

## 可塑性材料による裏込注入の施工管理と KYT

双葉鉄道工業株式会社 正会員 里見 翔  
 双葉鉄道工業株式会社 岸 尚喜  
 日特建設株式会社 中島 雅和

### 1. はじめに

わが国では、高度成長時代に建設された多くのインフラは建設後 50 年を超えるものがあり、経年劣化を考慮した維持管理が大きな問題となっている。トンネルでも同様であり、特に、NATM 以前の山岳トンネルは「矢板工法」により施工されているが、トンネル覆工背面と地山との間には空隙が残存していることが多い。この空隙は、トンネル背面の異常な地圧が作用した場合には、トンネル覆工の構造的な強度低下を引き起こすこととなる。そのため、従来からトンネルの覆工背面にモルタルなどを注入することが行われてきた。

ここでは、トンネルの長寿命化を目的とした新しい覆工裏込注入工法として採用した、裏込注入の施工管理における留意点と KYT について詳述する。

### 2. 注入材の選定

トンネルの延命化を目的とした覆工裏込注入材料は、可塑性、非収縮性、水中分離抵抗性を併せ持つ必要がある。可塑性が高い場合、注入材料の漏出の恐れが少なく、施工管理が容易である。収縮性が小さい材料を完全充填した場合には、材料硬化後に空隙の生じるリスクを低減することができる。また、トンネル湧水のある箇所にも施工する必要があるが、そうした場合には、水中で溶出しにくい程度の水中分離抵抗性が必要である。

それらを考慮して選定した注入材料の特性値を表-1 に示す。

### 3. 裏込注入工における施工管理

裏込注入工の施工管理は、(1) 始業点検・材料の製造、(2) 注入作業、(3) 注入後の清掃に分けられる。

#### 3-1 始業点検・材料の製造

裏込注入工の現場施工は、入念な機器の点検・整備から始まり、注入材の製造に移る。所定の配合を確認し、ミキサーにより基材、可塑材を製造する。

施工においては、ポンプの圧力及び、システムに表示される流量に注意し、圧送中に機器の異常がないか常に監視する。先端に吐出した材料のフロー値が規格を満足したことを確認した後、本注入作業に移る。

#### 3-2 注入作業

注入プラント側では、ポンプの圧力及び流量に異常が無いことを確認する。注入中は常に、ポンプ、注入孔口の圧力、注入速度、リーク等について監視し、注入を進めていく。土被りが小さい場合、注入材の漏出等が危惧されるため、施工管理には十分な注意が必要である。

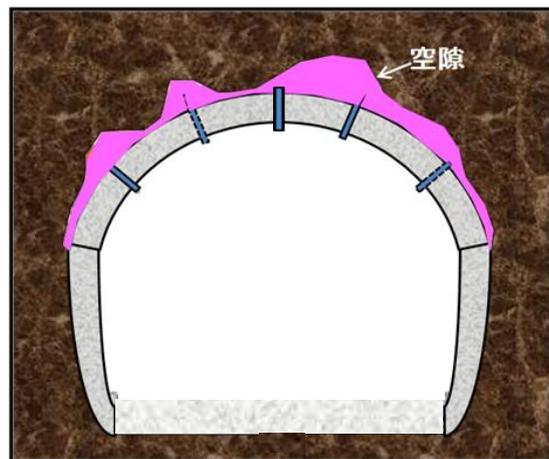


図-1 トンネル覆工裏空隙

表-1 可塑性材料の特性

流動性 (フロー値)	静置時	80～155mm (60分後:100mm以下)
	打撃時	130～205mm (60分後:170mm以下)
強度	一軸圧縮 強度	$\sigma$ 28=1.5N/mm <sup>2</sup> 以上
比重	比重	エア系:11～12kN/m <sup>3</sup>
		エア系以外:11～15kN/m <sup>3</sup>
充填性	充填性	容器内全体および角材やH型鋼との間に隙間なく充填されること
非漏出性	間隙への 非漏出性	60分経過後5mm以下の隙間に完全流出がない
水中分離 抵抗性	濁度	注入材投入前と投入後60分経過後の光透過率の増減率:±2%
	pH	60分経過後のpH測定比率:±10%
非収縮性	収縮量	28日硬化後の収縮量:Δ 20mm未満

### 3-3 注入作業後の清掃

用いた注入材料の可塑性は自硬性が小さいが、基材は硬化する可能性がある。基材が圧送管の中で硬化すると、管閉塞を起こし、圧送が出来なくなる。こうした問題を回避するために、毎日の清掃が重要である。清掃作業は、注入終了後、リターン配管に接続し、配管内の基材を水押しにより排出する。注入ホース口を外し、スポンジボールを入れ、水圧とスポンジボールにより配管内面を清掃する。その概略図を図-2 に示した。

## 4. 労災防止 KYT

### 4-1 KYT の実践

作業を進めるにあたり、最も重要なことは、作業員や第三者の安全であり、労働災害根絶に努める必要がある。そのための主な取り組みとして、KYT(危険予知トレーニング)を行った。

始業点検・材料の製造、注入作業と注入後の清掃に至るステップにおいて、それぞれの留意事項を確認し、気付かぬところに潜む危険への認知を促す KYT を実践した。

特に、作業順序の確認や施工上の注意点、危険要因の特定とリスク低減のための行動について、事前のミーティングと打合せを行い、現場作業を徹底した。

### 4-2 墜転落防止

裏込注入工は高所作業で行うことが多く、そのため足場組み立てが必要となる。こうした足場組み立てにおける危険性として、高所からの墜転落、手指を部材で挟む、部材を落として下の人が受傷することなどがある。これらの対策として、高所足場における安全柵の設置をすることはもちろん、作業員の安全带等の保護具の使用、積極的な声かけによる作業員同士の意思疎通を徹底した。

### 4-3 保護具の完全着用

作業を行う際には、常に作業に沿った保護具を着用することは必須である。保護具には安全带、ヘルメット、安全上着、安全靴の他に、保護メガネ、切創防止手袋の使用を義務づけた。過去、高所作業中の墜転落や、重量物の足への落下、注入材の飛散、注入材や工具などによる眼へ衝突などの事象が起きたことがあるが、どの事象も保護具着用により、被害を最小限に抑えることが出来た。これらの事象を十分反芻して、より良い性能の保護具を採用し、作業員全員に配布するとともに、それらの着用を徹底して、裏込注入作業のリスク軽減を実現している。

### 4-4 感電防止

鉄道トンネル内における裏込注入作業においては、き電線による感電の危険を伴う。き電線等には高電圧が加圧されているため、き電線 2m 以内に機器、材料を接近させないことが必須である。き電線に接近する場合は作業前にき電停止を行う。また作業員がき電線等に触れる場合は、検電接地作業を行い、作業に着手する。

## 5. おわりに

インフラの経年劣化が進み、整備が重要視される現在、覆工裏込注入等の作業量は増加傾向にある。一定の品質を求められる中、いかに安全に施工を行っていくかが課題となる。労災防止への対策を行っているものの、完全な根絶に至っていないのが現状であるが、注入材の選定や、作業員一人ひとりの安全意識の向上により、労働災害は減少している。今後とも過去の事象に学び、労働災害根絶を目指し邁進していく。

### 参考文献

1)竹内昭造, 朝倉俊弘, 関雅樹, 内藤繁: 山岳トンネル裏込め注入工法に関する研究, トンネル工学報告集, 第 23 巻, pp.261-268, 2013

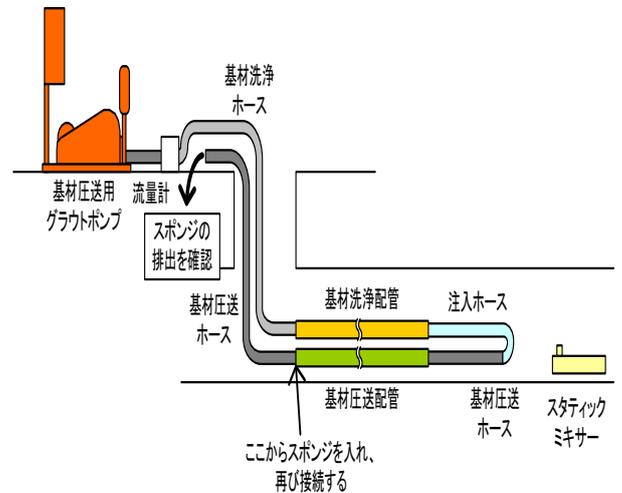


図-2 清掃時の配管図