

## (Ⅱ - 44) 船舶の衝突力に関する実験的研究

運輸省港湾技術研究所 正会員 内藤 了二

運輸省港湾技術研究所 正会員 白石 悟

### 1. 研究の背景

近年、港湾において臨港道路の橋梁の建設事例が多くなっている。従来は橋脚に船舶が衝突した場合、橋脚本体に損傷が発生しないように設計されており、衝突船舶の損傷については特に配慮されていない。しかし臨海部を航行する小型船も多く、小型船は衝突による損傷に対して構造上弱い。そのため、橋脚の防衛工の機能として、船舶衝突時の衝撃力を和らげ橋脚を防護するとともに、衝突した船舶の損傷を軽減するように配慮した、船舶衝突防止工の設計手法の確立をめざしている。ただし、防衛工に対する衝突実験の例は少ないため、衝突現象を定量的に把握するため、線形型の他、防衛工の非線形性を考慮した反力漸増型、定反力型、高ヒステリシス型（載荷時は定反力型と特性が同様であるが除荷時にはヒステリシスロスがある）の防衛工模型を用いて、実験を行った。

### 2. 水理模型実験手法について

模型実験では図-1に示すように静水中に模型船舶（重量26.3kgf、20GT漁船の1/13相当）と防衛工模型をセットして漂流衝突させている。防衛工模型の設計では上田<sup>1)</sup>が提案した接岸エネルギーの算定式（以後技術基準の方法）を船舶の衝突エネルギーの算定式として準用させている。実験における衝突速度は模型縮尺と実験における再現性を考慮して10cm/s程度にした。反力とせん断力は、ロードセルを用いて計測しており、変位は防衛工模型の荷重伝達棒に変位計の芯棒を密着させて計測している。船舶の衝突速度は、天井にビデオカメラをセットして、模型船舶の挙動を録画し、これを後に画像解析することによって求めている。実験は、防衛工模型の種類ごと（4種）と、ばね定数ごと（ $K=0.2, 0.1, 0.05, 0.025$ kgf/mm）に衝突角度 $90^\circ$ で10回づつ行っている。さらに $K=0.05$ kgf/mmのときのみ衝突角度 $90^\circ$ と $45^\circ$ の2種類行っている。

### 3. 水理模型実験結果について

4種の模型に対する実験結果のうち、ここでは、線形型と高ヒステリシス型について示す。

図-2および図-4は、船舶の衝突速度と防衛工の変位の関係を防衛工の特性ごとおよびばね定数ごとに示したものである。ここではそれぞれ線形型と高ヒステリシス型の実験結果を示している。

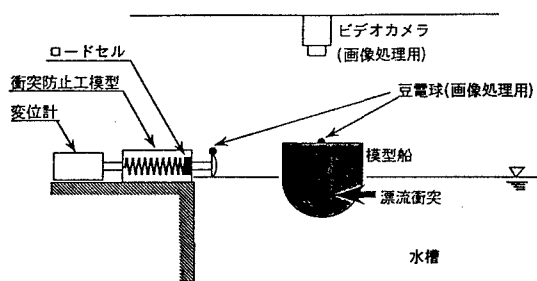


図-1 模型の配置

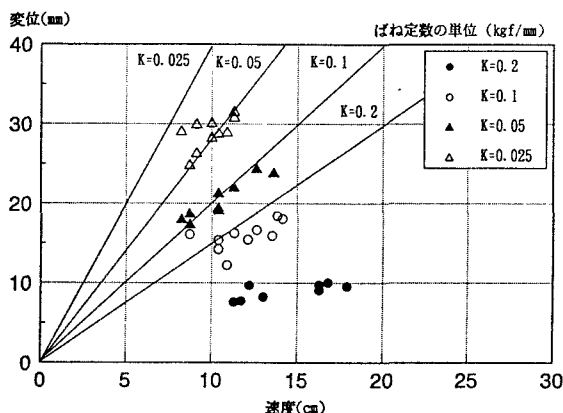


図-2 衝突速度と最大変位の関係（線形型）

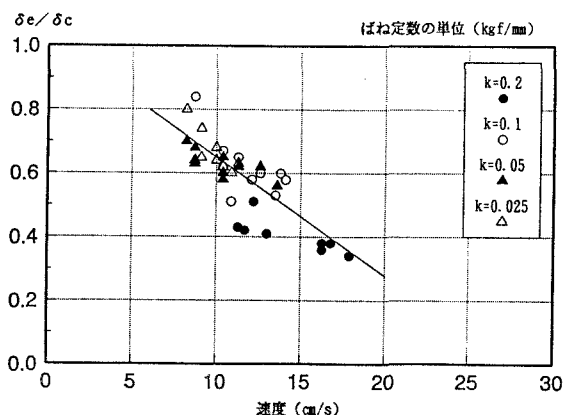


図-3 変位の低減比（線形型）

なお図中の実線は、技術基準の方法による計算値を示す。図-3および図-5は船舶の衝突速度と変位の実験値と計算値の比を防衛工の特性およびばね定数ごとに示したものである。ここで、変位の実験値に対する計算値の比を低減比と定義する。

線形型模型の実験結果は、ばらつきがみられるが衝突速度が大きくなるにつれて変位も大きくなる。実験値と計算値とを比較すると全体的に計算値の変位が大きくなっている。図-3をみると防衛工のばね定数が大きくなるにつれて低減比が0.4程度と小さくなっている。このことは実験値が技術基準の方法で求めた変位の計算値よりもかなり小さくなっていることを示している。

衝突角度 $90^\circ$ においては衝突時にヨーイングは生じておらず、ローリングが観察された。防衛工模型のばね定数が大きくなるにつれて実験値が計算値よりも小さくなるのは船舶の衝突エネルギーの一部が衝突点と重心のずれによる回転モーメントによって生ずるローリングにより消費されることに起因するものと思われる。

高ヒステリシス型模型の実験結果は線形型と同様に計算値の変位よりも実験値の変位が小さくなっている。図-5に変位の低減比を示しているが、 $K=0.05$ 、 $0.025\text{kgf/mm}$ のときには低減比が0.6~1.0の範囲に分布しており、 $K=0.2$ 、 $0.1\text{kgf/mm}$ のときに比べて低減比は1に近くなっている。同一のばね定数について比較すると高ヒステリシス型の低減比は線形型よりも大きい。高ヒステリシス型においては、衝突時のローリングが線形型と比較するとあまり観察されてない上、衝突後に船舶が防衛工模型から離される距離が小さいことから、船舶の衝突エネルギーをこの防衛工の特性であるヒステリシスロスを生かして吸収したものと考えられる。高ヒステリシス型は衝突後の船舶の動揺が抑えられるため、小型船に対する安全性が確保される可能性があると思われる。

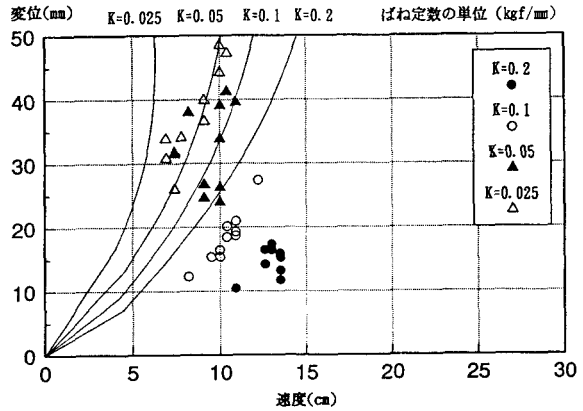


図-4 衝突速度と最大変位の関係  
(高ヒステリシス型)

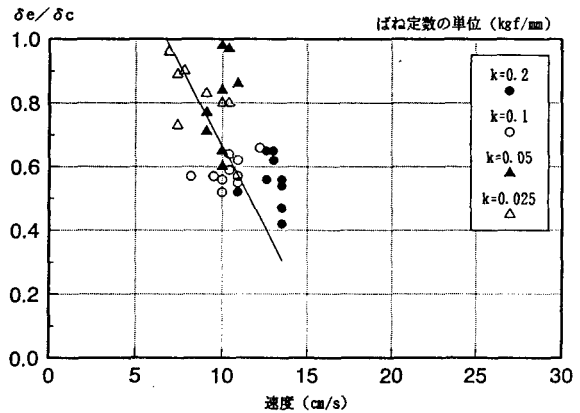


図-5 変位の低減比 (高ヒステリシス型)

#### 4. 結論

- 1) 船舶の衝突によって生ずる防衛工の変位は、現行の技術基準の方法の計算値よりも小さい。原因として考えられるのは衝突時にローリングによる衝突エネルギーの一部が消費されているためである。
- 2) 船舶の衝突速度と変位の関係が定量的に明らかになった。変位の低減比には衝突速度、ばね定数の大小、ヒステリシスの大小が影響する。

#### 5. 今後の課題

今後は衝突現象の計算モデルを作成し、実験結果と比較するとともに船舶衝突防止工の設計手法についてとりまとめたい。

#### 参考文献

- 1) 上田 茂他：港湾の係留施設における防衛工の設計について，港湾技研資料No.596，1987年9月