

|           |     |        |
|-----------|-----|--------|
| 大阪市立大学工学部 | 正員  | 永井 莊七郎 |
| 〃         | 正員  | 小田 一紀  |
| 大 阪 市 役 所 | 正員  | 小川 俊介  |
| 大阪市立大学大学院 | 学生員 | ○ 川本 清 |

## 1. 緒言

本州四国連絡橋の建設予定地点は、いずれも潮流が速く、しかも航行船舶が輻輳する狭水道である。例えば交通量が最も多い明石海峡では、昭和46年7月の調査によると、1日平均船舶通航隻数は2,024隻、備讃瀬戸東部で1,462隻、また来島海峡で1,135隻にも及んでいる。このような狭水道に超大な橋脚が建設されると、通行船舶への影響は大きく、荒天時や濃霧の際、或いは夜間に船舶が橋脚に衝突する危険性が十分に考えられる。

また海底地盤調査の際のボーリング・タワーや架橋工事中の建設構造物への衝突の例も既にあり、十分な安全対策を講ずる必要がある。

本研究においては、このような橋脚等、海中の構造物に接近した船舶を安全に構造物から離し、船舶と構造物の衝突による相互の被害を未然に防止する衝突防止施設を開発することを目的とし、その構造ならびに効果について、水槽における模型実験および理論によって検討した。

本稿は以下に示すようにこの研究の初めの予備的な部分を取りまとめたものである。

## 2. 衝突防止施設の構造ならびに対象船舶

水深が深い海域における船の衝突に対して、船に大きな衝撃力を与えないで、緩やかにその運動を誘導するような機能をもつ施設として図一／に示すような浮き形式の衝突防止施設が最も適している。

これは適当な浮力を持ち、船腹への単位面積当りの反力を軽減させるような特性を有するフロートをロープで連結し、その両端を係留された大型ブイで引張る、極めて簡単な構造である。

対象船舶は「環橋」予定海域における船舶交通の動態調査<sup>4)</sup>等の資料に基づき、大きさとして1000~2000G/Tとした。慮して、8~10 艘とした。

### 3. 研究方針

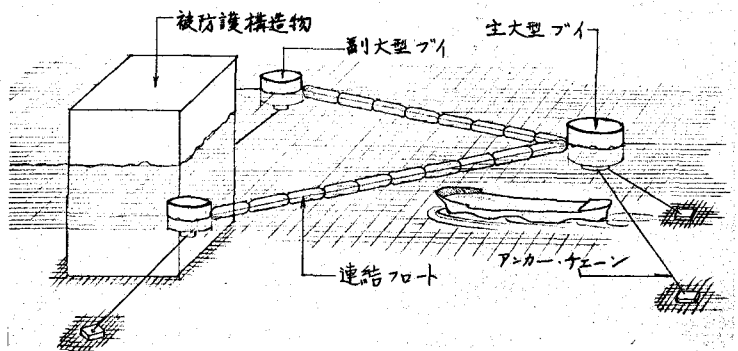


図-1 衝突防止施設の構造

問題を単純化し、衝突防止施設に衝突したときの船舶の運動や連結フロートのロープに働く張力に関する現象の概要を把握するため、研究の予備的段階として、連結フロートの両端を柱に固定した場合の研究を行った。本稿はこれととりまとめたものである。

#### 4. 実験設備および方法

実験は大阪市立大学工学部河海工学研究室の長さ42m、幅12m、深さ25cmのコンクリート製水槽で行った。実験の幾何学的縮尺は1/50である。フロートの模型は長さ18.0cm、直径9.0cmの、両端に半球面をもった円筒形で、材料はウレタン・スポンジ・ゴム( $\rho=0.24$ )である。ロープの模型としては伸びの特性を表わす $AE$ ( $A$ :断面積,  $E$ :ヤング率)の値が約 $0.8 \sim 1.2 \times 10^4 \text{ kg}$ の広い範囲にわたる種々な材質のものを用いた。張力計は歪ゲージを貼った直径30mm、厚さ1.0mm、幅10.0mmの真鍮製のリングゲージを用いた。船の推進方法としては船の先端に細いナイロン糸をつけ、吊るした重錘の重量で牽引する方法と、また手えうれに船速(定速)になるように重錘重量を調節した。船の運動は水面上15cmのところに直径5mmのワレモノロープを50cm間隔で張り、落盤目をつくり、水面上6.0mの位置に設けられた16mmシネカメラにより撮映し解析した。

#### 5. 理論

図-2に示すように、点 $P_0$ において連結フロートに衝突した船が、連結フロートからの反力を受けながら $P$ 点に達する。このときの船体の運動方程式は次のように表わされる。

$$M_x \ddot{x}_G = f_0 \phi - f_x \quad (1)$$

$$M_y \ddot{y}_G = f_0 - f_y - C(\dot{y}_G)^2 \quad (2)$$

$$I \ddot{\phi} = a f_x - b f_y - r f_0 \phi \quad (3)$$

上式を接触点 $(x, y)$ を用いて表すと、次のような3元2階非線型連立微分方程式をうる。

$$\ddot{\phi} = (a f_x - b f_y - r f_0 \phi) / I \quad (4)$$

$$\ddot{x} = (f_0 \phi - f_x) \cos \theta / M_x + \{ f_0 - f_y - C(\dot{x} \sin \theta + \dot{y} \cos \theta - b \dot{\phi})^2 \} \sin \theta / M_y - (a f_x - b f_y)(a \cos \theta - b \sin \theta) / I \quad (5)$$

$$\ddot{y} = \{ f_0 - f_y - C(\dot{x} \sin \theta + \dot{y} \cos \theta - b \dot{\phi})^2 \} \cos \theta / M_y - (f_0 \phi - f_x) \sin \theta / M_x + (a f_x - b f_y)(b \cos \theta + a \sin \theta) / I \quad (6)$$

ここに

$$f_x = T(x, y) \frac{\rho_0 x}{(\rho_0 + y)(\rho_0 - y)} (\phi \sin \theta_0 + \cos \theta_0)$$

$$f_y = T(x, y) \frac{\rho_0 x}{(\rho_0 + y)(\rho_0 - y)} (-\phi \cos \theta_0 + \sin \theta_0)$$

$$a f_x - b f_y = T(x, y) \frac{\rho_0 x}{(\rho_0 + y)(\rho_0 - y)} \{ (a \sin \theta_0 + b \cos \theta_0) \phi + (a \cos \theta_0 - b \sin \theta_0) \}$$

ただし

$M_x, M_y$ : 模型船の $x_G, y_G$ 方向の見掛け質量

$I$ : 模型船の回転の運動を考える場合の船体の中心軸周りの見掛け慣性モーメント

$C$ : 模型船の船首方向の運動に対する抵抗係数

$T_0$ : 連結フロートのロープに働く初期張力

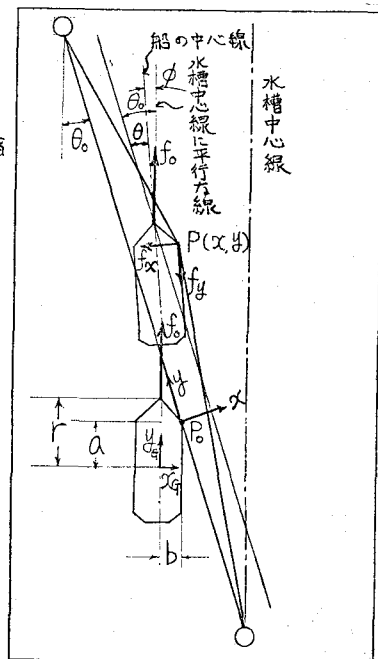


図-2 座標系

$P_0$ : 連結ロープの先端から衝突点までの距離

$L_0$ : 衝突点から連結ロープの末端までの距離

$L$ : 連結フロートの全長

$\theta: \theta_0 - \phi$

AE: Aは連結フロートのロープの純断面積, Eはロープのヤング率

これらを Runge-Kutta-Gill 法を用いて6元1階連立微分方程式に変換し、数値解析を行うと船の運動およびロープに働く張力の解が得られる。

## 6. 理論値と実験値との比較

図-3は連結フロートのロープに働く張力 $T$ の理論値と実験値の比較を示す。この図から明らかなように理論値と実験値とはよく一致している。また図-4からロープの最大撓み $\delta_{max}$ ( $X$ の最大値)に関しては理論値は実験値より全体に3cm程度大きい。これは連結フロートを一本のなめらかな線として取り扱った理論に対して実験においては最大撓み附近においてフロートの長さの線分が連続した、折れ線状となり理論と実験における撓み点の状態に相違があるためである。この点に関して理論に約2.3cmの補正を施すと理論値と実験値はよく一致する。

さらに詳しいことは、才19回海岸工学講演会に発表する予定である。

本研究の全般的な指導および理論的解析は永井、小田が行い、数値計算および実験は小川、川本が行った。また研究全般にわたって研究員の大田亘君に多大の協力を得た。

## 参考文献

(1) 本州四国連絡橋航行安全調査報告書 (46年度) 日本海難防止協会

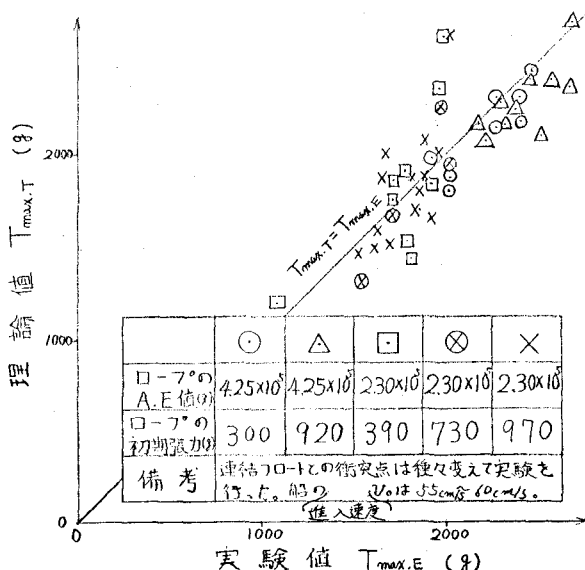


図-3 張力 $T$ の理論値と実験値との比較

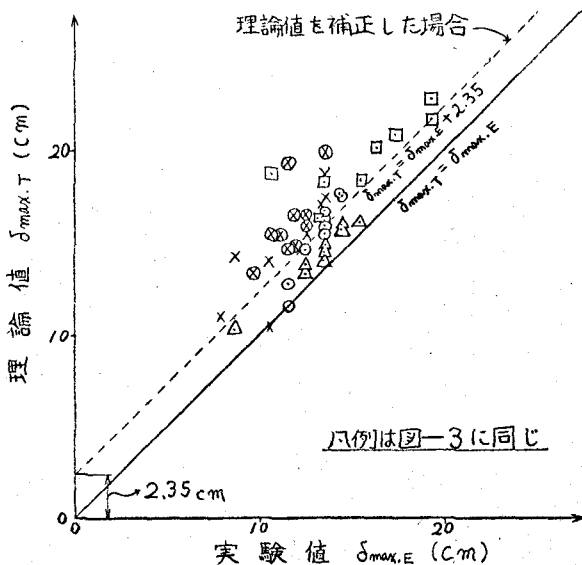


図-4 撓み $\delta$ の理論値と実験値との比較