

自立管 製管工法（ら旋巻管） SPR®-SE 工法の 自立管としての性能評価

Performance Evaluation of Self-Supporting Pipes Using the SPR®-SE Method

積水化学工業株式会社
滋賀栗東工場 技術部更生管技術課
島 貴 孝
Takashi Shimanuki

エンジニアリング事業部
江川 太郎
Tarou Egawa

1. 緒言

老朽化した埋設管路を非開削により改築・更新する管路更生工法は、これまで種々開発されており、弊社では積水化学工業株式会社が開発した管更生工法を用いて令和4年9月、6年9月、7年8月に北九州市上下水道局発注の小口径管路（φ400mm以下）を対象とした管きょ更生工事を実施している。（弊社実施管路更生：施工延長323.0m）

本論文では、積水化学工業株式会社が開発した、中・大口径管路を対象とした工法について紹介する。

中・大口径管路（φ800mm以上）を対象とした更生工法は、工法分類で「製管工法」に分類されるものが多く、その構造形式は既設管の残存強度を考慮し、既設管と更生材が裏込め材を介して構造的に一体として新管と同等以上の耐荷性能及び耐久性等を有する「複合管」として設計されている。しかしながら複合管は、強化プラスチック複合管などの裏込め材による一体化が期待できない管路では設計不可能であり、また、鉄筋が露出するなど管路の劣化が激しい管路においても強度復元できないといった課題があった。

そこで、既設管の状態によらず、製管した更生材のみで埋設荷重に耐える「自立管」としての性能を発現できる SPR-SE 工法の開発を進めてきたのでその概要を報告する。

2. SPR®-SE 工法について

2.1 工法の概要

「SPR®-SE 工法※（以下、SE 工法）」は図.1に示す通り、既設管の内側に更生材として硬質塩化ビニル樹脂にスチール部材を嵌合させた带状体の部材（以下、SE プロファイルという）を螺旋状に製管し、既設管との間隙に間詰材を充填し、新しい自立管を構築する更生工法である。SE プロファイルは、図.2に示す通り、

硬質塩化ビニル部材、スチール部材およびシール部材で構成される。

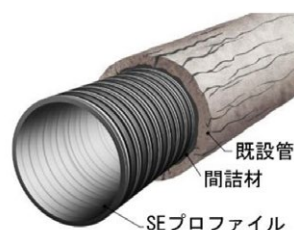


図.1 工法概要図

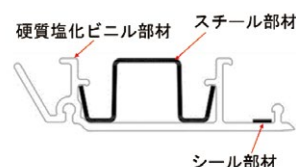


図.2 SE プロファイル

硬質塩化ビニルは、一般に柔軟性と強度、耐薬品性、耐摩耗性および耐久性を備えた材料で、下水道用管材として実績のある下水道用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-1）に使用される材料であり、他にも下水道用途に幅広く使用されている。スチール部材は、SE プロファイルのリップ間に配置され、製管した管の剛性を向上、自立強度を発現させる目的に用いられる。シール材は、SE プロファイル同士を嵌合した際に圧接されることで嵌合部の水密性を確保するものである。SE プロファイルの嵌合機構を図.3に示す。嵌合機構はメインロックとサブロックからなるダブルロック機構を採用しており、水密性・耐震性に優れた材料である。

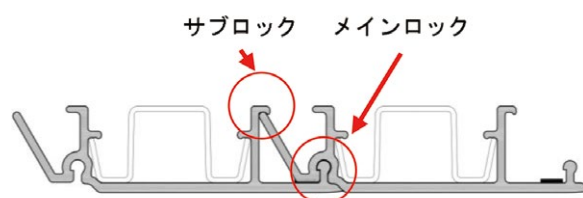


図.3 嵌合機構

2.2 工法の特長

SE 工法の特長を以下に示す。

①非開削で水を流しながら施工可能

※ SPR…Sewage Pipe Renewal の頭文字。

積水化学工業(株)、東京都下水道サービス(株)、足立建設工業(株)と共同で開発した独自の非開削工法であり登録商標。

- ②既設管強度を見込まず、更生管単独で自立強度発現
- ③あらゆる管種に適用可能
- ④時間制限や急な降雨等の際、施工を任意に中断可能
- ⑤大口径管に対応可能
- ⑥地震や液状化に伴う永久ひずみに追従する耐震性
- ⑦工場製品による安定した品質

2.3 施工方法

SE 工法は、ドラムに巻かれた SE プロファイルを地上から既設管内に送り込み、製管機で連続的に嵌合して更生管を構築する。製管方式自走式と牽引式の2種類があり、既設管の口径によって使い分ける。

自走式製管方式（図 .4）は、製管機を管内に設置し、製管機自体が前進することにより更生管を残置させ、既設管の内側に自立管を構築する方式である。

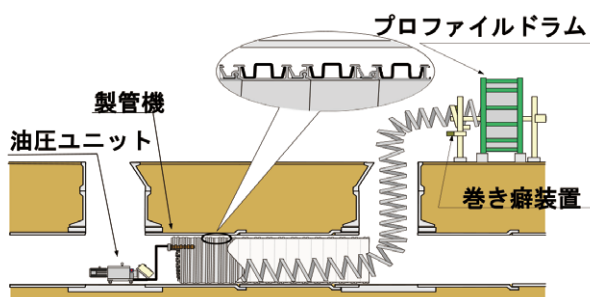


図 .4 自走式製管概要

牽引式製管方式（図 .5）は、製管機をマンホールに設置し、製管をしながらウインチで牽引をする方式で、既設管の内側に自立管を構築する方式である。

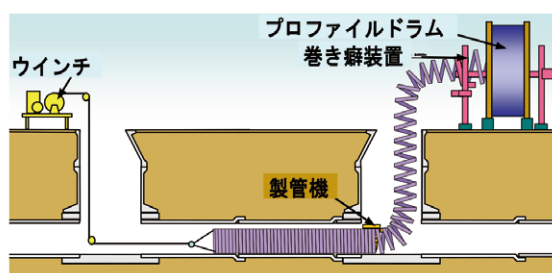


図 .5 牽引式製管概要

3. 性能評価

3.1 耐荷性能

自立管としての耐荷性能を確認するとともに、SE プロファイルの嵌合部やスチール部材の挙動検証することを目的に「下水道用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-1）」の試験方法に即して偏平試験を行った。

(1) 試験方法

更生径 ϕ 460mm（SE プロファイル：#53RW）を用い、試験体より大きい2枚の平板間に試験体をはさむ。管軸と直角方向に圧縮荷重を加えて100mm 偏平時の荷重を測定し、長さ1mあたりの線荷重（kN/m）を算出す

る。100mm 偏平量に達した時点で荷重を除荷し、嵌合部の外れなど更生管の異常有無を確認する。

(2) 試験結果

図 .6 に偏平試験の結果を示す。偏平量 20mm（たわみ率 4.3%）程度までは線形性を示し、それ以上となると非線形となった。

さらに過酷な条件として偏平量 100mm（たわみ率 21.7%）まで偏平させても図 .7、図 .8 の通り嵌合部やスチール部材の外れなどの異常は認められなかった。

(3) 考察

上記偏平試験結果より、通常の下水道用硬質塩化ビニル管同様に、構造が一体化した偏平変形をしていることを確認した。また、SE 工法は偏平たわみの許容率を1.5%としており、線形領域から考慮しても、十分に安全側の設計となっていることが分かる。

さらに、偏平量 100mm（たわみ率 21.7%）の条件下においても一体性を確保できることを確認し、更生管単体で十分な耐荷性能を有していると考えられる。

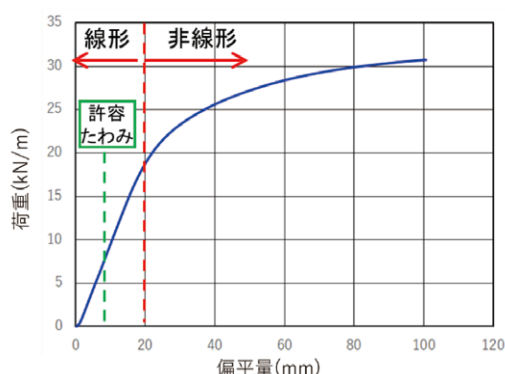


図 .6 偏平量と荷重の関係



図 .7 偏平試験状況



図 .8 100mm 偏平後試験体

3.2 管軸方向の耐震性能

耐震性能に対しての余裕率を検証する目的で、更生管の軸方向の変形限界性能について、既設管を考慮しない（実使用状態に近い）管体形状で評価を行った。

(1) 試験方法

本工法の適用範囲のうち、最も管剛性の小さくなる更生径 410mm の更生管 6.0m を作製し、3 点曲げ（支点間距離 5.0m）の要領で載荷し、垂直変位ごとの更

生管嵌合部の目開き量や荷重値の取得を行った。

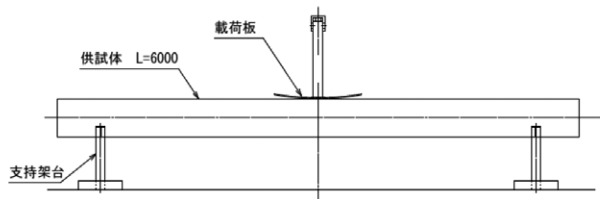


図.9 3点曲げ試験イメージ



図.10 垂直変位付与



図.11 目開き量測定

(2) 試験結果

①更生管嵌合部の目開き量

垂直変位量ごとの管底部の嵌合部目開き量を図.12に示す。240mmまでは目開き量の分布を概ね円形近似可能である一方、364mmになると、円形近似からやや乖離が生じてくる。そのため、240mm程度までは管体としての一体性が確保されているが、それ以上では管体の一体性が乱れ始めると推定される。

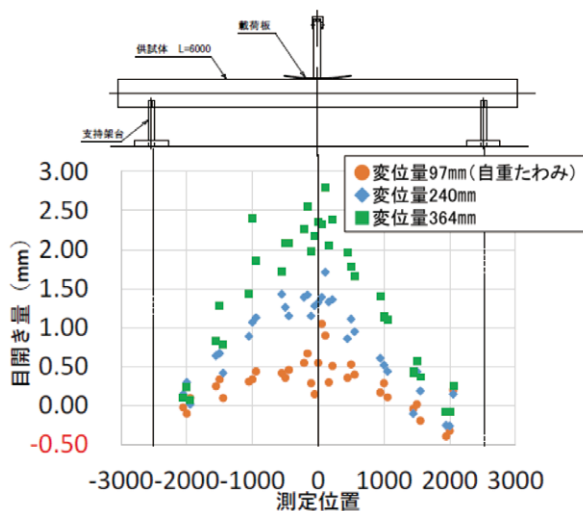


図.12 管底部嵌合目開き量の管軸方向分布

②荷重値

垂直変位を最大 658mm まで与え、その際の変位量と荷重値との関係を取得した（図.13）。また、本試験を中空円筒に集中荷重を加えたモデルと仮定し、理論式 (a) との整合を確認した。

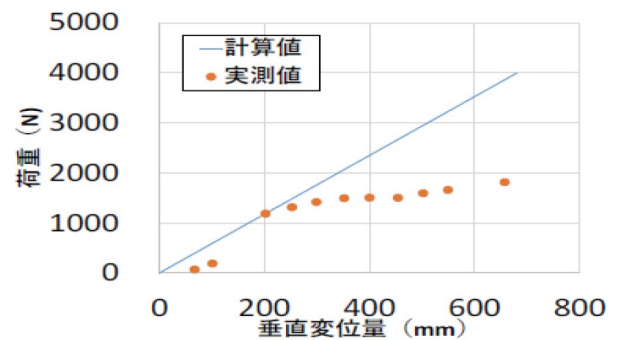


図.13 垂直変位量と荷重値の関係

$$W = \frac{PL^3}{48EI} \cdots \cdots (a)$$

W : たわみ量 (mm)

P : 荷重 (載荷板重量を含む)

L : 支点間距離 (=5000mm)

EI : 円筒の曲げ剛性 ($N \cdot mm^2$)

たわみ量 250mm 付近から、計算値と実測値の乖離が大きくなる。つまり、たわみ量 250mm を超えると、更生管は垂直変位に対する弾性領域を外れてくると推測され、この結果は①の結果とも整合している。

(3) 考察

不同沈下による挙動を、下記図 14 のような近似モデルを仮定して考察した。

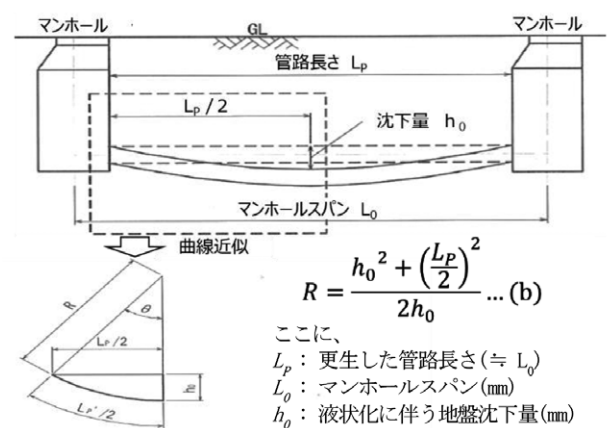


図.14 不同沈下の近似モデル

平均的な1スパンの延長 ($L_0 = 30m$) に、兵庫県南部地震における実績で最大の沈下量 ($h_0 = 30cm$) を考慮すると、式 (b) より曲率半径 R は以下の通りとなる。

$$R = \frac{300^2 + \left(\frac{30000}{2}\right)^2}{2 \times 300} = 375150 \text{ (mm)}$$

ら旋巻管の曲げ挙動が、圧縮側には変形せず、嵌合部目開きにより引張側が伸びる構造であると仮定する

と、嵌合部目開き量は図 .15 式 (c) により求められる。

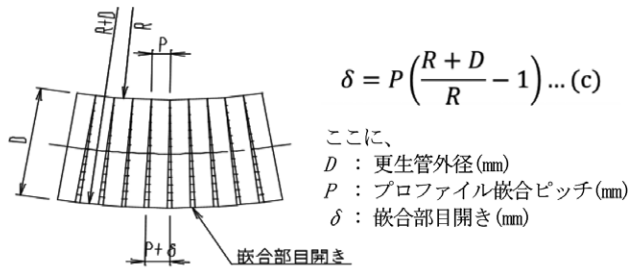


図 .15 嵌合部目開きモデル

既設管呼び径 450（更生管内径 410mm、更生管外径 433.8mm）にて、前述の条件（スパン延長 30m、沈下量 30cm）の不同沈下が生じたと仮定すると、嵌合部の目開き量は以下の通りとなる。

$$\delta = 53 \times \left(\frac{375150 + 433.8}{375150} - 1 \right) = 0.06 \text{ (mm)}$$

今回実施した 3 点曲げ試験では、垂直変位量 240 mm の時に最大 1.5mm 程度の目開き量が観測されており、上記の計算結果と比較すると大きな余裕率があることがわかる。以上より、SE 工法の管軸方向の耐震性は十分に確保されていると言える。

4. おわりに

今回、更生管単体で自立管となる製管工法「SE 工法」の重要な性能（耐荷・耐震）の検証について報告した。本工法の特長を活かせる現場において更なる普及展開が図られ、下水道ストックマネジメント事業の推進に資するよう技術開発を展開していきたい。

以上で積水化学工業株式会社が開発した、中・大口径管路を対象とした工法についての紹介は終わるが、本技術を活用した生活インフラ整備を通じ、社会に更なる貢献をしていきたい。