

탱커船舶設計時 MARPOL 73/78 과 그 適用에  
關한 研究

朴 命 圭

**A Study on Tanker Ship Design of MARPOL 73/78 and  
its Application**

*Park Myung-Kyu*

〈目 次〉

- 
- 記號說明
1. 序 論
  2. 船舶設計에 關聯되는 MARPOL 73/78 國際條約
    - 2-1. 區 劃
    - 2-2. TANK SIZE
    - 2-3. 탱크 配置
  3. SBT에 必要한 Ballast
  4. 전용 밸러스트 탱크 등의 保護的 配置
  5. PL/SBT에 의한 代表的인 TANK 形狀
  6. TANKER設計를 위한 MARPOL 73/78의 Flowchart
  7. 供試船에 대한 計算
  8. 供試船에 대한 評價
  9. 結 論
- 參考文獻

**Abstract**

This paper is prepared for the practical application of information needed in

overall countermeasure for the prevention of Marine pollution in analyzing and estimating OWNER'S Requirements of RULES emitting from Ship Design and also it presents the present status of pollution in MARPOL 73/78.

Presented are methods of treating marine pollution and pollutant are control needed in practical application for satisfying the requirement of ship's hull and facilities.....etc., when a vessel is designed, constructed or modified, according to the protocol relating to international convention for the prevention of pollution from ships in 1978 which comes into force from Oct. 1983.

Presented are the evaluating methods and technical data for the development of Tanker Design and construction in future, and a comparison with performance characteristics of the Existing ship to suit the discharge requirement in MARPOL 73/78.



- |  |   |
|--|---|
| * Physical problem                               | TSPP : Final act of the international Conference on tanker Safety and Pollution Prevention 1978 |
| SBT : Segregated Ballast Tank                    |   |
| PL : Protective Location                         | CBT : Dedicated Clean Ballast Tank  |
| * Operational problem                            | LOT : Load on top Tanker  |
| COW: Crade Oil Washing                           | EE 船 : 附屬書 1 第 1 法則 (7) 에 規定하<br>는 現存船  |
| IGS : Inert Gas System                           | NN 船 : 附屬書 1 第 1 法則 (26) 에 規定<br>하는 新造油 Tanker  |
| GB : Gale Ballast ( Heavy Ballast )              | EN 船 : EE 船 및 NN 船 以外의 船舶   |
| IOPP : International Oil Pollution<br>Prevention | DWT : 載貨重量噸 ( Dead weight )   |
| ICLL : International Convention Load<br>Line     | FGMDSS : Future Global Maritime<br>Distress and Safety System                                   |

## 1. 序 論

MARPOL 73/78 ( 1978 年 2 月 17 日 TSPP 會議를 開催하여 MARPOL 1973 의 內容을

修正補完하는 MARPOL 73/78 協約으로 1983年 10月 2日 統合하여 國際적으로 發効( MEPC/Circular 97 및 99)은 海洋汚染防止와 그 保存을 위해서 強化되고 있는 一連의 國際規定으로서<sup>1)</sup>, 新造TANKER의 경우 2만톤 以上の Crude Oil Carrier 및 3만톤 以上の Product Carrier에 대하여 SBT, COW, PL, IGS 등과 같은 船舶設計概念의 轉換 및 탱커運用上의 設備에 關한 規定을 통하여 造船設計 관계자는 순수한 造船學 이외의 Rule에 따른 設計라는 실질적인 압박을 甘受하지 않으면 안되는 實情이다.

또한, 既存船( Existing Ship)의 경우에도 一規定의 適用을 爲하여 要求되는 주요한 改造( major conversion) 또는 修正에 대하여 이 規定이 어떠한 影響을 미칠 것인가는 아직도 커다란 關心事로 남아 있는 實情이다.

BULK CARRIER는 S. F가 적은 貨物을 積載함에 따라 Double Bottom(D/B)이 要求되고, 安全航海를 爲하여 Double Bottom 下部에 F.O Tank 및 Ballast가 設置되며, TANKER의 경우 Longitudinal Strength 面에서 HEAVY STRENGTH를 要求하므로 Single Bottom으로 設計되어 있다. 그러나 MARPOL 73/MARPOL 78의 適用으로 TANKER에서도 Double Bottom의 設計方式이 등장되고, 또한 PL을 滿足시키기 위하여 部分 Double Bottom 設置 및 Wing Ballast Tank를 동시에 고려하여 滿足시키는 등 종래의 Single Bottom Tanker 船의 設計概念을 再考하도록 하였으며, IOPP 證書의 發給으로 海洋汚染防止를 意圖하는 것이다.<sup>2)</sup>

이러한 Rule에 의해 PL 및 SBT(PL/SBT)를 適用할 경우 一般的인 結果는 Twin Hull(船殼二重構造)의 형태로 되어 과거의 船舶에 비해 基本치수가 커지게 되고, 船幅은 증가되어 廣幅船이 되며, 상대적으로 速力이 低下되므로, 同一速力維持라는 條件下에서 主機關馬力은 增加하게 된다.

船價面에서 보면, 동일 Dead Weight 滿足條件으로 보다 큰 Dimension을 維持해야 함으로, 상대적으로 鋼材重量이 늘어나게 되며, 이는 船價에서 차지하는 比重이 增加하는 要因이 되고, 다른 어느 요소보다 크게 작용하여 船舶受注競争에 가장 큰 影響을 주는 要素로 된다.

본 論文에서는 Tanker 設計時 이러한 影響을 어떻게 選擇, 適用하는가를 구조적인 문제( Physical problem)에 초점을 맞추어 分析함과 동시에 生産設計 段階에서 Tank Coating과 關聯하여 Bottom 構造形狀에 따른 船殼構造에 대하여 供試船의 동일 Demension 下에서 Single Bottom과 Double Bottom을 採用했을 경우를 비교하여 CARGO CAPACITY, DEAD WEIGHT 增減, 船殼重量의 變化 등을 MARPOL 73/PROTOCOL 78 適用時 發生되는 問題點을 分析함으로써 船主의 要求를 考慮하고 Rule에 의한 船舶設計

- (8) 非油槽船이라도 200  $m^3$  以上の 기름을 運送할 수 있는 배에 대해서는 유조선의 규정을 適用한다. 다만, 1,000  $m^3$  미만의 기름을 싣는 배는 기름찌꺼기의 貯留設備를 가질 必要는 없다.
- (9) 기름의 排出基準은 附屬書 i)에 따른 規定으로 되어 있다.

## 2-1 區 劃

Tanker 에 대해서 통상 항해시 海洋汚染을 줄이기 위해서는 貨物油를 陸揚한 뒤에 船內에 殘油된 기름의 量을 極히 적게하는 것이 効果的이지만, 이를 위해서는 貨物유에 接觸되는 구조부재의 면적을 줄이는 일 및 揚荷時에 殘油를 적게하는 구조 및 배관으로 하는 것을 생각할 수 있다.

이러한 관점에서는 區劃數를 줄이기 위해 격벽數를 줄이고 배관을 단순히 하는 것, 二重底, 二重船側 구조를 채용하여 貨物유 탱크에 突出하는 Girder, 防燒材의 數 및 표면적을 줄이는 것과 揚荷時의 貨物유의 흐름을 원활하게 部材 表面에 附着하는 기름의 量을 감소하고, 船內에 殘油하는 油分을 줄이는데 効果的이라고 할 수 있다.

한편 坐礁, 衝突시에 汚染物質 流出을 줄이기 위해서는 汚染物質을 積載하는 區劃의 세분화, 二重底 이외의 區劃에 의해 오염물질 적재 구획을 보호해야 하고, 오염물질 적재 구획이 손상을 받을 경우에 그 구획의 오염물질을 다른 구획으로 옮기는 일 등을 생각할 수 있다.

區劃의 細分化, 保護 등에 대해서는 IMO의 1973年 海洋汚染防止條約, 同條約에 관한 1978年 Protocol, Gas Carrier Code, Chemical Code 또는 國內規則에 이런 것에 관한 規定이 설치되어 있다.<sup>4)</sup>

## 2-2 TANK SIZE

深水油 탱크의 許容탱크 길이는 전에 9 m이었으나, Tanker의 大型化에 수반해서 貨物유 탱크의 길이는 12 m로 修正되었다.

그 후, 선체구조에 용접이 대폭 채용되어 Rivet 접합에 의한 기름의 유출이 문제가 해결된 후, 탱크의 길이를 規制하는 이유는 선체의 구조, 강도의 문제 이외에도 탱크격벽의 數, 탱크의 數를 줄임으로서 재료의 절약, 공수의 절감을 꾀해야 한다고 하는 사고 방식이 一般化되고, 탱크의 길이는 0.2L (L은 船外 길이)까지 許容하게 되었다. 이 시점에 있어서 탱크의 坐礁, 衝突에 의한 기름의 유출 문제는 생각되어 있지 않았다.

따라서 DWT가 421,875 톤 以下の Tanker 에서는 許容値는 30,000 m<sup>3</sup>가 되고 DWT(載貨重量)가 이 값보다 以上인 Tanker 에서는  $\sqrt[3]{DWT}$ 에 比例해서 增加하고 百萬톤 以上の Tanker 에서는 40,000 m<sup>3</sup>가 된다.

假想 油 流出量은 73年 條約에서 다음 算式으로 구할 수 있다.

① 船側損傷(충돌)에 의한 기름의 假想 油 流出量 : Q<sub>c</sub>

$$Q_c = \sum W_i + \sum K_i \cdot C_i \quad (m^3)$$

$$W_i = \text{損傷船側 탱크의 용적} \quad (m^3)$$

$$K_i = 1 - b_i/t_c, \quad b_i \geq t_c \text{ 일 때는 } 0$$

$$b_i = \text{滿載吃水 선상에서 선체 중심선에 직각으로 測定한 船側 탱크의 幅}$$

$$t_c = 0.2B \text{ 또는 } 11.5 m \text{ 중 작은 쪽}$$

$$C_i = \text{損傷中心線 탱크의 용적}$$

② 船底損傷(坐礁)에 의한 기름의 假想 油 流出量 : O<sub>s</sub>

$$O_s = \frac{1}{3}(\sum Z_i K_i + \sum Z_i C_i) \quad (m^3)$$

$$Z_i = 1 - h_i/V_s, \quad h_i \geq V_s \text{ 인 때는 } 0$$

$$V_s = B/15 \text{ 또는 } 6 m \text{ 중 작은 쪽}$$

$$h_i = \text{二重底의 最小높이}$$

B=L/6, D=L/12의 Tanker 에서 貨物유 탱크길이를 0.2L로 하고, 탱크의 幅을 變化시킬 경우에 기름의 假想 油 流出量이 30,000 m<sup>3</sup>로 되는 Tanker 의 길이는 TABLE-1 과 같다. 이것은 DWT를 近似的으로 다음 算式으로 計算한 값으로도 併記하였다.

TABLE-1. Hypothetical Outflow of Oil for Non-Segregated Ballast tanks

b <sub>i</sub> /B	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
K <sub>i</sub>	0.75	0.50	0.25	0	0	0
∑W <sub>i</sub> /LBD	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
∑C <sub>i</sub> /LBD	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16
O <sub>c</sub> /LBD	0.29	0.20	0.13	0.08	0.10	0.12
L	195	221	255	300	279	262
DWT	51,500	76,600	121,700	206,300	161,800	132,800
O <sub>s</sub> /LBD	0.127	0.120	0.113	0.107	0.100	0.093
L	257	262	267	272	279	290
DWT	124,900	132,800	141,700	150,300	161,800	183,600

### 2-3 탱크 配置

Tanker 의 화물유 탱크에 專用 Ballast 탱크 等 기름을 積載하지 않는 區劃이 있을 경우는 이러한 區劃은 그 자체가 損傷되어도 기름은 유출하지 않고 또 이러한 區劃을 船側 또는 船底에 설치하면 기름탱크가 損傷을 받는 것을 防止하는 保護의 役割까지 하기 때문에 이와 같은 區劃을 적당히 配置함으로써 사고시의 기름유출 기대치를 줄일 수가 있다.

일본 조선 연구 협회 자료에 따르면<sup>5)</sup> TABLE-2에서 보는 바와 같이 각종 탱크 배치에 대해서 假想 油 流出量 및 기름 流出期待値는 각각 減化한다.

기름 流出期待値는 假想 油 流出量에 대해 충돌의 경우는 1/3에서 1/4 정도이고, 坐礁인 경우에는 1/4에서 1/7 정도로 되어 있다.

滿載時의 화물유 중량에 대한 기름 유출 기대치의 비율은 충돌에 대해서 3%~5%, 좌초에 대해서 2%~3% 정도로 되어 있다. 또 假想 油 流出量이 적기 때문에 기름유출기대치도 반드시 작다고는 할 수 없다.<sup>6)</sup>

### 3. SBT에 必要한 Ballast

SBT에 必要량을 決定하는 데에 Ballast 吃水を 규제하고 있다. 必要한 Ballast 吃水는 선체 中央部에서  $2.0 + 0.02L(m)$  이상 또는 船尾吃水는 프로펠러를 完全히 沒水시키기 위해 必要한 吃水 이상이 아니면 안된다.

또한, 선미 트림은 0.015 L를 넘어서는 안된다.

中央部の 吃水を 上記 규정을 만족하도록 하기 위해서 必要한 Ballast의 容積  $V_1$ 는 近似的으로 다음 式으로 주어진다.<sup>7)</sup>

$$V_1 = (0.9 + 0.014L) \cdot L \cdot B \cdot C_B \quad (m^3)$$

$V_1$ 은  $L/D$ 가 큰 선박, 즉  $D$ 가 작은 배에서는 큰 값으로,  $D$ 가 큰 배에서는 경하중량이 크게 되므로 작은 값으로 한다.

또한 MARPOL 規定의 Ballast 換수에 對應하는 배수량 및 경하중량은 近似的으로 다음 式으로 주어진다.

$$\Delta_{SBT} = 1.025 \cdot L \cdot B (2.0 + 0.02L) (C_B - 0.04)$$

$$L/W = C \cdot L (B + D)$$

$$C = \frac{L}{600} + 0.8 \quad (150 m \leq L \leq 220 m)$$

TABLE-2 Outflow of Oil and Expectation Value for the tank Arrangement of Various kinds.

SBT 配置	部分 wing 탱크		Tank	部分cross 탱크	全通 wing 탱크	部分二重底 + 部分 Wing Tank			全通二重底 + 部分 wing tank	
	各舷 2 个	各舷 1 个				(其 1) 各舷 2 个	(其 2) ICR 下部 IWT 各舷 1 个	(其 3) 各舷 1 个		
DESIGNED NO.	II	I-1	I-2	III	IV	V-1	V-2	V-3	VI	VII
貨物油 탱크 容積 (㎥)	259,760	261,000	261,360	254,630	252,330	264,320	262,150	263,660	267,900	238,500
專用Ballast Tank 容積(㎥)	61,300	59,100	58,740	63,640	71,855	60,860	62,960	61,520	53,450	84,200
載 荷 重 量 (t)	202,940	203,520	203,320	202,041	199,926	202,218	202,118	202,418	202,220	197,060
有 効 貨 物 重 量 (t)	201,200	201,782	200,930	199,031	196,416	200,478	200,378	200,678	199,980	194,070
船 殼 重 量 (t)	22,000	21,700	21,900	21,850	24,900	23,100	23,200	22,900	23,000	27,400
(Only Tank Bed)	44,100	34,020	48,780	48,810	97,400	43,930	44,670	44,170	60,480	155,700
탱크塗裝面積(㎥)	18,500	16,500	17,840	18,075	7,415	11,580	11,580	11,580	13,350	8,600
最大Wing Tank 容積(㎥)	35,800	36,450	36,410	29,320	25,340	38,610	38,610	38,610	23,700	25,100
O <sub>c</sub> (㎥)	22,545	27,900	17,840	23,815	27,408	23,150	23,160	23,160	26,700	25,842
O <sub>s</sub> (㎥)	26,480	28,683	28,723	26,682	33,787	29,600	29,600	29,600	13,150	0
衝突에 대한流出期待值(t)	7,972	7,303	6,131	7,658	8,169	5,954	6,420	5,969	9,857	7,857
坐礁에 대한流出期待值(t)	4,821	4,961	5,570	4,525	4,912	4,224	3,986	4,230	2,374	0

$$L \times B \times D \times d = 294,000 \text{ m} \times 49.00 \text{ m} \times 29.70 \text{ m} \times 20.00 \text{ m}$$

$$C_B = 0.80$$



TABLE-3 SBT Capacity of IMO.

	L	B	D	C <sub>B</sub>	L/W	△ <sub>SBT</sub>	V <sub>SBT</sub>	L/W近	△ <sub>SBT</sub> 近	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>
1	390.00	71.00	31.20	.820	66,800	117,800	147,300	73,740	217,000	139,800	144,400
2	360.40	68.00	31.60	.820	64,000	179,800	113,000	61,100	180,460	116,400	119,500
3	360.00	69.00	28.70	.8225	57,367	181,892	121,500	59,790	183,290	120,500	121,400
4	358.00	68.80	29.80	.811	65,310	169,300	101,500	59,660	173,300	115,700	118,100
5	355.00	64.00	29.00	.832	54,354	167,202	110,100	55,300	167,840	109,800	111,000
6	350.00	70.00	28.10	.836	60,400	177,400	114,100	56,650	179,910	120,300	118,800
7	350.00	70.00	29.00	.818	57,600	174,200	113,800	57,170	175,840	115,800	116,200
8	348.00	63.40	28.70	.830	52,400	159,700	104,700	52,560	160,080	104,900	105,700
9	330.00	56.00	28.60	.830	41,200	129,100	85,800	43,300	128,690	83,300	84,700
10	325.00	56.00	28.80	.8395	44,178	126,775	80,600	42,030	126,780	82,700	83,300
11	325.00	53.00	28.30	.831	41,200	118,400	75,300	40,290	118,710	76,500	78,000
12	324.00	54.40	26.90	.830	39,202	121,900	80,700	40,040	121,030	79,000	79,500
13	324.00	53.50	28.00	.8386	39,381	119,346	78,000	40,140	120,320	78,200	79,000
14	324.00	53.50	26.60	.8283	37,814	118,179	78,400	38,960	118,770	77,900	78,000
15	324.00	53.50	25.70	.8307	37,483	118,577	79,100	39,000	119,130	78,200	78,300
16	323.00	53.60	26.40	.835	37,600	119,300	79,700	39,150	119,350	78,200	78,400
17	322.00	53.60	32.00	.857	43,500	120,500	75,100	41,620	121,990	78,400	80,000
18	320.00	54.50	31.50	.830	45,300	118,400	71,300	41,280	118,630	75,500	77,900
19	320.00	53.60	26.40	.840	37,500	118,300	78,800	38,400	118,140	77,800	77,500
20	320.00	53.60	27.30	.844	38,800	118,400	77,700	38,830	118,730	78,000	77,900
21	320.00	51.80	26.70	.842	38,403	113,573	73,300	37,680	114,460	74,900	75,100
22	318.00	56.00	26.40	.830	37,400	120,000	80,600	39,120	120,550	79,400	79,100
23	316.00	51.20	28.30	.838	35,800	110,400	72,800	37,330	110,110	71,000	72,200
24	314.00	54.80	26.40	.824	37,549	114,335	74,900	37,740	114,490	74,900	75,100
25	313.00	48.20	25.50	.830	33,686	100,098	64,800	34,050	100,910	65,200	66,100
26	313.00	48.20	24.40	.835	33,495	101,045	65,900	33,540	101,550	66,400	66,500
27	310.00	54.00	26.40	.800	35,000	106,800	70,000	36,540	106,930	68,700	70,200
28	310.00	47.16	24.50	.8496	31,731	99,886	66,400	32,570	99,480	65,300	65,100
29	305.00	53.00	25.30	.8214	34,482	103,664	67,400	34,630	104,870	68,500	68,600
30	305.00	50.80	25.90	.828	34,800	101,110	67,600	33,920	101,370	65,800	66,300



	L	B	D	C <sub>B</sub>	L / W	△ <sub>SBT</sub>	V <sub>SBT</sub>	L/W <sub>近</sub>	△ <sub>SBT</sub> 近	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>
31	304.00	52.40	25.70	.835	34,500	104,800	68,600	34,330	104,880	68,800	68,600
32	302.09	44.20	24.50	.832	30,600	87,700	55,700	29,890	87,170	55,900	57,000
33	283.00	48.90	23.60	.841	28,400	86,600	56,800	28,230	87,360	57,700	56,600
34	278.00	48.00	20.30	.822	26,900	81,800	53,600	25,820	80,860	53,700	52,600
35	268.00	53.60	20.00	.804	26,300	83,000	55,300	26,160	82,790	55,200	53,700
36	260.00	44.00	22.40	.810	23,200	65,100	40,880	22,440	65,010	41,530	42,100
37	260.00	44.00	20.60	.8355	22,350	67,759	44,300	21,840	67,160	44,210	43,400
38	258.00	44.00	22.90	.829	20,670	64,200	39,580	22,320	65,730	42,350	42,500
39	255.00	41.40	22.20	.835	22,300	61,300	38,050	20,810	61,080	39,290	39,400
40	254.00	43.50	23.00	.826	22,160	62,987	39,830	21,620	63,020	40,390	40,700
41	252.00	38.00	23.00	.837	19,745	55,038	34,430	19,570	55,070	34,630	35,500
42	249.00	44.50	20.10	.810	18,550	60,400	40,830	20,400	61,290	39,890	39,540
43	249.00	38.96	18.90	.836	20,100	53,600	32,680	18,200	55,250	36,150	35,570
44	247.00	40.60	22.30	.829	19,900	56,400	35,610	19,510	56,280	35,870	36,230
45	246.00	39.40	22.40	.820	20,000	53,200	32,390	19,050	53,620	33,730	34,530
46	244.00	40.80	23.00	.798	19,587	53,020	32,620	19,400	53,220	33,000	34,290
47	235.00	38.30	18.30	.817	16,603	48,280	30,900	16,040	48,030	31,210	30,810
48	233.00	35.25	19.00	.819	15,323	44,051	28,030	15,300	43,680	27,690	28,000
49	232.00	41.60	18.80	.790	15,200	50,400	34,340	16,900	49,270	31,580	31,630
50	230.00	40.00	18.80	.790	15,780	46,800	30,260	16,230	46,680	29,710	29,940
51	228.00	33.30	16.30	.842	13,500	41,900	27,710	13,550	40,680	26,470	26,320
52	226.00	39.90	18.70	.822	17,100	47,400	29,560	13,470	46,540	32,260	29,750
53	220.00	38.80	19.50	.826	15,305	43,315	27,330	14,750	43,110	27,670	27,480
54	217.00	31.10	15.50	.793	13,690	33,530	19,360	11,725	32,920	20,680	21,010
55	206.00	32.20	16.20	.826	11,171	32,850	21,150	11,400	32,710	20,790	20,730
56	183.00	30.00	15.10	.8017	9,275	24,480	14,830	9,120	24,260	14,770	15,240
57	176.00	28.40	14.60	.7964	8,013	21,476	13,130	8,270	21,390	12,800	13,390
58	172.00	27.20	15.00	.830	8,200	20,700	12,200	7,890	20,610	12,410	12,850
59	170.00	27.00	17.00	.806	8,299	19,420	10,850	8,100	19,460	11,080	12,130
60											

#### 4. 전용 밸러스트 탱크 등의 保護的 配置

탱크의 安全 및 汚染防止에 의한 國際會議 (TSPP)에서 PL/SBT의 위치선정은 Fig. 2와 같이 구성하여 設計上 추천되는 3가지 方式으로 必히 要求되는 方式은 아니다.<sup>8)</sup>

이러한 目的은 전용 Ballast 탱크에 기름을 積載하지 않는 구획 등을 적당히 配置함으로써 坐礁, 衝突時에 貨物유를 적재하고 있는 탱크가 損傷을 받을 可能性을 감소해 海洋汚染防止 效果를 주는 것에 있다.

이 規則에서는 다음과 같은 규제가 된다.

즉, REG 13 (E) [ $\Sigma PA_c + \Sigma PA_S > J L_t (B + 2D)$ ] (Suggested by TSPP)으로 J의 變化는 Fig. 3과 같이  $J=0.45$ 은 2만톤,  $J=0.3$ 은 20만톤 以上이며 20만톤 以上에서는 계산된 Oil outflow (REG. 23)가  $O_A$ 보다 작은 경우 감소된 J값을 適用한다. 또한 Hypothetical Oil outflow의 제한규정 (REG. 23)과 Tank의 크기 및 길이에 대한 제한규정 (REG. 24)은 20만톤 以下の 船舶에는 거의 영향을 주지 않으므로……Tanker의 소형화를 유도하며,  $L \cdot B \cdot D$  함수도 PL을 정의할 때 PL-Area는 상대적으로 커진다.

1978 TSPP decision on protective location (PL) of SBT for new ships will:  
REG. 13 (E)

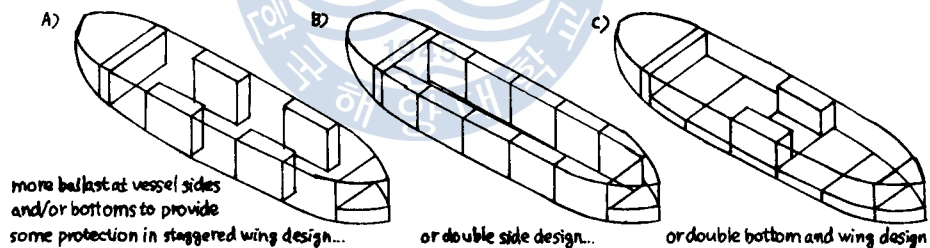


Fig. 2 Construction plan of tank.

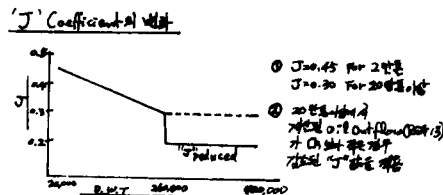


Fig. 3 Change of J Coefficient

또, 20만톤 以上の Tanker 에서는 다음 조건을 滿足하는 범위에서 J 값을 0.3 보다 작은 값으로 할 수 있다.

$$\text{즉 } J = \left[ 0.3 - \left( a - \frac{O_c + O_S}{4 O_A} \right) \right] \text{ 또는 } 0.2 \text{ 의 가운데 큰 값이며}$$

- $a = 20$ 만 DWT Tanker는 0.25
- = 30만 DWT Tanker는 0.40
- = 42만 DWT Tanker는 0.50

中間의 DWT의 Tanker 는 插間法에 의한 값이다.

$PA_c$  를 算定하는 Wing Tank 의 최소폭은 2m 以上이 아니면 안된다.  $PA_c$  를 산정하는 二重底의 최소높이는 B/15 또는 2m 중 작은 것의 以上이 아니면 안된다.

이 條件은 73年 條約의 손상범위의 規定과는 다르고, 대형 Tanker 에 대해서는 緩和되어 있다.

이상에서 Fig. 2 의 A), B), C)의 방식을 分析한 結果는 다음과 같다.

i) A), B), C) 適用上의 差異

- A) 방식; 감소된 J 값에 의해 PL-Area 가 상대적으로 감소되어도 좋은 船舶의 경우 (20만톤 이상의 대형 Tanker 에 적용)
- B) 방식; Double Side 로 Single Bottom 구조
- C) 방식; Double Bottom 구조이고 거의 Wing Tank 의 일부가 SBT로 추가 설정 되므로써 滿足하게 된다.

ii) B), C)의 船殼 구조상 문제; 강제 중량면에서는 B) < C)이며,

B)의 경우; 두 개의 Longi. Bulkhead는 Cargo Hold Division에 기여함으로서 보통 Center Longi. Bulkhead의 設置로 2列의 區劃 결정이 可能

C)의 경우; Cargo Hold Division을 위한 Longi. Bulkhead를 2개 設置함으로써 3列의 區劃으로 나누어짐.

따라서 B)보다 탱크 個數가 增加함.

## 5. PL/SBT에 의한 代表的인 TANK 形狀

油槽船의 貨物 유조를 검토하는 경우에는 容積, 貨物의 種類 등 荷役に 관계되는 항목뿐

만 아니라 國際條約이나 船級協會 規則에 따라서 각각 화물의 유조와 길이가 제한을 받게 되므로 벌크 화물선의 경우보다 檢討해야 할 사항도 많고 약간 複雜하다.<sup>9)</sup>

앞절에서 설명한 것을 종합하여 Fig. 4 와 같이 Tank 형상을 6 개로 구분하여 볼 때 다음과 같은 개략 배치도를 얻을 수 있다. 즉,

TYPE A ; ( 대형 Tanker, 최소한의 규정만족을 위한 Center Tank 幅, Wing S. B Tank )

TYPE B ; ( 대형 Tanker, Steel Weight 최소화를 위한 Center Tank 幅, Surplus Ballast 確保 )

TYPE C ; ( 중, 소형 Tanker, Double Hull )

TYPE D ; ( Occasionally Applied, Double Bottom + One pair of Wing )

TYPE E ; ( PL-Area 만족을 위한 대안 )

TYPE F ; ( PL-Area 만족을 위한 대안 ) 이다.

또한 Tank 형상 6 개에 따른 비교표는 TABLE-4 와 같다.

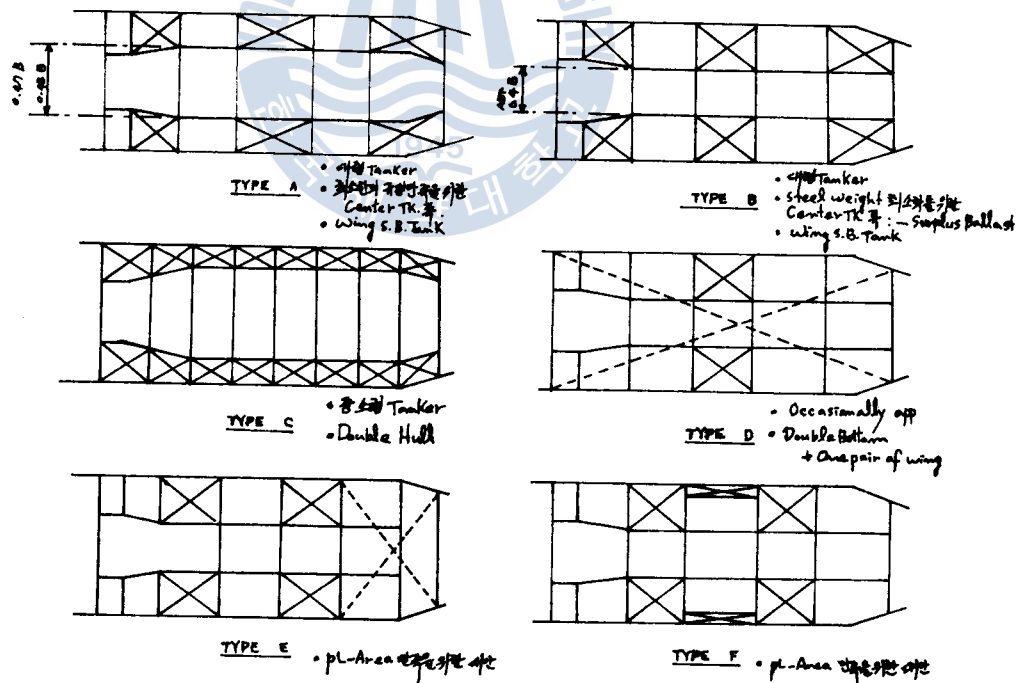


Fig. 4 Type of tank.

TABLE-4 Comparison table for tank Type.

Type 내용	A	B	C	D	E	F
Tendency	LARGER TANKER		SMALLER TANK-ER (4만톤이하)			
Construction	Wing S. B. Tanks (Single Bottom) * $0.48 < b < 0.67B$	Wing S. B. Tanks (Single Bottom) $b \approx 0.4B$	Single Bottom Double Hull	Double Bottom +One pair of Wing	Wing S. B. Tanks +Partial Bottom +Partial Hull	TYPE B 와 유사한 경우
Positive Review	① 규정된 내용을 최소한으로 만족 ② Steel Weight 최소화 ③ Pollution Reduction 유리 ④ Gale Ballast 빈도 감소	① Steel Weight 최소화 ② Pollution Reduction 유리 ③ Gale Ballast 빈도 감소	① PL-Criteria 만족도 용이 ② Subdivision 시 Center Longi. Bkd 설치로 Steel Weight 최적 ③ Stripping 증대 ④ Tank Coating 양호	① 요구 PL-Area 적게 만족 (Bottom 만으로 가능) ② Stranding에 대한 보다 나은 방호 ③ Stripping 증대 ④ Tank Coating 양호	① Non PL-SBT일 경우 PL-Area 를 만족시키는 방안으로 채택	
Negative Review	① Wider Center TK i-Center Line Girder 필요 ② Steel Weight 증가	① Ballast 량이 많게 됨 i- 동일한 크기의 경우 Type A에 비해 약 30% 증가 i- Cargo capacity 감소 ② Surplus Depth 필요	① Stranding Side 노출 ② Gale Ballast 경우 빈번	① SBT 부족 i- Bottom 만으로 불충분 i-One Pair of Wing 필요 ② Stability 감소 ③ Bilge Area 적용 곤란 i- Inner Bottom 은 Slop 구조 및 Step 구조를 가지게 된다. ④ Bottom 구조에 의한 Steel Weight 증가	① Hull Steel Weight 감소목적 상실 ② Paragraph Ship (단막구조) 으로 강도상 보강 ③ 선수부 Bottom 부분의 Stranding 방호문제 논란	
Remark	B : moulded breadth b : breadth of center TK * Type A < Type B (better than A) 대형 Tanker 의 경우					• 40,000톤 이하의 경우 "J" Coefficient의 변화에 따라 보다 큰 PL-Area 를 만족하기 위해서는 거의 "Type C" 를 채택하는 경향이 많다. ( $\sum PA_i + \sum PA_j \times [L_i (B + 2D)]$ )

### 7. 供試船에 대한 計算

本 論文에서 使用한 프로그램 자체의 편성에 대한 檢定과 採用한 計算방법의 정도에 대한 檢證의 목적을 DWT 35,000 KT Product Carrier에 대하여 예제 計算을 TABLE-7과 같은 주요치수로 하여 MARPOL 73/78 Rule에 의해 CASE 1, CASE 2, CASE 3의 3조건으로 나누어 Double Bottom 구조로 구조변경하여 PL/SBT를 滿足하도록 (1)~(6)과 같이 修正하여 기준선과 수정후의 비교결과를 TABLE-8과 같이 정리하여 보았다.

- (1) Protected Area (P.L) Calculation (REG. 13 (E)) → TABLE-9
- (2) SBT Capacity Calculation (REG. 13) → TABLE-10
- (3) Double Bottom의 최소 요구 높이 결정 (REG. 13 (E) PL/SBT) → TABLE-11
- (4) CASE 1 : MODIFIED DESIGN → TABLE-12
- (5) CASE 2 : MODIFIED DESIGN → TABLE-13
- (6) CASE 3 : MODIFIED DESIGN → TABLE-14

TABLE-7 PRINCIPAL PARTICULARS of DWT 35,000 KT PRODUCT CARRIER

PRINCIPAL PARTICULARS		
LENGTH	O.A	192.55 M
LENGTH	B.P	180.00 M
BREADTH	(MLD)	30.00 M
DEPTH	(MLD)	16.50 M
DESIGN DRAFT	(MLD)	10.90 M
SUMMER DRAFT	(EXT)	11,719 M
MAIN ENGINE		7L 67GFCA
M. C. R		15,200 BHP × 123 RPM
TRIAL SPEED	(AT 11, 920 BHP)	16.20 KNOTS

TABLE-8 Comparison of Existing ship and Major Conversion

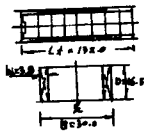
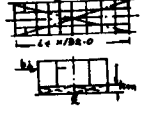

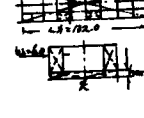
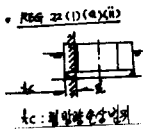
구분 내용	기 준 선		MODIFIED		
			CASE 1	CASE 2	CASE 3
CONSTRUCTION	 1. Single Bottom 2. Double Hull ( $L_t$ 전길이에 걸쳐 S. B. T)		 1. Double Bottom (S. B. T) 2. $h_m = 2.43M \sim 2.00 \sim 2.43M$ 의 Slop 구조	 1. Double Bottom (S. B. T) * $L_t$ 전길이에 걸쳐 $h_m = 2.0$ 로 일정 2. One pair of Wing (S. B. T)	 2. Two pairs of Wing (S. B. T)
	REQUIRED	SBT 12,091 M <sup>3</sup>	12,091 M <sup>3</sup>		
	PL 3610.8 M <sup>2</sup>	3610.8 M <sup>2</sup>			
DESIGNED	SBT	⊕ 2433	⊖ 3839	⊕ 3927	⊕ 2319
	PL	⊕ 22.79	⊕ 913	⊕ 45.6	⊕ 45.6
RESULTS	 $b_i > t_c = 6.0M$		CASE 1: ① IOPP 증서 획득 불가; 이유 및 대책: PL은 지나치게 많으나, SBT는 부족. D/B Height를 3.3M 이상으로 올려야 하는 기현상으로 불가 (CASE 2로 해결방안 모색) CASE 2: ① IOPP 증서 획득 가능 ② SBT Capacity 기준선에 비해 잉여분 61% 증가 ③ Cargo Capacity는 SBT 증가분만큼 감소 : -D/W 감소 (Abt.(195톤)로 Owner 요구 만족 불가 ④ CASE 3로 해결방안 모색 CASE 3: ① IOPP 증서 획득 가능 ② SBT Capacity 잉여분 5% 감소 ③ Cargo Capacity SBT 감소분만큼 증가 (114 M <sup>3</sup> ) * ④ $b_i > t_c = 6.0M$ 를 만족시키는 경우 ② ③은 기준선과 동일		
CONCLUSION	CASE 3는 Double Bottom + Two pairs of Wing TK 구조로서 주어진 규정 만족조건하에서 가능한 것으로 이를 기준선과 비교대상으로 선택했음				

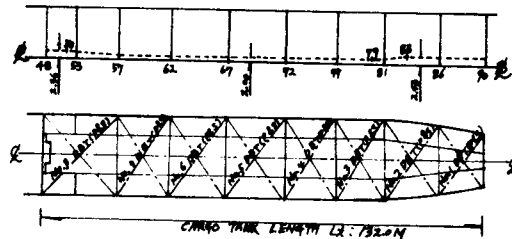
TABLE -12 CASE 1 Calculation

MODIFIED DESIGN

(FOR D/B)

CASE 1

i) 구조도



ii) PL 및 S. B. T 계산 (REG. 13/ REG. 13 (E))

PA & SBT HOLD NAME	PA <sub>c</sub>			PA <sub>s</sub>		CAPACITY M <sup>3</sup>	REMARK
	① ft	② D	①×②	③ bt	①×③		
D/B (FR 48 ~ 52)	6.6	2.36	15.6	30	198	287	
" (" 52 ~ 57)	16.5	2.18	36.0	30	495	495	
" (" 57 ~ 79)	72.6	2.00	145.2	30	2178	4225	
" (" 79 ~ 83)	13.2	2.22	29.0	30	396	674	
" (" 83 ~ 90)	23.1	2.43	56.1	30	693	707	
F. P. T.						946	
A. P. T.						564	
TOTAL	2 × ① × ② = 563.8			3960		8252	

$$\Sigma PA_c + \Sigma PA_s = 563.8 + 3960 = 4523.8 > 3610.80 \quad \oplus 913 M^2 / OK$$

$$S. B. T. Capacity = 8252 < 12091 \quad \ominus 3839 M^3 / NO$$

\* 조건 : Cargo Area 전 범위에 걸쳐 Double Bottom 설치 (Slop 구조)  
(REG. 13(E)의 만족을 고려하여 Bkd 위치에 관계없이 최소높이를 갖는  
Double Bottom Height 결정)

iii) 결 과

- ① 계산 : (1) PL ..... 913 M<sup>2</sup> ⊕ ..... 잉여분  
(2) SBT ..... 3839 M<sup>3</sup> ⊖ ..... 부족분

② 판정 : (1) PL 및 SBT 계산결과는 지나치게 PL은 남고, SBT는 부족하다  
..... SBT 만족을 위해서, SIDE TANK (P & S) 중 One Pair 를 SBT 로  
설정해야 하며, 이때 PL 면적은 더욱 증가한다.

(2) 선각구조상, 높이 16.5M의 Longi Bkd 가 폭 30.0M의 Inner Bottom 으로  
개조되며, Double Bottom 내부의 Duct Keel 형성을 위한 구조가 추가되어  
강재중량이 증가한다.



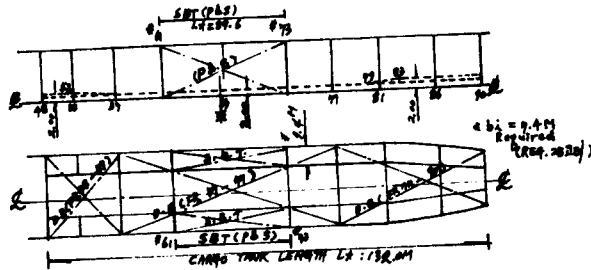
TABLE -13 CASE 2 Calculation

MODIFIED DESIGN  
(FOR D/B)

CASE 2

\*\* 조건 : 전 후부의 Slop 구조를 없애고 최소높이 2.00M으로 전길이에 걸쳐 D/B를 설치

i) 구조도



ii) PL 및 SBT 계산 (REG. 13/REG.13(E))

HOLD NAME	PA <sub>c</sub>			PA <sub>s</sub>		CAPACITY M <sup>3</sup>	REMARK
	① Lt	② D	①×②	③ bt	①×③		
D/B (FR 48 ~ 57)	23.1	2.0	46.2	-	-	682	
" (FR 57 ~ 77)	66.0	2.0	132.0	30.0	1980	3888	
" (FR 77 ~ 90)	42.9	2.0	85.8	-	-	1440	
S. B. T (FR 61 ~ 73)	39.6	14.5	574.2	-	-	8498	PA <sub>s</sub> 는 ② D/B 포함
F. P. T.						946	
A. P. T.						564	
TOTAL	2×①×② = 1676.4			1980		16018	

•  $\Sigma PA_c + \Sigma PA_s = 1676.4 + 1980 = 3656.4 > 3610.8$       ⊕ 45.6 M<sup>2</sup>/OK  
 • S. B. T. Capacity = 16018 > 12091      ⊕ 3927.0 M<sup>3</sup>/OK

iii) Tank Size 제한 (REG. 24)

... REG. 24(4)(C)(ii) For Center Tank,  $b_i = 7.4$  M  
 ... MAX. Length of Tank ;  $(0.5 \times b_i / B + 0.1)L = 40.58$  M  
 ; Center Tank (FR: 61 ~ 73)  $L_t = 39.6 < 40.58$       ⊕ 0.98 M/OK

iv) 결 과

- ① REG. 13/13(E) 24 ..... 모두 만족되고 있으나, SBT 량은 Rule 요구에 비해 지나치게 많다.
- ② REG. 25 (Subdivision & Stability) ... D/B Height 에 의한 KG 값의 상승이 있으나, 수정이전의 조건 (Single Bottom 구조)이 갖는 성격이외에 추가문제는 제기 되지 않을 것임
- ③ Tank 갯수는 { Original ..... 18개 } 3개 증가  
CASE 2 ..... 21개
- ④ Cargo Loading 시 Bending Mt 는 증가하나, 전체적으로는 문제되지 않을 것임
- ⑤ 선각구조상 문제는 CASE 1 의 경우와 같다.

TABLE -15 Relationship of Construction Alteration for the Existing ship and CASE 3

구 분	기 준 선	CASE 3
Longitudinal Bulkhead	3 個	2 個
Inner Bottom	無	有
Center Girder	"	"
Duct Keel	"	"
Cargo Tank 갯수	기 준 ( 18 )	증 가 ( 22 )
Cargo Pipe Line	"	"
Steel Weight	"	"
Stripping Capacity	"	용 이
Coating	"	"
C. O. W ( 혹은 Cleaning )	"	"
DWT	"	감 소
INITIAL COST	"	증 가

및 Tanker 운용상의 C.O.W 등 장점을 가지고 있다. 그러나 Steel Weight의 증가에 의해 L/W (경하중량; Light Weight)의 증가를 초래한다.

다시 말하면, Cargo Capacity는 변하지 않으나 DWT는 감소하게 됨으로써 Owner의 要求는 充足되지 못하게 된다 ( Full Load Cargo 비중 감소 ).

따라서 設計時 고려하는 모든 step은 아래와 같은 차원에서 다시 檢討되어야 할 것이다.

Double Bottom 구조 자체의 Steel Weight 증가폭 ( 700 TON 추정 )은 물론이며 CASE 3과 같은 경우 Owner의 要求를 滿足하기 위한 Dimension 증가에 의해 Steel Weight는 더욱 증가하게 됨으로써 Initial Cost의 증가를 가져와 국제 수주 競爭에서 他造船所에 비해 비싼 船價를 내놓게 될 것이다.

結論적으로 TANKER의 DOUBLE BOTTOM 구조 설치에 上記檢討 결과로 보아 동일한 DIMENSION, 동일한 DWT 만족 조건하에서 어려운 일이라고 판단되며, 또한 TABLE -15의 내용으로 보아, PL/SBT를 適用하지 않는 소형 TANKER의 경우도 동일한 결과를 초래할 것으로 생각된다.

## 9. 結 論

첫째, 現 SINGLE BOTTOM 구조는 PL/SBT 를 SIDE에서 滿足시키도록 DOUBLE HULL로 設計하였으며 이는 최소한의 범위에서 PL/SBT를 滿足하고 있는 까닭에 PL/SBT에 의한 船殼重量 증가폭 (과거선박기준)을 최소로 하고 있으며, 區劃 決定時Center Line에 Center Longi. Bulkhead 設置로 강재중량 최적화를 기하고 있다.

그러나, 生産段階에서의 Tank Coating 작업이 D/B의 경우보다 不利할 것이며, 船舶運航上 Crude Oil Washing 및 Tank Cleaning 에 관한 작업이 용이하지 못하다는 점을 간과해서는 안될 것이다.

둘째, DOUBLE BOTTOM만 設置하는 경우 PL/SBT 를 滿足시킬 수 없으며 滿足하게 하더라도 DOUBLE BOTTOM의 높이가 3.3 M 以上이어야 하는 기현상이 되고 있다.

### (CASE 1)

세째, PL/SBT 滿足은 DOUBLE BOTTOM 만으로 不可能하므로 SIDE TANK에 SBT 를 추가 設置함으로써 規定 만족에 도달하고 있다.

1 조의 SBT 設置時 1,200 톤의 DWT 감소로 Owner의 要求를 滿足시킬 수 없으며 (CASE 2), 따라서 2 조의 SBT 를 必要로 하게 된다

이 경우 문제의 핵심은 D/B 구조 설치에 따른 船殼重量의 증가 및 DWT의 감소에 있다.

船殼重量의 증가는 D/B 설치시 500 톤 이상 DWT 감소에 따른 Dimension 修正에 따른 船殼重量 증가, 500 톤 이상 약 1000 톤 이상의 강재가 D/B 설치의 경우 더 소요될 것으로 추정되며, 이 경우 船價 上昇이 예상된다.

또한, D/B 방식으로서의 RULE 만족을 위해 부수적인 많은 直接 計算이 수반되며, 특히 Bilge 부분의 D/B 최소 높이 규정을 만족하기 위한 Inner Bottom의 경사구조 (SLOP) 採擇時 Inner Bottom의 Height 는 一定하지 않게 되고, Cargo Tank의 個數 增加로 Cargo Segregation 關聯 設備의 增加 및 C.O.W 등의 Cleaning 設備도 增加되어야 할 것이다.

이상의 結果分析으로, 船舶設計者는 MARPOL 73/ PROTOCOL 78 Rule의 適用이 船價에 미치는 영향을 예견하고 날로 치열해가는 受注 競争에서 競争 造船所를 이길 수 있는 船價 策定을 위하여, 設計段階에서 고려해야 하는 수많은 關聯問題 가운데 보다 우선 순위에 있는 것이 무엇인가의 판단에 만전을 기해야 할 것이다.

最近 TANKER의 경우 Double Bottom을 採擇하는 事例에 있어서 Operation 면에서

Stripping Capacity 향상과 Tank Cleaning 용이, C. O. W 를 위한 소요시간 短縮, Tank Heating시 熱損失 감소 등을 열거하여 보다 나은 Operation이라는 장점으로 Owner의 선호적 관심을 유도함으로서 Tanker에 있어서 Double Bottom 採擇이 可能해지기도 하고 있다.

이것은 窮極의 船價의 상승을 보상받게 된다는 船主의 財産성을 자극함으로써 Tanker 設計도 새로운 方向으로 전환될 수 있음을 시사하는 것이며, 또한 實例 Double Bottom을 採擇함과 동시에 Submerged pump를 設置하여, Main Pump Room이 없는 구조로 선체길이를 줄임으로써 船殼重量의 증가폭을 줄이는데 기여하기도 하는 것이다.

結論的으로, 동일한 Dimension, 동일한 DWT 만족 조건하에서 Tanker의 Double Bottom은 Single Bottom 보다 船價를 상승시키며, PL/SBT를 適用하는 船舶은 適用하지 않는 경우보다 큰 Dimension을 갖게 된다.

또한, MARPOL 73/PROTOCOL 78에 의한 PL/SBT의 적용문제는 결코 妥協의 對象이 될 수 없으나, Rule 이외의 다른 인자들이 우선될 경우, Rule의 適用 FGMDSS의 개발에 注力하여 海上에서의 船舶의 運航에 관련된 人命의 安全도 새로운 方向으로 檢討될 수도 있는 것이다. 또한 船舶設計에서 전산화를 시도할 수 있는 EXPERT SYSTEM의 도움을 받아 MARPOL 73/78 Annex II의 Chemical Tankers에 IMO BCH/IBC Code가 적용되므로 선박설계에 따른 구조 및 설비의 개발이 필수적인 것이다.

이는 계속하여 연구 발전되어야 할 과제로서, Rule의 적용은 주어진 狀況下에서 最적의 經濟性을 찾고자 하는 노력으로 적용되어야 하는 것이다.

## 參 考 文 獻

1. DET NORSKE VERITAS : "MARPOL (IMO CONVENTIONS)"
  - PART 1. International Convention on Load Lines, 1966 (ILLC-66)
  - PART 2. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS-74)(as modified by the protocol of 1978)
  - PART 3. International Convention on tonnage Measurements of Ships, 1979.
  - PART 4. Convention on the International Regulations for preventing Collisions at Sea, 1972.
  - PART 5. International Convention for the prevention of Pollution from Ships, 1973 (as modified by the protocol of 1978, MARPOL 73/78)

2. DET NORSKE VERITAS : “ANNUAL, Intermediate and Periodical (Renewal) surveys - MARPOL 73/78, ANNEXI”, International oil Pollution Prevention (IOPP) Certificate.
3. 海運港灣廳 船員船舶局 : “The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 Relating thereto, 安國出版社, 1984.
4. 前掲書(3) : pp. 234.
5. 海洋油濁防止裝置의 性能評價基準에 關한 調査研究報告書 : 日本造船研究協會, 研究資料 No. 53 R, No. 55R, No. 66, No. 67.
6. 運輸省海洋汚染防止法研究會編 : “海洋汚染防止法の解説”, 成山堂, 昭和51年.
7. L. J. Crighton and E. I. Tefer. “Segregated Ballast Tanker.” Symposium on Marine Pollution 1973, R. I. N. A
8. J. Flatseth and H. R. Hansen. “GOING FROM PRODUCT CARRIERS INTO CHEMICALS.” Seminar on Specialized Tankers, Hongkong, March 17 th, 1981.
9. DRAFT REGULATORY GUIDE FOR THE REVIEW AND INSPECTION OF THE NEW TANK VESSEL STANDARDS, U. S. C. G, 1980.
10. H. Kobayashi : “INVESTIGATIONS OF PRACTICAL IMPACT OF MARPOL 1978 ON TANKER DESIGN, Tokyo Seminar, 1980.



