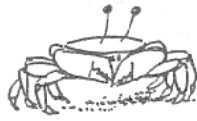


船舶の衝突強度 — 衝撃力の推定 —



研究ノート

船木俊彦*

1. はじめに

商船の構造強度は、これまでは主として、大洋を航行するとき船体に作用する準静的な荷重に対して十分に安全であるように設計されてきた。

船体がうける損傷・破壊の中で発生件数が比較的少ない衝突・座礁等に対しては、これは操船上の問題であるとされ、これまでは船体強度の立場からは見過されてきた。わずかに、大型船舶の接岸時の岸壁との接触問題が緩衝突問題として取り上げられてきたにすぎなかった。

衝突時の船体強度の研究が本格的に始まったのは比較的最近のことである。1950年代になって、米国では原子力船「サバンナ」を建造するに当り、核格納部の安全性を確保するため船殻の耐衝突構造を開発する必要上から調査研究が行われるようになった。我国においては、1958年から原子力船の耐衝突強度の研究が行われ始めた。

これは、海洋環境の保全に対する社会的な要請によるものであった。

同じ理由により、その後は、タンカーや危険物運搬船に対しても、衝突・座礁時の荷油や危険物の漏洩・拡散による海洋汚染を最小限にとどめるため、また、港湾内でのL.P.G.船やL.N.G.船などの衝突による沿岸都市部への大火災の誘発などの災害を予防する必要上、これらの船舶の衝突強度が研究されるようになった。

また、船舶交通量の多い海域での海上固定施設、例えば、本四架橋等の長大橋の橋脚と船舶との衝突問題が構造物の強度の面からは当然のことであるが、船舶交通管制の面からも取り上

げられるようになった。他方、石油掘削リグなどの海洋構造物が多く設置されるにつれて、これらを支援する船舶との衝突問題も取り上げられるようになった。

衝突・座礁などの問題は本質的には動的現象である。しかし、多くの研究は衝突問題などを準静的に取り扱っている。即ち、衝突船の運動エネルギーと静的圧壊実験から求められる構造物の破壊に費やされるエネルギーとから、衝突船の限界速度の設定、被衝突船や被衝突海洋構造物の衝突強度と残存強度の推定あるいは被衝突海上固定施設の損傷防護構造物の設計などが検討されている。

造船学科第4講座（船体構造力学）では、数年来より、衝突・座礁などの問題を動的現象として取り扱ってきた。研究対象の1つは、衝突・座礁時に船体に作用する衝撃外力の推定であり、今1つは、衝撃外力を局所的にうける構造部材の動的強度と船体全体の動的構造応答を推定することである。

本稿では、衝撃外力の推定について述べる。

2. 衝撃外力の推定

2物体がある相対速度で衝突するとき、2物体間には反力が生じる。2物体の剛性が高くなると、この反力は衝撃力になる。準静的には、衝撃力はその時間積分である力積で与えられ、力積は2物体間での運動量の変化量から求めることができる。

衝撃外力が局所的に作用する構造部材の動的強度および船体全体の動的構造応答を求めるためには、衝撃力はその積分値である力積ではなく、その大きさの時間変化を求めなければならない。そのためには、2物体の接触部の変形を考慮する必要がある。

力学的モデルは図1で与えられる。

*船木俊彦 (Toshihiko FUNAKI), 大阪大学工学部, 造船学科, 助教授, 工学博士, 造船学

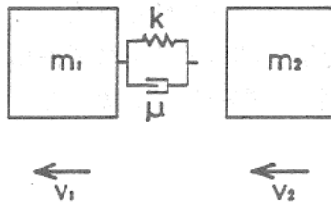


図1 力学的モデル

m_1, m_2 は2物体の質量, V_1, V_2 は2物体の速度, K, μ は接触部での仮想的なバネ定数と減衰係数である. K, μ は2物体が局所的に接触する箇所の構造部材それぞれのバネ定数(K_1, K_2)と減衰係数(μ_1, μ_2)とから計算される.

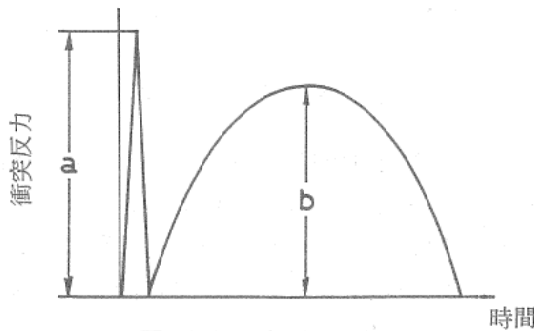


図2 衝突反力

2物体の衝突時の反力は図2に示すように求められる. a は衝突時の初期に発生する衝撃的な衝突力であり, b は引き続き生じる準静的な

衝突力である. その大きさと発生時間は, $m_1, m_2, V_1, V_2, K, \mu$ をパラメータとする関数である. 衝突する2物体が, 例えば, 船舶と船舶あるいは海洋構造物とその支援船とのように, 特定されれば衝突船の限界速度の設定が可能となる. また, 衝突力を用いて, 動的構造応答解析を行うことにより, 衝突船と被衝突船との耐衝突構造の設計が可能となる.

3. 応用例

本研究は表1に示すような各種の衝突問題への適用が可能であるが, 本稿では紙面の都合上, 船舶の接岸反力と砕氷タンカーの砕氷反力について述べる.

3.1 船舶の接岸反力

図3に船舶の接岸解析モデルを示す. 対象船はO社のPANAMAX TYPEのBULK CARRIERである. 対象船が0.1m/sec.の接岸速度でB社製の鋼製受衝板付きII型防舷材が設置されている岸壁にほぼ平行に接岸したときの接岸反力を図4に示す. 本例では, 接岸直後に発生する衝撃的な衝突力が僅かであることから, 防舷材と接触する船側構造部は引き続き発生する準

表1 モデル適応例

適応例	m_1	m_2	k_1	k_2	μ_1	μ_2
船体の π 型防舷材への接岸	受衝板の質量と受衝板の運動に伴うゴム部の等価慣性質量	船体の見掛け質量	ゴム部のバネ定数	受衝板の変形と船体変形に相当するバネ定数	ゴム部の減衰係数	k_2 に伴う減衰係数
船体のドルフィンへの接岸	ドルフィン頭部の質量	船体の見掛け質量	ドルフィン脚部のバネ定数	ドルフィン受衝部と船体変形に相当するバネ定数	脚部が変形するときに伴う減衰係数	k_2 に伴う減衰係数
船体の岸壁への衝突	∞	船体の見掛け質量	∞	船体衝突部と岸壁間のばね定数		k_2 に伴う減衰と流体による減衰係数
船体の冰山への衝突	冰山の見掛け質量	船体の見掛け質量	0	冰山表面と船首間よるのバネ定数	冰山周りの流体による減衰係数	k_2 に伴う減衰係数
船舶同士の衝突	被衝突船の見掛け質量	衝突船の見掛け質量	0	船体衝突部の局部バネ定数	被衝突船周りの流体による減衰係数	k_2 に伴う減衰係数
船体の橋脚への衝突	横荷重に対する等価慣性質量	船体の見掛け質量	横荷重による変形に対するバネ定数	橋脚の局部バネ定数	k_1 に伴う減衰係数	k_2 に伴う減衰係数
氷壁への衝突	∞	船体の見掛け質量	∞	氷壁表面と船首間のバネ定数		k_2 に伴う減衰係数

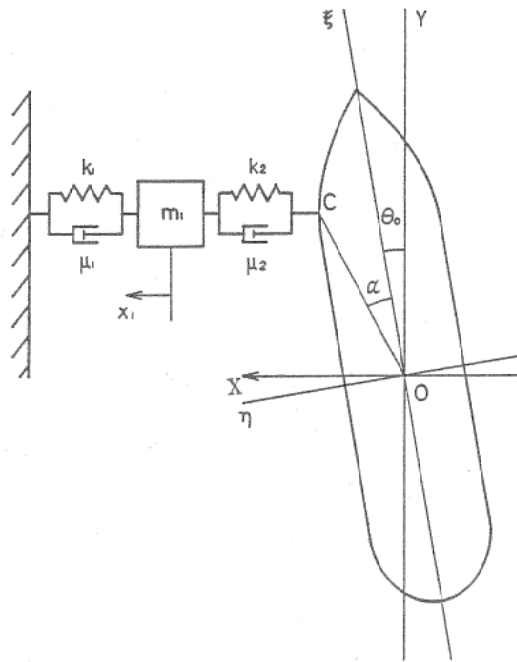


図3 船舶の接岸解析モデル

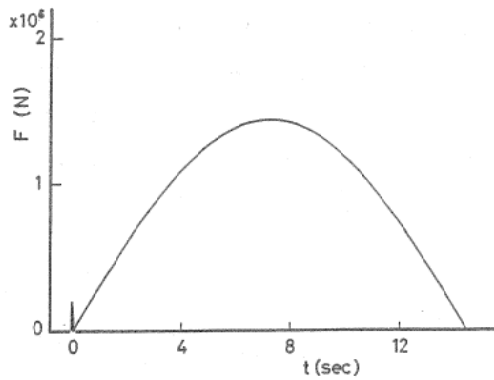


図4 接岸反力の計算例

静的な衝突力を考慮して設計すればよいことが判る。

3.2 砕氷タンカーの砕氷反力
対象船は冬期に結氷する海域で使用されるH社、K社計画の大型砕氷タンカーである。

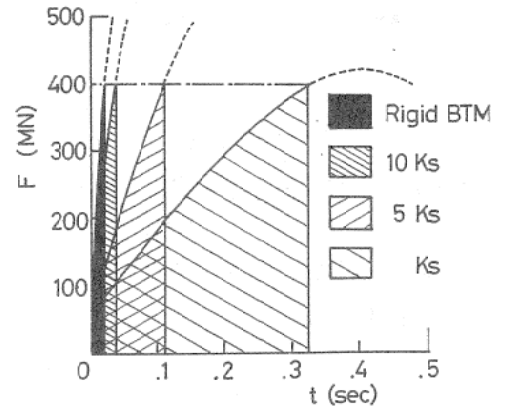


図5 砕氷反力の計算例

図5は、結氷海面を砕氷する箇所である船首船底部に（大洋を航行する船舶のスラミング衝撃圧力の場合のように）作用する衝撃的な砕氷反力の1例を示す。なお、本計算例では結氷の破碎強度を40MPと仮定している。

結氷を破碎する船首船底部の剛性（バネ定数 K_s ）の大きさにより、砕氷反力の作用時間が異なることが判る。本例では砕氷反力の作用時間が極めて短いことから、動的構造応答解析が必要となる。

4. おわりに

本研究は、村岸 治君、木口 栄君の卒業研究の一部である。

衝突問題をこのように動的表現として取り扱う研究は最近になって発表され始めた。今後の発展が期待される。