

CMI 報告

防水工に関する研究

横澤圭一郎・鈴木 健之

1. 概要

山岳トンネル工法では、トンネル内への漏水を防止するために適切な防水工が施されており、工場製品で品質のばらつきが少なく、施工が簡単である防水シートが多用されているのが現状である。

本報告では、覆工からの漏水の原因の一つと考えられる防水シートの溶着不良対策として、工場により溶着を行った防水シートの開発を行った。本防水シートの特徴としては、工場にて溶着することにより、防水シートの品質向上を図ることが可能となることに加え、現場での溶着作業を低減することが可能となることが挙げられる。

本報告では、実現場での施工に先立ち実施した試験ヤードにて行った防水シートの展張試験について報告するものである。

2. 防水工の現状および課題

(1) 防水工の現状¹⁾

吹付けコンクリートやロックボルトなどの支保部材を主体とする山岳トンネル工法では、トンネル内への漏水を防止するために適切な防水工が施されている。

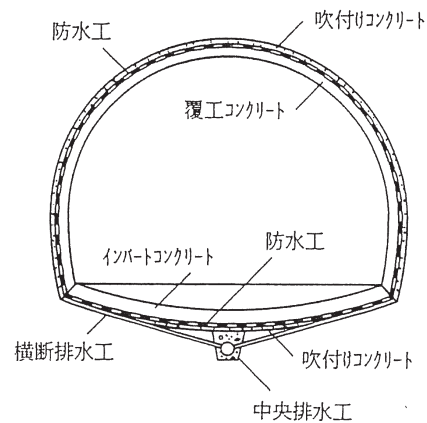
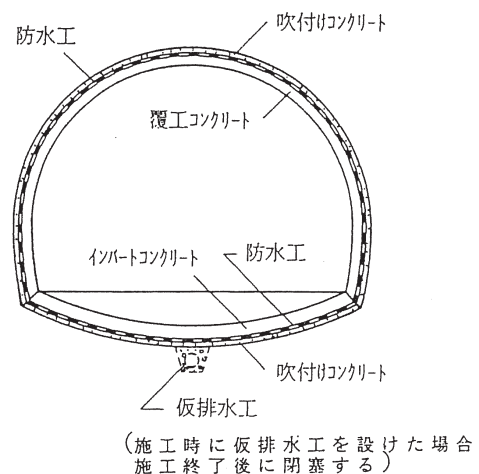
防水工は、吹付けコンクリートと覆工との間に縁切りを行うことで遮水層を形成するものである(図-1参照)。

防水工の方法としては、合成樹脂の防水シートを張り付けるシート系とゴムやアスファルトなどを吹付ける吹付け系の2つの工法に大別される。一般的には工場製品であり品質のばらつきが少なく、施工が簡単で

あるなどを理由に、シート系の方が多用されている。

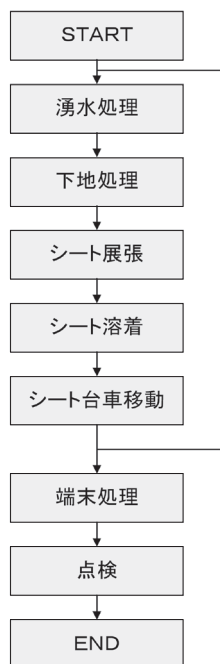
材料の要求性能としては、耐水性および耐久性の他、接合部の水密性能の信頼性、火災などに対する安全性および作業環境の確保が要求される。このほか、シート系については、吹付け面との馴染みの点で柔軟性・進展性、なおかつ覆工コンクリート打設時の引張り・引裂き力に抵抗できるだけの性質を兼ね備えたものでなければならない。これらの要求性能を満足するために、現状では厚さ0.8~2.0mm程度が使用されている。

通常のトンネルでは、図-1のような排水型が採用され、アーチ部および側壁部に施工した防水工背面の湧水を中央排水工に導く構造が一般的である。一方で、都市部などでは図-2に示すように、地下水環境保全の目的でトンネル全周に防水工を実施してトンネル内への地下水の流入を遮断する非排水型(ウォータータイト)トンネルの施工事例も少なくない。この場合の防水シートの厚さは、2.0mm程度を使用してコンクリート打設などによる損傷を受けにくくしている。

図-1 排水型トンネル²⁾図-2 非排水型トンネル²⁾

(2) 防水工の施工手順³⁾

防水シートの施工手順を図一3に示す。防水工の施工に際しては、まず始めに、防水シートの施工および覆工コンクリートの打設に支障をきたさないように、湧水処理および下地処理を行う。シート展張を行った後は、隣接する防水シート間でトンネル横断方向の現場溶着を行い、シート台車を移動し、次のスパンの防水シートの展張を行う。これをトンネル全区間行った後、端末部および横断配水管との接続箇所において排水を円滑にできるように処理を行い、最後に点検を行って防水工の施工が完了となる。



図一3 防水工の流れ

(3) 防水工における課題

防水シートには、覆工への漏水を防止するという防水機能が期待されている。しかし、施工を行う上で、以下に示す要因により、防水シートの防水機能が損なわれると考えられる。

- ・下地面に極端な凹凸がある場合シート同士の溶着が困難となり、防水シートの溶着性が悪くなるとともに、覆工コンクリート打設時に背面空洞が発生し、防水シートが破損する可能性がある。
- ・吹付け面等の下地処理やロックボルトの頭部などの突起物処理が不十分な場合防水シートが破損する可能性がある。
- ・防水シートの単位施工延長が短いため、溶着箇所が多く、溶着不良が発生する可能性が大きい。

3. 新しい防水工の開発

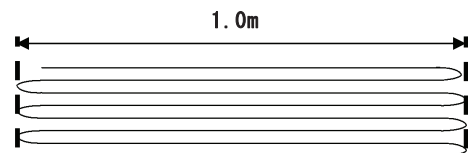
(1) 新しい防水工の提案

防水シートには、前述したような施工上の問題点があるが、本報告では、防水シートの溶着不良対策および防水シートの品質向上を目的として、一般には、2mである防水シートの単位施工延長を事前に工場シート溶着を行うことにより12mに延ばし、現場でのシート溶着作業を約1/5程度に縮減する方法を考案した。ただし、このような防水シートは、通常の防水シートよりボリュームがあるため、防水シートの現場への搬入方法、シート台車への設置方法および防水シートの展張方法を新たに考える必要がある。

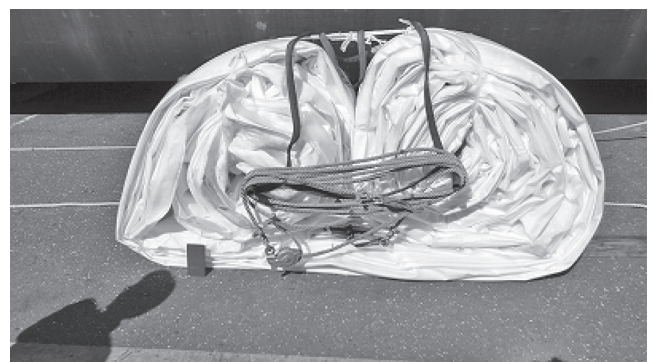
(2) 防水シートの搬入方法

工場で溶着した防水シートは、現場での搬入がし易いように、図一4に示すように幅1m程度のつづら折りにした後、写真一1に示すようにロール状に巻いて現場へ搬入することとした。

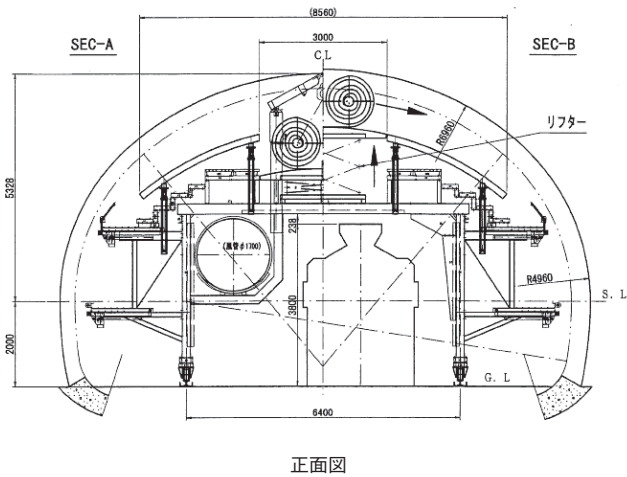
現場へ搬入した後は、図一5に示すシート台車のポストクレーンにて防水シートをシート台車上へ上げ、防水シートをリフターに設置し、リフターを上げながらロール状の防水シートを左右に垂らしていくことで、シート台車上に防水シートを設置する。



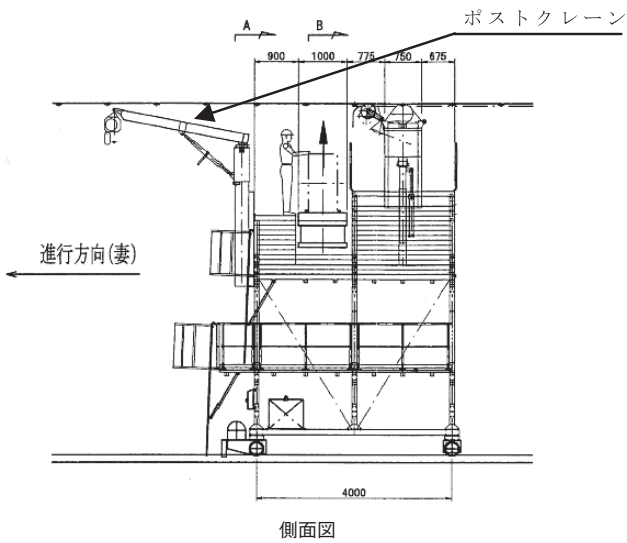
図一4 防水シート形状



写真一1 防水シート搬入時の形状



正面図



側面図

図-5 シート台車

(3) 防水シートの展張方法

シート展張する方法は、図-6に示すように展張済みの防水シートとシート台車上の防水シートを溶着した後、図-7に示すようにシート台車を移動させることにより、展張する防水シートを順次引き出す。また、シートのトンネルへの接着方法は、トンネル壁面に防水シートを押し付け、事前にトンネル壁面に添付したマジックテープと接着させる方法とした。

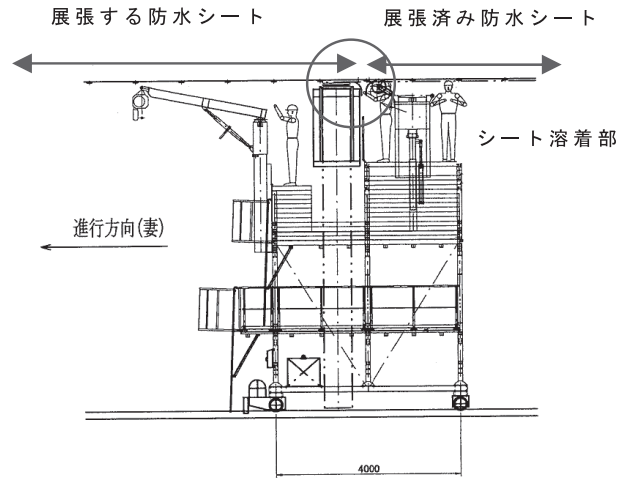


図-7 防水シート展張方法

4. 防水シートの展張試験

(1) 試験の目的

前述の方法での防水シートを展張する際の問題点として、リフターと防水シートの摩擦力が小さい場合に、シート台車が移動する際に、防水シートがシート台車に追従して移動しないことも考えられた。そのため、シート台車の移動に防水シートが追従して移動するかを確認する試験を行うことにした。

(2) 試験方法

試験では、シート台車の代わりにセントルを用い、その上に防水シートを設置することとした。セントル上に設置した防水シートをセントルの反対側の5箇所から人力にて引き寄せることで、シート台車の移動を模擬した(図-8参照)。試験の準備状況および試験状況を写真-2, 3に示す。

(3) 試験結果

試験を実施した結果、防水シートを引き寄せても、防水シートは一気に引き寄せられることはなく、順に広がっていき、セントル一面に防水シートを広げるこ

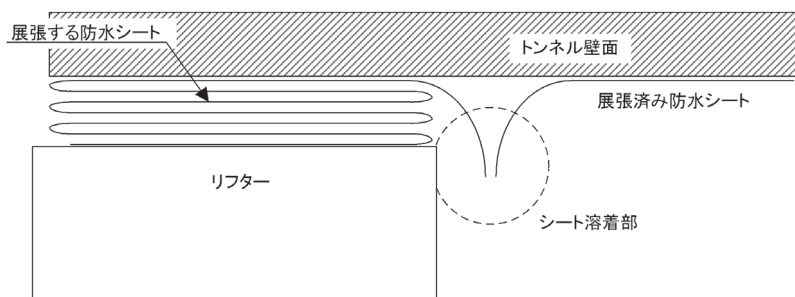
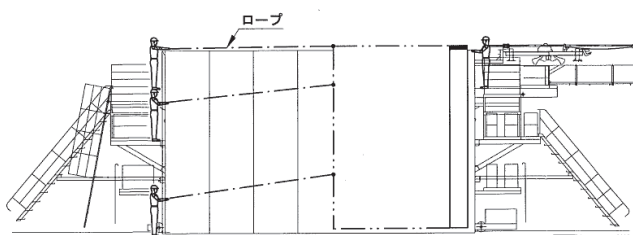


図-6 シート溶着部拡大図



図一8 試験概要



写真一2 試験準備状況



写真一3 試験状況



写真一4 試験完了後状況

とができた（写真一4参照）。このことから、シート台車が移動することにより、順次防水シートが引き出されることが確認できた。

5. まとめ

今回、展張状況を確認する試験は、広い空間で行った。今後は、実際のトンネルの中の限られた空間の中での作業性を確認することが必要であると考えている。

JCMA

《参考文献》

- 1) ㈱日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説，2003年11月
- 2) 日本トンネル技術協会 防水シート分科会：山岳トンネル工法における防水工指針，1996年2月
- 3) 地盤工学会：地盤工学実務シリーズ24 山岳トンネル工法の調査・設計から施工まで，2007年7月

【筆者紹介】

横澤 圭一郎（よこざわ けいいちろう）
 ㈱日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所 研究第一部
 部長

鈴木 健之（すずき たけゆき）
 ㈱日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所 研究第一部
 主任研究員