

ホウケイ酸ガラス管の内圧破壊 (I)

熊野ひろみ 東海林正一 松村善二郎 熊谷昭文

Bursting Test of Borosilicate Glass Tubes (I)

Hiromi KUMANO, Syoichi TOKAIRIN, Zenjiro MATSUMURA, and Akibumi KUMAGAI

1 はじめに

高圧下での気液平衡、液体粘度の測定、あるいは液体アンモニアを使つての反応等、高圧下で肉眼的観察を行なう必要のある実験にはガラス管が使用されている。ガラス管を高圧下で使用する際には、それがどの程度の圧力まで耐え得るかを常に注意していなければならない。

ガラス管の耐圧試験は Kiyama¹⁾、鳥海²⁾、高須³⁾によつて行なわれている。それらは主として肉の厚い内径の小さいガラス管に限られている。近年、均質なホウケイ酸ガラス管が市販されるようになってきたので、高圧下の実験においてガラス管を使用する際の参考資料とするため、薄肉管も含めた市販ホウケイ酸ガラス管による試験管の内圧による破壊圧を室温において測定した。

2 実 験

2-1 試料

試験管は Pyrex 7740 の円管を用いて製作した。試験するガラス管の一端をほぼ半球となるように封じる。他端は外径 12mm、内径 8mm のガラス管に接続し、その口をフランジにする。それを図 1 に示

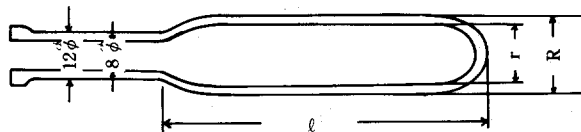


図1 試験管

す。試験管の長さ l は長(150~250mm)と短(70~100mm)の2種とし、外径(R)は10~100mmで外径と内径の比($K = R/r$)は1.05から1.67までとした。試験管は製作後545°Cの電気炉に30分入れ除冷し、歪を取った。

2-2 接続方法

加圧装置と試験管との接続は図2に示すような方法(著者の一人、東海林技官が考案した)で行なっ

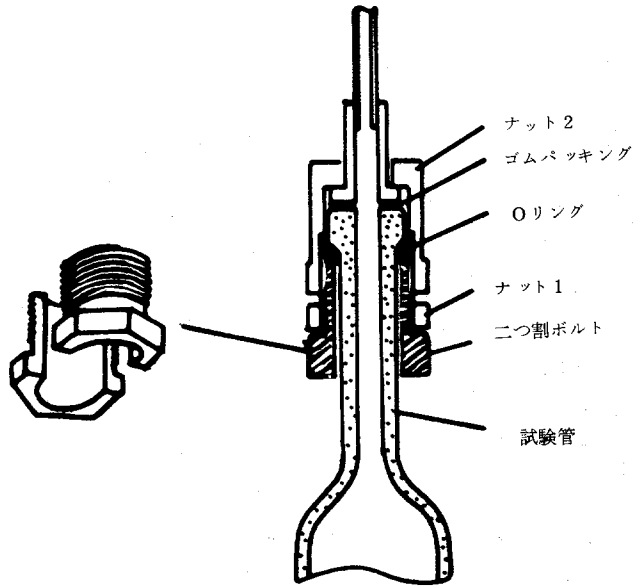


図2 接続部

た。すなわち、ガラスフランジに2つ割ボルトを付け、ナット1で固定し、ゴムパッキングを介してナット2で加圧装置に取付ける。

従来の接続方法では、1つの試験管に1つのボルトを試験管製作時に取付けなければならなかった。この2つ割ボルトは試験管の胴の部分が口より大きくとも1組のみで次々と試験管を取り替えることができ、破壊試験を行なう上で大変便利であった。

2-3 加圧方法

ピストン型油圧器で、予想される破壊圧の $\frac{1}{3}$ まで加圧し、ついでねじ式手動油圧ポンプを用い毎分10kg/cm²ずつ加圧した。圧力はねじ式手動油圧ポンプに取付けたブルドン圧力計で読んだ。使用したブルドン圧力計はあらかじめ圧力天秤で検定したもので最大偏差3kg/cm²である。破壊時の事故防止のため試験管に水を入れ、油圧で加圧した。なお、試験管にはプラスチックテープをはり、ビニール袋に入れ、プラスチック円筒の保護管に入れた。

3 結 果

3-1 外径、内径比と破壊圧の関係

図3に破壊された試験管の写真を示す。破壊の起点（オリジン）は縦に数mmの長さに伸び、それが全体に広がる。高い圧で破壊したものは破片が細かく、低い圧で破壊したものは破片が大きい。

測定した破壊圧を表1に示す。円管の外径、内径比に対し破壊圧をプロットしたものを図4に示す。管の長さの影響については短い方がやや破壊圧が高い。しかし、バラツキも大きく、この程度の長短では実用上差がないものとして取扱うべきであろう。



図3 試験管の脆壊例
 外径50 mm, 内径43.6mm,
 $K = 1.36$ 破壊圧 3.8kg/cm^2

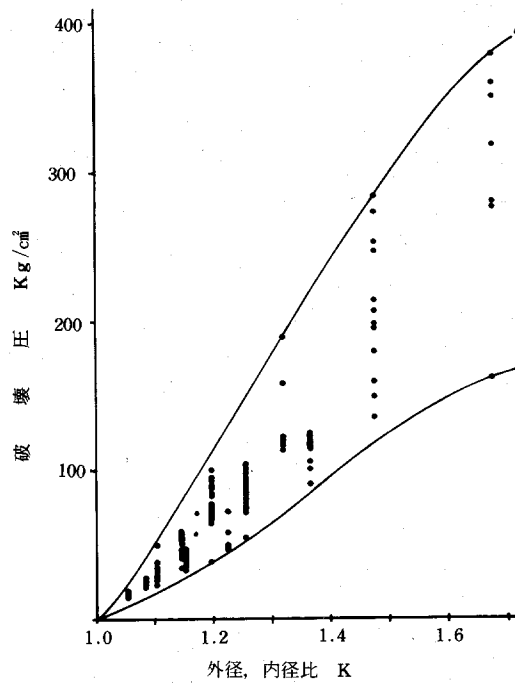


図4 外径、内径比と破壊圧の関係

表-1 破壊試験結果

外 径 R mm	内 径 r mm	外径, 内径比 K = R/r	長 さ l mm	破 壊 圧 Kg/cm ²			
				1	2	3	4
10	6	1.67	140	315	350	359	275
10	6	1.67	70	397	277	160	
10	6.8	1.47	140	195	246	250	273
10	6.8	1.47	70	282			
10	7.6	1.32	150	189	117	225	
10	7.6	1.32	70	118	122	112	159
10	8	1.25	170	82	104	54	82
10	8	1.25	75	93	104	90	95
15	11	1.36	150	117	100	113	116
15	11	1.36	85	119	119	124	116
15	12.6	1.19	150	77	57	37	73
15	12.6	1.19	80	90	67	67	77
20	13.6	1.47	170	134	213	158	147
20	13.6	1.47	90	178	205	199	
20	16	1.25	160	70	84	81	74
20	16	1.25	85	83	98	88	75
20	16.8	1.19	160	92	79	68	81
20	16.8	1.19	80	100	81	95	88
20	17.6	1.14	150	42	54	45	44
20	17.6	1.14	80	52	54	46	42
25	22	1.14	150	45	42	44	46
25	22	1.14	80	54	43	56	46
30	22	1.36	190	104	90	117	
30	26	1.15	200	45	44		
30	26	1.15	95	45	31	35	43
30	26.4	1.14	140	42	46	52	33
30	26.4	1.14	85	32	42	59	46
45	37	1.22	210	46	50	49	
45	41	1.10	190	31	28	27	23
45	41	1.10	100	49	34	38	32
50	43.6	1.15	200	39	40	42	38
65	60.2	1.08	220	24	22	28	25
65	55.4	1.17	230	58	71		
100	95.2	1.05	250	17	19	17	16

3-2 前処理による破壊圧への影響

外径 15mm, 内径 11mm, 外径, 内径比 $K = 1.36$ の管の前処理 (超音波洗浄, フッ酸処理) による破壊圧への影響について試験した。

3-2-1 超音波洗浄

超音波洗浄が内圧破壊強度に及ぼす影響について試験した。26KHz, 150W の超音波を 75 分間かけた。洗浄液は蒸留水, 水道水, 中性洗剤溶液の 3 種とした。それらの洗浄による破壊圧の頻度分布を図 5 に示す。今回の超音波洗浄により特にガラス管が弱くなる傾向は認められず, 又, 洗浄液による差も見られなかった。

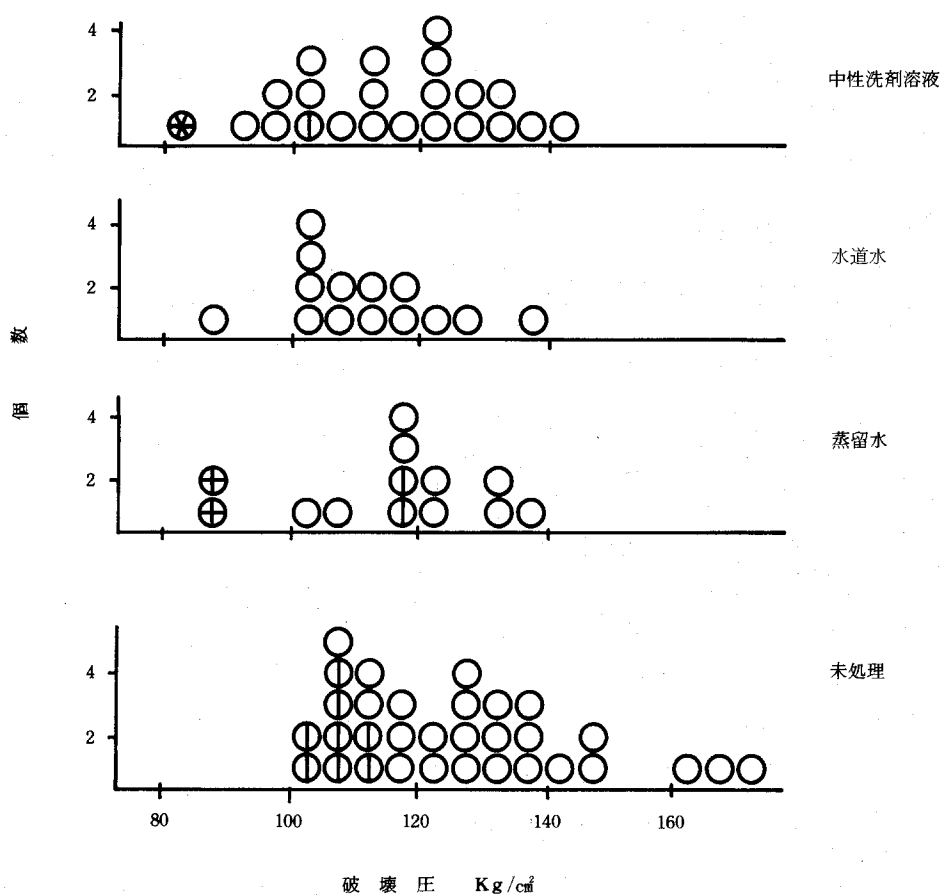


図 5 超音波洗浄の破壊強度への影響

⊕ ; きずから破壊 ⊗ ; 特にするどいきずから破壊

⊗ ; 気泡が内面に達していたもの

気泡が内面にまで達していたもの(⊗)は84kg/cm²で破壊した。内面のきずにより円管が弱くなることを示している。通常外面のきずは強度に大きな影響を及ぼさないとされているが、外面のきずがオリジンになることがある。未処理のものの破壊圧頻度分布からわかるように、外面のきずから破壊したもの(⓪)は強度が低い所に集まる傾向がある。特に外面の光るクラック様のすどきずがあるもの(⊕)はそれがオリジンになり、87kg/cm²で破壊した。

3-2-2 フッ酸処理

フッ酸はガラス表面を溶かし、ガラス表面のきずのかどを丸くするために強度を増す効果があると言われ、石英ガラスでは確かめられているが、硬質ガラスではその効果が表われないことが報告されている³⁾。4.6%フッ酸水溶液で時間をかえ処理し、強度試験を行なった結果を図6に示す。これより、強度に対する処理の影響は認められなかった。

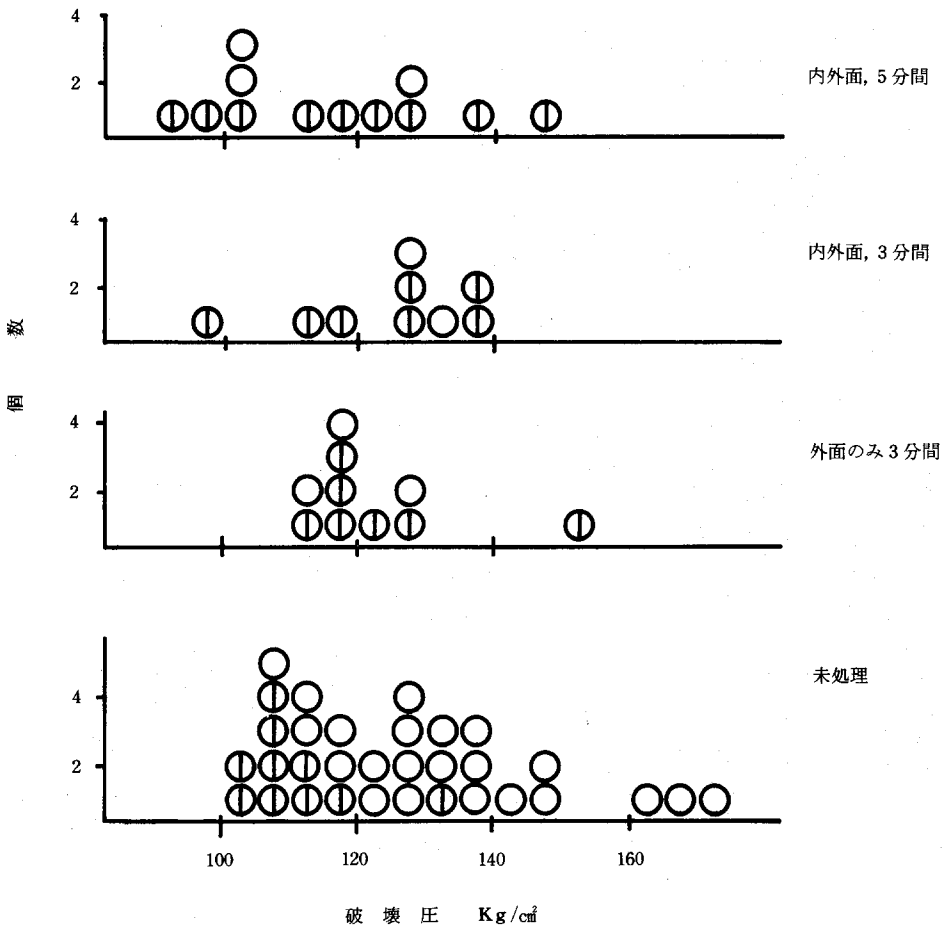


図6 フッ酸処理の破壊強度への影響

⓪ ;きずから破壊

フッ酸処理を行なうとガラス表面の小さなきずまでよく肉眼的に見えるようになる。未処理の場合、試験管一本当り外面に 5～10 個のきずが見つかるが、フッ酸処理を行なうときずが見つけやすくなり 10～15 個に増えることがある。フッ酸処理をしたためきずを見つけやすくなり、75%もがきずから破壊している。又、高い圧で破壊したのももきずがオリジンになっていることから、この程度の薄肉管では外面のきずが内圧による破壊の大きな要因になっているものと思われる。

5 ま と め

1 回限りの加圧による破壊圧は図 4 に示した。くり返し使用する場合には安全係数を考慮に入れ設計しなければならない。安全係数については今後の研究課題にしたい。

外径、内径比が 1.5 程度までの薄肉管では内面のきずだけでなく外面のきず、特に光のあるすどいきず、により耐圧度が低下する。したがって、通常の取扱い上でも内面のきずだけでなく外面のきずにも充分注意しなければならない。

6 謝 辞

本試験を行なうにあたり種々御教示をいただきました本研究所岩崎廣次教授に感謝いたします。

7 文 献

- 1) R, Kiyama and K, Inoue, *Rev, Phys, Chem, Japan*, **21**, 73 (1951)
- 2) 鳥海達郎, 非水研報告, **5**, 107 (1955)
- 3) 高須新一郎, 高圧力, **6**, 1337 (1968)