

論 文

鋼製漁船의 水密隔壁 防撓材에 關한 研究

金 昌 烈*

A Study on the Stiffener of the Watertight Bulkhead of the Fishing Boat.

By Chang Yull Kim

Summary

The objects of this paper are to stimulate discussion of the criteria used for deciding the scantling of watertight bulkhead stiffener of steel fishing boats ranged length of 20 meters to 80 meters and to suggest a method of calculation based on beam theory.

Present knowledge is examined and it appears that failure of a bulkhead stiffener is comparatively rare. Regarding its structure bulkhead does not contribute on longitudinal strength of a ship. The strength of a bulkhead stiffener can be treated locally.

Assuming bulkhead stiffeners are free ends and fixed ends theoretical required section modulus are calculated and compared with classification societies' rule.

Welding effect of a bulkhead stiffener to bulkhead plate and a bracket to stiffener and deck plate are considered. On various conditions of joints, coefficients of joints are suggested.

序 言

記號

- h = 隔壁防撓材上的 水頭 (m)
- L = 防撓材의 길이 (m)
- S_f = 防撓材의 間隔 (m)
- x = 防撓材의 頂點에서 下方으로의 任意거리 (m)
- W_x = 거리 x 上的 荷重 (tons)
- W_u = 全均等 荷重 (tons)
- W_i = 全增加 荷重 (tons)
- $W_t = W_u + W_i$ = 全荷重 (tons)
- R_a = 防撓材 頂部の 反力 (tons)
- R_b = 防撓材 底部的 反力 (tons)

原稿受理日字 1965年 3月 19日

* 正會員 釜山大學校工科大学

** () 内の 數字는 本論文末尾에 紹介한 引用文獻의 番號일

F_x = 거리 x 上に 있어서의 shearing force (tons)

M_x = 거리 x 上に 있어서의 bending moment (m-tons)

M_m = 最大 bending moment (m-tons)

M_a = 固定端 A 點에서의 固定端 moment (m-tons)

M_b = 固定端 B 點에서의 固定端 moment (m-tons)

Z = bulkhead plate 를 包含한 斷面係數 (cm^3)

Z_{st} = 防撓材만의 斷面係數 (cm^3)

水密隔壁의 強度에 對해서는 일찌기 Hovgaard [1], Foster [2], Murray [3] 등에 依해서 많이 論議되어 왔다. 元來 水密隔壁은 flooding 이 發生할 경우 浸水가 한 區劃에서 다른 區劃으로 擴散되어가는 것을 막을 수 있는데 充分한 強度를 가지도록 設計되어야만 한다. 冢컨대 浸水擴散의 防止가 目的임으로 이 目的만 達成될수 있다면 相當한 程度의 隔壁板의 膨出 防撓材의 屈曲도 許容될 수 있는 것이다. 이것이 平常時에 液體를 運搬하기 위해서 一定한 壓力에 견디도록 設計된 deep tank 가 隔壁板의 膨出이나 防撓材의 屈曲을 不許하고 있는 點과 다른것이다 [4]. 事實上 배가 事故로 因하여 浸水되어 水密隔壁이 靜水壓을 받는 경우란 배의 一生을 통해서 極히 드문 일이므로 이에 對해서 너무 큰 強度를 가지게 함은 非經濟인 것이다. 따라서 水密隔壁은 deep tank bulkhead 만큼 水密에 對해서도 嚴格하지 않고 多少의 漏洩이 있어도 無關하다고 되어 있고 (但 其程度는 該區劃內에 있는 pump 의 排水能力以下라야 한다) [5], 現在에 施行되고 있는 各國船級協會의 鋼船構造規定은 大體로 以上에서 말한 條件을 갖추고 있다고 보여 진다. 그러나 鋼製漁船에 關한 規定은 Lloyd 의 鋼製 Trawler 에 關한 構造規定이 있을뿐이고 日本에서는 1961년에 鋼製漁船의 構造基準을 漁船協會에서 發表하고 있어 大體로 우리 나라에서도 이에 따르거나 韓國船級協會의 規則을 準用하고 있는것이 現實이다. 그러나 우리나라에서도 鋼製漁船의 船腹數가 急進의으로 增加하고 있는 同時에 新造船도 活潑한 趨勢에 비추어 鋼製漁船構造規程의 制定이 切實히 要求되고 있는 形便이다. 따라서 이 論文은 將來上記規程을 制定할 時의 하나의 理論의인 根據를 提示하는 同時에 또한 提案이 될 수 있을 것이다. 最近鎔接技術의 發達로 말미암아 大部分 船舶이 鎔接船이므로 鎔接에 依한 效果를 考慮에 넣지 않을 수 없고 本論文에서도 이를 考慮하였다. 배의 크기는 船長 80 m 以上の 배는 船級協會의 規定을 適用하면 될 것이므로 本論文에서는 船長 20 m에서 80 m의 船舶만 取扱하였다.

1. 防撓材 強度의 計算式

防撓材 強度의 計算에는 Hovgaard [1]의 方法과 Murray [3]의 計算方法의 두 가지가 其代表的인 것이라고 할 수 있으나 Murray 의 計算方法이 더 合理的인 것으로 생각되기 때문에 本論文에서는 Murray 의 計算方法에 따르기로 했다. 即, Fig.1 에 表示한바와 같이 防撓材는 隔壁上의 水深으로 基因하는 均等荷重 W_u 와 防撓材의 頂部에서 底部에 直線으로 變化하는 增加荷重 W_i 를 받고 있다. 이것을 A, B 兩端에서 單純支持되고 있다고 假定하면 Shearing force F_x 및 Bending Moment M_x 는 다음式과 같이 表示된다.

$$\begin{aligned} F_x &= R_a - W_x \\ &= W_u \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{L} \right) + W_i \left(\frac{1}{3} - \frac{x^2}{L^2} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

$$M_x = \frac{W_u x}{2} \left(1 - \frac{x}{L} \right) + \frac{W_i x}{3} \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right) \quad (2)$$

萬一上式에서 $W_u=0$ 라하면 Maximum bending moment M_m 은 $x=L/\sqrt{3}$ 인 點에서 發生할 것이고 M_m 는 이값을 (2)式에 代入함으로써 얻어질 것이다. 卽 이때의 M_m 는

$$M = 2 W_i L / 9\sqrt{3} = 0.128 W_i L$$

로 된다. 또 均等荷重 W_u 와 增加荷重 W_i 가 다 作用할 때는 $W_i=0$ 일 때의 $M_m = \frac{1}{8} W_u L = 0.125 W_u L$ 과 $W_u=0$ 일 때의 $M_m = 0.128 W_i L$ 을 考慮해서 $M_m = 0.125 W_i$ 와 $M_m = 0.128 W_i$ 의 中間에 있게 될 것이다. 勿論이의 正確한 값은 式 (1)을 Zero 로 놓은

$$F_x = W_u \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{L} \right) + W_i \left(\frac{1}{3} - \frac{x^2}{L^2} \right) = 0 \quad (3)$$

(3)式을 풀므로써 얻어질 것이나 大體로 $M_m = 0.1254 W_i$ 임을 알 수 있을 것이다. 또 A. B. 兩端에서 固定되어 있다고 假定하면 Shearing force 와 bending moment 는

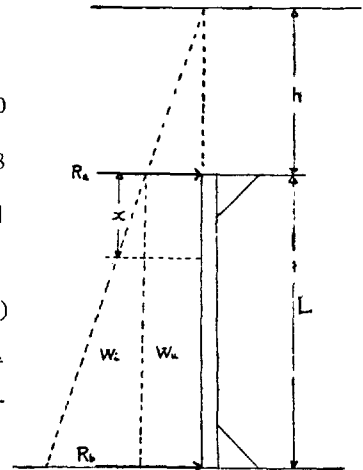
$$F_x = \frac{W_u}{2} \left(1 - \frac{2x}{L} \right) + W_i \left(\frac{3}{10} - \frac{x^2}{L^2} \right) \quad (4)$$

$$M_x = \frac{W_u}{2} \left(x - \frac{x^2}{L} - \frac{L}{6} \right) + W_i \left(\frac{3x}{10} - \frac{x^3}{3L^2} - \frac{L}{15} \right) \quad (5)$$

로 되고 Maximum bending moment 는 固定端 moment 이고 $W_i=0$ 일 때는 $M_a = M_b = W_u L / 12$ 로 될 것이고 $W_u=0$ 일 때는 $M_a = W_i L / 15$, $M_b = W_i / 10$ 로 될 것이다. 따라서 W_u 와 W_i 가 다 같이 作用하면

$$M_m = L \left(\frac{W_u}{12} + \frac{W_i}{10} \right) \quad (6)$$

로 될 것이다.



2. 實地의 計算

a. 單純支持일 때 防撓材의 要求되는 寸數

위의 式들을 使用하여 船長 20 m 에서 80 m 에 이르는 鋼製漁船의 豫想되는 防撓材의 길이를 2 m 에서 6 m 에 걸쳐서 0.2 m 식 區分하고 배의 中心線上의 防撓材上端에서 甲板까지의 距離를 0, 1, 2, 3 m 로 區分하여 各各 계산하고 防撓材區間을 計算의 便宜上 750 mm 를 標準으로 하였다. 防撓材의 許容應力은 deep tank 에 있어서는 11 kg/mm^2 으로 잡는것이 普通이나 水密隔壁에 있어서는 議論이 一致 하지 않고 17.5 kg/mm^2 에서 20 kg/mm^2 (後者は 降服點에 거의 가까운 값이다.) 까지 主張하는 사람도 있으나 [5] [6], 漁船에서는 管理나 工作이 滿足스럽지 못한 경우가 現實의으로 存在하는것을 考慮에 넣는다면 強度上 必要한 寸數보다 若干 餘裕를 附與하는것이 適當하다고 생각되어 17.5 kg/mm^2 를 採擇하기로 하였다. 이에서 計算된 斷面係數 Z 는 bulkhead plate 를 包含한 斷面係數이고 이는 防撓材만의 斷面係數의 約 $\frac{1}{3}$ 만큼의 plate 의 斷面係數가 더되어 있는 것이므로 1.333 으로서 나누어 줌으로써 防撓材만의 必要한 斷面係數 Z_s 를 얻는다. 여기에서 얻어진 斷面係數 Z_s 는 兩端이 完全自由端이라는 假定下에서 얻어진 것이지만 bracket 나 lug 의 固着이 없는 clipped end 라 할지라도 拘束力이 完全히 zero 는 아니고 얼마간의 拘束力은 存在한다. 이것을 American Bureau of Shipping 의 Rule 과 比較하면 理論的인 要求寸數의 0.812 倍 程度로 되어있다 [7]. 卽 事實上 約 20% 程度의 拘束力이 存在하고 있는것이다. 위의 것을 모두 考慮한 計算法은 表 1 과 같다.

b. 固定端일때 防撓材의 要求되는 치수

M_m 의 計算은 式 (6)을 使用했고 다른 要素들은 表 1 과 같다. A. B. S. Rule 과의 比較에 依하면 Rule에 서 要求하는 値는 理論値의 0.587 倍로 되어있다 (7). 이것은 詳한보기에 防撓材의 拘束力이 完全以上인 것

같은 印象을 주나 規定에서는 bracket는 各 端에서 防撓材의 길이 의 $\frac{1}{8}$ 까지 이르러야 하는 것으로 되어 있어서 事實上의 防撓의 길이는 $\frac{3}{4}$ 으로 減少하지 마는 bracket 鉸接의 剛性不足과 bracket 近處의 斷面係數의 增加로 말미야가 事實上 固定端 bending moment 의 크기에 比較해서 應力은 훨씬 낮아진다 (4) (7). 따라서 bracket 를 鉸接 했을 경우에는 防撓材의 最大應力은 負의 bending moment 를 받 는 固定端에서보다 陽의 bending moment 를 받는 部分에서 最大應力을 發生할 可能性이 있으나 溶接을 했을 경우에는 fillet we'ding 을 했을 경우라도 90%의 強度를 維持하는 것이므로 (8), 固定端에서 最大應力이 發生할 可能性을 보아야 할 것이다.

TABLE 1

L	h=0					h=1.0							
	L^2	W_t	$\frac{2L}{9\sqrt{3}}$	M_m	$\frac{M_m}{1.57} \frac{Z}{Z_{st} \times 1.333}$	$Z \times 0.81$	$\frac{L^2}{Ih + \frac{1}{2}}$	W_t	$.1254L$	M_m	$\frac{M_m}{Z} = \frac{M_m}{1.57}$	$\frac{Z}{Z_{st} \times 1.333}$	$Z \times 0.81$
2.0	4.00	146.4	.256	37.48	23.87	17.91	400	292.68	.2608	73.40	46.75	35.07	28.5
2.2	4.84	178.1	.282	50.24	32.00	24.01	462	338.05	.2759	93.27	59.40	41.56	36.2

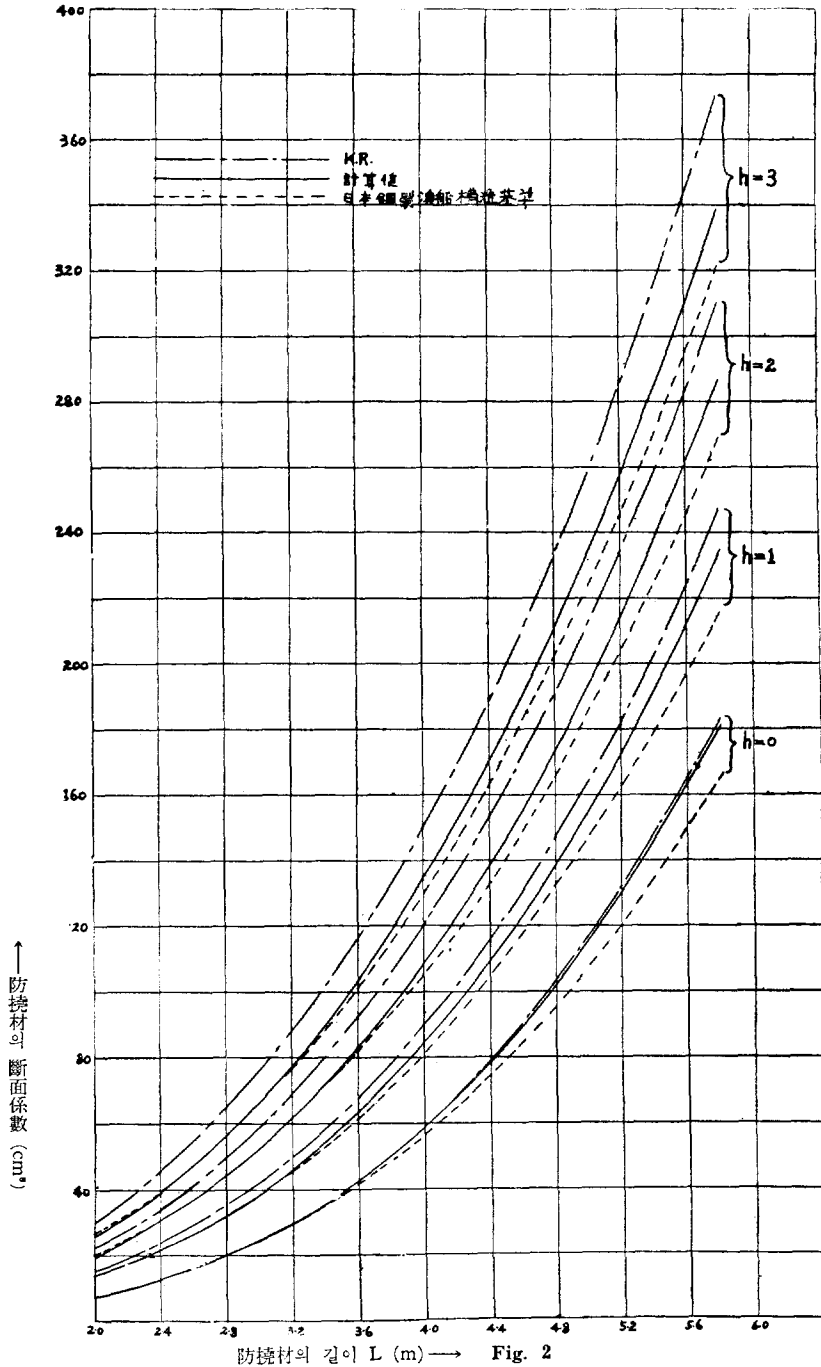
TABLE 2

L	h=0					h=1.0							
	W_t	M_m	$\frac{M_m}{Z} = \frac{M_m}{1.57}$	$\frac{Z}{Z_{st} \times 1.333}$	$\frac{Z_{st} \times .587}{Z_{st} \times 1.1}$	W_t	$\frac{W_t}{12}$	$\frac{W_t}{12} + \frac{W_t}{10}$	M_m	$\frac{M_m}{Z} = \frac{M_m}{1.57}$	$\frac{Z}{Z_{st} \times 1.333}$	$\frac{Z_{st} \times .587}{Z_{st} \times 1.1}$	
2.0	146.40	29.28	18.65	13.99	8.21	7.46	12.20	26.81	53.68	34.19	25.65	15.06	13.7
2.2	178.14	39.19	24.96	18.72	10.99	10.00	13.41	31.22	68.68	43.75	32.82	19.27	17.5

또 溶接으로 因해서 剛性이 鉸接(鉸接에서는 材料強度의 80%) 보다 10%增加했고 最大bending moment 로서 固定端 moment 를 取한것을 考慮하여 다시 0.91 倍 ($Z_{st}/1.1$)로 減少시켰다. 即 溶接效果를 9%로 보아 준 것이다 (9). 이의 計算法은 表 2 와 같다.

3. 船級協會規定과의 比較

K. R. 의 Rule 과 比較하기 위하여 防撓材斷面係數의 算式 CSH^2 (cm^3)에서 C의 값은 防撓材의 兩端을 有效한 bracket 固着으로 하고 防撓材를 bulkhead plate 에 溶接하고 또한 端部의 固着도 全部溶接인 경우의



C 값 1.68 을 取하였다 [10]. 計算値와 日本鋼製漁船構造基準 [11]과 K. R. Rule 을 比較하면 Fig. 2 와 같다. 即 a. 배의 中心線에서 防撓材 頂部에서 甲板까지의 距離가 zero 即 water head 가 zero 인 部分에서는 計算値는 K. R. Rule 의 値와 거의 一致하고 日本鋼製漁船基準 보다 약간 크다.

Water head 가 漸次 增加함에 따라서 K. R. Rule 의 値보다 減少하지만 亦是 日本鋼製漁船構造基準보다는 큰 値를 나타낸다. 배가 작으면 三者는 거의 一致하고 배가 커짐에 따라서 差도 커진다.

b. 固着方法에 따른 係數를 比較하여 보면

ㄱ. 防撓材의 兩端을 有效한 bracket 固着으로 할 때

ㄴ. 防撓材의 一端을 有效한 bracket, 他端을 短山形鋼固着으로

防撓材의 길이 L (m) → Fig. 2

하든가 防撓 girder 로 받칠 때

ㄷ. 防撓材의 兩端을 短山形鋼固着으로 할 때

ㄹ. 上記以外의 兩端을 bracket 又は 短山形鋼固着으로 하지 않는 防撓材

의 4 가지 경우에 對한 係數의 값은 다음 表와 같다.

TABLE 3

固 着 法	K. R. Rule		A. B. S. Rule		日本鋼製漁船基準		計 算 值
	C의 값	百 分 比	C의 값	百 分 比	C의 값	百 分 比	百 分 比
ㄱ. $B_{st}-B_{st}$	2.8	100	.35	100	2.4	100	100
ㄴ. $B_{st}-L_{us}$	3.6	129	.46	131	3.1	129	
ㄷ. $L_{us}-L_{us}$	4.4	157	.56	160	3.7	150	
ㄹ. clipped ends	5.5	196	.70	200	4.8	200	175

위의 것을 比較하여 本論文의 計算法에서는 完全固着을 100 으로 하는 百分比를 다음 表 4와 같이 提案한다.

TABLE 4

固 着 法	百 分 比
ㄱ. $B_{st}-B_{st}$	100
ㄴ. $B_{st}-L_{us}$	130
ㄷ. $L_{us}-L_{us}$	160
ㄹ. clipped ends	200

結 論

- a. Water head 가 增加하고 船長이 增加함에 따라서 計算值가 K. R. Rule 과 日本鋼製漁船構造基準의 中間에 있다는것은 萬一에 있을 事故時의 安全을 생각할 때 本計算法에 依한 값에 信賴性을 둘 수 있다.
- b. 本計算法에서 얻은 結果는 理論的인 正攻法에 依한것이므로 現用 K. R. Rule 에 對해서도 適用할 수 있을 것이다.
- c. 本論文의 結果는 未久에 制定하여야할 우리나라의 鋼製漁船構造規程中 水密隔壁防撓材치수를 決定하는데 參考資料가 될 것이다.

參 考 文 獻

- [1] Hovgaard; Structural design of warships and SNAME Vol. 13, 1905
- [2] Foster; Strength of watertight bulkheads, TINA Vol. 58, 1916
- [3] Murray; Notes on the strength of steel watertight bulkheads, NECI of Engineers and shipbuilders Vol 25 and Stength of ships
- [4] David; Strength of ships in the Principles of Naval Architecture, SNAME 1958
- [5] 太田友彌; 船體強弱學, 工業圖書株式會社, 1938
- [6] 大串雅信; 理論船舶工學, 中卷 第2章, 海文堂, 1958
- [7] American Bureau of Shipping Rules for Building and Classing Steel Vessels, 1963
- [8] 鈴木春義; 最新溶接工學, コロナ社, 1960
- [9] 漁船協會; 鋼製漁船構造基準資料, 1961
- [10] 韓國船級協會; 船級登錄 및 構造檢査等에 關한 規則集, 1964
- [11] 漁船協會; 鋼製漁船構造基準, 1961