

## 動的 復原挺 曲線의 作圖法과 그 應用에 關하여

金 辰 安\*

### Dynamical Stability Curve of the Ship on Polar Coordinates and Stability Indicator.

By Jin Ahn Kim

#### Abstract

The stability curves are very important data to decide the seaworthiness of all kinds of ships among waves. Both statical and dynamical stability curves on a rectangular coordinate system have broadly been handled at ship yards or at the government concerned, up to date.

As concerns a method of obtaining a statical stability curve on polar coordinate system, the papers were presented once.

Also, it is of use to research the dynamical stability curve on polar coordinate system.

Author treated of the dynamical stability curve by four different methods, and tried to set the stability indicator inboard, adopted those proposals, in order to give some aids for good navigation on the sea.

Fig. 1. shows a drawing method in case of the position of centre of buoyancy can be obviously pointed out on the isovol line corresponding to its inclination.

Fig. 2. shows a method used a statical stability curve on polar coordinate.

Fig. 3. shows a method obtained by the most simplified means.

Fig. 4. shows dynamical stability curve made by geometrical expression method, instead of dynamical lever.

A simple stability indicator which was mechanized above characteristics is attempted by author as shown Fig.5 and Fig.6.

It is demanded at hand, for more advanced improvement of such indicator.

#### 1. 緒 論

靜的 또는 動的 復原挺은 船舶의 性能을 決定하는 重要한 要因의 하나 이거니와 最近에는 船舶 復原性에 對한 基準이 規程化 되기에 이르기 까지 重要視 되어 왔다.

直角 座標에 依하여 作成된 復原挺 曲線圖는 그와 같은 基準에 對한 該船舶의 適否를 判定하는 必須的인 資料로서 取扱 된다.

原稿受理日字 1965年 3月 25日

\* 正會員 釜山大學校工科大学

\*\* [ ] 内の 数字는 本論文末尾에 紹介한 引用文獻의 番號인.

船舶의 安定性을 指向하는 現況을 勘案하여 本研究는 從來의 極座標에 依한 船舶의 靜的 復原挺 曲線을 擴張시켜 極座標에 依한 動的 復原挺 曲線의 作成을 아울러 強調하기 위하여 具體的으로 그의 圖式 表現法을 몇 가지 提案한 것이다.

더욱 實際面에 있어서의 應用 實用化를 위하여 著者式의 復原力 指示器의 試作에 對하여도 取扱하였다.

2. 直接的 作圖에 依한 動的 復原挺 曲線

Isovol 만이 그려져 있을때, 그 曲線에 船體 傾斜角에 對應하는 C.B.의 位置를 點示하여 이로부터 直接 아래의 畫法에 따라 動的 復原挺( $h=B_{\theta}Z-BG$ ) 曲線

을 그려 내는 方法이다. (Fig. 1)

- ① Upright 時의 船體의 C.B.와 C.G.를 通하는 Y 軸 및 C.B.를 通하는 X 軸을 그린다.
- ② 船體 傾斜에 따른 C.B.의 移動 軌跡  $BB_{\theta}$ 를 그린다.
- ③  $BG$ 를 半徑으로 하는 圓  $G$ 를 그린다.
- ④ 任意의 傾斜角( $\theta$ ) 일때의  $B_{\theta}$  點에서 浮力 作用線  $B_{\theta}M$ 을 그린다.
- ⑤  $\angle DGB$ 를  $\theta$ 로 取하여 圓  $G$ 와 的 交點을  $C$ 로 한다. 이때  $BG=GC$ 이다.
- ⑥ 半徑  $GC$ 의 垂直二等分線  $ST$ 를 그려 Y 軸 과의 交點을  $U$ 로 한다.
- ⑦ 點  $U$ 를 中心으로 하여 半徑  $GU$ 의 半圓을 그려 Y 軸 과의 交點을  $F$ 로 한다.
- ⑧  $F$ 及  $C$ 를 連結 延長하면  $EF$ 은 圓  $G$ 의 點  $C$ 에 있어서의 接線이다.
- ⑨  $B_{\theta}M$ 과  $EF$ 와 的 交點을  $E$ 로 한다. 이때  $h=B_{\theta}Z-BG$  이므로  $B_{\theta}E=h$ 이다.
- ⑩  $GC$  延長線에  $B_{\theta}E=CD$ 가 되도록 잡는다.
- ⑪ 위와 同一한 方法으로 얻은  $D_1, D_2, \dots$ 는 動的 復原挺 曲線이다.
- ⑫ 따라서 주어진 傾斜角에 對한  $h$ 는 圓  $G$ 와 曲線  $D_1, D_n$  間의 길이로서 表示된다.

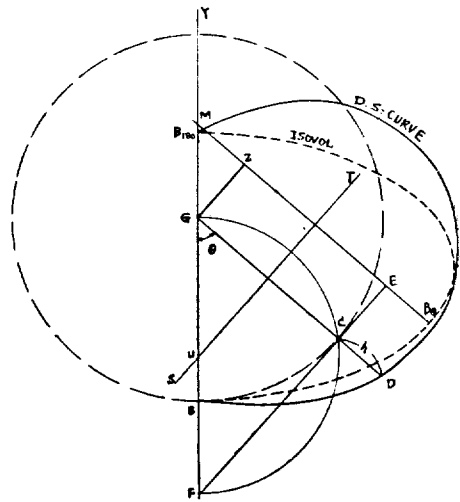


Fig. 1

3. 間接的 作圖에 依한 動的 復原挺 曲線

極座標에 依한 靜的 復原挺 曲線이 作成 되어 있을때 上部의  $GZ$  曲線을 利用하여 間接的으로 作圖하는 것이다.

即 Weight Stability Curve 圓  $O$ , Form Stability Curve  $BR$ , Isovol  $BB_{\theta}$  및  $X'$  軸上에 그려진  $GZ$ -Curve 에 있어서 動的 復原挺  $h$ 는  $B_{\theta}Z-BG$  이므로 이것을 바꾸어 쓰면

$$\begin{aligned}
 h &= B_{\theta}S + SZ - BG = \frac{B_{\theta}T}{\cos \theta} + GZ \cdot \tan \theta - BG \\
 &= \frac{BG - B_{\theta}Q + GZ \cdot \sin \theta}{\cos \theta} - BG
 \end{aligned}$$

따라서 이것을 다음과 같은 方法으로서 表示하여 보았다. (Fig. 2)

- ① GC와 直角으로 直線을 그어 GZ을 얻는다.
- ② 點 Z를 통하여 GC와 平行인 直線  $B_\theta Z$ 을 그으면 任意的 傾斜角  $\theta$  일 때의 C, B.의 位置  $B_\theta$ 를 얻는다.
- ③  $B_\theta$ 에서 X軸에 이르는 鉛直線  $B_\theta Q$ 上에  $B_\theta$ 에서 下向으로  $GZ \cdot \sin \theta (=ZJ)$ 의 長이를 取하여 L을 얻는다.
- ④ L을 통하여 X軸과 平行線을 그어 GC의 延長線과의 交點 D를 얻는다.
- ⑤ 위와 同一한 方法으로 얻은  $D_1, D_2, \dots$ 는 動的 復原挺 曲線이다.
- ⑥ 따라서 주어진 傾斜角에 對한 h는 圓 G와 曲線  $D_1 D_2$  間의 長이로서 表示 된다.

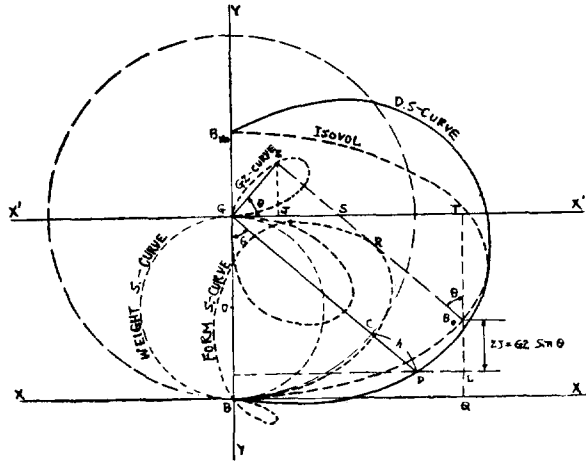


Fig. 2

4. 簡單한 作圖에 依한 動的 復原挺 曲線

Moseley의 式에 依한 動的 復原力 H는 [2]

$$H = W \cdot h = W \left\{ \frac{v(gh + g'h')}{V} - BG(1 - \cos \theta) \right\}$$

인바 垂直 舷側船에 있어서 甲板緣 沒入角에 이르기 까지의 範圍內에서는

$$gh + g'h' = hh' \cdot \tan \frac{\theta}{2}, \quad 1 - \cos \theta = \sin \theta \cdot \tan \frac{\theta}{2}$$

故로  $H = W \cdot GZ \cdot \tan \frac{\theta}{2}$ 로서 表示 된다. 이 項에 記述하는 것은 上述한 直接 및 間接의인 方法을 折衷한 것이며 GZ 曲線이 이미 그려져 있는 경우에는 上式에 依하여 아주 簡單히 作圖할 수 있으며 그렇지 않는

경우 에도 다음과 같이 바꾸어 쓸 수 있으므로 亦是 簡單히 아래의 要領에 따라 作圖할 수 있다. (Fig. 3)

$$GZ = BG \cdot \tan \frac{\theta}{2} \pm x$$

但 x은 浮心 位置에 따라 決定 되는 長이 이며 複號 ±는 Z가 CA의 外側에 位置할때 +, 內側에 位置할때 - 이 된다.

$$\begin{aligned} \text{故로 } h &= BG \cdot \tan^2 \frac{\theta}{2} \pm x \cdot \tan \frac{\theta}{2} = BG \left( \frac{GS}{BG} \right)^2 \pm ZS \cdot \frac{GS}{BG} \\ &= (GS \pm ZS) \cdot \tan \frac{\theta}{2} \end{aligned}$$

① C及 A를 連結하면  $\angle GAC = \angle GCA = \frac{\theta}{2}$ 이다.

- ② X'軸 上에 任意 傾斜角  $\theta$ 를 取하고 GZ 曲線 上의 GZ을 求하고 CA와 的 交點을 S로 한다.
- ③ 點 Z에 있어서  $\angle GAC = \angle GZD$ 가 되겠끔 移角하여 DZ을 그으면  $GD = h$ 이며 D는 動的 復原挺 曲線

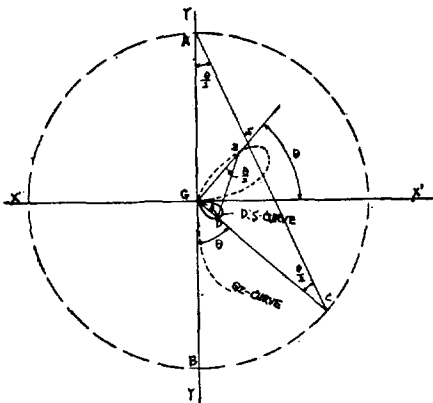


Fig. 3

上의 一點이 된다.

④ 위와 同一한 方法으로 얻은  $D_1, D_2, \dots$ 는 動的 復原挺 曲線을 表示한다.

5. 動的 復原力 曲線

極座標에 依한 靜的 復原挺 曲線으로부터 이번에는 極座標에 依한 動的 復原力 曲線을 그리는 適當한 方法을 아래와 같이 擇하여 보았다. (Fig. 4)

- ① 直線 縮尺比를  $\frac{1}{n}$ 로 하여  $BG$ 의 길이를 잡고 이를 半徑으로 하는 圓  $G$ 를 그린다.
- ② 上述한 方法에 依하여 動的 復原挺 曲線  $DD_1$ 을 그려서, 任意 傾斜角에 對한 復原挺을  $CD$ 로 한다.
- ③ 一定한 船體 排水量  $W$ 의 값이 길이  $BG$ 로서 表現 되었다고 看做하여 (但 縮尺比를  $\frac{BG}{W} = \frac{1}{m}$ 이라 함).  $GD$ 를 直徑으로 하는 半圓과, 點  $C$ 에 있어서의 接線  $EF$ 과의 交點을  $H$ 라 한다. 이때  $\angle GHD$ 는 直角 이므로  $CH^2 = GC \cdot CD = W \cdot h$  即 그림의  $CH$ 의 길이는 動的 復原力의 平方根을 表示한다.

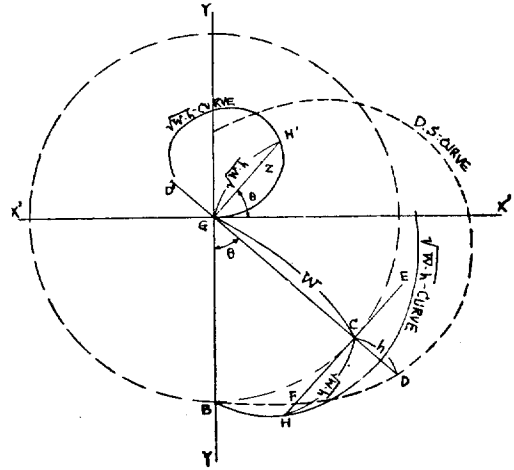


Fig. 4

④ 위와 同一한 方法으로 얻은  $H_1, H_2, \dots$ 는 動的 復原力의 平方根을 表示하는 曲線이다.

- ⑤ 또  $\theta$  傾斜時의  $h$ 의 길이를  $GD'$ 로 잡아  $GD'$ 를 半徑으로 하는 半圓과 直線  $GZ$ 과의 交點  $H'$ 를 찾아 그리면 亦是  $GH' = \sqrt{W \cdot h}$ 이며 더욱 便利하다.
- ⑥ 따라서  $CH$  또는  $GH'$ 의 길이를 재어서 그것을 제곱하고, 더욱  $n \times m$ 倍 하면 動的 復原力을 얻는다.

6. 復原力 指示器

標準型 船舶 또는 어떤 對象 船舶에 있어서 그 普遍的인 運航狀態 나 滿載, 輕荷, 消費 또는 Ballast 狀態에 對한 各各의  $C.B.$  及  $C.G.$ 의 位置를 算定해 두어서 以上에서 述한 몇가지 表現方法을 擇하여 Wheel House 備置用의 靜的 및 動的 復原挺 曲線을 作成한다.

그리하여 아래와 같은 Mechanism 속에

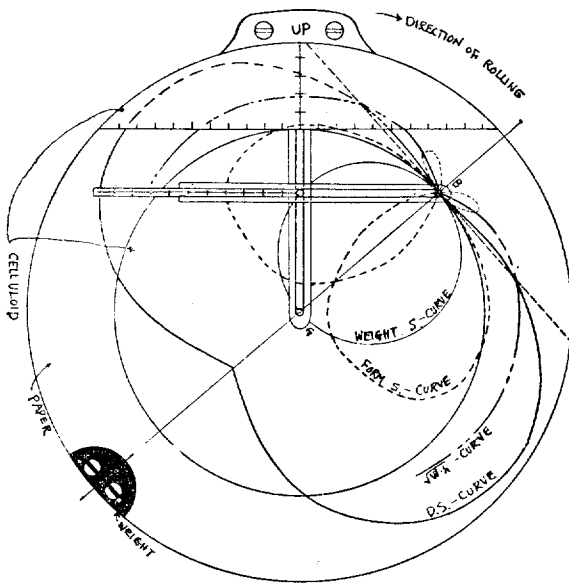


Fig. 5 A-TYPE

이것을 採用한 復原力 指示器를 製作하여 實地面에 實用化 시키면 一目瞭然하게 隨時 即答式的 復原性 過否를 읽을 수 있기 때문에 Stabilograph 나 或은 GM 測定儀와 더불어 船運用者에 對한 安全 運航의 一助가 될 것이다.

以下 著者の 極座標式 靜的 及 動的 復原力 指示器의 試作品을 圖示한다. (Fig. 5) (Fig. 6) B型이 簡便하고 A型은 作動이 圓滑치 못하였다. B型에 있어서 C.G.가 달라질 때를 생각하여  $G_1$ ,  $G_2$ 等에 對한 여러 曲線을 그려 並置하게 되는데 그림에는 省略하였다.

### 7. 結 言

以上에서와 같이 4種의 極座標에 依한 靜的 及 動的 復原挺 曲線의 作成法을, 各各의 傾斜에 對應하는 Isovolt 上의 位置가 明示될 수 있는 경우의 直接畫法과 旣成된 靜的 復原挺 曲線을 利用하여 만들 경우의 間接畫法으로 나누어 提案하고, 그들의 量的 表現에 있어서는 線分의 長이로서 하였고, 圖面 中央部에 있어서의 重疊을 避하여 外郭部 또는 內郭部에 그 曲線의 表示場所를 擇하여 作成하기로 置重하였다.

即 靜的 復原挺 曲線에서는 重量 復原性和 形狀 復原性 과의 關係 表現上 Upright 時의 C.B.의 位置를 基準삼아 그리도록 되어 있으나 [1] 本研究에서는 위에서 말한바 目的과 著者式的 復原力 指示器 設計에 對한 便宜上 C.G.의 位置를 基準으로 삼게 한 것이다.

따라서 上記의 方法에 依하여 作成된 復原挺 曲線으로 부터 逆으로 주어진 傾斜角에 對한 動的 及 靜的 復原挺을 求함에 있어서는 C.G.를 中心으로 하여 浮力軸線으로 부터 反時計 方向으로 주어진 角度를 取하여 求하여야 한다.

Fig. 3에 表示된 方法은 이 中에서 가장 簡易하여 應用도가 높은 方法이다. 本復原力 指示器에 對하여는 船體가 比較的 單一한 橫搖 만을 가질때 그의 機能이 良好한 結果를 指示하여 주었다. 그러나 큰 聯成 動搖를 할때에 있어서는 機能 低下를 볼 수 있었다.

끝으로 이것을 補完하지 못하였음을 附言해 둔다.

### 參 考 文 獻

[1] 大串雅信; “理論 船舶工學” 上卷  
 [2] 日本造船協會; “船舶工學便覽” 第1, 2分冊  
 [3] “船舶 復原性 規程”  
 [4] TINA, 1844, 1887, 1911, 1925

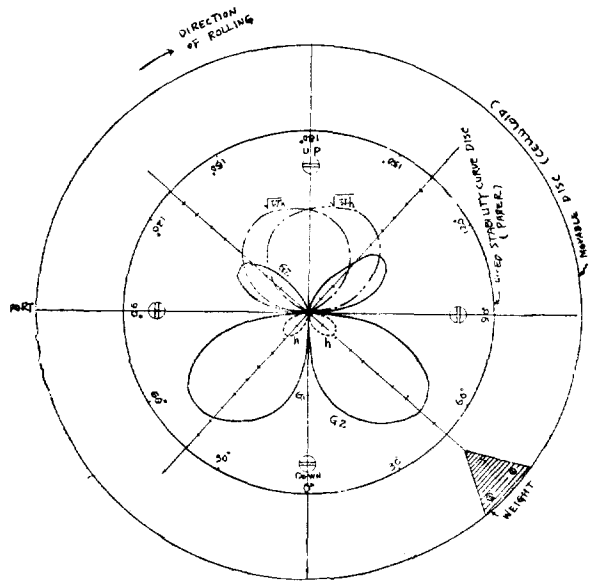


Fig. 6 B-TYPE