

技術報告④

長期強度を考慮した 強化プラスチック複合管の機能監視調査

強化プラスチック複合管協会 農水小委員会
間宮 聡

1. はじめに

令和3年9月に発刊された土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」では、管材の長期特性を見込んだ構造計算の考え方が導入されている。強化プラスチック複合管（以下、強プラ管）は、ISO規格に基づく長期試験結果に基づき、供用50年後の安全性を確保することを目的に、ヤング係数および内外圧強度に対して長期の値を設定し、性能照査を行うこととしている。

今後50年に及ぶ供用期間内の品質を保証する管材が必要とされるなか、弊協会として長期強度を考慮した強プラ管規格（FRPM K-111A）を制定した。本規格で製作した管材の現地埋設

試験を約2年間実施し、管の変形量及びひずみ量を計測し、長期予測も含めた安全性について整理したので報告する。

2. 供試管概要

本規格製品は、従来規格製品（FRPM K-111）と比較して管体の長期特性を考慮するためガラス繊維量を増やし内外圧強さを向上した。内圧および外圧強さの比較をそれぞれ表1および表2に示す。

内圧3～5種管で内圧強さを約20%向上させた。一方、外圧強さについては、管剛性で約2%、外圧強さで約27%向上させた。

表1 内圧強さの比較

強さによる区分	従来規格製品		新規格製品		
	FRPM K-111		FRPM K-111A		
	試験内圧 (MPa)	試験内圧 (MPa)	従来比	最大設計内圧 (MPa)	従来比
1種	2.6	2.6	従来同等	1.3	従来同等
2種	2.1	2.1		1.05	
3種	1.4	1.6	114%	0.8	114%
4種	1.0	1.2	120%	0.6	120%
5種	0.5	0.6	120%	0.3	120%

※試験内圧は製造メーカーでの内圧の品質管理項目、最大設計内圧は、配管設計時に使用する圧力の最大値を示す

3.3 計測概要

(1) 計測項目

計測項目は、管の円周および軸方向ひずみ、管のたわみ、水圧（通水時のみ）を測定した。計測は埋戻し時から埋め戻し完了時、通水及び落水時を含めて2年間実施した。なお、施工後の計測は、数ヶ月に一度、断続的に行っている。

(2) 計測位置

管のひずみおよびたわみ計測箇所は、図2に示す空気弁工より上流側の約8mの位置とした。ひずみゲージは、図2に示す管長手方向の中心部の位置に、管断面方向は図3に示す半断面と管側部に取り付けた。なお、水圧計は、図2に示すは空気弁に取り付けた。

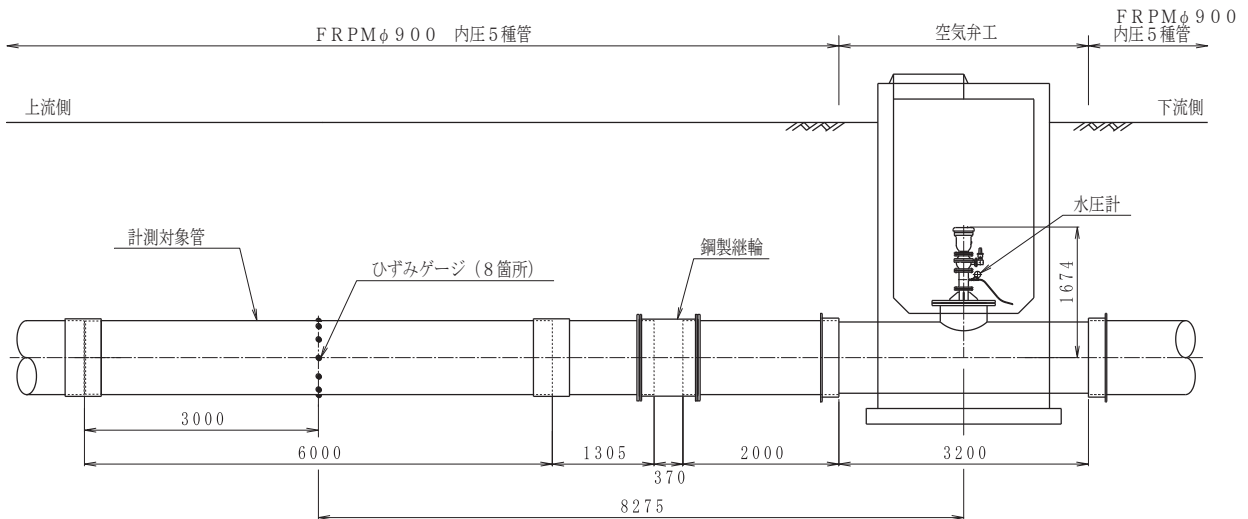


図2 計測管設置位置

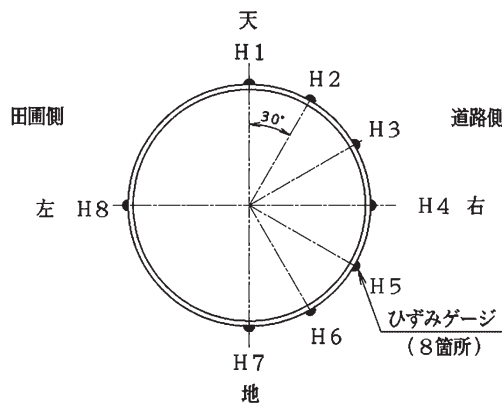


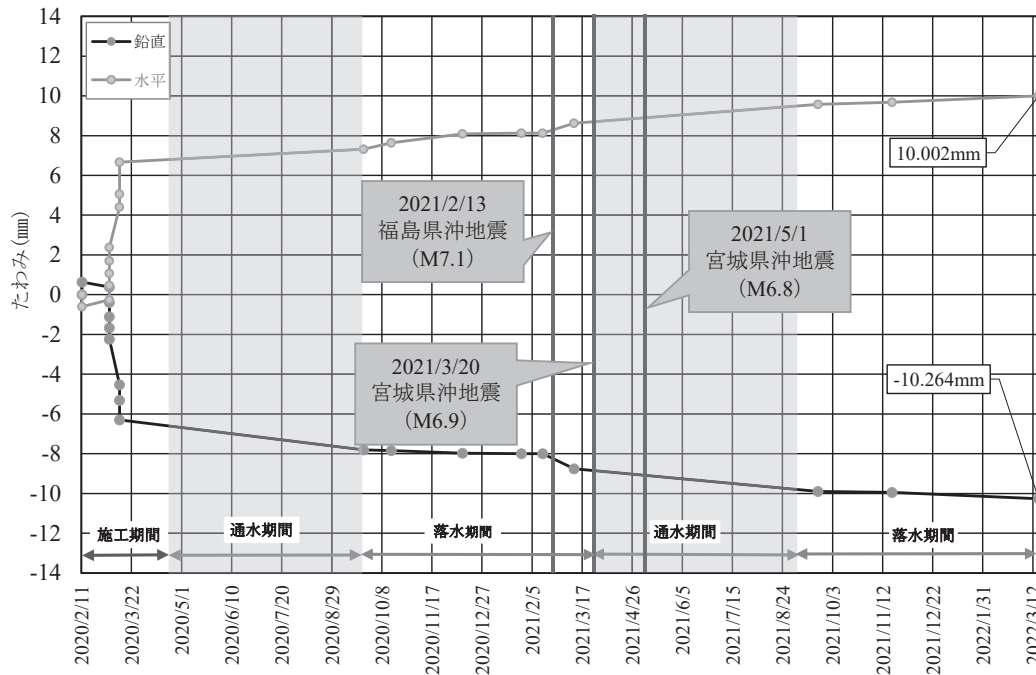
図3 ひずみゲージ取り付け断面図

3.4 計測結果

(1) たわみ計測結果

図4に施工時から施工完了後2年経過時までのたわみの経時変化を示す。施工完了後から2年を経た地点での鉛直方向及び水平方向の最大たわみはそれぞれ10.26 mm, 10.00 mmであった。たわみ率に換算すると、それぞれ1.12%, 1.09%であり、1%程度で推移している。な

お、一関市を含む東北地方では、計測を開始した2020年3月末からの2年間で震度1以上の地震が320回程度発生しており、3回は表5に示すとおりマグニチュード7クラスの地震である。本地震により、たわみが若干進行しているが、管の許容たわみ率5%と比較しても微少で推移している。



※たわみは、配管完了時を原点とし、伸びを+、縮みを-方向とした。

図4 たわみの経時変化

表5 震度5以上の地震概要^{*2)}

震央地名	福島県沖	宮城県沖	宮城県沖	
地震発生時刻	2021年2月13日 23時7分	2021年3月20日 18時9分	2021年5月1日 10時27分	
震源位置	北緯 37度 43.7分 東経 141度 41.9分 深さ 55km	北緯 38度 28.0分 東経 141度 37.6分 深さ 59km	北緯 38度 10.4分 東経 141度 44.4分 深さ 51km	
マグニチュード	7.3	6.9	6.8	
最大震度	6強	5強	5強	
一関の震度	5弱	5弱	5弱	
k-net (一関)	最大加速度	103.7gal	134.0gal	188.4gal
	震央距離	149km	68km	100km
	計測震度	4.4	4.3	4.4

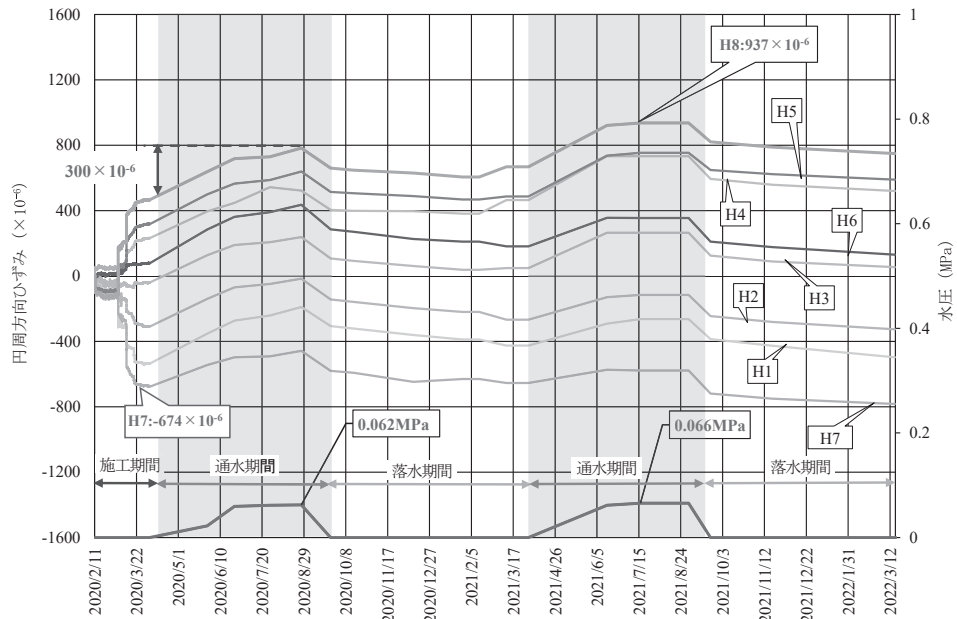
(2) ひずみ計測結果

施工完了後から2年間の円周方向ならびに軸方向ひずみの経時変化をそれぞれ図5及び図6に示す。施工期間は、管底の円周方向ひずみが -674×10^{-6} で最大であった。通水期間は、内圧0.06MPaが作用し、全ての箇所引張方向にひずみが約 300×10^{-6} 増加し、管が全体的に膨

張した。計測値では、管側部の円周方向で 937×10^{-6} と最大であった。実際には、施工期間に最大のひずみが生じた管底(内面)で、通水期間にも円周方向に最大ひずみが生じたと考えられるが、最大でも $1,000 \times 10^{-6}$ 程度と推察され、50年後の極限曲げひずみ $9,866 \times 10^{-6}$ ³⁾と比較すると、1/10程度で推移している。

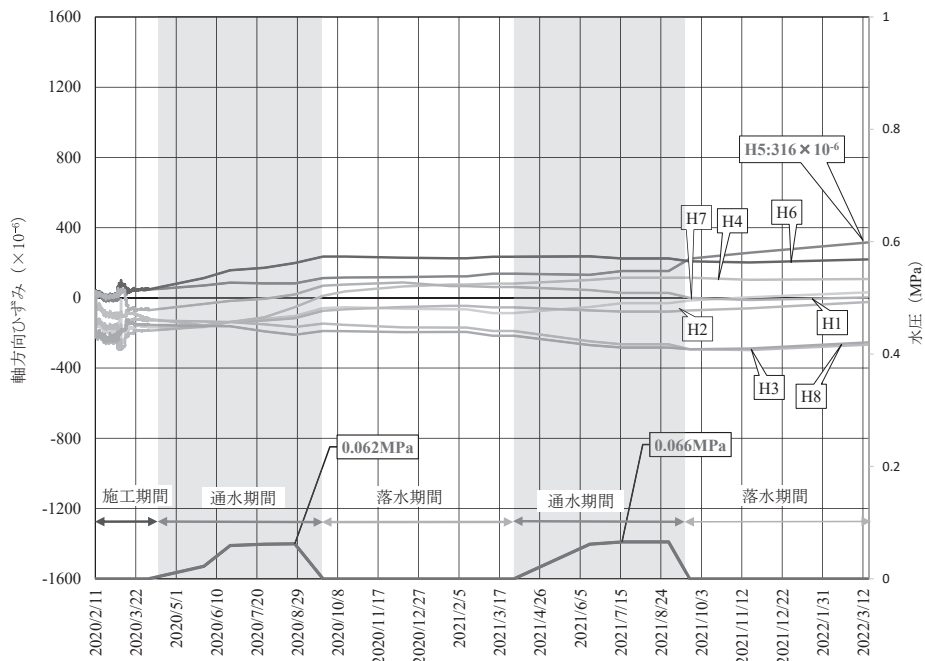
軸方向の最大発生ひずみは、落水時における管底近傍部で 316×10^{-6} であった。円周方向と比較して約 1/3 であり経時変化も極めて微少である。通水によりわずかに増加し、落水時は微小範囲での変化である。一般に、管体の縦断方向は埋め戻し土による荷重とその反力が、どの部分をとってもほぼ均衡していることから明

らかである。本数値と軸方向曲げ弾性係数を乗じ、算出した発生曲げ応力は、 2.84 MN/m^2 であった。強プラ管の軸方向許容応力（軸方向曲げ強さに限界ひずみ比 = 0.66 を乗じ、安全率 = 2 で除した数値） 9.90 MN/m^2 以下であることを確認した。



※ひずみは、配管時をゼロとし管円周方向の伸びを (+)、縮みを (-) とする。

図5 円周方向ひずみの経時変化



※ひずみは、配管時をゼロとし管軸方向の伸びを (+)、縮みを (-) とする。

図6 軸方向ひずみの経時変化

4. 50年後のたわみ予測

図4に示す施工完了後から2年間（約17,520時間）の計測で得られたたわみデータを用いて、50年後（438,000時間）の鉛直及び水平たわみを外挿し予測した。予測値は、JIS K 7020の方法Aに従って求めた回帰直線から算出した。50年後の鉛直および水平たわみの外挿値を図7および図8に示す。なお、本予測値については、2020年3月末からの2年間で発生した地震が要因で進行したたわみを含めている。50年後の鉛直たわみは、21.74mm（たわみ率：2.36%）、水平たわみは21.47mm（たわみ率：2.34%）となり、管の許容たわみ率5%の1/2以下である。

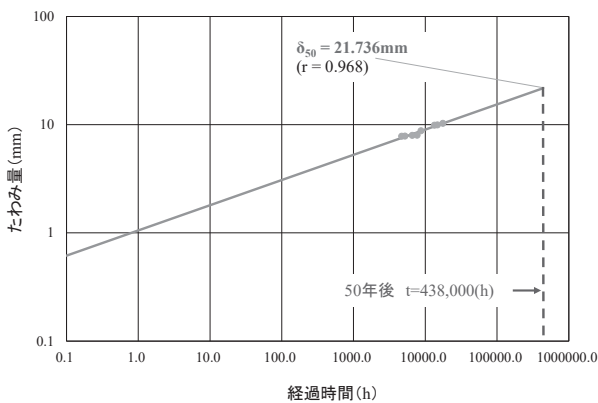


図7 50年後の鉛直たわみ（外挿値）

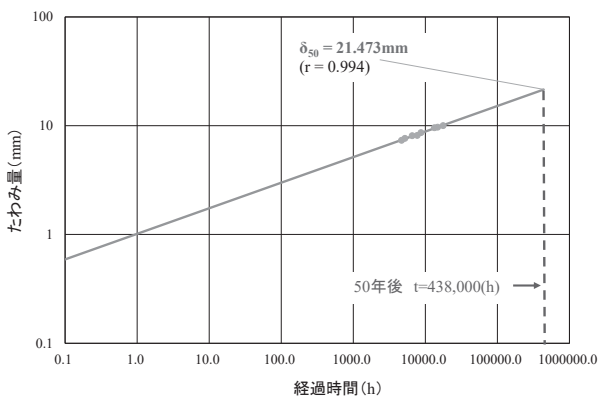


図8 50年後の水平たわみ（外挿値）

5. おわりに

管材の長期特性を見込んだ構造計算の考え方が導入されるなか、長期強度を考慮した強プラ管規格（FRPM K-111A）の現地埋設試験を約2年間実施した。通水時を含む2年間の機能監視期間において図4より、管のたわみ率（最大1.2%）は許容たわみ率（5%）の1/4以下、図5より、発生ひずみ（最大 $1,000 \times 10^6$ ）は50年後の極限曲げひずみ（ $9,866 \times 10^6$ ）の1/10程度であり、安全に適用できることを確認した。本計測については継続して実施し、データの蓄積ならびにさらなる管の長期安全性を検証していきたい。

本評価の実施にあたり、ご協力頂いた東北農政局北上土地改良調査管理事務所様及び須川支所様ならびにご指導・ご助言を賜った国立研究開発法人 農研機構 農村工学研究部門 有吉充 上級研究員、茨城大学 農学部 毛利栄征 特任教授に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 東北農政局 北上土地改良調査管理事務所，東北エンジニアリング株式会社著 平成31年3月「平成30年度 国営施設応急対策事業須川地区第1号幹線水路実施設計（その3）その他業務土質調査報告書」
- 2) 国立研究開発法人 防災科学研究所（K-net）
- 3) 間宮聡 大塚聡 有吉充 毛利栄征 「強化プラスチック複合管の長期性能評価」H29 農業農村工学会大会講演会」