

水道配水用ポリエチレン管路の耐震性評価（Ⅲ）

管軸方向加振試験による水道配水用ポリエチレン管の耐震性能評価（加振後の性能試験）

○大室 秀樹（配水用ポリエチレンパイプシステム協会） 栗山 卓（山形大学）
塩浜 裕一（配水用ポリエチレンパイプシステム協会） 西川 源太郎（配水用ポリエチレンパイプシステム協会）

1. はじめに

水道配水用ポリエチレン管（以下、HPPE 管と略。）の耐震性能については、（公社）日本水道協会「水道配水用ポリエチレン管に関する調査報告書」に各種性能評価結果及びレベル 2 地震動に対する許容ひずみ（ $\pm 3\%$ ）の設定根拠が記載されているが、その限界性能については定量的に把握できていない。

本研究では、地震動による耐震限界性能を検討するため、管軸方向加振試験後の供試管を用いた性能評価¹⁾を中心に報告する。

2. 試験方法

2.1 管軸方向加振試験後の引張試験

供試管として、呼び径 150 有効長 $L=250\text{mm}$ 外径 $D=180\text{mm}$ 厚さ $t=16.4\text{mm}$ (D/t , $\text{SDR}=11$) の HPPE 管を用いた。供試管は、 $23\pm 2^\circ\text{C}$ で 2 時間以上状態処理後、油圧型疲労試験機により周波数 1Hz、有効長に対して両振幅（引張、圧縮）のひずみ幅 $\Delta\varepsilon$ 、 ± 3.0 、 4.5 、 6.0 及び 8.0% （変位 $\pm 7.5\sim 20.0\text{mm}$ 相当）繰り返し伸縮を 30 回与えた後、日本水道協会規格 JWWA K 144（水道配水用ポリエチレン管）に規定する引張試験を行った。

この時の加振試験回数 30 回について、以下のように想定した。すなわち、一般社団法人日本ガス協会により発行されている「高圧ガス導管耐震設計指針」では、レベル 2 地震動に相当する等価繰り返し回数は、2011 年東日本太平洋沖地震等の海溝型で平均 5.6 回（最大で 11.24 回）、1995 年兵庫県南部地震等の内陸型で平均 2.9 回と報告されており、30 回の加振試験回数はこれらと比較して十分に余裕を見込んだ値となる。

2.2 複数回管軸方向加振試験後の引張試験

2016 年熊本地震では、観測史上初めて内陸型地震でマグニチュード 6.5 以上の地震が 28 時間の間で二度観測された。本研究では上記 2.1 と同様に 30 回の加振から 24 時間経過後に再びひずみ幅 $\Delta\varepsilon \pm 3.0$ 、 4.5 及び 6.0% の繰り返し伸縮を 30 回与えた複数回加振試験後に引張試験を行った。

2.3 管軸方向加振試験後の内圧クリープ試験

耐震性評価（I）にて、呼び径 50 及び 75 の供試管にひずみ $\Delta\varepsilon \pm 3.0\%$ を与えた場合、加振回数 1,000 回では破断しなかった（呼び径 100 は 759 回、呼び径 150 は 665 回で破断）。この供試管を用いて JWWA K 144 に規定する「内圧クリープ試験」を行った。

3. 試験結果

3.1 管軸方向加振試験後の引張試験結果

回数 $N_A=30$ 回の加振を与えた供試管より採取した試験片による引張試験結果を表 1 に示した。加振後の管材料の降伏応力および破断伸びに変化は無かった。この降伏応力の結果を、加振回数 30 回を各伸縮ひずみ条件での破断回数で除した比率 N_A/N_f と、降伏応力の比較結果を図 1 に示した。本試験で最大となる $\Delta\varepsilon = \pm 8.0\%$ の条件においても、 $N_A/N_f = 0.75$ までの累積損傷による材料性能への影響は見られないことが明らかとなった。

表 1 30 回加振後の引張試験結果

ひずみ (%)	降伏応力 (MPa)	破断伸び (%)
0*	23.7	760
± 3.0	23.8	757
± 4.5	23.8	747
± 6.0	23.6	742
± 8.0	22.7	750

※規格値 降伏強さ 20MPa 以上 破断伸び 350%以上

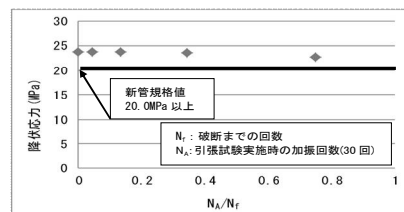


図 1 N_A/N_f と降伏応力の比較結果

水道配水用ポリエチレン管路の耐震性評価（Ⅲ）

管軸方向加振試験による水道配水用ポリエチレン管の耐震性能評価（加振後の性能試験）

3.2 複数回管軸方向加振試験後の引張試験結果

3.1 で行った回数 $N_A = 30$ 回の加振時の応力ひずみ履歴曲線を図 2 に、30 回の加振後から 24 時間に再びひずみ $\Delta\varepsilon \pm 3.0\%$ の繰り返し伸縮を 30 回与えた際の応力ひずみ履歴曲線を図 3 に示した。

30 回の加振を一度行った場合と二度行った場合の応力値は、引張、圧縮共にほぼ同一であり、複数回の加振による影響は見られなかった。

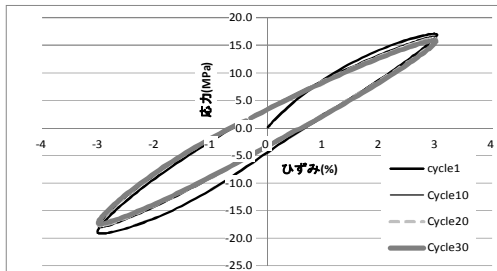


図 2 管軸方向加振試験結果 ($\Delta\varepsilon \pm 3.0\%$ 30 回 $\times 1$)

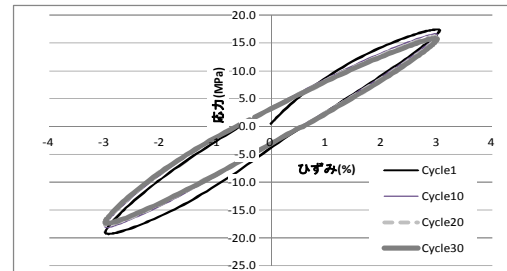


図 3 管軸方向加振試験結果 ($\Delta\varepsilon \pm 3.0\%$ 30 回 $\times 2$)

二度の加振後の供試管から採取した試験片による引張試験結果を表 2 に示した。

3.1 と同様、加振後の管材料の降伏応力および破断伸びに変化は無かった。

表 2 二度の管軸方向加振試験後の引張試験結果

ひずみ (%)	降伏応力 (MPa)	破断伸び (%)
0	23.3	752
± 3.0	23.1	765
± 4.5	23.5	714
± 6.0	24.7	744

3.3 管軸方向加振試験後の内圧クリープ試験結果

ひずみ $\Delta\varepsilon \pm 3.0\%$ 、加振回数 1,000 回を与えた呼び径 50 及び 75 の供試管の内圧クリープ試験結果を表 3 に示した。

新管に対する要求性能である JWVA K 144 規格値を満足した。尚、この試験は更に継続し、内圧クリープ強度を得る予定である。その強度と新管のそれとの差異が見られなければ、繰り返し損傷による累積損傷は管材料性能に影響を与えないことが明らかになる。

表 3 管軸方向加振試験後の内圧クリープ試験結果

呼び径	加振条件	試験条件	試験結果
50	ひずみ $\Delta\varepsilon = \pm 3.0\%$ 回数 $N_A = 1,000$ 回	試験温度 : 80°C	165 時間以上継続中。
75		試験圧力 : 1.08MPa 試験時間 : 165 時間	

4. まとめ

今回の加振試験後供給管を用いた性能評価にて、以下のことが確認できた。

- 1) 物性試験の結果、 $\pm 8.0\%$ のひずみを 30 回与えた場合でも、ひずみを与えていない新管と比較して物性低下は見られなかった（表 1 参照）。
また、破断回数の 3/4 に相当する加振を与えた場合でも、物性の低下は見られなかった（図 1 参照）。
- 2) 二度の加振試験を行った場合でも、物性の低下は見られなかったことから、2016 年熊本地震のようなレベル 2 地震動を繰り返し受けた場合でも、新管と同等の性能が確保できるものと推測できる。

参考文献

- 1) 配水用ポリエチレンパイプシステム協会: 水道配水用ポリエチレン管の耐震設計の手引き、2018