

## 空気呼吸器（300型）用 F・R・P 空気 ポンベの引張試験結果

Results of Experiment on Tensile Strength of F. R. P  
Cylinder for Air Breathing apparatus.

国 本 由 人\*  
永 田 清\*  
高 橋 裕\*

In the F・R・P(filament winding type)Cylinder for air breathing apparatus was heated by the radiant heat, we measured these tensile strengthes of the ring-formed specimens of this cylinder in the various heated level, to search the difference of the hardness by the heated.

In this cases, the differences of these tensile strengthes of the specimens by the radiant heat was not scarcely noticed.

### 1. はじめに

空気呼吸器の軽量化、長時間化を図ることを目的として開発され、昭和60年4月に一部の署に配置された空気呼吸器（300型）の空気ポンベは、従来から使用されているニッケル・クロム・モリブデン鋼等の鋼製ポンベとは異なり、強化プラスチック（以下「FRP」という。）をその主要素材として使用し、フィラメントワインディング（以下「FW」という。）法により成形されたFWポンベである。このため、従来の8ℓ用鋼製ポンベと比較して同一ガス量比において、約40%の軽量化がなされている。

FRPの特徴は、それを構成する樹脂と強化材の性質によっていろいろ異なるが、一般に金属と比較して、(1) 軽くて強い(2) 断熱性に優れている(3) 耐食性に優れている等の長所がある。反面、(1) 耐熱性が低い(2) 難燃性に劣る(3) 比較的傷が付きやすい等の短所がある。

消防隊が使用する空気ポンベは、火災現場において思わぬ加熱を受ける場合があることも考えられる。このことから、今回、熱がこのFWポンベの強度に、どの程度影響を及ぼすかを調査するための実験を行ったので、その概要を報告する。

### 2. FWポンベについて

#### (1) 構造

FWポンベの外観を写真1に、構造を図1及び写真2に示す。

構造は図1、写真2に示すとおり、アルミニウム合金製ライナーとFRP層との積層構造で



写真1 ポンベの外観

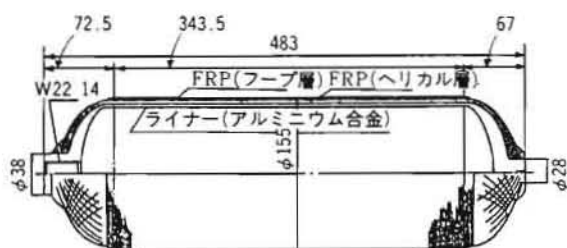


図1 FWポンベの構造

ある。FRP層は胴部周方向を補強するフープ層（円周巻層）と、胴部軸方向及びドーム部を補強する低角度ヘリカル層（斜交巻層）から成っている。尚、FRPの各層は数層から十数層を成している。

(2) 材質

材質は、ライナー材にアルミニウム合金を、FRP材にグラス・ファイバー及びエポキシ樹脂を使用している。

(3) 従来の鋼製ポンベとの比較

従来から使用されているニッケル・クロム・モリブデン鋼等の鋼製ポンベ（4ℓ及び8ℓ用）とFWポンベとの比較を表1に示す。

表1から、従来の鋼製ポンベと比較して最大の特徴は、ポンベの最高充てん圧力が、鋼製ポンベの場合150kg/cm<sup>2</sup>であるのに対し、FWポンベは2倍の300kg/cm<sup>2</sup>である点である。このため、最高充てん空気量は、鋼製8ℓポンベが重量約8.0kgで約1,200ℓであるのに対して、FWポンベは重量約5.8kgで、内容積が5.0ℓであるから約1,500ℓとなる。このことから、FWポンベは鋼製8ℓポンベに比べ約2.2kg軽いにもかかわらず、呼吸量を40ℓ/min、余裕圧力を15kg/cm<sup>2</sup>として計算すれば、約8分強も長い時間使用できる。

表1 空気呼吸器用ポンベ比較表

項目	容器の種類	鋼製ポンベ (4ℓ)	FWポンベ	鋼製ポンベ (8ℓ)
充てんガス名		空気ガス	同左	同左
材質		ニッケル・クロム・モリブデン鋼等(3種)	ライナー材…アルミニウム合金 FRP材…グラス・ファイバー+エポキシ樹脂	ニッケル・クロム・モリブデン鋼等(3種)
外径 Dφ (mm)		約 140	約 155	約 165
長さ L (mm)		約 390	約 483	約 515
重量 (kg) 〔そく止弁・充てん〕 〔空気は除く〕		約 4.5	約 5.8	約 8.0
最高充てん圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )		150	300	150
耐圧試験圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )		250	500	250
内容積 (ℓ)		4.0	5.0	8.0
充てん空気量 (ℓ)		約 600	約 1,500	約 1,200
使用時間 (分) 〔呼吸量40ℓ/min, 余裕圧力 15kg/cm <sup>2</sup> 〕		13.5	35.6	27.0
容器再検査期間		3年毎	同左	同左
耐用年数		なし	1.5年	なし

次の特徴は、鋼製ポンペの場合、3年毎の再検査に合格していけば、耐用年数の制限はない。しかし、FWポンペは、容器証明書に記載されている製造時耐圧試験年月日より15年を経過したならば、クズ化処分を行うという耐用年数が定められていることである。

#### (4) その他

FW容器取扱説明書によれば、3年毎に実施される法定の容器再検査以外に、日常の外観点検で次の点が認められた場合は、再検査を行うこととしている。

ア 鋭利な刃物で切り込んだような切りキズがある場合。

イ FRP部分に磨損(例えば平らな部分が認められるようなキズ)がある場合。

ウ 打撲等による凹みキズ、変形のある場合。

エ 火災にあったFRP容器は使用できない。

塗膜が熱影響を受けて変色していたり、又、焦げた形跡のある場合。

### 3. 試験目的

火災現場において、不測の事態によりFWポンペが放射熱により加熱された場合、熱によりポンペの強度がどのように変化するかを調査するために実施した。

### 4. 試験内容

#### (1) 試験片

##### ア 形状

形状は、図2及び写真3、4に示すように、FWポンペを胴部軸方向に対して直角に切断し、中心から対称の位置に幅5mmの破断予定箇所を2箇所設定した、幅約10mmのリング状のものである。



図2 破断予定箇所図

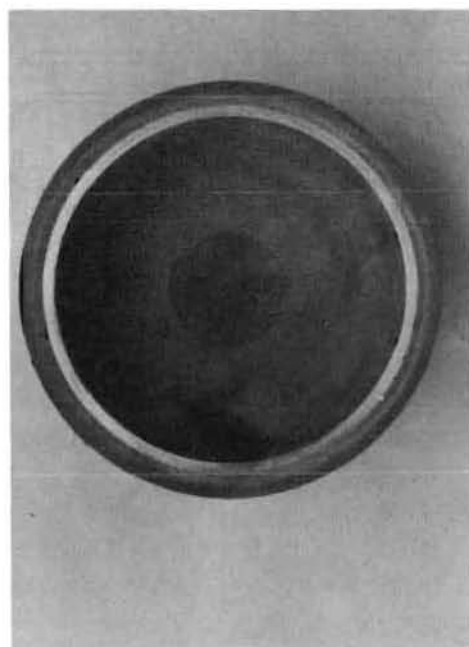


写真2 ポンペの断面

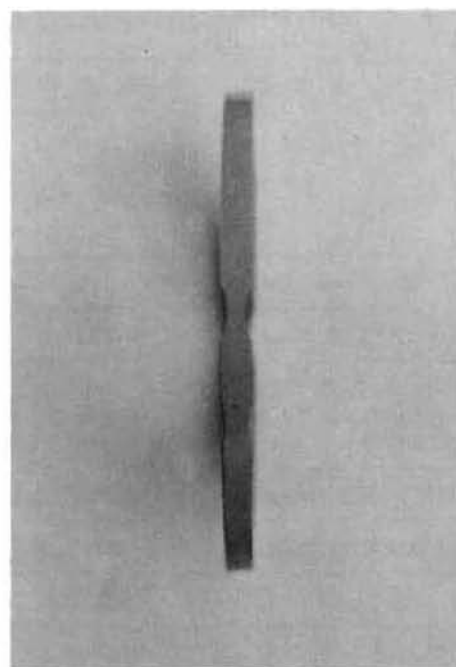


写真3 破断予定箇所

##### イ 種類

実験に使用した試験片は、次の7種類14片とした。

(ア) 正常な(加熱しない)もの 2片

(イ) 100°C 1分間加熱したもの //



写真4 破断予定箇所

(ウ)	200°C	//	//
(エ)	300°C	//	//
(オ)	400°C	//	//
(カ)	500°C	//	//

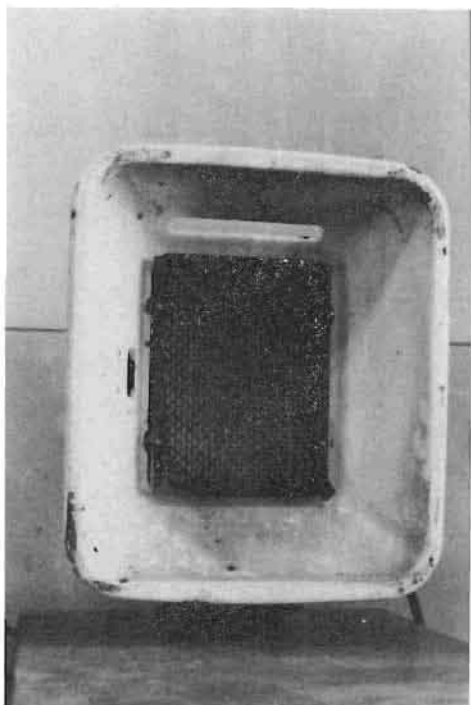


写真5 熱源に用いたシュパンクバーナー

(キ) 600°C // //

尚、加熱時間は、火災現場で不意に強い放射熱を受けた場合、直ちに避難行動に移ることを想定し、この熱から逃げるまでの時間を考慮して1分間とした。

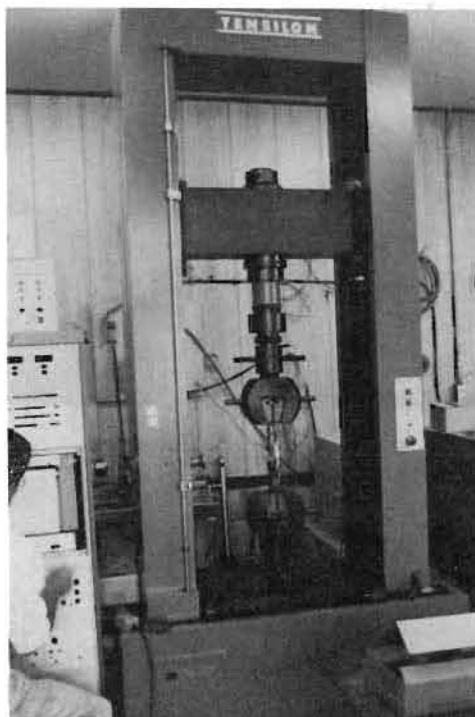


写真6 引張試験機

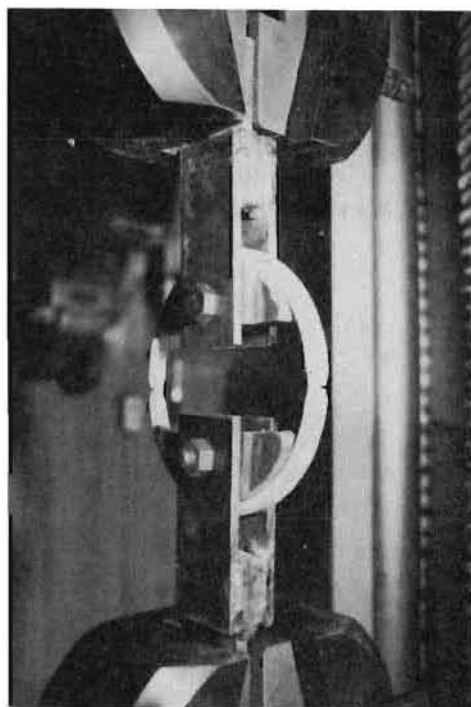


写真7 引張試験の状況

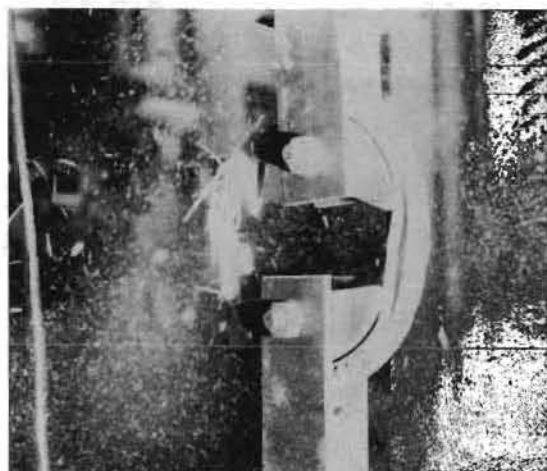


写真8 フープ層破断の瞬間

## (2) 加熱方法

加熱方法は、熱源に写真5に示すシュバックバーナーを使用し、試験片の破断予定箇所（左右二箇所）の表面を、所定の温度で1分間加熱した。尚、温度計測には熱電対(CA線、 $\phi 0.65$  m/m)とデジタル式温度記録計を使用した。

## (3) 試験方法

試験には、写真6に示す引張試験機を使用し、クロスヘッドスピードを2 mm/minの割合で引張り、試験片が引張力により破断するまでの引張強度を測定した。試験の状況を、写真7、8に示す。

## 5. 結果及び考察

### (1) 結果

結果は表2のとおり。尚、この結果には、次の点を考慮に入れる必要がある。

ア 試験片が最終破断するまでには、概ね次の段階を経ていること。

- (ア) ライナー層とFRP層との層間はく離
- (イ) ヘリカル層破断
- (ウ) フープ層破断開始
- (エ) ライナー破断
- (オ) フープ層最終破断

表2 試験結果

条件	回数	引張強度 (kg)
正 常	1	5,500kg
	2	5,100 "
100°C×1分	1	5,350 "
	2	5,500 "
200°C×1分	1	4,400 "
	2	5,200 "
300°C×1分	1	4,800 "
	2	5,800 "
400°C×1分	1	5,150 "
	2	5,550 "
500°C×1分	1	4,650 "
	2	5,300 "
600°C×1分	1	5,550 "
	2	5,100 "

イ 表2に示した引張強度は、最終破断に至るまでに示した最高値であること。

ウ 試験片は、ポンペを胴部軸方向に対して直角に切断しているため、ヘリカル層のFRP

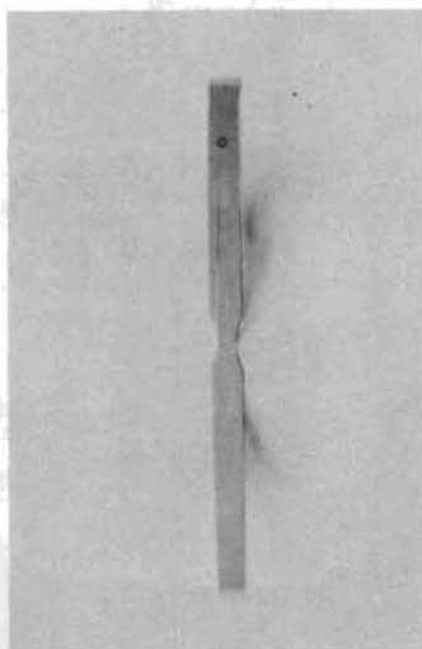


写真9 正常（加熱しない）試験片

は切断されているので、この試験ではヘリカル層の耐力は期待できず、耐力として働いたのはフープ層とライナーの2層のみであること。エ 前ア、イ、ウについては、各試験片に共通

であること。

(2) 考察

表2の結果を見ると、同じ条件で実施した2回の結果には、ばらつきが見られる。この原因

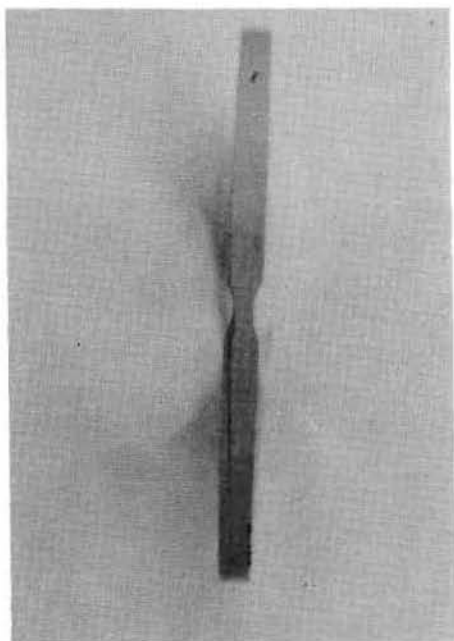


写真10 100°Cに加熱した試験片

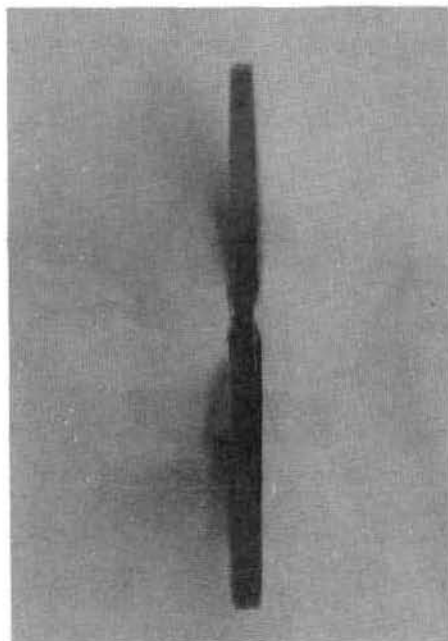


写真11 200°Cに加熱した試験片

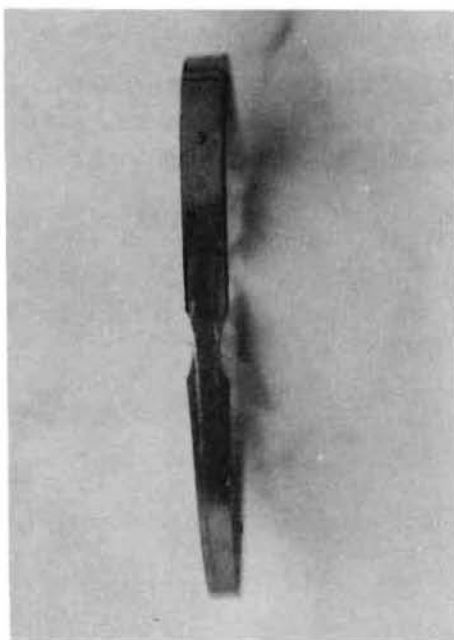


写真12 300°Cに加熱した試験片

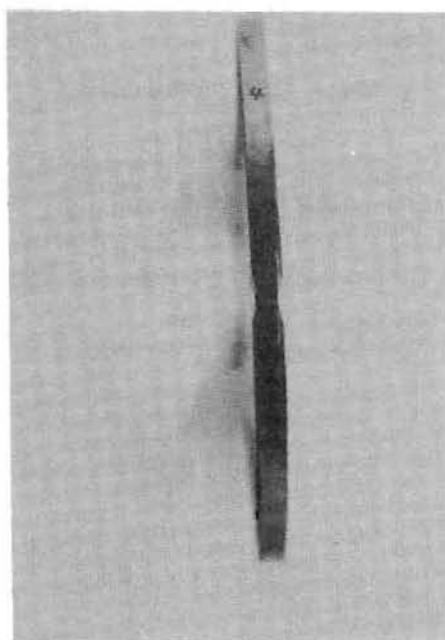


写真13 400°Cに加熱した試験片

として、ボンベをリング状に切断する際、若干傾いて切断されたことが考えられ、この場合、設定した破断予定箇所において耐力として働くヘリカル層の繊維数が一定にならないので、このような結果になったものと思われる。

以上のことから、同条件で実施して得た結果のうち、高い方の値をその条件下の値として取り上げ、他の条件下のそれと比較してみる。す

ると、写真9～15（引張試験後に撮影）に示すように、各加熱温度の違いにより各試験片の表面の焦げた状況に少しづつ差があるにもかかわらず、値においてはほとんど差は認められない。

これは、FRPの断熱性が優れているために、内部まで熱の影響が及ばなかったためと思われる。

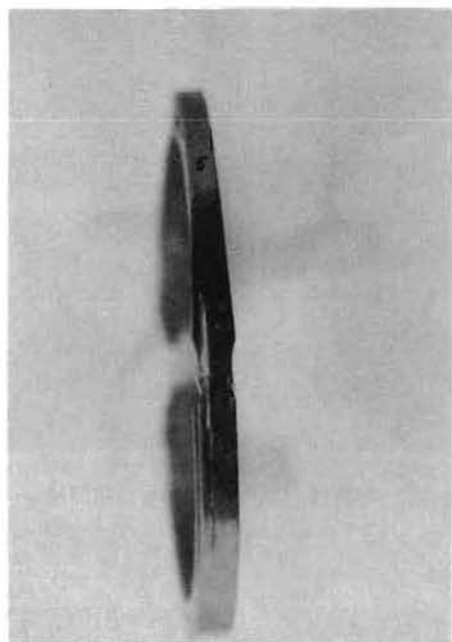


写真14 500°Cに加熱した試験片

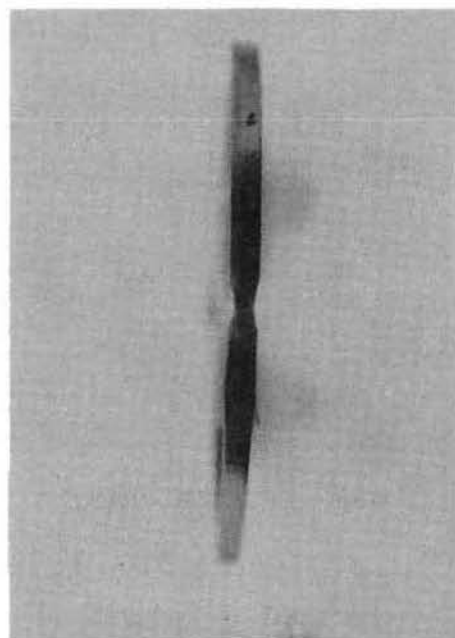


写真15 600°Cに加熱した試験片

## 6. おわりに

今回行った試験の結果では、熱がボンベの引張強度に与える影響はほとんど認められなかった。しかし、今回の結果だけで熱による影響の有無を判断するには検討資料が不足しているので、今後はより多角的な試験を行い、耐熱性についての調

査を進めるとともに、併せて経年変化が強度に及ぼす影響についても調査する予定である。

## 7. 参考文献

- (1) FRP入門 社団法人強化プラスチック協会
- (2) FW 容器取扱い説明書 倅旭製作所 川重防災工業(株)