

半円筒殻の座屈実験

岩名義文 沼田清孝* 山本征男**

Experimental Investigation on Buckling of Thin Closed Semi-Cylindrical Shells under Uniform External Pressure.

by

Yosihumi IWANA, Kiyotaka NUMATA and Yukio YAMAMOTO

In this paper, we report the results of the experimental investigation on the buckling of the thin closed semi-cylindrical shells under uniform external pressure.

In the experiment, we used the method that excites the semi-cylindrical shells to buckle under the difference of the inner and atmospheric pressures obtained by exhausting the internal air of the shells.

We have made an experiment to observe the relations among the buckling load, the radius of curvature, the thickness of the wall and the axial length of the semi-cylindrical shell.

Furthermore, we introduced the experimental formulas which give the buckling and collapsing loads.

1. ま え が き

曲面板の弾性安定の研究の一環としておこなった、軸方向および半径方向に一樣な外圧をうける閉じた半円筒殻の座屈現象の実験について報告をする。

実験では、試験片の内部の空気を排除することによって生ずる内圧と外圧との差を利用して、一樣分布外圧の条件をみたすことにした。

曲率半径、軸長、板厚のちがう試験片を用いて実験をおこない、座屈荷重と曲率半径、軸長および板厚との関係を求め、さらに座屈荷重を求める実験式を誘導した。

2. 実 験 装 置

薄肉円筒の弾性安定についての実験的研究¹⁾のおりに用いた装置を利用した。

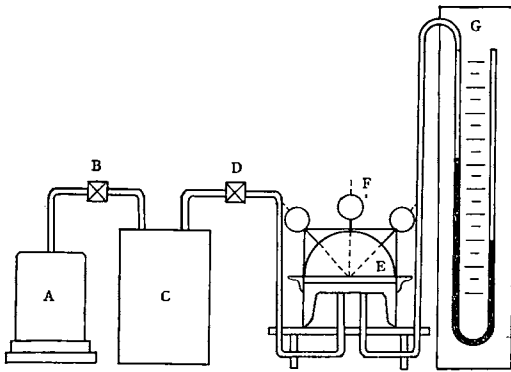
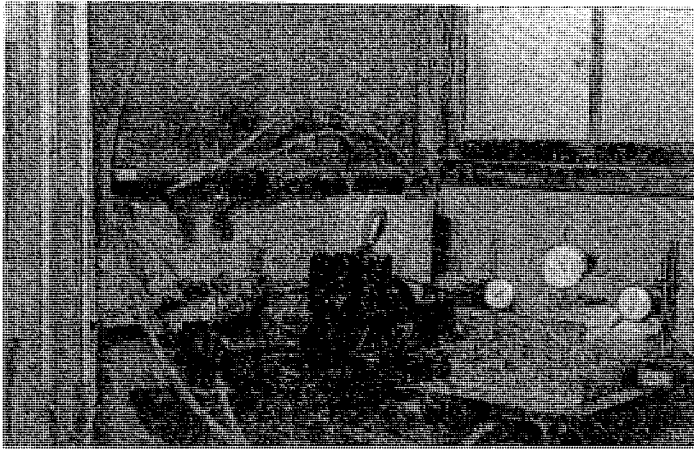
すなわち、真空ポンプAで半円筒殻E内の空気を排除することによって生ずる内圧と外圧との差を利用して、一樣な外圧を加えることにした。内圧は水銀マンローメーターGで読みとる。試験片とポンプとの中間にタンクCをおき、Aの脈動が直接Eに影響しないよう配慮した。円筒側壁の変位を測定するため、ダイヤルゲージFをEの頂点と左右45度の傾きをなす方向との3カ所にとりつけ、それぞれ法線方向の変位を測定した。この場合、試験片は第2図に示すようにとりつけた。

A——硬質ゴム板、B——実験台、C——うすいゴム板、D——等辺山形鋼(押え板)、
E——供試半円筒殻、

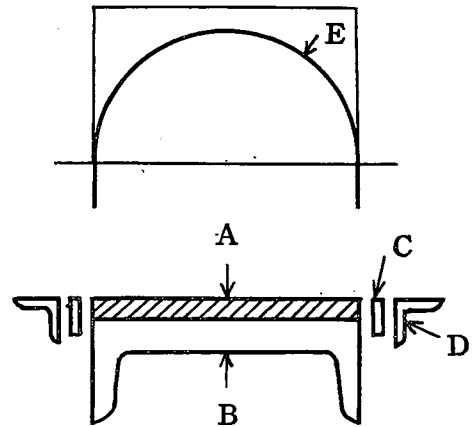
EをCとBの間にいれDをあてたのち、BとDをボルトでしめつけた。Eの端板は下部を折り曲げて、ビニールテープでゴム板Aにはりつけた。

* 石川島播磨重工業株式会社 ** 東京芝浦電気株式会社

写真1 実験装置



第1図 実験装置説明図



第2図 試験片取付け説明図

3. 実験方法 (第1図参照)

供試半円筒殻を実験台にとりつけたのち、まず三方コックBでPiping系統を外気からしゃ断し、タンクCにつないで真空ポンプAを作動させる。この時はまだ二方コックDは閉じたままである。C内の空気がかなり抜かれたときをみはからってBでAとCの間をしゃ断し、微調節用コックDをすずかに開きながらE内の減圧をおこなう。この場合、内圧はU字型水銀マンオメーターGの片側水銀柱の変化を記録しておいて、実験終了後求めることにした。すなわち、実験にさきだって、片側水銀柱に対する両側水銀柱の差をグラフに示しておき、これからE内の減圧値を求めた。

この実験では、加圧速度が大きすぎると、それに対応する変位を正確に測定することが困難となるのみならず、座屈値が大きめになるので、できるだけゆっくりと、しかも各実験ともその加圧速度が大体一定となるように考慮した。このため一実験に費やした時間はおよそ20~30分程度であった。

4. 供試半円筒殻

曲面板には市販の亜鉛引鉄板 33#, 32# を、端板には 28# を使用した。公称または計画寸法などは第1表の通りで、合計161個について実験をおこなった。

第 1 表

直 径 D mm	板 厚 t mm	軸 長 L mm	実験個数
150	0.258 32#	225	20
		300	21
		375	20
	0.238 33#	225	13
		300	16
		375	12
220	0.258 32#	225	10
		300	10
		375	10
	0.238 33#	225	10
		300	10
		375	9

トタン板から試片を切り取るには、試片の軸方向がトタン板の圧延方向に直角となるようにした。また板厚には数カ所の測定値の平均を採用した。

トタン板は亜鉛メッキのため、各板とも公称よりいくぶん厚く、メッキ厚さは 183gr/m^2 で約 25μ であった。

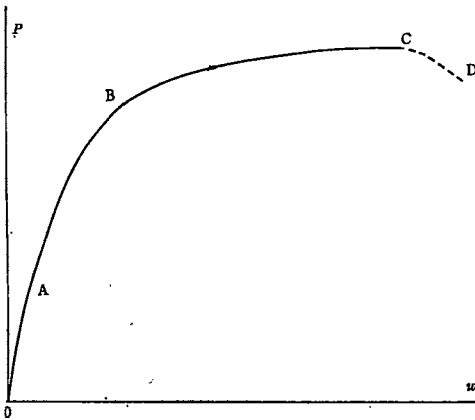
5. 座屈値の決定方法

荷重と変位の関係を図示すると、一般に第3図のようなものとなる。

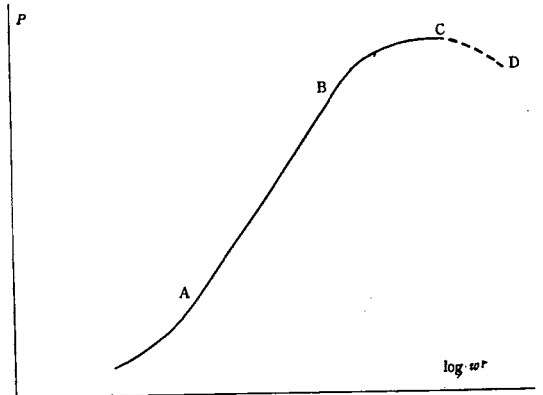
はじめのうちは OA にそって荷重と変位は直線に近い関係を保ちつつ進むが、Bの近くで変位の増加が荷重の増加にくらべて急激となり、Cに至って荷重は最高値を示し、崩壊へと移行する。

C点の実験のときハッキリしているが、B点についてはハッキリした点が指摘できない。ところが、これまで

平板の座屈値決定の方法として Southwell²⁾, Cox³⁾, Donnell⁴⁾, 吉識⁵⁾ の諸氏がいろいろと提唱しているので、この曲面板の場合についても適用できるかどうかをしらべてみた。



第3図 $P \sim w$



第4図 $P \sim \log w$

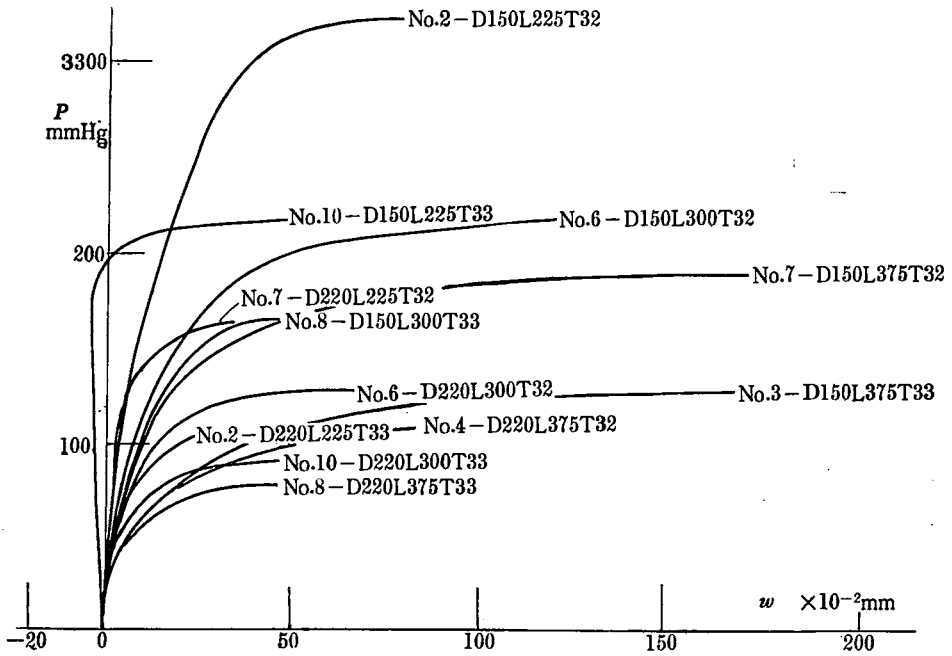
たとえば、Southwellの方法では板に元たわみを仮定して、座屈荷重の近くでは座屈による附加たわみ w と、このたわみを荷重 P でわった w/P の値とが直線関係となるから、座屈荷重 P_{cr} はこの直線の傾きから求められるとしているが、これを本問題に適用してみると、たしかに w と w/P は直線関係にはなるが、その傾きから求められる値は崩壊荷重 P_{ult} よりもかなり大きな値を示し、このましくないことがわかった。そのほか、Donnell, Cox, 吉識氏らの方法についても検討してみたが、いずれも似たりよったりで使用するには不十分なことがわかった。

そこで、著者らはあらたに荷重と変位の対数との関係をグラフにしてみた。すなわち第3図に示す $P \sim w$ の関係を第4図のように $P \sim \log w$ の関係に書き換えた。

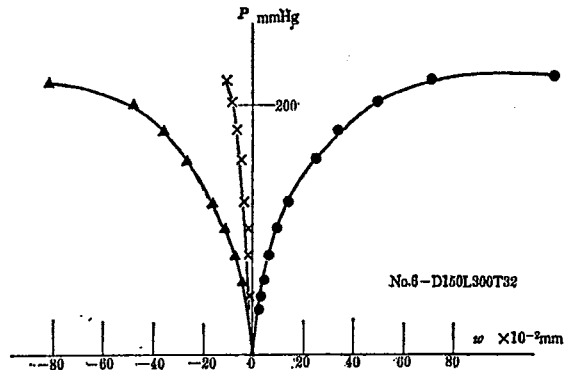
第3図と第4図において、第3図のA, B, C, Dはそれぞれ第4図のA, B, C, Dに対応する。第3図の曲線部分ABは第4図では直線ABとなり、座屈発生日Bは第3図ではハッキリしないが、第4図では直線関係からはずれようとする点となって、図の上でかなり明確に指摘できることがわかった。

それゆえ、われわれはこの B 点を座屈点、C 点を崩壊点と名づけ、それぞれに対応する荷重を P_{cr} , P_{ult} とした。

参考までに、各種の代表的なものの $P \sim w$, $P \sim \log w$ のグラフを第 5 ~ 19 図に示しておく。

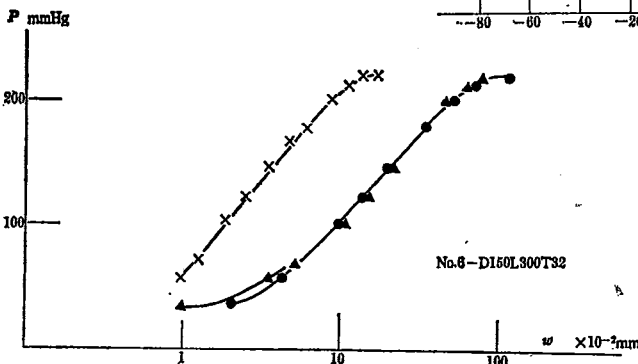


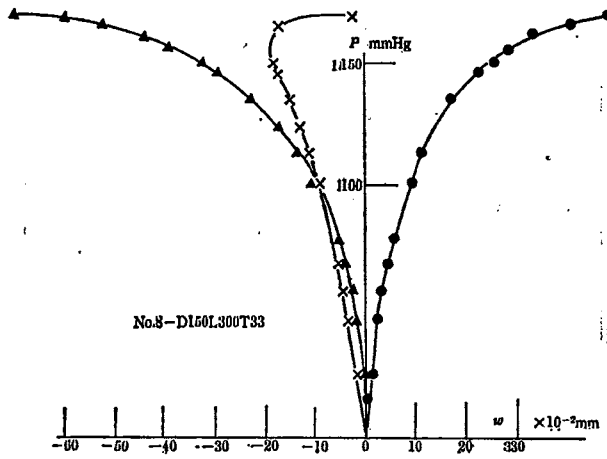
第 5 図 $P \sim w$



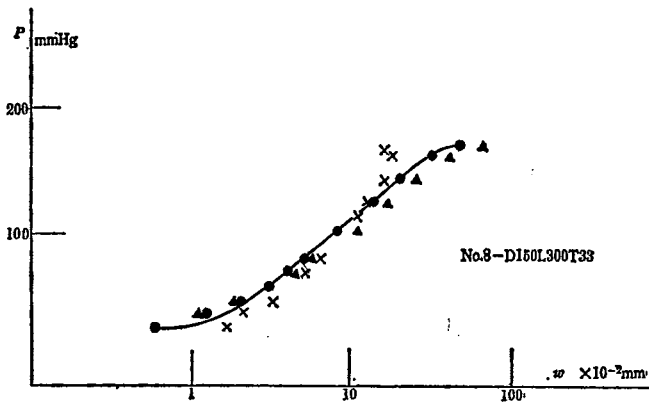
第 6 図 $P \sim w$

第 7 図 $P \sim \log w$

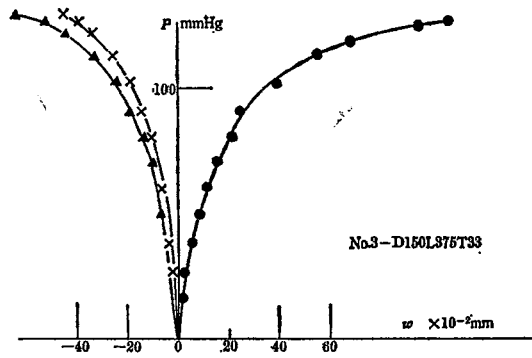




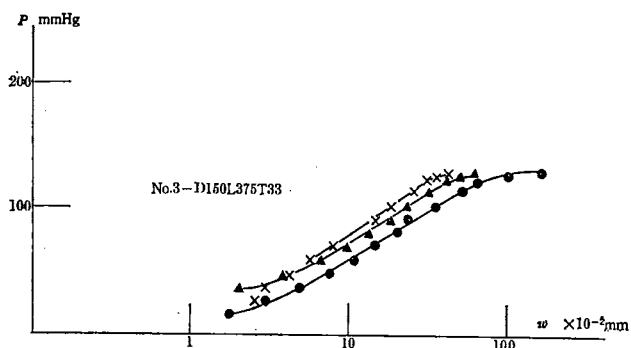
第 8 図 $P \sim w$



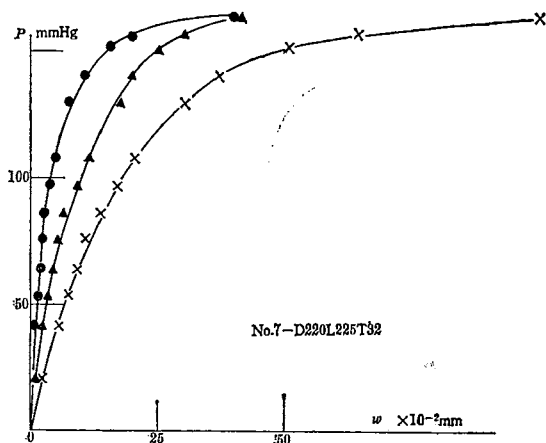
第 9 図 $P \sim \log w$



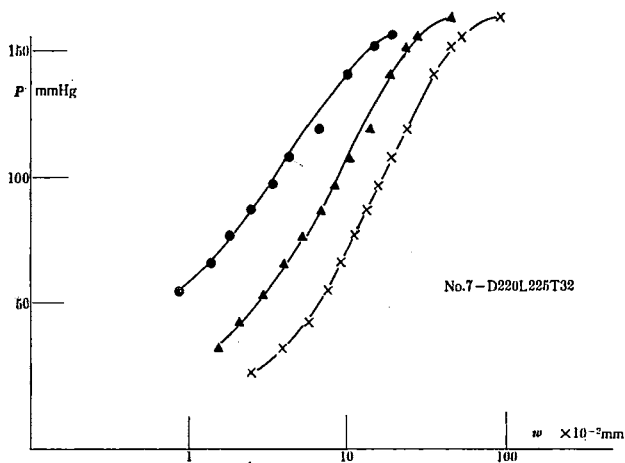
第10図 $P \sim w$



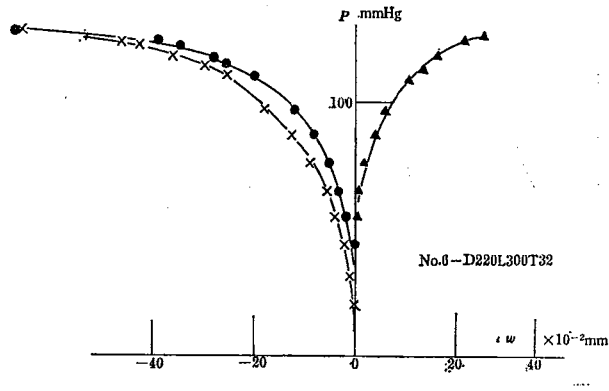
第11図 $P \sim \log w$



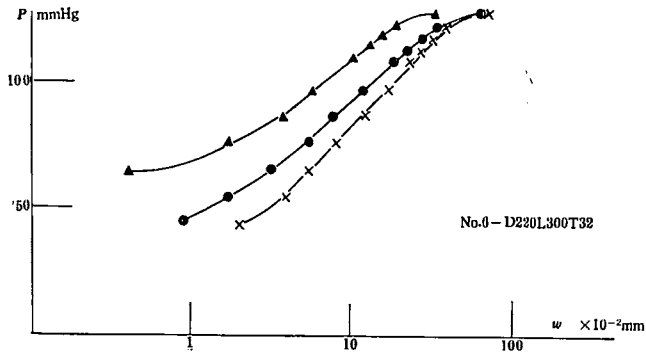
第12図 $P \sim w$



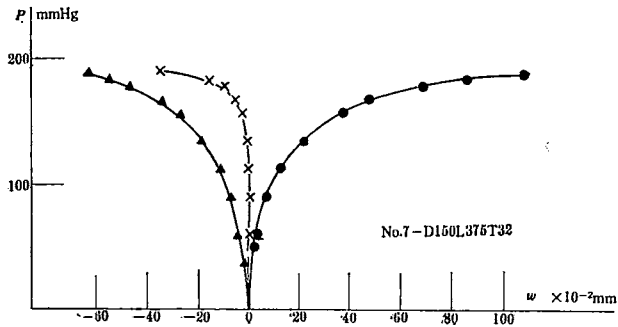
第13図 $P \sim \log w$



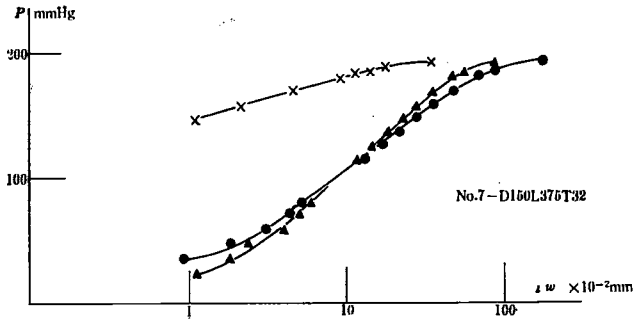
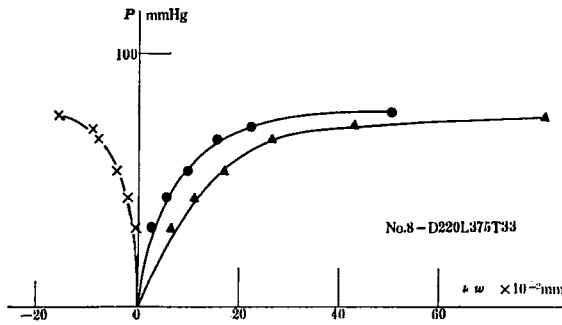
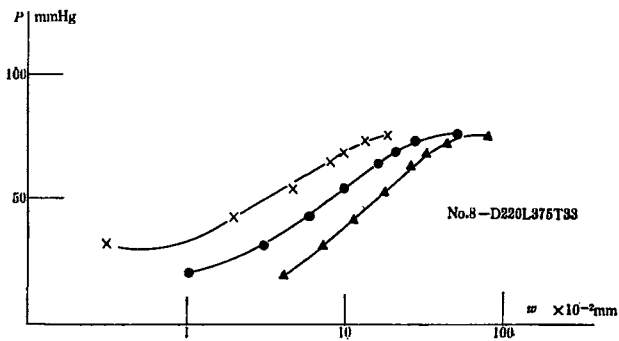
第14図 $P \sim w$



第15図 $P \sim \log w$



第16図 $P \sim w$

第17図 $P \sim \log w$ 第18図 $P \sim w$ 第19図 $P \sim \log w$

6. 座屈荷重, 崩壊荷重

実験結果を5に述べた方法で整理して得た P_{cr} , P_{ult} の値を第2~13表に示しておく。

実験に使ったのは試験片 225 個のうち 200 個位であり, そのうち予備実験や実験の途中で失敗したものなどを除いて, 結局実験解析の対象となった 161 個についての実験結果である。

第2表

第3表

D220 L225 T32				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	218.3	0.284	177.4	160
2	218.8	0.283	158.6	144
3	219.0	0.289	177.4	168
4	218.5	0.281	160.8	152
5	218.8	0.284	155.3	144
6	219.3	0.282	177.4	158
7	218.5	0.285	164.0	144
8	219.0	0.283	169.0	146
9	219.5	0.284	190.6	148
10	219.0	0.282	173.0	150
平均	218.9	0.284	170.4	151

D220 L225 T33				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	218.3	0.242	110.2	99
2	218.3	0.247	105.8	86
3	218.3	0.243	110.2	97
4	218.3	0.244	114.6	103
5	218.0	0.247	116.8	105
6	218.5	0.250	106.9	90
7	219.0	0.248	112.4	103
8	219.0	0.244	108.4	95
9	218.0	0.246	111.3	95
10	218.5	0.247	109.1	95
平均	218.5	0.246	110.6	97

第4表

第5表

D220 L300 T32				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	219.0	0.285	119.0	—
2	218.5	0.282	137.7	121
3	218.5	0.285	137.7	—
4	219.0	0.284	125.6	113
5	218.8	0.286	136.6	—
6	218.8	0.282	127.8	112
7	218.8	0.284	134.4	120
8	219.3	0.285	147.6	126
9	219.5	0.286	130.0	120
10	219.0	0.283	130.0	121
平均	218.9	0.284	132.6	119

D220 L300 T33				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	219.3	0.243	87.0	75
2	218.5	0.242	93.0	79
3	218.5	0.243	92.6	82
4	218.5	0.240	87.0	—
5	218.5	0.243	91.0	82
6	218.0	0.245	94.0	88
7	218.5	0.235	88.0	80
8	218.0	0.238	91.0	75
9	219.3	0.237	88.0	—
10	218.3	0.238	91.0	71
平均	218.5	0.240	90.3	79

第 6 表

D220 L 375 T 32				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	219.0	0.285	111.3	92
2	219.0	0.284	114.6	102
3	218.8	0.290	103.5	—
4	218.8	0.283	114.6	94
5	219.3	0.285	112.4	—
6	219.0	0.284	112.4	97
7	219.5	0.284	101.4	92
8	219.5	0.288	108.0	—
9	219.0	0.285	110.2	97
10	219.8	0.285	111.3	98
平均	219.2	0.285	110.0	96

第 7 表

D220 L 375 T 33				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	218.8	0.241	80.4	65
2	219.3	0.244	74.6	—
3	219.3	0.243	80.4	—
4	219.5	0.246	80.4	66
5	218.8	0.244	80.4	—
6	218.8	0.243	74.6	66
7	219.0	0.242	74.2	64
8	218.8	0.243	76.0	65
9	218.3	0.244	76.0	67
平均	219.0	0.243	77.4	66

第 8 表

D150 L 225 T 32				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	151.5	0.285	283.0	266
2	151.5	0.283	323.4	297
3	152.3	0.282	284.0	254
4	152.5	0.283	262.8	246
5	151.5	0.283	308.0	278
6	151.8	0.285	292.6	270
7	152.0	0.284	310.2	280
8	151.0	0.279	280.0	254
9	152.0	0.281	288.2	276
10	152.5	0.283	317.9	286
11	152.3	0.283	280.0	256
12	151.5	0.282	315.7	—
13	152.3	0.282	308.0	266
14	152.8	0.283	322.3	294
15	152.5	0.285	319.0	—
16	151.5	0.279	319.0	280
17	152.0	0.283	335.5	304
18	152.0	0.279	308.0	284
19	151.3	0.283	321.2	—
20	151.8	0.282	321.2	—
平均	151.9	0.282	305.0	274

第 9 表

D150 L 225 T 33				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	152.5	0.241	218.8	194
2	153.5	0.239	226.5	204
3	152.3	0.235	229.8	188
4	151.5	0.242	211.1	—
5	152.5	0.242	206.2	180
6	152.0	0.248	213.3	186
7	152.5	0.242	214.6	200
8	152.0	0.245	197.8	—
9	151.8	0.239	195.6	150
10	151.8	0.240	217.7	184
11	151.3	0.246	202.0	—
12	152.5	0.241	208.0	202
13	152.0	0.239	216.6	188
平均	152.1	0.241	212.2	188

第10表

D150 L300 T32				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	151.5	0.286	250.7	242
2	153.3	0.286	229.8	212
3	152.3	0.289	217.7	202
4	153.5	0.285	229.8	210
5	153.8	0.286	228.7	204
6	152.5	0.286	219.9	202
7	152.8	0.282	238.6	212
8	153.3	0.284	236.4	218
9	152.8	0.279	221.0	214
10	152.3	0.279	246.3	232
11	151.8	0.276	202.0	182
12	153.0	0.277	236.4	204
13	152.5	0.283	216.6	224
14	152.0	0.283	240.8	198
15	152.8	0.277	218.0	196
16	152.0	0.283	212.2	192
17	152.3	0.279	218.8	184
18	152.5	0.278	212.2	196
19	151.9	0.277	235.3	210
20	152.8	0.275	241.9	192
21	152.0	0.283	219.2	206
平均	152.6	0.282	227.2	206

第11表

D150 L300 T33				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	151.0	0.243	161.0	138
2	151.5	0.244	160.4	136
3	152.0	0.245	175.8	—
4	152.3	0.245	164.8	144
5	153.0	0.245	168.5	143
6	152.0	0.242	182.3	155
7	152.8	0.246	178.1	144
8	151.8	0.248	168.1	140
9	154.8	0.240	167.0	140
10	152.3	0.241	172.0	144
11	152.3	0.242	170.3	156
12	151.8	0.246	166.6	136
13	151.3	0.240	173.7	152
14	151.3	0.241	174.8	150
15	150.5	0.245	174.0	—
16	152.5	0.240	179.2	158
平均	152.1	0.243	171.0	145

第12表

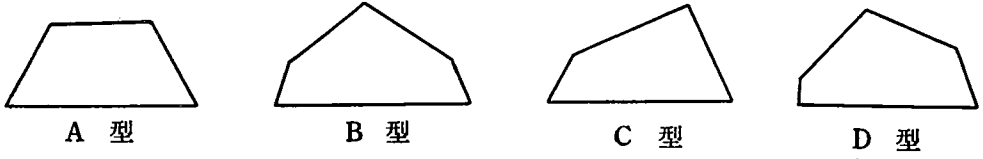
D150 L375 T32				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	152.5	0.282	178.0	164
2	151.5	0.285	189.0	180
3	153.3	0.284	192.3	184
4	152.0	0.281	171.4	160
5	152.5	0.280	191.2	174
6	152.3	0.283	186.8	172
7	152.8	0.281	189.0	174
8	151.8	0.280	184.6	175
9	152.5	0.279	175.8	154
10	152.8	0.284	186.8	170
11	152.5	0.283	203.0	192
12	151.5	0.282	213.3	185
13	151.8	0.285	167.1	150
14	152.5	0.283	185.7	174
15	151.8	0.283	194.5	182
16	151.8	0.280	164.8	154
17	151.8	0.281	203.0	186
18	151.3	0.285	175.8	158
19	151.0	0.285	194.5	176
20	151.8	0.281	174.7	156
平均	152.1	0.282	186.1	171

第13表

D150 L375 T33				
No.	直 径 mm	板 厚 mm	P_{ult} mmHg	P_{cr} mmHg
1	152.3	0.246	122.9	108
2	152.5	0.245	126.5	105
3	152.3	0.249	125.0	107
4	150.5	0.242	122.2	108
5	152.0	0.243	117.4	105
6	151.3	0.237	113.0	103
7	151.0	0.240	124.0	96
8	152.3	0.236	122.9	100
9	151.5	0.242	126.4	107
10	152.0	0.239	118.5	103
11	152.0	0.239	126.0	108
12	152.3	0.237	124.0	104
平均	151.8	0.241	122.4	105

7. 座屈形状

座屈形状は大別してつぎの 4 つにわけられる。



第 20 図

さらに写真で各類型の代表例を示す。

写真 2

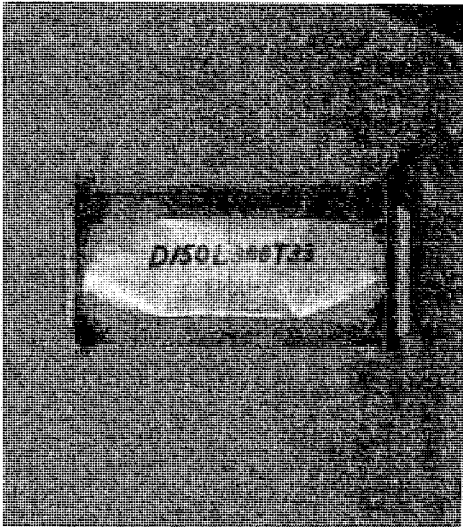


写真 3

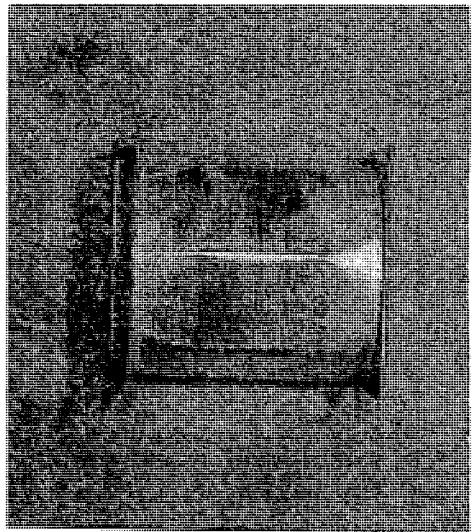


写真 4



写真 5

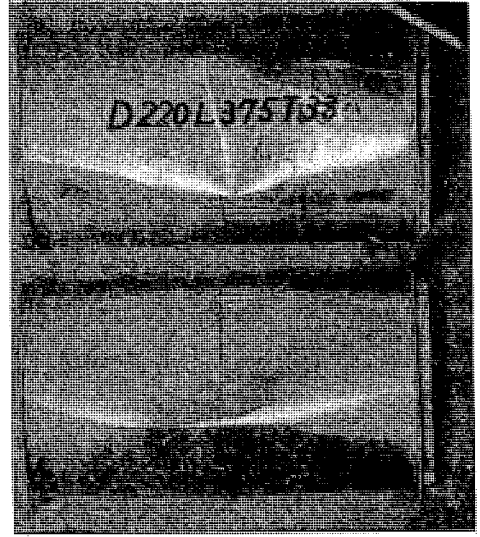


写真 6

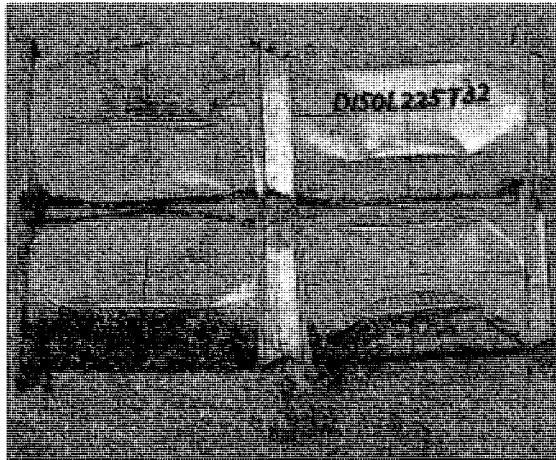


写真 2 は A 型，写真 3 は B 型，写真 4 の上は A 型下は B 型であり，写真 5 の上は A 型下は D 型，写真 6 では右上が A 型，左上が B 型，右下が C 型，左下が D 型をそれぞれ示すものである。

8. 座屈値の統計量

数多くおこなった実験の結果を整理し，まとめかつ意味づけをおこなうたすけとして，標本平均 (\bar{x})，標本分散 (σ^2)，標本偏差 (σ) および信頼区間などを求めて，統計学的に実験値を検討してみた。各場合についての \bar{x} ， σ^2 ， σ および信頼区間を第 14 表に示す。

第 14 表

		\bar{x}	σ^2	σ	信 頼 区 間
D220 L225 T32	P_{cr}	151.0	69.0	8.31	$145.1 \leq m \leq 156.9$
	P_{ult}	170.0	110.0	10.50	$162.5 \leq m \leq 177.5$
D220 L225 T33	P_{cr}	97.5	27.3	5.12	$93.8 \leq m \leq 101.2$
	P_{ult}	111.0	14.0	3.74	$108.3 \leq m \leq 113.7$
D220 L300 T32	P_{cr}	119.7	27.6	5.25	$114.8 \leq m \leq 124.6$
	P_{ult}	132.5	57.3	7.57	$127.1 \leq m \leq 137.9$
D220 L300 T33	P_{cr}	79.5	18.8	4.33	$75.9 \leq m \leq 83.1$
	P_{ult}	90.0	6.0	2.45	$88.2 \leq m \leq 91.8$
D220 L375 T32	P_{cr}	95.6	12.3	3.40	$92.8 \leq m \leq 98.7$
	P_{ult}	110.5	25.3	5.03	$106.9 \leq m \leq 114.2$
D220 L375 T33	P_{cr}	66.2	17.3	4.15	$64.2 \leq m \leq 68.2$
	P_{ult}	77.5	3.5	1.87	$74.3 \leq m \leq 80.7$
D150 L225 T32	P_{cr}	273.2	344.7	18.6	$263.3 \leq m \leq 283.1$
	P_{ult}	304.8	310.2	17.6	$296.6 \leq m \leq 313.0$
D150 L225 T33	P_{cr}	187.5	197.3	14.0	$177.5 \leq m \leq 218.5$
	P_{ult}	212.4	101.8	10.1	$206.3 \leq m \leq 218.5$
D150 L300 T32	P_{cr}	206.0	219.0	14.8	$199.1 \leq m \leq 212.9$
	P_{ult}	227.2	177.4	13.3	$221.1 \leq m \leq 233.3$
D150 L300 T33	P_{cr}	145.6	55.1	7.42	$141.9 \leq m \leq 149.9$
	P_{ult}	171.1	100.9	10.1	$165.7 \leq m \leq 176.5$
D150 L375 T32	P_{cr}	171.0	151.5	12.3	$165.2 \leq m \leq 176.8$
	P_{ult}	186.5	125.2	11.2	$181.3 \leq m \leq 191.7$
D150 L375 T33	P_{cr}	104.5	10.4	3.12	$102.5 \leq m \leq 106.5$
	P_{ult}	122.4	26.9	5.19	$119.1 \leq m \leq 125.7$

9. 座屈値, 崩壊値を求める実験式

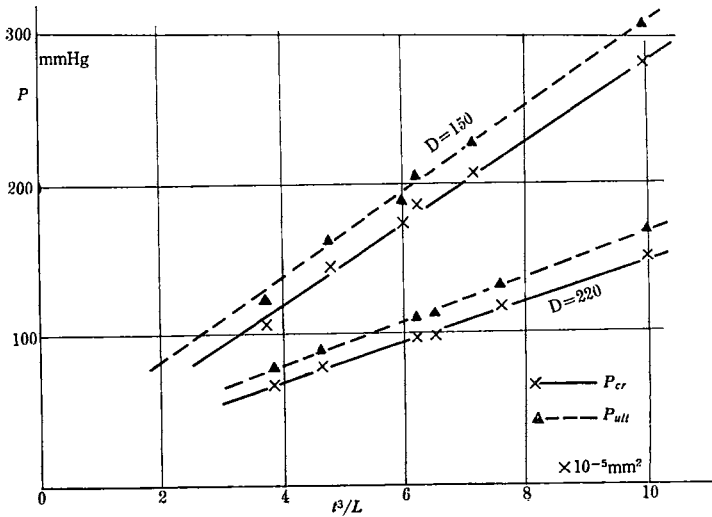
実験結果の最後のまとめとして, P_{cr} , P_{ult} をあらわす実験式をつぎのようにして求めた。

これまでに発表されている類似の問題では, 座屈値は t^3/L に関係をもつことが述べられている。われわれとしては, 半円筒殻を指定する要素に半径 $D/2$, 軸長 L , 板厚 t のあることに着目し, まずはじめに $P_{cr} \sim t^3/L$, $P_{ult} \sim t^3/L$ の関係を求めてみた。その結果は第 15 表に示すとおりであり, これをグラフにしてみると第 21 図の様にそれぞれ直線関係になりそうということがわかった。

第 15 表 $P \sim t^3/L$

D=150 mm							
P	P_{ult}	305.0	227.2	212.2	186.1	171.0	122.4
mmHg	P_{cr}	274	206	188	171	145	105
$t^3/L \times 10^{-5}$ mm		10.00	7.44	6.25	6.00	4.76	3.73

D=220 mm							
P	P_{ult}	170.4	132.6	110.6	110.0	90.3	77.4
mmHg	P_{cr}	151	119	97	96	79	66
$t^3/L \times 10^{-5}$ mm		10.12	7.60	6.53	6.21	4.65	3.83



第 21 図 $P \sim t^3/L$

そこでこの関係を最小二乗法で求めると、

$D=150$ mm の場合、 $P_{cr} = 10.8 + 27.8 \times 10^5 \times (t^3/L)$, $P_{ult} = 24.9 + 28.0 \times 10^5 \times (t^3/L)$

$D=220$ mm の場合、 $P_{cr} = 13.2 + 13.6 \times 10^5 \times (t^3/L)$, $P_{ult} = 19.0 + 13.8 \times 10^5 \times (t^3/L)$

ここで直径 D の関係を考慮するため、上に求めた式のうち t^3/L の係数に注目してみる。すると、つぎの様なことがわかる。

P_{cr} の式で

$D=150$ mm の場合、 $27.8 \times 10^5 = \frac{k_{150}}{D^2/4}$ とおけば $k_{150} = 1.56 \times 10^{10}$ となる。

同様に

$D=220$ mm の場合、 $13.6 \times 10^5 = \frac{k_{220}}{D^2/4}$ とおけば $k_{220} = 1.64 \times 10^{10}$ となる。

また P_{ult} についても、

$D=150$ mm の場合、 $28.0 \times 10^5 = \frac{k'_{150}}{D^2/4}$ とおけば $k'_{150} = 1.58 \times 10^{10}$ となる。

同様に

$D=220$ mm の場合, $13.8 \times 10^5 = \frac{k'_{220}}{D^2/4}$ とおけば $k'_{220} = 1.67 \times 10^{10}$ となる。

なお, ここでは D をそれぞれ 150 mm, 220 mm として計算をしたが, 座屈値の一覧表にも示した様に, 平均直径は $D=152$ mm および 218 mm であるから, この補正をすると,

$$k_{152} = 1.61 \times 10^{10}, \quad k'_{152} = 1.62 \times 10^{10}$$

$$k_{218} = 1.62 \times 10^{10}, \quad k'_{218} = 1.64 \times 10^{10}$$

となる。

以上の結果から, $k_{152} = k_{218} = k$, $k'_{152} = k'_{218} = k'$ とみなして, つぎの式を仮定する。

$$P_{cr} = C + \frac{k}{D^2/4} \cdot \frac{t^3}{L}$$

$$P_{ult} = C' + \frac{k'}{D^2/4} \cdot \frac{t^3}{L}$$

実験結果を再整理して, 縦軸に P_{cr} , P_{ult} を, 横軸に $t^3/L \cdot (D^2/4)$ をとってグラフをかくと, いずれも直線関係があり, 上の仮定の正しいことがわかる。

そこでこの直線式をおなじ様に最小二乗法で求めると,

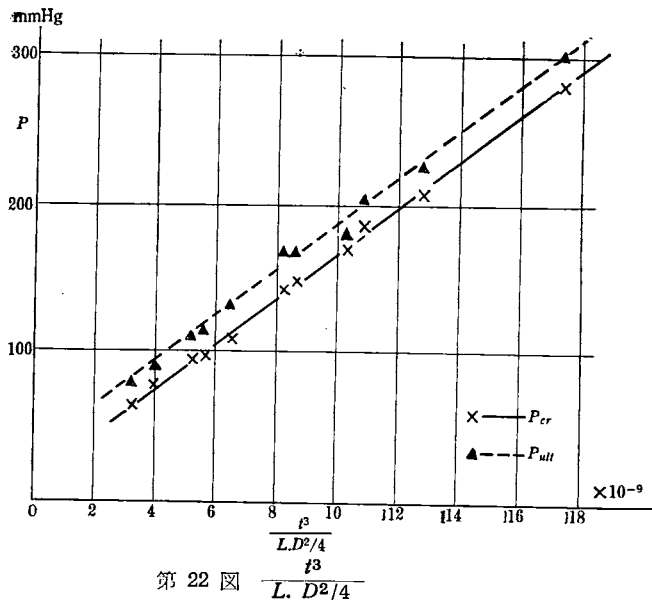
$$P_{cr} = 12.3 + 15.5 \times 10^9 \times \left(\frac{t^3}{L \cdot D^2/4} \right)$$

$$P_{ult} = 33.9 + 15.3 \times 10^9 \times \left(\frac{t^3}{L \cdot D^2/4} \right)$$

なるそれぞれ P_{cr} , P_{ult} を与える実験式が得られた。

第 16 表 $P \sim \frac{t^3}{L \cdot D^2/4}$

P_{ult}	mmH ₂ O	305.0	227.2	212.2	186.1	170.4	171.0
P_{cr}	mmHg	274	206	188	171	151	145
$t^3 / (L \cdot D^2/4) \times 10^{-9}$		17.40	12.90	10.90	10.34	8.57	8.26
P_{ult}	mmHg	122.4	132.6	110.6	110.0	90.3	77.4
P_{cr}	mmHg	105	119	97	96	79	66
$t^3 / (L \cdot D^2/4) \times 10^{-9}$		6.65	6.44	5.51	5.20	3.87	3.22



第 22 図 $\frac{t^3}{L \cdot D^2/4}$

10. む す び

半円筒殻の座屈現象を実験的に取り扱い、それを通じてある程度の説明を与えた。今後この実験結果を参考にして、半円筒殻の座屈現象を端的に表明する理論解を求めたいと思っているが、さしあたり求め得た座屈値、崩壊値を求める実験式を發表することにした。もちろん座屈値等を与える実験式であるから、これだけでは座屈の推移とか、波の数などを明確に説明するには不十分であるが、座屈値等の見当をつけるには役立つものと思う。

参 考 文 献

- 1) IWANA: Experimental Investigation of Thin Cylindrical Shells under Uniform External Pressure. 金沢大学工学部紀要 Vol. 1. No.3.
- 2) R. V. SOUTHWELL and S.W. SKAN: On the Stability under Shearing Forces of a Flat Elastic Strip. Proc. Roy. Soc. A 150 (1924).
- 3) H. L. COX: The Buckling of Thin Plates in Compression. Aero. Research Comitte, Reports & Memoranda. No. 1554(1933).
- 4) L. H. DONNELL: Stability of Thin-walled Tubes under Torsion. N. A. C. T. Report No. 479 (1934).
- 5) 吉識雅夫: 圧縮をうける矩形平板の座屈限界の決定法の一試案。応用力学第1巻第6号(1948)。
(昭和39年9月15日受付)