

パイプラインの新たな維持管理手法と安全性評価 (Maintenance method and safety evaluation for buried pipeline)

○入 栄貴*・毛利 栄征*・有吉 充**

(Hiroki Iri・Yoshiyuki Mohri・Mitsuru Ariyoshi)

1. はじめに

農業水利施設の多くは、経年劣化により突発的な事故が急増しており、平成 27 年度では、施設全体で年間約 1,600 件の事故が発生し、その中でもパイプラインに関する事故は 7 割近くを占めている。

農業用パイプラインは基幹的なものだけで、約 12,000km に及び、パイプラインの埋設深や水圧の状態も異なるため、適切な事故対策を講じるためには、破壊のメカニズムを考慮した安全性評価と、定量的な施設状態評価が必要である。

現在のパイプラインの維持管理における安全性評価は、たわみ率で実施されており、設計たわみ率 3%、許容たわみ率 5% を基準指標としている。しかしながら、実際の事故事例をみると、指標値以内のパイプの破壊も発生しており、たわみ量だけでは破壊に至るパイプを峻別することができない。

本報告では、パイプラインの破壊事故を踏まえ、新たな維持管理手法として局所的な変形を把握するひずみ計測と材料劣化に起因するパイプの長期強度特性に着目した安全性評価手法について記述する。

2. 幹線用水路における破壊事例

内水圧が作用する幹線用水路で管底部からの座屈破壊事故が平成 21 年に発生した。当地区では強化プラスチック複合管 (FRPM 管、 $\phi 1,100$ 、4 種管) が軟弱地盤内に矢板施工によって埋設されている。管内のたわみ調査によって、Fig.1 に示すように管底部の破壊や膨らみが連続して確認されている。破壊

のモードは、管底部のパイプが内面側に押し込まれる、いわゆる管底部の座屈破壊である。異常をきたしているパイプのたわみ率は、平均で約 6%、最大は 12~13% にも達している。



Fig.1 管底部破壊の様子

環片外圧試験では、15% 程度のたわみでも破壊しないことを考えると、現場での破壊現象は、埋戻し地盤によるパイプの変形拘束や土圧集中が局部的に大きくなったことなどが主要因として推察される。そのため、局所的な変形を捉えた安全性評価をすることが不可欠である。

3. 曲率計測によるひずみの推定

有吉ら (2016)¹⁾は、パイプの曲率半径を計測して、パイプに発生する曲げひずみを推定する手法を開発し、パイプの局所的な変形の度合いを定量化することを示した。また、入ら (2017)²⁾は、農業用水で最も大口径で可撓性の大きい鋼製パイプ ($\phi 3,500\text{mm}$) に曲率計測手法を適用するとともに、施工方法別に比較することで、パイプラインの状態評価を確立し、定量的な維持管理手法としての有効性を示した。これらの報告により、ひずみに着目することで、パイプの局所的な変形から危険な位置と度合いを把握することができることが確認された。

実際に曲率計測手法で得られたひずみ分布とその結果から算出した土圧分布の結果

* 茨城大学農学研究科

** 農研機構農村工学研究部門

を Fig.2 に示す。管種や口径は異なる (Fig.2 は鋼管、 $\phi 3,500$) が、この結果からも、管底部に局所的なひずみと土圧の集中が発生していることがわかる。

4. 極限曲げひずみと余寿命予測

パイプの円周方向ひずみ量を安全性評価の基準として用いるには、破壊に至る極限值 (以下、極限ひずみ) の把握が必須である。

樹脂系材料を用いたパイプラインは、初期の状態から、経年的な材料劣化を受けるため極限ひずみは少なからず低下する。すなわち、パイプの材料ごとに極限ひずみの長期的な低下現象の把握が必要となる。

FRPM 管に関しては、ISO10471 規格に基づく長期極限曲げひずみ試験結果が Fig.3,4 のように報告されている³⁾。Fig3,4 より、CC 管は FW 管の 50%程度の極限ひずみとなっており、劣化の進行が著しいことがわかる。

また、この結果から、曲率計測手法を用い、複数年での定点観測を実施することで Fig.5 のように、当該パイプラインの劣化の進行状況を予測できるので、パイプラインの余寿命も推定可能となる。

5. まとめ

曲率計測に基づくひずみ量の測定により、パイプの円周方向に発生する局所的な変形を捉え、経年劣化を考慮した当概年での極限ひずみと比較することによって安全性を評価できることを示した。

引用文献

- 1) 有吉充, 毛利栄征, 裕昌也, 久保田健藏 (2016) : 曲げひずみ推定手法の強化プラスチック複合管への適用性の検証, 農業農村工学会論文集, Vol. 84 (2016), No.3, p. I_381-I_389
- 2) 入栄貴, 王博涵, 毛利栄征, 有吉充, 中里良一, 古川和弘 (2017) : 大口径パイプラインの周方向ひずみ計測と施設状態評価, 第 68 回農業農村工学会関東支部大会講演会, p32-33
- 3) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 (2017) : ひずみを指標とした強化プラスチック複合管の診断手法

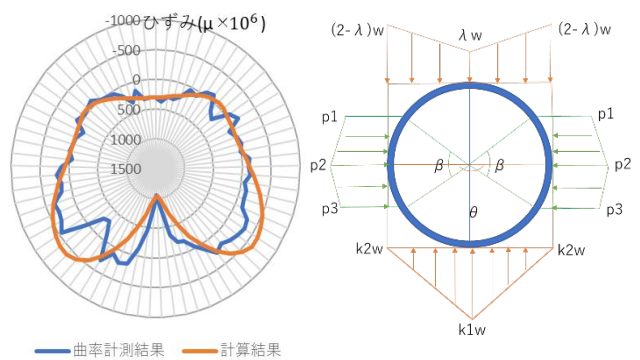


Fig.2 ひずみ分布と土圧分布の例²⁾

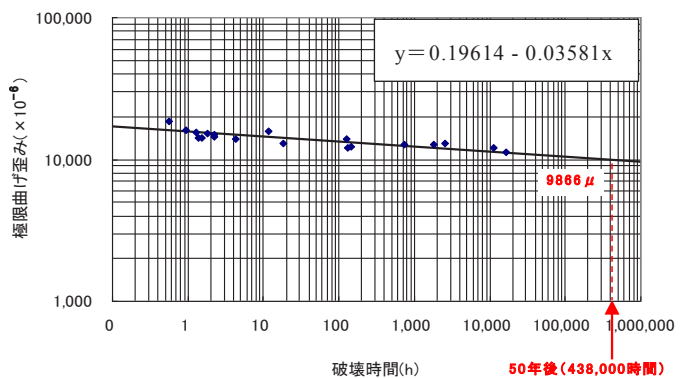


Fig.3 FW 管 ($\phi 500$) 破壊時間と極限曲げひずみ³⁾

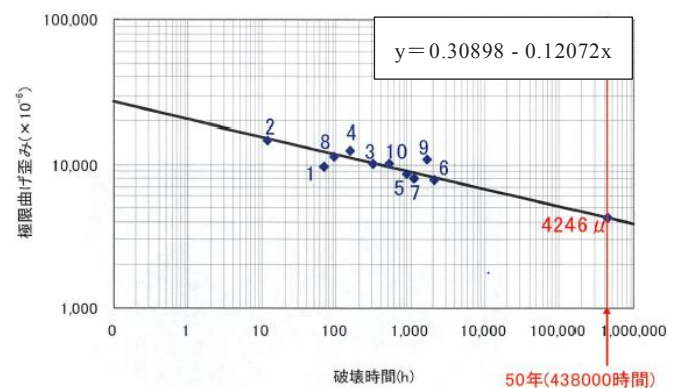


Fig.4 CC 管 ($\phi 400$) 破壊時間と極限曲げひずみ³⁾

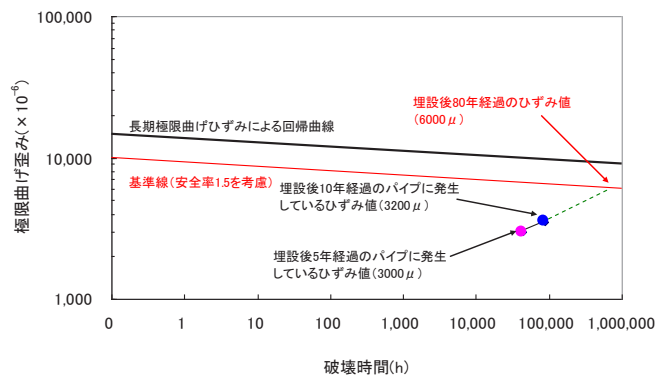


Fig.5 余寿命と破壊の予測シミュレーションのイメージ³⁾