

II-274

港湾荷役の稼働率と係留船舶の動揺について

運輸省港湾技術研究所 正会員 上田 茂
運輸省港湾技術研究所 正会員 白石 悟

1. はじめに

港湾の水域施設は、天然または人工の防波堤等によって外海の波から遮蔽され、船舶の停泊の安全を確保し、また、荷役を円滑に行えるよう一定の静穏度を確保しなければならない。港内静穏度は、狭義には港内波高と港外波高との比すなわち波高比、または港内の波高などで表される。港湾の施設の技術上の基準（以下技術基準）には、港内静穏度の目安となる係留施設の荷役限界波高（ $H_{1/3}$ ）は、船だまりで30cm、船だまり以外で50～70cmとするのが望ましいとしている。この数値は、運輸省第一港湾建設局が日本海沿岸に立地する港湾において行った荷役状況調査に基づいている。

港内静穏度の指標としての波の条件は単に波高で与えられているが、係留船舶が長周期波の作用を受けたり、または波向が係船岸法線に対して90°に近いと、係留船舶の動揺が大きくなるので、技術基準に与えられた荷役限界波高以下の波高であっても荷役が困難になることがある。以上のことから、本論文においては、係留船舶の動揺と荷役の可否に基づいて港内静穏度を規定することとし、係留船舶の荷役の許容動揺量を提案する。

2. 係留船舶の動揺が荷役の稼働率に影響を及ぼす事例

表-1は太平洋に面して立地するS港のP2およびP3バースにおける、1983～1984年の2年間の入港船舶数および荷役中断または延期の回数を取りまとめたものである。荷役中断または延期は、P2およびP3バースの合計で、それぞれ、11.5%および3.1%、合せて14.6%にもなる¹⁾。図-1、2はP3バースにおける荷役中断または延期時の、バース前面の波高および波周期と船型との関係を示したものである。ただし、バース前面の波高は回折波計算により求めたもの、また、波周期は港外波の周期である。各バースでは目視観測が実施されているので、このデータも記入している。波高が50cm以下でも荷役の中断および延期がなされていること、長周期波が係留船舶の荷役に影響を及ぼしていることがわかる。以上のことから、港湾荷役の稼働率を計算する際には波の作用による係留船舶の動揺を考慮しなければならないといえる。とくに、長周期波について留意しなければならない。

3. 係留船舶の動揺を考慮した稼働率の計算法

今までに述べたことより、港湾荷役の稼働率は、単に係船岸前面の波高を指標として計算するのでは十分でなく、係留船舶の動揺を考慮して計算しなくてはならないことが明らかになった。この方法に基づいて港湾荷役の稼働率を計算するに当たっては、①船種、船型、波向、波周期および波高ごとに求めた係

表-1 入港船舶数と荷役の延期
または中断の回数

バース名	年	入港船舶	延期	中断
P2	1983	53	7	2
	1984	62	11	1
P3	1983	366	32	7
	1984	292	39	14
合計	1983	419	39	9
	1984	353	50	15

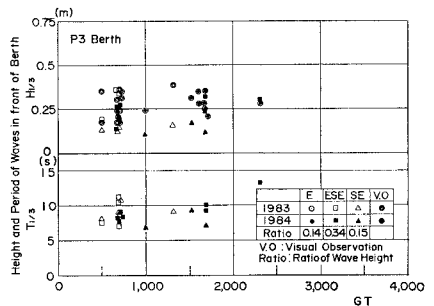


図-1 荷役を中断したときの波浪条件

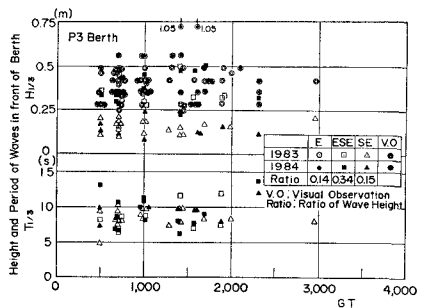


図-2 荷役を延期したときの波浪条件

留船舶の動揺量、②荷役の許容動揺量、③波向ごとの波高と波周期の結合頻度分布、④各バース前面における波向および波周期ごとの波高比などの項目についてデータを整備しなければならない。

表－2は、動揺計算の結果に基づいて周期別の荷役の許容波高を図－3のCase1からCase3のように設定し、現況および将来の港湾施設整備に対してバース稼働率を計算したものである。現況に対しては、もっとも緩い条件設定のCase3に対しても、稼働率はP2バースおよびP3バースについて、それぞれ、66.6%、89.4%であって、現行の技術基準に従って求めたものよりかなり低い。また、将来の港湾施設整備に対しては、それぞれ、97.8%、98.4%となる。

4. 係留船舶の荷役の許容動揺量

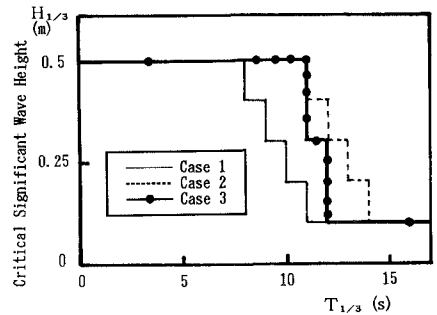
係留船舶の動揺を考慮して港湾荷役の稼働率を計算する上で、係留船舶の荷役の許容動揺量が重要な項目である。そこで、我が国における荷役の現況を調査し、その上で港湾荷役関係者の意見を照会して係留船舶の許容動揺量を設定した。まず、太平洋に面する3港において係留船舶の動揺が原因となって荷役に支障をきたした事例を調査した。各港の港湾管理者を通して得た業務日誌から、荷役が中断・延期された事例を抽出し、これらの事例が生じたときの波浪および風の条件を工事事務所などの観測記録を参照して求めた。つぎに、係留岸前面における波高を港内の回折波計算を行って求めた。ただし、一部の港湾においては静穏度模型実験およびバース前面での目視観測結果も参照した。そして、荷役の中断・延期・実施の個々の事例について合計249ケースの数値シミュレーションを行って係留船舶の動揺量を求め、これらのうち、荷役中断事例について得られた係留船舶の動揺量の累積確率50%の値を基に、これと既往の研究成果とを比較検討して、許容動揺量（暫定値）を求めた。

この許容動揺量の暫定値について港湾荷役関係業者にアンケートによる意見照会を行い、その結果に基づいて許容動揺量の暫定値を修正し改めて表－3に示す許容動揺量を求めた¹⁾。

4. おわりに

前章に示した係留船舶の許容動揺量に基づいて港湾荷役の稼働率を計算する手法が確立されれば、長周期波の影響を受ける港湾の施設整備において、港湾荷役の稼働率と港湾の施設の配置、規模などとの関連を、現行の手法に比べ合理的にかつ厳密に把握することができる。また、港湾の施設の利用に関しても、適切な措置を講じることができる。

- 参考文献** 1) Ueda, S. : Motions of Moored Ships and Their Effect on Wharf Operation Efficiency, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.26, No.5, pp.319～373.
2) Ueda, S. and S.Shiraishi : The Allowable Ship Motions for Cargo Handling at Wharves, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.27, No.4, pp.3～61.



図－3 周期別の荷役許容波高

表－2 バース稼働率

バース名	現行基準準拠		係留船舶の動揺を考慮					
	現況	将来	現況			将来		
			case1	case2	case3	case1	case2	case3
P2	80.8%	99.5%	57.4%	67.7%	66.6%	92.6%	99.0%	97.8%
P3	97.5%	99.3%	81.8%	91.1%	89.4%	95.1%	99.5%	98.5%

表－3 荷役における係留船舶の許容動揺量

船種	動揺成分					
	サージ (m)	スウェイ (m)	ヒープ (m)	ロール (deg)	ピッチ (deg)	ヨー (deg)
一般貨物船	±1.0	+0.75	±0.5	±2.5	±1.0	±1.5
穀物運搬船	±1.0	+0.5	±0.5	±1.0	±1.0	±1.0
鉱石運搬船	±1.0	+1.0	±0.5	±3.0	±1.0	±1.0
油槽船(内航)	±1.0	+0.75	±0.5	±4.0	±2.0	±2.0
油槽船(外航)	±1.5	+0.75	±0.5	±3.0	±1.5	±1.5