

管軸方向加振試験による流体輸送用 ポリエチレン管路の耐震性能に関する研究

大室 秀樹¹・ 鎌田 泰子²・ 栗山 卓³

¹正会員 神戸大学大学院工学研究科 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail: 175t753t@stu.kobe-u.ac.jp

²正会員 神戸大学大学院工学研究科 准教授 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail: kuwata@kobe-u.ac.jp

³正会員 山形大学大学院有機材料システム研究科 教授 (〒992-8510 山形県米沢市城南 4-3-16)

E-mail: t-kuri@yz.yamagata-u.ac.jp

水道、工業用水、農業用水等の流体輸送用ポリエチレン管路に対する耐震性能の評価手法として、一体構造管路の場合は応答変位法により求めた管軸方向に作用する地盤ひずみに対して管路の許容ひずみと比較することで照査している。本研究では当該ポリエチレン管に関して、地震動を模した管軸方向の加振試験を行うことで限界性能を評価した。その結果、過去に観測された地震から算出された等価繰返し回数に対して 25~50 倍程度の加振回数裕度を有することが明らかになった。またポリエチレン管は鋼管と比較して材料剛性が小さく、施工時や供用中の他工事で外面を損傷することが懸念されるため、傷が生じた場合の耐震性能も評価したが、内水圧を長期間負荷することを想定して設定された傷の許容値の範囲では耐震性能に影響しないことも確認できた。

Key Words: polyethylene pipe, seismic performance, cyclic tensile and compression load test

1. 緒言

水道配水用途向けに普及が進んでいる高性能高密度ポリエチレン (HDPE100) 樹脂を原料としたポリエチレン管 (以下、PE 管と略。) は、表-1 に示すように柔軟で破断伸びが大きい材料特性を持つ。加えて、写真-1 に示す管と同種材料の継手が電気融着接合 (Electro Fusion Jointing) された一体構造管路として供与される。この PE 管は近年発生した大規模地震においても地盤条件に関わらず地震動による被害は報告されていない。

日本国内の水道配水用途向け PE 管は、すべての管外径 D について、基準外径 D と管厚 t の比 $SDR=11$ ($D/t=SDR$, Standard Dimension Ratio, 以下、SDR と略。) としたものが規格化されている。そもそも、SDR は PE100 材料のもつ長期静水圧強度下側予測限界 σ_{LPL} から求められた最小要求強度 MRS と使用圧力及び設計係数から定められたものである。そのため、筆者らは、国内の水道配水用途向けとして、これら SDR 一定の供試管に関して耐震性評価を実施してきた^{2,3)}。

しかしながら、材料の長期性能の高い材料であれば、

SDR を大きく (同一外径に対して管厚を薄く) することも可能であるうえ、水道用途以外の埋設流体輸送内圧管では、国際規格に準じた水圧や埋設条件等の使用条件に合わせ、SDR の大きな PE 管も実際に供試されている。ただし、この場合の耐震性評価について不明な点を残している。

他方で、PE 管の地震動に対する許容ひずみは、一方一回載荷 (引張) 条件での材料力学特性を基礎としている。そのため、SDR の相違、もしくは環剛性差のある電気融着継手部の影響など、管体及び管路の形状寸法効果は、許容ひずみに直接反映されていない。とくに、PE 管では、長期にわたる腐食等の化学的な影響がほとんど無いため、材料の短期的力学的特性はほとんど変化しないが、50 年を超える内圧クリープ変形により、管厚さの変化から SDR の増加をもたらすことが予想される。このような、管寸法変化による PE 管路の耐震性能の把握は、より一層の管体長期性能の安全確保のため、重要なものとなる。また、PE 管の施工時及び敷設後の供用中においても他工事による外面損傷の他工事による外面損傷についても、長期クリープ強度に関して、管厚の

表-1 PE100樹脂を用いたポリエチレン管の主な物性

項目	性能	試験方法
密度	0.942 g/cm ³ 以上	JIS K 7112
引張降伏強さ	19.6 MPa以上	JIS K 7161
引張破断伸び	350%以上	JIS K 7161
引張弾性率	1300MPa	JIS K 7161
曲げ弾性率	1000MPa	JIS K 7171

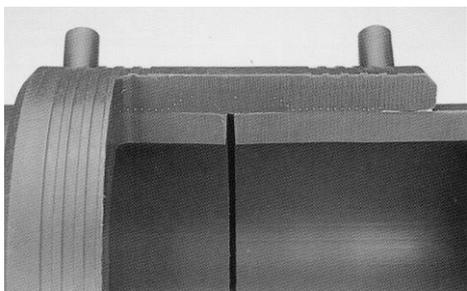


写真-1 電気融着（Electro Fusion）接合

20%までの深さの傷は性能に悪影響を及ぼすことはなく、運用上としては安全を見て10%までを許容限度することが報告されている⁴⁾。したがって、長期許容傷深さ10%によるPE管路耐震性能への影響も検討する必要がある。

本研究では、いままでの一方向一回載荷条件での材料力学特性を基礎にしたPE管の地震動に対する許容ひずみを、PE管実管路で想定される地震動による耐震限界性能を理解するため、形状・寸法の異なる管体、電気融着継手部付き管体、及び環状切欠き付き管を用い、管軸方向両振り（引張/圧縮）加振試験による管体材料評価試験方法の検討とそれらの結果に基づいた、耐震設計指針（水道、高圧ガス導管）によるポリエチレン管路の耐震性能照査を行った。

2. 管軸方向加振試験

(1) 管軸方向加振試験方法

供試管を23±2℃で2時間以上状態処理後、図-1に示す油圧型疲労試験機（株）島津製作所 最大試験荷重±300kNにより、周波数1Hz、有効長に対して両振幅（引張、圧縮）のひずみ振幅± $\Delta\epsilon$ 、3.0、4.5、6.0、8.0及び10.0%繰返し伸縮を与え、管が破断するまでの加振回数を求めた。なお、本試験における破断の定義は、試験中の供試管外観の動画撮影から、写真-2に示すように供試管に局所的な白化等が発生した時点破断と見なした。ただし、白化しても物理的な亀裂や破断には至っておらず、安全側での評価をした。

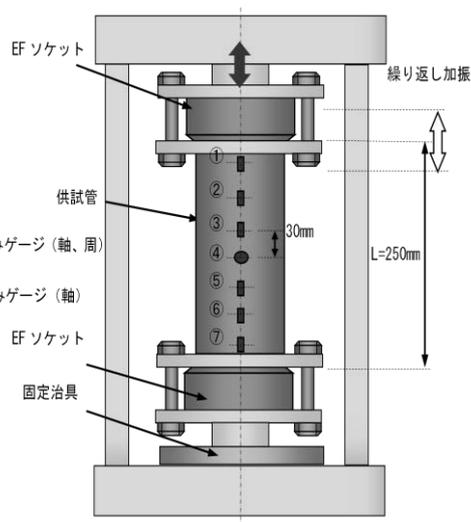


図-1 管軸方向加振試験概要

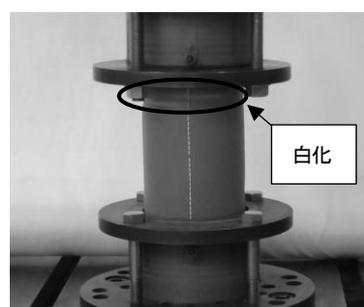


写真-2 試験後の供試管状況（白化が確認された時点）

(2) 供試管

a) 管軸方向加振試験に及ぼす外径の影響

PE管は異なる口径が品揃えされており、本試験では主に水道用途向けに使用されている外径D63mm（口径50）から180mm（口径150）までの異なる外径のPE管を供試管とした。

なお、SDR及び外径Dと有効長Lの比率（D/L）は一定にした。供試管寸法の詳細を表-2に示す。

b) 管軸方向加振試験に及ぼす管厚の影響

水道用途以外に用いられるPE管は、水圧や埋設条件等によって同一外径でも管厚の比率（SDR11、13.6、17、等）が異なる。この管厚の違いが耐震性能に与える影響を比較する。寸法の詳細を表-3に示す。

c) 管軸方向加振試験に及ぼすEF継手の影響

PE管同士やPE管と継手を接続する場合の主な接合方式であるEF接合を行った場合、接合部境界付近は管厚の違いによる応力集中により耐震性能が低下することも懸念される。このため、継手の有無の違いによる耐震性能への影響も評価する。本評価では、図-2に示すように外径D125mm、SDR11のPE管の中央にEF継手を設けたものを供試管とする。

d) 管軸方向加振試験に及ぼす表面傷の影響

PE管の表面傷が耐震性能に与える影響について評価

する。本評価では、外径 D180mm, SDR11 の PE 管に写真-3及び図-3に示すように供試管の中央に環状V型切欠き(切欠き深さ 1.7mm, 角度 60°, 先端半径 0.2mm)を旋盤を用いて加工した。この切欠き深さは表面傷の許容限度として設定される管厚の 10%に相当する。

表-2 PE管寸法(外径の影響比較)

外径 D	管厚 t SDR11	有効長 L
63	5.8	87
90	8.2	125
125	11.4	173
180	16.4	250

備考: SDR (Standard Dimension Ratio) = 外径 D / 管厚 t = 11

表-3 PE管寸法(管厚の影響比較)

外径 D	管厚 t			有効長 L
	SDR11	SDR13.6	SDR17	
180	16.4	13.3	10.7	250

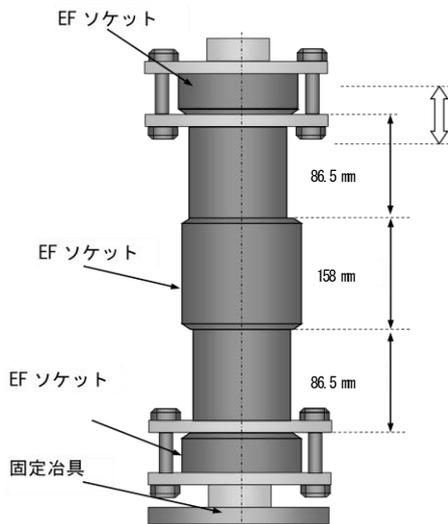


図-2 EF継手の影響試験概要(外径 125mm, SDR11)

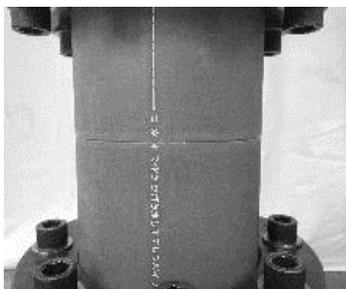


写真-3 環状V型切欠き状況

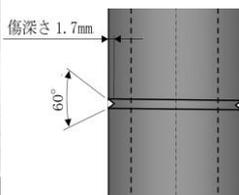


図-3 環状V型切欠き概要

(3) ひずみ制御試験精度の確認

供試管には図-1に示す位置にひずみゲージを貼付け、

油圧型疲労試験機にて制御したひずみを供試管にも同様に負荷できたかを確認したが、供試管中央の軸方向ひずみゲージ(④)の計測値は、図-4に示すように1回目の引張時に約0.17% (17,000 μ)で制御値の約57%と小さい値であった。

特に大変位疲労試験のひずみゲージによる計測は、一般にひずみゲージのベース材の弾性率よりも低い材料では不適とされている。また、計測メーカーの疲労試験における推奨ひずみも最大0.3%程度であることから、ひずみゲージによる計測は困難と判断した。

別途、供試管に所定のひずみが負荷できたかを確認するために、予め供試管の中央を基準に標線(標線間距離=170mm)を記入し、初期載荷(引張)時に標線間のひずみを測定した。表-4に測定検証結果を示す。試験設定及び測定標線間の両ひずみ間の相対誤差は、設定ひずみにより増加するが、設定ひずみ振幅 $\Delta\epsilon=6.0\%$ の場合でも3%以内に収まっていた。

図-5にひずみ振幅 $\Delta\epsilon=\pm 3\%$ の応力履歴曲線を示す。この結果からも、所定の繰返し載荷中において、引張・圧縮ひずみは初期のひずみ振幅を維持しており、試験中のひずみ(変位)制御が保たれていることが確認できた。さらに、試験中の供試管発生応力(試験機の計測荷重を供試管の断面積で除した値)は、繰返し数と共に低下する応力緩和も捉えていた。

ひずみ振幅 $\Delta\epsilon=\pm 3\%$, $\pm 4.5\%$ 及び $\pm 6\%$ における、載荷初期供試管発生応力と、図-6に示すひずみ速度 20%/s の条件での外径 D180mm, 管厚 t16.4mm (SDR11), 有効長 L500mm の PE 管の応力-ひずみ線図から求めた各引張ひずみに対する応力値の比較結果を表-5に示す。

ひずみ $\Delta\epsilon=3\%$ で応力-ひずみ線図に粘弾性由来の非線形な応答が見られている。このような挙動において、表-5に示した本試験の各ひずみ振幅 $\Delta\epsilon$ で得られた初期供試体発生応力は、一方向引張試験で得られた結果とほぼ一致していた。以上のことから動的応答が大きくかつ非線形応答を持つ材料に対する両振幅によるひずみ制御加振試験が一定の精度の範囲で実現できた。

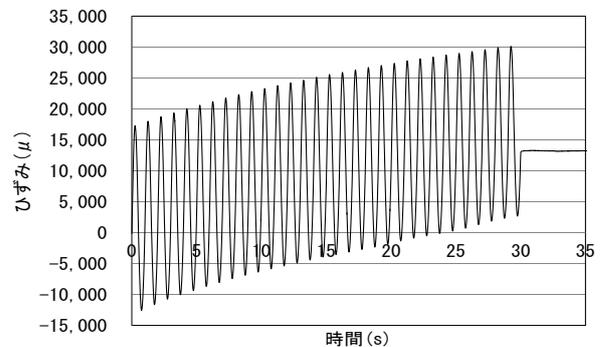


図-4 $\Delta\epsilon\pm 3.0\%$ 負荷時のひずみゲージによる計測結果
(④供試管中央の軸ひずみ)

表-4 試験機制御値及び供試管標線間ひずみ比較結果

試験機制御値 $\Delta\varepsilon$	供試管 標線間ひずみ(%)	相対誤差(%)
3.0%	2.98	0.67
4.5%	4.43	1.56
6.0%	5.87	2.17

注) 標線間ひずみは、1回目引張時の計測結果である。

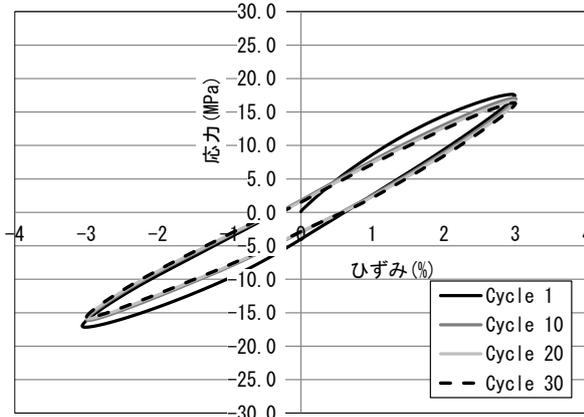


図-5 $\Delta\varepsilon=\pm 3\%$ での応力履歴曲線

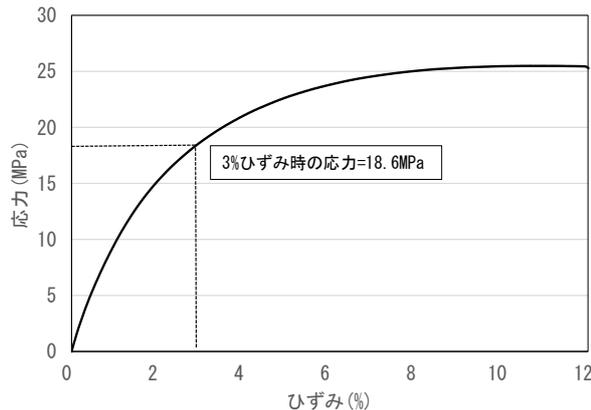


図-6 一方向引張試験結果

表-5 管軸方向加振試験及び一方向引張試験の応力比較

ひずみ振幅 $\Delta\varepsilon$ (試験機制御値)	1回目引張時の 最大応力(MPa)	一方向引張試験 時の発生応力 (MPa)
3.0%	17.64	18.66
4.5%	21.95	21.94
6.0%	24.88	23.81

(4) 管軸方向加振動試験結果

a) 管軸方向加振試験に及ぼす外径の影響

図-7 に外径 D を 63mm から 180mm, 外径/管厚=11 (SDR11) の供試管による繰返しひずみ振幅 $\Delta\varepsilon$ と加振破断回数 N_f との関係を示した結果を示す。全ての外径で両者は直線関係で示され、2つのパラメータ、 α と C を用いた式(1)の関係が得られた。

$$\Delta\varepsilon \cdot N_f^\alpha = C \quad (1)$$

ひずみ振幅 $\Delta\varepsilon=\pm 3\%$ の場合は外径が小さい方が加振破断回数 N_f は増加し、有意に外径依存性が認められた。それに対して、ひずみ振幅 $\Delta\varepsilon$ の増加とともに、その傾向は失われ $\Delta\varepsilon=\pm 10\%$ ではほぼ同じ加振破断回数 N_f となった。

これは $\Delta\varepsilon$ を非弾性ひずみ $\Delta\varepsilon_p$ としたときの鋼材の低サイクル疲労則として知られる Coffin-Manson 則とも類似し、粘弾性体である PE 管においても累積損傷による破壊挙動を示したことになる。

このことは図-5 に示すように加振時の各サイクル毎の応力履歴曲線にて応力が 0 の時点で見られる非弾性ひずみ $\Delta\varepsilon_p$ が $\pm 0.5\%$ 程度発生していることから、低サイクル疲労累積損傷の考え方が適用できる。明らかに粘弾性体に近い $\Delta\varepsilon=\pm 3\%$ であれば、これらの多くは熱として散逸し、その他は供試管の粘性（流動）ひずみとして消費される。ただし、図-6 に示すように一方向一回載荷の応力-ひずみ線図にて $\Delta\varepsilon \geq 8\%$ で曲線が大きく寝ており、降伏（塑性）変形の開始が認められるようになる。この場合、非弾性ひずみ $\Delta\varepsilon_p$ に降伏変形成分も含まれるようになる。この二つの非弾性ひずみ $\Delta\varepsilon_p$ は不可逆な変形には変わりはないが、粘性ひずみと異なり降伏（塑性）変形は局所性を持つため、弾塑性体は弾性領域と塑性領域として空間上に分割される。したがって、ひずみ制御時の繰返し載荷の場合、局所的な白化が観察された後にき裂の発生成長による破損になる。

b) 管軸方向加振試験に及ぼす管厚の影響

図-8 に外径 D180mm で管厚の異なる供試管を用いた試験結果を示す。図-6 と同様に全ての管厚で両者は直線関係で近似できることが確認できた。また、管厚が薄くなる (SDRが大きくなる) に従い、加振破断回数 N_f は低下する傾向があることが判った。

c) 管軸方向加振試験に及ぼす EF 継手の影響

図-9 に外径 D125mm での継手がある場合と無い場合での試験結果を示す。継手を有する場合と直管のみの場合の加振破断回数 N_f を比較したが、継手を有する場合でも回数の低下は見られなかった。また、管体部で白化が見られ、継手近傍に変形が集中することはなかった。

d) 管軸方向加振試験に及ぼす表面傷の影響

図-10 に表面傷がある場合と無い場合での試験結果を示す。PE 管の引張降伏ひずみに相当するひずみ振幅 $\Delta\varepsilon=\pm 8.0\%$ 及び $\pm 10.0\%$ では、表面傷の無い場合と比較して加振破断回数 N_f は低下するものの、ひずみ振幅 $\Delta\varepsilon=\pm 6.0\%$ 以下では明確な性能低下は見られなかった。

本試験においても、白化等の外観上の変化が見られた時点を破断と見なしたが、最終的に亀裂や破断が生じるまで試験を継続し、破断箇所と環状V型切欠きとの位置関係を確認した。写真-4 にひずみ振幅 $\Delta\varepsilon = \pm 3.0\%$ の破壊形態を、写真-5 にひずみ振幅 $\Delta\varepsilon = \pm 10.0\%$ の破壊形態を示す。ひずみ振幅 $\Delta\varepsilon = \pm 8.0\%$ までは環状V型切欠きを加工した箇所以外の部分で白化が見られ、最終的に白化が発現した箇所を起点として円周方向に亀裂が生じた。一方、ひずみ振幅 $\Delta\varepsilon = \pm 10.0\%$ のみ環状V型切欠きを加工した箇所から亀裂が生じ、その傷が切欠き以外の箇所にも伝播するという破壊形態を示した。

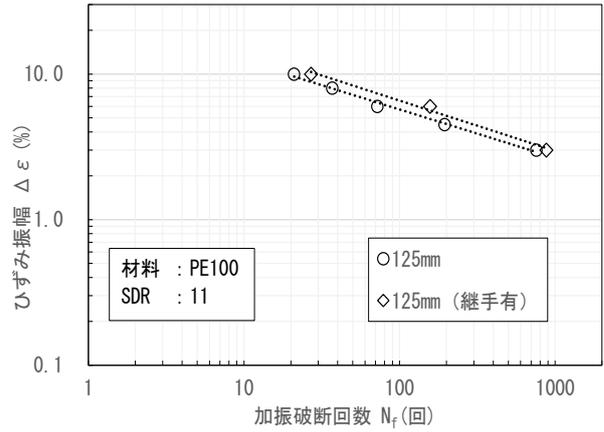


図-9 管軸方向加振試験結果 (外径 125mm SDR11 継手有/無)

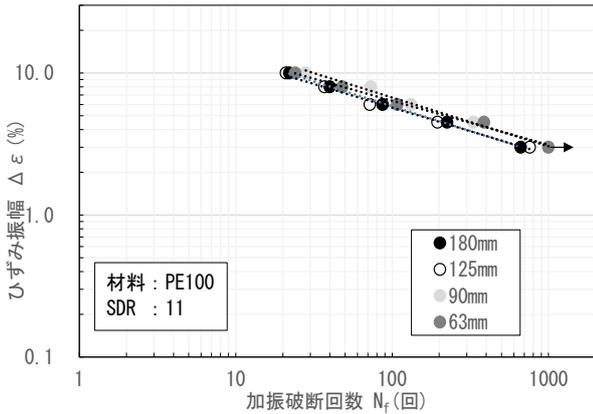


図-7 管軸方向加振試験結果 (外径 63~180mm SDR11)

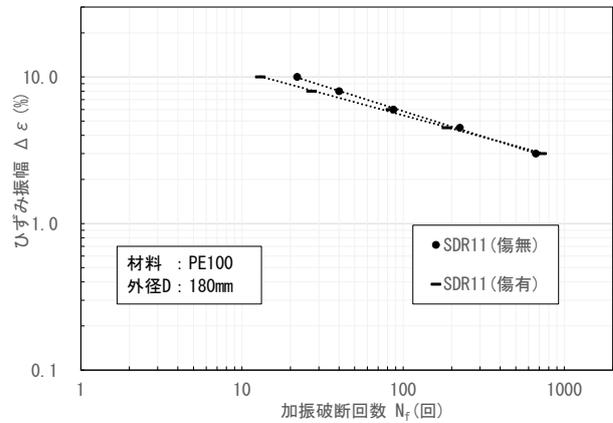


図-10 表面傷影響確認試験結果 (外径 180mm, SDR11)

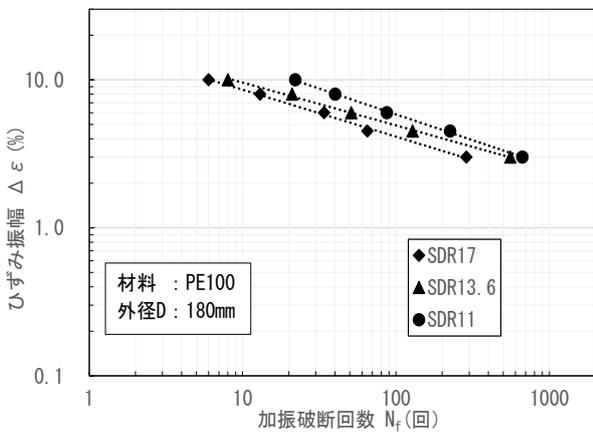


図-8 管軸方向加振試験結果 (SDR11, 13.6, 17)

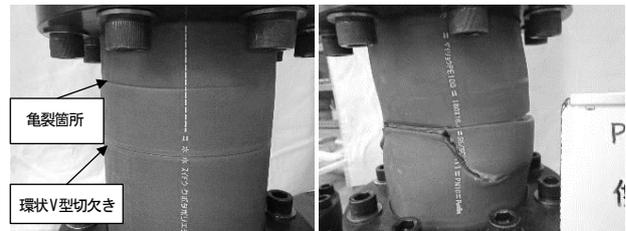


写真-4 ひずみ振幅 $\Delta\varepsilon = \pm 3.0\%$ 写真-5 ひずみ振幅 $\Delta\varepsilon = \pm 10.0\%$
破壊形態 破壊形態

3. 耐震設計指針 (水道, 高圧ガス導管) によるポリエチレン管路の耐震性能照査

流体輸送用管路の耐震設計手法としては、日本水道協会発行の「水道施設耐震工法指針・解説 (2009年版)」⁵⁾ (以下、指針と略。) に示されている。本指針では、埋設管路の耐震計算は地盤の応答特性を反映させた応答変位法を用いて行うことと規定されている。

レベル2地震動による地盤変位振幅は、その地域で想定される最大の地震動で求めることになるが、地震動の

推定や地盤データなどの条件が揃わない場合には、1997年版の指針で使用されていた過去の強震記録の速度応答スペクトルを基に設定されたレベル2地震動に対する設計速度応答スペクトル（最大 Sv=100cm/s）を用いてよいことになっている。

PE管のような一体構造管路の場合、レベル2地震動に対しては管と地盤の滑りを考慮してもよいと記載されており、既往の研究⁹⁾でも地盤条件によっては管と地盤の間に僅かではあるものの相対変位が生じることが報告されている。ただし、理論上は直線管路においては地盤と管との間に滑りが生じない条件が最も厳しく、さらに地盤の不均一性（不整形性）が高い地盤や地盤条件の変化域に管路被害が集中することから、計算で得られる基準地盤ひずみに不均一度係数 $\eta=2$ を乗じた値を用いることで最も厳しい条件での照査が可能となる。

この考え方に基づいて外径 D180mm、管厚 t16.4mm（SDR11）口径 150 の PE 管を土被り 0.6m、1.2m の 2 条件で図-11 に示す指針に例示されている地盤条件で埋設した場合の管体発生ひずみを求める。レベル2地震動による生じる地盤ひずみは、土被り 0.6m、1.2m 共に 1.00% となり、最も厳しい条件である、地盤ひずみ=管体発生ひずみとした。これに自動車荷重（T-25）、温度変化、不同沈下及び内圧によって発生する常時荷重による軸ひずみを加えた表-6 に示す 1.62% 及び 1.54% が合計ひずみである。PE 管の地震動に対する許容ひずみは 3%⁷⁾ と設定されており、計算上は許容値の半分程度の値となる。なお、計算では管軸直角方向のひずみも算出されるがこの値は管軸方向の値の約 1/500 程度であるため、影響の大きい管軸方向のみを評価対象とした。

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、最大速度 20kine（cm/s）以上の観測速度波形の計 78 波から算出した個々の地震毎の等価繰返し回数は、海溝型で最大で 11.24 回（平均 5.6 回）、内陸型で最大 5.45 回（平均 2.9 回）とされている。

図-12 に全ての試験結果を示す。水道用途で用いられる SDR11 の PE 管では、許容ひずみに相当するひずみ振幅 $\Delta\epsilon \pm 3.0\%$ の繰返し伸縮を与えた条件では、破断回数の少ないものは外径 180mm の供試管で 665 回であった。この値は海溝型地震の最大等価繰返し回数 11.24 回に対して、50 倍程度の加振回数裕度を有することになる。ひずみ振幅 $\Delta\epsilon \pm 3.0\%$ で最も破断回数の少ないものとしては、SDR17 で外径 180mm の供試管で 287 回であったが、この場合でも最大等価繰返し回数に対しては 25 倍程度の裕度を有することになる。

また、図-13 に示す繰返しひずみ振幅 $\Delta\epsilon$ と加振破断回数 N_f の関係から SDR11、SDR3.6、SDR17 及び SDR11 傷有を式(1)の実験式に当てはめると、表-7 に示すパラメー

タ α 、及び C が得られる。これらの値から設計係数 S_f を算出する。まず、耐震設計性能ラインは、PE 管の許容ひずみ 3.0% 及び過去に観測された地震から算出した等価繰返し回数の最大値 11.24 回の交差する点を通り、試験から得られたパラメータ α を同一とした実験式とする。参考として、図-13 中に示す一点鎖線である。設計係数は、加振実験で「終局限界状態」で評価したのに対しての現行の PE 管のレベル 2 地震動に対する許容ひずみ 3.0% の安全余裕として、両線の切片であるパラメータ C の比として求められる。

$$S_f = C/C_{L2} \quad (2)$$

ここで、 S_f : 設計係数

C : 加振試験で得られる終局限界状態の実験式のパラメータ

C_{L2} : $\epsilon=3.0\%$ 、 $N_f=11.24$ 、勾配 α の性能実験式の切片 C

算出された設計係数 S_f は、表-7 に示すように SDR11 の場合 $S_f=4.1$ をもち、SDR17 の場合に $S_f=2.7$ をもつことがわかる。つまり SDR が小さいほど、設計係数は大きくなり安全余裕があることを示す。

また、SDR11 で表面傷を有する場合でも、SDR13.6 以上の設計係数を有することが確認できた。

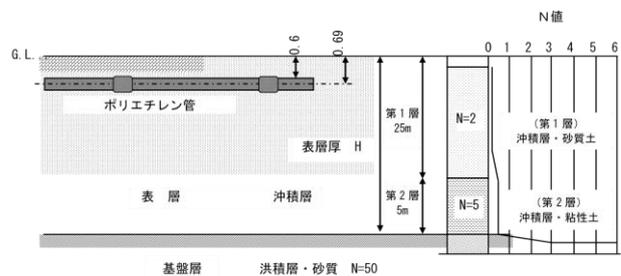


図-11 地盤モデル

表-6 耐震計算結果（レベル2地震動 $\eta=2$ ）

ひずみ	土被り 0.6m	土被り 1.2m
地震動による軸ひずみ	1.00%	1.00%
常時荷重による軸ひずみ	0.62%	0.54%
管体発生ひずみ	1.62%	1.54%
PE 管の許容ひずみ	3.0%	

備考：管体発生ひずみは、地震動及び常時荷重による軸ひずみを加えた値を示す。

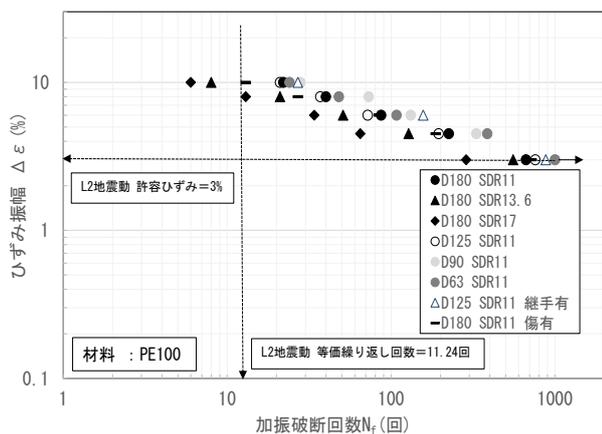


図-12 管軸方向加振試験結果(外径 180mm)及び指針との比較

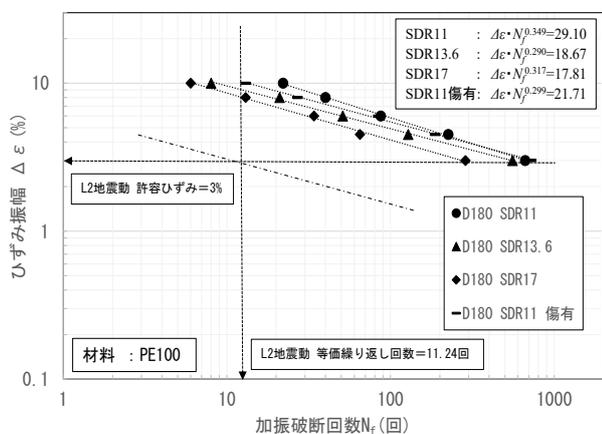


図-13 管軸方向加振試験結果(外径 180mm)及び指針との比較

表-7 管軸方向加振試験で得られたパラメータ α , C と設計係数 S_r

	α	C	S_r
SDR11	0.349	29.10	4.1
SDR13.6	0.290	18.67	3.0
SDR17	0.317	17.81	2.7
SDR11 傷有	0.299	21.71	3.4

4. 結論

今回、寸法体系の異なる PE 管を用いた管軸方向加振試験を行い、その特性及び耐震限界性能を把握することができた。詳細を以下に示す。

- (1) 繰返しひずみ振幅 $\Delta\epsilon$ と加振破断回数 N_f との関係を示す両軸対数表記の結果、全ての条件で外径/管厚の比 (SDR) で両者は直線関係で示すことが可能であった。
- (2) 外径と管厚の比率が一定の場合、ひずみ振幅 $\Delta\epsilon$ と

加振破断回数 N_f との関係には比較的類似の傾向が見られた。

- (3) 外径が同一の場合、管厚が薄いほど加振破断回数 N_f は低下する傾向であった。これは管体としての剛性差による影響で、より圧縮時における座屈の影響を受け易くなる為と考えられる。
- (4) 継手部の有無の違いによる比較を行ったが、継手を有する場合でも加振破断回数 N_f にはほとんど差は見られなかった。また、最終的な破壊箇所は継手部以外の直管部であり、継手部での局所的な応力集中は見られなかった。
- (5) PE 管のレベル 2 地震動に対する許容ひずみ $\pm 3\%$ 及び過去に発生した地震の観測速度波形から求めた等価繰返し回数に対して、PE 管の加振破断回数 N_f は、約 25~50 倍と十分余裕のある値であった。
- (6) 表面傷による影響を評価した結果、PE 管で設定する許容ひずみ $\pm 3\%$ の範囲では傷の有無による性能差は見られず、表面傷による性能低下はないと言える。

金属管や樹脂管等の公的規格の中には実管から切り出した試験片を用いた各種物性試験法が規定されているが、PE 管の耐震限界性能を見極める上で、より実態に近い実管を用いた評価は有効と考えられる。

さらに、地震動のみならず側方流動のような一方向一回の引張または圧縮変形に対しても、本評価による初期変形に着目することでその安全性について理論構築できるものと考えられる。今後の耐震性能を評価する指標として今回実施した試験方法による試験基準を提案していきたい。

参考文献

- 1) 厚生労働省 水道施設の耐震化の推進 最近の主な地震と水道の被害状況
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/taishin/>
- 2) 水道配水用ポリエチレン管の耐震性評価検討委員会：水道配水用ポリエチレン管の耐震設計の手引き、P48,P69,2018
- 3) 塩浜裕一、大室秀樹、栗山卓、江尻譲嗣、副島紀代：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評価、平成 30 年度土木学会全国大会、I-334、2018
- 4) 日本水道協会：水道配水用ポリエチレン管・継手に関する調査報告書」pp60,1998
- 5) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説（2009 年版）I 総論、pp.27-44、pp.74-75、pp.87-92、pp.185-197、pp.264-268
- 6) 西川源太郎他：水道配水用ポリエチレン管の地震動に対する耐震性評価に関する研究、土木学会論文報

告集 Vol.72 No.4, I_424-I433, 2016.

- 7) 日本水道協会：水道配水用ポリエチレン管・継手に関する調査報告書、pp.26-49、1998
- 8) 一般社団法人日本ガス協会「高圧ガス導管耐震設計指針」,pp.300,2013

STUDY ON SEISMIC PERFORMANCE OF POLYETHYLENE PIPE FOR FLUID TRANSPORTATION BY CYCLIC TENSILE AND COMPRESSION LOAD TEST

Hideki OMURO, Yasuko KUWATA and Takashi KURIYAMA

As a method for evaluating the seismic performance of buried pipelines for fluid transportation such as water supply, industrial water, and agricultural water, response displacement method is applied. In the case of seamless continuous pipelines (integral structure pipelines) such as steel pipes and polyethylene pipes, the ground strain acting in the axial direction of the pipe is compared with the allowable strain of the pipe. The critical performance of the polyethylene pipe was evaluated by cyclic tensile and compression load test. As a result, it was revealed that the vibration safety margin is about 25 to 50 times of the equivalent repetition frequency calculated from the earthquakes observed in the past. In addition, since the PE pipe has a small elastic modulus compared to steel pipe, it is feared that it will be damaged during construction or other works in service. The seismic performance in the case of scratches was also evaluated. It was also confirmed that the seismic performance did not deteriorate within the allowable range for scratches set based on the long terms water tightness.