

繫船岸の防衝工について

肥 後 春 生*

1. 緒 言

筆者等は、直轄港湾工事技術研究会の一分科会である防衝工分科会によつて、昭和 29 年以来、防衝工に関する実験研究を進めてきたが、昭和 32 年 10 月、一応の成果を修め得たので、ここにその概要を公表する次第であるが、関係各位の御参考となれば幸いである。

防衝工の設計は、着岸エネルギーの想定と、衝撃力の評価の二つの問題に分かれ、それぞれ次のような順序に従つて考えることができる。

1. 着岸エネルギーの想定
 - a) 対象船舶と排水トン数
 - b) 船舶の接岸速度
 - c) 船舶の仮想質量
 - d) 有効着岸エネルギー
2. 衝撃力の評価
 - a) 着岸エネルギーの吸収
 - b) 衝撃力の計算
 - c) 船舶の限界側面荷重強度

2. 有効着岸エネルギーの想定

船舶の接岸時の運動エネルギーは、船舶の接岸速度を V 、船舶の仮想質量を M とすれば、 $\frac{1}{2}MV^2$ で表わされる。この各項について、以下述べることにする。

(1) 対象船舶と排水トン数

船舶の全重量は、積荷のいかんによつて、大きく変化する。空荷の場合には、重量は小さくても、接岸速度が大きくなるので、エネルギー量は満載の場合と同じくらいになりうる。一般には満載の場合を考慮するが、中小船舶を対象とする施設では、空荷の場合も考慮する必要がある。

船舶の質量は、排水トン数を重力の加速度 g で除したものであるが、船舶の構造・用途などの違いから、排水トン数と総トン数（あるいは純トン数・重量トン数など）との間の関係を一義的に定めることはできない。

貨物船については、既往の資料から統計的に次のような関係が成り立つことがわかっている³⁾。

$$\text{満載時：D.T.} = 1.8 \text{ G.T.} + 1400 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{半載時：D.T.} = 1.15 \text{ G.T.} + 950 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{空船時：D.T.} = 0.5 \text{ G.T.} + 500 \dots\dots\dots (3)$$

ただし、D.T.：排水トン数 (Displacement tonnage)

G.T.：総トン数 (Gross tonnage)

表-1 排水トン数と総トン数との関係

| 排水トン 総トン | 満 載 時 | 半 載 時 | 空 船 時 |
|-------------|---------|---------|---------|
| 1 000 t | 3 200 t | 2 100 t | 1 000 t |
| 2 000 | 5 000 | 3 250 | 1 500 |
| 3 000 | 6 800 | 4 400 | 2 000 |
| 5 000 | 10 400 | 6 700 | 3 000 |
| 8 000 | 15 400 | 10 150 | 4 500 |
| 10 000 | 19 400 | 12 450 | 5 500 |
| 15 000 | 28 400 | 18 200 | 8 000 |
| 20 000 | 37 400 | 23 950 | 10 500 |

近似的には次式によつて求められる。

$$\text{D.T.} = \eta \times \rho_w \times L \times B \times D \dots\dots\dots (4)$$

η ：係数で 0.7~0.75

ρ_w ：海水の比重

L ：船長 (m)

B ：船幅 (m)

D ：吃水線以下船底までの深さ (m)

(2) 船舶の接岸速度

船舶の接岸速度は、船舶の大小、操船技術の巧拙、繫船施設の構造、気象条件、潮流の状況などによつて異なる。

大型船が曳船によつて、岸壁に平行に着岸する場合には、接岸速度は小さいが、強い風が海側から岸壁に直角に吹きつける場合や、棧橋構造で潮流がある場合には、相当大きくなることが予想される。

船舶の接岸速度は、このような風による漂流速度や航行条件から、大体的見当をつけ、実測例などを参考にして決められる。

a) 風による漂流速度

船舶の漂流速度は、風力と、それによる漂流を妨げる海水の抵抗との関数として表わされる。すなわち、船舶に作用する力——風力と海水の抵抗と——の合力のなす仕事は、船舶の運動エネルギーの変化に等しい、とおいて方程式を解けば、漂流速度が求められる。

一般に、船舶の側面に作用する風力を F_s 、海水の抵抗を F_w とすれば、 F_s, F_w は次のような形で表わすことができる。

$$F_s = \alpha S_1 U^2 \text{ (kg)} \dots\dots\dots (5)$$

α ：係数 (kg·sec²/m⁴)

* 正員 運輸省港湾局直轄港湾工事技術研究会防衝工分科会委員長
第三港湾建設局検査官

S_1 : 曝露面積 (m²)

U : 風速 (m/sec)

$$F_w = \beta S_2 V^2 \quad (\text{kg}) \dots\dots\dots (6)$$

β : 係数 (kg·sec²/m⁴)

S_1 : 吃水下投射面積 (m²)

V : 漂流速度 (m/sec)

よつて、次の方程式

$$(F_s - F_w) dx = \frac{M}{g} V \alpha V \dots\dots\dots (7)$$

を、初期条件: ($x=0$ で $V=0$) のもとに解けば

$$V^2 = \frac{\alpha S_1}{\beta S_2} \{1 - e^{-2\beta S_2 \frac{g}{M} x}\} U^2 \dots\dots\dots (8)$$

が得られる。従つて、限界漂流速度は次のようになる。

$$V = \sqrt{\frac{\alpha S_1}{\beta S_2}} U \dots\dots\dots (9)$$

F. Visioli は F_s, F_w について、次のような式を出している¹⁾。

$$\left\{ \begin{aligned} F_s &= 0.08 S_1 (U - V)^2 \approx 0.08 S_1 U^2 \dots\dots (10) \\ F_w &= 60 S_2 V^2 \dots\dots\dots (11) \end{aligned} \right.$$

これを用いれば

$$V^2 = \frac{1}{750} \frac{S_1}{S_2} \{1 - e^{-120 S_2 \frac{g}{M} x}\} U^2 \dots\dots\dots (12)$$

また P. Callet は次のような式を出している¹⁾。

$$\left\{ \begin{aligned} F_s &= \frac{1}{16} S_1 U^2 \dots\dots\dots (13) \\ F_w &= 82.5 \left(\frac{h}{P}\right)^2 S_2 V^2 \dots\dots\dots (14) \end{aligned} \right.$$

ただし、 h : 水深 (m)

P : 余裕水深 = 水深 - 吃水 (m)

これを用いれば

$$V^2 = \frac{1}{1320} \left(\frac{P}{h}\right)^2 \frac{S_1}{S_2} \{1 - e^{-165 \left(\frac{h}{P}\right)^2 S_2 \frac{g}{M} x}\} U^2 \dots\dots (15)$$

P. Callet の式は、船を無限に長いものとして、二次元的な取扱いをし、海水は船の前後をまわつて移動することも、船の移動方向に逃げることもないという仮定のもとに、縮脈係数 0.8 のオリフィスと考え、その損失水頭が、すべて船舶に対する抵抗力に変わるものとして、近似式をたてたものである。従つて P. Callet の式は、岸壁に接近した場合の、漂流速度を与えるものと考えられる。

これに反し、F. Visioli の式は、岸壁から船が遠く離れているときの実験式であり、棧橋やドルフィンのように、海水が比較的自由に移動できる構造に適用されるものと考えられる。

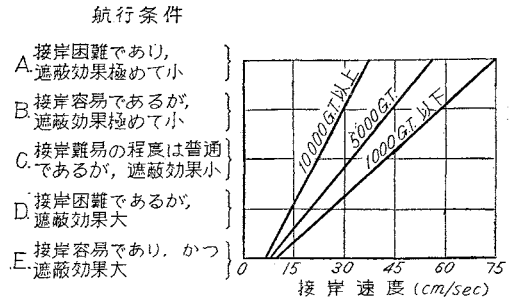
いずれにせよ、これらの式は、接岸速度の目安を与える程度のものにすぎず、実測例などを参考にして決めなければならない。

b) Water-cushion について 船舶が、岸壁構造のような不透過繫船岸に接岸する場合には、water-cush-

ion と称される現象によつて、接岸速度がかなり緩速されることがわかっている。これは、前項の P. Callet の考えのごとく、船腹と岸壁との間に狭まれた水の水頭圧によるものであり、余裕水深が大きな影響をもつであろうということは十分考えられることであるが、この現象が、どの程度接岸速度に影響するか不明な点が多いので、目下、運輸技術研究所港湾施設部で実験研究を行なつてゐる。

c) 航行条件による接岸速度 第 18 回国際航路会議に提出された論文のなかで Vasco Costa および A.L.L. Baker は、各種航行条件のもとでの適当な接近速度を次のように図示した¹⁾。これは与えられた条件に対する接岸速度の評価に役立つであろう。

図一 航行条件と接岸速度



d) 各港における接岸速度の実測例 前述のごとく、構造物の形式、気象・海象条件などにより異なるが、平均 5~6 cm/sec で、大部分の実測値は 10 cm/sec 以下であり、15 cm/sec を越えるものは、きわめてまれである。500~1000 G.T. 級の小型船舶の接岸速度は一般に大きいという点、注意を要する。

e) 各港における設計例 最近施工または設計されたものについて、文末の付表に、設計衝撃力、接岸速度などを表示した。

(3) 船舶の仮想質量

船舶の運動エネルギーを計算する場合、単に船舶の重量だけを考えるわけにはゆかない。すなわち、横方向に移動している船舶が、急激に移動を止められた場合、その衝撃力には、船舶の質量のほかに、船舶にともなつて動いている水の影響が加わってくる。この影響を M'' とし、これを船舶のみの重量 M' に加えて

$$M = M' + M'' \dots\dots\dots (16)$$

の重量の船舶と同等な効果を見出すものとする。

M'' を付加質量 (Additional mass)

M を仮想質量 (Virtual mass)

という。

付加質量については、T.E. Stelson と F.T. Mavis とが実験を行なつてゐるが²⁾、その結果によると、

“船舶のように、長さが幅あるいは高さにくらべ

て大きい場合には、吃水の高さを直径とし、船長を長さとする円壩体と等容積の水量をもつて、付加質量と考えてよい。”

としている。すなわち、

$$M'' = \frac{\pi}{4} D^2 L \cdot r_w \dots \dots \dots (17)$$

D : 吃水 (m)

L : 船長 (m)

r_w : 海水の密度 (t/m^3)

しかし、常識的には、付加質量は接岸速度の大きさ、および減速勾配(すなわち、緩衝行程の長短)に大いに支配されるものと考えられるが、(17)式にはこのことが考慮されていない。この件についても目下、運輸技術研究所で実験・研究を行なっている。

現状では、多少安全側にかたよるが、(17)式によつて付加質量を計算すべきであると考ええる。

(4) 有効着岸エネルギー

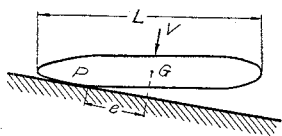
船舶のもたらす運動エネルギーは、次のような機構によつて吸収される。

- a. 船舶のローリング
- b. 船舶の縦方向回転
- c. 船舶の変形
- d. 繫船施設(防衝工もふくめて)の変形

このうち、a. の船舶のローリングによる吸収はきわめて少ないもので、このさい問題とするにたらない。

全運動エネルギーから、船舶の縦方向回転によつて吸収されたものを除くエネルギー、すなわち、運動系(船舶)と、繫船施設とによつて吸収されるべきエネルギーを、有効着岸エネルギー (Effective impact energy) ということにする。

船舶が接岸する場合には、繫船岸に平行に、「線接触」することはまれであり、多くの場合、繫船岸とある角度をなして接岸する「点接触」となる。



この接触点と船の重心とを結ぶ方向が、接近速度の方向と一致しないかぎり、船舶は回転を起し、この回転によつて、運動エネルギーの一部は失われる。

このことに関する M. Pages の論文 (Anarales des Ports et Chaussées 1952) を P. Callet が紹介している¹⁾。それによると、

r を水平面での船の重心のまわりの回転半径

e を岸壁に平行に測つた接触点 P から船の重心までの距離

とし、「船の横方向の運動に対し、なんらの抵抗も働かない」と仮定すると(この仮定は重要であり、今後抵抗を無視しない場合についても考慮される必要があ

るのだが)、船の回転のために失われるエネルギーは

$$\frac{MV^2}{2g} \cdot \frac{\left(\frac{e}{r}\right)^2}{1 + \left(\frac{e}{r}\right)^2}$$

ここで、 M は仮想質量、 V は繫船岸に直角な方向の速度である。従つて、有効着岸エネルギー E は、

$$E = \frac{MV^2}{2g} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{e}{r}\right)^2} \dots \dots \dots (18)$$

となる。

船舶回転半径は、船の水平断面を近似的に細長い矩形、あるいは長方ダ円と考えると、船長 L の約 $1/4$ とする。

また接触点は、通常、船首あるいは船尾から $1/4 L$ 付近の、いわゆる「 $1/4$ 点衝撃」が最も多いことが知られている。

このような場合、有効着岸エネルギーは

$$E = \frac{MV^2}{2g} \times \frac{1}{2} \dots \dots \dots (19)$$

となる。すなわち、「 $1/4$ 点衝撃」の場合の有効着岸エネルギーは、全運動エネルギーの半分と考えてよい。

接触点が、船首または船尾にきわめて近いような、極端な場合には、 $e = \frac{1}{2} L$, $e/r = 2$ であるから

$$E = \frac{MV^2}{2g} \times \frac{1}{5} \dots \dots \dots (20)$$

すなわち、全運動エネルギーの $1/5$ が有効なものと考えられる。防衝工は、その取付位置により、これらの値を参考にして設計すれば、経済的なものとなるであろう。

3. 衝撃力の評価

前項までにおいて、運動系に着目して、設計に考慮すべき着岸エネルギーを想定した。このエネルギーを、

- (i) 船舶に損傷を与えないように
- (ii) 繫船構造物をも保護するように

安全に吸収するためには、どんな考慮が払われたらよいかを次に述べる。

(1) 着岸エネルギーの吸収

前述のごとく、有効着岸エネルギーは、次のような変形によつて吸収されるものと考えられる。

- a. 船体の変形 { 局部的変形
 { タワミによる変形
- b. 繫船施設の変形 { 防舷材の変形
 { 構造物の変形

(A) 船体の変形によるエネルギーの吸収 船体の変形は、局部的変形と、船全体としてのタワミによる変形とに分けて考えられる。

a) 局部的変形：衝撃反力が過大なため、永久変形を

生ずることのないようにしなければならず、その限界側面荷重強度は、(3)に述べるとく、比較的小さい値である。従つて、局部的変形によるエネルギーの吸収はきわめて小さく、通常これを考慮しない。

b) タワミによる変形：繫船施設が、緩衝行程の大きい防衝装置を備えているような場合には、船舶が吸収するエネルギーは、ほとんど無視されるほど小さいが、これに反して、きわめて小なる変形しかできないような剛な繫船施設では、ほとんど大部分のエネルギーは船体のタワミによる変形、および、これにもとづくタワミ振動によつて吸収されるものと考えられる。

船舶を、船長だけの長さを有する一様なハリとし、これが衝撃力 P を受けたときの平均タワミを δ_m とすれば、

$$C = \frac{P}{\delta_m}$$

は平均のバネ係数 (spring constant)、(単位の変形を生ぜしめるに必要な力) とみなすことができる。

δ_m は、船の横断面の垂直軸に関する断面二次モーメント I_0 、鋼の弾性係数 E 、および船長 l から計算によつて求められるが、これらを用いれば、 C は次式で表わされる。

$$C = K \frac{EI_0}{l^3} \dots \dots \dots (21)$$

K : 係数 $\begin{cases} \text{衝撃点が中央のとき} & 320 \\ \text{衝撃点が端部のとき} & 120 \end{cases}$

従つて、許容平均タワミ量を δ_a とすれば、船体のタワミによるエネルギー吸収量は $\frac{1}{2} C \delta_a^2$ となる。

しかし、船体の変形によるエネルギーの吸収を期待するかどうかは、繫船施設の剛度のいかん (バネ係数の大小) にかかつており、通常、安全側を与えるものとしてこれを考慮しないのが一般である。

(B) 繫船施設の変形によるエネルギーの吸収 エネルギーは、岸壁、棧橋、ドルフィンなどの繫船構造物の変形や、防舷材などの繫船岸付属設備の変形、あるいは変位によつても吸収される。

このうち、重力式岸壁の変形によるエネルギーの吸収はきわめて微々たるものであり、考慮する必要はないが、棧橋やドルフィンでは計算によつて、また防舷材についても実験や計算によつて、エネルギーの吸収能力を知ることができる。

すなわち、このような計算や実験で得られた結果から

防舷材のバネ係数を C_f
 繫船構造物のバネ係数を C_s'
 繫船施設全体のバネ係数を C_s

とすれば、

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_f} + \frac{1}{C_s'} \dots \dots \dots (22)$$

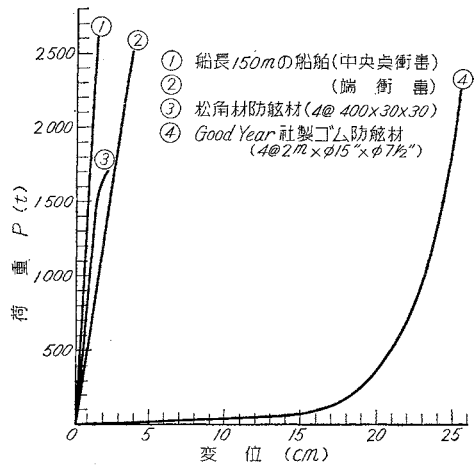
という関係が得られる。もしこれに、船体の変形によるエネルギー吸収をあわせて考えるものとする、船体の縦軸に関するバネ係数を C_v として、全体の合成バネ係数 C_a は次のようになる。

$$\frac{1}{C_a} = \frac{1}{C_f} + \frac{1}{C_s'} + \frac{1}{C_v} \dots \dots \dots (23)$$

このようにして求められたバネ係数 C を用いれば、変形量 δ があまり大きくない間のエネルギー吸収量は $\frac{1}{2} C \delta^2$ 、反力は $C \delta$ となる。

次に、二、三のものについての荷重—変位曲線を図示する。

図—3 荷重—変位曲線



(2) 衝撃力の計算

船舶、防舷材および繫船構造物の荷重—変形 (位) 特性がわかれば、次のようにして衝撃力を求めることができる。

(i) 計算による方法：

| | |
|---------------|----------------|
| 船舶の荷重—変形特性 | $p = f(\xi)$ |
| 防舷材の荷重—変形特性 | $p = g(\eta)$ |
| 繫船構造物の荷重—変形特性 | $p = h(\zeta)$ |
| 有効着岸エネルギー | E |
| 衝撃力 | P |

とすれば

$$E = \int_0^x f(\xi) d\xi + \int_0^y g(\eta) d\eta + \int_0^z h(\zeta) d\zeta \dots \dots (24)$$

$$P = f(x) = g(y) = h(z) \dots \dots \dots (25)$$

より、 x, y, z を消去して P を求めることができる。ここに、 ξ, η, ζ はそれぞれの変形量、 p はそれに反応する荷重を表わす。

かりに、荷重—変形特性が、ともに一次式で表わされるものとする、

$$E = \frac{1}{2} C_v x^2 + \frac{1}{2} C_f y^2 + \frac{1}{2} C_s' z^2 \dots \dots \dots (26)$$

$$P = C_v x = C_f y = C_s' z \dots \dots \dots (27)$$

となるから、これを解いて

$$P = \sqrt{\frac{2C_v C_f C_s' E}{C_v C_f + C_f C_s' + C_s' C_v}} \dots\dots\dots(28)$$

をうる。ここに

- C_v : 船舶のバネ係数
- C_f : 防舷材のバネ係数
- C_s' : 繋船岸のバネ係数

であることは前述のとおりである。

さらに、 C_v, C_s' が C_f にくらべて非常に大きい場合には、近似的に

$$P = \sqrt{2C_f E} \dots\dots\dots(29)$$

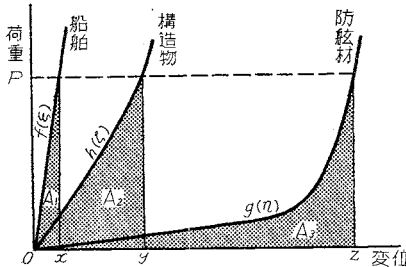
となる。

(ii) グラフによる方法：船舶、防舷材および繋船構造が物の荷重—変形曲線を、図—4 のごとく同一のグラフに書き、同一の荷重 P に対して

$$E = A_1 + A_2 + A_3$$

になるように P を定めれば、 P が衝撃力となる。

図—4



以上のようにして求められた衝撃力 P は、繋船構造物の設計外力以上であつてはならず、また次に述べるように、 P を接触面積 A で除した値 $\frac{P}{A}$ が、船舶の限界側面荷重強度を越えるようなものであつてはならない。もし、このような条件を満足しない場合には、防舷材の構造を変えるか、または繋船構造物を強固にしなければならない。

(3) 船舶の限界側面荷重強度

船舶は、着岸時に受ける反力に対して特に安全なようには設計されていない。

船舶の側面が、どのくらいの荷重に耐えうるかについて、P. Callet は次のように述べている¹⁾。

表—2 船舶の限界側面荷重強度 (t/m²)

① Transverse System (貨物船・客船)

| 船舶の大きさ (G.T.) | | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 以上 |
|---------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 防衛工の幅(m) | | | | | | | | | | | |
| 肋骨から抑えられる強度 | 1.0 | (16.1) | (22.1) | (26.3) | (29.4) | (31.8) | (33.7) | (35.2) | (36.0) | (36.6) | (36.8) |
| | 1.5 | (10.8) | (14.9) | (17.7) | (19.8) | (21.5) | (22.7) | (23.7) | 24.3 | 24.7 | 24.8 |
| | 2.0 | 8.6 | 11.9 | 14.1 | 15.8 | 17.2 | 18.1 | 18.9 | 19.4 | 19.7 | 19.8 |
| | 2.5 | 6.8 | 9.3 | 11.1 | 12.4 | 13.4 | 14.2 | 14.8 | 15.2 | 15.4 | 15.5 |
| | 3.0 | 5.8 | 8.0 | 9.5 | 10.6 | 11.5 | 12.2 | 12.7 | 13.0 | 13.2 | 13.3 |
| | 3.5 | 5.1 | 7.1 | 8.4 | 9.4 | 10.2 | 10.8 | 11.2 | 11.5 | 11.7 | 11.8 |
| 4.0 | 4.7 | 6.5 | 7.7 | 8.6 | 9.3 | 9.9 | 10.3 | 10.6 | 10.7 | 10.8 | |
| 外板から抑えられる強度 | | 10.1 | 12.2 | 14.3 | 16.4 | 18.5 | 20.6 | 22.8 | 24.9 | 27.0 | 29.1 |

註：衝撃力が外板を通して肋骨に伝達されるような防衛工の場合は、カッコ内の値は「外板から抑えられる限界側面荷重強度」まで下げなければならない。

(船舶) (荷重状況) (弾性限度)

- (i) 大きな面積に分布する荷重力に対し： 40 t/m²
- 横断方向のシステムで作られた大型客船 (ii) 水平な直線上に分布する荷重力に対し： 80 t/m²
- (iii) 甲板に集中している垂直な直線上に分布する荷重力に対し： 400 t/m²
- 縦方向のシステムで作られた大型油槽船 “Bérenice” 型について (i) 大きな面積に分布する荷重力に対し： 20 t/m²
- (ii) 垂直な直線上に分布する荷重力に対し： 30 t/m²
- (iii) 肋骨支材上に集中している水平な直線上に分布する荷重力に対し： 100 t/m²

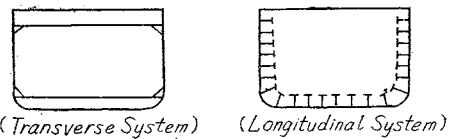
このような規定は、防衛工の設計にとつては不適当であるので、接触面積に対応して、側面の限界荷重強度が分るように計算した結果が必要である。

(A) 船舶の構造 船舶は、その構造より大別して次の二つになる。

- { Transverse System……貨物船および客船
- { Longitudinal System…タンカー

前者は P. Callet の「横方向のシステムで作られた」船舶に対応し、後者は「縦方向のシステムで作られた」船舶に対応する。それぞれ構造様式が異なるから、強度計算も別に行なう必要がある。

図—5

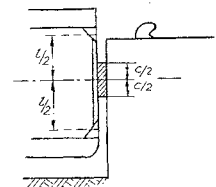


(B) 計算方法

(a) Transverse System:

肋骨スパンの中央が、防衛工の中央と一致するような状態について計算する。肋骨のスパンは、上下の肘板の中央の距離とし、甲板および船底を支承とする両端固定のハリと考えるので

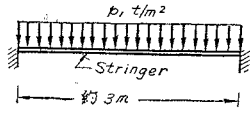
図—6



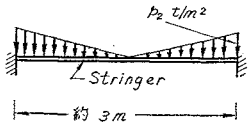
② Longitudinal System (油槽船)

| 防衛工の状態 | 船舶の大きさ | |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | 小型油槽船 (1 000~ 2 000 G.T.) | 大型油槽船 (10 000~ 20 000 G.T.) |
| Stringer から抑えられ 強度 | 10 | 15 |
| 接触面が変形しやすい場合 (p_1) | 25 | 35 |
| 接触面が変形しにくい場合 (p_2) | | |
| 外板から抑えられる強度 | 10 | 20~30 |

註



: 防衛工の接触面が変形しやすい場合



: 防衛工の接触面が変形しにくい場合

あるが、外板も一緒にしてT型断面のハリとし、外板は肋骨に支持された連続バリと考える。

(b) Longitudinal System.: 便宜上、満載吃水線に近い stringer について計算することとし、その構造は前者の肋骨と同様、外板を frange とするT型バリで web によつて固定されたものとする。

外板は stringer に支えられた連続版と考える。

(c) 鋼の強度は、降伏点に対応する値(SM 41...2 300 kg/cm²)をとつた。限界側面荷重強度とした理由である。

鋼船構造規定¹⁾には、外板や肋骨についての最低限が定められているが、実際には、これをかなり上まわり、かつその大きさはさまざまである。従つて数多くのデータから計算すべきであるが、表-2 は若干の船舶についての計算例から求めたものである。

この結果を見ると、限界側面荷重強度は意外に小さいものであり、実際はそれほど頻りに損傷を受けていないことからみても、もう少し大きいのではないかと考えられる。

しかし、1952年9月、西南太平洋を空輸航海中、980 mb の台風に遭遇して、うねり性波浪のために肋骨および外板に永久変形を受けたKT型鉱石運搬船について、追算した結果²⁾外板は11.8 t/m²の圧力によつて永久変

形をうけることがわかり、このときの波圧は11.7 t/m²と推定されて、よく一致することが確かめられた。

従つて、ここに示す限度側面荷重強度にも、一応の妥当性を与えることができるであろう。

今後、造船技術者の意見を参考にして、一層確かにしてゆく必要がある。

3. 結 言

以上、防衛工の設計に際して考慮すべき事項を、現在までに検討された資料にもとづいて概説した。

従来の防衛工は繫船岸の付属物にすぎない観があつたが最近、船舶の大型化にともない、大きな運動エネルギーを完全に吸収し、構造物および船舶に作用する衝撃反力を安全な限度に抑える、という責務を負わされ、単なる付属物としてではなく、構造物の重要一部と見なされるようになってきた。ことに船舶の限界側面荷重強度という問題を考えるようになったことは、防岸材から本来の防舷材として、考えられるようになったことを示すものである。

すでに述べたとおり、今後なお検討しなければならない事項も多いが、そのおもなものを列挙すると次のようなものがある。

- (i) Virtual Mass の問題
- (ii) Water Cushion の問題
- (iii) 有効着岸エネルギーのとり方
- (iv) 防衛工の安全率について
- (V) 船舶と防衛工との接触面積

最近注目を集め出したゴム防舷材、その他重力式防舷材、ピストン式防舷材など、個々のタイプの防衛工については、紙面の制限があるので、また別の機会に述べることにしたい。

参 考 文 献

- 1) 運輸省港湾局: "港湾技術要報" No. 9 (第18回国際航路会議特集), 1954
- 2) T.E. Stelson; F.T. Mavis: "Virtual Mass and Acceleration in Fluids," Proceedings of A.S.C.E., 1955
- 3) 運輸省港湾局直轄港湾技術研究会: "防衛工分科会報告" No. 2, 1957
- 4) 運輸省令: "鋼船構造規定" 1956
- 5) 日本海事協会: "鋼船規則" 1956
- 6) 橋原二郎: "KT型船の損傷と対策に就て" 三菱造船, 1949

土木学会誌 "合本用ファイル" 頒布

体 裁: B5判 学会誌12冊綴用, 薄グリーン・クロース装, 金文字入り
頒 価: 1部 140円 (〒30円) 申込方法: 入金次第発送します

プレストレスト・コンクリート技術協会への入会について

去る2月発足した同会では目下会員を募集中です。協会規約, 入会申込書など下記へハガキで申込みば郵送されますから詳細は問合せて下さい。

事務所: 東京都千代田区丸の内 3-8 (三菱仲6号館4号) プレストレスト・コンクリート技術協会

付表 設計接岸速度および衝撃力

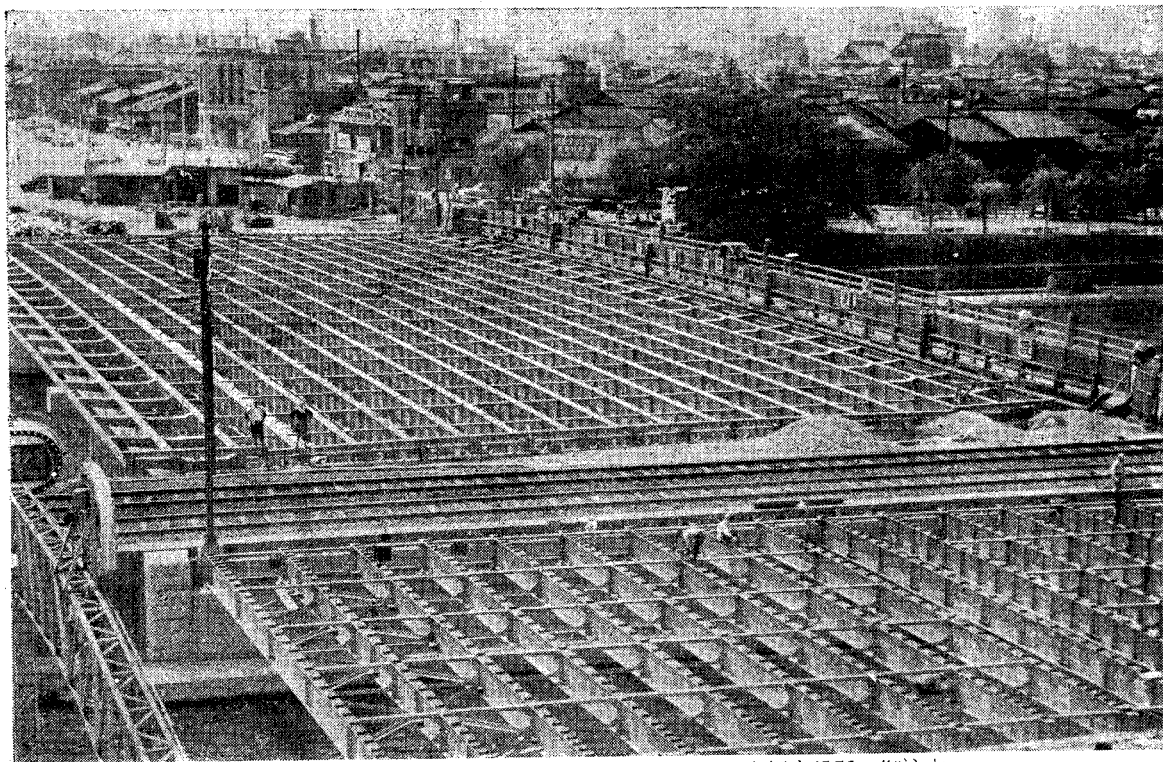
| 港名 | 施設名 | 構造形式 | 水深 | 対象船舶 | 船の有害 | 防備工の種類 | 設計風速 | 設計潮流 | 設計接岸速度 | 仮想質量 | 有効着岸エネルギー | 衝撃力 | 静穏度* | 設計年 |
|----|---------|-------------------|---------|----------------------------------|------|--------|------|-----------------|---------------|------------|-----------|---------|------|------|
| 室蘭 | 日木石油埠頭 | ドルフィン | -11.0 m | 20 000 G.T. | 有 | ゴ | △ | | 15 cm/sec | | 34.1 t-m | | B | |
| 〃 | 西埠頭 | 重力式ケーソン | -7.5 | 4 500 | 〃 | 木 | 〃 | | 30 cm/sec | | | 478 t | E | |
| 〃 | 北日本石油埠頭 | 橋 | -5.5 | | 〃 | 木 | △ | | | 考慮せず | 30.5 t-m | 478 t | B | |
| 新潟 | 石油埠頭 | 鋼矢板式矩形ドルフィン | -10.5 | 12 000 G.T. | 〃 | ゴ | △ | 0.15 m/sec | 27.5 cm/sec | | | 24 t | D | 1957 |
| 〃 | 伏木油埠頭 | 鋼筒コンクリート杭打設付ドルフィン | -6.0 | 2 500 G.T. | 無 | 古タイヤ | 〃 | | 30 cm/sec | | | | | |
| 〃 | 宮古油埠頭 | 中空半重力式 | -9.0 | 10 000 G.T. | 〃 | 木 | △ | 4 m/sec | 20 cm/sec | | | | | |
| 〃 | 横濱比寿町埠頭 | 脚柱構橋 | -10.0 | 7 600 G.T. | 有 | ゴ | △ | | 15.4 cm/sec | | 12.4 t-m | 135 t | E | 1962 |
| 〃 | 〃 | 杭打式鋼矢板岸壁 | -10.0 | | 〃 | 〃 | 〃 | | 特に考慮せず | | 10.0 t-m | 150 t | 〃 | 〃 |
| 〃 | 〃 | 杭打式鋼矢板岸壁 | -11.0 | 船 20 000 G.T. 貨物船 10 000 G.T. | 〃 | 〃 | 〃 | | | | 10.0 t-m | 150 t | 〃 | 1954 |
| 〃 | 〃 | 脚柱構橋 | -10.0 | | 〃 | 木 | △ | | | | | 50 t | 〃 | 1952 |
| 〃 | 〃 | 角筒式横棧橋 | -9.0 | | 〃 | 〃 | 〃 | | | | | 30 t | 〃 | 〃 |
| 川崎 | 千鳥町第二埠頭 | 脚柱構橋 | -9.0 | | 〃 | 〃 | 〃 | | | | | 50 t | 〃 | 1954 |
| 〃 | 〃 | 脚柱構橋 | -9.0 | | 〃 | 〃 | 〃 | | | | | 200 t | 〃 | 1953 |
| 清水 | 石炭埠頭 | A型脚柱 | -9.0 | 5 000 G.T. | 〃 | ゴ | △ | | 15.2 cm/sec | 7 250 t | 8.55 t-m | 200 t | 〃 | 1953 |
| 〃 | 〃 | セメル式脚柱 | -9.0 | 5 000 G.T. | 〃 | 〃 | 〃 | | 15.2 cm/sec | 7 250 t | 8.55 t-m | 100 t | 〃 | 1954 |
| 〃 | 〃 | 棧橋 | -9.5 | 10 000 G.T. | 〃 | 〃 | 〃 | | 実測 3.5 cm/sec | | | | 〃 | 〃 |
| 〃 | 〃 | 動力式ケーソン・ドルフィン | -10.0 | 20 000 D.W.T. | 〃 | 木 | △ | | | | | 200 t | B | 1955 |
| 神戸 | 日之出町 | 重力式ケーソン | -9.5 | 10 000 G.T. | 〃 | ゴ | △ | | 15 m/sec | 30 000 t | 31 t-m | 200 t | 〃 | 1957 |
| 〃 | 〃 | 重力式ケーソン岸壁 | -9.5 | 10 000 G.T. | 〃 | 木 | △ | | | | | 1区間40 t | E | 1955 |
| 〃 | 〃 | コンクリート杭棧橋 | -6.1 | 1 000 G.T. | 無 | 〃 | 〃 | | | | | 60 t | C | 1949 |
| 〃 | 〃 | 鋼パイプ杭式ドルフィン | -7.3 | 3 000 G.T. | 〃 | 〃 | 〃 | | | | | 100 t | E | 1951 |
| 〃 | 〃 | ケーソン構橋 | -8.5 | 6 000 G.T. | 〃 | 〃 | 〃 | | | | | 150 t | C | 設計中 |
| 〃 | 〃 | 脚柱構橋 | -9.0 | 10 000 D.W.T. | 〃 | ゴ | △ | | 15~25 cm/sec | 排水トン数の1.2倍 | 19 t-m | 150 t | C | 設計中 |
| 〃 | 〃 | 井筒式横棧橋 | -10.0 | 10 000 G.T. | 〃 | 〃 | 〃 | 15.4 cm/sec | 10 cm/sec | 10 880 t | 13.1 t-m | 150 t | E | 1955 |
| 〃 | 〃 | コンクリート脚柱 | -10.4 | タンカー 15 000 D.W.T. | 〃 | 〃 | 〃 | ドルフィンに平行に1~2ノット | 10 cm/sec | | 35 t-m | 390 t | C | 〃 |
| 〃 | 〃 | 重力式ケーソン | -12.2 | タンカー 45 000 D.W.T. | 有 | 〃 | 〃 | | 15 cm/sec | 80 000 t | 46 t-m | 400 t | 〃 | 1957 |

* 静穏度の項 A,B,C,D,E は図-1 の航行条件に対応する。

- A 接岸困難、避撞効果きわめて小
- B 接岸容易であるが避撞効果きわめて小
- C 接岸の難易度普通、避撞効果小
- D 接岸困難であるが避撞効果大
- E 接岸容易でありかつ避撞効果大

伝統を誇る 日立造船の橋梁!

日立造船は、橋梁・鉄骨・鉄塔・水圧鉄管・水門扉等鉄鋼構造物の設計・製作および据付工事の一貫作業を行っており、専門メーカーとして半世紀にわたる長い経験を有しております。橋梁については、多年の経験をもつ技術者ならびに多量の参考設計を擁しており、技術研究所における絶えざる試験・研究と相まって、確実なる設計・施工を行います。完備した設備により納期を確保することが可能です。



京都市役所 御注文
五条大橋並びに五条小橋（鋼桁架設状況）



創業1881年

日立造船株式会社

本社 大阪市北区中之島2丁目25 電話大阪(23)8051~9、8201~9
東京支社 東京都千代田区丸の内2(郵船ビル) 電話東京(28)5231~9
工場 桜島・築港(大阪市)、因島・向島(広島県)、神奈川(川崎市)