

# 神戸市道高速道路2号線（南伸部）における防水工の試験施工

神戸建設局 建設企画部 設計課 仲野 貴俊

## 要 旨

開削トンネル工事の防水工は、これまで施工性が優れているということで後防水が主流となっていたが、先防水で使用する防水材の性能の向上が図られるとともに、後防水材とのコストの差も少なくなってきている。そこで実構造物で先防水を試験施工して、先防水工の機能を確認する。

また、マスコンクリート対策として低発熱ポルトランドセメントの使用と配力筋を増筋することにより、函体の水密性が高まっていることから、防水上弱点となる箇所のための防水を行う部分防水工の試験施工も併せて実施することとした。

本稿は、それらの試験施工の概要を報告するものである。

キーワード：先防水，コスト縮減，ベントナイト防水シート，部分防水工

## 1. はじめに

神戸市道高速道路2号線（南伸部）は、全長2.2kmのほとんどの区間が開削トンネルで計画されている。現在、2.2kmのうち1.2kmを施工中であり、早期完成を目指して鋭意事業を進めているところである。

開削トンネル部の防水工は、当公団の設計指針では施工性が優れている後防水工が標準となっているが用地の制約条件により、後防水に必要な施工幅を確保することが難しいことから、先防水での施工が今後益々増えてくるものと考えられる。

南伸部における開削トンネルでも、先防水の施工を余儀なくされている箇所がある。

そこで今回は特に、先防水工の止水性を確認すべく試験施工を行ったので、その事後調査結果を含めて報告するものである。

## 2. 先防水試験施工概要

### (1) 試験施工内容

防水工については、側壁部に先防水、襍壁部に後防水を行い、両防水の比較をできるようにしている。

先防水については、表-1のようにベントナイト、塗膜系、合成ゴムの3種類の防水材を使用した。

表-1 先防水の種別

区 間 名	①ブロック (区間A)	②③ブロック (区間B)	④ブロック (区間C)
防水種別	ベントナイト シート	塗 膜 系	合 成 ゴ ム シ ー ト
施工時期	H.12.8.10	H.12.10.6	H.12.9.29

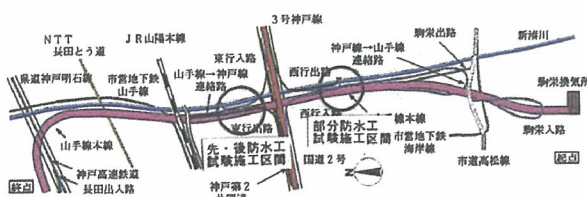


図-1 神戸山手線（南伸部）平面図

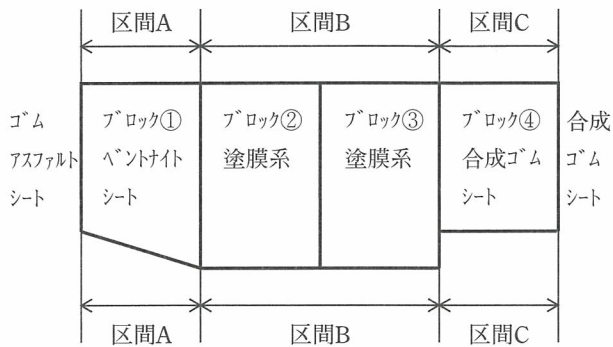


図-2 試験施工計画図



写真-3 合成ゴムシート施工状況

### 3. 先防水試験施工状況



写真-1 ベントナイトシート施工状況



写真-2 塗膜系施工状況

### 4. 先防水試験施工結果

#### (A) 防水工の比較

##### (1) ベントナイトシート

###### ①施工性

- ・連続作業が可能で、セパ部等の細工が容易にできる。

###### ②経済性

- ・塗膜防水より高価である。

##### (2) 塗膜系

###### ①施工性

- ・吹付作業を行うことから、周辺での他作業ができない。
- ・吹付後の養生等や作業量にかかわらずプライマー→吹付→仕上げの3工程が必要で最低3日間は必要となる。

###### ②経済性

- ・1m<sup>2</sup>当たりの施工費が一番安価である。

##### (3) 合成ゴム

###### ①施工性

- ・連続作業が可能だが、セパ部等の細工が容易にできないため止水性に疑問が残る。

###### ②経済性

- ・材料費及び施工費ともに一番高価である。

(B) 漏水状況

(1) 地下水の回復状況

開削トンネル施工中は、良好な施工環境を確保するため、ディープウェルにて地下水位を低下させていたが、現在（H. 14. 8. 23現在）の地下水位は、T.P±0で函体の頂版付近にあることから、施工前の自然水位まで回復している。

なお、自然水位は頂版上に位置しており、函体のほとんどが自然水位下に位置している。

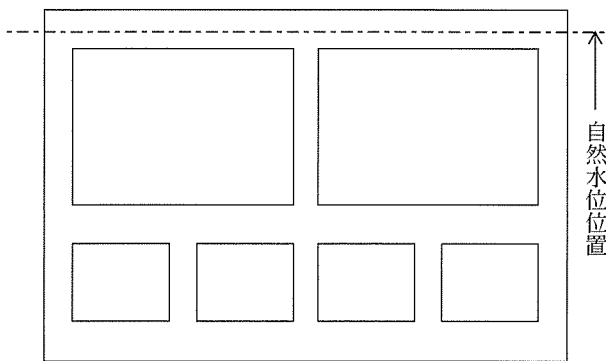


図-3 自然水位位置

(2) 漏水状況（H. 14. 8. 23現在）

先防水試験施工の漏水状況は、表-2のとおりである。

塗膜系の区間Bについては、セパ部で漏水跡が見られるが、現在は止まっている状況である。

その他の区間A、Cについては、構造目地、施工目地及びセパ部等の防水上弱点となりうる箇所からの漏水は見られなかった。

表-2 先防水の漏水状況（H.14.8.23現在）

区 間 名	①ブロック (区間A)	②③ブロック (区間B)	④ブロック (区間C)
防水種別	ベントナイト シート	塗 膜 系	合 成 ゴ ム シ ー ト
漏水状況	特になし	セバ部に 漏水あり	特になし

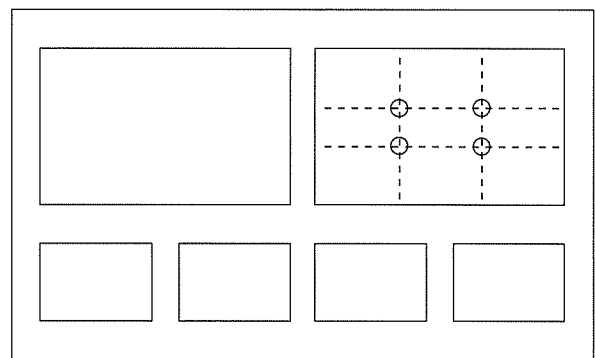
5. 後防水試験状況

(1) 試験方法

後防水工の漏水状況の試験は、棲壁で実施する。棲壁は、隣接する工区が施工される際、撤去するものであることから、導水パイプを施工時に設置し、防水シートの劣化や破損等により防水シートと函体間に地下水が回っていないか確認できるようにしている。

材料は、ゴムアスファルトシートを起点側に、合成ゴムシートを終点側にそれぞれ使用した。

試験施工状況を図-4に示す。



※○：導水パイプ設置箇所

図-4 後防水試験施工状況図

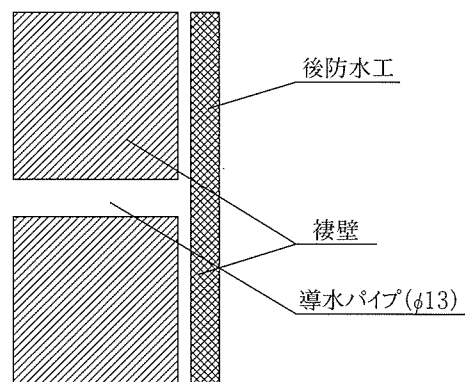


図-5 導水パイプ設置図



表-3 後防水の種別

区間名	起点側	終点側
防水種別	ゴムアスファルトシート	合成ゴムシート
施工時期	H.12.10.24	H.13.2.9

## 6. 後防水試験施工結果

### (1) 漏水状況

後防水の漏水状況は、表-4のとおりである。  
起点側及び終点側についても漏水は見られない。

表-4 後防水の漏水状況 (H.14.8.23現在)

区間名	起点側	終点側
防水種別	ゴムアスファルトシート	合成ゴムシート
漏水状況	漏水なし	漏水なし



写真-4 後防水漏水状況  
(起点側：ゴムアスファルトシート)



写真-5 後防水漏水状況  
(終点側：合成ゴムシート)

## 7. 部分防水工

### (1) 目的

開削トンネルの構造物に求められる性能は、大きく、『安全な車両走行の確保』と『構造物の耐久性』が考えられる。

安全性を確保するためには、頂版からの漏水が路面に落下し、スリップしやすくなる状況を最低限防止すること、また、構造物の耐久性については、ひび割れ等からの水の侵入による鉄筋の腐食の防止が考えられる。

構造物の耐久性を確保するためには、低発熱ポルトランドセメントを使用することにより水和反応に起因する温度ひび割れを防止することが試験施工結果によりわかってきた。

この結果により、鋼材の腐食に対する環境条件を適切に考慮して許容ひび割れ幅を設定し、ひび割れ幅を制御すれば防水工がなくても耐久性を確保できるものと考えられる。

よって、開削トンネルの防水工は、交通の安全性を確保する最低限のみで可能かどうか今回の試験施工で確認するものである。

### (2) 防水工の基本的な考え方

①頂版部は交通安全性を考慮し、全ブロックにおいて防水を実施する。

②構造及び施工目地は、防水上弱点となることから、防水対策を実施する。

なお、水平打継目も同様とする。

③本工区の端ブロックは全面防水工を実施し、部分防水工と従来の全面防水工を比較する。

### (3) 部分防水工の計画概要

#### ①頂版部

頂版部については、漏水による遊離石灰に起因するスリップ事故防止のため、従来通り、全ブロック函体打設後に、ゴムアスファルト系防水シートを施工する。

#### ②底版部

端ブロックは全面防水とするため、均しコンクリート上にゴムアスファルト系防水シートを施工する。

他のブロックについては、構造目地には、防水シートと膨張性止水ゴムを組み合わせた防水を施工し、施工目地については、膨張性止水ゴム等にて施工する。

③側壁部

端ブロックは全面防水とするため、土留壁にベントナイト系防水シートを施工する。なお、本工区は、先防水区間である。

他のブロックについては、構造目地には、防水シートと膨張性止水ゴムを組み合わせた防水を施工し、施工目地については、膨張性止水ゴム等にて施工する。

④水平打継目

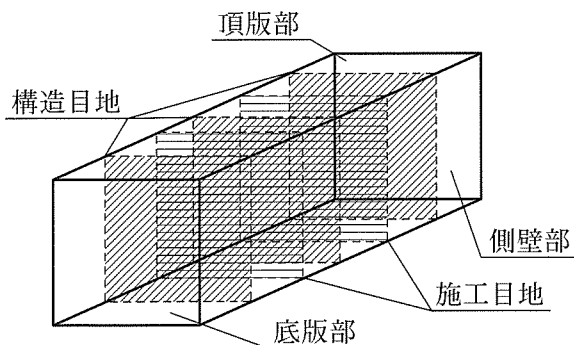
水平打継目については、端ブロックの全面防水区間を通常の止水板のみとし、部分防水区間を、止水板と膨張性止水ゴムを組み合わせたパターンと膨張性止水ゴムのみのパターンの防水を施工した。

⑤膨張性止水ゴムの使用材料

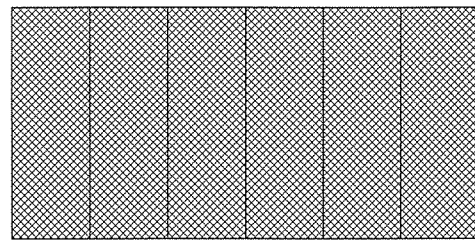
膨張性止水ゴムは、ゴム弾性を主とした定型シールと、ベントナイト系の定型シールを選定し、西側と東側とで使い分けを行い、止水性を比較できるようにしている。


8. 部分防水施工計画図

①構造図

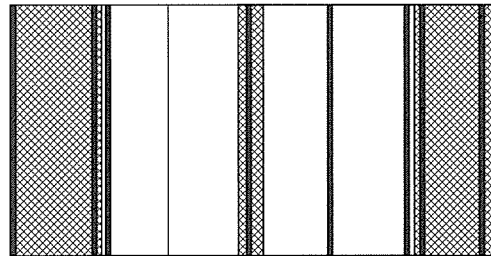




②頂版部



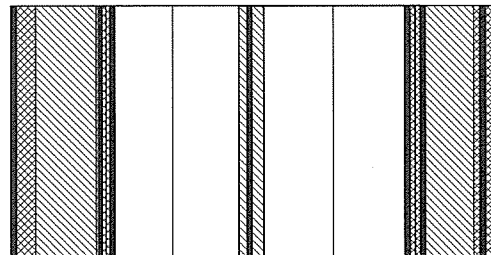
 : ゴムアスファルト系防水シート




③底版部



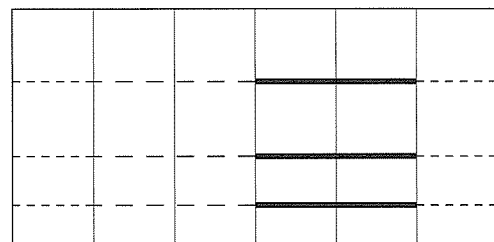
 : ゴムアスファルト系防水シート  
 : 膨張性止水ゴム

④側壁部



 : ゴムアスファルト系防水シート  
 : ベントナイト系防水シート  
 : 膨張性止水ゴム

⑤水平打継目



----- : 止水板のみ  
 - - - : 止水板+膨張性止水ゴム  
 ..... : 膨張性止水ゴムのみ



## 9. 部分防水工の施工状況

### ①頂版部



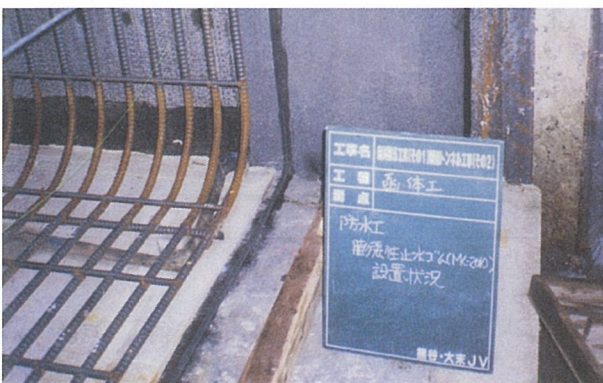
### ②底版部



### ③側壁部（全面防水区間）



### ④側壁部（膨張性止水ゴム施工状況）



## 10. 今後の方針について

### (1) 現在の施工状況

現在の施工状況は、函体の構築は完了し、埋戻しを実施中である。

平成15年3月末には埋戻し完了予定である。

### (2) 地下水位の状況

本工区内のリリーフウェルは、平成14年11月20日に閉塞している。

しかし、隣接工区は現在函体構築中であり、平成15年6月末に完成する予定であることから、それまでリリーフウェルを稼働している。

よって、図-5の位置までしか水位が回復していない状況である。

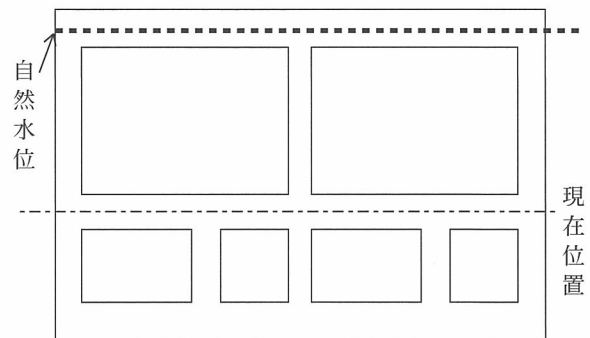


図-5 現在の水位位置（平成14年12月現在）

### (3) 函体のひび割れ状況

本工区は、低発熱ポルトランドセメントを使用するとともに配力筋を増筋することで温度ひび割れ対策を実施している。

ひび割れの状況は、側壁に2本程度、底版の中壁沿いに1本クラックが発生しているが、ひび割れ幅は許容幅である0.3mm以内であることから、防水上問題がないものと考えられる。

### (4) 試験施工調査時期

現在、本工区のリリーフウェルは閉塞していることから、隣接工区のリリーフウェルの影響があるものの中床版までは水位は回復している。

よって、中床版以下ではあるが調査は可能であることから、平成14年12月に調査を実施している。

しかし、工区全体の調査時期は、隣接工区が竣



工する平成15年9月以降となる。

#### (5) 試験施工調査内容

調査内容は、以下のように考えている。

- ①目視による漏水状況確認（ブロック別、目地別、セパ部等）
- ②万一、漏水した場合は、可能な限り漏水量を定量的に調査する。

#### (6) 漏水調査結果

部分防水工の漏水調査は、平成14年12月13日に実施している。

調査の結果、底版部における構造目地及び施工目地等の防水上弱点となる箇所から漏水していることが判明した。

また、底版部のクラックからも染みだし程度であるが漏水していることが確認された。



写真-5 漏水状況（構造目地部）



写真-6 漏水状況（施工目地部）



写真-7 漏水状況（底版クラック部）

## 11. 考察

### (1) 先防水試験施工について

- ①先防水工については、いずれの材料についても目立った漏水は見られなかった。
- ②材料については、塗膜防水が安価ではあるが、隣接して別工事ができないことや、養生期間が必要なことがあり現場条件次第では問題があるように思われる。

合成ゴムは、材料が高価であり不陸整正の費用が別途必要であることから、工費面で問題があると思われる。

ベントナイト系防水シートは、施工性及び経済性でもあまり問題がない。

よって、今回の先防水試験施工ではベントナイト系防水シートが一番先防水工に適していることがわかった。

### (2) 後防水工について

- ①後防水工試験施工は、導水パイプからの漏水はみられなかった。
- ②調査時点では、ゴムアスファルトシート及び合成ゴム双方とも破損及び劣化等が認められなかったと考えられる。

### (3) 部分防水工について

- ①温度ひび割れとしては、許容値内で収まっていることから、構造物の耐久性としては問題がないと考えられる。
- ②試験施工の結果は、自然水位が回復する隣接工

区の竣工時期まで確認できないが、中床版までは水位が回復していることから調査を行った。

その結果、底版部の防水上弱点となる目地部等から漏水が認められた。

③底版部の構造目地には部分的なゴムアスファルトシートと膨張性止水ゴムを組み合わせて防水しているが、調査の結果、かなり漏水していることが認められたことから、防水効果が得られなかったと考えられる。

④底版部の施工目地部は、膨張性止水ゴムにて防水しているが、染みだし程度の漏水が確認されたことから、防水効果はあまり得られなかったと考えられる。

⑤今回、本工区で試験施工した部分防水については、あまり効果が得られなかったことから、開削トンネルの防水については、全面防水が標準であると考えられる。

また、全面防水にすることにより、先防水工の試験結果から開削トンネルの水密性が確保できたと考える場合、構造物の鋼材等の耐久性を防水工にて確保できると考えるならば、低発熱性ポルトランドセメントと配力筋の増筋による温度ひび割れ対策が必要かどうか、再度議論する必要があると思われる。

⑥今後は、漏水している目地部やクラック部の補修方法について検討を進めていくものである。

## EXPERIMENTAL WATERPROOFING WORK IN NO.2 KOBE CITY EXPRESS WAY (NANSHIN AREA)

Takatoshi Nakano

The post-waterproofing has so far been mainly adopted for the waterproofing in cut tunnel construction because of its excellent workability. However, with the improvements made in the performance of waterproofing materials for pre-waterproofing, the difference in material cost has become less between pre-waterproofing and post-waterproofing. Hence, the pre-waterproofing was carried out experimentally for an actual structure to confirm the function of pre-waterproofing.

Further, since the water-tightness of the case has been enhanced by means of the increase in distributing bars in addition to the adoption of Portland cement as a countermeasure against mass concrete, an experimental partial water proofing was carried out only at places considered vulnerable from the standpoint of waterproofing.

This paper describes the outline of the aforesaid experimental waterproofing.

Keywords: Pre-waterproofing, cost reduction, bentonite