

## 水道配水用ポリエチレン管路の耐震性評価（Ⅱ）

### 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（耐震限界性能）

○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）  
 大室 秀樹（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

近年、水道やガス導管用途向けにポリエチレン管の普及が進んでいる。特に1995兵庫県南部地震においてガス用ポリエチレン管に被害がなかったと報告<sup>1)</sup>されたことから、翌年の1996年から水道用途向けにもPE100に分類される高密度ポリエチレン樹脂（HPPE/PE100）を用いた水道配水用ポリエチレン管（以下、HPPE管と略。）の採用が始まった。HPPE管の耐震性能については、（公社）日本水道協会による「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、実管を用いた管軸方向加振試験による材料性能評価を行った。

#### 2. 試験方法

供試管として、表1のHPPE管を用いた。供試管は $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ で2時間以上状態処理後、図1に示した様に、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 $\Delta\epsilon$ 、 $\pm 3.0$ 、 $4.5$ 、 $6.0$ 、 $8.0$ 及び $10.0\%$ 繰り返し伸縮を与え、管が破断するまでの加振回数を求めた。

表1 供試管の寸法

呼び径	外径D	厚さt	有効長L	L/D
50	63	5.8	88	1.39
75	90	8.2	125	
100	125	11.4	174	
150	180	16.4	250	

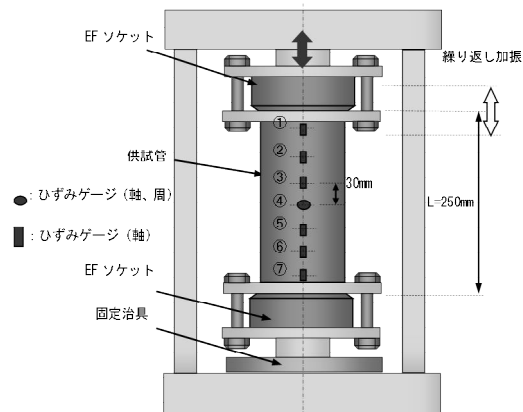


図1 管軸方向加振試験概要（呼び径150の場合）

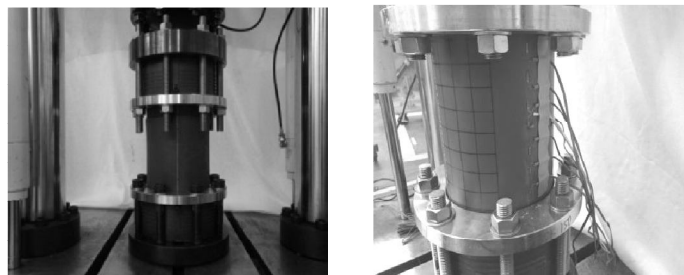


写真1 管軸方向加振動試験状況（呼び径150）

#### 3. 実験結果及び考察

繰り返し歪み振幅 $\Delta\epsilon$ と加振破断回数 $N_f$ との関係を両対数グラフで図2に示した、両者は直線関係で示され、 $\Delta\epsilon \cdot N_f^\alpha = c$  の関係が得られた。この関係は、 $\Delta\epsilon$ を非弾性ひずみ $\Delta\epsilon_p$ としたときの鋼材の低サイクル疲労則として知られているCoffin-Manson則と類似し、粘弾性体であるHPPE管においても累積損傷による破壊が示唆される。

## 水道配水用ポリエチレン管路の耐震性評価（Ⅱ）

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（耐震限界性能）

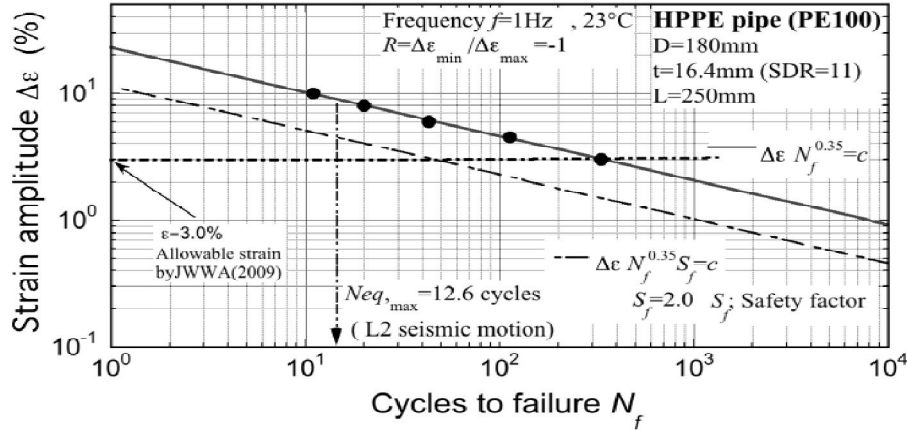


図2 管軸方向伸縮ひずみと管破断加振回数との関係（呼び径 150 の場合）

一般社団法人日本水道協会「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版」に準じた耐震計算によると、レベル 2 地震動による HPPE 管に生じるひずみは、地盤の不均一度係数  $\eta$  を 2（極めて不均一）とした厳しい条件で常時荷重によるひずみを加えて、最大約 1.6% となる。

他方で、一般社団法人日本ガス協会が発行する「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 回とされている。これらを図 2 の加振試験の結果に対応させ照査すると、例えば、HPPE 管のレベル 2 地震動に対する許容ひずみ  $\pm 3\%$  ひずみでは、最大等価繰返し回数 12 回に対して、 $N_f \approx 600$  回となり 50 倍程度の加振回数裕度を持つことがわかる。また、この関係より、図 2 中の一点鎖線に示す耐震設計性能ラインを定めることができる。これより、現行の HPPE 管のレベル 2 地震動に対する許容ひずみ  $\pm 3\%$  ひずみは、終局限界状態に対して安全係数  $C_f \approx 2.0$  にあることがわかる<sup>2)</sup>。

管口径を小さくさせた試験においても、図 2 に示された Coffin-Manson 則（直線関係）が成立し、そのときの口径減少による各直線は僅かに右側に移動し、より安全側（高性能側）となる結果が得られた。また、供試管の両端に EF ソケットを融着して油圧試験装置と拘束・固定し、EF 接合の影響を検討したが、この結果も EF 接合部が破断することはなく、供試管の中央付近に EF ソケットを設けた場合においても管体部で破損した。

#### 4. まとめ

レベル 2 地震動を模擬した管軸方向加振試験結果より、以下の耐震限界性能の知見が得られた。

- 1) HPPE 管（呼び径 50～150）のレベル 2 地震動に対する許容ひずみ  $\pm 3\%$  では、最大等価繰返し回数 12 回に対して、 $N_f \approx 600$  回となり 50 倍程度の加振回数裕度を持つ。すなわち、現行の HPPE 管のレベル 2 地震動に対する許容ひずみ  $\pm 3\%$  は、管体の持つ終局限界状態に対して安全係数  $C_f \approx 2.0$  にあることを明らかにした。
- 2) EF 接合部を設けた HPPE 管路を模した試験において、いずれも EF 接合部からの破断は無く管体破断となった。このときの管路破壊加振回数も管単独のそれらと同等となり、EF 接合部の耐震性能は、管同等もしくはそれ以上であることを明らかにした。

#### 参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：天然ガス供給体制の強靱化、平成 26 年 5 月 19 日
- 2) 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