

解 說

大韓造船學會 復原力基準에 關하여

金 燾 喆\*

On the Stability Criteria adopted by the  
Society of Naval Architects of Korea

Hun Chol Kim\*

The Stability Criteria adopted by the 1969 Standard Ships Design Committee of the Society of Naval Architects are presented and discussed from a personal point of view. The Stability criteria are derived primarily from a similar standard now in practice in Japan except the design wind condition and an addition of a buoyancy standard.

I. 緒 言

1969 年度 商工部 標準型船 設計審議委員會에서는 여기에 收錄되어 있는 바와 같은 復原力 基準을 채택하였다. 이 復原力 基準에는 暫定的인 部分이 있고, 앞으로 必要한 資料가 收集되는 대로 차차 修正을 볼 것으로 豫想은 되는 것이지만, 여기에서는 우선 現基準이 어떤 根據에서 決定되었는가를 說明하고, 또한 設計者나 船舶運航者들에게 이 趣旨를 잘 理解시킴으로써 使用에 便利를 기하고저 하는 바이다.

一般的으로 船舶의 安全性을 論함에 있어서는

- 1) 復原力 및 耐波性의 一部
- 2) 浸水 및 浸水對備施設
- 3) 進路安定性 및 操縱性
- 4) 貨物積荷狀態
- 5) 船舶整備 및 船員狀況
- 6) 氣象 및 海狀

等 相當한 범위에서 고려되어야 할 것이며, 設計者가 掌握할 수 있는 部分은 그 一部에 局限되어 있음을 分明히 하지 않으면 안된다. 이러한 문제들중에서 그 첫 段階라 볼 수 있는 復原力基準에 있어서도 設計者를 爲始하여 船主나 船舶運航者가 다 같이 遵守함을 假定하여 이러한 基準이 作成되어야 하는 것이고, 일단 作成이 된 후에는 假定에 어긋나지 않도록 法的처리 등이 뒤따라야 하는 것이다.

復原力基準을 세우는 데 늘 문제가 되는 것은 우리가 어느 程度까지의 危險度(risk)를 받아 들일 수 있는가 하는 문제이다. 좀더 엄격한 基準을 채택함으로써 安全性을 높인다는 것은 結局은 비싼 배가 되기 쉽거나 運航에 制限을 주기 쉽게 됨으로써 船主個人이나 國際海運競争에 있어서 經濟性을 낮출 憂慮가 多分히 있기 때

\* 正會員, 韓國科學技術研究所 造船海洋技術研究室長

문이다. 따라서 이러한 基準의 程度는 工學的 데이터, 經驗이나 海上事故에 對한 統計的인 資料, 地域的 慣習, 그때그때의 분위기에 依하여 決定되는 것이 歷史的인 例라고 볼 수 있다.

그런데 우리의 現實은 아직도 이런 面에서는 어떤 根據가 될 수 있는 資料가 거의 없고, 또 現實的으로 時間도 허락되어 있지 않는 形便이다. 따라서 여기에서 채택된 基準은 主로 國際慣例와 이미 集計된 데이터, 特別히 地域的으로 비슷한 日本의 資料〔1〕에 따랐고, 다만 氣象과 海狀條件은 歐美의 경우〔3〕를 감안하였다. 또한 日本基準에 明文化되어 있지 않은 浮力基準을 項目만 넣어 놓고 次後 補充할 수 있는 餘地를 남겨 놓은 것이다. 그 외에 基準의 簡便한 使用을 위하여  $\overline{GM}$  대신  $\overline{KG}$  로써 數式을 바꾸었고, 이것을 單一圖面化함으로써 약간의 便宜를 제공한 셈이 되겠다.

本基準에서는 小型無甲板船 및 GT 5톤 以上の 旅客船은 除外되었으므로 이들에 對하여는 따로 고려가 되어야 할 것이다.

復原力基準 自體는 標準型船 設計審議委員會에서 採擇된 것이지만 이에 對한 解說인 本稿는 個人的인 立場에서 論하는 것이니 만큼 委員會를 代表하는 것이 못되는 反面 그 採擇精神의 一部分이라도 反映이 되어 있기를 바라는 바이다.

## Ⅱ. FY 69 標準船 設計 復原力 基準

### 1. 對象船舶은 다음 4 種으로 區分한다.

- (1) 遠近海船
- (2) 沿岸船
- (3) 平水船(波濤가 없는곳을 運航하는 船舶)
- (4) 小型船(5 GT 以下 但 無甲板船은 除外)

### 2. 基準은 다음 4 個項으로 區分한다.

- (1) 初期  $\overline{GM}$  基準
- (2) 動的 復原性基準
- (3) 最大復原挺( $GZ_{max}$ )基準
- (4) 乾舷基準

3. 對象船舶別로 滿足하여야 할 基準은 다음과 같이 定한다. 但 今次的 設計에서는 乾舷基準의 適用은 保留한다.

表 1. 對象船舶別 適用基準

對象船舶	基準	初 期 GM	動的 復原性	最大復原挺	乾 舷
遠 近 海 洋		○	○	○	○
沿 岸 船		○	○	○	○
平 水 船		○	—	—	○
小 型 船		○	—	—	○

○ : 適用

### 4. 各基準의 內容은 다음과 같다

- (1) 初期 GM

가) 遠近海船, 沿岸船, 平水船

$$\overline{KG} \leq \overline{KM} - \left[ 4.4 AH + 0.134 \Sigma \left( 7 - \frac{n}{a} \right) nB \right] \frac{B}{100fW} \quad (1)$$

나) 小型船

$$\overline{KG} \leq \overline{KM} - \frac{n}{100W} \left( 6 + 6h - 10.5d_0 + \frac{1.1BB}{2f} \right) \quad (2)$$

$$\text{但 } f = f_0 - \frac{0.085n}{LB} \leq \frac{B}{5.5} \quad (3)$$

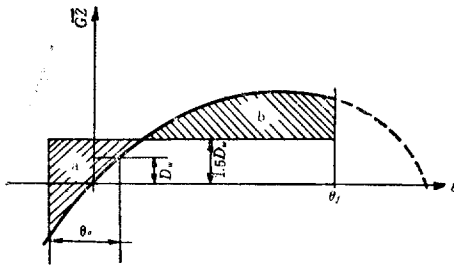


그림 1.

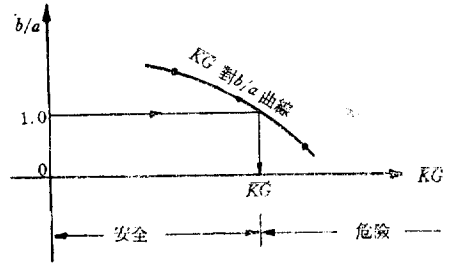


그림 2.

(2) 動的 復原性

주어진 排水量에 對한 復原挺曲線을 그린 그림 1과 같은 作圖로 부터 求한 面積比  $b/a$ 의 값이

$$b/a \leq 1.0 \quad (4)$$

로 되도록  $\overline{KG}$  값이 抑制되어야 한다 (그림 2 參照).

即

$$\overline{KG} \leq \overline{KG}_1 \text{ (그림 2)} \quad (5)$$

但

$$D_w = \frac{kAH}{W}; \quad k = \begin{cases} 0.0690 & \text{遠近海船} \\ 0.0304 & \text{沿岸船} \end{cases} \quad (6)$$

$$\theta_0 = \sqrt{138 \gamma \frac{\delta}{N}} \quad (7)$$

$$r = 0.73 + 0.60 \cdot \frac{\overline{OG}}{d} \quad (8)$$

$$\delta = p - qT_s \quad (9)$$

$$\begin{cases} p=0.150, & q=0.0062 & \text{遠近海船} \\ p=0.153, & q=0.0095 & \text{沿岸船} \end{cases}$$

$$T_s = \frac{2\pi k'}{\sqrt{g \cdot \overline{GM}}} \approx \frac{0.805B}{\sqrt{\overline{GM}}} \quad (10)$$

$$N = \begin{cases} 0.02 & \text{彎曲部龍骨이 있는 普通 船型} \\ 0.01 & \text{其他 船型} \end{cases}$$

(3) 最大復原挺

그림 1로 부터 얻은 最大復原挺  $\overline{GZ}_{max}$  이 다음 2式中 어느 하나를 滿足하도록  $\overline{KG}$ 가 抑制되어야 한다 (그림 3 參照).

$$\left. \begin{aligned} \overline{GZ}_{max} &\geq 0.0215B \\ \overline{GZ}_{max} &\geq 0.275(m) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

(4) 乾 舷

$$f \geq \frac{1}{2} B \tan 20^\circ = \frac{B}{5.5} \quad (12)$$

但  $\theta_f = 35^\circ$  以內에서 浸水되어서는 안된다.

5. 適用要領

가) 復原力基準을 適用함에 있어서 다음 表 2에 ○表로 보인 條件들에 對하여 考慮되어야 한다. 其他 考慮될 條件이 있을 경우에는 追加하여야 한다.

표 2. 運航狀態에 따른 復原力基準適用

航海條件	小 型 船	平 水 船	沿 岸 船	遠 近 海 船
空荷狀態出港時	—	—	○	○
空荷狀態入港時	○	—	○	○
滿載狀態出港時	—	○	○	○
滿載狀態入港時	○	—	○	○
漁場發(漁船의 경우)	○	—	○	○

○ : 適用

나) 適用方法을 圖表化하여 表示함이 便利하다 (그림4)

6. 使用한 記號

- A : 直立時 水線에 露出된 船體縱斷面積(m<sup>2</sup>)
- a : 乘客이 占領하는 甲板面積(m<sup>2</sup>)
- B : 最廣部 型幅 (m)
- B : 乘客이 占領하는 場所에서 움직일수 있는 船幅上의 平均距離 (m)
- D<sub>w</sub> : 定常風으로 因한 傾斜偶力點 (m)
- d : 吃水 (m)
- d<sub>0</sub> : 龍骨上:面으로부터의 平均吃水 (m)
- f : 乾舷 (m)
- f<sub>0</sub> : 乘客을 태우지 않을 때의 乾舷 (m)
- G : 重量中心
- $\overline{GM}$  : 重心으로부터 메타센터까지의 높이 (m)
- $\overline{GZ}$  : 復原挺 (m)
- g : 重力常數

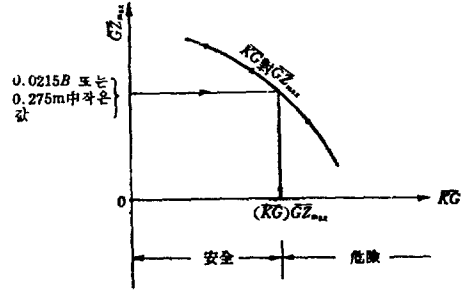


그림 3.

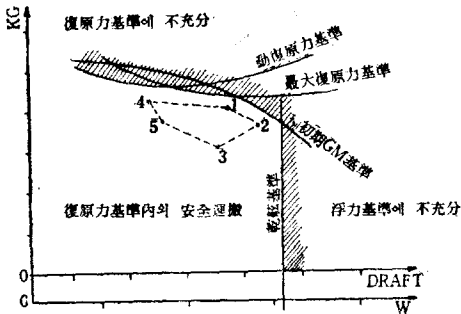


그림 4. 1. 滿載狀態 入港時  
2. 滿載狀態 出港時  
3. 80%滿載狀態 出港時  
4. 空荷狀態 入港時  
5. 空荷狀態 出港時

$H$ : 風壓面積의 中心과 水壓面積의 中心間의 거리 (m)

$h$ : 龍骨上 客席마루 上面까지의 平均높이 (m)

$K$ : 船體龍骨上의 點

$\overline{KG}$ : 重心의 높이 (m)

$\overline{KM}$ : 메타센터의 높이 (m)

$k$ : 風壓傾斜에 따르는 常數

$k'$ : 重量慣性半徑 (m)

$L$ : 船體길이 (m)

$N$ : 橫搖減減係數

$n$ : 乘客數 ( $\leq \frac{A}{0.25}$ )

$\overline{OG}$ : 水面으로부터 重心까지의 垂直距離 (m)

$p$ : 常數

$q$ : 常數

$T_s$ : 橫搖週期(sec)

$W$ : 船體排水量(tons)

$\theta$ : 傾斜角(degrees)

$\theta_0$ : 橫搖角(degrees)

$\theta_f$ : 海水流入角(degrees)

$\gamma$ : 有效波傾斜係數

$\delta$ : 波濤의 粗度を 表하는 係數

### Ⅲ. 復原力基準 解說

#### 1. 對象船舶 區分

對象船舶 區分은 船舶安全施行令[4] 第4章 航海區域의 種別에 따르는 것을 原則으로 하되 船舶安全法보다 對象의 範圍가 넓고 小型船이 많은 現實로 보아 特히 작은 배 (5 GT 以下)를 따로 區分하였다. 大體로 小型船에 있어서는 風壓에 依한 것보다는 重量物移動에 따르는 復原力이 더 重大視되어야 하는 點도 고려한 것이다.

#### 2. 基準區分

船舶의 復原力을 論하는데는 普通 여러 要素들을 同時에 고려하는 것이 例이다. 日本의 規定에서는 乾舷基準이 빠져 있었으나 事實上 內容의 으로는 包含되어 있는 것을 明文化하여 4 基準化한 것이 差라 하겠다. 歐美에서는 普通 Stability and Buoyancy Standard 라 해서 취급하는 것이 一般의이며, 또한 Sinking and Capsizing 을 同時에 취급함이 靜力學上 原則이라 하겠다. Sinking 은 乾舷基準으로서 Capsizing 은 初期  $\overline{GM}$ , 動的 復原性 및 最大復原挺으로 規定되나 이들 後者는 事實은 一部 重複된 規定임을 시인하지 않을 수 없다. 結果의 으로 보면 우리가 基準을 세운다는 것은 航海에 安全을 가져올 수 있는 積荷狀態의 範圍를 決定하여 주는 것이 됨으로써 (그림 4 參照) 結局은 이 3 가지가 同時에 必要한 것이 一般的인 경우로서 나타나는 것 임을 알 수 있다.

3. 基準適用 區分

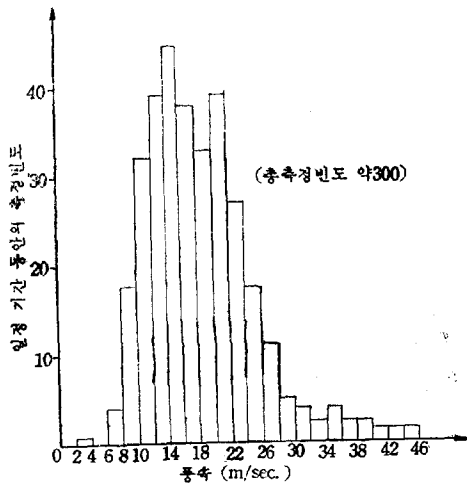
動的復原性 및 最大復原挺基準은 船舶의 橫搖(rolling)에 對備하는 規定이므로 波濤가 없는 곳을 航海하도록 되어 있는 平水艇이나 小型船의 경우에는 適用할 必要가 없다고 본다. 初期 GM 基準은 特히 重要하고 滿載狀態에 가까울수록 絶對的인 支配要件이 되므로 널리 알려져 있는 것이라 볼 수 있겠고, 乾舷基準은 큰 배에는 普通 乾舷表示 등으로 制限이 되어 있으나, 漁船이나 小型船에서는 이런 것이 法制化되어 있지 않다. 여기서 特히 設計者의 立場으로서는 設計當時에 計劃豫想했던 吃水와 實際運航時의 吃水와 差가 있지 않도록 되어야겠다는 것이다. 우리 나라에서는 아직은 海上事故에 對한 觀念이 갖지 못한 남어지인지 往往 無理한 積載을 하는 경우가 있는 것으로 안다. 充分한 乾舷을 유지해주어야만 安定性을 얻을 수 있는 것을 再三 強調하는 바이다.

다만 今次에 限하여서는 乾舷基準은 適用이 保留되었다. 그 理由는 아직 뚜렷한 資料가 集計되어 있는 것이 많지 않고, 우리 나라 漁船이나 其他 小型船舶들이 慣例上 너무나 작은 乾舷을 유지해 왔기 때문에 뜻있는 乾舷基準을 適用하는때는 좀더 慎重性있게 다루어야 하기 때문인 것으로 안다.

例를 들어 船舶이 20°~25° 까지 橫搖를 한다면은 乾舷沒水角은 最少 18°~22° 程度 (海水流入角은 아님)로 되어 있어야 한다고 본다. 主로 日本船舶들이 그러하고 그것을 본단 우리 나라 船舶들은 大部分 乾舷沒水角이 8°~11°, 어떤 것은 6° 程度까지 내려가는 것이 있다. 文字 그대로 뱃전에 물이 질렁칠렁하는 경우이다. 이문제는 次後에 充分한 論議가 되어야 한다고 믿는다.

4. 基準內容

基準內容에 있어서 가장 뚜렷한 變更은 氣象 및 海狀條件이다. 前記한 바와 같이 日本基準 [1]은 平均 15 m/sec 風力(29 kts)로 되어 있으나, 美國等에서는 30 m/sec 風力(59 kts)以上으로 基準을 세우는 것이 例 [3]이며, 경우에 따라서는 軍艦, 採油船, (drilling rigs) 같은 것에는 100 kts 平均風速 (140 kts 最高風速)에 基準을 두고 있다. 그림 5[1]에서 보는 바와 같이 日本의 데이터에 準해도 平均風速 15 m/sec 인 경우



에는 약 39%의 경우에 해당하며, 平均風速 30 m/sec 으로 잡아야만 비로소 92% 程度의 경우를 커버하는 것이 된다. 勿論 이렇게 해도 颱風의 경우를 전부 커버하지는 못하는 점은 알아 두어야 한다고 본다. 이러한 原則下에 日本의 것과 數値가 약간 달라지도록 된 것이 學會基準이라 하겠고 자세한 工學的基礎는 參考文獻에 依하도록 하겠다.

(1) 初期 GM

GM 基準은 傾斜에 따르는 靜力學式

$$W \overline{GM} \tan \theta_c \geq M_w + M_p \tag{13}$$

但  $\theta_c$ : 最大傾斜角許容值로서 20° 또는 B/5.5

$M_w$ : 風壓에 의한 傾斜 모우멘트

$M_p$ : 乘員의 移動에 의한 傾斜 모우멘트

그림 5. 長期 風速分布의 一例(日本遠近海) 에서 求하여진 것이고 實驗值等은 그대로 두었다. (1)式의 첫 項이 1.1 代身 4.4로 된 것은 風速을 倍로 했기 때문이다.

(2) 動的 復原性

動的 復原性 基準에 있어서 美國은 一般的으로  $D_w$ 을 基準으로 하고  $b/a$ 의 값을 1.4 程度로 擇하는 方法을

쓰고 있으나, 여기에서는  $D_w$  를 1.5 배해주고  $b/a$  의 값을 1.0 에서 짜르는 日本의 基準을 그대로 따랐고, 다만 風速만을 조정하였다. 風速은 遠近海船에서 30 m/sec (59 kts), 沿岸船에서 20 m/sec (39 kts)로 定하였 으며, 其他 彎曲部龍骨이 없는 船型에 對한 橫搖 減減係數를 넣었고, 重量慣性半徑  $k'$  의 計算에 0.40  $B$  를 代 替하였다.

(3) 最大復原挺

最大復原挺은 變更없이 採擇하였다.

(4) 乾 舷

乾舷에 關하여는 前記한 바와 같이 아직 모르는 點이 많으며, 個人的인 所見을 말하라면 約 20° 傾斜에 對 應하는 乾舷을 주되 橫搖極限値는 35° 가 넘는 경우도 있으므로 浸水角은 35° 以上의 되어야 할 것이라고 믿 는다.

5. 適用要領

基準適用에 있어서는 그림 4 를 使用하여 4~5 運航條件의  $\overline{KG}$  와 排水量  $W$  를 調査해보는 것을 原則으로 하되 其他 復原力 浮力基準의 充分 不充分的 境界에 가까운 어떤 載荷狀態가 있을 때는 그것도 包含시켜야 한다. 運航條件을 調査해보는 것은 比較的 簡單한 일이라 믿는다.

基準計算에 있어서는 다음과 같은 要領에 依한다면 比較的 간편히 計算을 할 수 있다고 믿는다.

- (1) 주어진 배에 對하여 排水量等曲線 計算을 끝내고,
- (2) 그배에 對한 適當한 範圍의 排水量을 3 개 골른다.
- (3) 각각의 排水量에 對하여 (1)~(3)式에 依하여 必要한 最小値의  $\overline{KG}$  를 求하고 이것을 圖面化하면 初期  $\overline{GM}$  基準曲線이 된다(그림 4).

(4) 動復原力基準을 구하기 위하여서는 各排水量에 對하여 適當한 範圍의  $\overline{KG}$  를 셋쯤 假定하고, 그림 1에 해당하는 圖面을 각각의  $\overline{KG}$  에 대하여 작성한다. 그에 의하여  $b/a$  를 각각 구하여 그림 2와 같은 補助圖面을 作成하여  $b/a=1.0$  에 해당하는  $\overline{KG}$  값을 求한다. 이것을 세 排水量에 對하여 求한 것을 綜合하면 그림 4와 같은 動復原力基準이 完了된다.

(5) 最大復原挺은 動復原力基準에서 쓴 圖面들에서  $\overline{GZ}_{max}$  를 읽어 같은 要領으로 그림 3과 같은 補助圖面에 依하여 決定하면 된다.

(6) 乾舷基準은 배의 길이에 依하여 吃水로 換算하여 表示한다.

(7) 위 結果를 綜合하여 復原力基準을 充足하는 範圍를 定하고, 그 위에 그 배의 運航에 따르는 諸條件을 表示하여 充分 不充分을 따진다.

參 考 文 獻

1. Yamagata, M. "Standard of Stability Adopted in Japan," *Transactions of the Institution of Naval Architects*, London
2. 韓國船級協會, "船舶復原性 規則에 依한 諸計算에 對하여," 船級 第1卷 第1號, 1969
3. Sarchin, T.H. and L.L. Goldberg, "Stability and Buoyancy Criteria for U.S. Naval Surface Ships," *Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 1963
4. 船舶安全法施行令 1962. 4. 10 公布, 閣令 第 651 號