

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 Function monitoring survey of the FRPM pipe in consideration of long-term strength

○西堀 由章* 野中 俊秀* 有吉 充**

Yoshiaki Nishibori, Toshihide Nonaka, Mitsuru Ariyoshi

1. はじめに

フィラメントワインディング成形による強化プラスチック複合管(以下、強プラ管)は、農業用水路に使用されてから 45 年以上が経過している。長期にわたって管を安全に使用するためには、長期強度を適切に把握することが重要である。そこで、管の長期強度と短期強度の違いを整理し、長期強度を考慮した強プラ管を開発した。ここでは実際にその管が埋設管として採用された現場で、1 年間、管の変形量及びひずみ量を計測し、その安全性について整理した。

2. 長期強度と短期強度

強プラ管の長期性能を評価する方法として、ISO 規格に準拠した長期極限曲げ歪み試験及び内圧クリープ試験がある。長期極限曲げ歪み試験は、供試管に静的荷重(外圧)を負荷して管が破壊に至るまでの時間等を計測する試験である。一方、内圧クリープ試験は、供試管に内圧を負荷して管が破壊に至るまでの時間等を計測する試験である。いずれの試験も複数条件で試験を行い、50 年後の破壊強度を推定する。

呼び径 500 の内圧 3 種管の長期極限曲げ歪み試験結果¹⁾を Fig. 1 に示す。Fig. 1 より、管の 50 年後の破壊外圧(P_{C50})は 26.04 (kN/m)と求まる。長期の破壊強度は、初期の破壊外圧(P_{C0})52.38 (kN/m)の 0.5(P_{C50}/P_{C0})となる。管の製造において、短期強度で品質を確認する場合には、長期強度の 2 倍で管理する必要がある。呼び径 200 の内圧 3 種管の内圧クリープ試験の結果¹⁾を Fig. 2 に示す。管の 50 年後の破壊内圧(H_{C50})は 1.767 (MPa)と求まる。内圧 3 種管の最大設計内圧(H_{C0})は、0.7 (MPa)であり、50 年後も安全率 2.5 (H_{C0}/H_{C50})を有していることから、従来の強度設定のままでも安全率を担保できることが分かった。上記試験結果をもとに、管材の長期強度の更なる安全性を考慮して設定した呼び径 900 の内圧 5 種管の初期管理値を Table 1 に示す。円周方向強度は、50 年後の破壊強度を基準とし、従来規格品より外圧強度の初期管理値を約 30% 向上させている。

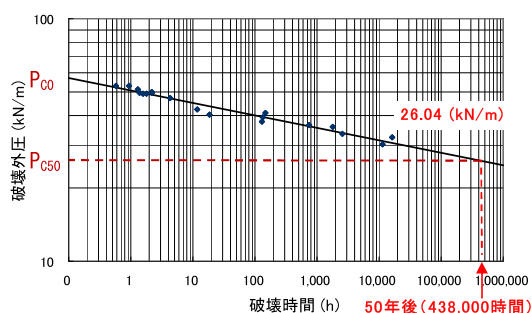


Fig. 1 破壊時間と破壊外圧の関係

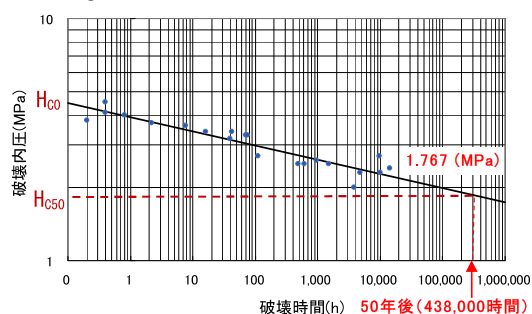


Fig. 2 破壊時間と破壊内圧の関係

Table 1 初期管理値の比較

項目	長期強度規格品	従来規格品
曲げ剛性 (kN・m ² /m)	7.290	7.144
外圧強度 (kN/m)	81.4	63.9

3. 現地埋設評価

長期強度を考慮した強プラ管(呼び径 900、管長 6,000mm の内圧 5 種管)を現地に於て埋設し、施工時から通水期間を含む 1 年間、管の変形量及びひずみ量を計測した。管路の施工断面図及びひずみゲージ貼付断面図をそれぞれ、Fig. 3 及び Fig. 4 に示す。

* 強化プラスチック複合管協会 FRPM Pipes Association of Japan

長期性能, 性能設計, ISO

** 農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

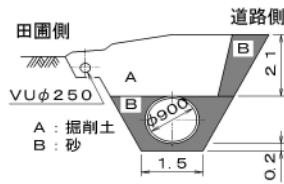


Fig. 3 施工断面図

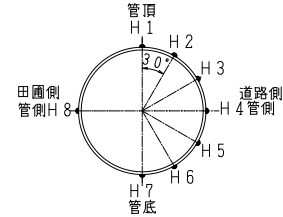
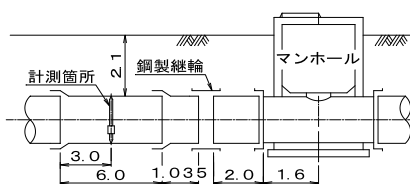


Fig. 4 ひずみゲージ貼付断

3.1 たわみ量測定結果

たわみ量の計測結果を Fig. 5 に示す。施工完了時まで鉛直及び水平方向の最大たわみ量が、それぞれ 6.30mm(たわみ率:0.69%)、6.66mm(0.73%)であった。1 年を経て、最大たわみ量が、それぞれ 8.76 mm(0.95%)、8.62 mm(0.94%)に進行したが、たわみ率は 1%以下で推移している。設計基準の許容たわみ率 5%と比較しても小さいと言える。

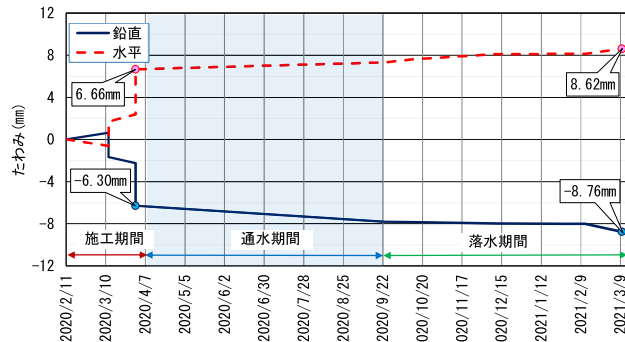


Fig. 5 たわみ量の経時変化

3.2 発生ひずみ測定結果

円周方向ならびに軸方向ひずみの経時変化をそれぞれ Fig. 6 及び Fig. 7 に示す。施工期間は、管底の円周方向ひずみが -674×10^{-6} で最大である。通水期間は、全ての個所で引張方向にひずみが約 300×10^{-6} 増加しており、内圧により管が全体的に膨張した。計測値では、管側部の円周方向で 783×10^{-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 1000×10^{-6} 程度と推察され、50 年後の極限曲げひずみ $9,866 \times 10^{-6}$ ¹⁾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の 235×10^{-6} であった。円周方向と比較して約 1/4 であり経時変化も微少である。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。本数値を用いて、発生曲げ応力を算出した結果、 2.11 MN/m^2 であり、強プラ管の軸方向許容応力 14.70 MN/m^2 以下であることを確認した。

通水時を含む 1 年間の管の変形を計測し、たわみ量及びひずみは共に小さい範囲で推移していた。なお、計測については次年度以降も継続して実施し、データの蓄積ならびに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調査土地改良調査管理事務所及び須川支所ならびにご指導頂いた茨城大学 毛利教授に深謝申し上げる。

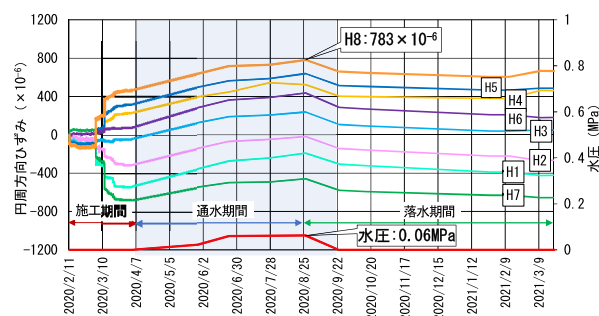


Fig. 6 円周方向ひずみの経時変化

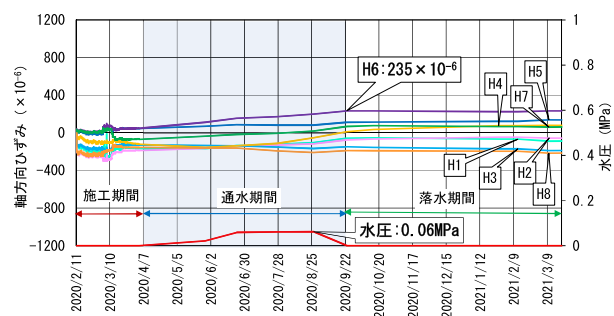


Fig. 7 軸方向ひずみの経時変化

【参考文献】 1) 間宮 大塚 有吉 毛利 (2013) : 強化プラスチック複合管の長期性能評価 平成 29 年度農業農村工学会大会講演会要旨集 494-495