

(昭和 19 年 11 月造船協会秋季講演会於て講演)

# 鐵筋コンクリート船の一設計

正員 工 学 士 遠 山 光 一  
 正員 中 村 壽  
 正員 齋 藤 七 五 郎

## Abstrait

Un projet du cargo en ciment armé

*Kôiti Tôyama, Kogakushi, membre*

*Hisashi Nakamura, membre*

*Hitigorô Saitô, membre*

Nous avons l'intention de vous presanter un projet du cargo en ciment armé qui a été actuellement construit au Japon pendant la grande guerre 1942~1945.

Les principales dimensions de ce navire sont suivantes :

	m
Longueur entre perpendiculaires	60.000
Largeur hors borde	10.000
Creux	6.000
Tirant d'eau en charge	5.000
Déplacement en charge	2,200 t
Tonnage brut	800 t
Puissance du moteur à Diesel	750 ch.
Vitesse commerciale	<sup>n</sup> 9.5
Vitesse aux essais	<sup>n</sup> 10.83

Dâprès l'expérience nous avons donné à la paragraphe 3 des avantages et des désavantages d'un navire en ciment armé par rapport à celles d'un navire en acier.

La partie essentielle de ce memoire est les résultats des calculs des efforts, des tentions, des compressions et des cisaillements de la coque en ciment armé.

(fin)

## § 1. 緒 言

戦時鉄筋コンクリート船の建造せられたるは前大戦以来の例なるも我が国に於てはその実例尠く、従つてこれが設計、施行共に経験資料乏しく、この種船舶建造に即応せんがためには尠遺憾の点が尠くない。

然るに戦時、逼迫を予想せらるる鋼材量を以て船腹の飛躍的増大を企図すれば鉄筋コンクリート船の如きも研究の一大対象たるを失わず、是れ即ち本設計の動機にして鉄筋コンクリート船は設計施行共幾多検討を要すべき事項あるを以て茲に一案を提出し以つて将来の發展を期せんとするものである。

尙本設計は机上の計画たるに止らず、實際建造され既に就航せるものにして運航上其他の実績に関しては今後待つべきものがある。

## § 2. 計 画 の 大 要

鉄筋コンクリート貨物船としては本設計よりも更に大型なるを有利とするも最初の設計なると施設及技術の現状を考慮し本計画に於ては総噸数 800 噸の小型船とした。その主要目の大要次の如し

## 船体関係

垂線間長	サ	60 m
幅(外板外側)		10 m
深	サ	6 m
満載吃水		5 m
満載排水量		2,200 t
総噸数		800 t
純噸数		590 t
重量噸数		980 t
載貨容積		1.450 m <sup>3</sup>
速行力		9.5 knot
航行区域		近海

## 機関々係

主機械	三井玉, ED 堅型単動4衝程 無気噴油式ディーゼル機械
軸馬力(定格)	750
回転数(毎分)	300
軸数	1

## 荷役関係

第1 艙口	9.8 m × 4 m
第2 艙口	12.8 m × 4 m
デリック	3 t × 4
揚貨機	25 HP 発動機付 × 4

## §3. 鉄筋コンクリート船と鋼船との利害比較

鉄筋コンクリート論者は鋼船に比して幾多の利点を列挙するを通例とするも詳細設計及建造の実績に鑑み確実に利点と認め得べきもの次の如し。

## 1. 載貨重量, 容積に比し所要鋼材量の小なること。

鉄筋コンクリート船はコンクリート重量大なるため同一寸法の鋼船に比し, その搭載能力は相当に低下するも一方鋼材所要量は鋼船に比し著しく小なるを以て船体部鋼材應当りの載貨重量は類似の大きさの鋼船(1)の2.4倍, 鋼船(2)の1.3倍なり(附表第1参照)ここに鋼船(2)は極度に鋼材を節約せる低速貨物船の一例である。

載貨容積は鋼船に比してその減少載貨重量の如く大ならず, 従つて鋼材應当りの載貨容積は鋼船(1)の3.1倍, 鋼船(2)の1.8倍にして鋼船に比し著しく有利なり, 従つて一般に鉄筋コンクリート船は木材, 石炭等の如く重量に比し容積大なる貨物に対してはその特徴を遺憾なく發揮し得べし。

## 2. 工場施設簡易なること

鉄筋コンクリート船の船殻建造施設は鋼船建造施設の如く鋼材の加工組立に要する固有施設を要せず, 従つて之が資材も小にして戦時施設の急速拡充に適する。

## 3. 労務条件の有利なること

鉄筋コンクリート船の船殻工事には有能なる指導者と小数の鉄筋及溶接工の外熟練工を要せず, 就中コンクリート搗固め作業は女子にて十分なるを以つて実働に女子利用の見地より戦時労務要員充足上極めて有利であり, 尙従来の造船業者に依らず土木建築業者を以て直接腹船増強に協力をせしめ得る利点がある。

## 4. 鋼材は丸鋼を主とし且 SCRAP 量小なること

鉄鋼生産の一隘路が圧延に存する場合, 鉄筋コンクリート船の主要鋼材は丸鋼なるを以つて鋼板の scrap を伸鉄して主要材料となし得るため材料入手の便大であり, 尙鋼船建造に於けるが如き scrap 量大ならざるを利点とする。

以上の外に鉄筋コンクリート船の利点として建造期間の短縮工数の低減を説く向あるも鋼船に於て飛躍的進歩

を見たる現状に於ては早急なる結論は得難く、耐久性、修理の難局等は今後の実績を待つを適當とす、

鉄筋コンクリート船の欠点として挙ぐべきもの次の如し。

・ 1. 船殻重量大にして総噸数及満載排水量に対する載貨重量の割合減少す

鉄筋コンクリート船の船殻重量(木材を含む)の満載排水量に対する割合はコンクリート重量大なるため鋼船(1)の2倍、鋼船(2)の3.3倍にして載貨重量の総噸数に対する割合は鋼船(1)の85%、鋼船(2)の65%に、満載排水量に対する割合は鋼船(1)の66%に、鋼船(2)の58%に減少す。(附表第2参照)

2. 水密性の不良

コンクリートは鋼板に比して水密性劣るのみならず、施工粗雑なる時は特に打継ぎ面より漏水の処多し。本設計に於ては外板外面及油槽には薄鋼板を張り水密或は油密を確保せんとする方法を採用せるも、コンクリートの水密性向上のためにはその配合法、継目無し施工法、水密剤又は塗料等に依る改善策等研究すべき事項が多い。

3. 衝撃による破損の虞あり

特に隅角部等にて衝撃により破損の虞あり、夫々防護装置等を設くる要がある。

4. 建造上木材を多量に要す

コンクリート型枠用として木材の所要量は看過すべからざるものあり、勿論本型枠は1部は回収し得るものもあるも鉄筋コンクリート船の欠点たるを失わない。

#### § 4. 船体主要寸法、船型及速力等

船体主要寸法決定上鉄筋コンクリート船に於て考慮を要すべきもの次の如し、

1. 船殻重量を極力大ならしめざる如く寸法を選定する要あり。
2. 軽荷状態に於ける KM, 鋼船に比し著しく減少するを以て本状態に於ける GM 最小となるべきに付幅の選定にはこの点に留意するを要する。
3. 軽荷状態の吃水, 鋼船に比して著しく大なるを以つて空艙状態に脚荷水を考慮するの要なし。
4. 所要鋼材を極力減少せしむるため曲モーメントを少なからしめ且つ断面係数を大ならしむる如く主要寸法を選定するを有利とする。
5. コンクリート工事は鋼船建造とその要領異なるを以て工事を容易にして確実ならしむる如き船型の選定には特殊の考慮を要する。

以上の考慮に基き本設計に於ては長さを短く幅及深さ並に吃水を大に選んである。

線図は附図第2に示す如く切斷に於て直線式とし彎曲部に半径 400 mm の丸味を附したるものなるもコンクリート打込みに型枠を使用せざる平打部より型枠を使用する堅打部への轉換範圍を減少する如く設計するを可とする。計画航海速力 9.5 節に対し試運転成績は附表第3に示す如く全力に於て 10.83 節を得た。

#### § 5. 復原性能

鉄筋コンクリート船々殼の重心は鋼船に比し稍低きも前述の如く船殻重量大なるため軽荷状態に於ける KM. は鋼船に比し著しく小となり、空艙状態の動揺周期長大となりて鋼船の如く GM. 過大、周期過小となるが如き事なく、又脚荷水の要はない。むしろ空艙状態に於ける GM. 過小ならざる如く考慮するを要する。

尙載貨重量鋼船に比し減少するを以つて満載時に於ける重心の低下は鋼船の如く大ならず、これ等の關係を鋼船(2)と比較すれば附表第4の如し。

#### § 6. 動揺性能

鉄筋コンクリート船の動揺性能は相当特異なるべきを予想し、動揺試験を施行せる結果は試運転状態に於ける動揺周期 17 秒にして極めて長大であり、これは試験當時に於ける GM. 0.282 m にして可成小なる事が其の主因なるも環動半径 4.5 m にして鋼船に比し遙かに大なる特徴があり、本試験の結果より満載状態に於ける動揺周期を推定するに 10.5 秒乃至 11 秒程度である。動揺減衰の状況は甚だ緩慢にして不良であり、その主因は彎曲部竜骨無きためと認めらるるを以つて構造上彎曲部竜骨を附し難き本船の如き場合には、動揺減衰を速かならしむる如き船型を採用するを可とする。

## §7. 重 量

重量配分は附表第5の通りなるも第1船建造の結果は船体部重量増加した。却ち鉄筋不整、型枠移動等のためコンクリートの厚さ計画に比し増大せしに依るもの過半にして、施工上の注意により減少せしめ得べきものである。重量増加の他の一因はコンクリート比重の相異に依るものにして、計画比重 2.25 に対し建造の実績より推定すれば 2.35 を適当と認めらる。コンクリートの比重は配合比のみならず、砂、砂石の性質により差異がある。

## §8. 船体構造及強度

船体構造及強度は本設計に於ける重点にして又最も興味ある問題であり、而して本設計は著者としてはこの種特殊船に対し最初のものなるを以つて鉄筋コンクリートに対する知識未だ十分ならず、経験は皆無にして、しかも急速に計画せるものなるを以つて意に満たざる点は尠くない。然し構造の決定に当りては専ら理論的計算に依り所要寸法等を選定した。

### 1. 基礎的条件

- (イ) コンクリートの圧縮に対するヤング係数は鉄筋のヤング係数の 1/15 とする。
- (ロ) コンクリートは抗強力 0 にして抗圧力のみ負担するものと仮定する。
- (ハ) セメントは耐圧力 3 kg/mm<sup>2</sup> (材齢 28 日) 以上のものを使用する。
- (ニ) 鉄筋は一般商船用棒鋼とし抗張力 34~53 kg/mm<sup>2</sup> のものを主用し特定部のみ 39~53 kg/mm<sup>2</sup> のものを使用す。
- (ホ) 主鉄筋接手は Butt strap 附衝合熔接とし有効載面積は 100% とす。
- (ヘ) 支水鋼板は縦強度に算入せず。

### 2. 許容応力

- (イ) 縦強度鉄筋の引張応力は 5.6 t/in<sup>2</sup> (8.8 kg/mm<sup>2</sup>) コンクリートの圧縮応力は 0.35 t/in<sup>2</sup> (0.55 kg/mm<sup>2</sup>) 以下とする。
- (ロ) 縦強度材にして剪断力大なる部分に対しては鉄筋の剪断応力 5 t/in<sup>2</sup> (7.9 kg/mm<sup>2</sup>)、コンクリートの剪断応力 0.029 t/in<sup>2</sup> (0.046 kg/mm<sup>2</sup>) 以下とする。
- (ハ) 局部的部材に於ては鉄筋の引張、圧縮応力 7 t/in<sup>2</sup> (11 kg/mm<sup>2</sup>)、コンクリートの軸圧縮応力 0.29 t/in<sup>2</sup> (0.46 kg/mm<sup>2</sup>)、曲げ圧縮応力 0.38 t/in<sup>2</sup> (0.6 kg/mm<sup>2</sup>) とし剪断応力は肋筋なき部分は 0.029 t/in<sup>2</sup> (kg/mm<sup>2</sup>) 肋筋ある部分は 0.039 t/in<sup>2</sup> (0.14 kg/mm<sup>2</sup>) 以内とし剪断力大なる部はコンクリート、肋筋及曲げ鉄筋により之に耐えしむる設計とする。

### 3. 縦 強 度

満載状態、満載状態より自船用消耗品を消費せる状態及軽荷状態に自船用消耗品を搭載せる状態の 3 状態に就き曲げモーメントを算出せるに hogging は第 3 の状態 sagging は第 2 の状態に於て最大となる。船尾機関の関係もありて sag. に比し hog. 極めて大となる。従つて甲板鉄筋は縦強度より決定せらるることとなり、船底鉄筋は寧ろ水圧による局部的強度に依り押えられ縦強度上は余裕がある。

縦通鉄筋は船底及舷側部は径 13 mm 心距 120 mm なるも上甲板は径 22 mm 心距 95 mm の主筋の外に径 9 mm 心距 95 mm の副筋を縦通せしめ、舷側外板上部にも径 9 mm の副筋を配しあり、隅角部は下部共に強化し径 22 mm 鉄筋 30~50 本を配し横傾斜時の応力上昇に対しても考慮する。尙剪断応力大なる L/4 附近に対しては鉄筋径を特に増大してある。

	hog.	sag.
曲げモーメント (BM)	3850 mt	570 mt
W. Lpp/BM	34.3	231
上甲板鉄筋引張応力	5.61 t/in <sup>2</sup> (8.85 kg/mm <sup>2</sup> )	
船底コンクリート圧縮応力	0.19 t/in <sup>2</sup> (0.3 kg/mm <sup>2</sup> )	
上甲板コンクリート圧縮応力		0.05 t/in <sup>2</sup> (0.079 kg/mm <sup>2</sup> )
船底鉄筋引張応力		1.52 t/in <sup>2</sup> (2.4 kg/mm <sup>2</sup> )

### 4. 局 部 強 度

## (イ) 船底外板

肋骨間隔 1 m ロンジ間隔 1.5 m にて囲まれる鉄筋コンクリート版とし縦筋径 13 mm 心距 120 mm 横筋径 9 mm 心距 130 mm コンクリート厚さ 120 mm とす。水頭 8 m の水圧に対する版中央の応力は

内側鉄筋の引張応力	4.57 t/in <sup>2</sup> (7.2 kg/mm <sup>2</sup> )
外側コンクリートの圧縮応力	0.2 t/in <sup>2</sup> (0.32 kg/mm <sup>2</sup> )

但し本計算に於て中央部の曲げモーメントは

$$M = \frac{1}{10} P_1 l_1$$

$$P_1 = Pl_2^3 / (l_1^3 + l_2^3)$$

ここに

$P$  = 版に加わる全水圧荷重

$P_1 = l_1$  方向に分担さるる水圧荷重

$l_1$  = 肋骨の間隔

$l_2$  = ロンジの間隔

肋骨及ロンジ附近は連続版の準固定支承と仮定し、縦筋の 7/13 を外側に折曲げ張力に耐えしむる構造とするに肋骨附近の応力は

鋼板の引張応力	6.18 t/in <sup>2</sup> (9.7 kg/mm <sup>2</sup> )
折曲げ鉄筋の引張応力	4.05 t/in <sup>2</sup> (6.4 kg/mm <sup>2</sup> )
内側コンクリートの圧縮応力	0.2 t/in <sup>2</sup> (0.32 kg/mm <sup>2</sup> )

但し  $M = -1/8 P_1 l_1$  とす。

本計算に於ては 1.6 mm 支水鋼板中 0.5 mm のみが局部強度に有効なるものと仮定した。

## (ロ) 舷側外板

筋配置は船底外板と同様コンクリート厚さは 110 mm にして之を船底外板に準ずる方法に依り応力を計算すると

版中央に於ける

内側鉄筋の引張応力	4.42 t/in <sup>2</sup> (7.0 kg/mm <sup>2</sup> )
外側コンクリートの圧縮応力	0.21 t/in <sup>2</sup> (0.33 kg/mm <sup>2</sup> )

肋骨部に於ける

外側鉄筋の引張応力	7.57 t/in <sup>2</sup> (11.9 kg/mm <sup>2</sup> )
内側コンクリートの圧縮応力	0.35 t/in <sup>2</sup> (0.55 kg/mm <sup>2</sup> )

但しこの場合ストリンガー間隔大なるを以て荷重は総て縦筋筋のみにて負担するものとし水頭は上甲板上 2 m に相当する梯形水頭とする。本計算に於ても支水鋼板厚さ 1.6 mm 中、0.5 mm が局部強度に有効なるものと仮定した。上記応力中肋骨部に於ける鉄筋の引張応力 7.57 t/in<sup>2</sup> は先に与えたる許容応力を超過し居るも支水鋼板は實際上 0.5 mm 以上有効なる可きを考慮し忍び得る範囲なりと認め許容するとした。

## (ハ) 船底肋骨

船艙中央は支柱を以て強固に固めあるも横隔壁なきを以てロンジを強化して船底部水圧を負担せしむる方有利である。

肋骨配置は 3~4 本の普通肋骨に対し 1 本の深肋骨を配置し、肋骨深さは外板内面より 680 mm 厚さは普通肋骨は 130 mm 深肋骨は 200 mm とし鉄筋は普通肋骨内側は径 25 mm 6 本、外側は径 16 mm 4 本、深肋骨内側は径 25 mm 8 本、外側は径 25 mm 6 本とする。内側筋の一部は両端に於て折曲げる。

負荷状態を各種の情況にて検討すると満載状態にて水頭、上甲板上 2 m の場合及空艙状態にて hog. の波に乗れる時の負荷、略同等にして最大となり、普通肋骨材内側間を span とし両端を準固定 (60~70% 固定) としたる場合、中央及両端附近に於ける応力は span の中央に於て

上段鉄筋の引張応力	7.3 t/in <sup>2</sup> (11.5 kg/mm <sup>2</sup> ) ~ 6.5 t/in <sup>2</sup> (10.2 kg/mm <sup>2</sup> )
下端コンクリートの圧縮応力	0.2 t/in <sup>2</sup> (0.32 kg/mm <sup>2</sup> ) ~ 0.18 t/in <sup>2</sup> (0.28 kg/mm <sup>2</sup> )

準固定に於て

下段鉄筋の引張応力	6.2 t/in <sup>2</sup> (9.8 kg/mm <sup>2</sup> )~7.3 t/in <sup>2</sup> (1.5 kg/mm <sup>2</sup> )
上端コンクリートの圧縮応力	0.38 t/in <sup>2</sup> (0.6 kg/mm <sup>2</sup> )~0.45 t/in <sup>2</sup> (0.71 kg/mm <sup>2</sup> )

にしてこれを類似の鋼船の肋骨構造の強度と比較すれば断面2次モーメントに於て35%大、断面係数は船艙側は8%小、外板側は42%大である。

## (二) 舷側肋骨

舷側肋骨は普通肋骨、深さ外板内面より300mm、厚さ130mm、深肋骨深さ600mm、厚さ200mm、にして鉄筋は普通肋骨内側は径22mm4本、外側は径19mm2本、深肋骨内側は径22mm5本、外側は径22mm4本である。

これを上甲板上水頭2mに相当する梯形荷重を受けるものとして船底肋骨と同様な条件を以つて応力を計算すると

Spanの中央に於て

内側鉄筋の引張応力	6.9 t/in <sup>2</sup> (11.9 kg/mm <sup>2</sup> )~6.1 t/in <sup>2</sup> (9.6 kg/mm <sup>2</sup> )
外側コンクリートの圧縮応力	0.09 t/in <sup>2</sup> (0.14 kg/mm <sup>2</sup> )~0.08 t/in <sup>2</sup> (0.13 kg/mm <sup>2</sup> )

これを類似の鋼船と比較するに断面2次モーメントは6.5倍、断面係数は1.7~3.3倍なり。

## (ホ) 艙口縁材及艙口側上甲板梁

艙口縁材は深さ1270mm 厚さ上甲板下250mm 上甲板上200mmにして鉄筋は径22mm37本とし甲板下は3列、甲板上は2列に配す。甲板梁は其の構造舷側深肋骨と同様とする。

これを上甲板上2mの水頭に相当する荷重を受けるものとし、艙口縁材は艙口上及艙口側甲板幅の1/2上の全荷重80tを負担するものとし、その中、甲板梁は片持梁として肘材端に於ける鉄筋の引張応力7t/in<sup>2</sup>、コンクリートの圧縮応力0.4t/in<sup>2</sup>を生ぜしむるに相当する集中荷重38tを負担せしめ、残り42tを艙口縁材に対する荷重として縁材は両端支柱の位置にて支持せらるるものとし、両端準固定(50~70%固定)とした場合の応力は

Spanの中央に於て

下段鉄筋の引張応力	7.61 t/in <sup>2</sup> (12.0 kg/mm <sup>2</sup> )~6.09 t/in <sup>2</sup> (9.6 kg/mm <sup>2</sup> )
上端コンクリートの圧縮応力	0.46 t/in <sup>2</sup> (0.72 kg/mm <sup>2</sup> )~0.37 t/in <sup>2</sup> (0.58 kg/mm <sup>2</sup> )

準固定端に於て

上段鉄筋の引張応力	5.63 t/in <sup>2</sup> (8.87 kg/mm <sup>2</sup> )~7.87 t/in <sup>2</sup> (12.4 kg/mm <sup>2</sup> )
下端コンクリートの圧縮応力	0.22 t/in <sup>2</sup> (0.35 kg/mm <sup>2</sup> )~0.31 t/in <sup>2</sup> (0.49 kg/mm <sup>2</sup> )

これを類似鋼船の艙口縁材構造と比較するに断面2次モーメントは約75%、断面係数は約50%となるも強度は概ね支障なきものと考え前記程度の構造とした。本計算に於ては上甲板は縁材の有効幅に計上しない。

## §9. コンクリート及鉄筋施工

### 1. コンクリート施工

セメントは日本標準規格に合格せる大阪窯業製普通ポルトランドセメントを使用し配合比(容積比にて)1:1.5:3とする。本配合比は土木建築としては極めて富配合なるも船体用として水密及強度上最適なりや否やに關しては尙今後の実績を検討し研究を要すべきである。

骨材は揖保川下流のものにして粗骨材は20mmの篩を通過するものとする。骨材の粒度はコンクリートの厚さに影響ありて粒度大なるものを使用せんとすれば厚さを増大し船殻重量の増加を来す。

コンクリートの練は平打ち(船底、甲板等)に対してはスランプ15。堅打ち(舷側、隔壁、肋骨等)に対してはスランプ20にしてコンクリートの填充搗固めに夫々適応せしめる。

[註: スランプとは上端径100mm, 下端径200mm, 高さ300mmの鋼板製載頭円錐型内にコンクリートを填充し、直ちに型を静かに引抜きコンクリートの頂の下りをcmにて表して練りの硬軟を示す標準とする。]

船底より上甲板迄を6工程に分ちコンクリート打ちを施工す。

既に硬化せるコンクリートに接し次層のコンクリートを打足す場合は型枠装備直前完全に硬化せるコンクリー

ト面を掃除した後ブラシ掛を行いレイタンス及雜物を完全に除去したる後、型枠を装備しモルタルを塗り之が凝固に先立ち次層コンクリートを充填する。本コンクリートの打足接手は水密上の弱点にしてその施工の良否は最も注意を払う要がある。1工程の高さは1~1.5mである。

鉄筋保護のために要するコンクリート被覆の厚さは、本設計に於ては一般に25mm、出来得れば28mmとせるも上甲板の如く施工容易なる部分に対しては24mmとする。本被覆の厚さは直接コンクリート所要厚さに関係ありて船殻重量に影響する。

コンクリート填充後、過早の乾燥及荷重、衝撃等有害なる影響を与えざる様十分なる注意を要し、従つて露出面には混濁せる涎を蔽い之を保護する。養生はコンクリート施工上不可欠にして本船建造に於てはコンクリート打終り後、最小2週間、一般に3週間の養生期間を与えた。

## 2. 鉄筋施工

鉄筋は9mm, 19mm及22mmを主とし、13mm, 16mm, 及25mm, を補用し総計6種に限定す。

主鉄筋接手は英型ストリップ付箇合熔接(附図第7参照)とし、特に縦強度を主とする構造部に対しては接手の位置は相互に径の30倍以上避距せしめ相隣れる4本以上を同一肋骨間にて接手を設けざる如くする。鉄筋接手に一般の土木建築に於ける如き、鉤形果接手を使用せざるは鋼材重量節減のためである。鉄筋の撓曲は総て冷間加工とし折曲げ筋の屈曲半径は径の20倍、縁端鉤の屈曲半径は径の3倍とする。

鉄筋装備位置を計画通り位置に保持するは強度上重要な事項にして施工上留意する必要がある。

## 3. 鑢製品取付要領

鑢製品の船体への取付は特殊なる方法に依り、各鑢装金物の所要強度に応じ、構造主筋と強固に連結せしむるを要し、アンカーボルト式と座金式の2種に分ち得る。而して鑢製品破断せらるとも、船体コンクリート部が破損することなき様設計する要がある。

従つてこれ等鑢製品の装備計画は早期に完了し置き主鉄筋の組立と同時に取付筋を配するのみならず、1個たりと雖も脱漏あるを許さざるを以つて之が計画は周到緻密なるを要する。

本船建造に於ては造船所の非常なる努力に依り、極めて円滑に実施するを得た。鑢製品取付の2, 3の例を附図第6に示す。

## § 10. 鉄筋コンクリート梁に関する2, 3の実験

本船設計並に工作上の確認資料として数種の実験を行つた。試験片は外板構造に準じ厚さ100mm, 長さ2800mm, 幅500mmの平板にして径9mm鉄筋を心距100mmにて縦横に配し、鉄筋被覆28mmにして、材齢28日のものに付span2500mmの両端支持梁にて、等布荷重に依り破壊に至る迄の諸計測を実施せる結果は概ね次の如し。

### 1. 梁の撓み量、鉄筋応力と亀裂発生の場合 (附図第8参照)

船底、甲板等の如く平打のもの、舷側、肋骨等の如く、堅打のもの両者に付実験するに両者共破壊に至る迄を3期に分つことを得る。

即ち第1期は張力側コンクリート表面に微小なる毛状亀裂発生する荷重240~320kg/m<sup>2</sup>迄の弾性体と考え得る。範圍にして残留至少なく張力は鉄筋とコンクリートが夫々のヤング係数に比例して分担す。実験に於ては第1期以上の荷重となるを常とする。

第2期は毛状亀裂発生後、荷重の増加に伴い撓み量、鉄筋応力共に著しく増大する範圍にして、毛状亀裂も漸次増大する。張力は鉄筋が主として分担し中立軸と亀裂上面間のコンクリートが之に加担し、荷重増加に伴い中立軸は漸次上昇する。実験に起り得るは本状態である。

第3期は鉄筋の応力が弾性限度に達し、コンクリートの毛状亀裂は大亀裂となり、撓み量も急激に増大し、梁は遂に破壊するに至る。

### 2. 平打と堅打との強度比較

堅打に於ては横方向3ヶ所にコンクリート打断面あり、平打のものに比し強度劣らざるやの疑念ありたるも、本実験範圍に於ては大差を認めず、即ち、施工慎重、周到ならば強度上懸念なきことを示すものである。

### 3. 粗骨材粒度の大小が強度に及ぼす影響

粗骨材の粒度大なる方、強度大なる事を一般土木建築の常識とし居るも一方水密上及コンクリート層の厚さを

減少せしむる見地よりすれば粒度の小なるを可とすべきを以て、径 10, 20, 及 25 mm の 3 種に付比較実験せるに撓み量, 破壊状況, 亀裂発生状況共に大差を認めない。

#### 4. コンクリート填充搦固めの際粗骨材沈下の強度に及ぼす影響

船底外板の如く鉄筋は土層にありてコンクリート填充搦固めも上部より行う場合(即ち張力側より搦固めをなす場合)前記諸実験の如く、コンクリート填充方向が鉄筋の反対側よりなしたる場合(即ち圧縮側より搦固めをなす場合)と比較するに前者は荷重 400~480 kg/m<sup>2</sup> までの撓み量, 残留歪, 後者に比し少なく、以後撓み量が直線的に増加するに至ると、後者と差異を認めない。その理由は粗骨材が圧縮側が集中せること及張力側は饅にて十分押え付け仕上をなした為と認められる。

### § 14. 結 言

鉄筋コンクリート船は鋼船及木船の如く従来広く建造せられたるものと異なり、その実績夥きため、徒らに不安を抱く例尠しとせざるも設計又建造の成果より之を見れば鉄筋コンクリート船の成立するのは 1 点の疑念もない。而して今後の問題は所要鋼材の見地より如何に有利なる船を建造し得るやの問題にして、鋼材の節約、載貨重量の増大、水密確保の向上が研究改善の主要事項と云うを得る。

而して本設計案も尙改善の余地尠からざるものあるのみならず、船型及構造の改良に依り更に有利なる船となし得る事は確実である。

鉄筋コンクリート船に於て最も痛感せらるる点は施工の良否が強度及水密に及ぼす影響極めて大にして誠実丁寧なる施工を絶対に必要とし、施工上の不注意は勿論、不信なる施工は些少なりとも之をなさしめざる如く指導することは最も肝要である。

従つて設計に当りても確実にして信頼し得る施工をなし得る如く案副するを要する。

終りに臨み本設計を指導、協力せられたる諸氏、並に建造を担当せられたる諸氏に対し深甚なる謝意を表するものである。(終)

§ 附表第 1 載貨重量, 容積と鋼材所要量に関する鉄筋コンクリート船と鋼船との比較

項 目	コンクリート船 (A)	鋼船(1) (B)	鋼船(2) (C)	(A)	
				(B)	(C)
総 噸 数 (GT)	800	877	830	0.91	0.96
鋼 材 所 要 量 (IS)	163	513	340	0.32	0.48
載 貨 重 量 (DW)	980	1265	1567	0.77	0.63
鋼材尙当載貨重量 (DW/IS)	6.0	2.5	4.6	2.4	1.3
載 貨 容 積 (MC)	1450	1505	1707	0.96	0.85
鋼材尙当載貨容積 (MC/IS)	8.9	2.9	5.0	3.1	1.8

註. 鋼船(1)(2)共にディーゼル機関装備のものなり。

§ 附表第 2 総噸数, 満載排水量と載貨重量に関する鉄筋コンクリート船と鋼船との比較

項 目	コンクリート船 (A)	鋼船(1) (B)	鋼船(2) (C)	(A)	
				(B)	(C)
総 噸 数 (GT)	800	877	830	0.91	0.96
満 載 排 水 量 (Wf)	2200	1865	1998	1.18	1.10
載 貨 重 量 (DW)	980	1265	1567	0.77	0.63
DW/GT	1.22	1.44	1.89	0.85	0.65
DW/Wf	0.45	0.68	0.78	0.66	0.58
船 殻 重 量 (Wh)	1078	455	303	2.4	3.6
Wh/Wf	0.49	0.24	0.15	2.0	3.3



§ 附表第3 試 運 転 成 績

項 目	計 画		試 運 転 成 績			
	航海状態	試運転状態	10/10	8/10	6/10	微速
排水量 (t)	2200	1400	1463	1463	1463	1463
速力 (節)	9.5	10.8	10.83	9.88	9.06	6.5
RPM		315	300	265	245	162
SHP	520	727	769	466	346	104
EHP	288	379	395	275	205	72
PC (%)	55.4	48.2	51.4	59.1	59.3	69.1

[註] 試運転時に於けるトリム概へ 1.2m なり。

§ 附表第4 鉄筋コンクリート船と鋼船との KG, GM. 等比較

項 目	コンクリート船			鋼 船 (2)		
	軽荷	空 艙	満 載	軽荷	空 艙	満 載
排水量 (t)	1220	1280	2200	431	719	1998
平均吃水 (m)	2.98	3.10	5.00	1.07	1.73	4.50
KM. (m)	4.27	4.23	4.23	7.10	5.20	3.85
KG. (m)	3.88	3.91	3.61	3.72	3.95	3.12
GM. (m)	0.39	0.32	0.67	3.38	1.25	0.73
トリム (m)	1.83	2.50	0.53	1.72	1.33	0.38
KG/D	0.646	0.652	0.602	0.682	0.725	0.572

[註] D=船の深さ

§ 附表第5 重 量 内 訳 (計画)

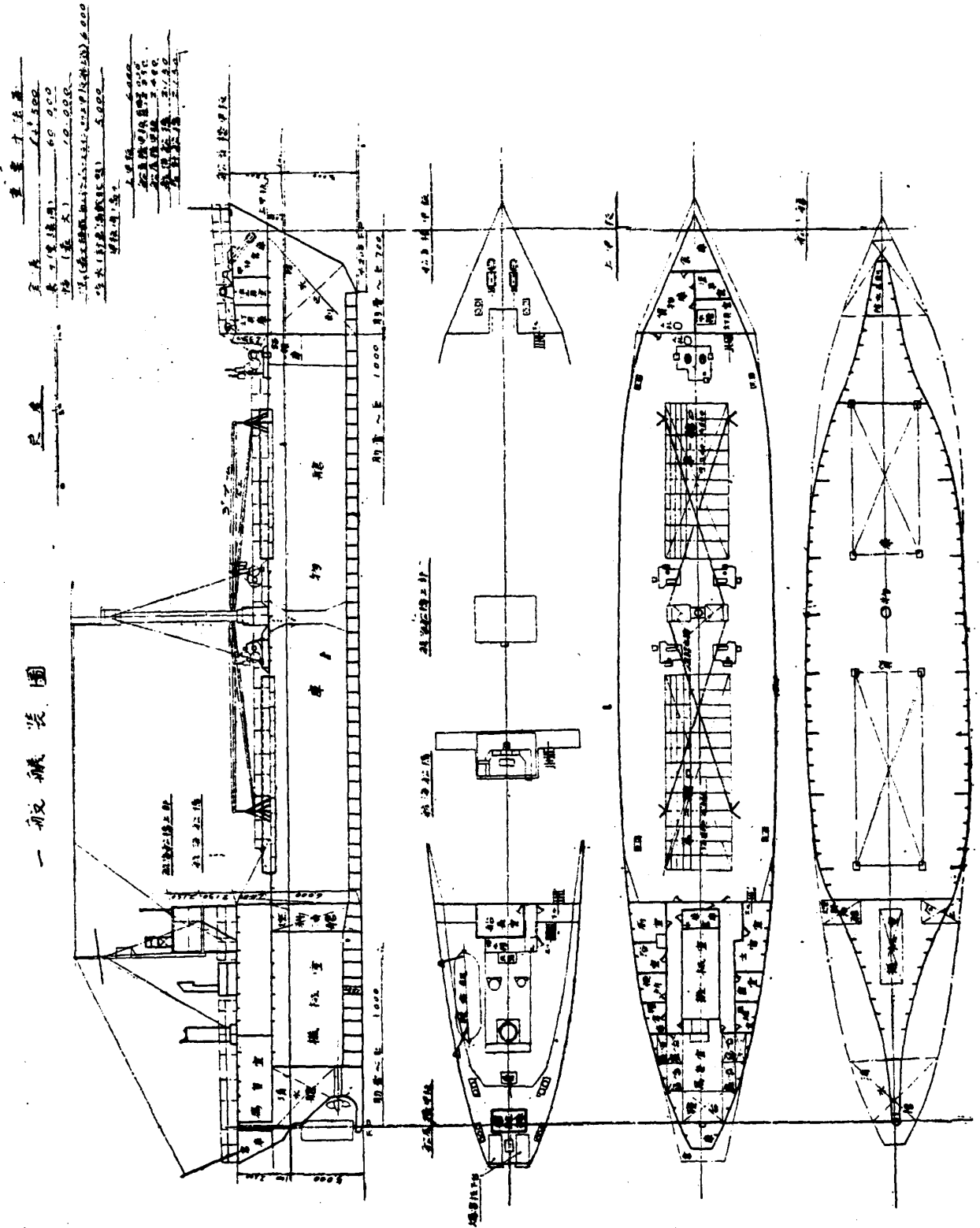
(イ) 搭 載 重 量

名 称	重 量 (t)
船 体 部 鋼 材	146
同上 コンクリート	904
同上 木 材	28
機 備 装 品	32
齊 備 品	30
申 板 機 械	14
機 関 電 氣	62.5
電 氣 其 他	3
其 他	0.5
輕 荷 重 量 合 計	1220
燃 料	30
清 水	14
其 他	14
搭 載 貨 物	922
満 載 重 量 合 計	2200

(ロ) 船 殻 重 量

名 称	重 量 (t)	
	コンクリート	鋼 材
外 板	335	45.4
肋 材	155	28.1
縦 通 材	65	14.5
梁	54	13.3
支 柱	19	2.0
甲 板	194	27.3
船 橋	0	1.0
隔 壁	55	4.5
機 械 台 補 機 台	27	1.5
大 型 鍛 鑄 物 品	0	4.3
及 代 用 品	0	4.3
艙 口 支 桁	0	2.5
緊 結 線 等	0	1.6
合 計	904	146

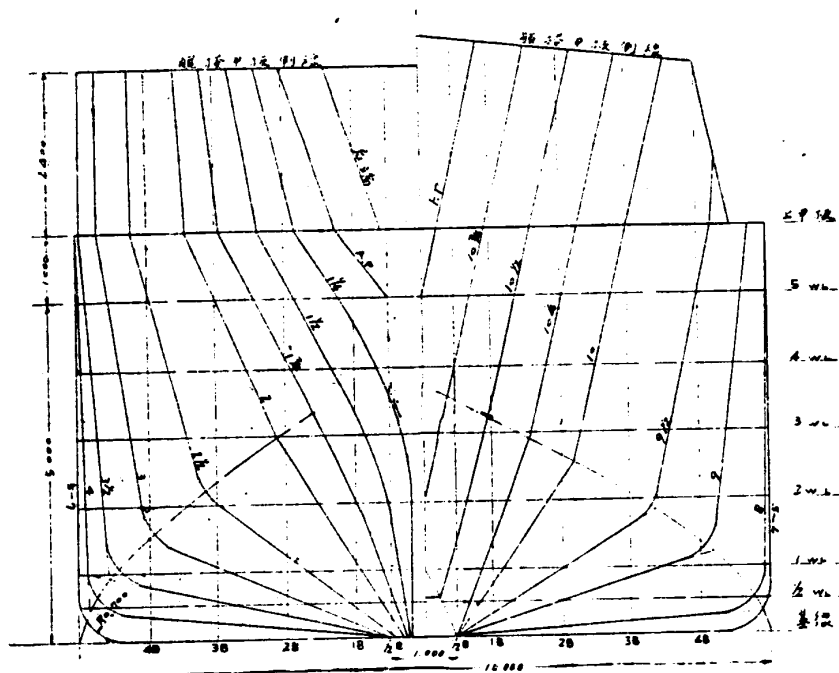
一 航 機 装 置 圖



重量 1,500  
 長さ 100  
 幅 (最大) 20  
 吃水 (最大) 4.000  
 吃水 (標準) 3.000  
 主甲板 6,000  
 第二甲板 4,000  
 第三甲板 3,000  
 第四甲板 2,000  
 第五甲板 1,000  
 第六甲板 1,000  
 第七甲板 1,000  
 第八甲板 1,000  
 第九甲板 1,000  
 第十甲板 1,000  
 第十一甲板 1,000  
 第十二甲板 1,000  
 第十三甲板 1,000  
 第十四甲板 1,000  
 第十五甲板 1,000  
 第十六甲板 1,000  
 第十七甲板 1,000  
 第十八甲板 1,000  
 第十九甲板 1,000  
 第二十甲板 1,000  
 第二十一甲板 1,000  
 第二十二甲板 1,000  
 第二十三甲板 1,000  
 第二十四甲板 1,000  
 第二十五甲板 1,000  
 第二十六甲板 1,000  
 第二十七甲板 1,000  
 第二十八甲板 1,000  
 第二十九甲板 1,000  
 第三十甲板 1,000  
 第三十一甲板 1,000  
 第三十二甲板 1,000  
 第三十三甲板 1,000  
 第三十四甲板 1,000  
 第三十五甲板 1,000  
 第三十六甲板 1,000  
 第三十七甲板 1,000  
 第三十八甲板 1,000  
 第三十九甲板 1,000  
 第四十甲板 1,000  
 第四十一甲板 1,000  
 第四十二甲板 1,000  
 第四十三甲板 1,000  
 第四十四甲板 1,000  
 第四十五甲板 1,000  
 第四十六甲板 1,000  
 第四十七甲板 1,000  
 第四十八甲板 1,000  
 第四十九甲板 1,000  
 第五十甲板 1,000  
 第五十一甲板 1,000  
 第五十二甲板 1,000  
 第五十三甲板 1,000  
 第五十四甲板 1,000  
 第五十五甲板 1,000  
 第五十六甲板 1,000  
 第五十七甲板 1,000  
 第五十八甲板 1,000  
 第五十九甲板 1,000  
 第六十甲板 1,000  
 第六十一甲板 1,000  
 第六十二甲板 1,000  
 第六十三甲板 1,000  
 第六十四甲板 1,000  
 第六十五甲板 1,000  
 第六十六甲板 1,000  
 第六十七甲板 1,000  
 第六十八甲板 1,000  
 第六十九甲板 1,000  
 第七十甲板 1,000  
 第七十一甲板 1,000  
 第七十二甲板 1,000  
 第七十三甲板 1,000  
 第七十四甲板 1,000  
 第七十五甲板 1,000  
 第七十六甲板 1,000  
 第七十七甲板 1,000  
 第七十八甲板 1,000  
 第七十九甲板 1,000  
 第八十甲板 1,000  
 第八十一甲板 1,000  
 第八十二甲板 1,000  
 第八十三甲板 1,000  
 第八十四甲板 1,000  
 第八十五甲板 1,000  
 第八十六甲板 1,000  
 第八十七甲板 1,000  
 第八十八甲板 1,000  
 第八十九甲板 1,000  
 第九十甲板 1,000  
 第九十一甲板 1,000  
 第九十二甲板 1,000  
 第九十三甲板 1,000  
 第九十四甲板 1,000  
 第九十五甲板 1,000  
 第九十六甲板 1,000  
 第九十七甲板 1,000  
 第九十八甲板 1,000  
 第九十九甲板 1,000  
 第一百甲板 1,000

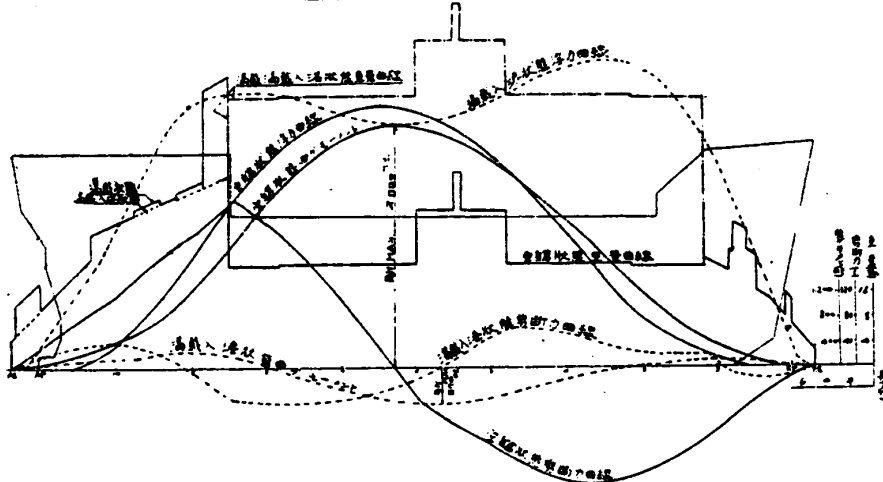
第 1 圖

正面図



第 2 図

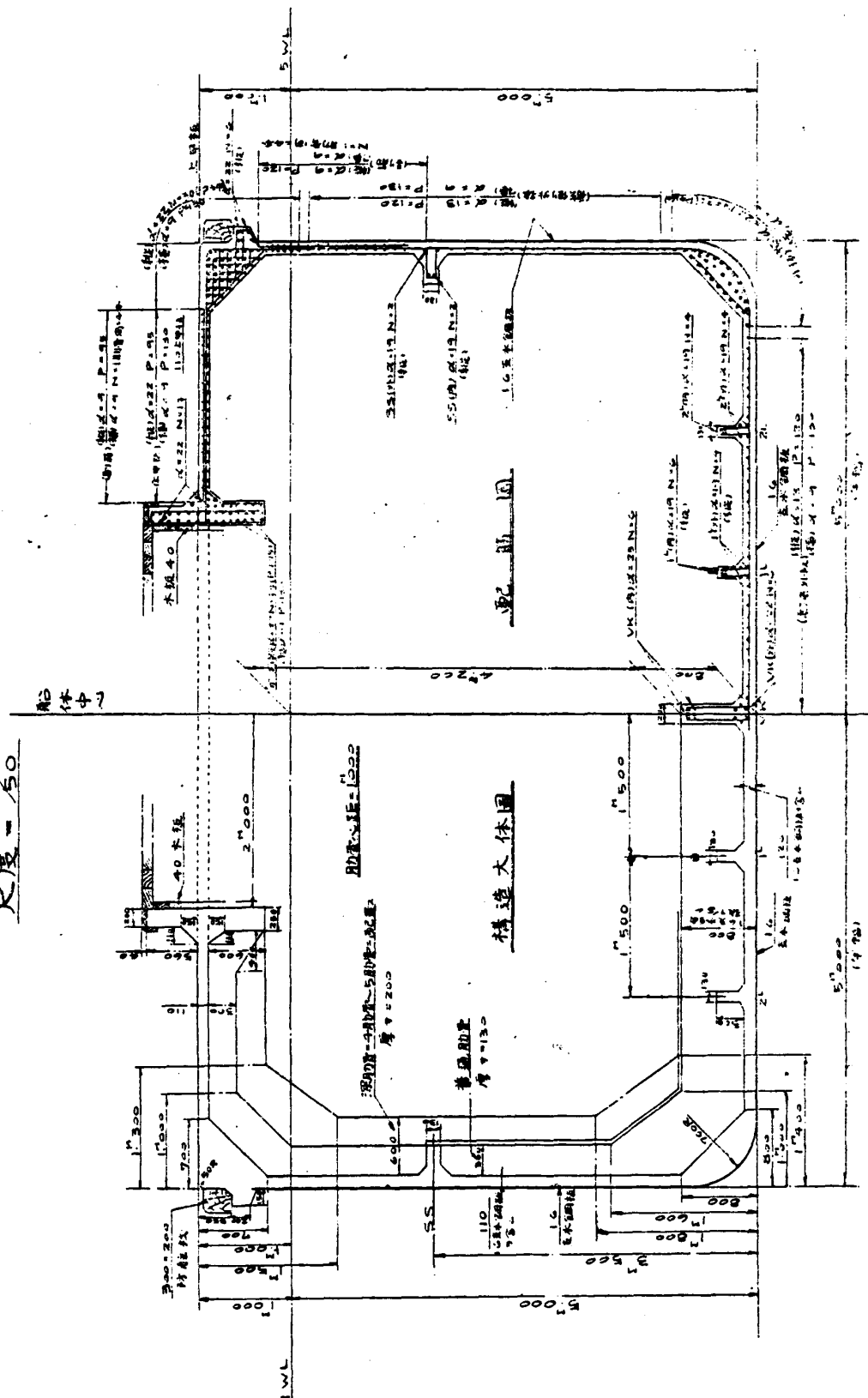
船体構造の断面力分布図



第 3 図

中央部構造切斷(基一)

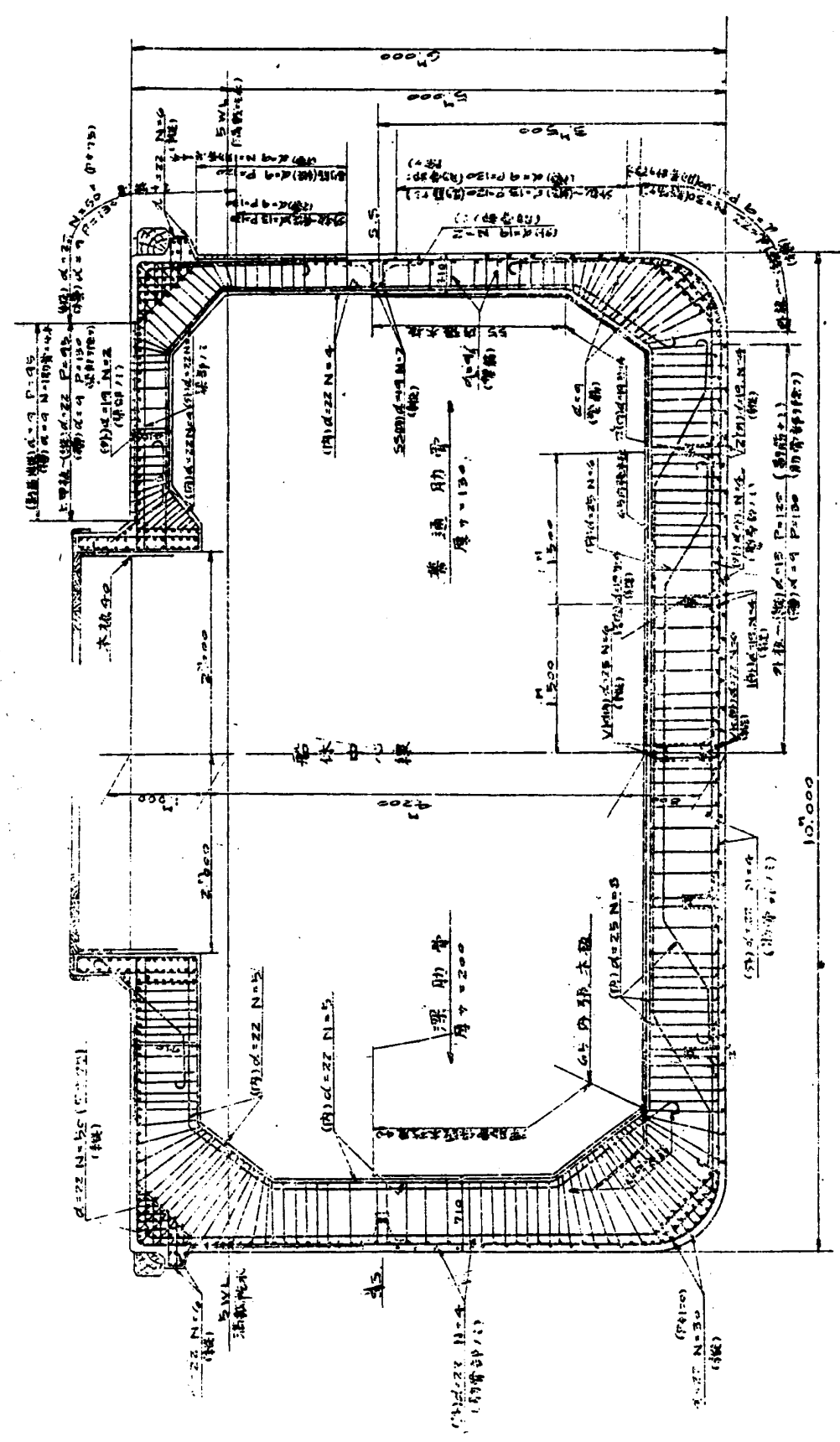
尺度 = 1/50



第 4 圖

中央部構造切断(其二)

尺度 = 1/50



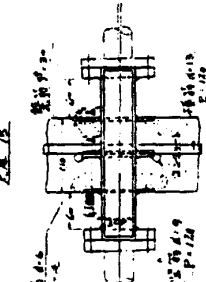
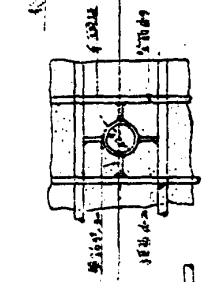
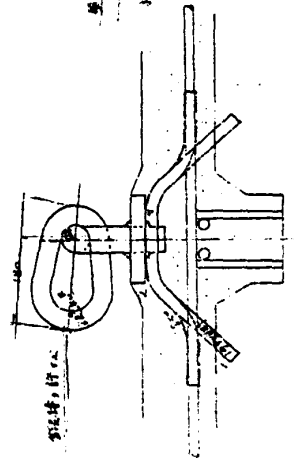
第 5 図

鐵裝品等取付要領

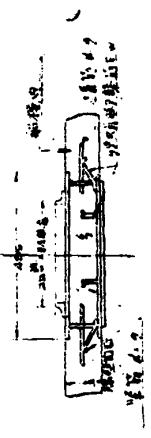
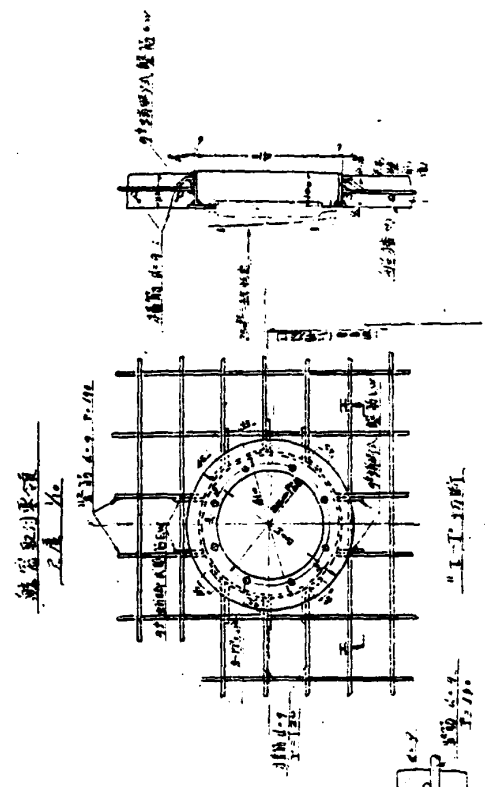
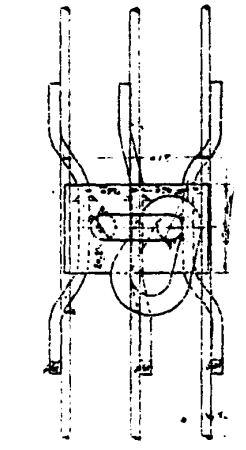
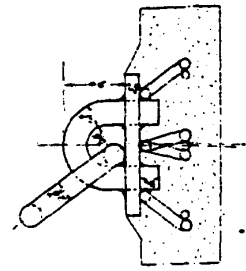
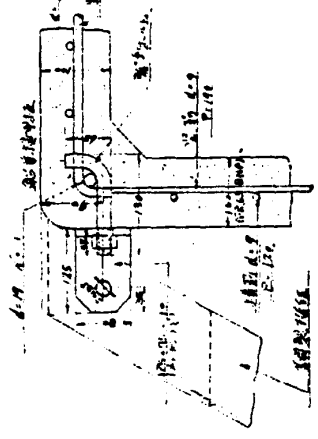
リコブプレート取付要領  
尺貫法

度蓋蓋取付要領  
尺貫法

度蓋蓋取付要領  
尺貫法

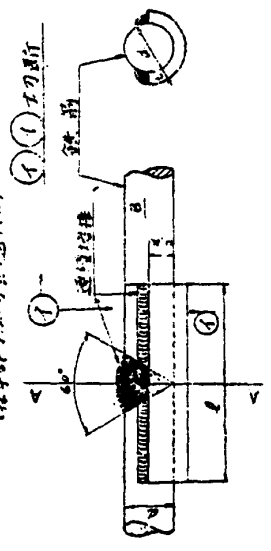


度蓋蓋取付要領  
尺貫法



第 6 図

鉄筋撻手詳本同心輪  
(撻手部分法同第6112)

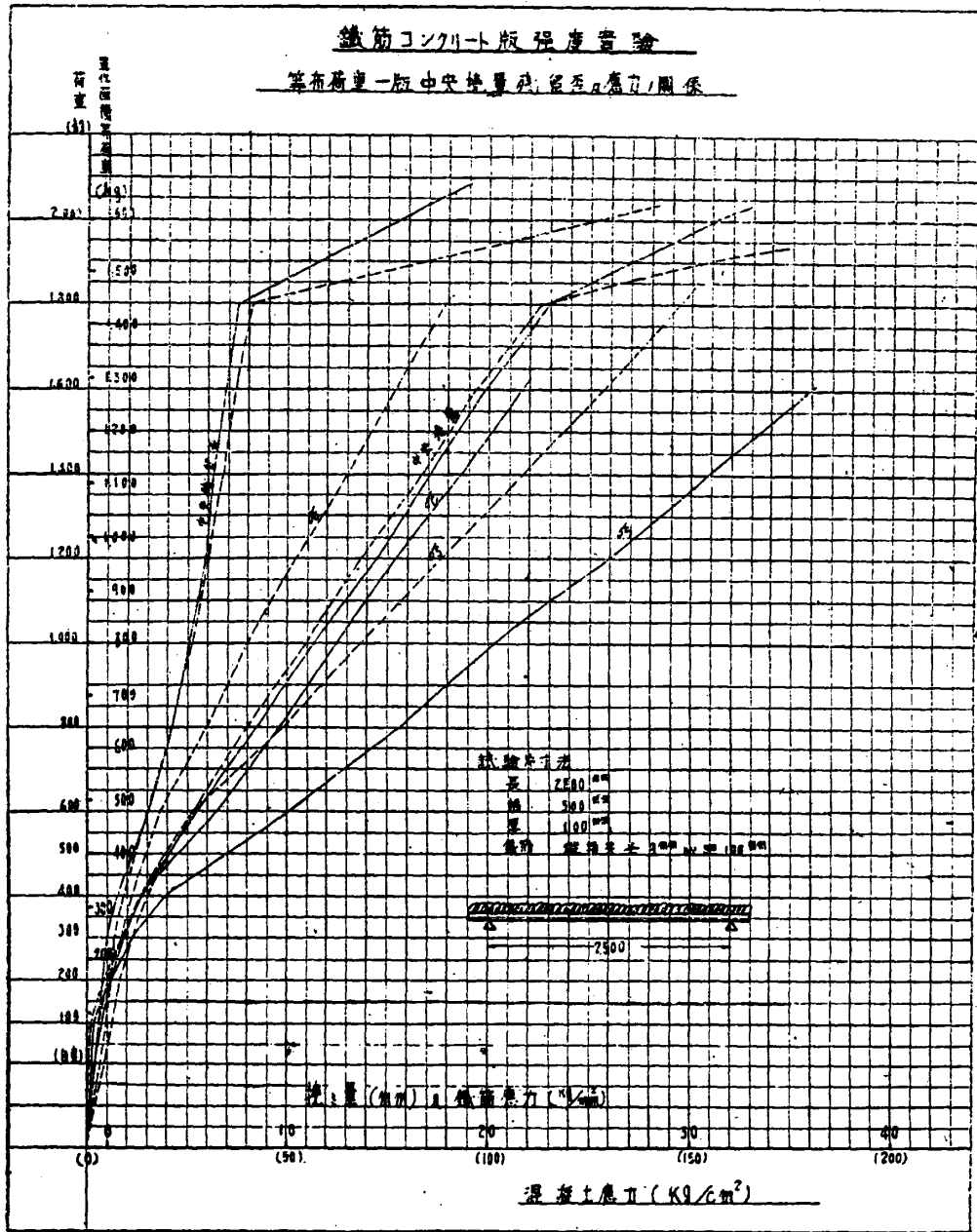


撻手部分法表

鉄筋本 径	撻手 径	撻手 長さ	撻手 重量	撻手 寸法
25	6	100	141.67	156.7
22	5	90	143.0	148.7
19	5	80	148.5	160.0
16	4	65	142.5	152.5
13	32	55	143.5	155.0
9	2.5	40	142.5	146.0

本表は、鉄筋撻手の寸法を示すものである。撻手の寸法は、鉄筋の径と撻手の径、長さによって異なる。本表は、鉄筋撻手の寸法を示すものである。撻手の寸法は、鉄筋の径と撻手の径、長さによって異なる。本表は、鉄筋撻手の寸法を示すものである。撻手の寸法は、鉄筋の径と撻手の径、長さによって異なる。

第 7 図



第 8 図