

JCRR



本省鋼骨水泥漁船材料與建造之研討

STUDIES ON MATERIAL AND CONSTRUCTION
OF FERRO-CEMENT FISHING BOAT IN
TAIWAN AREA

Taipei, Taiwan, Republic of China

August 1975

中國農村復興聯合委員會

漁業專輯第19號

黃 正 清
李 銘 霖



中華民國臺北市
民國六十四年八月

序 言

船舶爲水產界或航運界之高度營運工具，其價值昂貴，因此如何減輕船價一直爲造船界及水產航運企業經營人士所關切企望者，尤其石油危機後物價上漲，經濟萎縮，此點更成亟須改善，刻不容緩之要務。

造船用材料，素以鋼鐵或木材最爲普遍，但此二者之價格皆甚昂貴，且常有缺乏之虞。反之水泥則易於收購且價格又較低廉，因此水泥船逐漸被重視且成爲相當有前途之造船業。由於科學之進步，水泥船船殼素材用之混凝土經不斷改良後，目前已能使用一種輕量之混凝土。我國亦建造了數艘水泥船且建造量及噸位大小皆超過日本。水泥船具有建造費較低廉，及工廠設備簡單等之優點，故可降低經營成本，在整個國家經濟開發上甚爲重要。惟一切尙在萌芽之期，希望能引起有關人士之興趣並祈盼今後政府能夠全力輔導推展，有關人士亦能繼續研究發展。

本文之完成深蒙中國農村復興委員會漁業組闕組長壯狄先生及該組人士給予支持指導。喬意公司江憲男先生提供部份資料，特此表示謝意。

本文由于匆促完成，錯誤難免，尙望先進不吝賜教毋任感幸。

民國六十四年六月 於成功大學

本省鋼骨水泥漁船 材料與建造之研討

目 錄

第一章	概說	1
第二章	鋼骨水泥之材料及性能分析	3
第三章	船體結構與建造	20
第四章	討論與展望	31
附錄(一)	鋼骨水泥小艇之暫定建造規範 (英國勞氏驗船協會)	36
附錄(二)	本省漁業界採用鋼骨水泥漁船應當注意之事項座談會 記錄	41
附錄(三)	本省現有鋼骨水泥漁船一覽	49

第一章 概說

早在二次世界大戰期間，就有許多國家開始研究試製鋼骨水泥船，期用以代替鋼船，但大部份未獲得圓滿之結果。近年來由於鋼骨水泥混合技術上的進步，以及意大利工程師盧義桂教授在鐵絲網工作法上試製之成功，使以水泥造船的研究工作再度展開。目前在意大利已造過一千多噸的鋼骨水泥貨船。其餘如美國、法國、日本、紐西蘭、澳洲等國家，都相繼研製鋼骨水泥船舶。某些國家更在政府的積極輔導下，建造了大量的鋼骨水泥漁船分配與其漁民使用。

由於鋼骨水泥 (Ferrocement) 比起傳統材料有某些優點，世界各國都在積極發展鋼骨水泥船殼。茲列述其優點如下：

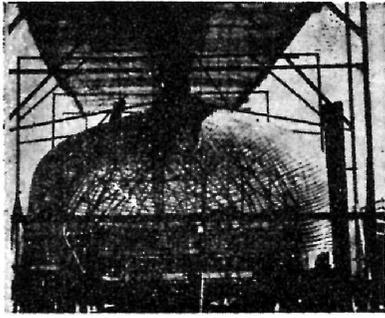
- (一) 建造技術容易學會，無需專門的技術工人。
- (二) 材料易於獲得，不虞匱乏。使用之鋼材量僅為同等級鋼船之 25 % 至 30 % 。
- (三) 無需昂貴的工廠設備。
- (四) 船殼造價比鋼船或木船便宜。
- (五) 鋼骨水泥若不受到極嚴重的損傷，修補簡單且所須之時間和費用微不足道。
- (六) 鋼船易生銹，每隔半年須上架（或進塢）除銹髹漆保養，經久船殼鋼板腐蝕過多須更換，木船則每隔三個月至半年需上架檢漏打掙捻縫油漆船體木板易腐蝕腐，常須更換船體板，因此鋼船及木船均需高度保養以維良好之工作狀況，船主需支出大宗保養費。
- (七) 船殼係整體式，無接縫。單體型時建造速度快，在短時間內即可完工，船殼外表較圓順無凹凸，阻力較少。
- (八) 鋼骨水泥受潮濕時，強度增大，是唯一隨時日之增加而更堅固之材料，反之其他造船材料則隨時日而敗壞，曾將放置三十餘年之鋼骨水泥船切取試片作試驗結果非常良好。
- (九) 材料本身即為絕緣體，且具有優良的抗燃性、抗震能力及耐蝕性。航行中振動減低噪音減少。
- (十) 具有隔熱之特性，其導熱性極低，約為鋼鐵之六分之一，有助於船舶內部冷凍作用。

鋼骨水泥船雖有甚多適於造船之優點，但與其他任何造船物料一樣亦有缺點，主要缺點

在重量及堅韌度，尤其小型船更要加以注意。但此問題可由裝載比重較輕之貨物，及技術改良增加堅固力等方法，大部份可予解決。另外之缺點則為造成後追添設備及船體變更較費時，施工中採用塗抹方式時費時耗工，保持船型不變較困難等。

聯合國農糧協會（FAO）認為這種革新材料應用於船體結構實有給予合理評價之必要，因此一九七二年十月在紐西蘭威靈頓市召開一次為期七天的“鋼骨水泥漁船研討會”。會中各國水泥船公司，對鋼骨水泥的材料性質、結構設計、建造規範、造價以及使用經驗都提出精闢的理論和主張相互討論交換意見，使得已有一百多年歷史的鋼骨水泥船舶，前途更見光明，也倍增人們使用這種材料的信心。

事實證明，鋼骨水泥船舶正在東南亞及非洲等區的開發中國家廣被建造使用，以充當漁撈及運輸工具。目前我國海軍造船單位及台北喬意公司已先後造出數十艘水泥艇與水泥漁船。



第二章

鋼骨水泥之材料及性能分析

一、簡介

鋼骨水泥名詞是由意大利建築師 Pier Luigi Nervi 所發明。這種材料可說是一種革新的鋼筋混凝土材料 (a new reinforced concrete material)，它是指厚度很小 ($\frac{1}{2}$ " ~ 1") 的水泥板。裡頭鋪設有數層鐵絲網 (steel mesh)，以使其補強鋼 (reinforcement) 達到最高比例份量，然後在其表面塗上水泥灰漿 (mortar) 即成鋼骨水泥。與一般鋼筋混凝土一樣，鋼骨水泥性能的優劣與水泥灰漿、補強鋼筋鐵絲網及其排列方式有密切關係。比較起來，鋼骨水泥比傳統的混凝土有較多的補強鋼，然其覆蓋的水泥灰漿較少。

經由不同形式，尺寸和體積的鐵絲網，分別觀察鋼骨水泥在拉力方面的強度，發現鋼骨水泥在軸向拉力的極限強度與只用鐵絲網時相同。並且它的彈性模數可以根據混合法則 (Law of mixture) 由水泥灰漿與鐵絲網來估計。又經由彎曲試驗，用標準的方法來分析鋼骨水泥亦是可行的，我們也可以預估它的極限強度。同時，鐵絲網的比面積 (specific surface) 大大的影響到鋼骨水泥的龜裂行為。

本章所敘的研究方向主要是針對鋼骨水泥的抗壓 (compression) 抗拉 (tension) 及抗撓曲 (Bending) 等的機械性能分析。

二、材料與試片

2.2.1 材料

組成鋼骨水泥之材料為(一)鋼筋 (reinforced rod) (二)鐵絲網 (steel mesh) (三)水泥與砂 (cement and sand) (四)添加物 (aditivity)。先以鋼筋為骨幹，把鐵絲網披覆其上後再塗上水泥灰漿即成鋼筋水泥。茲將其材料分述如下。

(一) 鋼筋 (reinforced rod)

一般船舶使用的鋼筋有 6[#] m/m 軟鋼 (mild steel) 與 5[#] m/m 的高張力鋼 (high

tensile steel)。縱向鋼筋使用高張力鋼 (high tensile steel)。縱向鋼筋使用高張力鋼不但可增加強度，並可使船形易於整順，而且如有變形，高張力鋼比軟鋼更能阻止變形。橫向鋼筋圍繞在縱向鋼筋外面並以鋼絲綁緊，船形的構架就完成了。

(二) 鐵絲網 (steel mesh)

一般船舶使用四角形與六角形兩種鐵絲網。試驗證明，四角形鐵絲網的強度大於六角形鐵絲網，但六角形鐵絲網以前和現在都被滿意的使用著，其尺寸為 1° m/m 即 19 號的鐵絲。

(三) 水泥與砂 (cement and sand)

水泥使用波特蘭 I 或 II 號水泥 (Portland type I or II)，臺灣品牌水泥亦可用。一般使用抗酸性的水泥，因為海水中含有大量鹽類的緣故。砂是百分之百能通過 7 號篩子的河砂及至多百分之五能通過 100 號篩子的河砂的混合。其粗細與是否潔淨，會影響到混凝土的強度，故砂必須用淡水洗淨。

(四) 添加物 (aditivity)

試驗證明把膠性物質 (plasticizing additives) 加入可減低水的百分比，並增加混凝土的強度。另外在炎熱天氣時可加入延緩劑 (retarder)，以防止泥漿的快乾，使有充裕的時間塗抹與整順。

總之鋼筋水泥的組成材料都很容易獲得，是不虞匱乏的。

2.2.2 試片 (test specimens)

鋼骨水泥試片被用來做伸張 (direct tension)、壓縮 (compression) 與彎曲 (flexure) 等方面的試驗。本篇所敘及之試片共十五種。在這些試片中所改變的只是鐵絲鋼的層數，裡面並有加強的骨架鋼筋 (skeletal steel)。骨架鋼筋是由許多直徑 6° m/m 的軟鋼筋成，其間距為 75 m/m 。圖 (2-1) 所示者為試片之截面 (cross section)。

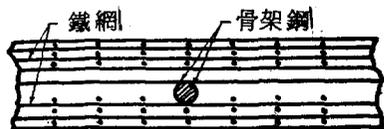


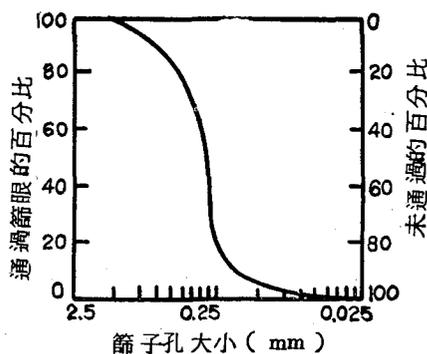
圖 (2-1) 試片截面

詳細的試片規範如表 (2-1) 所示，其中 T，C，F 分別表示伸張，壓縮及彎曲。其前面的數字代表鐵絲鋼的層數。

表(2-1) 試片詳細規範

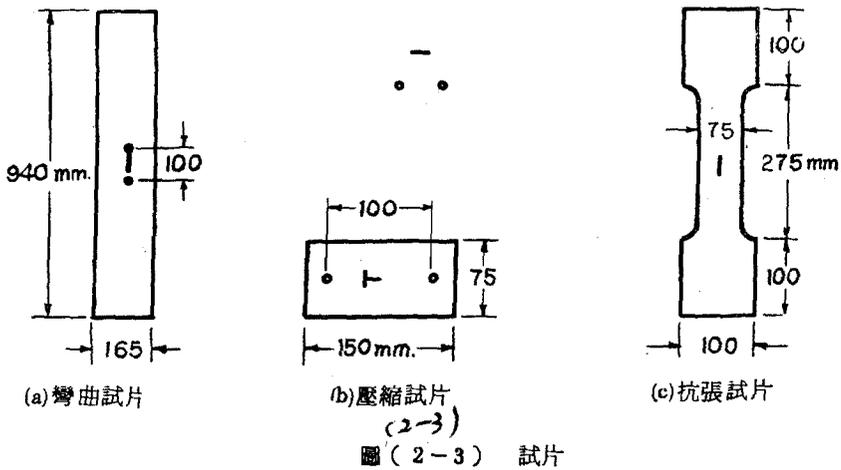
系列數	試片數目	厚度 mm.	體積分數		總體積 分數	鐵網的面 比表面 mm ² /mm ³
			骨架鋼筋	鐵網		
4T	3	26.67	0.0244	0.0124	0.0368	0.0492
6T	3	26.67	0.0244	0.0180	0.0424	0.0728
8T	3	27.68	0.0236	0.0238	0.0474	0.0952
10T	3	28.95	0.0225	0.0283	0.0510	0.1141
12T	3	30.48	0.0214	0.0326	0.0540	0.1299
4C	3	26.41	0.0247	0.0125	0.0372	0.0500
6C	3	26.67	0.0244	0.0180	0.0424	0.0728
8C	2	28.44	0.0230	0.0232	0.0462	0.0929
10C	3	27.30	0.0240	0.0302	0.0542	1.2080
12C	2	28.95	0.0225	0.0343	0.0568	0.1370
4F	3	26.98	0.0240	0.0122	0.0362	0.0488
6F	3	28.57	0.0230	0.0173	0.0403	0.0693
8F	3	28.57	0.0230	0.0231	0.0461	0.0925
10F	3	30.48	0.0214	0.0275	0.0489	0.1082
12F	3	30.48	0.0214	0.0325	0.0539	0.1299

這些試片採用的水泥是波特蘭(Ⅱ型)水泥，砂的大小分級情形如圖(2-2)。其灰漿成份中水泥和砂的主量比是 1 : 1.75，水和水泥的重量比則是 0.35。



圖(2-2) 砂之分級曲線

試片的構成是先做一鋼筋骨架格子，兩邊各綁上 2~6 層鍍鋅的 19 號 (Gage # 19) 六角形鐵絲網，層與層的排列方向不同，以使試片成一均勻的合成體 (composite)，並避免層與層間的交叉，每層鐵絲網都須牢固的以鐵絲綁在骨架格子上。為了獲得正確的尺寸和表面，必須使用一三夾板做的模子，在模子表面塗上油料，然後將骨架及鐵絲網安裝好。



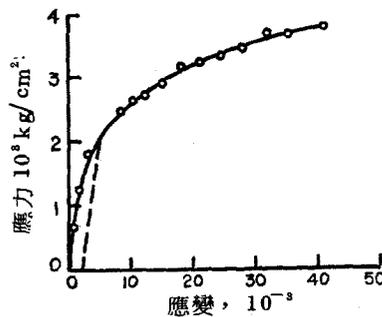
其次將混合的灰漿攪拌 $2\frac{1}{2}$ 分鐘再以人工將它敷在模子上，模子要振動 20~30 秒鐘，以使灰漿能均勻的固結起來。

同時，每一批的混合物都要製出 4 個控制的圓柱試片（直徑 100 mm，高 200 mm）。所有的試片大約在 24 小時後就可從模子取下放在霧室（fog room），或較潮濕的地方養護（curing）這養護的時間大約是 21 天。各種不同試片如圖（2-3）。

2.2.3 控制試品 (control specimens)

鐵絲網的機械性能是從標準的伸張試驗來決定。骨架鋼中的各單元（6[#] m/m 鋼棒）也要做伸張試驗，直到極限負荷為止。

從鐵絲網取出的第 19 號鐵絲（直徑 1[#] m/m）的應力應變曲線如圖（2-4）所示



圖(2-4) 19 號鐵絲應力應變曲線

灰漿的彈性模數、極限強度、抗張強度、poisson's ratio 是從圓柱形的控制試品來決定，如表（2-2）所示。

表(2-2) 控制試品的性能(平均值)

灰漿的極限抗壓強度	490.43 kg/cm ²
灰漿的Poisson's Ratio	0.185
灰漿最初的切向模數	30.94 × 10 ⁴ kg/cm ²
灰漿在50%強度時的切向模數	23.56 × 10 ⁴ kg/cm ²
灰漿的抗張強度	34.17 kg/cm ²
鐵絲的降伏強度	2180.18 kg/cm ²
鐵絲的極限強度	3755.53 kg/cm ²
鐵絲的彈性模數	96.70 × 10 ⁴ kg/cm ²
直徑6 mm 鋼棒的降伏強度	2756.87 kg/cm ²
直徑6 mm 鋼棒的極限強度	4008.72 kg/cm ²
直徑6 mm 鋼棒的彈性模數	210.98 × 10 ⁴ kg/cm ²

三、鋼骨水泥之性能分析

2.3.1 合成材料(composite material)

在基材(matrix)中加入許多的連續的纖維絲(fibres)補強,可構成合成材料,這些纖維絲很均勻的散布使得原來的基材強化。並且當應力作用時,纖維絲與基材間不會有滑動現象發生。

設 σ 表合成體的平均應力。

σ_m 被基材承受的應力

σ_f 表纖維絲承受的應力

A_m 表基材的面積

A_f 表纖維絲的面積

則合成體單位截面積所承受的負荷

$$\sigma \cdot l = \sigma_m A_m + \sigma_f A_f \quad (1)$$

兩邊分別乘以單位長度

$$\sigma \cdot l \cdot l = \sigma = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f \quad (2)$$

其中 $V_m \cdot V_f$ 分別表示基材及纖維絲在合成體所佔的體積,假若有n種不同型式的纖維絲以

不同的角度排列着，則上式可寫成

$$\sigma = \sigma_m V_m + \sum_{i=1}^n F_i \sigma_i V_i \quad (3)$$

其中 F_i 表示第 i 種纖維絲面與作用力方向所夾的角度的餘弦值 (cosine)。

因為基材和纖維絲間沒有滑動產生，所以基材和纖維絲的應變 (strain) 和合成體的平均應變相同，因此將(3)式兩邊除此應變值，則可得

$$E = E_m V_m + \sum_{i=1}^n F_i E_i V_i \quad (4)$$

其中 E ， E_m ， E_i 分別表示合成體，基材與纖維絲的彈性模數 (modulus of elasticity)。此即所謂的合成體的混合法則 (Law of mixture of composite materials)。

2.3.2 軸向拉力 (axial tension)

當鋼骨水泥試片受到拉應力時，我們可以觀察到兩個應變階段。即(一)彈性階段 (elastic stage) 與(二)龜裂階段 (crack stage)。如圖 (2-5)

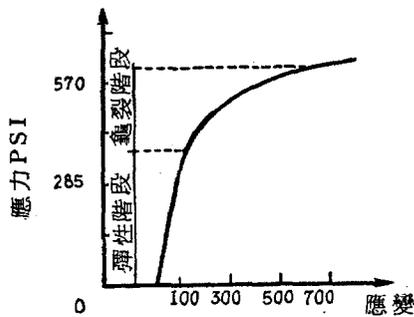


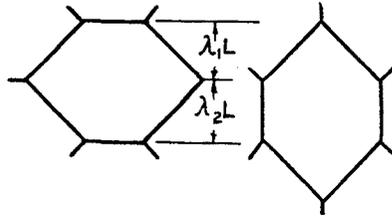
圖 (2-5) 鋼骨水泥受拉力的情況

在彈性階段其應力應變曲線成一直線，且無龜裂情形發生。在龜裂階段應力應變曲線不再成一直線，應力越大，龜裂的裂縫數目越多。在龜裂階段的前期，此時增加的裂縫數目即增加其應變之主要部份。但到龜裂後期，增加的應變則全由於增加裂縫寬度所致。

2.3.2(A) 鋼骨水泥之彈性模數 (modulus of elasticity)

(a) 未龜裂階段 (uncracked range) 之彈性模數

圖 (2-6) 是典型的試片斷面圖，其中鐵絲網的型式是六角形，層與層之間是正交排列。



圖(2-6) 鐵絲網排列方向

設 λ_1 , λ_2 是兩部份的長度比例，則對於上部而言長度 $\lambda_1 L$ 之彈性模數是

$$E' = E_m V_m + F E_f V_f \quad (5)$$

F 表示負荷與鐵絲網間的方向餘弦。

對於下部而言，長度是 $\lambda_2 L$ ，因為只有一半的鐵絲網在負荷的方向，故彈性模數為

$$E'' = E_m V_m + \frac{1}{2} E_f V_f (1 + F) \quad (6)$$

設整個長度 L 的有效彈性模數為 E_c ，因全部應變是上下兩部應變之和，故

$$\frac{1}{E_c} = \frac{\lambda_1}{E'} + \frac{\lambda_2}{E''}$$

即

$$E_c = E' \left[\frac{1}{\lambda_2 + \lambda_1 \left(\frac{E'}{E''} \right)} \right] \quad (7)$$

(7)式表示這種特殊型態的鋼骨水泥在未龜裂階段的彈性模數。

以上所論，我們忽略了骨架鋼筋 (skeletal steel) 的影響，因為根據實驗這種影響，甚微。

(b) 龜裂階段 (cracked range) 之彈性模數

在龜裂階段，此時可將(5)(6)式中 $E_m V_m$ 去掉，得出鋼骨水泥的有效彈性模數為

$$E_t = (F E_f V_f) \left[\frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 \left(\frac{2F}{1+F} \right)} \right] \quad (8)$$

2.3.2(B) 抗張強度 (Tensile strength)

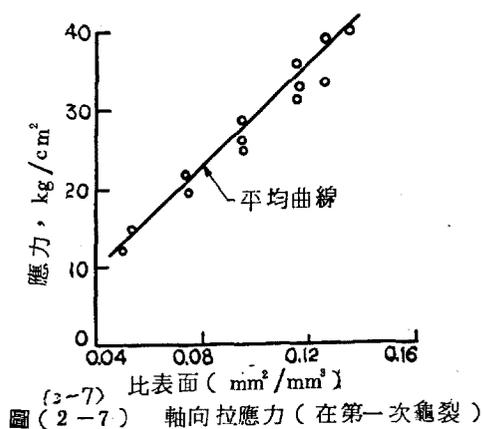
當具有較高強度及彈性模數的纖維絲 (如鐵絲) 周圍覆以脆性的基材 (如灰漿) 時，極限的拉力主要是由鐵絲網來承受，在使用單一型式 (single type) 的鋼骨水泥，其極限的抗張強度 (ultimate tensile strength) 為

$$\sigma_t = F \sigma_{ft} V_f \quad (9)$$

其中 σ_t , σ_{ft} 分別是鋼骨水泥及鐵絲的極限抗張強度。骨架鋼筋因具有低的比表面 (specific surface) 而產生太早的滑動，所以不予考慮。至於砂質，砂量和水對鋼骨水泥的抗張強度影響甚微。

2.3.2.(C) 軸向拉力試驗 (Axial tension test)

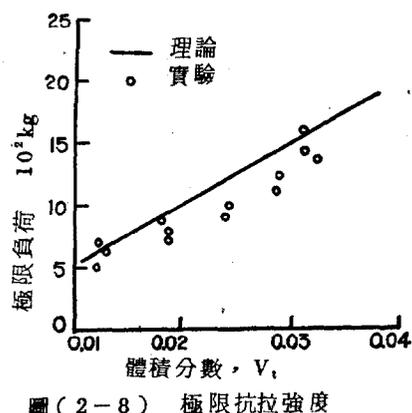
在抗張試驗中，要使用特殊的夾具夾 30 m/m 厚的試片。因為在最初施以負荷時，試片會扭轉，灰泥即刻就龜裂所以在未龜裂，階段的應變很難測定。假若將在第一次看到龜裂時的應力對鐵絲網的比表面 (Specific surface) 增加時，應力將增加且這個應力比實際值低。



下表(2-3)是實試得到的彈性模數與由公式(8)得出者之比較：

表(2-3) 由拉力試驗得到的彈性模數

試 片	彈性模數 10^4 kg/cm^2 (龜裂)	
	理 論 值	實 驗 值
4 T	0.9107	1.1252
6 T	1.3432	1.5401
8 T	1.7722	1.8988
10 T	2.1168	2.1942
12 T	2.4192	2.6162



根據實驗，理論值比實際值來得低，但仍可適用。

在極限負荷方面理論值 (根據公式(9)與實驗值極為接近，可知骨架鋼筋的影響甚微。)

2.3.3 軸向壓力 (axial compression)

鋼骨水泥的軸向抗壓強度主要是由水泥灰漿來承擔，而與鐵絲網之比表面或體積分數無關，此原因是當受壓破壞時，灰漿往縱向破裂而鐵絲網自行彎曲的緣故。

此時鋼骨水泥的極限抗壓強度為

$$\sigma_c = \sigma_m V_m \quad (10)$$

式中 σ_m 表泥漿之極限抗壓強度。

因 $V_m < 1.00$ ，所以軸向的抗壓極限強度比灰漿的極限強度小。又與受拉力的情形一樣，鋼骨水泥受壓力時，其彈性模數也可由混合法則來預測出來。

2.3.3.(A) 軸向壓力試驗 (Axial compression test)

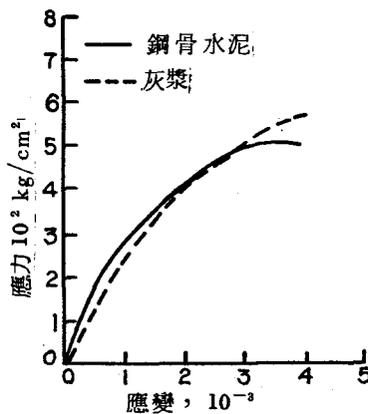
下表(2-4)是試驗結果與由公式(7)(10)得出者之比較

表(2-4) 由壓力試驗得到的彈性模數

試片	圓柱體的極限強度 kg/cm ²	極限強度 (試片) (kg/cm ²)		彈性模數 (10 ⁴ kg./cm ²)		Poisson's Ratio, ν
		理論值	試驗值	理論值	試驗值	
4 C	559.11	457.13	457.13	30.69	28.58	0.173
6 C	604.82	492.29	511.99	30.82	27.14	0.153
8 C	604.82	485.26	479.64	31.04	29.53	0.135
10 C	580.27	500.74	500.74	31.26	31.36	0.122
12 C	530.97	426.19	425.48	31.41	32.07	0.135

可以發現，理論值和試驗值也極為接近。又由公式(10)並不考慮骨架鋼筋和鐵絲網，可見他們在壓力強度的影響是微不足道的。

根據試驗結果，灰漿的應力應變曲線和鋼筋水泥的相接近，這又進一步說明了骨架鋼筋



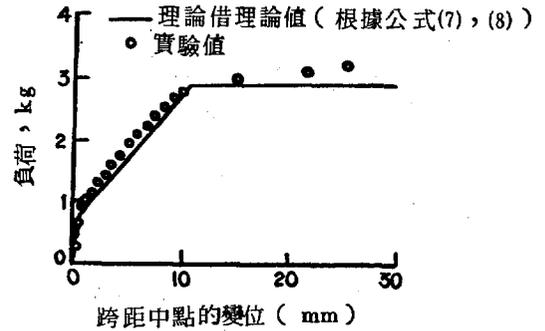
圖(2-9) 受軸向壓力時，灰漿與鋼骨水泥之應力應變曲線。

和鐵絲網在壓力方面的不重要性，如圖(2-9)所示。

2.3.4 鋼骨水泥之彎曲 (Bending of Ferro-cement)

鋼骨水泥試板受彎曲力矩 (Bending moment) 時，其負荷應變 (load and def-

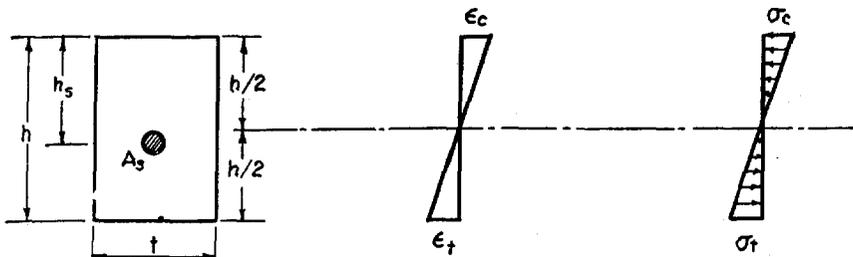
lection) 曲線，可大略的分成三段直線，如圖(2-10)所示



圖(2-10) 鋼骨水泥受彎矩之負荷應變曲線

2.3.4.(A) 未龜裂階段 (uncracked range)

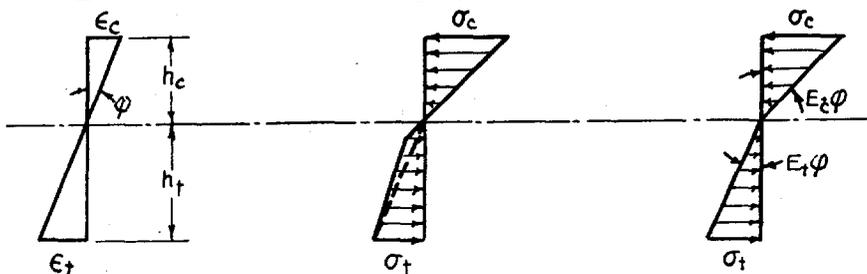
在未龜裂階段，鋼骨水泥試板可以被視為是一均勻且各向同性 (isotropic) 的彈性試板。並且應力應變分佈情況可根據一般的樑理論 (beam theory) 來決定，如圖(2-11)



圖(2-11) 未龜裂階段之應力應變分佈情況

其拉力與壓力的彈性模數可由公式(7)求得。

2.3.4.(B) 龜裂階段 (cracked range)



圖(2-12) 龜裂階段之應力應變分佈情況

龜裂階段壓力應力應變分佈如圖(2-12)所示，此時的中性軸 (neutral axis) 比未龜裂階段還要上移，其應力分佈圖我們可以以右邊的圖形來考慮，因其誤差並不大。設 h_t, h_c 分別表示伸張帶 (tension zone) 和壓縮帶 (compression zone) 的厚度，則我們可以導出

$$\frac{h_t}{h_c} = \sqrt{\frac{E_c}{E_t}} = \beta \quad (11)$$

伸張應力和壓縮應力分別為

$$\sigma_t^* = \alpha_1 \frac{6M}{h^2} \quad (12)$$

$$\sigma_c^* = \alpha_2 \frac{6M}{h^2} \quad (13)$$

式中 $\alpha_1 = \frac{1+\beta}{2\beta}$, $\alpha_2 = \frac{1+\beta}{2}$

h 是表示試板的厚度

M 是每單位截面寬度的彎矩 (bending moment) 。

在試驗時(12)(13)兩式可以下兩式表示

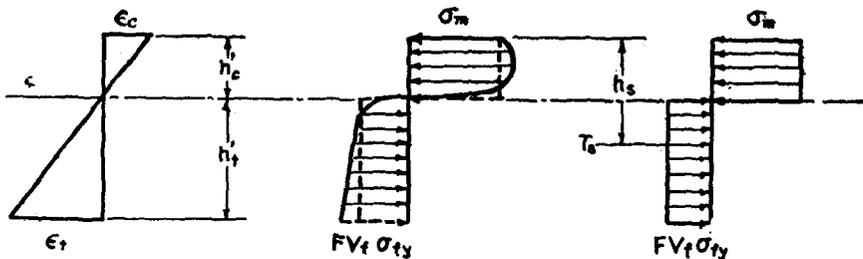
$$\sigma_t^* = \frac{3M}{h^2} \left(1 + \frac{\epsilon_c}{\epsilon_t} \right) \quad (14)$$

$$\sigma_c^* = \frac{3M}{h^2} \left(1 + \frac{\epsilon_t}{\epsilon_c} \right) \quad (15)$$

ϵ_c , ϵ_t 分別是最外端纖維絲的壓縮應變及伸張應變。

2.3.4.(C) 降伏階段 (yield range)

此時的應力應變分佈如圖 (2-13) 所示



(2- 圖 (2-13) 降伏階段之應力應變分佈情況

爲了簡化起見，應力圖也可以右邊的來考慮。在伸張帶由於此時曲度很大，所以全部的伸張力 (tensile force) 應包括骨架鋼筋部份 (因此時產生有摩擦力阻止其滑動) ，即每單位截面寬度的總伸張力

$$T' = T_f + T_s = F \sigma_{fy} V_f h_t + A_s \sigma_{sy} \quad (16)$$

其中 σ_{fy} 表纖維絲 (鐵絲) 的降伏應力 (yield stress)

σ_{sy} 表骨架鋼筋的降伏應力

V_f 表纖維絲 (鐵絲) 的體積分數

h_t' 表伸張帶厚度

A_s 表每單位截面寬度之骨架鋼筋的面積

每單位截面寬度的總壓縮力為

$$C = \sigma_m h_c' \quad (17)$$

其中 h_c' 表壓縮帶厚度。 σ_m 表泥漿極限抗壓強度。

由平衡條件 (equilibrium condition) 可得

$$h_c' = \frac{A_s \sigma_{sy} + F \sigma_{ty} V_f h}{\sigma_m + F \sigma_{ty} V_f} \quad (18)$$

$$M_b = A_s \sigma_{sy} \left(h_s - \frac{h_c'}{2} \right) + F \sigma_{ty} V_f \left(\frac{h}{2} \right) (h - h_c') \quad (19)$$

其中 M_b 是每單位截面寬度的極限彎矩 (Ultimate moment)

h_s 是骨架鋼筋距壓縮帶末端的距離。

2.3.4.(D) 彎曲試驗 (Bending tests)

彎曲試片放在兩個支架上 (simply support)，作用力即作用在兩個支架之間 (一般是跨距的中點) 的應變和變形可用應變計 (strain gage) 和指針儀 (dial gage) 分別測量。

下圖 (2-14) 對示一個經由公式(7)(8)預計的典型的負荷變位 (load-deflection) 曲線。

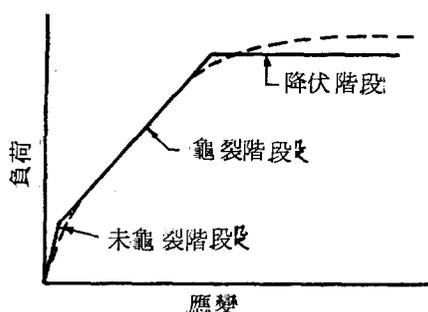
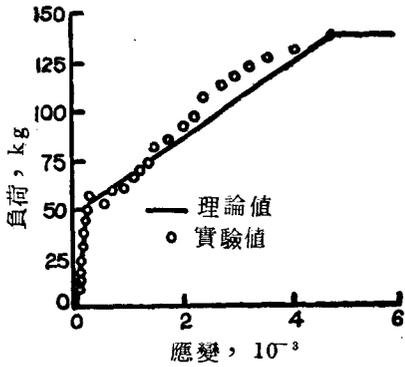


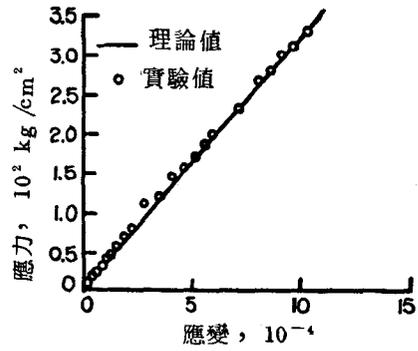
圖 (2-14) 彎曲試片的負荷變化曲線

我們可以看出它與試驗值曲線非常接近。

圖 (2-15) (2-16) 表示最外端纖維絲在張力及壓力方面的負荷應變情況



圖(2-15) 最外端纖維絲在張力方面的負荷應變圖 (8 F 系列)



圖(2-16) 最外端纖維絲在壓力方面的負荷應變圖

在跨距之間的龜裂情形如仔細觀察，我們可以發現當一個或數個裂縫出現時，如再增加負荷，則變形會增大。此時龜裂數目增加，但原來龜裂的寬度並未有明顯變化。

下列表(2-5)是試驗結果與根據公式算出者之比較

表(2-5) 彎曲試驗所得之彈性模數與極限負荷

試片	彈性模數 10^4 kg/cm^2 (理論值)			彈性模數 10^4 kg/cm^2 (試驗值)			極限負荷	
	E_t		E_c	E_t		E_c	理論值	實驗值
	未龜裂時	龜裂時	最初時	未龜裂時	龜裂時	最初時		
4F	30.69	0.9072	30.69	17.58	0.7876	27.21	218	181
6F	30.82	1.3221	30.82	30.59	1.8566	30.66	254	272
8F	31.04	1.7160	31.04	34.24	2.3138	35.51	288	295
10F	31.26	2.0676	31.26	29.04	3.0311	30.52	340	340
12F	31.41	2.5247	31.41	34.18	3.0170	37.27	415	408

2.3.5 鋼骨水泥試板元件之彈性剛度 (Elastic rigidities of slab elements)

2.3.5.(A) 未龜裂階段 (uncracked range)

鋼骨水泥，在未龜裂階段時之彎曲，一般可用平板方程式表示之：

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D} \quad (20)$$

(此式可參考Timo shenko & Woinowsky-krieger 1959)

w是表示垂直於未變形中面之位移

q是表示每單位面積之橫向負荷

D是表示平板之彎曲剛度

$$D = \frac{E_c h^3}{12(1-\nu)} \quad (21)$$

$$E_c \text{ 如前(7)式所示, 即 } E_c = E' \left[\frac{1}{\lambda_2 + \lambda_1 \left(\frac{E'}{E''} \right)} \right]$$

ν 是表示波桑比 (poission's rafio)

h 是表示平板厚度

2.3.5.(B) 龜裂階段 (cracked range)

由前面所討論之鋼骨水泥在龜裂階段的彎曲性質及其對應之應變與應力分佈狀況 (如圖 (2-12) 所示), 我們可證得

$$\text{在龜裂階段如果其彎曲剛度 } D = \frac{\alpha_3^2 E_c h^3}{12(1-\nu^2)} \quad (22)$$

則未龜裂階段時之公式(20)仍可適用。

公式(22)中之 α_3 表示

$$\alpha_3 = \frac{2}{1 + \sqrt{\frac{E_c}{E_t}}} = \frac{2}{1 + \beta} \quad (23)$$

E_c , E_t 為前面公式(7)及公式(8)所定者。

由公式(23)可知如果, $\alpha_3^2 \leq 1$ 且對未龜裂剖面而言 $E_c = E_t$ 則公式(22)變成 $D = \frac{E_c h^3}{12(1-\nu^2)}$

, 與未龜裂時之彎曲剛性公式一致。

因此我們可推廣為, 當試片受到扭曲 (torsion) 時:

在未龜裂階段之扭轉剛性 (torsional Rigidity) 為 $D_t = \frac{E_c h^3}{12(1+\nu)}$

在龜裂階段之扭轉剛性為 $D_t = \frac{\alpha^3 E_c h^3}{12(1+\nu)}$

2.3.6 臺北喬意公司製造鋼骨水泥船之試片試驗

臺北新店喬意公司，使用本省材料，已製出數艘鋼骨水泥船，其水泥灰漿試品的抗壓強度為 411 kg/cm^2 ，比起外國製造的並不遜色。茲列舉其試板受彎曲試驗所測定的抗折強度及其材料尺寸，如表（2-6）所示，以為參考比較

表(2-0) 金屬水泥板試驗報告

樣品號碼	厚度		厚度寬度		肩距	全荷重	抗折	Kg/cm ²	PSI	鐵絲網		鐵筋間隔		鐵絲網		鐵筋DIA	鐵筋間隔	鐵筋DIN	鐵筋間隔	鐵絲網	重
	INCH	CM	CM	CM						LAYERS	DIA	INCH	LAYERS	INCH	INCH						
A1	3/4	2.05	30.60	55.00	480.00	307.90	4379	3	1/4	5"	3	1/4	2"	3							11.25
A2	"	2.17	31.60	"	410.00	227.30	3233	2	"	"	2	"	"	2							10.07
A3	"	2.17	31.00	"	530.00	299.50	4269	4	"	"	4	"	"	4							11.10
A4	"	2.24	31.10	"	380.00	200.90	2857	3	"	"	3	"	"	3							11.05
B1	"	2.11	30.30	"	350.00	214.10	3045	3	"	6"	2	"	"	3							10.05
B2	"	2.00	30.80	"	460.00	308.00	4381	2	"	"	2	"	"	2							10.05
B3	"	2.14	31.10	"	550.00	318.60	4531	4	"	"	4	"	"	4							11.20
B4	"	2.12	31.00	"	410.00	242.80	3453	3	"	"	3	"	"	3							13.50
C1	"	2.89	30.70	"	500.00	160.90	2289	3	"	"	3	"	"	3							13.45
C2	"	2.60	30.90	"	510.00	201.40	2865	2	"	"	2	"	"	2							12.80
C3	"	2.62	30.60	"	830.00	326.00	4637	4	"	"	4	"	"	4							13.40
C4	"	2.98	30.60	"	790.00	239.80	3411	3	"	"	3	"	"	3							14.05
D1	"	2.68	30.50	"	550.00	207.10	2946	3	3/8	"	3	"	"	3							12.80
D2	"	2.77	30.60	"	550.00	193.30	2749	2	"	"	2	"	"	2							12.80
D3	"	2.89	30.50	"	700.00	226.70	3224	4	"	"	4	"	"	4							13.55
D4	"	2.80	30.50	"	950.00	327.80	4662	3	"	"	3	"	"	3							13.60
D5	"	2.70	30.60	"	820.00	303.30	4514	5	"	"	5	"	"	5							13.60
D6	"	2.53	30.60	"	1,030.00	433.80	6170	4	"	"	4	"	"	4							14.25
D7	"	2.88	30.90	"	760.00	244.60	3479	2	1/4	2"	2	1/4	6"	2							13.65
D8	"	2.99	30.60	"	880.00	265.40	3775	3	"	"	3	"	"	3							14.50
E1	1 1/2	4.32	30.60	"	1,850.00	267.30	3802	4	"	6"	4	"	2"	4							19.90
E2	"	4.35	30.60	"	1,750.00	249.30	3546	4	"	"	4	"	"	4							19.40
E3	"	4.23	30.60	"	1,320.00	198.90	2829	4	3/8	"	4	"	"	4							19.25
E4	"	4.09	30.60	"	1,400.00	225.60	3209	4	"	"	4	"	"	4							18.20
E5	"	4.27	30.50	"	2,120.00	314.50	4473	4	"	"	4	"	"	4							19.50
E6	"	4.17	30.80	"	1,370.00	211.90	3001	4	"	"	4	"	3/8	4							19.35
E7	"	4.25	30.30	"	2,070.00	312.90	4438	4	"	"	4	"	"	4							19.65
E8	"	4.24	30.90	"	1,570.00	233.20	3317	4	"	"	4	"	"	4							19.60
E9	"	3.97	30.60	"	2,580.00	441.30	6277	3	1/4	2"	3	1/4	6"	2							19.60
E10	"	4.17	30.50	"	2,950.00	458.90	6527	4	"	"	4	"	"	4							20.20
E11	"	4.12	30.50	"	2,850.00	454.20	6460	3	3/8	"	3	3/8	"	2							20.30
E12	"	4.26	30.80	"	3,150.00	464.90	6612	4	"	"	4	"	"	4							21.20
F1	2	5.45	30.90	"	2,780.00	249.90	3554	4	1/2	6"	4	1/2	2"	4							24.90
F2	"	5.71	31.00	"	3,100.00	253.00	3598	4	"	"	4	"	"	4							25.80
F3	"	5.55	30.70	"	2,750.00	239.90	3412	4	"	"	4	"	1/2	4							26.60
F4	"	5.77	31.40	"	3,350.00	264.40	3761	4	"	"	4	"	"	4							28.10
F6	"	5.93	31.20	"	3,800.00	285.70	4064	3	3/8	2"	3	3/8	6"	2							28.65
F7	"	5.61	30.80	"	5,600.00	476.60	6779	4	"	"	4	"	"	2							27.50

四、結論

從以上各節討論的，我們可以獲得以下之結論：

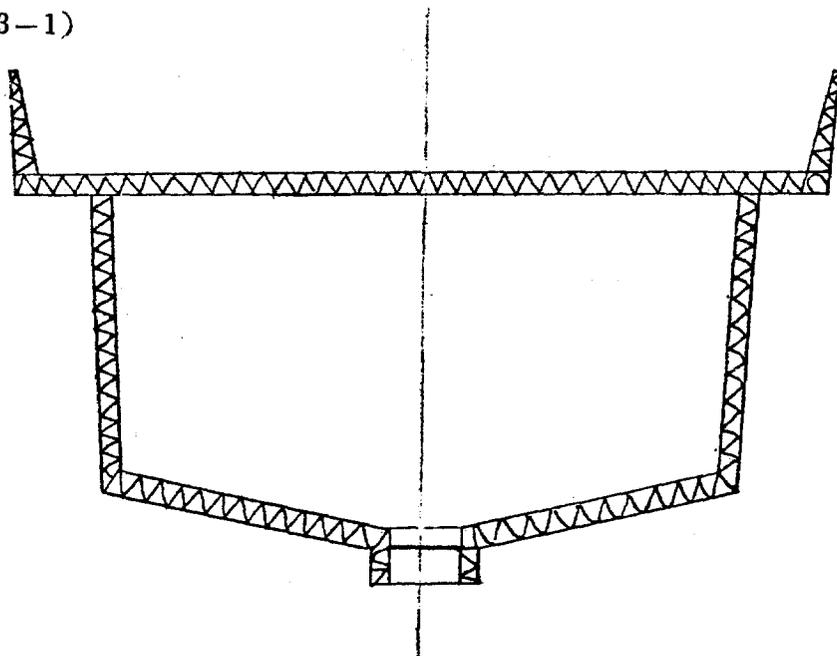
- (1) 鋼骨水泥的機械性能可以根據合成材料之混合法則來決定。其中灰漿當做基材 (matrix) 鐵絲網當做纖維絲 (fibres)。
- (2) 在未龜裂時，鋼骨水泥可被視為一均勻各向同性的彈性合成材料。
- (3) 在鋼骨水泥試板中的灰漿已經龜裂後，承受彎力，此時試板好像是兩層板，一是壓縮層，一是伸張層，具有不同的彈性模數。
- (4) 鐵絲網的存在，並不能在彎曲時影響基材 (灰漿) 的破裂強度 (rupture strength)，但會大大的阻止裂痕的傳播。這阻止的能力與鐵絲網的體積百分比 (Fraction of volume)，比面積 (specific surface) 和機械性能有關。
- (5) 在軸向壓縮，因鐵絲網的局部扭曲產生了過早的基材分裂 (spalling)，使鋼骨水泥在軸的壓縮的極限強度小於灰漿的極限強度。
- (6) 張力極限強度主要是由鐵絲網來決定。骨架鋼筋因為過早的鬆動，故對於張力極限強度毫無影響。
- (7) 鋼骨水泥試板在受彎曲方面的極限強度，壓力可以只考慮灰漿，張力可以只考慮鐵絲網和骨架鋼。

第三章 船體結構與建造

經過一百多年的研究改進，鋼骨水泥船的建造方法已有許多種，舉如“鋼管式肋骨法”（pipe frame method），“夾心式建造法”（sandwich construction method），“模式法”（mould method）及目前被公認是最完善的“構架肋骨法”（Truss frame method）等等都是。茲以構架肋骨法依照本省 20 噸級的鋼骨水泥漁船的建造程序，說明水泥船體的結構與建造。

所謂構架肋骨法，即指其肋骨的構造係在內外兩條鋼筋中，焊上∩形鋼筋以加強之，並與甲板樑及龍骨焊接形成一個連續構架而言。

請參閱圖（3-1）



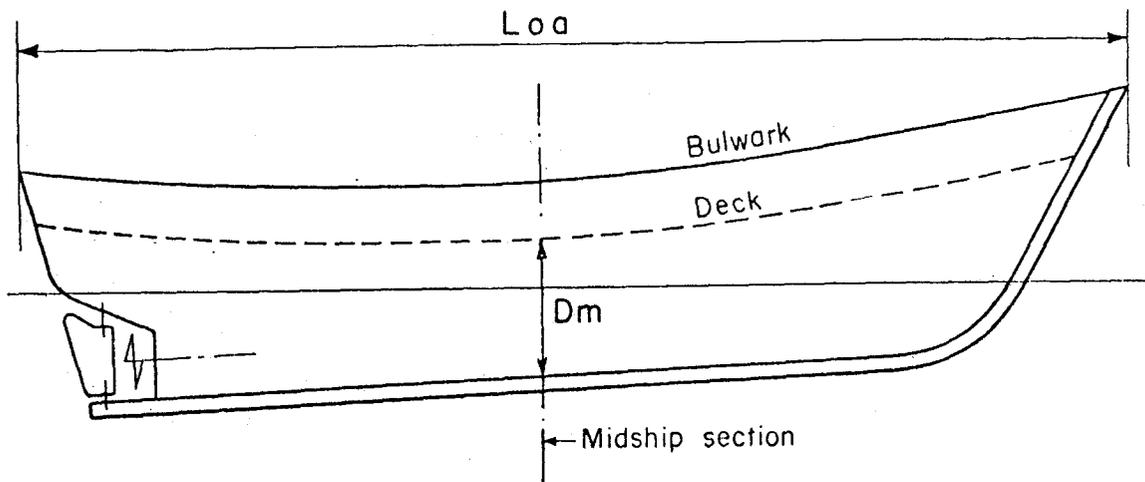
圖（3-1） 構架肋骨

至於建造鋼骨水泥船的工具都是普通而便宜的器具，列舉如下：電焊機、氧氣乙炔、端切鉗、鐵鎚、鋼絲、彎管器、電鑽、泥水匠工具、水泥灰漿攪機、振動器、木板及木條、木工工具等。

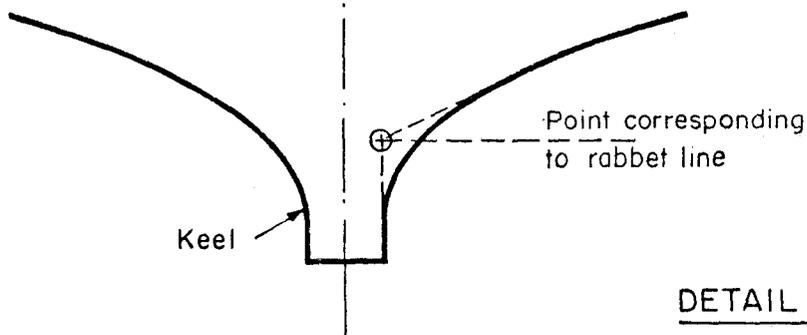
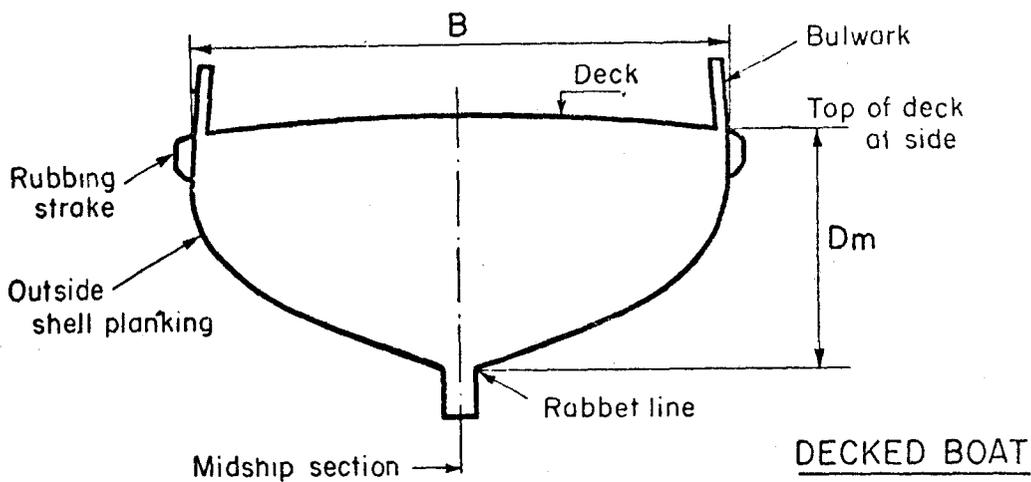
一、船體結構設計

鋼骨水泥船舶最先給人的印象是它具有較重的排水量，但這個因素，也能在海中航行時

令人感到舒適。水泥船殼的厚度大約是 $\frac{3}{4}$ 吋，較之木殼船厚度（包括肋骨）4吋要小得多，因此能增加內部的空間。爲了補償載重因素的損失，通常水泥船比一般船要來得寬，而且永

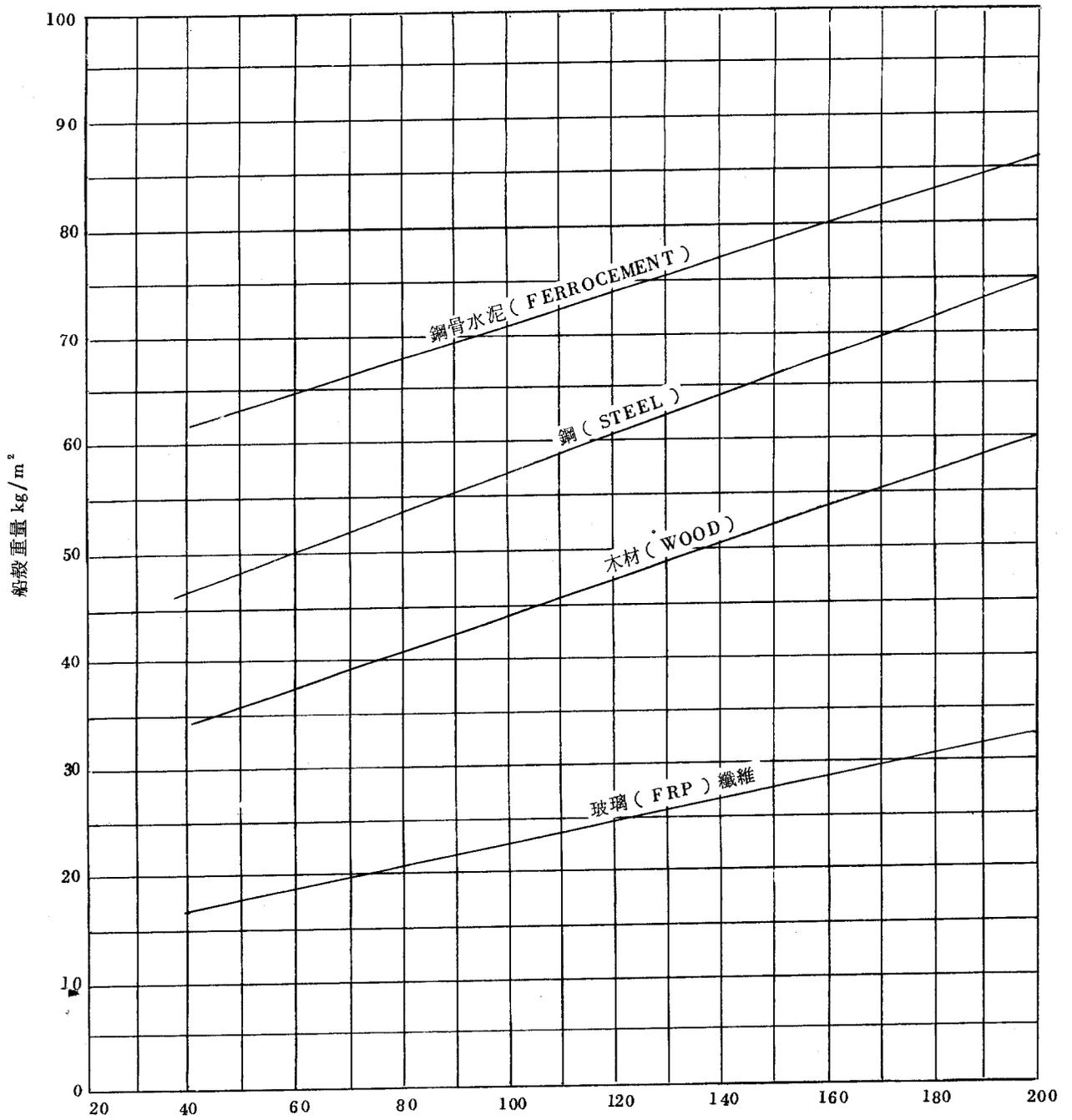


$$\text{Cubic number} = \text{Loa} \times B \times Dm$$



DETAIL KEEL
FRP and Ferrocement

Definition of cubic number



$L_{oa} \times B_{oa} \times D$

(不包括龍骨、隔艙壁、加強肋……等重量)

久壓載不能大於整個船重的百分之二十五。由於船寬增加，穩度亦相對增加，但也會增大浸水面積，增高船之阻力。設計水泥船最主要的是使排水量儘可能降低，使能具有最小之浸水面積，較高之穩度以及美麗的外表等。

一般情形下如要比較水泥船之大小係依據立方數（Cubic Number = 船總長乘船寬乘船深），此乃船舶容積可依立方數乘一係數而得，此係數常依船舶之種類，船型等異故如係同類船時可作比較。上圖係表示鋼管水泥船之各種主要尺寸之計測定義。

過去幾年，許多雜誌和書本對水泥船的重量和強度有着錯誤的報導。他們認為 35 呎以上的水泥船，能建造得與木船或鋼船一樣的輕，由於這種不正確觀念作祟，使許多水泥船下水後，其吃水線遠比設計水線來得高。最近公認在 16 米以下的水泥漁船，其重量必大於同長度的木船，鋼船及強化塑膠玻璃纖維（F.R.P.）船。茲舉例論之：一艘 12.6 公尺長的拖網漁船，它的輕載排水量是強化塑膠玻璃纖維船 9.4 噸，木殼船 13.1 噸，鋼船 15.1 噸，鋼骨水泥船 16.3 噸。很明顯的，鋼筋水泥的重量較重，是設計人員不可忽視的問題。一般言之，如將木殼船的船型利用到鋼骨水泥船，其重量差約為百分之十左右。

我們更可由上圖看出各種材料船之間的差別。一般如果所建造之鋼骨水泥船重量超出上圖所示甚多時，則所表示船殼重量過重。

經由多年來使用水泥船的經驗，18 公尺以下的水泥船其最主要的設計考慮因素則在該船承受撞擊力量的強度問題。這個問題可由改進建造技術及採用較好之鐵絲網來解決。此外，在船體易受撞擊的部位，我們可用木製防護材來保護之。船的舷牆若能用別種材料，也比用水泥較佳。又為減輕重量，聯合國農糧協會（F.A.O）建議 13 公尺以下的小船，其甲板，隔艙與甲板室都使用木材而不用鋼骨水泥。這些都是值得設計人員事前加以考慮的問題。

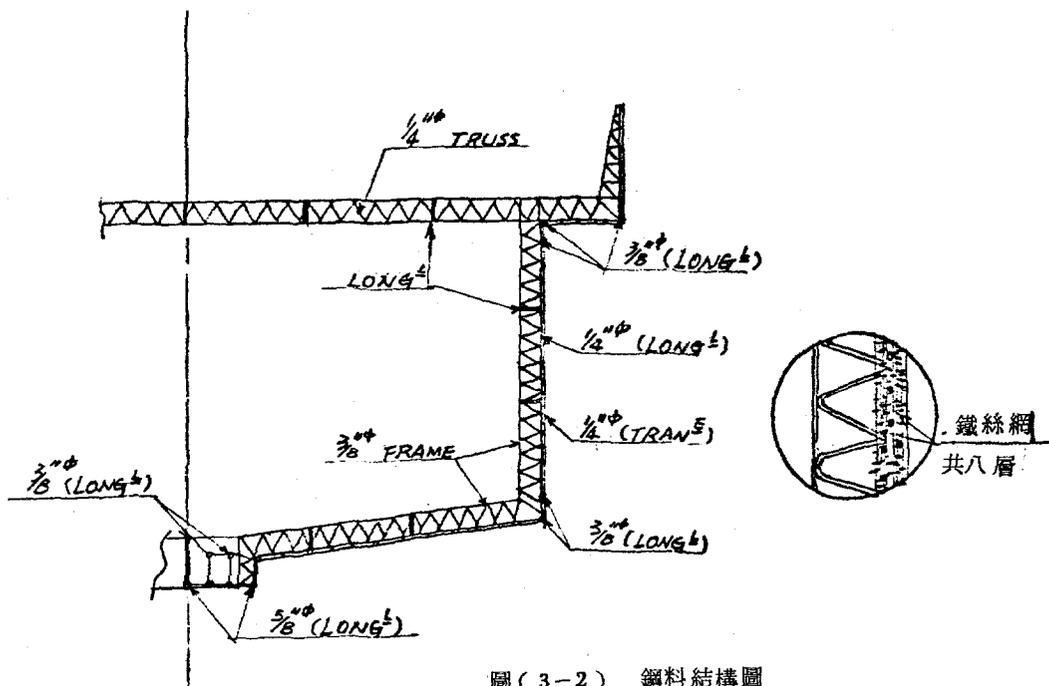
與建造其他材料的船舶一樣，設計人員須先在藍圖上定出材料尺寸大小，俾供採構人員備料及現場工人施工建造。但因為鋼骨水泥是新材料，世界各國的造船協會或海事機構所訂定出來的規範，目前還是模糊不清，使用的範圍也很狹窄。紐西蘭海事廳，在一九七〇年提出鋼骨水泥漁船的材料尺寸規範，規定不同長度水泥漁船的最小厚度。船長度由 10.7 公尺到 12.2 公尺長的船，其最小厚度規定為 25 m/m，到 19.8 公尺長的船，其厚度規定為 41 m/m，鋼骨水泥內的鋼料含量規定最少為 385 kg/m³。下面表（3-1）介紹的是建議性的材料尺寸規範表。

船長	船殼最 小厚度	鋼筋		鐵絲網		鋼筋鐵絲網的密度 LBS/FT ³
		縱向	橫向	層數	大 小	
30FT以下	5/8"	3/16"		5	3 1/2" × 1/2" × 16g 2 1/2" × 1/2" × 17g	50.5 LBS
30FT~40FT	3/4"	1/4"		6	1/2" × 1/2" × 17g	44.0 LBS
40FT~50FT	7/8"	1/4"	1/8"	6	1/2" × 1" × 16g	39.2 LBS
50FT~60FT	1"	1/4"	3/16"	7	1/2" × 1" × 16g	39.7 LBS
60FT~70FT	1 1/8"	5/16"	3/16"	7	1" × 1" × 16g	33.2 LBS
70FT~80FT	1 1/4"	5/16"	1/4"	8	1" × 1" × 16g	34.0 LBS
80FT~90FT	1 3/8"	5/16"	5/16"	8	1" × 1" × 16g	32.4 LBS
90FT~100FT	1 1/2"	3/8"	5/16"	9	1" × 1" × 16g	35.8 LBS

表(3-1) 材料尺寸規範表(建議性)

總之，鋼骨水泥船的設計規範，目前還無法統一通用於世界各地，距理想目標尚遠，實有待研究改進使趨完善的必要。

下圖(3-2)是本省自製20噸級鋼骨水泥漁船的鋼料結構圖。



圖(3-2) 鋼料結構圖

二、船體建造

本省以構架肋骨法自製的鋼骨水泥漁船，其建造程序略可分為下列八個步驟：(一)放樣(二)

彎製構架肋骨與龍骨、船艙材之成形(三)龍骨、肋骨與船艙材之船台焊置(四)縱橫向鋼筋之焊置
(五)鋪置船殼鐵絲網(六)敷塗水泥灰漿(七)鋪置甲板與甲板室鐵絲網(八)船殼養護與油漆。

因篇幅所限，本文只擬配合圖片對各建造階段做約略說明。

3.2.1 放樣 (Lofting)

鋼骨水泥船的放樣方法與一般木船或鋼船相同，須把線圖作 1 比 1 的放樣。

3.2.2 彎製構架肋骨與龍骨、船艙材之成形 (Bending of keel frames etc)

在室內平坦的水泥地上，彎製各個橫剖面上的肋骨鋼筋，並在兩鋼筋間焊上 \cap 形鋼筋形成構架肋骨，使其外面部份恰與放樣板上剖面線圖的線條相吻合。每對肋骨必須左右對稱。

至於艙材，艙材及龍骨係使用較大鋼筋，亦須依線圖形狀彎製成形。

3.2.3 龍骨、肋骨與船艙材之船台焊置 (Setting up)

在水邊工地，先放置一塊厚長之木板作為龍骨墊板，此墊板的長寬必須稍大於龍骨的長寬，且須水平放置。墊板底下鋪置木塊墊高至離地一尺左右

安放龍骨前，須先鋪設四層 4 呎寬六角鐵絲網，以便日後可與船殼部份之鐵絲網連接在一起。

龍骨安放後，即可在各個肋骨的位置將肋骨焊置起來，此時，要注意校正其左右是否水平對稱及是否鉛直，再以撐柱撐住，以免變形，肋骨上面的甲板樑與舷牆亦可同時焊接上去，形成一個穩固的構架，如圖 (3-3)。

船艙材焊接在龍骨上，亦必須以撐柱撐住。

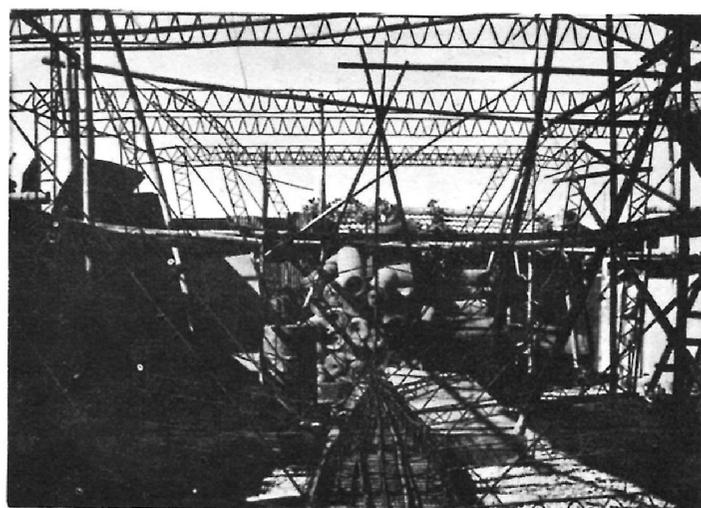
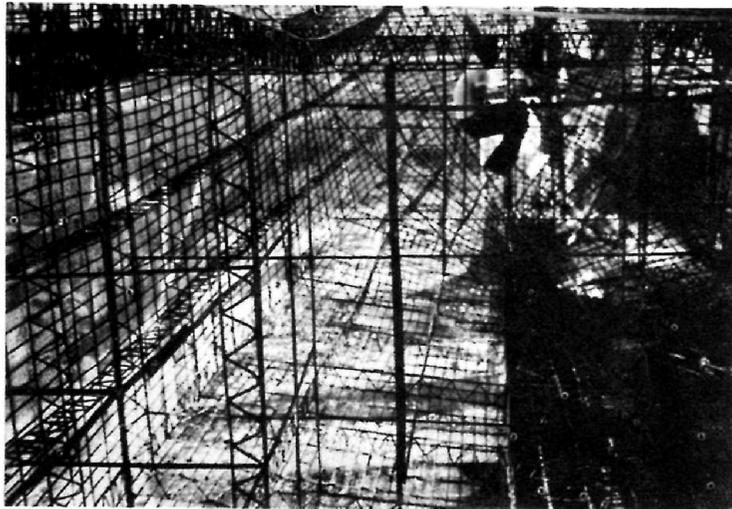


圖 (3-3) 船台安裝構架肋骨

3.2.4 縱橫向鋼筋之焊置 (Longitudinal and transverse rods)

縱向鋼筋的焊置從艙緣線處開始，此處鋼筋直徑為 $\frac{3}{8}$ " ϕ 再依規定間距把所有 $\frac{1}{4}$ " ϕ 縱向鋼筋焊製上去。每二條縱向鋼筋的相接處可直接接焊也可疊焊，後者強度雖高，但會增加船殼重量。

橫向鋼筋亦須依照規定間距焊置在縱向鋼筋外面。圖(3-4)為縱橫向鋼筋焊置完成之圖片。

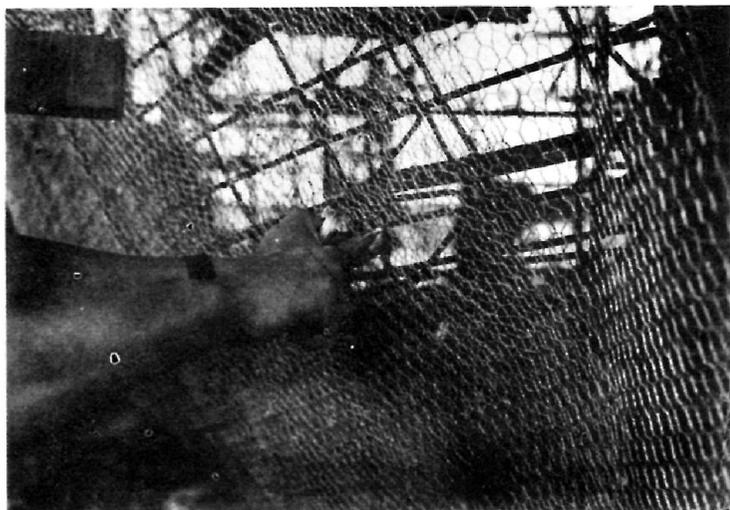


圖(3-4) 縱橫向鋼筋焊置完成

3.2.5 鋪置鐵絲網(Setting mesh)

縱橫向鋼筋焊置完成即可開始鋪置鐵絲網。

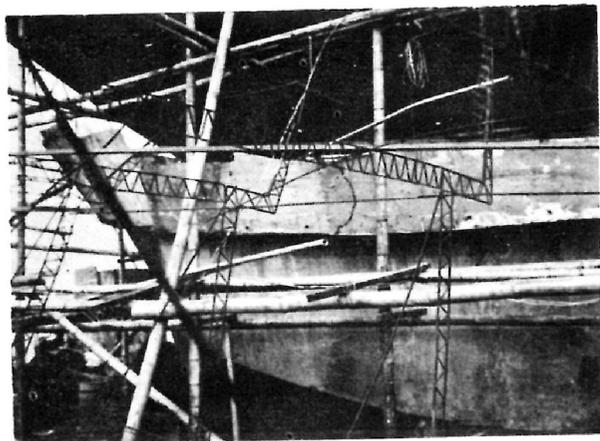
由上而下一層層沿船殼外面鋪置，再以鐵絲絞緊。如圖(3-5)。內外各四層共八層鐵絲網。



圖(3-5) 鋪置鐵絲網

3.2.6 敷塗水泥灰漿(plastering)

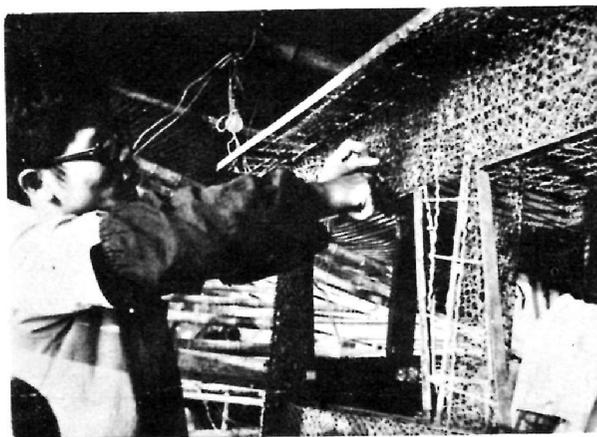
敷塗水泥灰漿前，須先在船殼外面鋪上三夾板。把水泥、砂、水依比例混合在攪拌器內攪拌後取出由船殼內部向外敷塗，壓緊在三夾角板上。此時最好用振盪器搗固灰漿，避免產生空隙。至此甲板以下的船殼部份即已完成。如圖(3-6)。



圖(3-6) 船殼敷塗水泥完成

3.2.7 鋪置甲板室與甲板鐵絲網

甲板室的肋骨與橫樑在部份工人鋪置船殼鐵絲網時，部份工人已可將它與甲板樑焊接起來。然後在甲板室肋骨與橫樑上鋪 $\frac{1}{8}$ " ϕ 的四角形鐵絲網，再內外各鋪置三層六角形鐵絲網，用鐵絲絞緊後，即可開始敷塗水泥灰漿如圖(3-7)。



圖(3-7) 鋪置甲板室鐵絲網

甲板橫樑上也須先鋪三層六角形鐵絲網後，再鋪一層四角形鐵絲網，三層六角形鐵絲網於其上，絞緊後敷塗水泥。日後俟甲板水泥養護(curing)完成，將再鋪釘木甲板。

3.2.8 養護與油漆(Curing and painting)

整艘水泥船全部敷塗灰漿完成後，須依一般鋼筋水泥板的方法給予養護。養護時間大約21天。

養護完成即可油漆，油漆須先使用環氧漆(Epoxy paint)船殼內外各漆二層，再漆二層色漆(colour paint)於其上。

至此船體工作全部完成。圖(3-8)為水泥漁船完工下水之圖片。



圖(3-8) 鋼骨水泥漁船建造完工

3.2.9 茲將東山號鋼骨水泥漁船之建造施工說明書列述如下以資參考。

一、材料：

- 1 加強桿：加強桿為未經應力消除及韌化過程之低碳鋼製成。該桿之直徑依其安置於結構中之部位不同而異，分載於此說明書內。
- 2 加強網：加強網為 $\frac{3}{4}$ 吋之交織網目，加鍍與否均可。使用網絲為22號標準絲。
- 3 砂：砂必須使用清潔、乾燥且細勻者。其良性係數為2.83。
- 4 水泥：水泥為普通之水泥，但須合於需要之特性者。
- 5 山石灰：當無法獲得山石灰時，可以品質良好之白石灰代替之。
- 6 混凝土：此混凝土依下列比例混合：

水泥／砂比率 0.50

山石灰／水泥比率 0.15

水／水泥比率 0.40

二、構造：

- 1 肋骨：

安置於肋骨排列方向者為一層 $\frac{1}{2}$ 吋桿，其中心間隔2吋一層 $\frac{1}{4}$ 吋桿，其中心間隔6

吋而與肋骨成直交，此等桿並予以彎曲，以便附着加強外殼層。

四層 $\frac{3}{4}$ 吋 22 號標準網各覆於桿層之兩面。

2. 甲板橫樑：甲板橫樑與肋骨連接，構造層次同肋骨之情形相似。

3. 船舷支柱：船舷支柱與肋骨接合，構造層次如肋骨。

4. 船底與甲板縱向結構：船底與甲板縱向結構構造層次如下：

一層 $\frac{1}{4}$ 吋桿，中心間隔 2 吋，依縱向安置。

一層 $\frac{3}{8}$ 吋桿，中心間隔 6 吋，垂直安置。此等桿並予以彎曲及作為甲板與船底之加強結構。

四層 $\frac{3}{4}$ 吋 22 號網各置於桿層之兩面。

5. 引擎龍骨：引擎龍骨之構造層次如下：

三層 $\frac{3}{8}$ 吋桿，中心間隔 2 吋，依縱向安置。

二層 $\frac{3}{4}$ 吋桿，中心間隔 6 吋，依垂直向安置。

四層 $\frac{3}{4}$ 吋 22 號網，各置於桿層之兩面。

6. 尾軸道壁：尾軸道壁構造層次如下：

一層 $\frac{1}{4}$ 吋桿，中心間隔 2 吋，縱向安置。

二層 $\frac{3}{8}$ 吋桿，中心間隔 6 吋，垂直安置。彎曲之及作為外殼之加強。

四層 $\frac{3}{4}$ 吋 22 號網，各置於桿層兩面。

7. 艙壁加強支柱：艙壁加強支柱構造層次如下：

一層 $\frac{1}{4}$ 吋桿，中心間隔 2 吋，垂直安置。

一層 $\frac{3}{8}$ 吋桿，中心間隔 6 吋，水平安置並作為艙壁之加強。

四層 $\frac{3}{4}$ 吋 22 號網，各置於桿層兩面。

8. 艙口欄板：艙口欄板之構造層次如下：

一層 $\frac{1}{4}$ 吋，中心間隔 2 吋，縱向安置。

一層 $\frac{3}{8}$ 吋，中心間隔 6 吋，垂直安置。

四層 $\frac{3}{4}$ 吋 22 號網，置於桿層兩面。

9. 龍骨：龍骨作成爲 6 吋 × 2.5 吋 × 12 磅之船槽。

10. 船首：船首之構造層次如下：

1 吋實心環繞中心線。

1 吋桿鉸鉤。

1 吋桿，突向船首。

11. 外殼：外殼構造層次如下：

一層 $\frac{1}{4}$ 吋桿，中心間隔 2 吋，縱向安置於外側。

一層 $\frac{3}{8}$ 吋桿，中心間隔 6 吋，橫向安置於內側。

四層 $\frac{3}{4}$ 吋 22 號網，置於桿層兩面。

12. 甲板：甲板層次如外殼。見外殼。

13. 船舷：船舷層次與外殼者相同。見外殼。

14. 隔艙壁：隔艙壁之層次如下：

一層 $\frac{1}{4}$ 吋桿，中心間隔 2 吋，垂直安置。

一層 $\frac{3}{8}$ 吋桿，中心間隔 6 吋，水平安置。

各桿可以銲接或以軟鐵絲縛緊，形成加強骨架。銲接時，各桿均需予以保護及採行適當之銲接步驟，以避免任何之變形。

網可以軟鐵絲或拱環 U 字釘縛於桿架上。網須拉緊，使網面齊平以便敷灌水泥。

網可以依建造者之偏好作橫向或縱向之使用。

第四章 討論與展望

一、鋼骨水泥船的使用性能

4.1.1 重量

鋼骨水泥船舶建造完成的重量往往高出原設計重量。其所以無法達到預計重量的理由是因鐵絲網重疊相接的部份較高，沒有相接的部份較低，或是鋼材粗略的焊接部份都會形成表面高低不均的現象。以致在敷塗水泥灰漿時，勢必多塗一些，以保持船殼外板的平滑。此外，在艙部、龍骨、舢艙、艙壁與機座等部份常會因餘量過大，致增加了船殼重量。根據理論，船殼一般的厚度是 22 毫米，也就是每平方公尺 68 公斤的重量，但實際上由於上述原因，結果每平方公尺高達一百公斤。因此控制重量是施工建造中極重要的一環。

因為船身重量重，吃水增加後，速度自然減低。為了補救這缺點，不得不將某些艙壁、甲板、甲板室等改用較輕質材料。將來可採用輕質混凝土（如氣泡混凝土）或預力混凝土建造法減輕重量及降低成本。

第一艘本省船型 20 噸級鋼骨水泥漁船，因船東之要求，而將船殼厚度增厚到 $1\frac{1}{4}$ 吋以上，致使船殼重量比設計重量超出 8 噸之多，後雖將甲板室，舢艙及甲板等部份改為木板材料，船殼重量仍嫌稍重。經此教訓後，第二艘在東港建造之 20 噸級鋼骨水泥漁船，在敷塗水泥以前先在船殼外部安裝模板，並將鐵絲網絞緊在模板上使之密實，以減小其厚度且在敷塗水泥時嚴格注意避免不必要重量之增加。該船下水後，其吃水線竟比同型木造漁船還要低些。事實已證明，鋼骨水泥漁船之重量困擾是一定可克服的。

4.1.2 穩定

由於鋼骨水泥漁船之船殼一般皆較同型之木船或強化塑膠玻璃纖維漁船來得重，且為了補救重量較重的缺點，又把某些甲板及甲板室改用較輕質材料，因此鋼骨水泥漁船之重心自較其他材料之同型船舶為低。重心低則其定傾高度（GM）自亦較其他材料之同型船舶為大，穩定情況當然亦較好。經過兩艘本省船型 20 噸級鋼骨水泥漁船先後試航結果發現鋼骨水泥漁船之耐航性遠較同型木船優異。因此使用鋼骨水泥漁船出海作業將可減少沿海漁船傾覆事件之發生。

4.1.3. 材料

(1) 水泥：

目前本省各水泥廠並未有任何一家出產耐硫酸鹽水泥，但其一般建築用水泥之物理性質與耐硫酸鹽水泥相同，若在一般水泥中加入某種溶合劑同樣可達防水耐酸之特性。故省產水泥可以使用。

(2) 鋼筋鐵絲網

本省省產土木建築用之鋼筋及鐵絲網都可使用。

(3) 砂

澎湖砂及砂砂都可使用於鋼骨水泥船，但須注意務必加以洗清使砂子內不含泥分，方能與水泥密切結合產生應有應力。

(4) 結合劑（添加物）

某些膠性物質，如地合道（Dehydol），加入水泥中可增強混凝土之強度。另外在炎熱天氣可加入延緩劑（Retarder），可防止泥漿快乾。

至於各成份之比例，水泥與砂大約是 1 : 1，水約為 0.3。由於鋼骨水泥為新興材料，因此各建造工廠研究結果及摻和成份都加以保密。如為提倡鋼骨水泥漁船之使用發展，有關單位實有必要及早進行鋼骨水泥樣板之試驗，以決定本省鋼骨水泥漁船應採取水泥與砂間之比例及最合適之材料種類。如此非但可減少民間私自試驗研究之浪費，且材料不必仰賴舶來，對我國的經濟情況不無助益。

4.1.4. 鋼骨鐵絲網的腐蝕與電解

鋼筋鐵絲網會發生腐蝕的原因是由於敷塗水泥灰漿時粗心大意，致使水泥間有了空隙，非但減低了船殼強度且海水會由空隙處侵入內部。鋼筋鐵絲網受到海水浸蝕，日久自然會產生銹腐現象。

防止腐蝕的方法，須於施工時使用合適的振盪設備（Vibration Equipment）來增加水泥灰漿的透徹程度（Penetration），與水密性，使鋼骨鐵絲網四周毫無空隙為要。又若當船殼造好以後，儘可能的把船殼缺陷找出來，有空隙的部份再噴以水泥填補，也能獲得部份改善。

裝具（Outfitting）與船殼接合在一起時，很可能發生電解作用而破壞裝具。例如鋁製裝具要固定在船殼上時，接合的螺栓亦是鋁製品。如果螺栓中有二支以上和船殼內的鐵絲網接觸到，則產生嚴重的電解作用，能在四十八小時內把螺栓腐蝕掉。防止的方法須改用不

銹鋼螺栓，更在螺栓外面包覆塑膠套。確實避免鋼骨鐵絲網與裝具的直接接觸，則可保用長久時間。

4.1.5 龜裂 (cracking) 與撞孔 (punching)

當鋼骨水泥結構物發生收縮時，其內部產生張應力，引致龜裂。收縮愈大則龜裂愈甚，裂痕亦愈大。鋼筋雖不能阻止其裂痕產生，但可使裂痕不致繼續擴大，一般鋼骨水泥船殼，除了使用特別處理過的水泥外，都會發生微小的裂痕。然而這些裂痕只要在最小的設計寬度內，對船殼的強度是毫無影響的。因此如何控制水泥灰漿的品質，及如何養護，期能控制裂痕到最小，或甚至無裂痕產生之程度，是極其重要的。

又因受到荷重，鋼骨水泥亦會產生裂痕。當受荷重而彎曲時，其截面一邊受拉應力另一邊受壓應力。由於水泥抗拉力甚小，因此受拉應力的一邊即生裂縫。在鋼骨水泥船殼，這種裂痕一般只呈現在受拉應力的一邊，而不會透過另一邊。因此，不可能發生漏水現象。如甲板機械絞車等之底下會有裂痕發生，設計人員應該事前考慮到荷重問題，控制裂痕，在龜裂處刷淨補漆後，裂痕就不會再產生了。

鋼骨水泥船殼如受尖銳物，如重的錨爪，防蔽材的螺栓及重鐵器尖角等的撞擊，容易產生撞孔。一般遊艇都在船舷上裝上防蔽材防範之。這種撞孔不會造成嚴重的破壞，而能很快的被修補起來。

4.1.6 耐火性與水密性

火能把整條鋼船或木造船摧毀但鋼骨水泥船殼的耐火性及水密性都很好故遠優於其他材料所造之船。鋼骨水泥以火燃之，等熄滅後，損壞的情形非常輕微。經試驗之板壁可抗攝氏一千七百度高溫而對物料無損。

此外，只要敷塗水泥灰漿時能留心搗固，不使其間產生空隙，艙內一定可以保持乾燥，污水泵也可以多年不必動用。

二、設計與結構之改進與展望

4.2.1 船形設計

鋼骨水泥船舶的船形如與木船或鋼船的船形相同，則 16 公尺長以下的鋼骨水泥船排水重量將大於同形的木船或鋼船。

本省目前建造的鋼骨水泥漁船，都是利用木殼或鋼殼漁船的線型圖。為了解決重量增加問題，我們可以加大船寬或加高船深。如此船之 GM 雖可增加，但相對地船殼浸水面積與船

之阻力都會增加。使其船速當然比不上同型木殼船。如欲保持與木殼船相同的速度，則該由增大引擎馬力及改變推進器尺寸著手。另一方面可考慮研究採用輕質水泥或開發類似預力混凝土之建造法。

至於 16 公尺長以上的鋼骨水泥船，可以不必過份考慮上述問題。

本省本殼漁船在船殼處都有舫緣線 (chine line)，這種設計只是爲了配合木頭材料製造與成形上的方便而設計的，但在鋼骨水泥漁船，我們可以把隅角改成圓弧形。如此船殼強度將比原來有隅角的船形好。

4.2.2. 結構設計

木船，鋼船或強化塑膠玻璃纖維船的建造材料尺寸規範都有造船或驗船協會給予訂定。鋼骨水泥船舶當然亦需這種規範表。但因爲鋼骨水泥船殼好壞，受到建造方法及鋼骨鐵絲網與水泥等品質的影響，想要製訂出一套世界通用的規範書出來實有困難。目前世界各大水泥船建造公司各有其自用的材料尺寸規範表，英國勞氏驗船協會爲水泥船所製的規範表也僅只限於其國內使用。

目前本省建造的 20^T 鋼骨水泥漁船，其船殼最小厚度爲 $\frac{3}{4}$ "，縱向鋼筋間距爲 2"，橫向鋼筋間距爲 6"，內外鐵絲網共八層，與第二章表 (3 - 1) 的建議尺寸規範表，規格大略相同，僅只鐵絲網內外各多一層。由試片試驗結果，本省自製鋼骨水泥強度並不比外國遜色，因此可以從減少鐵絲網層數或增大鋼筋間距等來減輕船殼重量或採用氣泡混凝土等方式，使鋼骨水泥漁船控制設計到與木殼船的吃水一樣，則本省自製鋼骨水泥船應算是成功了。

本省第一艘 70 噸級的鋼骨水泥漁船已在屏東東港開工建造，其船殼最小厚度設計約爲 $1\frac{1}{2}$ "，預算其全船重量與同噸位鋼船相近，建造完成後其排水量與吃水深度當可達到預計之要求。

4.2.3. 未來展望

鋼骨水泥船舶具有優異的潛能，將能被大量建造充當漁撈和運輸的工具。又因水泥材料受潮濕時強度可以增大，因此很適合做漁艙，醃艙，而材料本身就是絕緣體，是最好的捕漁船。但願在我政府及有關單位的鼓勵贊助下，能大量建造近海鋼骨水泥漁船提供給本省數萬漁民使用，期降低漁民造船成本，增加漁民收益，造福漁民，亦不失爲可循之途徑。

根據世界各水泥船公司的統計，其訂貨量正在逐日增加，未來的前途是樂觀的。深信在今後十年內 35 呎 (10.7 m) 到 80 呎 (24 m) 之間的船舶，鋼骨水泥將比其他材料廣被建造使用。本省鋼骨水泥漁船之建造目前雖已至成功階段，但仍需要有關當局給予輔導與支援，並指定機構研究開發則其前途將更光明遠大。

參考文獻

- (1) FAO (聯合國農糧協會)
“ Seminar on the design and construction of ferro-cement vessel,
1972, New Zealand.
- (2) Timoshenko, S, and Woinowsky, S.K.
“ Theory of plate and shells ” 1959, New york.
- (3) Broutman, L.J. and krock, R.H.
“ Modern composite materials ”, 1967, London,
- (4) Daranandana, N. Sukapadanadhi, N.
“ Ferro-Cement for construction of fishing Vessels.”
1969, Tailand.
- (5) John Samson, Geoff Wellens
“ How to build a ferro-cement boat.” 1968, Canada
- (6) R.T. Hartley and A.J. Reid
“ Ferro- Cement boat building” New Zealand.
- (7) 戚桐欣 (台灣省水產試驗所)
“ 鋼骨水泥漁船作業示範 ”

附錄(一)

鋼骨水泥小艇之暫定建造規範

英國勞氏驗船協會

水泥船建造尚無一定的規範可尋，茲刊出英國勞氏驗船協會尚在擬議中的規則，從而知悉建造水泥船的重點所在。

一、一般規則

101 一建船中之檢驗

在分級或受建造檢驗的遊艇和小艇須遵照此一般規定，所有新造船舶如欲入級，須在船級協會的特別檢驗下建造。分級後，在遊艇分級登記前或船舶分級登記前，須嵌入特別的標誌以示船級。

若小艇的全部或大部份是用鋼骨水泥建造的，此小艇就被分級為“實驗性的鋼筋水泥船殼”級，屬於此種船級的小艇則須每年一次歲檢。

102 一施工

鋼骨水泥船在船級協會檢驗員的檢驗下，在工廠施工建造，此工廠不僅要有良好的設備和技術，以使船殼的建造、機器安裝和電氣設備的裝備均能合乎標準，還須有熟練的技工，熟悉材料的管理人員和具有良好施工的能力。

103 一檢查

鋼骨水泥船在嚴格的檢查體系下建造，工廠的負責人須做定期和分段的檢查，並保存這些檢查的記錄以備船級協會檢驗員檢查之用。

在下列的建造過程中，船級協會檢查員須做正式的檢查：

- 1 當補強鋼筋 (steel reinforcement) 完成一半時。
- 2 當補強鋼筋全部完成時。

3. 在水泥灰漿 (mortar) 的敷塗和固結期間。
4. 在正在剝去主要型架 (form work) 時。
5. 在養護 (curing) 期間完成後。

上述只是一般的檢查要則，真正的檢查次數則視船舶建造的尺寸大小和鋼骨水泥使用的多寡而定。通常檢查是由船廠和船級協會檢查員協商檢查，且船廠須遵照檢驗員的建議。

二、材料

201 — 水泥 (Cement)

使用的水泥須有良好的水密性，水泥可以合乎規格的普通波特蘭水泥 (Ordinary Portland Cement) 如 B.S. 12，其他不同種類的水泥亦可使用，但不可使用多種水泥的混合物。

使用指定種類的水泥須新鮮且濃度均勻，其他含有塊狀或其他雜質者不可使用，水泥的存放越短越好，且須在嚴格認可的乾燥情況下以防止變質。

202 — 粒料 (Aggregates)

使用的粒料 (砂) 要選擇具有良好強度和耐久性並不具有害性質。粒料 (砂) 只要均勻且恰能包覆在外層補強鐵絲網 (reinforcement) 即可，不必加入過多的水，但須能與水泥固結一起。

203 — 水 (Water)

混合水泥時須使用乾淨的水，且不含對強度有害和抵抗灰泥的溶質。不可使用鹽水。

204 — 混凝土材料的分量與混合

水泥和砂須以適當比例調配，俾使混凝土 (concrete) 成為主要的建造基料 (參考 § 402)。混合物質的調配數量應以重量為標準，但砂在必要時可以體積計算。

在維持良好的品質和加工性質之下，水和水泥的比率能控制得愈低愈好。

205 — 鋼筋 (Reinforcement)

鋼條 (rod)，鋼棒 (bar) 和鋼線 (wire) 要有合於要求的降伏應力 (yield stress)、延性 (ductility)、抗拉強度 (tensile strength) 和其他的主要性能且須合乎適當的規格，如 B.S. 18 或 B.S. 785。

使用適當直徑的鋼絲做成鋼絲網 (wire mesh)，鋪設鐵絲網的方法以能保留越多原有鋼絲的強度性能為主。鐵絲網完成後，鐵絲網的樣本和材料的資料須一併送檢。

鋼筋須保持乾淨且未具有壓壞的痕迹、油污、油膜、油漆或其他污穢物。

三、設計和建造

301 — 船材尺寸法

船材規定是爲了使以鋼骨水泥建造的船殼和其他結構部份成爲一種含高量的鋼，且廣泛分佈在結構中的鋼筋混凝土，如此結構在承受應力時，則有如均勻物質一般，使應力均勻分配。

由於在未建立起一種共同且實用的建造方法以前，只有少數的建造者使用此種材料，因此結構的材料尺寸常依其樣品的代表強度和設計及建造方法的試驗而定。當選定不同的船材尺寸時，則須給予個別的試驗和考慮其不同之優劣點。

和實際結構相同的混合和補強鐵絲網鋪設而成的樣品試板可依“第四節——試驗”中所述以決定它的基本強度性能，不過它的樣本強度性能若已經認可的專家確定，則船級協會可予以考慮，即可不再做試驗來決定。

302 — 資料和設計圖的鑑定

包括佈置圖、船殼補強鋼筋詳細圖和其他結構部份詳細圖等的設計圖須在建造前送經審核認可，其他用以詳細說明結構佈置的設計圖亦須經過審核，還有鋼筋水泥結構部份的材料，混合物，養護等的詳細資料表亦須經過審核認可。

303 — 鋼筋鐵絲網

鋼骨水泥的含鋼量越高越好，在鋪置鋼條和鐵絲網時，先以足夠的橫向構架（transverse member）形成船殼外形，再以鋼條和鐵絲網鋪置成形。在鋪置鋼條和鐵絲網時須正確地排列以防止空隙產生，且要繫捆和焊接良好以防止在敷塗水泥灰漿時移動。

用雙層或多層的鐵絲網鋪成的構架（member）在鋪成多殼形狀時，須注意避免在曲線的尖端處形成大約的空隙以免形成構架時在構架內存有空隙。龍骨中線構架，縱向樑，底肋板等都是用鋼條和鐵絲網鋪設而成，亦可和軋鋼型材（rolled steel section）併用，但在構造補強鋼筋時須注意避免敷塗水泥灰漿時，無法足夠充塞在鋼筋鐵絲網內。

在構造鋼筋鐵絲網時，應避免強度的中斷且形成構架的末端須經滑順以便結合。每一層鐵絲網的鋼絲要給予定向排列以便多層重疊，但不可影響間架板（panel）的強度和增加敷塗灰泥時的困難。在船殼底龍骨中線和船舵周圍，鐵絲網的邊緣若有重疊相接的情況，應予往後交錯相接，以使鋼筋鐵絲網排列整齊，且易使灰漿滲透。補強鐵絲網的接頭也要正確地

排列和適當的相間。

焊接鋼條和鋼棒時，須由熟練的工人施工以避免因過熱而致使鋼筋燃燒起來。

304 — 模板 (Formwork)

建造時一般都使用灰泥敷塗在鋼筋鐵絲網的一邊，再用鋸子鋸另一邊即可，然而若能達到結構沒有空隙的程度，則可考慮模板 (formwork) 以利建造。

當使用模板時，它的大小尺寸須正確，且有適當的穩度和強度，以抗拒澆灌灰泥時的力量，間架板也要裝置良好，避免有接頭和裂縫使灰泥逸出，在澆灌前可先用水澆浸模板以除去上面的雜質，要澆灌時，須先清除模板上流動的水和餘留的殘骸。

305 — 混凝土 (Concrete)

混凝土的混合、調配、固結和修補等施工，須嚴格監督以保證品質優良，上述的施工須遵照 306 ~ 308 的規定，而且建造者亦須遵照施工法規的指示，如 B. S. I. 公佈的 CP114 (1957)。

306 — 拌和與敷塗 (Handling)

一般情況下，水泥灰漿加水混合後的一個半小時內，須全部敷塗上去。敷塗水泥灰漿時要避免混合物的散落，此情形若有發生的跡象，應馬上採取補救的措施。

307 — 固結 (Compaction)

在敷塗期間，材料須完全固結，俾使鋼筋的周圍和模板的尖角處不產生空隙。若不使用模板時，鋼筋水泥船殼是用水泥灰漿敷塗在鋼筋的一邊，使固結，並用鋸子手鋸另一邊，若模板的厚度較大時，可使用振動器 (Vibrator) 和手搖滾軋器。

敷塗水泥灰漿時越少越好，恰能包覆住外層鐵絲網即可。

308 — 養護 (Curing)

許多結構應加以通常的養護，養護用的混凝土須保持其濕度一段時間，時間的長短，依使用水泥的種類和外界大氣的情況而定，正式的養護方式採水噴法，但其他能防止餘水蒸發的方法亦可。

當使用模板時，模板固定的時間越久越好在模板拆下之前，須注意周圍的大氣情況，混凝土的種類以及結構物的位置。

309 — 其他

假如甲板、甲板房艙、船艙、艙壁等結構不是用鋼骨水泥建造的，則該項結構亦須符合各使用材料的船級協會規定。除規定的要求外，若無特別的指定，則鋼骨水泥的建造，應以

有效的經濟營運和良好的施工為準則。

四、試驗

401 — 一般規定

樣品試板、水泥灰漿調配和混凝土結構物均須從事試驗，或做被檢驗人員所認可的相當試驗。當檢驗人員認決有必要做其他試驗時，亦須行之。

402 — 樣品試板 (Sample Representation Panels)

樣品試驗須在認可的實驗室，做鋼骨水泥的機械性能試驗所得的試驗結果，須經船級協會審核，在特殊情況下，建造者的試驗結果亦可予以考慮。試驗用的樣品試板須用和實際船殼相同的材料、調配和相同數目的鐵絲網構造而成。

抗撓曲強度 (flexural strength) 和衝擊強度 (impact strength) 由鋼筋水泥試板做試驗而得，但抗拉強度 (tensile strength) 和抗壓強度 (compressive) 則可直接從未加鋼筋的材料獲得。

403 — 混凝土混合物的坍瀉試驗 (Slump testing)

幾種不同水灰比的混凝土必須給予標準的坍瀉試驗，以求出最小坍瀉度的含水百分比，但須具備適當的施工軟度 (workability) 方可。

404 — 混凝土樣品的抗壓試驗

在使用混凝土的過程中，須在檢驗人員的見證下選取樣品並標號，以從事立方體和圓柱體樣本的多次試驗。選取樣品在標準狀況下 (如 B.S. 1881 所示) 養護 7 天和 28 天後各做一次試驗以決定抗壓強度。上述的試驗須在檢驗員的見證下進行，若在實驗室進行則試驗的結果須經檢驗人員鑑定證明方可。

405 — 結構物的水密性 (Water tightness)

船殼和其他需要水密性的表面均須在鑿工完成後，或第一次剝去型架時，經嚴格的檢驗，以保證其水密性。一個外表平滑，若似完好的表面，不可斷言其具有水密性，除非此表面經過澆浸、充水或漂浮等試驗證明。

檢驗人員要求做局部的空氣試驗檢驗時，須遵從其要求。

附錄(二)

本省漁業界採用鋼骨水泥漁船 應當注意之事項座談會記錄

今年（民國六十四年）六月十一日，在本省基隆市和平島台灣省水產試驗所召開了一次“本省漁業界採用鋼骨水泥漁船應當注意事項座談會”。出席人員包括台灣大學，成功大學，中國驗船協會、省漁業局、水產試驗所、東山號試驗船、漁福財二號船主、隆欣一、二號船主及喬意公司等各機關公司之代表 20 人，聚集一堂，討論並發表各人對鋼骨水泥漁船之使用經營情形及研究心得。因此次座談會有許多意見極為寶貴，深值吾人參考，故特將其座談會記錄全部附錄於此。

開會時間：六十四年六月十一日（星期三）上午九時卅分

開會地點：基隆市和平島 台灣省水產試驗所會議室

主 持 人：鄧所長（金秘書衆成代）

紀 錄：王敏昌 廖景鈴 戚桐欣

出席人員：台灣大學造船研究所	戴堯天
成功大學造船學系	黃正清
中國驗船協會	陳獲祥
台灣省漁業局	許經平 陳明榮
台灣省水產試驗所	魏樹藩 秦韶生 陳龍陽 王克鍊 周哲隆
東山試驗船	戚桐欣 廖景鈴 王錦田 林萬生
漁福財二號船主	林水破
隆欣一、二號船主	陳埔銘 吳聰波 吳忠雄
喬意企業公司	江憲男 賴墨梅

發言紀錄：

金秘書衆成：

用鋼筋水泥建造漁船在本省尚屬創舉，三年前，農復會支助本所建造之東山試驗船

——本省第一艘鋼筋水泥漁船，於本年二月廿八日至四月廿一日曾完成台灣環島示範工作，各地漁民對鋼筋水泥漁船之性能已經有相當認識；今天特別邀請各位參加座談會議，對今後本省發展鋼筋水泥漁船乙節請提供卓見，留供漁業界參考。

鄧所長臨時因事公出，不能親自參加會議，要本人代向各位致歉意，請各位專家多多提供寶貴的意見，並請指導。關於東山試驗船此次示範之情形擬請本所戚股長先做簡報，並請魏技正主持座談，謝謝各位。

魏樹藩（台灣省水產試驗所技正）：

現在先請本所戚股長報告主持東山試驗船之示範情形，再請東港區漁會林總幹事介紹漁福財二號之經營情形，請隆欣公司陳董事長介紹隆欣一、二號之使用情形，最後請各專家學者指導，謝謝。

戚桐欣（水產試驗所技工兼東山試驗船船長）：

關於鋼筋水泥漁船作業示範經過及情況，詳如書面報告（從略）。

1963年11月，在英國拖網漁業基地 Grimsby 港，由 White Fish Authority 主持過一次拖網漁業技術檢討會議，會議紀錄整理成冊，經 Fishing News (Book) Ltd 刊行，書名為 "Stern Trawling"，該書流傳於全世界卅餘國家，後來更補充資料刊行 "The Stern Trawler"，均為漁業界發展大型鯤拖漁業之重要資料，我們認為經由類似會議，交換經驗與心得的做事方法很值得效法，雖然邁向這條途徑遭遇到很多困難，但我們仍然決定試探開創此項途徑，特邀請各位專家學者參加今天的座談會議，請各就本省漁業界採用鋼筋水泥漁船應當注意之事項提供詳細的資料、經驗及心得，供漁業界參考。

一年前，本人奉命主辦有關東山試驗船之各種業務，當時印刷了一分介紹東山試驗船的單張，文內並沒有提到承造該船之喬意企業公司，因為本人對鋼筋水泥漁船的性能尚懷有戒心，喬意公司初次承造這種漁船，是否值得向漁民介紹也有問題，對於造船工作，個人所瞭解的很有限，必須印證以後才能肯定，我們非常謹慎地在基隆港外先試航十餘次，然後才完成環島示範工作，經過隨船生活廿餘天以後，對該船的性能已經十分瞭解，深知她並不比任何漁船遜色，於八級強風之際，由安平港繞鵝鑾鼻航往台東縣新港，平安無慮，在新港港內用小筏洗刷船底，也證明了鋼筋水泥漁船的維護工作簡易，喬意公司以後又承建漁福財二號，隆欣一、二號等水泥船，造船技術越來越進步，喬意公司負責人江憲男先生確實費了一番苦心，對發展鋼筋水泥漁船貢獻卓越，政府應該鼓

勵。

目前雖然漁業景況不佳，不是增建漁船的適當時機，但適齡的舊船終究是要陸續淘汰，鋼筋水泥漁船確實可以解決漁船汰舊換新工作之一部份困難，對於建造鋼筋水泥遊艇外銷業務政府亦應給予輔導，只要喬意企業公司建造鋼筋水泥船之業務不中輟，造船技術不斷改進，並繼續研究發展，對漁業界終必有重大的貢獻。

本年內，在澳洲南端墨爾本舉行的世界帆船比賽，獲獎的第一名遊艇、是鋼筋水泥船，於是鋼筋水泥船殼大為風靡，其比賽過程，經過Rolling Fourty，風力強勁、鋁殼或木殼船艇受船殼強度的限制不得不降帆，以減輕桅座的壓力，而鋼筋水泥船殼却無此顧慮，因此獲得勝利。本省向以工人之高超技術及工資低廉著稱於世，外國人於獲悉我國正在發展鋼筋水泥造船工業之際，很想在本省採購合於標準而價格低廉的遊艇，本所曾屢次接待駐台美軍及旅台美籍人士，回答關於本省承建鋼筋水泥船之業務情形，希望政府有關單位能珍惜創業之不易，對喬意公司給予合理的輔助。

王錦田（東山試驗船輪機長）：

東山號水泥船按裝主機時，曾發生車座太小之問題，另在必要之際欲改變水泥船殼的結構也不容易。而東山號之通水孔小了一點，艙底污水排水洞沒有設計在內，抽水不能抽水，必須改進，在主機使用方面震動幅度較小的高速主機較為理想，如果用燒頭式主機，恐怕不甚適合。

林萬生（東山試驗船漁撈員）：

本人從事漁業廿餘年，此次參加鋼筋水泥漁船之示範工作，認為鋼筋水泥船並不比一般木壳漁船遜色；以東山船為例，拖網、夾寄網、曳繩釣、延繩釣或是在台灣東部海岸一百公尺以下作深海一支釣均可適用。兩三個月來，在海上曾經遭遇到八級強風，而東山船安然無事，亦無須顧慮有螺絲鬆動的現象，令人欣慰，但東山船的艙蓋太大太重，一個人不容易操作，船橋成方形，增加阻力，船身稍短，如能增加一尋左右，對於排浪，當有更好的效果，船速亦能增加。

廖景鈴（水產試驗所技佐）：

自二月二十四日離開基隆，沿途的風浪對東山船是一大考驗，尤其是四月八日從鵝鑾鼻北上到新港的途中，風浪六至七級，最大八級，而東山船却能安然抵達成功，與個人在九十噸級海憲號木壳試驗船上的感覺不同，海憲船常被大浪掀起，於下降時船艙常被重重的插在浪谷裡，而東山船隨波起伏非常靈活，沒有波擊的現象，甚致有一種在搖

籃中的安全感。東山船船體很靈活，初上船並不舒服，尤其一遇風浪，船搖得更厲害，但習慣以後，却認為此種船型比較安全。

林水破（東港區漁會總幹事）：

漁福財二號水泥船於六十四二月十六日開始作業，自作業迄今尚未發現船體有損壞情形，雖然返港靠碼頭時曾不慎把船艙碰上碼頭，立即由事先備妥之水泥補修即可，較木壳船之修護工作簡便。本年四月六日，在東港造船廠上架時，船長及船員均已離開，當時恰巧在架上有一艘琉球船下架，因此漁福財二號船艙之木架被撞斷，但船長及船員均不知，仍然於下架後出港再作業，數天後發現海水已過吃水線，乾舷減少，同時第三艙進水三分之一，即回港上架檢查，發現船底有三個地方損壞，船長及船員見狀，認為水泥船相當危險，有生命之慮，本人立即請喬意船廠研究造船的技術，經研判結果乃被該琉球船下架時碰損，其實該船在海上發現船艙的木架異樣，如果木造漁船遇同樣情況，可能早就沉沒，而漁福財二號水泥船，却安然返航，證明鋼筋水泥船有相當的可靠性。又該水泥船隔艙設備良好，每艙均能保持相當水密，縱使有一艙因碰撞而進水，亦不影響他艙及應有之浮力。另該船採用雙層底建造，船外壳損傷，艙內不致於進水，此次進水係由於三個釘孔之故，現已完全整修。是以今後出海當無其他疑慮。

目前東港區拖網漁船，因為在東港近海漁獲情況不佳，乃轉向澎湖海域作業，沿途常遭遇大浪或七、八級強風，漁福財二號均能化險為夷。

東港之船型與東山船迥異，舷牆高出水面很多，因為船舷過高，泊靠碼頭時易與碼頭碰撞而損傷。尤其東港港口甚小，而出入之船隻甚多，互相碰撞在所難免，如果能用鐵管灌水泥做成「護舷」當可減少碰撞損傷。另船殼尚嫌太薄，希望能增加二層鐵絲網或多加一點水泥，以增加船殼強度，又肋骨系統需密一點，多加兩三根肋骨，對抗浪更有效。

一般木壳船每年必須上架三次至四次以清洗船底，鋼筋水泥船每年上架一次即可。通常二十噸級船上架一次需六千餘元，每年上架費達兩萬元以上，鋼筋水泥船可減少一半以上之上架費，另外木壳船於木板與木板之間需用樹皮打縫再加油灰，以確保其水密，日久易腐爛，需重打。水泥船可免打縫及受蟲蛀之慮。

在外國建造水泥船，其費用比國內建造高昂，對於國內唯一的鋼筋水泥船——喬意公司，政府有關單位應給予適當的培植，希望漁業景況好轉以後，能為漁民建造價格低廉，維護簡易的鋼筋水泥船。

陳埔銘（隆欣公司董事長）：

我決定選用鋼筋水泥船是基於以下幾點理由：第一、鋼筋水泥船所用之鋼筋、水泥，均為國產，免用進口材料。第二、每年可減少很多歲修及平時上架的維護費用。隆欣一、二號兩艘水泥船於去年底開工，今年五月下水，因為喬意公司的軌道工程尚未完成，兩艘船下水時是用拖船從五、六尺高的碼頭拉下，第一艘曾插入水中，船尾在水面下潛水半截後再浮起來；第二艘下水時，拖船的繩索鬆了，瞬間拉力消失，船往水裏衝，直衝水底，墊木斷了，船借反彈力又浮了起來，但船壳並無損傷。當第一艘下水時，我覺得很有趣味，曾拍了一張照片，但是第二艘下水時，因為太緊張了，未曾拍攝照片，然而船壳安然無恙，可見水泥船相當堅固，因此更堅定了我們的信心，從東港繞鵝鑾鼻，經新港、蘇澳，開回基隆途中，一路上都是六、七級風浪，結果像潛水艇式的航行，到達了目的地基隆，足以證明水泥船的可靠性。在造價方面，比一般木壳船或鐵壳船節省，因為本人只知如何經營，而不知性能及構造，只好請我們的船長來說明。但外壳某些部份已露出鐵鏽，是否是水泥太薄了一點，請各位指津。

吳聰波（隆欣一號船長）：

這艘水泥船一下水即由東港南下，繞鵝鑾鼻北上，是時五級西南風，船順風航行，感覺此船穩定性佳，繼續北上，風力逐漸轉六級之東北風，通過大武時，風力增大到七級，因此停靠成功新港，當地漁民及檢查單位見這艘水泥船設備及施工均非常完備，甚感興趣，次日清晨三點即離新港，仍然是六級強風，船直駛蘇澳，一路平安無事抵達基隆。

吳忠雄：（隆欣二號船長）：

從前，我曾在港務局任船長，使用鐵壳船十餘年，有人說水泥船吃水深，其實乃船型及構造問題，並非材料較重。當我們將水泥船從東港開回基隆途中，風浪甚大，而船橋甚低，每一波均越過船橋，船似潛水艇在水中前進，深怕前面的擋風玻璃被破損，結果安然無恙，只有親身經歷，才能深切體驗其效能。關於船體方面，絕無遜色於鐵木殼船，船底非常清潔，只須潑水洗刷即可，在基隆港內海水甚為污穢，普通船兩個月須上架一次，清洗船底，但水泥船迄今仍未上架，節省很多保養費。很多人又擔心在碰船後水泥會散開，其實本船係作拖船用，當加大馬力推拉大船時，並無不良的感覺。

戴堯天（台灣大學造船研究所）：

首先向喬意企業公司致賀，由該公司造船廠所建造的幾艘鋼筋水泥船的性能均很良

好，同時對台灣省水產試驗所和隆欣企業公司敢冒生命危險在大風浪中航行試驗的精神深表欽佩。

個人乃從事於船型方面之研究，就學理上而言，不論建造木壳船，鐵壳船或水泥船，在設計上須滿足船東對體積，載重量及速度的要求，並注意其穩定性，續航力。其次對結構強度，救生要求也要合乎一定的標準。致於鋼筋水泥船之異於他種材料建造的船舶，主要在於載重量，穩度及結構強度三者。在載重量方面應先確定利用鋼筋水泥建造者較諸他種材料在重量上之差異，以確保載重量及乾舷。其次，穩度方面應瞭解使用水泥建造時較諸他種材料時之差異及在設計階段確定重心位置之方法，其重心高度是否合乎規定標準，都要加以討論研究。

在結構強度方面，對木壳船、鐵壳船一般船級協會都有明文規定，致於鋼筋水泥船是否有此規定，其建造時曾否考慮縱向、橫向、局部或全部強度，且是否經船級協會或政府有關單位之認可：若我國目前尚無認可之該種檢驗規章，應由政府委託船級協會或有關單位配合實際造船廠所盡速訂定，而對於如何以最少材料建造強度最大的船舶，則應由學術單位研究，以配合未來鋼筋水泥船可能之急速發展。

黃正清（成功大學造船學系系主任）：

五年前喬意公司開始建造鋼筋水泥船，才互相保持接觸。坦白地說，對於建造鋼筋水泥船我們起步較歐美紐澳等國慢，在東南亞諸國，泰國、新加坡也比我們早，但有一點可自誇的是我們的造船技術沒有比別人落後，並且敢說勝過了日本，就是FRP的建造噸位也較日本大。站在科學人員的立場對鋼筋水泥船之研究發展，不論好壞，我們都要做的。

說到鋼筋水泥漁船的發展，猶記得二十餘年前，本省推展鐵壳漁船時，曾有不少漁民認為鐵本身就是會沈的，怎可用來造船，且漁民墨守成規，這是在發展過程中必然會遭遇到的現象。雖然目前漁業界受世界經濟不景氣的影響，但我們也不要洩氣；又戚先生提議可以先在造遊艇方面推廣，就我所知FRP遊艇的外銷訂單今年增加很多，相信喬意公司的造船技術可以在這方面推廣。

目前世界各國建造鋼筋水泥船大多改用鋼管，新加坡也以鋼管代替鋼筋。另外在船型方面也要注意，東方型和歐美型不同，以本省而言，高雄漁民所用的就和基隆的不同。還有鋼筋水泥船不一定非全部用水泥不可，艙蓋，駕駛室等處可用木料或FRP做，因水泥有其先天優點也有其缺點（較木鐵船殼重）。在台灣造船有一不好現象，部份船廠

爲討好船東，本來用七厘米的鋼板，船東說改八厘米就改用八厘米，於是船本身重量增加，產生乾舷不夠的問題。本人上星期來基隆調查漁船出港狀況，當時船艙甲板和水平面一樣高，而漁民仍然冒七、八級風出海作業。希望造船廠在建造鋼筋水泥船時注意水泥的厚度，以免發生乾舷不夠的問題。

關於林先生提出靠碼頭碰撞的問題，因爲船隨潮漲退，很難講船身何處會碰到碼頭，有待學校，船廠等有關機構研究鐵絲網結構，以增加強度。至於水泥表面鐵絲網生鏽的問題，那是製造過程中鐵絲網沒有蓋好，以致漏出水泥外面所致，是技術上的問題，可用塗水泥方式補救，事實上造船和土木工程理論不一樣，鐵絲網和外面水泥不必要很厚，很厚對強度不一定好，只增加重量而已。

此外，個人認爲在鋼筋水泥發展過程中，最好能有一基金來支持繼續研究其結構強度，不要把會開完就算了。成功大學正在整理1972在紐西蘭威靈頓由FAO主辦討論會發表的幾篇報告，預定八月發表，而喬意公司提供的建造規格，也可做爲我們研究改進的參考。將來還需要規定設立造船廠之標準和最低設備，以防止發生威先生所提出的弊病。另外建議由農復會或漁業局提供經費，增加研究機構和船廠試驗設備，以改進造船技術。

關於鋅板更換問題，高雄遠洋漁船鋅板鏽壞了，大多潛水下去換，結果很多船裝上去無效，事實上，不是把鋅板換上去就好了，還要留意導電系統，才會產生效果，所以在螺絲按裝上去以後再塗上油灰，使電解作用通順，鋅板也不會有蛀洞，另外有一新法不用鋅板，使用電氣處理法，亦可但目前價錢昂貴。

鋼「筋」水泥漁船應該正名爲鋼「骨」水泥漁船，因爲造船材料不一定使用鋼筋，可能也要使用鋼管、鐵板等。

秦韶生（台灣省水產試驗所技士）：

關於鋼筋水泥船的推廣問題，站在台灣省水產試驗所的立場，我們應該在漁業方面去推廣，去發展研究。由於水泥船船型小，受各項限制，無法在大型拖網漁船方面發展，因此個人認爲應該以本省最發達的烏魚巾着網和鯉竿釣漁業爲推廣對象。

在推廣巾着網漁業和鯉竿釣漁業方面，個人提出幾點意見供船廠參考。第一要先知道巾着網性質在講求快速和甲板裝置盡量求其機械省力化，故船廠要研究水泥船和高速引擎的配合，並注意船的受震力。其次鯉竿釣漁業最主要問題是活餌艙的問題，水泥對活餌艙是否能延長活餌的生命還需要再研究的。還有一點就是黃主任講的水泥船不一定

全部要用水泥，甲板上的裝置可用其他材料做成，裝置漁撈省力化機械或經自動釣器械就更方便。

陳獲祥（中國驗船協會）：

鋼筋水泥船在國內剛創始，東山號經五十幾天的漁上試驗，非常圓滿，有關水泥船建造文獻我們亦在蒐集，實際建造規範船級協會到目前未公開，驗船協會將盡量蒐集資料，希望早日完成造船規範。

江憲男（喬意企業公司）：

東山號試驗船是按加拿大的圖樣施工的，建造過程中把省料的鋼管龍骨改為構造複雜的籬笆式龍骨，因為台灣工資便宜，可以這樣做，船的結構強度也增加了。東港林水破先生的船則是我國第一艘平底鋼筋水泥漁船，建造較東山號理想。喬意公司五年來承蒙台大，成大的技術指導，不斷地研究改進，增添設備，目前甲板以上部份已改用他種材料建造，不再全部用水泥了。

戚桐欣：

一般木壳船和鐵壳船甲板上可以加舖副板，不知道水泥船是否也可以。

江憲男：

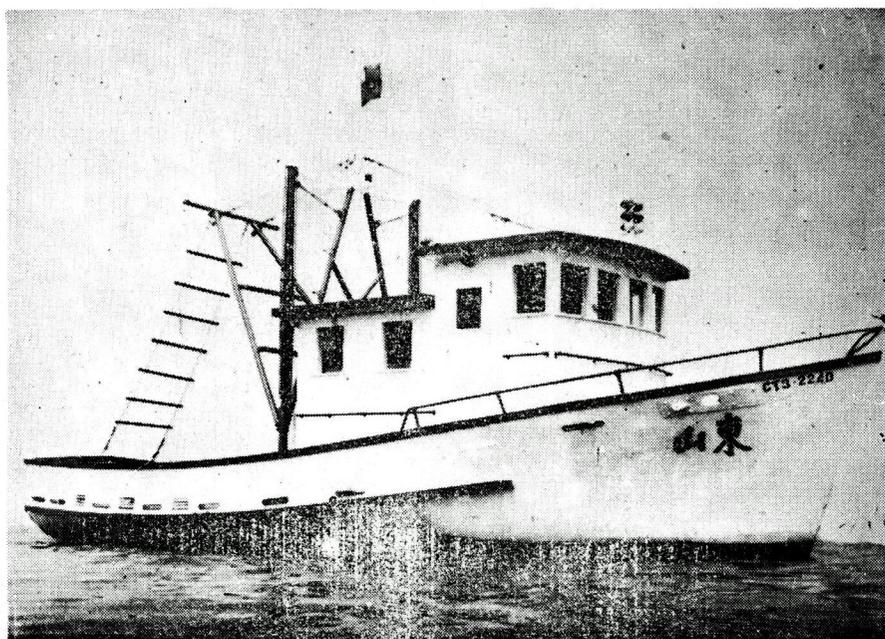
東港林先生的船就是在水泥甲板上加舖副板。就目前的造船故術，水泥船改裝成各類型漁撈設備是沒有任何問題的。

陳明榮（台灣省漁業局）：

本省近海漁業屬多角經營方式，漁具、漁法隨時在更改，鋼筋水泥船必需能適合這種特性，漁民才會樂於使用。

附錄(三)

本省現有鋼骨水泥漁船一覽



圖(附 3-1 a) 東山號試驗船

東山號試驗船爲本省第一艘鋼骨水泥漁船(莊強一，二號二艘鋼骨水泥漁船之船型與此船相同)，係按加拿大之圖樣施工(圖附 3-1 a)。其全長 13.31 公尺，寬度 4.42 公尺，吃水 1.87 公尺，總噸數爲 25.29 噸。油艙容積 5 公秉，水艙容量 1 公噸，漁艙容積 20.5 立方公尺，最大速率 9.0 節，續航速率 7.5 節續航。距離 800 浬，乘員六人，空船排水量 37 噸，重心縱向距離 0.679 (船艏前) 重心高度 $KG = 2.244$ (設計基線上)，穩定高度 GM 約 0.74 公尺，其主要設備如下表：

台灣省水產試驗所東山試驗船主要設備

主 機	Cummins NH-250-M
副 機	Ducati 1S-11
發 電 機	1 5 kw 110/220 V. 3 ϕ
	2 Denyo FA-3 3 kw 110/220 V. 3 ϕ
起 網 機	國豐鐵工廠 俾軸帶動拖網用雙筒雙鼓式

舵 機
 雷 達
 測 向 儀
 羅 經
 六 分 儀
 天 文 鐘
 魚 群 探 測 儀
 收 音 機
 電 唱 機
 保 鮮 設 備
 救 生 設 備
 炊 具

油 壓 手 動
 Furuno FRS - 48 - 4
 KS - 347
 壹 台
 壹 台
 壹 台
 古 野 兩 部
 Sony ICF - 8000
 Hitachi DPO - 075
 冰 櫃 電 冰 箱
 塑 膠 筏 救 生 衣 救 生 圈 等
 瓦 斯 爐 電 鍋

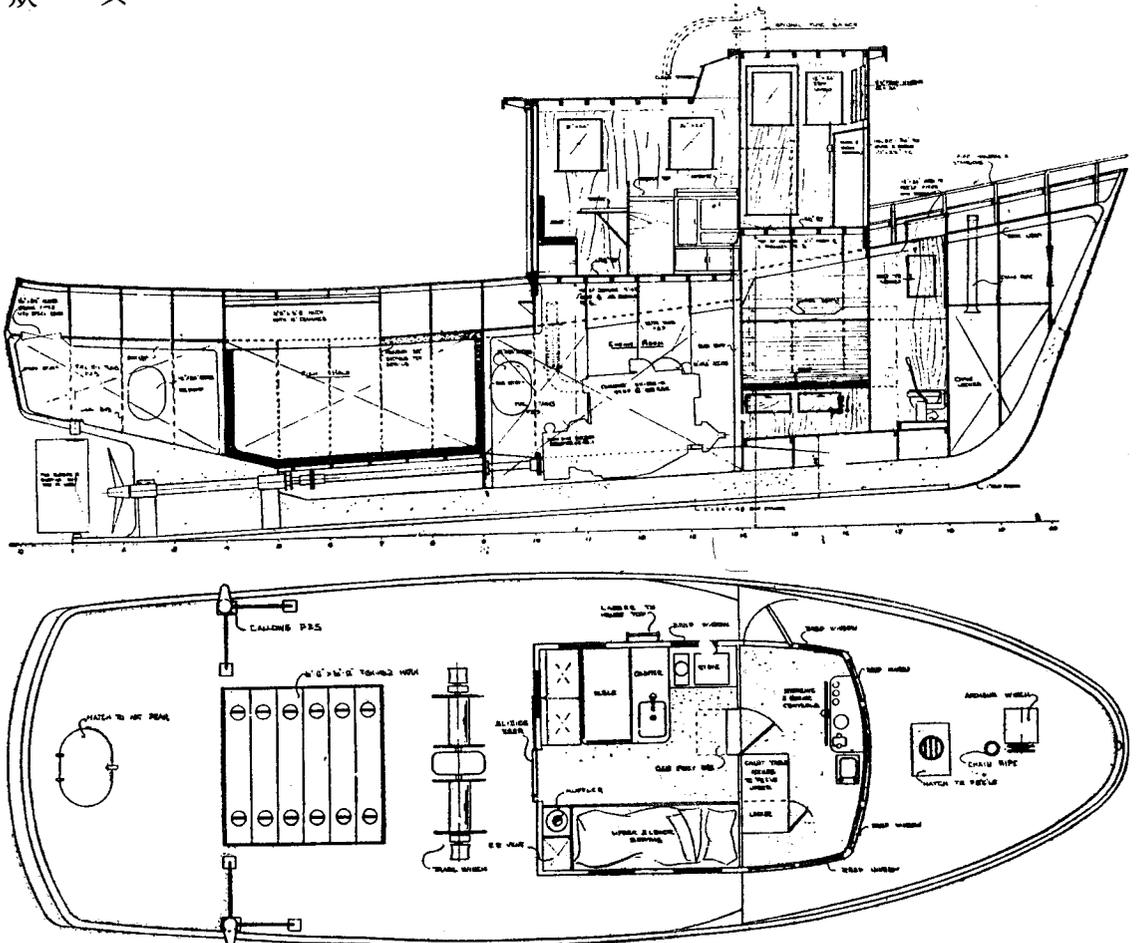
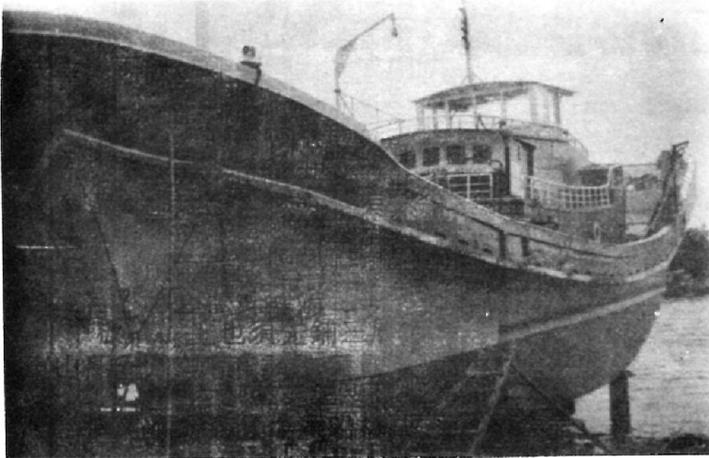


圖 (附 3-16) 東山試驗船船體構造



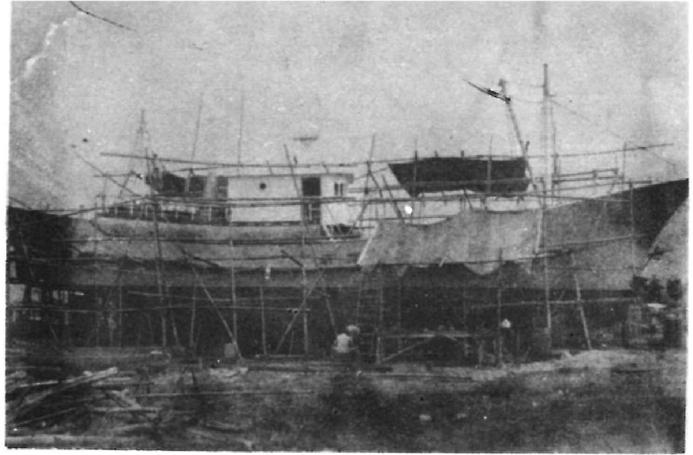
圖(附3-2) 勝盈富鋼骨水泥漁船

勝盈富鋼骨水泥漁船係本省第一艘平底鋼骨水泥漁船。在台南縣青鯤鯓建造完成。其全長16.60公尺，寬度3.20公尺，深度1.55公尺，漁艙容積約18立方公尺，總噸數約為20噸。目前正泊於東港。



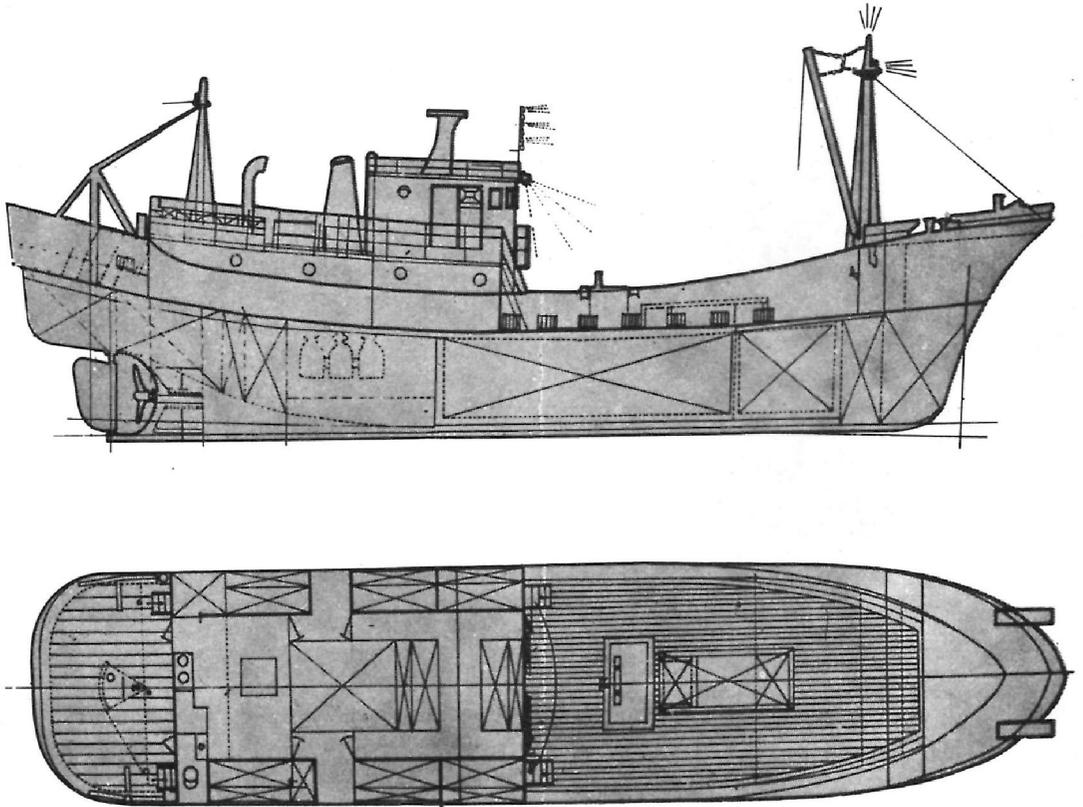
圖(附3-3) 漁福財鋼骨水泥漁船

本船係於今年二月在屏東東港完工下水開始作業。其全長17.40公尺，寬度3.70公尺，深度1.73公尺，漁艙容積約20立方公尺，總噸數約25噸。詳細作業情況可參閱附錄(二)林水破船主所言。



圖(附3-4) 70噸級拖網鋼骨水泥漁船

此船共有兩艘，目前正在東港積極趕工建造中。其全長 24.71 公尺，寬度 4.90 公尺，深度 2.30 公尺。漁艙容積約 70 立方公尺，油艙容積約 33 立方公尺，水艙容積約 5.5 立方公尺。日後完工下水，此船將從事遠洋作業。



行政院農委會圖書室



0014472