

PC バージ C-BOAT 500 の設計と施工について

寺 井 幸 夫*
 平 部 俊 光**
 浅 井 有 一 郎*

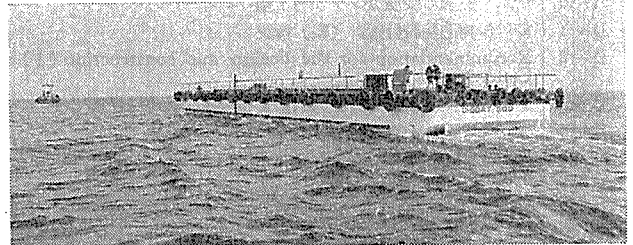
1. ま え が き

近年、海洋構造物に対する社会的ニーズが高まってきている中で、その主要材料に耐久性がありメンテナンスフリーのコンクリートを使用した構造物に関心が深まり具体的なものとして出現してきている。

浮体としての海洋構造物にコンクリートを利用した歴史は古く、1848年に J. L. Lambot によりフェロセメント式の手漕ぎボートが造られたことに始まる。その後、第一次から第二次の世界大戦下では、鋼材不足を補うために、当時ようやく理論化されて実用化に至った鉄筋コンクリート技術を利用して各国で数多くの鉄筋コンクリート船が建造された。また、1943年にはドイツにおいて世界で初めての500 DWT級のPCバージが出現している。国内でも1930年にはコンクリート製の浮きさん橋があり、第二次大戦中は、貨物船「武智丸」、半潜式タンカーバージなどの建造記録があるが、やはり鋼材不足による代替であった。1945年以後は、小型船はフェロセメント、大型船はプレストレストコンクリートとして建造され、材料の持つ特性を十分活用し使用されてきている。

コンクリートは、本来、圧縮強度に比べて引張強度が低くひびわれが入り易いという宿命的な欠点があり、重量も強度に比べて重く、フローティング構造物の材料として使用するにはかなりの抵抗があるが、最近のコンクリート技術の発達は大強度化、軽量化、施工性の向上などのほかに、プレストレス導入技術によってコンクリートの持つ欠点をほとんど解決しようとしている。

次に、フローティング海洋構造物を設計するに当たっては、その外力である波浪荷重の取扱いが重要となる。船舶の場合、船の長さ等に等しい波長の規則波が波形どおりに船体に加わるものとして静的な釣合条件を解くことにより求めたものを基本にしていたが、現在は実際の波浪データにより動的な船体応答にて解析する直接設計法を取っている。PCバージでは、これらの考えを入れて日本海事協会（NK）が『プレストレストコンクリートバ



写真一 曳航実験中の C-BOAT 500

ージ規準』を1975年に制定しそれに規定している。算定式は鋼船と同様に北大西洋上の実測値を基にしたものであるが、実際の船型や使用海域の海象条件を用いて直接、動的に解析して求めても良いことになっている。

これらを規定しているこのPCバージ規準は、まだ十分な実績もなく材料、強度設計、工作方法などの技術開発を阻害する恐れがあるため、特に重要な項目に対する規定以外は精神的な規定にとどめてあり、今後の各種実験や詳細設計などの技術開発の結果をみて必要に応じて改正すると同規準に解説されている。

以上のことを踏まえて、これからの発展が望まれているコンクリート製フローティング構造物に対する技術的なアプローチとし、また、材料、構造、設計施工などの技術開発を目的としてPCバージC-BOAT 500を試作建造したので、以下に設計方法を主として、材料開発、建造方法などの概要を報告する。

2. 設 計

2.1 設計の基本的な考え方

このバージは、研究開発のための試作バージとして仕様を決めたために、現行のPCバージ規準（NK）が対象としている使用海域や使用目的、規模などの点で若干相違している。このため設計に当たってはその手順や算定基準、方法を日本海事協会の指導を得て「設計マニュアル試案」としてまとめ、それによって進めることにした。この「設計マニュアル試案」は、NK-PCバージ規準をはじめ世界的な主要船級協会の「NV」、「ABS」、「USSR Register」などの諸規則のほかにフェロセメント的な考え方や関連の文献資料なども参考にして鉄筋コンクリート構造、プレストレストコンクリート構造の原則を逸脱

* 大成建設（株）技術開発部

** " 土木設計部

しない範囲で実験による確認事項なども取り入れて作成したものである。

設計波浪荷重の設定に関しては、直接設計法の手法を用いることを原則とした。直接設計法は、最近の船舶に対する最も進んだ設計法で、波による動的な船体応答と波浪観測データから確率論的手法により波浪荷重を予測する方法である。断面算定に当っては、各部材の終局強度やひびわれ幅を算定し、使用部材位置や応力の種類によって定めた安全係数、許容ひびわれ幅に対してチェックするものとした。この基本的な考えに沿ったコンクリートバージの設計フローチャートを 図-1 に示す。

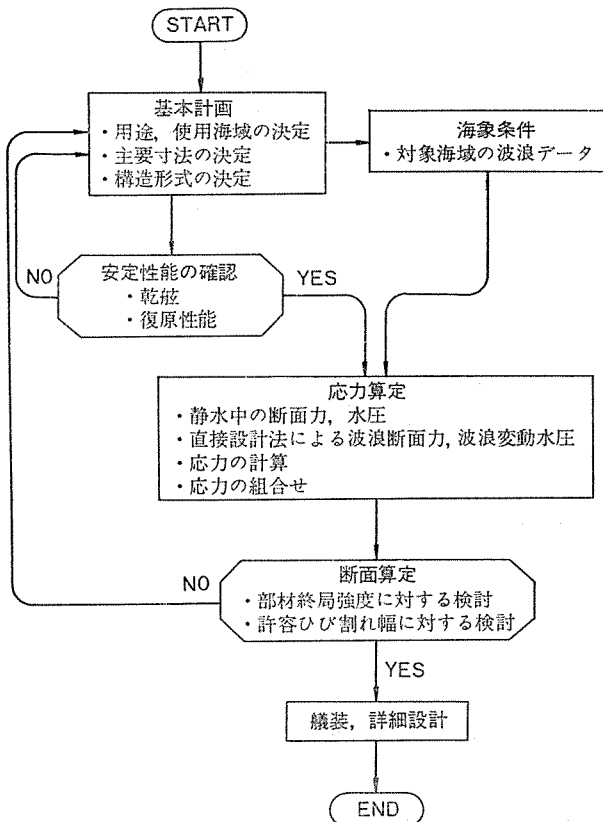


図-1 設計のフローチャート

このバージは、航行区域を平水区域に限定し波浪データとして東京湾木更津沖の試料を用いて、満載状態とバラスト状態について計算し長期発現確率 $Q=10^{-5}$ の値を設計波浪荷重とした。また、主要構造部材のひびわれ幅や疲労強度などについては実物大実験を行い確認を得て進めている。

2.2 構造と仕様

このバージの仕様は下記に示すとおりであり、その一般構造は 図-2 に示すとおりとなっている。

(1) バージの仕様

主要寸法 バージ長 37,000 m

バージ幅	9,000 m
バージ深さ	3,100 m
軽荷吃水	1,170 m
満載吃水	2,600 m
(乾舷)	0,500 m
積載能力	積載重量 500 D. W. T (バラ積)
主体構造	プレキャストコンクリート構造
	縦方向 PC 構造
	横方向 RC 構造
航行区域	平水区域
航行速度	非自航 (計画最大速度= 6 knot)
艤装	曳航用ビット, ボラード, フェアリーダー, 防舷材, 倉口蓋, ハッチ, ワイヤロープ, その他
船級	日本海事協会 NS* (Smooth Water Service) (PC Barge)

(2) 使用材料

コンクリート	設計基準強度	$\sigma_{ck}=500 \text{ kg/cm}^2$
(軽量)	ヤング係数	$E_c=1.85 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
	比重	$\gamma_c=1.81$
鉄筋	異形鉄筋	D10 以下 SD30 相当 D13 以上 SD35
PC 鋼材	PC 鋼より線	19本より $\phi 17.8 \text{ mm}$
	引張強度	$P_u=39,500 \text{ kg}$
	ヤング係数	$E_p=1.95 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

2.2 設計荷重と断面力

一般に、船体の強度計算に使用する荷重は、静水中の水圧、自重、積載荷重および波浪荷重を考慮する。

(1) 自重と積載荷重

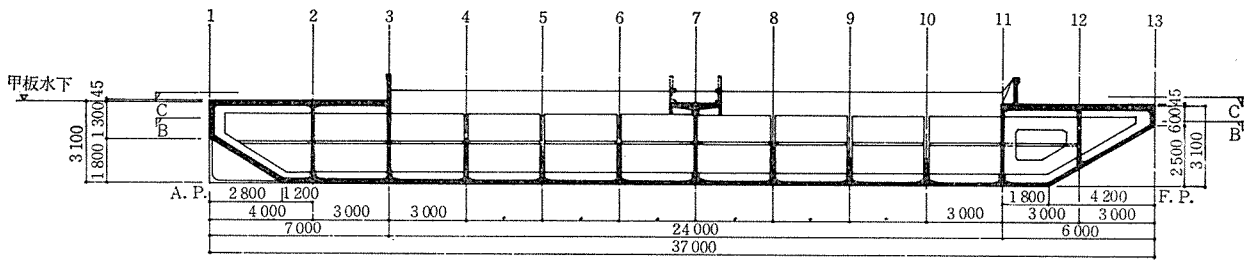
バージの形状と自重だけではトリムがあるために、バラスト状態では船尾バラストタンクにバラスト水約 20 t を入れている。満載状態では全積載荷重 500 t を船倉内に等分布のバラ積と仮定し、底板上には直接載荷させないものとしている。これを等分布荷重にすると 3.7 t/m^2 となる。甲板部については、その断面算定に当って 0.7 t/m^2 の等分布荷重をみている。

バラスト状態と満載状態の静水中における浮力と自重および荷重のアンバランスによる静水中縦曲げモーメントとせん断力は、 図-3 に示す分布となる。

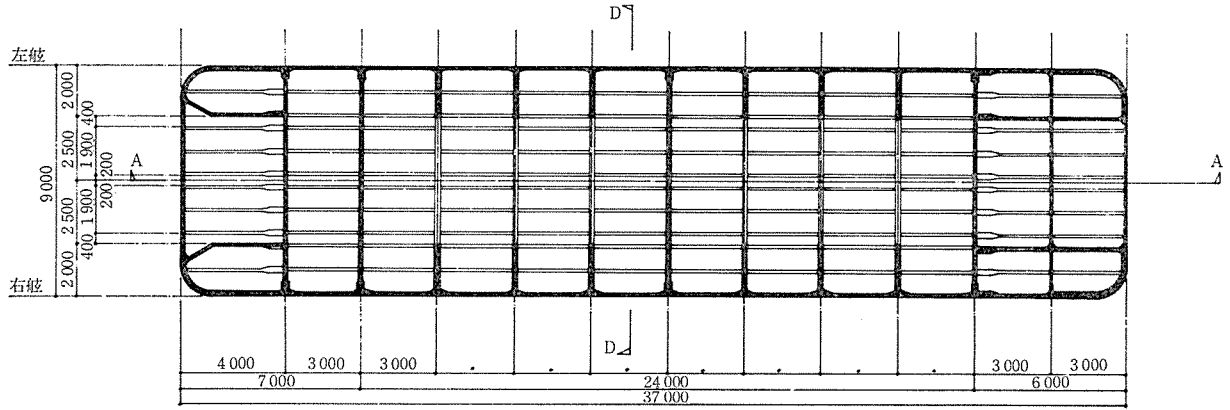
(2) 波浪荷重

設計波浪荷重は、バージが東京湾に就航するものとして木更津沖の波浪観測データを使用し直接計算法にて算出した。木更津沖の波浪観測データを 表-1 に示す。

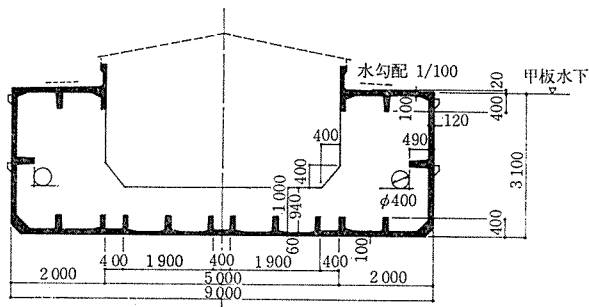
解析は、満載状態、バラスト状態のケースにつき船速 6 ノットとして行った。その結果得られた長期発現確率



縦断面図 (SECTION A-A)



平面図 (下面) (SECTION B-B)



横断面図 (標準部) (SECTION D-D)

図-2 C-BOAT 500 一般構造図

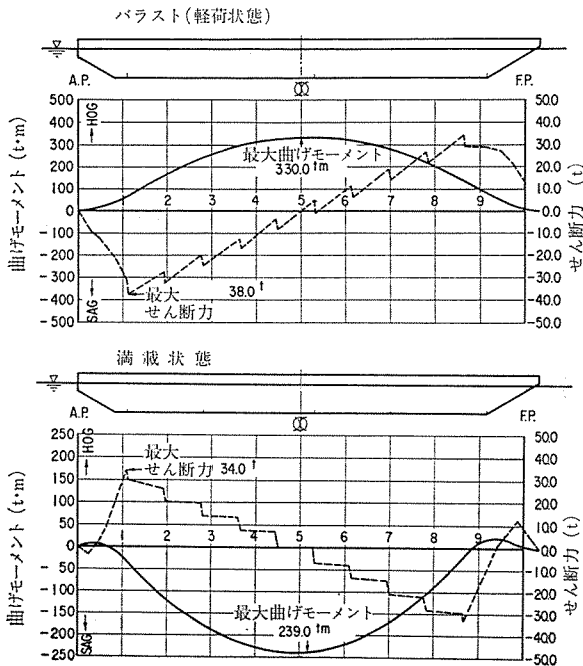


図-3 静水曲げモーメントおよびせん断力図

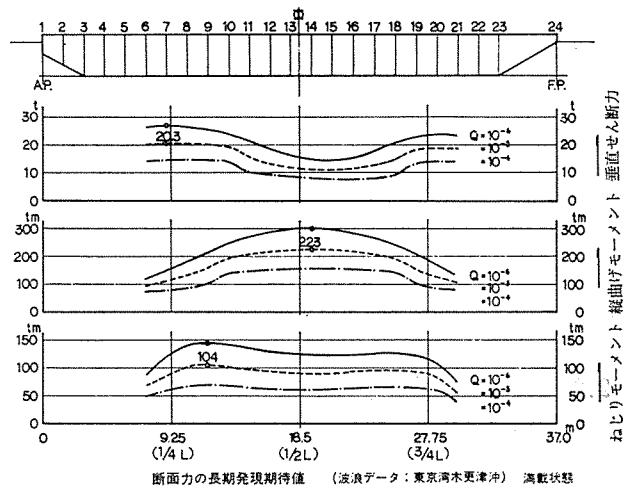
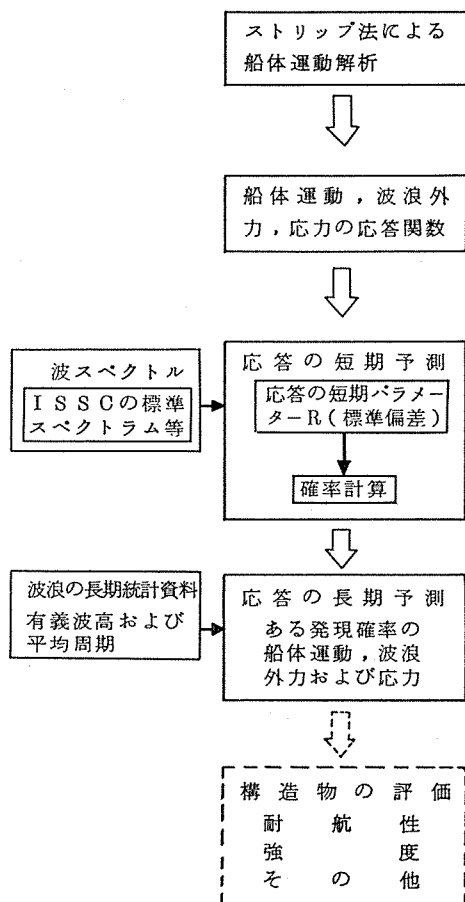


図-4 断面力の長期発現期待値

表一 長期波浪資料 東京湾木更津沖 (1968.3.1~1971.5.22)

WAVE HEIGHT (CM)	WAVE PERIOD (SEC)													(8479 obs.)
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0		
25.0	0.0	0.0	284.12	1.06	12.27	24.06	14.86	2.59	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	339.08
50.0	0.0	0.0	0.35	17.69	73.48	139.05	74.30	10.61	1.30	0.12	0.0	0.0	0.0	316.90
75.0	0.0	0.0	0.12	6.13	54.02	86.21	54.49	13.80	2.00	0.35	0.0	0.0	0.0	217.12
100.0	0.0	0.0	0.0	0.59	7.67	23.82	27.13	12.15	2.59	0.24	0.0	0.0	0.0	74.19
125.0	0.0	0.0	0.0	0.12	1.77	7.67	10.85	7.08	2.95	0.12	0.12	0.0	0.0	30.68
150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	1.65	4.72	4.13	1.30	0.24	0.0	0.0	0.0	12.16
175.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.47	1.65	1.89	0.83	0.35	0.0	0.0	0.0	5.19
200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.35	0.94	0.59	0.0	0.0	0.0	2.36
225.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.12	0.35	0.35	0.24	0.12	0.0	0.0	1.30
250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24
275.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.0	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24
300.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.35
325.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12
350.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	284.59	25.59	149.33	283.29	188.60	53.54	12.62	2.25	0.24	0.0	0.0	1000.00

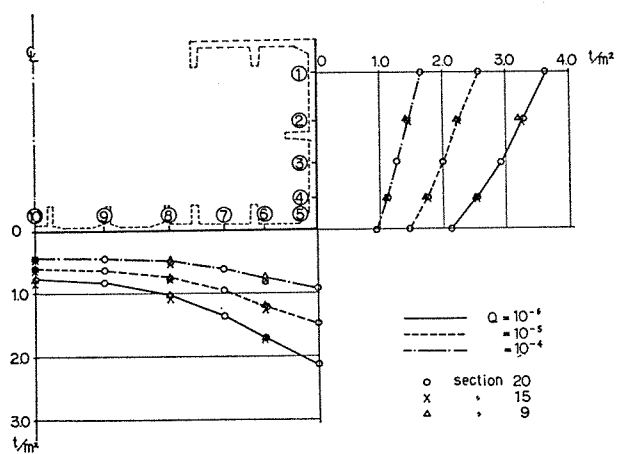


図一五 直接設計法 (Direct Design Method)

$Q=10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}$ の断面力の期待値分布のうち満載状態のものを 図一四 に示す。

東京湾内就航を考えると荒天では就航回避ができると思われるので諸応答予測値は 20~30% 低減するものと推察できる。そこで、通常行われている $Q=10^{-6}$ の設計値に対して、この設計では $Q=10^{-5}$ の値を設計波浪荷重とした。なお、ここで直接設計法 (Direct Design Method) の基本的な考え方をフローチャートにして 図一五 に示す。


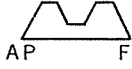
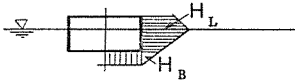
次に、横強度や局部強度に使用する横断面に対する変



変動水圧の長期発現期待値 (波浪データ: 東京湾木更津沖) 満載状態 $d=2.5m$

図一六 変動水圧の長期発現期待値

表-2 設計波浪荷重の比較

	縦強度上考慮すべき断面力		横断面水圧	
	最大曲げモーメント	最大せん断力	底板: H_B	側板: H_L
直接計算 $Q=10^{-6}$ 東京湾木更津沖	299.6 $t\cdot m$ (1)	27.1 t (1)	2.1 t/m^2 (1)	3.6 t/m^2 (1)
直接計算 $Q=10^{-6}$ 北大西洋冬期	1492.0 (5.0)	135.6 (5.0)	8.3 (40)	14.0 (39)
NK 鋼船規則遠洋	870.0 (2.9)	150.9 (5.6)	1.0 (0.48)	3.3 (0.92)
" 平水域	870.0×0.6 (1.7)	150.9×0.6 (3.3)	0.8 (0.38)	3.3×0.8 (0.73)
荷重分布				

動水圧の長期発現期待値を 図-6 に示す。設計値としては、前記同様 $Q=10^{-5}$ のものを採用した。波の打込みは平水区域のために低減係数を 0.8 として下記の値とした。

- 中央甲板 $1.8^* \times 0.8 = 1.44$ (t/m^2)
- 船首甲板 $3.2^* \times 0.8 = 2.56$ (t/m^2)
- (* 鋼船規則により算定)

ここで参考のために、北大西洋冬期の波浪データによる設計波浪荷重と木更津沖波浪データの値そしてNK 鋼船規則による値を比較したものを 表-2 に示す。表中、縦強度上考慮すべき断面力は最大値を表わし、横断面水圧は、図-2 の構造図中 Section 10~11 の満載吃水線位置の水圧と底板の最大水圧を示す。この結果では木更津沖の値は北大西洋の値の 1/3~1/5 程度となっている。また、PC バージ規準の値は、鋼船規則の値に Coasting Service として 0.9 倍した値となっている。

また、バージに対する波浪外力の実体を把握するために、数年前から浮体に関する波浪応答特性の実験的研究を進め、浮体底面の変動水圧の分布を知り、船体構造設計の縦強度、横強度、局部強度に対する外力の関係をつかんだ。模型実験による変動水圧分布を 図-7 に示す。

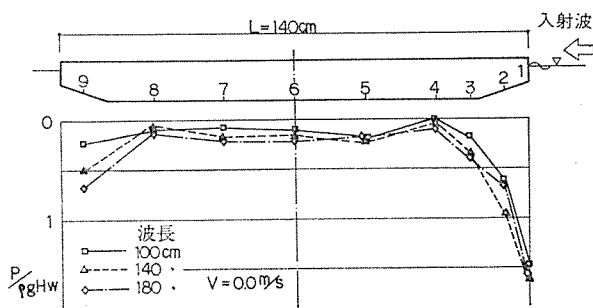


図-7 底面の変動水圧分布 (縦方向)

さらに、浮体の動的なピッチング、ローリングなどの運動についても実験を行いバージ形状に反映させた。

(3) 荷重の組合せ

自重、積載荷重および前述の設計波浪荷重を満載状態とバラスト状態について部材の種類により 表-3 に示すように組合せて応力算定を行った。

2.3 構造強度の検討

縦強度部材に関しては PC 構造、横強度および局部強度部材に関しては RC 構造となっている。荷重の組合せも考慮して各種構造部材の断面算定の概要を述べる。

(1) 縦方向部材の検討

縦強度部材に対しては、あらゆる荷重の組合せに対してフルプレストレスとなるようにプレストレスを導入した。すなわち、バージ断面に対する静水曲げモーメントと波浪曲げモーメントを加えた縦曲げモーメントによる断面内応力は、 -31.1 (引張)~ 23.4 (圧縮) kg/cm^2 となり、縦方向リブに対する局部応力を計算しその応力と組合せると縦方向リブの断面内応力は -50.2 ~ 68.6 kg/cm^2 となる。そこで全断面に引張応力が生じないように 55 kg/cm^2 の有効プレストレスを導入するものとした。PC 工法は、VSL モノストラッド工法を用いて、19 本より $\phi 17.8$ mm の PC 鋼より線を全断面に対し、78ケーブルにて所定の導入力を得た。縦方向部材断面検討の一例として、底板縦リブと有効フランジ部の曲げモーメントによる応力状態を 図-8 に示す。

ねじりモーメントは、 $T=104$ $t\cdot m$ となっている。これに対して隔壁付近に隔壁の拘束により引張応力が働くが、立体構造解析の結果、その応力度は、底板部において -5 ~ -7 kg/cm^2 程度であり、最大値は甲板倉口端部で -11.6 kg/cm^2 となった。しかし、バージが波浪によって最大ねじりモーメントを受けるのは、波の入射角が 60° 近辺であるため縦曲げモーメントは最大値の 1/3 程度となり、この断面に対してねじりモーメントを考慮しても十分応力に余裕があるといえる。せん断力とねじりモーメントによる最大せん断応力度は、それぞれ 10.5

表-3 荷重の組合せ

状態	満載状態	バラスト状態
縦強度	静水 波浪	
	横強度・底部縦方向リブ・側壁リブ	
甲板縦方向リブ	波浪	
	載荷	

※満載状態でも当該横構造の局部的積載状況によって2ケースを考える。

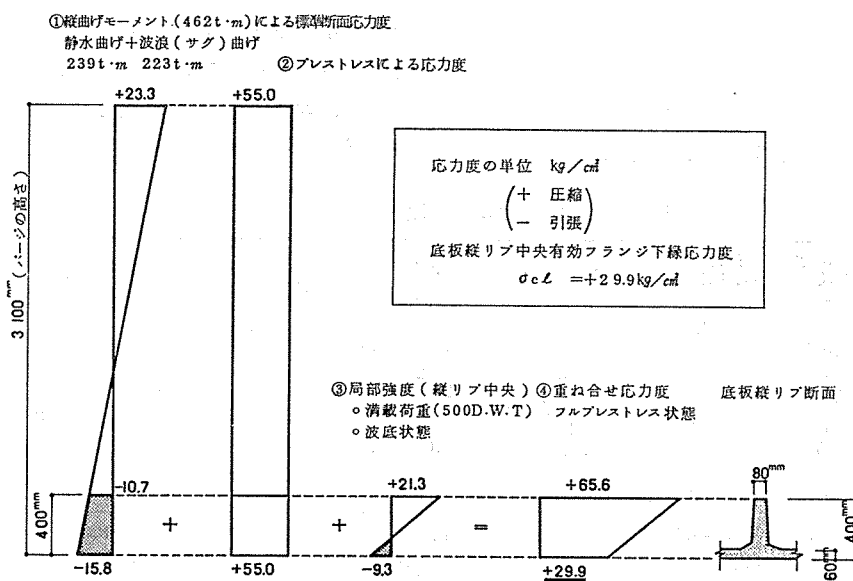


図-8 縦方向部材応力度の重ね合せ

報 告

kg/cm² と 2.9 kg/cm² であり、断面は十分の強度を有している。

(2) 横方向部材の検討

横強度と局部強度部材に対しては、RC 構造のため各部材の終局強度とひびわれ幅を算定し、それぞれの安全係数と許容ひびわれ幅に対してチェックした。コンクリ

ートの許容ひびわれ幅は、海水に接する側で最大 0.08 mm、その他の部分で最大 0.10 mm とした。また、終局強度に対する安全係数は、部材の種類、破壊形式、荷重状態により 1.5~2.5 の値を取った。一例を示せば、局部強度部材の底板の曲げモーメントに対する検討では終局強度の安全係数を次のとおりとした。

$$\begin{aligned} \text{静水時設計荷重状態} & K_M \geq 1.6 \\ \text{波浪時設計荷重状態} & K_M \geq 1.5 \end{aligned}$$

許容ひびわれ幅は、海水に接する側のため最大 0.08 mm としている。検討断面の一例を図-9 に示す。これは、横リブの横荷重による断面力算定時の構造系と横リブ下縁底板部有効フランジの応力状態である。ここでの応力状態は、横荷重による横リブとしての応力度と底板の局部荷重による応力度とを重ね合せたものである。

2.4 構造の特徴

(1) 薄板断面構造

バージは、浮くことのほかに積載能力を高める必要がある。そのためには船体自重の軽減化が要求される。そこで、材料的には水密性の高い高強度の軽量コンクリートを使用し、構造的には最小板厚 60 mm と部材断面の縮小をはかり構造部材の合理的な配置とプレストレス導入により軽減化を行った。従来のコンクリートに比べて船殻重量を 20~30% 軽減化させることができています。

構造部材断面寸法を小さくするには、水密性と耐久性を保持したうえで鉄筋のかぶり厚を必要最小限にして強度をあげなければならない。ここに各種設計規準に規定された鉄筋かぶり厚さを表-4 に示す。

国内の規準を除いて、いずれも小さい値を採用している。そして水セメント比 (W/C) は、40~45% 以下としている。この水セメント比を下げることによりコンクリートの水密性や耐久性に対する効果を期待しているものと思われる。そこで、このバージで採用した鉄筋のかぶり厚は、コンクリートの水セメント比を下げることにより USSR Register の規準を主体に決定している。なお

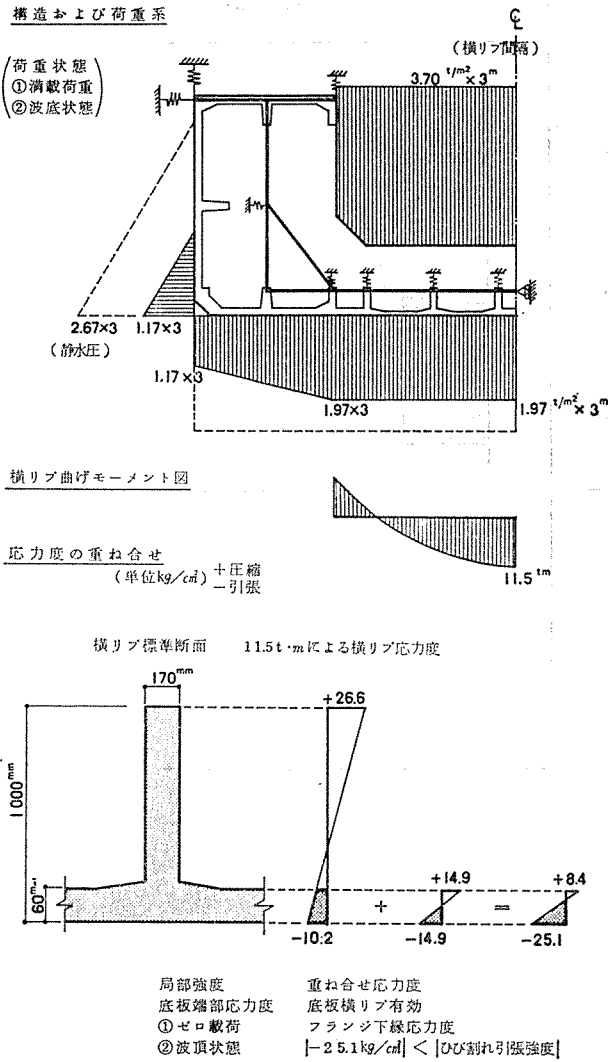


図-9 横方向部材応力度の重ね合せ

表-4 各規準別かぶり厚さ (mm) の規定概要

	PC バージ NK	USSR REGISTER	ABS	FIP	RC 示方書 土学海洋コンクリート	鉄筋コンクリート規準 (建・学)	プレストレスコンクリート規準 (土・学)
船殻外表面	70 (100)	15	21	30 (1.25d)(1.5)	70	普通 20 (30) 軽置 20 (30)	スラブ 梁 柱 ① 10 15 20
船殻内部	40 (45)	10	13	20 (2.0d)(1.0)	50	壁屋・内 (30) (40)	② 20 25 30
その他 (軽微)	40 (45)	5	18 (デッキ外部)	10 (1.0d)(1.0)	50	柱・屋外 (30) (40) (40) (50)	③ 30 35 40
ドックの作業床	40	20				基礎 [60] [70]	
	() は PC 鋼材の場合	W/C=42% 以下		() 内は鉄筋径 d との比 [] は骨材寸法との比 W/C=45% 以下		() 内は仕上なし [] 内は土に接する	① 風雨にさらされない ② 寸法が大きく重要 ③ 条件の悪いもの

このフローティング構造物に対する鉄筋のかぶり厚は耐久性、施工性などを考慮した今後の研究開発を通して国内規準の改定が望まれる。

(2) プレハブ構造

バージの水密性や耐久性を向上させるためには、密実なコンクリートを施工しなければならない。そのためにはコンクリートに対する十分な品質管理や施工管理が必要であり、バージの構造形式、薄板部材とその鉄筋配置などからみて従来の場所打ち工法では施工上の難点がある。これらの管理上の問題と将来の大型海洋構造物の建造技術への汎用性を考慮してプレハブ工法を採用した。そのブロック構造は、縦方向に対する分割としては PC 構造のために横リブ間の中央の最小断面積部で行い、横方向に対する分割は RC 構造のため縦リブ間隔を一部 400 mm としその間でジョイントできる構造とした。プレハブブロックの種類は、図-12 に示すように舷側部ブロックと船底部ブロックの 2 種類とした。

(3) ジョイント構造

ジョイント構造は、ブロックの組立作業を単純化し工期の短縮化をはかり、一体化された全体構造も十分な強度を有し水密性のある構造としなければならない。そこで、縦方向に対するジョイントは、断面内にせん断キーを取付けたブロックを適当な間隔をあけて配置して特殊な配合の無収縮性モルタルを充填し硬化後にプレストレスを導入できる構造とした。プレストレス導入工法は、薄板構造バージ用に開発した VSL モノストランド工法を採用し、その PC ケーブルを断面に数多く分散させた。横方向に対するジョイントは、横リブについては配置された主鉄筋をパワーグリップ工法にてジョイントし、底板などと細径鉄筋はラップジョイントのウェットジョイント構造を採用した。なお、目地コンクリートは、無収縮性のものを使用した。

3. 材料と構造部材の開発

3.1 水密性の高強度軽量コンクリート

このバージのために、水密性が高く、軽量で、高強度のコンクリートの開発が行われた。軽量化のために骨材は、粗骨材、細骨材とも人工軽量骨材を使用し、セメントは普通ポルトランドセメントとして、設計基準強度を 500 kg/cm² 以上、比重 1.8 を目標とし配合に工夫がなされた。一般に、コンクリートの強度と水密性は、水セメント比の影響が大きい。そこで、このバージのコンクリートは、水セメント比を 34% と極力下げ、施工性の

ために高性能減水剤を加えている。さらに密実なコンクリートを打設するために打設方法にかなりの工夫がなされた。その結果、強度、比重はもとよりワーカブルな、乾燥収縮の小さいコンクリートを開発できた。そのコンクリートの水密性は、透水試験の結果、透水係数では表現できず 0.5~1.5 kg/cm² の水圧をかけて拡散係数を求めた。その結果は、拡散係数 4.6×10⁻⁴ cm²/sec 程度であり非常に水密性の高いものであることが確認できた。

3.2 薄板構造部材

高強度のコンクリートと種々の配筋方法により部材実験を行い、曲げ剛性、最終耐力、ひびわれ抵抗などいずれの点でも優れている部材を開発した。図-10 は、単

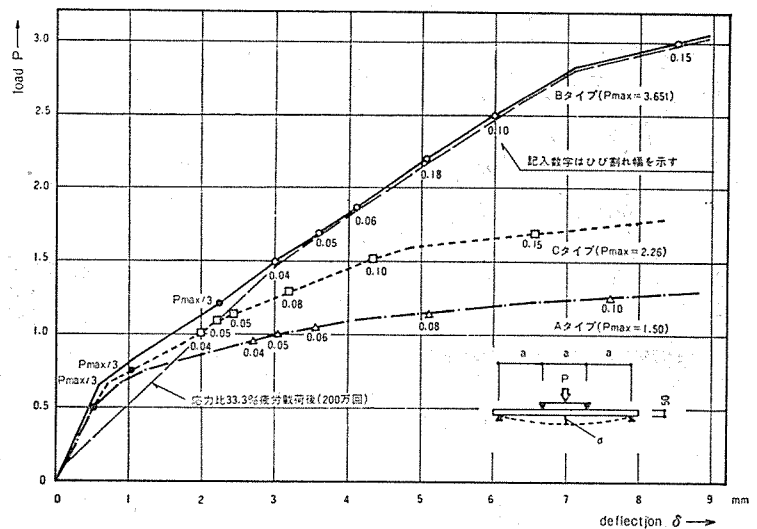


図-10 荷重-たわみ曲線

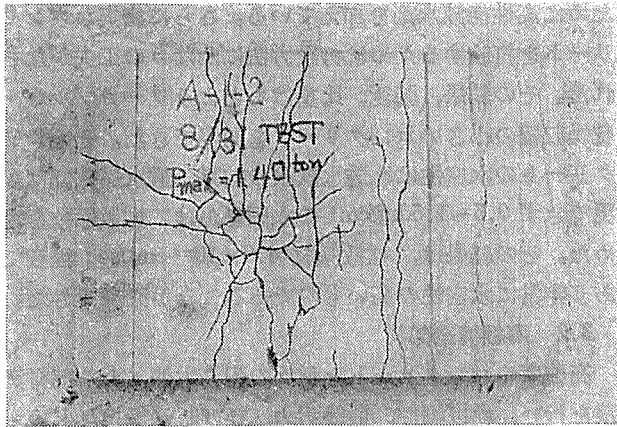
位鋼材量が同じの薄板曲げ実験の結果比較図である。このほか、写真-2 に示す耐衝撃性の実験も行って、このバージで使用する部材、B、C タイプを決定した。

3.3 疲労強度の高い構造部材

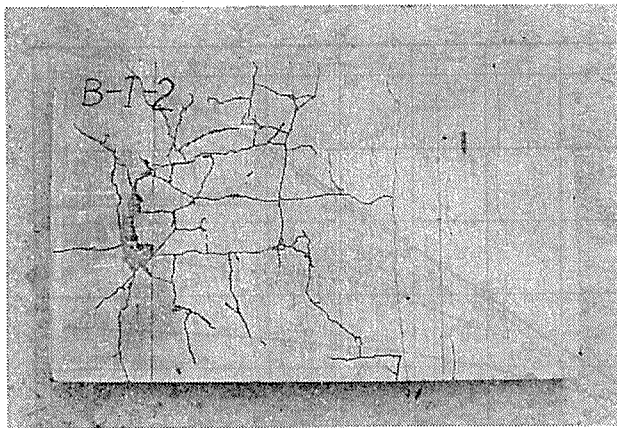
バージの構造部材は、波浪により常に繰返し荷重を受けるため疲労強度が問題となる。そこで、このバージに使用する PC 構造の薄板部材、RC 構造の梁部材、さらにそれぞれジョイントされた部材について実物大モデルによる疲労強度実験を行い疲労強度を確認した。薄板部材については、図-10 の中に B タイプのものが応力比 33% で 200 万回の疲労試験後の荷重-たわみ曲線として示されている。特に縦強度部材となっている PC 構造の梁部材は、波により圧縮と引張りが交互に生ずるので波浪荷重状態を再現した両振り曲げ疲労試験を行って疲労による安全性を確認している。なお、応力比が ±30% で 200 万回の疲労試験後の静的曲げ再試験の結果を図-11 に示す。写真-3 は試験の状況である。

3.4 ジョイントの材料

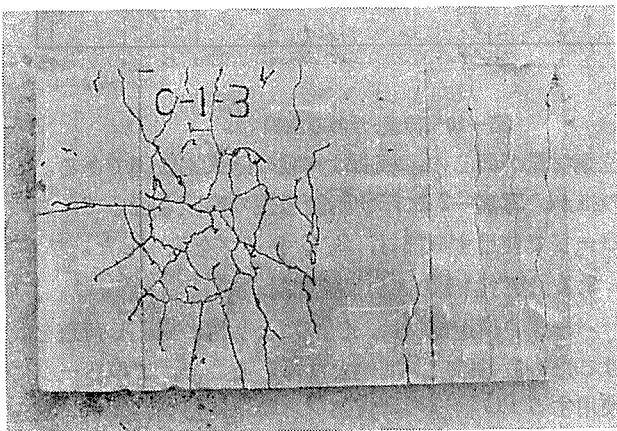
横方向の RC 構造ジョイント、縦方向の PC 構造ジョ



Aタイプ



Bタイプ



Cタイプ

写真-2 衝撃によるひびわれ

イントともに、無収縮性コンクリートや特殊配合の無収縮性モルタルを使用しているが、いずれも実物大モデルにより曲げ、せん断実験を行い曲げ剛性、ひびわれ、最終耐力などを確認している。写真-4 に状況を示す。

4. 建造および海上実験

4.1 建造

コンクリートで海洋のフローティング構造物を建造するには、高強度で水密性の高いコンクリートと適切な補

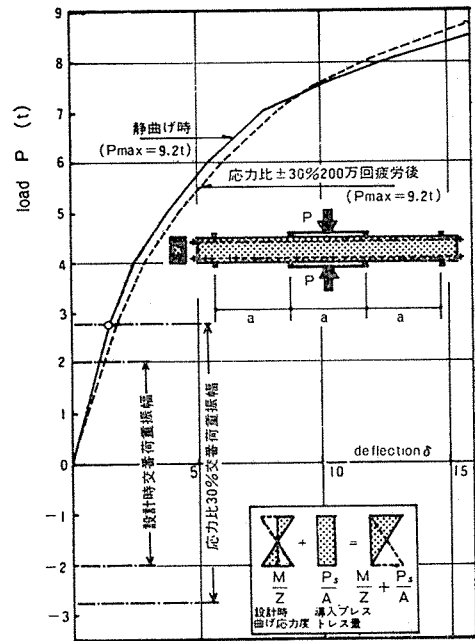


図-11 PC 梁の曲げ載荷実験

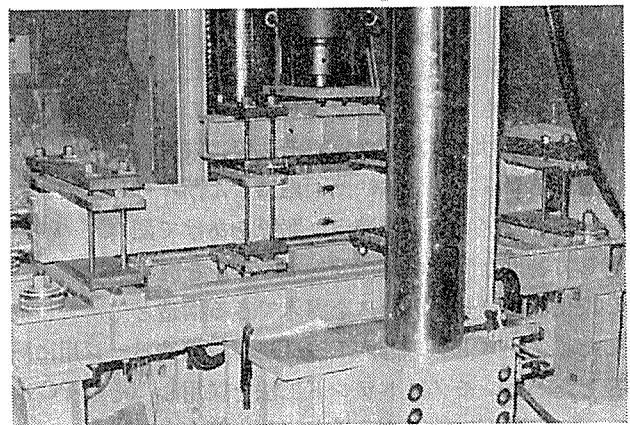


写真-3 PC 梁の疲労試験

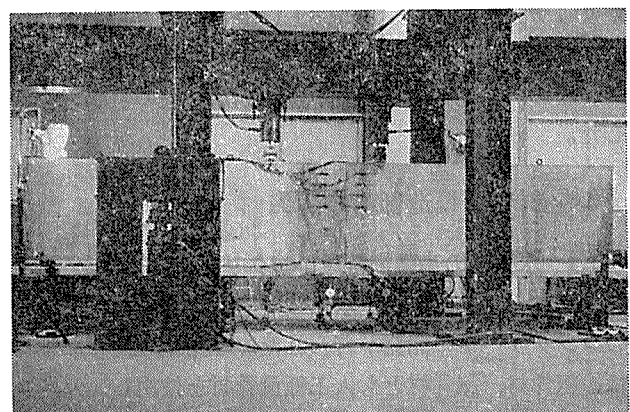


写真-4 横リブジョイント実物大曲げ試験

強鋼材との組合せで、ひびわれの発生しにくい耐久性の高い部材を製作しなければならない。また、バージなどの構造物では自重の軽量化が必要であり今回も材料その

ものの軽量化、高強度の材料を使用した構造断面の縮小化による軽量化が行われている。このためかなりの施工技術が要求されている。そこで、バージの試作建造に先立ち使用する材料そのものの性能試験のほかに、施工のために、型枠の架設、鉄筋の組立、コンクリートの打設、締固め、養生など施工方法について実物大模型による製作実験も含めて種々の施工実験を行った。

コンクリートは、人工軽量骨材を用い単位水量を極力低減させた高強度コンクリートを採用することになっているが、このような特殊コンクリートを使用するには、施工上も品質上も十分な管理が必要であり、構造形式、部材寸法、鉄筋やPCケーブルの配置などからみて従来の場所打ち工法では施工上かなりの難点が考えられることと、現場工期の短縮のためにプレハブ工法を採用した。なお、船首、船尾のような特殊な形状部分については、施工の難易性をみるために場所打ち工法にて施工した。

建造方法は、プレハブ工場においてA、B2種類のタイプのプレハブブロックを製作し、これを造船所に運搬して進水台上にて組立て、目地を施工、プレストレスを導入し、船首尾を施工して艀装を行い進水させた。その建造順序を図-12に示し、状況を写真-5~8に示す。

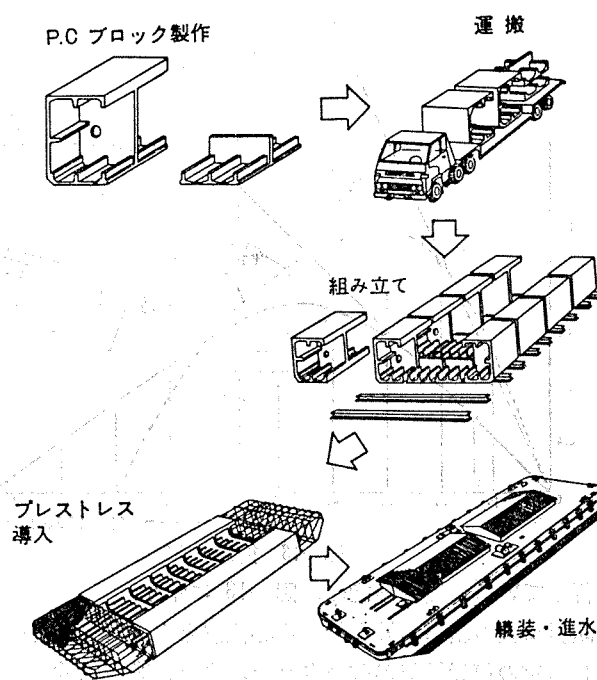


図-12 建造方法

4.2 海上実験

進水後、バージの復原性能を確認するため傾斜試験、動揺試験を、曳航特性を調べるため曳航実験、旋回実験

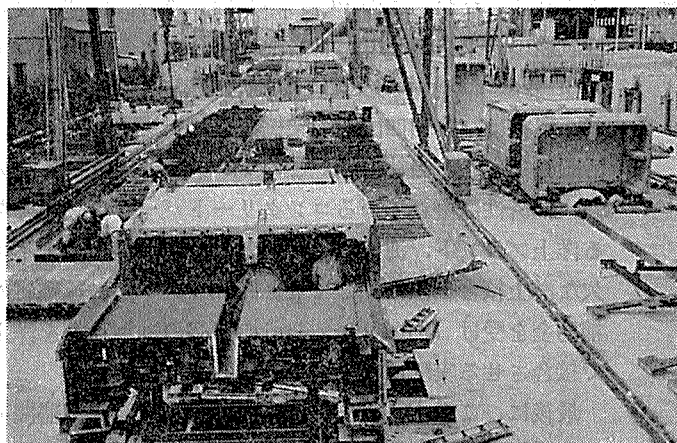


写真-5 プレファブブロックの製作

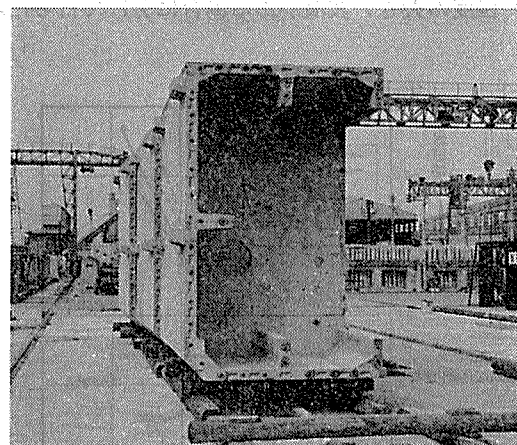


写真-6 プレファブブロックのストック

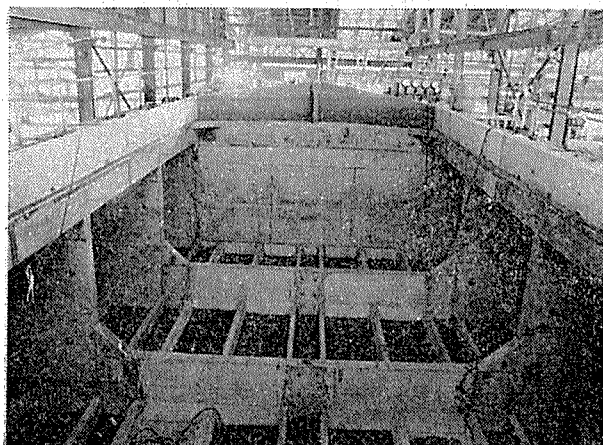


写真-7 プレファブブロックの組立

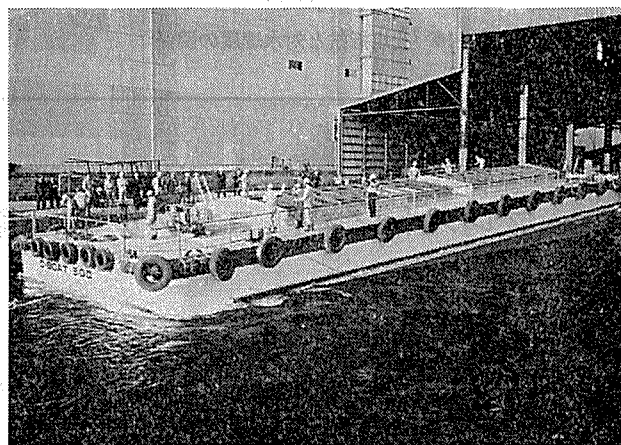


写真-8 進水

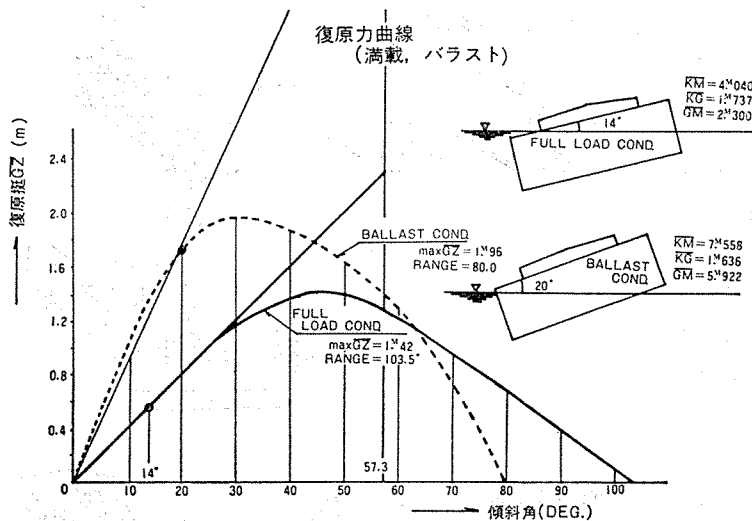


図-13 復元力曲線

を行っている。復元性能は、図-13 に示す。

傾斜試験の結果、排水量、重心位置ともに計算値と一致し所定の復元性能が確認された。また、動揺試験からは、ローリングの固有周期が3.8秒で同規模の鋼製バージに比べ固有周期が長く、安定性が良く動揺しにくいことがわかった。

曳航実験は、海上の波が小さく静穏な場合と50~100cm程度の大きい波浪がある場合に分けて行った。実験

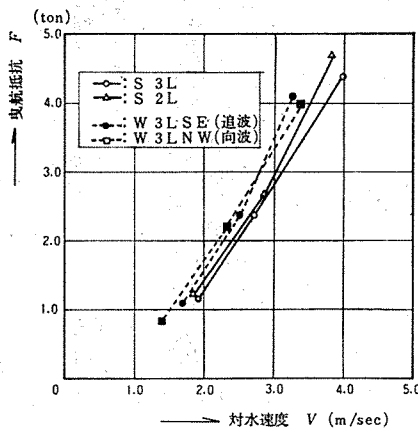


図-14 曳航抵抗と対水速度の関係

のパラメーターは、曳航索の長さ、曳航速度、追波向波、曳船の舵角などを取った。その結果は、曳航抵抗は対水速度の2乗に比例するという一般的な傾向が得られ、抗力係数で0.6~0.7と鋼製バージと同程度の値が得られた。曳航抵抗と対水速度の関係を図-14に示す。また、曳航時の揺れも小さく安定しており、直進性も非常に良く船尾に設けられた固定舵(スケグ)が、その性能を発揮していることが確認された。

5. あとがき

このPCバージは、将来の大形のコンクリート製フローティング構造物に対する技術的アプローチとして、現在まで研究開発された基礎技術を集積、応用したもので構造物としては小規模ではあるが、将来の大規模なコンクリート製フローティング構造物への汎用性の面で設計、材料、施工ともに一応の目標は達成したものと考える。しかし、今後の発展のためには、なお一層の研究開発が必要であり、そういう面では、このバージそのものもまた長期的な実験供試体と考えられる。なお、このPCバージは、設計、建造、復元性試験の結果を通して、日本海事協会によりNS*(Smooth Water Service)(PC Barge)として船級を認定され、現在は、本州四国連絡架橋工事にポンツーンとして活躍している。当社では、このPCバージに続いて耐久性、経済性に優れているコンクリートバージの応用である洋上プラント、海上空港などの大型海洋構造物に不可欠な洋上接合工法に関しても、昭和53年末に運輸省の補助金を受け12m×6m×3mの2個のユニットを洋上で接合させる実験に成功している。

最後に、このPCバージは、(財)日本船用機器開発と共同開発されたものであり、このプロジェクトを進めるに当たっては、官界、学界ともに多くの御指導をいただいている。誌上を借りてここに厚くお礼申し上げたい。

◀刊行物案内▶

プレストレスト コンクリート 第7回 FIP 大会特集増刊号 (英文)

体 裁 : B5判 117頁

定 価 : 1800円 (会員特価 1500円) 送 料 : 200円

内 容 : 1974年5月ニューヨークで開かれた FIP (国際プレストレッシング連盟) 大会にわが国より提出された論文 (英文) をとりまとめたもので、詳細は会誌 16 巻 2 号参照。