

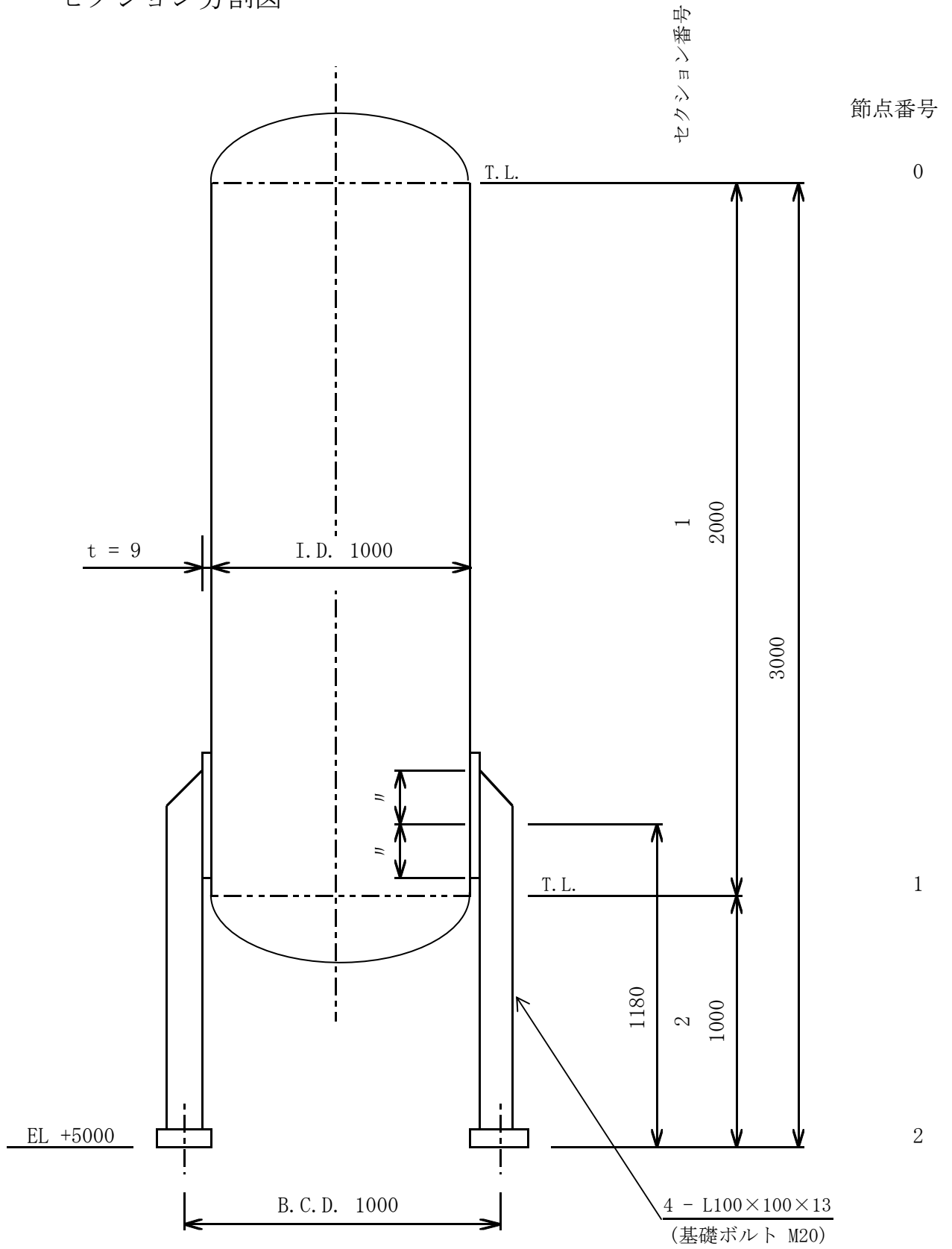
高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準
(レベル1) KHKS 0861 修正震度法

塔 類 レグ支持で自立のもの

1. 応答解析等

設 計	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			燃料ガス		
	製造・送出上の重要度			Ga		
	製造・送出上の重要度係数	α_{1a}		0.80		
	災害危険度による重要度			Ia		
	災害危険度による重要度係数	α_{1b}		1.00		
	設置場所			愛媛県		
	地域区分			B		
	地域係数	α_2		0.6		
	地盤種別			第4種地盤		
	表層地盤増幅係数	α_3		2.0		
	運転重量 (詳細は 4 頁による)	Wv	N	9807		
条 件	ベースプレートから 塔重心までの高さ	H ₂	mm	1880	設 計 修 正 震 度	
	使用材料名			SS400		
	材料の縦弾性係数	E ₃	N/mm ²	193400		
	材料の横弾性係数 注3	G ₃	N/mm ²	74692		
	長さ	H ₁	mm	1180		
	本数	n		4		
	断面積	A	mm ²	2431		
	レグの中心から なる円の直径	D	mm	1099.6		
	周方向軸断面 二次モーメント	I ₁	mm ⁴	3480000		
	半径方向軸断面 二次モーメント	I ₂	mm ⁴	911000		
応 答 解 析 等	$\alpha_1 \alpha_2$ [0.33未満の 場合は0.33]	α_x		0.6	<p>∴ レグサイズ : L100×100×13</p> <p>図(a)</p>	
	地震動のレベルに基づく係数 (レベル1地震動)	μ_k		1.0		
	地表面に おける 設計 地震動	水平震度 0.150 $\mu_k \alpha_x \alpha_3$	K _H			0.18
		鉛直震度 0.075 $\mu_k \alpha_x \alpha_3$	K _V			0.09
		$[4E_3(I_1+I_2)] / H_1^3$	K _C	N/mm		2067.4
		$3nE_3AD^2 / 2H_1^3$	K ₁	N/mm		2075946.3
		$nK_C / (1+H_1K_C/G_3A)$	K ₂	N/mm		8160.1
		$(H_2/H_1)^2 - H_2/H_1 + 4$	λ			4.95
		$1 / [(\lambda / K_1) + (1/K_2)]$	K	N/mm		8004.6
		$2\pi \sqrt{(Wv/9806.65K)}$	T	s		0.070
表 (a)						
耐震設計設備の種類		減衰定数				
塔 類	T が、1.0未満のもの	0.03				
	T が、1.0以上 1.5未満のもの	0.07-0.04T				
	T が、1.5以上のもの	0.01				
注 : 基準応答倍率は、KHKS0861の9の図9.1.1 (a), 図9.1.1 (b) によること。						

セクション分割図



地震によるモーメントの算出 (修正震度法)

セクション (1) 算定部位： シェル
 セクション高さ： 3.000 - 1.000 m セクション長さ： 2000 mm
 (EL+ 8.000 - 6.000 m)

等分布荷重		重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)
品名					
1 胴板 (t9)		(448)	4393 ×	1000 =	4393000
2 保温		(113)	1108 ×	1000 =	1108000
3 燃料ガス		(25)	245 ×	1000 =	245000
4 その他		(67)	657 ×	1000 =	657000
5		()	×	=	
6		()	×	=	
7		()	×	=	
8		()	×	=	
9		()	×	=	
10		()	×	=	
(等分布荷重 小計)		(653)	6404	---	6403000
集中荷重					
1 鏡板		(78)	765 ×	2000 =	1530000
2 鏡板		(78)	765 ×	0 =	0
3 N-1(150A)ノズル		(22)	216 ×	1750 =	378000
4 N-2(150A)ノズル		(22)	216 ×	150 =	32400
5 N-3(80A)ノズル		(9)	88 ×	2000 =	176000
6 N-4(50A)ノズル		(6)	59 ×	0 =	0
7 N-5(20A)ノズル		(2)	20 ×	2000 =	40000
8 N-6a(15A)ノズル		(1)	10 ×	1900 =	19000
9 N-6b(15A)ノズル		(1)	10 ×	100 =	1000
10 保温		(21)	206 ×	2000 =	412000
11 保温		(21)	206 ×	0 =	0
12 燃料ガス		(2)	20 ×	2000 =	40000
13 燃料ガス		(2)	20 ×	0 =	0
14		()	×	=	
15		()	×	=	
(集中荷重 小計)		(265)	2599 ×	1011 =	2628400
合計重量		(918)	9003	1003	9031400

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)	(327)	3202	(327)	3202
節点配分(集中)	(134)	1314	(131)	1285

セクション (1) における重心位置 (運転状態) 本セクションより上に 1003 mm

地震によるモーメントの算出 (修正震度法)

セクション (2) 算定部位： レグ
 セクション高さ： 1.000 - 0.000 m セクション長さ： 1000 mm
 (EL+ 6.000 - 5.000 m)

等分布荷重		重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)
品名					
1	レグ	(74)	726 ×	500 =	363000
2	その他	(8)	78 ×	500 =	39000
3		()	×	=	
4		()	×	=	
5		()	×	=	
6		()	×	=	
7		()	×	=	
8		()	×	=	
9		()	×	=	
10		()	×	=	
(等分布荷重 小計)		(82)	804	---	402000

集中荷重		重量 (kg)	重量 (N)	重心位置 (mm)	モーメント (N・mm)
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 (82) 804 500 402000

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)	(41)	402	(41)	402
節点配分(集中)	(0)	0	(0)	0

セクション (2) における重心位置 (運転状態) 本セクションより上に 1880 mm

高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準 (レベル1) KHKS 0861 修正震度法	塔類[レグ支持のもの]
--	-------------

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				1				
設計条件	設計修正水平地震力を算定する位置のベースプレートからの高さ	H	m	3.000				
	常用の圧力	P _{OH}	MPa	0.200				
	通常の運転状態の最低圧力	P _{OL}	MPa	-0.1013				
	設計温度		°C	170				
	胴	内径 (腐れ代を除く)	Di	mm	1004			
		板厚 (腐れ代を除く)	t	mm	7			
		使用材料名			SB410			
		表(a)による材料の区分			(3)			
		設計温度	材料の引張強さ	Su	N/mm ²	410		
			材料の降伏点又は0.2%耐力	Sy	N/mm ²	192.6		
		常温	材料の縦弾性係数	E	N/mm ²	194200		
			材料の最小引張強さ	Suo	N/mm ²	410		
			材料の最小降伏点又は0.2%耐力	Syo	N/mm ²	225		
		継手の溶接効率	η		0.95			
	円すい胴の円すい部分の頂角の1/2	θ	°	0				
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	4516					
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	9003					
応答解析	震度分布係数 (注3)	μの適用範囲 Ht/1.5α ₃ α ₅	hM	m	0.667			
		H ≤ hMの場合 1/α ₃ α ₅			---			
		H > hMの場合 1.5H/Ht	μ		1.500			
	設計修正地震力	水平地震力 μK _{MH} W _H	F _{MH}	N	1829			
		鉛直地震力 K _{MV} W _V	F _{MV}	N	1620			
振れ止め反力	F _e	N	0					
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	3658018				
	胴の平均直径 Di+t	Dm	mm	1011				
	許容引張応力(Sは表(a)による) S・η	ft	N/mm ²	164.7				
	Sy 又は Syo の小なる値	Sy'	N/mm ²	192.6				
	0.6Et/[(1+0.004E/Sy')Dm]	S'	N/mm ²	160.3				
	許容圧縮応力 S 又は S' の小なる値	fc	N/mm ²	160.3				
	算定応力及び判定	① Dm/4t			36.11			
		② Wv/πDmt		N/mm ²	0.40			
		③ 4M/πDm ² t		N/mm ²	0.65			
		引張応力 (①×P _{OH} -②+③)/cosθ	σ _t	N/mm ²	7.5			
判定 σ _t ≤ ft			N/mm ²	7.5 ≤ 164.7				
圧縮応力 (-①×P _{OL} +②+③)/cosθ		σ _c	N/mm ²	4.7				
判定 σ _c ≤ fc			N/mm ²	4.7 ≤ 160.3				
表(a)				S=173.3 N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²		
区分	材料の種類	S(下記の小なる値)		注1は 4 頁による	注2は 4 頁による	注3は 4 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 修正震度法	塔類[レグ支持のもの]
--	-------------

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								
設計条件	設計修正水平地震力を算定する位置のベースプレートからの高さ	H	m					
	常用の圧力	P_{OH}	MPa					
	通常の運転状態の最低圧力	P_{OL}	MPa					
	設計温度		°C					
	胴	内径 (腐れ代を除く)	D_i	mm				
		板厚 (腐れ代を除く)	t	mm				
		使用材料名						
		表(a)による材料の区分						
		設計温度	材料の引張強さ	S_u	N/mm^2			
			材料の降伏点又は0.2%耐力	S_y	N/mm^2			
			材料の縦弾性係数	E	N/mm^2			
			常温	材料の最小引張強さ	S_{uo}	N/mm^2		
				材料の最小降伏点又は0.2%耐力	S_{yo}	N/mm^2		
		継手の溶接効率	η					
	円すい胴の円すい部分の頂角の1/2	θ	°					
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						
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						
応答解析	震度分布係数 (注3)	μ の適用範囲 $Ht/1.5\alpha_3\alpha_5$	hM	m				
		$H \leq hM$ の場合 $1/\alpha_3\alpha_5$	μ					
		$H > hM$ の場合 $1.5H/Ht$						
	設計修正地震力	水平地震力 $K_{MH}W_H$	F_{MH}	N				
鉛直地震力 $K_{MV}W_V$		F_{MV}	N					
振れ止め反力	F_e	N						
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	$N \cdot mm$					
	胴の平均直径 D_i+t	D_m	mm					
	許容引張応力 (Sは表(a)による) $S \cdot \eta$	ft	N/mm^2					
	S_y 又は S_{yo} の小なる値	S_y'	N/mm^2					
	$0.6Et / [(1+0.004E/S_y')D_m]$	S'	N/mm^2					
	許容圧縮応力 S 又は S' の小なる値	fc	N/mm^2					
	算定応力及び判定	① $D_m/4t$						
		② $W_V / \pi D_m t$		N/mm^2				
		③ $4M / \pi D_m^2 t$		N/mm^2				
		引張応力 $(① \times P_{OH} - ② + ③) / \cos \theta$	σ_t	N/mm^2				
判定 $\sigma_t \leq ft$			N/mm^2					
圧縮応力 $(-① \times P_{OL} + ② + ③) / \cos \theta$		σ_c	N/mm^2					
判定 $\sigma_c \leq fc$			N/mm^2					
表(a)			N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
区分	材料の種類	S(下記の小なる値)	注1は	注2は	注3は			
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	頁による	頁による	頁による			
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 修正震度法	塔類[レグ支持のもの]
--	-------------

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								
設計条件	設計修正水平地震力を算定する位置のベースプレートからの高さ	H	m					
	常用の圧力	P_{OH}	MPa					
	通常の運転状態の最低圧力	P_{OL}	MPa					
	設計温度		°C					
	胴	内径 (腐れ代を除く)	D_i	mm				
		板厚 (腐れ代を除く)	t	mm				
		使用材料名						
		表(a)による材料の区分						
		設計温度	材料の引張強さ	S_u	N/mm^2			
			材料の降伏点又は0.2%耐力	S_y	N/mm^2			
		常温	材料の縦弾性係数	E	N/mm^2			
			材料の最小引張強さ	S_{uo}	N/mm^2			
		温	材料の最小降伏点又は0.2%耐力	S_{yo}	N/mm^2			
			継手の溶接効率	η				
	円すい胴の円すい部分の頂角の1/2	θ	°					
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						
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						
応答解析	震度分布係数 (注3)	μ の適用範囲 $Ht/1.5\alpha_3\alpha_5$	hM	m				
		$H \leq hM$ の場合 $1/\alpha_3\alpha_5$	μ					
		$H > hM$ の場合 $1.5H/Ht$						
	設計修正地震力	水平地震力 $K_{MH}W_H$	F_{MH}	N				
鉛直地震力 $K_{MV}W_V$		F_{MV}	N					
振れ止め反力	F_e	N						
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	$N \cdot mm$					
	胴の平均直径 D_i+t	D_m	mm					
	許容引張応力 (Sは表(a)による) $S \cdot \eta$	ft	N/mm^2					
	S_y 又は S_{yo} の小なる値	S_y'	N/mm^2					
	$0.6Et / [(1+0.004E/S_y')D_m]$	S'	N/mm^2					
	許容圧縮応力 S 又は S' の小なる値	fc	N/mm^2					
	算定応力及び判定	① $D_m/4t$						
		② $W_V / \pi D_m t$		N/mm^2				
		③ $4M / \pi D_m^2 t$		N/mm^2				
		引張応力 $(① \times P_{OH} - ② + ③) / \cos \theta$	σ_t	N/mm^2				
判定 $\sigma_t \leq ft$			N/mm^2					
圧縮応力 $(-① \times P_{OL} + ② + ③) / \cos \theta$		σ_c	N/mm^2					
判定 $\sigma_c \leq fc$		N/mm^2						
表(a)				N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2		
区分	材料の種類	S(下記の小なる値)	注1は	頁による	注2は	頁による	注3は	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 修正震度法	塔類[レグ支持のもの]
--	-------------

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								
設計条件	設計修正水平地震力を算定する位置のベースプレートからの高さ	H	m					
	常用の圧力	P_{OH}	MPa					
	通常の運転状態の最低圧力	P_{OL}	MPa					
	設計温度		°C					
	胴	内径 (腐れ代を除く)	D_i	mm				
		板厚 (腐れ代を除く)	t	mm				
		使用材料名						
		表(a)による材料の区分						
		設計温度	材料の引張強さ	S_u	N/mm^2			
			材料の降伏点又は0.2%耐力	S_y	N/mm^2			
			材料の縦弾性係数	E	N/mm^2			
			常温	材料の最小引張強さ	S_{uo}	N/mm^2		
				材料の最小降伏点又は0.2%耐力	S_{yo}	N/mm^2		
		継手の溶接効率	η					
	円すい胴の円すい部分の頂角の1/2	θ	°					
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						
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						
応答解析	震度分布係数 (注3)	μ の適用範囲 $Ht/1.5\alpha_3\alpha_5$	h_M	m				
		$H \leq h_M$ の場合 $1/\alpha_3\alpha_5$	μ					
		$H > h_M$ の場合 $1.5H/Ht$						
	設計修正地震力	水平地震力 $K_{MH}W_H$	F_{MH}	N				
鉛直地震力 $K_{MV}W_V$		F_{MV}	N					
振れ止め反力	F_e	N						
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	$N \cdot mm$					
	胴の平均直径 D_i+t	D_m	mm					
	許容引張応力 (Sは表(a)による) $S \cdot \eta$	f_t	N/mm^2					
	S_y 又は S_{yo} の小なる値	S_y'	N/mm^2					
	$0.6Et / [(1+0.004E/S_y')D_m]$	S'	N/mm^2					
	許容圧縮応力 S 又は S' の小なる値	f_c	N/mm^2					
	算定応力及び判定	① $D_m/4t$						
		② $W_V / \pi D_m t$		N/mm^2				
		③ $4M / \pi D_m^2 t$		N/mm^2				
		引張応力 $(① \times P_{OH} - ② + ③) / \cos \theta$	σ_t	N/mm^2				
判定 $\sigma_t \leq f_t$			N/mm^2					
圧縮応力 $(-① \times P_{OL} + ② + ③) / \cos \theta$		σ_c	N/mm^2					
判定 $\sigma_c \leq f_c$		N/mm^2						
表(a)			N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
区分	材料の種類	S(下記の小なる値)	注1は 頁による	注2は 頁による	注3は 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	$0.6S_u, 0.9S_y$						
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	$0.6S_{uo}, 0.6S_u, 0.9S_{yo}, S_y$						
3	上記以外	$0.6S_{uo}, 0.6S_u, 0.9S_{yo}, 0.9S_y$						

高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準 (レベル1) KHKS 0861 修正震度法	塔類[レグ支持のもの]
--	-------------

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								
設計条件	設計修正水平地震力を算定する位置のベースプレートからの高さ	H	m					
	常用の圧力	P_{OH}	MPa					
	通常の運転状態の最低圧力	P_{OL}	MPa					
	設計温度		°C					
	胴	内径 (腐れ代を除く)	D_i	mm				
		板厚 (腐れ代を除く)	t	mm				
		使用材料名						
		表(a)による材料の区分						
		設計温度	材料の引張強さ	S_u	N/mm^2			
			材料の降伏点又は0.2%耐力	S_y	N/mm^2			
			材料の縦弾性係数	E	N/mm^2			
			常温	材料の最小引張強さ	S_{uo}	N/mm^2		
				材料の最小降伏点又は0.2%耐力	S_{yo}	N/mm^2		
		継手の溶接効率	η					
	円すい胴の円すい部分の頂角の1/2	θ	°					
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						
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						
応答解析	震度分布係数 (注3)	μ の適用範囲 $Ht/1.5\alpha_3\alpha_5$	hM	m				
		$H \leq hM$ の場合 $1/\alpha_3\alpha_5$	μ					
		$H > hM$ の場合 $1.5H/Ht$						
	設計修正地震力	水平地震力 $K_{MH}W_H$	F_{MH}	N				
鉛直地震力 $K_{MV}W_V$		F_{MV}	N					
振れ止め反力	F_e	N						
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	$N \cdot mm$					
	胴の平均直径 D_i+t	D_m	mm					
	許容引張応力 (Sは表(a)による) $S \cdot \eta$	ft	N/mm^2					
	S_y 又は S_{yo} の小なる値	S_y'	N/mm^2					
	$0.6Et / [(1+0.004E/S_y')D_m]$	S'	N/mm^2					
	許容圧縮応力 S 又は S' の小なる値	fc	N/mm^2					
	算定応力及び判定	① $D_m/4t$						
		② $W_V / \pi D_m t$		N/mm^2				
		③ $4M / \pi D_m^2 t$		N/mm^2				
		引張応力 $(① \times P_{OH} - ② + ③) / \cos \theta$	σt	N/mm^2				
判定 $\sigma t \leq ft$			N/mm^2					
圧縮応力 $(-① \times P_{OL} + ② + ③) / \cos \theta$		σc	N/mm^2					
判定 $\sigma c \leq fc$			N/mm^2					
表(a)			N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
区分	材料の種類	S(下記の小なる値)	注1は 頁による	注2は 頁による	注3は 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	$0.6S_u, 0.9S_y$						
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	$0.6S_{uo}, 0.6S_u, 0.9S_{yo}, S_y$						
3	上記以外	$0.6S_{uo}, 0.6S_u, 0.9S_{yo}, 0.9S_y$						

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

塔類〔レグ支持で自立のもの〕

3. 支持構造法 (レグ、基礎ボルト) の算定応力、許容応力及び判定

設計 レ 計 条 件	ベースプレートから塔の重心までの高さ (注1)	H2	mm	1880	耐圧部に直接溶接されないレグの許容応力	Sy3又は0.7Su3の smaller 値	F3	N/mm ²	207					
	基礎面における設計水平地震力	Fsh	N	2543		$\sqrt{(\pi^2 E3/0.6F3)}$	Λ		124.23					
	基礎面における機器の転倒モーメント	M	N・mm	6146975		$3/2 + 2/3(\lambda/\Lambda)^2$	ν		1.579					
	設計温度	使用材料名(区分)				SS400 (3)	$\lambda \leq \Lambda$ の場合 $1.5/\nu (1-0.4(\lambda/\Lambda)^2)F3$	F3'	N/mm ²	187.36				
		材料の引張強さ	Su3	N/mm ²		400				$\lambda > \Lambda$ の場合 $1.5(0.277)F3/(\lambda/\Lambda)^2$	-			
		材料の降伏点又は0.2%耐力	Sy3	N/mm ²		207								
	常温	材料の縦弾性係数	E3	N/mm ²		194200	許容応力	引張応力 F3	ft3	N/mm ²	207			
		材料の最小引張強さ	Suo3	N/mm ²		400					曲げ応力 F3	fb3	N/mm ²	207
		材料の最小降伏点又は0.2%耐力	Syo3	N/mm ²		245					圧縮応力 F3 又は F3' の smaller 値	fc3	N/mm ²	187.3
		材料の縦弾性係数	Eo3	N/mm ²		203000		せん断応力 F3/√3	fs3	N/mm ²	119.5			
	長さ	H1	mm	1180		レグの算定応力及び判定	$-Wv' + 4M/D$	P	N	12555				
	レグの本数	n		4			算定引張応力 P/n・A	$\sigma t3$	N/mm ²	1.3				
	周方向軸に対する断面二次モーメント(注2)	I1	mm ⁴	911000			判定 $\sigma t3 \leq ft3$		N/mm ²	$1.3 \leq 207$				
	半径方向軸に対する断面二次モーメント(注3)	I2	mm ⁴	3480000			算定曲げ応力 $1.2Fsh \cdot H1 \cdot e1/n(I1+I2)$	$\sigma b3$	N/mm ²	15.7				
	最小断面二次モーメント(注4)	Ic	mm ⁴	911000			判定 $\sigma b3 \leq fb3$		N/mm ²	$15.7 \leq 207$				
	断面積(注5)	A	mm ²	2431			算定圧縮応力 $1/n \cdot A(Wv' + 4M/D)$	$\sigma c3$	N/mm ²	3.4				
	レグ中立軸から外縁までの距離の最大値	e1	mm	76.5			判定 $\sigma c3 \leq fc3$		N/mm ²	$3.4 \leq 187.3$				
	使用材料名			SS400			算定せん断応力 Fsh/n・A	$\tau 3$	N/mm ²	0.3				
	材料の最小引張強さ	Suo4	N/mm ²	400			判定 $\tau 3 \leq fs3$		N/mm ²	$0.3 \leq 119.5$				
	材料の最小降伏点又は0.2%耐力	Syo4	N/mm ²	235			組合せ応力	$\sigma c3/fc3 + \sigma b3/fb3 \leq 1$	N/mm ²	0.1 ≤ 1				
谷径	d1	mm	17.294	$\sigma t3/ft3 + \sigma b3/fb3 \leq 1$	N/mm ²	0.09 ≤ 1								
軸径	d2	mm	20	$\sqrt{[(\sigma c3 + \sigma b3)^2 + 3 \cdot \tau 3^2]} \leq ft3$	N/mm ²	19.2 ≤ 207								
レグ1本当りの基礎ボルトの数	na	本	1	基礎ボルトの算定応力、許容応力及び判定	谷径断面積 $\pi d1^2/4$	Ab1	mm ²	234.8						
	寸法 a	mm	212.1		軸径断面積 $\pi d2^2/4$	Ab2	mm ²	314.1						
	寸法 b	mm	212.1		Syo4又は0.7Suo4の smaller 値	F4	N/mm ²	235						
	寸法 c	mm	85.4		応許力容	引張応力 F4	ft4	N/mm ²	235					
	レグの中心径	D	mm			1099.6	せん断応力 F4/√3	fs4	N/mm ²	135.6				
共通	最小断面二次半径 $\sqrt{Ic/A}$	i	mm	1/P[1.2I1/(I1+I2)]Fh・H1	e2	mm	59.6							
	細長比 $0.7H1/i$	λ		P ≥ 0 の場合 ① $e2 + a/2 - c$		mm	80.25							
耐圧部に直接溶接されるレグの許容応力	表(a)に示す値	S3	N/mm ²	-	P < 0 の場合 ② $0.48(e2 + a/6 + c/3)$		mm	-						
	Sy3 又は 0.7Su3の smaller 値	F3	N/mm ²	-	引張算定力	P ≥ 0 の場合 ① $\times 2P/[n(a-2c)na \cdot Ab1]$ P < 0 の場合 ② $\times P/n(a-c) \times [15/b(a-c) + 2/naAb1]$	$\sigma t4$	N/mm ²	52					
	$\sqrt{\pi^2 E3/0.6F3}$	Λ		-										
	$3/2 + 2/3(\lambda/\Lambda)^2$	ν		-	判定 $\sigma t4 \leq ft4$		N/mm ²	$52.0 \leq 235$						
	$\lambda \leq \Lambda$ の場合 $1.5/\nu [1-0.4(\lambda/\Lambda)^2]F3$	F3'	N/mm ²	-	算定せん断応力 Fsh/n-na・Ab2	$\tau 4$	N/mm ²	2.1						
	$\lambda > \Lambda$ の場合 $1.5(0.277)F3/(\lambda/\Lambda)^2$			-	判定 $\tau 4 \leq fs4$		N/mm ²	$2.1 \leq 135.6$						
	引張応力 F3 又は S3 の smaller 値	ft3	N/mm ²	-	組合せ応力の判定 $(\sigma t4 + 1.6 \tau 4)/1.4 \leq ft4$	N/mm ²	39.6 ≤ 235							
	曲げ応力 F3 又は S3 の smaller 値	fb3	N/mm ²	-										
	圧縮応力 S3, F3 又は F3' の smaller 値	fc3	N/mm ²	-										
	せん断応力 0.6S3, F3/√3 の smaller 値	fs3	N/mm ²	-										
注1は3頁参照。注2はJIS G3192による。注3はJIS G3192による。注4はJIS G3192による。注5はJIS G3192による。	区分		表(a)材料の種類		S3(下記の smaller 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		0.6Su31, 0.6Su3 0.9Syo3, 0.9Sy3										

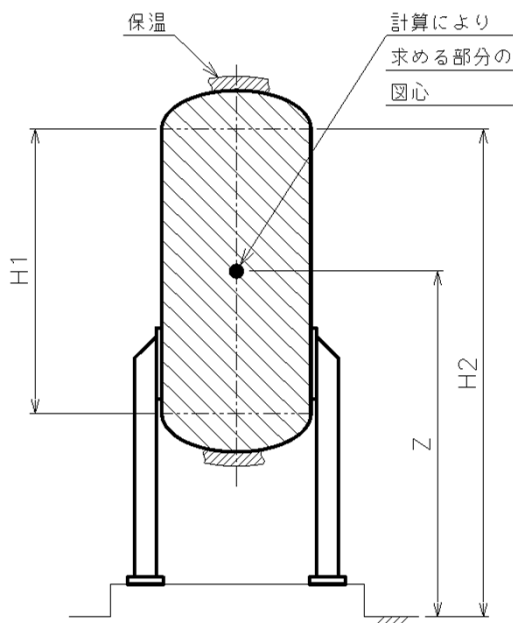
日本石油学会規格 スカート有する塔そう類の強度計算 風荷重 (JPI-7R-35-2013)	塔そう類	機器番号 : V-1528	7 頁
--	------	---------------	-----

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) $H_1 = 2.000$ m 基礎面～地表面までの高さ 5.000 m 地表面から塔そう類の最高位高さ $H_2 = 8.000$ m
---	---

風 荷 重 の 算 出

設 計 条 件	セクション番号		1			
	塔そう類の当該部図心の地表面からの高さ	Z	m	7.000		
	容器全長 (保温含む)	L	mm	2668		
	当該部図心～セクション下端間距離	L1	mm	1000		
	当該部図心～基礎間距離	L2	mm	2000		
	本体内径	Di	mm	1000		
	板厚	t	mm	9		
	保温厚さ	t _i	mm	75		
	保温された塔そう類の外径	B	m	1.168		
	計算に採用する相当直径	D	m	1.468		
風 力 係 数	H2 ≤ Z _b の場合 : 1.0		k _z	—	—	
	Z _b < H2 の場合	Z ≤ Z _b : (Z _b /H2) ^{2α}			—	
		Z _b < Z : (Z/H2) ^{2α}			0.9480	
	H1/B ≤ 1 の場合		0.7k _z	H1 / B	—	1.7123
1 < H1/B < 8 未満の場合		比例補間				
8 ≤ H1/B の場合		0.9k _z				
算 計	有効面積	A	m ²	3.917		
	平均風速の高さ方向の分布を表す係数	H2 ≤ Z _b の場合 = 1.7(Z _b /Z _G) ^α		E _r	—	—
		Z _b < H2 の場合 = 1.7(H2/Z _G) ^α				
	ガスト影響係数 (下表(3)による)	G _f	—	2.500		
	風速の鉛直分布係数 = E _r ² · G _f	E	—	1.441		
	速度圧 = 0.6E · V ₀ ²	q	N/m ²	1000		
	各セクション風荷重 = q · C _f · A	F _w	N	2674		
	風荷重の合計	ΣF _w	N	2674		
風荷重による転倒モーメント (セクション下端)	M _w	N-m	2674			
風荷重による転倒モーメント (基礎面)	M _{w_b}	N-m			5348	



(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	H2 ≤ 10m	10m < H2 < 40m	40m ≤ H2
I	2	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) $\Sigma M_w = M_w(n-1) + \Sigma F_w(n-1) \cdot L_n + F_{wn} \cdot L_n/2$

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.	1	
地表面よりの高さ	m	8.000~6.000		
使用材料名		SB410		
最高圧力	Ph	MPa	0.200	
最低圧力	Pl	MPa	-0.1013	
設計温度		°C	170	
胴内径	Di	mm	1000	
胴板厚さ	t	mm	9.0	
腐れしろ	α	mm	2.0	
胴平均径 (腐食後)	Dm	mm	1011.0	
円錐胴の場合の1/2頂角	θ	degree	0	
溶接効率	η		0.95	
運転重量	W	N	9003	
風による最大モーメント	Mw	N・m	2674	
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	192.6
	縦弾性係数	E	N/mm ²	194200
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		173.3		
FSt = Ss η		164.6		
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		97.8		
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		160.2		
FSc = Ss or Ss' の最小値		160.2		
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		80.1		
FLc = SL or SL' の最小値		80.1		
2.3 単位長さ当り荷重 (N/mm)				
最高圧力	a h = Ph · Dm / 4	50.6		
最低圧力	a l = Pl · Dm / 4	-25.7		
運転重量	b = W / π Dm	2.9		
最大モーメント	c = 4000Mw / π Dm ²	3.4		
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		7.3		
σ t = (ah-b+c+d) / (t-α) · (1/cos θ) ≤ FSt		≤ 164.6 OK!		
長期引張応力		6.9		
σ t' = (ah-b+d) / (t-α) · (1/cos θ) ≤ FLt		≤ 97.8 OK!		
短期圧縮応力		4.6		
σ c = (-al+b+c+d) / (t-α) · (1/cos θ) ≤ FSc		≤ 160.2 OK!		
長期圧縮応力		4.1		
σ c' = (-al+b+d) / (t-α) · (1/cos θ) ≤ FLc		≤ 80.1 OK!		

JPI-7R-71 によるレグの強度計算 レグに等辺山形鋼 (L100×100×13) を使用した場合

支持構造物(レグ, 基礎ボルト, ベースプレート) の算定応力, 許容応力及び判定

設計	1	レグに作用する鉛直荷重	W	N	9807	レグの応力	41	引張力 $\frac{1}{n}(-W + \frac{4Mwb}{D})$	P1	N	2412							
	2	レグに作用する水平荷重	FH	N	2674		42	圧縮力 $\frac{1}{n}(W + \frac{4Mwb}{D})$	P2	N	7315							
	3	基礎に作用するモーメント	Mwb	N-mm	5347957		43	算定引張応力 P1/A	σt	N/mm ²	1.0							
	4	設計温度		°C	170		44	判定 $\sigma t \leq ft$		OK!	$1.0 \leq 207$							
	5	使用材料名			SS400		45	算定曲げ応力 $\frac{2FHLe1}{n(I1+I2)} + \frac{P2e^2}{11}$	σb	N/mm ²	37.6							
	6	材料の設計温度での注1許容基準応力	F	N/mm ²	207		46	判定 $\sigma b \leq fb$		OK!	$37.6 \leq 207$							
	7	材料の設計温度での縦弾性係数	E	N/mm ²	194200		47	算定圧縮応力 P2/A	σc	N/mm ²	3.1							
	8	長さ	L	mm	1180		48	判定 $\sigma c \leq fc$		OK!	$3.1 \leq 89.1$							
	9	レグの本数	n		4		49	算定せん断応力 FH/nA	τ	N/mm ²	0.3							
	10	周方向軸に対する断面二次モーメント	I1	mm ⁴	911000		50	判定 $\tau \leq fs$		OK!	$0.3 \leq 119.5$							
	11	半径方向軸に対する断面二次モーメント	I2	mm ⁴	3480000		51	判定 $\sigma c/fc + \sigma b/fb \leq 1$		OK!	$0.22 \leq 1$							
	12	断面積	A	mm ²	2431		52	谷径断面積 $\pi d^2/4$	AB	mm ²	234.8							
	13	レグ中立軸から外縁までの距離の最大値	e1	mm	76.5		53	ボルトの許容引張応力	FB	fBt	N/mm ²	235						
	14	レグ断面の図心から本体外面までの距離	e	mm	35.4		54	ボルトの許容せん断応力	FB/√3	fBs	N/mm ²	135.6						
	15	レグ一本当たりの基礎ボルトの本数	na		1		55	ボルトの算定引張応力	P1/naAB	σBt	N/mm ²	10.3						
	16	レグの中心径	D	mm	1099.6		56	判定 $\sigma Bt \leq fBt$		OK!	$10.3 \leq 235$							
	17	溶接脚長	tw	mm	12		57	ボルトの算定せん断応力	$\frac{FH-0.1W}{nnaAB}$	τB	N/mm ²	1.9						
	18	溶接長さ	Lw	mm	200		58	判定 $\tau B \leq fBs$		OK!	$1.9 \leq 135.6$							
基礎ボルト	19	使用材料名			SS400	ベースプレートの応力	59	引張力による算定曲げ応力 $\frac{6W3P1}{(W1+W2)tB^2}$	σbbt	N/mm ²	13.1							
	20	材料の許容基準応力	FB	N/mm ²	235		60	判定 $\sigma bbt \leq FBP$		OK!	$13.1 \leq 245$							
	21	呼び径			M20		61	表1による (W1/W2=1.000)	β		1.769							
	22	谷径	d	mm	17.294		62	圧縮力による算定曲げ応力 $\frac{\beta P2W2^2}{Z^2tB^2}$	σbbc	N/mm ²	28.2							
ベースプレート	23	使用材料名			SS400	63	判定 $\sigma bbc \leq FBP$		OK!	$28.2 \leq 245$								
	24	材料の許容基準応力	FBP	N/mm ²	245	64	Lwまたは30twの小さい方	Lw1	mm	200								
	25	ベースプレートの幅	Z	mm	150	65	溶接部の算定せん断応力	$\frac{P2}{2Lw1tw}$	τw	N/mm ²	1.6							
	26	ベースプレートの厚さ	tB	mm	16	66	判定 $\tau w \leq 0.49ft$		OK!	$1.6 \leq 101.4$								
	27	寸法	W1	mm	112	67	$Zw = 2 \times Lw^2 tw / 6$	Zw	mm ³	160000.0								
	28	寸法	W2	mm	112	68	溶接部の算定曲げ応力	$\frac{FHL}{nZw}$	σwb	N/mm ²	5.0							
	29	寸法	W3	mm	51.6	69	判定 $\sigma wb \leq 0.55ft$		OK!	$5.0 \leq 113.8$								
レグの許容応力	30	最小断面二次モーメント	Ic	mm ⁴	911000	表1 (W1 ≤ W2に限る)	<table border="1"> <tr> <td>W1/W2</td> <td>0.5</td> <td>0.75</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>β</td> <td>0.631</td> <td>1.246</td> <td>1.769</td> </tr> </table>				W1/W2	0.5	0.75	1	β	0.631	1.246	1.769
	W1/W2	0.5	0.75	1														
	β	0.631	1.246	1.769														
	31	最小断面二次半径 $\sqrt{Ic/A}$	i	mm	19.36													
	32	細長比 2L/i	λ		121.91													
	33	$\sqrt{(\pi^2 E / 0.6F)}$	Λ		124.23													
	34	$\frac{3}{2} + \frac{2}{3} (\frac{\lambda}{\Lambda})^2$	ν		2.142													
	35	$\lambda \leq \Lambda$ の場合 $\frac{1.5}{\nu} (1 - 0.4 (\frac{\lambda}{\Lambda})^2) F$	Fc	N/mm ²	89.1													
	36	$\lambda > \Lambda$ の場合 $1.5 (0.277) F / (\frac{\lambda}{\Lambda})^2$			-													
	37	引張応力 ft=F	ft	N/mm ²	207													
	38	曲げ応力 fb=F	fb	N/mm ²	207													
	39	圧縮応力 fc=Fc	fc	N/mm ²	89.1													
40	せん断応力 F/√3	fs	N/mm ²	119.5														

注1) 材料の許容基準応力は引張強さの70%または降伏点(0.2%耐力)のいずれか小さい方とする。