Tank Roof의 설계

1.Fixed Roof Tank

1) Roof의 지지형식

(1) Self Supporting Roof

별도의 보강재를 설치하지 않고 Roof 자체형태의 외곽 둘레부분에 의해 자립 지지되는 지붕형태

(2) Supported Roof

별도의 보강재에 의해 Roof를 지지하는 형식으로 다음과 같은 형태들이 있다.

- Rafter only
- Trussed Roof
- Rafter & Column Supported

2) 설계하중

(1) API 650

Dead Load + Uniform Live Load(=25 psf =122kg/ m^2

(2) KS B6225 및 JIS B 8501

- 적설하중이 60kgf/m^2 이하인 경우
  자중 + 부가하중(=120kgf/m^2)
- 적설하중이 60kgf/M2 을 초과하는 경우
  자중 + (적설하중 + 60kgf/m^2)

3) Roof Plate의 최소두께

	API 650
일 반	Min. Nom. 3/16" (4.7625mm)
Self Supported Roof	Cone Roof : 최소 = $\frac{D}{400\sin\theta} \geq$ 3/16"
Self Supported Roof	최대 = 1/2" Dome & Umbrella Roof : 최소 = $\frac{\sqrt{r}}{200} \geq$ 3/16 최대 = 1/2" *사업주의 별다른 요구사항이 없을경우 상기 산출두께에 부식여유를 더한다.
Supported Roof	Min. Nom. Th' K + C.A

4) Roof Slope(Radius)

	API 650
Supported Cone Roof 의 Slope	1/16 **이상**
Self Supporting Cone Roof 의 Slope	**최소** : 1/6($\text{Sin}\theta \geqq 0.165$) **최대** : 3/4($\theta \leqq 37$deg.)
Self Supporting Dome & Umbrella Roof 의 Radius(=Rr)	**최소** : 0.8 D **최대** : 1.2 D

5) Roof-To-Shell Junction

	API 650
Frangible Joint	$A = \frac{0.153W}{30800 \tan\theta}$ (in^2) Req'd "A" $\geqq$ Actual "A"
Self Supporting Cone Roof	$A \geqq \frac{D^2}{3000 \sin\theta}$ (in$^{2)}$
Self Supporting Dome & Umbrella Dome & Umbrella Roof	$A \geqq \frac{D\sqrt{r}}{1500}$ (in^2)

W = Shell 의 자중과 Shell 에 의해 지지되는 구조물 중량의 총합(Roof 의 중량은 제외됨),(lb or kg)

A = Roof-To-Shell Junction 의 단면적(in^2 or cm^2)

단, Actual " A" Value 는 API 650 Fig. F-2 를 참조한다.

θ = 상기 1.3 항과 동일(Deg.)

D = Tank 직경,(ft or m), Rr = Roof 반경(ft or m)

6) Frangible Joint

번호	판단 요건	Frangible	Non-Frangible
1	Roof-To-Shell Weld	Weld Size<=3/16 한쪽면만 용접	Weld Size>3/16" 양면 용접
2	Roof Slope	Slope $\leqq$ 1/6	Slope<1/6

3	Roof-To-Shell 이음부터 실제 단면적(A)	$A \leq \frac{0.153W}{30{,}800\tan q}$	$A > \frac{0.153W}{30{,}800\tan q}$
판단 기준		상기 1,2,3 항 모두 만족할 경우	상기 1,2,3 항 중 어느 하나라도 적용될 경우

* Non-Flangible Joint 로 판단된 경우는 API STD 2000 에 의거한 Emergency Venting Device 를 설치해야 한다.

7) Roof 지지 구조물의 각종 허용응력

API 650 3.10.3 참조

8) Supported Cone Roof 의 설계 고려사항

(1) Rafter 의 횡하중에 대한 지지력

아래 세가지 조건외에는 Roof Plate 에 접해있는 Rafter 는 Roof Plate 와 Rafter 의 Compression Flange 사이에 작용하는 마찰력으로써 횡하중에 대해서 적정하게 지지되고 있다고 보아도 좋다.

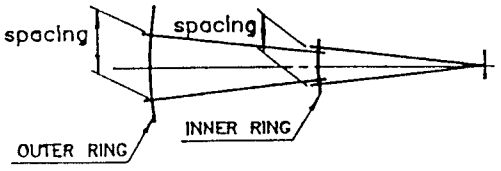
- Truss 및 Rafter 로써의 Open-Web Joint
- Nom. Depth 가 15 Inch(380mm)를 초과하는 Rafter
- Slope 가 1/6 을 초과하는 Rafter

(2) Rafter 배열상의 규칙

Outer Ring Spacing $\leqq 2\pi$ ft(원주상의 Center Spacing)

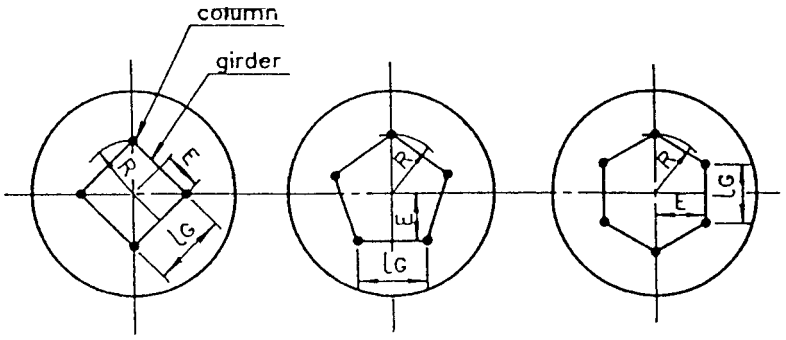
Inner Ring Spacing $\leqq$ 5.5 ft(원주상의 Center Spacing)

Tie Rod at Outer Ring = 3/4 inchΦ(대칭 부재 Rafter(I, H Beam)에는 생략해도 됨)



Rafter 의 길이 : 4~8 m

Girder 의 갯수 : 다각형(4 각형, 5 각형, 6 각형, 6 의 배수각형)



배 열	4 각	5 각	6 각
최소 치수(E)	0.707r	0.809r	0.866r
Rafter 평균길이(1r)	0.854r	0.905r	0.933r
Girder 길이 (1g)	1.414r	1.176r	r

2. External Floating Roof Tank

1) Pontoon 설계 개요

(1) Pontoon 부력 계산

Pontoon 은 아래 두 가지 경우에 있어서도 충분한 부력을 갖도록 설계해야 한다. 10inch 강우를 고려한 상태에서의 부력 비중이 0.7 인 유체에 대해서 24 시간 동안의 강우높이 10inch 에 상당하는 강우량에 대해서 충분한 부력이 있도록 설계한다.

즉,

Q + Wf = $\mathbf{P}$V

Q (우수의 중량, Ton)= (0.25)(π/4)(D^2)

D = Tank 직경,m

Wf = Floating Roof 의 자중, Ton

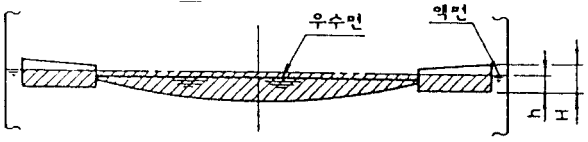
$\mathbf{P}$ = Service Liquid 의 비중

* 비중이 0.7 이상인 경우는 0.7 로 하고 비중이 0.7 이하인 경우는 그 비중으로 계산된다.

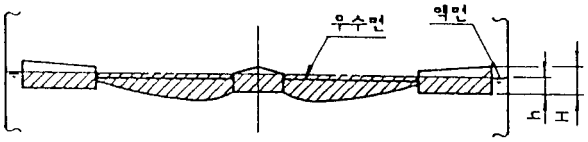
V = Liquid Level 이하의 Floating Roof 의 용적(Sketch 에서 사선부를 말함). 상기 상태에서 가라앉지 않는다는 것은, Floating Roof 의 일부가 저장액의 액면보다도 위쪽으로 나오게 되고, 그런 상태를 유지하고 있으므로 H>h 가 됨을 뜻한다.

Floating Roof 의 파손

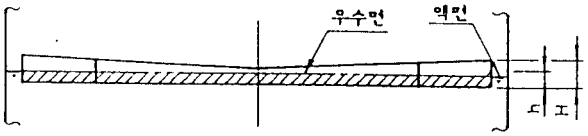
Single Deck 인 경우 2 개의 Pontoon 이, Double Deck 인 경우는 2 개의 Compartment 가 Puncture 된 경우에도 충분한 부력을 갖도록 설계해야 한다. 단, Deck 상에 강우나 다른 Live Load 는 없는 조건으로 계산한다.



SINGLE DECK F/R



SINGLE DECK W/CENTER PONTOON F/R

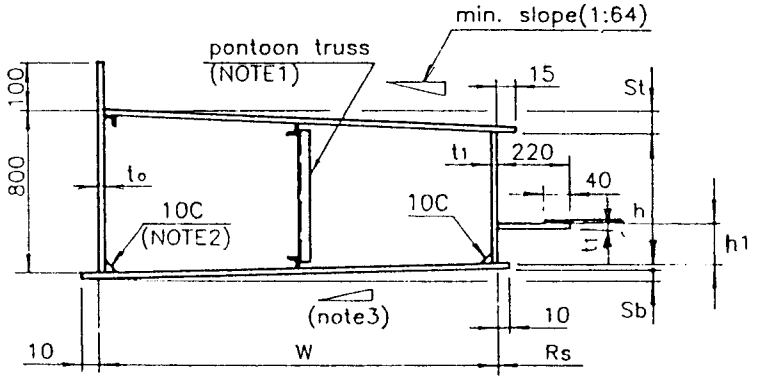


(2) Pontoon 의 면적비

Pontoon 의 면적은 Floating Roof 면적의 30%로 한다.

2) Single Deck Floating Roof 의 설계

Pontoon 의 표준단면



Note : 1. Pontoon 크기에 따라서 Pontoon Truss 는 다수열이 될수있다.

2. Bulk Head 의 Chamferring 으로써 Pontoon Bottom Plate 와 Inner/Outer Rim 의 둘레용접이 끝난후에는 Seal Weld 하여 메꾼다.

3. Pontoon Bottom 의 Slope 는 통상 Tank Bottom 의 Slope 와 같게 한다.

H_1 의 치수결정

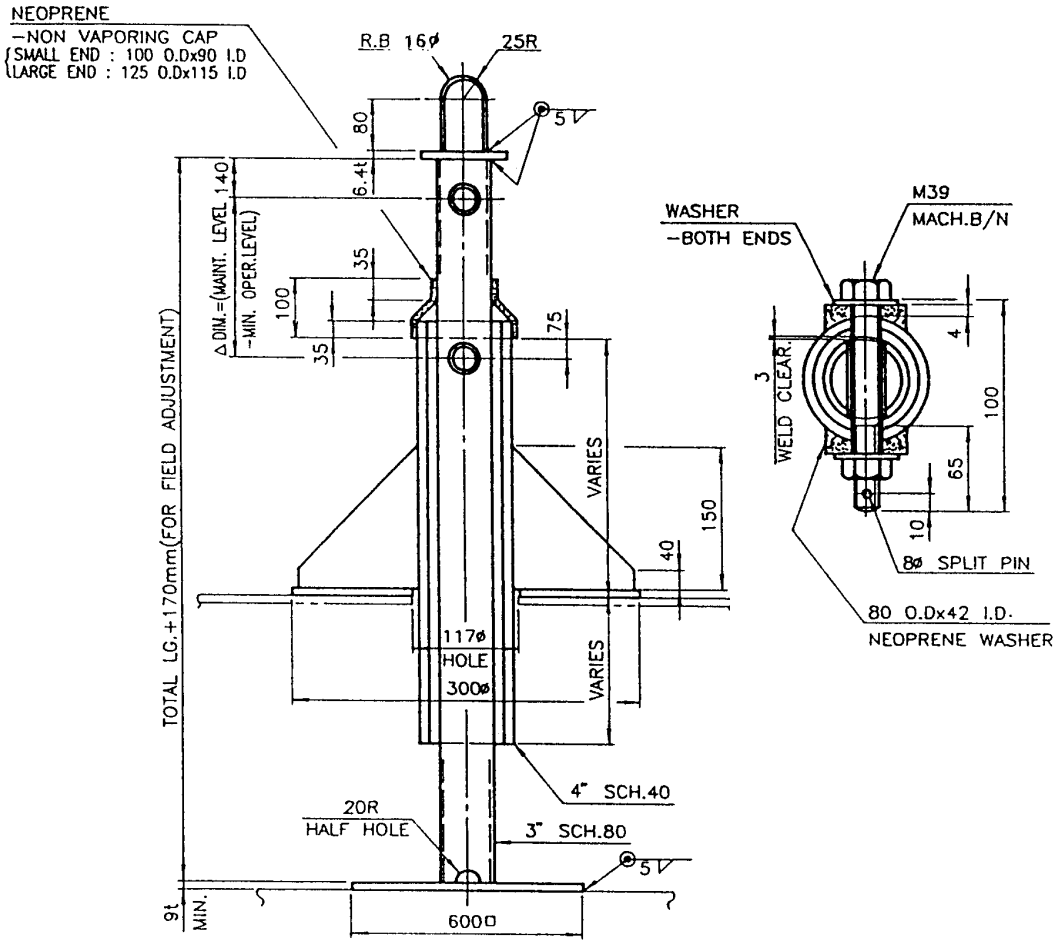
$H_1 = Hp-Hs$

H_p : Pontoon 부의 자중에 의한 Level

H_s :Deck 부의 자중에 의한 Level

H_p 산출시 고려되는 자중	H_s 산출시 고려되는 자중
Pontoon 자중	Deck 자중
Pontoon 부의 부속류	Deck 부의 부속류
Roof Support	Roof Support
Foam Dam	Deck Stiffener
Seal 장치의 마찰력 (Pontoon 중량의 3%)	
Note : Rolling Ladder/ Runway, 배수장치중량 등도 국부중량으로 보아 무시한다.	

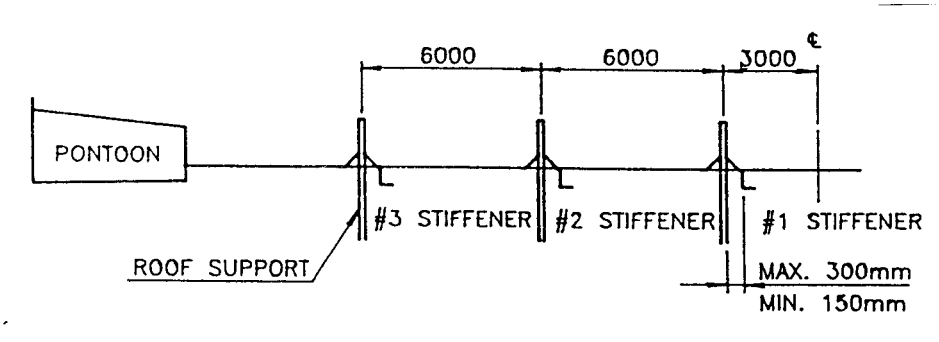
2) Deck Post설계 개요



(1) Pontoon Deck부 Roof Support 수량(Bulk Head 내)

Tank 경(M)	수량
≦63.93	1
≦110.31	2
≦ 121.93	3

(2) Single Deck 부 Roof Support 수량 및 간격



※ #1 Ring 은 Roof Support 반경 3m 이상에 설치한다.