

曲率計測によるFRPM管の機能診断調査手法

Function diagnostic investigation method of FRPM tube due to bending strain

碓 昌也* 藤本 光伸* ○久保田 健藏** 有吉 充*** 毛利 栄征****

Masaya Hazama, Mitsunobu Fujimoto, Kenzo Kubota, Mitsuru Ariyoshi, Yoshiyuki Mohri

1. はじめに

現在、埋設管の変形に対する安全性は、撓み率により評価されている。しかし、撓み率では、破壊や漏水に対する余裕が明確でない場合も存在し、安全性に関して合理的な評価ができていない。そこで、円周方向の局所曲げひずみを曲率半径の変化から推定する手法をFRPM管に適用し、定量的な安全性評価手法を開発した。

2. ひずみ推定手法の概要

現状の本システムは、既設管内に人が入って作業する口径800以上の管路に適用できるものである。管に発生した曲げひずみは、Fig.1に示すように曲率測定装置を用いて計測した曲率半径から算出する。算定式を以下に示す。

$$r_a = \frac{L^2 + 4d^2}{8d} + \frac{t}{2} \quad \varepsilon_{in} = \frac{t}{2} \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)$$

r_a : パイプの管厚中心半径, L : ベース長, d : 測定長
 t : 管厚, ε_{in} : パイプ内面の曲げ歪み, r_b : 変形前の管厚中心半径

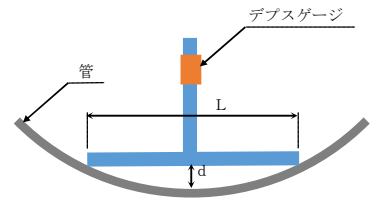


Fig.1 曲率の測定方法

3. 呼び径毎のベース長の設定

本手法では、ベース長により曲げひずみの推定精度が異なる。そこで、口径毎に最適なベース長を設定するため、口径φ1200、1350、2000及び2400のFRPM管の環片外圧試験を実施して、その推定精度を検証した。管に生じた曲げひずみは、管のたわみ段階毎にひずみゲージと曲率測定によって求め、その値を比較した(Fig2、Fig3)。代表事例として呼び径φ2000における鉛直撓み率5%及び10%撓み時の試験結果をFig.4、Fig.5及びTable.1に示すが、いずれのベース長においても両者の相対誤差は600μ以下の範囲内で抑えられており、高い精度で曲げひずみを推定できることを確認した。また、他の口径については、φ1200ではベース長300mmで約500μ、φ1350ではベース長400mmで約400μ、φ2400ではベース長500mmで約400μ程度の誤差の範囲で測定できることを確認した。このため、最適なシステムとしてTable.2のように口径別のベース長を設定した。

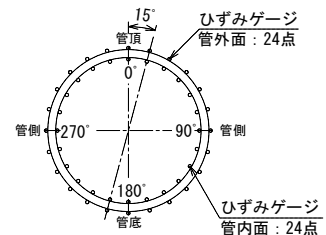


Fig.2 ひずみゲージ貼付位置

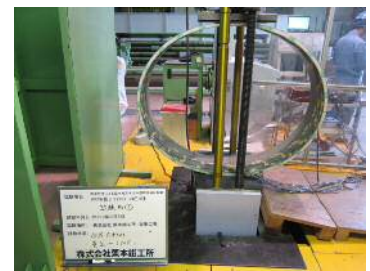
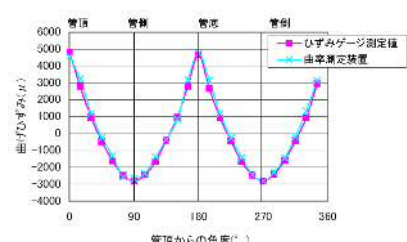
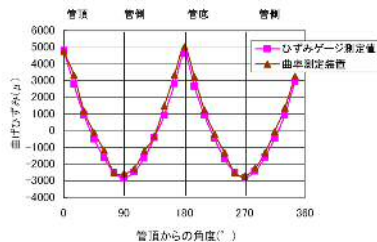
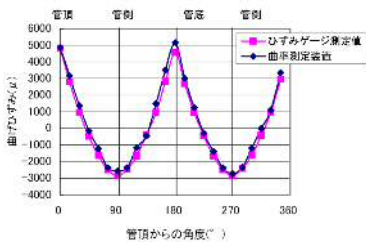


Fig.3 試験状況



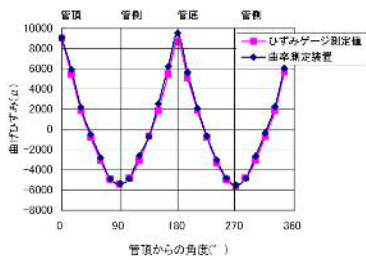
①ベース長 200mm の場合

②ベース長 300mm の場合

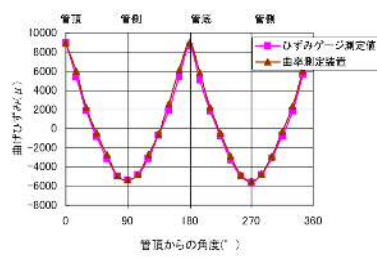
③ベース長 400mm の場合

Fig.4 鉛直たわみ量5%時のひずみ分布図

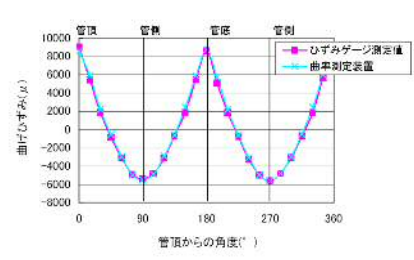
* (株)栗本鐵工所, Kurimoto Co.,LTD , **積水化学工業(株),Sekisui Chemical Co.,LTD , ***農村工学研究所, National Institute for Rural Engineering, ****茨城大学, Ibaraki University



①ベース長 200mm の場合



②ベース長 300mm の場合



③ベース長 400mm の場合

Fig. 5 鉛直たわみ量 10%時のひずみ分布図

Table. 1 ひずみデータの比較

ベース長 (mm)	測定手法	5%撓み		10%撓み	
		管頂部	管底部	管頂部	管底部
300	ひずみゲージ測定値(a)	4,815 μ	4,561 μ	9,036 μ	8,669 μ
	デプスゲージ推定値(b)	4,851 μ	5,151 μ	9,050 μ	9,534 μ
	a/b×100	99.3%	88.5%	99.8%	90.9%
400	ひずみゲージ測定値(a)	4,809 μ	4,617 μ	9,020 μ	8,631 μ
	デプスゲージ推定値(b)	4,764 μ	5,011 μ	8,943 μ	9,013 μ
	a/b×100	100.9%	92.1%	100.8%	95.8%
500	ひずみゲージ測定値(a)	4,803 μ	4,660 μ	9,020 μ	8,610 μ
	デプスゲージ推定値(b)	4,558 μ	4,752 μ	8,572 μ	8,763 μ
	a/b×100	105.4%	98.1%	105.2%	98.3%

Table. 2 ベース長の設定

口径	最適なベース長 (mm)
800~1100	300
1200~2400	400
2600~3000	500

4. 安全性の判定

農業水利施設機能保全の手引き「パイプライン」の健全度ランクを参考にして、本手法で測定した曲げひずみから安全性を判断する手法を開発した。農水省の設計基準による構造計算では破壊外圧の80%を試験外圧とし、安全率2を考慮したものを使用限界値と設定している。

そこで、FRPM管の破壊ひずみである14,900 μから、使用時の限界ひずみを算出すると約6,000 μとなり、このひずみを超過した場合をS-2ランクと設定した。ここでいうS-2ランクとは、既設管が老朽化し、新管による入れ替え又は管路更生工法を必要とする状態とした。また、ISO規格に準じた長期極限曲げひずみ試験を行った結果、50年後の限界ひずみは9,000 μ以上が得られているので、6,000 μであれば安全率1.5を考慮することができることを確認している。

次に、S-3ランクは、上記限界ひずみに安全率1.5を考慮した4,000~6,000 μと設定し、定期的(2年毎)に点検を行い、新管による入れ替え等の検討を実施する状態とした。S-4ランクは同様に安全率3を考慮した2,000~4,000 μと設定し、要観察期間として5年毎に点検を必要とするものとし、S-5ランクは2,000 μ以下と設定し、対策不要の状態とした。(Table. 3)。

Table. 3 安全性の判定(案)

健全度ランク	ひずみ(μ)	対策(案)	
S-2	補強	6,000以上	新管による入れ替え/管路更生工法
S-3	補修	4,000~6,000	2年毎に点検、補修時期の検討
S-4	要観察	2,000~4,000	5年毎の点検
S-5	対策不要	2,000以下	10年毎の点検

5. おわりに

複数の口径で実験を行い、口径毎に適切なベース長を明らかにすることができた。また、測定した曲げひずみから安全性を評価する手法に関する提案を行った。今後は、本手法を現場で活用していき、管路の安全性を確実に評価できる手法として確立していきたいと考えている。

【参考文献】 H25 農業農村工学会大会講演会講演要旨集「曲げひずみによるFRPM管の構造安全性の評価について」