

Ⅱ－２ 施工技術総合研究所研究発表

S 1. 蛇腹式防水シート工の開発

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 ○鈴木 健之
藤森工業 株式会社 高橋 俊昭
岐阜工業 株式会社 稲川 雪久

1. 防水工の現状および課題

1.1 防水工の現状

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を施工する必要がある。防水工とは、トンネル周辺の地下水を覆工背面に滞留させることなく排水し、過大な地下水圧や覆工背面からの漏水を生じさせないために、吹付けコンクリートと覆工コンクリートとの間に遮水層を形成し、横断排水管、中央排水管を介して、坑外に排水するものである(図-1、図-2 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が、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の理由から、シート系の方が多用されている。

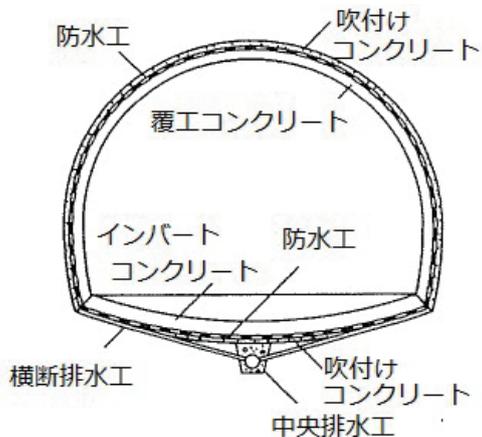


図-1 山岳トンネルにおける防水工

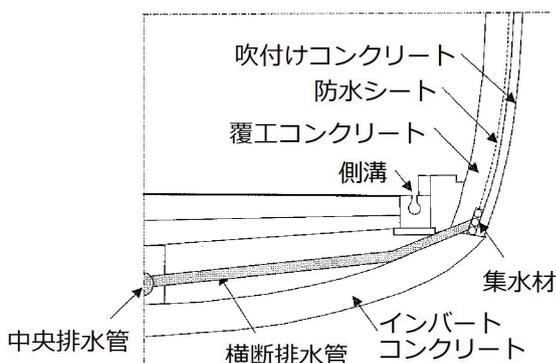


図-2 山岳トンネルにおける防水工(拡大図)

1.2 防水シートにおける課題

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が、施工上、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可能性がある。

- ・ 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、覆工打設時に背面空洞が発生し、防水シート破損の要因となる。
- ・ 吹付け面の下地処理やロックボルトの頭部等の突起物処理が不十分な場合、シートが破損する要因となる。
- ・ 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要因となる。

2. 防水シート開発の目的

本防水シート工の開発では、上記課題のうち、溶着不良によるトンネル坑内への漏水を防止することを目的として、藤森工業(株)、フジモリ産業(株)および岐阜工業(株)とともに現場での溶着作業を出来る限り省略可能な防水シートの施工方法の検討・開発を進めてきた。

本報告では、通常 2.0m 幅である防水シートの単位施工延長を工場にて防水シートを溶着することで、約 12m に延長した防水シートの開発やその施工方法の検討をについて報告するものである。

3. 蛇腹式防水シート工

3.1 一般的な防水シート工の施工

一般的な防水シートの施工手順を図-3 および下記に示す。

- ① 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。
- ② シート展張を行った後には、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う。
- ③ 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。
- ④ 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。

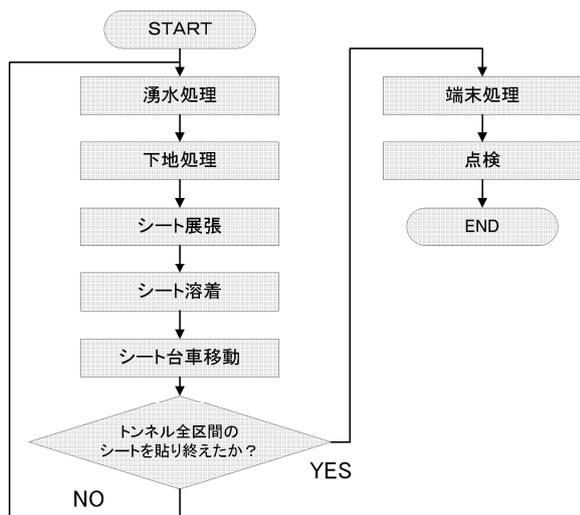


図-3 通常の防水シート施工の流れ

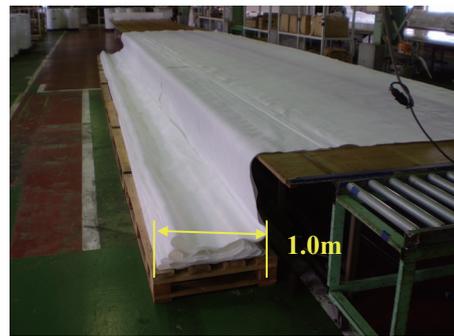


写真-1 蛇腹式防水シート

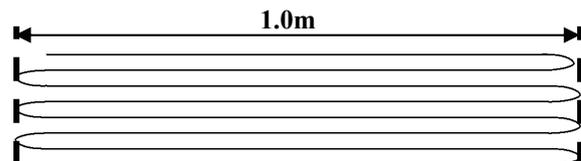


図-4 防水シート形状

3.2 蛇腹式防水シート工の開発

前述したように、一般的な防水シートの単位施工長は2.0mである。そのため、トンネル延長1.0kmの場合には、500回程度の現場溶着作業が必要となり、溶着不良が起こる可能性が高くなる。

蛇腹式防水シート工は、防水シート溶着部の品質を確保するために、工場にてあらかじめ幅2.0mの防水シートを溶着し、単位施工延長を12.0mに延長することで、現場での溶着作業を可能な限り低減する方法である。

この工法の利点としては、単位施工延長を延ばし、現場での溶着作業回数を低減することによる防水シートの品質確保が挙げられる。

一方、この工法の課題としては、通常のシートより重量とボリュームがあるため、下記の事項が挙げられる。

- ・ 防水シートの展張方法
- ・ 防水シートの現場への搬入方法
- ・ シート台車への防水シートの設置方法

4. 蛇腹式防水シート工の課題への対応

以下に前述の課題に対するそれぞれの検討成果を記す。

4.1 防水シートの展張方法

通常の防水シートの幅より6倍あるシートを施工するに当たっては、防水シートの展張（防水シートをどのように貼るか）を検討する必要があった。展張方法については、蛇腹式防水シート工という名前が示す通り、防水シートを写真-1および図-4に示すように、幅1.0m程度の蛇腹折りにした。

蛇腹折りにした防水シートをシート台車に設置した後、図-5に示すように、シート端部をすでに展張してある防水シートと溶着し（展張している防水シートがない場合には、トンネル壁面に固定）、シート台車を移動することにより蛇腹折りの部分が広がることで展張する方法とした。

しかし、この展張方法の問題点として、リフターと防水シートの摩擦力が小さい場合、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せずに、リフターから落ちてしまうことも考えられた。そのため、シート台車が移動する際、防水シートがリフター上にとどまっているかを試験により確認した。

この試験では、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し、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-6参照）。試験の準備状況および試験状況を写真-2に示す。

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とができた（写真-3参照）。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。



図-5 シート溶着部拡大イメージ図

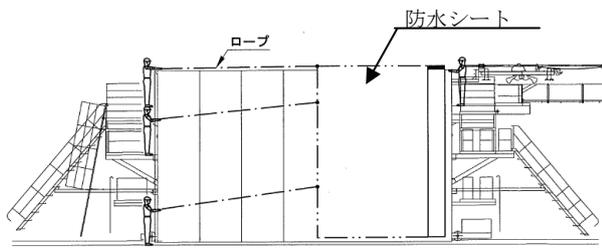


図-6 試験概要



写真-2 模擬試験状況



写真-3 模擬試験後の防水シート展張状況

4.2 防水シートの搬入方法

工場で溶着した防水シートは、現場への搬入がし易いように、幅1.0m程度の蛇腹折りにした後、ロール状に巻き、運搬がし易いようにロールの中央部に単管パイプ（写真-4 赤枠内）を通して、現場へ搬入することとした。



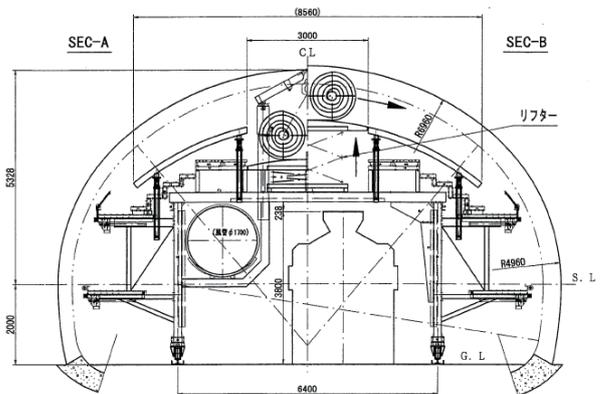
写真-4 防水シート搬入時の形状

4.3 シート台車への防水シートの設置方法

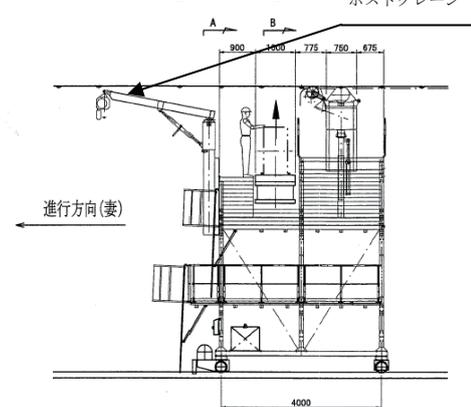
蛇腹式防水シート工の防水シートは、通常の防水シートを事前に溶着するため、施工単位当りのシートの重量が重く、人力でのシートの設置が困難である。そのため、通常のシート台車にシートを設置するための検討を行う必要があった。

当初、図-7 に示すシート台車のポストクレーンにて前掲写真-4 に示す状態の防水シートを台車上に吊り上げ、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広げることで、シート台車上に防水シートを設置する方法を検討していた。

しかし、この方法は、通常のシート台車にリフターを追加する等の専用のシート台車を製作しなければならないので、通常のシート台車よりかなり高価なものになるといった課題があった。



【正面図】



【側面図】

図-7 蛇腹式防水シート工のシート台車（当初）

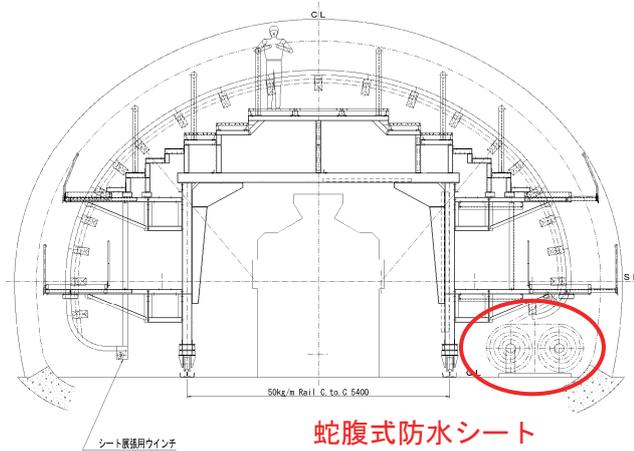
そこで、通常のシート台車に追加する設備を必要最低限とし、できる限り経済的に防水シートを展開できるようなシート台車および防水シートの展張方法を検討した。

蛇腹式防水シートは非常に重いため、シート台車上に移動するなどのシートの移動作業を行うためには、当初検討したシート台車のようにクレーンやリフターなどの設備が必要となる。そのため、

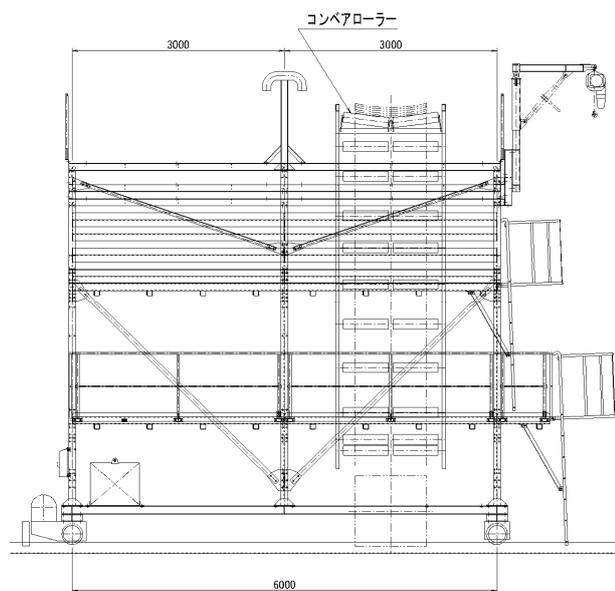
可能な限り防水シートを移動しなくて済むシート台車および展張方法を検討した。シート台車は、図-8 に示すように片側に防水シートを広げるためのウィンチとコンベアローラーおよび簡易なガイドを通常のシート台車の取り付けだけにして費用を極力抑えるようにした。

また、防水シートの設置方法と展張方法を以下に示す。

- ① 防水シートを地面に置き、台車を移動することで、シート台車の所定の位置に防水シートを設置する（図-9 参照）。
- ② 防水シートのロールをウィンチで引張り、作業台車に防水シートを円周方向に設置する（図-10 参照）。
- ③ 台車を走行させることにより円周方向に設置した防水シートを縦断方向に展張する（図-11 参照）。



【正面図】



【側面図】

図-8 蛇腹式防水シート工のシート台車

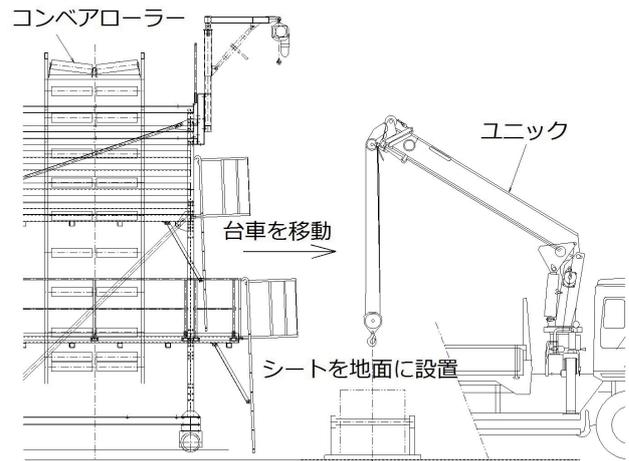


図-9 蛇腹式防水シートの展張手順（手順①）

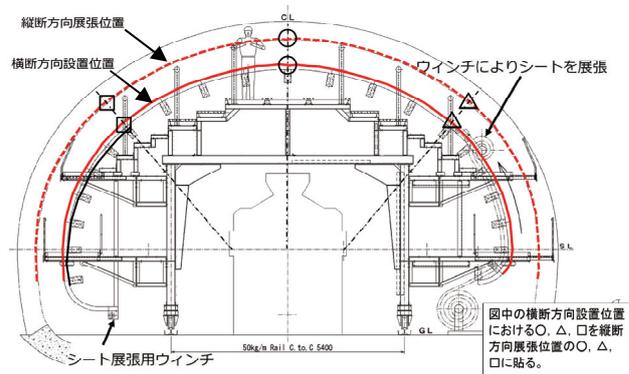


図-10 蛇腹式防水シートの展張手順（手順②）

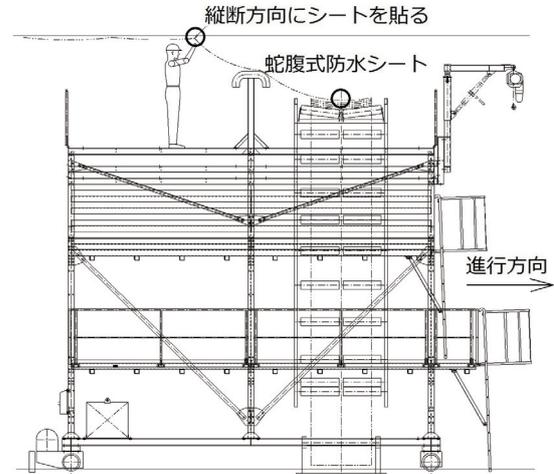


図-11 蛇腹式防水シートの展張手順（手順③）

5. 今後の課題

施工性と経済性を考慮して、蛇腹式防水シート工の検討を行ったが、前掲図-10 および図-11 に示すように、手順②では、縦断方向の展張位置よりも一回り小さい円弧状にシートを円周方向に展張するので、防水シートを貼る位置がずれるとシートにたるみが生じる可能性が高くなるという課題がある。この課題に対しては、今後、当研究所の模擬トンネルを用い、実物大試験を行うことにより施工性を確認する予定である。