

北海道大学 正員 高橋 義 裕

北海道大学 正員 能 町 純 雄

北海道大学 正員 角 田 与 史 雄

## 1 まえがき

最近、通航船舶の輻輳する沿岸あるいは内海に大規模な海上基地や構造物が設けられているが、一度これ等の構造物と船舶との衝突が起れば、船舶と構造物相互に大きな損害をもたらすことになる。不幸にして起こるであろうこのような船舶との衝突に対し、その衝突防止あるいは衝突損傷の極小化をはかるため防護施設すなわち緩衝工が要求されている。このような緩衝工には、さまざまな形式のものが考えられるが、その構造としては非衝突時の外力に対しては十分な剛性を有しながら横からの船舶衝突に対し船舶強度を越えない程度の抵抗力を生じながら、その衝突エネルギーを自からの破壊によって吸収しなければならぬのが特徴であろう。その一例として図-1で示されるような鋼組方式の空室型緩衝工が考えられる。この場合、船舶衝突時の緩衝工の圧壊挙動を次のようにモデル化する。すなわち、先ず水平板が座屈荷重に達した後、座屈破壊を生じ、変入量の増加と共にその水平板が折りたたまりながらかたまり、緩衝作用を行なうものとする。従って本論文では、その水平板の平板座屈について、ダイヤフラムの入り方、海中基礎と緩衝工との接触部における境界条件について検討したものである。

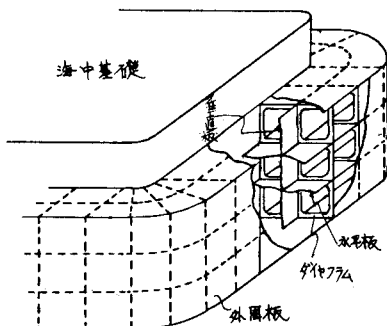


図-1

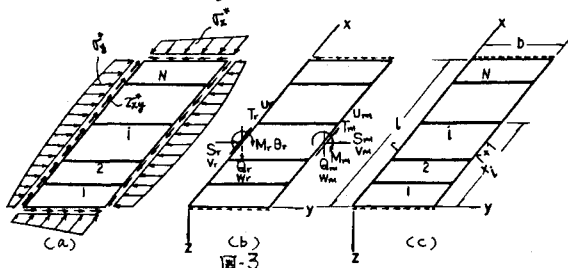
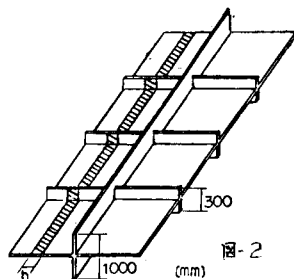
## 2. 解析方法

図-1から取り出された水平板を図-2のようにモデル化する。モデル化された水平板より斜線で示した、幅 $b$ の帯板要素をとり出し、座屈前応力分布 $(\sigma_x^0, \sigma_y^0, \tau_{xy}^0)$ 、境界断面力 $(T, S, Q, M)$ 及び境界変位 $(u, v, w, \theta)$ 、座標軸を図-3のようにとり、面内変位、座屈前応力分布と帯板の短辺方向に關し一次式、面外変位を三次式に、軸方向両端を単純支持とするフーリエ級数展開し、ポテンシャルエネルギー停留の原理よりそれぞれのフーリエ係数で与えられる要素剛性方程式が次のように得られる。

$$\{f_m\}_e = [K_m]_e \{\delta_m\}_e + \sum_{n=1}^{\infty} [K_{mn}^S]_e \{\delta_n\}_e - \lambda \sum_{n=1}^{\infty} [K_{mn}^G]_e \{\delta_n\}_e \quad (1)$$

ここで  $\{f_m\}_e$   $\{\delta_m\}_e$  又は  $\{\delta_n\}_e$  はそれぞれ接線外力ベクトル、接線変位ベクトルであり、 $[K_m]_e$ 、 $[K_{mn}^S]_e$ 、 $[K_{mn}^G]_e$  はそれぞれ板要素の剛性マトリックス、 $N$ 本の補剛材の剛性マトリックス、安定係数マトリックスであり、 $\lambda$ は座屈荷重強度を与える指標である。従って要素剛性方程式を局所座標系から全体座標系へ変換し、隣接要素間の拘束条件を考慮しつつ構造全体に組み上げ全体剛性方程式を得る。すなわち

$$\{f_m\} = [K_m] \{\delta_m\} + \sum_{n=1}^{\infty} [K_{mn}^S] \{\delta_n\} - \lambda \sum_{n=1}^{\infty} [K_{mn}^G] \{\delta_n\} \quad (2)$$



座屈問題は、(2)式の安定限界を求めることであるので節屈欠の同次式と扱うことになる。

$$\{0\} = [K] \{\delta\} - \lambda [K^G] \{\delta\} \dots (3)$$

となり  $\{\delta\} \neq 0$  より  $|[K] - \lambda [K^G]| = 0$  の固有方程式を得、 $\lambda$  はその固有値として求まり、座屈変形モードは、その固有ベクトルとして求まる。

### 3. 数値計算

艘衝工は、海中基礎と木材等をダンパーとして接触しているの、ダンパーは弾性床のウィンクラーモデルとして取り扱い、バネ定数  $K$  が座屈強度に与える影響、補剛材の直上に船舶が衝突する場合、補剛材と補剛材との間に衝突する場合、補剛材(ダイヤフラム)の配置方法による座屈強度に与える影響について調べた。

計算結果はすべて次式の形で整理した。

$$P_{cr} = (2cq)_{cr} = K \frac{D\pi^2}{H} \dots (4)$$

また板厚はすべて 6mm、垂直板の高さ 1000mm、補剛材は水平板に対し上下対称で高さ 300mm とした(図-2参照)。

図-4は、同図中に描かれている補剛材配置で  $L/H=2$ ,  $2c/H=0.25$  とした時の艘衝工と海中基礎の間のバネ定数  $K$  値も  $100 \sim 500 \text{ kg/cm}^2$  としたときの座屈係数  $\lambda$  値と  $K$  との関係を示したものである。同図より  $K$  値が大きくなれば、それにつれて  $\lambda$  値は僅かに増加する傾向を示すが、 $100 \sim 500 \text{ kg/cm}^2$  の範囲では、実用上同一座屈値とみはすことかできる。

図-5は、 $L/H=2$  の場合に対し、同図中に描かれている補剛材配置に対し、その海中基礎側における水平板の境界条件の違いによる座屈係数  $\lambda$  値と荷重比  $2c/H$  ( $0.25 \sim 2.0$ ) との関係について示したものである。 $2c/H=2.0$  は等分布満載荷重である。

図-6は、 $L/H=2$  の場合に対し、同図中に描かれている各補剛材配置に対し、その座屈係数  $\lambda$  と荷重比  $2c/H$  との関係を示したものである。ただしバネ定数  $K=100 \text{ kg/cm}^2$  である。

図-7は、 $L/H=3$  の場合に対し、同図中に描かれている各補剛材配置に対し、その座屈係数  $\lambda$  と荷重分布幅比  $2c/H$  ( $0.25 \sim 3.0$ ) との関係を示したものである。ただしバネ定数  $K=100 \text{ kg/cm}^2$  である。

### 4. あとがき

艘衝工の水平板を図-2のようモデル化し、補剛材配置の違いによる水平板の弾性座屈係数  $\lambda$  の変化を調べることであった。

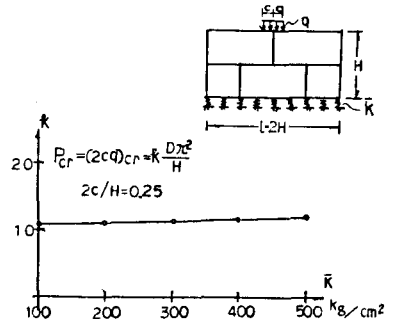


図-4

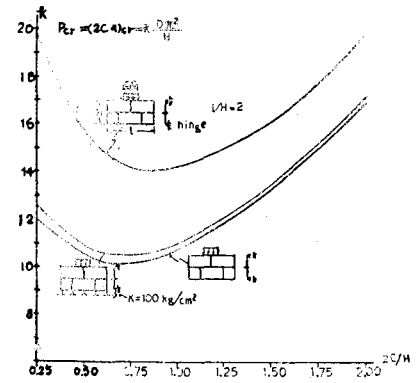


図-5

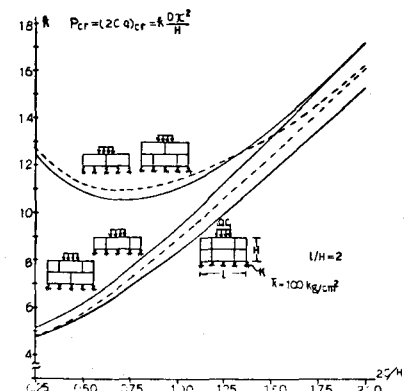


図-6

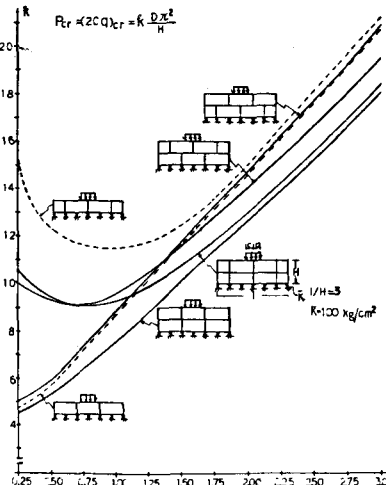


図-7