

山岳トンネルの新しい防水工

鉄道建設・運輸施設整備支援機構関東支社 ○正会員 神田 大
前田建設工業(株)東関東支店西平井作業所 正会員 小松 敏彦

1. はじめに

近年、都市部における地下トンネルの構築法として、シールド工法や開削工法のほか山岳工法が重要な工法のひとつとなってきた。都市トンネル構造物は地下水位より低い所に位置することが多く、水位の変化による近接構造物や周辺への影響が問題となるため、高度な防水性が要求される。しかしながら、トンネルの掘削時はもとより完成した構造体においてもウォータータイト構造を完全に成功させた事例はきわめて少ないのが実情である。今回、つくばエクスプレス(秋葉原～つくば間約 58.3km)南流山トンネルの施工において、吹付けコンクリートと防水シートとが密着して高い防水性をもつ新しい防水技術を開発した。本報告はその概要について述べるものである。

2. 従来の山岳工法での防水工の問題点

山岳工法では吹付けコンクリート面に直に防水シートを張り付ける方法が一般的である。しかしながら、吹付けの仕上がり面にはその施工法から必然的に凹凸が生じる。そのためシートの張り付けにはこの凹凸への変形追従性を考慮した適切な余裕が必要となる。また、その凹凸の状況は部位によって差があるため、すべての状況に対して最適な張り具合への明確な基準が作れないのが実情である。

このようなことから防水シートの張り付け具合に余裕不足や余裕過多が生じ、覆工コンクリートの充填を妨げる要因となることがある。これら吹付けコンクリートの凹凸と施工性から次のような問題点が発生する。

- ①鉄筋の組立作業において鉄筋の端部でシートを破損しやすい。
- ②破損箇所の背面から水圧がかかった場合防水シートとの境界面に水みちが発生し広範囲の漏水を招く。
- ③吹付けと覆工とのアイソレーションが一定でないため、覆工にクラックが入りやすい。

図-1 はこれらの不具合の概念を示したものである。

3. 新しい防水工の検討

このような現状から、覆工コンクリートの充填を妨げず、かつ吹付けコンクリートに密着するような防水構造の実用的な開発が強く望まれてきた。そこで今回、これらの問題点を解消するために、次の改善点をイメージし、実用化への検討を行った。①吹付けコンクリート面に密着した防水シート構造とする。②防水シートがトンネル形状の円滑な仕上がり形状となる。③延長方向にロングスパンの防水シートが採用できる。④工事費、施工性において実用的な工法である。図-2 はその概要を示したのものである。また、実用化にあたり以下の工法を新たに採り入れた。

3-1 型枠台車を利用した防水シートの円滑仕上げ

図-3 に示すように、防水シートを専用の型枠台車に乗せ、これを吹付けコンクリート面に接近させる。その空隙に裏込め充填してシートをトンネル形状に凹凸なく滑らかに展張りすることとした。

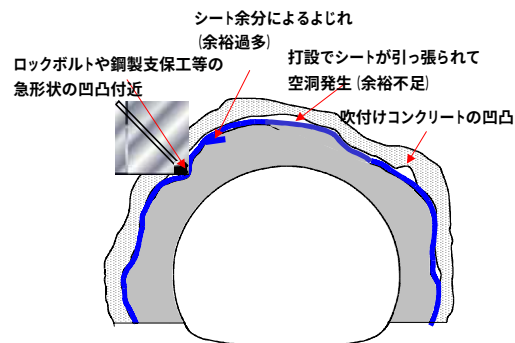


図-1 防水シートと覆工に関する不具合

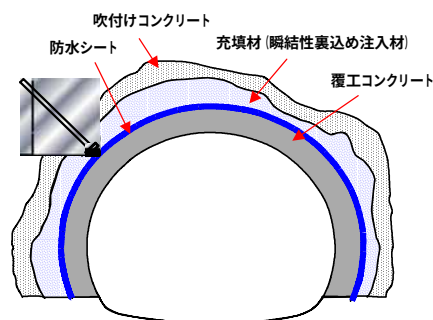


図-2 新工法の概要

キーワード：山岳工法、ウォータータイト構造、覆工コンクリート

連絡先：東京都台東区北上野 1-10-14 TEL:03-3845-7064 FAX:03-3845-8846

3-2 山岳工法で初めて接着性防水シートの適用

防水シートを円滑に仕上げることで吹付けコンクリートの凹凸への変形追従性を解決し、山岳工法で初めて接着性防水シートの適用を可能とした。これにより、シート面の水みちの問題を解消した。すなわち覆工に生じるクラックと水みちとが一致しない限り漏水は生じないため、格段に高度な防水が可能となる。

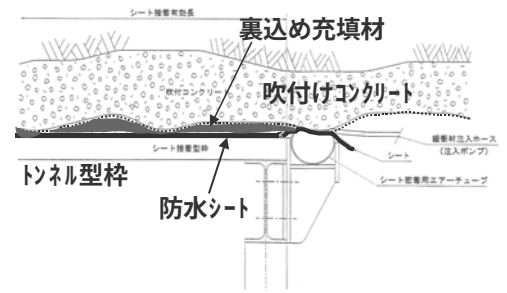


図-3 型枠を利用した防水シート敷設

4. 実施工への検討と施工結果

実施工にあたり、生じた課題とその対策について検討した。

4-1 裏込め充填に関して

吹付けとシートとの間に、むらのない充填を確保すること、1 サイクル(脱型～充填)／日の作業を確保するのに必要な付着強度が発現すること、および作業性について検討した。裏込め充填の材料としてエアミルクと二液型瞬結性注入材との2種類の充填材で試験施工および付着強度に関する基礎実験を行った。その結果、ゲルタイムを30秒とした二液型瞬結性注入材による充填が妥当と判断した。また、施工にあたっては坑内での作業環境、安定した品質の確保および省力化等のため、地上にプラントを設備した。



図-4 防水シート敷設完了状況

4-2 防水シート材料に関して

裏込め充填材との間に必要な付着強度が発現すること、およびロングスパンの防水シートを指定の長さで納入することについて検討を行った。初めての実用化のため、従来と同様の「不織布＋防水シート」の組合せとし、充填材と不織布との付着によりシート全体を吹付け面に密着させる構造とした。また工場にて1.5m幅のシート4枚を溶着加工した6mのロングスパンシートを採用することとした。

4-3 シート張り設備(型枠台車)に関して

ロングスパンの防水シートの巻き上げを可能とすること、1 サイクル／日の作業速度に対応できる設備であること、および取り扱いに特殊な技術を必要としないことについて検討した。これらの課題に対しては既往の施工技術で十分に対応が可能であると判断した。実施工では一般的な防水シートの作業台車をベースに、通常の覆工型枠の機能をもつ簡易なトンネル型枠を設備した。シートはウインチによりワイヤーで型枠面に巻き上げる方法とした。

4-4 作業に関して

覆工コンクリートの作業と同程度の技量で施工できること、および4～5名程度で1 サイクル／日の作業を継続することができることについて検討を行った。これらは既往の施工技術で十分に対応が可能であると判断した。施工手順は次のとおりである。①防水シートの型枠への巻き上げ後、型枠の高さ、センターをセットする。②充填する範囲の外周に対してエアバルクによりつま型枠を構築する。③両肩部(SL+4m)から片側ずつ、次に天端のセンター部の順に注入する。④天端部に設置しているエア抜きから充填材がリターンするのを確認し充填を完了する。

以上、検討に挙げた設備、材料および作業手順等について、計画どおりの施工ができた。また5人体制の8時間作業で1サイクルを確保することができた(図-4 参照)。

5. おわりに

南流山トンネルは覆工の施工完了後、平成15年9月よりトンネル底盤部からの排水を停止した。現在はほぼ復水が完了し、坑内には漏水がない状態である。今後はこの新しい防水工を主としてウォータータイトが要求される都市トンネルに適用したいと考えている。さらに標準的な山岳工法への適用の道を拓くために、多様な現場環境での適用性についても検討を進めたい。

(参考文献) 例えば、小松、中村、赤坂、黒木：山岳トンネル工法における止水技術の提案、トンネル工学研究論文・報告集、2003.11