

新名神高速道路大阪府域 地下水流動対策検討委員会

【資料 4】 非排水構造区間の終点位置の決定方法について（箕面トンネル東）

＜目 次＞	
	頁
・ 非排水構造区間の終点位置の決定方法について（箕面トンネル東）	4 - 1

平成28年4月12日

西日本高速道路株式会社 関西支社 新名神大阪西事務所

(1) 非排水構造 終点位置の仮設定時の延伸について

◆前回の地下水委員会での報告内容

- ①超長尺先進ボーリングで得られた水理地質情報より、勝尾寺川周辺に密集する『高透水の断層破碎帯の位置』を把握することができた。
- ②高透水の断層破碎帯を網羅するため、最も西側に位置するF t 2断層破碎帯を越えた位置を非排水構造の終点位置とした。
⇒上り線は16.0m延伸、下り線は16.0m延伸させることを決定し、『仮設定位置』とした。

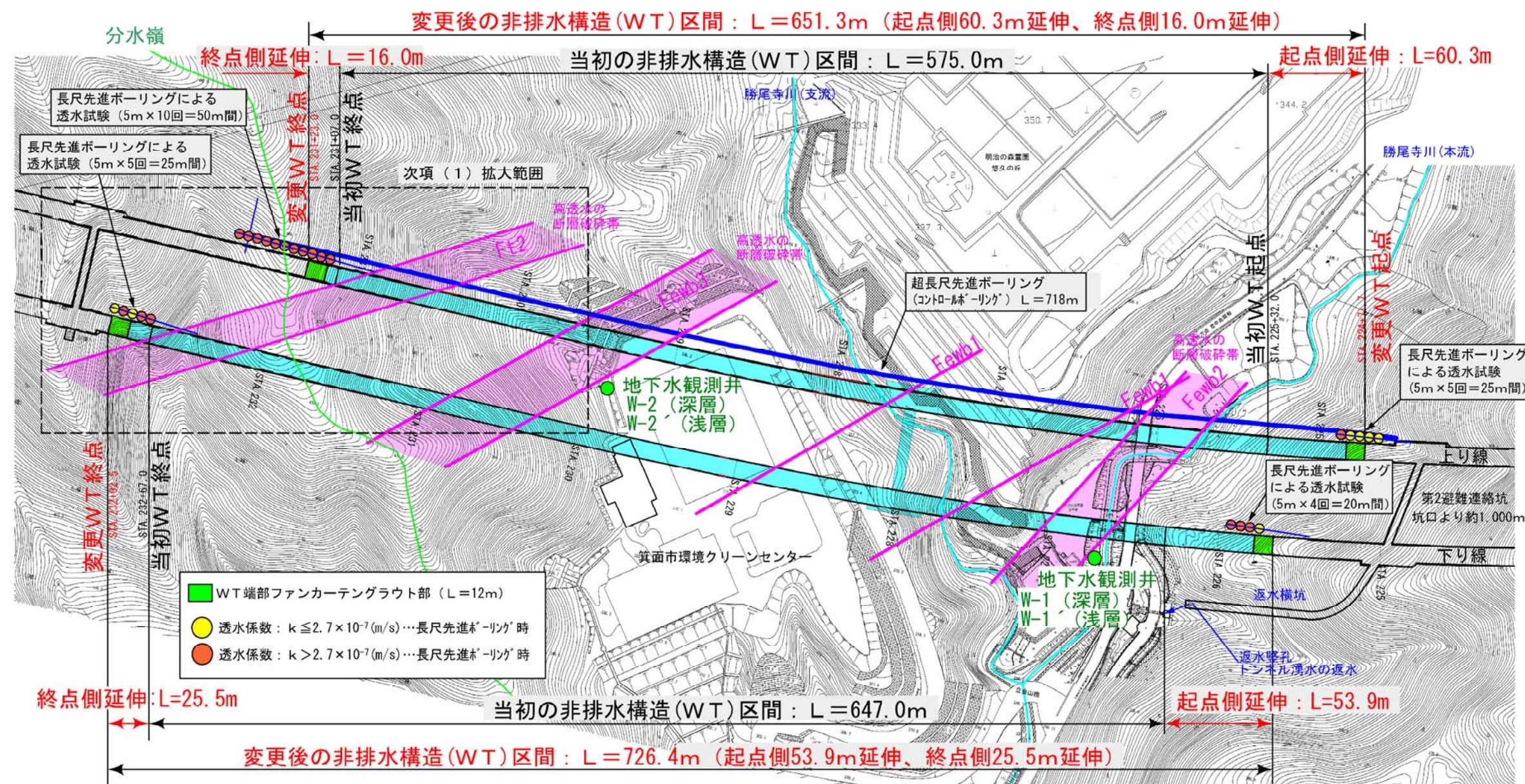
(2) 非排水構造の終点位置の決定について

◆仮設定位置周辺において、切羽手前での100m級の長尺先進ボーリングで得られた透水係数と、トンネル掘削時の切羽観察・湧水量・亀裂などの地山状況を詳細に確認した。

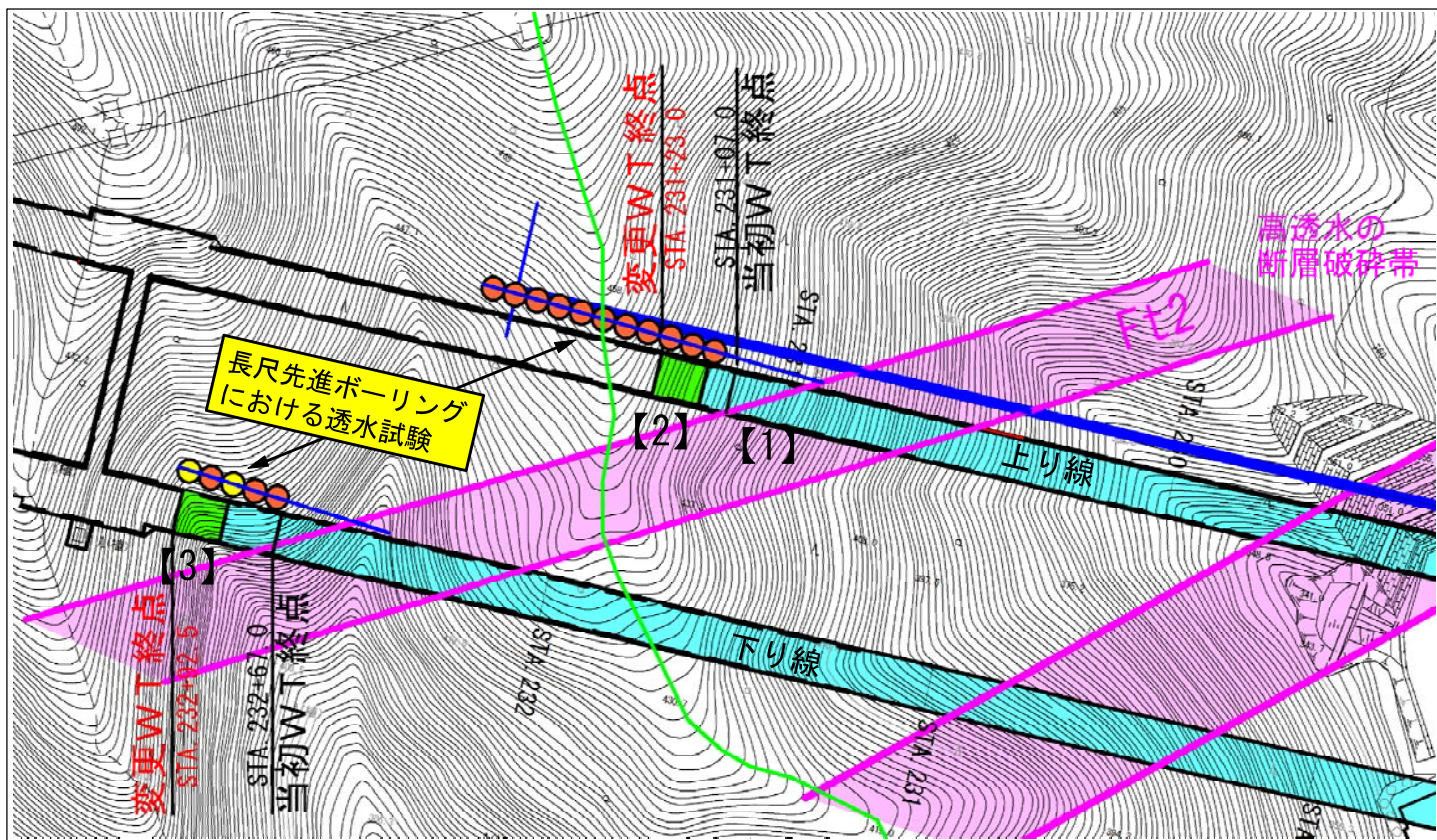
- ①仮設定した終点位置の前後で透水試験を実施した結果、上り線側では透水係数は平均 $2.73 \times 10^{-6} (m/s)$ であり、設定条件の $2.7 \times 10^{-7} (m/s)$ より透水性が高い値となった。一方、下り線側では $2.7 \times 10^{-7} (m/s)$ 以下の透水係数が確認された。
- ②仮設定した終点位置より手前では、高透水のF t 2断層破碎帯が確認され、トンネル掘削時に多量湧水が見られた。
- ③仮設定した終点位置付近では超丹波帯の砂岩層を確認。湧水はまったく見られず、亀裂の少ない地山を20m程度確認することができた。
⇒上り線については、地山状態から仮設定位置を決定位置とした。また、下り線については得られた透水係数より、仮設定位置よりさらに9.5m延伸した位置を決定位置とした。(詳細は4-2頁参照)
⇒上り線16.0m延伸、下り線25.5m延伸(仮設定位置+9.5m)した位置を『最終決定位置』とした(詳細は下図参照)。
⇒起点同様に、終点側でも緩み領域を対象としてファンカーテングラウトを実施することにより、 $2.7 \times 10^{-7} (m/s)$ まで透水性を改善する。

(3) 勝尾寺川への影響について

◆公表用の水文モニタリング結果より、非排水構造区間のトンネル掘削が完了した段階で、勝尾寺川の河川流量に影響が無いことを確認した。



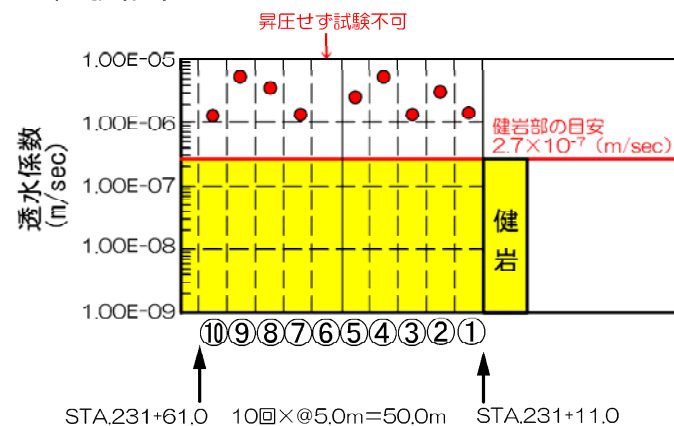
(1) 非排水構造終点部 平面図



(2) 上り線 非排水構造終点の透水試験結果

◆超長尺先進ボーリングで仮設定した非排水構造区間終点位置において、100m級の長尺先進ボーリングにより透水試験を行った結果、上り線では平均 2.73×10^{-6} (m/s) の透水係数が得られた。

◆透水試験結果



No.	透水係数	
①	$k=1.49 \times 10^{-6}$	(m/s)
②	$k=3.02 \times 10^{-6}$	(m/s)
③	$k=1.36 \times 10^{-6}$	(m/s)
④	$k=5.39 \times 10^{-6}$	(m/s)
⑤	$k=2.68 \times 10^{-6}$	(m/s)
⑥	昇圧せず試験不可	
⑦	$k=1.46 \times 10^{-6}$	(m/s)
⑧	$k=3.26 \times 10^{-6}$	(m/s)
⑨	$k=4.60 \times 10^{-6}$	(m/s)
⑩	$k=1.37 \times 10^{-6}$	(m/s)

平均値 : $k=2.73 \times 10^{-6}$ (m/s)

削孔スライムより、試験区間はすべて『砂岩』であり、湧水はまったく見られていない。



水平ボーリング状況



削孔スライム状況：砂岩（ファンカーテン部）

(3) 上り線 非排水構造終点前後の地山状況

◆上り線での非排水構造終点位置前後の地山状況は以下の通りである。

1) 仮設定した非排水構造終点位置の東側(坑口側)では、高透水のFt2断層破碎帯があり、トンネル掘削時に多量湧水が見られ、追加水抜きボーリングなどの切羽安定対策を実施した。

《(1)項 平面図中の【1】地点》



切羽における多量出水状況(約2t/分)



追加水抜き削孔における多量出水



ロックボルト施工時の多量出水

2) 仮設定した非排水構造終点の位置は、断層破碎帯を越えた砂岩層であり、湧水はまったく見られず亀裂も少ない状態であった。

《(1)項 平面図中【2】地点》



ファンカーテン起点側の切羽状況



ファンカーテン終点側の切羽状況

(4) 下り線 非排水構造終点の地山状況

◆超長尺先進ボーリングで仮設定した非排水構造区間終点位置において、100m級の長尺先進ボーリングにより透水試験を行った結果、下り線では 2.7×10^{-7} (m/s) 以下の場所が確認されたため、仮設定位置より9.5m延伸(累計25.5m延伸)を行った。

◆透水試験結果



No.	透水係数	
①	昇圧せず試験不可 (m/s)	
②	$k=9.02 \times 10^{-7}$	(m/s)
③	$k=1.02 \times 10^{-7}$	(m/s)
④	$k=9.85 \times 10^{-7}$	(m/s)
⑤	$k=1.84 \times 10^{-7}$	(m/s)

平均値 : $k=5.4 \times 10^{-7}$ (m/s)

◆最終決定した非排水構造の終点位置の地山状況は、硬質砂岩層であり、湧水はまったく見られず、亀裂も極めて少ない状態であった。

《(1)項 平面図中【3】地点》



ファンカーテン起点側の切羽状況



ファンカーテン終点側の切羽状況

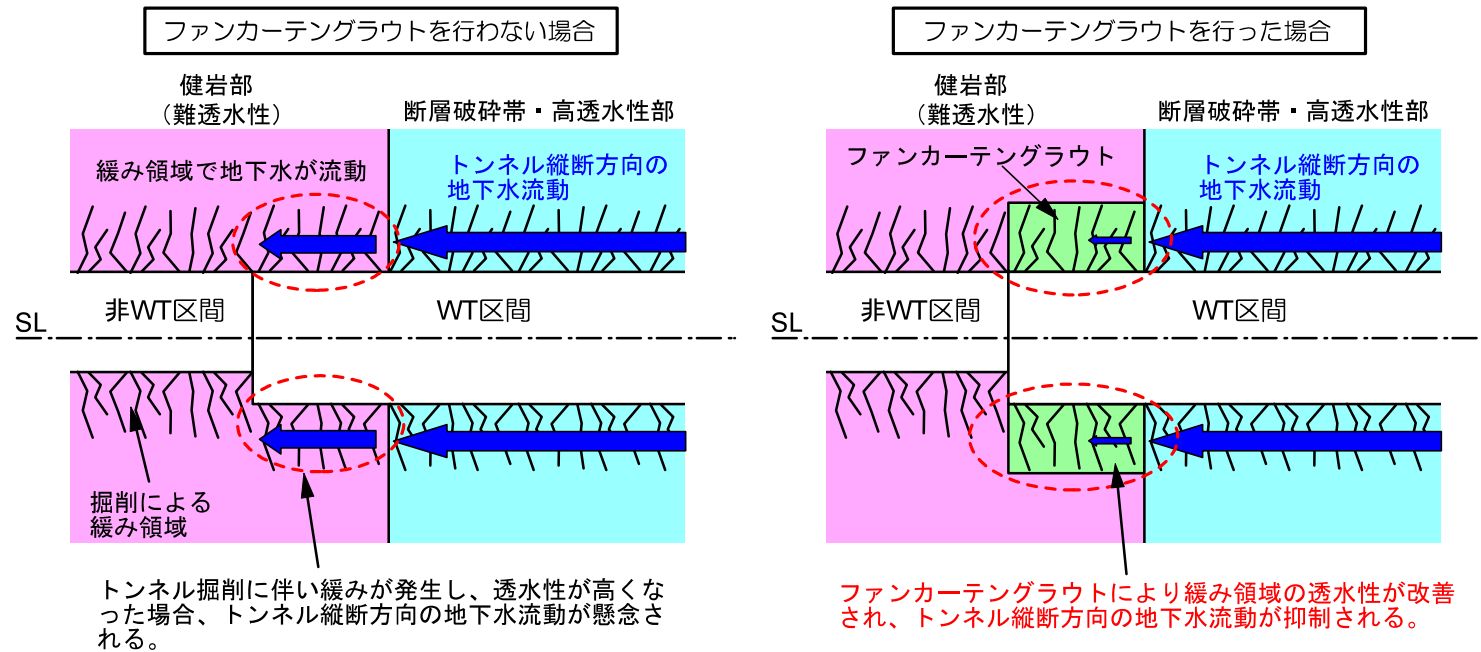
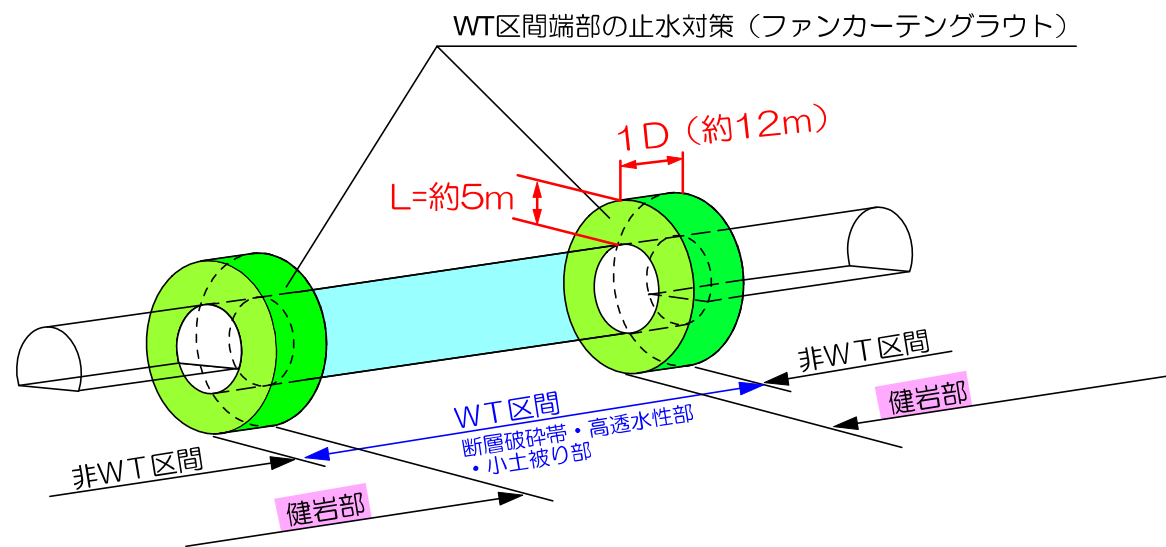
【箕面トンネル東工事】 非排水構造(WT) 区間端部の処理方法(ファンカーテングラウト)

■非排水構造(WT) 区間端部処理の基本方針の確認

WT区間の両端部では、掘削による地山緩みゾーンができた場合、WT区間の地下水がトンネル縦断方向に流動することが懸念される。よって、端部では透水試験を実施し、緩みゾーンがあればトンネル内から放射状にグラウトを行い、難透水性ゾーンを形成する。

■具体的な方法

- ①超長尺先進ボーリング・100m級長尺先進ボーリングにより、WT区間端部を難透水性の地山に1D(約12m)配置する。
※難透水性地山の目安としては、透水係数 $k=2.7 \times 10^{-7}$ (m/sec)以下とする。
- ②トンネル掘削後、WT端部で透水試験を実施。掘削による緩みが発生し透水性が高くなっている箇所があれば、ファンカーテングラウトにより、その周辺の透水性を改善する。
⇒透水試験の結果、緩みが生じていないと判断された箇所はグラウトを行わない。
※ファンカーテングラウトの目標改良値は、透水係数 $K=2.7 \times 10^{-7}$ (m/sec)以下とする。

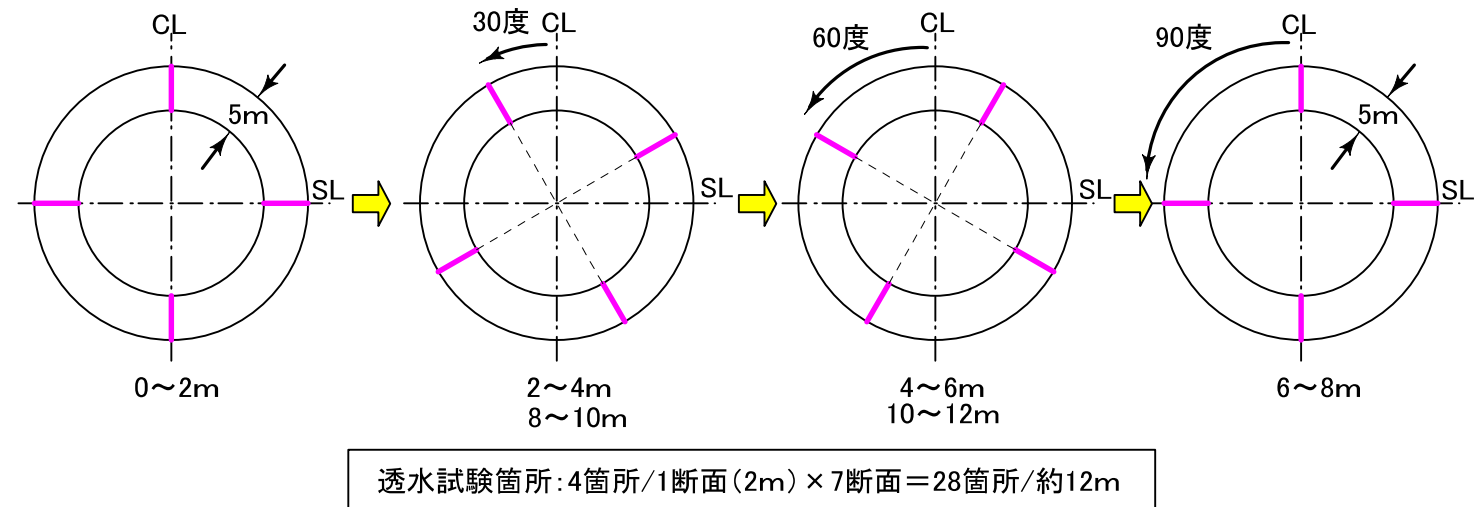


■注入材の選定

注入材は、恒久性で岩盤内の微細な亀裂に浸透可能な『超微粒子セメント』とする。超微粒子セメントは、WTトンネルでの止水注入としての施工実績も十分にある。

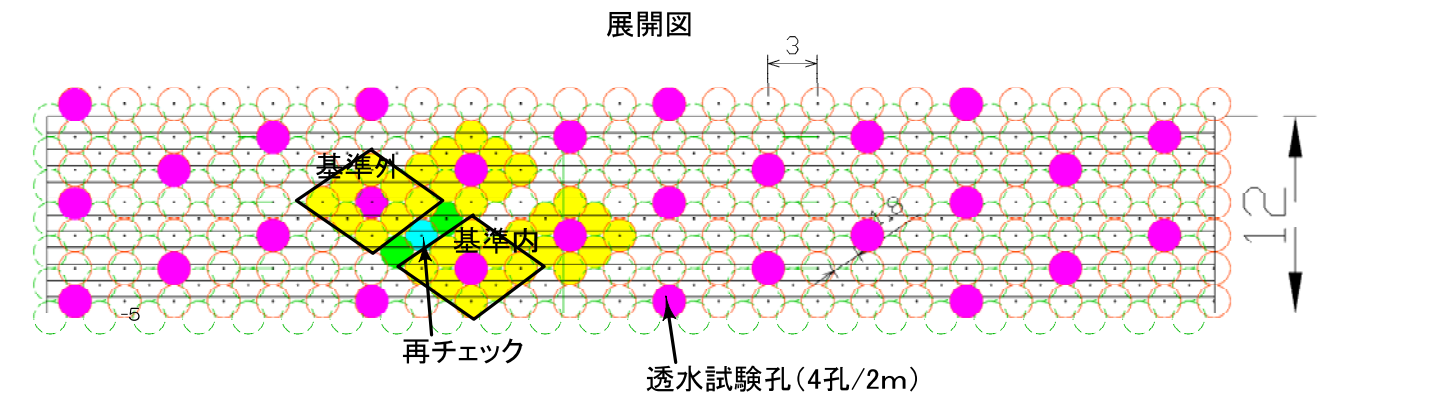
■事前透水試験について

ファンカーテン部の掘削完了後、透水試験を実施し、難透水性の確認を行う。圏央道八王子城跡トンネル工事(2箇所/m)や圏央道高尾山トンネル工事(4箇所/m)の施工実績より、4箇所/2m実施し、2m毎に30度ずつずらし、らせん状に調査する。



■注入方法に関して

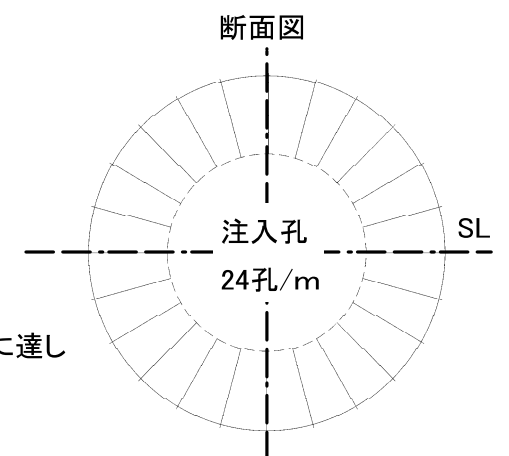
事前透水試験の結果、透水性が高い箇所はその周辺にグラウト注入を行う。注入に際しては、口元パッカー周辺の地山崩壊やリークを防止する必要があり、注入圧力の上限には限界があると思われる。よって、注入前に水押し試験(簡易透水試験)を行い、事前に決めておいた注入基本フローにより最適な注入を行うこととする。



- ・注入孔は24箇所/mとし、1m毎に千鳥配置とする。
- ・事前透水試験で基準に満たない箇所とその周辺8孔で注入を行う。
⇒太枠ひし形の範囲を示す
- ・事後の透水試験は、注入孔と注入孔の間の予備孔で行う。

■注入後の透水性の確認と削孔孔埋め

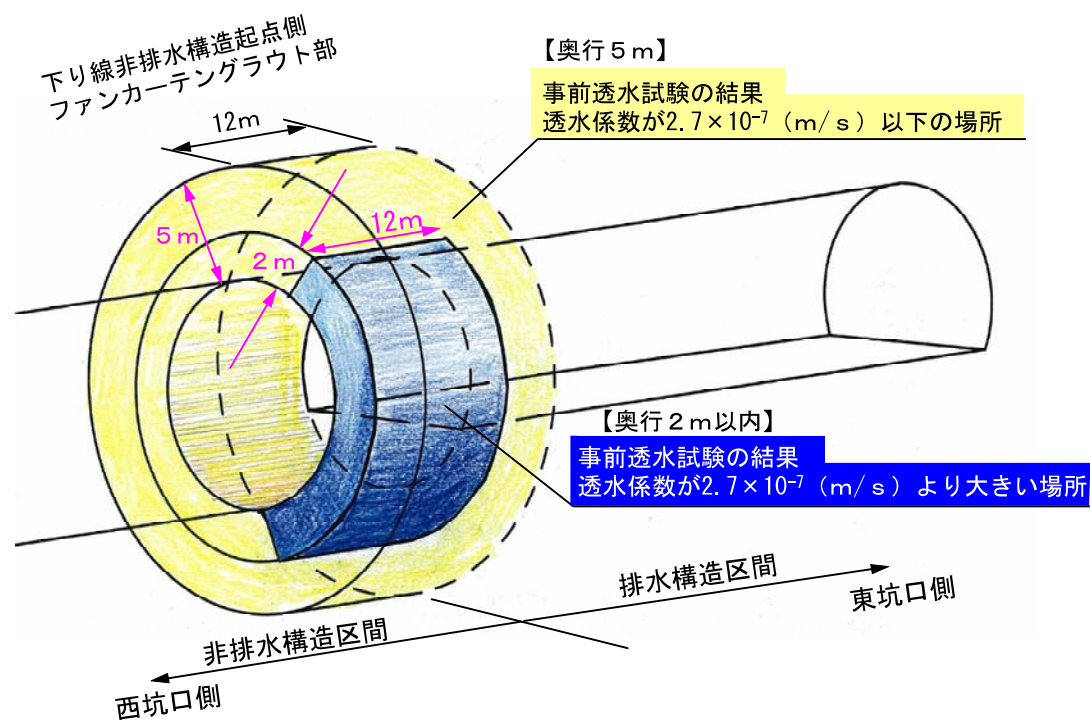
注入後、注入箇所周辺において事後透水試験を行い、所定の改良目標値に達しているか確認を行う。達していない場合は、再注入を行う。また、事後透水試験孔は、無収縮系の注入材で閉塞を行う。



【箕面トンネル東工事】 非排水構造(WT)起点側 ファンカーテングラウトの実施結果について

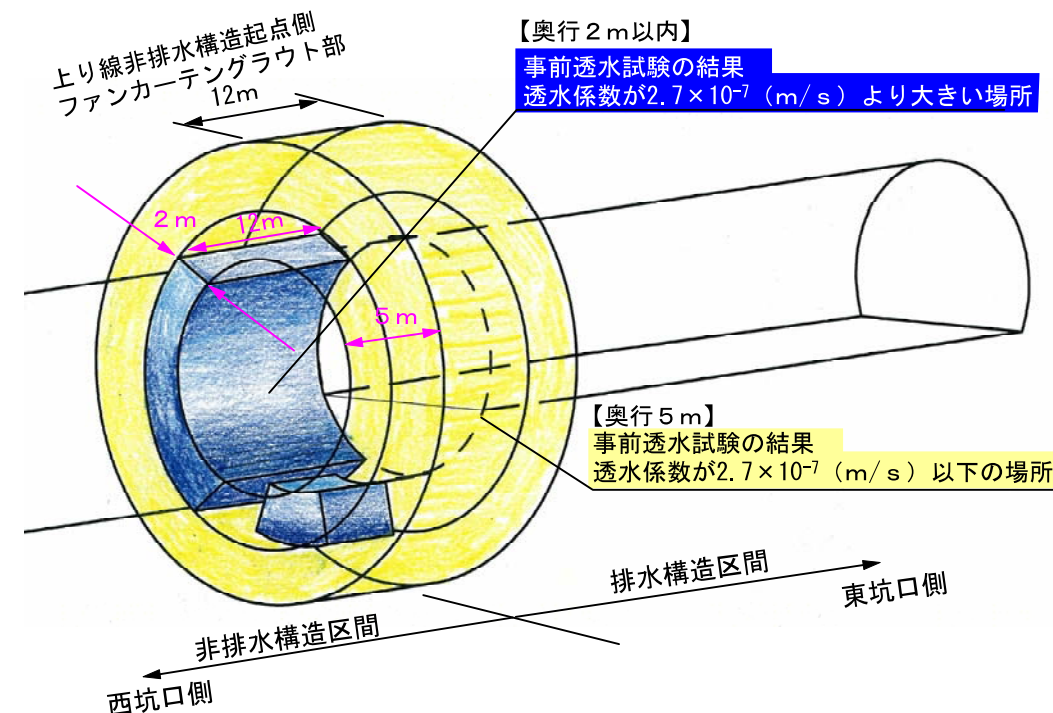
(1) 下り線 ファンカーテングラウトの実施結果

- ◆下り線の非排水構造起点側では、トンネル掘削による緩み領域も少なく、事前透水試験の結果、**トンネル内側の壁面より最大2mまでの範囲で透水性が高く、その奥では透水性が低い**ことがわかった。
- ◆下図の青色の領域は、透水係数が 2.7×10^{-7} (m/s) より大きな場所で、それ以外の黄色の場所は、透水係数が 2.7×10^{-7} (m/s) 以下であり透水性が低かった。
- ◆地山本来の透水性は低いため無理に注入をせず、地山の透水性(難透水性)を活かすこととした。
- ◆ファンカーテングラウトとして、大きな亀裂を閉塞すれば、地山全体の透水性が低くなると考え**高炉セメントによる粗詰め注入**を行った。2次注入は生じたが、最終的な透水試験の結果、すべての場所で透水係数を 2.7×10^{-7} (m/s) 以下とすることができた。



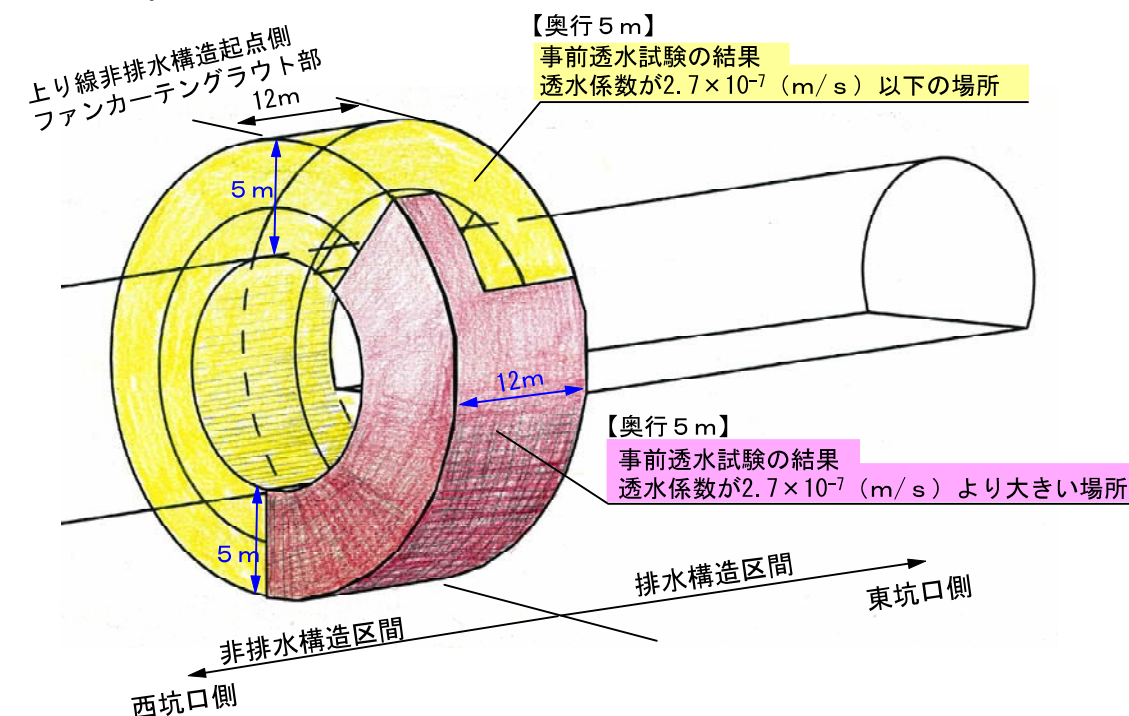
- ◆トンネル壁面より2m以内の透水性の高い場所には、粗詰め注入として、高炉セメントを先行して注入した。

場所により3次注入まで行ったが、その結果、すべての場所で透水係数が 2.7×10^{-7} (m/s) 以下を達成することができた。



- ◆トンネル壁面より5mまで透水性の高い場所には、超微粒子セメントを注入した。配合は、C : W = 1 : 10、1 : 6、1 : 4、1 : 2を用い、薄い配合から注入し、微細な岩盤内の亀裂に徐々に細かなセメント粒子を詰めていく方法を採用した。

また、注入前に加圧可能な最大圧力を確認するなど、注入圧により地山を損傷させないように、慎重に且つ、効率よく行った結果、すべての場所で透水係数が 2.7×10^{-7} (m/s) 以下を達成することができた。



(2) 上り線 ファンカーテングラウトの実施結果

- ◆上り線の非排水構造起点側では、事前透水試験の結果、奥行2m程度まで透水性の高い場所と、奥側5mまで透水性が高い場所があった。
- ◆右図の青色の領域は、トンネル内側の壁面より奥に2mの範囲で透水係数が 2.7×10^{-7} (m/s) より大きな場所を示す。赤色の領域は、壁面より奥に5mの範囲で透水係数が 2.7×10^{-7} (m/s) より大きな場所を示す。黄色の領域は、透水係数が 2.7×10^{-7} (m/s) 以下の場所で透水性が低かった。
- ◆注入は、**高炉セメントによる粗詰め注入**と、**超微粒子セメントによる本注入**に分けて実施した。