

高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準  
(レベル1) KHKS 0861 静的震度法

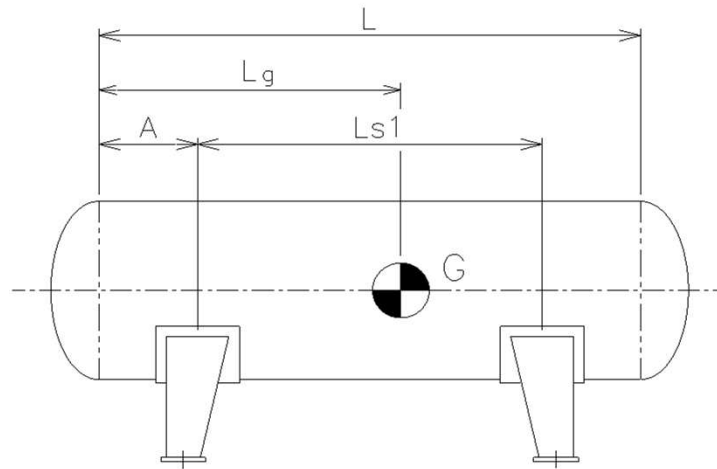
横置円筒形貯槽 [ 重要度がⅡ又はⅢであって、  
貯蔵能力が100t 未満のもの ]

1. 応答解析等

設 計 条 件	貯蔵能力 (詳細は 頁による)	W	t	0.013
	事業所境界線までの最短距離	X	m	---
	内 容 物			天然ガス
	高 圧 ガ ス の 種 類			可燃性
	設 置 場 所			新潟県
	地 域 区 分			B
	地 域 係 数	$\nu_1$		0.6
	地 盤 種 別			第3種地盤
	表層地盤増幅係数	$\nu_2$		2.0
	重 要 度 分 類			Ⅲ
	重 要 度 係 数	$\nu_3$		0.50
	耐震設計設備の地表面からの高さ	$H_G$	m	2.066
	貯槽本体重量	$W_2$	N	32381
	サドル重量	$W_3$	N	3736
附属品重量	$W_4$	N	3599	
応 答 解 析 等	貯蔵能力 $W < 100t$ の検討			$0.013 < 100$ 適
	内容液重量 $9.80665 \times 1000 \times W$	$W_1$	N	128
	胴に生じる応力算定用運転重量 ( $W_1+W_2+W_4$ ) (注1)	$W_{H1}$ $W_{V1}$	N	44736
	サドル及び基礎ボルトに生じる応力算定用運転重量 ( $W_1+W_2+W_3+W_4$ ) (注1)	$W_{H2}$ $W_{V2}$	N	48874
	地震動のレベルに基づく係数	$\mu_k$		1.0 (レベル1地震動)
	第一設計地震動	水平震度 $0.150 \mu_k \nu_1 \nu_2 \nu$	$K_{OH}$	0.090
	水平方向 応答倍率	$H_G \leq 16$ の場合 $\nu_4=2.0$	$\nu_4$	2.0
		$16 < H_G \leq 35$ の場合 $\nu_4=1.04+0.06H_G$		-
		$35 < H_G$ の場合 $\nu_4=3.14$		-
	設計静的水平震度 $\nu_4 K_{OH}$ (0.2を下回る場合は0.2)	$K_{SH}$		0.200
設計静的 水平地震力	$K_{SH} \cdot W_{H1}$	$F_{SH1}$	N	8947
	$K_{SH} \cdot W_{H2}$	$F_{SH2}$	N	9775

注 1. サドルは機器重心に対して偏心してついているため、サドルの強度計算に用いる荷重条件は、2~4頁のようにする。

## サドルの荷重条件



サドルに加わる鉛直荷重は、下記のようにして求める。

機器運転重量（サドルを除く）	$W_{11} = 40392$	N
機器運転重量（サドルを含む）	$W_{12} = 44128$	N
固定側T.L.～固定側サドル中心	$A = 780$	mm
サドル中心間距離	$Ls1 = 2600$	mm
固定側T.L.～機器重心	$Lg = 1940$	mm

固定側サドルと遊動側サドルに加わる鉛直荷重の比

$$\begin{aligned} \frac{W_f}{W_s} &= \frac{Ls1 - (Lg - A)}{Lg - A} \\ &= \frac{2600 - (1940 - 780)}{1940 - 780} \\ &= 1.241 \end{aligned}$$

したがって、固定側サドルに加わる鉛直荷重が大きく

サドルを除く機器運転重量は

$$\begin{aligned} W_{f1} &= \frac{1.241}{1 + 1.241} W_{11} \\ &= \frac{1.241}{1 + 1.241} \times 40392 \\ &= 22368 \text{ N} \end{aligned}$$

サドルを含む機器運転重量は

$$\begin{aligned}W_{f2} &= \frac{1.241}{1 + 1.241} W_{12} \\ &= \frac{1.241}{1 + 1.241} \times 44128 \\ &= 24437 \text{ N}\end{aligned}$$

上記の結果より

胴に生じる応力算定用運転重量は、

$$\begin{aligned}W_{H1}, W_{V1} &= 2W_{f1} \\ &= 2 \times 22368 \\ &= 44736 \text{ N}\end{aligned}$$

サドルに生じる応力算定用の運転重量は、

$$\begin{aligned}W_{H2}, W_{V2} &= 2W_{f2} \\ &= 2 \times 24437 \\ &= 48874 \text{ N}\end{aligned}$$

同様に、シャットダウン時重量、水圧試験時重量は、以下の通りとする。

シャットダウン重量 ( 10 頁参照)

$$W_{13} = 44001 \text{ N}$$

固定側サドルに加わる鉛直荷重は、

$$\begin{aligned}W_{f3} &= \frac{1.241}{1 + 1.241} W_{13} \\ &= \frac{1.241}{1 + 1.241} \times 44001 \\ &= 24367 \text{ N}\end{aligned}$$

サドルに生じる応力算定用のシャットダウン重量は、

$$\begin{aligned}W_s &= 2W_{f3} \\ &= 2 \times 24367 \\ &= 48734 \text{ N}\end{aligned}$$

水圧試験重量 (10 頁参照)

$$W_{14} = 44001 \text{ N}$$

固定側サドルに加わる鉛直荷重は、

$$\begin{aligned}W_{f4} &= \frac{1.241}{1 + 1.241} W_{14} \\ &= \frac{1.241}{1 + 1.241} \times 44001 \\ &= 24367 \text{ N}\end{aligned}$$

サドルに生じる応力算定用の水圧試験重量は、

$$\begin{aligned}W_w &= 2W_{f4} \\ &= 2 \times 24367 \\ &= 48734 \text{ N}\end{aligned}$$

高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準 (レベル 1)  
KHKS 0861 静的震度法・修正震度法

横置円筒形貯槽 [貯蔵能力が100t 未満のもの]

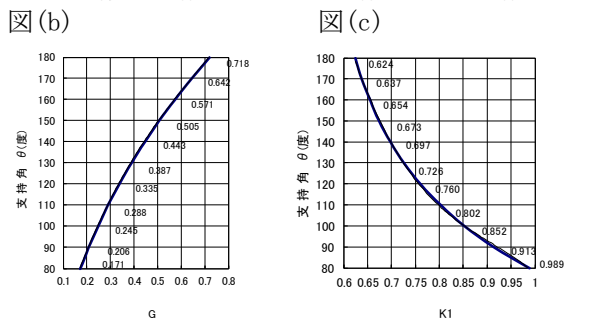
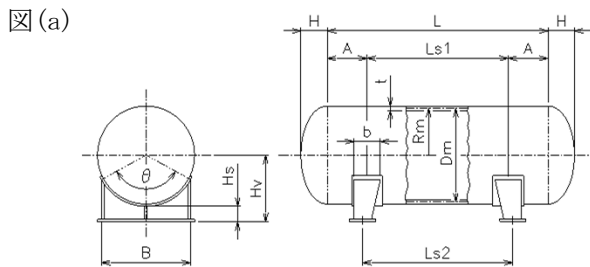
2. 胴のサドル部及び中央部に生じる応力, 許容応力及びその判定

設 計 条 件	設計温度	°C	95	許 容 応 力 等	胴の平均直径 $D_{i+t}$	$D_m$	mm	1516.0			
	常用の圧力	$P_o$	MPa		0.49	胴の平均直径の1/2の値	$R_m$	mm	758.0		
	使用材料名		SUS304		表(a)により得られる値	$S$	$N/mm^2$		173.6		
	材料の区分(表(a)による)		(2)		許容引張応力 $S\eta$	$f_t$	$N/mm^2$		164.9		
	設計温度	材料の引張強さ	$S_u$		$N/mm^2$	441.0	$S_y$ 又は $S_{y0}$ の小なる値	$S_{y'}$	$N/mm^2$	173.6	
		材料の最小降伏点又は0.2%耐力	$S_y$		$N/mm^2$	173.6	$0.6E_t / ((1+0.004E/S_{y'})D_m)$	$S'$	$N/mm^2$	223.5	
		材料の縦弾性係数	$E$		$N/mm^2$	189400	許容圧縮応力 $S$ 又は $S'$ の小なる値	$f_c$	$N/mm^2$	173.6	
	常温	材料の最小引張強さ	$S_{u0}$		$N/mm^2$	440.0	等価鉛直荷重	軸方向 $F_{H1} \cdot H_v / L_{s1}$	$F_{v_x}$	N	3442
		材料の最小降伏点又は0.2%耐力	$S_{y0}$		$N/mm^2$	205.0		軸直角方向 $3F_{H1} \cdot H_v / 4B$	$F_{v_y}$	N	5069
	板厚(腐れしをを除く)	$t$	mm		16	$F_{v_x}$ 又は $F_{v_y}$ の大なる値		$F_{e_v}$	N	5069	
	内径(腐れしをを除く)	$D_i$	mm	1500	サドルから受ける反力 $(W_{v1} + F_{v1}) / 2 + F_{e_v}$	$Q$	N	27437			
	図(a)に示す正接線間距離	$L$	mm	4000	胴のサドル部の算定応力及び判定	① $6A(L-A) + 3(R_m^2 - H^2)$			16334649		
	胴が鏡により補強される ( $A/R_m \leq 0.5$ に限る)			否		曲げモーメント $Q(A - \text{①}) / (2(3L + 4H))$	$M_{LS1}$	$N \cdot mm$		4880153	
	胴が強め輪により補強されることの有無			否		図(b)により得られる値	$G$			0.299	
	溶接効率	$\eta$		0.95		胴が鏡により補強される ( $A/R_m \leq 0.5$ に限る) $\pi R_m^2 t$	$Z_s$	mm <sup>3</sup>		-	
	図(a)に示す鏡板の深さ	$H$	mm	391		胴が強め輪により補強される場合 $\pi R_m^2 t$					-
	図(a)に示す距離	$H_v$	mm	1000		上記以外 $GR_m^2 t$					2748714.2
	図(a)に示す中心間距離	$L_{s1}$	mm	2600		算定引張応力 $P_o D_m / 4t + M_{LS1} / Z_s$	$\sigma_{t1}$	$N/mm^2$		13.4	
	図(a)に示すサドル中心から正接線までの長さ	$A$	mm	780		判定 $\sigma_{t1} \leq f_t$		$N/mm^2$		$13.4 \leq 164.9$	
	図(a)に示すY方向長さ	$B$	mm	1324		図(c)により得られる値	$K_1$			0.792	
図(a)に示すサドルの幅	$b$	mm	340	有当の場合		$t_1$	mm	$b + 1.56\sqrt{R_m t} < C$ の検討	否		
図(a)に示す支持角	$\theta$	°	112.4	適合板	適の場合 $t + t_s$				-		
当て板の有無			有	否の場合 $t$				16			
有当の場合 当て板	当て板の板厚	$t_s$	mm	16	算定圧縮応力 $K_1 Q / ((b + 1.56\sqrt{R_m t}) t_1)$	$\sigma_{c1}$	$N/mm^2$		2.7		
	当て板の幅	$C$	mm	420	判定 $\sigma_{c1} \leq f_c$		$N/mm^2$		$2.7 \leq 173.6$		
図(a)に示すボルト穴中心間距離	$L_{s2}$	mm	2440	胴の中央部の算定応力及び判定	② $3L^2 + 6(R_m^2 - H^2)$			50530098			
図(a)					曲げモーメント $Q(\text{②}) / (4(3L + 4H)) - A$	$M_{LC2}$	$N \cdot mm$		4151970		
図(b)					$\pi R_m^2 t$	$Z_c$	mm <sup>3</sup>		28880736.7		
図(c)					算定引張応力 $P_o D_m / 4t + M_{LC2} / Z_c$	$\sigma_{t2}$	$N/mm^2$		11.8		
					判定 $\sigma_{t2} \leq f_t$		$N/mm^2$		$11.8 \leq 164.9$		
					算定圧縮応力 $M_{LC2} / Z_c$	$\sigma_{c2}$	$N/mm^2$		0.2		
				判定 $\sigma_{c2} \leq f_c$		$N/mm^2$		$0.2 \leq 173.6$			

注:  $F_H$ 及び $F_v$ は、静的震度法では $F_{SH}$ 及び $0$ に、修正震度法では $F_{MH}$ 及び $F_{MV}$ に読み替えること。

表 (a)

区分	材料の種類	S(下記の小なる値)
1	室温以下の温度で使用する低温用アルミニウム合金及び9%ニッケル鋼	0.6Su, 0.9Sy
2	室温以上の高温で使用するオーステナイト系ステンレス鋼及びニッケル合金	0.6Suo, 0.6Su, 0.9Sy0, 1.0Sy
3	上記以外	0.6Suo, 0.6Su, 0.9Sy0, 0.9Sy



高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準 (レベル 1)  
KHKS 0861 静的震度法・修正震度法

横置円筒形貯槽 [貯蔵能力が100t 未満のもの]

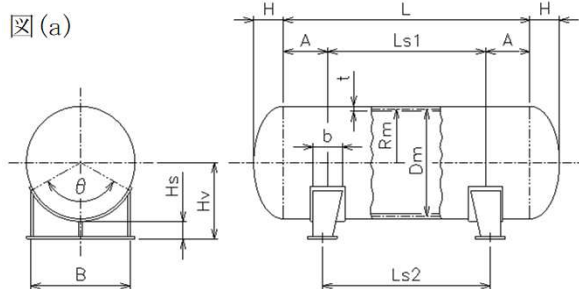
3. 鏡(胴が鏡により補強される場合に限る)及びサドルに生じる応力, 許容応力及びその判定

設計条件	使用材料名			-	鏡板の算定応力・許容応力及び判定	表(a)により得られる値	$S_3$	$N/mm^2$	-		
	材料の区分(表(a)による)			-	許容引張応力 $S_3 \cdot \eta$	$f_{t3}$	$N/mm^2$	-			
	鏡(胴が鏡により補強される場合に限る)	設計温度	材料の引張強さ	$Su_3$	$N/mm^2$	-	図(b)により得られる値	$K_2$	-		
			材料の降伏点又は0.2%耐力	$Sy_3$	$N/mm^2$	-					
		常温	材料の最小引張強さ	$Su_{o3}$	$N/mm^2$	-					
			材料の最小降伏点又は0.2%耐力	$Sy_{o3}$	$N/mm^2$	-					
		板厚(腐れしろを除く)		$t_h$	mm	-				① $PoD_h/4t_h$	-
		鏡板の種類		-	-	-				半だ円体 ① $\times (2+(D_h/2h)^2)/3$	$\sigma'$
	全半球		鏡板の内径	$D_h$	mm	全半球 ①	-				
	さら形	中央部の内径	$D_h$	mm	-	さら形 ① $\times (3+\sqrt{(R_h/r)})/4$	$\sigma_{t3}$	$N/mm^2$	-		
			鏡の中央部の内径の1/2	$R_h$	mm	-			算定引張応力 $K2Q/Rmt_h + \sigma'$	-	
		ナックル部の内半径		$r$	mm	-	判定 $\sigma_{t3} \leq f_{t3}$	$N/mm^2$	-	$\leq$	
		固定の方式		片固定		-	表(a)により得られる値	$S_4$	$N/mm^2$	200.5	
	使用材料名			SS400		サドルの算定応力・許容応力及び判定	$Sy_4$ 又は $Sy_{o4}$ の小なる	$Sy_4'$	$N/mm^2$	222.8	
	材料の区分(表(a)による)			(3)			座屈許容応力	$S_4'$	$N/mm^2$	-	
	設計温度	材料の引張強さ	$Su_4$	$N/mm^2$	400.0		$Sy_{o4}$ 又は $0.7Su_{o4}$ の小なる値	$F_4$	$N/mm^2$	245.0	
			材料の降伏点又は0.2%耐力	$Sy_4$	$N/mm^2$		222.8	許容圧縮応力	$f_{c4}$	$N/mm^2$	245.0
		材料の縦弾性係数	$E_4$	$N/mm^2$	198300		当て板のある場合 $F_4$				-
	常温	材料の最小引張強さ	$Su_{o4}$	$N/mm^2$	400.0		当て板のない場合 $S_4, S_4', F_4$ の小なる値	-	-	-	
		材料の最小降伏点又は0.2%耐力	$Sy_{o4}$	$N/mm^2$	245.0		② $(Wv_2+Fv_2)/2A_{SD}$	-	-	1.2	
板厚		$t_4$	mm	12	③ $Hs/2Z_{SD}$		-	-	0.00036		
図(a)に示す値		$Hs$	mm	234	④ $2F_{H2}-0.1(Wv_2+Fv_2)$		-	-	14663		
有効断面積(注1)		$A_{SD}$	$mm^2$	20880	⑤ $F_{H2} \cdot Hv/A_{SD} \cdot Ls_2$		-	-	0.20		
有効断面係数(注2)		$Z_{SD}$	$mm^3$	332669	算定圧縮応力	$\sigma_{c4}$	$N/mm^2$	6.7			
					片固定 ②+③ $\times$ ④+⑤			-	-		
					両固定 ②+③ $\times$ $F_{H2}$ +⑤	-	-	-			
					判定 $\sigma_{c4} \leq f_{c4}$	$N/mm^2$	6.7 $\leq$	245.0			

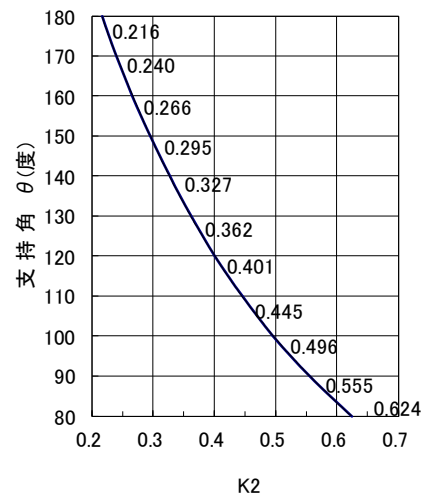
注1は 8頁による 注2は 8頁による 注3 - 頁による  
注:  $F_{H2}$ 及び $F_{V2}$ は、静的震度法では $F_{SH}$ 及び $0$ に、修正震度法では $F_{MH}$ 及び $F_{MV}$ (重要度がII又はIIIの場合にあっては $0$ としてもよい)と読み替えること。

表(a) 備考: Sの欄は、鏡にあっては $Su_3, Sy_3$ ...サドルにあっては $Su_4, Sy_4$ ...と読み替えること。

区分	材料の種類	S(下記の小なる値)
1	室温以下の温度で使用する低温用アルミニウム合金及び9%ニッケル鋼	0.6Su, 0.9Sy
2	室温以上の高温で使用するオーステナイト系ステンレス鋼及びニッケル合金	0.6Su <sub>o</sub> , 0.6Su 0.9Sy <sub>o</sub> , 1.0Sy
3	上記以外	0.6Su <sub>o</sub> , 0.6Su 0.9Sy <sub>o</sub> , 0.9Sy



図(b)



高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準（レベル 1）  
KHKS 0861 静的震度法・修正震度法

横置円筒形貯槽〔貯蔵能力が100t 未満のもの〕

4. シアープレート、基礎ボルトの算定応力、許容応力及びその判定

設計 条件	シアープレート	シアープレートの有無			無	シアープレートの算定応力・許容応力及び判定	Syo5又は0.7Suo5の小なる値	F5	N/mm <sup>2</sup>	—		
		使用材料名			—		許容曲げ応力 F5	fb5	N/mm <sup>2</sup>	—		
		常温	材料の最小引張強さ		Suo5		N/mm <sup>2</sup>	—	許容せん断応力 F5/√3	Fs5	N/mm <sup>2</sup>	—
			材料の最小降伏点又は0.2%耐力		Syo5		N/mm <sup>2</sup>	—		算定曲げ応力 ※1	σ cpy	N/mm <sup>2</sup>
		板厚		tsp	mm		—	判定 σ cpy ≤ fb5			N/mm <sup>2</sup>	—
		高さ		hsp	mm		—		算定せん断応力 (F <sub>SH2</sub> +F <sub>SH3</sub> )/by・tsp	τ sy	N/mm <sup>2</sup>	—
		軸方向の長さ		bx	mm		—	判定 τ sy ≤ fs5			N/mm <sup>2</sup>	—
		軸直角方向の長さ		by	mm		—		算定曲げ応力 ※2	σ cpx	N/mm <sup>2</sup>	—
	基礎ボルト	使用材料名			SS400	基礎ボルトの算定応力、許容応力及び判定	判定 σ cpx ≤ fb5			N/mm <sup>2</sup>	—	
		常温	材料の最小引張強さ		Suo6			N/mm <sup>2</sup>	400.0	算定せん断応力 (F <sub>SH2</sub> +F <sub>SH3</sub> )/bx・tsp	τ sx	N/mm <sup>2</sup>
			材料の最小降伏点又は0.2%耐力		Syo6		N/mm <sup>2</sup>	235.0	判定 τ sx ≤ fs5			N/mm <sup>2</sup>
		ボルトの谷径		d1	mm		26.211	Syo6又は0.7Suo6の小なる値		F6	N/mm <sup>2</sup>	235.0
		ボルトの軸径		d2	mm		30	許容引張応力 F6	ft6	N/mm <sup>2</sup>	235.0	
		サドル一個当りの基礎ボルトの数		N	本		2	許容せん断応力 F6/√3	fs6	N/mm <sup>2</sup>	135.6	
		固定側サドルの基礎ボルトの数		n	本		2	断面積	谷径 π d1 <sup>2</sup> /4	Ab1	mm <sup>2</sup>	539.5
		基礎ボルトの軸直角方向の間隔		Cb	mm		1080		軸径 π d2 <sup>2</sup> /4	Ab2	mm <sup>2</sup>	706.8
						算定引張応力 ※3	σ t6	N/mm <sup>2</sup>	-14.3			
						判定 σ t6 ≤ ft6		N/mm <sup>2</sup>	-14.3 ≤ 235.0			
						算定せん断応力	片固定 ※4	τ 6	N/mm <sup>2</sup>	0.1		
										両固定 ※5	—	
					判定 τ 6 ≤ fs6		N/mm <sup>2</sup>	0.1 ≤ 135.6				
					組合せ応力 (σ t6+1.6 τ 6)/1.4	σ t τ	N/mm <sup>2</sup>	—				
					判定 σ t τ ≤ ft6		N/mm <sup>2</sup>	—				

注：F<sub>H</sub>及びF<sub>V</sub>は、静的震度法にあつてはF<sub>SH</sub>及び0に、修正震度法にあつてはF<sub>MH</sub>及びF<sub>MV</sub>に読み替えること。

$$※ 1 \frac{3hsp}{tsp^2} \left( \frac{F_{H2}}{by \cdot hsp} \right)$$

$$※ 2 \frac{3hsp^2}{tsp^2} \left( \frac{F_{H2}}{bx \cdot hsp} \right)$$

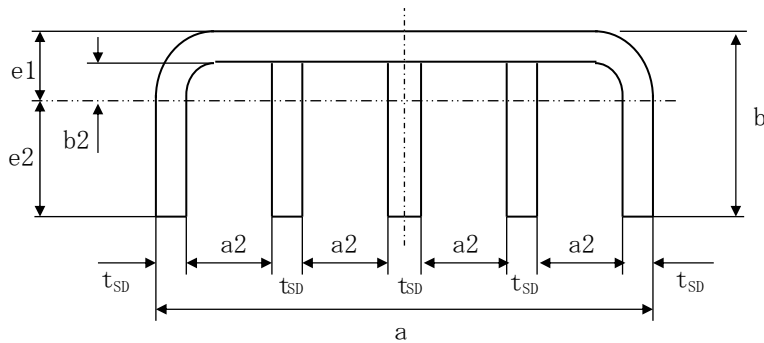
$$※ 3 \frac{F_{H2} \cdot H_V}{N \cdot A_{b1} \cdot C_b} - \frac{W_{V2} - F_{V2}}{2N \cdot A_{b1}}$$

$$※ 4 \frac{F_{H2} - 0.2(W_{V2} - F_{V2})}{n \cdot A_{b2}}$$

$$※ 5 \frac{F_{H2} - 0.3(W_{V2} - F_{V2})}{2n \cdot A_{b2}}$$

基礎ボルトの引張応力が負の値の場合は、基礎ボルトに引張応力が生じないため、組み合わせ応力の評価は行わない。

## サドルの断面積、断面係数の算出



支え板の実際幅(腐れ代を除く)	$a'$	=	1324	mm
支え板の実際長さ(腐れ代を除く)	$b'$	=	180	mm
支え板及びリブの板厚(腐れ代を除く)	$t_{SD}$	=	12	mm
リブの数	$m$	=	1	本

有効幅	$b$	=	180	mm	$b'$ と $15t_{SD}$ の内小さいほうの値
	$a2$	=	600	mm	$\{a' - (m + 2) \cdot t_{SD}\} / (m + 1)$ と $50t_{SD}$ の内小さい方の値
有効幅	$a$	=	1236	mm	$(m + 2) \cdot t_{SD} + (m + 1) \cdot a2$

## 断面積

$$A_{SD} = (m + 2) \cdot b \cdot t_{SD} + (m + 1) \cdot a2 \cdot t_{SD} = (1 + 2) \times 180 \times 12 + (1 + 1) \times 600 \times 12$$

$$= \underline{20880} \text{ mm}^2$$

## 断面係数

$$Z_{SD} = \frac{1}{3} \times \frac{a \cdot e1^3 - (m + 1) \cdot a2 \cdot b2^3 + (m + 2) \cdot t_{SD} \cdot e2^3}{e2}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{1236 \times 32.1^3 - (1 + 1) \times 600 \times 20.1^3 + (1 + 2) \times 12 \times 147.9^3}{147.9}$$

$$= \underline{332669} \text{ mm}^3$$

$$e2 = \frac{t_{SD}}{A_{SD}} \left[ (m + 2) \frac{b^2}{2} + (m + 1) \left( b - \frac{t_{SD}}{2} \right) a2 \right]$$

$$= \frac{12}{20880} \left[ (1 + 2) \frac{180^2}{2} + (1 + 1) \left( 180 - \frac{12}{2} \right) \times 600 \right]$$

$$= \underline{147.9} \text{ mm}$$

$$e1 = b - e2 = 180 - 147.9$$

$$= \underline{32.1} \text{ mm}$$

$$b2 = e1 - t_{SD} = 32.1 - 12$$

$$= \underline{20.1} \text{ mm}$$

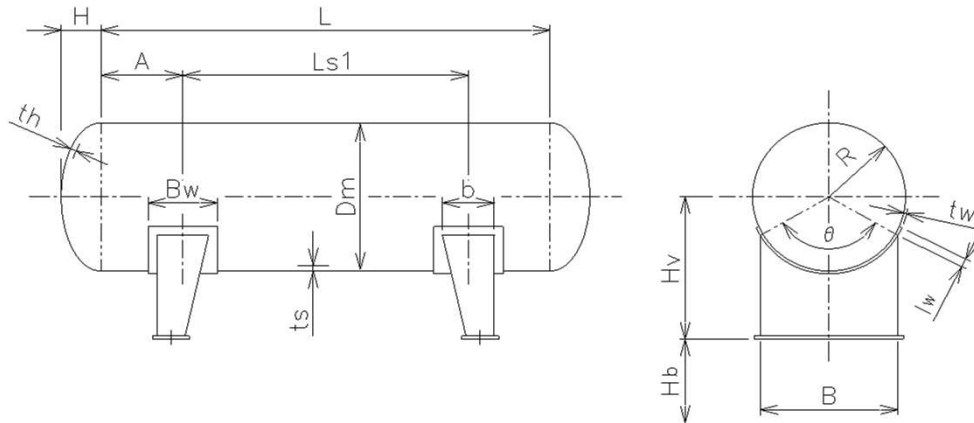


解説参考

JPI-7R-52-2014 横置容器サドル周り強度計算による強度計算書

1. 設計条件及び許容応力

1.1 設計条件及び主要寸法



	水圧試験状態	正常運転状態	休止状態
圧力	- MPa	0.490 MPa	- MPa
温度	- °C	95 °C	- °C
設置場所	設置地域：新潟県		地表面粗度区分：III

胴長さ	L = 4000 mm	サドル支持角	$\theta = 112.4 \text{ deg}$
胴の平均直径	Dm = 1516 mm	サドル位置	A = 780 mm
胴の平均半径	R = 758 mm	サドル幅	b = 340 mm
胴板の実際厚さ	ts = 16 mm	当て板幅	Bw = 420 mm
腐れ代	C = 0.0 mm	当て板厚さ	tw = 16 mm
鏡のTYPE	2:1半だ円	サドルの横幅	B = 1300 mm
鏡板の実際厚さ	th = 16 mm	2個のサドル間隔	Ls1 = 2600 mm
鏡板深さ	H = 391 mm	当て板延長長さ	lw = 50 mm
溶接効率(胴)	$\eta_s = 95 \%$	サドル下面から	
溶接効率(鏡)	$\eta_h = 100 \%$	容器中心までの高さ	Hv = 1000 mm
		地表面からサドル下面	
		までの高さ	Hb = 300 mm

胴材質 SUS304

常温時の材料の

許容引張応力	Sca = 126.0 N/mm <sup>2</sup>
引張強さ	Sua = 440.0 N/mm <sup>2</sup>
降伏点又は0.2%耐力	Sya = 205.0 N/mm <sup>2</sup>
縦弾性係数	Ea = 195000 N/mm <sup>2</sup>

設計温度時の材料の

許容引張応力	Sc = 126.0 N/mm <sup>2</sup>
引張強さ	Su = 441.0 N/mm <sup>2</sup>
降伏点又は0.2%耐力	Sy = 173.6 N/mm <sup>2</sup>
縦弾性係数	E = 189400 N/mm <sup>2</sup>

1.2 許容応力

1.2.1 長期の複合引張及び圧縮応力に対する許容基準応力 ( $\sigma_L$ )

$$Sca = 126.0 \text{ N/mm}^2 \quad Sc = 126.0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_L : \text{左記の値の最小値} = 126.0 \text{ N/mm}^2$$

1.2.2 長期の許容座屈応力 ( $\sigma_{EL}$ )

$$\sigma_{EL} = \frac{0.3 E (ts - C)}{Dm (1 + 0.004 E / Sy)} = \frac{0.3 \times 189400 \times (16 - 0)}{1516 \times (1 + 0.004 \times 189400 / 173.6)} = 111.7 \text{ N/mm}^2$$

1.2.3 短期の複合引張及び圧縮応力に対する許容基準応力 ( $\sigma S$ )

$$\begin{aligned} 0.6 \text{ Sua} &= 0.6 \times 440.0 = \underline{264.0} \text{ N/mm}^2 & 0.6 \text{ Su} &= 0.6 \times 441.0 = \underline{264.6} \text{ N/mm}^2 \\ 1.0 \text{ Sya} &= 1.0 \times 205.0 = \underline{205.0} \text{ N/mm}^2 & 1.0 \text{ Sy} &= 1.0 \times 173.6 = \underline{173.6} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma S : \text{左記の値の最小値} = \underline{173.6} \text{ N/mm}^2$$

1.2.4 短期の許容座屈応力 ( $\sigma ES$ )

$$\sigma_{ES} = \frac{0.6 E (t_s - C)}{D_m (1 + 0.004 E / S_y)} = \frac{0.6 \times 189400 \times (16 - 0)}{1516 \times (1 + 0.004 \times 189400 / 173.6)} = 223.5 \text{ N/mm}^2$$

## 2. 荷重計算

## 2.1 重量計算

	水圧試験状態	正常運転状態	休止状態
本体	29900 N	29900 N	29900 N
チューブバンドル	0 N	0 N	0 N
サドル	3736 N	3736 N	3736 N
マンホール、ハンドホール	3236 N	3236 N	3236 N
ノズル	1049 N	1049 N	1049 N
内部付着物	0 N	0 N	0 N
保温保冷材	---	2736 N	2736 N
プラットホーム	---	0 N	0 N
ラダー	---	863 N	863 N
配管	---	0 N	0 N
作業用の液重量	---	127 N	---
積雪	---	0 N	0 N
その他	2481 N	2481 N	2481 N
(試験時の水重量)	0 N	---	---
合計重量 W	40402 N	44128 N	44001 N

強度計算に用いる運転重量 (注.)

48874 N

注. サドルは機器重心に対して偏心してついているため、サドルの強度計算に用いる荷重条件は、2~4頁のようにする。

## 2.2 風荷重及び地震荷重の計算

## 2.2.1 風荷重

$$F_w = \underline{4273} \text{ N} \quad \text{※風荷重の算出詳細は 11 頁による。}$$

## 2.2.2 地震荷重

地震荷重 (設計水平震度  $k = 0.2$  (B地区、第3種地盤) )

$$F_e = k \cdot W = 0.2 \times 48874 = \underline{9775} \text{ N}$$

## 2.2.3 短期荷重

$$F_w、F_e \text{ のうち、大きいほう} \quad F_s = \underline{9775} \text{ N}$$

風に対する基本設計条件

地表面粗度区分 :	III
Z <sub>b</sub> =	5 m
Z <sub>G</sub> =	450 m
α =	0.20

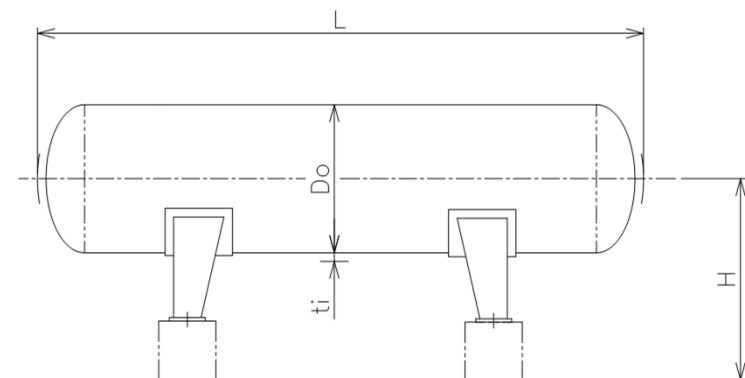
風速 (V <sub>0</sub> ) :	30	m/sec
サドル下面から容器中心までの高さ :	1.000	m
地表面からサドル下面までの高さ :	0.300	m

風荷重の算出

設計条件	地表面より容器中心までの高さ	H	m	1.300	
	機器の長さ (鏡深さを含む)	L	mm	4832	
	本体内径	D <sub>i</sub>	mm	1500	
	板厚	t	mm	16	
	本体外径	D <sub>o</sub>	mm	1532	
	保温厚さ	t <sub>i</sub>	mm	50	
	保温された機器の外径	B	m	1.632	
	計算に採用する相当直径 (1.2・B)	D	m	1.9584	
	kz = 1.0	kz	—	1.0	
	風力係数 (0.7・kz)	C <sub>f</sub>	—	0.7	
計算	有効面積 (D・L)	A	m <sup>2</sup>	9.463	
	平均風速の高さ方向の分布を表す係数	H ≤ Z <sub>b</sub> の場合 = 1.7 (Z <sub>b</sub> /Z <sub>G</sub> ) <sup>α</sup>	E <sub>r</sub>	—	0.6912
		Z <sub>b</sub> < H の場合 = 1.7 (H/Z <sub>G</sub> ) <sup>α</sup>			—
	ガスト影響係数	G <sub>f</sub>	—	2.5	
	風速の鉛直分布係数 (E <sub>r</sub> <sup>2</sup> ・G <sub>f</sub> )	E	—	1.194	
	速度圧 (0.6E・V <sub>0</sub> <sup>2</sup> )	q	N/m <sup>2</sup>	645	
	各セクション風荷重 (q・C <sub>f</sub> ・A)	F <sub>w</sub>	N	4273	
風荷重による転倒モーメント	M <sub>w</sub>	N・m	4273		

(1) Z<sub>b</sub>, Z<sub>G</sub>, α の地表面粗度区分に応じた値

地表面粗度区分	Z <sub>b</sub> (m)	Z <sub>G</sub> (m)	α
I	5	250	0.10
II	5	350	0.15
III	5	450	0.20
IV	10	550	0.27



(2) G<sub>f</sub> の地表面粗度区分に応じた値

地表面粗度区分	H ≤ 10m	10m < H < 40m	40m ≤ H
I	2.0	比例補間した数値	1.8
II	2.2		2.0
III	2.5		2.1
IV	3.1		2.3

## 2.3 風及び地震による等価垂直荷重の計算

## 2.3.1 軸に直角方向荷重

$$F_v = \frac{3 F_s H_v}{4 B} = \frac{3 \times 9775 \times 1000}{4 \times 1300} = \underline{\underline{5639}} \quad \text{N}$$

## 2.3.2 軸方向荷重

$$F_v = \frac{F_s H_v}{L_{s1}} = \frac{9775 \times 1000}{2600} = \underline{\underline{3760}} \quad \text{N}$$

## 2.3.3 等価垂直荷重

上記荷重のうち大きいほう  $F = \underline{\underline{5639}} \quad \text{N}$

## 2.4 サドル反力の計算

風荷重、地震荷重を考慮しない場合  $Q = \frac{W}{2}$

風荷重、地震荷重を考慮する場合  $Q = \frac{W}{2} + F$

反力Q	水圧試験状態	正常運転状態	休止状態
風荷重、地震荷重を考慮しない場合	- N	24437 N	- N
風荷重、地震荷重を考慮する場合	- N	30076 N	- N

## 3. 胴及びサドル部の強度計算

## 3.1 圧力による軸方向応力の計算

$$\sigma_p \text{ (最高)} = \frac{P D_m}{4 (t_s - C)} = \frac{0.49 \times 1516}{4 \times (16-0)} = \underline{\underline{11.7}} \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_p \text{ (負圧)} = \frac{P D_m}{4 (t_s - C)} = \frac{0 \times 1516}{4 \times (16-0)} = \underline{\underline{0.0}} \quad \text{N/mm}^2$$

## 3.2 全体曲げによる軸方向応力の計算

## 3.2.1 サドル部の全体曲げによる軸方向応力

## a) サドル部における曲げモーメント

$$M_{LS} = Q A \left[ 1 - \frac{1 - \frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2A L}}{1 + \frac{4H}{3L}} \right]$$

$$= \begin{matrix} [30076] \\ 24437 \end{matrix} \times 780 \times \left[ 1 - \frac{1 - \frac{780}{4000} + \frac{758^2 - 391^2}{2 \times 780 \times 4000}}{1 + \frac{4 \times 391}{3 \times 4000}} \right]$$

$$= \begin{matrix} [5349545] \\ 4346549 \end{matrix} \begin{matrix} \text{(短期)} \\ \text{(長期)} \end{matrix} \quad \text{N}\cdot\text{mm}$$

b) サドル上の胴の断面係数

1) 胴がリング、又は鏡 によって補強された場合 ( $A/R \leq 0.5$ )

$$Z_s = \pi R^2 (t_s - C) = \text{---} = \text{---} \text{ mm}^3$$

2) サドル上の胴が補強されない場合

$$Z_s = G R^2 (t_s - C) = 0.2985 \times 758^2 \times (16-0) = 2744117 \text{ mm}^3$$

$$G = \frac{\Delta + \sin \Delta \cos \Delta - 2 \frac{\sin^2 \Delta}{\Delta}}{\frac{\sin \Delta}{\Delta} - \cos \Delta}, \quad \Delta = \frac{\pi}{180} \left( \frac{5\theta}{12} + 30 \right)$$

$$= 0.2985, \quad = 1.341 \text{ (rad)}$$

c) 曲げ応力

$$\sigma_{bs} = \pm \frac{M_{LS}}{Z_s} = \frac{[5349545]}{2744117} = \pm [1.9] \text{ (短期)} \text{ N/mm}^2$$

$$\pm 1.6 \text{ (長期)}$$

3.2.2 中央部の全体曲げによる軸方向応力

a) 中央部における曲げモーメント

$$M_{LC} = \frac{Q L}{4} \left[ \frac{1 + 2 \left( \frac{R^2 - H^2}{L^2} \right)}{1 + \frac{4H}{3L}} - \frac{4A}{L} \right]$$

$$= \frac{[30076]}{4} \times \frac{24437 \times 4000}{4} \times \left[ \frac{1 + 2 \left( \frac{758^2 - 391^2}{4000^2} \right)}{1 + \frac{4 \times 391}{3 \times 4000}} - \frac{4 \times 780}{4000} \right]$$

$$= \begin{bmatrix} 4551322 \\ 3697987 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{(短期)} \\ \text{(長期)} \end{matrix} \text{ N}\cdot\text{mm}$$

b) 中央部の断面係数

$$Z_c = \pi R^2 (t_s - C) = \pi \times 758^2 \times (16-0) = 28880736 \text{ mm}^3$$

c) 曲げ応力

$$\sigma_{bc} = \pm \frac{M_{LC}}{Z_c} = \pm \frac{\begin{bmatrix} 4551322 \\ 3697987 \end{bmatrix}}{28880736} = \pm \begin{bmatrix} 0.2 \\ 0.2 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{(短期)} \\ \text{(長期)} \end{matrix} \text{ N/mm}^2$$

## 3.3 複合応力の計算

## 3.3.1 サドル部における複合応力

## a) 引張側

$$(\sigma 1) \text{引張} = (\sigma p) \text{最高} + (\sigma bs) \text{引張} = 11.7 + \begin{matrix} [1.9] \\ 1.6 \end{matrix} = \begin{matrix} [13.6] \\ 13.3 \end{matrix} \begin{matrix} \text{(短期)} \\ \text{(長期)} \end{matrix} \text{ N/mm}^2$$

## b) 圧縮側

$$(\sigma 1) \text{圧縮} = (\sigma p) \text{負圧} + (\sigma bs) \text{圧縮} = 0.0 + \begin{matrix} [-1.9] \\ (-1.6) \end{matrix} = \begin{matrix} [-1.9] \\ -1.6 \end{matrix} \begin{matrix} \text{(短期)} \\ \text{(長期)} \end{matrix} \text{ N/mm}^2$$

## c) 応力評価

長期：

$$(\sigma 1) \text{引張} \quad \underline{13.3} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma L \times \eta = 126.0 \times 0.95 = \underline{119.7} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}$$

$$|(\sigma 1) \text{圧縮}| \quad \underline{1.6} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma L = \underline{126.0} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}$$

$$\leq \sigma EL = \underline{111.7} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}$$

短期：

$$(\sigma 1) \text{引張} \quad \underline{13.6} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma S \times \eta = 173.6 \times 0.95 = \underline{164.9} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}$$

$$|(\sigma 1) \text{圧縮}| \quad \underline{1.9} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma S = \underline{173.6} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}$$

$$\leq \sigma ES = \underline{223.5} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}$$

## 3.3.2 中央部における複合応力

## a) 引張側

風荷重、地震荷重を考慮しない場合

$$(\sigma_2 \text{ (長期)}) \text{引張} = (\sigma_P) \text{最高} + (\sigma_{bc} \text{ (長期)}) \text{引張} = 11.7 + 0.2 = \underline{11.9} \text{ N/mm}^2$$

風荷重、地震荷重を考慮する場合

$$(\sigma_2 \text{ (短期)}) \text{引張} = (\sigma_P) \text{最高} + (\sigma_{bc} \text{ (短期)}) \text{引張} = 11.7 + 0.2 = \underline{11.9} \text{ N/mm}^2$$

## b) 圧縮側

風荷重、地震荷重を考慮しない場合

$$(\sigma_2 \text{ (長期)}) \text{圧縮} = (\sigma_P) \text{負圧} + (\sigma_{bc} \text{ (長期)}) \text{圧縮} = 0.0 - 0.2 = \underline{-0.2} \text{ N/mm}^2$$

風荷重、地震荷重を考慮する場合

$$(\sigma_2 \text{ (短期)}) \text{圧縮} = (\sigma_P) \text{負圧} + (\sigma_{bc} \text{ (短期)}) \text{圧縮} = 0.0 - 0.2 = \underline{-0.2} \text{ N/mm}^2$$

## c) 応力評価

長期：

$$(\sigma_2) \text{引張} \underline{11.9} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_L \times \eta = 126.0 \times 0.95 = \underline{119.7} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

$$|(\sigma_2) \text{圧縮}| \underline{0.2} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_L = \underline{126.0} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

$$\leq \sigma_{EL} = \underline{111.7} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

短期：

$$(\sigma_2) \text{引張} \underline{11.9} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_S \times \eta = 173.6 \times 0.95 = \underline{164.9} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

$$|(\sigma_2) \text{圧縮}| \underline{0.2} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_S = \underline{173.6} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

$$\leq \sigma_{ES} = \underline{223.5} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

3.4 サドル部における接線せん断応力の計算

図3 K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>の値

3.4.1 サドル部に補強リングが無い場合

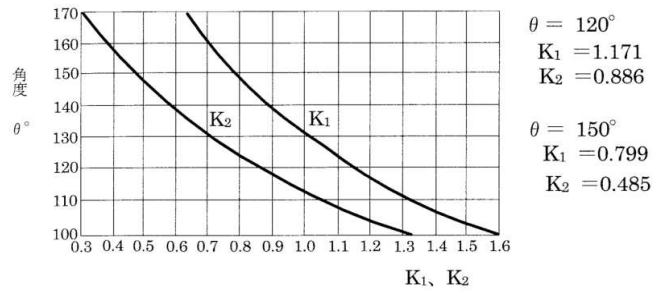
a) サドル上の断面が補強されない場合 (A/R > 0.5)

i) せん断応力

$$\tau_1 = \frac{K_1 Q}{R (ts - C)} \left[ \frac{L - 2A}{L + \frac{4}{3} H} \right]$$

$$= \frac{1.307 \times 24437}{758 \times (16-0)} \times \left[ \frac{4000 - 2 \times 780}{4000 + \frac{4}{3} \times 391} \right]$$

$$= \frac{1.7}{1.4} \text{ (短期)} \text{ N/mm}^2$$



ii) 応力評価

長期 :  $\tau_1 = 1.4 \text{ N/mm}^2 \leq 0.8 \sigma_L = 0.8 \times 126.0 = 100.8 \text{ N/mm}^2$  OK!

短期 :  $\tau_1 = 1.7 \text{ N/mm}^2 \leq 0.6 \sigma_S = 0.6 \times 173.6 = 104.1 \text{ N/mm}^2$  OK!

ここで、

$$K_1 = \frac{\sin \alpha}{(\pi - \alpha + \sin \alpha \cos \alpha)} = 1.307$$

$$\alpha = \pi - \frac{\theta}{2} \left( \frac{\pi}{180} \right) - \left( \frac{\beta}{20} \right) = 0.95 \beta = 2.053 \text{ (rad)}$$

$$\beta = \pi - \frac{\theta}{2} \left( \frac{\pi}{180} \right) = 2.161 \text{ (rad)} \quad \theta : \text{サドルの支持角} = 112.4^\circ$$



3.5 サドルホーン部における円周方向応力の計算

3.5.1 サドル部に補強リング無しの時の複合応力

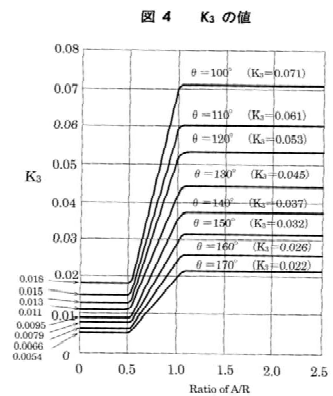
a) 当板を計算に算入できない場合

1) サドルホーン部における胴板の応力

i) サドル反力による応力

$$\sigma Q = - \frac{Q}{4 (ts - C) \{b + 1.56 \sqrt{[R (ts - C)]}\}}$$

$$= - \frac{[30076] \quad 24437}{4 \times (16 - 0) \times \{340 + 1.56 \times \sqrt{[758 \times (16 - 0)]}\}} = \frac{[-1.0] \quad (短期)}{0.8 \quad (長期)} \text{ N/mm}^2$$



ii) 最大円周曲げモーメントによる応力

$$Mc = K3 Q R = 0.0595 \times [30076] \times 24437 \times 758 = \frac{[1356458] \quad (短期) \text{ N} \cdot \text{mm}}{1102133 \quad (長期) \text{ N} \cdot \text{mm}}$$

$$\sigma M = \pm \frac{6 Mc}{Le (ts - C)^2}$$

$$= \pm \frac{[1356458] \quad 6 \times 1102133}{2000 \times (16 - 0)^2} = \frac{\pm [15.9] \quad (短期)}{\pm 13.0 \quad (長期)} \text{ N/mm}^2$$

iii) 圧力により胴板に生じる円周方向応力

$$\sigma C1 \text{ (設計)} = \frac{P Dm}{2 (ts - C)} = \frac{0.49 \times 1516}{2 \times (16 - 0)} = 23.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma C1 \text{ (負圧)} = \frac{P Dm}{2 (ts - C)} = \frac{0 \times 1516}{2 \times (16 - 0)} = 0.0 \text{ N/mm}^2$$

iv) 複合応力 (σQ + σM + σC1)

b) 引張側

風荷重、地震荷重を考慮しない場合

$$(\sigma 3 \text{ (長期)}) \text{引張} = \sigma Q + \sigma M + \sigma C1 \text{ (設計)} = -0.8 + 13.0 + 23.3 = 35.5 \text{ N/mm}^2$$

風荷重、地震荷重を考慮する場合

$$(\sigma 3 \text{ (短期)}) \text{引張} = \sigma Q + \sigma M + \sigma C1 \text{ (設計)} = -1.0 + 15.9 + 23.3 = 38.2 \text{ N/mm}^2$$

## c) 圧縮側

風荷重、地震荷重を考慮しない場合

$$(\sigma 3 \text{ (長期)}) \text{圧縮} = \sigma Q - \sigma M + \sigma C1(\text{負圧}) = -0.8 - 13.0 + 0.0 = \underline{-13.8} \text{ N/mm}^2$$

風荷重、地震荷重を考慮する場合

$$(\sigma 3 \text{ (短期)}) \text{圧縮} = \sigma Q - \sigma M + \sigma C1(\text{負圧}) = -1.0 - 15.9 + 0.0 = \underline{-16.9} \text{ N/mm}^2$$

## d) 応力評価

長期：

$$(\sigma 3) \text{引張} \underline{35.5} \text{ N/mm}^2 \leq 1.5 \times \sigma L = 1.5 \times 126.0 = \underline{189.0} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

$$|(\sigma 3) \text{圧縮}| \underline{13.8} \text{ N/mm}^2 \leq 1.5 \times \sigma L = 1.5 \times 126.0 = \underline{189.0} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

短期：

$$(\sigma 3) \text{引張} \underline{38.2} \text{ N/mm}^2 \leq 1.5 \times \sigma S = 1.5 \times 156.2 = \underline{234.3} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

$$|(\sigma 3) \text{圧縮}| \underline{16.9} \text{ N/mm}^2 \leq 1.5 \times \sigma S = 1.5 \times 156.2 = \underline{234.3} \text{ N/mm}^2 \text{ OK!}$$

ここで、

$$\frac{A}{R} \leq 0.5 \text{ のとき} \quad K3 = \frac{1}{4} K3' = \underline{\quad\quad\quad}$$

$$0.5 < \frac{A}{R} \leq 1 \text{ のとき} \quad K3 = \frac{1.5 K3' A}{R} - \frac{K3'}{2} = \underline{\quad\quad\quad}$$

$$\frac{A}{R} > 1 \text{ のとき} \quad K3 = K3' = \underline{0.0595}$$

$$K3' = \frac{1}{4\pi} \left[ \left( \cos \beta - \frac{\sin \beta}{\beta} \right) \left\{ 3 - \frac{4 - 6 \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 + 2 \cos^2 \beta}{1 + \frac{\sin \beta}{\beta} \cos \beta - 2 \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2} \right\} - 2 \beta \sin \beta \right]$$

$$= \underline{0.0595}$$

$$\beta = \pi - \frac{\theta}{2} \left( \frac{\pi}{180} \right) = \underline{2.161} \text{ (rad)} \quad \theta : \text{サドルの支持角} = \underline{112.4}^\circ$$

3.7 サドルに接する胴板のリング圧縮応力

- 2) 当板を計算に算入できない場合 (及び当板がない場合)  
 (当板の幅がサドル端から両側にそれぞれ、 $0.78\sqrt{R(ts - C)}$  以上ある場合を除く)

$$\begin{aligned} \sigma_5 &= - \frac{K_7 Q}{(ts - C) \{b + 1.56\sqrt{R(ts - C)}\}} + \frac{P D_m}{2(ts - C)} \\ &= - \frac{[30076] \times 0.791}{(16 - 0) \{340 + 1.56\sqrt{758} \times (16 - 0)\}} \\ &\quad + \frac{0 \times 1516}{2 \times (16 - 0)} \\ &= \begin{matrix} [-3.0] & \text{(短期) } N/mm^2 \\ -2.4 & \text{(長期) } N/mm^2 \end{matrix} \end{aligned}$$

$$|\sigma_5| = \begin{matrix} [3.0] & \text{(短期) } N/mm^2 \\ 2.4 & \text{(長期) } N/mm^2 \end{matrix} \leq \begin{matrix} \text{Min. } (\sigma_s \text{ or } \sigma_{ES}) \\ \text{Min. } (\sigma_L \text{ or } \sigma_{EL}) \end{matrix} = \begin{matrix} [173.6] & N/mm^2 \\ 111.7 & N/mm^2 \end{matrix} \quad \text{OK!}$$

ここで、

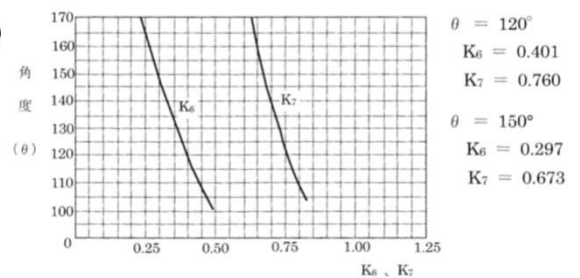
$\sigma_5$  : サドルに接する胴板のリング圧縮応力 ( $N/mm^2$ )

$K_7$  : サドルの支持角度より求まる係数

$$\begin{aligned} K_7 &= \frac{1 + \cos \alpha}{\pi - \alpha + \sin \alpha \cos \alpha} \\ &= \frac{1 + \cos 2.053}{\pi - 2.053 + \sin 2.053 \times \cos 2.053} \\ &= \underline{0.791} \end{aligned}$$

$b$  : サドルの幅 = 340 mm (腐れ代 0 mm を除く)

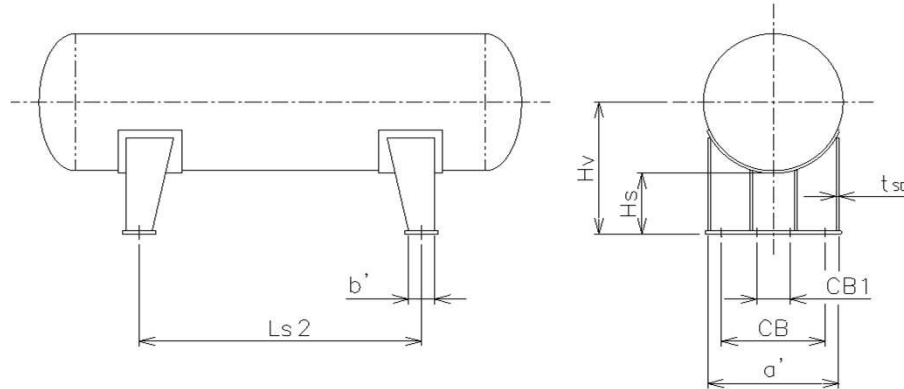
図 6  $K_6$ 、 $K_7$  の値



## 解説参考

JPI-7R-53-2009 横置容器サドルによる強度計算書

## 4. 横置容器サドルの強度



## [設計条件]

サドル材質		SS400	
設計温度		95	°C
サドルの許容圧縮応力	$\sigma_{SDac} =$	174.0	N/mm <sup>2</sup> (JPI-7R-53 解説 (Ⅲ) 5.4 i)による)
サドルの許容座屈応力	$\sigma_{SDab} =$	174.0	N/mm <sup>2</sup> (JPI-7R-53 解説 (Ⅲ) 5.4 j)による)

基礎ボルト材質 (at 20°C)		SS400	
基礎ボルトの許容引張応力	$\sigma_{Ba} =$	235.0	N/mm <sup>2</sup> (JPI-7R-53 解説 (Ⅲ) 5.4 k)による)
基礎ボルトの許容せん断応力	$\tau_{Ba} =$	135.0	N/mm <sup>2</sup> (JPI-7R-53 解説 (Ⅲ) 5.4 l)による)

運転重量	$W_o =$	48874	N (注1.)
シャットダウン重量	$W_s =$	48734	N (注1.)
水圧試験重量	$W_w =$	48734	N (注1.)

容器中心高さ	$H_v =$	1000	mm
サドル間隔	$L_{s2} =$	2440	mm
サドル高さ	$H_s =$	234	mm
サドル長さ	$a' =$	1324	mm
サドル幅	$b' =$	180	mm
外側ボルト間隔	$CB =$	1080	mm
内側ボルト間隔	$CB1 =$	—	mm

サドル一個当たりのボルト本数	$n =$	2	本
ボルト一本の断面積	$AB =$	539.5	mm <sup>2</sup> M30 谷径 26.211mm

ベースプレートとすべり板間の静止摩擦係数	$\mu_{os} =$	0.2
ベースプレートとすべり板間の動摩擦係数	$\mu_s =$	0.1
ベースプレートと基礎間の動摩擦係数	$\mu_F =$	0.3

サドルの有効断面積	$AsD =$	20880	mm <sup>2</sup> (8頁参照)
サドルの有効断面係数	$ZsD =$	332669	mm <sup>3</sup> (8頁参照)

注1. サドルは機器重心に対して偏心してついているため、サドルの強度計算に用いる荷重条件は、2~4頁のようにする。

4-1). サドルに生じる応力

a) 正常運転状態

風荷重 (  $F_w = 4273 \text{ N}$  ,  $\mu_{os} \cdot W_o = 9775 \text{ N}$  )

$F_w \leq \mu_{os} W_o$  の場合

$$\begin{aligned}\sigma_{SD} &= \frac{W_o}{2AsD} + \frac{F_w H_s}{2ZsD} + \frac{F_w H_v}{AsD Ls2} \\ &= \frac{48874}{2 \times 20880} + \frac{4273 \times 234}{2 \times 332669} + \frac{4273 \times 1000}{20880 \times 2440} \\ &= \underline{2.8} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{SDac} = \underline{174.0} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

$F_w > \mu_{os} W_o$  の場合

$$\begin{aligned}\sigma_{SD} &= \frac{W_o}{2AsD} + \frac{(2F_w - \mu_s W_o) H_s}{2ZsD} + \frac{F_w H_v}{AsD Ls2} \\ &= \frac{\text{---}}{\text{---}} + \frac{\text{---}}{\text{---}} + \frac{\text{---}}{\text{---}} \\ &= \underline{\text{---}} \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{SDac} = \underline{\text{---}} \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

b) 水圧試験状態

$$\begin{aligned}\sigma_{SD} &= \frac{W_w}{2AsD} \\ &= \frac{48734}{2 \times 20880} \\ &= \underline{1.2} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{SDac} = \underline{174.0} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

c) 熱膨張状態

$$\begin{aligned}\sigma_{SD} &= \frac{W_o}{2AsD} + \frac{\mu_{os} W_o H_s}{2ZsD} \\ &= \frac{48874}{2 \times 20880} + \frac{0.2 \times 48874 \times 234}{2 \times 332669} \\ &= \underline{4.7} \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{SDac} = \underline{174.0} \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

## 5. 基礎ボルトに生じる応力

## a) 風荷重により生じる引張応力

(ボルト本数  $n=2$  の場合)

$$\sigma_B = \frac{F_w H_v}{2CB AB} - \frac{W_s}{4AB}$$

$$= \frac{4273 \times 1000}{2 \times 1080 \times 539.5} - \frac{48734}{4 \times 539.5}$$

$$= \underline{-19.0} \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{Ba} = \underline{\quad\quad\quad} \text{ N/mm}^2$$

ボルトに引張応力は生じない

(ボルト本数  $n=4$  の場合)

$$\sigma_B = \frac{F_w H_v}{2(CB+CB1) AB} - \frac{W_s}{8AB}$$

$$= \frac{\quad\quad\quad}{\quad\quad\quad} - \frac{\quad\quad\quad}{\quad\quad\quad}$$

$$= \underline{\quad\quad\quad} \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{Ba} = \underline{\quad\quad\quad} \text{ N/mm}^2$$

※ 風荷重  $F_w = 4273 \text{ N}$  より、摩擦抵抗  $\mu_{os} \cdot W_o = 9775 \text{ N}$  のほうが大きいため、風荷重により基礎ボルトに生じるせん断応力の計算は行わない。