



港内係留船の荷役の向上法

榎 木 亨*

1. 役荷可能な港内静穏度

港の役目は船から陸へ、陸から海への乗客の乗降、積荷の揚降し（荷役）の安全化であることはよく知られていることである。従来港の計画設計に当ってはこの港の安全度について港内の波高を一つの指標に選び、つぎのような値を一つの目安として防波堤の建設計画を樹てられてきた。

300~1000 G. T.	$H < 0.3\text{m}$
1000~5000 G. T.	$H < 0.5\text{m}$
5000 G. T. 以上	$H < 0.7\text{m}$

ここに G. T. は船の総トン数を示し、H は港内の波高を示す。

しかし建設後の港の使用状況を調査すると、港内波高が20cm程度であっても荷役が中止されることがあり、必ずしも波高が港の安全度を示す唯一の指標でないことが解ってきた。すなわち港での乗客の乗降、係留船の荷役は係留船の船体動揺に左右され、この船体動揺には風波の様な短周期（5~20秒程度）の波以外に長周期の波（100秒以上）が大きな影響を与えることが明らかになった。そして著者らの実測によると鋼管の荷役に際してはその荷役の限界値は以下のような値を示すことがわかった。

短周期上下船体運動	$< 0.5\text{m}$
長周期水平船体運動	$< 2\text{m}$

2. 係留船体運動の低減法

1. で述べた様に荷役可能な限界値は波高のみならず波長をも考慮して決定しなければならないが、波高が重要な要素の一つであることには変りはない。ここでは波高の低減化に伴う係留船体の低減法と係留方法の改善にともなう船

体運動の低減法の概略を述べておこう。

2-1 港内波高の低減法

港内波高の低減法として従来から用いられてきた方法は防波堤の延長である。防波堤背後の遮蔽領域は波の回折作用によって当然波高は低減するが、防波堤の延長はその設置水深も深くなり莫大な費用を必要とする。ちなみに水深15~20m程度の位置の防波堤の建設費は1m当り、2000万円~3000万円となり地下鉄工事より高い。さらにこの延長工事は周辺の海洋環境を変えるため周辺漁民の同意がなかなか得られなくなっている。また一方港内においては係留船岸の領域をできるだけ大きくとるため港内の水際線の殆んどを鉛直の岸壁に変更していつて

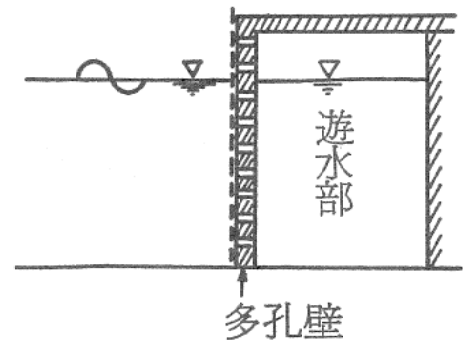


図1 鉛直消波岸壁

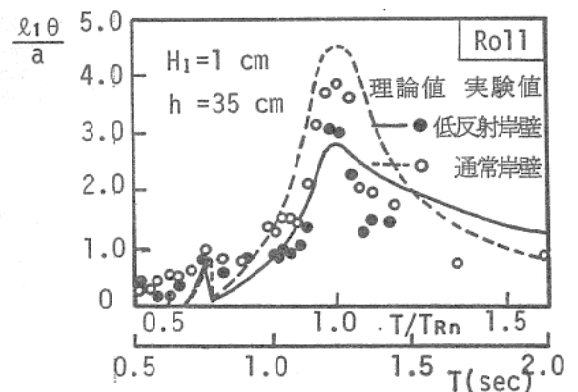


図2 低反射岸壁の効果

*榎木亨 (Toru SAWARAGI), 大阪大学工学部土木工学科教授, 工博, 海岸・港湾工学

いるが、この為港口から入ってきた波が港内で反復反射を繰返し、丁度たらいの中の水の様に波高が大きくなり、またなかなか波がおさまらなくなっている。この港内の反射波の効果を低減する為には最近図1に示すような鉛直消波岸壁が用いられている。この新しい型式の岸壁は図中の遊水部を利用して入射波と反射波の位相差利用により多孔壁前面の反射波を極力小さくしようとするものである。この新型式の岸壁が係留船体の運動に如何なる影響を示した例が図2であって、図中 θ は船の回転変位、 l_1 は船の半幅、 a は入射波の半振幅、 T は波の周期を示す。図2に示したように船体のrolling運動の低減化にはこの低反射岸壁の効果は見出される。しかしながら、船体の上下運動(heaving)に対しては逆に低反射岸壁の方が大きくなる場合もあり、必ずしも低反射岸壁の設置が港内船体運動の低減化に直結しない。

2-2 係留方法の改善ともなう船体運動の低減法

2-1で述べた岸壁を低反射岸壁に変えることは防波堤の延長と同様港の建設例の対応である

が、これに対して船の係留方法の改善は船例の改善策といえる。この係留システムの改善策としては一つは防舷材の改良であり、他の一つは係留索の改善である。

(a)防舷材の改良：防舷材は船が岸壁に接岸する時船体に損傷のない様に岸壁に取り付けられた施設であるが、同時に船を沖側へ押し出す反撓力を有している。係留船においては係留索による船の岸側への引張る力と、この防舷材による反撓力が作用するわけであるが、従来のゴム製の防舷材のバネ常数は係留索のバネ常数と比較すると10倍以上の値を示す。このような係留索の拘束力と防舷材による反撓力の不均等な場合を著者らは非対称係留、均等な場合を対称係留と称しているが、この非対称及び対称係留のそれぞれについての船体運動の計算を行ってみると図3の様な結果が得られる。図3は水平船体運動の変位を比較したもので x_0 は水平変位の最大値、 T_{swn} は船体の水平運動における固有周期、 m_d は船体運動のモード数といわれるもので m_d 個の波に一回船が岸壁に当たる場合をモード m_d と称している。図3によると明らか

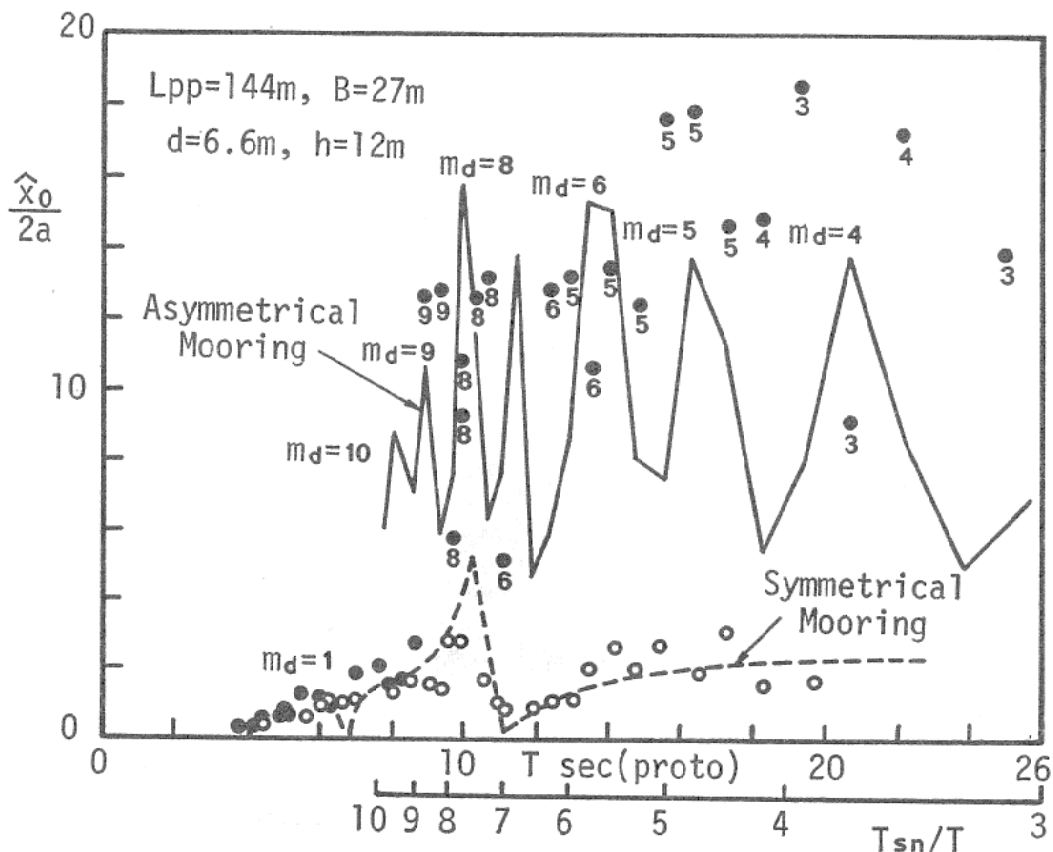


図3 対称係留と非対称係留の比較

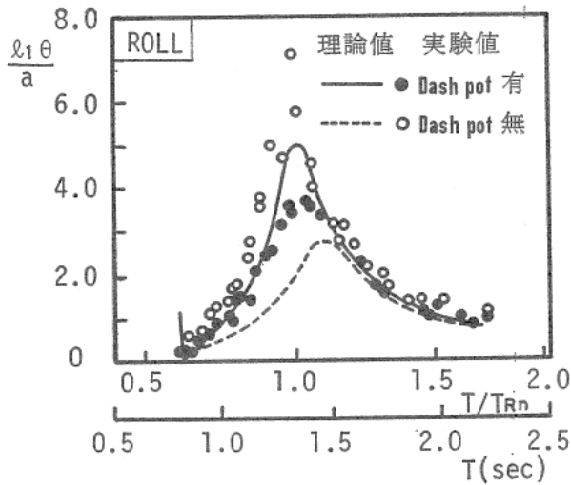


図4 船体運動に及ぼす Dash-pot の効果

に对称係留の場合が非対称係留の場合より船体運動は低減する。したがって係留索，防舷材を併せ考慮した係留システムが対称係留となる様に考慮してやればよい。この為には防舷材を現在の様なバネ常数の大きいゴム製でなく，風船を大きくした様な空気フェンダー，あるいはニューマチックフェンダーが提案され，徐々にこの新型式の防舷材がとり入れられてきている。

(b)係留システムの改善：一般に乗物にはその衝撃を緩める為にアブソーバーが付けられているのが一般的であるが，船にはこの様なアブソ

ーバーがついていない。そこで係留索にこのようなアブソーバーを取りつけたら船体運動も低減するのではないかというのがこの考え方の基本である。

著者らは係留索の途中 Dash-potを取付けその効果を理論的，实际的に検討してみた。その結果を示したのが図4であって明らかに Dash-pot による船体運動の低減効果がみられる。図4は rolling 運動のみの結果であるが，上下運動 (heaving) 水平運動 (swaying) においても著るしい効果がみられた。

3. 結 語

以上の様に港湾荷役の稼働率を高めるための種々の方法を船体運動の面から述べて来たが，さらにこの係留船体は港の中での係留位置によっても大きく異にすることがわかっている。この係留位置の選定は同時に港の中での Main berth の選定に直接関係するものであり，今後の港湾の配置計画に重要な示唆を与えるものといえる。尚本研究は著者の指導の下に神戸商船大学の久保助教授が行ったものであることを付記しておく。

