

下水道シールドにおける薄肉二次覆工工法の開発

芦森工業（株） 正会員 瀬下 雅博
芦森エンジニアリング（株） 八木伊三郎
（株） 浅沼 組 村上 譲二
（株） 鴻池 組 林 茂郎

1. はじめに

最近のシールド工事は、コスト縮減や工期短縮を目的として二次覆工を省略する傾向にある。しかしながら、下水道管渠においては厳しい環境下で硫化水素によるコンクリートの腐食等が進み、予定より早く老朽化対策が要求されている場合も多い。そこで、筆者らはライフサイクルコストの低減を目的とし、新設時から耐久性に優れた下水道管渠を築造できる薄肉二次覆工工法を開発した。本稿では開発した工法の概要とライニング材の試験結果について報告する。

2. 薄肉二次覆工工法の概要

2. 1 施工フローおよびライニング構造

本工法は、現場で薄肉のFRP材料をシールド一次覆工材内面にライニングするもので、従来のコンクリートの二次覆工工法に代わるものである。施工フローを図1に、施工後のライニングパイプを図2に、施工概要図を図3に示す。

シールド一次覆工材料としては、内面が平滑なRCセグメントを対象としている。一次覆工完了後、トンネル内に未硬化のFRPライニング材料を引き込み、空気と蒸気で拡張・加熱硬化させ、セグメント内面にFRPライニングを形成する。ライニング材料は、管内面の内側から基本構造として、ポリエステル不織布（1）、ガラス繊維織物（2）、ポリエステル不織布（3）、ガラス繊維織物（4）のサンドイッチ構造となっている。そして、それらの繊維材料には硬化性樹脂として不飽和ポリエステル樹脂が含浸されている。ポリエステル不織布（1）の機能は耐食性の向上と平滑性の発現である。ガラス繊維織物（2）、ポリエステル不織布（3）、ガラス繊維織物（4）の3層サンドイッチ構造とすることで、ガラス繊維織物による縁強度が発現できる構造としている。外水圧逃がし機構は、万一セグメントの接続部から地下水の浸入により外水圧が働けば、地下水を管内に排出するが、内側からは下水が外には出ない逆止弁構造となっている。

キーワード：シールドトンネル、薄肉二次覆工、下水道

連絡先：〒566-0001 大阪市摂津市千里丘7丁目11-61 TEL06-6388-1270 FAX06-6388-7511

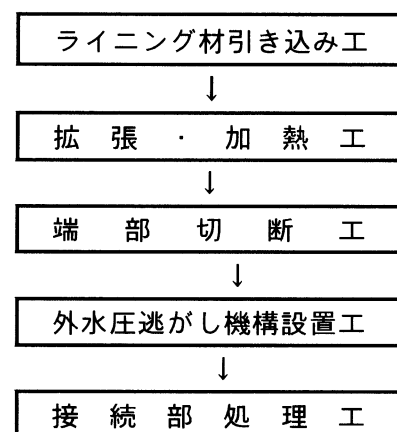


図1 施工フロー

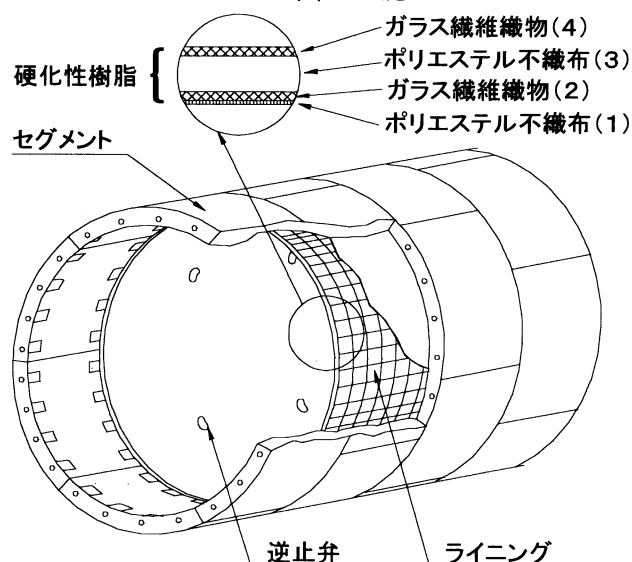


図2 施工後のライニングパイプ

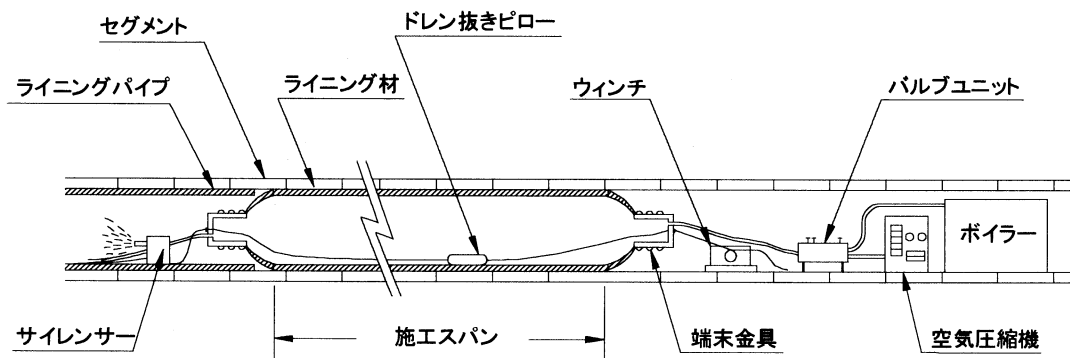


図 3 施工概要図

2. 2 強度の測定

本工法で使用するガラス繊維織物ーポリエステル不織布ーガラス繊維織物のサンドイッチ構造のものが、不織布単体、ガラス繊維織物単体と比較してどの程度の強度となっているのかを調べるために、それぞれの材料について曲げ試験を行った。その結果を表 1 に示す。この実験から、曲げ弾性率において、サンドイッチ構造のものは、ガラス繊維織物単体と比較すると 3 割程度弱い、不織布単体に比べ、約 3 倍の強度となっており、ガラス繊維織物が縁強度として働いていることが確認された。

表 1 材料構成の違いによる強度比較

構 造	厚み (mm)	重量 (kg/m ²)	曲げ強さ (N/mm ²)	曲げ弾性率 (N/mm ²)	(サンプリング条件) 硬化性樹脂： 不飽和ポリエステル プレス圧力：0.5kg/cm ² プレス温度：80℃
不織布単体	5.5	6.33	52.3	3,899	
ガラスクロス＋不織布＋ガラスクロス	5.1	6.78	171.6	12,069	
ガラスクロス 6 層	4.8	8.12	350.0	16,300	

2. 3 外水圧逃がし機構性能の測定

本工法で使用する外水圧逃がし機構の性能確認試験を行った。その結果を表 2 に示す。この実験から地下水がセグメントの接続部等から浸入し外水圧 0.003Mpa 程度以上働いた場合、管渠内面に地下水を排出し、また、管渠内の下水は漏出しないことが確認された。

表 2 外水圧逃がし機構の性能試験

特 性	圧 力	結 果
耐外水圧性	0.001Mpa	管内へは外水を排出せず
	0.003Mpa	管内に外水を排出した
耐内圧性	0.03Mpa	漏水せず

3. 実験のまとめ

- 1) ライニング材料は、工場製品のため、均一で安定した品質が得られる。
- 2) ライニング材料は、耐久性、耐薬品性、耐摩耗性に優れている。
- 3) 管の内面は平滑で粗度係数は $n=0.010$ と小さい。またライニング材厚は 10 mm 程度と薄いため、従来のコンクリートで二次覆工を行うシールド工法に対し、掘削外径を縮小することができる。

4. おわりに

近年、セグメントのシール材の止水性能が向上し、一次覆工後の漏水量が少なくなってきたことから、漏水による外水圧を逃がす構造を検討しライニング材の薄肉化を図った。今回の実験結果を踏まえ、耐久性や経済性、施工性も考慮した新しい下水道管渠の開発を進めていく所存である。