

都市トンネル保守マニュアル

平成14年3月

財団法人 鉄道総合技術研究所
鉄道技術推進センター

漏水対策工編

1. 総論

都市トンネルは、建設時に防水工、止水工などが施されていることから、一般に水密性の高い構造物であるといえる。しかし、施工時の打継ぎ面の存在、あるいは経年による防水層やコンクリート自体の劣化等に伴い、規模の大小はあるもののどのトンネルにおいても漏水が見られるのが現状である。漏水がある場合は漏水対策工を実施するが、構築を濡らす程度のものであれば状況の変化を観察し、有害と判断した時点で何らかの対策を講じることも多い。

漏水対策工を実施する場合としては、

- ①漏水に背面の土砂が混入している。
- ②漏水が架線やレール、電気施設にかかる。
- ③漏水個所が旅客扱い部分である。
- ④漏水によって石灰系の析出物やバクテリアスライムなどがみられる。
- ⑤漏水が錆汁である。
- ⑥漏水に塩化物等の有害物質が含まれる。
- ⑦漏水量が多い。

等が挙げられる。このうち、①～③については比較的速やかに、④～⑦については状況に応じて漏水対策工を実施することが多い。

一般にトンネル内は、一年を通じて寒暖の差が少ないと言われる。しかし、実際にはコンクリートの温度伸縮によりひび割れは冬季に開き、夏期に閉じる傾向がみられることから、諸事情が許すのであれば、漏水対策工は冬季に行うのがよい。

なお、漏水対策工はいずれの施工法によっても、恒久的な効果が保証されるものではないのが実状であり、施工後も監視や点検を怠らないよう注意すべきである。

第 III 編

2.2.1 充填工法

(1) Vカット工法

ひび割れの両側にコンクリートカッターで切り込みを入れ、その切り込みに沿ってはつりのみ等でV型やU型にはつり、はつり溝に止水材を充填して止水するものである。漏水量の多い場合は、ビニールホースによる一時的な排水処理をしたうえで止水材を充填することもある。

一般的なはつり深さは3～5cm程度であり、止水材としてはセメント系の急結止水材を用いることが多い。トナンボンド、シャットウォート等、様々な商品がある。

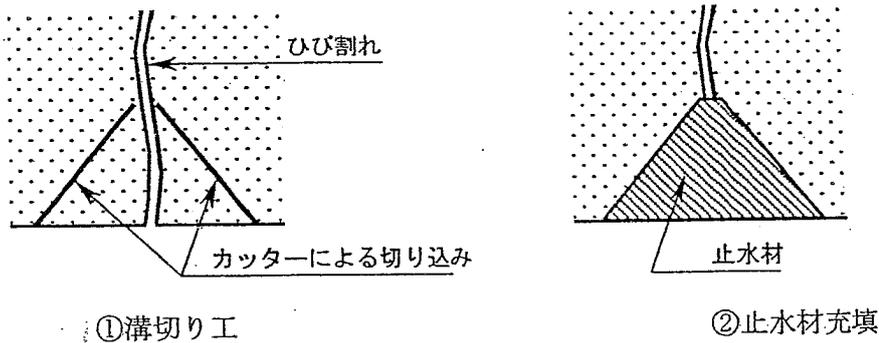


図 III.2.2 Vカット工法

Vカット工法では、施工後の期間経過に伴い充填材の剥離・剥落が発生することがある。よって、剥落防止対策(アンカー筋埋め込み、支え材による押さえ等)や、躯体コンクリートとの緩衝材としてシール材(エポキシ系シール材や水膨張性ゴム等)を用いるのが望ましい。

(2) ザイペックス工法

ザイペックス工法は、漏水対策工としてのみならず、躯体コンクリートの改質が要求される場面において広く用いられている。この工法の主材であるセメント結晶増殖材は、コンクリート内に浸透して未反応で残っているシリカにカルシウムを供給する触媒に似た役割を持ち、結果的にセメント結晶を増殖させてコンクリート組織自体を緻密にする働きがある。

漏水対策工としてのザイペックス工法は、はつり溝に図 III.2.3 に示すような材

料を充填することにより、ひび割れ付近のコンクリートを緻密化して水みちを閉塞することにより止水するものである。

セメント結晶増殖材がコンクリート内部に浸透したのち、徐々に反応が始まるため、施工後ある期間は止水効果が見られないことがあり、緊急を要する漏水対策には向かない。また、はつり溝内に数種類の材料を充填するため、Vカット工法に較べて施工手間がかかる。

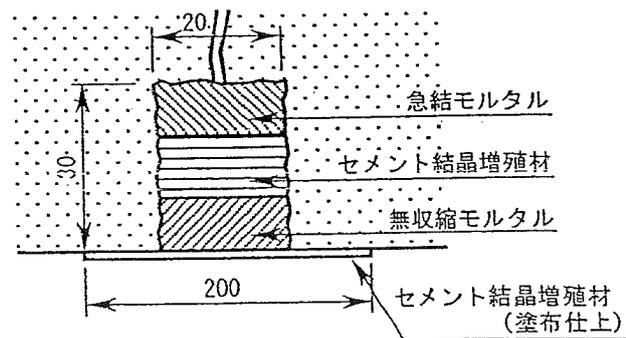


図 III.2.3 ザイペックス工法

ひび割れ幅0.5～2mm、漏水ありの場合、寸法・充填材種類は、ひび割れ幅や漏水量により様々なメニューが提案されている

第 III 編

(3) TACSS(タックス)工法, バンデフレキシシ工法

躯体内部でひび割れと交差するように、ひび割れに対して約 45° 方向に 30cm 程度削孔し、注入材をひび割れに直接充填して止水するものである。注入材は、TACSS工法では水と接触して固結する 1 液型のウレタン系、バンデフレキシシ工法では 2 液型のアクリル系のものを用いる。どちらの注入材も、固結してゲル状となってひびわれを閉塞する。

施工は比較的簡易であり、ひび割れから注入材が流出するの確認して注入を終了するので、止水状況を確認しながら作業できる。

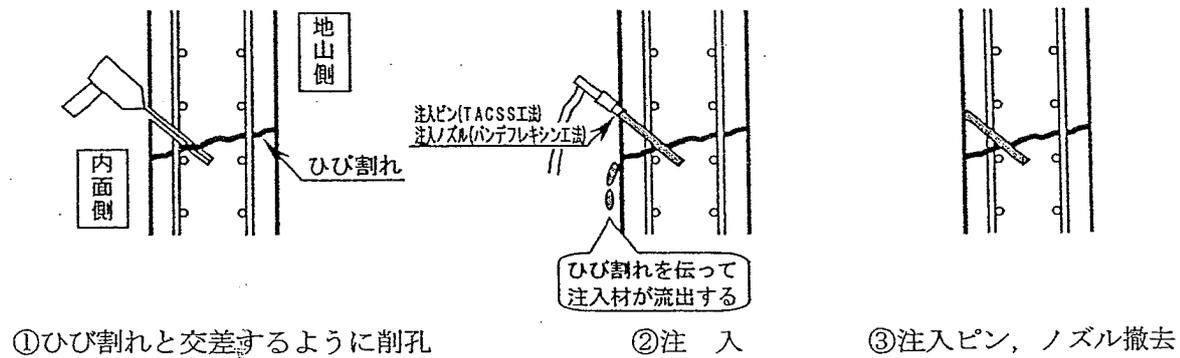


図 III.2.6 TACSS工法, バンデフレキシシ工法

(4) WASSER(ワッサー)工法

(3)と似た施工法であるが、漏水の侵入口である地山に近い、躯体深部でひび割れと交差するように削孔する点異なる。さらに、注入材が躯体内面側で逸散しないよう、注入孔のかぶりコンクリートにあたる部分に誘導パイプを設置して注入材を確実に深部に送ることにより、ひび割れの全長にわたって注入材を充填して止水するものである。注入材は、漏水状況に応じて無機・有機複合系の「フローシーラー」か、2 液型のウレタン系材料を使用する。フローシーラーは、コンクリート中のカルシウム等と結合してゲル状になる注入材である。

削孔長が長いので、TACSS工法、バンデフレキシシ工法と較べて施工手間はかかる。

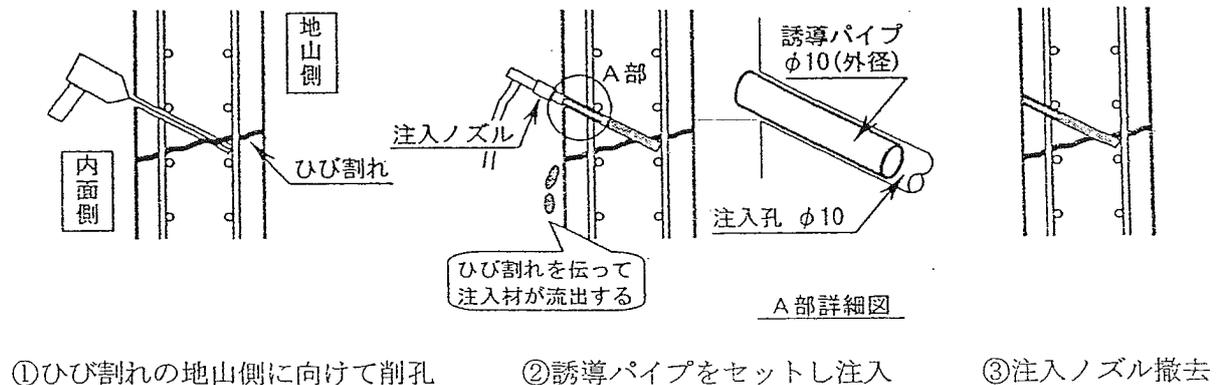


図 III.2.7 WASSER工法

第 III 編

2.2.2.2 注入材

注入工法に用いる注入材は、注入工法とセットになっていることが一般的である。これらは、無機系、ウレタン系、アクリル系に大別できる。エポキシ系の材料は水となじまないため、注入工法では仕上げ材として以外、止水を目的とする注入材にはほとんど用いられない。

(1) 無機系

鉄道では、注入後、短時間のうちに列車振動を受けることが多いため、注入材としては硬化時間が短い急結タイプが望ましい。また、注入材の練り混ぜに多量の水を必要とすることから、近くに水道がない現場では水の運搬に手間を要する。

(2) ウレタン系

ウレタン系の注入材は、親水性のものと疎水性のものに大別される。親水性のウレタン樹脂は変形能力が高く、補修後の構築の動きに追随できるが、湧水期や地下水位低下により水と接していない時間があると、自らの水分の蒸発により肉やせが生じ、再漏水を招くことがある。一方、疎水性のものは肉やせはないといわれるが、硬化物が比較的硬く変形能力に乏しいことから、構築への追随性に劣る。このようにウレタン系の注入材は、材料によって長短があるものの、最近は親水性でありながら肉やせのない注入材も登場し、その効果が期待されている。

また、施工終了からある時間を経た段階で、未反応のまま残った注入材原液が躯体表面からダレることがある。



図 III.2.10 施工終了後の原液ダレ

(3) アクリル系

アクリル系の樹脂は、一般にウレタン系樹脂と較べて硬化時間が遅いが、注入材として使用する場合は、2液をノズル端で混合することにより数十秒で硬化させることが可能である。現在のところ、最も信頼性があるといわれている材料であるが、材料費が高い。

2.2.2.3 注入工法における留意事項

- ① 地山側まで貫通削孔する工法では、貫通と同時に大量の地下水(場合によっては背面土砂を含んだ地下水)が坑内に噴出する可能性があること、また防水層がある場合、結果的にこれを突き破ってしまうことから、施工前に十分な検討が必要である。
- ② 削孔長の長い工法では、削孔に時間がかかったり、鉄筋に当たって削孔箇所の変更が必要となることがある。
- ③ ひび割れの状況により、注入中に注入圧が上がると棄液が噴発することがあり、そのような場合はひび割れに急結セメント等で間詰めする。
- ④ ひび割れから流出した注入材がかからぬよう、通信ケーブルや軌道等はシートで養生を行う。