

内水圧に対する現場硬化管の挙動と充填材の影響 Behavior of a liner subjected to internal water pressure and influence of filling material

有吉 充*・毛利栄征**・工藤章光 ***

Mitsuru ARIYOSHI, Yoshiyuki MOHRI, Yukihiro KUDO

1. はじめに

老朽化した農業用パイプラインの現場硬化管による更生では、既設管と現場硬化管の隙間に充填材を充填する方法と、隙間を残したままとする方法がある。現場硬化管の安全性を適切に評価するためには、隙間の充填の有無が、現場硬化管の挙動に与える影響を把握することが重要である。そこで、ヒューム管内に現場硬化管を設置したモデルを製作し、内水圧を負荷する実験を行い、充填材が内水圧に対する現場硬化管の挙動に与える影響を明らかにした。

2. 実験概要

延長約 11m のφ1000 のヒューム管内に表 1 に示す現場硬化管（管端部での管厚 16.3~22.4mm，平均 19.9mm）を設置し（図 1 及び図 2），現場硬化管に内水圧 1.0MPa を負荷する実験を行った。なお、内水圧に対する現場硬化管の挙動を検討するため、地盤の埋戻しは行っていない。

図 2 に示すように、既設管の中央部は直管を 3 本配置している。真中の直管は、老朽化が進んで亀裂が生じた状態を再現するため、管頂・管底・管側にて分割したパイプ（以下、このパイプを分割管とする）を用いた。また、2 箇所にて曲管（30°及び 45°）を配置した。

充填材の有無が現場硬化管の挙動に与える影響を確認するため、既設管と現場硬化管の隙間に充填材を用いない場合(Case1)と、用いた場合 (Case2) の 2 ケースの実験を行った。今回の実験と同じ既設管模型を用いて現場硬化管を設置する予備試験を実施したところ、現場硬化管は硬化時に収縮し、既設管と現場硬化管の間に平均で 2.5mm (1.0~4.0mm) の隙間が生じた。この隙間に充填材としてエアミルクを充填した（図 3）。

内水圧、現場硬化管の円周方向ひずみ、管軸方向ひずみを計測した。円周方向ひずみは、分割管の A 断面と健全なヒューム管の B 断面の 2 断面にて計測した（図 2）。両断面とも、管頂から 30° 毎に、現場硬化管の内面に計

表 1 現場硬化管の材料特性

Material property of liner				
曲げ強さ (MPa)	曲げ弾性 係数(MPa)	引張強さ (MPa)	引張弾性 係数(MPa)	引張破断 伸び(%)
166	9,694	94	9,682	2.6



図 1 実験模型の全体写真
Overall view of the test model

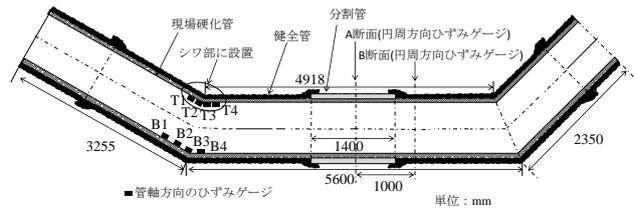


図 2 実験模型の断面図
Cross section of the test model



図 3 エアミルクの充填状況
Filling condition of air milk

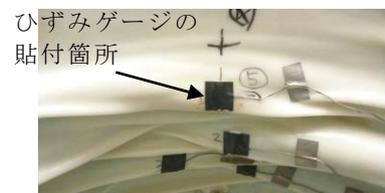


図 4 管頂のひずみゲージ
Strain gages on top of liner

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

茨城大学** Ibaraki University

岡三リビング（株）*** Okasan Livic Co.,Ltd

キーワード：更生管 充填材 内水圧

12枚のひずみゲージを貼付した。また、屈曲角 30° の曲管部において、管底では200mm毎、しわの生じた管頂ではしわの凸部(図4)にて、計8箇所管軸方向のひずみを計測した(図2)。

3. 実験結果

(1) 円周方向ひずみ

Case1, 2におけるA, B断面の円周方向ひずみの平均値と内水圧の関係を図5に示す。円周方向ひずみの平均値とは、 30° 毎に計測した12点のひずみの平均値である。なお、ひずみは正が引張である。

Case1では、内水圧600kPa以下において、A断面とB断面のひずみはほぼ同等であり、内水圧に比例してひずみは増加した。現場硬化管は硬化時に収縮し、既設管との間に隙間が生じるため、内水圧により膨張する。但し、内水圧が600kPaを超えた場合、B断面のみひずみの増加量は低下した。これは、内水圧が約600kPa時に、現場硬化管が全周にわたり既設管に接触し、変形しにくくなったためと考えられる。A断面は最後まで線形にひずみが増加しており、現場硬化管と既設管の接触後も、分割管は内水圧を負担できないために、現場硬化管のみが内水圧を受け持つことが分かった。

充填をしたCase2のB断面のひずみは、Case1よりも大幅に小さい。600kPa負荷時のB断面におけるCase2のひずみ(213 μ)はCase1(1594 μ)の13%であり、ほとんど変形しない。現場硬化管に作用した内水圧は、充填材を通して既設管に伝達し、その大部分が既設管により受け持たれたためである。但し、700kPaを超えると、700kPa以下の場合よりも、ひずみの増加量が大きくなった。充填したエアミルクの圧縮に対する挙動が非線形性を有していることなどが原因として考えられる。A断面ではCase1とCase2に生じた円周方向ひずみは同程度であり、既設管の強度が期待できない場合は、充填材の有無に関わらず、内水圧は現場硬化管のみで受け持たれることが分かった。

(2) 曲管の管軸方向ひずみ

充填していないCase1の曲管部周辺の管軸方向のひずみと内水圧の関係を図6に示す。曲管には、内水圧によりスラスト力が作用する。 30° の曲管部における1MPa時のスラスト力は375kNである。図6より、大きさにばらつきはあるが、曲管部では、管頂には圧縮、管底には引張方向のひずみが生じており、現場硬化管は曲げ変形したと推察される。内水圧1MPa時には、管頂では最大で-1474 μ 、管底では1109 μ のひずみが生じており、曲管部では、比較的大きなひずみが発生する可能性があるため、管軸方向の安全性についても注意が必要である。

一方、図7に示すように、充填したCase2では、発生するひずみはCase1よりも全体的に減少した。引張方向のひずみの最大値(471 μ)はCase1(1109 μ)の約60%、圧縮方向のひずみの最大値(-431 μ)はCase1(-1474 μ)の約70%減少した。現場硬化管と既設管の隙間が充填されると、曲線部の管軸方向の変形も抑制されることが明らかになった。

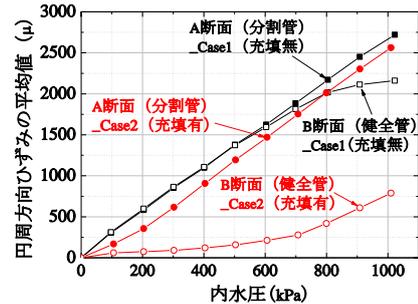


図5 円周方向ひずみの平均値と内水圧の関係

Relationships between the average of circumferential strains and internal pressures

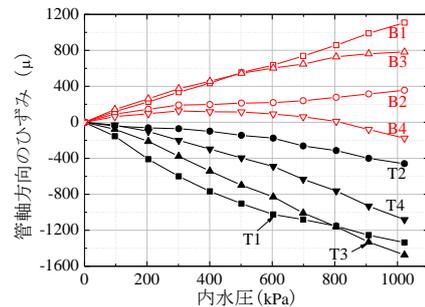


図6 管軸方向のひずみと内水圧の関係 (Case1)

Relationships between longitudinal strains and internal pressures (Case1)

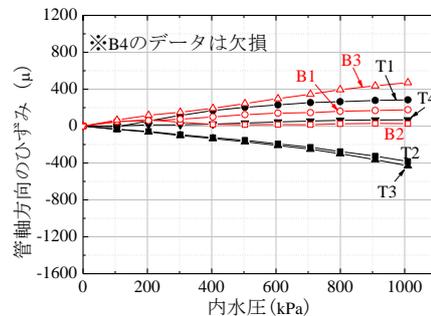


図7 管軸方向のひずみと内水圧の関係 (Case2)

Relationships between longitudinal strains and internal pressures (Case2)