

既設管との一体性に関する評価について 農業用パイプライン更生工法 SPR-A 工法

積水化学工業株式会社 垣根 伸次

1. はじめに

戦後から高度経済成長期に整備された農業水利施設が標準耐用年数を迎え、老朽化が進行しつつある。これら老朽化した農業水利施設（特にパイプラインや暗渠、水路トンネル）の長寿命化対策として活用を期待されているのが管路更生工法である。本稿では、管路更生工法のうち製管工法に分類される「SPR-A 工法」の紹介及び製管工法の「複合管設計」において要求される一体性に関して、付着状態を変化させた供試管の載荷試験の実施結果及び表面状態を変化させた付着強度試験の実施結果を報告する。

2. 管路更生工法の概要

管路更生工法とは、既設管内面から新たな管を構築し、管路の耐荷性、水密性、通水性等を回復又は向上させる工法である。

土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」¹⁾では、補修・補強・改修に係る対策工法として鞘管工法、反転工法、形成工法、製管工法が掲げられている。表-1に代表的な対策工法を示す。

表-1 パイプラインの対策工法¹⁾

適用目的	工法名	
補修 補強 改修	管路更生工法	鞘管工法
		反転工法
		形成工法
		製管工法

3. SPR-A 工法の概要

3.1 SPR-A 工法とは

分土工等の既存開口部から硬質塩化ビニル製の帯状部材（プロファイル）を挿入し、既設管の内側にプロファイルを製管機によりらせん状態に^{かんこう}嵌合しながら製管した後、既設管と更生管（らせん管）との隙間に特殊裏込め材を充填して既設管の機能回復を図る工法であり、製管工法に分類される。SPR-A 工法の施工概要を図-1に SPR-A 工法の適用範囲と施工実績を表-2に示す。

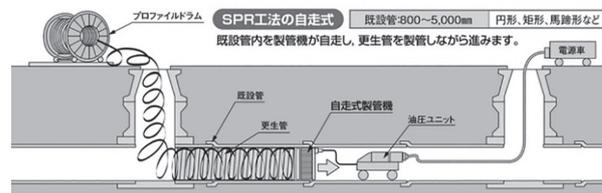


図-1 SPR-A 工法の施工概要

表-2 SPR-A 工法の適用範囲と施工実績

対象形状	円形	φ 800 ~ φ 5000
対象口径	矩形・馬蹄形等	900mm ~ 5000mm
施工延長	最大 500m	
施工実績	1526km (農業分野 56.5km) 2022 年度末	

3.2 SPR-A 工法の特長

(1) 施工上の特長

- ①口径・形状（円形・矩形・馬蹄形等）が任意に設定できる。
- ②資機材をすべて 600mm の作業坑から搬入できるため、非開削での施工が可能であり、住民生活や交通への影響を最小限に抑えられる。

③作業に支障のない水位・流速であれば、冬季かんがい用水や防火用水等、通水をしながら施工が可能である（写真-1）。

(2) 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 0.6MPa を確認）。
- ②内面が平滑なため、サイズダウンしても流下能力が向上する（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（表面部材はコンクリート板供試体の摩耗量に比して 2% の摩耗量）。



写真-1 通水施工

3.3 SPR-A 工法の施工手順

本工法の施工手順は、以下の通りである。

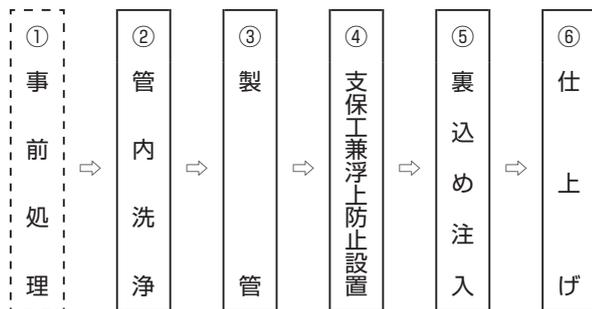


図-2 SPR-A 工法の施工フロー

- ①ひび割れや断面欠損の有無、継手等からの浸入水の有無等を確認し、施工に支障がある場合は、必要な処理を行う。
- ②スプレーガン洗浄機やブラシ等を用いて既設管内面の洗浄を行う。

③管内に設置した製管機に対して、地上からプロファイルを連続的に供給し、製管機が管内を自走し製管する。

④裏込め材充填に先立ち、更生管（ら旋巻管）の変形や浮上を防止するための対策を行う。

⑤端部（管口）をシールし、既設管と更生管（ら旋巻管）との間隙に特殊裏込め材を充填する。

⑥管内及び端部（管口）の仕上げを行う。

4. SPR-A 工法の一体性評価

4.1 製管工法の設計法

製管工法の構造設計には、自立管、複合管、ライニング管があるが、更生工法の種類や既設管の管種、劣化状況等に応じて使い分けられる。このうち複合管のみが、既設管と更生管の相互作用・荷重伝達を考慮している。表-3に製管工法の設計法の分類を示す。

表-3 製管工法の設計法の分類²⁾

設計法	内容
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とするもの
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とするもの
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もの

4.2 複合管設計の適用範囲

複合管設計は、既設管と更生管の一体化を仮定した構造計算を行うのが一般的である。しかし、実管路では、既設管の劣化や滞水、さらには洗浄や表面処理等により付着強度への影響等が懸念されるが、複合管の構造計算に際しては、これらの要素は考慮されていない。すなわち、一体化を仮定した複合管設計が、いなる場合でも適用できるのか、適用範囲が明確とはいえない。そこで、以下の2つの試験を実施した。

- ①人為的に付着不良を生じさせた実物大供試管を作製し、外圧載荷試験を実施した。

②表面状態を変化させたコンクリート平板に裏込め材を打設した供試体を作製し、付着強度試験を実施した。

4.3 実物大供試管での試験³⁾⁴⁾

(1) 試験の概要

既設管と更生材の付着状態が更生管の強度や剛性に与える影響を確認するため、既設管内面と裏込め材との間に厚さ0.2mmのポリエチレンフィルムを挟むことによって人為的に付着不良を生じさせた実物大供試体を作製し、外圧載荷試験を実施した。供試管は、新管のヒューム管に対して更生したものを用いた。そのまま更生して既設管と更生部材に良好な一体性が期待される条件と、フィルムを挟むことで一体性が期待できない条件との組み合わせで条件付けを行った。既設管と更生管の諸元を表-4に、供試体の付着条件を表-5に示す。

表-4 載荷試験に用いた既設管と更生管の諸元

既設管	ヒューム管(新管) 呼び径 800	
更生管 SPR-A 工法	更生管内径	740mm
	プロファイル	#80SW
	SPR 工法用裏込め材	4号

表-5 載荷試験における付着条件

名称	付着条件	試験数
NF	フィルムなし(全周が付着)	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	既設管全周にフィルム(付着なし)	3

(2) 試験の結果

載荷試験で得られた結果のうち、図-3に既設管の結果を、図-4に全体の付着が良好な場合の結果を、図-5に全周にフィルムを貼り付着が生じないようにした場合の試験結果を示す。既設管に比べて、更生後は剛性や最大荷重が大きく向上し、更生による補強効果があることが分かる。また、付着の有無によって、両者には剛性や最大荷重に大きな差異があることが分かる。

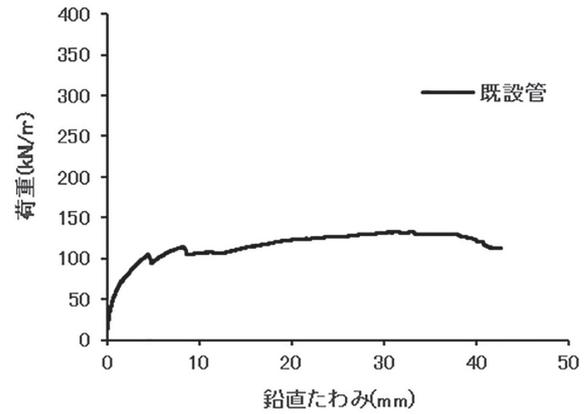


図-3 既設管の載荷試験結果

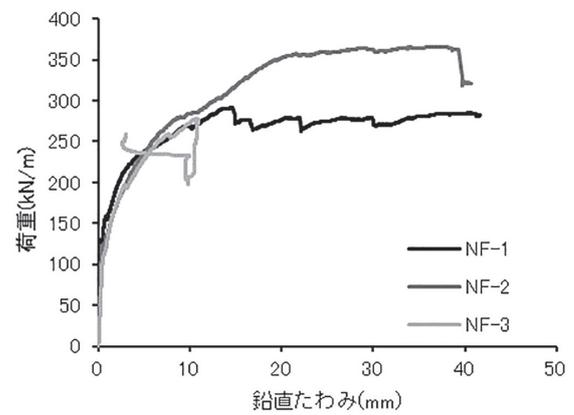


図-4 全体が付着した供試体の載荷試験結果

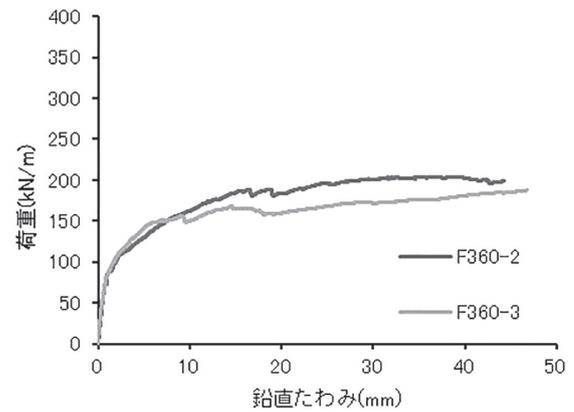


図-5 付着のない供試体の載荷試験結果

次に、管頂部のみフィルムを貼り、局部的に付着のない部分を作った供試管の試験結果を図-6及び図-7に示す。最大荷重やそれが生じる変位などに両者で顕著な差異は見られない。また10mmで約250kN、20mmで約300kNという変位と荷重の関係は、全体が付着したNFともほぼ同じである。

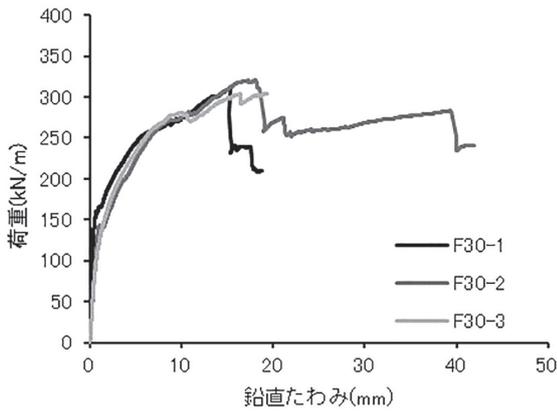


図-6 付着不良が狭い供試体の載荷試験結果

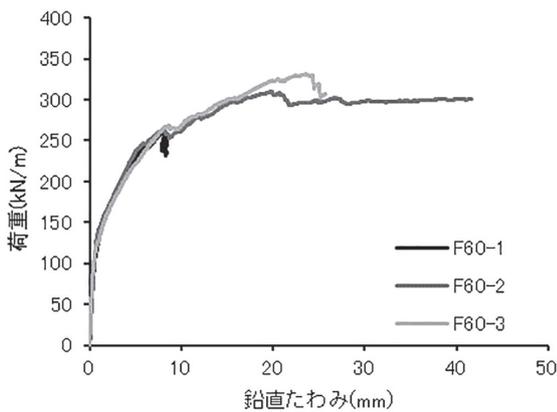


図-7 付着不良が広い供試体の載荷試験結果

4.4 付着試験

(1) 試験の概要

載荷試験で用いたヒューム管は、内面が清浄な新管であった。しかし、実管路では既設管の汚れ、沈下による滞水等の事象が生じており、付着強度に影響を及ぼす可能性もある。そこで、既設管の内面状態が付着強度に与える影響を確認するため、表面状態を変化させたコンクリート平板に対して裏込め材を打設した供試体を作製し、付着強度試験を実施した。

供試体は、新品のコンクリート板に対して表-6のような条件付けを行った後、表中に示したものを除き、気中にて裏込め材を打設した。コンクリート平板の状態を表-6に、供試体の諸元を表-7に示す。

表-6 付着強度試験におけるコンクリート平板の条件

コンクリート平板の状態	高圧洗浄 (12MPa)
骨材露出	あり
水路浸漬 (約1ヶ月半)	あり
//	なし
新品 (滞水状態で打設)	あり
新品	あり
//	なし

表-7 付着強度試験の使用材料と試験方法

使用材料	基板：JIS A 5371 普通コンクリート平板 裏込め材：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 ⁵⁾

(2) 試験の結果

引張付着強度試験の結果を図-8に、せん断付着強度試験の結果を図-9に示す。

コンクリート平板の骨材が露出したものや滞水状態で裏込め材を打設した供試体は、引張付着強度及びせん断付着強度ともに清浄な状態で裏込め材を打設したものと大きな差異はなかった。

一方、約1ヶ月半の間、用水路に浸漬させ、コンクリート平板の表面にコケや泥汚れがある状態のものは、洗浄なしの条件では試験準備の段階で剥離するほど付着強度が小さく、また洗

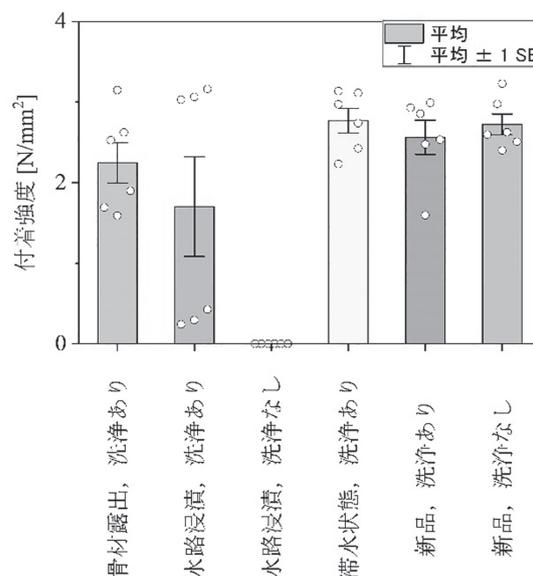


図-8 引張付着強度試験結果

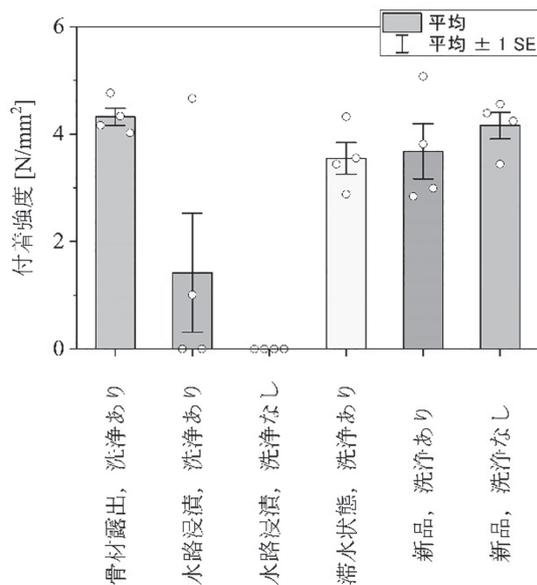


図-9 せん断付着強度試験結果

洗浄を実施したものは、洗浄を行うことによって付着強度は向上するものの、その値は他の条件に比べてやや小さく、またバラつきが見られる傾向にあった。このバラつきの原因は、洗浄圧力が12MPaと比較的低圧であったことや、洗浄時間が不十分であった可能性などが考えられる。

5. おわりに

複合管設計の適用範囲を明らかにする目的で、①人為的に付着不良を生じさせた供試管の外圧載荷試験を実施、及び②表面状態を変化させたコンクリート平板での付着強度試験を実施した。

載荷試験の結果、管頂部に1/6～1/12程度付着不良が生じていても、その他の部分の付着が良好であれば、全体が付着した場合と最大荷重や剛性に大きな差異がないことが分かった。

したがって、一部付着不良があっても一体化を仮定した複合管設計が適用可能であると考えられる。

付着強度試験からは、特に表面状態の汚れによる付着強度への影響が大きいことが示唆された。しかし、複合管としての一体化を保つために必要な付着強度や、この付着強度を得るために必要なコンクリートの状態が定量化されていないため、今後明確にする必要がある。

6. 謝辞

なお、本稿は、国立大学法人 島根大学との「複合管の設計手法の研究開発」の共同研究成果の一部であり、ご指導・ご助言を賜った石井将幸教授、上野和広助教に深謝申し上げます。

引用文献

- 1) 土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」令和3年6月 農林水産省, 545-547
- 2) 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) 平成29年4月 農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室, 参②-1-参②-23
- 3) 石井将幸・上野和広・渡辺充彦・垣根伸次・菊池隆太・森脇陽花：更生部材と既設管の付着強度が製管工法の補強効果に与える影響, 農業土木事業協会誌 JAGREE 103,2022・11,50-54
- 4) 石井将幸・上野和広・垣根伸次・菊池隆太・渡辺充彦 (2023)：製管工法による更生管に対する付着不良の影響と剥離伝播の可能性に関する載荷試験, 農業農村工学会論文集, 317, II_61-II_68
- 5) 上野和広・浅野純平・長束勇・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