
波周期 T(s)	T=4.0,6.0,8.0,10.0,12.0	
波高 H(m)	H=0.1,0.3,0.5,0.7	
波向き	15	30
風速 V(m/s)	0.0,5.0,10.0,15.0	
風向き	45,90,270,315,360	

表2 係留船舶の許容最大動揺量(一般貨物船)

サージ	スウェイ	ヒープ	ローリング	ピッチング	ヨウイング
±10	0.75	±0.5	±2.5	±1.0	±1.5

(m,度)

表3 船舶の諸元

諸元	3000DWT
船長 (Lpp)	80.3 m
船幅 (B)	12.15 m
喫水 (d)	2.98 m
重心位置 (KG)	4.77 m
ブロック係数 (CB)	0.641 m
環動半径 (Rolling)	4.59 m
環動半径 (Pitching)	22.65 m
環動半径 (Yawing)	22.65 m
メタセンター高 (GM)	0.69 m
サージング方向付加質量係数	0.26 m

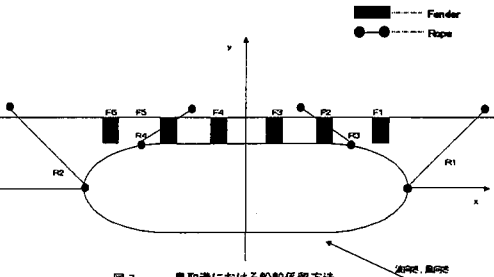


図7 鳥取港における船舶係留方法

表4 鳥取港における過去2年間の波向き別頻度データ(96'、97')

W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	合計
3.0	14.4	8.69	18.9	21.0	20.8	8.89	4.33	0	100.0

(%)

表5 6成分別の鳥取港における稼働率の検討(現在)

	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	合計
surge	3.04	14.39	8.38	18.62	20.95	20.83	8.89	4.33	99.43
sway	3.04	14.39	8.31	18.62	20.95	20.83	8.89	4.33	99.36
heave	3.04	14.39	8.29	16.45	20.75	20.82	8.89	4.33	96.96
roll	3.04	14.39	8.29	17.89	20.96	20.83	8.89	4.33	98.62
pitch	3.04	14.39	6.20	13.47	17.61	19.86	8.85	4.32	87.74
yaw	3.04	14.39	8.69	18.87	20.96	20.83	8.89	4.33	100.0

(%)

表6 6成分別の鳥取港における稼働率の検討(将来)

	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	合計
surge	3.04	14.39	8.69	18.87	20.62	20.7	8.89	4.33	99.53
sway	3.04	14.22	8.69	18.65	20.26	20.61	8.89	4.33	98.69
heave	3.04	14.37	8.69	18.86	20.41	20.63	8.89	4.33	99.22
roll	2.94	12.69	8.69	18.72	20.27	20.6	8.89	4.33	97.13
pitch	2.89	12.68	8.69	18.51	19.48	20.49	8.87	4.33	95.94
yaw	3.04	14.31	8.69	18.78	20.31	20.63	8.89	4.33	98.98

(%)

7. あとがき

以上のようなことから、鳥取港では防波堤の配置を現在から変えることで、港内静穏度は向上するものと考えられる。また、本研究では年間通じての荷役稼働率を求めたが、これを季節別に求めることによって、波、風が強くなる冬季での荷役稼働率を求める必要があると考えられる。

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」 港湾技術資料 NO.504