

現場硬化型更生管の設計値と物性試験値の比較

Comparison of design value and physical property test of cured in place pipe

○大塚 聡* 藤本 光伸* 竹田 誠 有吉 充** 毛利 栄征***

Satoshi Otsuka, Mitsunobu FUJIMOTO, Makoto TAKED, Mitsuru ARIYOSHI, Yoshiyuki MOHRI

1. はじめに

近年、耐用年数を超過した農業用水管は増加傾向にあり、今後、更生工法は年々増加することが予想される。更生工法には、現場硬化型更生工法やパイプ・イン・パイプ工法等、様々な種類の工法がある。現場硬化型更生管（以下、更生管という）の構造設計は、土圧、活荷重等の外的荷重、内水圧及び外水圧が更生管に作用した時の必要管厚を計算することで安全性を照査する手法は周知されている。しかし、更生管自体は複合材料に類別されるが、その構造設計に関する考えは、各メーカーのノウハウであり公開されていないのが現状である。そこで、本報では、構造設計から設計値を満足する更生管を試作し、物性試験結果と設計値を比較した内容を報告する。

2. 更生管の設計値

更生管の仕様は自立管とし、管厚は口径の2%、設計水圧は1MPa、土被り4mの設計条件で、土地改良計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」の設計基準を満足するよう更生管の設計値を設定した（表1）。

表1 更生管の設計値

項目	設計値
引張強度	140(MPa)以上
曲げ強度	230(MPa)以上
曲げ弾性係数	13(GPa)以上

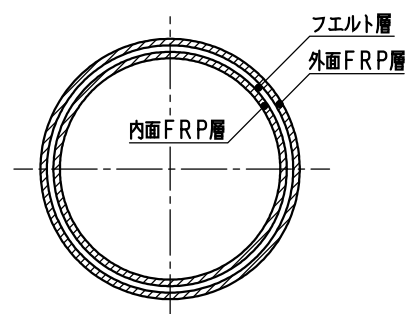


図1 更生管の構造

3. 更生管の構造設計

更生管の構造はFRP層とフェルト層の3層構造（図1）とし、複合則を用いて更生管の強度を計算する。FRP層の強度は、使用する原材料の種類、物性値及び繊維含有率 V_f が関係する。

$$V_f = \frac{U_f}{U}$$

ここに、 V_f : FRP層の繊維含有率、 U_f : 繊維の体積、 U : FRP層の体積

$$E = K_E \cdot E_f \cdot V_f + E_m \cdot (1 - V_f)$$

ここに、 E : FRP層の弾性係数(GPa)、 E_f : 繊維の弾性係数 (GPa)、 E_m : 樹脂の弾性係数 (GPa)、 K_E : 繊維の分布状態により決まる係数

$$\sigma_T = K_T \cdot \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m \cdot (1 - V_f)$$

ここに、 σ_T : FRP層の引張強度(MPa)、 σ_f : 繊維の引張強度 (MPa)、 σ_m : 繊維破断歪み時の樹脂の応力 (GPa)、 K_T : 繊維の分布状態により決まる係数

*株式会社栗本鐵工所, KURIMOTO,LTD., **農研機構農村工学研究部門, Institute for Rural Engineering, NARO, ***茨城大学農学部, Faculty of Agriculture, Ibaraki University 現場硬化型更生工法, 更生管, 構造設計

更生管の曲げ剛性は、複合はりの理論により次式から算出する。

$$EI_i = \sum_{j=1}^n \left[E_{ij} \cdot \left\{ \frac{t_j^3}{12} + t_j (y_o - y_j)^2 \right\} \right]$$

ここに、 $E I_i$: 単位幅当たりの曲げ剛性 (N・mm²/mm)

E_{ij} : 各層の弾性係数 (MPa)

t_j : 各層の厚み (mm)

Y_o : 管内面から中立軸までの距離 (mm)

Y_j : 管内面から各層の中心までの距離 (mm)

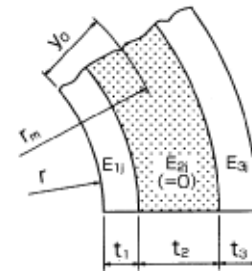


図2 更生管の断面

次に、次式から各層毎の等価応力を求め、最も小さい値を更生管の等価応力 σ_e とした。

$$\sigma_e = \frac{M}{EI} \cdot \eta_i \cdot E_{ij}$$

ここに、 σ_e : 管の等価応力 (MPa)、 M : 管に作用する単位幅当たりの曲げモーメント (N・mm/mm)、 η_j : 中立軸から各層の中心までの距離 (mm)

4. 更生管の設計値と物性試験値の比較

表2に示す諸元をもとに表1の設計値を満足する口径400mmの更生管を試作し(目標強度は設計値の約1.2倍)、設計値と物性試験値の比較を行った。外圧試験は、環片形状(L=300mm)の試験体を採取し、上下方向から荷重を負荷し、曲げ弾性率と曲げ強度を測定した(図3~4)。また、引張強度は、環片形状(L=25mm)の試験体を採取し、引張試験治具を用いて測定した。試作品の試験結果を表3に示すが、いずれの数値も設計値を満足することを確認した。

表2 構造設計に用いた諸元

項目	諸元
V_f	0.26
E_f	69 (GPa)
E_m	3.9 (GPa)
σ_f	1063 (MPa)
σ_m	69 (MPa)

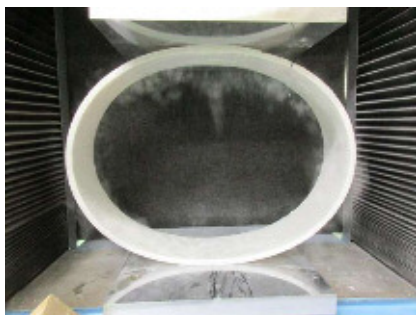


図3 曲げ試験状況

表3 更生管の設計値と物性試験値の比較

項目	物性試験値*	設計値
引張強度	198(MPa)	140(MPa)以上
曲げ強度	300(MPa)	230(MPa)以上
曲げ弾性係数	19(GPa)	13(GPa)以上

※

※n=2の平均値

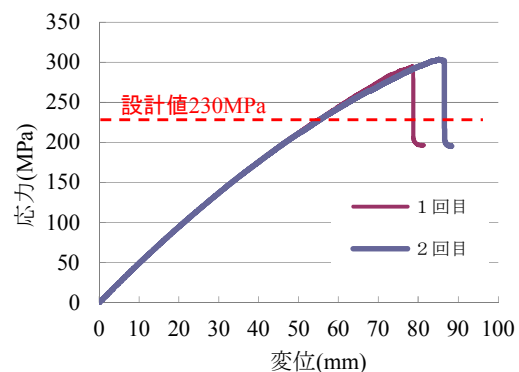


図4 曲げ試験における荷重と変位の関係

5. まとめ

更生管の設計強度は、計算により推定できることを確認した。ただし、更生管の強度は、使用する原材料の種類、物性値及び繊維含有率が大きく関与するため、使用される環境に応じて設計する必要がある。今後、データの蓄積を継続することで、設計の精度を高め、実用的な更生工法となるよう取り組んでいきたいと考える。