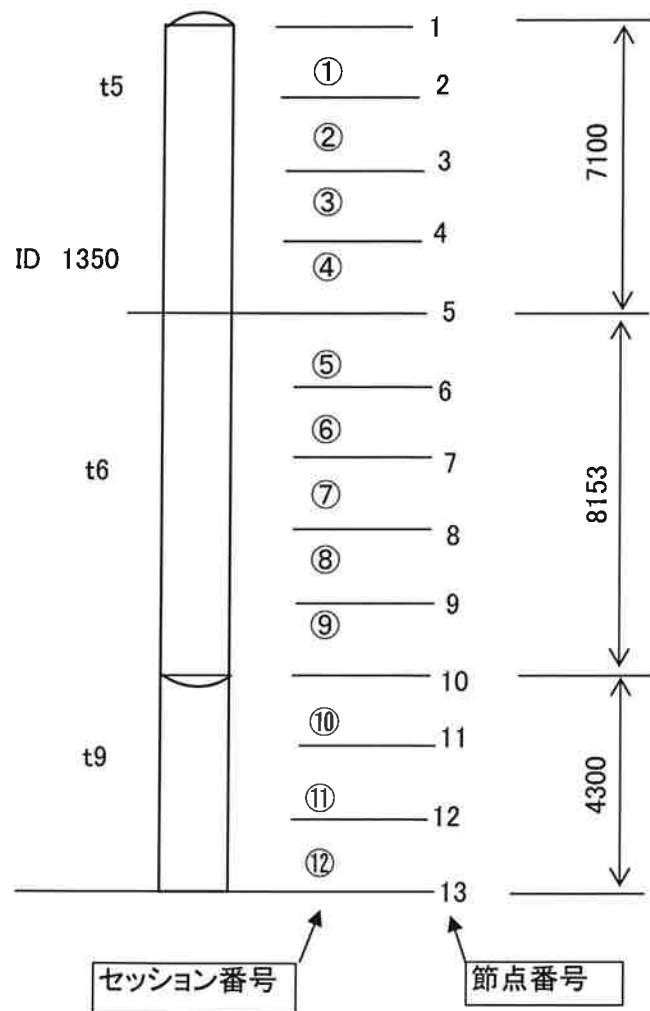


1. 形状 及び 設計条件



設計基準値

重要度 : I $\beta_1=0.8$
 地域区分 : B地区 $\beta_2=0.6$
 地盤種別 : 第3種 $\beta_3=2.0$

第1設計地震動の水平震度 (鉛直震度は考慮しない)

$$KH = 0.15 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$$

$$= 0.144$$

$$\doteq 144 \text{ gal}$$

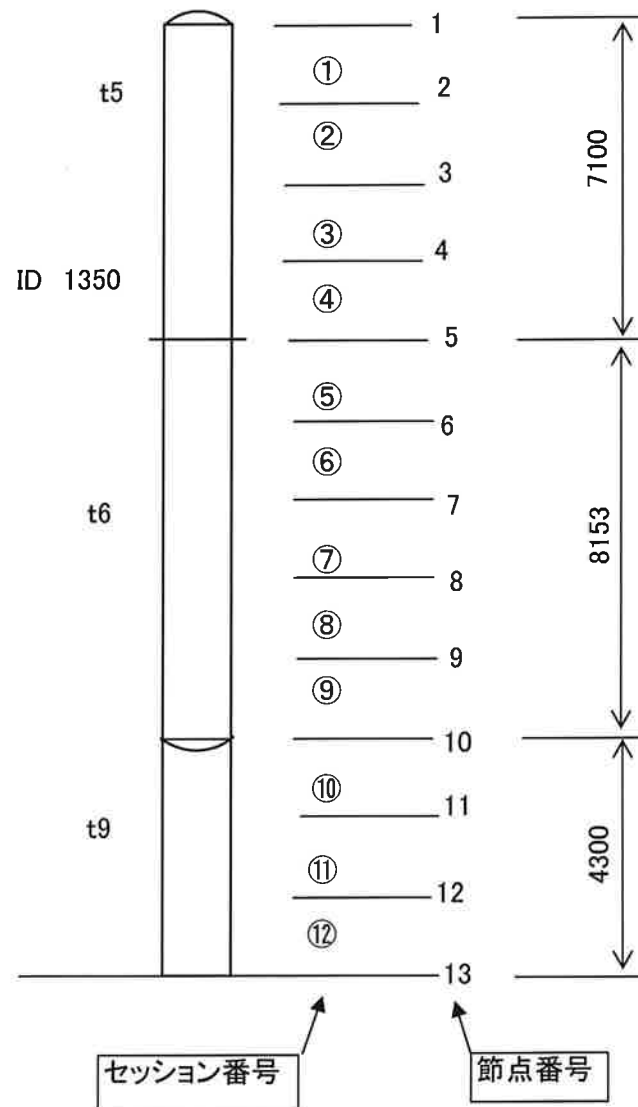
設計条件

設計圧力	0.2 Mpa
設計温度	133 °C
くされしろ	0
胴の材質(上部)	SUS316
胴の材質(下部)	SUS316
スカート	SS400
基礎ボルト	SS400
軸径/ねじ	39 / M39
本数	12 本
ベースプレート	SS400
外形	1650 mm
内径	1150 mm
厚さ	25 mm
溶接効率	0.7
応答解析法	モード解析法

耐震設計用許容応力 : 高圧ガス設備等耐震設計基準第16条による。
 塔の分割(モデル化)、荷重の配分は「高圧ガス設備等耐震設計指針」
 KHK E 012-1987による。また入力荷重値は「蒸留塔重量計算」の値を用いた。

2. モデル分割、仕様

セクション番号	節点番号	内径 mm	呼称板厚 mm	くされしろ mm	設計圧力 MPa	設計温度 ℃	材質																																																	
1	上端	1	1350	5.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	2	1350	5.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
2	上端	2	1350	5.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	3	1350	5.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
3	上端	3	1350	5.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	4	1350	5.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
4	上端	4	1350	5.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	5	1350	5.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
5	上端	5	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	6	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
6	上端	6	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	7	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
7	上端	7	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	8	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
8	上端	8	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	9	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
9	上端	9	1350	6.0	0.0	0.2	133.0	SUS316																																																
	下端	10	1350	6.0	0.0	0.2 </tr <tr> <td rowspan="2">10</td> <td>上端</td> <td>10</td> <td>1350</td> <td>9.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>20.0</td> <td>SS400</td> </tr> <tr> <td>下端</td> <td>11</td> <td>1350</td> <td>9.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>20.0</td> <td>SS400</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">11</td> <td>上端</td> <td>11</td> <td>1350</td> <td>9.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>20.0</td> <td>SS400</td> </tr> <tr> <td>下端</td> <td>12</td> <td>1350</td> <td>9.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>20.0</td> <td>SS400</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">12</td> <td>上端</td> <td>12</td> <td>1350</td> <td>9.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>20.0</td> <td>SS400</td> </tr> <tr> <td>下端</td> <td>13</td> <td>1350</td> <td>9.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>20.0</td> <td>SS400</td> </tr>	10	上端	10	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400	下端	11	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400	11	上端	11	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400	下端	12	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400	12	上端	12	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400	下端	13	1350	9.0	0.0	0.0	20.0
10	上端	10	1350	9.0	0.0	0.0		20.0	SS400																																															
	下端	11	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400																																																
11	上端	11	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400																																																
	下端	12	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400																																																
12	上端	12	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400																																																
	下端	13	1350	9.0	0.0	0.0	20.0	SS400																																																



3.各節点に作用する荷重

<等分布荷重分>

節点番号	節点高さ mm	節点間長さ mm	上分担長さ mm	下分担長さ mm	分担長さ mm	上部塔 kgf	下部塔 kgf	滞留液*1) kgf	スカート kgf	棚段 kgf	その他付属 kgf	合計① kgf
1	19553	1775	0	887.5	887.5	149.2		317.5		40.0	29.1	535.8
2	17778	1775	887.5	887.5	1775	298.4		635.0		80.1	58.2	1,071.7
3	16003	1775	887.5	887.5	1775	298.4		635.0		80.1	58.2	1,071.7
4	14228	1775	887.5	887.5	1775	298.4		635.0		80.1	58.2	1,071.7
5	12453	1550	887.5	775	1662.5	149.2	156.5	594.8		75.0	54.5	1,030.0
6	10903	1550	775	775	1550		312.9	554.5		69.9	50.8	988.2
7	9353	1550	775	775	1550		312.9	554.5		69.9	50.8	988.2
8	7803	1550	775	775	1550		312.9	554.5		69.9	50.8	988.2
9	6253	1953	775	976.5	1751.5		353.6	1,955.0		35.0	57.4	2,401.0
10	4300	1775	976.5	887.5	1864		197.2	1,750.0	265.9		32.0	2,245.1
11	2867	1775	887.5	887.5	1775				531.8			531.8
12	1434	750	887.5	375	1262.5				378.2			378.2
13	0		375	0	375				112.4			112.4
計						1193.5	1646.1	8185.8	1288.3	600.0	500.3	13,414.0

<集中荷重分>

節点番号	節点高さ mm	節点間長さ mm	上、下部鏡	胴フランジ	ベース プレート	N6ノズル	デミスター	マンホール D H=18503	マンホール C H=14953	マンホール B H=10356	マンホール A H=5100	下部配管	合計② kgf	総合計 ①+② kgf
1	19553	1775	81.4			23.2	50.0	16.3					170.9	706.8
2	17778	1775						23.7					23.7	1095.4
3	16003	1775							16.3				16.3	1088.0
4	14228	1775							23.7				23.7	1095.4
5	12453	1550		166.6									166.6	1196.6
6	10903	1550								25.9			25.9	1014.1
7	9353	1550								14.1			14.1	1002.3
8	7803	1550											0.0	988.2
9	6253	1953		226.1							16.4		242.5	2643.5
10	4300	1775	152.8								23.6	133.0	309.4	2554.5
11	2867	1775											0.0	531.8
12	1434	750											0.0	378.2
13	0				166.8								166.8	279.2
計			234.2	392.7	166.8	23.2	50.0	40.0	40.0	40.0	40.0	133.0	1159.9	14573.9

*1) 滞留液は本体下部フランジより下は充満、その上は1/4の充満率と仮定した。

5. 荷重及びモーメントの集計

セクション 番号	節点番号		鉛直荷重 (自重等) (kgf)	地震による モーメント (kgf-cm)
1	上端	1	707	0
	下端	2	1,802	104,700
2	上端	2	1,802	104,700
	下端	3	2,890	344,400
3	上端	3	2,890	344,400
	下端	4	3,985	693,900
4	上端	4	3,985	693,900
	下端	5	5,182	1,132,000
5	上端	5	5,182	1,132,000
	下端	6	6,196	1,582,000
6	上端	6	6,196	1,582,000
	下端	7	7,198	2,077,000
7	上端	7	7,198	2,077,000
	下端	8	8,187	2,607,000
8	上端	8	8,187	2,607,000
	下端	9	10,830	3,162,000
9	上端	9	10,830	3,162,000
	下端	10	13,385	3,916,000
10	上端	10	13,385	3,916,000
	下端	11	13,917	4,630,000
11	上端	11	13,917	4,630,000
	下端	12	14,295	5,350,000
12	上端	12	14,295	5,350,000
	下端	13	14,574	5,655,000

6. 算定応力

a) 胴板に生じる引張応力

セクション 番号	節点番号	鉛直荷重 Wv (kgf)	モーメント M 合計 (kgf-mm)	P ₀ 圧力 (kgf/cm ²)	D _m 胴平均直径 (mm)	t 胴の板厚 (mm)	cos θ	σ _t 引張応力 (kgf/mm ²)	S η 許容応力 (kgf/mm ²)		
1	上端	1	707	0	2.0	1355.0	5.0	1.0	1.32	11.83	
	下端	2	1,802	1,047,000	2.0	1355.0	5.0	1.0	1.42		
2	上端	2	1,802	1,047,000	2.0	1355.0	5.0	1.0	1.42		
	下端	3	2,890	3,444,000	2.0	1355.0	5.0	1.0	1.70		
3	上端	3	2,890	3,444,000	2.0	1355.0	5.0	1.0	1.70		
	下端	4	3,985	6,939,000	2.0	1355.0	5.0	1.0	2.13		
4	上端	4	3,985	6,939,000	2.0	1355.0	5.0	1.0	2.13		
	下端	5	5,182	11,320,000	2.0	1355.0	5.0	1.0	2.68		
5	上端	5	5,182	11,320,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	2.23		11.83
	下端	6	6,196	15,820,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	2.71		
6	上端	6	6,196	15,820,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	2.71		
	下端	7	7,198	20,770,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	3.25		
7	上端	7	7,198	20,770,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	3.25		
	下端	8	8,187	26,070,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	3.82		
8	上端	8	8,187	26,070,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	3.82		
	下端	9	10,830	31,620,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	4.36		
9	上端	9	10,830	31,620,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	4.36		
	下端	10	13,385	39,160,000	2.0	1356.0	6.0	1.0	5.13		

$$\sigma_t = \left(\frac{P_0 D_m}{400t} - \frac{W_v - F_v}{\pi D_m t} + \frac{4M}{\pi D_m^2 t} \right) \frac{1}{\cos \theta}$$

ただし F_v=0

全節点 σ_t < S η にて OK

b) 胴板に生じる圧縮応力

セクション 番号	節点番号	鉛直荷重 W _v (kgf)	モーメント M 合計 (kgf-mm)	P ₀ 圧力 (kgf/cm ²)	D _m 胴平均直径 (mm)	t 胴の板厚 (mm)	cos θ	σ _c 圧縮応力 (kgf/mm ²)	S 許容応力 (kgf/mm ²)	S' 許容応力 (kgf/mm ²)			
1	上端	1	707	0	1355.0	5.0	1.0	0.03	11.83	7.67			
	下端	2	1,802	1,047,000	0	1355.0	5.0	1.0			0.23		
2	上端	2	1,802	1,047,000	0	1355.0	5.0	1.0			0.23		
	下端	3	2,890	3,444,000	0	1355.0	5.0	1.0			0.61		
3	上端	3	2,890	3,444,000	0	1355.0	5.0	1.0			0.61		
	下端	4	3,985	6,939,000	0	1355.0	5.0	1.0			1.15		
4	上端	4	3,985	6,939,000	0	1355.0	5.0	1.0			1.15		
	下端	5	5,182	11,320,000	0	1355.0	5.0	1.0			1.81		
5	上端	5	5,182	11,320,000	0	1356.0	6.0	1.0			1.51	11.83	9.19
	下端	6	6,196	15,820,000	0	1356.0	6.0	1.0			2.07		
6	上端	6	6,196	15,820,000	0	1356.0	6.0	1.0	2.07				
	下端	7	7,198	20,770,000	0	1356.0	6.0	1.0	2.68				
7	上端	7	7,198	20,770,000	0	1356.0	6.0	1.0	2.68				
	下端	8	8,187	26,070,000	0	1356.0	6.0	1.0	3.33				
8	上端	8	8,187	26,070,000	0	1356.0	6.0	1.0	3.33				
	下端	9	10,830	31,620,000	0	1356.0	6.0	1.0	4.07				
9	上端	9	10,830	31,620,000	0	1356.0	6.0	1.0	4.07				
	下端	10	13,385	39,160,000	0	1356.0	6.0	1.0	5.04				

$$\sigma_c = \left(-\frac{P_0 D_m}{400t} + \frac{W_v + F_v}{\pi D_m t} + \frac{4M}{\pi D_m^2 t} \right) \frac{1}{\cos \theta}$$

ただし F_v=0

全節点 σ_c < S and S' にて OK

c) スカートに生じる応力

セクション 番号	節点番号		鉛直荷重 W _v (kgf)	モーメント M 合計 (kgf-mm)	D _m 胴平均直径 (mm)	t 胴の板厚 (mm)	Y 開口長さ (mm)	cos θ	σ _c 圧縮応力 (kgf/mm ²)	S' 許容応力 (kgf/mm ²)	F 許容応力 (kgf/mm ²)
10	上端	10	13,385	39,160,000	1359.0	9.0	0.0	1.0	3.35	18.88	25.00
	下端	11	13,917	46,300,000	1359.0	9.0	0.0	1.0	3.91		
11	上端	11	13,917	46,300,000	1359.0	9.0	0.0	1.0	3.91		
	下端	12	14,295	53,500,000	1359.0	9.0	450.0	1.0	5.61		
12	上端	12	14,295	53,500,000	1359.0	9.0	450.0	1.0	5.61		
	下端	13	14,574	56,550,000	1359.0	9.0	0.0	1.0	4.71		

腐食が無い場合は全節点 $\sigma_c < S'$ and F にて OK

<腐食時の限界厚さ>

12	上端	12	14,295	53,500,000	1359.0	2.67	450.0	1.0	18.91	18.88	25
	下端	13	14,574	56,550,000	1359.0	2.24	0.0	1.0	18.93		

上記の結果 残存肉厚 2.67mm必要。

$$\sigma_c = \left(\frac{W_v + F_v}{(\pi D_m - Y)t} + \frac{4M}{(\pi D_m^2 - 2D_m Y)t} \right) \frac{1}{\cos \theta}$$

ただし $F_v = 0$