

水道用ポリエチレン二層管の 長期 (100 年) 寿命の考察

(内圧クリープ試験による100年耐久性の評価)

平成 30 年 5 月

1. はじめに

本報告書は、「給水用ポリエチレン管の耐久性」に関する京都工芸繊維大学西村研究室と日本ポリエチレンパイプシステム協会との共同研究に於ける報告の「第3部：水道用ポリエチレン二層管の長期(100年)寿命の考察(内圧クリープ試験による100年耐久性の評価)」である。

本報に於ける報告内容は、ポリエチレン管の長期寿命は、従来50年としてきたが、近時欧米に於いては数十年～100年間は必要と考えられている¹⁾。2012年発行のISO 9080²⁾は、100年時の強度の推定を可能としたので本ISOを適用し給水用ポリエチレン二層管の長期寿命(100年)を考察したものである。

注)本稿に記載の水道用ポリエチレン二層管はJIS K 6762に規定されている1種管である。

2. 水道用ポリエチレン二層管の長期(100年)寿命評価

2.1 水道用ポリエチレン二層管のクリープ強度

ポリエチレンは、その特性である粘弾性により継続的に一定の外力を負荷すると変形が進行する事が知られておりこの現象はクリープと呼ばれている。水道用ポリエチレン二層管には常に水道水を供給する為に内圧が加えられておりこの内圧により、管壁に円周応力が発生する。従って、水道用ポリエチレン二層管の長期(100年)寿命は、実使用温度(一般的には20℃)下において100年時で管が破損する円周応力を求める事で得られる。

2.2 水道用ポリエチレン二層管の長期(100年)クリープ強度の推定

クリープ変形は、高温ほど生じ易く、またその変形の度合いも大きい。本現象に基づき実使用温度より高い温度で内圧クリープ試験を実施する事で、実使用温度に於ける測定データを長時間側へ延長する事が可能となる。長期(100年)クリープ強度を推定する為、長時間側への外挿方法がISO 9080:2012²⁾として規定されている(「試験方法については、第1部；給水ポリエチレン管の耐久性及び長期強度評価法4.1熱間内圧試験法」日本ポリエチレンパイプシステム協会【技術資料No.17-01】を参照)。

以下に得られたデータをISO 9080:2012に基づき解析した結果を示す。

1) 変曲点発現の有無確認

2水準以上の温度で9,000時間以上の試験を実施し、高温側のクリープ線図に変曲点(クリープ線図の傾きが変化する点)の有無を確認する。

変曲点が現れた場合は、その時間(変曲点が現れた時間)までのデータしか外挿に適用できない。

(当協会々員提出の各水道用ポリエチレン二層管に関して)

Gastec社(現Kiwa Gastec Certification)において、2水準の温度(20、80℃)下で12,013時間の熱間内圧クリープ試験を実施した。結果として、何れの水道用ポリエチレン二層管も変曲点は示さなかった。従って、12,013時間までのデータが外挿に適用できる事が確認された。図-1に内圧クリープ試験の一例を示す。

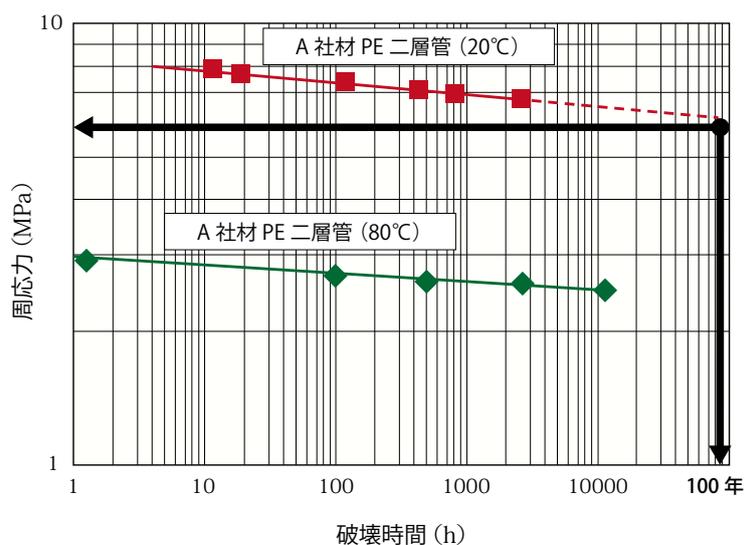


図-1 内圧クリープ試験結果 (一例)

2) 外挿時間範囲の確認

(1)式にて ΔT (実験温度差)を計算し、得られた ΔT と表-1より外挿時間係数 k_e を求める。

$$\Delta T = T_t - T \quad \text{----- (1)}$$

ここで

T_t : 外挿時間係数 k_e を適用する温度 (°C) $T_t \leq T_{t,max}$

$T_{t,max}$: 最高試験温度 (°C)

T : 外挿温度 (°C) $T_s \leq T$

T_s : 実使用温度 (°C)

表-1 ΔT と k_e の関係

ΔT (°C)	k_e	ΔT (°C)	k_e
10 以上 15 未満	2.5	30 以上 35 未満	18
15 以上 20 未満	4	35 以上 40 未満	30
20 以上 25 未満	6	40 以上 50 未満	50
25 以上 30 未満	12	50 以上	100

次に (2) 式より外挿時間 t_e を計算する。

$$t_e = k_e \times t_{t,max} \quad \text{----- (2)}$$

ここで

$t_{t,max}$: 破壊までの5点の長時間の対数を平均した最長試験時間

(当協会々員提出の各水道用ポリエチレン二層管の外挿時間に関して)

ΔT は(80°C - 20°C) 60°Cであり、また変曲点も認められなかったため、外挿時間係数100を適用し、(2)式より表-2に示す外挿可能時間が得られた。

表－２ 水道用ポリエチレン二層管の外挿可能時間

水道用ポリエチレン二層管	外挿可能時間 (年)
A	135
B	124
C	123
D	135

これから当協会々員提出の何れの水道用ポリエチレン二層管とも実使用温度（20℃）下で100年時のクリープ強度の外挿が可能である事がわかった。

3. 水道ポリエチレン二層管の長期（100年）クリープ強度の評価

1) Gastec社にて得られたデータを用い、ISO 9080:2012に従って(3)式より20℃、50年時及び100年時のクリープ強度を求めた。

$$\log t = C_1 + C_2 / T + C_3 \log \sigma / T \quad \text{----- (3)}$$

ここで

- t：試験時間 (hr)
- C1、C2、C3：試験より得られる係数
- σ：円周応力 (MPa)
- T：温度 (K)

2) ISO 12162:2009³⁾に従って分類した各水道用ポリエチレン二層管のクリープ強度を表－3に示す。

表－3 水道用ポリエチレン二層管のクリープ強度 (MPa)

給水用 PE 二層管	20℃		
	σ LPL 50years	σ LPL 100years	CRS 100years
A	5.9	5.8	5
B	5.8	5.7	
C	5.6	5.5	
D	5.9	5.8	

注1 σ LPL 20℃,50 years、σ LPL 20℃,100years は、実験データのバラツキを考慮し97.5%の下方信頼限界値で示した20℃、50年、100年時の実験より求めたクリープ強度。(LPL：lower confidence limit of the predicted hydrostatic strength)

注2 CRS 20℃,100years は、ISO 12162:2009³⁾のAnnex A表-A.1に規定された20℃、100年時のクリープ強度。(CRS θ,t：categorized and required strength at temperature θ and time t)

4. まとめ

表-3 から明らかな様に、20℃、100年時クリープ強度（5.5～5.8MPa）は、ISO 12162:2009 に規定のクリープ強度 5MPa を上回っている。また水道用ポリエチレン二層管の実使用上の最大許容圧力は 1MPa（使用圧 0.75MPa、水撃圧 0.25MPa）として、1種管のうち発生する円周応力が最大となる呼び径 50 の円周応力は 3.5MPa であり、十分な長期クリープ強度を有しているといえる。

5. 参考文献

- 1) 西村寛之；成形加工 第 20 巻第 11 号 2008
- 2) ISO 9080:2012 Plastic piping and ducting systems – Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation
- 3) ISO 12162:2009 Thermoplastics materials for pipes and fittings for pressure applications- Classification, designation and design coefficient

水道用ポリエチレン二層管の長期（100年）寿命 技術資料

平成30年9月3日 初版発行

編集 日本ポリエチレンパイプシステム協会 技術委員会

発行 日本ポリエチレンパイプシステム協会

〒103-0007 東京都中央区日本橋浜町3丁目3番2号

TEL 090-3302-3725 FAX 03-5695-3189

非売品 不許転載

本技術資料記載の内容については変更することがありますのでご了承ください