

## Welded Storage Tank 의 設計

文 麟 一\*

石油製品의 需要增加에 따르는 貯油施設의 確保는 石油 energy 의 安全供給上 絶對不可缺의 要素가 되어왔다. 特히 施設의 大型化에 따르는 Super Tanker 의 出現으로 貯油탱크도 차츰 그 容量이 巨大해져서 600,000 bbl 級 以上의 大型탱크가 여러곳에 建設되었고 最近 美國의 CB&I Co. 에서는 直徑 340 ft. 에 높이 64 ft. 의 크기를 가진 1,000,000 bbl 의 탱크를 設計하기에 이르렀다. 우리나라에도 最近 直徑 245 ft. 에 높이 62 ft. 容量 500,000 bbl 의 Floating Roof Tank 2 基가 蔚山에 建設되었다.

從來 ASTM A 283 Grade C 와 같은 carbon steel 로서는 API standard 의 規定에 따라 一定容量 以上의 大型탱크는 設計가 不可能하였으므로 各會社마다 high strength steel 을 使用한 獨自의인 設計方式을 採擇하여 왔었으나 1967 年 12 月에 API std. 650 의 Appendix G 가 새로 制定公表되어 過去에 non-code tank 의 取扱을 받아왔던 超大型 tank 도 同 standard 에 따라 設計를 할 수 있게 되었다. 그러나 世界各國에서는 tank shell 에 對한 strain measurement 나 computer programming 에 依한 circumferential stress 의 分析結果等으로 上記 Appendix 에 對하여는 多少 批判의인 것이 最近의 傾向이 되고있다.

여기서는 API Std. 650 에 따르는 一般的인 設計方式과 大型 tank 에 있어 가장 重要한 shell 의 設計를 重點으로 說明하고자 한다.

其他 保溫 또는 加熱을 要하는 탱크에 있어서의 heating coil 의 設計 및 탱크에 붙여야할 各種 accessory 의 選定 等에 關해서는 다음 機會로 미루기로 한다.

### 適正탱크의 選定

여기서 說明하고자 하는 常壓下에서 油類를 貯藏하는 vertical cylindrical tank 는 roof 의 形態에 따라서 Fixed Roof Tank (Cone Roof Tank 등) 와 Floating Roof Tank 의 2 種으로 大別된다. 이中 어느 것을 선택할 것인가에 關해서는 다음과 같은 點을 考慮하여야 한다.

1) 蒸發損失 2) 火災의 危險度 3) 大氣와의 接觸으로 因한 品質의 變化 4) 腐蝕으로 因한 維持費의 增加.

蒸發損失은 貯藏되는 油種에 따라 다르고 filling loss 와 breathing loss 가 主된 原因인데 特히 外氣溫度的變化로 因한 breathing loss 는 貯藏製品의 蒸氣壓과 탱크 内部의 vapor space 에 크게 關係된다.

引火點이 80°F 以下인 原油, 揮發油, 噴燃料油, 납사 등을 Cone Roof Tank 에 貯藏 할 경우에는 tank 上部의 空間에 空氣와 蒸氣가 섞여서 그 混合比가 爆發限界內에 들어갈 憂慮가 많으므로 이러한 油種들은 Floating Roof Tank 에 貯藏하는 것이 보통이다.

吸濕性油類나 空氣와의 接觸으로 고무狀의 異質物質을 形成하는 油類等은 Floating Roof Tank 에 貯藏하거나 空氣와의 接觸을 막기 爲하여 Cone Roof Tank 에 inert gas 를 注入하기도 한다. (Gas Blanketing) 硫黃分이 많은 原油처럼 腐蝕性蒸氣를 發散하는 油類를 貯藏하기 爲하여는 그러한 蒸氣의 發生을 防止하기 爲하여 特殊한 type 의 Floating Roof Tank 를 使用하여야 한다.

以上과 같이 揮發性이 강한 輕質油類는 Floating Roof Tank 에, 其他 distillate fuel 이나 重質油類들을 Cone Roof Tank 에 貯藏하는것이 一般化되고 있으나 Floating Roof Tank 의 경우 底板으로부터 4~6 ft. 以上의 位置에 floating roof 를 維持하여야 하므로 그만큼의 容量은 恒常 unavailable volume 으로 남게되고 탱크의 直徑이 커질수록 이 dead stock 의 量은 增加하게 된다. 또한 Cone Roof Tank 의 경우 直徑이 작을때는 別로 問題가 되지 않지만 直徑이 커짐에 따라 roof 의 support 에 必要한 構造物이 巨大해져서 Floating Roof Tank 보다 建設費가 높아질 경우도 생기게 되므로 設置費用 問題도 慎重히 檢討하여 適正한 tank 를 選定하여야 할 것이다.

### 直徑과 높이의 決定

탱크의 公稱容量은  $bbl = 0.14D^2H$  ( $D$ : 直徑  $H$ : ft. 높이) 로서 計算되는데 이 式에서 알 수 있는 것처럼 容量은 直徑의 自乘에 比例함으로 높이를 크게 하는 것 보다는 直徑을 늘리는 便이 더욱 效果的이다. 그러나 直徑이 커짐으로서 생기는 unavailable volume 의 增加나 建設費의 增加 또는 탱크 敷地面積 等 여러가지 經濟的인 問題들도 檢討되어야 할 것이다.

\* 大國石油公社設計部長

本誌說은 1968 年 7 月 31 日 韓國化學工學 夏期 Symposium 에서 講演한 內容임.

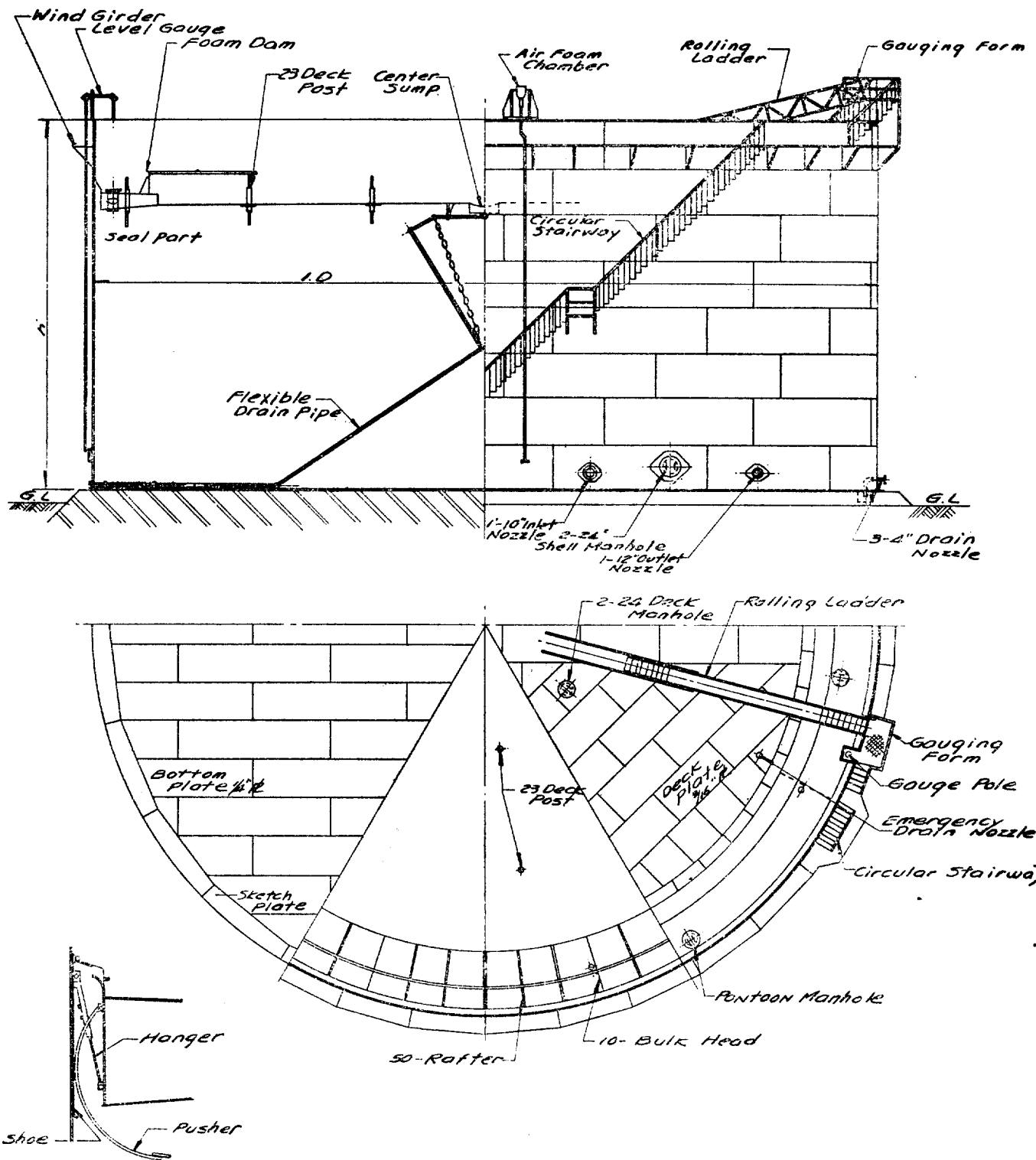


FIG.1 GENERAL PLAN OF FLOATING ROOF TANK

Seal System

理論的으로는 다음과 같은 式에 依하여 直徑과 높이  
의 比를 決定할 수 있다.

$$D=4H\left(\frac{C_1}{C_2+C_3+C_4+C_5}\right)$$

$C_1$ : shell 의 單位面積當 建設費

$C_2$ : 底板의 "

$C_3$ : roof 의 "

$C_4$ : 單位面積當 基礎工事費

$C_5$ : 單位面積當 敷地價格

여기서 地耐力이 弱한 敷地나 地價가 비싼 곳에서는  
 $C_4$  및  $C_5$ 가 차지하는 比重이 커진다. 그러나 一般의  
으로는 設計의 便宜上 또는 탱크 規格의 統一上 API  
std.에서 規定한 標準規格의 탱크를 採擇함이 妥當하다.  
그리고 3,000 bbl 以下의 小型 탱크인 경우에는 보통  
直徑과 높이를 同一하게 하고 使用되는 鐵板도 3/16 in.  
나 1/4in.의 두께로 統一하여 짓는 경우가 많다.

### 底板(Bottom)의 設計

Cone Roof Tank 나 Floating Roof Tank 를 不問하

고 完成된 Tank 의 水壓試驗에 견딜만큼 充分한 地耐  
力을 가진 地盤위에 탱크를 建設하여야 하며 특히 不  
等沈下 外象이 일어나지 않도록 格別히 注意를 하여야  
한다. 따라서 地耐力이 弱한 處에 탱크를 設置하고자할  
때에는 適切한 方法으로 地盤改良을 하여야 하고 100ft  
以上의 直徑을 가진 tank 인 경우에는 shell plate 밑  
부분을 concrete ring 으로 補強하는것이 좋다.

以上과 같은 地盤위에 tank 를 設置하는 경우 理論  
的인 底板의 두께는 16 Gage 정도면 되나 腐蝕等を 考  
慮하여 普通 1/4 in. 以上의 鐵板을 使用하여야 한다.  
一般의인 底板의 配列方法은 그림 .3과 같으며 直徑이  
50 ft 以上인 탱크에는 shell plate 와 接觸하는 部分에  
sketch plate(3/8")를 까라서 補強하여야 하는데 high  
strength steel 로된 탱크인 경우에는 이 sketch plate 가  
第一段 shell plate 와 同一 材質의 것이라야 한다.

使用되는 鐵板의 크기는 6'×20' 나 8'×30' 가 適合  
하며 작은 鐵板을 使用하면 溶接길이 가 늘어나서 設置  
費가 높아질뿐더러 응接處의 thermal stress 로서 平坦  
한 表面을 얻기가 어렵다.

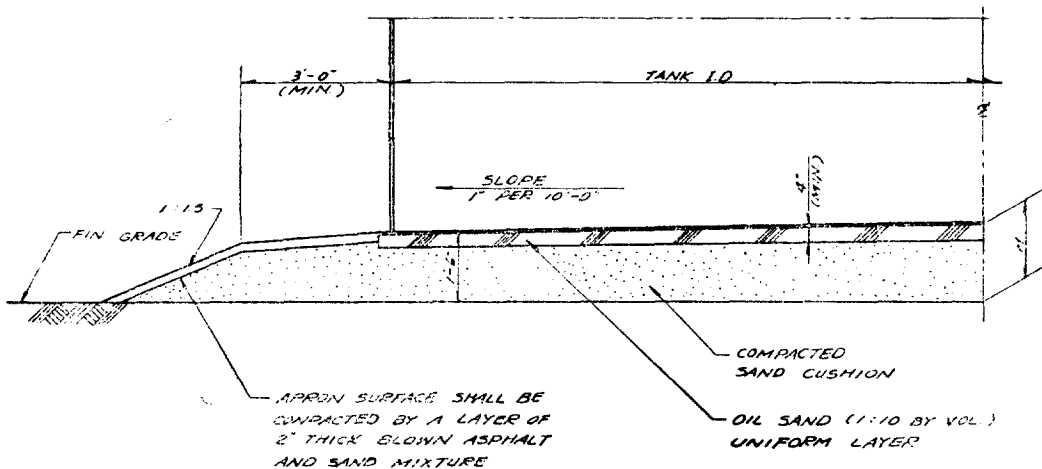


FIG. 2 TANK FOUNDATION

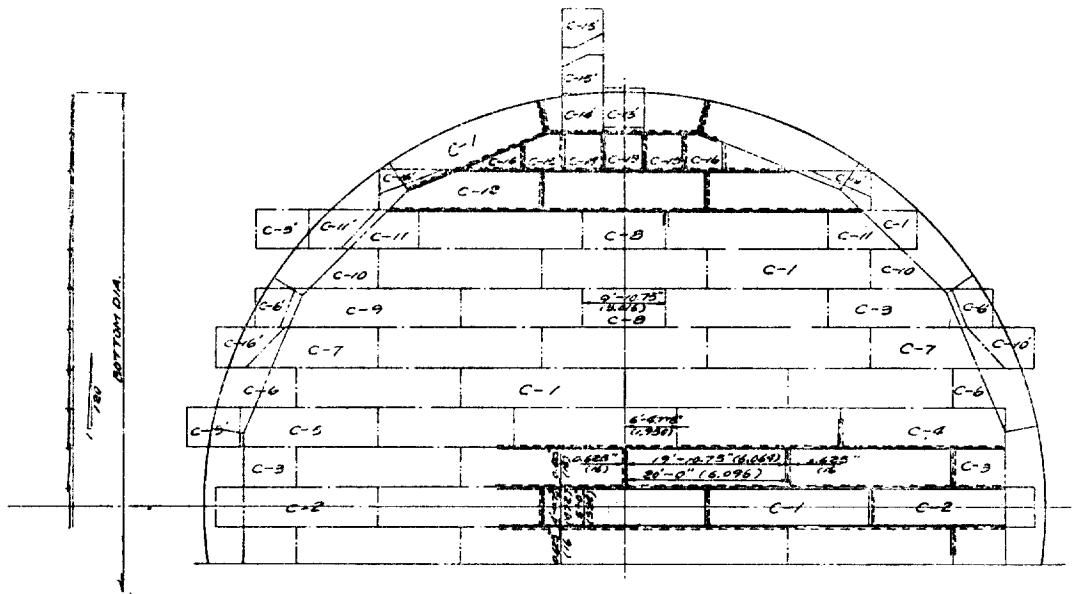


FIG. 3 BOTTOM PLATE ARRANGEMENT

### 側板(Shell)의 設計

Cylindrical tank의 側板設計는 一般 vessel과 根本的으로 同一한 設計方法을 따른다. tank의 shell에 作用되는 應力으로서는

- 1) 内部壓力에 依한 longitudinal stress
- 2) 内部壓力에 依한 circumferential stress (Hoop Stress)
- 3) 溶접으로 因한 thermal stress
- 4) 降雪, 風雨, 結氷, 其他 탱크에 附着되어 있는附屬物 등으로 因한 應力
- 5) 溫度差로 因한 應力

等을 생각할 수 있는데 이 중에서 가장 크게 作用되는 것은 直接接合部分에 걸리는 hoop stress이고 理論的으로 longitudinal stress의 2배에 相當되기 때문에 側板의 設計에는 이 stress를 基準으로 하고 있다. 지금 鐵板의 두께를 求하는 基本公式

$$t = \frac{Pd}{2fE} + C \dots \dots \dots (1)$$

t: 鐵板의 두께, inch

p: 内部壓力, psi

d: 탱크의 內徑, inch

f: 許容應力, psi

E: Joint Efficiency ≤ 1

C: Corrosion allowance

(特別히 規定하지 않은 限 無視)

에서 内部壓力을 水壓試驗時에 作用하는 壓力으로 생

각하고 側板各段의 設計基準點을 該當 course의 下端으로부터 1ft. 上部로 定하면 (1)式은 다음과 같이 된다

$$t = \frac{62.37(H-1)(12D)(G)}{2fE(144)}$$

$$t = \frac{2.6(C)(H-1)(G)}{fE} \dots \dots \dots (2)$$

D: 탱크의 內徑, ft.

H: 各段 下端으로부터 tank shell 上端까지의 높이, ft.

G: 比重, ≤ 1

API Std. 650에서는 鐵板의 材質로서 ASTM A-7이나 ASTM A283 Gr. C를 使用토록하고 許容應力 21,000 psi(引張強度의 約 1/3), Joint Efficiency 0.85로 하여 다음과 같은 公式을 使用토록 하였다.

$$t = 0.0001456(H-1)DG \dots \dots \dots (3)$$

(Design stress 21,000 × 0.85 = 17,850 psi)

表 (1)에 나타낸 API 탱크의 shell 두께는 上記 (3)式으로부터 計算된 것이다.

또한 同 standard에서는 溶접上의 難點等 理由로서 max. plate thickness를 1½"로 制限하고 있기 때문에 表 (2)에서 알 수 있는 것처럼 最大容量이 300,000 bbl 程度의 線에서 限定되었었다.

그러나 그뒤에 制定된 Appendix D(Alternate Design Basis for Tank Shell)에서는 Joint Efficiency를 100%로 보고 두가지의 許容應力值로서 鐵板의 두께를 計算하도록 되어있다. 卽,

**Table. 1 Shell-Plate Thicknesses for Typical Sizes of Tanks with 72-In. Butt-Welded Courses**

Tank Diameter (Feet)	Tank Height (Feet)									
	6	12	18	24	30	36	42	45	54	60
	Number of Courses in Completed Tank									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Shell-Plate Thickness (Inches)										
10	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	...	...	...	...
15	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	...	...	...	...
20	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	...	...
25	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0.20	0.22
30	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0.21	0.24	0.26
35	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0.21	0.24	0.27	0.30
40	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0.21	0.24	0.28	0.31	0.35
45	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	0.23	0.27	0.31	0.35	0.39
50	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	0.26	0.30	0.35	0.39	0.43
60	1/4	1/4	1/4	1/4	0.26	0.31	0.36	0.41	0.47	0.52
70	1/4	1/4	1/4	1/4	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.61
80	1/4	1/4	1/4	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62	0.69
90	1/4	1/4	1/4	0.31	0.38	0.46	0.54	0.62	0.70	0.78
100	1/4	1/4	1/4	0.34	0.43	0.51	0.60	0.69	0.78	0.86
120	5/16	5/16	5/16	0.41	0.51	0.62	0.72	0.83	0.93	1.03
140	5/16	5/16	0.35	0.47	0.60	0.72	0.84	0.96	1.08	1.21
160	5/16	5/16	0.40	0.54	0.68	0.82	0.96	1.10	1.24	1.38
180	5/16	5/16	0.45	0.61	0.76	0.92	1.08	1.24	1.39	...
200	5/16	0.32	0.50	0.67	0.85	1.02	1.20	1.37	...	...
220	3/8	3/8	0.55	0.74	0.94	1.13	1.32	...	...	...

**Table. 2 Typical Sizes and Corresponding Nominal Capacities for Tanks with 72-In. Butt-Welded Courses**

Tank Diameter (Feet)	Approx. Capacity per Foot of Height (Barrels)	Tank Height(Feet)								
		12	18	24	30	36	42	48	54	60
		Number of Courses in Completed								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	14.0	170	250	335	420	505	...	...	...	...
15	31.5	380	565	755	945	1,130	...	...	...	...
20	56.0	670	1,010	1,340	4,680	2,010	2,350	2,690	...	...
25	87.4	1,050	1,570	2,100	2,620	3,150	3,670	4,200	4,720	5,250
30	126	1,510	2,270	3,020	3,780	4,530	5,290	6,040	6,800	7,550
35	171	2,060	3,080	4,110	5,140	6,170	7,200	8,230	9,250	10,280
40	224	2,690	4,030	5,370	6,710	8,060	9,400	10,740	12,090	13,430
45	283	3,400	5,100	6,800	8,500	10,200	11,900	13,600	15,300	17,000
50	350	4,200	6,290	8,390	10,490	12,590	14,690	16,790	18,880	20,980
60	504	6,040	9,060	12,090	15,110	18,130	21,150	24,170	27,190	30,220
70	685	8,230	12,340	16,450	20,560	24,680	28,790	32,900	37,010	41,130
80	895	10,740	16,120	21,490	26,860	32,230	37,600	42,970	48,350	53,720
90	1,133	13,600	20,390	27,190	33,990	40,790	47,590	54,390	61,180	67,980
100	1,399	16,790	25,180	33,570	41,970	50,360	58,750	67,140	75,540	83,930
120	2,014	...	36,260	48,340	60,430	72,510	84,600	96,690	108,800	120,900
140	2,742	...	49,350	65,800	82,250	98,700	115,100	131,600	148,000	164,500
160	3,581	...	...	...	107,400	128,900	150,400	171,900	193,400	214,900
180	4,532	...	...	...	136,000	163,200	190,400	217,500	244,800	254,300
200	5,595	...	...	...	167,900	201,400	235,000	268,600	234,500	D=174
220	6,770	...	...	...	203,100	243,700	284,400	322,300	D=194	

D=219

$$t = \frac{2.6(D)(H-1)(G)}{21,000} \dots\dots\dots(4)$$

$$t = \frac{2.6(D)(H-1)}{23,000} \dots\dots\dots(5)$$

min. thickness 는 (4), (5)式으로 計算된 數値中에서 큰 쪽을 擇하여야 한다.

그後 大型탱크의 必要性이 切實해졌으나 이에 合當한 code 가 없어 會社마다 獨自의인 設計를 하여오던 中 1967年 12月에 high strength steel 을 使用하는 새로운 code (Appendix G)가 制定되었다.

이 Appendix G 에 依하면 使用되는 鐵板의 材質은 API std. 650 Sect. G. 10 이나 ASTM A 573 Grade 70 또는 Grade A 에서 規定한 high strength steel 이

라야 하며 各各의 yield strength 나 tensile strength 는 表 (3)과 같다. 또한 鐵板의 두께를 計算함에 있어 Appendix D 에서와 같이 design shell thickness 와 hydrostatic shell thickness 두가지 中 큰것을 取하게 되는데

$$t = \frac{2.6(D)(H-1)G}{S_d} \dots\dots\dots(6)$$

$$t = \frac{2.6(D)(H-1)}{S_t} \dots\dots\dots(7)$$

위에서 design stress ( $S_d$ )와 hydrostatic test stress ( $S_t$ )는 表 (3)에서 알 수 있는 것 처럼 第一段과 二段 以上の 側板에는 各各 다른 許容應力值를 使用하도록 되어있다.

Table. 3 Permissible Plate Materials and Allowable Stresses

(In Pounds per Square Inch)

Steel Specification	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Product Design Stress, $S_d$		Hydrostatic Test Stress, $S_t$	
			Ist Course	Upper Courses	Ist Courses	Upper Course
API Standard 650, Sect. G. 10.....	50,000	70,000	26,300	28,000	28,000	30,000
ASTM A 573, grade 70.....	38,000	70,000	25,300	28,000	28,000	30,000
ASTM A 537, grade A:						
<11/4 in. thick, incl. ....	50,000	70,000	26,300	28,000	28,000	30,000
>11/4 in. to 1 1/2 in. thick, incl. ....	46,000	65,000	24,400	26,000	26,000	27,900
ABS hull structural steels:						
Grade BH to 1 in. thick, incl. ....	47,000	71,000	26,600	28,400	28,400	30,400
Grades CH and EH to 1 1/2 in. thick, incl. ....						

Design Stress,  $S_d$ : 第一段은 Yield strength 의 2/3 또는 Tensile Strength 의 3/8 以下, 二段 以上은 Tensile Strength 의 2/5 以下를 基準으로 함.

Hydro. Test Stress,  $S_t$ : 第一段은 Tensile Strngth 의 2/5 以下, 二段以上은 3/7 Tensile strength 를 基準으로 함.

그러나 이 Appendix G 역시 max. plate thickness 를 1 1/2" 로 制限하고 있으므로 表(3)에서 規定한 allowable design stress 를 使用하여 計算하면 다시 600,000 bbl(260ft. × 64ft.)級 以上の 탱크는 設計가 不可能하게 된다.

英國에서는 第一 course 에 2/3 min. yield strength 나 U. T. S. /2. 6, 二段 以上은 U. T. S. /2. 35 等の design stress 를 適用하는가 하면 (U. T. S. Ultimate Tensile Strength) 1st and 2nd course 에는  $t = (2.6D H) / SE$  3rd course 以上에는  $t = [2.6D(H-h/3)] / SE$  ( $h$ : 各段의 높이) 等の 다른 公式를 使用하고있다.

한편 最近에 美國에서는 API 650 Appendix G 가 너무 conservative 하다는 見解를 가지고 同設計方法을 再檢討하여야 한다고 主張하는 學者들이 많아졌다. 特히 大型탱크의 경우, 탱크 shell 에 作用하는 應力の 實測과 computer 를 使用한 stress analysis 의 結果 더욱 確信을 갖게된 것이다.

API 650 의 Appendix D 나 G 에 있어서는 設計基準點을 (H-1)로 하여 各 course 의 plate thickness 를 計算하고 있는데 實際로 stress analysis 의 結果 大型 탱크에 最大應力이 作用되는 點은 第一段의 上部 또는 第二段의 下位部分으로서 경우에 따라서는 第二段이 第一段에 比하여 보다더 큰 應力을 받을수도 있게된다는 것이다.

또한 上段으로 갈수록 實際로 應力을 거의 받지않기 때문에 Appendix G 에서 第一段과 二段 以上에 各各 design stress 를 달리한것은 合當하나 第一段만 過重한 設計를 하게 되기 때문에 가장 큰 應力을 받는것은 第二段이 되기 쉽다는 것이다.

以上과 같은 탱크 shell 에 미치는 應力の 不均等を 解消시키기 爲하여 탱크 側板의 彈性運動에 根據를 둔 適正設計基準點을 各各 計算하여 그로부터 各 側板의 두께를 計算하는 variable design point method 를 發表하게 되었다. 그림 .4 는 220ft × 56ft. 크기의 탱크

를 API 650 의 Design Stress 17,850 psi, Appendix G 의 30,000 psi 를 각각 사용하여 variable design point method 로設計한 tank 의 實際應力分布 및 각 course 의 thickness 를 나타낸 것이다.

그림에서 點線으로 表示된 것은 API Standard 에 따라設計한 탱크의 actual stress 이다.

實線과 比較 해볼때 上段으로 갈수록 不必要하게 두꺼운 鐵板을 使用했음을 알수있고 (다시말해서(H-1) 이란 一律인 設計基準點이 不合理함) 第一段과 第二段의 應力分布에 注目할만하다. 또 6段과 7段은 23,000 psi 以下の stress 를 받게되므로 實際로는 carbon steel 을 使用해도 된다는 結論이다.

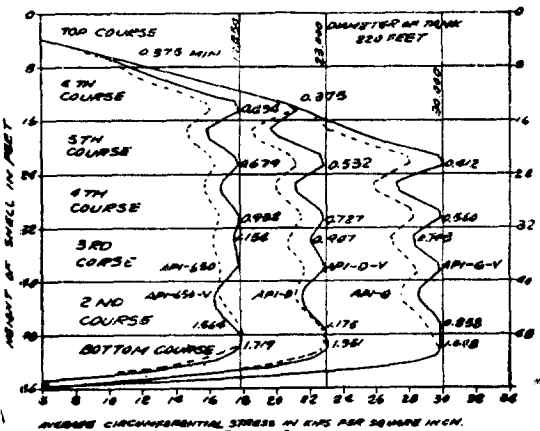
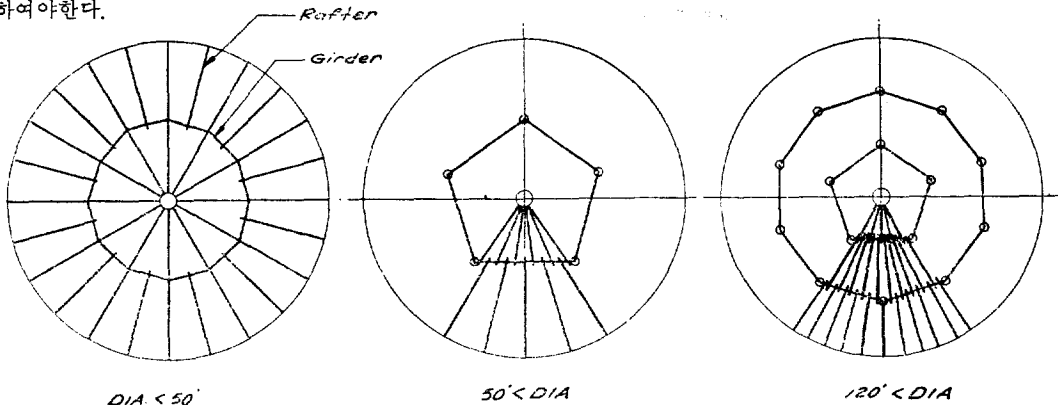


FIG. 4 Actual stresses by analysis in tank designed by variable point method.

#### Roof 의 板計

탱크의 Roof 는 Fixed Roof 와 Floating Roof 로 나눌 수 있는데 어떤 형태이든 Dead Load 以外에도 최소한도 25 lb/in<sup>2</sup> 의 Live Load 에 견딜 수 있도록設計하여야한다.



#### Rafter spacing

outer ring : 2 FT MAX

inner ring : 1 1/2 FT MAX

FIG. 6 ARRANGEMENT OF RAFTER & GIRDER

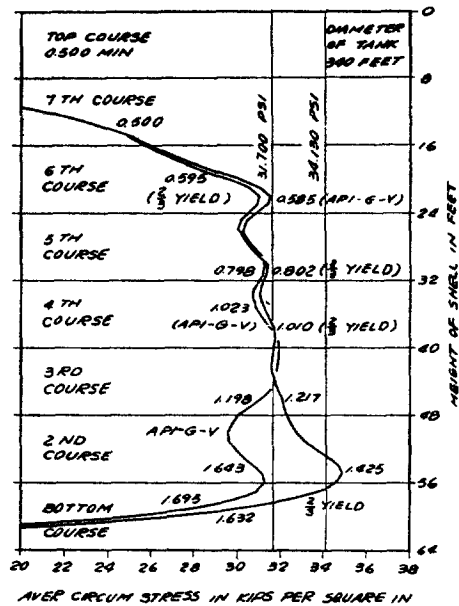


FIG. 5 Actual stresses by analysis in one million bbl tank designed by variable point method and by 2/3 YIELD.

API 650 에 依하면 roof plate 의 min. thickness 는 3/16 in. 로 하고 bottom plate 처럼 lapping 하여 full-fillet 용접을 하도록 되어있다. 以下 Fixed Roof Tank 中에서 가장 흔히 使用되는 Cone Roof Tank 와 Floating Roof Tank 의 roof 설계에 對해서 설명하기로 한다

## Cone Roof

Cone roof는 다시 Self-Supported Roof와 Column Supported Roof로 나누어지는데 Self-Supported란 탱크의 roof에 의해서支持되는 것으로서 直徑이 20 ft. 以下의 小型탱크에 適用되며 直徑이 커질수록 truss等 構造物이 커져서 非經濟的 이므로 기둥과 rafter 및 girder等으로 構成된 Column Supported Roof를 使用하게된다. Roof의 傾斜는 1/16 以上이라야 하고 column의 크기나 rafter 및 girder의 選擇은 各 탱크마다 嚴密한 構造 計算結果에 따라 이를 決定하여야 하며, 그 配例方法은 그림 .6에 例示한바와 같다.

## Floating Roof.

Floating Roof는 蒸發損失을 最少로 하는데 重點을 두고있으며 Floating Roof 탱크의 shell 上部는 wind girder를 붙여서 補強을 함과 同時에 walk way로도 使用되도록 한다.

Floating Roof는 탱크內에 들어있는 油面에 따라 움직이는 roof 自體와 seal로 構成되는데 seal의 種類도 여러가지가 있어 會社마다 特有한 mechanism을 使用하고 있다. shell과 roof의 seal에 가장 흔히 使用되고 있는 것으로는 mechanical seal system과 Urethane Foam을 使用한 seal 등이 있다. Floating Roof는 그의 形態에 따라 1) Pan Roof, 2) Pontoon Roof 3) Double-Deck Roof의 세가지로 區別되는데 그림 .7에 그 몇가지 例를 表示한다.

Pan Roof는 油面에 접색를 덮어놓은것 처럼 極히單純한 roof인데 大端히 不安全하여 가라앉거나 뒤집힐 念慮가 많기때문에 거의 使用되지 않고있다.

Pontoon Roof는 Pontoon에 의해서 支持된 deck plate로 構成되는데 High-Deck Pontoon이 油面보다

높게 設計된것을 Roof Low-Deck Pontoon Roof라하고 그와 反對로 된것을 Sour Crude Oil Roof라고 한다. Sour Crude Oil 처럼 腐蝕性 vapor를 發生하는 기름은 Low-Deck Pontoon Roof 탱크에 貯藏하여야 한다. minimum Pontoon Roof란 pontoon이 차지하는 面積이 deck area의 30% 以下인 경우인데, 降雪이나 降雨 等도 考慮에 넣어 充分한 浮力을 받을 수 있도록 pontoon의 volume을 計算에 依하여 決定하여야 한다. 通常使用되는 pontoon의 크기는 roof 面積의 20~40%에 15~18 in.의 깊이 인것이 많으나 pontoon의 幅은 可能한 限 좁히고 Pontoon이 가지고있는 여러個의 compartment 中 2個가 同時에 터졌을 경우에도 安全하도록 設計되어야 한다.

Double-Deck Roof는 그림 .7과같이 二重의 deck plate로 되어있어 deck plate間의 空間이 保溫作用을 하게되고 가장 安全한 탱크이나 直徑이 커질수록 非經濟的이다. 그러나 直徑 50ft. 以下의 탱크에서는 그의 設置費가 거의 비슷하거나 보다 적을수도있다.

## 引用 文獻

1. API standard 650
2. Process Equipment Design L. E. Brownell & E. H. Young
3. API Report-Oil storage Tanks: Hydrocarbon Processing, May, 1978
4. Tankage Selection and Installation: Petro-chem. Engineer Nov. 1966
5. Choose the Right Floating Roof Tank: Petroleum Refiner, March, 1961
6. Potroleum Refinery Engineering: W.L. Nelson

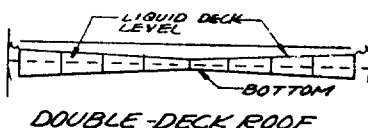
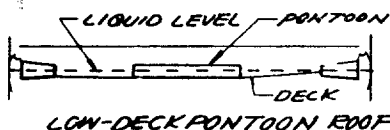
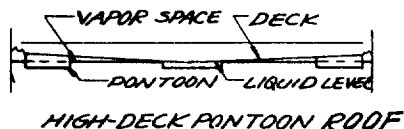
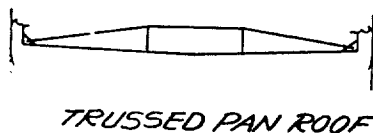
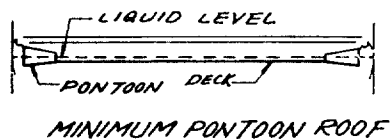


FIG.7 TYPES OF FLOATING ROOFS