

# 現場拝見 レポート

## ウォータータイト・トンネルの 施工

西松・五洋特定建設工事共同企業体  
愛川トンネル出張所 所長

**大野 幸次**

### 1 はじめに

さがみ縦貫道路は、都心から半径約40～60kmの位置に環状道路として計画されている首都圏中央連絡自動車道（圏央道）の神奈川県区間の一部として位置づけられている（図表1）。

今回、ここで取り上げる愛川トンネルは、さがみ縦貫道路の神奈川県愛甲郡愛川町に計画されている延長約2,700mの上下線・各2車線の道路トンネルで（次頁写真1）、2004（平成16）年に南側坑口からトンネル施工を開始し、現在のところ受注区間の工事も終盤にさしかかっている。

ところで、この愛川トンネル周辺では、昔から豊富な地下水が生活用水として利用されている。これに対処するため、当トンネルでは、トンネル掘削後の周辺地下水位の回復を図る目的で、一部区間においてウォータータイト型構造のトンネルを施工している。通常の排水型構造のトンネルに比べて、施工事例の少ないウォータータイト・トンネルの施工に

ついて紹介する。

### 2 工事概要

工事名：さがみ縦貫愛川トンネル（その1）工事  
さがみ縦貫愛川トンネル（その1-2）工事

発注者：国土交通省関東地方整備局

工事場所：神奈川県愛甲郡愛川町中津地先

工期：〈その1工事〉2004（平成16）年3月12日～2007（平成19）年2月28日  
〈その1-2工事〉2007（平成19）年1月16日～2008（平成20）年12月26日

工事内容：1）トンネル延長

- 上り線1,735m（その1工事：856m、その1-2工事：879m）
- 下り線1,864m（その1工事：920m、その1-2工事：944m）

2）掘削断面積

- ウォータータイト型断面：99.0～115.7m<sup>2</sup>
- 排水型断面：89.4～93.5m<sup>2</sup>

3）掘削工法

上部半断面先進ショートベンチ

図表1 施工位置図



出所 国土交通省 関東地方整備局

写真1 施工位置の航空写真



出所 国土交通省 関東地方整備局

- カット工法
- 4) 掘削方式
  - NATMによる機械掘削方式
- 5) ズリ搬出方式
  - 連続ベルトコンベア方式

### 3 ウォータータイト・トンネルの施工

#### 【1】地形・地質の概要

当トンネルは、相模川右岸の幅200～300 mの低地に接する比高50～55 mの急勾配の段丘崖沿いに計画されている(写真1・2)。

ウォータータイト・トンネル区間のトンネル切羽に出現する地質は、泥岩(Nm)と玉石砂礫(Dg2)である(次頁図表2)。

泥岩層は新第三紀の中津層泥岩で、一軸圧縮強さ2～10N/mm<sup>2</sup>程度の不透水層である。また、玉石砂礫層はφ～30mm程度の円～亜角礫を主体とし、ところどころにφ50～500mm程度の巨礫も混入している透水層である。

泥岩と玉石砂礫の地層境界部がトンネル切羽に現れた区間は、湧水が多く、周辺地下水へ影響を与えた(写真3)。

写真2 トンネル坑口の全景

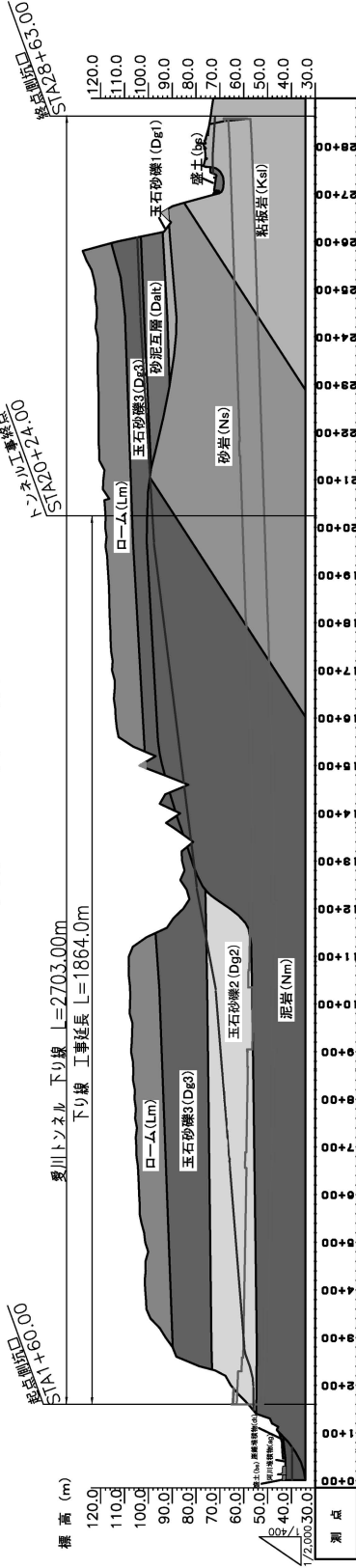


写真3 泥岩と玉石砂礫の地層境界部が出現したトンネル切羽

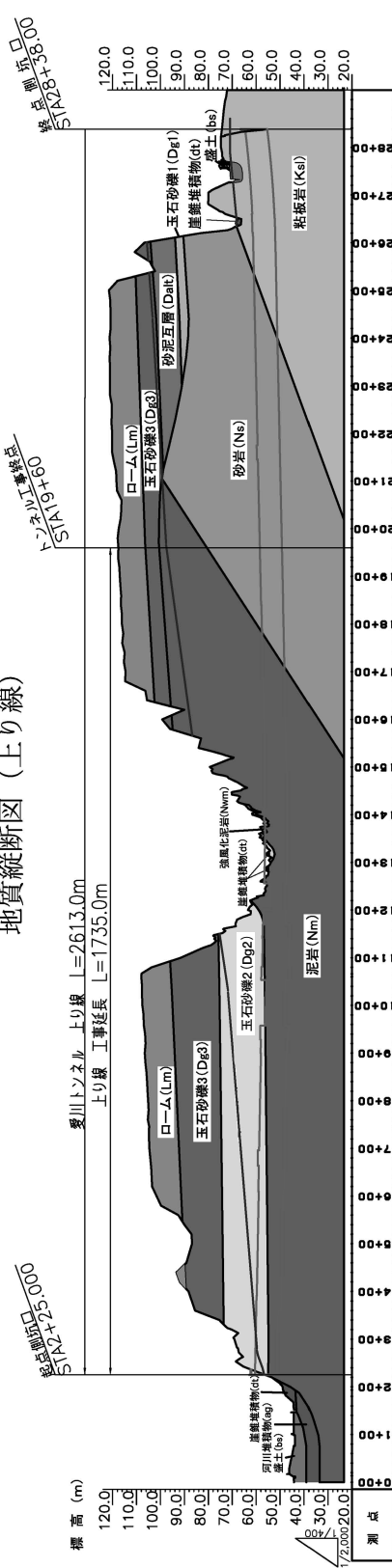


図表2 トンネル上下線の地質縦断面図

地質縦断面図（下り線）



地質縦断面図（上り線）



凡例

地層時代	地層名	記号
第四紀	礫土	bs
第四紀	扇状地堆積物	ag
第四紀	扇状地堆積物	dt
第四紀	ローム	Lm
第四紀	玉石砂礫4	Dg4
第四紀	玉石砂礫3	Dg3
第四紀	玉石砂礫2	Dg2
第四紀	砂泥互層	Dalt
第四紀	玉石砂礫1	Dg1
第三紀	泥岩	Nm
第三紀	粘板岩	Ksl
第三紀	粘板岩	Ns
第三紀	粘板岩	Ksl

資料 「さがみ縦貫愛川トンネル (その1) 工事」 および 「さがみ縦貫愛川トンネル (その1-2) 工事」の

「設計図書」記載の「地質縦断面図」より作成

## 【2】ウォータータイト・トンネル施工の背景

トンネルルート周辺の地域では、現在でも湧水や井戸水が生活雑用水として利用されている。

原設計段階における浸透流解析では、トンネル掘削の影響で地下水位の低下が起こり、湧水源や井戸へ影響を与えるという結果であった。ただ、トンネル掘削の起点である南側坑口部は当初より地下水位も低く、トンネル掘削の影響はないと考えていた。

そこで、トンネル工事着手以前から実施していた水文調査（湧水や井戸の湧水量・水位・水質等の経年変化の調査）とトンネル掘削時の坑内湧水量等の測定をあわせて行い、トンネル掘削が及ぼす地下水位低下の影響に関する監視を続けた。この監視データにもとづいた浸透流解析等により、これ以上トンネル掘削を進めると、湧水や井戸水に悪影響を及ぼすと判断した段階で、トンネル仕様を排水型構造からウォータータイト型構造に変更した。

## 【3】ウォータータイト・トンネルの設計

本工事におけるウォータータイト・トンネルの設計方針は以下のとおりである。

- ① ウォータータイト・トンネルの構造体は、覆工とインバートとする。すなわち、恒久的な土圧・水圧およびそのほかの荷重は、これらの部材で長期的に支持する。
- ② トンネル掘削時の一次支保構造は、排水型構造とする。地下水圧が一次支保部材に作用することはないものとし、原設計での標準支保パターンを適用する。
- ③ 設計地下水位は、水文調査と浸透流解析の結果をもとに、過去の最高計測水位を常時レベルとする。
- ④ ウォータータイト型構造とする場合、インバートの曲率を原設計よりも小さく（インバート掘削深さを深く）する必要がある、トンネル断面形状を変更する。

①～④の設計方針にもとづいたウォータータイト・トンネルは、覆工・インバートが水圧に抵抗す

る構造となるため、排水型構造のものより構造的に強くなる。部材厚やコンクリート強度の増加、補強鉄筋構造となることなどが挙げられる。

また、排水型トンネルにはない、インバート部の吹付コンクリートや防水シート等の施工も必要となる。本工事における排水型とウォータータイト型トンネルの特徴を次頁図表3・4に示す。

## 【4】インバート施工の問題点と対策

前述のように、本工事におけるトンネル一次支保工は排水型構造となっている。

浸透流解析にもとづく地下水位低下を考慮して、切羽から覆工までの離隔距離を500 m以内に設定した。離隔距離を500 m以内に抑えるということは、切羽掘削・インバート・覆工の各作業は同じ進捗が望ましいということになる。ここに、ウォータータイト・トンネルのインバート施工は、コンクリート吹付けや防水シート等の作業工種の追加だけではなく、掘削土量・補強鉄筋量・埋戻し土量の増加により、施工量がかなり増大している（27頁図表5）。

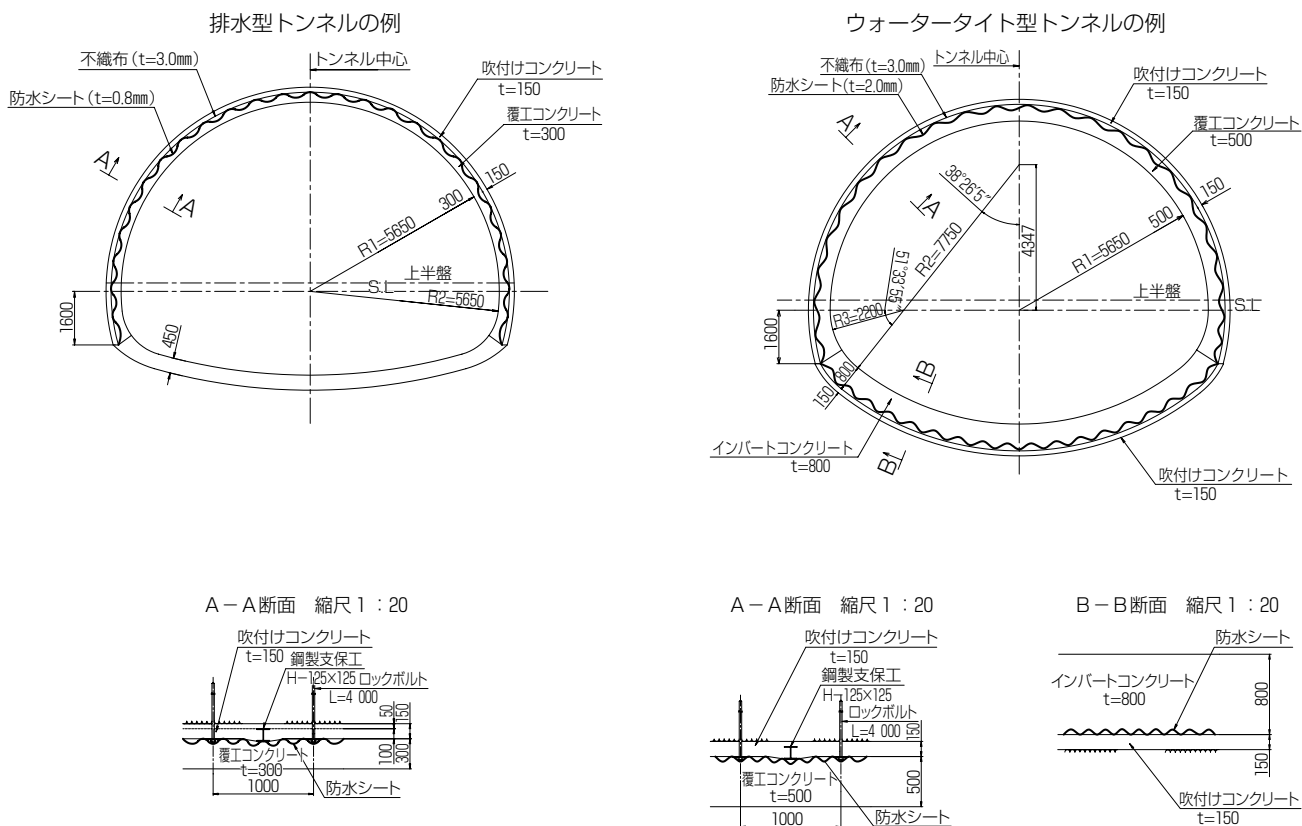
上述の離隔距離500 m以内を確保するためには、特にインバート工の工程管理が重要となる。インバート施工における対策を次に示す。また、インバート工の施工フローを27頁図表6に示す。

- ① インバート掘削深さが深くなるので、片側掘削によるインバート施工では、重機・車輛の通過に必要な幅員を確保できない。2スパン（10.5m×2）分の施工が可能なインバート栈橋を採用する。
- ② インバート栈橋設置前に、先行掘削（約90m<sup>3</sup>/10.5m）を行う。あらかじめ、切羽側の施工盤を深さ80cm程度掘削することで、インバート栈橋設置後の掘削量を減らし、掘削時間の短縮を図る。
- ③ 防水シート敷設作業においては、インバート栈橋に収納可能な角鋼管を取り付け、容易に敷設用足場の組立・解体を行える構造とすることで、防水シート敷設時間の短縮を図る。
- ④ 防水シートを損傷しないように、鉄筋アン

図表3 排水型とウォータータイト型の主な特徴①

項目		排水型トンネル 〔D I パターンの例〕	ウォータータイト型トンネル 〔D I パターンの例〕
一次 支保工	吹付コンクリート厚	15cm	15cm
	ロックボルト	L=4.0m (周1.2m×延長1.0m)	L=4.0m (周1.2m×延長1.0m)
	鋼製支保工	H-125×125 @1.0m	H-125×125 @1.0m
	金網	φ5×150×150 (上半のみ)	φ5×150×150 (上半のみ)
覆工	防水シート	シート t=0.8mm 不織布 t=3.0mm	シート t=2.0mm 不織布 t=3.0mm
	補強鉄筋	無筋	単鉄筋～複鉄筋
	覆工厚	30cm	30～70cm
イン パート工	吹付コンクリート厚	なし	15cm
	防水シート	なし	シート t=2.0mm 不織布 t=3.0mm
	補強鉄筋	無筋	複鉄筋
	インパート厚	45cm	60～100cm
コンクリート設計基準強度		18N/mm <sup>2</sup>	24N/mm <sup>2</sup>

図表4 排水型とウォータータイト型の主な特徴②

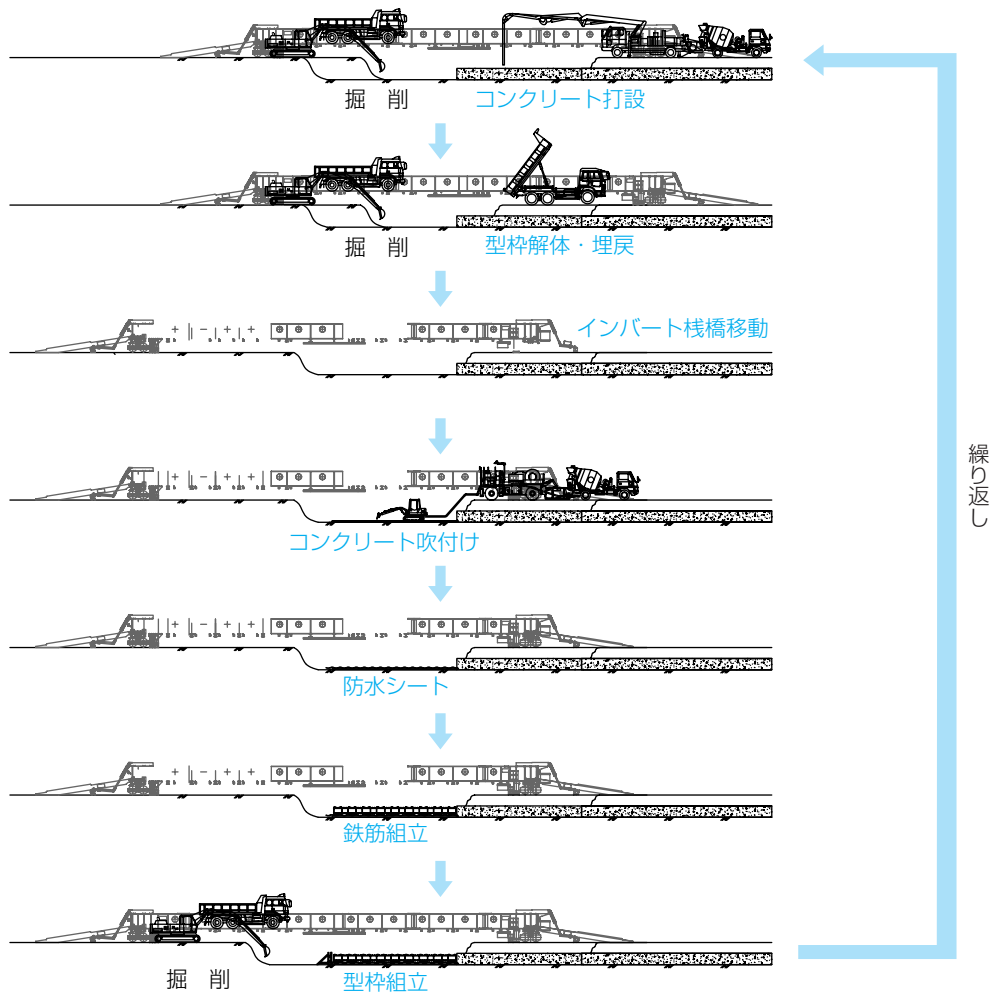


出所 「さがみ縦貫愛川トンネル（その1）工事」 および 「さがみ縦貫愛川トンネル（その1-2）工事」の「設計図書」記載の「防水工詳細図」

図表5 排水型とウォータータイト型の作業工種等における施工量の関係

項目	単位	排水型トンネル 〔DⅢa-Aパターンの例〕	ウォータータイト型トンネル 〔DⅠ-UW②パターンの例〕
掘削土量（地山）	m <sup>3</sup> /m	12.3	24.0
吹付けコンクリート	厚さ	—	15
	面積	—	13.4
防水シート面積	m <sup>2</sup> /m	—	13.4
鉄筋量	kg/m	219〔単鉄筋〕	1,070〔複鉄筋〕
コンクリート量	m <sup>3</sup> /m	6.1	10.1
埋戻し量	m <sup>3</sup> /m	6.5	12.3

図表6 インバート工の施工フロー



カー付スペーサーブロックを使って、段取り筋を井桁状に組立て、鉄筋組立時間の短縮を図る。

## 【5】アーチ鉄筋組立の問題点と対策

排水型トンネルにおいて通常行われているアーチ鉄筋の組立方法は、防水シートに吊鉄筋金具を貫通させ、金具周りを後防水するという方式である（写真4）。作業手順は、以下のとおりである。

- ① 鋼製支保工にボルトを溶接する
- ② 防水シート張付け後、シートに孔を開けてボルトを貫通させる
- ③ 止水ゴム材と座金をセットし、高ナットを締込む
- ④ 高ナットに吊鉄筋をねじ込み、固定する

ウォータータイト・トンネルは全周に水圧を受けるため、上述の止水ゴムを使用した吊鉄筋方式では、金具周りの完全防水に不安が残る。そこで、吊鉄筋金具を使用しないアーチ鉄筋の組立方法として、鋼製支保工を使用する方法および主筋を補強し自立させる方法について、比較検討を行った（図表7）。

後者のアーチ鉄筋組立方法を採用することで、万が一の漏水の懸念を排除し、ウォータータイト・ト

写真4 排水型トンネルのアーチ鉄筋



ンネルにおける完全防水を期した。

\* \* \*

工事周辺の方々にとって、昔から利用してきた湧水や井戸水は、毎日の生活と切り離すことのできない、まさに愛着のある、かけがえのないものとうかがっている。工事を本格的に開始してから約4年になろうとしている現在、ウォータータイト・トンネル区間の施工もほぼ終了し、地下水位の回復を待つばかりとなっている。早期の地下水位の回復を切望しているところです。

最後になりましたが、当工事に対し、ご指導、ご支援をいただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

図表7 アーチ鉄筋組立における工法の比較検討表

項目	鋼製支保工を使用する方法	主筋を補強し自立させる方法
概要図		
施工方法	鋼製支保工を2mピッチで建込み、これに段取り筋を固定する。	複鉄筋の場合、内外側の主筋（各2本）に、補強筋を添えて自立させる。これを2mピッチで組立て、段取り筋を固定する。
施工性	比較的、容易である（支保工は3分割とする）	鉄筋を固定するまでに、手間がかかる
安全性	重量物（150kg/本）である	軽量であるため、安全性に優れる
経済性	比較的、高価（100）	比較的、安価（25）
総合評価	△	○