

引張強度と試験速度の関係を管種ごとに整理して図 3.1.3 に示す。

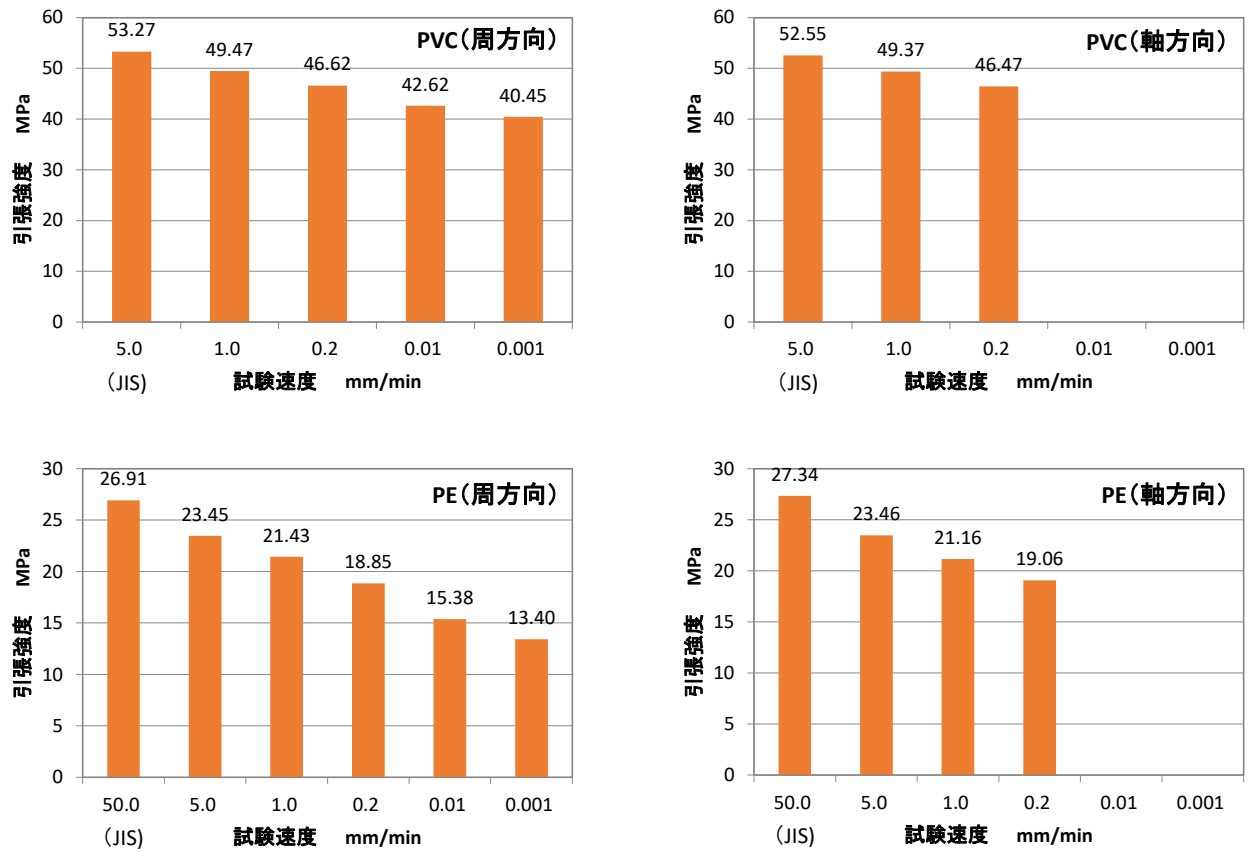


図 3.1.3 引張強度と試験速度の関係

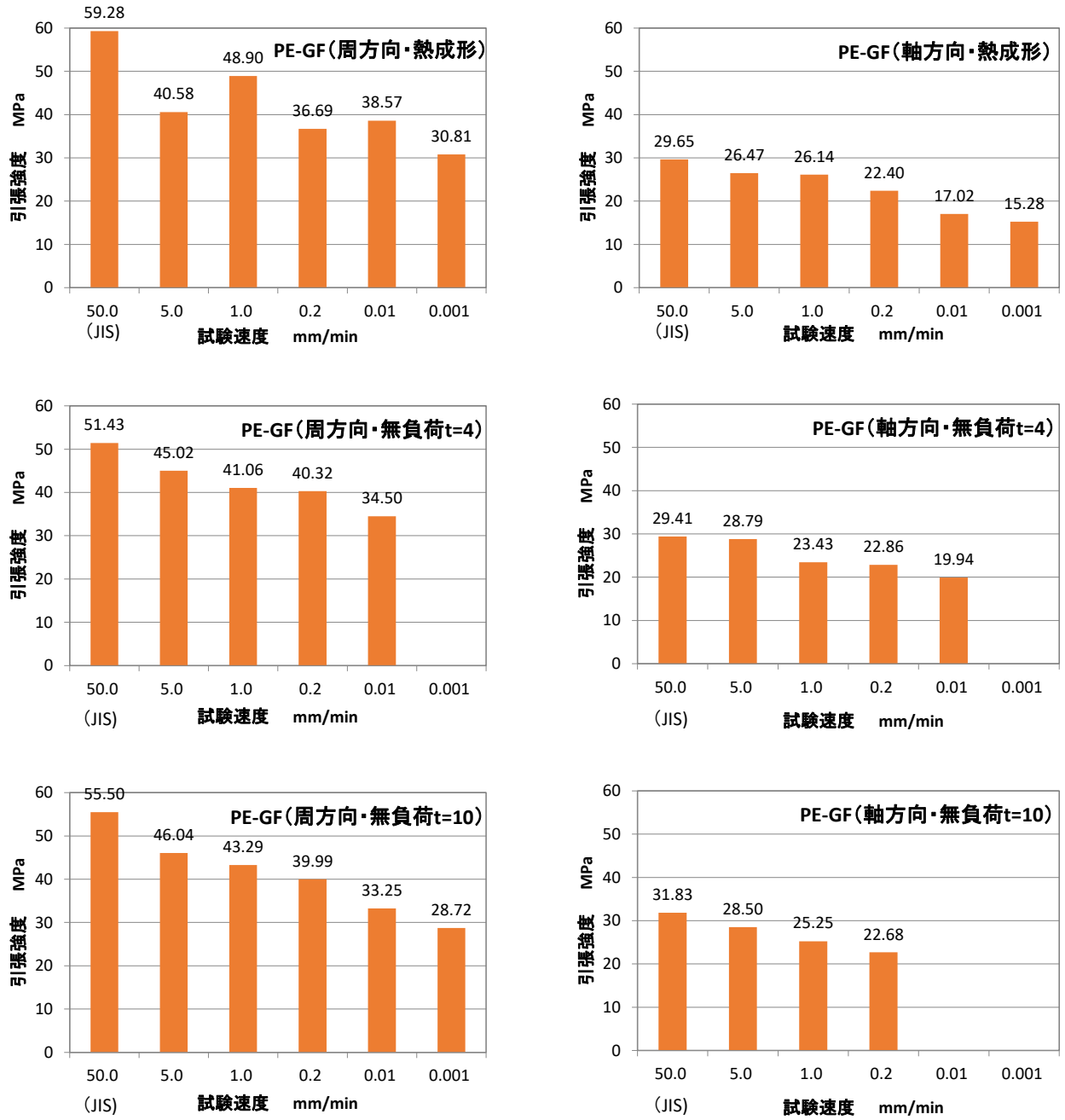


図 3.1.3 引張強度と試験速度の関係 (続き)

1. 4) 引張強度の速度依存性

図 3.1.3 より、すべての条件で試験速度が遅くなると引張強度が低下する傾向が認められる。一方で、破壊（最大応力）を生じる変位（ひずみ）については試験速度の影響は小さい。

ここでは試験片が破壊に至るまでの時間に着目し、引張強度の速度依存性を確認する。破壊（または最大応力）を示す変位量を試験速度で除した値を「最大応力までの時間」とし、引張強度との関係を両対数でプロットして図 3.1.4～図 3.1.7 に示す。図中には JIS K 7020 の方法 A にしたがって求めた回帰直線を重ねて示す。

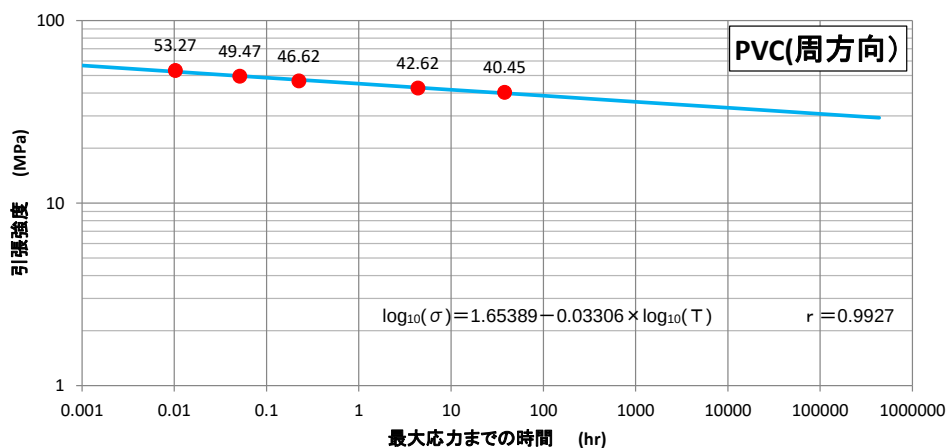


図 3.1.4a PVC(周方向)

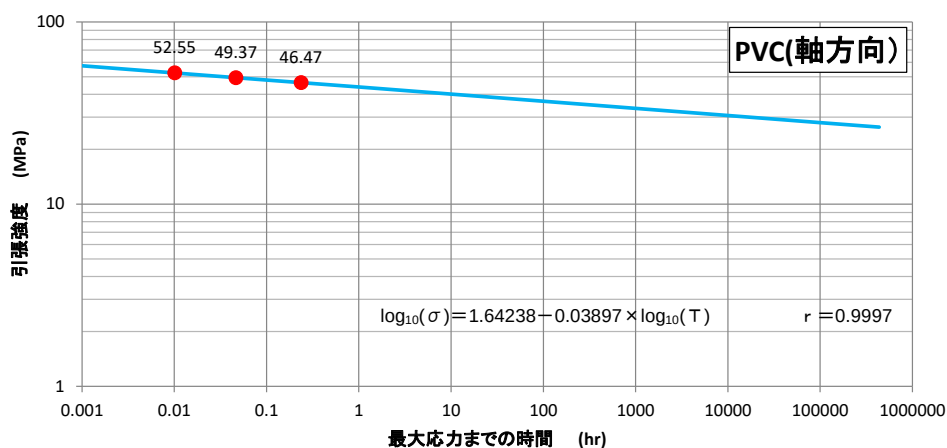


図 3.1.4b PVC(軸方向)

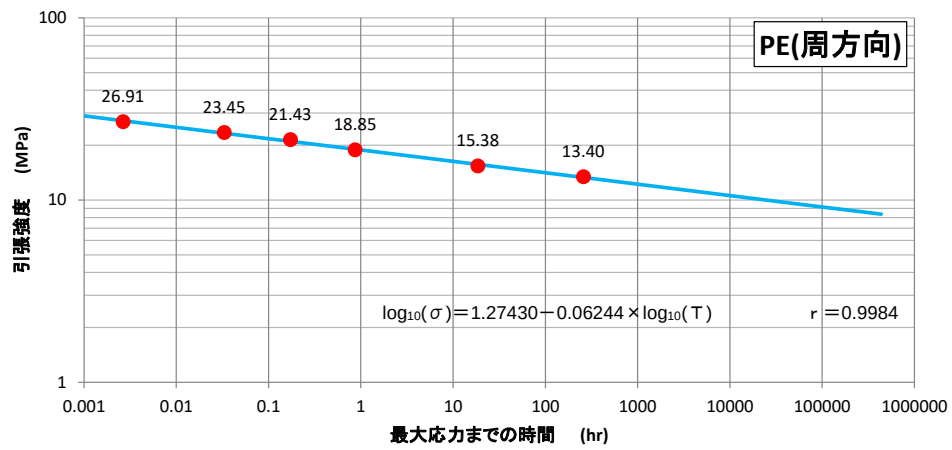


図 3.1.5a PE(周方向)

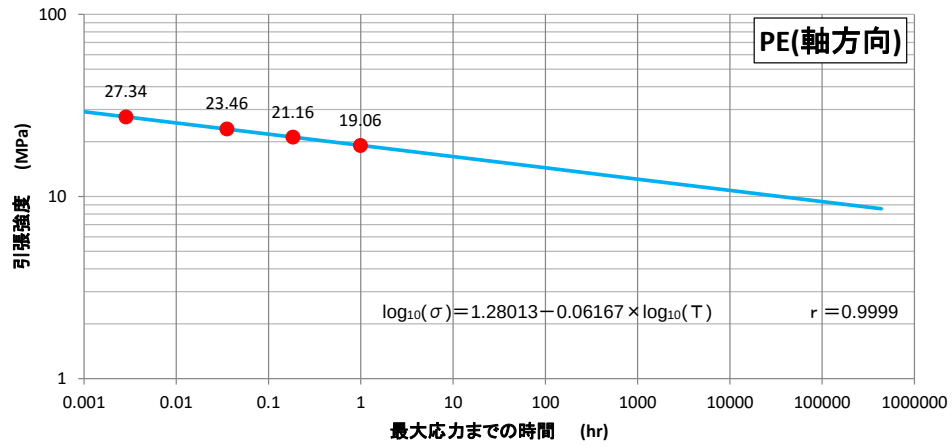


図 3.1.5b PE(軸方向)

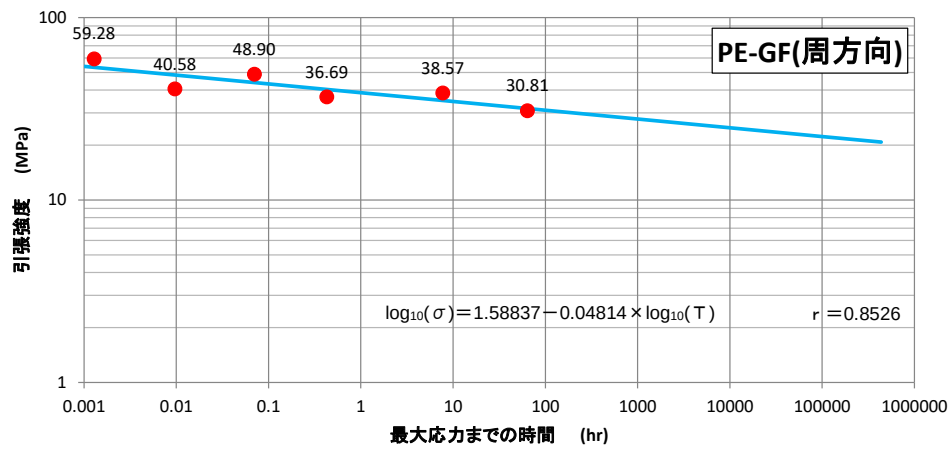


図 3.1.6a PE-GF(周方向) 加熱・加圧 $t=4$

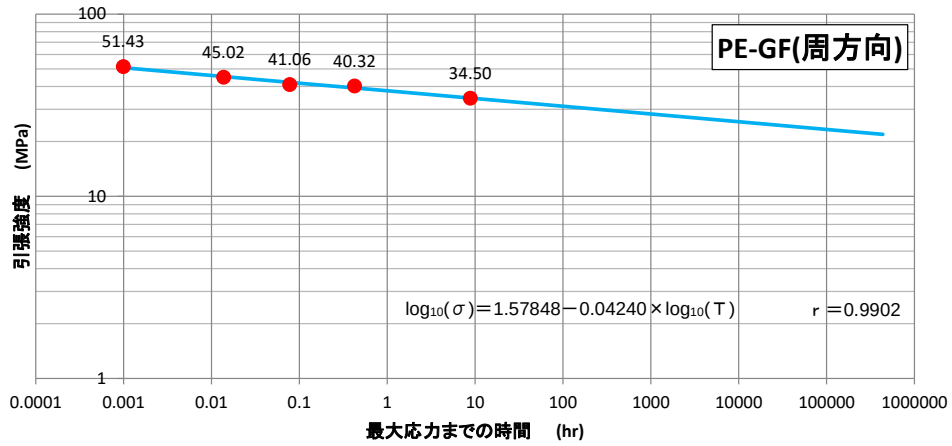


図 3.1.6b PE-GF(周方向) 無負荷 $t=4$

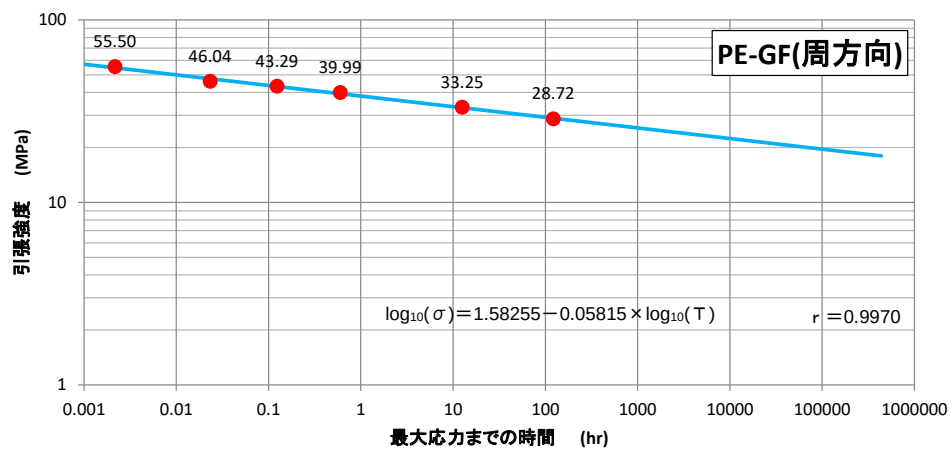


図 3.1.6c PE-GF(周方向) 無負荷 $t=10$

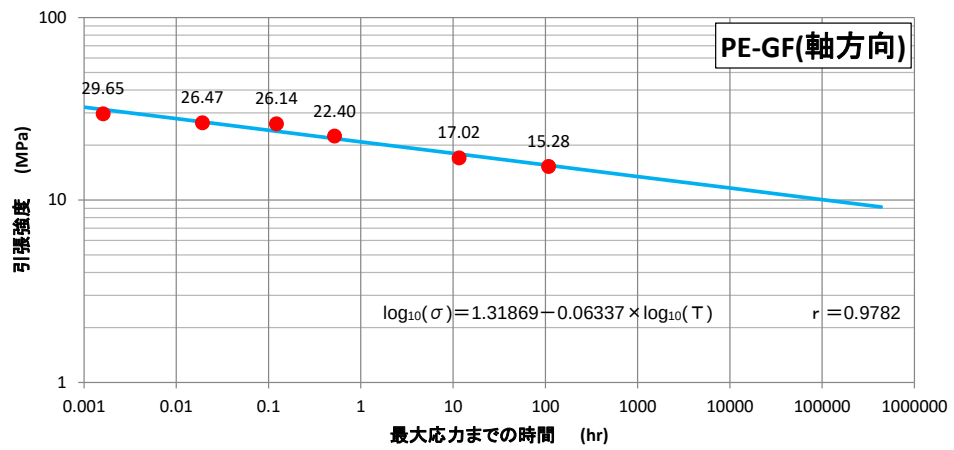


図 3.1.7a PE-GF(軸方向) 加熱・加圧 $t=4$

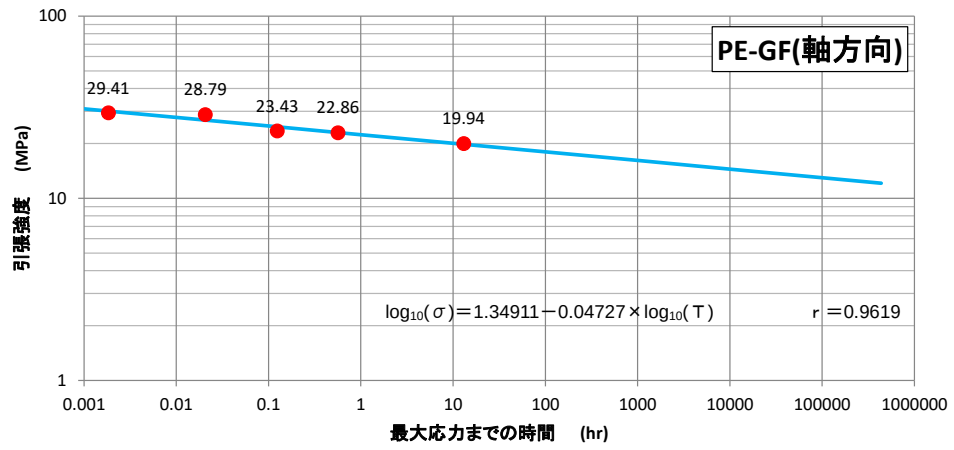


図 3.1.7b PE-GF(軸方向) 無負荷 $t=4$

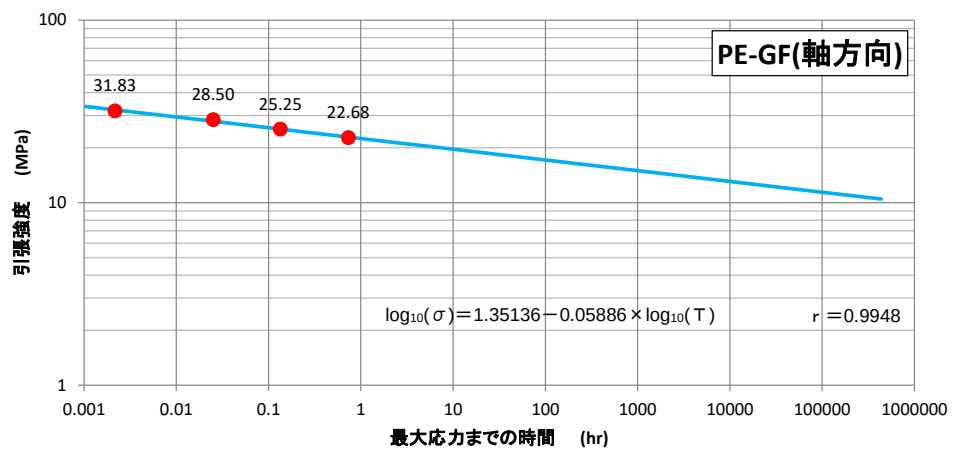


図 3.1.7c PE-GF(軸方向) 無負荷 $t=10$

1. 5) PE-GF のガラス繊維添加量

PE-GF は複合材料であり、JIS K 6799 においてガラス繊維添加量は 19.0%～21.0%とされている。

試験体の妥当性確認のため、試験実施前に原管から試験片を切り出して燃焼試験を実施し、ガラス繊維添加量を確認した。

結果を表 3.1.2 に示す。JIS K 6799 の規定を満足している。

表 3.1.2 PE-GF のガラス繊維添加量

供試体番号		No. 1	No. 2	No. 3
寸法および質量	外面面積 (mm ²)	1446	1426	1390
	内面面積 (mm ²)	1270	1323	1233
	平均厚さ (mm)	27.62	27.81	28.37
	①燃焼前 質量 (g)	41.073	42.491	40.834
燃焼試験	容器番号	1	2	3
	容器質量 (g)	239.361	238.598	166.085
	燃焼前+容器 (g)	280.434	281.089	206.919
	燃焼後+容器 (g)	247.393	246.801	174.174
	②燃焼後 質量 (g)	33.041	34.288	32.745
	燃焼後質量の割合 (①-②)/① %	19.6 %	19.3 %	19.8 %

1. 6) まとめ

(1) 引張強度

図 3.1.3 より、JIS K 6815 に示された試験速度で実施した引張試験結果は、3 管種 (PVC、PE、PE-GF) のすべてが設計基準 (PE-GF は JIS K 6799) に示された下記の短期強度を満足している。
PVC=45MPa、PE=6.2×3=18.6MPa、PE-GF(周)=40MPa、PE-GF(軸)=24MPa。

(2) 速度依存性

引張強度は試験速度の影響を受け、試験速度が遅くなるほど強度が低下する。PVC と比較して PE と PE-GF では強度低下の度合いが大きい。

(3) 材料異方性

PE-GF は周方向と軸方向とで引張強度ならびに弾性係数が異なる。PVC、PE は切出し方向による異方性は認められず、周方向と軸方向とで同等の値を示す。

2) ノルリング引張試験および内圧負荷試験

2.1) 目的

1) 材料引張試験 に示したとおり、PVC、PE、PE-GF は管体から引張試験片を切り出して引張強度を確認することができるが、FRPM は複合材料であるためダンベル型試験片の切り出しによる引張試験が難しく、その代替としてノルリング引張試験を実施する。基準強度を確認するとともに、試験速度を変化させて材料強度の速度依存性についても検証を行う。

試験対象は FRPM であるが、均質材料の PVC でも実施し、ダンベル試験片の結果と比較することで試験方法の妥当性を確認する。

また、PVC と FRPM については管に内水圧を負荷して破壊する際の材料強度を確認するとともに、内圧試験用の供試管と同じ原管から試験片を切り出したノルリング引張試験と結果を比較することで、内圧による引張特性を比較的簡易に再現できる試験方法の評価を行う。

2.2) ノルリング引張試験

(1) 試験方法

ノルリングを用いた引張試験は、JIS K 7037「プラスチック配管系—ガラス繊維熱硬化性プラスチック (GRP) 管—見掛けの初期周方向引張強さの求め方」(ISO8521 を基とする) の B 法にしたがい、図 3.2.1 に示す分割板を用いた試験方法用のリングを切り出して実施した。

試験は JIS K 7037 に示された下記の条件で実施した。

- ① 荷重負荷後 1 分から 3 分の間に破壊が生じるように分割板を一定速度で引き離す。
- ② 分割板の直径は、試験用リングの直径の 98% 以上とする。
- ③ 試験用リングには円周方向に 1 箇所の切欠き (ノッチ) を設ける。

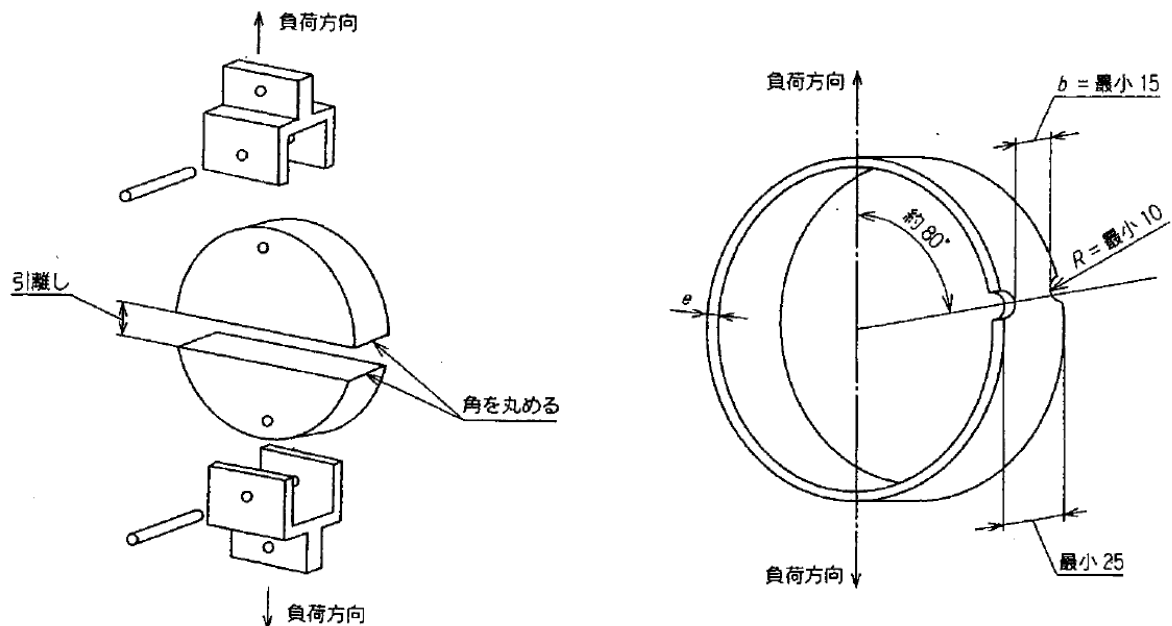


図 3.2.1 試験装置（分割板）および試験用リングの形状

(2) 試験片

呼び径 450PVC 管 (VU) および呼び径 450FRPM 管 (内圧 3 種) を供試管とし、試験片の寸法を図 3.2.2 に示す。試験片は幅 40mm のリングで、円周方向の 1 箇所 R10 (深さ 5mm) のノッチ部を設け、ノッチ周辺に 6 点のひずみゲージを貼付した。

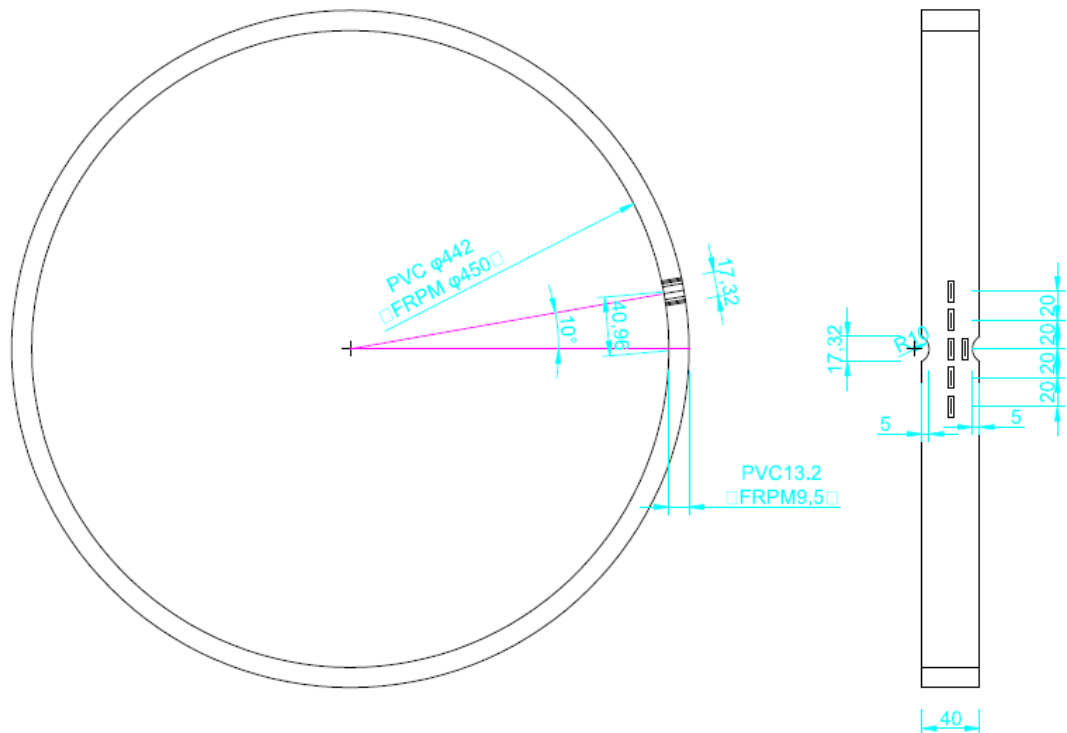


図 3.2.2 試験用リングの寸法

(3) 試験ケース

ノルリング引張試験は表 3.2.1 に示す 12 ケースについて実施する。

表 3.2.1 ノルリング引張試験ケース

管種	試験 No.	ノッチ位置	試験速度	備考
PVC	PVC-N1	90°	5.0mm/min	←後述の 2.3) 内圧負荷試験のひずみ速度相当
	PVC-N2	80°	5.0mm/min	
	PVC-N3	80°	0.5mm/min	
	PVC-N4	80°	0.05mm/min	
	PVC-N5	80°	1.5mm/min	
	PVC-N6	80°	0.01mm/min	
FRPM	FRPM-N1	80°	10mm/min	←後述の 2.3) 内圧負荷試験のひずみ速度相当
	FRPM-N2	80°	1.0mm/min	
	FRPM-N3	80°	0.1mm/min	
	FRPM-N4	80°	0.01mm/min	
	FRPM-N5	80°	1.0mm/min	←FRPM-N2 と同じ条件
	FRPM-N6	80°	0.01mm/min	←FRPM-N4 と同じ条件

試験手順と実施状況を図 3.2.3～図 3.2.11 に示す。



図 3.2.3 $\phi 450$ PVC リングを分割板にセット



図 3.2.4 試験用リング準備完了

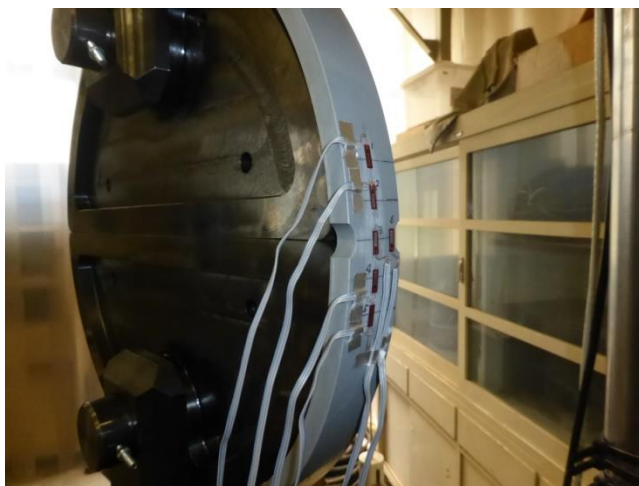


図 3.2.5 試験 No.PVC-N1（ノッチ 90° 位置）の設置状況



図 3.2.6 試験 No.PVC-N1（ノッチ 90° 位置）の破断状況

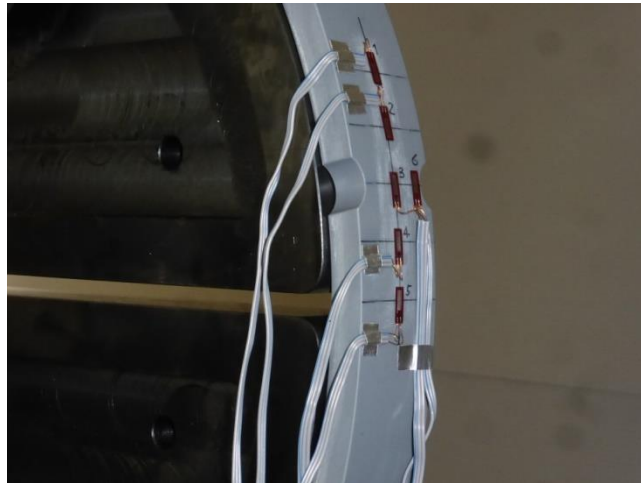


図 3.2.7 試験 No.PVC-N2（ノッチ 80° 位置）の設置状況

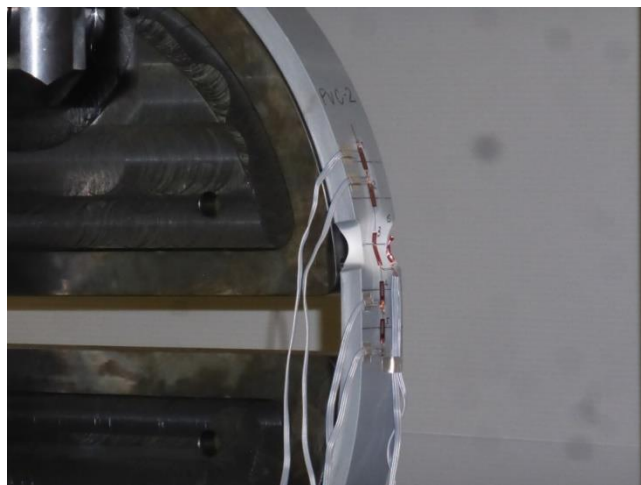


図 3.2.8 試験 No.PVC-N2（ノッチ 80° 位置）の破断直前の状況



図 3.2.9 試験 No.FRPM-N1（ノッチ 80° 位置）の設置状況

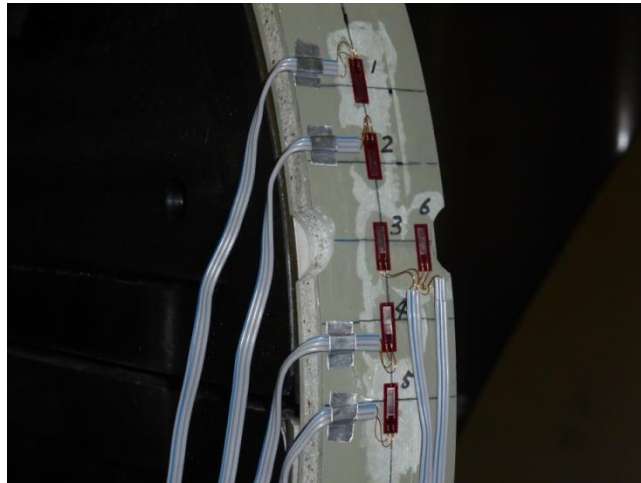


図 3.2.10 試験 No.FRPM-N1 のノッチ部分



図 3.2.11 試験 No.FRPM-N1 の破断後の状況