

水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の検証

—最終報告—

○栗山 卓 (山形大学大学院) 水川 賢司 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会)
山本 祐司 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会) 栗尾 浩行 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会)
鎗水 隆良 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会) 中田 賢太郎 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会)
広田 久男 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会)

1. はじめに

配水用ポリエチレンパイプシステム協会では、水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命確立に必要な「基本的な考え方」および「評価スキーム」を昨年度提案した¹⁾。表-1に示したこれらの検証項目の内、「4.残留塩素耐久性」について昨年度を報告した²⁾。その後、継続長期検証項目となっていた「1.内圧耐久性」、「2.外圧耐久性」および「3.地震耐久性」に関しての検証が終了し、「水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の検証技術報告書」としてまとめられた³⁾。ここでは、本検証で旧来の評価検証方法とは異なる新たな照査方法(図-1)による①外圧が作用した場合のPE管の許容応力、②管の傷および継手形状因子による応力集中(形状係数)の結果を述べ、検証まとめ(抜粋)を報告する。

表-1 検証項目と設計条件(太字は今回報告の関係部分)

検証項目	設計条件
1. 内圧耐久性	①設計水圧:1.0MPa(静水圧0.75+水撃圧0.25) ②使用範囲:0℃~40℃ ③ 継手部の応力集中を考慮 ④ 傷(管厚の10%以下)による応力集中を考慮 ⑤ 素材のばらつきを考慮
2. 外圧耐久性	① 土抜き60cm以上、25t車両が繰返し通過(1.の③~⑤を考慮)
3. 地震耐久性	①地震動レベル2の地震を少なくとも1回経験
4. 残留塩素耐久性	①塩素濃度1ppm(水圧負荷状態)

2. 輪荷重による疲労限界状態の許容応力

管から切出した供試体に載荷板で繰返し偏平応力を与え、破壊の有無の確認と管の撓み率を測定した(繰返し偏平試験)。

負荷応力8MPa、10MPaおよび12MPaでは載荷回数60万回で管体は破壊しなかった。図-2に示したように、管の撓み率は載荷回数に対して対数曲線で精度良く近似式でされた。これらの撓み率曲線と管路埋設条件から得られる管撓み率5%を管体破損基準として限界状態応力を図-3に示したように算出した。

これより許容応力を8MPaに定めると、100年間の使用(6158万回繰返し)⁴⁾すなわち輪荷重寿命に対して、十分安全な「外圧耐久性」が確保されていることが検証された。

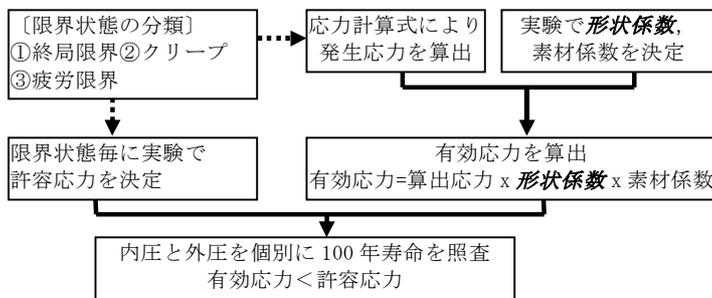


図-1 内圧・外圧に対する照査手順(太字は今回報告の関係部分)

3. 形状係数の検討

3-1. 管の傷による形状係数

水道配水用PE管は管肉厚の10%深さの傷まで許容している。本検証では、それを管最小肉厚の20%の深さとして、管の傷による「内圧耐久性」を検証した。すなわち、ISO13479の低速亀裂進展試験方法に準じ、管最小肉厚の20%のノッチを入れた供試体の熱間内圧クリープ(80℃)を実施し、ノッチ無し管のそれとの性能を比較した。結果は図-4に示したように、ノッチ有無によらず両者の熱間内圧性能差は無く、外挿寿命評価に影響するKnee-point(クリープ曲線の傾きの変曲点が表れる点)の出現も認められなかった。これより、傷による形状係数を1.1と定めた。

3-2. 継手による形状係数

管と形状が異なる継手の応力集中から定められる形状係数を継手の代表品種となるEFソケット継手を用いた管・継手内圧クリープ試験から検証した。図-4に示した結果より、a)クリープ破壊強度はJWWA規格延長線上より高く、かつ管の97.5%信頼下限より高い。b)80℃、1年間で

水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の検証 —最終報告—

Knee-point がなかったため、換算される20℃で100年使用において Knee-point がないと見なせる。
 c) 管のクリープ破壊強度（長期静水圧強度の平均値）は5.07MPaであり、JWWA規格延長線上の1年(8,760hr)後のクリープ破壊強度4.56MPaに対して、強度比は1.11(=5.07/4.56)となっていた。これらの結果より、継手による形状係数として安全性確保のため1.2と定めた。

4. 検証のまとめ（抜粋）

表-2のとおり、水道配水用PE管路が100年以上の寿命を十分有していることを検証した。

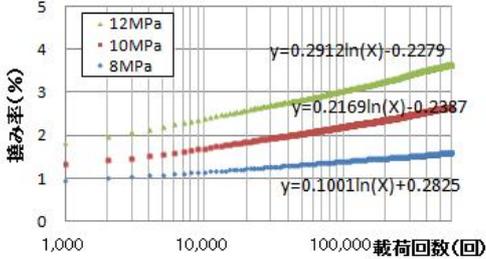


図-2 繰返し偏平試験の結果

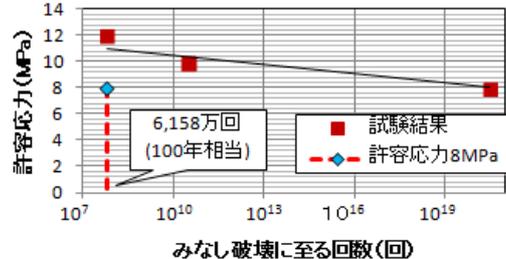


図-3 みなし破壊に至るまでの载荷回数

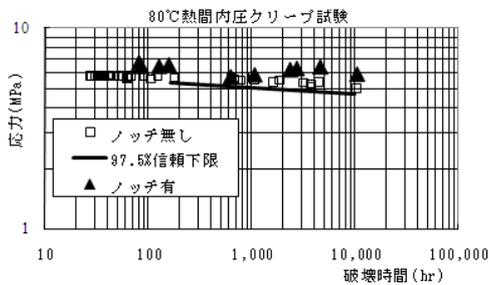


図-4 低速亀裂進展試験結果

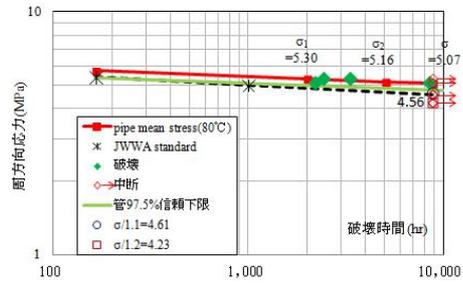


図-5 継手内圧クリープ試験結果(80℃)

表-2 実施項目検証結果

実施項目（評価試験）と結果	検証結果
内圧 1) 許容応力：内圧クリープ試験からクリープ状態の100年の許容応力を8MPaとした。また、全周ノッチ式引張疲労試験（FNTF）の破壊が全周ノッチ式引張クリープ試験（FNCT）の寿命線を下回らないことを確認し、疲労状態の許容応力をクリープと同じ8MPaとした。 2) 形状係数：2-a)と2-b)の大きい値を採用した(=1.2)。 2-a) 低速亀裂試験で管の傷による応力集中の影響を評価 2-b) 継手の内圧クリープ試験で継手形状による応力集中の影響を評価 3) 素材係数：クリープ試験から、パラツキの安全を考慮し定めた(=1.05)。	内圧に対する有効応力 =5MPa x1.2x1.05 =6.3<8MPa 外圧に対する有効応力 =1.21MPax1.2x1.05 =1.525<8MPa
外圧 4) 許容応力（疲労状態）：繰返し偏平試験から、100年の繰返し撓みに対する許容応力を8MPaとした。	よって100年以上の耐久性を有する
耐震性 5) PE管の地震被害の調査結果、特殊事象を除き被害はほとんどなかった。 6) 耐震計算：水道施設耐震工法指針・解説による計算で、レベル2地震動発生時の管歪が許容歪(3%)以下であることを確認した。 7) 予歪を与えた熱間内圧クリープ試験を実施し、予歪を与えないものより耐久性が低下しないことを確認した。	レベル2地震動を経験しても問題なく、被災後の管の耐久性も低下しない。
耐塩素水性 8) 無負荷状態の耐塩素水性試験から20℃、塩素濃度1ppmにおける水泡発生時間は無負荷状態で529年以上であることを確認した。 9) 弾塑性負荷状態の耐塩素水性試験から応力負荷状態で、水泡発生時間は279年以上であることを確認した 10) 耐塩素水性試験後の溶出試験から、水質基準に影響を与える管材料変化ないことを確認した。	水圧負荷状態、塩素1ppmで100年以上の耐久性があり、かつ100年使用後も水質に影響を与えない。

参考文献

- 1) 第62回全国水道研究発表会講演集「水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の確立」
- 2) 第63回全国水道研究発表会講演集「水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の確立」
- 3) 水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の検証技術報告書(H25.3 配水用ポリエチレンパイプシステム協会)
- 4) 道路占用埋設物件の浅層化技術検討報告書(H10.3 (財)道路保全技術センター)