

統計的手法による船舶接岸用防舷材の設計に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
 開発コンサルタント 正会員 梅村 亮
 港湾技術研究所 正会員 山本修一

港湾技術研究所 正会員 赤倉康寛
 港湾技術研究所 正会員 白石 悟
 ブリヂストン 山瀬晴義

1章 まえがき 船舶接岸用防舷材は、船舶接岸エネルギー - を吸収し接岸力を和らげる目的で設置される。船舶接岸エネルギー - は、船舶の仮想質量および接岸速度の自乗に比例するが、接岸船舶の回転による偏心係数を考慮して求められる。現行法は、最大船型もしくは標準船型に対して、実測等に基づく設計接岸速度及び偏心係数を与えて、確定論的に求めている。しかし、近年船型の大型化が著しく、とくにコンテナ船は、60,000 ~ 80,000DWT 級のものが建造されている。我が国では、施設整備が船舶の大型化に対応できていないので、大型船は吃水調節をしいられている。また、標準船型は船舶統計に基づいて決められるが、おおむね 75%信頼値であるから、入港船舶の重量トン数が標準船型を上回るおそれがある。また、接岸速度は実測等に基づくこととされてきているが、この数値の統計的検討は十分ではない。

本研究では、船型、船舶質量 M 、接岸速度 V_b 、仮想質量係数 C_M 、偏心係数 C_e 、仮想質量 ($M \cdot C_M$) などの接岸エネルギー - 算定に係わる諸元を確率変数として取り扱い、また、防舷材の吸収エネルギー - の変動を考慮して船舶接岸用防舷材の設計について考察した。

2章 本研究の手順 実在のバ - スにおいて、対象船型ごとに接岸船舶の重量トン数の確率分布を調査した。守屋らによる横浜港での接岸速度の調査結果を用いて、重量トン数と接岸速度 V_b の関係および、その確率分布を求めた。赤倉による船舶諸元を用いて、重量トン数と仮想質量および偏心係数の関係および、その確率分布を求めた。ゴム防舷材の吸収エネルギー - の品質によるバラツキ $Z \cdot E_{cat}$ の確率分布を求めた。以上の確率変数を与え、設計基準式を $G = Z \cdot E_{cat} - M \cdot V_b^2 \cdot C_M \cdot C_e / 2$ として、モンテカルロシミュレーションを行い、接岸エネルギー - の吸収エネルギー - に対する超過確率を求めた。現行法との比較を行い、適切な超過確率 (許容超過確率) および所要の安全係数を検討した。

3章 船舶接岸用防舷材に関する確率変数の統計特性の推定結果

(1) 入港船舶の重量トン数の確率分布推定

対象船型ごとに接岸船舶の重量トン数の確率分布推定した。その結果を、表 1 に示す。

(2) 重量トン数 DWT と各影響要因の関係²⁾

船舶質量、接岸速度、仮想質量係数、偏心係数は、図 1 ~ 4 に示す重量トン数との関係から算定した。対象船舶 35000 DWT に関しては、2つの方法で足切りを考慮し、入港船舶質量を考えた。方法 1) は、データによると、満載での入港はほとんどなく、対象船舶以上は満載喫水の 80%以下の喫水で入港しているため、足切りを考慮した船舶質量は、対象船舶以下の場合、満載排水トン数を船舶質量とし、対象船舶以上の場合、満載排水トン数に 0.8 を乗じたものを船舶質量とした。方法 2) は、実データの重量トン数を用いて、満載排水トン数を算定し、これに (入港喫水/満載喫水) を乗じて足切りを考慮した船舶質量とした。

表 1 重量トン数の確率分布

対象船舶	平均 DWT	標準偏差 DWT	λ	ξ
10000	10252	6831	9.052	0.606
15000	12348	7650	9.259	0.570
20000	13313	10229	9.265	0.681
35000	34310	13035	10.376	0.367

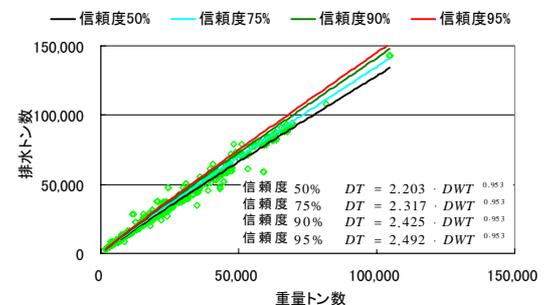


図 1 重量トン数と排水トン数の関係

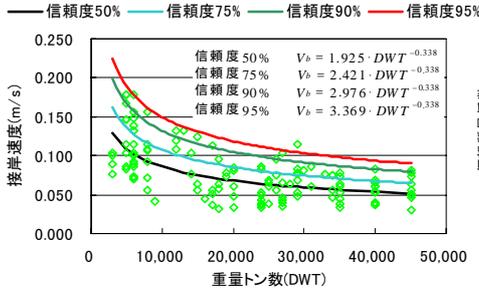


図2 重量トンと接岸速度の関係

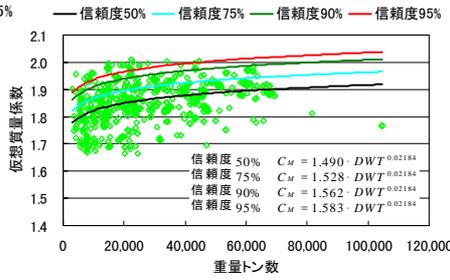


図3 重量トンと仮想質量係数の関係

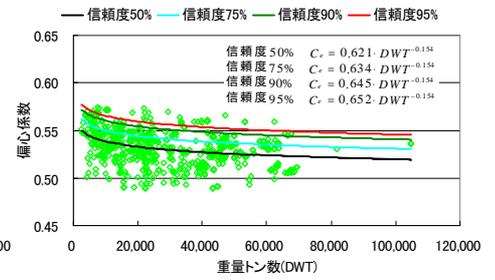


図4 重量トン数と偏心係数の関係

(3) 吸収エネルギーの確率変数の統計特性

最大変位まで圧縮した時に規格値どおりの吸収エネルギーであれば 1.0、-10%なら 0.9 という係数 Z を考え、これを規格値に乗じて品質による吸収エネルギーバラツキを評価する。この係数 Z は、正規分布に当てはまり、平均値は 0.997、標準偏差は 0.031 であった。図5は、係数 Z の度数分布と期待度数である。

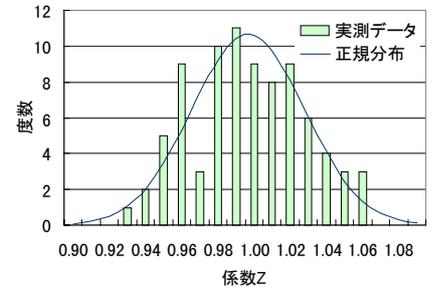


図5 変数Zの度数分布と正規確率分布

4章 防舷材の破壊確率の算定及び結果

各確率変数の統計特性を考慮して、モンテカルロシミュレーションを行い、接岸エネルギーの吸収エネルギーに対する超過確率を求めた。なお、シミュレーション回数は、10,000回とした。

対象船舶 35000DWT については、3章で示した2方法で足切りを考慮し、超過確率を算定した。なお、超過確率の算定に使用した防舷材は、排水トン数、仮想質量係数、偏心係数は75%信頼値、接岸速度は、75%、90%、95%の信頼値で設計したものである。

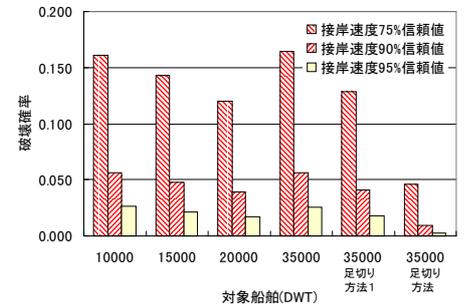


図6 破壊確率算定結果

5章 防舷材の統計的手法による設計

本研究では、許容超過確率を変化させ、それぞれの場合で接岸エネルギーに対する安全係数を算定し、許容超過確率を満足するために必要な防舷材の吸収エネルギーを算定した。例えば許容超過確率 0.004 は、1年間に2隻は接岸エネルギーが吸収エネルギーを超えることは許すものとして設計することを意味する。

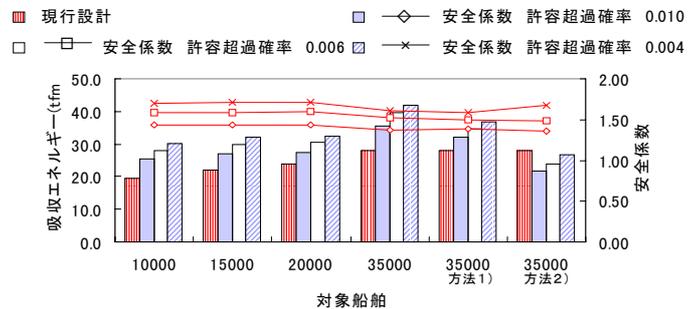


図7 安全係数と防舷材の吸収エネルギー算定結果

6章 まとめ 船舶の入港実態によると、標準船型を上回る重量トン数の船舶の入港が多く、吃水調整をしているにも拘らず現行設計で与える排水トン数を超える確率が高い。重量トン数と接岸速度の関係およびその確率分布を求め、現行設計法における設計接岸速度の統計的意義を明らかにした。許容超過確率を変えて、現行設計法によって得られる接岸エネルギーに対する安全係数はおおむね 1.3 から 1.5 であった。以上のことから、船舶接岸用防舷材の設計において、接岸エネルギーは接岸船舶および接岸速度等の確率分布に基づいて検討する必要があることを明らかにした。また、現行設計法による場合には、この研究によって得られた接岸エネルギーに対して求めた安全係数を見込む必要があることを示した。このことは、単に船舶接岸用防舷材の設計のみならず、船舶の大型化を適切に予測し、その確率分布に基づいて施設整備を行うことの重要性を示唆するものである。なお、船舶接岸速度の調査結果は、運輸省第2港湾建設局横浜調査設計事務所のご協力を得た。

《参考文献》 1) 守屋義一、吉田行秀、伊勢博、宮崎和行、杉浦淳：船舶の接岸速度に関する現地調査、海岸工学論文集 第38巻(2)、1991、pp.751~755、2) 赤倉康寛、高橋宏直、中本隆：統計解析等による対象船舶の諸元、港湾技研資料 No.910、1998、3) 上田茂：大型タンカーの接岸力に関する研究、港湾技術研究所報告 Vol.20 No.2,1981,pp169~209