令和5年度 水利施設保全管理補修部門 中央研修会



SPR-A 工法

既設管との一体性に関する評価について

2023年11月17日 積水化学工業株式会社



1. 管路更生工法の概要

2. SPR-A工法の概要

3. SPR-A工法の一体性評価

管路更生工法の概要



■管路更生工法とは、

既設管に破損、クラック、摩耗等が発生し耐荷能力の減少や流下能力が保持できなくなった場合、非開削で既管内面から管を構築し、管路の耐荷性や通水性等の機能を回復又は向上させる工法

◆農業水利施設の老朽化対策工法 対象施設:パイプライン、暗渠、水路トンネル

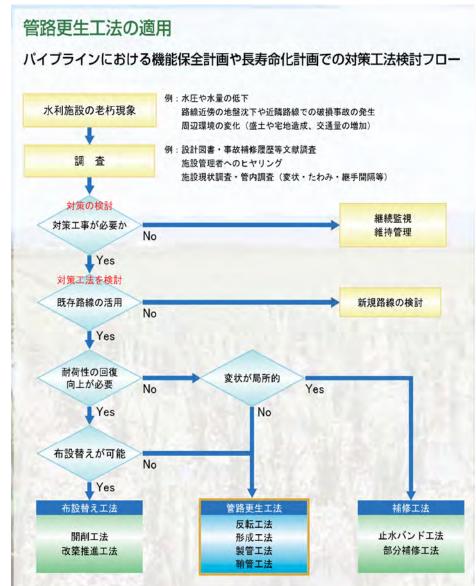




- ■管路更生工法のメリット
 - > 周辺環境や住民生活への影響(騒音・振動・渋滞)も少ない
 - ▶ 既設ストックを活用、廃棄物、CO2排出量等環境負荷が少ない

管路更生工法とは





出典:(一社)日本管路更生工法品質確保協会





実績 22年度:668km, 累計:11,686km

出典:(一社)日本管路更生工法品質確保協会



◆基準書「パイプライン」の分類

管路更生工法		各工法の概要	
	鞘管工法	既設管内に二次製品の管を立坑から運搬 して接合又は溶接、あるいは立坑内で接 合して推進した後、既設管との間隙に充 填材を充填して管路を構築する工法	
補修・補資	反転工法	熱で硬化する樹脂を含浸させた材料を、 既設管内に反転加圧させながら挿入し、 加圧状態のまま樹脂を硬化させることで 管を構築する工法	
強・改修	形成工法	熱又は光等で硬化する樹脂を含浸させた 材料を管内に引き込み、硬化させる工法、 又は、熱可塑性樹脂のパイプを管内に引 き込み、冷却固化させる工法	
	製管工法	既設管内に硬質ポリ塩化ビニル材等を嵌合させながら樹脂パイプを製管し、既設管との間隙にモルタル等を充填する工法	

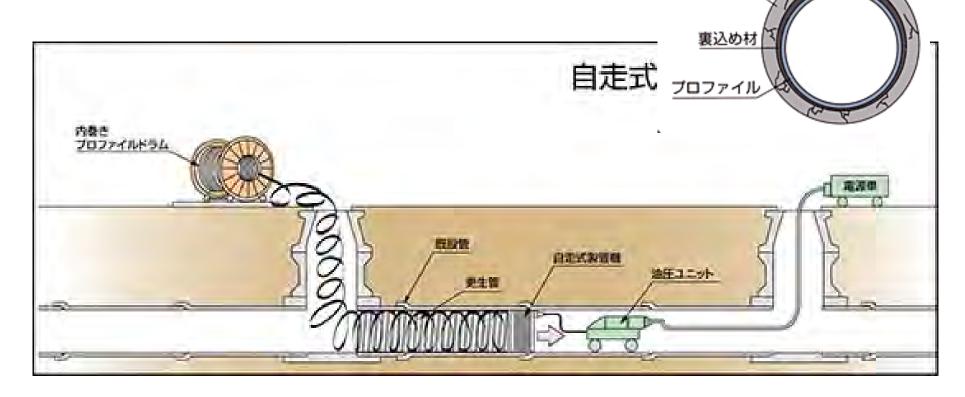
SPR-A工法の概要

SPR-A工法とは



既設管

- ▶ 既設管路内側に、製管機によりプロファイルをら旋状に製管
- ▶ 既設管とら旋巻管との空隙に裏込めを充填
 - ⇒既設管の機能回復を図る

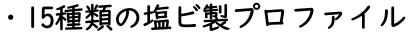


SPR-A工法とは

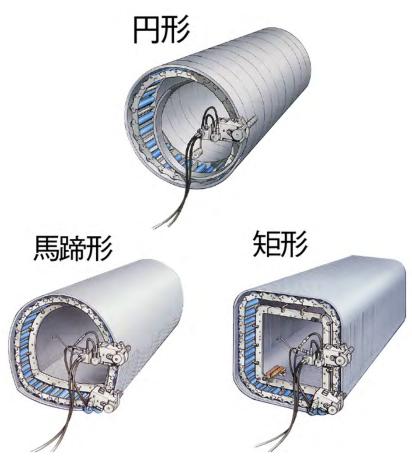
SEKISUI

◆ 円形・矩形・馬蹄形と様々な形状の管きょ 補修・補強・改修の様々な用途に対応可能





・4種類の裏込め材 寸法、形状、更生目的により使い分け



SPR-A工法とは



【形状】 円形、矩形、馬蹄形等

【口径】 自走式 ◇ 円形管 : \$\phi 800 ~ \$\phi 5000

◇ 矩形・馬蹄形きょ; 900mm ~ 5000mm

【施工延長】 最大 500m (500mを越える場合も対応可能)

【施工実績】 1526km(内 農業水利施設56.5km) 2022年度末

水位:60cm



4mクラスの矩形渠



補強鉄筋での施



曲線施工



SPR-A工法の特長



施工の特長

- I. 口径・形状(円形・矩形・馬蹄等)が自由に設定できる
- φ600の作業孔から施工できる
 - ⇒ 非開削で住民生活や交通への影響を回避
- 3. 通水施工(管径の30%以下)が可能
 - ⇒ 冬季かんがい用水や防火用水を流しながら更生可能

更生管の特長

- 1. 水密性に優れている
 - ⇒ 管体での内圧性能(試験水圧0.6MPa) を確認
- 2. サイズダウンしても流下能力向上
 - ⇒ 塩ビ管と同等の粗度係数・流速係数
- 3. 耐衝撃・耐摩耗性に優れている
 - ⇒ コンクリート供試体に比して2%の摩耗量

施工上の特長 (非開削)





製管機管内搬入



材料(プロファイル)管内搬入



製管機管内組立て

すべての資機材を φ600作業孔から 搬入可能



完全非開削施工

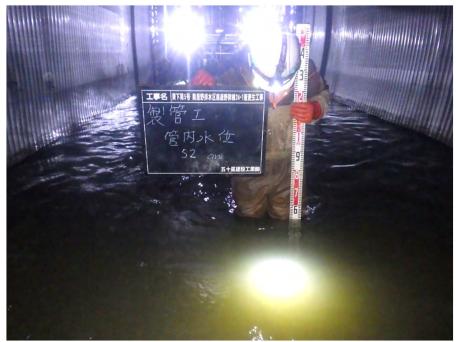
施工の特長(通水施工)



<通水施工>

管径の約30%かつ60 c m以下、流速1.0m/s以下





*右写真は下水道管更生の場合

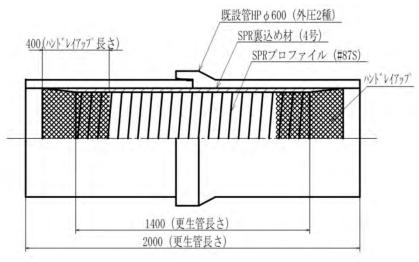
更生管の特長(水密性・内圧性能)



<試験概要>

既設管:継手部のゴム輪を使用していないコンクリート管

更生管:SPR-A更生管、管端部FRPハンドレイアップ処理





<試験結果>

試験水圧 0.6MPa (≒6.0kgf/cm²) 保持時間 3 分間 ⇒漏水や圧力変動はなく 0.6 MPaの内水圧に対して止水性を 有することを確認。

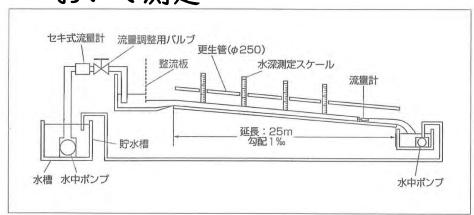
標準適用内圧 0.4MPa (安全率1.5)

更生管の特長(水理性:流下能力向上)



<試験概要>

- ・清水を自由水面で流下させる。
- ・流量、流速、水深を整流部に おいて測定





<試験結果>

管種	粗度係数 n 実測平均値
更 生 管	0.0067
ヒューム管	0.0114

表面部材	塩ビ製
マニングの粗度係数	n = 0.012
H-W式の流速係数	C = 150

更生管の通水性は**硬質塩化ビニル管と同等** ⇒サイズダウンしても流下能力向上

更生管の特長 (耐摩耗性)



◆JIS K 7024

◆水砂噴流摩耗試験

プラスチック摩耗輪による摩耗試験方法

名 称	試験片	摩耗質量 (mg)
SPRプロファイル	1 2 3	140.5 145.1 124.7
	平均	136.8
比較品 (硬質塩化ビニル管)	1 2 3	155. 112. 9 191. 9
	平均	153.3

名 称	試験片	l0hr後 摩耗深さ(mm)
SPRプロファイル	1 2	0.03 <i>9</i> 0.055
	平均	0.047
比較品 (コンクリート板)	1 2 3	2.808 2.499 2.843
	平均	2.717

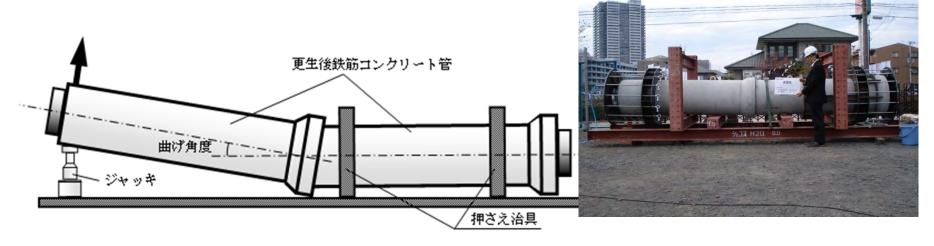
塩ビ管と同等の耐摩耗性 コンクリートに比して2%の摩耗深さ



長期耐久性



◆引き抜き変位+曲げ変位+水密性



引き抜き変位	36.5mm
屈曲角	1.0°

水密性(0.2MPa) 保持

レベル2地震動に対する耐震性を確保 東日本大震災後の追跡調査でも問題なし

SPR-A工法施工方法





SPR-A工法の施工事例 ①





東北農政局:パイプライン更生

既 設 管: ∮1000~1100

更 生 管: φ930~950

施工延長:73.2m

設 計 水 圧: 0.25~0.29MPa

屈 曲 部: I箇所 (29.5°)

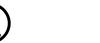
⇒FRPハント゛レイアッフ゜処理



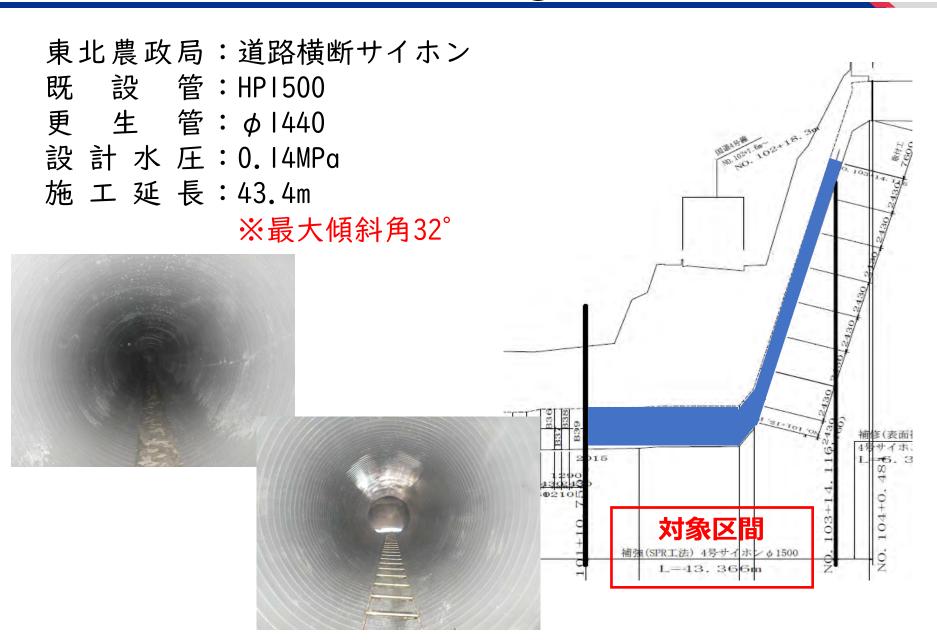




SPR-A工法の施工事例 ②







SPR-A工法の施工事例

SEKISUI

北海道(H30):暗渠更生

既 設 管:□I300x900

更 生 管:□1200x800

施 工 延 長:412m

曲 線 部:8箇所 (R=10~100m)

⇒曲線用プロファイルを用いて施工







SPR-A工法の施工事例





北海道(R2):道路横断暗渠更生

既 設 管:□1850x1350

更 生 管:□1750x1230

施 工 延 長:126.8m(全13箇所)

※頂版内側鉄筋が部分的に露出し腐食 頂版に補強鉄筋を配置して更生









21

SPR-A工法の施工事例 ⑤





熊本県(H30):災害復旧工事

更 生 管:W970xH1290mm

施 工 延 長:180m

更 生 目 的:被災覆工の復旧工事

⇒鉄筋を用いた自立管更生







SPR-A工法の一体性評価

製管工法の管構造



製管工法:既設管内に硬質ポリ塩化ビニル材等を嵌合させなが

ら樹脂パイプを製管し、既設管との間隙にモルタル

等を充填する工法

【管構造】

自 立 管: 更生材の管体のみで所定の外力や内水圧に

耐える管構造

複 合 管:既設管と更生管が充填材により一体的な挙

動を示す管となり、所定の外力や内水圧に

耐える管構造

ライニング管: 既設管は耐荷力を保持しており、更生管は

水密性等を確保する管構造

出典:農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル(パイプライン編)(案)

複合管のみが、既設管と更生管の相互作用・荷重伝達を考慮

複合管設計における一体化



複合管:既設管と更生管が充填材により<u>一体的な挙動</u>を示す管 となり、所定の外力や内水圧に耐える管構造

⇒構造設計では、一般的に既設管と更生管は完全一体化と仮定 ※載荷試験結果と完全一体化を仮定した数値解析が概ね一致

実管路は、

- ・空気等の排出不良などにより、管頂付近に付着不良の可能性
- ・既設管の劣化、汚れ、滞水等による付着強度への影響可能性
 - ⇒完全一体化を仮定した複合管設計の適用限界が明確とは いえない

2つの試験を実施

- ・付着不良を生じさせた供試管を作製し、外圧載荷試験を実施
- ・表面状態を変化させた供試体を作製し、付着強度試験を実施

載荷試験 供試管と試験ケース



供試管

・既設管:ヒューム管

呼び径800 (新管)

・更生管:SPR-A工法

更生管内径φ740

プ ロファイル # 80SW

SPR裏込め材4号

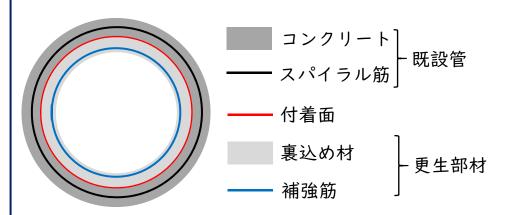


図 製管工法による更生管の概要

表 載荷試験における付着条件

名称	付着条件	
NF	フィルムなし(全体が付着)	3
F30	管頂30°の範囲にフィルム	3
F60	管頂60°の範囲にフィルム	3
F360	管全周にフィルム(全体に付着なし)	

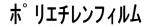








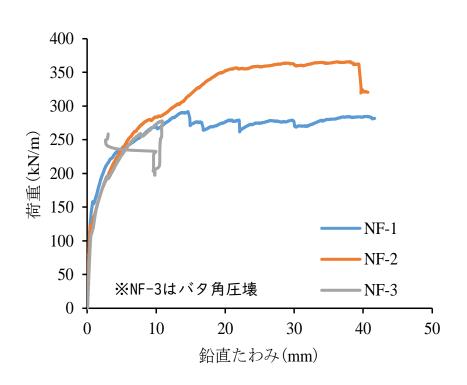


写真 載荷試験装置と試験状況

上部から線荷重を作用させ、荷重と変位を測定

載荷試験結果①





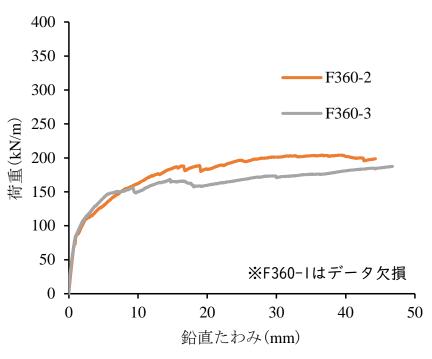


図 全体が付着した供試体

図 付着のない供試体

最大荷重 NF : 329 kN/m

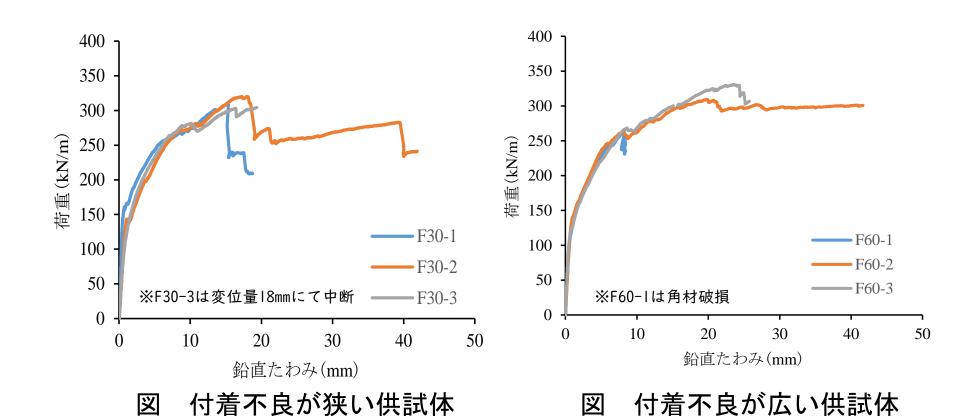
F360: 196 kN/m

※条件毎の供試体平均(NF-3を除く)

⇒付着の有無によって、最大荷重に大きな差異

載荷試験結果②





最大荷重 F30 : 314 kN/m

F60 : 330 kN/m

※条件毎の供試体平均(F30-3及びF60-1を除く)

⇒全体が付着したNF(329kN/m)とほぼ同じ



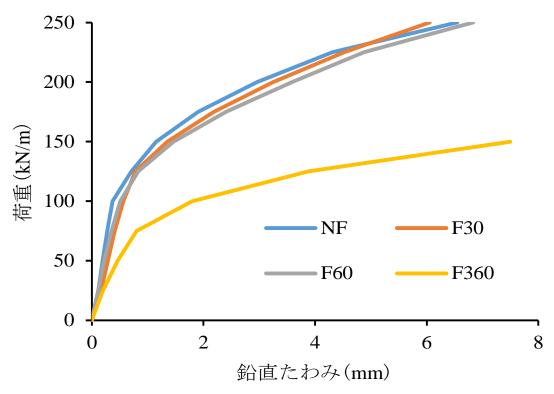


図 荷重と付着条件ごとの平均たわみ

- ・全体が付着した供試体と比べて、部分的に付着のない供試体 の剛性は若干低下傾向
- ・但し、付着がない供試体と比べると、剛性の低下はわずか

載荷試験結果まとめ



- ・付着の全くない供試管は、全体が付着した供試管と比べて、 最大荷重、剛性ともに大きく低下
- ・付着不良が一部の供試管の最大荷重は、全体が付着した供試 管とほぼ同様

剛性は若干低下傾向を示すが、付着の全くない供試体と比べると、剛性の低下はわずか

- ・今回、載荷試験で用いた原管は汚れ等のない新管
- ・実管路においては、既設管の劣化、汚れ、たるみによる滞水 等の事象が生じている可能性
 - ⇒既設管内面の状態が付着強度に与える影響を明らかにする ため、表面状態を変化させた供試体を作製し、付着強度試 験を実施

付着強度試験 供試体と試験ケース



供試体

・基 板:普通コンクリート平板

 $300 \text{mm} \times 300 \text{mm} \times 60 \text{mm}$

・モルタル:SPR裏込め材4号

・試験方法:引張付着強度試験

せん断付着強度試験※

※出典 上野和広,浅野純平,長東 勇,石井将幸,西山竜朗(2019) 無機系材料間のせん断付着強度の評価に関する基礎的研究 農業農村工学会論文集,308, I_17-I_25.



写真 用水路浸漬直後の表面状態

表 付着強度試験におけるコンクリート板の状態

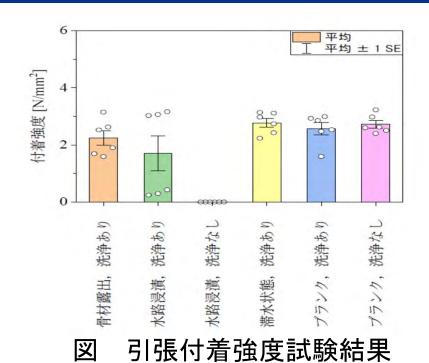
コンクリート板の状態	高圧洗浄(I2MPa)
粗骨材露出	あり
用水路浸漬	あり
<i>"</i>	なし
新品(水中状態で打設)	あり
新品	あり
//	なし



写真 水中状態でのモルタル打設

付着強度試験結果





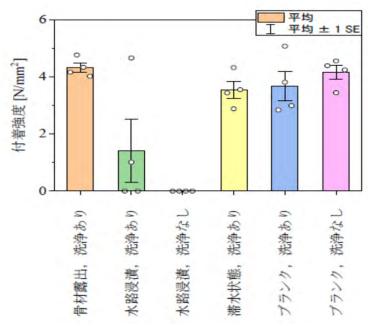


図 せん断付着強度試験結果

- ・ブランク:洗浄の有無による大きな違いなし
- ・骨材露出・滞水状態での打設:大きな違いなし
- ・水路浸漬、洗浄なし:付着強度なし(初期状態で剥離)
- ・水路浸漬、洗浄あり:他条件に比べてバラつき大きい

⇒表面状態(汚れ)の違いがバラつき原因と推定



【載荷試験】

・局所的な付着不良が存在しても、全体的な付着が良好であれば、終局状態に至るまで更生による補強効果は保たれる⇒一部付着不良があっても完全一体化を仮定した複合管設計が可能

【付着強度試験】

・表面の状態(摩耗)や滞水状態での施工による影響は小さい が、既設管表面の汚れによる付着強度への影響は大きい

【今後の課題】

良好な付着状態が得られるような、施工管理条件明確化

