

## 既設シールドトンネルシール材の再注入方法の提案

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 水上 博之\*1  
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 内村 有宏\*1  
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 清水 幸範\*1

### 1. はじめに

シールドトンネルにおいて、トンネル覆工の耐久性の向上、周辺地山の脱水による地中や地表面への影響の抑制、下水放流費の低減などの観点から、トンネル内への漏水を防止することはとくに重要である。また、シールドトンネルは、多数のセグメントをボルトなどで締結して構築したトンネルであるため、その継手部分から漏水が発生しやすいという特性をもっている。

このような特性を有するシールドトンネルのうち、昭和60年代以前に建設されたトンネルでは、トンネル本体およびシール材の経年劣化が進展したこと、シール材貼付位置のずれや組立時のシール材の損傷など建設当時の施工が粗雑であったこと、シール材自体の止水性能が現在の水膨張性シール材に比べて劣っていたことなどにより、トンネル内への漏水が顕著化している現状にある。一般に漏水量は年とともに増加する傾向があるため、今後、トンネル覆工全体の腐食や劣化という問題をさらに引き起こす可能性が高い。

このような現状を踏まえて、筆者らは、高圧水等により既設セグメントのシール材を撤去し、新たなシール材を再注入するという防水工法の研究をしている。

### 2. 再注入工法による新しい防水技術

#### (1) シールドトンネルの防水工の考え方

一般に、シールドトンネルの防水工は以下の3つの段階に大別できる<sup>1)</sup>(図-1参照)。

第1段階は、裏込め注入工などによるトンネル背面における防水工である。確実に充填された裏込め注入層は、透水の経路を長くすることで防水層を形成すると考えられるが、現状の主流である可塑性裏込め注入材は耐久性等の課題から現実には防水層として期待しないことが多い。最近では裏込め注入工に加えて、トンネル覆工の外面に防水シートを敷設する新たな技術も出てきている。第2段階は、シール材による継手面

での防水工である。今日では最も重要かつ信頼性の高い防水層である。最近では水膨張性のシール材を貼付する例がほとんどである。第3段階は二次覆工やコーキング工によるトンネル内面における防水工である。二次覆工は場所打ちコンクリートであるため、そのひび割れからの漏水が考えられ、完全な防水工とはなりえない。そこで水密性を要求されるトンネルでは二次覆工と防水シートを併用した例もある。またコーキング材による止水は、材料の劣化によるはがれ等によりその効果が小さいために、コーキング溝は防水工というよりむしろセグメント端部の割れ欠け防止工としての役割が大きい。

#### (2) 再注入工法による新しい防水技術

##### a) 既設シール材の除去

高い止水効果を得るためには、シール溝に存在する既設シール材などの異物を除去し、その部分に発泡ウレタン系のシール材を再注入することが効果的である。止水効果向上にあたっては、その異物を確実に除去することが肝要であり、除去方法として、高圧水の利用と、微小スプリングコイルの利用の2種類を考えている。

まず、トンネルの内面からセグメント継手位置に20mmのドリルを用いて穿孔する。わが国のシールドトンネルは、そのほとんどが干鳥に組立られているため、穿孔位置は十字形状ではなくT字形状になってい

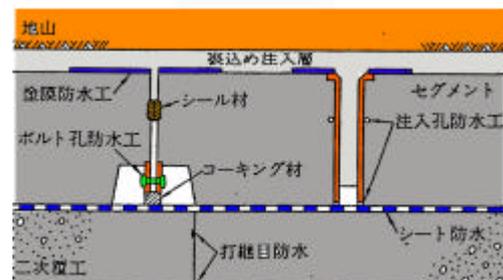


図-1 シールドトンネル防水イメージ図<sup>2)</sup>

キーワード：シールドトンネル，セグメント，防水工，更生

連絡先\*1：〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 交通事業本部鉄道部 TEL:03-3344-0799，FAX:03-3344-1366

る．したがって，トンネル軸方向にはセグメント幅に相当する800～1,200mm程度，トンネル周方向にはセグメント1ピース弧長の1/3程度である1,500mm程度の穿孔となる（図-2参照）．

次に既設シール材の破碎工程を述べる．シール材の破碎には水圧方式と機械方式の2種類を考えている．

水圧方式の場合は，図-3に示すように穿孔した作業孔に高水圧ノズルを挿入して，水圧でシール材を破碎する．破碎したシール材は隣接する作業孔から水とともに吸引回収する．一方，機械方式の場合は，スプリングコイル形状の弾性治具を高速回転させることによりシール材を破碎し，それを隣接する作業孔から吸引回収する．

高水圧方式の場合，ノズルの形状，噴射圧力，噴射水量によって，シール材の粉碎方法が異なってくる．すなわち，これらの要素に応じてはシール材が帯状に切断されるため吸引除去が困難となるので，粉碎できるような仕様を決定しなければならない．現在，これらに関する要素実験を計画している．

#### b)再注入材の選定

再注入材に必要な性能を列挙すれば，セグメントと密着性が高い非定型タイプであること，固化した後にある程度の変形性能を有し，季節の変動によるトンネルの膨張・収縮，および将来の荷重系の変化による目開きに追従できること，高圧注入の場合は，地山へ注入材が逸水し不経済になることが懸念されること，周辺地下水の汚染が考えられることから，塑性流動化が適当であり低圧注入が可能であること，漏水に対して膨張性を有すること，耐久性を保有していること，注入範囲に応じた適切なゲルタイムであること，などである．

最近の注入材にはエポキシ系，ポリウレタン系，ポリサルファイド系，シリコン系，アクアブレン系などがある．

#### c)シール材の再注入

シール材の最注入には直接注入する方式と，インジェクションチューブ等を用いて注入する方式の2種類を考えている（図-4参照）．

再注入時にはセグメント内面側への漏材も懸念される．このような場合には，コーキング工を施すことを考えている．コーキング材は短期のセグメントとの付着性能を有していればよいので，廉価なエポキシ系の

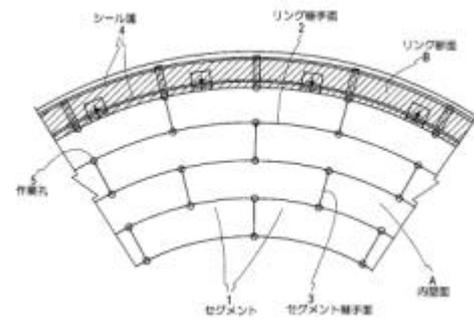


図-2 作業孔

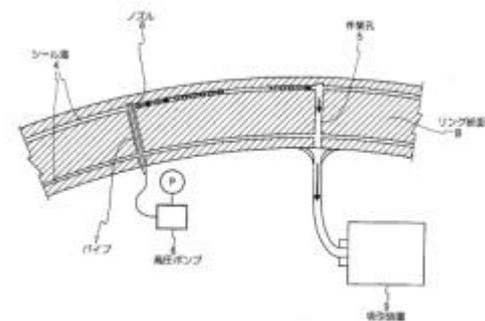


図-3 高圧水による除去過程のイメージ

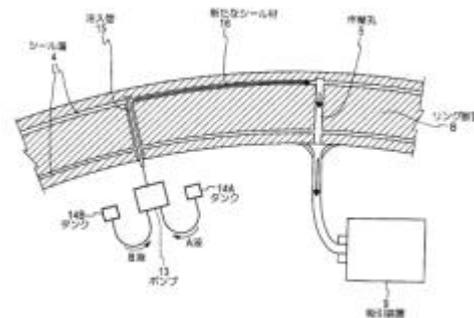


図-4 直接注入のイメージ

コーキング材でよいと考えている．

#### 3. おわりに

すでに述べたように，トンネルの品質を長期にわたり確保するためには，トンネル内への漏水を如何に防止するかが重要な事柄である．建設後50年以上が経過したトンネルにおいても，ライフサイクルコストの観点から，確実な再防水工を施しトンネル寿命を延命するのが得策である．これからは，トンネルの新建設の時代から維持・更生への時代へと確実に遷移する．本研究がその助力になればと考えている．

参考文献：

- 1) 例えば，土木学会：セグメントの設計，トンネルライブラリー，第6号，pp.79-84，1994年6月
- 2) 地盤工学会：シールド工法の調査・設計から施工まで，p.226，図-7.29，1997年2月