

VI-105

HDライニングの開発（その5）－背面塗布タイプ－

鹿島建設（株）	正会員	○須藤 豊
同上	正会員	中川 雅由
シーアイ化成（株）		荒木田武生
石川島建材工業（株）	正会員	田中 禎
ジオスター（株）		宇田川徳彦

1. はじめに

筆者らは下水道管渠のような厳しい腐食性環境においても二次覆工省略が可能で、コスト低減効果を図れる『HDライニング（High Durability Tunnel Lining；高耐久性トンネル覆工）』の開発を行ってきた。今回、地下水中の塩素イオンに曝されるなど、トンネル外面の厳しい腐食性環境下に対してもセグメント背面（図-1参照）を樹脂被覆する事によりトンネルの耐久性を確保する“HDライニング（背面塗布タイプ）”の開発を行った。本報告ではその開発経緯及び主たる特徴を紹介する。

2. 被覆樹脂の必要性能

セグメント背面に樹脂を被覆する事例はエポキシ樹脂等では多数あるが、地下水中の塩素イオンからの完全な遮断を目的として設計仕様に明確に盛込まれたものはほとんどない。また、実施結果としても完全な止水を達成するには至っていないのが現状であり、これは主にシールド機テールブラシによる樹脂の摩耗や、ひび割れ部の樹脂の割裂等に起因するものと判断される。

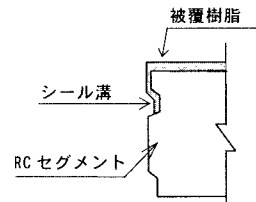


図-1 外面被覆 継手部概要図

こうした現状を踏まえ、背面塗布タイプに適応する樹脂は「耐摩耗性」、「ひび割れ追従性」、「耐薬品性（遮塩性）」や「コンクリートとの一体性」等が優れた樹脂性能を備えている必要がある。これらの樹脂性能を確認するため品質確認試験を行い、最も適切な性能を持つ樹脂を選定した。

3. 品質確認試験

考えられる数種類の樹脂の中から基本物性の比較を行った結果、主に「耐摩耗性」及び「ひび割れ追従性」の観点からポリウレタン樹脂とウレタン系樹脂を被覆樹脂の候補として選定した。従ってこの2種類の樹脂に対し、品質確認試験を行って使用する樹脂の仕様を決定する事とした。品質確認試験は実工事での適用性を考慮し、物理的性能の確認、化学的性能の確認等を実施した。品質確認試験項目及び結果を表-1に示す。

表-1 品質確認試験結果

	試験項目	部位	ポリウレタン	ウレタン系	備考
物理的性能	①コンクリート 付着性能 ¹⁾	外面 継手面	25kgf/cm ² 以上	25kgf/cm ² 以上	コンクリート材破
	②ひび割れ追従性 ¹⁾	外面	6.0mm	1.4mm	規格伸び0.46mm
	③耐テールブラシ 性能	外面	傷深さ 0.02mm以下	傷深さ 0.1～0.2mm	テールブラシによる傷深さ 押付力6.0kgf/cm ²
化学的性能	④裏込め材に対する 耐アルカリ性能 ²⁾	外面 継手面	102% (引張り強さ)	95% (引張り強さ)	ブランクに対する保持率 耐アルカリ；40℃10% NaOH (1000hr浸せき後)
	⑤耐塩水性能	外面 継手面	異常なし	異常なし	耐塩水；23℃3.5%NaCl (1000hr浸せき後)
その他	⑥シールド材との 接着性能	外面 継手面	1.8 (接着強度)	ポリウレタンと同等	ブランク ³⁾ に対する倍率 180°剥離
	⑦施工品質	外面 継手面	厚さ0.2mmの 施工管理が可能	ポリウレタンと同等	樹脂被覆厚さ、不具合等の 品質確保

注

- 1) 日本道路公団「コンクリート塗布材の品質規格試験法」に準じる。
- 2) 日本下水道事業団にて採用している「耐アルカリ性試験」に基づく。
- 3) RCセグメントと同配合のコンクリートに脱脂のみを行った場合。

キーワード：シールドトンネル、二次覆工省略、高耐久性覆工

連絡先：〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL 03-5561-2182 FAX 03-5561-2155

これらの結果よりポリウレタン樹脂が必要性能を十分満足しており、“背面塗布タイプ”に最も適切な樹脂であることが確認された。品質確認試験結果の内、背面塗布した樹脂の実工事における健全性を確認する目的で実施した「③耐テールブラシ性能試験」の概要を紹介する。

【耐テールブラシ性能試験】

施工時におけるシールド機テール部の状況を図-2に示す。シールド機テール内で組立てられたセグメントリングに反力を取ってシールド機は前方へ移動する。一般にシールド機とセグメントリングの間の止水を目的として「テールブラシ (通常 2 段以上)」が設けられており、地下水压及び裏込め注入圧 (地下水压 + α) に対してテールブラシがセグメント背面に押付けられる事により止水性を確保している。

ここでは、「裏込め注入圧 6.0kgf/cm^2 」を想定し、図-3 に示す実験装置により背面塗布した樹脂の耐摩耗性を確認する事とした。実験ではポリウレタン樹脂を塗布したコンクリート板上に実際に使用されているテールブラシを 6.0kgf/cm^2 で押付けた状態で、コンクリート板を水平に押出す事により樹脂の傷深さ (摩耗量) を確認した。

また、供試体は剥離が生じやすいと考えられるリング継手部を模擬してコンクリート板を面取りし、テールブラシの設置段数を考慮して同一供試体にて 2 回実験を繰り返した。実験結果の評価は、樹脂表面に生じた傷を転写して傷深さを測定して行った。図-4 はその拡大写真である。これより、傷深さは 0.02mm 以下であり、テールブラシに 6.0kgf/cm^2 の加圧を行った状態においてもポリウレタン樹脂の摩耗はほとんど認められないことが確認された。

4. まとめ

地下水中の塩素イオンは、RC 構造物に対して鉄筋の腐食による耐久性低下の要因の一つとなる。一般的な RC 構造物の場合、鉄筋被りを増すなどの対策を施すが、ひび割れなどが生じた場合では鉄筋の腐食が急速に進行し、構造物の機能が低下することとなる。これに対し、RC 構造物に対して樹脂による被覆防食を施す事により塩素イオンの浸透速度が著しく遅くなる事が既往の実験等により確認されている。今回これを RC セグメント背面に適用した HD ライニング (背面塗布タイプ) についても「ひび割れ追従性」や「耐テールブラシ摩耗性」も含めて有効な方策である事が確認できた。

なお、HD ライニング (背面塗布タイプ) は日本下水道事業団・兵庫東西宮 1 号管建設工事 (武庫川横断工区; トンネル延長 $L=1510.0\text{m}$) での採用が決定しており 1999 年 8 月からの掘進に向けてセグメント製作中である。

参考文献

中川、山本他：HD ライニングの開発 (その 1) ~ (その 4)、土木学会第 52・53 回年次学術講演会

横関康祐：海洋鉄筋コンクリート構造物の寿命予測手法、防錆管理 1996. 7

伊澤他：海洋暴露 10 年目のコンクリート塗装供試体の調査報告、コンクリート構造物の補修工法と電気防食に関するシンポジウム論文報告集 1994. 10 他

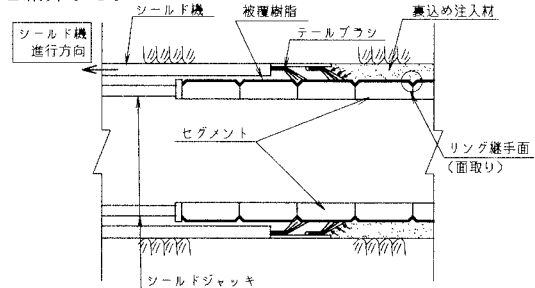


図-2 施工時におけるシールド機テール部の状況

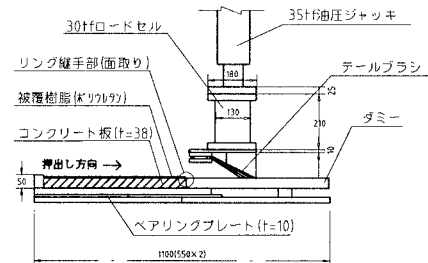


図-3 試験装置構造図

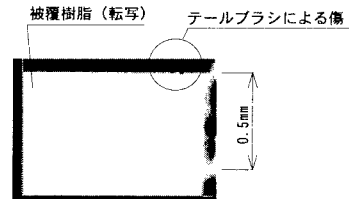


図-4 樹脂表面状況 (転写) 写真