

## 二層構造管の耐震性に及ぼす地盤条件・口径の影響

神戸大学大学院工学研究科

学生員 ○山下 慎吾

神戸大学大学院工学研究科

フェロー 高田 至郎

神戸大学大学院工学研究科

正会員 鋤田 泰子

**1. はじめに** 近年わが国では下水道施設の老朽化が深刻な問題となっており、既設管路を更新し耐震性も向上させることのできる更生工法が注目されている。本稿では、更生工法によって更新された二層構造管に着目し、地盤変状を受ける管路の管軸方向の耐震性を評価した。

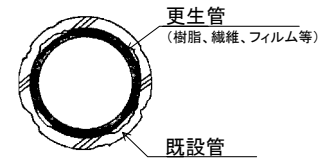


図-1 二層構造管概念図

**2. 解析モデルおよび解析条件** 更生工法とはヒューム管などからなる既設管の内部に、硬質塩化ビニルなどからなる更生材を挿入し、反転・加圧などにより既設管内部に一口径小さな更生管を圧着させて構築する工法であり、更新された管路は図-1 のように二層構造を有するものとなる。この二層構造管の管路挙動や応力分担は、既往の管横断方向の検討によって幾分の知見が得られている。しかし、

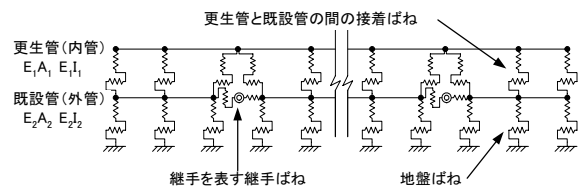


図-2 二層構造管管軸方向解析モデル

地盤沈下や側方流動などの地盤変状発生時の管路挙動や破壊モードはいまだ明らかではない。このような背景から、本稿では管軸方向の解析モデルおよび解析手法を構築し、側方流動を想定した二層構造管の管軸方向抵抗力について分析を行った。解析モデルは、弾性床の上のはり理論にもとづき図-2 のような非線形ばねモデルを用いて、両端をマンホールに支持された有効長 5m の管 6 本からなる既設管路に 30m の PVC 管を挿入した 30m の区間をモデル化した。更生管（PVC 管）および既設管（ヒューム管）を線形ばね要素、既設管における継手部を非線形ばね要素を用いて表現し、既設管と更生管の摩擦などの相互作用は非線形ばね要素を用いた接着ばねとした。管軸方向の継手ばね特性には図-3 のように引張り方向に抜ける表現している。既設管と更生管の接着条件である接着ばね特性は図-4 のようにすべりや充填材の剥離を表現したバイリニアで与え、5mm の変位を生じた時点で滑りおよび剥離の生じるものとした。地盤ばねは、線形地盤ばねとした。これらのモデル

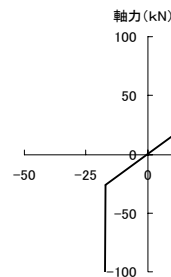


図-3 継手ばね特性

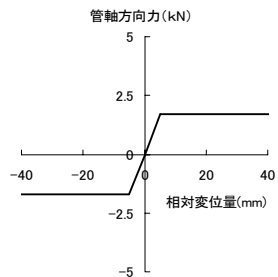


図-4 接着ばね特性

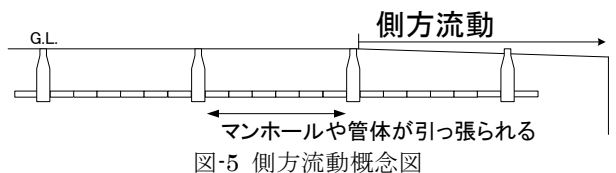


図-5 側方流動概念図

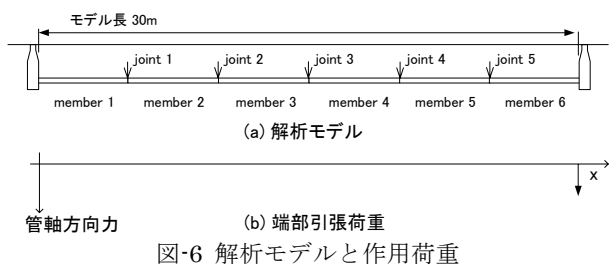


図-6 解析モデルと作用荷重

に変位法を適用し、変位量および断面力を算出した。作用荷重としては、側方流動が発生した場合、図-5 のように隣接する流動地盤によりマンホールや管体部分が引っ張られることから、管の破断や継手の抜けなどの被害が生じる可能性があり、図-6 のように端部引張荷重を作用させた。各解析ケースの設定としては、口径、埋設地盤の  $N$  値、単位面積当たりの摩擦係数をパラメータとした。口径については、対象とする更生工法の適用口径 200mm～600mm 内の  $\phi 250$ mm, 400mm を設定し比較検討を行った。また、地盤の硬軟を表す  $N$  値については 5, 10, 15, 20 を設定し、地盤条件による影響を分析した。

キーワード 二層構造管, 接着条件, 更生工法, 耐震性, 側方流動

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

神戸大学 TEL 078-803-6047

**3. 地盤硬さによる二層構造管の耐震性** N 値を 5 から 20 まで 5 刻みで変化させたときに二層構造管路が許容する軸ひずみを図-7 に示す. なお, 単位面積当たりの摩擦係数は  $5\text{kN/m}^2$  から  $85\text{kN/m}^2$  の範囲である. 図-7 において口径, 摩擦係数にかかわらず N 値が大きくなるにつれ許容変位が低下する傾向が見られる. また図-8 の軸ひずみ分布から, N 値が増加するにつれ更生管の軸ひずみが既設管の joint 近傍に集中する傾向が見られる. これらは共に, N 値が大きくなるにつれ, 管路を地盤が拘束することに起因すると考えられる. このことより, 埋設管の埋め戻し時に埋設管路に対し支持力が得られる程度にとどめ, 埋設地盤を締め固めすぎないほうが, 埋設管路の被害を少なくする可能性があると言える.

**4. 口径による二層構造管の耐震性** 図-7 において, 口径による二層構造管路が許容する軸ひずみの変化を比較すると, 口径により破壊のモードが変化し, 口径  $\phi 250\text{mm}$  においては, 管路が許容する軸ひずみにピークが現れ, 最適な接着条件としては埋設地盤の N 値にかかわらず摩擦係数が  $56\text{kN/m}^2$  であることが明らかとなった. 破壊のモードは, 口径  $\phi 250\text{mm}$  ではおおむね摩擦係数  $53\text{kN/m}^2$  を境界に, それ以下では既設管が抜け出し, それ以上では更生管が破断する結果となった. これは, 摩擦係数が小さいと既設管と更生管は一体となった挙動をせず既設管が抜けるため, 更生管には軸応力がほとんど生じない. しかし, 摩擦係数が大きくなり固着したような状態になると, 更生管において既設管の継手近傍で局所的に伸びることから, 軸応力が集中し更生管が破断するものと考えられる. 口径  $\phi 400\text{mm}$  では, 想定した摩擦係数の範囲では, すべて抜けによって破壊する結果となった. これは, 口径が大きくなることにより更生管の破断ひずみが大きくなり, 想定した摩擦係数の範囲では破断応力に達する前に抜けが生じるためである.

**5. まとめ** 本稿では, 二層構造管路における管軸方向解析モデルの構築を行い, 側方流動時の管軸方向の耐震性を評価した. その結果, 接着条件によって二層構造管の耐えることのできる軸ひずみが左右されることが明らかとなり, それにより二層構造管における接着条件を充填材などの使用によって最適な接着条件に近づけることが二層構造管の耐震性の向上につながるという. 本稿では, 口径  $\phi 250\text{mm}$  及び口径  $\phi 400\text{mm}$  における最適な接着条件を求めたが, 本解析手法は本稿で示すように様々な口径および地盤条件に対応可能である.

#### 【参考文献】

- 1) 高田至郎: ライフライン地震工学, 共立出版, 1989.9.
- 2) 下水道新技術推進機構: 管きょ更生工法 (二層構造管) 技術資料, 2006.3.
- 3) Warren C Young: ROARK'S Formulas for Stress and Strain, McGraw-Hill International Editions, 1979.12.
- 4) 青山博之・上村智彦: マトリックス法による構造解析, 培風館, 1988.2.
- 5) 日本下水道協会: 下水道施設の耐震対策指針と解説-2006 年版-, pp.40-47, 2006.8.

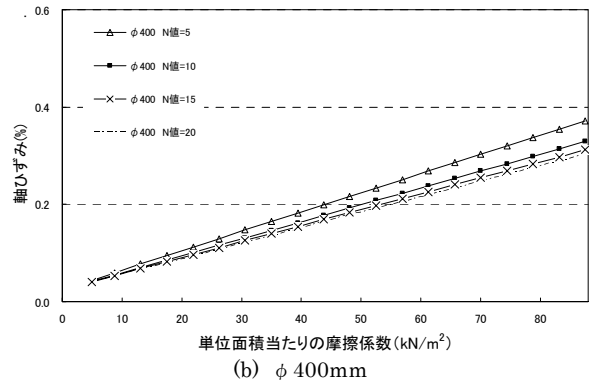
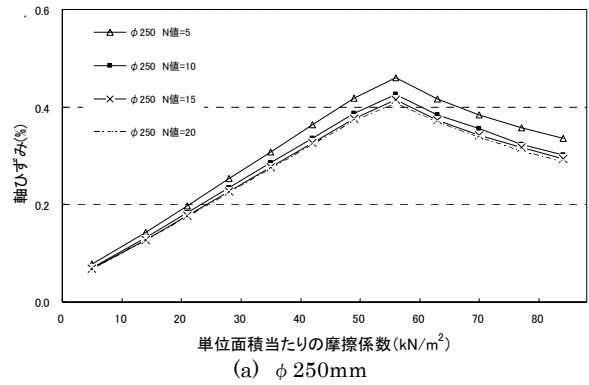


図-7 各摩擦係数における軸ひずみ

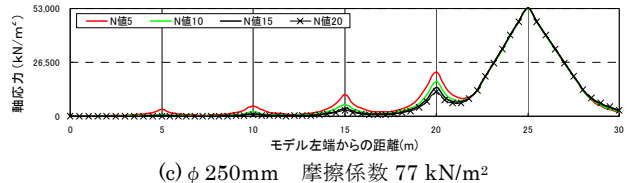
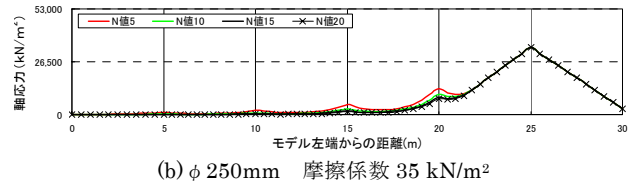
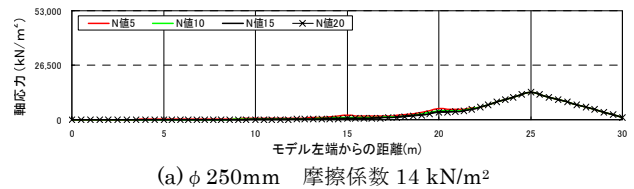


図-8 各摩擦係数における軸ひずみ