

熊谷組 正会員 岡本 達也* 川口市 吉川 忠夫**
 熊谷組 北野 良典*** 熊谷組 安井 潤二***
 熊谷組 塩川 昌宏***

1. はじめに

コンクリートによる従来の二次覆工では、コンクリートの性能や施工上の制約から通常は20～30cmの覆工厚が必要であった。そこで、トンネルをより合理的に構築する手段として、二次覆工で使用しているコンクリートに代わり、ウレタン樹脂をトンネル内面のセグメントに吹き付け、覆工を構築する「二次覆工極薄ライニング工法」を開発した。本報告では、本工法の概要と実施工の施工結果を述べるものである。

2. 工法概要

(1)ライニング材料

従来のウレタン材料は、弾性体であり追従性に優れているという大きな特長を有している反面、耐薬品性、接着性、水・湿気による影響等に若干の課題を有していた。

今回、使用した厚膜無溶剤型重防食用ウレタンは、二液型エポキシ系樹脂モルタルの素地調整材と湿気硬化型ポリウレタン樹脂シーラーおよび厚膜無溶剤型ポリウレタン樹脂からなり、従来ウレタンが有している特長を生かしながら、良好な接着性、耐薬品性、物理特性、施工性を有したコンクリート防食被覆材料である。表-1にウレタン塗膜性能を示す。

(2)施工手順

一次覆工完了後、セグメント凹部（ボルトボックへ蓋板を取り付け、目地コーキングを行い、一次覆工面を平滑にした状態で、ウレタンの付着性を高めるためにプライマーを塗布する。その後、遠隔操作が可能なタイヤ走行式の専用機によりウレタン樹脂を均一に2～3mmに連続吹き付けしながら走行する。ウレタン樹脂の塗布状況を写真-1に示す。

2. 実施工

(1)工事概要

工事名：高木排水路整備工事

工期：平成5年9月～平成8年10月

工事内容：一次覆工：合成セグメント

セグメント外径φ3400mm

表-1 ウレタン塗膜性能

項目	条件	結果
引張強度	JIS K 6301	210kgf/cm ²
伸び率	JIS K 6301	45%
硬 度	JIS K 7215	72HDD
耐衝撃性	JIS K 5400	150cm（落球式）
耐摩耗性	JIS K 7204	40mg
吸水率	JIS K 7209	0.15wt%
透湿度	JIS Z 0208	0.8g/m ² ・日
熱膨張性	TMA 法	10 ⁻⁴ /°C
密 度	JIS K 6911	1.3g/cm ³
吸水性	JIS A 1404	0.10g
透水性	JIS A 1404	0.31g

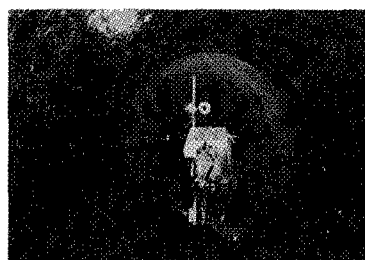


写真-1 ウレタン樹脂の塗布状況

キーワード：シールドトンネル、二次覆工、ウレタン樹脂

* 〒162 東京都新宿区津久戸町 2-1 TEL03-3235-8649 FAX03-3266-8525

** 〒332 埼玉県川口市青木 5-13-1 TEL048-252-4285 FAX048-252-1033

*** 〒331 埼玉県大宮市大成町 2-226 TEL048-653-3773 FAX048-653-3768

二次ライニング：仕上がり内径 ϕ 3050mm
 土被り：10.5～14.8 m
 地下水圧：0.9～1.3kgf/cm²
 施工延長：1800m

(2)一次覆工必要技術

ライニング材料のウレタン樹脂は、一次覆工からの漏水がある場合、セグメント内面への十分な付着が期待できない。また、セグメントの目開き、目違いは、塗装欠陥や内面の平滑性阻害の要因となる。そのため、本工法を適用するためには、セグメントの止水性、組立精度、平滑性などの一次覆工の品質の確保が不可欠である。本工事では、以下の対策を施した。

- ①コンクリートセグメントのひび割れ、破損に伴う漏水を防止するために写真-2に示すセグメント外面および側面（継手面）を鉄板で被覆した合成セグメントを使用した。
- ②仕上がり精度の向上およびボルトボックス数の減少を目的に、Kセグメントを除くピース間継手およびリング継手にネジ締結式ピン継手を採用した。
- ③セグメント内面平滑のためにボルトボックスの充填は、従来無収縮モルタルの充填等による後詰め作業であったが、作業手間および上部の脱落等の課題があるため、ABS樹脂による蓋板をボルトボックスにボルトで固定した。また、グラウトキャップをフラットタイプとした。
- ④ボルト孔からの漏水を防止するためにワッシャー体水膨潤性ボルトパッキンを採用した。
- ⑤曲線施工用の鋼製セグメントは、内径寸法、内面仕上げを合成セグメントと同一にするため、工場でコンクリートを中詰めし、内面仕上げを事前に行った。

(3)施工結果

極薄ライニング工法を採用することにより、従来工法の二次覆工と比較して以下の成果が挙げられた。

- ①図-1に示すようにトンネル断面が縮小し、シールドマシンやセグメントの外径縮小、掘削土量の低減（25%減）などトンネル工事費を低減できた。
- ②日進量は、3mクラスのシールドで従来タイプの9m/日に対し、本工法では16m/日であった。
- ③通常の二次覆工を施工する場合に必要なスチールフォーム等の型枠設備やコンクリート運搬・打設設備等の規模の大きな設備が不要でトンネル坑内が輻輳せず施工性がアップし、二次覆工の工期を従来比の約40%低減することができた。ウレタン吹き付け後のトンネル内部を写真-3に示す。

4. あとがき

本工事では、従来のコンクリートによる二次覆工に変え、ウレタン樹脂による極薄ライニング工法を実施することにより、トンネル断面の縮小を実現でき、工事費、工期を低減することができた。本工法は、セグメント内面被膜であるため、漏水によるライニング面（セグメント内面）との付着切れや塗装欠陥を生じさせないためには、①セグメント内面が平滑で、段差・凹み等が無いこと、②セグメント内面が乾燥していることが必要条件であり、一次覆工の品質確保が不可欠である。

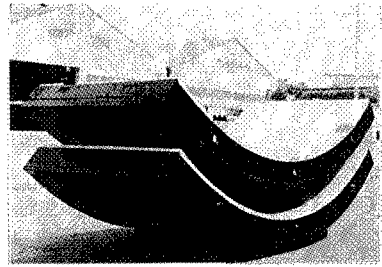


写真-2 合成セグメント

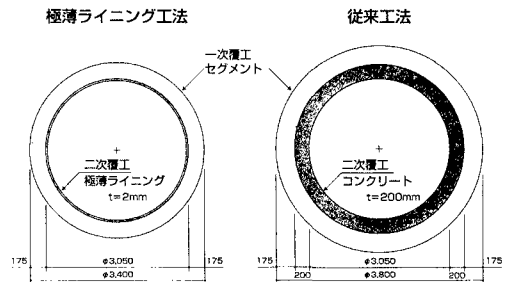


図-1 従来工法と極薄ライニング工法の比較



写真-3 完成状況