

継目無金属ベローズ

Seamless Metal Bellows



株式会社

久世ベローズ工業所

目 次

	ページ
KUZE ベローズの紹介	1
成形ベローズの用途	2 ～ 3
ベローズ形状	
1) 形状図形	4
2) 末端形状加工と製作性について	4
KUZE 製ベローズの各部名称と諸因子	
1) U 形ベローズ各部名称	5
2) 端部拡大図	5
3) 成形ベローズ諸因子の用語、記号、係数、応力一般	6
成形ベローズの設計 I	
1) 使用条件の決定	7 ～ 8
2) メタルベローズ標準寸法表	9 ～ 10
成形ベローズの設計 II	
1) 御採用指針	11
2) 材質の選定	11
3) ベローズの外径(O.D)、標準谷径(d')	12
4) ベローズの層数(C)	12
5) ベローズ内径(I.D)、谷径(d)	12
6) ベローズの有効径(D _A)、平均径(D ₀)	12
7) ベローズの有効面積(A)	12
8) ベローズの山高さ(H)	13
9) ベローズの仮想肉厚(t')	13～14
10) ベローズピッチ(q)	14～15
11) 許容伸縮量〈山当り〉(δ ₁)	15
12) 最大伸縮量〈山当り〉(Δ ₁)	16
13) バネ定数〈山当り〉(k)	17
14) 製作可能肉厚 (t _{min} 、 t _{max})	17
15) 仮想山数(n')	17～18
16) 山当り使用伸縮量(S ₁)	19

成形ベローズの設計Ⅲ

1) 外圧用ベローズ肉厚(t)の決定	20～21
2) ベローズピッチ(q)の決定	21
3) 許容伸縮量〈山当り〉(δ_1)の決定	21
4) 最大伸縮量〈山当り〉(Δ_1)の決定	21
5) バネ定数〈山当り〉(k)の決定	21
6) ベローズの耐久回数(N)の決定	21～23
7) 内圧用ベローズの肉厚(t)の決定	24～25
8) 山数(n)の決定	25
9) バネ定数(K)の決定	25～26
10) 角曲げ等価伸縮量(S_θ)	27
11) 軸直角方向等価伸縮量(S_0)	27
12) 長さ($\ell \cdot L$)の決定	27

成形ベローズの設計 IV

1) ベローズの接合	28
① ハンダ、ロウ付の場合	28
② 溶接の場合	28～29
③ 接着の場合	29
④ その他	29
2) 溶接金具の開先寸法	29～30
3) 端末部分の処置	30
4) 接合における変形や異常について	30
5) ベローズ製作公差	31～32

KUZE ベローズの紹介

KUZE ベローズは既存メーカーに先駆け 1939 年液圧製金属ベローズの研究に着手、現在の液圧製金属ベローズの基盤となる試作を繰返し、極めて信頼性の高い製法を考案の上 1943 年に企業化に至りました。

現在 KUZE のシームレス金属ベローズは、自在な伸縮・曲げ特性と密封性能を利用して、真空から高圧まで、或いは低温から高温までの各種流体から運動部分に採用され、高機能、高精密化になくてはならない機能部品となり各方面の需要家の皆様に御満足頂いております。

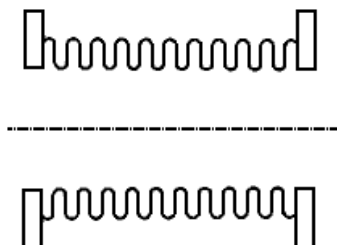
また、近年の軽薄短小の要求と目覚しい技術革新、ハイテク化により、より品質の高いシームレス金属ベローズが要求され、たゆまぬ努力と設備革新によりあらゆる御要望にお答えできるよう限りなく挑戦してまいりますので、何卒ご愛顧お引立ての程宜しくお願い申し上げます。

金属成形ベローズの用途

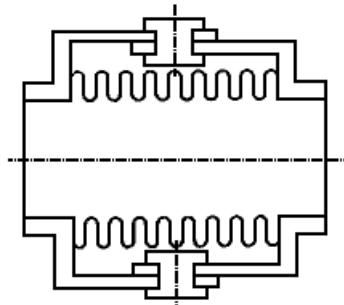
金属ベローズは各種分野で使用され、航空、宇宙、原子力、高真空、圧力、半導体、OA 機器、産業機械、重電、家電等の自動制御、計測センサー、気密保持、回転伝達、振動・膨張吸収、圧力伝達、その他に使われています。

代表的な使用例をご参照下さい。

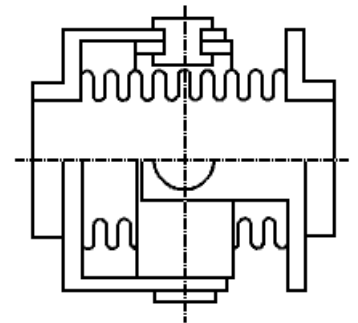
配管用伸縮継手(一般形)



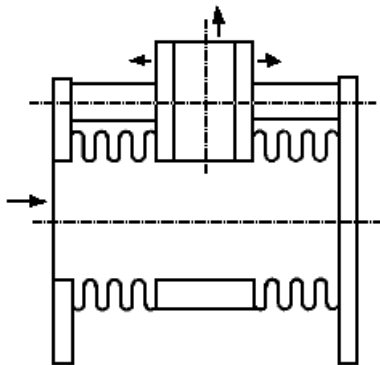
配管用自在継手(ヒンジ形)



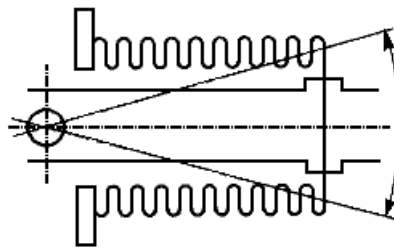
配管用自在継手(ジンバル形)



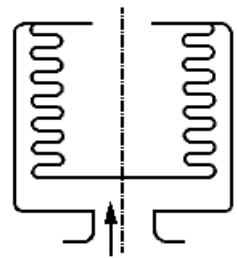
配管用直角自在継手(相殺形)



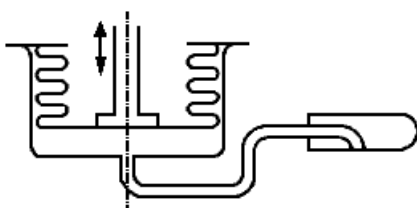
可撓継手 □ トグルスイッチ
マニピュレータ



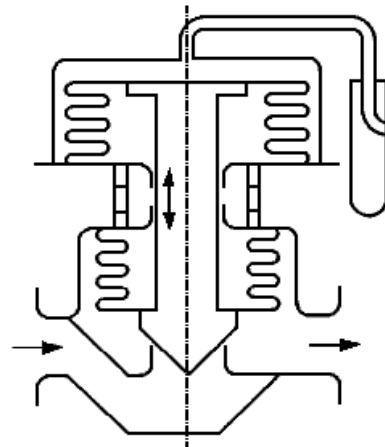
アキュムレータ
(膨張・収縮吸収)



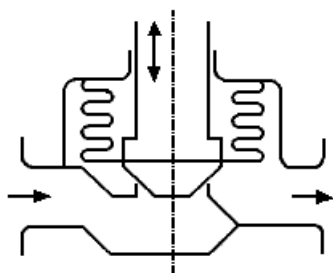
温度制御



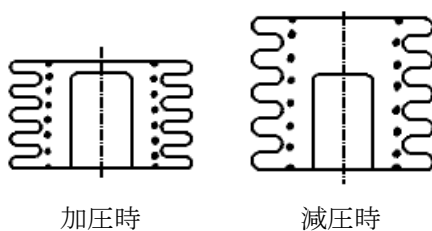
温度比例制御



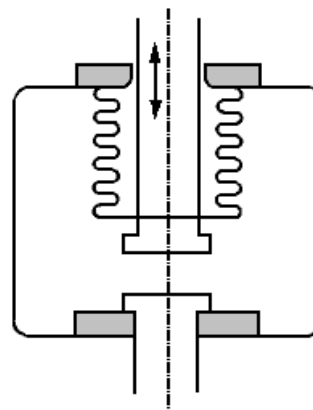
パッキレスバルブ
(外圧式)



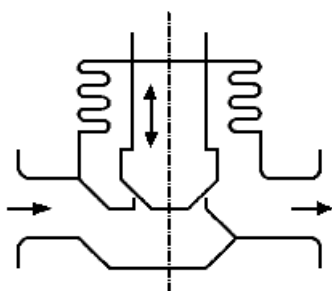
アネロイドコントロール



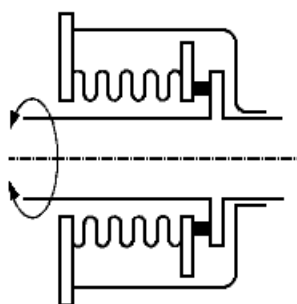
スピンドルシール



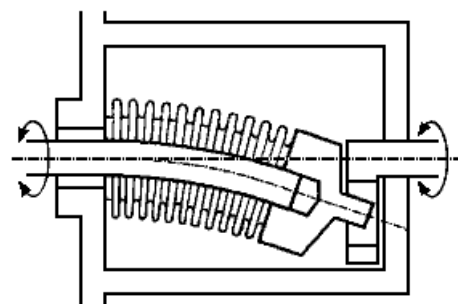
パッキレスバルブ
(内圧式)



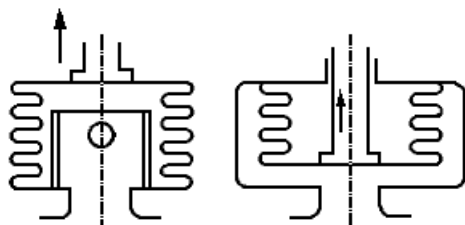
シャフトメカニカルシール



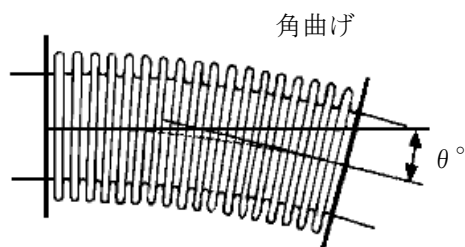
回転導入



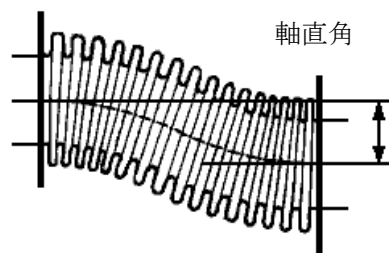
圧力検出
圧力スイッチ
圧力計
圧力-電気変換
圧力作動装置



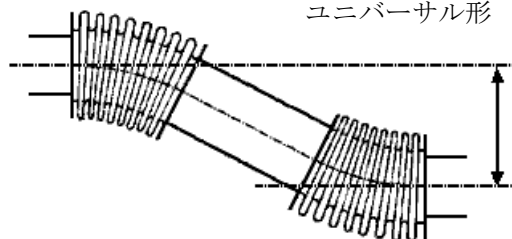
カップリング



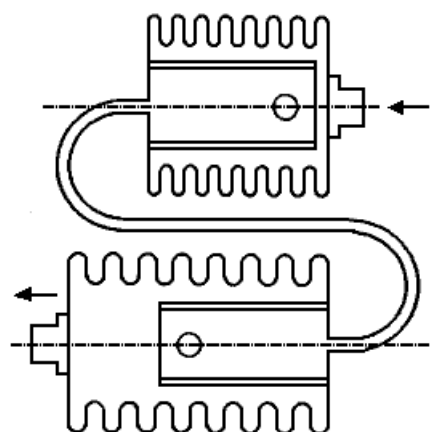
軸直角



ユニバーサル形

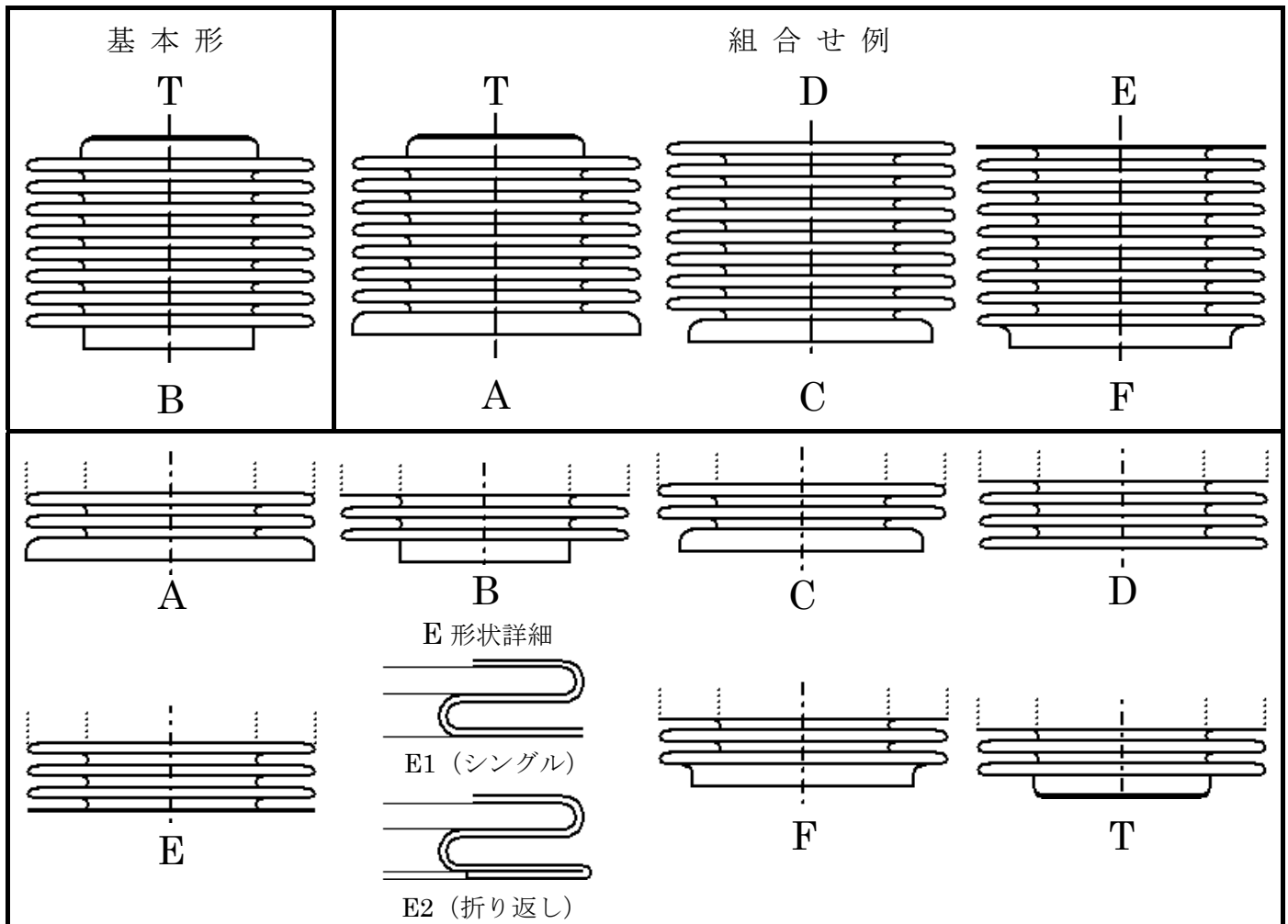


遠隔伝達



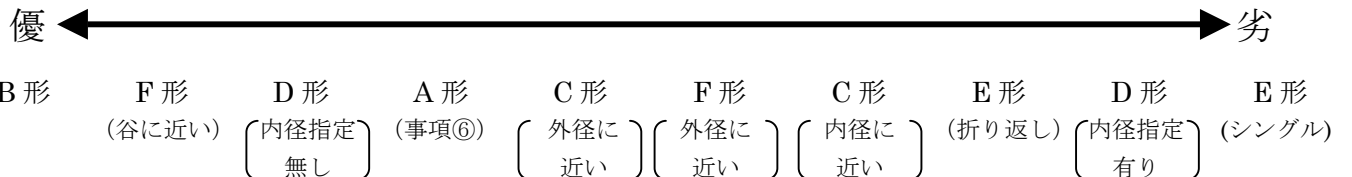
ベローズ形状

1) 形状図形



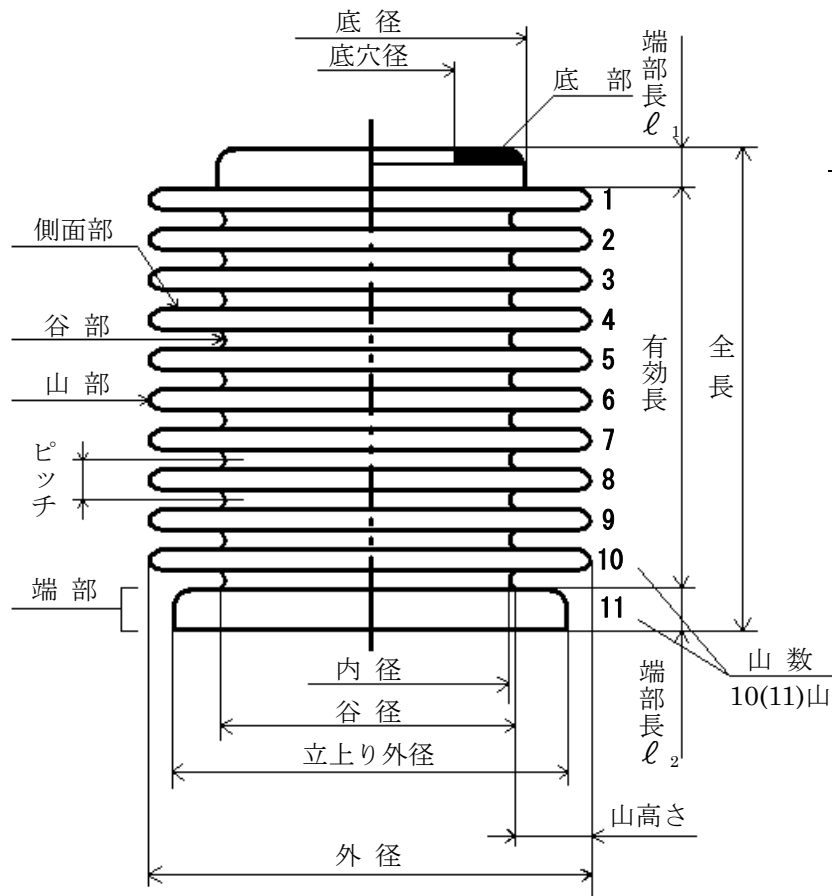
2) 末端形状加工と製作性について

- ① その他、特殊形も製作できます。(弊社までお問合せ下さい。)
- ② T形は、底厚の指定がない場合は弊社標準厚さと致します。
- ③ T形は、プレス加工により穴加工、凹凸加工等が出来ます。
- ④ T形は、シームレスメタルベローズとして基本的に必要ですが、この T 部を切断加工することによりその他の形状と致しますので、コスト的には一端を T 形にする事を推奨致します。
- ⑤ 末端加工の加工性の順は次の通りです。



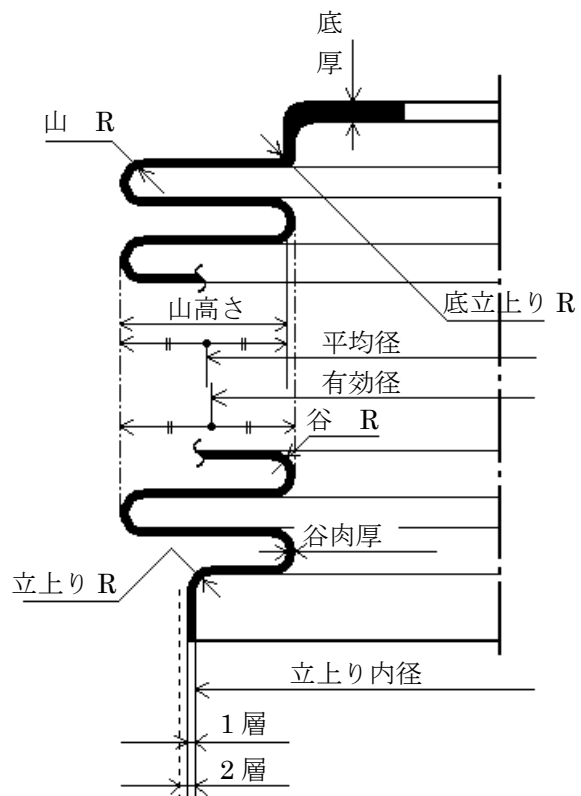
- ⑥ A 形、F 形、E 形等については、製造可能肉厚範囲内であっても、長さ、外径によっては製作できない場合があります。(弊社までお問合せ下さい。)
- ⑦ ジャバラ部分については特に肉厚の薄いもの、底立上り長の短いもの、底部形状加工が極度なものは加工歪等の防止を図る為、山側面部分に凸形環を設ける事もあります。
- ⑧ 形状により金具等の組立を行う場合、ベローズの組立の項を参照され、最適形状を決定下さい。

KUZE 製ベローズの各部名称と諸因子



1) U形ベローズ各部名称

2) 端部拡大図



3) 成形ベローズ諸因子の用語、記号及び係数、応力一般

用 語	記号・単位	用 語	記号・単位	用 語	記号・単位
外 径	O.D (mm)	山 R	R _O (mm)	許容伸量(山当り)	δ_{E1} (mm)
内 径	I. D (mm)	谷 R	R _I (mm)	許容縮量(山当り)	δ_{C1} (mm)
谷 径	d (mm)	近似谷 R	r (mm)	使用伸縮量	S (mm)
標準谷径	d' (mm)	層数	C (層)	使用伸縮量(山当り)	S ₁ (mm)
有効径	D _A (mm)	有効面積	A (cm ²)	角曲げ等価伸縮量	S _{θ} (mm)
平均径	D ₀ (mm)	使用最大圧力	P (kgf/cm ² G)	軸直角方向等価伸縮量	S _O (mm)
原管肉厚	t (mm)	使用圧力	P ₁ (kgf/cm ² G)	軸直角変位	J (mm)
山肉厚	t _O (mm)	変動圧力	P ₂ (kgf/cm ² G)	曲げ角度	θ (°)
谷肉厚	t _I (mm)	最大耐外圧(曲げ)	P _a (kgf/cm ² G)	残留変位	F (mm)
仮想肉厚	t' (mm)	〃 (膜)	P _b (kgf/cm ² G)	トルク	T (kgf-cm)
標準製作最小肉厚	t ^S (mm)	最大耐外圧	P _{max} (kgf/cm ² G)	加速度	G (cm/sec ²)
標準製作最大肉厚	t ^L (mm)	許容耐外圧	P _O (kgf/cm ² G)	回転数	R (rpm)
最小製作可能肉厚	t _{min} (mm)	耐圧低下率	V	振動周波数	Hz (Hz)
最大製作可能肉厚	t _{max} (mm)	耐圧安全率	W	圧力応力	σ_P (kgf/mm ²)
標準肉厚 (薄側)	i (mm)	伸縮率	Y	伸縮応力	σ_B (kgf/mm ²)
〃 (厚側)	j (mm)	耐内圧	P _I (kgf/cm ² G)	総応力	σ (kgf/mm ²)
山 数	n (山)	端末係数	X	総応力補正係数	B (kgf/mm ²)
仮想山数	n' (山)	圧縮係数	a	耐久回数	N (回)
取付山数	n ₀ (山)	バネ定数(山当り)	k (kgf/mm)	設計寿命回数	N ₀ (回)
推 力	p (kgf)	バネ定数	K (kgf/mm)	ヤング率	E (kgf/mm)
有効長	ℓ (mm)	たわみ量	P _{δ} (mm/kgf/cm ²)	時効硬化係数	μ
ピッチ	q (mm)	最大伸縮量	Δ (mm)	材料係数(各部肉圧)	e
標準ピッチ	q ₀ (mm)	最大伸量	Δ_E (mm)	材料係数(耐圧)	f (f ₁ ・f ₂)
仮想ピッチ	q' (mm)	最大縮量	Δ_C (mm)	材料係数(許容伸縮)	g
ピッチ比率	q ₁	最大伸縮量(山当り)	Δ_1 (mm)	材料係数(最大伸縮)	h
山高さ	H (mm)	谷部分密着縮み量(1山当り)	Δ_{C1A} (mm)	材料係数(バネ定数)	m
全 長	L (mm)	山部分密着縮み量(1山当り)	Δ_{C1B} (mm)	材料係数(ピッチ)	u
端部長 (底側は ℓ_1)	ℓ_1 (mm) ℓ_2 (mm)	仮想最大縮み量 (1山当り)	Δ_{C1C} (mm)	材料係数(最小・最大肉圧)	b, y
		許容伸縮量	δ (mm)	材料係数(耐久①)	α , O
端部径 (底側は d ₁)	d ₁ (mm) d ₂ (mm)	許容伸量	δ_E (mm)	材料係数(耐久②)	γ
		許容縮量	δ_C (mm)	材料の常温許容応力	σ_y (kgf/mm ²)
底 厚	B _t (mm)	許容伸縮量(山当り)	δ_1 (mm)	材料の使用温度許容応力	σ_x (kgf/mm ²)



成形ベローズの設計 I

1) 使用条件の決定

KUZE 製ベローズは機能部品である為、使用条件、要求性能により以下の条件を必要項目について決定して下さい。

Step	条 件 項 目	ガ イ ド	仕 様
1	流 体 名	ベローズの外側及び内側に接する流体（気体、液体、固体）の具体名称 （ベローズ材との腐食適応性、耐摩耗性）	外 側 内 側
2	最高・最低使用温度 並びに常用使用温度	ベローズに加わる温度を決定して下さい。 （ベローズ材の耐熱性、耐圧性、脆性）	最 高 ℃ 最 低 ℃ 常 用 ℃
3	最高・最低使用圧力 並びに常用使用圧力	ベローズの外側と内側の圧力を決定下さい。 （ベローズ耐圧性）	内側最高圧 kgf/cm ² G 内側最低圧 kgf/cm ² G 内側常用圧 kgf/cm ² G 外側最高圧 kgf/cm ² G 外側最低圧 kgf/cm ² G 外側常用圧 kgf/cm ² G
4	繰返し 変動圧力振幅	圧力変動を生じる場合、その変動条件を決定下さい。 また、その変動圧の割合も決めてください。	変動圧力 （外側・内側） 最高変動圧範囲（ %） ~ kgf/cm ² 常用変動圧範囲（ %） ~ kgf/cm ²
5	許容外径・内径	設計上許容できるスペースで、外径・内径の目安を立てて下さい。また、外径と内径の比率は概ね標準寸法を参照し、許容内径に近い標準内径を選び、許容外内径比率以上として下さい。	外 径（最高） mm 内 径（最低） mm
6	伸 縮 量	設計上必要なストロークを決定下さい。通常、伸び 37%・縮み 63%程度と考えて下さい。初期セット(オフセット)も考慮下さい。	伸 び mm 縮 み mm オフセット(伸縮) mm
7	許 容 全 長	設計上、許容できるスペースで伸びを考慮の上、全長の目安を立てて下さい。	全 長（最高） mm



8	その他応力	トルク・回転速度・軸直角移動量・曲げ・加速度等の応力を決めてください。	トルク 回転速度 軸直角移動量 曲げ角度 曲げ移動量 加速度	kgf-cm rpm mm ° mm cm/sec
9	バネ定数	所定の伸縮動作変位と、それを得る為に要する力との比をバネ定数とします。この値を決定して下さい。	バネ定数	kgf/mm
	曲げ剛性 軸直角移動剛性	また、必要量を曲げる為に要する力や軸直角方向に移動する為に要する力も決定して下さい。	曲げ剛性 軸直角剛性	kgf kgf
10	ベローズ推力	ベローズの有効面積と圧力により発生する推力により必要とする力を決めてください。	推力	kgf
11	有効面積	ベローズ内径と外径により定まる軸方向の面積です。(次項計算式より算出下さい)	最小有効面積 最大有効面積	cm ² cm ²
12	たわみ率	ベローズの有効面積とバネ定数により決まります。 (次頁計算式により算出下さい。) または、所定圧力により必要な伸縮量	撓み率 (最小又は最大)	mm/kgf/cm ²
13	振動・衝撃	振動を伴うか、及び周波数の特定があるか決定して下さい。 また、衝撃力があれば考慮下さい。	振動 周波数 衝撃力	(有・無) Hz (大・中・小・無)
14	寿命回数	伸縮、曲げ、圧力変化回数等の、繰返し回数の最低値を決めて下さい。	伸縮回数 曲げ回数 圧力回数	回 回 回

○ 成形ベローズ標準寸法表

サイズNo.	外径	標準谷径	最大外径	概略有効面積	標準ピッチ	標準製作可能肉厚		製造可能最大山数	端部 A 形最大長	近似谷 R
	(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)	(mm)	t ^S (mm)	t ^L (mm)	n _{max}	(mm)	(mm)
7	7	5.3	8	0.29	0.85	0.06	0.12	36	3.5	0.5
8	8	5.3	8	0.35	1.00	0.06	0.15	36	4	0.5
9	9	6.3	9	0.46	1.00	0.06	0.16	34	4	0.3
10	10	7.3	11	0.59	1.00	0.07	0.17	34	5	0.35
11	11	7.3	11	0.67	1.10	0.07	0.18	34	5	0.35
12	12	8.0	13	0.80	1.25	0.07	0.20	21	5	0.6
13	13	9.8	15	1.00	1.25	0.07	0.22	35	5	0.6
14	14	9.8	15	1.11	1.35	0.07	0.23	35	6	0.6
15	15	10.8	17	1.30	1.35	0.07	0.25	30	6	0.6
16	16	10.8	17	1.43	1.40	0.07	0.30	30	6	0.6
17-1	17	10.8	17	1.56	1.55	0.07	0.30	30	6	0.6
17-2	17	12.2	19	1.69	1.65	0.07	0.27	30	6	0.6
18	18	12.2	19	1.82	1.65	0.07	0.30	30	6	0.6
19-1	19	12.2	19	1.96	1.70	0.07	0.30	30	6	0.6
19-2	19	12.8	20	2.03	1.75	0.07	0.32	35	6	0.6
20	20	13.8	21	2.26	1.70	0.07	0.35	22	6	0.6
21	21	13.8	21	2.44	1.70	0.07	0.35	22	6	0.6
22	22	15.8	24	2.84	1.75	0.07	0.33	35	8	0.6
23	23	15.8	24	3.01	1.85	0.07	0.35	35	8	0.6
24-1	24	15.8	24	3.19	1.90	0.07	0.35	35	8	0.6
24-2	24	16.9	26	3.33	2.10	0.07	0.35	30	8	0.8
25-1	25	16.9	26	3.52	2.10	0.07	0.35	30	8	0.8
25-2	25	18.1	28	3.67	2.10	0.07	0.35	30	8	0.8
26-1	26	18.1	28	3.87	2.10	0.07	0.36	30	8	0.8
26-2	26	19.1	28	4.01	2.10	0.07	0.35	25	8	0.8
27	27	19.1	28	4.22	2.10	0.07	0.37	25	8	0.8
28-1	28	19.1	28	4.45	2.25	0.08	0.37	25	8	0.8
28-2	28	21.0	31	4.70	2.25	0.08	0.40	30	8	0.8
29	29	21.0	31	4.81	2.30	0.08	0.40	30	8	0.8
30	30	21.0	31	5.04	2.45	0.08	0.40	30	8	0.8
31	31	21.0	31	5.44	2.50	0.08	0.40	30	8	0.8
32-1	32	22.0	33	5.84	2.45	0.08	0.37	28	8	0.8
33-1	33	22.0	33	6.28	2.50	0.08	0.40	29	8	0.8
32-2	32	24.0	35	6.19	2.50	0.08	0.40	32	8	0.8
33-2	33	24.0	35	6.43	2.50	0.08	0.40	32	8	0.8
34-1	34	24.0	35	6.74	2.50	0.08	0.42	32	8	0.8
35-1	35	24.0	35	6.98	2.70	0.08	0.42	29	8	0.8
34-2	34	25.6	39	7.01	2.50	0.08	0.40	32	8	0.8
35-2	35	25.6	39	7.28	2.60	0.08	0.45	32	8	0.8
36	36	25.6	39	7.56	2.70	0.08	0.47	30	8	0.8
37	37	25.6	39	7.87	2.70	0.08	0.50	28	8	0.8
38-1	38	25.6	39	8.12	3.00	0.08	0.50	26	8	0.8
38-2	38	27.6	41	8.58	3.10	0.09	0.50	30	8	1.0
39	39	27.6	41	8.88	3.10	0.09	0.50	27	8	1.0
40	40	27.6	41	9.15	3.10	0.09	0.55	25	8	1.0
41	41	27.6	41	9.51	3.20	0.09	0.55	24	8	1.0
43	43	30.9	46	10.90	2.80	0.09	0.50	26	10	0.8
45	45	30.9	46	11.60	2.90	0.09	0.50	23	10	0.8
47	47	34.7	51	13.20	3.30	0.09	0.50	25	10	1.0
50	50	34.7	51	14.40	4.00	0.10	0.60	22	10	1.0



サイズNo.	外径	標準谷径	最大外径	概略有効面積	標準ピッチ	標準製作可能肉厚		製造可能最大山数	端部 A 形最大長	近似谷 R
	(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)	(mm)	t ^S (mm)	t ^L (mm)	n _{max}	(mm)	(mm)
51	51	36.7	54	15.4	3.70	0.10	0.60	20	10	1.0
52	52	36.7	54	15.7	3.90	0.10	0.60	20	10	1.0
53-1	53	37.4	56	16.4	4.00	0.10	0.60	17	10	1.0
53-2	53	40.8	60	17.4	3.60	0.10	0.55	25	10	1.0
55	55	40.8	60	18.2	3.60	0.10	0.60	23	10	1.0
57	57	42.9	63	19.8	4.00	0.11	0.60	23	10	1.4
60	60	42.9	63	21.2	4.30	0.11	0.60	20	10	1.4
63	63	42.9	63	22.7	4.50	0.11	0.60	17	10	1.4
64-1	64	44.5	65	23.7	4.70	0.11	0.60	15	10	1.6
65-1	65	44.5	65	24.2	4.80	0.11	0.60	15	10	1.6
64-2	64	46.5	68	24.4	4.50	0.11	0.60	20	10	1.4
66	66	46.5	68	25.4	4.60	0.11	0.60	20	10	1.4
65-2	65	51.1	75	26.5	4.40	0.11	0.55	20	10	1.25
67	67	51.1	75	27.5	4.40	0.11	0.55	24	10	1.25
70	70	51.1	75	29.3	4.50	0.11	0.55	18	10	1.25
75-1	75	51.1	75	32.1	5.00	0.11	0.55	14	10	1.25
75-2	75	54.7	80	33.6	4.20	0.11	0.60	17	10	1.0
77	77	54.7	80	34.8	4.30	0.11	0.60	15	10	1.0
80-1	80	54.7	80	36.6	4.40	0.11	0.60	14	10	1.0
80-2	80	60.9	89	39.4	4.90	0.11	0.60	17	10	1.5
85	85	60.9	89	42.7	5.30	0.11	0.60	14	10	1.5
89-1	89	60.9	89	45.4	5.30	0.11	0.60	12	10	1.5
86	86	68.8	98	46.5	4.80	0.11	0.60	19	10	1.75
89-2	89	68.8	98	49.4	5.20	0.11	0.60	16	10	1.75
90	90	68.8	98	50.0	5.20	0.12	0.60	16	10	1.75
92	92	68.8	98	51.6	5.30	0.12	0.60	14	10	1.75
93	93	70.5	93	54.7	5.00	0.12	0.60	15	12	1.5
100	100	76.6	107	61.8	5.30	0.14	0.65	13	12	1.5
102	102	76.6	107	63.5	5.40	0.14	0.65	13	12	1.5
105-1	105	76.6	107	66.1	5.60	0.14	0.65	13	12	1.5
107-1	107	76.6	107	67.8	5.60	0.14	0.65	13	12	1.5
105-2	105	83.2	112	70.2	4.90	0.14	0.65	15	12	1.25
107-2	107	83.2	112	71.8	4.90	0.14	0.65	14	12	1.25
110-1	110	84.3	115	75.2	5.00	0.14	0.65	13	12	1.25
115	115	84.3	115	79.6	5.20	0.14	0.65	12	12	1.25
110-2	110	86.9	110	76.8	5.80	0.14	0.65	11	12	1.75
118	118	94.0	120	89.0	5.50	0.14	0.65	14	15	1.5
120-2	120	94.0	120	90.9	5.50	0.14	0.65	13	15	1.5
120-3	120	99.0	120	94.6	5.80	0.14	0.65	11	15	1.75
125-A	125	101.0	129	101.0	5.80	0.14	0.65	13	15	1.75
127	127	101.0	129	103.0	5.90	0.14	0.65	13	15	1.75
129	129	101.0	129	105.0	6.00	0.14	0.65	13	15	1.75
130	130	101.2	135	106.0	6.00	0.14	0.65	12	15	1.75
135-1	135	101.2	135	111.0	6.10	0.14	0.65	10	15	1.75
135-2	135	111.5	138	120.0	6.00	0.15	0.65	13	15	1.85
150	150	127.0	165	151.0	6.00	0.15	0.65	13	15	1.75
160	160	127.0	165	163.0	6.20	0.15	0.65	11	15	1.75
195	195	165.0	200	255.0	7.00	0.15	0.65	17	15	2.0
200	200	160.5	205	257.0	6.80	0.15	0.65	10	15	2.5
210	210	181.5	210	301.0	7.20	0.15	0.65	6	15	2.5



成形ベローズの設計 II

以下の諸計算は、実績値より得られた計算式ですので製造条件・サイズにより相違します。利用に際しては参考式として御使用下さい。

1) 御採用指針

ベローズを使用するに当たり、前章「成形ベローズの設計 I」により使用条件が決まりました。次にベローズの詳細な設計を行い、必要最小限の大きさとコストとなるように設計する必要があります。また、設計しようとする機能と信頼性の確保、並びにシームレスメタルベローズの特性を理解する事が必要です。

2) 材質の選定

KUZE 製ベローズの標準材料、及びその概略的な適用を以下の表に示します。

○ 標準材料及びその性質

材 料 名 識 別 番 号	加 工 難 易	寿 命	耐熱性	耐食性	接 着 法			特 性、一般事項
					溶 接	銀ロウ	ハンダ	
燐 青 銅 C5212	◎	○	△	○	○	×	◎	加工・熱処理が容易
丹 銅 C2400	◎	○	△	△	×	×	◎	加工・熱処理が容易 西欧標準材質
ベリリウム銅 C1720	◎	◎	△	◎	○	△	◎	低ヒステリシス・耐応力・ 疲労限度が高い
オーステナイトステンレス鋼 SUS304L	◎	○	○	△	◎	△	×	耐粒界腐食性・高温強度 (300℃) 有
オーステナイトステンレス鋼 SUS316L	◎	○	○	○	○	△	×	耐粒界腐食性・耐孔食性・ 応力腐食割れ抵抗大
オーステナイトステンレス鋼 SUS317L	○	△	○	◎	○	△	×	SUS316L よりも優れる 材料特性安定性無し
オーステナイトステンレス鋼 SUS321	○	○	◎	△	◎	△	×	耐粒界腐食性・耐圧性・高 疲労限度。耐孔食性低
オーステナイトステンレス鋼 SUS347	○	○	◎	○	◎	△	×	耐粒界腐食性・耐圧性・高 疲労限度。耐孔食性低
析出硬化ステンレス鋼 ASL(AM)350	△	◎	◎	×	◎	△	×	高疲労限度・耐高温性大 耐食性低。準析出硬化型
耐食耐熱超合金 NCF(インコネル)625LCF	△	◎	◎	◎	○	△	×	高温耐食性・高強度優 疲労限度が極大
耐 食 合 金 ハステロイ C 系	○	○	○	◎	◎	△	×	酸化、還元両耐食・高温耐 食優
ニッケルー銅合金 モネル 400(NW4400)	○	○	○	◎	◎	△	○	耐食・耐海水・耐アルカリ 性大
恒 弾 性 合 金 エリンパー (EL3)	△	○	○	△	◎	△	×	恒弾性材料 (温度補償用)

◎：優れる ○：普通 △：良くない ×：難



3) ベローズの外径(O.D) 、標準谷径(d')

ベローズの外径は「ベローズ標準寸法表」を用いて、必要とする有効面積、許容外径並びに希望の内径近似の標準谷径（注：内径+2倍谷肉厚）の値より決めて下さい。

また、外径はバルジ成形フリー型によりフォーミングを行う為、通常は標準寸法表に示した値となりますが、それ以外のものも製作可能です。概略的に 外径/内径=1.2~1.65 倍の範囲まで製作できるものがあります。

（標準寸法以外のものは、弊社までご相談下さい。）ただし、標準寸法表に示した最大外径では標準製作可能肉厚の薄いもの、製造可能最大山数、端部 A 形最大長では製作できない場合があります。更に上記 2) 項「材質の選定」の表中における”加工の容易さ”欄に示した○△の材質は伸びが少なく、外径が膨らまない為、標準寸法表中のサイズでも製作できないことが有ります。

4) ベローズの層数(C)

メタルベローズは密封性の用途の為、圧力が加わる場合が多く、使用圧力が非常に高い場合は、ベローズの肉厚を厚くしないと圧力に負けて破損してしまいます。

また、製作可能肉厚範囲内の肉厚であっても厚いとベローズのフレキシビリティが損なわれる結果となります。これは、通常ベローズの柔軟性は肉厚の約 3 乗に反比例する為です。

そこで、ベローズの隔壁を 2 層、3 層にする事により、圧力に対して破損する事無く柔軟性を持たせることが出来ます。

5) ベローズ内径(I.D) , 谷径(d)

先に標準寸法表により求めた標準谷径より設計上必要とするベローズ内径及び谷径は、次式により求めます。

$$I.D = d' - 3 \cdot t_1 \cdot C^{0.75} \quad d = I.D + 2 t_1 \cdot C$$

6) ベローズの有効径(D_A) , 平均径(D₀)

ベローズの有効径とは、外径と内径との中間径を指します。また、平均径は肉厚を考慮しないものを指し、次式により求めます。

$$D_A = (O.D + I.D) / 2 \quad D_0 = (O.D + d) / 2$$

7) ベローズの有効面積(A)

ベローズに圧力(P)を加えると受圧面積(A)に相当する力(p)が発生します。

この受圧面積は、外径でも内径でもなく、標準寸法表に示してある有効面積に相当しますが、概略値である為参考として利用して下さい。計算式は種々ありますが、概ね外径の面積と内径の面積との平均が有効面積となります。

基本的にはベローズの形状や山 R、谷 R、製法により若干の差が生じますが、次式により測定せずとも少ない誤差で求めることができます。

$$A = \frac{P}{P} \quad A = \frac{[O.D^2 + I.D^2] \cdot \pi}{800}$$

8) ベローズの山高さ(H)

ベローズの山高さは、「KUZE 製ベローズの各部名称と諸因子」の“端部拡大図”に示す通りです。
この山高さは、ベローズの諸元を左右する重要なものであり、次式により求めます。

$$H = \frac{O.D - I.D}{2} - t_1 \cdot C$$

9) ベローズの仮想肉厚(t')

ベローズは基本管より成形する為、ベローズの肉厚は箇所によって違いが生じます。
通常の成形ベローズは谷部分が厚く、山部分が薄い諸元を持っており、次の関係が有ります。

$$t \div t_1 + \left(\frac{t_1^{0.5} \times e}{C} \right)$$

$$t_1 = t - \left(\frac{t^{0.5} \times e}{C} \right)$$

$$t_o = t_1 \times \left(\frac{I.D}{O.D} \right)^{0.6}$$

e: 材料係数 (肉 厚)

材 質	バネ定数の指定		材 質	バネ定数の指定	
	有(e)	無(e)		有(e)	無(e)
燐 青 銅	0.06	0.06	S U S 3 0 4 L	0.05	0.03
丹 銅	0.06	0.06	S U S 3 1 6 L	0.05	0.03
ベリリウム銅	0.07	0.06	S U S 3 1 7 L	0.05	0.03
モ ネ ル 4 0 0	0.06	0.06	S U S 3 2 1	0.05	0.03
ハステロイ C 系	0.05	0.03	S U S 3 4 7	0.05	0.03
ASL(AM)350	0.05	0.03	インコネル 625LCF	0.05	0.03
エリンバー(EL3)	0.05	0.03			

肉厚の決定に際しては、使用最高圧力よりも高い耐圧性能をベローズに持たせる必要があるため、次の式で最低肉厚を決定します。

ただし、外圧力使用で拘束状態加圧、常温短時間加圧としての値です。内圧力使用の場合はバックリング等の障害もあるため、仮想肉厚と致します。

また、最大耐圧の 1.5～3 倍を超える圧力が概ね破壊耐圧と考えてください。肉厚と耐圧の関係は次式によって概ね算出します。

① $(t_1) = \sqrt{\frac{P \cdot H^{2.2}}{f_1 \cdot C^{1.2}}}$ を求めます。

② 上記の(t₁)を次式に代入し、P_a、P_bの何れかを決定します。

$$P_a : \frac{H}{t_1 \cdot C} < 50 \quad P_b : \frac{H}{t_1 \cdot C} \geq 50$$

f₁: 材料係数 (耐 圧)

材 質	f ₁	材 質	f ₁
燐 青 銅	24000	S U S 3 0 4 L	34500
丹 銅	24000	S U S 3 1 6 L	33500
ベリリウム銅	33000	S U S 3 1 7 L	34000
モ ネ ル 4 0 0	28000	S U S 3 2 1	40000
ハステロイ C 系	55000	S U S 3 4 7	40000
ASL(AM)350	75000	インコネル 625LCF	55000
エリンバー(EL3)	43000		

③ 次式により仮想最大圧力 P_a 又は P_b を求め、設計圧力値に対して開きがある場合は t_l を変化させて再度 P_a 又は P_b を求めてください。得られた t_l の値が最低肉厚です。

$$P_a = \frac{t_l^2 \cdot f_1 \cdot C^{1.2}}{H^{2.2}}$$

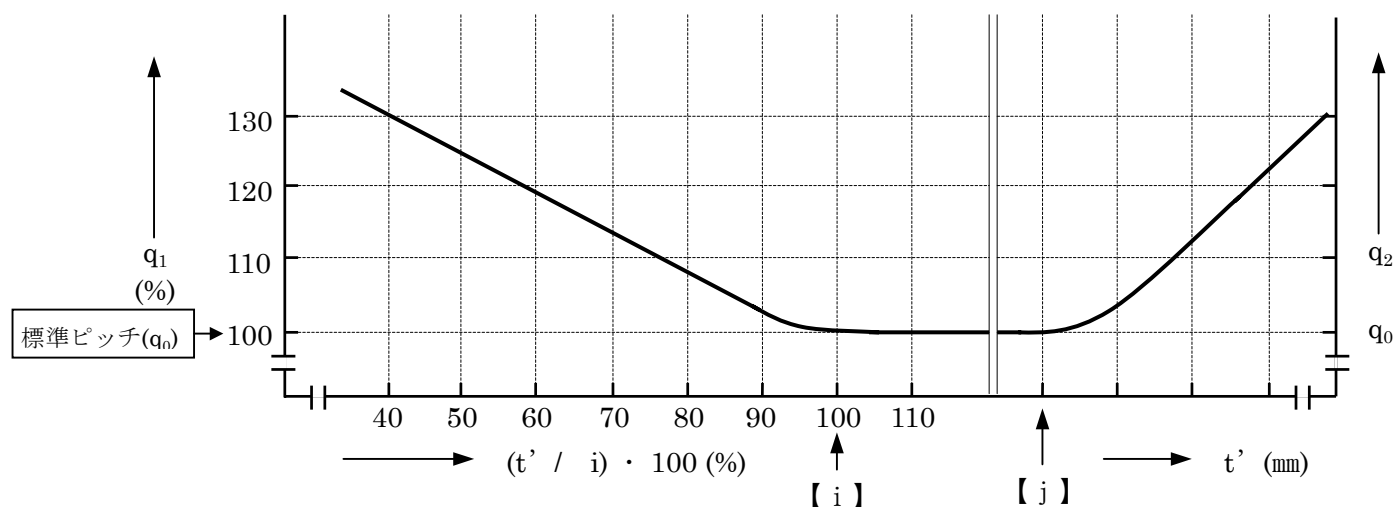
$$P_b = \frac{f_2 \cdot (H + 2q) t_l^{2.5} (I.D / O.D)^9 \cdot C}{q \cdot D_0^{2.5}}$$

f_2 : 材料係数 (膜 耐 圧)

材 質	f_2	材 質	f_2
燐 青 銅	4.5×10^7	S U S 3 0 4 L	7.0×10^7
丹 銅	4.5×10^7	S U S 3 1 6 L	6.5×10^7
ベリリウム銅	8.0×10^7	S U S 3 1 7 L	6.0×10^7
モネル 4 0 0	5.5×10^7	S U S 3 2 1	8.5×10^7
ハステロイ C 系	9.0×10^7	S U S 3 4 7	8.5×10^7
ASL(AM)350	10.0×10^7	インコネル 625LCF	9.0×10^7
エリンパー(EL3)	6.0×10^7		

10) ベローズピッチ(q)

ベローズの 1 山当りの有効長をピッチと呼びます。メタルベローズは金属管をジャバラ状に成形する為、金属特有のスプリングバックによりピッチが材質と肉厚により変動致します。肉厚が薄いとスプリングバックが激しく、ピッチが長くなります。又、厚くなるに従ってスプリングバックが小さくなり、肉厚の増加分によるピッチ増加は相殺され、安定ピッチとなります。更に、極度に肉厚が厚くなると肉厚分がプラスされます。これをグラフに表すと次のようになります。



- ① 先に求めた谷肉厚 (t_l) より前記原管肉厚 (t) を求める式により仮想肉厚 (t') を求めます。
- ② 標準寸法表より標準ピッチを求めます。
- ③ グラフに示されている【i】(材料肉厚〔薄〕)、【j】(材料肉厚〔厚〕)の肉厚を次式により求めます。

$$i = \frac{0.055 \cdot q_0^{0.3}}{C^{0.5}} \cdot \left[\frac{O.D}{d'} \right]^{1.5} \cdot \left[\frac{O.D - d'}{2} \right]^{0.1} \quad j = \frac{0.14 \cdot q_0^{0.6}}{C^{0.5}}$$

④ 仮想肉厚 (t') の値により次に示す手順で仮想ピッチ (q') を求めて下さい。

判 定 値	仮 想 ピ ッ チ 計 算 値
$t' \leq i$ の場合	グラフよりピッチ比率 (q_1) を求めて下さい。 $q' \doteq q_0 \cdot q_1 \cdot C^{0.1}$
$i < t' < j$ の場合	$q' \doteq q_0 \cdot C^{0.1}$
$t' \geq j$ の場合	$q' \doteq q_0 \cdot C^{0.1} + \{2C \cdot (t' - j)\}$

⑤ 材質によりピッチが変化しますので、右表により材料係数 (u) を求め、次式によりピッチを求めます。

$$q = q' \cdot u$$

u: 材料係数 (ピッチ)

材 質	u	材 質	u
燐 青 銅	1.00	S U S 3 0 4 L	0.95
丹 銅	1.00	S U S 3 1 6 L	0.95
ベリリウム銅	1.00	S U S 3 1 7 L	0.95
モ ネ ル 4 0 0	1.00	S U S 3 2 1	1.05
ハステロイ C 系	1.10	S U S 3 4 7	1.05
ASL(AM)350	1.10	インコネル 625LCF	1.15
エリンパー(EL3)	0.95		

11) 許容伸縮量〈山当り〉(δ_1)

ベローズに伸び、あるいは縮みの作用が行なわれた場合、材質によっては永久弾性体でない為、元の長さに再現しない残留変位が生じます。この残留変位は、ある一定の伸び又は縮みを行うと変化が目立ち始めます。この一定の限界値を示す伸縮量が許容伸縮量であり、標準寸法表と前に求めた決定値により次の計算式で算出されます。

$$\delta = \frac{g \cdot q^{0.7} \cdot H^{1.5}}{(t_1)^{0.6} \cdot \left[\frac{D_0}{2} \right]^{0.5}}$$

この許容伸縮量での許容伸量、許容縮量の比率は、ベローズの形状波形、諸条件によっては若干異なりますが、伸び側 37%、縮み側 63%ですのでこの範囲内で御使用下さい。

g: 材料係数 (許容伸縮)

材 質	g	材 質	g
燐 青 銅	0.060	S U S 3 0 4 L	0.053
丹 銅	0.060	S U S 3 1 6 L	0.058
ベリリウム銅	0.110	S U S 3 1 7 L	0.058
モ ネ ル 4 0 0	0.050	S U S 3 2 1	0.053
ハステロイ C 系	0.056	S U S 3 4 7	0.053
ASL(AM)350	0.080	インコネル 625LCF	0.060
エリンパー(EL3)	0.080		

$$\delta_{E1} = 0.37 \delta_1 \quad \delta_{C1} = 0.63 \delta_1$$

許容伸縮量が、最大伸縮量(次項参照)の値を超えている場合は、形状の制限上、最大伸縮量の値を採用下さい。(設計上、耐用回数を無視し、スペースを重視して長さを抑えたい場合や、通常少しの伸縮でまれに大きな伸縮使用がある場合等は、許容伸縮量を超える使われ方も有ります。)

12) 最大伸縮量〈山当り〉(Δ_1)

ベローズを伸縮させると圧縮側では山と山、又は谷と谷が密着し、これ以上圧縮すると山 R、又は谷 R が変形を生じます。(右下図参照)

この圧縮量は、ベローズのサイズと金型によって違いがあり、標準寸法表に示す近似谷 R(r)と前記で求めた値を使用し、次式の圧縮係数(a)より谷部分及び山部分の密着縮み量を求めて最大伸縮量との相関対比によって決められます。



① 圧縮係数(a)を求めます。

$$a = \frac{0.285 \text{ O.D} \left[(\text{O.D} \cdot r)^{0.09} - \frac{1.7r}{q} \right]}{t_l^{r/q} \cdot \text{I.D} \cdot C}$$

② 谷及び山部密着縮量を求めます。

$$\Delta_{C1A} = q - 2.4 [a \cdot r + (t_l \cdot C)]$$

$$\Delta_{C1B} = q - 2.4 [a [r + 0.5q - (2.4 a \cdot r)] + (t_l \cdot C)]$$

③ 谷及び山部密着縮量の得られた値の小さい方を選択します。

④ 仮想最大伸縮量を次式により求めます。

$$\Delta_1 = \frac{h \cdot q^{0.7} \cdot H^{1.5}}{t_l^{0.6} \cdot \left[\frac{D_0}{2} \right]^{0.5}}$$

h : 材料係数 (最大伸縮)

⑤ 上記の仮想最大伸縮量での仮想最大縮量と最大伸量の比率は、ベローズの形状波形、諸条件によって若干異なりますが、次の式より求めます。

$$\Delta_{E1} = 0.37 \cdot \Delta_1$$

$$\Delta_{C1C} = 0.63 \cdot \Delta_1$$

材 質	h	材 質	h
燐 青 銅	0.075	S U S 3 0 4 L	0.067
丹 銅	0.075	S U S 3 1 6 L	0.069
ベリリウム銅	0.120	S U S 3 1 7 L	0.069
モネル 4 0 0	0.060	S U S 3 2 1	0.070
ハステロイ C 系	0.085	S U S 3 4 7	0.070
ASL(AM)350	0.090	インコネル 625LCF	0.080
エリンバー(EL3)	0.110		

⑥ 最大縮量は前記③項と(Δ_{C1A} 又は Δ_{C1B})と⑤項(Δ_{C1C})で得られた値の最低値を最大縮量とし、最大伸量は前記⑤項の計算値(Δ_{E1})を最大伸量としますのでこの範囲内で御使用下さい。

最大伸縮量 : ベローズを伸縮させると、元の位置に対して伸び又は縮みの方向へ永久変位する残留変位が生じ、この伸縮量の大きさに相関して残留変位も徐々に大きくなります。そして、ある量以上の伸縮をベローズに与えると、伸縮時における伸縮量の微小増加量が残留変位の微小増加量にほぼ等しくなります(伸縮量を x 軸、残留変位を y 軸に取った場合、 $dy = dx$ となる点)。この定数を超えない値を最大伸縮量と称します。最大伸縮量は肉厚とほぼ反比例の関係にあります。

13) バネ定数〈山当り〉(k)

メタルベローズは金属の剛性と弾性を利用して伸縮作用する用途が多いわけですが、伸縮をさせる為には伸縮方向に外力を加えて変位させます。この外力と変位の関係において外力が荷重とすれば、荷重／変位は一定の比率になります。

これをバネ定数と言い、ベローズにおけるバネ定数は、材質やサイズによって値が変わります。山当りバネ定数を求める為には、次式によります。

$$k = \frac{m \cdot O.D. \cdot t_1^3 \cdot C^{1.2}}{H^{2.8}}$$

m：材料係数（バネ定数）

材 質	m	材 質	m
燐 青 銅	7500	S U S 3 0 4 L	10100
丹 銅	7500	S U S 3 1 6 L	11100
ベリリウム銅	9000	S U S 3 1 7 L	10000
モ ネ ル 4 0 0	11000	S U S 3 2 1	10500
ハステロイ C 系	15000	S U S 3 4 7	12500
ASL(AM)350	15000	インコネル 625LCF	15000
エリンパー(EL3)	11000		

14) 製作可能肉厚(tmin , tmax)

KUZE 製ベローズは前述の通り液圧製による成形ですので、金属ベローズを製作する上で原管肉厚(t)には限界があります。

原管肉厚が薄い場合は造管技術と成形歩留により製作不可となり、厚い場合は成形圧力不足となる為ベローズにならず、又金型が圧力応力により破損するものです。

下記式により材質別の製造可能肉厚を決定し、その範囲内の肉厚で設計して下さい。

$$t_{min} = t^s \times b$$

$$t_{max} = \frac{t^L \times y}{C^{0.6}}$$

b：材料最小肉厚係数

y：材料最大肉厚係数

標準製作可能肉				標準製作可能肉			
		t ^s	t ^L			t ^s	t ^L
材 質		b	y	材 質		b	y
燐 青 銅		1.0	1.0	S U S 3 0 4 L		1.0	0.65
丹 銅		1.1	1.0	S U S 3 1 6 L		1.0	0.65
ベリリウム銅		1.2	0.8	S U S 3 1 7 L		1.1	0.65
モ ネ ル 4 0 0		1.1	0.8	S U S 3 2 1		1.1	0.6
ハステロイ C 系		1.1	0.65	S U S 3 4 7		1.1	0.6
ASL(AM)350		1.3	0.6	インコネル 625LCF		1.2	0.5
エリンパー(EL3)		1.3	0.75				

15) 仮想山数(n')

最大使用伸縮量(S)と山当り許容伸縮量(δ₁)又は、山当り最大伸縮量(Δ₁)により必要とする山数は次式によって求めます。尚、最大伸縮量を採用した場合は、繰返し寿命回数は短いと考えて下さい。(サイズにより、数百回 ～ 数千回程度)

$$n_1' = S / \delta_1$$

$$n_2' = S / \Delta_1$$

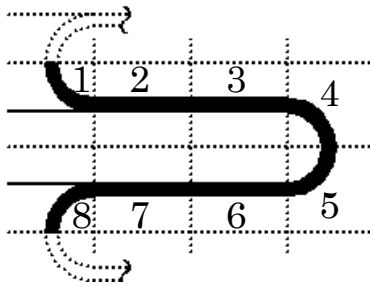
山数については、前に述べた種々の形状により有効とされる山数が決定しますので、次頁の分割図形で1山を8分割、又は形状により違いのある端部分割数を次頁表より求めます。

実際に取付ける支持端がどの位置に当るかを決定し、ベローズの動作する山数を形状端数以上に切り上げます。(例図、例題参照)

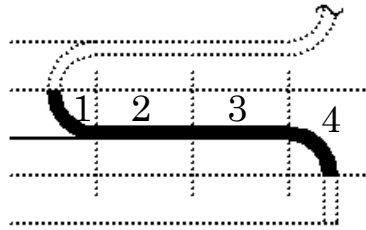
[ベローズの接合方法については、後述致します。]



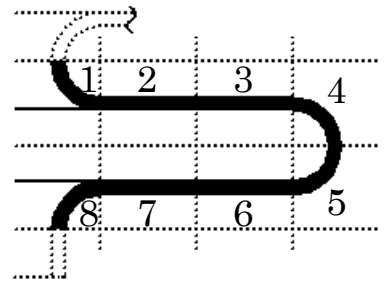
1 山図



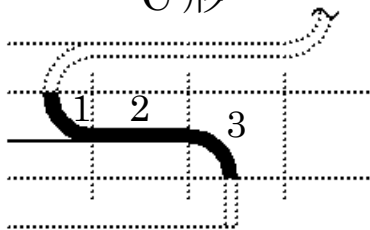
A 形



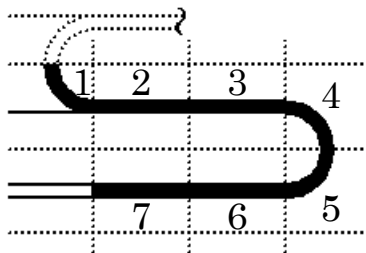
B 形



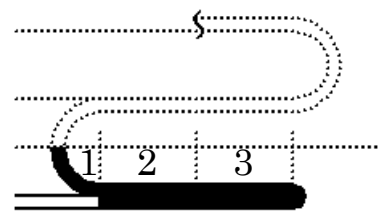
C 形



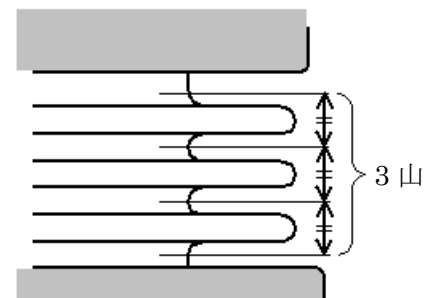
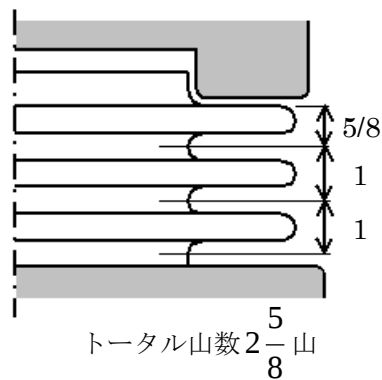
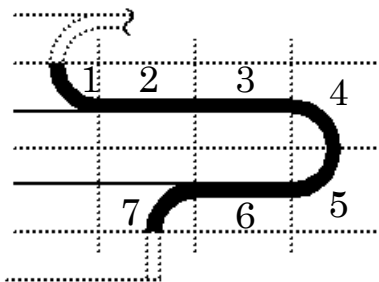
D 形



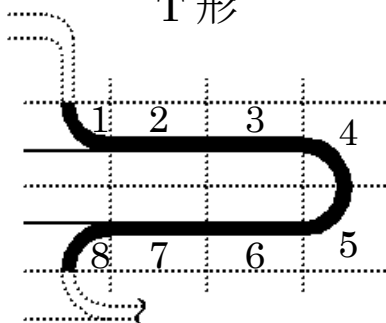
E 形



F 形



T 形



形状別分割表

形 状	分 割 数	形 状	分 割 数	形 状	分 割 数
A 形	4	C 形	3	E 形	3
B、T 形	0	D 形	-7	F 形	-7

16) 山当り使用伸縮量(S_1)

ベローズ形状と取付けによって山数の端数は決められた値となる事より、取付山数(n_0)を求めた上で山当り使用伸縮量(S_1)を求めます。山当り使用伸縮量は次式で求めます。

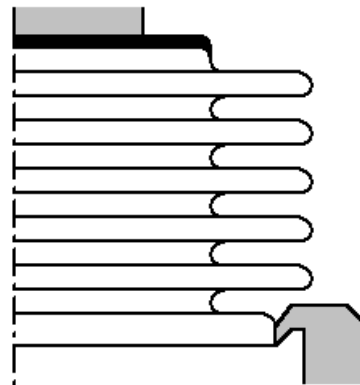
$$S_1 = S \div n_0 \quad (\text{下記の例題を参照下さい。})$$

例題：

「使用伸縮量 3 mmで山当り許容伸縮量 0.65 mmの CT 形ベローズ使用」

◎ 前記 15 項の仮想山数(n_1 又は n_2)を求める式より $3 \div 0.65 \div 4.615$ 山以上の山数が必要となります。

形状は CT 形を採用し、右図のような金具取付けの場合、C 部分の分割数は $3/8$ 山 = 0.375 山となり、T 部分は 0 山ですから 4 (5) 山では $4 \text{ 山} + 0.375 \text{ 山} = 4.375 \text{ 山}$ となり採山不可です。従って、5 (6) 山を使用しなければなりません。又、山当り使用伸縮量は形状より 5.375 山ですから $3 \div 5.375$ は 0.558 mm となります。



参考

使用する目的により耐久回数等が明確になると考えますが、長寿命（1000 万回以上等）が要求される場合は山数を増やし、1 山当りの使用伸縮量を少なくする必要があります。ただし、圧力振幅がある場合は、肉厚を厚くすることも設計上考慮しなければなりません。

成形ベローズの設計 Ⅲ

成形ベローズの設計Ⅱでは、概略的なサイズが設定された事と思いますが、実際の設計では設計Ⅲで求める諸元により耐圧性や寿命回数及び用途等による設計を進めなければなりません。

設計Ⅲで求める諸元は、設計Ⅱよりサイズのかけ離れたものとなる場合もありますが、設計Ⅲで決定された諸元をベローズに採用して製品の寸法特性を決定して下さい。

1) 外圧用ベローズ肉厚(t)の決定

ベローズに外圧を加えると山 R は小さくなり、谷 R は大きくなろうとする力を受け、ベローズの側面部分も圧力変形を起こし、径方向も圧縮応力が生じる等の複合応力となり部分的な曲げ作用と剪断作用が生じます。この応力を圧力応力(σ_p)と呼び、圧力が材料の強度限界を越えると永久変形となります。

又、同時に伸縮させて圧力が加わった場合は、伸縮による曲げ応力(σ_B)と相乗され耐圧力が減少しますので、9) 項で述べた仮想肉厚の見直しが必要となります。

同じベローズであっても、使用最大伸縮量と使用位置によって耐圧が変化するため、許容耐外圧力(P_0)で設計されたベローズ肉厚とする必要があります。

許容耐外圧力を求める方法としては、伸縮率(Y)により耐圧低下率(V)を下表に示すグラフにより求めて次式より算出して下さい。

$$Y_C = S_{C1} / \Delta_{C1}$$

$$Y_E = S_{E1} / \Delta_{E1}$$

$$P_0 = P_{max} \cdot V$$

ただし、これでは許容耐外圧力値が使用圧力以下となる場合もありますから肉厚の見直しが必要となります。

許容耐外圧力を使用最大外圧力とした場合、使用上でこの制限圧力を越えた時に許容耐外圧力値をオーバーします。

又、使用状態によっては外圧を除いた場合に外圧力と曲げ応力によって元の状態に再現しない残留変位が生じます。従って、使用状態に合った安全率を加味する必要があります。この安全率、予想しない過剰圧、脈動圧(ウォーターハンマー、オーバーシュート圧、ハンチング etc) に対する考慮や残留変位のない使い方によって、係数を任意に決定して下さい。

一般的に計器等の精度と安全性の要求されるものや、信頼性や長寿命の要求されるものは安全率(W)として1.5~2 倍、圧力振幅の激しい環境に使用するものは1.5 倍、その他汎用として使用するものは1.2 倍相当と考えて下さい。

又、ベローズに常温範囲外の温度が加わる場合は、温度による材料強度変化によって耐圧力影響を考慮する必要があります。この検討方法として使用するベローズ材料の常温許容応力(σ_y)と使用温度許容応力(σ_x)を求めて導き出します。

このような諸条件を決定して、次の検定算出式により肉厚計算式を選定し、ベローズ肉厚を決定します。

($H / t_1 \cdot C$) < 50 の場合

$$t_1 = \sqrt{\frac{P \cdot H^{2.2} \cdot W \cdot \sigma_y}{f_1 \cdot V \cdot C^{1.2} \cdot \sigma_x}}$$

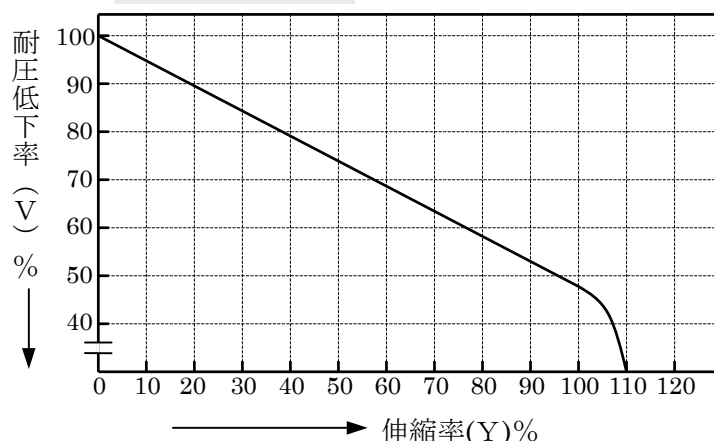
$$t \doteq t_1 + \left(\frac{t_1^{0.5} \cdot e}{C} \right)$$

($H / t_1 \cdot C$) $\geq$ 50 の場合

$$t_1 = 2.5 \sqrt{\frac{P \cdot q \cdot D_o^{2.5} \cdot W \cdot \sigma_y}{f_2 \cdot C \cdot V \cdot (H + 2q) \cdot (I.D / O.D)^9 \cdot \sigma_x}}$$

$$t \doteq t_1 + \left(\frac{t_1^{0.5} \cdot e}{C} \right)$$

耐圧低下率グラフ



- ※ 注 1：前式の V (耐圧低下率)は山当り伸縮量が既知の場合に決定されるものですから、前項の設計Ⅱ、9)の仮想肉厚(t_f)の決定で求めた肉厚により、設計Ⅱ、12)の山当り最大伸縮量(Δ_f)を導いて下さい。
- ※ 注 2：設計Ⅱ及びⅢに示した肉厚は、多層ベローズであっても一層の肉厚として考えてください。
例) 0.15 mm 2 層品は、トータル肉厚 0.3 mm ですが、0.15 mm として下さい。

2) ベローズピッチ(q)の決定

1)項で決定したベローズの肉厚(t)と、当初の設計Ⅱ・9)項による仮想肉厚(t')とは差異が生じます。若干の差であればベローズピッチ(q)には影響ありませんが、1 割を超える肉厚のアップの場合は、設計Ⅱ・10)項の手順によりベローズピッチを決定します。

3) 許容伸縮量〈山当り〉(δ_f)の決定

決定された肉厚(t_f)とピッチ(q)により、設計Ⅱ・11)項の計算式で山当り許容伸縮量(δ_f)を決定します。

4) 最大伸縮量〈山当り〉(Δ_f)の決定

決定された肉厚(t_f)とピッチ(q)により、設計Ⅱ・12)項の計算式で山当り最大伸縮量(Δ_f)を決定します。

5) バネ定数〈山当り〉(k)の決定

先に決定された諸因子により、設計Ⅱ・13)項の計算式で山当りバネ定数を決定して下さい。

6) ベローズ耐久回数(N)の決定

ベローズの耐久寿命とは、応力振幅(圧力増減、伸縮、ねじり、曲げ等)を与えて、ベローズにクラック(亀裂)が生ずる迄の繰返し回数を言いますが、ベローズの諸寸法、材料のバラツキ、金属組織のバラツキ、使用上の諸元(脈動・変動圧範囲・頻度・伸縮位置・etc)により正確な耐久寿命を求める事は困難です。ベローズの耐久寿命回数の一般的設計基準として下表のように考え、種々の条件が複合する場合は、その旨念頭に置き、回数を決定して下さい。

条件No.	使 用 条 件	設計寿命回数(N_0)
1	精密、カップリング、機器の振動吸収用	10^7 回以上
2	圧力変動頻度大・伸縮多頻度用(毎時数回)・高信頼機器用	10^6 回以上
3	連続変動応力一定で中頻度(毎日数回)	10^5 回以上
4	連続変動応力で休止及び異常時に設計応力作動(毎週数回)	10^4 回以上
5	常時一定応力で休止及び異常時に設計応力作動(毎月数回)	$10^3 \sim 10^4$ 回以上
6	無応力で緊急時のみ設計応力作動(年数回)	$10^2 \sim 10^3$ 回以上

一般的に耐久回数を求めるのによく使用されている公式として、Kellogg の式や竹園氏の式が有ります。なお、実際には安全係数が考慮されている為、検証の結果において、計算上耐久寿命が 50 万回の製品が 500 万回の耐久性を示す等の例も見られる事より、余裕を持った値であるとお考え下さい。

また、この計算値を無理に設計寿命回数と同等以上にしようとすると、まとまりがつかなくなったりサイズの大きくなる等の例もございますので参考としてご利用下さい。

① Kellogg の式〔材質別の材料係数（ α ）とヤング率（ E ）を下表より求めてください。〕

$$\sigma_B = \frac{0.75E \cdot t_I \cdot S_1}{\sqrt{\frac{q}{2} \cdot H^3}}$$

$$\sigma_P = \frac{P_2 \cdot H^2}{200 \cdot t_0^2 \cdot C}$$

$$\sigma = \sigma_B + \sigma_P$$

$$N = \left[\frac{O}{\sigma - B} \right]^\alpha$$

上記の計算式において肉厚（ t_I ）は、前記 1) 項、又は後述の 7) 項の肉厚以上でなければなりません。

α : 材料係数（耐久①） O : 材料係数（耐久①）
 E : ヤング率（ kgf/mm^2 ） B : 総応力補正係数

材 質	α	E	O	B
燐 青 銅	()	11200	()	()
丹 銅	()	11200	()	()
ベリリウム銅	()	13000	()	()
モネル 400	()	18000	()	()
ハステロイ C 系	()	20000	()	()
ASL(AM)350	()	19500	()	()
エリンパー(EL3)	()	19200	()	()
S U S 3 0 4 L	3.5	19500	1125	0
S U S 3 1 6 L	3.5	19500	1125	0
S U S 3 1 7 L	3.5	19500	1125	0
S U S 3 2 1	3.5	19500	1125	0
S U S 3 4 7	3.5	19500	1125	0
インコネル 625LCF	()	21000	()	()

※注意：材料係数（ α ）（ O ）及び総応力補正係数（ B ）で表中の（ ）は、Kellogg の式では導き出されていません。

② 竹園氏の式〔材質別の材料係数（ γ ）を下表より求めてください。〕

$$\sigma_B = \frac{E \cdot S_1 \cdot M}{0.5D_0 \cdot U} \cdot \left[\frac{1}{\lambda_1} \right]^{Q-Z}$$

M : 図 1 より求める係数

Q : 図 2 より求める係数

U : 図 3 より求める係数

Z : 図 4 より求める係数

$$\sigma_P = \frac{P_2 \cdot H_2}{200 \cdot t_I^2 \cdot C}$$

$$\lambda_1 = \frac{t_I}{1.2(0.25q - t_I)}$$

$$N = \left[\frac{548}{\sigma_B + \sigma_P} \times \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2\sigma_y} \right]^\gamma$$

$$\lambda_2 = \frac{1.2(0.25q - t_I)}{0.5D_0}$$

$$\tau = \frac{H - 0.5q - 2t_I}{D_0}$$

上記の計算式において、肉厚 t_I は、前記 1) 項、又は後述 7) 項の肉厚以上でなければなりません。

γ : 材料係数（耐久②）

材 質	γ	材 質	γ
燐 青 銅	()	SUS304L	5.0
丹 銅	()	SUS316L	5.0
ベリリウム銅	()	SUS317L	5.0
モネル 400	()	S U S 3 2 1	5.0
ハステロイ C 系	()	S U S 3 4 7	5.0
ASL(AM)350	()	インコネル 625LCF	()
エリンパー(EL3)	()		

※注意：材料係数（ γ ）で表中の（ ）は、竹園氏の式では導き出されていません。

图 1

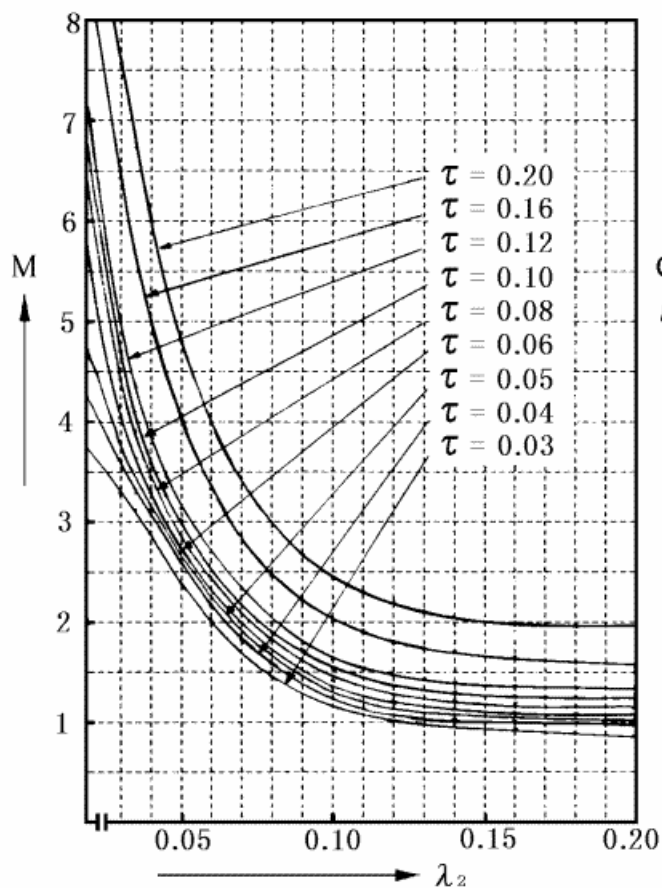


图 2

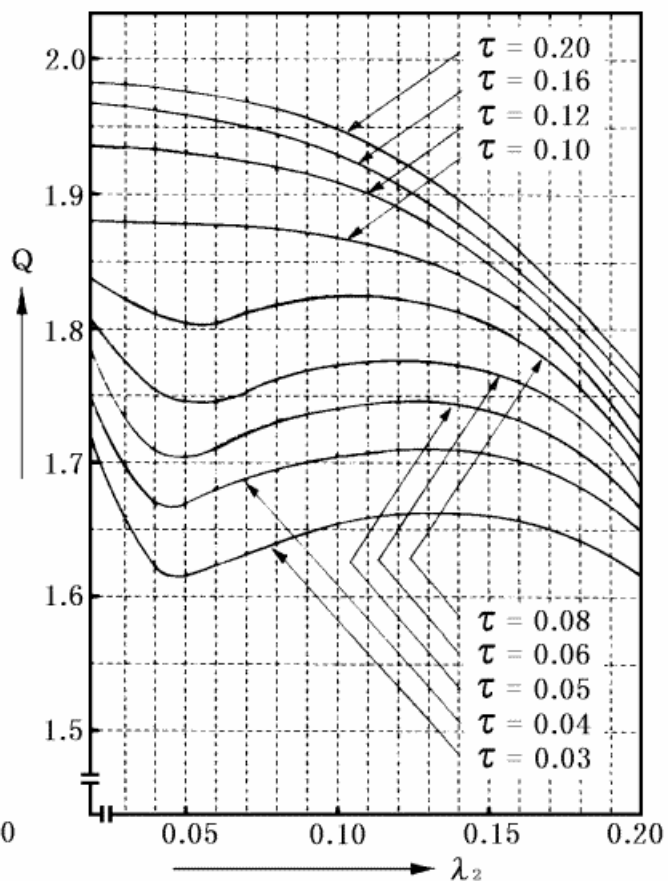


图 3

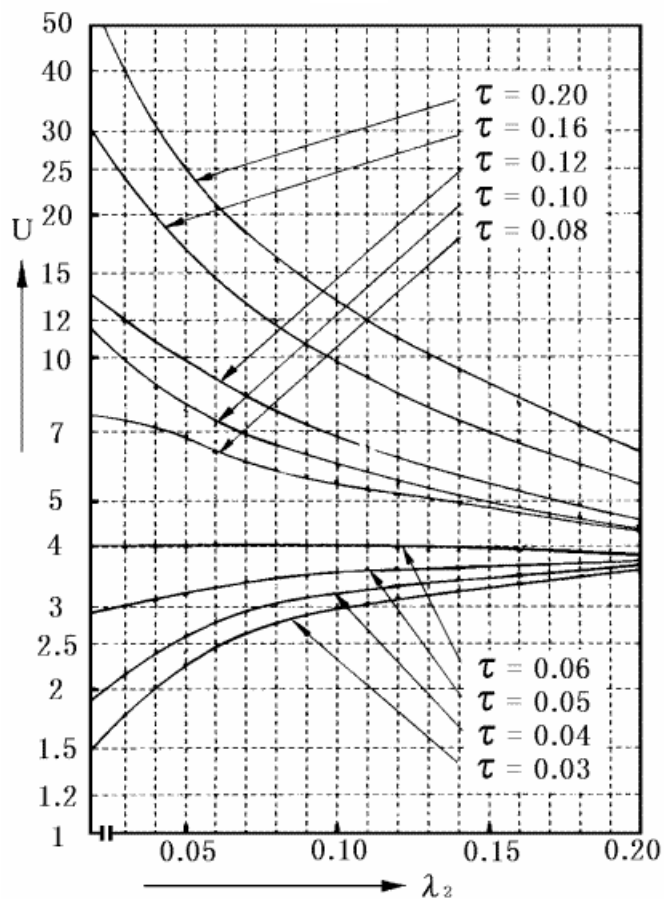
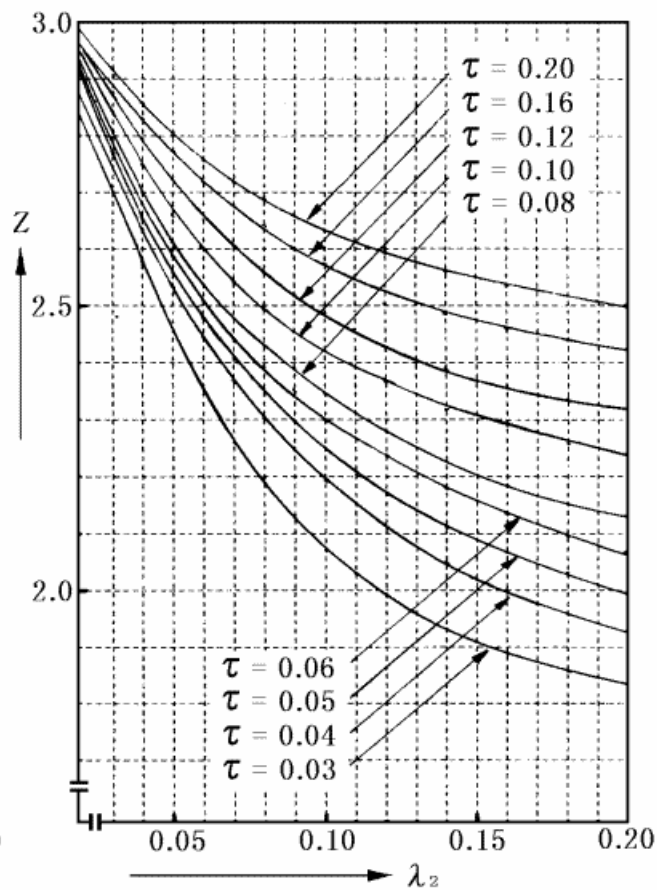


图 4



7) 内圧用ベローズ肉厚(t)の決定

ベローズに内圧を加えると発生力が生じ、ベローズの両端を拘束する事により反力となってバックリング(座屈)が生じます。

バックリングとは右図に示すような現象を指し、長さが長くなれば低圧でも座屈します。基本的には、有効径より有効長が短く ℓ / D_A 比の関係が 1 以下であれば概略耐内圧は、前項で述べた許容耐外圧の 0.8 倍相当と判断して下さい。

また、オフセット(芯ズレ)や曲げ、縮み条件で加圧すると、バックリングは更に発生しやすくなります。

ベローズの有効な使用方法として、有効径に対して有効長の短い条件で使用するか、ベローズの中間にガイドを設ける等の処置を検討することでバックリングの発生を回避できます。構造的に外圧が使用できる設計も御検討下さい。

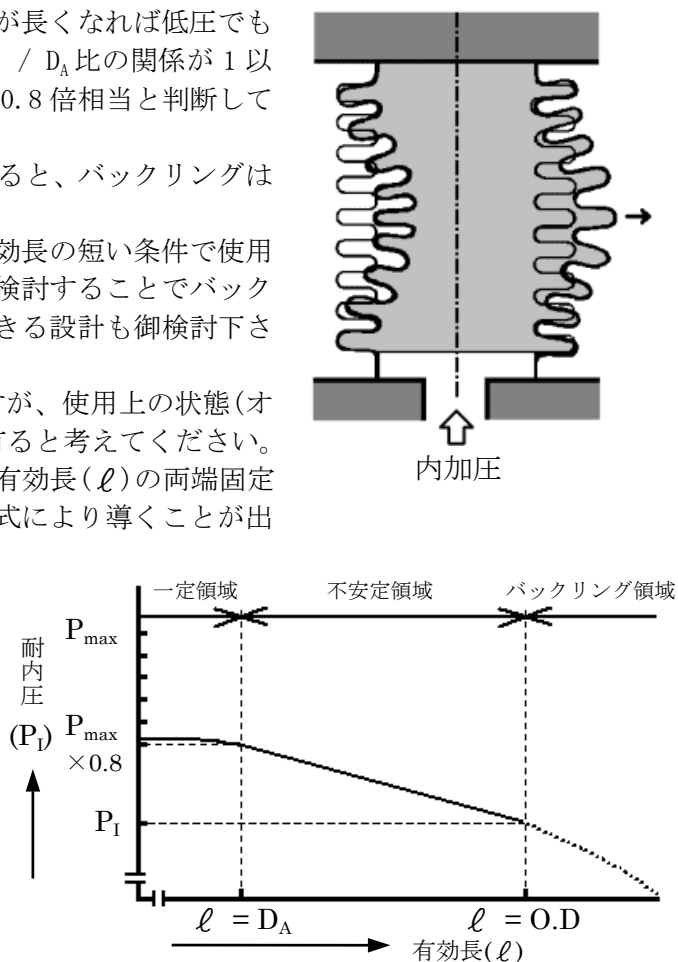
バックリング圧力を求める方法として算式がありますが、使用上の状態(オフセット、曲げ、縮み)により、この値はバラツキが有ると考えてください。簡便な方法として、山当りバネ定数(k)、ピッチ(q)、有効長(ℓ)の両端固定時においてベローズ外径を越える場合は、近似的に次式により導くことが出来ます。

尚、不安定領域(ベローズ外径と平均径間)のバックリング圧力は、右グラフの通り推移します。

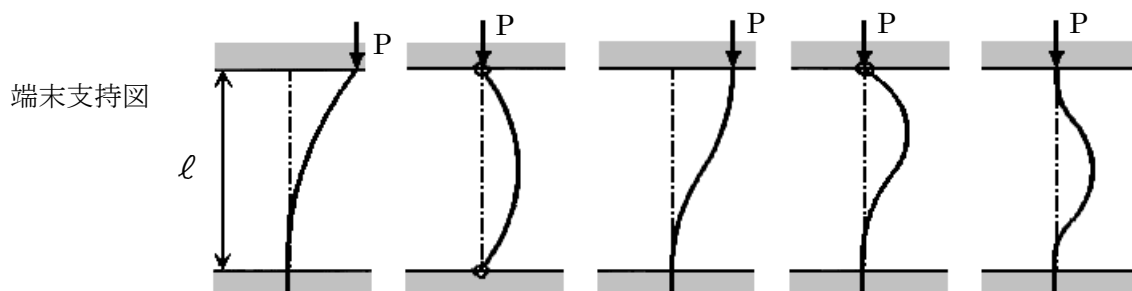
$$P_I = \left[\frac{O.D}{q} \right]^{0.7} \cdot \frac{80 q \cdot k \cdot \mu}{\ell^2}$$

μ : 時効硬化係数

ベリリウム銅	2.0
A S L 3 5 0	1.5
その他の材質	1.0



また、前述の通りベローズの支持方式によってバックリング圧力が変化する訳ですが、支持方式を分類すると下図のようになり、支持による末端係数を表より決めて下さい。



末端係数表

支持方式	① 側	自由端	回転端	固定移動端	回転端	固定端
	② 側	固定端	回転端	固定端	固定端	固定端
末端係数(X)		0.25	1	1.5	2	4

構造設計上、末端の状態を上記支持図で把握し、次式により耐内圧を更に明確に掴む事も出来ます。

$$P_I = \left[\frac{O.D}{q} \right]^{0.7} \cdot \frac{20 \cdot q \cdot k \cdot X \cdot \mu}{(\ell \pm S)^2} + \frac{K \cdot S}{A}$$

※注：左式の使用伸縮量(S)は、
伸び使用(+)
縮み使用(-)
として算出下さい。

ベローズ耐内圧力は、1 度でもこれを超える過剰圧力が加わるとバックリングによる極部残留応力が生ずるため復帰が完全に行なわれず、後の耐内圧力は非常に減衰しますのでご注意ください。

前記の計算により求めた耐内圧力 (P_I) が、1) 項の許容対外圧力 (P_O) より小さい値となったか確認してから次式により肉厚を求めます。

(参 考)

$$t_I = \sqrt{\frac{P_{\max}^2 \cdot H^{2.2} \cdot W \cdot \sigma_y}{f \cdot V \cdot C^{1.2} \cdot \sigma_x \cdot P_I}} \quad P_I = \frac{P_{\max}^2 \cdot H^{2.2} \cdot W \cdot \sigma_y}{t_I^2 \cdot f \cdot V \cdot C^{1.2} \cdot \sigma_x}$$

$$t \doteq t_I + \left[\frac{t_I^{0.5} \times e}{C} \right]$$

当初の肉厚が変更されますとベローズのピッチ (q) 山当りバネ定数 (k) が変わりますので、再び前記の耐内圧力 (P_I) を算出の上、肉厚を決定して下さい。

尚、先に求めた耐久回数 etc も再算出して下さい。

8) 山数(n)の決定

ベローズを構成する上で撓み部分を多く持つようにするには、山数 (n) を多くして所定の設計条件に合わせる必要があります。

前述の 1) または、7) 項の肉厚 (t) により設計寿命回数 (N_0) の値を満足させる為には、曲げ応力を変化させる手段によります。肉厚 (t) が決定していますので、山当り使用伸縮量 (S_1) を変化させる事で、設計寿命回数 (N_0) を増減できます。

しかし、使用伸縮量 (S) は設計段階で決定している為、山当り使用伸縮量 (S_1) を変化させるためには山数を変化させる事で対処します。また、内圧力を使用する場合は、前記 7) 項のバックリング (座屈) 圧力 [耐内圧力 (P_I)] の検討も必要になります。

山当り使用伸縮量の求め方は、次式によります。

$$S_1 = S / n \quad \text{※: 山数}(n)\text{は、設計II-15)項参照}$$

また、圧力応力 (σ_p) が非常に高く、耐久回数 (N) が多くならない場合は、許容対外圧力 (P_O) に対する耐圧安全率 (W) が高くても圧力応力疲労寿命に対しては、その域まで達していない場合もありますので肉厚 (t) を厚くすることで対処できます。

上記の検討を終え、次式により山数を検討します。

$$n = S / S_1$$

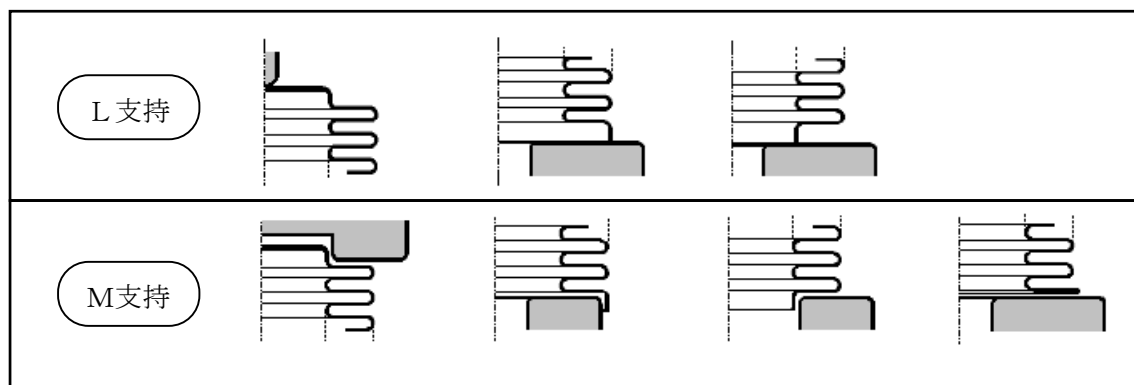
山数 (n) を形状により最終決定する方法としては、前記の設計 II-15) 項に述べる方法で決定して下さい。

9) バネ定数(K)の決定

決定された山数 (n)、谷肉厚 (t_I)、形状 etc とベローズ組立の形状により、ベローズ単品時と組立完成時のバネ定数誤差をなくす為に、次に示す測定支持方式を決定して前記「成形ベローズの設計 II-15) 仮想山数」による求め方を参照され、決定された山数で有効とされる山数を求めて、次式によりバネ定数を決定下さい。

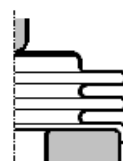
$$K = \frac{m \cdot O.D \cdot t_I^3 \cdot C^{1.2}}{H^{2.8} \cdot n}$$

支持方式図解



呼び名例

A.T 型—M.L 支持

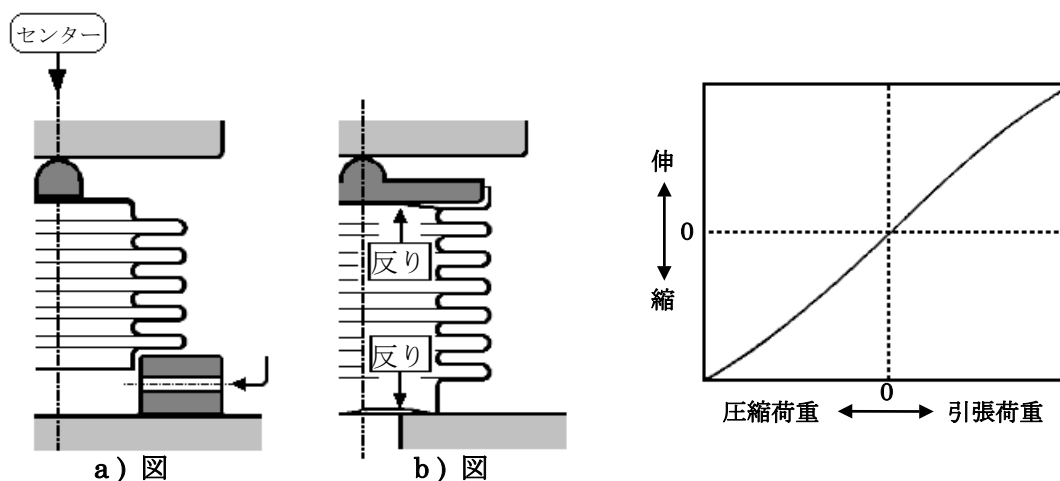


◎ バネ定数測定時の留意点

スプリングテスター、バネ試験機等でベローズのバネ定数を測定する際は、その測定方法により非常に大きな誤差を持つ値を得る場合があります。

原因としては初期荷重、測定台の反り、測定台の剛性、ベローズ平行度等がありますが、基本的に次の事項を遵守して下さい。

- 一端は平面支持(L支持、M支持で反りが無く、剛性のあるもの)でも、他端はセンター1点支持として下さい。(例図参照)
- 初期荷重に一定量加え、ベローズ端面との座りが安定化する荷重を加えて0セットした上、測定荷重、または測定変位を与えて計測して下さい。(例図参照)
- 実際の使用状態におけるバネ定数は、ベローズ長の使用位置により誤差が生じますので、バネ定数測定位置を考慮して下さい。
ベローズの伸縮—反発荷重特性(バネ定数)は、概略下のグラフの通りです。
- ベローズは両端を塞ぐと密閉容器のような状態となりますので、バネ定数は正確に測定する事が出来なくなります。測定する為の治工具に空気抜きの穴等を設けて測定して下さい。



10) 角曲げ等価伸縮量(S_θ)

角曲げして使用する機器としてマニピュレータ・フレキシブルパイプジョイント・カップリング等があります。この場合のベローズが受ける応力を求める方法として、軸方向変位に換算した値で計算します。概略的には次式によります。

$$\pm S_\theta = \frac{O.D \cdot \pi \cdot \theta^\circ}{360^\circ}$$

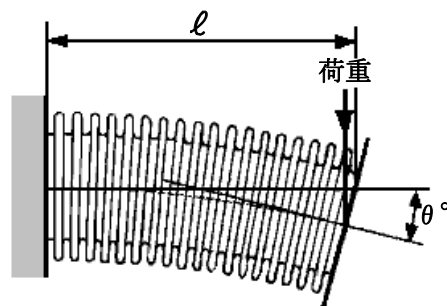
また、角曲げ許容値や角曲げ最大値を知る方法として次式があります。

$$\theta^\circ = \frac{360^\circ \delta_E}{O.D \cdot \pi}$$

$$\theta^\circ(\max) = \frac{360^\circ \Delta_E}{O.D \cdot \pi}$$

単純角曲げの用途として使用される事例は少なく、前記用途では圧力と曲げ・トルクと曲げ・軸直角変位と曲げ等の応力としては複数応力がかかる事例が多くあります。この場合はこの圧力・トルク・軸直角変位・軸方向伸縮等の応力をプラスして考える必要があります。

計算上は先にこの応力を求めて、耐久又は耐圧上支障の無い諸元値を選定し、前記計算式で余裕とされる変位置を加えて曲げ許容角度を求めてください。

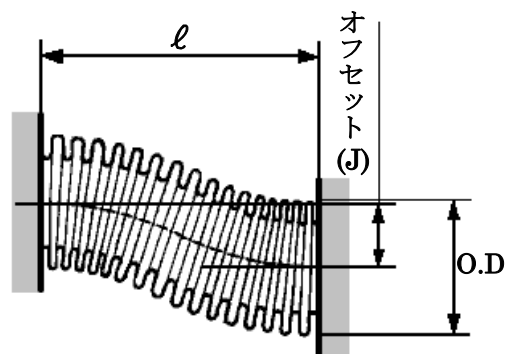


角曲げ変位図形

11) 軸直角方向等価伸縮量(S_O)

軸直角変位(オフセット)を利用して使用する機器としては、前記9)項と同様ですが、ベローズが受ける応力は、両端が最大変位部です。この場合も軸方向変位に換算した値で計算し、オフセット量(J)により概略的には次式で求めます。

$$S_O = \frac{6 \cdot O.D \cdot J}{\ell}$$



軸直角変位図形

12) 長さ(ℓ , L)の決定

ベローズピッチ・山数・端部長・形状の決定により、ベローズの有効長や全長は次式の通り求められます。ただし、ここで述べる山数は、末端部分を含まない山部の数とします。

- ① 有効長 下表に示す形状によって有効長を計算して下さい。

形	状	有効長(ℓ) 算式
AT. AB. AD. AF	CT. BC. CD. CF	$n \cdot q + t$
ET. BE. DE. EF		
AA. AC. AE	CC. CE. EE	$(n + 0.5) \cdot q + t$
BT. BB. BD. BF	DT. DD. DF	$(n - 0.5) \cdot q + t$
FT. FF.		

- ② 全長 全長は前記の有効長と両端の末端長を加えた長さで次式によります。

$$L = \ell + \ell_1 + \ell_2$$



成形ベローズの設計 IV

実際にベローズをアSEMBルし機器として使用する際には、ベローズと他の部品を接合する必要となります。ベローズに他の部品を組合わせて使用する際に必要とされる諸条件を次により決めて下さい。

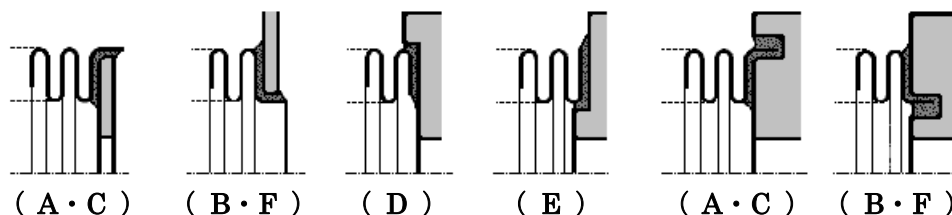
1) ベローズの接合

メタルベローズを接合取付けする方法としては種々ありますが、用途・作業性・信頼性・組立部品の加工性やコスト、及び構造上の制限等により検討を進め選定しなければなりません。

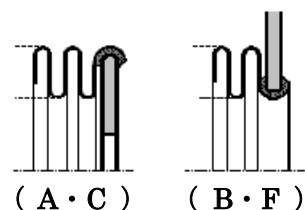
① ハンダ付・ロウ付の場合（ホットプレート・ハンダゴテ・高周波加熱・炉中付 etc）

部品取付

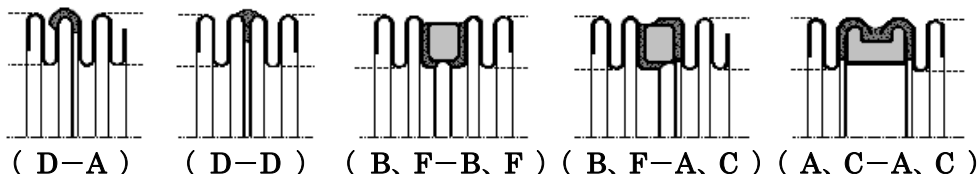
◎ カシメ無式



◎ カシメ方式



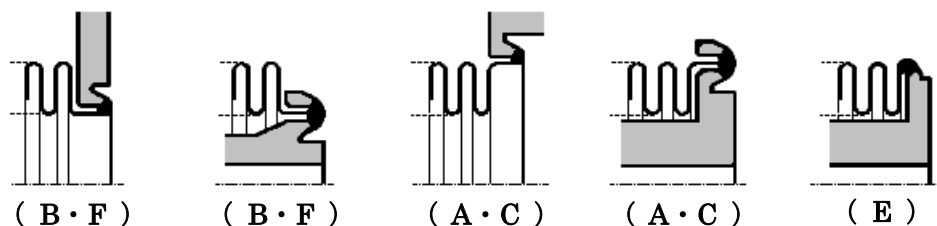
連結取付

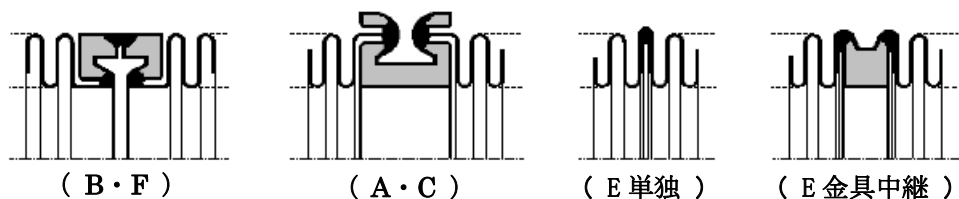


注：ハンダやロウ付の場合は、基本的にフラックスが必要です。ベローズの肉厚が薄い為、腐食性の少ないものを使用するか、フラックスメーカーの指導による腐食進行のない処置をして下さい。（尚、ステンレス系はハンダ付不適合です。）

② 溶接の場合（TIG・プラズマ・レーザーetc）

部品取付





注1：材質によって溶接の出来るもの、又は肉厚上の制限のあるもの、溶接方法の選定をしなければならない場合等ありますのでご注意ください。

注2：補助リングとの併用によりベローズをはさみ込む構造とする事によって、特に肉厚の薄いものはリーク等に対する信頼性が向上します。

③ 接着の場合

接着剤は昨今の化学の進歩によって、より信頼性の高いものが現れています。

方法は①項と基本的に同様と考えて下さい。

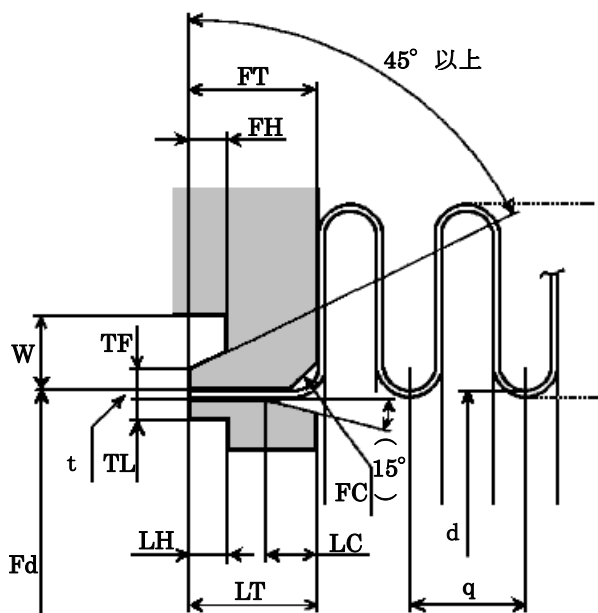
④ その他

気密を要しない場合や、部品を取付ける場合の方法として下記の方法も御検討下さい。

- スポット溶接
- プロジェクション溶接
- 金属シール
- Oリングシール
- シーム溶接
- 電子ビーム溶接

2) 溶接金具の開先寸法

①形状 A、B、C、F の場合



溶接部分標準寸法表

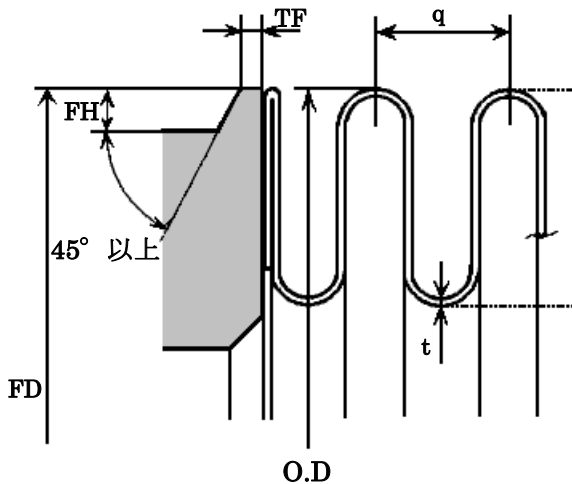
記号	箇 所	算 式
TF	金具開先厚さ	$t^{0.5} \cdot C^{0.6}$
FH	金具開先高さ	TF 以上
Fd	金具開先内径	d 以上 (公差H9)
FT	金 具 ス パ ン	$1.5 \leq 0.8q \leq FT$
W	開 先 逃 幅	$2 \leq 4TF \leq W$
FC	裏 面 取 り	$q / 4$ 以上 (R, C 面)
TL	リング開先厚	$t^{0.5} \cdot C^{0.6}$
LH	リング開先高	TL 以上
LT	リングスパン	$2 \leq LT \leq FT$
LC	リング逃高さ	(1)
t	原 管 肉 厚	—
d	谷 径	—
q	ピ ッ チ	—

* ベローズと接する溶接部分の開先先端は周方向にバリが無く鋭角に仕上げて下さい。

また、ベローズと接する部分の金具の表面粗さは 1.6a 以下を目標として下さい。

E 型溶接部分標準寸法

②形状 E (折返し) の場合

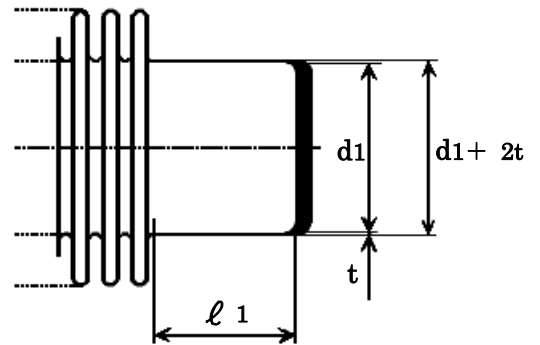


記	箇所	算 式
TF	金具開先厚さ	$t^{0.5} \cdot C^{0.6} \cdot @$
FH	金具開先高さ	TF 以上
FD	金具開先外径 (一層)	$O.D + 0.5 \left[\frac{q \cdot \pi}{2} - q \right]$
FD	金具開先外径 (多層)	O.D
t	原 管 肉 厚	—
C	層 数	—
OD	ベローズ外径	—
q	ピ ッ チ	—
@	E 折返し有無	無 = 1 有 = 1.5

*ベローズと接する溶接部分の金具開先先端は当り面にバリが無く鋭角に仕上げ、これと接する金具面の表面粗さは 1.6a 以下を目標として下さい。

3) 端末部分の処置

ベローズの端末は右図のように長いものが必要な場合は、薄肉管として取り扱う必要があります。使用上で内圧力、又は外圧力が加わる場合は、圧力に対して座屈や変形、破断を起こす場合があります。許容長さ(ℓ_1)、使用圧力($P_1 \cdot P_0$)、その他は JIS 規格 B8243 圧力容器の構造—「管の強さ」の項を参照下さい



4) 接合における変形や異常について

ベローズを部品と接合する際に加熱をとまなう接合で、特に材料の軟化温度(焼鈍)に近い、又はこれを越える温度を加えますと、熱影響により変形やその他の異常が生じます。基本的に接合方法と材料別に分類すると次のようになります。

材 質	接合方法			
	ハンダ付	銀ロウ付	TIG 溶 接	スポット溶接 プロジェクション溶接
黄 銅	棒材の場合 材料欠陥ピンホール (非金属介在物割れ)	材料欠陥ピンホール (非金属介在物割れ) 熱収縮大	不 可	シーズン クラック
ベリリウム銅		析出硬化処理性低下 熱収縮大	不 可	
その他銅合金	棒材の場合 材料欠陥ピンホール (非金属介在物割れ)	材料欠陥ピンホール 熱収縮大	材料欠陥ピンホール 熱収縮有	シーズン クラック
オーステナイトステン レス鋼	孔食腐食 応力腐食割れ 粒界腐食	耐食性低下 応力腐食割れ クロム炭化物析出 熱収縮有 材料欠陥ピンホール(棒材)	溶接 2 番発生 耐食性低下 クロム炭化物析出 熱収縮有 材料欠陥ピンホール(棒材)	溶接 2 番発生 耐食性低下 クロム炭化物析出 材料欠陥ピンホール(棒材)
オーステナイトステン レス鋼(低炭素型及び安定型)	孔食腐食 応力腐食割れ	耐食性低下 応力腐食割れ 熱収縮有 材料欠陥ピンホール(棒材)	溶接 2 番発生 耐食性低下 熱収縮有 材料欠陥ピンホール(棒材)	溶接 2 番発生 耐食性低下 材料欠陥ピンホール(棒材)
そ の 他	「材質の選定」参照	熱収縮有 「材質の選定」参照	熱収縮有 「材質の選定」参照	「材質の選定」参照



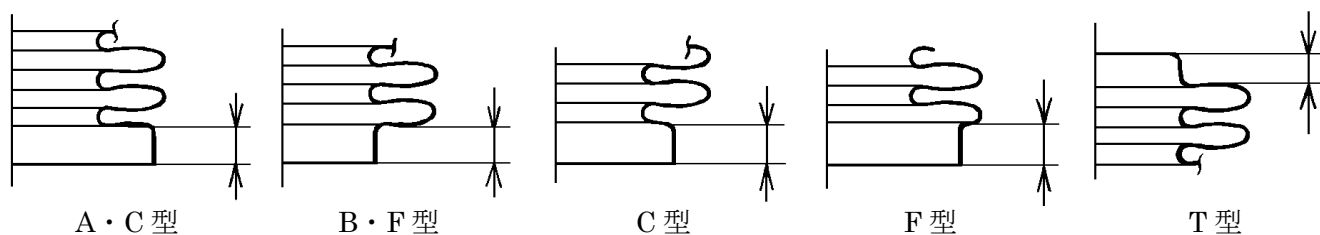
5) ベローズ製作公差

メタルベローズは金属の塑性(伸び・圧縮・スプリングバック)を利用して高度な加工技術により形状を出す為に、加工製品には寸法や特性上、若干のバラツキが発生します。標準的には次に示す通りの許容差が必要と考えて下さい。

ただし、製品精度を向上する目的で精級なものが必要な場合は、別途御相談下さい。

項 目	記 号	単 位	条 件	基 本 寸 法 ・ 特 性 範 囲					
				許 容 公 差					
外 径	O.D	(mm)	範 囲	~φ 9.9	φ 10~16.9	φ 17~29.9	φ 30~59.9	φ 60~99.9	φ 100 以上
			公 差	±0.2	±0.3	±0.4	±0.5	±0.7	±1.2
内 径	I.D	(mm)	範 囲	~φ 9.9	φ 10~19.9	φ 20~39.9	φ 40~99.9	φ 100 以上	
			公 差	±0.2	±0.3	±0.4	±0.6	±0.8	
有 効 長	ℓ	(mm)	範 囲	~9.9	10~19.9	20~39.9	40 以上		
			公 差	±0.2	±0.4	±0.5	有効長の±1.5%		
			他 の 公 差	注：複数連結の場合は、上記公差×連結数の平方根倍（2 連=約 1.4 倍）					
端 部 長 (底 側)	ℓ ₁	(mm)	範 囲	~1.9	2.0~2.9	3.0~4.9	5.0 以上		
			公 差	±0.3	±0.4	±0.5	±0.8		
			他 の 公 差	注：ベローズ外径が 80 mm を越える場合は、上記公差の 1.5 倍					
端 部 長 (そ の 他)	ℓ ₂	(mm)	範 囲	端部長条件②	~1.9	2.0~4.9	5.0 以上		
			公 差	形状 A, C	±0.3	±0.5	±0.8		
			公 差	形状 B, F	±0.3	±0.4	±0.6		
端 部 径 (底 側)	d ₁	(mm)	範 囲	ベローズ外径	~φ 9.9	φ 10~19.9	φ 20~39.9	φ 40 以上	
			公 差		±0.2	±0.3	±0.4	外径の±1.5%	
端 部 径 (A,B,C,E 折り,F 形)	d ₂	(mm)	範 囲	ベローズ外径	~φ 9.9	φ 10~19.9	φ 20~39.9	φ 40 以上	
			公 差		±0.1	±0.2	±0.25	外径の±0.6%	
端 部 径 (D 形,E 形,E 形の折返し)	d ₂	(mm)	範 囲	ベローズ外径	~φ 9.9	φ 10~19.9	φ 20~39.9	φ 40 以上	
			公 差	D 形径無指定	概 略 寸 法 { I.D + (q / 4) }				
			公 差	D 形径指定	±0.15	±0.2	±0.25	外径の±0.5%	
			公 差	E 形折返し無	±0.15	±0.2	±0.25	外径の±0.5%	
			公 差	E 形折返し	±0.3	±0.4	±0.5	外径の±1.5%	
底 穴 径		(mm)	範 囲	~φ 5.9	φ 6~17.9	φ 18~29.9	φ 30~79.9	φ 80 以上	
			公 差	±0.1	±0.15	±0.2	±0.25	±0.4	
平 面 度 底部径の 85% 内側部分値		(mm)	範 囲	ベローズ外径	~φ 9.9	φ 10~19.9	φ 20~39.9	φ 40 以上	
			公 差		0.1 以下	0.2 以下	0.3 以下	外径の±0.75%以下	
バネ定数	K (k)	(kgf/mm)	範 囲	原管肉厚(t)	~0.099	0.10~0.119	0.12~0.149	0.15~0.199	0.2 以上
			公 差	公 差 無	±40%	±35%	±30%	±25%	±20%
			公 差	中心値指定	±30%	±25%	±20%	±20%	±15%
			他 の 公 差	注：ベローズ外径が 80 mm を越える場合は、原管肉厚ランクを 1.5 倍とする。(原管肉厚÷1.5=上記)					
原 管 肉 厚 ◎バネ定数の指定 がある時は肉厚 参考値とする	t	(mm)	範 囲	原管肉厚(t)	~0.099	0.10~0.119	0.12~0.149	0.15~0.199	0.2 以上
			公 差	山数 10 以下	±15%	±12%	±10%	±10%	±8%
			公 差	山数 11 以上	±20%	±15%	±12%	±10%	±10%
			他 の 公 差	注：ベローズ外径が 80 mm を越える場合は、原管肉厚ランクを 1.5 倍とする。(原管肉厚÷1.5=上記)					

- ① ベローズの性質として平行度・同軸度・真直度等はフレキシブルなものと考えて下さい。
- ② 端末部分の長さについては、ベローズの形状は純 U 形ではなく S 形を持った蛇行ヒダですので、長さの標準寸法箇所は社内基準として下図の通りです。



- ③ 前頁表の許容公差では設計上支障をきたす恐れがある場合、精級仕上として別途弊社まで御相談ください。許容公差を狭める場合は、コスト的な要因が発生します。
- ④ 形状加工上、前記ベローズ形状・2) ⑤項の通り、E 型(折返し無)、D 型寸法指定品は、加工コストがかかりますので、その他の形状を御検討下さい。

販売部門 株式会社 久世ベローズ工業所

本社 〒929-0343 石川県河北郡津幡町字南中条リ 74-1 TEL 076-289-2131
FAX 076-289-4141
Email b-sales@kuze.com

久世グループ

株式会社	久世ベローズ工業所	(販売部門)
株式会社	ベローズ久世	(金属ベローズ製造部門)
株式会社	ステンレス久世	(継目無ステンレス鋼管製造部門)
株式会社	フィッティング久世	(継目無ステンレス継手製造部門)
