

防食パネルライニング 「レコパネル工法」の開発

磯 陽夫*
Akio Iso

町田 能章*
Yoshiyuki Machida

小林 利充**
Toshimitsu Kobayashi

1. はじめに

シールド工法は、地下鉄道、上下水道、電力、通信、共同溝などのライフライン整備における都市トンネル構築技術として、急速な発展を遂げてきた。近年、建設コスト削減のため材料・構造・施工システム等における技術開発・改善により、工費低減、工期短縮、維持補修費の低減を図ることが求められている。低減策の一つとして二次覆工の省略化が挙げられる。二次覆工省略による効果は、二次覆工費の削減だけでなく、掘削断面縮小によるシールドマシン、掘削土処理費、セグメントのコスト低減・工期短縮もある。

二次覆工は、一般に防食、防水、蛇行修正、防振、内面の平滑化、トンネルの内装仕上げ工等を目的として、一次覆工のセグメント内面に無筋または鉄筋コンクリートを巻き立てているものである。トンネルの防水上、セグメント継手部に貼り付けるシール材の性能向上により止水性が確保できることから、鉄道や電力関係のトンネルでは二次覆工を省略することが多くなっている。

しかし、下水道管路、特に污水管においては、管路内における硫化水素が発生する腐食性環境のため、セグメント材料であるコンクリートや鋼材の劣化の発生が懸念され、二次覆工省略はセグメントの耐久性確保の点で困難である。また、二次覆工にコンクリートを使用した場合はコンクリートそのものが劣化し、維持管理上補修が必要となることが想定される。

そこで、コンクリートに代わり、耐久性に優れている合成樹脂製パネルをセグメント内面に設置し、二次覆工厚を薄くすることで掘削断面を縮小し工事費のトータルコスト削減を図るレコパネル工法（Resisting Corrosion Panel System）の開発を行った。以下にレコパネル工法の概要を報告する。

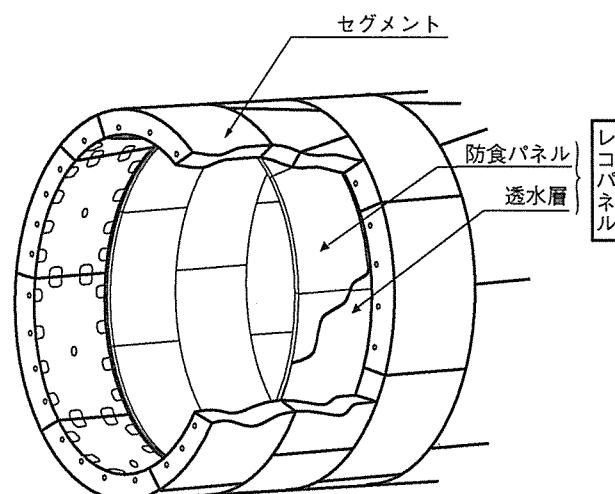


図-1 設置状況レコパネル設置状況

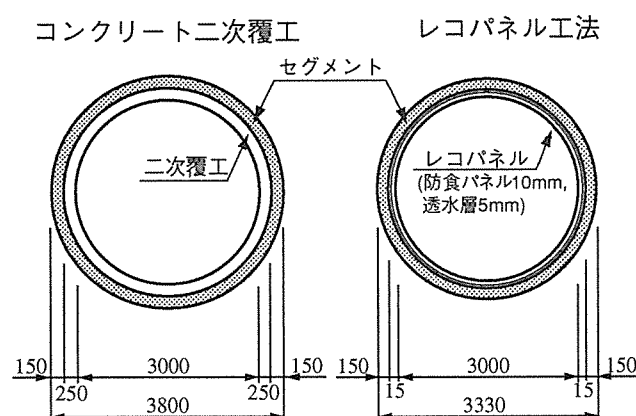


図-2 従来工法とレコパネル工法の管路断面比較

2. レコパネル工法の概要

レコパネルをセグメントへ設置した状況の概要を図-1に示す。レコパネルは防食パネルと透水層からなる。その厚さは防食パネル10mm、透水層5mmであり計15mm程度である。従来のコンクリートによる二次覆工厚は、コンクリートの性能や施工上の制約から一般に200mm～300mmである。従来工法とレコパネル工法との管路断面の比較例として仕上がり内径3,000mmの場合を図-2に示す。

レコパネル工法は、セグメントへの設置方法により、現場設置方式とセグメント一体成形方式とに分けられる。それぞれの形状の概要を図-3および図-4に示し、各部材の機能を以下に示す。

(1)防食パネル

污水から発生する強酸（硫化水素）によるセグメントの劣化や腐食を防止するものである。

*技術研究所土木技術課

**技術研究所建築技術課

防食パネルは、熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂と粉末状のセラミックを骨材とする樹脂モルタルを熱硬化により工場にて成形する。エポキシ樹脂は、下水道処理場のコンクリート防食被覆材として吹付け・塗布等による方法での施工実績があり、下水道事業団「コンクリート防食指針」に適合する材料として認定されているものである。

(2)排水用逆止弁

万一、セグメント継手部等から地下水が浸入した場合、セグメントと防食パネル間が密閉した構造では、防食パネル背面に水圧として作用するためパネルの構造および固定方法に補強が必要となる。そこで、パネルにゴム製（エチレンプロピレンゴム）の逆止弁を取付け、漏水してきた地下水を管内の流下する下水との微小な差圧（100mmA_q程度）で管路内に排水させ、防食パネルに過大な荷重として作用させない構造としている。

(3)透水層

防食パネル背面とセグメント間で通水用の役割を担うものである。使用材はポリプロピレン、ポリエステル等の繊維状製品で、山岳トンネルでは防水シートの裏面緩衝材として透水層を形成するために用いられている、いわゆる不織布と呼ばれるものなどを防食パネル背面に貼り付けている。

現場設置方式は、セグメントリングを組み立て後に、透水層と一体化した防食パネルを坑内に搬入し、ボルト等を用いてセグメントにセットするものであり、防食パネル固定用アンカーをセグメント製作時に埋め込んでおく。したがって、セグメントはRCセグメントあるいはコンクリート中詰め鋼製セグメントを対象としている。防食パネル設置後は防食パネル継手目地のコーキング工を行う。なお、セグメントのボルトボックス部は防錆処理として充填工等が必要である。

セグメント一体成形方式は、セグメント製作時に防食パネルと鉄筋籠をセグメント型枠内にセットした後にコンクリート打設するものである。防食パネルとコンクリートの固定は鋼製ジベル等により確保するものである。セグメントを組み立てるためセグメントボルトボックス部やグラウト孔を切り欠いておく必要があり、組み立て後に後処理工として、ボルトボックスおよびグラウト孔の充填工・仕上げ工、防食パネル継手目地のコーキング工が必要である。

3. レコパネル工法の特長

レコパネル採用によるメリットを以下に示す。

- ①トンネル外径が縮小されることにより、掘削土量が低減される。

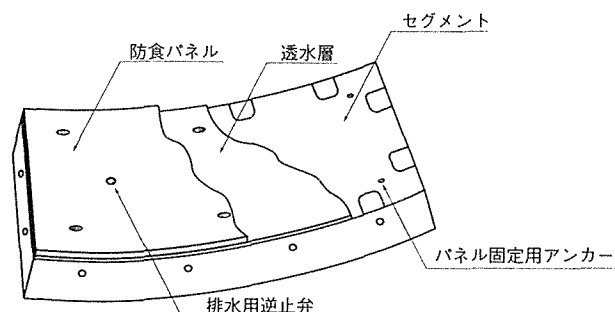


図-3 現状設置方式レコパネル

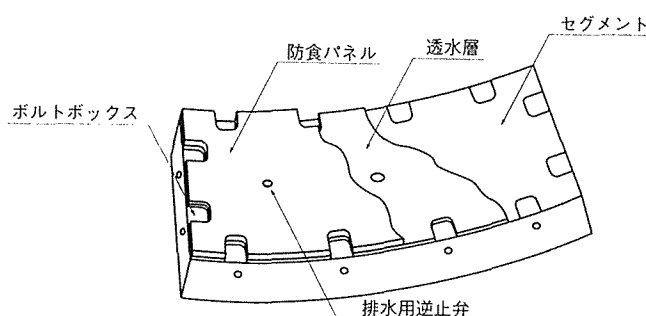


図-4 セグメント一体成形方式レコパネル

- ②硫化水素が発生する腐食性環境でもコンクリートに比べ耐久性が向上し、従来の二次覆工に比べ維持補修費の低減が可能である。
- ③従来の二次覆工に比べ施工性がアップし、工期の短縮が図れる。
- ④現場設置方式パネルは劣化した既存の二次覆工コンクリートの内面に設置することにより、トンネルのリフレッシュが可能である。

4. おわりに

レコパネル工法は、三洋化成工業(株)との共同開発によるものである。

レコパネル工法は二次覆工として要求される品質（防食性、耐磨耗性、平滑性）を十分に満足でき、なおかつ部材厚が小さい合成樹脂製パネルとすることにより、トンネル断面の縮小を実現し、工事費、工期を低減することが可能な工法である。今後は、パネルの生産性、経済性、施工性をさらに追求し、合理的な部材の検討を進めていく予定である。