

III-42 防水シートを使用したシールドトンネルの二次覆工

横浜市交通局高速鉄道建設部 正会員 千 野 彰
公 田 重 夫

1. 地下鉄シールドトンネルにおける漏水の実態とその原因および障害

横浜市交通局では、昭和43年から地下鉄建設に着手し、現在、新横浜～戸塚間22.1kmを営業しており、そのうち 3.2km（単線延長 6.4km）はシールドトンネル区間となっている。これらの営業線における実態をみると、建設直後には漏水が見られないが、時がたつにつれ漏水量が増加することが多い。

セグメントの漏水対策としては、セグメントシール、コーキングおよびボルト孔の止水について、材料、施工法等種々の改善がなされてきているが、まだ十分とはいえない。漏水の原因としては、推進中のシールドジャッキによる繰返し荷重、営業車両走行の繰返し震動、地下水位の長期変動に伴うトンネル自身の沈下、浮上、あるいは、地震波によるトンネル方向の引張り応力等が推定され、これらによりセグメントシール等が損傷し漏水が生じている。

一般的に二次覆工コンクリートにより防水性を高める対策をとる場合、コンクリートのクラックの発生を少なくする工夫が試みられてきたが、成果が上がっているとはいえない。防水性を向上させることを目的として二次覆工を施工したにも拘らず、逆に不規則なクラックの発生により、目的を達しえないばかりかその後の漏水処理を困難にさせている例も多い。

漏水による主な障害は、①セグメントおよびボルト等の腐蝕、②レールおよび締結装置、電気機器等の腐蝕、③排水設備の故障とそれに伴うトラブル、④車両の汚損、⑤地山からの脱水による周辺地盤への影響等があり、特に開業後10年以上経過したトンネルの②については現実の問題となっている。また、開業した後は、漏水の根本的対策は困難である場合も多い。

2. 二次覆工による防水対策とその基本的考え方

このような背景の中で当局では、昭和58～59年に地下鉄シールドトンネル（1号線柏尾川工区、3号線旧国鉄委託工区）を建設するにあたり、漏水問題を解決する方法として、従来実施していなかった二次覆工を採用することにより防水性の向上を図ることとした。

その場合最も懸念されたのは、二次覆工コンクリートのクラック発生と、そこからの漏水である。その対応として当局でも採用し好結果をあげていたNATM工法で用いたシートによるアイソレーション工を応用することとし、防水シートをセグメントと二次覆工の間に使用して、クラック防止と防水の一石二鳥の効果を狙うこととした。この場合、一般に二次覆工の施工目的として挙げられるセグメントの補強の意味が、両覆工接合面でのせん断力の伝達ができないこと、により薄らぐことに対して指摘がなされたが、防水効果を重視する観点および二次覆工を構造部材として取入れる設計思想がなかったことから踏切ることとした。

3. 1号線柏尾川工区シールドトンネル本体の設計概要（延長 190m×2）

土被約12m、圧気併用手掘り式シールド、セグメント外径 6,500mm、内径 5,900mm、RCセグメント平板形、7分割、セグメント厚 300mm、幅 900mm、二次覆工厚 250mm、防水シート（ $t=1.0\text{mm}$ ）

4. 二次覆工による防水対策工の設計

4-1 防水シート工

一次覆工から漏水が生じた場合に、防水シートの裏面を伝ってきた漏水は、端末のシート裏面に取付けた排水ドレーンに集め、インバートコンクリート面上に排水することとした。

防水シート材の選定は、水密性、現場作業性、コンクリート打設の際に破壊しない強度、柔軟性、補修の容易性、一次覆工からの漏水をシート裏面で処理できる溝加工等の機能を有することを条件に行った。

なお、セグメントへの防水シートの張付け工に先立ちボルトボックスをモルタルで埋め、セグメントの内

面平滑仕上げを行った。

4-2 二次覆工コンクリート工

二次覆工コンクリートの配合は、ひび割れ防止の目的で乾燥収縮、体積変化を抑制するために混和剤を使用することとし、その設計基準強度は、 $\sigma = 210\text{kg}/\text{cm}^2$ とした。

防水シート工および二次覆工の設計は、図-1に示す。

5. 二次覆工による防水対策工の効果

5-1 二次覆工コンクリート壁面の状況

トンネル完成後4年を経過しているが、二次覆工壁面には漏水が全く発生しておらず、非常に良好な状態が保たれている。

壁面のクラックは、トンネル完成後1年間位は生じなかったが、現在は、S.L.付近と天端付近に縦断方向

に生じている箇所もある。これは、二次覆工の背面拘束がインバートあるいは鉄筋吊金具によりわずかに残っているため、乾燥収縮により生じたものと考えられる。一方、横断方向クラックは、縁を切った打継目が乾燥収縮により離れたのみで、生じていない。

5-2 防水シートの裏面の状況

防水シート裏面の状況は、直接確認することはできないので、インバート部のセンタードレーンにおける流水状況から推測した。

これによると、センタードレーンの上流端では流水が確認できないが、下流では1～2cmの水深で僅かに流れており、トンネル完成直後にはなかった一次覆工からの漏水が、防水シート裏面に流れて集水マットと排水管を経てセンタードレーンに流れ込んでいることがわかる。

5-3 構内環境

トンネル内の湿度は、換気を行っているため、外気の影響を受けるが、このシールドトンネルと従来の当局的シールドトンネル内の湿度を比較すると、10%程度低い。これは、漏水がないことが一因と考えられる。

湿度の低い場所ほど電蝕に対する漏洩抵抗が大きくなるとされており、現状では、このシールドトンネルは良好な状況にあり、鉄道施設が電蝕により損傷を受ける可能性が少ないと言える。

6. 結論

山岳トンネルに使用されていた、アイソレーション用の防水シートに着目し、我が国で初めて、シールドトンネルに利用したが、現在のところ壁面からの、漏水は全くなく、二次覆工にも背面拘束による不規則なクラックが発生していないことから、この工法が有効であったと判断している。

防水シートを採用したことにより増加工事費を要したが、このような状況が持続されれば、今後のレール等の鉄道施設の維持管理および漏水処置の軽減と合せて、トンネル構築自身の長期的な健全性の確保が見込めることから、経済性の面からも効果が得られるものと考えている。

また、当該事例は、土木学会シールドトンネル標準仕様書でいう重ね構造にきわめて近いシンプルなモデルであり、二次覆工を主体構造とする設計上の不確定要素が少ないと思われ、将来この面からの経済性追及も期待できるものと考えている。

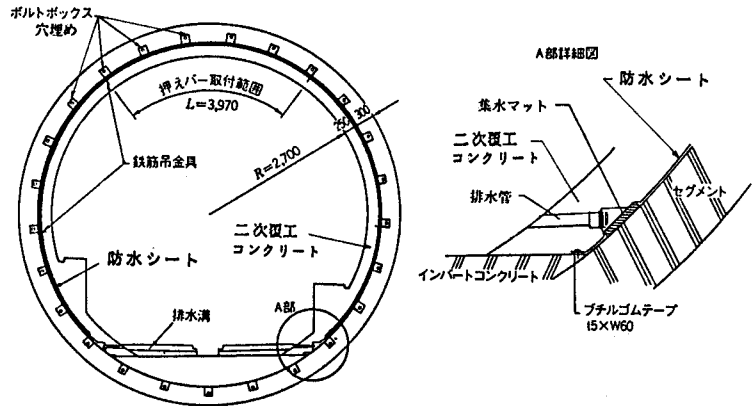


図-1 二次覆工コンクリート詳細図