

PC 海洋浮遊構造物の設計について

松 本 公 典*

1. ま え が き

コンクリートが造船の構造材料として使用されたのは歴史が古く、実はコンクリートが初めて構造材として使用されたのは船体構造物であった。以来コンクリートは主に陸上構造物において発達をとげ、重量が重いという欠点から、または発注者や船級協会のコンクリートに対する不信感、偏見、あるいはコンクリート技術者の造船技術、知識の欠如からなかなか船体構造材としてコンクリートが取り入れられなかった。第一次、第二次大戦中、鉄材の不足により鉄筋コンクリート製の輸送船、貨物船がアメリカ、西欧その他諸外国において、かなりの数にわたって建造されたようである。一部は補修しないまま、現在なお健全な姿を保っており、コンクリートの海洋構造物に対する適合性を物語っている。戦後、空白の時期があったが、最近、主として米国、西欧、ソ連あるいはニュージーランド等の諸外国において、プレストレストコンクリート製の各種海洋構造物の技術開発が活発に進められている。最近のホットな話題としてジャワ沖の液化天然ガス採掘、貯蔵バージがアメリカのタコマで建造されたことは記憶に新しい(写真-1)。コンクリート製船体構造物の幕明けとして注目された。天然資源の有効利用の観点から石油、天然ガスの採掘、輸送、貯蔵システムにPC構造物が活用されるべく開発、研究されている。最近、我が国においてもその機運があり、日本海事協会が「プレストレストコンクリートバージ規準」を制定した。日本海事協会(以下NKとよぶ)とは船舶の保険会社から委託されて、船舶の登録に関して構造の審査、船級の認定を行う民間の団体であり、あわせて設計、製作の規準も制定する。諸外国では英国のロイド船級協会、アメリカのABS(American Bureau of Shipping)等有名である。したがって、船舶として登録するためには上記規準に基づいて設計し、NKの審査を経なければならない。

コンクリート船体構造物は鋼製に比べて重量が重くなるのは否めないで、スピードを要求される客船等には適さない。またあまり乾舷がとれないので、重量の重い貨物を積載するものには適さない。鋼特有の低温脆性の

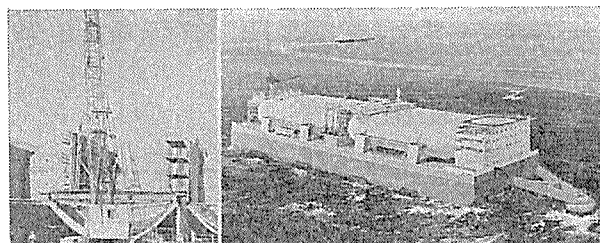


写真-1 ジャワ沖の LNG バージ

不利な性質がないという利点と上述のような欠点を補い合う船種として石油、液化天然ガス(LNG, LPG)輸送バージが低温で比重の小さい貨物を積載するものとして最適であるといえよう。コンクリートは造船材料として以下のような長所、短所を有する。

(1) 長 所

1) 建設のための特別の施設を必要としない。2) 維持、補修が要らない。必要であっても容易で安価である。3) 複雑な形状を容易に製作できる。また、構造材として以下のような利点を有する。4) 低温における脆性がない。5) 衝撃に対する緩衝性が良く、衝撃に強い。6) 耐火性が大きく、火炎と熱に対してSteelよりはるかに影響が少ない。7) 振動に対して高いダンピング性により減衰性が良く、振動から解放される。8) 水密性が良く、漏洩がなく、船内は乾燥。9) 塗装は化粧のため以外必要はない。海生物の付着は余りない。10) 凌波性が良く、荒天ですぐれた性能をもつ。

(2) 短 所

1) 重量が重い。コンクリートが嫌われる最大の原因。2) 摩擦抵抗が大きい。3) 1), 2)の原因により船体構造物では運航費が高い。4) 摩耗することがあるので、状況により木製フェンダー等が必要である。

低温液化ガスを積載するバージでは、その使用目的上、おのずからかなりの大型のバージが計画されることが予想される。したがって通常の鉄筋コンクリート構造物では所要の船殻重量に対して強度が十分でなく、また海洋構造物として有害なひび割れが発生する恐れがあり、かつ疲労強度上問題がある。これらの鉄筋コンクリートでは不十分な点を補うため、複合材料としてプレストレストコンクリートは最適である。

* 株式会社日本構造橋梁研究所

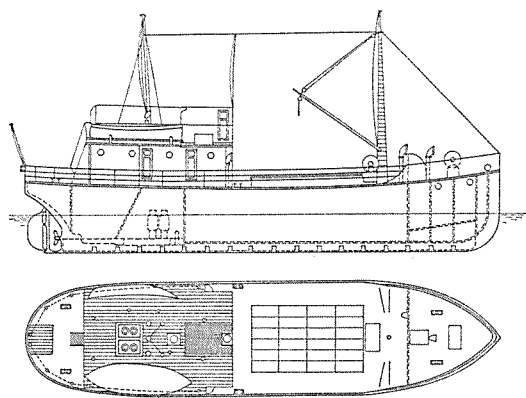


図-1 M.S. Namsenfjord

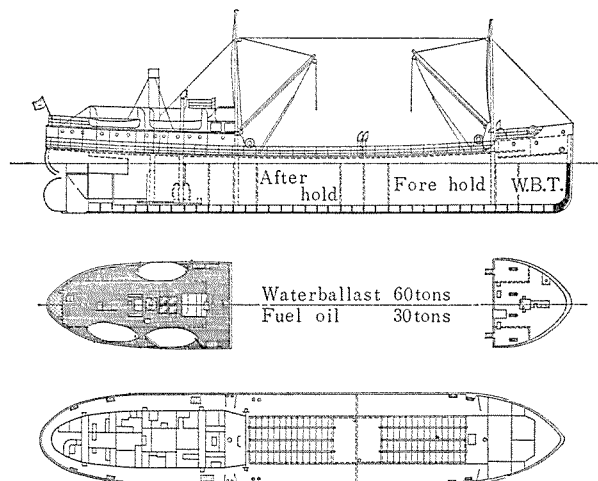


図-2 M.S. Askelad, general arrangement

2. コンクリート船の歴史

世界で最初のコンクリートの船は1848年英国のランボットにより建造された漕ぎ舟がある。表面にメッシュ鉄筋の入った鉄筋コンクリート製の船で、現在のフェロセメント技術と同じものである。また、最初の鉄筋コンクリート製航洋船としては1917年、Fougnerにより建造されたNamsenfjordがある(図-1参照)。同じ年にノルウェーのモスでN.K. Fougnerの設計、建造になるAskelad号が進水した(図-2、図-3)。

第1次、第2次大戦中、鉄材の不足により、米国、西欧諸国で多数、鉄筋コンクリート製大型航洋船が計画、建造されたようである(表-1)。以後、コンクリート船の建造は一時中断し、石油タンカーのように貨物の大量輸送にともない、船型はより巨大化し、また時代の要請で、よりスピード化を目指し、種々の点で船体構造物へのコンクリートの進出を阻むものがあったと考えられる。最近になって、脱公害、資源の有効利用の観点から、コンクリートの海洋構造物への有利性が見直され、従来のコンクリートは鉄の代用品という観念を捨て、コンクリートの特性を生かした利用法が考えられている。北海のPC海底貯油タンク群、ジャワ海のLNG輸送バージ(写真-1)等新しいコンクリート技術の時代の幕明けとして脚光を浴びた。

3. 設計理論

PC船体構造物の設計にはコンクリート工学、材料学の知識をベースに造船工学の知識が不可欠である。造船工学は歴史が古く、経験工学的な色彩が強い。土木技術者にはなじ

表-1 大戦中建造されたコンクリート船

国名	総排水量 1000 DWT			
	第1次大戦		第2次大戦	
	計画	建造	計画	建造
合衆国	560	69	700	488
英国	250	2		4
ドイツ			21	18
スカンジナビア		13		2

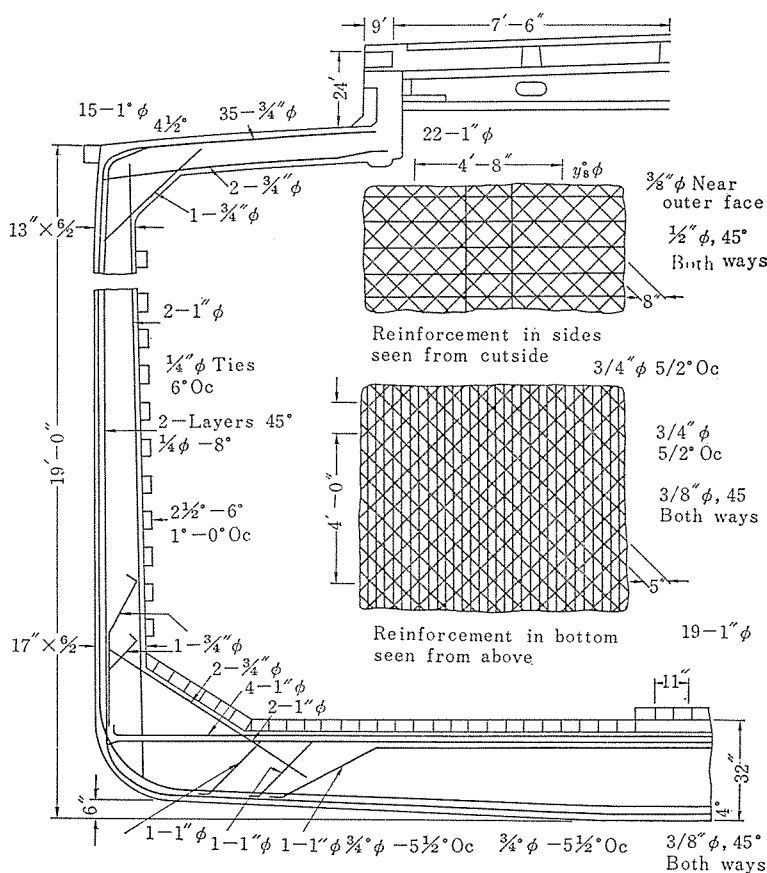
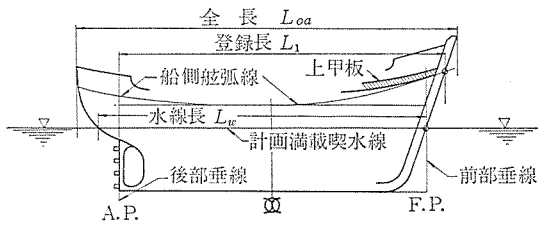
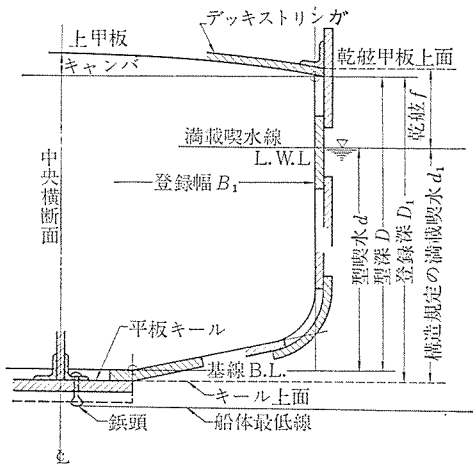


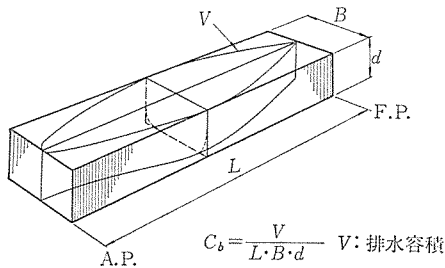
図-3 Midship section M.S. Askelad



図—4 船の長さの測り方



図—5 船の幅と深さの測り方



図—6 方形係数 (Block coefficient)

みのうすい造船の慣例、用語の紹介をここで少々、行いたい。

3.1 造船の慣例用語

ここでは船体構造物の設計に不可欠な最少限度の用語、慣例の紹介にとどめたい。図—4, 5を参照して、

- (a) 吃(喫)水 (Draft); 水面より船底までの深さ。発注者から設計条件として与えられる。
- (b) 乾舷 (Freeboard); 水面から上甲板 (船側) までの距離。発注者から設計条件として与えられる。
- (c) 型深 (Moulded depth); 中央横断面で舷側における上甲板梁の上面の高さより基線までの鉛直距離。
- (d) 登録深 (Classification depth); 中央横断面で舷側における上甲板梁の上面よりキール平坦部上面までの深さ。

船の長さ、幅に関して以下の呼名がある。

- (e) 全長 L_{oa} (Length overall); 船体に固定的に付

属する突出物を含めて、船首最前端より船尾最後端までの水平距離。

- (f) 登録長 L_1 (Register length); 船舶法規に基づき船舶原簿に登録する長さで、上甲板梁の上面の延長と船首材前面との交点より船尾材後面に至る水平距離。

- (g) 垂線間長 L_{pp} (L) (Length between perpendiculars); 前部垂線と後部垂線との間の水平距離。なお前部垂線 F.P. (Fore perpendicular) とは計画満載喫 D.L.W.L. (Designed load waterline) と船首材前面との交点を通る鉛直線を指す。後部垂線 A.P. (After perpendicular) とは D.L.W.L. と船尾材後面との交点を通る鉛直線を指す。F.P. と A.P. との中央を船体中央 (Midship) と名付け、記号 \otimes で表わす。

- (h) 水線長 L_w (Length on load waterline); L.W.L. において船首前端より船尾後端までの長さ。

船の幅について以下の規定がある。

- (i) 全幅 B_{max} (Extreme breadth); 船体の最大幅横断面において、船体の片側の最も外側から他舷の最も外側までの幅をいう。
- (j) 登録幅 B_1 (Register breadth); 船舶原簿に登録する幅で、最大幅における横断面で外板の内側から他舷の外板内面まで測った幅をいう。

- (k) 型幅 B (Molded breadth); 船体の最大幅横断面において、内側外板の内面より他舷のそれまでの水平距離をいい、構造規定の幅である。上述の用語は船の寸法に関するものである。

- (l) 竜骨 (Keel); 船長方向の船体中心に配置している、船の骨格となる構造材である。

- (m) 方形係数 C_b (Block coefficient); 図—6 に示す通り、船体の細長さを表わす係数で、0~1.0 の間の値をとる。直方体に近似した形ほど、1.0 に近い値となる。

3.2 トロコイド波理論

波浪中における船体の強度、波浪中の船体の動揺、船体の抵抗などを算出する際にトロコイド波 (Trochoidal wave) を考慮する。

深海においてはトロコイド波の内部のすべての水の粒子は一定の角速度 ω (rad/sec) で円運動を行い、円運動の中心点が同一水平線上にあるものは、どの粒子も同一位相を有しているが、深さが増すにつれて指数函数的に軌道半径が減少する。図—7のごとく、半径 R の円が直線 XX の下方に接して滑らずに転りながら右方に移動する時に、円内の一点 P (半径 r) の画く曲線をプロレート曲線 (Prolate) と呼ぶ。

図のトロコイド曲線において、転り円の最初の中心 O 。位置を原点とする水平軸 (x 軸) および鉛直軸 (y 軸)

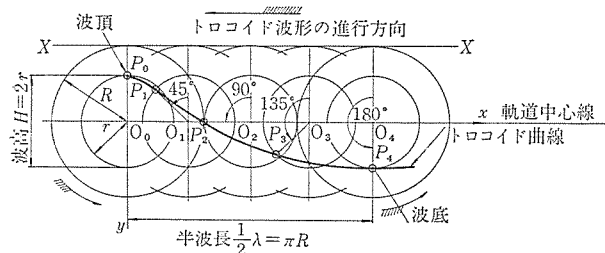


図-7 トロコイド波形

に対するトロコイド曲線の座標 (x, y) は P 点が最初に波頂 P_0 にあるとすれば、 θ を転り円の回転角 (rad) とし、以下のように与えられる。

$$x = R \cdot \theta - r \cdot \sin \theta, \quad y = -r \cdot \cos \theta$$

あるいは $x = \lambda/2\pi \cdot \theta - H/2 \cdot \sin \theta, \quad y = -H/2 \cdot \cos \theta$

波高 H は船体構造物の航行海域から決められる設計条件により与えられ、波長 λ は船長に等しくとる。

3.3 浮体の安定

構造計算に入る前に浮体としての安定を検討しなければならない。水面に浮いている物体 (浮体) は水中に没している部分の体積の海水の重量 (排水量) と等しい浮力を鉛直方向上向きに受けている。浮力と浮体の重力とは大きさは等しく、方向は互いに反対である。浮力の作用中心 (浮心, Center of buoyancy) と浮体の重心とは図-8のごとく同一鉛直線上にある。浮体が θ だけ傾斜した状態を考慮すると、重心は変化せず、浮心は水中部分の断面が変化するために移動する。浮心の軌跡はある閉曲線を描く。図-9のごとく、(a) の場合、浮心が移動するために浮体を元に戻そうとする偶力が働く、これを復原力と呼ぶ。 θ だけ傾斜したために変化した浮心を B_0 とすると、 B_0 を通る浮力作用線と浮体の中心線との交点 M は浮心軌跡の直立位置の曲率中心で、この点を傾心またはメタセンター (Metacenter) と呼び、船の安定性に関して重要な点である。

重力 W と浮力 rV とは大きさ等しく方向反対なる故偶力をなし、偶力モーメントは以下で与えられる。

$$M = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin \theta$$

ここに \overline{GM} は重心とメタセンタ間の距離で、メタセンタ高 (Metacentric height) と呼ぶ。よって船では図-9 (a) のごとく重心 G が M より下方にあるときは安定、(b) のように重心 G がメタセンタ M より上方にあるときは不安定であり、船が一旦傾斜すると益々、傾斜の度合をはなはだしくする方向に偶力が作用する。

3.4 構造計算

(1) 船体構造

強大な水圧に対抗するためには 図-10 のように船底をアーチ状にするのが望ましいようである。応力を軸力

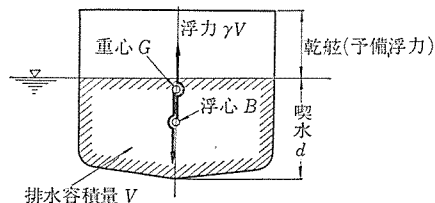


図-8 浮体

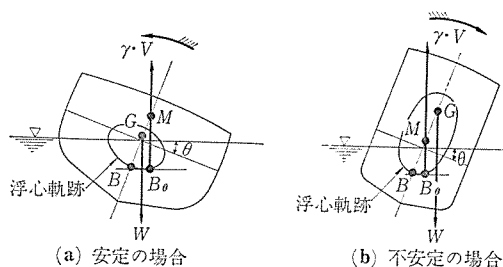


図-9 船の安定

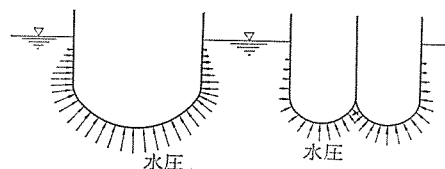


図-10 船体型

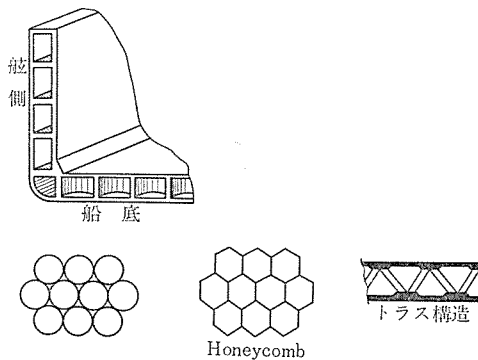
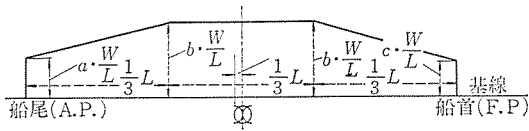


図-11 二重底構造

のみにし、曲げを生じさせない構造が良い。また、船体は規模が大きくなると座礁、衝突その他破損事故が生じた場合の被害を最小限に食止めるためには二重底構造 (Double hull) にした方がよい。NK規準においても船長が100 mを超える船体構造では前後に隔壁 (Bulkhead) を設け、船底を二重構造にしなければならないと規定している。二重底には 図-11 のように蜂巢 (Honeycomb) 構造、円柱構造、トラス構造等がコンクリート構造上良いようである。すなわち二重底の間を蜂巢、円柱の隔離した各部屋 (Compartment) に分けるのである。



	大形商船	細形商船	軍 艦
a	0.706	0.653	0.42
b	1.174	1.195	1.40
c	0.596	0.566	0.28
重心位置 \bar{x} (\bar{x} は重より後方)	$-0.00713L$	$-0.00564L$	$-0.00907L$

図-12 台形状の船体重量近似曲線

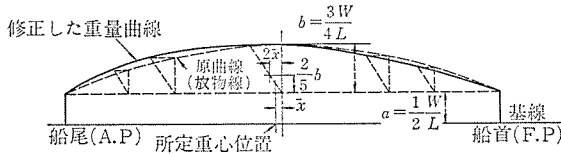


図-13 トーマスの船体重量近似曲線

(2) 作用荷重および荷重状態

断面応力算定の上で以下のような作用荷重および荷重状態を考慮しなければならない。

- (a) 船体自重: 図-12 または 図-13 のような分布荷重で近似する。
 - (b) 積荷やバラスト荷重: 集中荷重, 分布荷重。
 - (c) 甲板荷重: 後述する波の甲板の落込みによる荷重。
 - (d) 浮力。
 - (e) 波浪荷重。
 - (f) 場合により熱荷重。
- 荷重状態としては静水中における満載状態, 空荷の状態または波浪荷重時の満載状態, 空荷状態を考慮し, 最も断面応力の大きいケースで, 断面を決定する。波浪荷重時は 図-14 のごとく, サギング状態, ホギング状態を考慮する。波はトロコイド波を考慮し, 波長は船長に等しくとる。以下に断面応力の算定について述べる。

(3) 断面応力の算定

断面応力の算定には以下のように段階的に検討しなければならない。

- i) 第1段階……図-15 の (a) のごとく全体構造の縦方向の分布荷重による断面力で, Beam theory により弾性支承上の梁として断面力が求められる。
- ii) 第2段階……同図の (b) のごとく, 二重底の場合, 隔壁間の梁の水圧による断面力である。
- iii) 第3段階……同図の (c) のごとく, 縦方向の梁, 横方向の Crossbeam に挟まれたパネルの水圧による局所的な応力。

1) 縦方向部材の検討

荷重状態としては静水中での積荷満載状態または空荷状態, あるいは波浪荷重時での満載状態または空荷状態にて検討しなければならない。

(イ) 静水中の断面応力

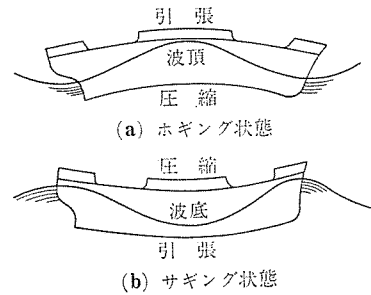


図-14 ホギングとサギング

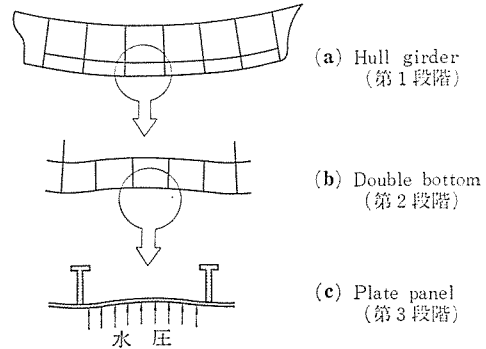


図-15 構造検討の段階

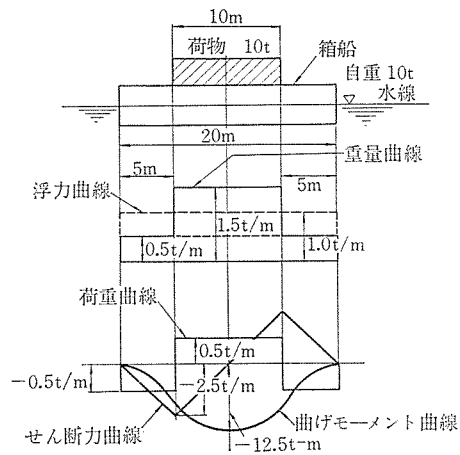


図-16 静水中の箱船の断面力

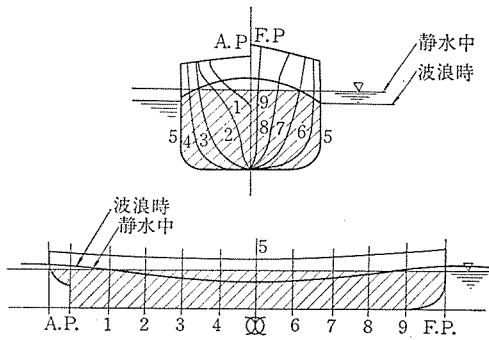
第1段階としては縦方向の分布荷重(①自重…図-13, ②積荷, ③浮力等)による弾性支承上の両端自由の梁として断面応力を求める。

横軸を x 軸にとって ① 自重分布曲線 (図-12, 図-13); $W_1(x)$, ② 積荷重量分布曲線; $W_2(x)$, ③ 浮力分布曲線: $B(x)$ とすれば断面応力は以下で与えられる。

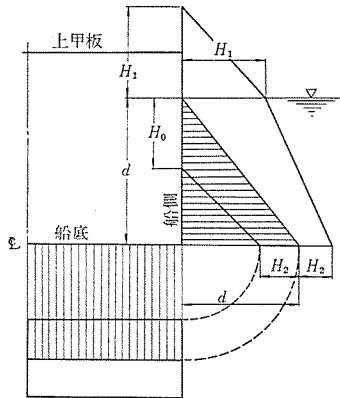
$$\text{せん断力 } S(x) = \int_0^x \{B(x) - W_1(x) - W_2(x)\} dx$$

$$\text{曲げモーメント } M(x) = \int_0^x S(x) dx$$

ここで, l ; 船長 なお $B(x) - W_1(x) - W_2(x)$ を荷重曲線と呼ぶ。 $S(x)$, $M(x)$ とも両端で 0 となるので, 積分する過程でのチェックになる。図-16 に簡単な計算例



図—17 静水・波浪時浮力



図—18 H_0, H_1, H_2 のとり方

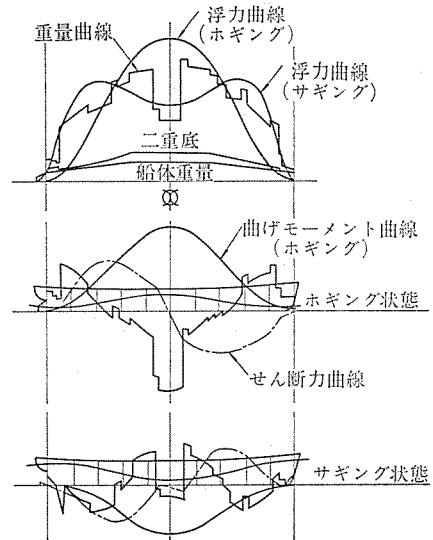
を示す。なお浮力曲線は 図—17 のごとく、船体を船長方向に細分割し、水中に没した部分の各々の面積を求めて、海水の密度を乗じ、船端より積分していけば良い。求積には積分器 (Integrator) を利用しているようである。縦方向の断面力が求められると、全断面有効の梁としての応力度 $\sigma_{x1} = M(x)/Z(x)$ ここに σ_{x1} ; x の位置での曲げ応力度, $Z(x)$; x の位置での断面係数

第2段階としては水圧による隔壁あるいは横梁間の縦方向小梁の断面力で 図—18 の細線を施した部分の水圧によるものである。断面応力度を σ_{x2} とする。

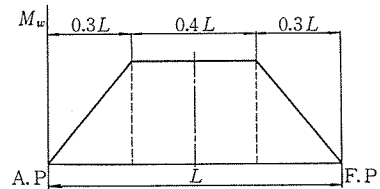
第3段階としては同上水圧による縦横の梁に囲まれたパネルの局所的な応力で、その応力度 σ_{x3} とする。したがって縦方向の梁の水中部分の応力度は $\sigma_x = \sigma_{x1} + \sigma_{x2}$, パネルの水中部分の応力度は $\sigma'_x = \sigma_{x1} + \sigma_{x3}$ となる。せん断応力も同様の手法による。

(ロ) 波浪荷重時の断面応力

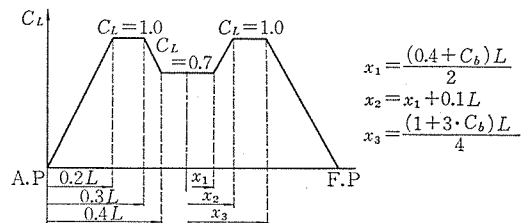
トロコイド波の上に船体構造物が乗った状態を考え、(イ)と同様の手法で応力度を検討する。断面力曲線の1例を 図—19 に示す。波浪時の断面力を積分によって求める従来の方法は非常に複雑であり、NK規準では波浪テストによって得られた以下の算定式で波浪による動的応力を求め、静水中の応力に加算する方法を提唱している。



図—19 縦方向荷重・断面力諸曲線



図—20 波浪縦曲げモーメント



図—21 C_L のとり方

波浪縦曲げモーメント (図—20)

$$M_w = 0.13 K_m L^2 B C_b (1 + 0.04 L/B) (t \cdot m)$$

ここに, K_m は次の算式による値

$$\sqrt{1 - \left(\frac{300-L}{300}\right)^2} \dots\dots L < 300 \text{ m}$$

$$\dots\dots L \geq 300 \text{ m}$$

波浪せん断力

$$S_w = 0.9 K_s C_L L B (t)$$

ここに, K_s は次の算式による値

$$(C_b + 0.05 L/B - 0.46) (0.35 \times C_b + 0.55)$$

C_L は係数で 図—21 による

波浪時に応力度は波浪縦曲げモーメントと水圧による局部応力度とは同時に起らず、位相をもって生ずると考え、Root mean square で応力度を求める。例えば水中部分のパネルの応力度は $\sigma'_x = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x3}^2}$ として求められる。

2) 横方向部材の検討

図-18 に示す横方向の ①水圧, 波浪荷重, ②荷物重量, ③自重, ④甲板荷重, ⑤隔壁に作用する荷重(内圧), ⑥必要に応じ熱荷重等の荷重にて検討する。①に関しては図-18において, 以下の規定がある。すなわち, 波浪水頭 H_0, H_1 および H_2 は満載喫水 d に加減するものとし, 次に示す式により算定する。船長方向は一定とする。

$H_0=0.5 H_w(m), H_1=0.9 H_w(m), H_2=0.25 H_w(m)$,
ここに H_w は波高で次に示す式により算定して差し支えない。

- 0.55 $L^{1/2}$ (m)..... $L \leq 150$ m
- 1.27 $L^{1/3}$ (m)..... $150 \text{ m} < L \leq 250$ m
- 2.01 $L^{1/4}$ (m)..... $250 \text{ m} < L \leq 300$ m
- 8.35 (m)..... $300 \text{ m} < L$ (L は船長)

(4) 船体動揺の影響

標準状態では船体は静的釣合をするものと考えられ, 波浪中では動揺するために動的影響が付加される。動揺の種類は以下のように大別される。上下動と縦揺などは必ず相関連して起るものであるが, 簡単のために単独に分けて考慮する。図-22 のごとく大別される。

(a) 縦揺の影響

図-23 の (a) のごとく静的釣合水線 W_0L_0 から水線 WL まで最大縦揺角 $\phi_m(\text{rad.})$ の縦揺をして, まさに元に戻ろうとする時, 角加速度は最大値 $(\phi'')_m$ になる。縦揺角 $\phi(\text{rad.})$ を $\phi = \phi_m \sin 2\pi t/T_w$① ここに T_w : 波の周期, t : 時間とすれば, 角加速度は $\phi'' = -4\pi^2/T_w^2 \cdot \phi_m \cdot \sin 2\pi t/T_w$② よって, 最大角加速度 $(\phi'')_m$ は $(\phi'')_m = 4\pi^2 \cdot \phi_m / T_w^2$③ となる。

縦揺の中心を船の重心にありと考えると, 大差ないから, 重心 G より距離 x にある点の最大加速度 a_m は

$$a_m = x \cdot (\phi'')_m = 4\pi^2 \cdot \phi_m \cdot x / T_w^2 \dots\dots ④$$

距離 x に比例する。よって重心より距離 x における重量曲線の縦座標 w は $(w + wa_m/g) = (w + 4\pi^2 \phi_m \cdot wx / T_w^2 g)$ になる。(a) 図のごとく静的重量曲線 abc は動的重量曲線 $a'b'c'$ になる。波面 W_0L_0 に対する (c) 図の静的浮力曲線も波面 WL に対する浮力曲線に変化する。両曲線は面積等しく, 重心も同一横座標になければならぬ。

(b) 横揺の影響

横揺の加速度による動的影響は各横断面について (+) (-) になるから, 縦方向の曲げに対して動的影響は直接には生じないが, 横傾斜時におけるホギングまたはサギング状態では曲げの軸が船体断面の主軸に対して斜めになるので曲げ応力が変化する。図-24 のごとく, 船体が角 $\theta(\text{rad.})$ の横傾斜をした時, 水平軸 H の周りに曲げ

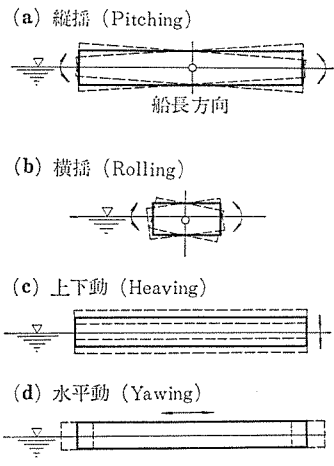


図-22 船体動揺の種類

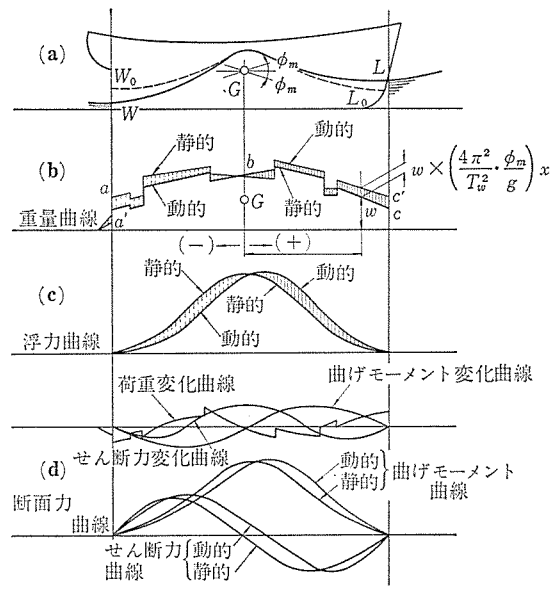


図-23 縦揺の動的影響

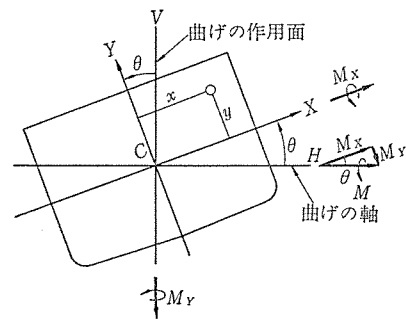


図-24 横傾斜時の曲げ

モーメント M を受けるとする。船体断面の図心 C を通る二次モーメントの主軸を X, Y 軸とし, それぞれの軸に対する断面二次モーメント I_x, I_y とする。 H 軸の周りの曲げモーメントをベクトル M とすれば, これは X, Y 軸に対する曲げモーメント・ベクトル M_x, M_y の二つに分解され, 二つの主軸周りの曲げ M_x と M_y

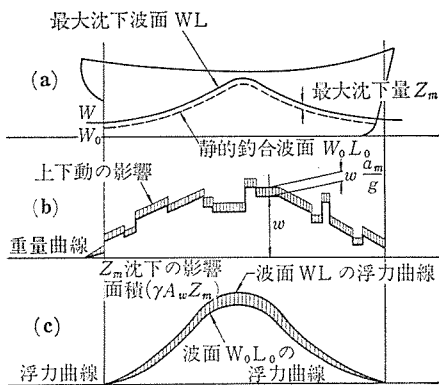


図-25 上下動の動的影響

が同時に作用すると考えても同様である。

$$M_x = M \cdot \cos \theta, \quad M_y = M \cdot \sin \theta \dots \dots \textcircled{1}$$

断面の任意の一点 $P(x, y)$ における応力 σ は, M_x による応力 σ_x と M_y による応力 σ_y の和で与えられるから

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_x + \sigma_y = M_x \cdot y / I_x + M_y \cdot x / I_y \\ &= M(y \cdot \cos \theta / I_x + x \cdot \sin \theta / I_y) \dots \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

ここに, I_x : 主軸 X に対する船体断面二次モーメント

I_y : " Y " " " " "

(c) 上下動の影響

図-25 の (a) のごとく船体が標準ホギング状態 (またはサギング状態) の静的釣合位置 W_0L_0 より下方に最大の沈下 Z_m として (波面は WL) まさに上昇しようとする時, 加速度は最大値 a_m になる。上下動は船体のどこも一樣であるから, 重量曲線の縦座標 w は $(w + w \cdot a_m/g)$ に等しい見掛けの重さになる。すなわち上下動の影響は重量曲線がどこも $(1 + a_m/g)$ 倍になる荷物を積んだ場合の静的釣合を考えればよく, 上下動の影響を加えた重量曲線と浮力曲線で断面力を修正すれば良い。

4. PS コンクリートの極限温度における機械的性質

PC 船体構造物が低温海域を航行するものであれば, 温度の影響を受けることになる。また LPG, LNG を積載する場合, 断熱設備を施すとしても, かなりの低温の環境におかれる。ソ連の A.F. Milovanov の実験報告によると, プレストレストコンクリート構造物は極限温度の環境で以下のよ様な性質を示す。

コンクリートはこの報告によると一般に低温では圧縮強度, 引張強度ともに増加し, 特に引張強度の増加は著しい。また高温になるにつれて強度は両者とも減

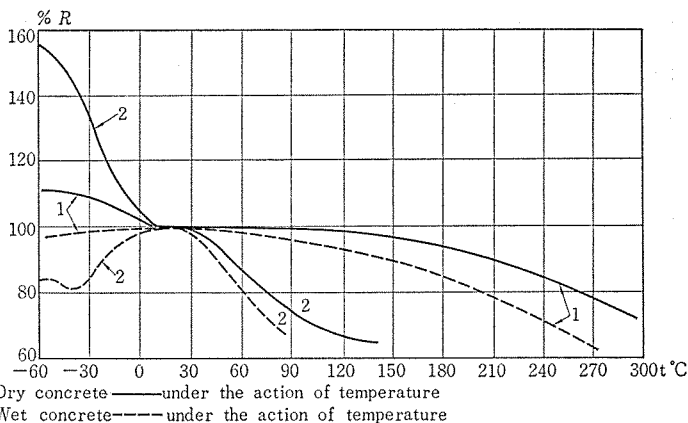


図-26 コンクリートの圧縮強度に対する温度の影響

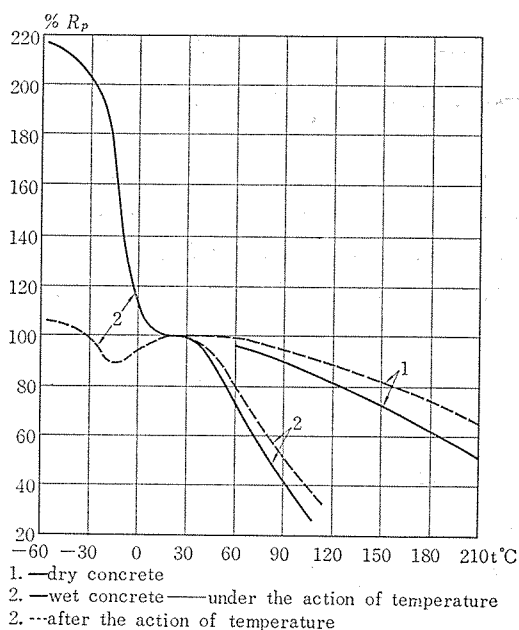


図-27 コンクリートの引張強度に対する温度の影響

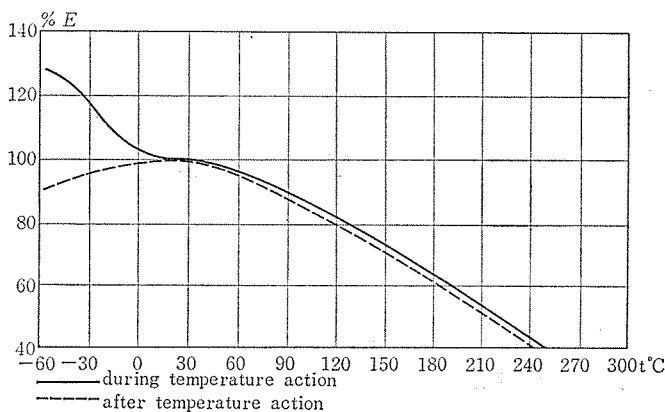
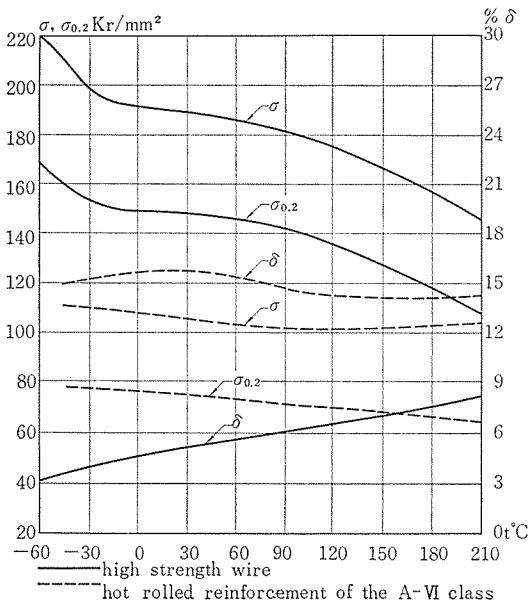


図-28 コンクリートのヤング係数に対する温度の影響

少する。ヤング係数の曲線は圧縮強度のそれとよく近似している (図-26, 図-27, 図-28 参照)。

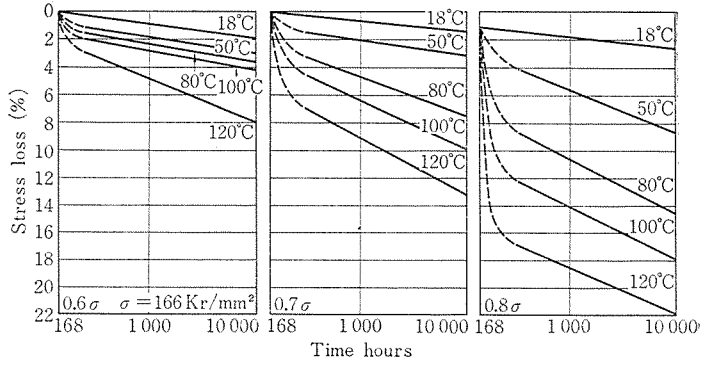


図—29 鋼材の機械的性質に対する温度の影響

この報告によれば、コンクリートの低温での脆性問題は生じないと考えられる。図—29によれば、P C鋼材の温度の影響はやはり、低温において強度は増加、温度が高温になるに従い、強度は減少する傾向を示す。図—30は鋼線のリラクセーションによる応力損失の温度効果を示したもので、温度が高くなるにしたがい、応力損失は大きくなる。

5. ま と め

P C船体構造物の設計、製作にはコンクリート工学はもちろんのこと、造船工学、海洋工学、土木材料学、施工学等の学際的幅広い知識が必要であり、そのための基礎実験、研究が急務である。たとえば海水中のコンクリート透水性、化学反応、また鉄筋、鋼材の腐食の問題、



図—30 高張力 5 mm 鋼線のリラクセーションによる応力損失に対する温度の影響

水中のコンクリートのクリープ等解明されていない問題の解決が急がれる。従来の陸上構造物では重量はあまり気にしなかったが、海洋構造物では浮上を条件とするためにできるだけ部材のぜい肉をとり、すきの無い設計が要求される。疲労破壊強度的な問題が陸上構造物より重要であるため、従来の許容応力度設計法から破壊確率論的手法を取入れた荷重係数設計法を将来採用すべきであると考えられる。最後にP C海洋構造物について、御指導、御教示を賜った当社猪股副社長に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 大串雅信: 理論船舶工学 (上, 中, 下) (海文堂)
- 2) 日本海事協会: プレストレストコンクリートバージ規準
- 3) Authur R. Anderson: Prestressed Concrete Floating Structures. (The society of naval architects and marine engineers).
- 4) A.F. Milovanov: Prestressed concrete structures under extreme temperature.

1977. 8. 19・受付

◀刊行物案内▶

P C くい基礎の最近の進歩

—P C くいの正しい使い方—

体 裁 : A 4 判 246 ページ
 定 価 : 2 000 円 (会 員 特 価 1 800 円) 送 料 600 円
 内 容 : 1) P C くい, 2) P C くい基礎の設計, 3) P C くいの施工, 4) 超高強度コンクリートくい, 超大径くい
 お申込みは代金を添え, (社) プレストレストコンクリート技術協会へ

公益信託 プレストレスト コンクリート 技術研究奨励基金による「助成」候補者募集

公益信託制度に基づき許可された上記奨励基金の本年度「助成」候補者を募集いたしますので奮ってご応募ください。

募 集 要 項

1. 目 的 プレストレスト コンクリート技術 及びその関連技術について今後一層の発展が期待できる研究を奨励「助成」することを目的とする。
2. 助 成 金 1件当たり 20 万円から 100 万円までとし内容により金額を決定する。但し総額 150 万円とする。
3. 応募資格 原則として 40 歳未満（昭和 52 年 10 月 31 日現在）の民間人とし、次のいずれかに該当するもの（個人又は団体）とする。但し公務員であっても教職及び研究職にあるものは助成対象とする。
 - (1) 日本国民（外国籍の者は除く）で、我が国の建設業界にあって プレストレスト コンクリート技術及びその関連技術の研究、実務に携わるもの。
 - (2) 日本国民（外国籍の者は除く）で、我が国の大学（大学院を含む、以下同じ）又は研究所でプレストレスト コンクリート技術及びその関連技術の研究に携わるもの。
 - (3) 建設関係団体、大学又は研究所等でプレストレスト コンクリート技術 及びその関連の技術の調査、研究にかかる国際交流の目的で海外留学又は外国人の招聘を行うもの。
4. 申込方法 指定申込書（請求先は下記のとおり）に所定事項を記入し、来る 10 月 31 日までに提出すること。郵送の場合は同日の消印まで有効とする。
5. 審査・発表 当公益信託の助成規定に基づき審査し、昭和 53 年 1 月中旬までに応募者全員に通知するとともに、本誌に発表する。

審査委員

委員長 坂 静 雄
副委員長 君 島 博 次
委 員 外 尾 善 次 郎
委 員 黒 川 紀 章
委 員 今 井 勤
委 員 産 本 真 作

6. 贈 呈 日 昭和 53 年 1 月 26 日（木）の予定
7. そ の 他
 - (1) 助成を受けた者は次の書類を所定期限までに提出する。
 - イ. 研究の進捗状況報告書
 - ロ. 研究成果論文及び調査研究レポート
 - ハ. 海外留学又は外国人の招聘を行うものにあつてはその成果についての報告書
 - (2) 助成対象物件に係る工業所有権は拘束しない。
 - (3) 助成金は免税の対象とならない。

8. 申込書請求・提出先 〒 100 東京都千代田区丸の内一丁目四番四号
及び照会先 公益信託斎藤記念プレストレスト コンクリート
技術研究奨励基金
(事務局) 住友信託銀行株式会社東京支店財産管理室

(電) 03-211-0661 (内線 363)