

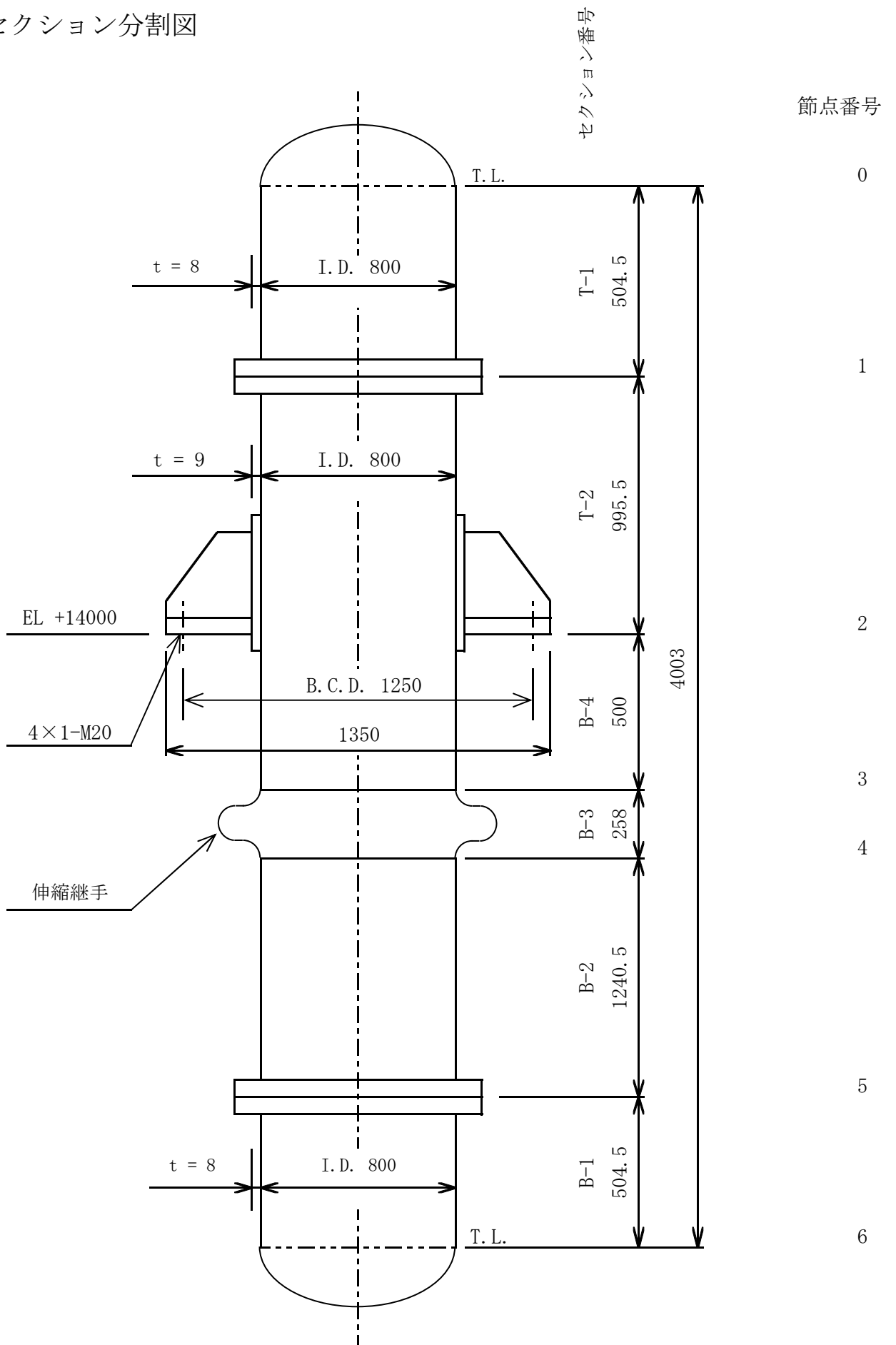
高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準 (レベル1) KHKS 0861 静的震度法	塔 類	ラグ支持で、重要度がⅡ又はⅢかつ、最高位の 正接線と最低位の正接線間の距離が20m未満のもの
--	-----	---

1. 応答解析等

設計条件	貯蔵能力 (詳細は 頁による)	W	t	---	
	事業所境界線までの最短距離	X	m	---	
	内 容 物 (シェル側 / チューブ側)			冷却水 / 原料ガス	
	高圧ガスの種類 (シェル側 / チューブ側)			--- / 可燃性	
	重 要 度 分 類			表 () III	
	重 要 度 係 数	β_1		0.50	
	設置場所 [①. コンビ則の特定製造事業所 ②. 上記以外]			神奈川県	
	地 域 区 分			特A	
	地 域 係 数	β_2		1.0	
	地 盤 種 別			第3種地盤	
	表層地盤増幅係数	β_3		2.0	
	ベースプレートからの高さ	H_t	m	15.500	
	運 転 重 量	W_v	N	38246 N	
応答解析等	$\beta_1 \beta_2$ (0.33未満の場合は0.33)	β_x		0.5	
	地震動のレベルに基づく係数	μ_k		1.0	
	地表面における 設計地震動	水平震度 $0.150 \mu_k \beta_x \beta_3$	K_H		0.15
		鉛直震度 $0.075 \mu_k \beta_x \beta_3$ 注1	K_V		-

- 注： 1. 鉛直方向の設計地震動の評価を省略することができる。
2. ラグサポートの場合は、ベースプレートからの高さを地表面からの高さに読み替える。
3. μ_k ：地震動レベルに基づく係数：レベル 1 地震動 = 1.0 とする。

セクション分割図



地震によるモーメントの算出 (静的震度法)

セクション (T-1) 算定部位： チャンネル
 セクション高さ： 15.500 - 14.9955 m セクション長さ： 504.5 mm

等分布荷重 (W a)				
品名	重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)
1 チャンネル (t8)	(81)	794 ×	252 =	200287
2 保温	(15)	147 ×	252 =	37081
3 その他	(11)	108 ×	252 =	27243
4	()	×	=	
5	()	×	=	
6	()	×	=	
7	()	×	=	
8	()	×	=	
9	()	×	=	
10	()	×	=	
(等分布荷重 小計)	(107)	1049	---	264610
集中荷重 (W c)				
1 チャンネルヘッド	(45)	441 ×	504.5 =	222485
2 N-3(4B)ノズル	(12)	118 ×	354.5 =	41831
3 N-5(2B)ノズル	(6)	59 ×	504.5 =	29766
4	()	×	=	
5	()	×	=	
6	()	×	=	
7	()	×	=	
8	()	×	=	
9	()	×	=	
10	()	×	=	
11	()	×	=	
12	()	×	=	
13	()	×	=	
14	()	×	=	
15	()	×	=	
(集中荷重 小計)	(63)	618 ×	476 =	294081
合計重量	(170)	1667	335	558691

偏心モーメント Me1 (機器中心よりの距離) × =

	(kg) 上側	(N)	(kg) 下側	(N)
節点配分(等分布)	(54)	525	(54)	525
節点配分(集中)	(59)	583	(4)	35

セクション (T-1)における重心位置 (運転状態) 本セクションより上に 335mm

地震によるモーメントの算出 (静的震度法)

セクション (T-2) 算定部位： シェル
 セクション高さ： 14.9955 - 14.000 m セクション長さ： 995.5 mm

等分布荷重 (W a)					
品名	重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)	
1 シェル (t9)	(179)	1755 ×	498 =	873551	
2 チューブ	(622)	6100 ×	498 =	3036275	
3 バッフル	(32)	314 ×	498 =	156294	
4 タイロッド・スペーサー	(6)	59 ×	498 =	29367	
5 内容液	(231)	2265 ×	498 =	1127404	
6 その他	(68)	667 ×	498 =	331999	
7	()	×	=		
8	()	×	=		
9	()	×	=		
10	()	×	=		
<hr/>					
(等分布荷重 小計)	(1138)	11160	---	5554890	
<hr/>					
集中荷重 (W c)					
1 N-1(6B)ノズル	(22)	216 ×	750 =	162000	
2 N-7a(3/4B)ノズル	(2)	20 ×	985.5 =	19710	
3 ラグサポート	(70)	686 ×	0 =	0	
4	()	×	=		
5	()	×	=		
6	()	×	=		
7	()	×	=		
8	()	×	=		
9	()	×	=		
10	()	×	=		
11	()	×	=		
12	()	×	=		
13	()	×	=		
14	()	×	=		
15	()	×	=		
<hr/>					
(集中荷重 小計)	(94)	922 ×	197 =	181710	
<hr/>					
合計重量	(1232)	12082	475	5736600	

偏心モーメント Me2 (機器中心よりの距離) × =

	(kg) 上側	(N)	(kg) 下側	(N)
節点配分(等分布)	(569)	5580	(569)	5580
節点配分(集中)	(19)	183	(75)	739

セクション (T-2)における重心位置 (運転状態) 本セクションより上に 579mm

地震によるモーメントの算出 (静的震度法)

セクション (B-4) 算定部位： シェル
 セクション高さ： 14.000 - 13.500 m セクション長さ： 500 mm
 (耐震計算上は、H = 14.5 - 14 mとして計算する。)

等分布荷重 (W a)

品名	重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)
1 シェル (t9)	(90)	883 ×	250 =	220750
2 チューブ	(312)	3060 ×	250 =	765000
3 バッフル	(16)	157 ×	250 =	39250
4 タイロッド・スペーサー	(3)	29 ×	250 =	7250
5 内容液	(116)	1138 ×	250 =	284500
6 その他	(31)	304 ×	250 =	76000
7	()	×	=	
8	()	×	=	
9	()	×	=	
10	()	×	=	
(等分布荷重 小計)	(568)	5570	---	1392750

集中荷重 (W c)

1	()	×	=
2	()	×	=
3	()	×	=
4	()	×	=
5	()	×	=
6	()	×	=
7	()	×	=
8	()	×	=
9	()	×	=
10	()	×	=
11	()	×	=
12	()	×	=
13	()	×	=
14	()	×	=
15	()	×	=
(集中荷重 小計)	()	×	=

合計重量 (568) 5570 250 1392750

偏心モーメント Me3 (機器中心よりの距離) × =

	(kg) 上側	(N)	(kg) 下側	(N)
節点配分(等分布)	(284)	2785	(284)	2785
節点配分(集中)	(0)	0	(0)	0

セクション (B-4)における重心位置 (運転状態) 本セクションより上に 840 mm

地震によるモーメントの算出 (静的震度法)

セクション (B-3) 算定部位： 伸縮継手
 セクション高さ： 13.500 - 13.242 m セクション長さ： 258 mm
 (耐震計算上は、H = 14.758 - 14.5 mとして計算する。)

等分布荷重 (W a)

品名	重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)
1 伸縮継手 (t9)	(77)	755 ×	129 =	97395
2 チューブ	(161)	1579 ×	129 =	203691
3 バッフル	(8)	78 ×	129 =	10062
4 タイロッド・スペーサー	(2)	20 ×	129 =	2580
5 内容液	(60)	588 ×	129 =	75852
6 その他	(18)	177 ×	129 =	22833
7	()	×	=	
8	()	×	=	
9	()	×	=	
10	()	×	=	
(等分布荷重 小計)	(326)	3197	---	412413

集中荷重 (W c)

1	()	×	=
2	()	×	=
3	()	×	=
4	()	×	=
5	()	×	=
6	()	×	=
7	()	×	=
8	()	×	=
9	()	×	=
10	()	×	=
11	()	×	=
12	()	×	=
13	()	×	=
14	()	×	=
15	()	×	=
(集中荷重 小計)	(0)	×	=

合計重量 (326) 3197 129 412413

偏心モーメント Me4 (機器中心よりの距離) × =

	(kg) 上側	(N)	(kg) 下側	(N)
節点配分(等分布)	(163)	1598	(163)	1598
節点配分(集中)	(0)	0	(0)	0

セクション (B-3)における重心位置 (運転状態) 本セクションより上に 960 mm

地震によるモーメントの算出 (静的震度法)

セクション (B-2) 算定部位： シェル
 セクション高さ： 13.242 - 12.0015 m セクション長さ： 1240.5 mm
 (耐震計算上は、H = 15.9985 - 14.758 mとして計算する。)

等分布荷重 (W a)

品名	重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)
1 シェル (t9)	(223)	2187 ×	620 =	1356487
2 チューブ	(775)	7600 ×	620 =	4713900
3 バッフル	(40)	392 ×	620 =	243138
4 タイロッド・スペーサー	(8)	78 ×	620 =	48380
5 内容液	(285)	2795 ×	620 =	1733599
6 その他	(79)	775 ×	620 =	480694
7	()	×	=	
8	()	×	=	
9	()	×	=	
10	()	×	=	
(等分布荷重 小計)	(1410)	13827	---	8576197

集中荷重 (W c)

1 N-2(6B)ノズル	(22)	216 ×	248.5 =	53676
2 N-7b(3/4B)ノズル	(2)	20 ×	100 =	2000
3	()	×	=	
4	()	×	=	
5	()	×	=	
6	()	×	=	
7	()	×	=	
8	()	×	=	
9	()	×	=	
10	()	×	=	
11	()	×	=	
12	()	×	=	
13	()	×	=	
14	()	×	=	
15	()	×	=	
(集中荷重 小計)	(24)	235 ×	237 =	55676

合計重量 (1434) 14063 614 8631873

偏心モーメント Me5 (機器中心よりの距離) × =

	(kg) 上側	(N)	(kg) 下側	(N)
節点配分(等分布)	(705)	6914	(705)	6914
節点配分(集中)	(5)	45	(19)	190

セクション (B-2)における重心位置 本セクションより上に (運転状態) 1591 mm

地震によるモーメントの算出 (静的震度法)

セクション (B-1) 算定部位： チャンネル
 セクション高さ： 12.0015 - 11.497 m セクション長さ： 504.5 mm
 (耐震計算上は、H = 16.503 - 15.9985 mとして計算する。)

等分布荷重 (W a)				
品名	重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)
1 チャンネル (t8)	(81)	794 ×	252 =	200287
2 保温	(15)	147 ×	252 =	37081
3 その他	(11)	108 ×	252 =	27243
4	()	×	=	
5	()	×	=	
6	()	×	=	
7	()	×	=	
8	()	×	=	
9	()	×	=	
10	()	×	=	
(等分布荷重 小計)	(107)	1049	---	264610

集中荷重 (W c)				
1 チャンネルヘッド	(45)	441 ×	0 =	0
2 N-4(4B)ノズル	(12)	118 ×	150 =	17700
3 N-6(2B)ノズル	(6)	59 ×	0 =	0
4	()	×	=	
5	()	×	=	
6	()	×	=	
7	()	×	=	
8	()	×	=	
9	()	×	=	
10	()	×	=	
11	()	×	=	
12	()	×	=	
13	()	×	=	
14	()	×	=	
15	()	×	=	
(集中荷重 小計)	(63)	618 ×	29 =	17700

合計重量 (170) 1667 169 282310

偏心モーメント Me6 (機器中心よりの距離) × =

	(kg) 上側	(N)	(kg) 下側	(N)
節点配分(等分布)	(54)	525	(54)	525
節点配分(集中)	(4)	35	(59)	583

セクション (B-1)における重心位置 (運転状態) 本セクションより上に 2011 mm

Ht = 15.500 m $K_H = 0.150$ $K_V = -$ セクション数 = 2		重量 (kN)							設計水平地震力 (kN)				地震力による モーメント (kN・mm) $M1 = \sum F_{SH} \cdot L$			塔類のモーメントの計算 [静的震度法]		
節点番号	セクション番号	セクション長さ L	等分布	節点配分	集中	節点配分	W _b + W _d	W _v =	ΣW_v	β_4	$K_{SH} = \beta_4 K_H$	$F_{SH} = K_{SH} W_H$	ΣF_{SH}	モーメント	偏心	地震時の転倒モーメント		
			Wa	Wb	Wc	Wd	Wb + Wd	Wa + Wc								Mi = M1 + M2	M = Σ Mi	
0				0.525	0.618	0.583	1.108	1.667		2.000	0.300	0.332	0.332					
1	T-1	504.5	1.049	6.105	0.618	0.217	6.322	1.667	13.749	2.000	0.300	1.897	2.229	168	0	168	168	
2	T-2	995.5	11.160	0.922	0.922	0.739	6.319	12.082		2.000	0.300	1.896	4.125	2219	0	2219	2386	
				5.580														
基礎へのモーメント									13.749				4.125	0			2386	

節点番号	セクション番号	セクション長さ L	重量 (kN)				設計水平地震力 (kN)					地震力によるモーメント (kN・mm)		塔類のモーメントの計算 [静的震度法]			
			等分布	節点配分	集中	節点配分	$W_H = W_b + W_d$	$W_V = W_a + W_c$	ΣW_V	β_4	$K_{SH} = \beta_4 K_H$	$F_{SH} = K_{SH} W_H$	ΣF_{SH}	モーメント	偏心モーメント	M1 = $\Sigma M1 + M2$	M = ΣMi
			W_a	W_b	W_c	W_d	$W_b + W_d$	$W_a + W_c$					$M1 = \Sigma F_{SH} \cdot L$	(kN・mm)	(kN・mm)		
6			0.525	0.618		0.583	1.107	1.667	2.030	0.305	0.337	0.337					
B-1		504.5	1.049	0.618			1.667	1.667					170	0	170	170	
5			7.438	0.235		0.226	7.664	15.730	2.000	0.300	2.299	2.636		0	3270	3441	
B-2		1240.5	13.827	0.235		0.045	8.557	18.927	2.000	0.300	2.567	5.204					
4			8.512	0.000		0.000	4.384	24.497	2.000	0.300	1.315	6.519		0	1343	4783	
B-3		258	3.197	0.000		0.000	4.384						3259	0	3259	8042	
3			4.384	0.000		0.000	2.785										
B-4		500	5.570	0.000		0.000	2.785										
2			2.785														
1																	
基礎への	0-1							24.497						0	7.354	8042	

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 塔類[ラグ支持のもの]

2. 応答解析 (設計修正地震力), 胴の算定応力, 許容応力及びその判定

セクション番号			T-1	T-2			
設計条件	設計静的水平地震力を算定する位置の地表面からの高さ	H	m	15.500	14.9955		
	常用の圧力	P _{OH}	MPa	2.000	0.190		
	通常の運転状態の最低圧力	P _{OL}	MPa	0.000	0.000		
	設計温度		°C	80	60		
	胴	内径 (腐れ代を除く)	Di	mm	800	802	
		板厚 (腐れ代を除く)	t	mm	8	8	
		使用材料名			SUS304	SB410	
		表(a)による材料の区分			(2)	(3)	
	設計温度	材料の引張強さ	Su	N/mm ²	497.6	410	
		材料の降伏点又は0.2%耐力	Sy	N/mm ²	181.4	215.2	
		材料の縦弾性係数	E	N/mm ²	191200	200400	
		常温	材料の最小引張強さ	Suo	N/mm ²	520	410
	材料の最小降伏点又は0.2%耐力		Syo	N/mm ²	205	225	
	継手の溶接効率	η		1.00	1.00		
	円すい胴の円すい部分の頂角の1/2	θ	°	0	0		
応答	水平方向 応答倍率	H ≤ 16の場合 β ₄ = 2.0	β ₄	2.000	2.000		
		16 < H ≤ 35の場合 β ₄ = 1.04 + 0.06H		---	---		
		35 < Hの場合 β ₄ = 3.14		---	---		
解析	設計水平震度 β ₄ K _H (0.2を下回る場合は0.2)	K _{SH}		0.300	0.300		
	水平地震力を算定する部分の自重と内容物の重量との和 (注1)	W _H	N	1108	6322		
	応力を算定する位置に作用する自重と内容物の重量との和 (注2)	W _V	N	1667	13749		
	設計水平地震力 K _{SH} W _H	F _{SH}	N	332	1897		
胴の算定応力・許容応力及び判定	応力を算定する位置に作用するモーメント (注3)	M	N・mm	167631	2386495		
	胴の平均直径 Di+t	Dm	mm	808	810		
	許容引張応力 (Sは表(a)による) S・η	ft	N/mm ²	181.4	193.6		
	Sy 又は Syo の小なる値	Sy'	N/mm ²	181.4	215.2		
	0.6Et / [(1+0.004E/Sy') Dm]	S'	N/mm ²	217.7	251.3		
	許容圧縮応力 S 又は S' の小なる値	fc	N/mm ²	181.4	193.7		
	① Dm/4t			25.25	25.31		
	② Wv / π Dmt		N/mm ²	0.08	0.68		
	③ 4M / π Dm ² t		N/mm ²	0.04	0.58		
	引張応力 (①×P _{OH} -②+③) / cos θ	σ _t	N/mm ²	50.5	4.8		
判定 σ _t ≤ ft		N/mm ²	50.5 ≤ 181.4	4.8 ≤ 193.6			
圧縮応力 (-①×P _{OL} +②+③) / cos θ	σ _c	N/mm ²	0.2	1.3			
判定 σ _c ≤ fc		N/mm ²	0.2 ≤ 181.4	1.3 ≤ 193.7			
表(a)			S=181.4 N/mm ²	S=193.7 N/mm ²	N/mm ²		
区分	材料の種類	S(下記の小なる値)		注1は 9 頁による	注2は 9 頁による	注3は 9 頁による	
1	室温以下の温度で使用する低温用アルミニウム合金および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高ニッケル合金鋼	0.6Suo, 0.6Su 0.9Syo, Sy					
3	上記以外	0.6Suo, 0.6Su 0.9Syo, 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 塔類[ラグ支持のもの]

2. 応答解析 (設計修正地震力), 胴の算定応力, 許容応力及びその判定

セクション番号			B-1	B-2	B-4		
設計条件	設計静的水平地震力を算定する位置の地表面からの高さ	H	m	16.503	15.9985	14.500	
	常用の圧力	P _{OH}	MPa	2.000	0.190	0.190	
	通常の運転状態の最低圧力	P _{OL}	MPa	0.000	0.000	0.000	
	設計温度		°C	80	60	60	
	胴	内径 (腐れ代を除く)	Di	mm	800	802	802
		板厚 (腐れ代を除く)	t	mm	8	9	8
		使用材料名			SUS304	SB410	SB410
		表(a)による材料の区分			(2)	(3)	(3)
	設計温度	材料の引張強さ	Su	N/mm ²	497.6	410	410
		材料の降伏点又は0.2%耐力	Sy	N/mm ²	181.4	215.2	215.2
		材料の縦弾性係数	E	N/mm ²	191200	200400	200400
		材料の最小引張強さ	Suo	N/mm ²	520	410	410
		材料の最小降伏点又は0.2%耐力	Syo	N/mm ²	205	225	225
	継手の溶接効率	η		1.00	1.00	1.00	
	円すい胴の円すい部分の頂角の1/2	θ	°	0	0	0	
応答	水平方向 応答倍率	H ≤ 16の場合 β ₄ = 2.0	β ₄	---	2.000	2.000	
		16 < H ≤ 35の場合 β ₄ = 1.04 + 0.06H		2.030	---	---	
		35 < Hの場合 β ₄ = 3.14		---	---	---	
解析	設計水平震度 β ₄ K _H (0.2を下回る場合は0.2)	K _{SH}		0.305	0.300	0.300	
	水平地震力を算定する部分の自重と内容物の重量との和 (注1)	W _H	N	1107	7664	4384	
	応力を算定する位置に作用する自重と内容物の重量との和 (注2)	W _V	N	1667	15730	24497	
	設計水平地震力 K _{SH} W _H	F _{SH}	N	337	2299	1315	
胴の算定応力・許容応力及び判定	応力を算定する位置に作用するモーメント (注3)	M	N・mm	170133	3440589	8042392	
	胴の平均直径 Di+t	Dm	mm	808	811	810	
	許容引張応力 (Sは表(a)による) S・η	ft	N/mm ²	181.4	193.6	193.6	
	Sy 又は Syo の小なる値	Sy'	N/mm ²	181.4	215.2	215.2	
	0.6Et / [(1+0.004E/Sy') Dm]	S'	N/mm ²	217.7	282.4	251.3	
	許容圧縮応力 S 又は S' の小なる値	fc	N/mm ²	181.4	193.7	193.7	
	算定応力及び判定	① Dm/4t			25.25	22.53	25.31
		② Wv / π Dmt		N/mm ²	0.08	0.69	1.20
		③ 4M / π Dm ² t		N/mm ²	0.04	0.74	1.95
		引張応力 (①×P _{OH} +②+③) / cos θ	σ t	N/mm ²	50.7	5.8	8.0
判定 σ t ≤ ft		N/mm ²	50.7 ≤ 181.4	5.8 ≤ 193.6	8.0 ≤ 193.6		
圧縮応力 (-①×P _{OL} -②+③) / cos θ	σ c	N/mm ²	-0.1	0.1	0.8		
判定 σ c ≤ fc		N/mm ²	-0.1 ≤ 181.4	0.1 ≤ 193.7	0.8 ≤ 193.7		
表(a)				S=181.4 N/mm ²	S=193.7 N/mm ²	S=193.7 N/mm ²	
区分	材料の種類	S(下記の小なる値)		注1は 10 頁による	注2は 10 頁による	注3は 10 頁による	
1	室温以下の温度で使用する低温用アルミニウム合金および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高ニッケル合金鋼	0.6Suo, 0.6Su 0.9Syo, Sy					
3	上記以外	0.6Suo, 0.6Su 0.9Syo, 0.9Sy					

地震荷重による撓み角及び撓み量の算出

伸縮継手のある セクションNo.	端部の 支持状態	内径 Di (mm)	板厚 t (mm)	セクション 長さ Ls (mm)	断面二次 モーメント I (mm ⁴)	縦弾性係数 E (N/mm ²)	等分布荷重 Wn (N)	せん断力 Fs (N)	曲げ モーメント M (N-mm)	撓み角 (rad)	撓み量 (mm)	
B-3	両端自由	919.50	7.50	258	2344974647	369.7	3197	5204	4783097	1.664E-03	0.23	
機器番号： E-1230											13	頁

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	塔類 [ラグ支持のもの]
--	--------------

3. 伸縮継手の耐震性能評価

セクション番号			B-3			
設計条件	設計圧力	P	MPa	0.190		
	設計温度		°C	60		
	伸縮継手	使用材料名			SB410	
		伸縮継手の谷部の外径(腐れしをを除く)	d	mm	818	
		板厚(腐れしをを除く)	t _o	mm	8	
		成形加工後修正板厚(腐れしをを除く)	t	mm	7.50	
		伸縮継手材料の設計温度における縦弾性係数	E _b	N/mm ²	200400	
		伸縮継手材料の常温における縦弾性係数	E ₀	N/mm ²	203000	
		伸縮継手の山の高さ	W	mm	109	
		伸縮継手の山のピッチ	q	mm	218	
		直線部を含まない伸縮継手の山のピッチ	q _o	mm	258	
		伸縮継手の山数	N		1	
	伸縮継手の層数	n		1		
	コントロールリングの有無			無		
伸縮継手の算定応力・許容応力及び判定	等価な円筒胴の長さ (= N・q)	L _e	mm	218		
	等価な円筒胴の板厚 (= n・t)	t _e	mm	7.50		
	等価な円筒胴の平均径	d _e	mm	927		
	等価な円筒胴の縦弾性係数(設計温度) $2\sqrt{2}/(3\pi) \cdot qt^2 / (\sqrt{q_0} \cdot W^{2.5}) \cdot E_b$	E _e	N/mm ²	369.7		
	等価な円筒胴の縦弾性係数(常温) $E \cdot E_0 / E_b$	E _a	N/mm ²	374.4		
	応答解析により得られる伸縮継手の軸方向片振幅	Δx	mm	0.00		
	応答解析により得られる伸縮継手の軸直角方向片振幅	$\Delta \delta$	mm	0.23		
	応答解析により得られる曲げ角度片振幅	$\Delta \theta$	rad	1.664E-03		
	ベローズの全山動き量 $2(\Delta x)/N+6d_e(\Delta \delta)/(Nq-\Delta x)+d_e(\Delta \theta)/N$	e	mm	7.306		
	伸縮継手の評価応力	コントロールリングを有さない(※a)	σ_{max}	N/mm ²	712.89	
コントロールリングを有する(※b)		σ_{max}	N/mm ²	---		
耐震設計用許容応力	S _a	N/mm ²	1448			
判定 $\sigma_{max} \leq S_a$			712.89 ≤ 1448			

注1：静的震度法においては、鉛直震度の評価を省略できるので、 $\Delta x = 0$ とする。

注2：式 a), b) は下記の通り

a) コントロールリングを有さない場合

$$\sigma_{max} = \frac{0.75E_b t}{\left(\frac{q}{2}\right)^{0.5} W^{1.5}} e + \frac{P}{2n} \left(\frac{W}{t}\right)^2$$

b) コントロールリングを有する場合

$$\sigma_{max} = \frac{0.75E_b t}{\left(\frac{q}{2}\right)^{0.5} W^{1.5}} e + \frac{P}{n} \left(\frac{W}{t}\right)^2$$

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 [ラグ支持のもの] ラグR側 (圧縮)

4. 支持構造物 (ラグ) の算定応力, 許容応力及びその判定

設計条件	使用材料名		SS400	荷重	ラグ上部位置における上部側からのモーメント	M1	N-mm	2386495	
	材料の区分		3		ラグ下部位置における下部側からのモーメント	M2	N-mm	8042392	
	設計温度		℃ 60		ラグ上部位置における上部側からの水平力	F1	N	4125	
	材料の引張強さ	Su3	N/mm ²		400	ラグ下部位置における下部側からの水平力	F2	N	7354
	材料の降伏点又は、0.2%耐力	Sy3	N/mm ²		236.4	応力算定位置に作用する自重と内容物の重量との和(注1)	Wv	N	38246
	材料の縦弾性係数	E1	N/mm ²		200400	設計鉛直地震力(注2)	Fv	N	0
	当板の有無				有	脚の個数	N		4
	本体の外径 (当板含む)	Do	mm		836	ボルトの中心を通る円の半径	R	mm	625
	ラグの許容応力 (下表による)	F	N/mm ²		212.7	ベース幅	B2	mm	230
						リブ高さ	H	mm	180
	リブ個数	n			1	上サポート板厚	t1	mm	0
	ラグ高さ	h	mm		192	ベースプレート板厚	t2	mm	12
						リブ板厚	t3	mm	9

ラグの断面係数	O-O軸周りの面積モーメント (下記算式1による)	C	mm ³	181800
	ラグの断面積 = B2(t1+t2)+nH・t3	A	mm ²	4380
	O-O軸からの図心位置までの距離 = C/A	y	mm	41.51
	図心回りの断面二次モーメント (下記算式2による)	Ix	mm ⁴	13781894.8
	ラグの断面係数 = Ix / (H+t1+t2-y)	Z1	mm ³	91578.2
	ラグの断面係数 = Ix / y	Z2	mm ³	332039.0

ラグR側の算定応力・許容応力及び判定	CASE1	ラグに働くモーメント: (M1-M2)+F1・h	M	N-mm	-4863959.6	
		断せん力	鉛直方向: (Wv+Fv)/N+M/2R	QVR	N	5670.3
			水平方向: (F1+F2)/N	QHR	N	2869.7
		胴とラグRとの接続部に働く曲げモーメント 式3	MBR	N-mm	898264.4	
		せん断応力 = QVR / n・t3・H	τmax	N/mm ²	3.6 ≤ F/√3 = 122.8	
		引張・圧縮応力 (上部) = -MBR / Z1 - (F1+F2)/N・A	σm	N/mm ²	-10.5 ≤ F = 212.7	
	引張・圧縮応力 (下部) = +MBR / Z2 - (F1+F2)/N・A	σm	N/mm ²	2.1 ≤ F = 212.7		
	CASE2	ラグに働くモーメント: (M1+M2)+F1・h	M	N-mm	11220824.9	
		断せん力	鉛直方向: (Wv+Fv)/N+M/2R	QVR	N	18538.1
			水平方向: (F1-F2)/N	QHR	N	807.4
		胴とラグRとの接続部に働く曲げモーメント 式4	MBR	N-mm	3914902.3	
		せん断応力 = QVR / n・t3・H	τmax	N/mm ²	11.5 ≤ F/√3 = 122.8	
引張・圧縮応力 (上部) = -MBR / Z1 - (F1-F2)/N・A		σm	N/mm ²	-42.6 ≤ F = 212.7		
引張・圧縮応力 (下部) = +MBR / Z2 - (F1-F2)/N・A	σm	N/mm ²	12.0 ≤ F = 212.7			

注1: 機器の自重は、基礎面の上側及び下側に加わるものを合計した値とする。

注2: Fvは、静的震度法にあつては0とすること。

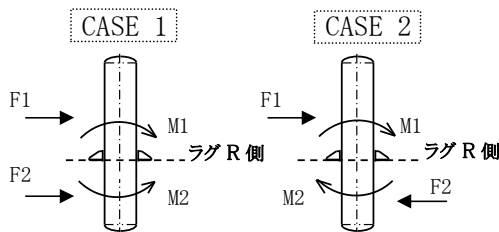
注3: せん断力は、算出結果を絶対値にて示した。

式1 $C = B_2 t_2^2 / 2 + n t_3 H (H/2 + t_2) + B_2 t_1 (H + t_1/2 + t_2)$

式2 $I_x = B_2 t_1 (H + t_1/2 + t_2 - y)^2 + B_2 t_2 (y - t_2/2)^2 + n H t_3 (H/2 + t_2 - y)^2 + n H^3 t_3 / 12$

式3 $M_{BR} = \{ (W_v + F_v) / N + M / 2R \} \times (R - D_o / 2) - (F_1 + F_2) / N \times h / 2$

式4 $M_{BR} = \{ (W_v + F_v) / N + M / 2R \} \times (R - D_o / 2) - (F_1 - F_2) / N \times h / 2$



区分	表(a) 材料の種類	S3 (下記の小なる値)
1	室温以下の温度で使用する 低温度用アルミニウム合金及び9%ニッケル鋼	0.6Su3, 0.9Sy3
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高ニッケル合金鋼	0.6Suo3, 0.6Su3 0.9Sy03, Sy3
3	上記以外	0.6Suo3, 0.6Su3 0.9Sy03, 0.9Sy3

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 [ラグ支持のもの] ラグL側 (引張り)

4. 支持構造物 (ラグ) の算定応力, 許容応力及びその判定

設計条件	使用材料名		SS400	荷重	ラグ上部位置における上部側からのモーメント	M1	N-mm	2386495	
	材料の区分		3		ラグ下部位置における下部側からのモーメント	M2	N-mm	8042392	
	設計温度		°C 60		ラグ上部位置における上部側からの水平力	F1	N	4125	
	材料の引張強さ	Su3	N/mm ²		400	ラグ下部位置における下部側からの水平力	F2	N	7354
	材料の降伏点 又は、0.2% 耐力	Sy3	N/mm ²		236.4	応力算定位置に作用する自重と内容物の重量との和(注1)	Wv	N	38246
	材料の縦弾性係数	E1	N/mm ²		200400	設計鉛直地震力(注2)	Fv	N	0
	当板の有無			有	ラグの各部寸法	脚の個数	N	4	
	本体の外径 (当板含む)	Do	mm	836		ボルトの中心を通る円の半径	R	mm	625
	ラグの許容応力 (下表による)	F	N/mm ²	212.7		ベース幅	B2	mm	230
						リブ高さ	H	mm	180
						上サポート板厚	t1	mm	0
	リブ個数	n		1		ベースプレート板厚	t2	mm	12
	ラグ高さ	h	mm	192		リブ板厚	t3	mm	9

ラグの断面係数	O-O軸周りの面積モーメント (下記算式1による)	C	mm ³	181800
	ラグの断面積 = B2(t1+t2)+nH・t3	A	mm ²	4380
	O-O軸からの図心位置までの距離 = C/A	y	mm	41.51
	図心回りの断面二次モーメント (下記算式2による)	Ix	mm ⁴	13781894.8
	ラグの断面積 = Ix / (H+t1+t2-y)	Z1	mm ³	91578.2
	ラグの断面積 = Ix / y	Z2	mm ³	332039.0

ラグL側の算定応力・許容応力及び判定	CASE1	ラグに働くモーメント: (M1-M2)+F1・h	M	N-mm	-4863959.6	
		断せん力	鉛直方向: (Wv+Fv)/N-M/2R	QvL	N	13452.7
			水平方向: (F1+F2)/N	QhL	N	2869.7
		胴とラグLとの接続部に働く曲げモーメント 式3	M _{BL}	N-mm	3060189.9	
		せん断応力 = QvL / n・t3・H	τ _{max}	N/mm ²	8.4 ≤ F/√3 = 122.8	
		引張・圧縮応力 (上部) = -M _{BL} / Z1 + (F1+F2)/N・A	σ _m	N/mm ²	-32.8 ≤ F = 212.7	
	引張・圧縮応力 (下部) = +M _{BL} / Z2 + (F1+F2)/N・A	σ _m	N/mm ²	9.9 ≤ F = 212.7		
	CASE2	ラグに働くモーメント: (M1+M2)+F1・h	M	N-mm	11220824.9	
		断せん力	鉛直方向: (Wv+Fv)/N-M/2R	QvL	N	584.8
			水平方向: (F1-F2)/N	QhL	N	807.4
		胴とラグLとの接続部に働く曲げモーメント 式4	M _{BL}	N-mm	43552.0	
		せん断応力 = QvL / n・t3・H	τ _{max}	N/mm ²	0.4 ≤ F/√3 = 122.8	
引張・圧縮応力 (上部) = -M _{BL} / Z1 + (F1-F2)/N・A		σ _m	N/mm ²	-0.7 ≤ F = 212.7		
引張・圧縮応力 (下部) = +M _{BL} / Z2 + (F1-F2)/N・A	σ _m	N/mm ²	-0.1 ≤ F = 212.7			

注1: 機器の自重は、基礎面の上側及び下側に加わるものを合計した値とする。

注2: Fvは、静的震度法にあつては0とすること。

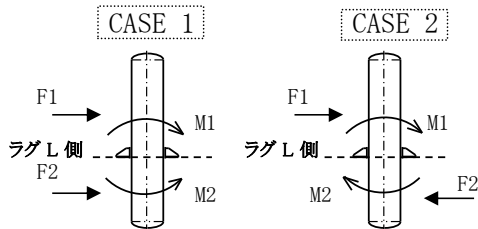
注3: せん断力は、算出結果を絶対値にて示した。

式1 $C = B_2 t_2^2 / 2 + n t_3 H (H / 2 + t_2) + B_2 t_1 (H + t_1 / 2 + t_2)$

式2 $I_x = B_2 t_1 (H + t_1 / 2 + t_2 - y)^2 + B_2 t_2 (y - t_2 / 2)^2 + n H t_3 (H / 2 + t_2 - y)^2 + n H^3 t_3 / 12$

式3 $M_{BL} = \{ (W_v + F_v) / N - M / 2R \} \times (R - D_o / 2) + (F_1 + F_2) / N \times h / 2$

式4 $M_{BL} = \{ (W_v + F_v) / N - M / 2R \} \times (R - D_o / 2) + (F_1 - F_2) / N \times h / 2$



区分	表(a) 材料の種類	S3 (下記の小なる値)
1	室温以下の温度で使用する 低温度用アルミニウム合金及び9%ニッケル鋼	0.6Su3, 0.9Sy3
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高ニッケル合金鋼	0.6Suo3, 0.6Su3 0.9Sy03, Sy3
3	上記以外	0.6Suo3, 0.6Su3 0.9Sy03, 0.9Sy3

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 [ラグ支持のもの]

5. 支持構造物 (ベースプレート, 基礎ボルト)の算定応力, 許容応力及びその判定

設計 条件	ベースプレート	使用材料名			SS400	
		材料の降伏点又は0.2%耐力	Sy3	N/mm ²	236.4	
		材料の引張強さ	Su3	N/mm ²	400	
		寸法 (ベースプレートの当板から突き出し長さ)	a	mm	257	
		寸法 (リブ取り付け内間)	b	mm	0	
		寸法 (当板からボルト穴までの距離)	λ	mm	207	
		寸法 (ベースプレート幅)	B2	mm	230	
		寸法 (ベースプレート板厚)	t2	mm	12	
	セットボルト	使用材料名			SS400	
		材料の最小降伏点又は0.2%耐力	Sy4	N/mm ²	235	
		材料の引張強さ	Su4	N/mm ²	400	
		ラグ1脚あたりの本数	na	本	1	
		谷径	d	mm	17.294 (M20)	
		有効断面積 $\pi d^2/4$	Ab	mm ²	234.8	
セットボルトの中心を通る円の直径		D	mm	1250		
算定応力・許容応力及び判定	ベースプレート	セットボルトの引張荷重 $= na \cdot Ab \cdot \sigma t$	P	N	-587	
		当て板が分担する引抜力 $= P / [1+16(\lambda/b)^3(a/b)]$	P1	N	—	
		リブが分担する引抜力 $= (P - P1) / 2$	P2	N	-293.5	
		当て板位置における曲げ応力 $= \pm 6P1 \lambda / bt_2^2$	$\sigma b1$	N/mm ²	—	
		リブ位置における曲げ応力 $= \pm 6P2(b/2)/at_2^2$	$\sigma b2$	N/mm ²	0.1	
		許容引張応力Sy3又は0.7Su3の小なる値	F	N/mm ²	236.4	
		当て板位置における膜応力+曲げ応力 $= \sigma m + \sigma b1$	σ	N/mm ²	$9.9 \leq F = 236.4$	
		リブ位置における応力 $\sigma b2$	σb	N/mm ²	$0.1 \leq F = 236.4$	
	セットボルト	CASE1	鉛直地震力を算定する位置に作用する自重と内容物の重量との和	Wv	N	38246
			許容引張応力Sy4又は0.7Su4の小なる値	Fb	N/mm ²	235.0
		ラグに働くモーメント: $(M1-M2)+F1 \cdot h$	M	N-mm	-4863959.6	
		引張応力 ※1)	σt	N/mm ²	$-24.2 \leq Fb = 235.0$	
		せん断応力 $= (F1+F2)/N \cdot na \cdot Ab$	τ	N/mm ²	$12.3 \leq Fb/\sqrt{3} = 135.6$	
		組合わせ応力 $= (\sigma t + 1.6 \tau)/1.4$	σ_{total}	N/mm ²	---	
CASE2		ラグに働くモーメント: $(M1+M2)+F1 \cdot h$	M	N-mm	11220824.9	
		引張応力 $= \{(-Wv+Fv)/4+M/2R\}/na \cdot Ab$	σt	N/mm ²	$-2.5 \leq Fb = 235.0$	
	せん断応力 $= (F1-F2)/N \cdot na \cdot Ab$	τ	N/mm ²	$3.5 \leq Fb/\sqrt{3} = 135.6$		
	組合わせ応力 $= (\sigma t + 1.6 \tau)/1.4$	σ_{total}	N/mm ²	---		

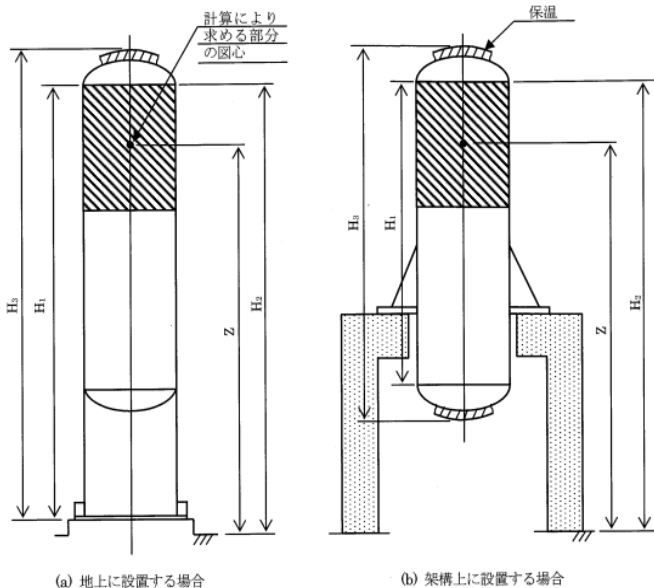
- 注： 1. 静的震度法にあっては、Fvは0とすること。
 2. ※1) $\{(-Wv+Fv)/4+M/D\}/na \cdot Ab$ 又は $\{(-Wv+Fv)/4-M/D\}/na \cdot Ab$ のいずれか正の値の方。
 3. セットボルトの引張応力が負の場合は、引張応力が発生しない。
 この場合、組合せ応力は評価しない。
 4. せん断応力に関しては計算結果を絶対値にて示した。

1. 風に対する基本設計条件 (架構上に据え付けられた塔そう類)

地表面粗度区分 : III $Z_b = 5$ m $Z_G = 450$ m $\alpha = 0.2$	風速 $V_0 = 34$ m/sec 機器の高さ (鏡板T.L.間距離) $H_1 = 4.003$ m 基礎面～地表面までの高さ 14.000 m 地表面から塔そう類の最高位高さ $H_2 = 15.500$ m
---	---

風 荷 重 の 算 出

設 計 条 件	セクション番号			T-1	T-2			
	塔そう類の当該部図心の地表面からの高さ	Z	m	15.377	14.498			
	各セクションの高さ	L	mm	763	996			
	本体内径	D_i	mm	800	800			
	板厚	t	mm	8	9			
	保温厚さ	t_i	mm	50	0			
	保温された塔そう類の外径	B	m	0.916	0.818			
	計算に採用する相当直径 Max. (1.2B, B+0.3)	D	m	1.2160	1.1180			
風 力 係 数	$H_2 \leq Z_b$ の場合 : 1.0 $Z_b < H_2$ の場合 $Z \leq Z_b : (Z_b/H_2)^{2\alpha}$ $Z_b < Z : (Z/H_2)^{2\alpha}$		k_z	-	-			
			H_1 / B	-	-	0.9968	0.9736	
			H_1 / B	-	4.3701	4.8936		
			C_f	-	0.794	0.790		
計 算	有効面積		A	m ²	0.927	1.113		
	平均風速の高さ方向の分布を表す係数	$H_2 \leq Z_b$ の場合 = $1.7(Z_b/Z_G)^\alpha$	E_r	-	-			
		$Z_b < H_2$ の場合 = $1.7(H_2/Z_G)^\alpha$						0.8667
	ガスト影響係数 (下表(3)による)		G_f	-	2.427			
	風速の鉛直分布係数 = $E_r^2 \cdot G_f$		E	-	1.823			
	速度圧 = $0.6E \cdot V_0^2$		q	N/m ²	1264.3			
各セクション風荷重 = $q \cdot C_f \cdot A$		F_w	N	931	1111			
結 果	風荷重総計 (水平力)		ΣF_w	N	931	2042		
	風荷重による転倒モーメント		ΣM_w	N-m	355	1834		



(1) 有効面積(A)は $A = D \cdot L$ で
 $D = 1.2x_B$ 又は $0.3+B$ のいずれか大きい方とする。

(2) Z_b, Z_G, α の地表面粗度区分に応じた値

地表面粗度区分	Z_b (m)	Z_G (m)	α
I	5	250	0.10
II	5	350	0.15
III	5	450	0.20
IV	10	550	0.27

(3) G_f の地表面粗度区分に応じた値

地表面粗度区分	$H_2 \leq 10m$	$10m < H_2 < 40m$	$40m \leq H_2$
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

(4) $\Sigma M_w = M_w(n-1) + \Sigma F_w(n-1) \cdot L_n + F_w \cdot L_n/2$

風 荷 重 の 算 出

設 計 条 件	セクション番号		/		B-4	B-3	B-2	B-1	
	塔そう類の当該部図心の地表面からの高さ		Z	m	13.750	13.371	12.622	11.645	
	各セクションの高さ		L	mm	500	258	1241	713	
	本体内径		Di	mm	800	1018	800	800	
	板厚		t	mm	9	9	9	8	
	保温厚さ		t _i	mm	0	0	0	0	
	保温された塔そう類の外径		B	m	0.818	1.036	0.818	0.816	
	計算に採用する相当直径 Max. (1.2B, B+0.3)		D	m	1.1180	1.3360	1.1180	1.1160	
	風 力 係 数	H2 ≤ Zb の場合 : 1.0		kz	-	-	-	-	-
		Zb < H2 の場合	Z ≤ Zb : (Zb/H2) ^{2α}			-	-	-	-
Zb < Z : (Z/H2) ^{2α}			0.9532			0.9426	0.9211	0.8919	
/		H1 / B	-	4.8936	3.8639	4.8936	4.9056		
係 数		H1/B ≤ 1 の場合		C _f	-	0.773	0.737	0.747	0.724
		1 < H1/B < 8 未満の場合							
	8 ≤ H1/B の場合		0.9kz						
計 算	有効面積		A	m ²	0.559	0.345	1.387	0.795	
	平均風速の高さ方向 の分布を表す係数	H2 ≤ Zb の場合 = 1.7(Zb/Z _G) ^α	E _r	-	-				
		Zb < H2 の場合 = 1.7(H2/Z _G) ^α			0.8667				
	ガスト影響係数 (18頁表(3)による)		G _f	-	2.428				
	風速の鉛直分布係数 = E _r ² ・G _f		E	-	1.824				
	速度圧 = 0.6E・V ₀ ²		q	N/m ²	1265.2				
	各セクション風荷重 = q・C _f ・A		F _w	N	547	321	1311	728	
結 果	風荷重総計 (水平力)		ΣF _w	N	2908	2361	2039	728	
	風荷重による転倒モーメント		ΣM _w	N-m	3861	2544	1976	259	

風 荷 重 の 算 出

設 計 条 件	セクション番号		/						
	塔そう類の当該部図心の地表面からの高さ		Z	m					
	各セクションの高さ		L	mm					
	本体内径		Di	mm					
	板厚		t	mm					
	保温厚さ		t _i	mm					
	保温された塔そう類の外径		B	m					
	計算に採用する相当直径 Max. (1.2B, B+0.3)		D	m					
	風 力 係 数	H2 ≤ Zb の場合 : 1.0		kz	-	-	-	-	-
		Zb < H2 の場合	Z ≤ Zb : (Zb/H2) ^{2α}			-	-	-	-
Zb < Z : (Z/H2) ^{2α}			-			-	-	-	
/		H1 / B	-	-	-	-	-		
係 数		H1/B ≤ 1 の場合		C _f	-	-	-	-	-
		1 < H1/B < 8 未満の場合							
	8 ≤ H1/B の場合		0.9kz						
計 算	有効面積		A	m ²					
	平均風速の高さ方向 の分布を表す係数	H2 ≤ Zb の場合 = 1.7(Zb/Z _G) ^α	E _r	-	-				
		Zb < H2 の場合 = 1.7(H2/Z _G) ^α			-				
	ガスト影響係数 (18頁表(3)による)		G _f	-	-				
	風速の鉛直分布係数 = E _r ² ・G _f		E	-	-				
	速度圧 = 0.6E・V ₀ ²		q	N/m ²	-				
	各セクション風荷重 = q・C _f ・A		F _w	N					
結 果	風荷重総計 (水平力)		ΣF _w	N					
	風荷重による転倒モーメント		ΣM _w	N-m					

2. 胴の設計 (風に対する応力検討)			(運転条件)		
2.1 設計条件		セクション No.	T-1	T-2	
地表面よりの高さ		m	15.500~14.9955	14.9955~14.000	
使用材料名			SUS304	SB410	
最高圧力	Ph	MPa	2.000	0.190	
最低圧力	P1	MPa	0.000	0.000	
設計温度		℃	80	60	
胴内径	Di	mm	800	800	
胴板厚さ	t	mm	8.0	9.0	
腐れしろ	α	mm	0.0	1.0	
胴平均径 (腐食後)	Dm	mm	808.0	810.0	
円錐胴の場合の1/2頂角	θ	degree	0	0	
溶接効率	η		1.00	1.00	
運転重量	W	N	1667	13749	
風による最大モーメント	Mw	N・m	355	1834	
偏心モーメント	Me	N・m	0	0	
常 温	許容引張応力	Sca	N/mm ²	129	103
	引張強さ	Sua	N/mm ²	520	410
	降伏点又は耐力	Sya	N/mm ²	205	225
	縦弾性係数	Ea	N/mm ²	195000	203000
設 計 温 度	許容引張応力	Sc	N/mm ²	124.4	103
	引張強さ	Su	N/mm ²	497.6	410
	降伏点又は耐力	Sy	N/mm ²	181.4	215.2
	縦弾性係数	E	N/mm ²	191200	200400
2.2 許容応力					
短期許容引張応力 : FSt (N/mm ²)					
Ss = 0.6Sua or 0.6Su or 0.9Sya or 0.9Syの最小値			---	193.6	
Ss = 0.6Sua or 0.6Su or 0.9Sya or 1.0Syの最小値			181.4	---	
FSt = Ss η			181.4	193.6	
長期許容引張応力 : FLt (N/mm ²)					
SL = Sca or Scの最小値			124.4	103.0	
FLt = SL η			124.4	103.0	
短期許容圧縮応力 : FSc (N/mm ²) E' = Ea or E, Sy' = Sya or Sy					
Ss' = 0.6 E' (t-α)/(1+0.004×E'/Sy')Dm			217.7	251.3	
FSc = Ss or Ss'の最小値			217.7	193.6	
長期許容圧縮応力 : FLc (N/mm ²) E' = Ea or E, Sy' = Sya or Sy					
SL' = 0.3 E' (t-α)/(1+0.004×E'/Sy')Dm			108.8	125.6	
FLc = SL or SL'の最小値			108.8	103.0	
2.3 単位長さ当り荷重 (N/mm)					
最高圧力	ah = Ph・Dm/4		404	38.5	
最低圧力	al = P1・Dm/4		0.0	0.0	
運転重量	b = W/πDm		0.7	5.5	
最大モーメント	c = 4000Mw/πDm ²		0.7	3.6	
偏心モーメント	d = 4000Me/πDm ²		0.0	0.0	
2.4 複合引張及び圧縮応力の算定と判定 (N/mm ²)					
短期引張応力			50.5	4.6	
$\sigma t = (ah-b+c+d)/(t-\alpha) \cdot (1/\cos \theta) \leq FSt$			≤ 181.4 OK!	≤ 193.6 OK!	
長期引張応力			50.5	4.2	
$\sigma t' = (ah-b+d)/(t-\alpha) \cdot (1/\cos \theta) \leq FLt$			≤ 124.4 OK!	≤ 103.0 OK!	
短期圧縮応力			0.2	1.2	
$\sigma c = (-al+b+c+d)/(t-\alpha) \cdot (1/\cos \theta) \leq FSc$			≤ 217.7 OK!	≤ 193.6 OK!	
長期圧縮応力			0.1	0.7	
$\sigma c' = (-al+b+d)/(t-\alpha) \cdot (1/\cos \theta) \leq FLc$			≤ 108.8 OK!	≤ 103.0 OK!	

2. 胴の設計 (風に対する応力検討)			(運転条件)			
2.1 設計条件		セクション No.	B-1	B-2	B-3	
地表面よりの高さ		m	12.0015~11.497	13.242~12.0015	13.500~13.242	
使用材料名			SUS304	SB410	SB410	
最高圧力	Ph	MPa	2.000	0.190	0.190	
最低圧力	P1	MPa	0.000	0.000	0.000	
設計温度		°C	80	60	60	
胴内径	Di	mm	800	800	919.5	
胴板厚さ	t	mm	8.0	9.0	7.5	
腐れしろ	α	mm	0.0	0.0	0.0	
胴平均径 (腐食後)	Dm	mm	808.0	811.0	1029.0	
円錐胴の場合の1/2頂角	θ	degree	0	0	0	
溶接効率	η		1.00	1.00	1.00	
運転重量	W	N	1667	15730	18927	
風による最大モーメント	Mw	N・m	259	1976	2544	
偏心モーメント	Me	N・m	0	0	0	
常 温	許容引張応力	Sca	N/mm ²	129	103	103
	引張強さ	Sua	N/mm ²	520	410	410
	降伏点又は耐力	Sya	N/mm ²	205	225	225
	縦弾性係数	Ea	N/mm ²	195000	203000	374.4
設 計 温 度	許容引張応力	Sc	N/mm ²	124.4	103	103
	引張強さ	Su	N/mm ²	497.6	410	410
	降伏点又は耐力	Sy	N/mm ²	181.4	215.2	215.2
	縦弾性係数	E	N/mm ²	191200	200400	369.7
2.2 許容応力						
短期許容引張応力 : FSt (N/mm ²)						
Ss = 0.6Sua or 0.6Su or 0.9Sya or 0.9Syの最小値			---	193.7	193.7	
Ss = 0.6Sua or 0.6Su or 0.9Sya or 1.0Syの最小値			181.4	---	---	
FSt = Ss η			181.4	193.6	193.6	
長期許容引張応力 : FLt (N/mm ²)						
SL = Sca or Scの最小値			124.4	103.0	103.0	
FLt = SL η			124.4	103.0	103.0	
短期許容圧縮応力 : FSc (N/mm ²) E' = Ea or E, Sy' = Sya or Sy						
Ss' = 0.6 E' (t-α) / (1+0.004×E'/Sy') Dm			217.7	282.4	1.6	
FSc = Ss or Ss'の最小値			217.7	193.7	1.6	
長期許容圧縮応力 : FLc (N/mm ²) E' = Ea or E, Sy' = Sya or Sy						
SL' = 0.3 E' (t-α) / (1+0.004×E'/Sy') Dm			108.8	141.2	0.8	
FLc = SL or SL'の最小値			108.8	103.0	0.8	
2.3 単位長さ当り荷重 (N/mm)						
最高圧力	ah = Ph・Dm/4		404	38.6	48.9	
最低圧力	a1 = P1・Dm/4		0.0	0.0	0.0	
運転重量	b = W/π Dm		0.7	6.2	5.9	
最大モーメント	c = 4000Mw/π Dm ²		0.6	3.9	3.1	
偏心モーメント	d = 4000Me/π Dm ²		0.0	0.0	0.0	
2.4 複合引張及び圧縮応力の算定と判定 (N/mm ²)						
短期引張応力			50.7	5.5	7.8	
σ t = (ah+b+c+d)/(t-α)・(1/cos θ) ≤ FSt			≤ 181.4 OK!	≤ 193.6 OK!	≤ 193.6 OK!	
長期引張応力			50.6	5.0	7.4	
σ t' = (ah+b+d)/(t-α)・(1/cos θ) ≤ FLt			≤ 124.4 OK!	≤ 103.0 OK!	≤ 103.0 OK!	
短期圧縮応力			-0.1	-0.3	-0.4	
σ c = (-a1-b+c+d)/(t-α)・(1/cos θ) ≤ FSc			≤ 217.7 OK!	≤ 193.7 OK!	≤ 1.6 OK!	
長期圧縮応力			-0.1	-0.7	-0.8	
σ c' = (-a1-b+d)/(t-α)・(1/cos θ) ≤ FLc			≤ 108.8 OK!	≤ 103.0 OK!	≤ 0.8 OK!	

※B-3セクションの縦弾性係数は 14頁参照。

2. 胴の設計 (風に対する応力検討)		(運転条件)		
2.1 設計条件		セクション No.	B-4	
基礎面よりの高さ		m	14.000~13.500	
使用材料名			SB410	
最高圧力	Ph	MPa	0.190	
最低圧力	Pl	MPa	0.000	
設計温度		°C	60	
胴内径	Di	mm	800	
胴板厚さ	t	mm	9.0	
腐れしろ	α	mm	1.0	
胴平均径 (腐食後)	Dm	mm	810.0	
円錐胴の場合の1/2頂角	θ	degree	0	
溶接効率	η		1.00	
運転重量	W	N	24497	
風による最大モーメント	Mw	N・m	3861	
偏心モーメント	Me	N・m	0	
常 温	許容引張応力	Sca	N/mm ²	103
	引張強さ	Sua	N/mm ²	410
	降伏点又は耐力	Sya	N/mm ²	225
	縦弾性係数	Ea	N/mm ²	203000
設 計 温 度	許容引張応力	Sc	N/mm ²	103
	引張強さ	Su	N/mm ²	410
	降伏点又は耐力	Sy	N/mm ²	215.2
	縦弾性係数	E	N/mm ²	200400
2.2 許容応力				
短期許容引張応力 : FSt (N/mm ²)				
Ss = 0.6Sua or 0.6Su or 0.9Sya or 0.9Syの最小値			193.7	
Ss = 0.6Sua or 0.6Su or 0.9Sya or 1.0Syの最小値			---	
FSt = Ss η			193.6	
長期許容引張応力 : FLt (N/mm ²)				
SL = Sca or Scの最小値			103.0	
FLt = SL η			103.0	
短期許容圧縮応力 : FSc (N/mm ²) E' = Ea or E, Sy' = Sya or Sy				
Ss' = 0.6 E' (t-α)/(1+0.004×E'/Sy')Dm			251.3	
FSc = Ss or Ss'の最小値			193.7	
長期許容圧縮応力 : FLc (N/mm ²) E' = Ea or E, Sy' = Sya or Sy				
SL' = 0.3 E' (t-α)/(1+0.004×E'/Sy')Dm			125.6	
FLc = SL or SL'の最小値			103.0	
2.3 単位長さ当り荷重 (N/mm)				
最高圧力	ah = Ph・Dm/4		38.5	
最低圧力	al = Pl・Dm/4		0.0	
運転重量	b = W/π Dm		9.7	
最大モーメント	c = 4000Mw/π Dm ²		7.5	
偏心モーメント	d = 4000Me/π Dm ²		0.0	
2.4 複合引張及び圧縮応力の算定と判定 (N/mm ²)				
短期引張応力			7.0	
$\sigma t = (ah+b+c+d)/(t-\alpha) \cdot (1/\cos \theta) \leq FSt$			≤ 193.6 OK!	
長期引張応力			6.1	
$\sigma t' = (ah+b+d)/(t-\alpha) \cdot (1/\cos \theta) \leq FLt$			≤ 103.0 OK!	
短期圧縮応力			-0.3	
$\sigma c = (-al-b+c+d)/(t-\alpha) \cdot (1/\cos \theta) \leq FSc$			≤ 193.7 OK!	
長期圧縮応力			-1.3	
$\sigma c' = (-al-b+d)/(t-\alpha) \cdot (1/\cos \theta) \leq FLc$			≤ 103.0 OK!	

風荷重に対するラグ応力評価

〔ラグ支持のもの〕 ラグR側（圧縮）・L側（引張）

3. 支持構造物（ラグ）の算定応力、許容応力及びその判定

設計条件	使用材料名		SS400	荷重	ラグ上部位置における上部側からのモーメント	M1	N-mm	1834304	
	材料の区分		3		ラグ下部位置における下部側からのモーメント	M2	N-mm	3860835	
	設計温度		℃ 60		ラグ上部位置における上部側からの水平力	F1	N	2042	
	材料の引張強さ	Su3	N/mm ²		400	ラグ下部位置における下部側からの水平力	F2	N	2908
	材料の降伏点 又は、0.2% 耐力	Sy3	N/mm ²		236	応力算定位置に作用する自重と内容物の重量との和(注1)	Wv	N	38246
	材料の縦弾性係数	E1	N/mm ²		200400	脚の個数	N		4
	当板の有無			有	ボルトの中心を通る円の半径	R	mm	625	
	本体の外径（当板含む）	Do	mm	836	ベース幅	B2	mm	230	
	ラグの許容応力（下表による）	F	N/mm ²	212.76	リブ高さ	H	mm	180	
					上サポート板厚	t1	mm	0	
	リブ個数	n		1	ベースプレート板厚	t2	mm	12	
	ラグ高さ	h	mm	192	リブ板厚	t3	mm	9	
	ラグの断面係数	O-O軸周りの面積モーメント（下記算式1による）			C	mm ³	181800		
ラグの断面積 = B2(t1+t2)+nH・t3			A	mm ²	4380				
O-O軸からの図心位置までの距離 = C/A			y	mm	41.51				
図心回りの断面二次モーメント（下記算式2による）			Ix	mm ⁴	13781894.8				
ラグの断面係数 = Ix / (H+t1+t2-y)			Z1	mm ³	91578.2				
ラグの断面係数 = Ix / y			Z2	mm ³	332039.0				
ラグR側の算定応力・許容応力及び判定	ラグに働くモーメント：(M1-M2)+F1・h			M	N-mm	-1634476.0			
	断せん力	鉛直方向：Wv/N+M/2R			QvR	N	8253.9		
		水平方向：(F1+F2)/N			QhR	N	1237.4		
	胴とラグRとの接続部に働く曲げモーメント 式3			MBR	N-mm	1589765.8			
	せん断応力 = QvR / n・t3・H			τmax	N/mm ²	5.1 ≤ F/√3 = 122.8			
	引張・圧縮応力（上部）=-MBR / Z1-(F1+F2)/N・A			σm	N/mm ²	-17.7 ≤ F = 212.8			
	引張・圧縮応力（下部）=+MBR / Z2-(F1+F2)/N・A			σm	N/mm ²	4.6 ≤ F = 212.8			
	ラグに働くモーメント：(M1-M2)+F1・h			M	N-mm	-1634476.0			
	断せん力	鉛直方向：Wv/N-M/2R			QvL	N	10869.1		
		水平方向：(F1+F2)/N			QhL	N	1237.4		
	胴とラグLとの接続部に働く曲げモーメント 式4			MbL	N-mm	2368688.5			
	せん断応力 = QvL / n・t3・H			τmax	N/mm ²	6.8 ≤ F/√3 = 122.8			
	引張・圧縮応力（上部）=-MbL / Z1+(F1+F2)/N・A			σm	N/mm ²	-25.6 ≤ F = 212.8			
引張・圧縮応力（下部）=+MbL / Z2+(F1+F2)/N・A			σm	N/mm ²	7.5 ≤ F = 212.8				

注1：機器の自重は、基礎面の上側及び下側に加わるものを合計した値とする。

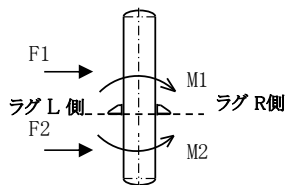
式 1 $C = B_2 t_2^2 / 2 + n t_3 H (H/2 + t_2) + B_2 t_1 (H + t_1/2 + t_2)$

式 2 $I_x = B_2 t_1 (H + t_1/2 + t_2 - y)^2 + B_2 t_2 (y - t_2/2)^2 + n H t_3 (H/2 + t_2 - y)^2 + n H^3 t_3 / 12$

式 3 $M_{BR} = (W_v/N + M/2R) \times (R - D_o/2) - (F_1 + F_2)/N \times h/2$

式 4 $M_{bL} = (W_v/N - M/2R) \times (R - D_o/2) + (F_1 + F_2)/N \times h/2$

CASE 1



区分	表(a) 材料の種類	S3(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	0.6Su3 , 0.9Sy3
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高ニッケル合金鋼	0.6Suo3 , 0.6Su3 0.9Syo3 , Sy3
3	上記以外	0.6Su3 , 0.6Su3 0.9Sy3 , 0.9Sy3

風荷重に対するラグ応力評価

[ラグ支持のもの]

4. 支持構造物（ベースプレート、基礎ボルト）の算定応力、許容応力及びその判定

設 計 条 件	ベ ー ス プ レ ー ト	使用材料名			SS400	
		材料の降伏点又は0.2%耐力	Sy3	N/mm ²	236	
		材料の引張強さ	Su3	N/mm ²	400	
		寸法（ベースプレートの当板から突き出し長さ）	a	mm	257	
		寸法（リブ取り付け内間）	b	mm	0	
		寸法（当板からボルト穴までの距離）	λ	mm	207	
		寸法（ベースプレート幅）	B2	mm	230	
		寸法（ベースプレート板厚）	t2	mm	12	
	セ ッ ト ボ ル ト	使用材料名			SS400	
		材料の最小降伏点又は0.2%耐力	Sy4	N/mm ²	235	
		材料の引張強さ	Su4	N/mm ²	400	
		ラグ1脚あたりの本数	na	本	1	
		谷径	d	mm	17.294 (M20)	
		有効断面積 $\pi d^2/4$	Ab	mm ²	234.8	
セットボルトの中心を通る円の直径		D	mm	1250		
算 定 応 力 ・ 許 容 応 力 及 び 判 定	ベ ー ス プ レ ー ト	セットボルトの引張荷重 $= na \cdot Ab \cdot \sigma t$	P	N	-8265	
		当て板が分担する引抜力 $= P / [1+16(\lambda/b)^3(a/b)]$	P1	N	—	
		リブが分担する引抜力 $= (P - P1) / 2$	P2	N	-4132.50	
		当て板位置における曲げ応力 $= \pm 6P1\lambda / bt_2^2$	$\sigma b1$	N/mm ²	—	
		リブ位置における曲げ応力 $= \pm 6P2(b/2)/at_2^2$	$\sigma b2$	N/mm ²	0.7	
		許容引張応力Sy3又は0.7Su3の小なる値	F	N/mm ²	236.4	
		当て板位置における膜応力+曲げ応力 $= \sigma m + \sigma b1$	σ	N/mm ²	4.6 \leq F = 236.4	
		リブ位置における応力 $\sigma b2$	σb	N/mm ²	0.7 \leq F = 236.4	
	セ ッ ト ボ ル ト	CASE1	鉛直地震力を算定する位置に作用する自重と内容物の重量との和	Wv	N	38246
			許容引張応力Sy4又は0.7Su4の小なる値	Fb	N/mm ²	235.0
			ラグに働くモーメント: $(M1-M2)+F1 \cdot h$	M	N-mm	-1634476
			引張応力 ※1)	σt	N/mm ²	-35.2 \leq Fb = 235.0
			せん断応力 $= (F1+F2)/N \cdot na \cdot Ab$	τ	N/mm ²	5.3 \leq Fb/ $\sqrt{3}$ = 135.6
			組合わせ応力 $= (\sigma t + 1.6\tau)/1.4$	σ_{total}	N/mm ²	---

注： 1. ※1) $(-Wv/4+M/D)/na \cdot Ab$ 又は $(-Wv/4-M/D)/na \cdot Ab$ のいずれか正の値の方。
 2. セットボルトの引張応力が負の場合は、引張応力が発生しない。
 この場合、組合わせ応力は評価しない。