

下水道シールドの内面被覆工法に関する研究

2001 No.4

(財)下水道新技術推進機構

研究内容

下水道のシールドトンネルには、従来からコンクリート二次覆工が用いられていますが、硫化水素に起因するコンクリートの腐食に対して十分な防食機能を期待できないことが明らかになってきています。そのためコンクリート二次覆工に替えて、セグメント内面に薄肉の防食ライニングを施す「内面被覆工法」が注目されており、施工例も増加しつつあります。本研究は、内面被覆工法を下水道シールドへ適用させるために、内面被覆工法に必要な機能の抽出、性能評価方法の整理、性能の評価および従来工法に対するコストの比較を行いました。

研究結果

研究で取り扱った6工法は、耐硫酸性がある薄肉(厚さ20mm以下)の構造物であり、パネル工法、シート工法、吹付け・塗布工法に大別されます。(表-1)

1、内面被覆工法への要求性能

コンクリート二次覆工に替えて薄肉の防食ライニングを直接セグメントの内面に施すことから、内面被覆工法に対する

要求性能は、耐薬品性、セグメントとの一体性、水密性、変形性能、耐摩耗性、耐衝撃性であるといえます。(表-2)

2、耐薬品性

10w/w%硫酸水溶液の条件下で50年後を推定しても、実際に施工する内面被覆層厚が、硫黄の浸透深さを大きく上回っていることが確認されました。(表-3)

3、耐摩耗性能

実施した2種類の試験結果では、試験方法の違いにより同一材料でも摩耗量度合いに相違が生じています。これは、各材料の材質・硬さや試験法の特徴が影響しているためと推定されます。試験結果の中には目安とした硬質塩化ビニル管の値を越えている材料もありますが、大きな差はなく、また、硬質塩化ビニル管が供用され約30年間を経ている現在においても、摩耗による機能低下は報告されていないことから、各々の内面被覆材は十分な耐摩耗性を有しているものと推定されます。(表-4、5)

4、経済性の評価

ケーススタディの結果、内面被覆工法はコンクリート二次覆工に比べて工事費が4~10%縮減可能となりました。(図-1、表-6)

表-1 内面被覆工法の概要と分類

分類	工法名	会社名	内面被覆材	セグメントとの一体化の方法 ※
パネル工法	HDライニング工法(パネルタイプ)	鹿島建設	ジクロロペンタジエン樹脂	樹脂パネルを型枠内に組み込み、コンクリート打設①
	レコパネル工法	西松建設	ガラス繊維強化プラスチック	ボルト接合③
シート工法	タフシート工法	鉄建建設	ガラス繊維強化プラスチック	プライマー接着し、紫外線により硬化④
吹付け・塗布工法	HDライニング工法(塗布)	鹿島建設	ポリウレタン樹脂	プライマー接着②
	アクリル樹脂防食被覆工法	戸田建設	アクリル樹脂	プライマー接着⑤
	ポリウレタNNT工法	大成建設	ポリウレタ樹脂	プライマー接着⑤
	ミゼロン工法	熊谷組	ポリウレタ樹脂	プライマー接着⑤

※ 防食ライニングをセグメントと一体化する方法としては、次の5つがある。

①工場でセグメント製作時に樹脂パネルを組み込んでおく方法

②工場でセグメントに内面被覆材を吹付けまたは塗布する方法

③現場で樹脂パネルをセグメントに取り付ける方法

④現場でシート状の内面被覆材をセグメントに貼り付ける方法

⑤現場で内面被覆材を吹付ける方法

表-2 内面被覆工法の要求性能および適応する試験

要求性能	内 容	適応する試験
耐薬品性	セグメントおよび継手金物の防食	長期硫酸水溶液浸漬試験 硫黄の浸透深さ測定
セグメントとの一体性	目地部やセグメントのクラックからの漏水によって剥離しないこと 温度変化や経時変化によって剥離しないこと	付着試験
水密性	ライニング自体が水密性を有すること	透水試験
変形性能	常時荷重や施工時荷重による一次覆工の変形・変位に対して追従性を有すること	曲げ試験 ひび割れ追従性試験
耐摩耗性	流水、流砂に対して耐摩耗性を有すること	摩耗試験
耐衝撃性	流下物によって破損しないこと	耐衝撃性試験

表-3 長期的な硫黄の浸透深さの推定

工法名	HDライニング工法		レコパネル工法	タフシート工法	アクリル樹脂防食被覆工法	ポリウレタンNNT工法	ミゼロン工法	
	パネル	塗布						
内面被覆層厚 μm	4,000	3,000	7,000	2,500	1,500	3,000	3,000	
硫黄の浸透深さ μm								
10年後 仕様	通常	92	127	0	34	130	411	0
	摩耗試験後	30	60	0	119	135	287	0
	欠損を補修	0	156	285	0	190	322	0
50年後 仕様	通常	205	284	0	67	292	921	0
	摩耗試験後	67	135	0	270	302	633	0
	欠損を補修	0	348	631	0	427	716	0

表-4 落砂試験の結果(単位: mm^3)

HDライニング工法		レコパネル工法	タフシート工法	アクリル樹脂防食被覆工法	ポリウレタンNNT工法	ミゼロン工法
パネル	塗布					
12.1	7.5	12.4	11.6	46.6	4.2	10.5

(参考) 硬質塩化ビニル: 10.2 mm^3 コンクリート: 128.7 mm^3

表-5 摩耗輪試験の結果(単位: mm^3)

HDライニング工法		レコパネル工法	タフシート工法	アクリル樹脂防食被覆工法	ポリウレタンNNT工法	ミゼロン工法
パネル	塗布					
60.0	40.8	27.8	52.6	157.9	10.0	61.5

(参考) 硬質塩化ビニル: 24.2 mm^3 コンクリート: 1,311.2 mm^3

〈工事費試算条件〉

- 仕上がり内径 : $\phi 3,000\text{mm}$
- セグメント桁高 : 150mm
- セグメント幅 : 1,000mm
- シールド延長 : 1,000m (直線区間)
- 二次覆工厚 : 250mm
- 土被り : 30m
- 地下水位 : 30m

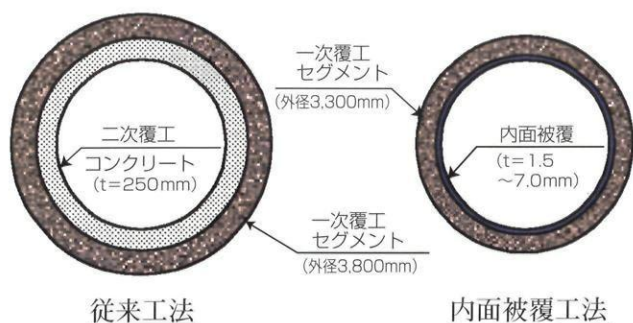


図-1 工事費検討断面図(例)

表-6 工事費試算結果(例): 仕上がり内径3,000mm

	コンクリート二次覆工構成比	内面被覆工構成比	コスト削減効果
一次覆工	36.4%	31.6%	-4.8%
坑内整備工	0.3%	0.3%	±0.0%
二次覆工(内面被覆工)	4.1%	8.4%	+4.3%
発生土処分工	4.1%	3.1%	-1.0%
その他(シールド設備等)	4.7%	3.3%	-1.4%
立坑築造工	18.4%	16.5%	-1.9%
直接工事費	68.0%	63.2%	-4.8%
全体工事費	100.0%	92.8%	-7.2%

まとめ

今回性能評価試験をおこなった各工法については、内面被覆工法における要求性能を満足する結果となりましたが、今後これらの工法が採用された現地において、供用後の状況について定量的な評価を行い、今回の性能評価方法について、その妥当性を検証していく必要があります。



財団法人 下水道新技術推進機構

Japan Institute of Wastewater Engineering Technology