

1.5.2) 長期偏平クリープ剛性試験結果

試験は 10,000 時間にわたり一定荷重を保持した。得られた値を以下に示す。

初期垂直変位の異なる 2 条件を 4 種類の管種ごとにまとめ、経過時間と垂直変位の関係を図 1.5.6 ～図 1.5.9 に示す。

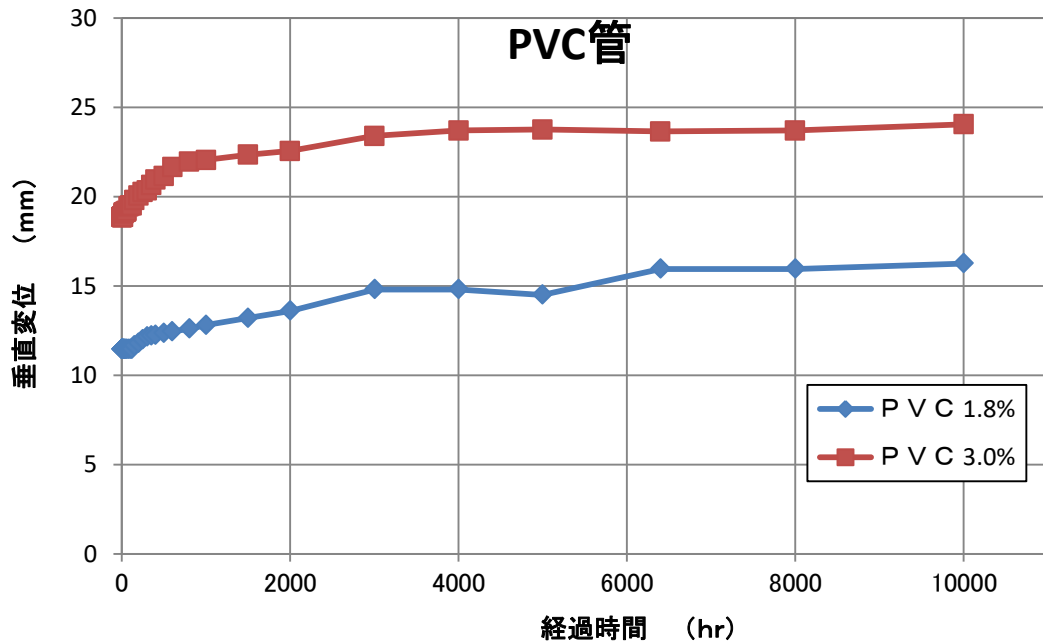


図 1.5.6 PVC の経過時間と垂直変位の関係

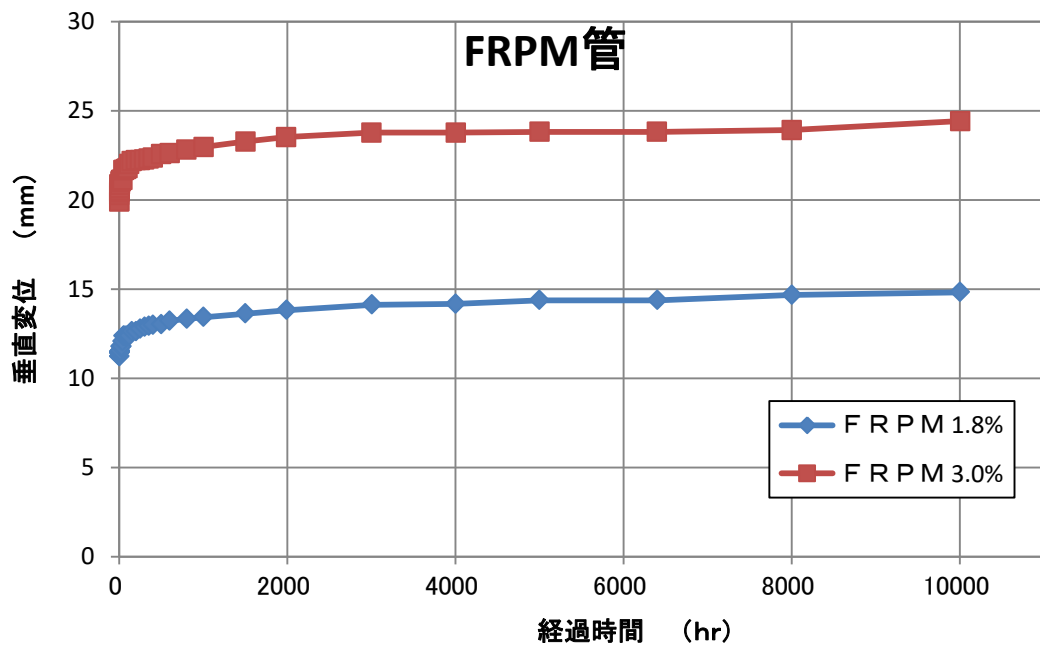


図 1.5.7 FRPM の経過時間と垂直変位の関係

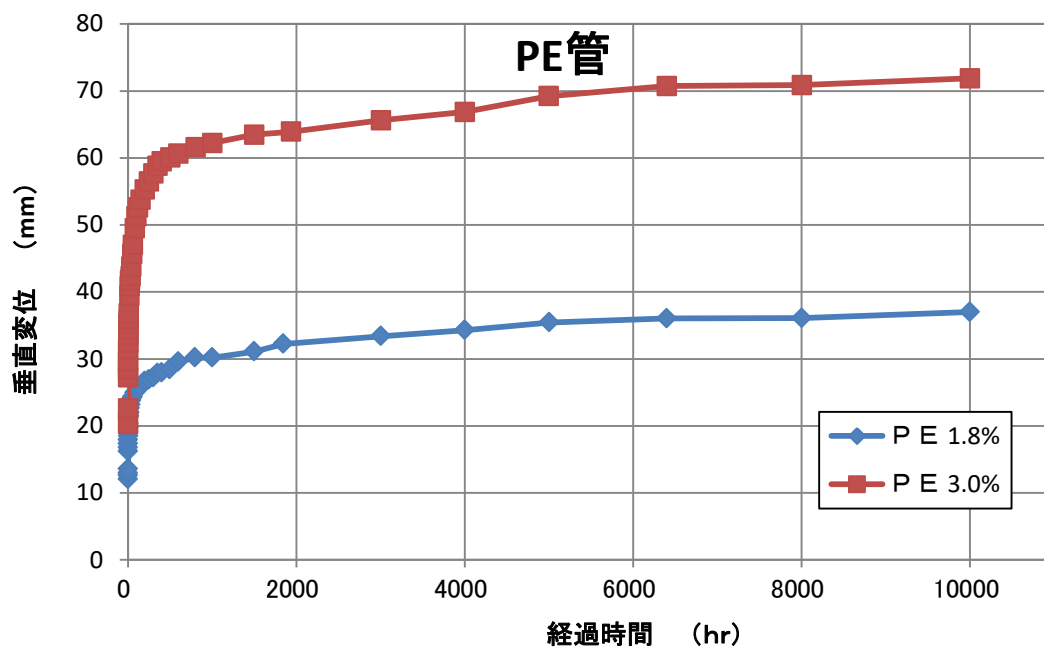


図 1.5.8 PE の経過時間と垂直変位の関係

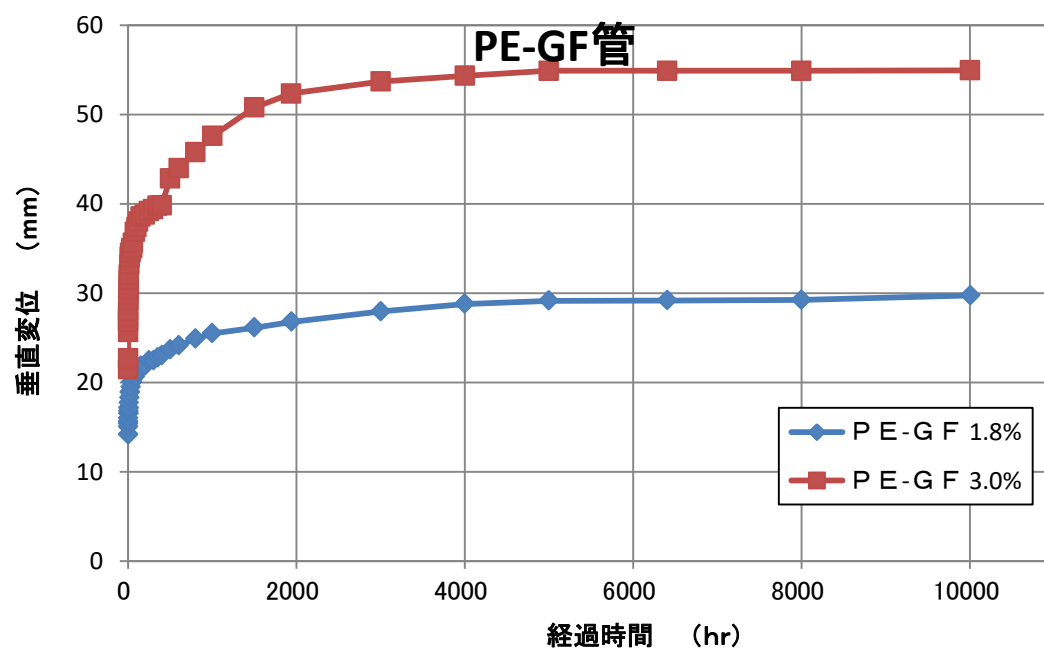


図 1.5.9 PE-GF の経過時間と垂直変位の関係

1. 5. 3) 供試管の発生ひずみ

初期垂直変位の異なる 2 条件を 4 種類の管種ごとにまとめ、経過時間と管頂・管底ひずみの関係を図 1.5.10 に、経過時間と管側ひずみの関係を図 1.5.11 に示す。

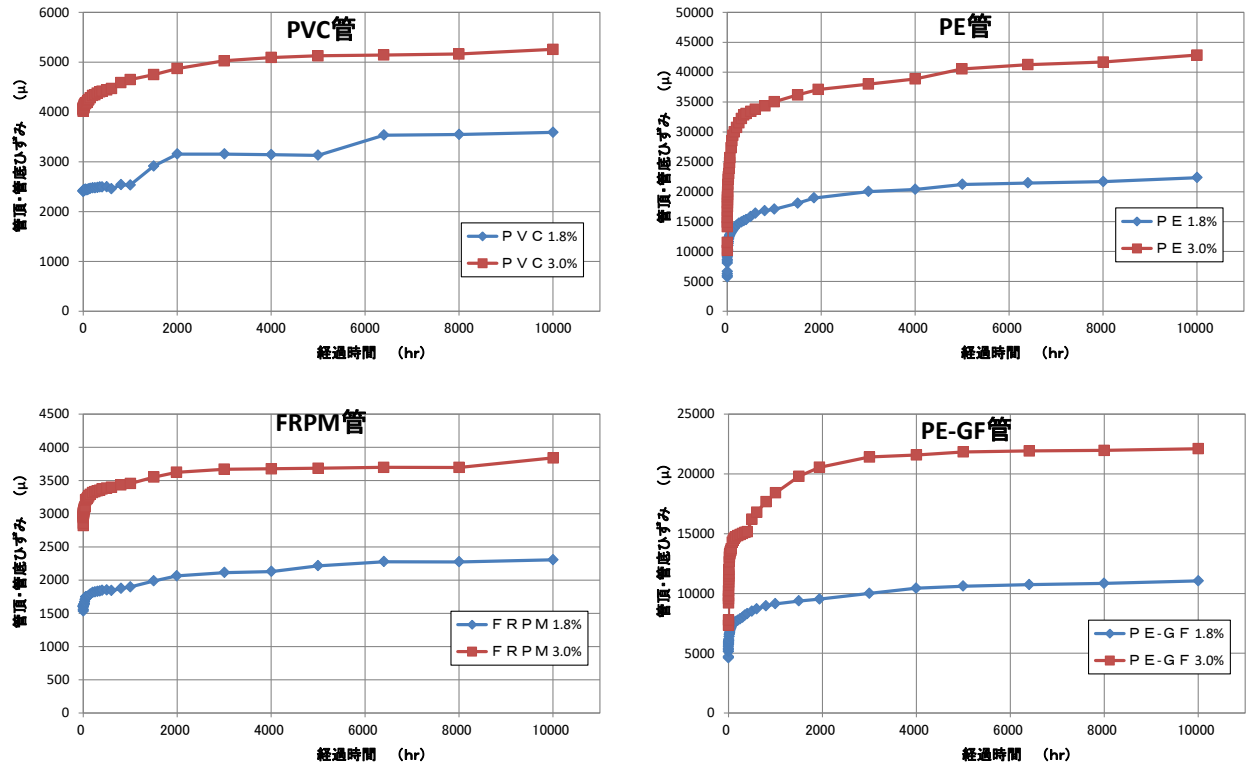


図 1.5.10 経過時間と管頂・管底ひずみ(4 点の平均値)の関係

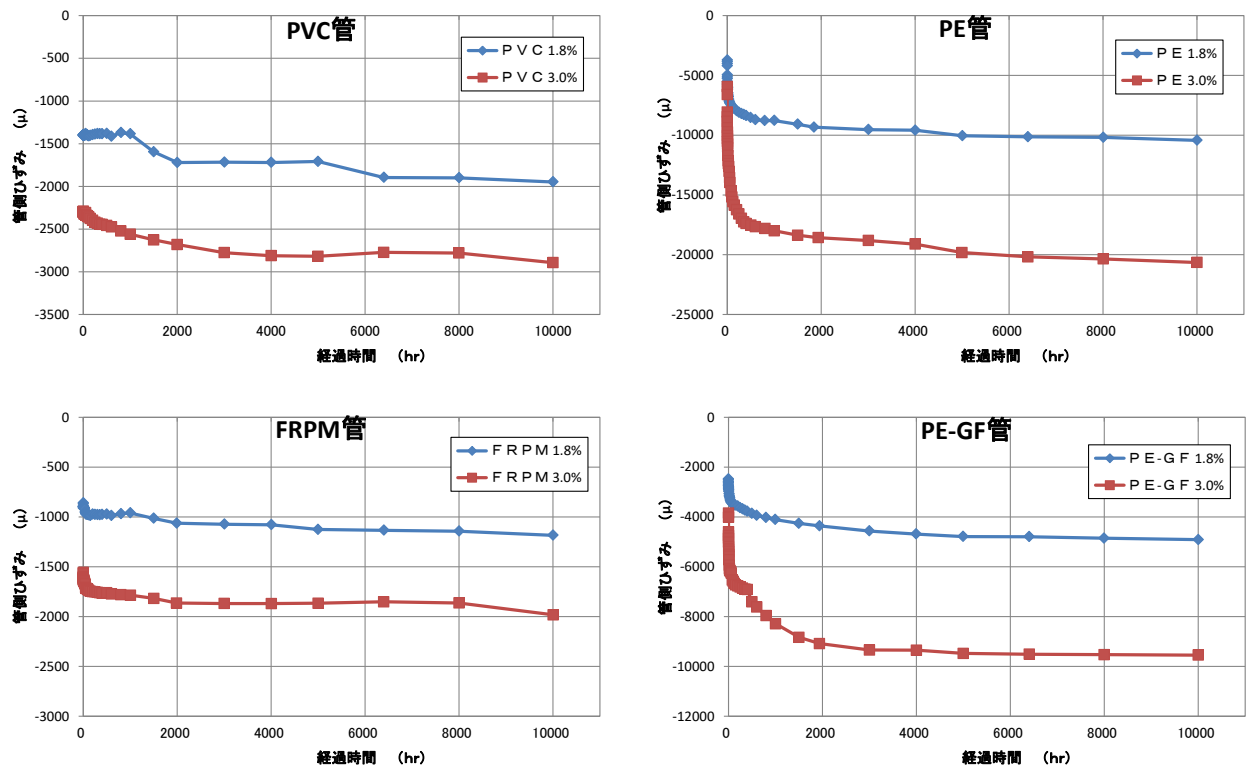


図 1.5.11 経過時間と管側ひずみ(2 点の平均値)の関係

初期垂直変位の異なる 2 条件を 4 種類の管種ごとにまとめ、経過時間と管側部から斜め 30° ひずみの関係を図 1.5.12 に、経過時間と管側部から斜め 60° ひずみの関係を図 1.5.13 に示す。

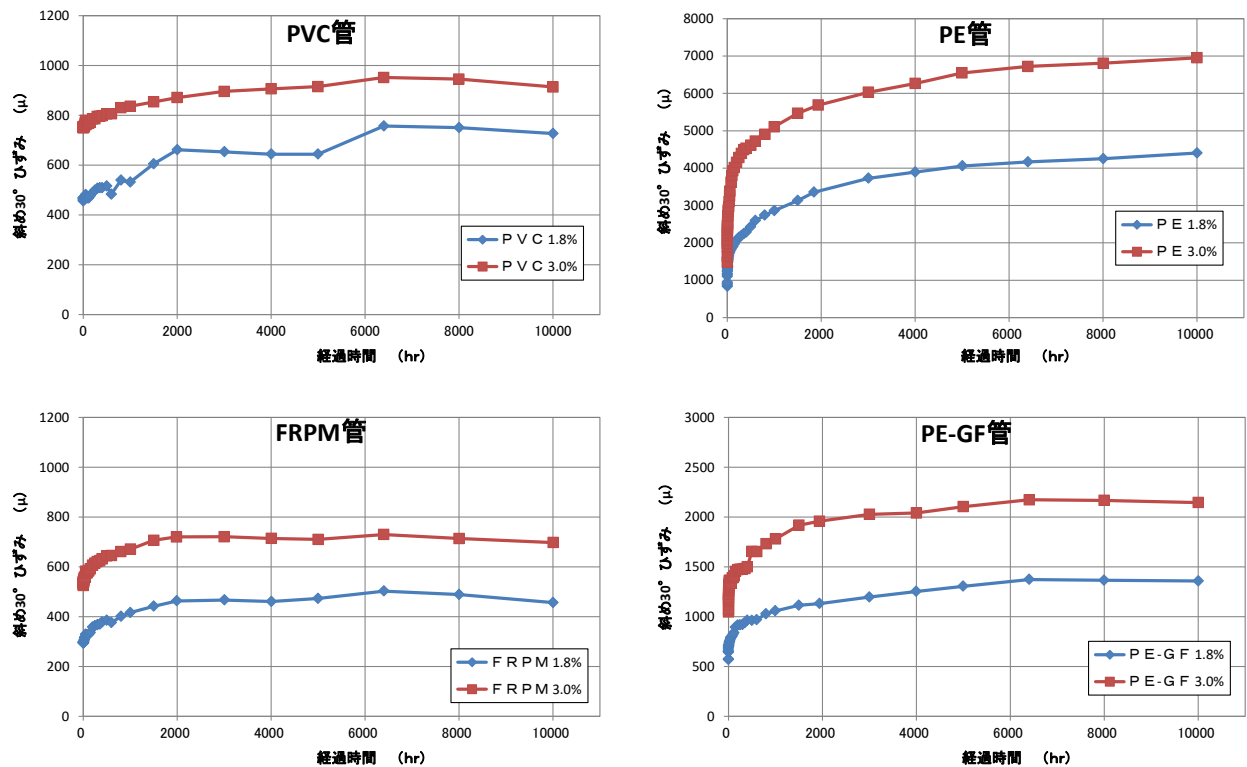


図 1.5.12 経過時間と管側部から斜め 30° ひずみ (2 点の平均値) の関係

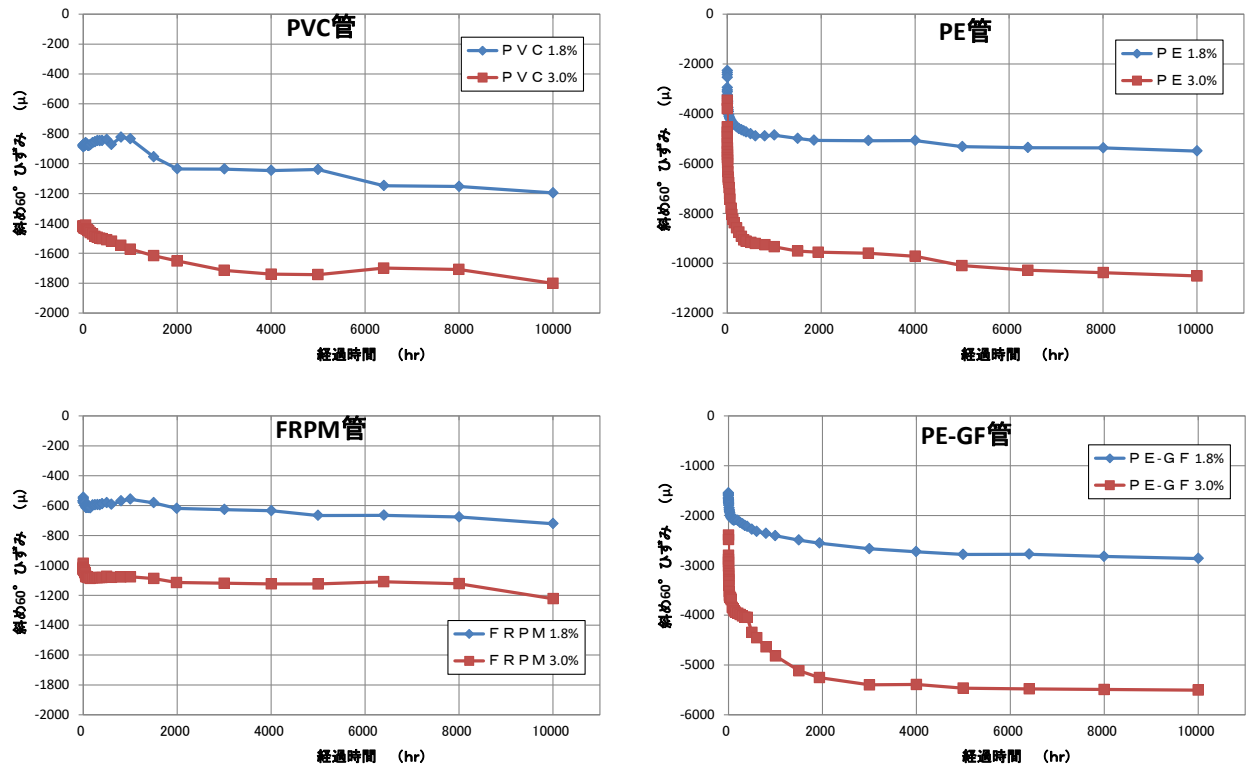


図 1.5.13 経過時間と管側部から斜め 60° ひずみ (2 点の平均値) の関係

1.5.4) 試験室内の温度変化

試験実施期間を通して、恒温室内の温度を試験装置近傍の4箇所で計測した。結果を図 1.5.14 に示す。

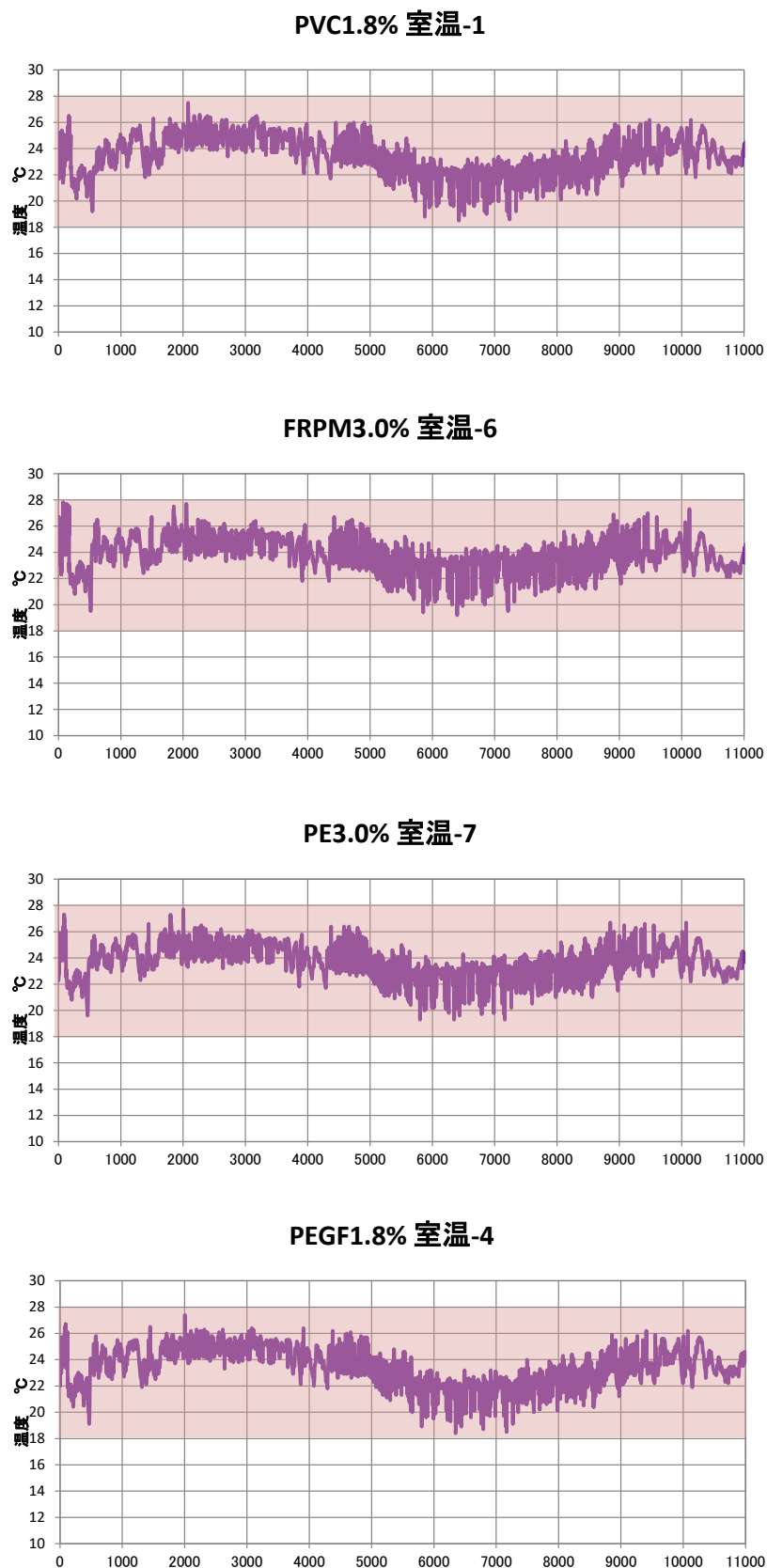


図 1.5.14 経過時間と恒温室内温度の関係

1. 6) 回帰分析

長期偏平クリープ剛性の回帰分析方法は、JIS K 7020-1998 (2018 確認)「ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管及び継手—回帰分析及びその使用」(ISO10928) に示された方法 B (直線回帰)、方法 C (2 次曲線回帰) ならびに 2 直線を用いた回帰 (以下、方法 B' という)、の 3 案が提示され、それぞれの方法により算出した結果を併記する。

回帰分析のイメージは図 1.6.1 に示すとおりであり、10,000 時間までの計測データから 50 年後 (438,000 時間後) を推定する。

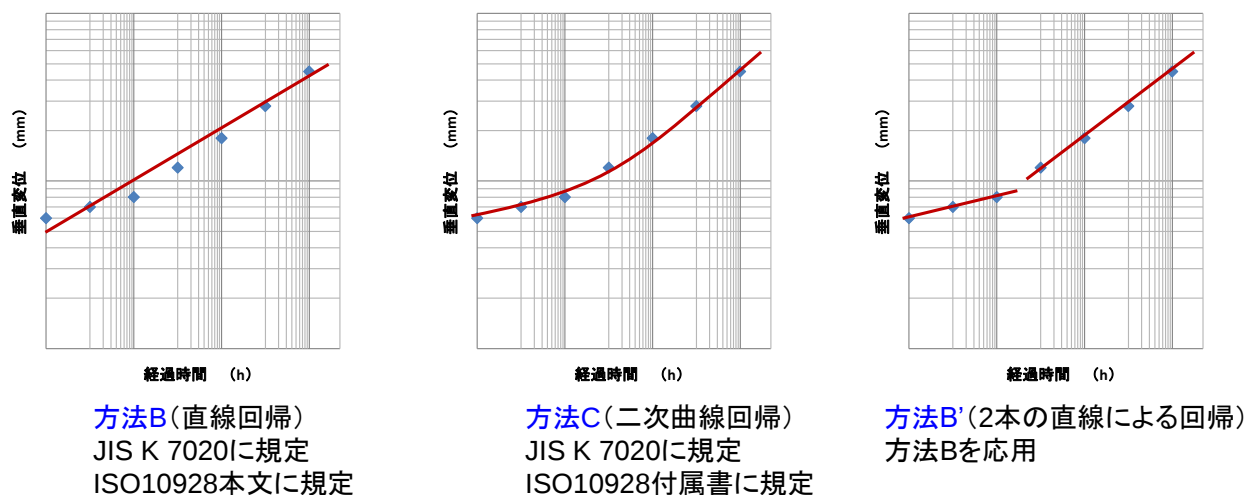


図 1.6.1 経過時間～垂直変位の回帰分析 (3 案) のイメージ

1. 6. 1) 関数関係を求める手順

(1) 方法Bおよび方法B'

回帰式は、次の一次多項式とする。

なお、方法B' については 2 つの回帰式のうち後半の直線を用いて評価する。

$$y = a + b \times x \quad \dots (1 \text{ 式})$$

$$\log_{10} \delta = a + b \times \log_{10} T$$

ここに、 y : 観察特性値（垂直変位 δ ）の対数（log）

a : y 軸の切片

b : 直線の傾き（ x の一次の係数）

x : 時間 T の対数（log）

(2) 方法C

回帰式は、次の二次多項式とする。

$$y = c + d \times x + e \times x^2 \quad \dots (2 \text{ 式})$$

$$\log_{10} \delta = c + d \times \log_{10} T + e \times (\log_{10} T)^2$$

ここに、 y : 観察特性値（垂直変位 δ ）の対数（log）

c : y 軸の切片

d, e : x の一次および二次の係数

x : 時間 T の対数（log）

1.6.2) 回帰式

回帰式は1.6.1)の(1式)または(2式)で与えられる。

10,000 時間までの計測データから 8 ケースの経過時間 T と垂直変位 δ の関係を表す係数「 c 、 d 、 e 」または「 a 、 b 」を算出し、表 1.6.1 に示す。

表 1.6.1a 方法 B (直線) による回帰式の係数

管種	条件	a	b		備考
PVC	1	1.8%	1.03798	0.02719	回帰式： $\log_{10} \delta = a + b \times \log_{10} T$ δ : 垂直変位 (mm) T : 経過時間 (hr)
	2	3.0%	1.26193	0.02437	
FRPM	1	1.8%	1.04898	0.02589	
	2	3.0%	1.30612	0.01797	
PE	1	1.8%	1.22326	0.08709	
	2	3.0%	1.46346	0.10850	
PE-GF	1	1.8%	1.18742	0.07015	
	2	3.0%	1.41832	0.08191	

表 1.6.1b 方法 C (二次多項式) による回帰式の係数

管種	条件	c	d	e	備考
PVC	1	1.8%	1.04757	-0.01091	回帰式： $\log_{10} \delta = c + d \times \log_{10} T + e \times (\log_{10} T)^2$ δ : 垂直変位 (mm) T : 経過時間 (hr)
	2	3.0%	1.26804	-0.00033	
FRPM	1	1.8%	1.05313	0.00939	
	2	3.0%	1.30791	0.01058	
PE	1	1.8%	1.22325	0.08706	
	2	3.0%	1.45945	0.12472	
PE-GF	1	1.8%	1.19214	0.05103	
	2	3.0%	1.42168	0.06837	

表 1.6.1c 2 直線 (後半の直線) による回帰式の係数

管種	条件	a	b		備考
PVC	1	1.8%	0.878708	0.080815	回帰式： $\log_{10} \delta = a + b \times \log_{10} T$ δ : 垂直変位 (mm) T : 経過時間 (hr)
	2	3.0%	1.194773	0.048228	
FRPM	1	1.8%	1.022059	0.036084	
	2	3.0%	1.297738	0.021292	
PE	1	1.8%	—	—	
	2	3.0%	—	—	
PE-GF	1	1.8%	1.170616	0.077183	
	2	3.0%	1.629263	0.028651	

1.6.3) 外圧クリープ試験の結果分析

10,000 時間経過後までのデータをもとに、3 通りの回帰分析による管種ごとのクリープ係数、相関係数をまとめて表 1.6.2 に示す。

表 1.6.2 クリープ係数と相関係数のまとめ

管種	条件	方法 B 注1)		方法 C 注1)		方法 B' 注2)	
		クリープ係数 α_{50}	相関係数 r	クリープ係数 α_{50}	相関係数 r	クリープ係数 α_{50}	相関係数 r
PVC	1.8%	0.7376	0.7815	0.5185	0.9583	0.5533 ^(剛性比) 0.5303 ^(たわみ比)	0.9766
	3.0%	0.7518	0.8779	0.6140	0.9861	0.6771 ^(剛性比) 0.6317 ^(たわみ比)	0.9857
FRPM	1.8%	0.7167	0.9479	0.5989	0.9957	0.6614 ^(剛性比) 0.6532 ^(たわみ比)	0.9908
	3.0%	0.7798	0.9742	0.6827	0.9954	0.7194 ^(剛性比) 0.7483 ^(たわみ比)	0.9832
PE	1.8%	0.2323	0.9986	0.2518	0.9986	方法 B による	
	3.0%	0.1359	0.9889	0.1958	0.9917	同上	
PEGF	1.8%	0.3708	0.9860	0.2698	0.9953	0.3119	0.9962
	3.0%	0.2675	0.9899	0.2303	0.9934	0.3256	0.9941
回帰式		直線回帰		2 次曲線回帰		2 直線による回帰	
備考		JIS K 7020 (ISO10928 本文) に示された方法 (担当: 積水)		JIS K 7020 (ISO10928 付属書) に示された方法。 観測値との相関は方法 B より高い。 (担当: クボタ)		勾配変化のあるデータを方法 B より精度よく推定。 (担当: 栗本) PVC、FRPM (担当: ダイワ) PEGF	

注1) JIS K 7020:1998 (2018 確認) ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管及び継手一回帰分析法及びその使用

注2) 方法 B' のクリープ係数および相関係数は、管種ごとに下記の区間を対象として求めている。

PVC : 100hr~10,000hr FRPM : 50hr~10,000hr
 PEGF1.8 : 14.95hr~10,000hr PEGF3.0 : 1,500hr~10,000hr