v : 壓力波의 傳播速度
L : 導管의 길이
b_2 : 針弁의 spring壓力
R : 針弁의 摩擦力
V_2 : 噴射弁에 包含된 油容積
S_t : 導管의 斷面積
v_t : 導管內의 油의 平均速度

또한 參考的으로 噴射늦음과 關係되는 5個의 圖表(圖-11, 圖-12, 圖-13, 圖-14, 圖-15)를 表示하였다.

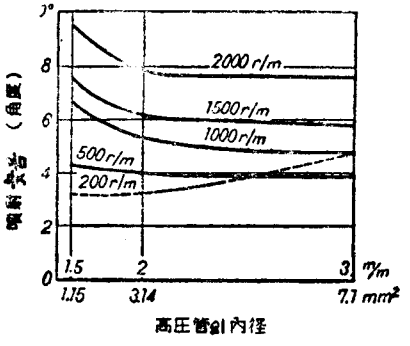

圖-15 高壓管의 內徑과 噴射늦음

이와같이 噴射늦음은 위의 여러가지 條件으로 廣範圍하게 噴射系의 壓力波의 傳播와 不可分의 關係로 變化함을 알 수 있다.

參 考 文 獻

① 鈴木 內燃機關 第5卷 11月號(19666). 65p. 山海堂
② 〃 〃 第6卷 1月號(1967). 89p. 〃
③ 渡部 〃 (燃料噴射의 解析) 127p. コロナ社
④ 大井佐次. デイーゼル機關 124p. 山海堂
⑤ 児王 〃 〃 の設計と調整 153p. コロナ社
⑥ 曾田熊谷 內燃機關ハンドブツク 316p. 養賢堂
⑦ 粟野內田 熱機關基礎理論 218p. 〃
⑧ 韓國海洋大學 機關科要諦 315p. 海洋大學圖書出版部

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

普通水密隔壁板의 設計法에 關한 硏究

宋 江 燮·高 允 燮

A Study on the Design Method for the Plating Thickness of the Ordinary Watertight Bulkhead.

By K. S. Song · Y. S. Koh

Abstract

According to the recommended regulations of the International Conference on SOLAS in 1960, the ordinary bulkhead plating thicknesses in the various rules by Classification Societies are divided into two factors; one is the thickness factor considered on strength and the other a proper margin of resistance.

In this paper, represented by charts, only the strength factors in the Rules are compared both with one another, and with Hovgaard's and other methods. It is found that all Rules are nearly approached to Hovgaard's method. U. S. and British Navy methods determining the plating thicknesses are approximately approaching to a new formula suggested in this paper.

〈目 次〉

1. 序 論
2. 隔壁板의 設計法
3. 設計許容壓力
4. 許容壓力에 對한 比較
5. 結 論

1. 序 論

隔壁은 船舶에 있어서 水面 下部에 破損을 입었을 때 다른 隔室에의 浸水를 阻止하고 甚하게 Rolling 할 때의 Racking force에 견디며, 또는 使用目的이 相異한 隔室로 배를 區分하는 等 없어서는 않될 重要한 構造材이다.

隔室은 使用目的에 따라 다음의 세 種類로 大別할 수 있다.

(1) 普通水密隔壁 : 事故로 因한 浸水를 局限하기 爲해서 設置하는 水密隔壁

(2) 深水槽隔壁 : 恒時 물, 油類 等을 積載하기 때문에 長期間에 걸쳐 返復荷重을 받는 隔壁

(3) 非水密隔壁 : 單純히 區劃의 目的으로 設置한 非水密隔壁

위에서 (1)의 普通水密隔壁板에 對해서만 1960年의 SOLAS設計基準에 依據 各 船級協會의 規則을 腐蝕에 對한 餘裕와 强度를 考慮로 한 두께로 分類하고 强度를 考慮로 한 두께에 對해서만 서로 比較 檢討하였다.

Collection

2. 隔壁板의 設計法

現在 建造되고 있는 隔壁板의 두께는 商船에 있어서는 各種 船級協會의 規則이 適用되며, 艦艇에 있어서는 各國마다 各己 設計基準에 依據 設計되고 있다. 그러나 理論的 根據는 그렇게 明白하지는 않으며 많은 實績과 오랜 期間의 貴重한 經驗에 根據를 두고 있다. 따라서 이들의 規則에 依據하면 複雜한 計算을 하지 않고서도 安全한 强度計算을 할 수 있다는 長點이 있는 反面 急速하게 發展하는 船體構造法, 材料, 工作法 等에 뒤지는 일도 있을 것이다.

水密隔壁이 그의 設置目的인 水密을 擔當하게 될 機會란 배의 一生을 通해서 거의 없을 것이다. 그러므로 海難事故로 因해서 隔壁에 水壓이 作用하게 될 境遇 隔壁板에는 어느 程度의 永久變形이 發生한다 할지라도 水密만 維持되도록 設計된다면 水密隔壁의 使命은 다 한 것이 될 것이다. 1960年 London에서 開催된 海上에 있어서의 人命安全에 關한 國際會議 (International Conference on Safety of Life at Sea in 1960)에서 議決한 規則, Chapter Ⅱ, Regulation 12에는 隔壁板의 두께를 決定하는 基準을 다음과 같이 規程하고 있다.

"橫方向 或은 縱方向의 各 水密區劃 隔壁은 船舶에 損傷이 生겼을 境遇 隔壁이 받을 最大水高에 依한 壓力에 對하여 適當한 餘裕를 갖이고서 견딜 수 있도록 建造되어야 한다"

이 規則에 依據하면 隔壁板에 作用하는 外荷重은 自明해 질 것이다. 또한 이 規則에서 適當한 餘裕란 腐蝕에 對한 餘裕로 解釋할 수 있음으로 以下 各 船級協會의 規則을 SOLAS의 趣旨에 依據 制定된 것으로 假定, 腐蝕에 對한 餘裕와 强度上의 두께로 分類하고 强度上의 두께에 對해서만 比較 檢討하겠다.

(1) KR와 NK Rule[2,3]

韓國船級協會와 日本海事協會는 普通水密隔壁板의 두께를 다음의 式으로 規程하고 있다.

$$t=2.9S\sqrt{H}+2.5 \quad \cdots\cdots(1)$$

여기에서

t=隔壁板의 두께(mm)

S=防撓材 心距(m)

H=水高(m)

(2) GL Rule[6]

Germanischer Lloyd도 普通水密隔壁板의 두께를 (1)式과 類似한 式으로 다음과 같이 規程하고 있다.

$$t=3.5\ S\sqrt{H}+1.5 \quad \cdots\cdots(2)$$

여기에서

t=隔壁板의 두께(mm)

S=防撓材 心距(m)

H=水高(m)

(3) AB Rule[4]

American Bureau of Shipping에서는 隔壁板의 두께를 TABLE 6에 表로 주고 있다. Evans[8]는 이것을 (1) (2)式의 形式으로 다음과 같이 近似式으로 주고 있다.

$$t=\frac{S\sqrt{H}}{672}+0.15 \quad \cdots\cdots(3)$$

dCollection

이 式을 使用하면 約 30% 程度의 誤差를 내며 腐蝕에 對한 餘裕가 좀 큰 듯 함으로 著者는 餘裕를 適當値로 認定되는 0.1″로 取하고 다음과 같은 近似式을 誘導, 約 17% 程度의 誤差를 얻고 있다.

$$t=\frac{S\sqrt{H}}{562}+0.1 \quad \cdots\cdots(4)$$

(3)(4)式에서

t=隔壁板의 두께(inch)

S=防撓材 心距(inch)

H=水高(feet)

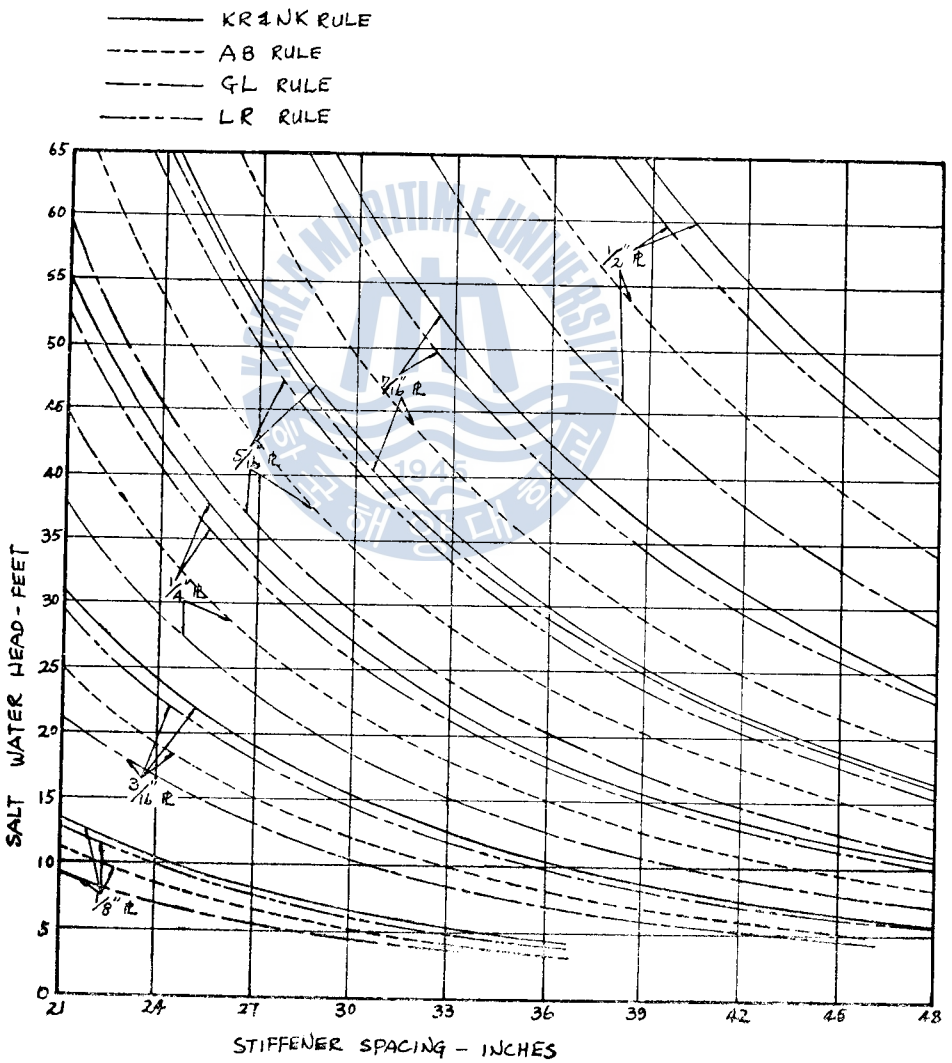

Fig. 1. — STIFFENER SPACING VS. WATER HEAD

dCollection

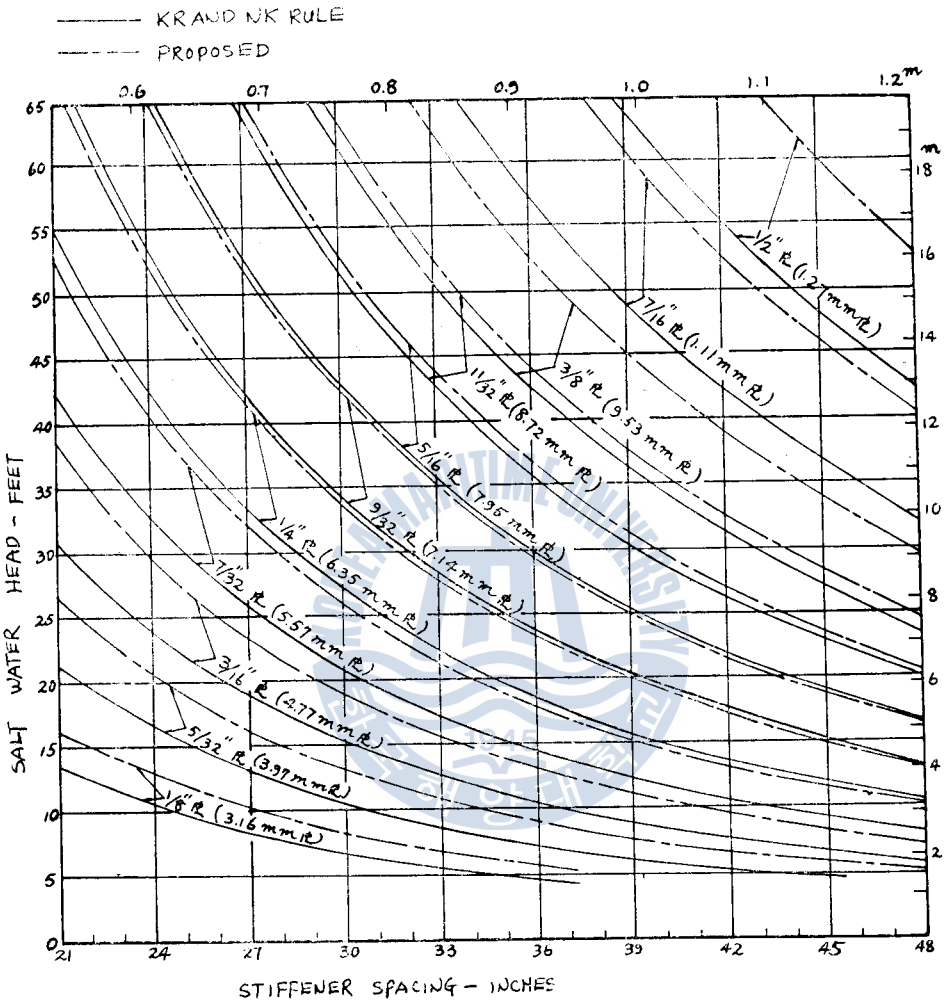

Fig. 2.— DESIGN CHART OF BULKHEAD PLATING WITHOUT A MARGIN OF RESISTANCE FOR VARIOUS HEADS AND STIFFENER SPACINGS.

(4) LR Rule[8]

英國의 Lloyd Register of Shipping 에서도 隔壁板의 두께를 TABLE 32에 주고 있다. 이것을 (1)(2)式의 形式으로 變換하면 다음의 近似式을 얻을 수 있다.

$$t = 3.02S\sqrt{H} + 2.5 \quad \cdots\cdots (5)$$

여기에서

t = 두께 (mm)

S = 心距 (m)

H = 水高 (m)

腐蝕에 對한 餘裕는 船舶의 大小에 關係없이 一定値로 取할 수 있으므로 (1)~(5)式의 右邊

dCollection

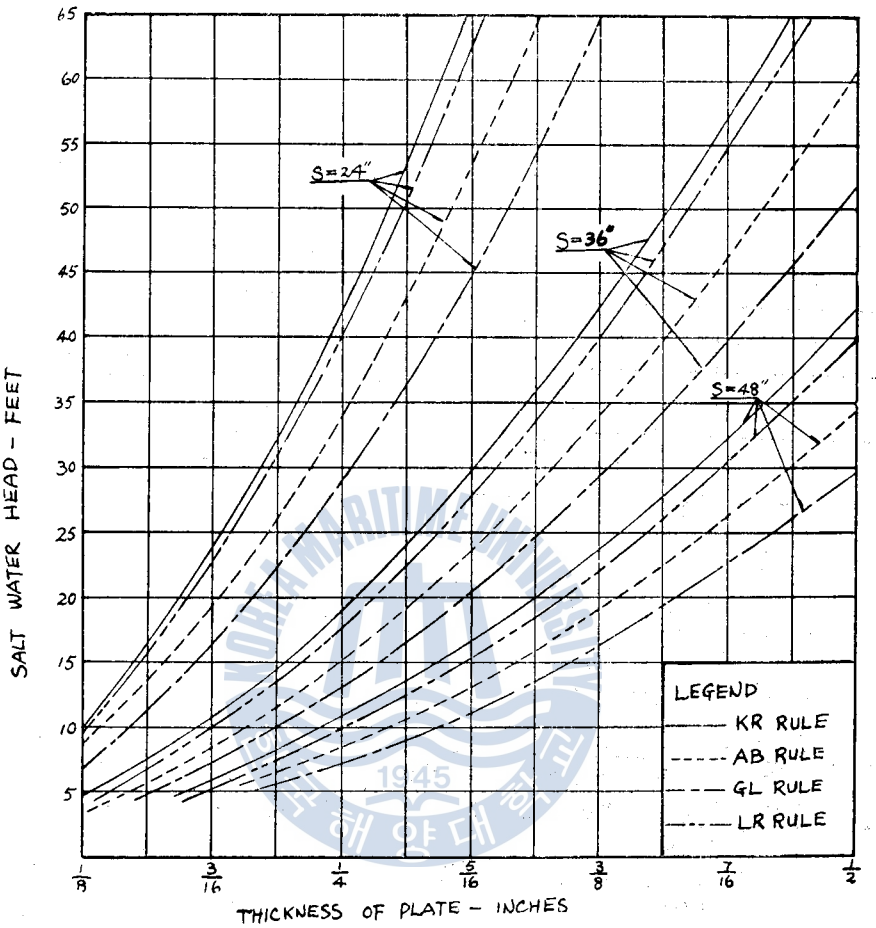

Fig. 3 — THICKNESS VS. WATER HEAD

의 第2項은 腐蝕에 對한 餘裕로 看做하고 이 項을 省略하면 强度만을 考慮로 한 두께는 다음과 같이 된다.

KR와 NK Rule: $t=2.9S\sqrt{H}$ ……(6)

GL Rule: $t=3.5S\sqrt{H}$ ……(7)

AB Rule: $t=\frac{S\sqrt{H}}{562}$ ……(8)

LR Rule: $t=3.02S\sqrt{H}$ ……(9)

比較를 爲해서 各 規則의 隔壁板의 두께를 一定値로 하고, 橫軸에 防撓材 心距를, 縱軸에 水高를 取하면 그림-1과 같이 된다.

그림-3은 그림-1을 Cross Curve로 해서 얻은 曲線이며 防撓材 心距를 一定値로 하고, 橫軸에 板의 두께를, 縱軸에 水高를 表示하였다.

그림-2는 設計者의 便宜를 爲해서 KR(NK) Rule만을 表示하였다. 이 그림을 利用할 때에는

dCollection

腐蝕에 對한 餘裕가 包含되어 있지 않음으로 腐蝕에 對한 餘裕値 2.5mm를 加해주면 KR(NK) Rule의 두께를 얻을 수 있을 것이다.

(5) U.S. Navy[8]

美海軍에서는 隔壁板의 設計資料를 Design Data Sheet에 주고 있다. Hovgaard의 設計法에 依해 M.S.와 H.T.S.를 使用하여 永久變形을 許容할 때와 變形을 不許하는 두 境遇가 그림의 形式으로 주어져 있다.

3. 設計許容壓力

構造物을 設計하는데 있어서는 經驗에 依하건 理論的 計算에 依하건 그 强度를 考慮하여 破壞되지 않도록 하여야 함은 勿論이다. 破壞되지 않으려면 얼마만 한 强度가 必要하며, 얼마만 한 荷重이 그 構造物에 作用하는가를 알아야 한다. 다시 말하면 强度를 判定하는 基準과 이것에 對한 安全率과 作用하는 外荷重을 알아야 한다.

隔壁板의 두께를 決定하는 基準으로서는 다음의 두 가지를 생각할 수 있다.

(a) 彈性 設計法(主로 보理論)

(b) 極限 設計法(或은 塑性設計法)

黃宗屹·任尙鉉 두 敎授는 "隔壁板의 두께에 關한 各 船級協會 規側의 比較硏究[9]"에서 Timoshenko의 理論式을 利用하여 鋼板의 降伏應力 $\sigma_y = 35,000$ psi를 使用應力으로 두께를 計算하고 있으나 腐蝕에 對한 餘裕値까지 包含하고 있을 各種 船級協會의 規則値보다 아주 큰 값을 얻고 있다. 差異가 많은 곳에서는 理論式에 依한 두께는 가장 두꺼운 AB Rule 보다 約 15%, 가장 얇은 KR(NK) Rule 보다 約 27% 두꺼워지고 있다. 여기에 腐蝕에 對한 餘裕値를 加한다면 아주 두꺼운 不經濟的인 構造物이 될 것이다. 이것은 彈性設計法에 依存하였기 때문일 것이다. 彈性設計에서는 斷面의 Extreme fiber가 降伏應力에 到達할 때를 基準으로 取하여 部材 치수를 決定하고 있다. 그러나 實際는 Extreme fiber가 降伏하여도 더욱 荷重을 增加하는데에도 構造物은 견디고 있다. 더욱 荷重이 增加하여 全斷面積×σ_y까지 荷重이 增加하였을 때 全斷面이 降伏한다. 即 斷面內部에서 平衡되고 있는 殘留應力은 全斷面의 降伏荷重에는 影響을 주지 않는다는 것을 알 수 있다.

以上과 같은 彈性計算의 不合理를 없에고 構造物이 견딜 수 있는 最終荷重을 計算하는 塑性設計法에 依據 設計의 基準으로 取하고 最終荷重을 되도록 높게 設計하면 彈性設計에 比해서 安全率의 意義도 明確해 지며 더욱 材料節減도 可能하게 될 것이다.

隔壁構造에 使用되는 防撓材 構造는 縱橫比가 比較的 큼으로, 큰 邊이 固定 支持된 帶板으로 取扱한 計算 結果를 使用하여도 좋을 것이다. 以下 塑性 設計理論에 依據 帶板의 두께를 決定하는 許容壓力에 關한 基準을 紹介한다.

(1) 長澤[10]는 各種 金屬板의 防撓板에 等分布의 荷重을 加한 實驗을 分析해서 端部에 塑性關節을 假定한 崩壞荷重의 計算을 하고 實驗値와 計算値가 잘 一致하는 것을 確認하는 同時 端部에 塑性關節을 發生하는 壓力을 設計壓力으로 推薦하고 다음의 近似式을 주고 있다.

$$p = 3\left(\frac{t}{S}\right)^2 \sigma_y \quad \cdots\cdots (10)$$

여기에서

p=壓力(psi 或은 kg/cm²)

dCollection

t=防撓板의 두께(inch 或은 mm)

S=防撓材 心距(inch 或은 mm)

σ_y=鋼板의 降伏應力(psi 或은 kg/cm²)

=35,000 psi

(2) Clarkson[9]은 端部의 固定度가 撓量에 주는 影響은 적다고 假定하고 端部支持의 假定下에 膜力을 考慮하여 崩壞荷重을 計算하고 實驗도 實施하여 그 結果로부터 帶板에 對해서는 中心部에 塑性關節을 發生하고 그 때의 永久變形은 防撓材 心距의 1% 以內라는 것을 確認, 그 때의 壓力을 設計基準壓力으로 提案하고 다음의 近似式을 주고있다.

$$p=\frac{4.56\sigma_y^{\frac{1}{2}}}{E^{\frac{1}{2}}}\left(\frac{t}{S}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots(11)$$

여기에서

p=壓力(psi)

σ_y=降伏應力(psi)

E=Young's modulus(psi)

t=防撓板의 두께(inch)

S=防撓材의 心距(inch)

이것을 그림-4에 Clarkson's Curve로 表示하였다.

(3) Levy[10]는 56個의 試驗平板에 水壓을 加하여 壓力, 撓量, 應力, 殘留變形 等을 測定하고 이것을 解析하여 다음과 같은 壓力을 決定하고 있다.

(a) 中心에서 防撓材 心距의 1/500의 撓量을 일으키는 壓力

(b) 中心에서 防撓材 心距의 1/200의 撓量을 일으키는 壓力

(c) 壓力에 對하여 殘留撓量을 記點하고 이들의 點을 連結한 線과 壓力軸과의 交點인 Navy Yield Pressure.

그리고 이들의 壓力을 求하는 그림이 주어져 있으며 Navy Yield Pressure와 1/500의 撓量을 일으키는 壓力은 固定端과 中心에서 各各 降伏을 發生하는 壓力의 中間値가 되며, 1/200의 撓量을 일으키는 壓力은 板의 中心이 降伏하는 壓力에 거의 같다고 記述하고 있다.

只今 1/200의 撓量을 일으키는 壓力을 設計壓力으로 取하기 爲해서 Schade[8]의 Curve, Fig. 1, Case 3을 適用, 心距에 對한 두께의 比 $\left(\frac{s}{t}\right)$를 橫軸에, 設計壓力을 縱軸에 取하면 그림-4에서의 Levy's Curve를 얻을 수 있다.

(4) Hovgaard[6]는 "Structural Design of Warship", Chapter 6, Fig. Ⅳ에 永久變形을 不許할 때와 板 두께의 20%에 該當하는 永久變形을 許容할 때의 두 防撓板의 두께를 A, B 두 曲線으로 주고 있다. 이 曲線에 對한 許容壓力을 그림-4에 Hovgaard's Curve로 表示하였다.

4. 許容壓力에 對한 比較

그림-4를 보면 各 船級協會의 許容壓力은 Clarkson과 長澤가 提案한 許容壓力 사이에 存在하고 있음을 알 수 있다. 各 船級規則은 Hovgaard의 永久變形을 許容하는 壓力에 接近하고 있으나 KR(NK)와 LR Rule은 더욱 더 接近하고 있다. 이것으로 各 船級協會는 두께의 約 20%에 該當하는 永久變形을 許容하는 壓力을 基準으로 하고 있음을 判斷할 수 있다.

dCollection

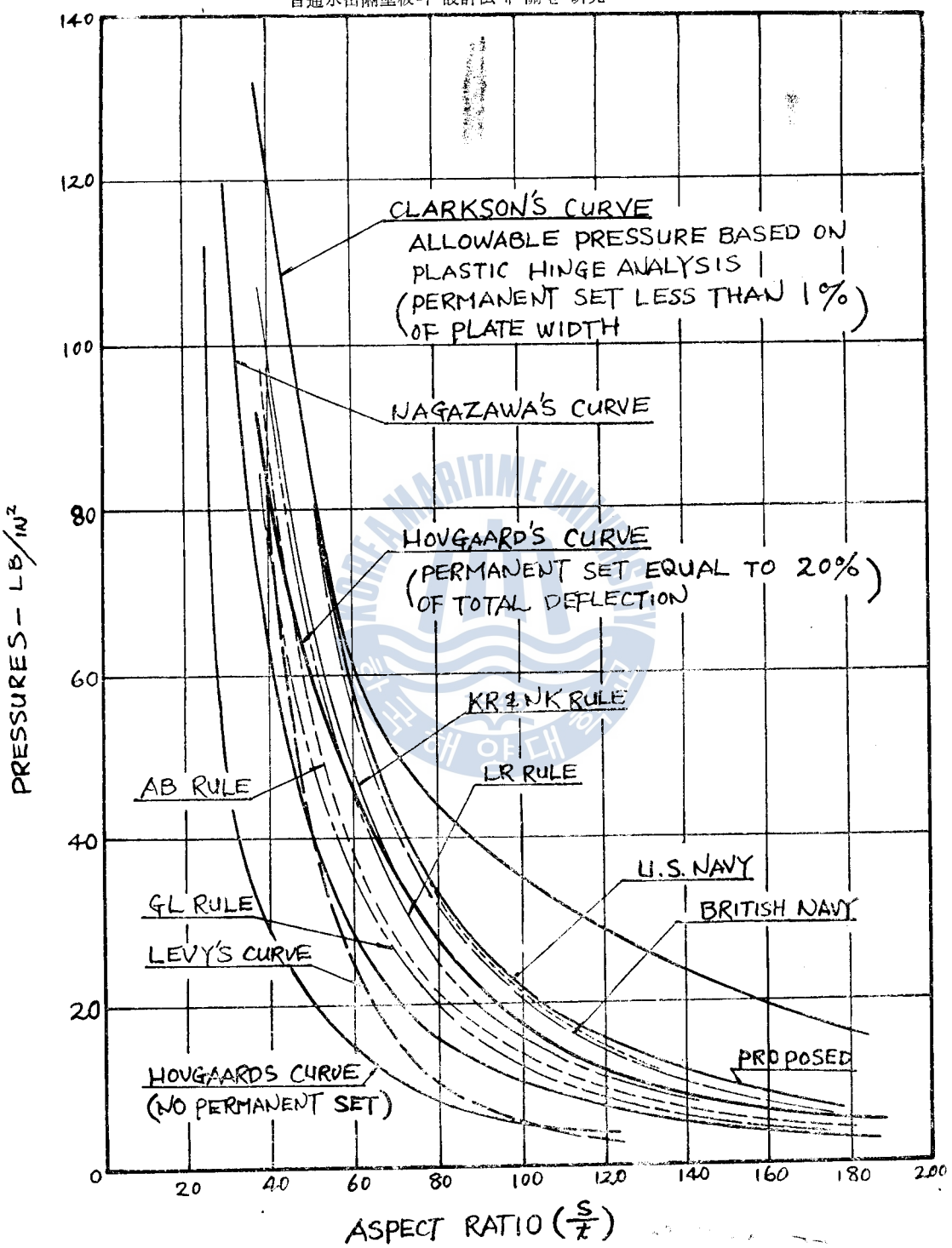

Fig. 4. — ALLOWABLE DESIGN PRESSURES

dCollection

長澤의 許容壓力은 가장 낮으며 安全하겠으나 端部에 塑性關節이 發生하는 壓力이다. 만일 船舶이 事故로 因해서 浸水하여 防撓板의 固定端에서 塑性關節이 發生하면 中央部의 應力은 多少 增加하나 固定端의 應力은 減少하게 될 것이다. 또한 船體와 같은 薄板 構造에서 板의 端部는 比較的 적은 壓力에서 降伏應力에 到達함으로, 위에서도 記述한 것과 같이 어느 程度의 永久變形을 許容하드라도 水密만 維持되도록 하는 隔壁構造에 設計基準으로 이 壓力을 取하는 것은 不合理하며 必然的으로 큰 壓力을 基準으로 取해야 할 것이다. 그가 實施한 實驗에서도 撓量은 塑性關節을 假定한 崩壞荷重을 넘어서도 急增하는 傾向에 있으나 防撓板은 더욱 더 큰 荷重에 견디고 있음을 立證하고 있다.

藤田[9]도 端部와 中央部에 塑性關節이 形成되고 全面이 塑性膜應力의 狀態에 到達하려면, 水壓은 膜力이 없는 때의 崩壞荷重의 6倍 以上이 必要하다고 記述하고 있다.

따라서 永久變形을 許容하는 隔壁板의 두께를 決定하는데 있어서는 帶板의 中央部에서 塑性關節이 發生하는 壓力을 基準으로한 Clarkson의 許容壓力에 接近할수록 合理的이라고 思慮한다. 著者는 이런 것을 參酌 各 船級協會의 許容壓力과 美海軍, 英海軍의 許容壓力을 比較 檢討하여 美國海軍의 許容壓力을 가장 合理的이라고 考慮 다음과 같은 許容壓力을 提示한다.

$$p=7.1\left(\frac{t}{S}\right)^2\sigma_y \quad \cdots\cdots(12)$$

여기에서

p=許容壓力(psi, kg/cm²)

t=隔壁板의 두께(inch 或은 mm)

S=防撓材 心距(inch 或은 mm)

이 式에 $\sigma_y=35,000$ psi, $p=\frac{64\times H}{144}$를 代入하고 變換하면 다음과 같은 두께에 關한 式을 얻는다.

$$t=\frac{S\sqrt{H}}{696} \quad \cdots\cdots(13)$$

여기에서

t=隔壁板의 두께(inch)

S=防撓材 心距(inch)

H=水高(feet)

이것을 t(mm), S(m), H(m)가 되도록 고쳐 쓰면

$$t=2.6S\sqrt{H} \quad \cdots\cdots(14)$$

式 (12)를 그림-4에 表示하였다. 使用範圍가 될 $\frac{S}{t}=50\sim180$에서 이 曲線에 美海軍, 英海軍의 曲線이 大端히 接近함을 알 수 있다.

5. 結 論

(1) 各 Rule의 設計壓力은 長澤와 Clarkson의 提案 壓力의 中間에 位置한다.

(2) GL Rule이 安全率을 가장 크게 잡고 있으며 AB, LR, KR(NK)의 順으로 許容壓力이 增加하고 있으나 GL은 腐蝕에 對한 餘裕値를 적게 잡고 材料 重量의 節減을 圖謀하고 있다.

dCollection

(3) 各 Rule의 許容壓力은 Hovgaard의 壓力曲線에 接近한다. 即 永久變形으로서 두께의 約 20%를 基準으로 하고 있다.

(4) 提案한 式은 現 船級協會의 規則에 依한 두께 보다 큰 값을 얻으나 美海軍, 英海軍의 設計値가 거의 一致한다. 이 式에 依하면 發生할 永久變形은 板 두께의 20% 보다 크며 心距의 1% 보다는 적을 것이다.

끝으로 商船에 比하여 危險度가 높은 艦艇에 높은 許容壓力을 使用하여야 한다는 法은 없을 것이다. 따라서 現在 檢討中이라는 KR Rule에 式 (14)를 果敢하게 採用 重量減少와 材料節減에 이바지 하였으면 한다.

參 考 文 獻

① International Conference on Safety of life at Sea in 1960.

② "鋼船規則" 韓國船級協會, 1964.

③ "鋼船規則" 日本海事協會 1969.

④ "Rules for Building and Classing Steel Vessels," American Bureau of Shipping, 1965.

⑤ "Rules and Regulations for the Construction and Classification of Steel Ships," Lloyd Register of Shipping, 1966.

⑥ "Rules for Classification and Construction of Seagoing Steel Ships," Germanischer Lloyd, 1963.

⑦ 黃宗屹·任尙鉌, "隔壁板의 두께에 관한 各 船級協會 規則의 比較硏究", 大韓造船學會誌, 1964年, 第1卷 第1號.

⑧ 本間康之, "隔壁板의 設計法에 對하여" 造船協會誌, 第445號

⑨ 安藤文隆, "縱橫補强板의 强度計算法" 日本造船學會誌, 第465號

⑩ 藤田 讓, "船體構造에 있어서의 塑性設計에 對하여" 船의科學, Vol. 14, No. 4.

⑪ 長澤 準, "板構造와 塑性設計" 船舶, 1966, 4.

⑫ H. A. Schade, "Design Curves for Cross-Stiffened Plating under Uniform Bending Load," SNAME, 1941.

⑬ W. Hovgaard, "Structural Design of Warship"

⑭ U. S. Navy, "Structural Design of Flat Plating and Stiffeners Subject to Water Pressure," DDS 1100-4.

⑮ J. Clarkson, "A New Approch to the Design of Plates to Withstand Lateral Pressure," TINA, 1956.

⑯ J. H. Evans, "Bulkhead Plating," Journal of Ship Research, Dec. 1956.

⑰ S. Levy, "Normal Pressure Test of Rectangular Plates." P. B. Report, No. 748.

dCollection

Radar航法에 있어서 衝突豫防을 위한 變針 및 變速의 效果

尹 汝 政

The Effect of the Alteration of Course and Speed for Collision Avoidance in Radar Navigation

Yoon Yu-Jung

Abstract

Under conditions when two vessels are approaching so near as to involve risk of collision, the observer's vessel having the other on her own starboard side on radar scope shall take any action in order to avoid the collision.

The author has studied the effect of the alteration of course and speed by using the maneuvering board, the results obtained are as follows;

(1) If speed ratio Q is less than 1, a bold action is needed, and when the course is altered to starboard side, it is most effective to slacken her speed, too.

(2) If collision angle θ is larger than 90° and Q is smaller than 1, the alteration of course to starboard side is more effective than the reduction of speed only.

But if θ is smaller than 90°, it is more effective to slacken the speed than the alteration of course more than 60°.

(3) In case the course is altered to port side and the larger velocity ratio is than 1, the less effective it is to slacken the speed.

〈目 次〉

1. 緖 言
2. 變針, 變速과 最近接距離와의 관계
3. 變針角 $\Delta\theta$와 $\Delta\beta$와의 관계
4. 變速과 $\Delta\beta$와의 관계
5. 結 論
6. 參考文献

1. 緖 言

衝突豫防이란 觀點에서 볼 때 Radar보다 더 有効한 航海計器는 아직 없다. Radar를 裝備한 船舶에 있어서 効果的으로 衝突을 防止하기 위한 가장 좋은 方法은 映像을 Plotting하고 相對船의 針路, 速力 및 最近接距離등을 산출하여 充分한 餘裕를 두고 避航動作을 取하는 것이다.

衝突의 危險如否는 最近接距離의 크기로 판단되며 일정한 시간간격을 두고 2回以上 같은 船舶의 方位와 거리를 測定하면 직접 작도하거나 다음 ①식에 의하여 산출할 수 있다.

$$D = R_1 \frac{\gamma \sin \Delta Z}{\sqrt{1 - 2\gamma \cos \Delta Z + \gamma^2}} \quad \cdots\cdots ①$$

단 D: CPA

R_1: 제1차 관측시의 相對船까지의 거리

dCollection