

外水圧作用時における更生管の安全性評価について

The Safety Evaluation of FRPM Pipe affected by External Hydraulic Pressure

間宮 聡* 小山 智芳** 有吉 充*** 毛利 栄征***
 Satoshi Mamiya, Tomoyoshi Koyama, Mitsuru Ariyoshi Yoshiyuki Mohri,

1. はじめに

老朽化トンネルおよび農業用パイプライン等の既設管内に内挿管を挿入して更生する場合、通常の埋設条件と比較して地下水が高くなる場合がある。そのため、更生管が外水圧により、内側に変形(座屈破壊)する事故が生じている。そこで、本試験では、更生管の外水圧に対する安全性を明らかにするため、剛性(EI 値)の異なる管材を用いた自由座屈試験および中込材が充填された更生管に外水圧が作用した際の拘束座屈試験を行ったので報告する。

2. 自由座屈試験

2.1 試験概要

自由座屈試験の概要を図 1 に示す。供試管は、試験治具の端部締付力による管体の影響を無くすため分割型とし、中央(管長 400mm)部を計測用供試管とする。また、供試管の長手方向の形状を保持するため、管体の外周にラテックスメンブレンを被覆し、管周囲から外水圧を 0.01MPa/min で負荷した。

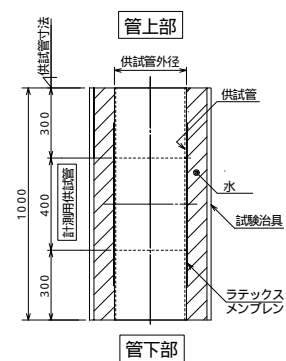


図 1 自由座屈試験概要図

2.2 試験結果

本試験で得られた実験値と式に示す理論値を比較した結果を表 1 に示す。また、本試験結果を管材の EI 値を横軸として整理した結果を図 2 に示す。管材の EI 値が異なっても実験値と理論値は明確に一致することを確認した。理論式を以下に示す。

$$P_k = \frac{2E}{1-\nu^2} \cdot \left(\frac{t}{D}\right)^3 \dots \quad P_k : \text{限界圧力(MPa)} \quad D : \text{管内径(mm)} \quad t : \text{管厚(mm)} \quad \nu : \text{ポアソン比}$$

$$E : \text{円周方向の弾性係数(MPa)}$$

表 1 自由座屈試験結果

供試管種類	内径 D(mm)	管厚 t(mm)	管の曲げ剛性 EI(kN・m ² /m)	理論値 (MPa)	実験値 (MPa)
薄肉FRP管	150	1.8	0.0067	0.05	0.06
FRP管		3.0	0.0450	0.30	0.31
塩ビ管		5.0	0.0240	0.16	0.17
鋼管		2.0	0.1370	0.99	1.05

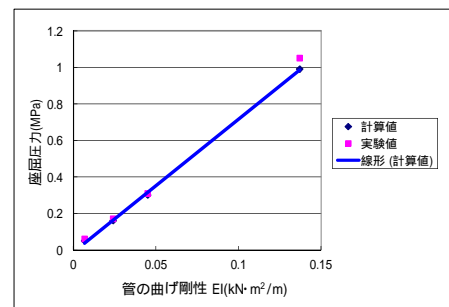


図 2 管の EI 値と座屈圧力の関係

3. 拘束座屈試験

3.1 試験概要

更生管として表 1 に示す薄肉 FRP 管を用い、自由座屈試験と同様分割型とした。中込材については、実際の現場で用いられている滞水型エアミルク(比重 1.1±0.1 圧縮強度 1.0N/mm²以上)を使用した。既設管は鋼管(厚み 2.3mm)を用い、管頂・管側・管底の 4 箇所、幅 5mm の隙間を管長手方向に設けた。拘束座屈試験のモデルおよび試験概要をそれぞれ図 3 および図 4 に示す。本試験では、

* 株式会社栗本鐵工所 Kurimoto Co.,LTD 改修工法, 管路, 外水圧
 ** 住友大阪セメント(株) Sumitomo Osaka Cement Co.,LTD
 *** 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

更生管の周囲に中込材および既設管を設け、実際の施工条件と一致させるためにその周囲には砂(豊浦標準砂)の充填を行い、更生管の変形を拘束するものである。また、供試管周囲に充填した砂は、相対密度を55%とした緩地盤を想定した。自由座屈試験と同様に、更生管が座屈するまで、管周囲から外水圧を負荷した。

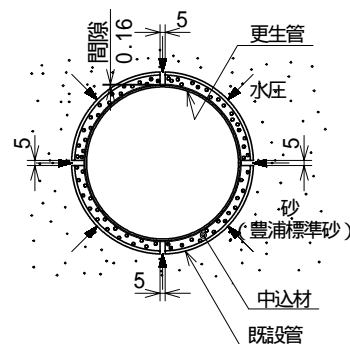


図3 拘束座屈試験モデル

3.2 計測機器概要

計測機器の概要を図4に示す。供試管の中央部の内面に、歪みゲージを円周方向36点(10°ピッチ)取り付け、水圧負荷時における円周方向歪みを計測した。また、供試管内部に接触型変位計を設置し、ステッピングモーターを用いて回転させることにより、水圧負荷時における供試管の内径変位を計測した。

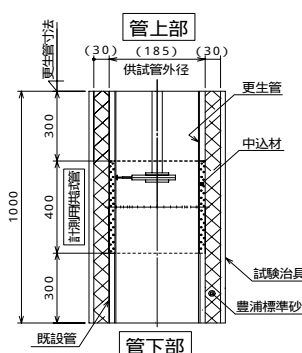


図4 拘束座屈試験概要図

3.3 試験結果

3.3.1 座屈圧力の確認

供試管は、0.54MPaを最大圧力として更生管が管内面方向に変形し座屈する結果となった。更生管の座屈変形状況を図5に示す。本試験結果は、Amstutzが提案する理論式から得られた座屈圧力(0.45MPa)と概ね一致する結果となった。

3.3.2 更生管周囲の地盤による影響

外水圧に対する更生管の外側への変形は、中込材および既設管ならびに砂により拘束される。本試験で得られた更生管歪み分布および座屈変形開始直後の管内変位分布をそれぞれ図6、7に示す。更生管は自由度の高い管内面方向に変位しているが、管外面方向にも極微量に変位している箇所を確認した。本試験結果については、砂の相対密度が55%と緩地盤であることが起因していると考えられる。今後、地盤の拘束力が高い密地盤(相対密度70%以上)および中込材の変形係数ならびに既設管のEI値等も含めた更生管周囲の地盤による影響について検討していく。



図5 更生管座屈状況

4. おわりに

拘束座屈試験については、実環境下を想定し、供試管周囲における地盤の影響ならびに馬蹄形管に代表される非円形管等についても検討していく。また、数値解析による検証も進めていくとともに、近年増加傾向にある管更生工事に対して適正な設計手法を提案していきたいと考える。

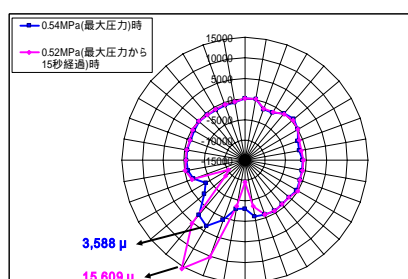


図6 更生管歪み分布図

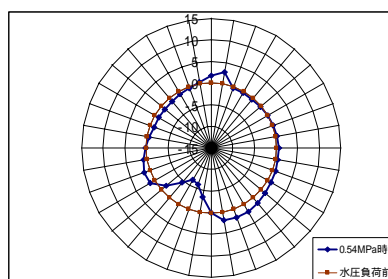


図7 更生管変位分布図

【参考文献】藤本 間宮 裕 小山 毛利 (2012) : 外水圧作用時における更生管の安全評価について
平成24年度農業土木学会大会講演会要旨集 660-661