

6 地下水

6-1 薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針について

薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針

[昭和 49 年 7 月 10 日建設省官技発第 160 号]

第 1 章 総則

1-1 目的

この指針は、薬液注入工法による人の健康被害の発生と地下水等の汚染を防止するために必要な工法の選定、設計、施工及び水質の監視についての暫定的な指針を定めることを目的とする。

1-2 適用範囲

この指針は、薬液注入工法による建設工事に適用する。

ただし、工事施工中緊急事態が発生し、応急措置として行うものについては、適用しない。

1-3 用語の定義

この指針において、次に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

(1) 薬液注入工法

薬液を地盤に注入し、地盤の透水性を減少させ、又は地盤の強度を増加させる工法をいう。

(2) 薬液

次に掲げる物質の一以上をその成分の一部に含有する液体をいう。

イ けい酸ナトリウム

ロ リグニン又はその誘導体

ハ ポリイソシアネート

ニ 尿素・ホルムアルデヒド初期縮合物

ホ アクリルアミド

第 2 章 薬液注入工法の選定

2-1 薬液注入工法の採用

薬液注入工法の採用は、あらかじめ 2-2 に掲げる調査を行い、地盤の改良を行う必要がある箇所について他の工法の採用の適否を検討した結果、薬液注入工法によらなければ、工事現場の保安、地下埋設物の保護、周辺の家屋その他の工作物の保全及び周辺の地下水位の低下の防止が著しく困難であると認められる場合に限るものとする。

2-2 調査

薬液注入工法の採用の決定にあたって行う調査は、次のとおりとする。

(1) 土質調査

土質調査は、次に定めるところに従って行うものとする。

イ 原則として、施工面積 1,000 平方メートルにつき 1 箇所、各箇所間の距離 100 メートルを超えない範囲でボーリングを行い、各層の資料を採取して土の透水性、強さ等に関する物理的試験及び力学的試験による調査を行わなければならない。

ロ 河川の付近、旧河床等局部的に土質の変化が予測される箇所については、イに定める基準によりも密にボーリングを行わなければならない。

ハ イ、又はロによりボーリングを行った各地点の間は、必要に応じサウンディング等によって補足調査を行い、その間の変化を把握するように努めなければならない。

ニ イからハマでにかかわらず、岩盤については、別途必要な調査を行うものとする。

(2) 地下埋設物調査

地下埋設物調査は、工事現場及びその周辺の地下埋設物の位置、規格、構造及び老朽度について、関係諸機関から資料を収集し、必要に応じつぼ掘により確認して行うものとする。

(3) 地下水位調査

地下水位調査は、工事現場及びその周辺の井戸等について、次の調査を行うものとする。

イ 井戸の位置、深さ、構造、使用目的及び使用状況

ロ 河川、湖沼、海域等の公共用水域及び飲用のための貯水池並びに養魚施設（以下「公共用水域等」という。）の位置、深さ、形状、構造、利用目的及び利用状況

2-3 使用できる薬液

薬液注入工法に使用する薬液は、当分の間水ガラス系の薬液（主剤がけい酸ナトリウムである薬液をいう。以下同じ。）で劇物又は弗素化合物を含まないものに限るものとする。

第3章 設計及び施工

3-1 設計及び施工に関する基本的事項

薬液注入工法による工事の設計及び施工については、薬液注入箇所周辺の地下水及び公共用水域等において、別表-1 の水質基準が維持されるよう、当該地域の地盤の性質、地下水の状況及び公共用水域等の状況に応じ適切なものとしなければならない。

3-2 現場注入試験

薬液注入工事の施工にあたっては、あらかじめ、注入計画地盤又はこれと同等の地盤において設計どおりの薬液の注入が行われるか否かについて、調査を行うものとする。

3-3 注入にあたっての措置

(1) 薬液の注入にあたっては、薬液が十分混合するように必要な措置を講じなければならない。

(2) 薬液の注入作業中は注入圧力と注入量を常時監視し、異常な変化を生じた場合は、直ちに注入を中止し、その原因を調査して、適切な措置を講じなければならない。

(3) 地下埋設物に近接して薬液の注入を行う場合においては、当該地下埋設物に沿って薬液が

流出する事態を防止するよう必要な措置を講じなければならない。

3-4 労働災害の発生の防止

薬液注入工事及び薬液注入箇所の掘削工事の施工にあたっては、労働安全衛生法その他の法令の定めるところに従い、安全教育の徹底、保護具の着用の励行、換気の徹底等労働災害の発生の防止に努めなければならない。

3-5 薬液の保管

薬液の保管は、薬液の流出、盗難等の事態が生じないように厳正に行わなければならない。

3-6 排出水等の処理

- (1) 注入機器の洗浄水、薬液注入箇所からの漏水等の排出水を公共用水域へ排出する場合には、その水質は、別表-2の基準に適合するものでなければならない。
- (2) (1)の排出水の排出に伴い排水施設に発生した泥土は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律その他の法令の定めるところに従い、適切に処分しなければならない。

3-7 残土及び残材の処分方法

- (1) 薬液を注入した地盤から発生する掘削残土の処分にあっては、地下水及び公共用水域等を汚染することのないよう必要な措置を講じなければならない。
- (2) 残材の処分にあっては、人の健康被害が発生することのないよう措置しなければならない。

第4章 地下水等の水質の監視

4-1 地下水等の水質の監視

- (1) 事業主体は、薬液の注入による地下水及び公共用水域等の水質の汚濁を防止するため、薬液注入箇所周辺の地下水及び公共用水域等の水質の汚濁の状況を監視しなければならない。
- (2) 水質の監視は、4-2に掲げる地点で採水し、別表-1に掲げる検査項目について同表に掲げる検査方法により検査を行い、その測定値が同表に掲げる水質基準に適合しているか否かを判定することにより行うものとする。
- (3) (2)の検査は、公的機関又はこれと同等の能力及び信用を有する機関において行うものとする。

4-2 採水地点

採水地点は、次の各号に掲げるところにより選定するものとする。

- (1) 地下水については、薬液注入箇所及びその周辺の地域の地形及び地盤の状況、地下水の流向等に応じ、監視の目的を達成するため必要な箇所について選定するものとする。この場合において、注入箇所からおおむね10メートル以内に少なくとも数箇所の採水地点を設けなければならない。

なお、採水は、観測井を設けて行うものとし、状況に応じ既存の井戸を利用しても差し支えない。

(2) 公共用水域等については、当該水域の状況に応じ、監視の目的を達成するため必要な箇所について選定するものとする。

4-3 採水回数

採水回数は、次の各号に定めるところによるものとする。

- (1) 工事着手前 1回
- (2) 工事中 毎日1回以上
- (3) 工事終了後

イ 2週間を経過するまで毎日1回以上（当該地域における地下水の状況に著しい変化がないと認められる場合で、調査回数を減じて監視の目的が十分に達成されると判断されるときは、週1回以上）

ロ 2週間経過後半年を経過するまでの間にあつては、月2回以上

4-4 監視の結果講ずべき措置

監視の結果、水質の測定値が別表-1に掲げる水質基準に適合していない場合又は、そのおそれのある場合には、直ちに工事を中止し、必要な措置をとらなければならない。

別表1 水質基準

薬液の種類		検査項目	検査方法	水質基準
水ガラス系	有機物を含まないもの	水素イオン濃度	水質基準に関する省令（昭和41年厚生省令第11号。以下「厚生省令」という。）又は日本工業規格K0102の8に定める方法	pH値8.6以下（工事直前の測定値が8.6を超えるときは、当該測定値以下）であること。
	有機物を含むもの	水素イオン濃度	同上	同上
		過マンガン酸カリウム消費量	厚生省令に定める方法	10ppm以下（工事直前の測定値が10ppmを超えるときは、当該測定値以下）であること。

別表2 排水基準

薬液の種類		検査項目	検査方法	水質基準
水ガラス系	有機物を含まないもの	水素イオン濃度	日本工業規格K0102の8に定める方法	排水基準を定める省令（昭和46年総理府令第35号）に定める一般基準に適合すること。
	有機物を含むもの	水素イオン濃度	同上	同上
		生物化学的酸素要求量又は化学的酸素要求量	日本工業規格K0102の16又は13に定める方法	排水基準を定める省令に定める一般基準に適合すること。

6-2 高橋の水文学的方法について

高橋の水文学的方法は、トンネル掘削時の恒常湧水量は、周辺沢の基底流量に比例するという考えに基づいている。地質は地形を反映しており、また、地下水は地形に沿って流動すると考え、流出幅を求めるものである。以下に算出の手順を示す。

6-2-1 単位流域の設定

トンネルと交差もしくは付近にある沢・河川を対象として、沢の上流から他の大きな沢・河川との合流点までの範囲について、稜線を境界とする単位流域を設定する。単位流域の設定においては、沢と稜線の比高がトンネルの平均的な土被りに一致するように対象範囲を選定する。図 6-2-1-1 に設定のイメージを示す。また、主流路を直線のつながりと考え分割して、各直線の距離を設定する。

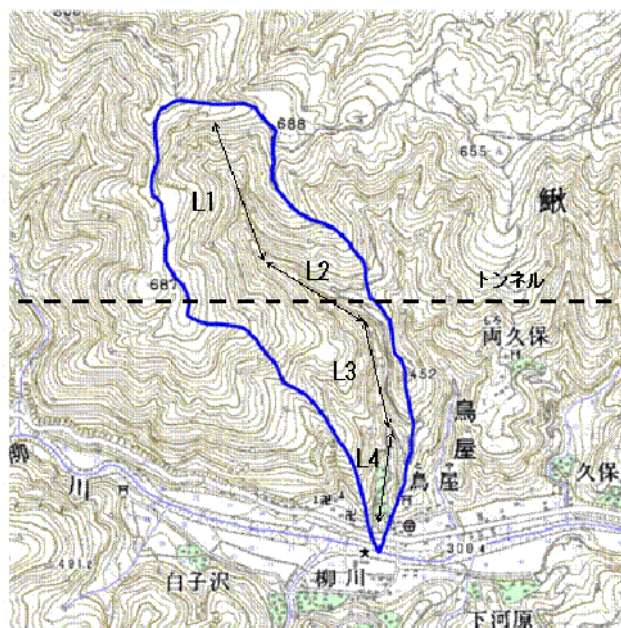


図 6-2-1-1 単位流域及び流路延長の設定イメージ

6-2-2 単位流域における平均流路幅 (R) の算出

単位流域内の面積 (A) を、図 6-2-1-1 及び式 6-2-2-1 により求めた主流路の延長 (L) から、式 6-2-2-2 に基づき、平均流路幅 (R) を算出する。

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \quad (\text{式 6-2-2-1})$$

$$R = A/2L \quad (\text{式 6-2-2-2})$$

6-2-3 流路の平均比高 (Hm) の算出

主流路を n 間隔で分割し、各位置での左右分水界と河床との標高を求める。両者の標高から比高 (H) を算出し、式 6-2-3-1 に基づき流域全体で平均比高 (Hm) を算出する。図 6-2-3-1 に比高のイメージを示す。

$$H_m = (H_1 + H_2 + H_3 \cdot \cdot \cdot + H_n) / n \quad (\text{式 6-2-3-1})$$

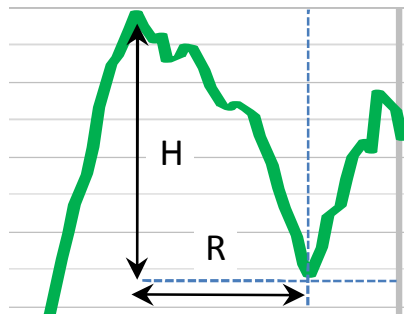


図 6-2-3-1 比高のイメージ

6-2-4 平均透水性の算出

平均透水性 (K_t) を式 6-2-4-1 に基づき算出する。

$$K_t = R^2 / (6H_m) \quad (\text{式 6-2-4-1})$$

6-2-5 H-R 曲線の作成

式 6-2-5-1 から、任意の高さ H と R の関係式を得る。

$$R = \sqrt{6HK_t} \quad (\text{式 6-2-5-1})$$

式 6-2-5-1 に基づき H に対する H-R 曲線を作成する。図 6-2-5-1 に H-R 曲線のイメージを示す。

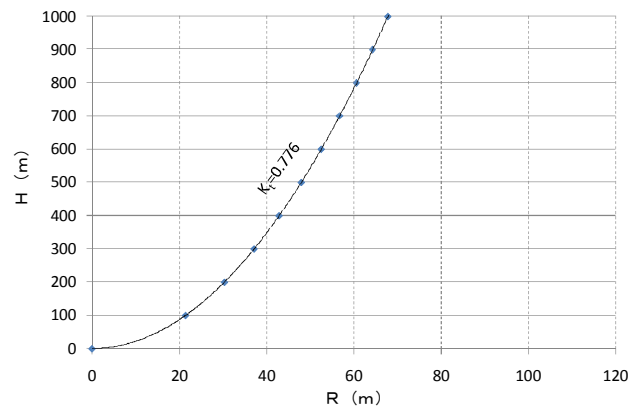


図 6-2-5-1 H-R 曲線のイメージ

6-2-6 流出範囲の算出

トンネルと直交する断面を描き、断面ごとにトンネルFLとH-R曲線の原点を重ね合わせ、曲線と地表面が交差する地点までを、トンネル方向に地下水が流出する可能性のある範囲とする。図 6-2-6-1 に算出のイメージを示す。

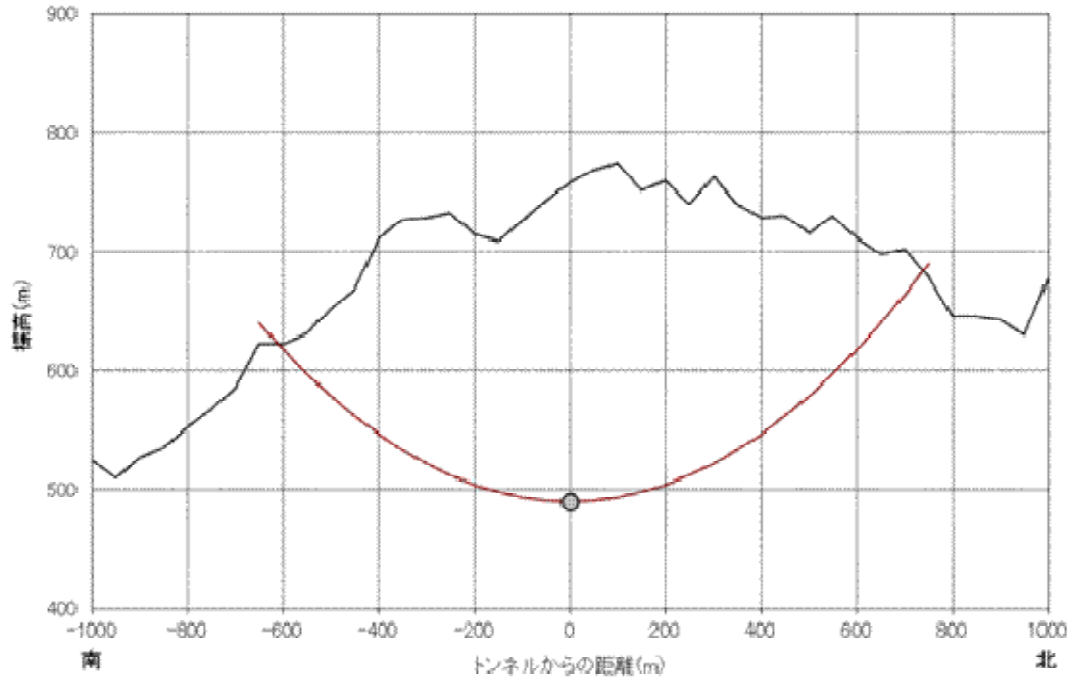


図 6-2-6-1 流出範囲算出のイメージ

6-3 三次元浸透流解析について

6-3-1 不飽和-飽和三次元地下水流動モデルの概要

対象事業実施区域及びその周囲における地下水への影響の予測は、不飽和-飽和三次元地下水流動モデルによって行なった。プログラムは、UNSAF を用いた（「河川砂防技術基準、調査編」国土交通省水管理・国土保全局、平成 24 年 6 月版、第 3 章第 3 節-8）。

不飽和-飽和三次元地下水流動モデルに関する基本方程式を以下に示す。

この基本方程式を数値解法（有限要素法）により離散化することにより、地下水の流れを模擬することができる。

(1) 基本方程式

地下水流動モデル UNSAF では、以下の方程式を解く。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(K_r \left(K_{ij}^s \frac{\partial \psi}{\partial x_j} + K_{i3}^s \right) \right) - q = (\beta S_s + C) \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (\text{式 6-3-1-1})$$

$$i, j = 1, 2, 3, (1:x, 2:y, 3:z)$$

ここで、 x, y, z は座標、 K_{ij}^s は飽和透水係数、 K_r は比透水係数（透水係数 K は飽和透水係数（地盤依存） K^s と相対透水係数（飽和度依存） K_r の積で表す）、 q は単位体積当たりのシンク/ソース流量、 S_s は比貯留係数、 $C(\psi) \equiv d\theta/d\psi$ は比水分容量、 t は時間である。定常計算では、 $t = \infty$ となるため右項は 0 である。また、 β は以下の定義である。

$$\beta = \begin{cases} 0: \text{不飽和領域} \\ 1: \text{飽和領域} \end{cases}$$

(2) 有限要素法

基本方程式（微分方程式）を解くために、一般に、数値解析が用いられる。UNSAF では、Galerkin 有限要素法を用いている。

（式 6-3-1-1）はあくまでも一つの微小要素内での釣り合いを考慮したものであるため、微小とは言えない大きさの要素にわたっての釣り合い関係を評価するためには、要素内での水頭分布を近似する必要がある。有限要素法では、この水頭近似に内挿関数が用いられ、任意の座標 (x, y, z) における内挿近似水頭は次のように表される。

$$\psi^N(x, y, z, t) = \sum_{i=1}^n N_i(x, y, z) \psi_i(t) \quad (\text{式 6-3-1-2})$$

ここで、 ψ_i は多角形頂点（節点）上の水頭、 N_i は各節点に対応した要素内の内挿関数、 ψ^N は内挿近似水頭をそれぞれ示す。

このような内挿関数の特徴は以下である。

$$\cdot \text{任意点での関数値の総和は 1 である} : \sum_{i=1}^n N_i(x, y, z) = 1 \quad (\text{式 6-3-1-3})$$

・節点 i 上での内挿関数 N_i の値は 1、それ以外の関数値は 0 である。

このように、水頭分布を内挿関数で近似したことで、実際の水頭分布と幾ばくかの差違が生じる。つまり、支配方程式(式 6-3-1-1)に内挿近似水頭 ψ^N を導入すると、残差があることから以下のように式値は 0 にならない。

$$L(\psi^N(x, y, z, t)) \equiv \frac{\partial}{\partial x_i} \left(K_r \left(K_{ij}^s \frac{\partial \psi^N}{\partial x_i} + K_{i3}^s \right) \right) - q - (\beta S_s + C) \frac{\partial \psi^N}{\partial t} \neq 0 \quad (\text{式 6-3-1-4})$$

UNSAF では、全体領域 V での全体的な残差を 0 にするために、残差方程式に重みを掛けたものを領域全体にわたって平均化(積分)する重み付き残差法(WRM)を用いている。

$$\int_V L(\psi^N(x, y, z, t)) W(x, y, z) dV = 0 \quad (\text{式 6-3-1-5})$$

そして、ここで重み関数 W に内挿関数 N を適用する Galerkin 法を用いて定式化を行っている。

UNSAF の 3 次元有限要素式は次の通りである。

$$[A_{ij}] \{\psi_j\} + [F_{ij}] \left\{ \frac{d\psi_i}{dt} \right\} = \{Q_j\} - \{B_j\} - \{D_j\} \quad (\text{式 6-3-1-6})$$

ここで、

$$\begin{aligned} [A_{ij}] &= \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} [A_{ij}]^e \\ &= \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \int_{V^e} \left[\begin{array}{l} \frac{\partial W_i^e}{\partial x} \left(K_r K_{xx}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial x} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial x} \left(K_r K_{xy}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial y} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial x} \left(K_r K_{xz}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial z} \right) \\ + \frac{\partial W_i^e}{\partial y} \left(K_r K_{yx}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial x} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial y} \left(K_r K_{yy}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial y} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial y} \left(K_r K_{yz}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial z} \right) \\ + \frac{\partial W_i^e}{\partial z} \left(K_r K_{zx}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial x} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial z} \left(K_r K_{zy}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial y} \right) + \frac{\partial W_i^e}{\partial z} \left(K_r K_{zz}^s \frac{\partial N_j^e}{\partial z} \right) \end{array} \right] dV^e \end{aligned} \quad (\text{式 6-3-1-7})$$

$$\begin{aligned} \{B_j\} &= \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \{B_j\}^e \\ &= \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \int_{V^e} K_r K_{xz}^s \frac{\partial W_i^e}{\partial x} + K_r K_{yz}^s \frac{\partial W_i^e}{\partial y} + K_r K_{zz}^s \frac{\partial W_i^e}{\partial z} dV^e \end{aligned} \quad (\text{式 6-3-1-8})$$

$$\begin{aligned} \{Q_j\} &= - \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \{Q_j\}^e \\ &= - \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \int_{R^e} W_i^e N_j^e (V_{xj} + V_{yj} + V_{zj}) dR^e \end{aligned} \quad (\text{式 6-3-1-9})$$

$$\begin{aligned} \{D_j\} &= \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \{D_j\}^e \\ &= \sum_{e=1}^{\text{Num.Elements}} \int_{V^e} q W_i^e dV^e \end{aligned} \quad (\text{式 6-3-1-10})$$

$$\begin{aligned}
 [F_{ij}] &= \sum_{e=1}^{Num.Elements} [F_{ij}]^e \\
 &= \sum_{e=1}^{Num.Elements} \int_{V^e} (\beta S_s + c) N_j^e W_i^e dV^e
 \end{aligned}
 \tag{式 6-3-1-11}$$

(3) 要素形状

解析に当たり、UNSAF では、対象範囲を五面体（三角柱）の要素に区分する（図 6-3-1-1）。節点には地形や地層の高さを、要素には地盤の性状を入力して、地下水位を計算する。

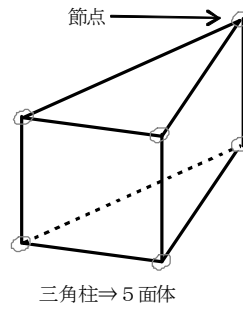


図 6-3-1-1 要素形状

6-3-2 解析条件

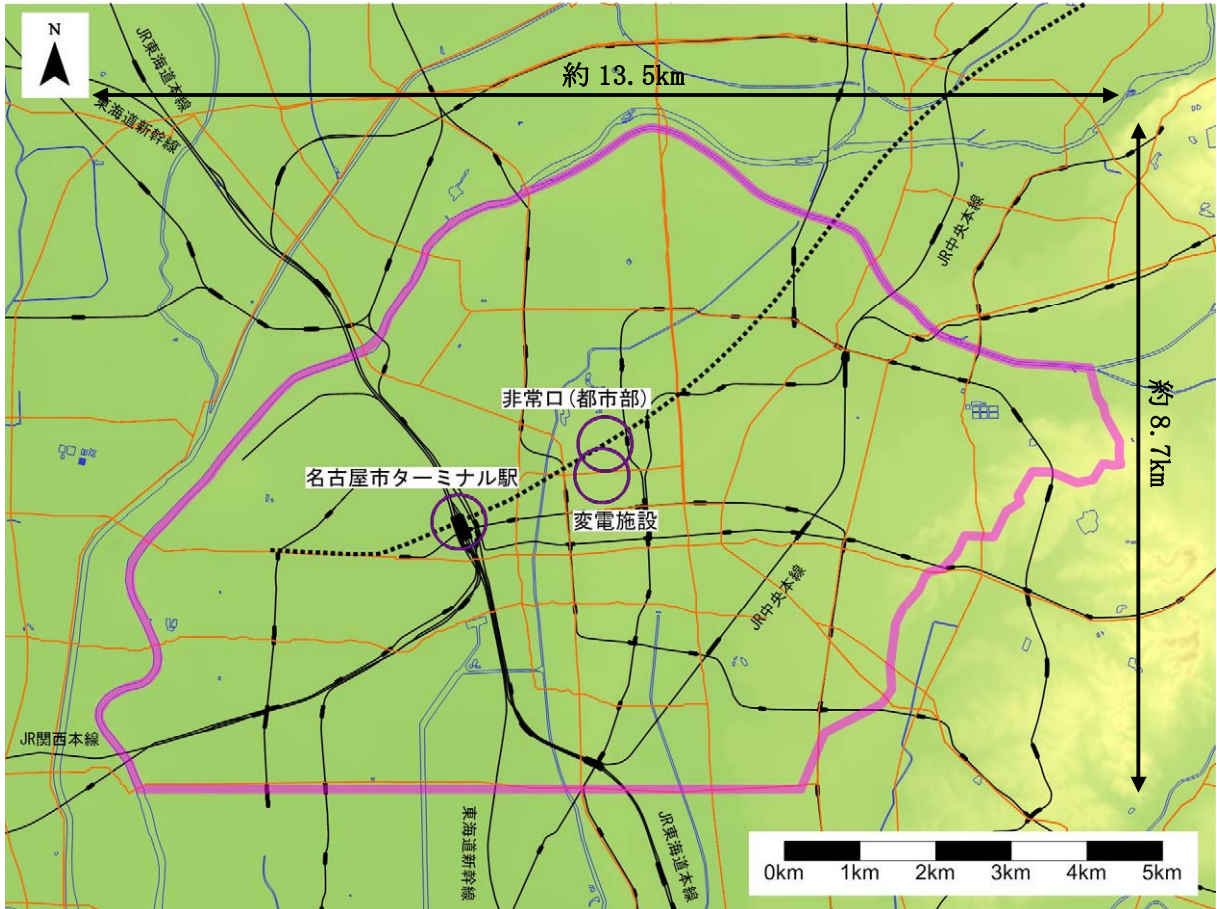
不飽和-飽和三次元地下水流動モデルに関わる基本項目について表 6-3-2-1 に示す。

表 6-3-2-1 解析条件 (愛知県)

項目	内 容
解析手法	モデル : 三次元飽和・不飽和浸透流解析 解析コード : UNSAF 計算条件 : 定常計算
解析範囲	東西 : 約 13.5km、南北 : 約 8.7km、面積 : 約 73.8km ² 、深度 : -300m 格子数 : 326,520 (空間分解能 : 10~300m, 平面 13,605 個×深度方向 24 層)
境界条件	表層 : 降雨浸透境界 (既知流量境界) 表層 : 浸出面境界 水域 : 河川 (既知水頭境界) 庄内川、矢田川 : 内部河川 (浸出境界) 中川運河、堀川、新堀川 陸域 : 既往文献・調査に基づく地下水位 (既知水頭境界) 浅層地下水位分布、深層地下水位分布 尾根部 : 流域界に基づく地形の尾根部 (閉鎖境界)
地形・地質 条件	地表面標高 : メッシュ標高 (国土地理院) 地質構造 : 地質調査結果に基づく
気象条件	降水量、蒸発散量
水理定数	地質調査結果に基づく

(1) 解析範囲

地下水解析範囲は、事業実施区域を包括し、河川等の地形に沿った範囲とした。解析範囲を図 6-3-2-1 に示す。



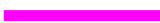




凡 例			
	解析範囲		河 川
	計画路線		鉄 道
			道 路

図 6-3-2-1 解析領域

(2) 要素区分

計算要素は、構造物および地形をもとに設定した。要素区分を図 6-3-2-2 に示す。

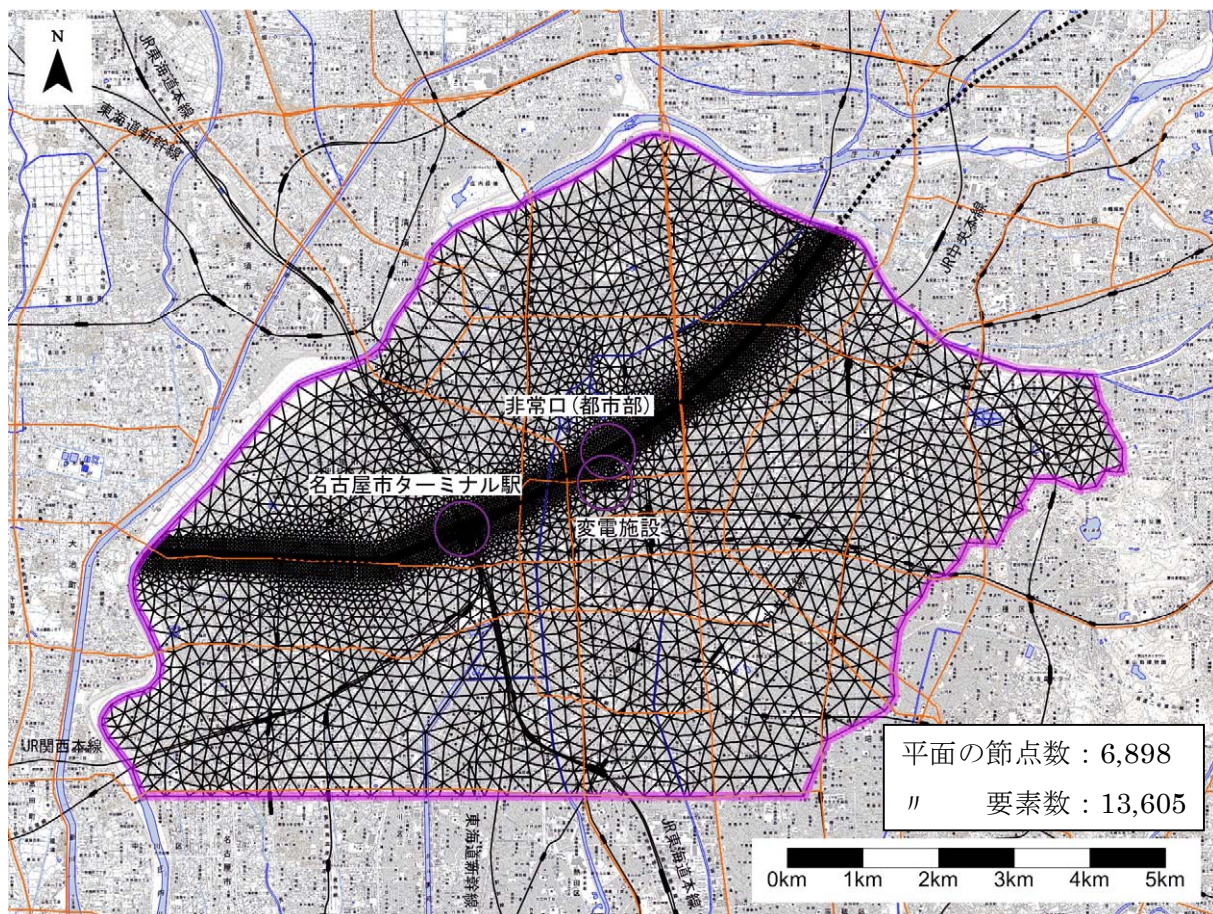
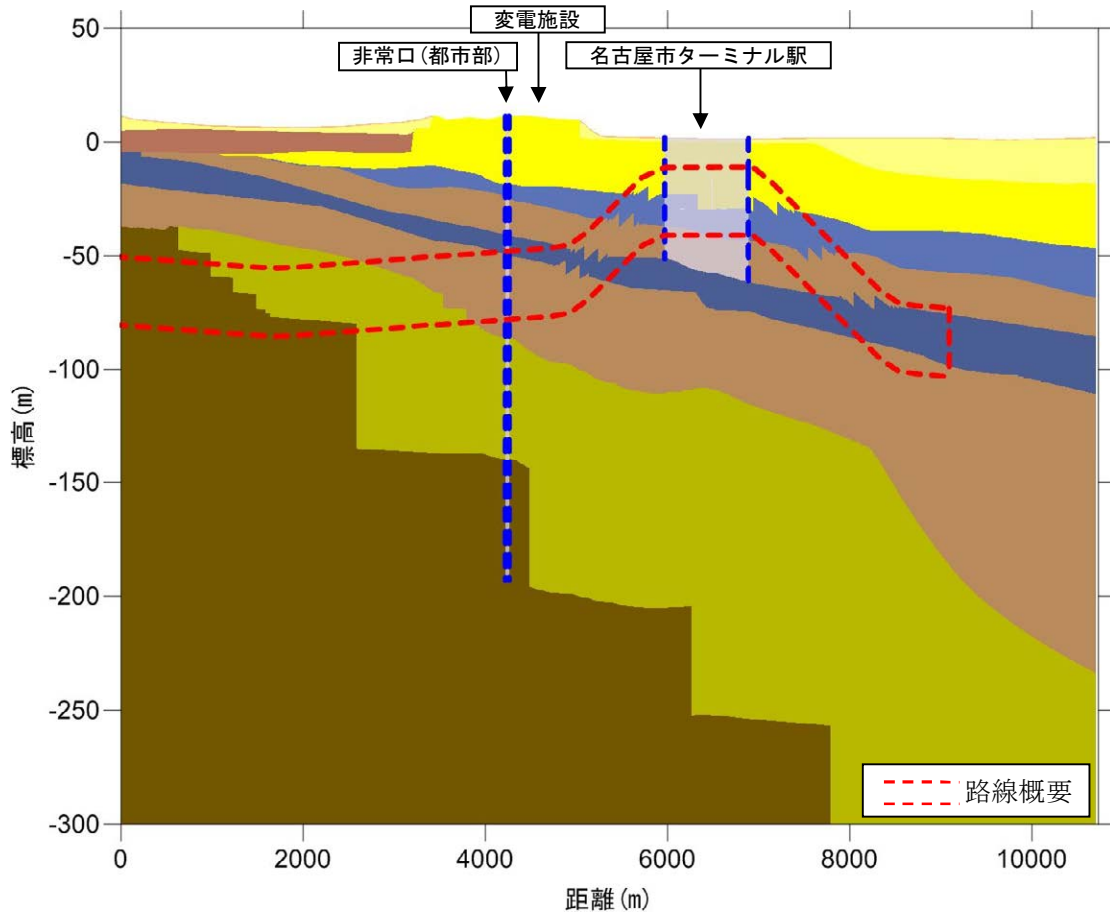


図 6-3-2-2 要素区分

(3) 地下地質及び透水係数

地下地質は図 6-3-2-3 に示すとおりである。また、各層の透水係数については、表 6-3-2-2 に示した。



注 1. 標高は、東京湾中等潮位 (T.P.) に換算している。

注 2. 資料編 事 2-2 に示す縦断線形を重ね合わせた。なお、予測にあたってはトンネル直径を 15m として計算している。

<水理地層(地質)区分凡例>			
(浅層)		(深層)	
南陽層 (粘性土、砂質土)	鳥居松礫層 (礫質土)	第二礫層、第三礫層 (礫質土)	海部累層 (粘性土、砂質土)
熱田層上部層 (砂質土)	熱田層下部層 (粘性土)	東海層群 (粘性土、砂質土)	東海層群 (粘性土、礫質土)

図 6-3-2-3 モデル縦断図

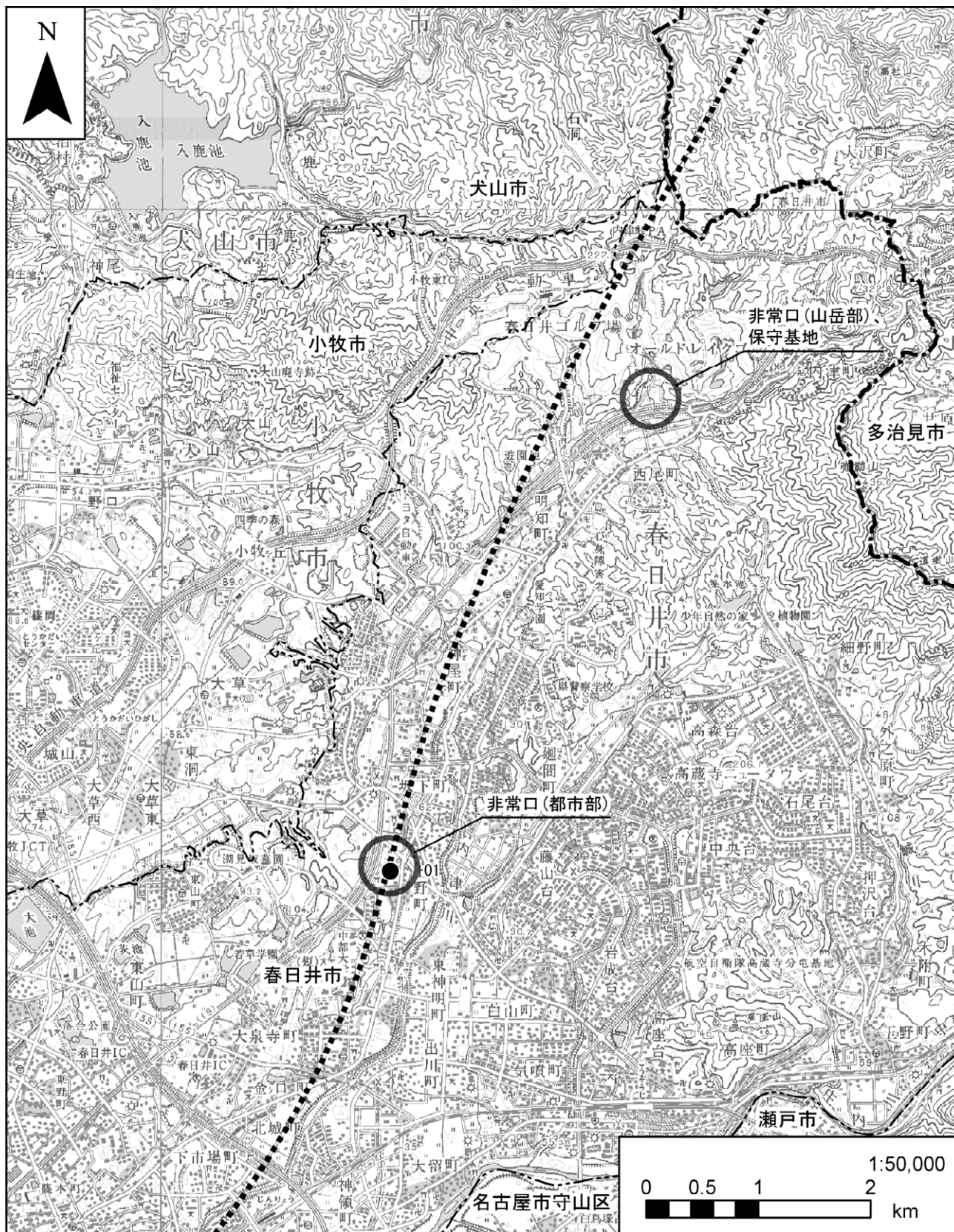
表 6-3-2-2 透水係数モデル入力値

地質時代	地層区分	透水係数 (m/sec)
完新世	南陽層	3.57×10^{-5}
更新世	鳥居松礫層	3.53×10^{-5}
	熱田層上部層	3.62×10^{-5}
	熱田層下部層	2.32×10^{-7}
	第二礫層	3.69×10^{-4}
	海部累層	2.32×10^{-7}
	第三礫層	2.70×10^{-4}
新第三紀	東海層群 (粘性土、砂質土)	2.52×10^{-6}
	東海層群 (粘性土、礫質土)	1.31×10^{-4}
構造物		1.0×10^{-10}

6-4 地形・地質条件の根拠とした地質調査結果

6-4-1 ボーリング柱状図

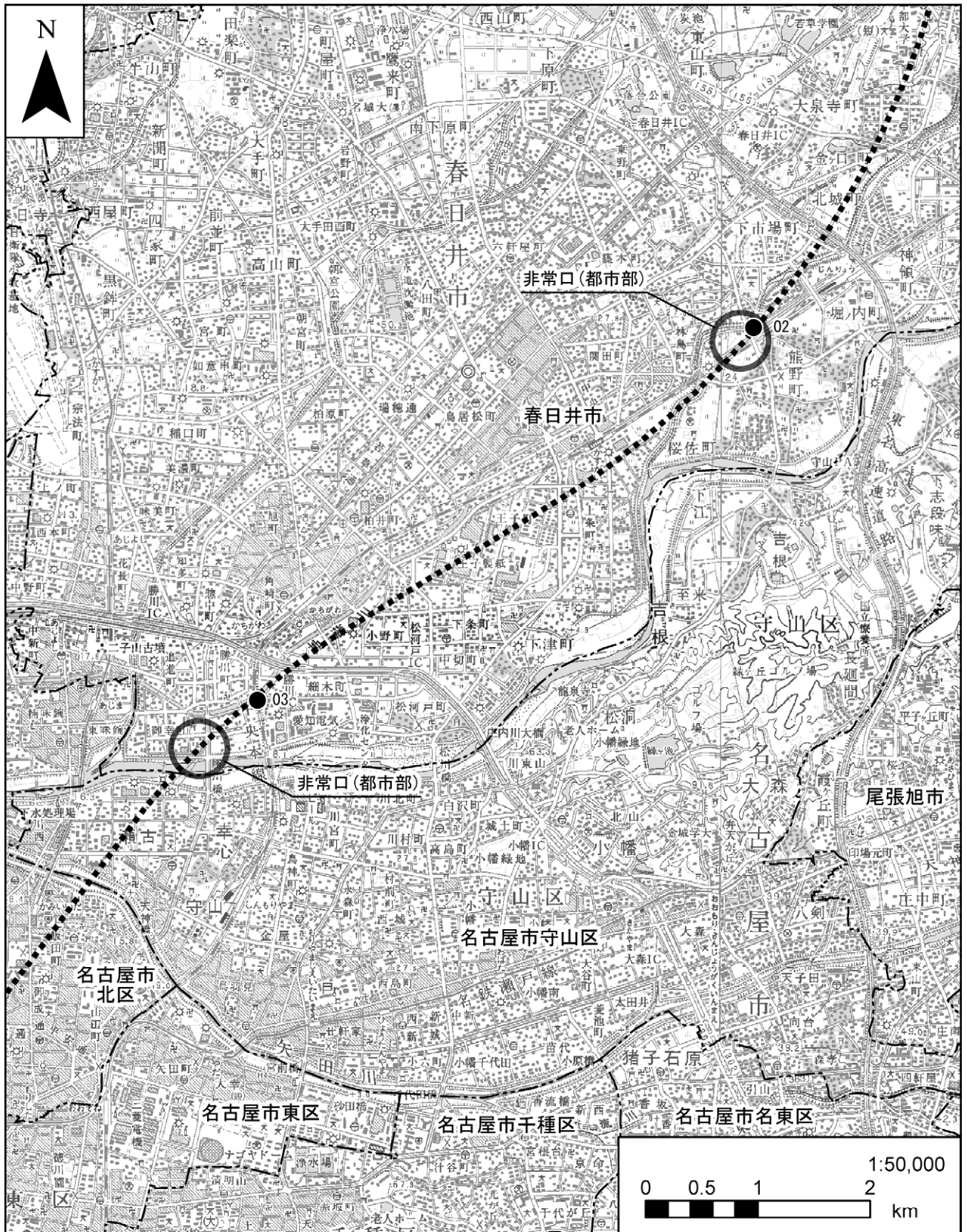
代表的な地質調査地点及びボーリング柱状図を図 6-4-1-1、図 6-4-1-2 に示す。三次元浸透流解析のモデル化にあたってこれらを踏まえて設定した。



凡例

- 計画路線(トンネル部) ● 地質調査地点
- 県境
- 市区町村境

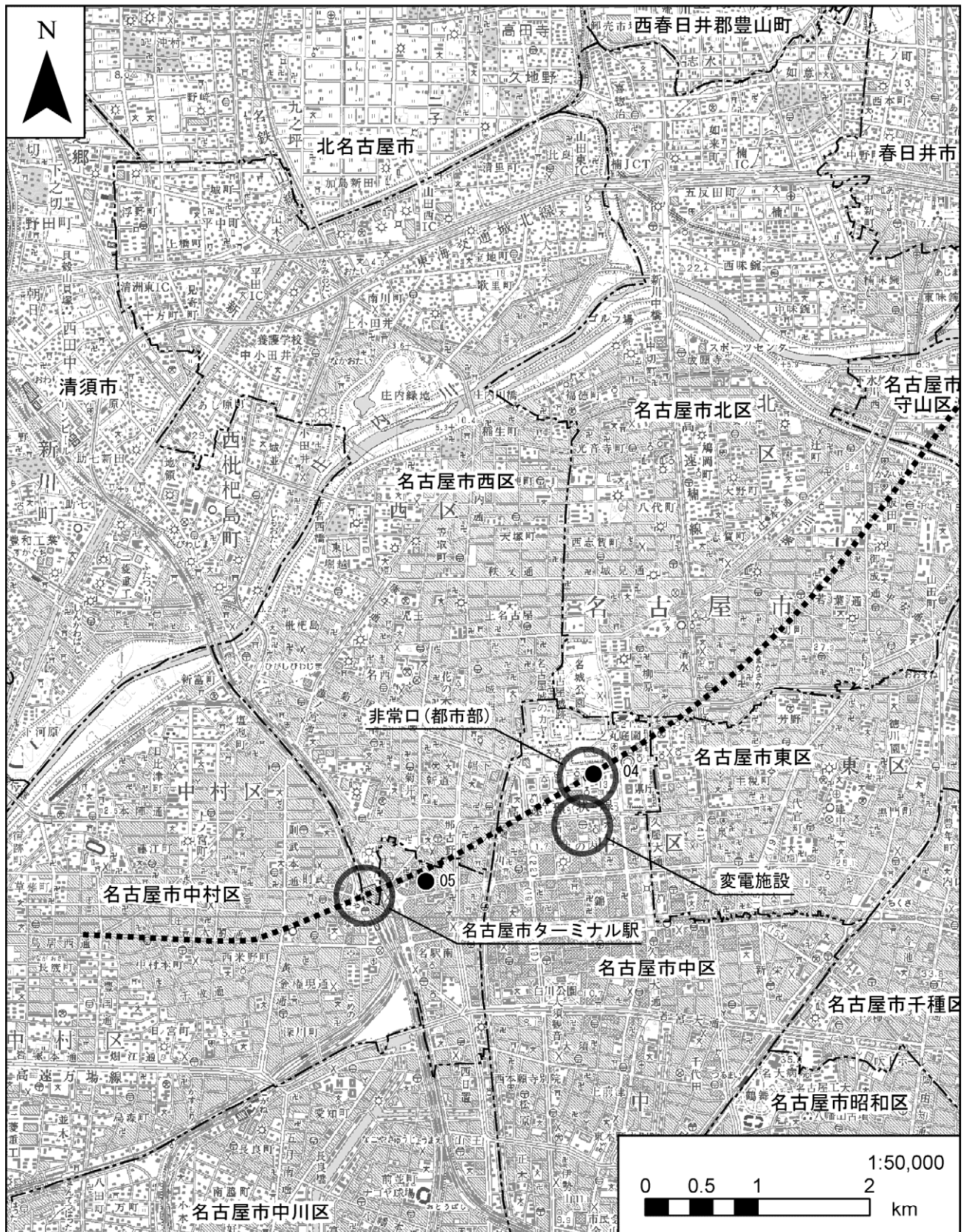
図 6-4-1-1(1) 地質調査地点



凡例

- 計画路線(トンネル部) ● 地質調査地点
- 県境
- 市区町村境

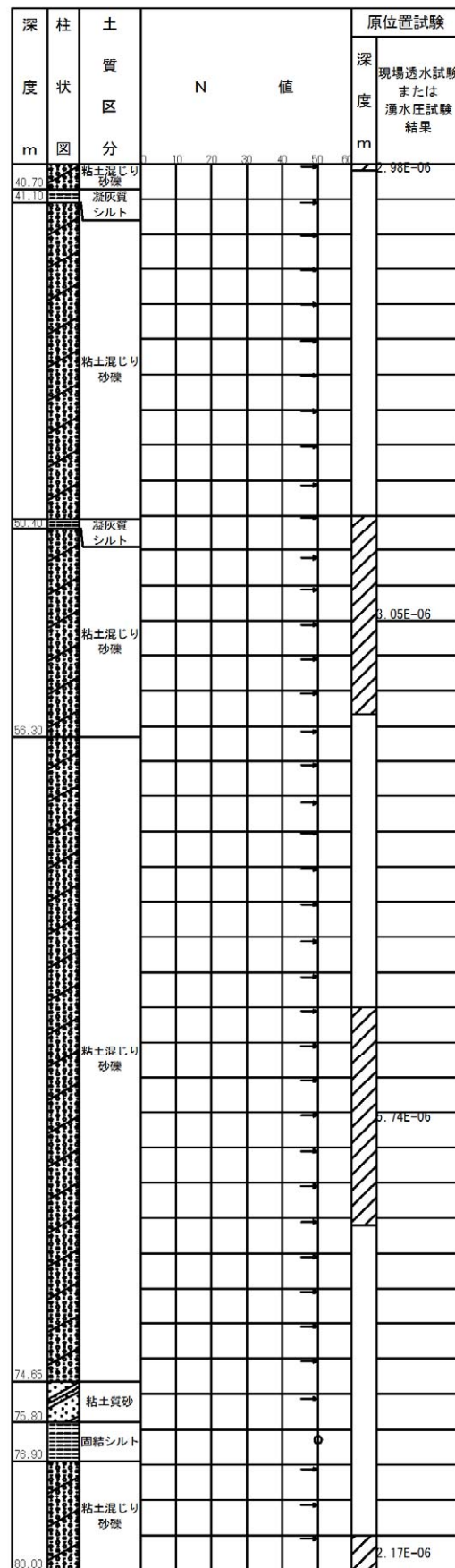
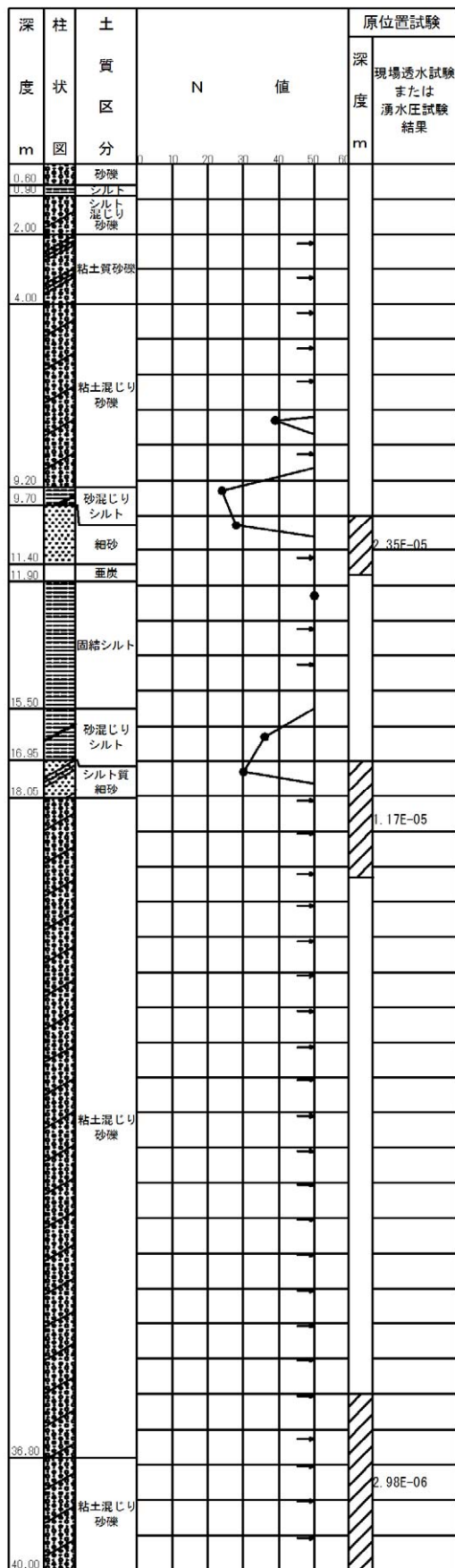
図 6-4-1-1(2) 地質調査地点



凡例

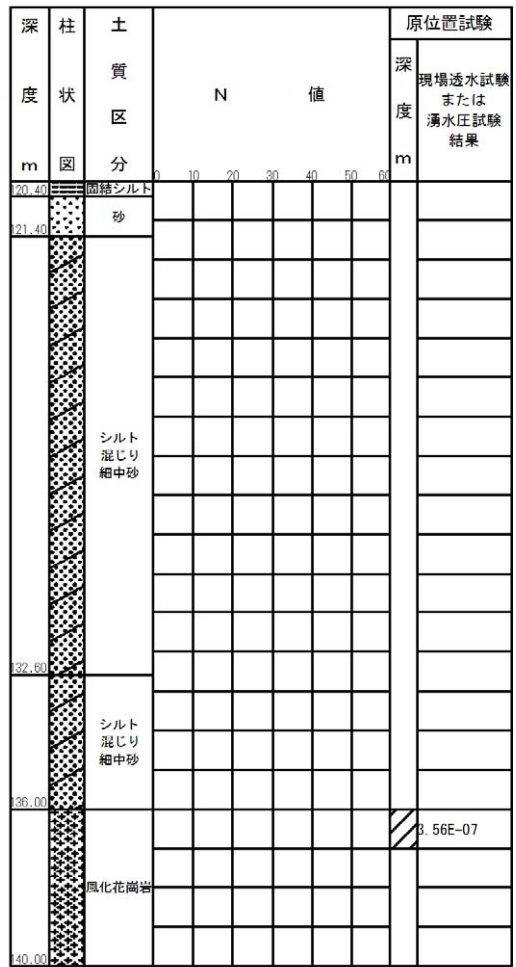
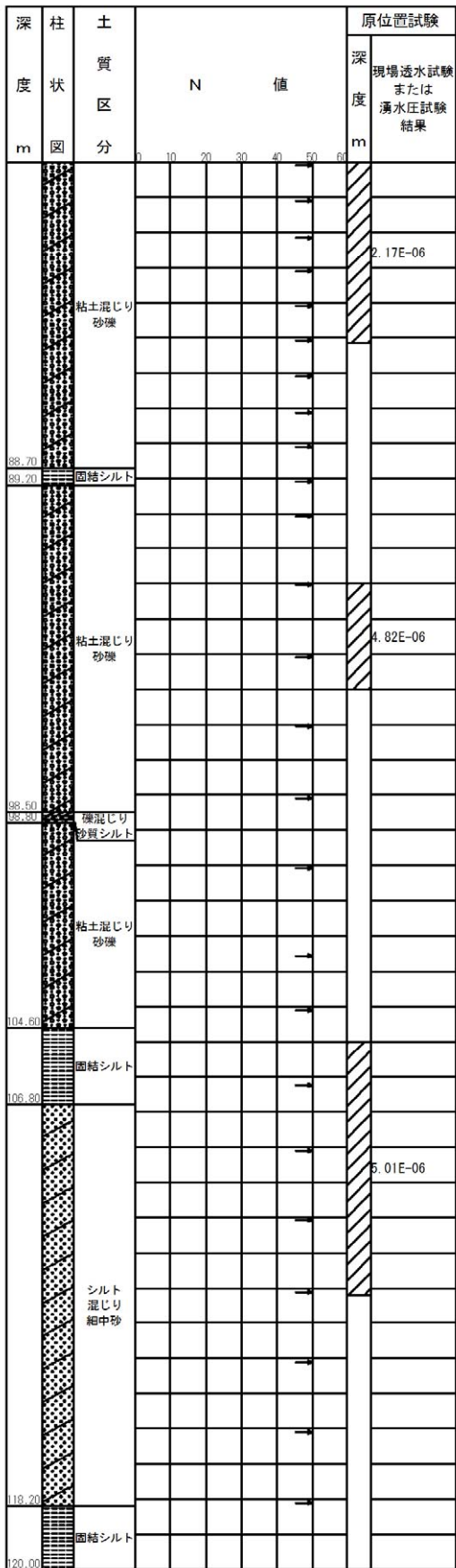
- 計画路線(トンネル部) ● 地質調査地点
- 県境
- 市区町村境

図 6-4-1-1(3) 地質調査地点



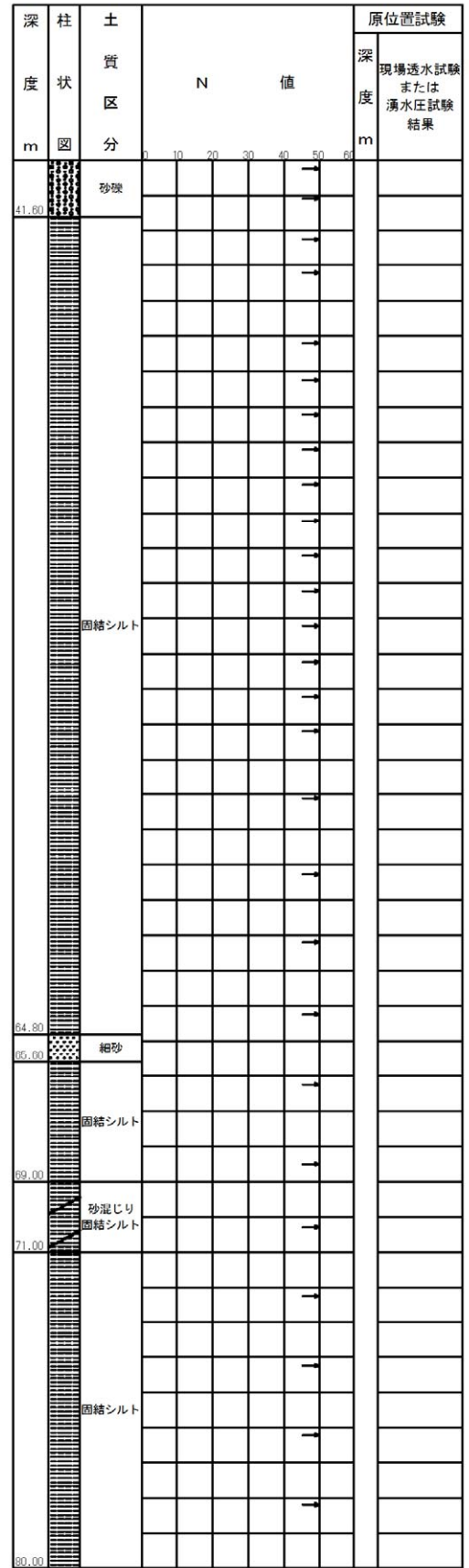
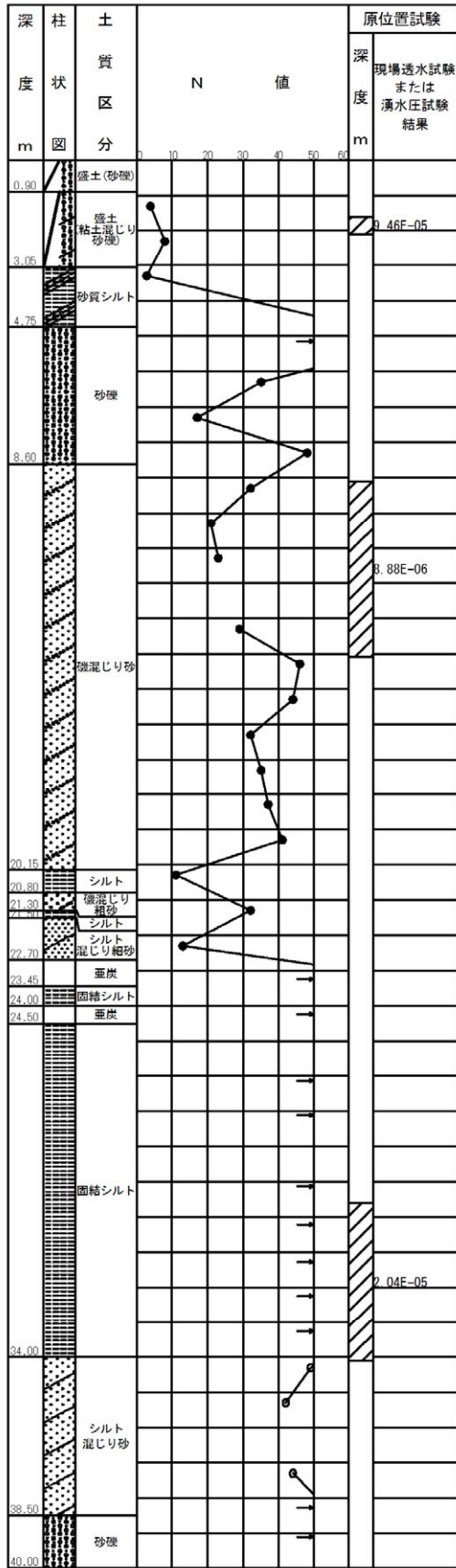
透水係数の単位 : m/s

図 6-4-1-2(1) ボーリング柱状図 (地点 01-1)



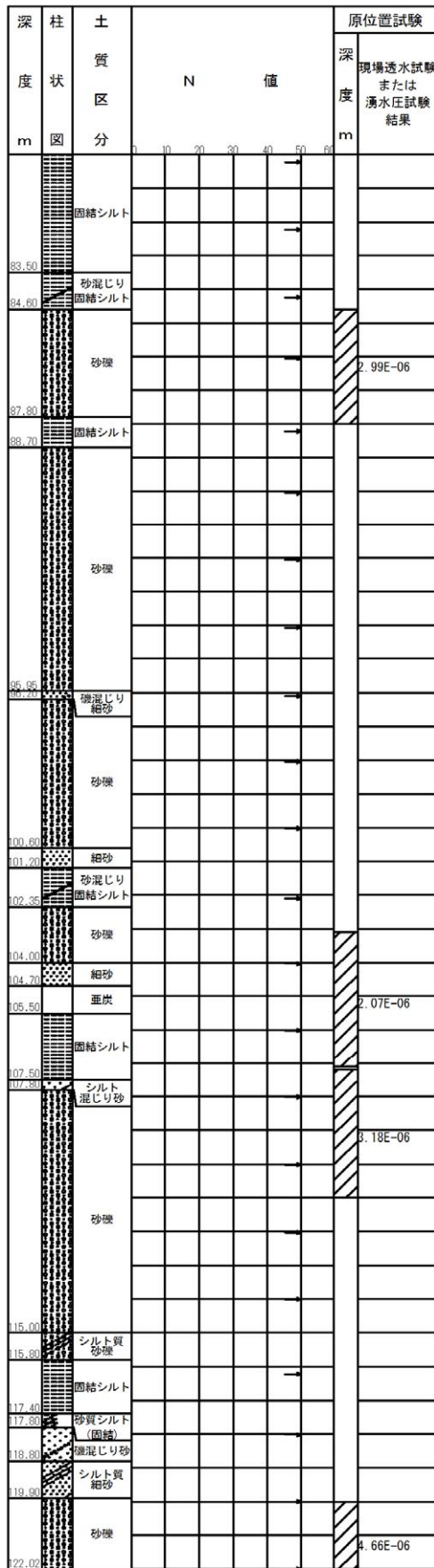
透水係数の単位 : m/s

図 6-4-1-2(2) ボーリング柱状図 (地点 01-2)



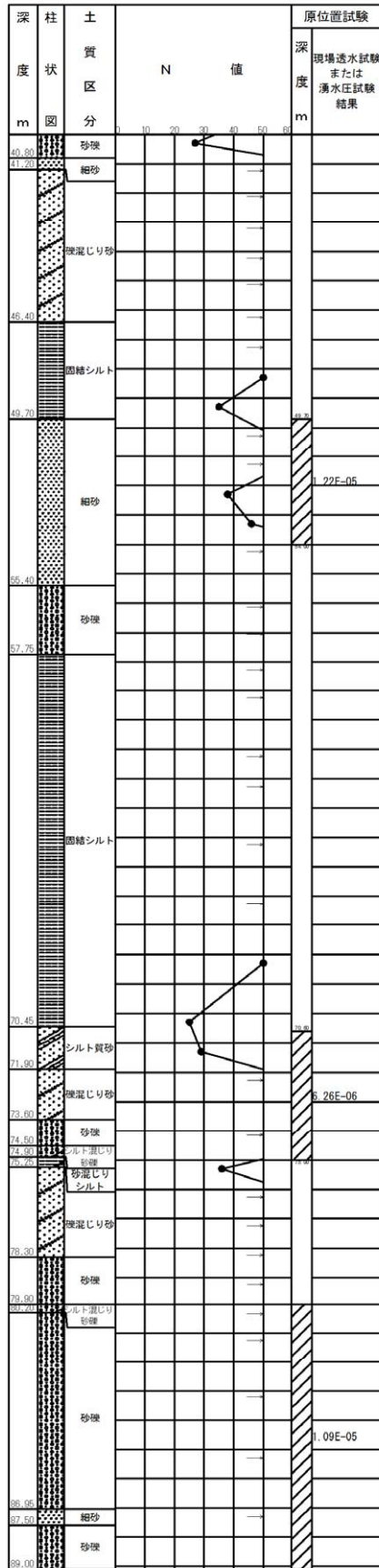
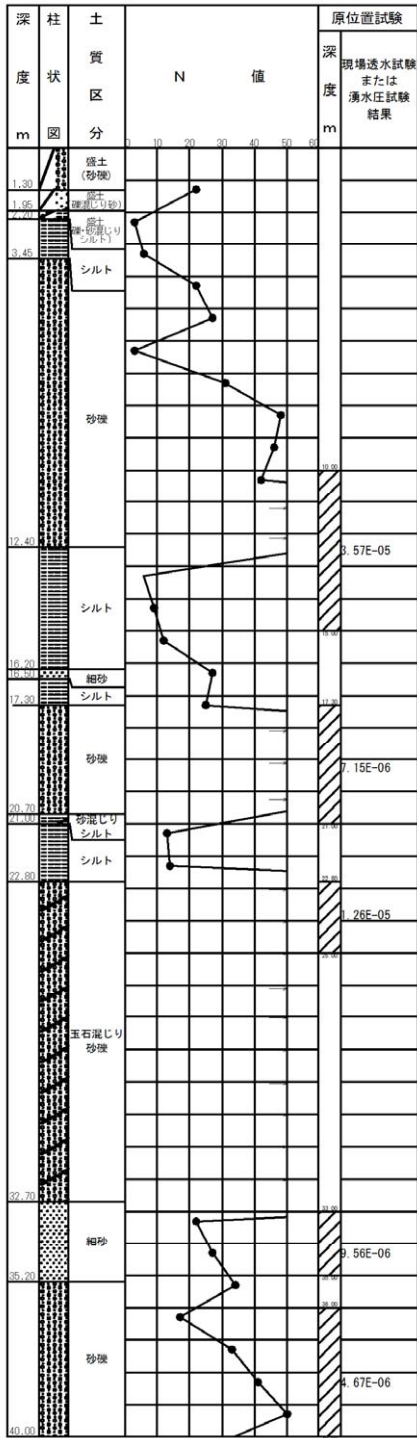
透水係数の単位 : m/s

図 6-4-1-2(3) ボーリング柱状図 (地点 02-1)



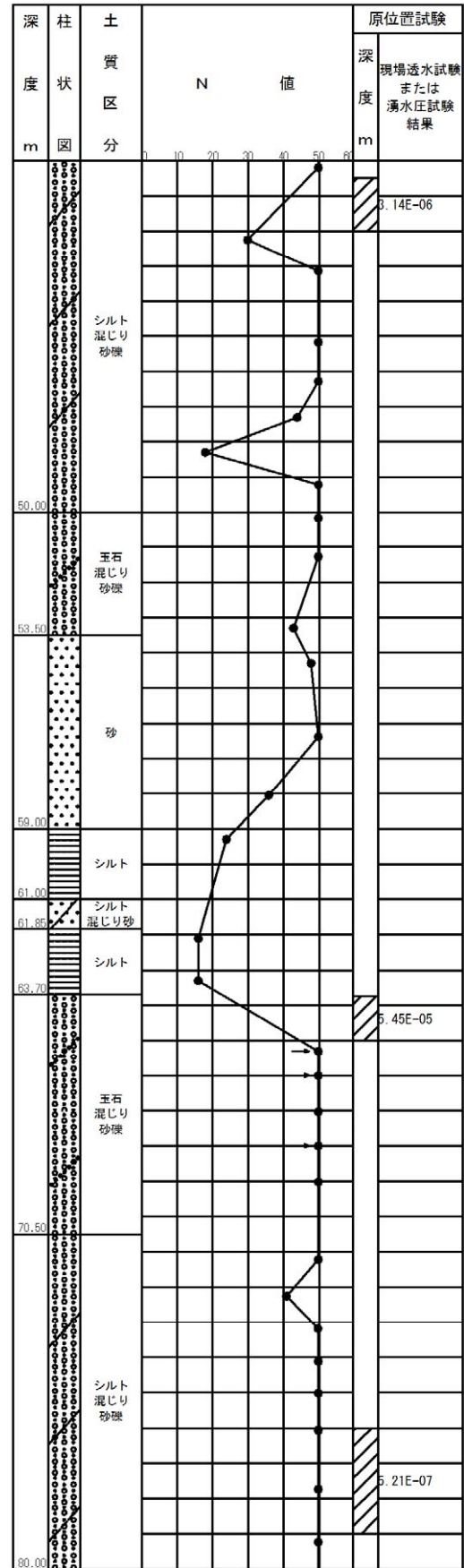
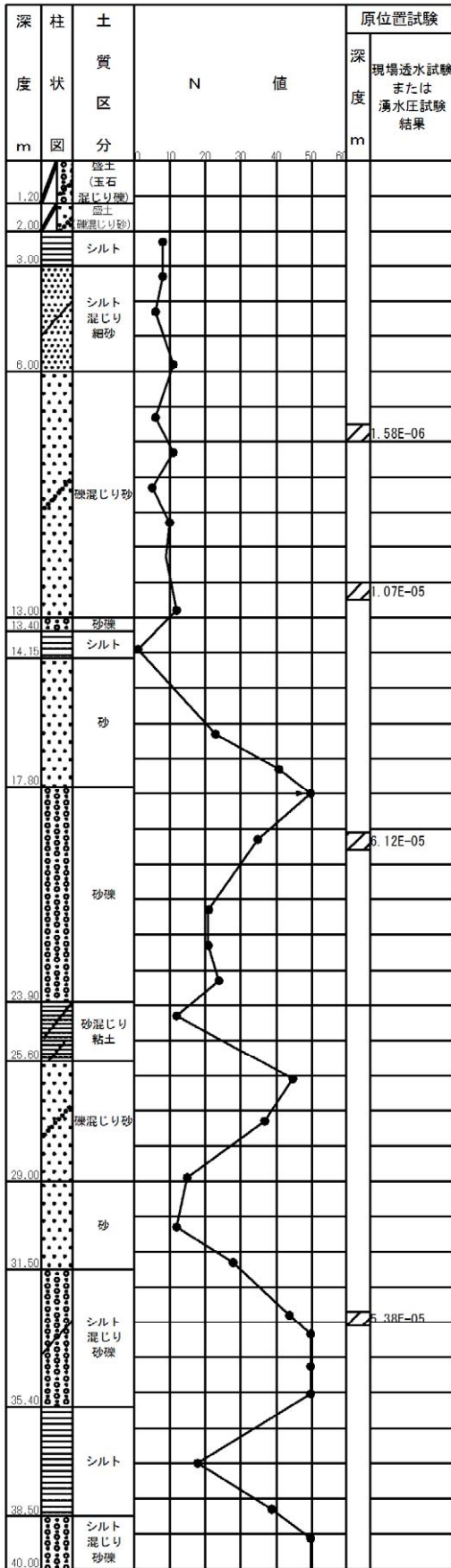
透水係数の単位 : m/s

図 6-4-1-2(4) ボーリング柱状図 (地点 02-2)



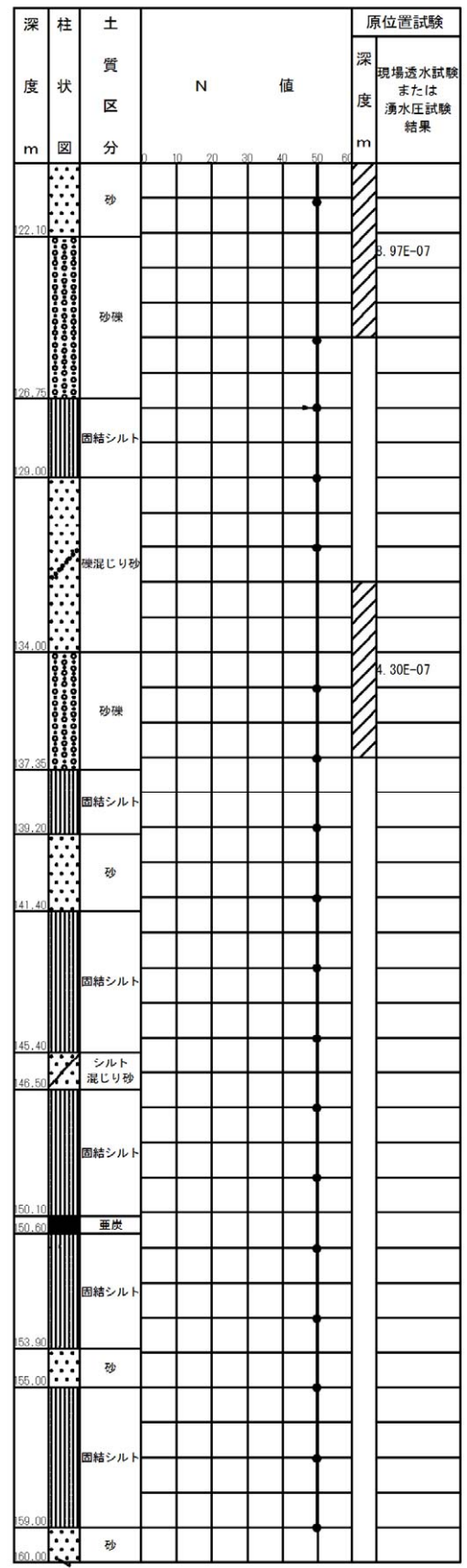
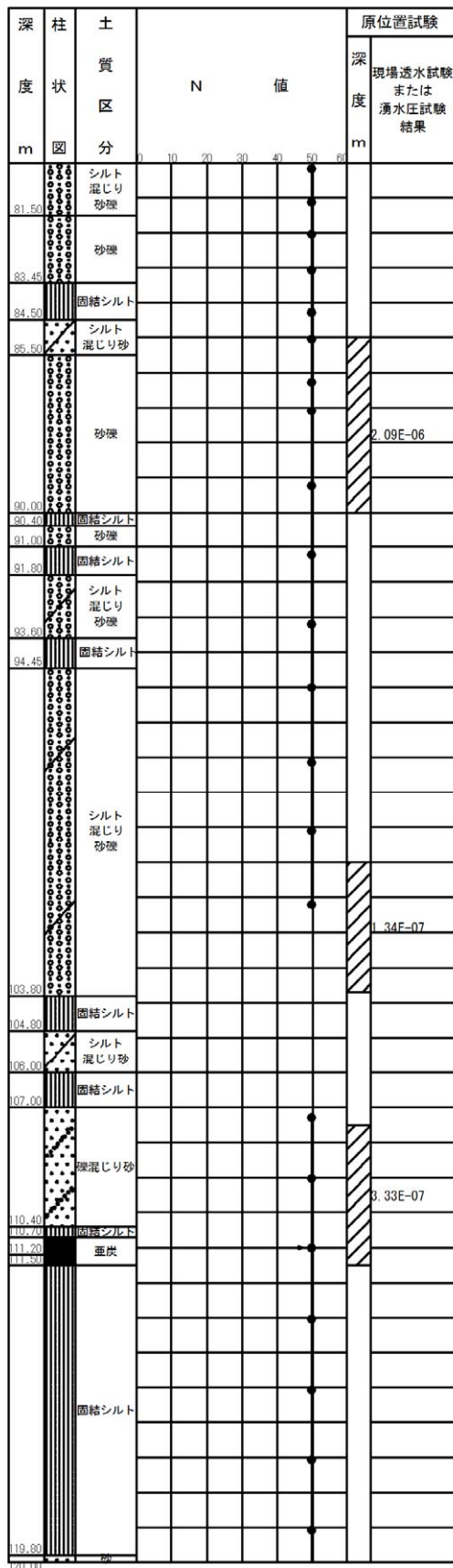
透水係数の単位 : m/s

図 6-4-1-2(5) ボーリング柱状図 (地点 03)



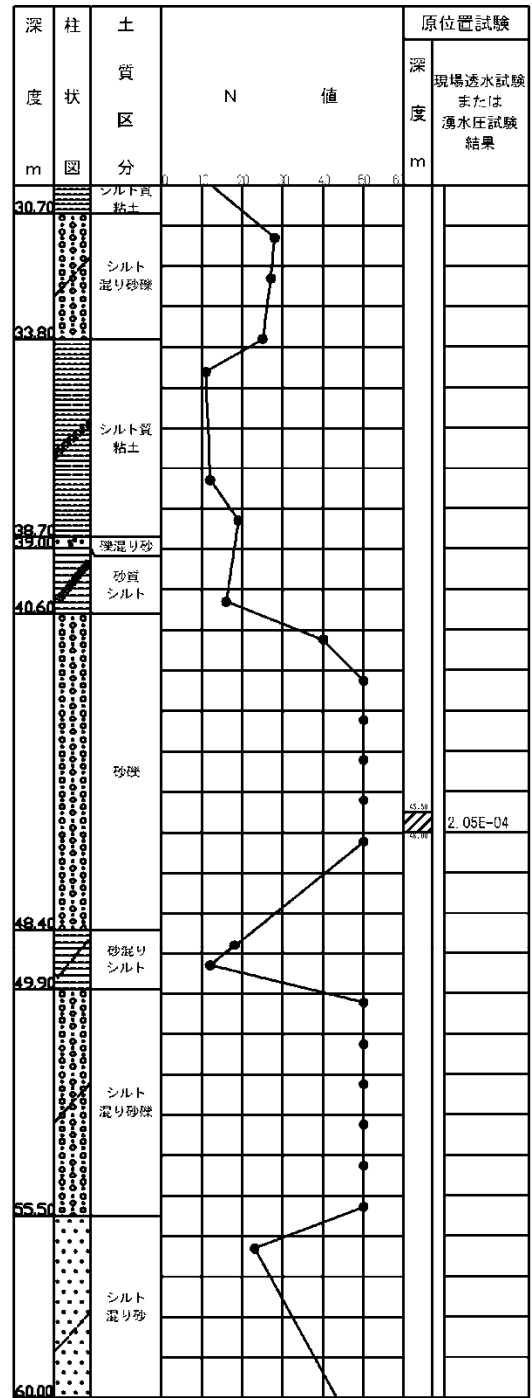
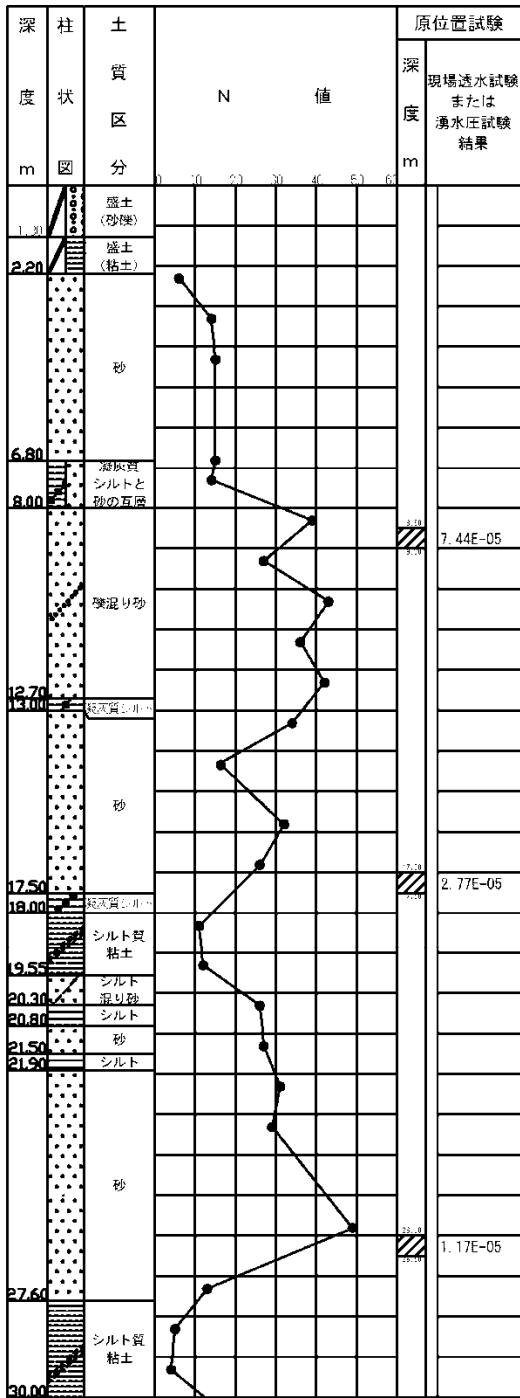
透水係数の単位：m/s

図 6-4-1-2(6) ボーリング柱状図 (地点 04-1)



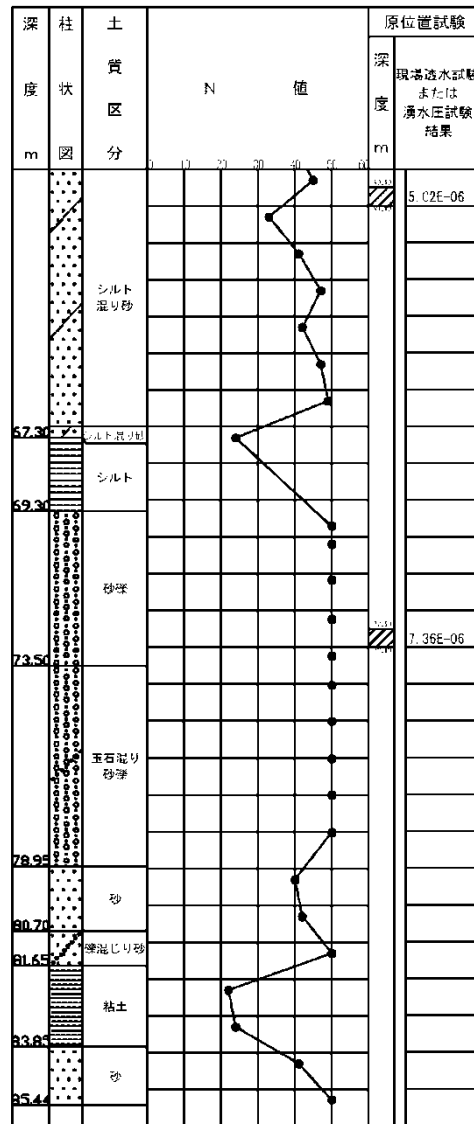
透水係数の単位 : m/s

図 6-4-1-2(7) ボーリング柱状図 (地点 04-2)



透水係数の単位 : m/s

図 6-4-1-2(8) ボーリング柱状図 (地点 05-1)



透水係数の単位 : m/s

図 6-4-1-2 (9) ボーリング柱状図 (地点 05-2)

6-4-2 地質縦断図

三次元浸透流解析で用いたモデルの基礎とした地質縦断図を図 6-4-2-1 に示す。また、高橋の水文学的方法による予測検討範囲における地質境界を区分した地質縦断図を図 6-4-2-2 に示す。

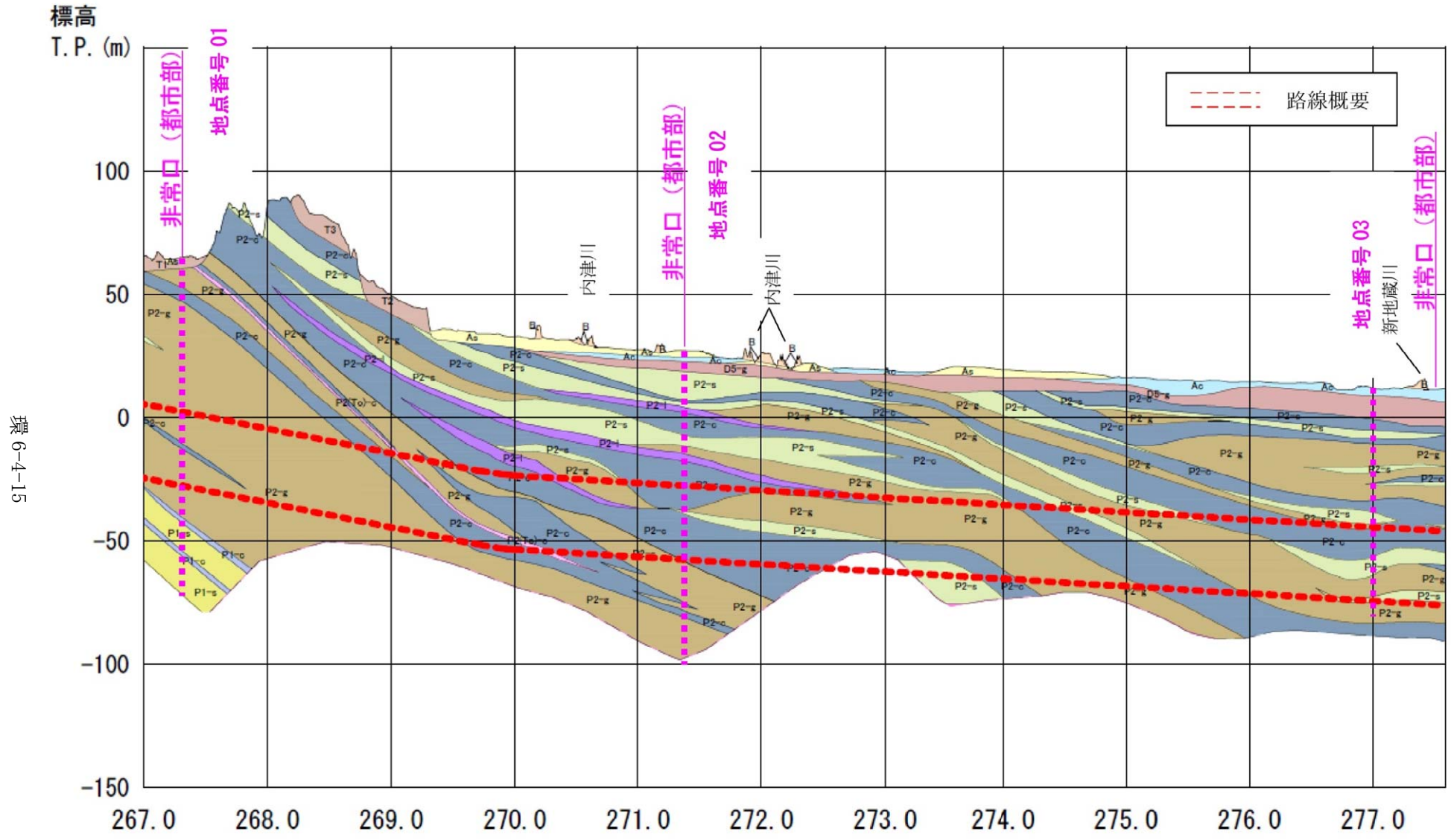
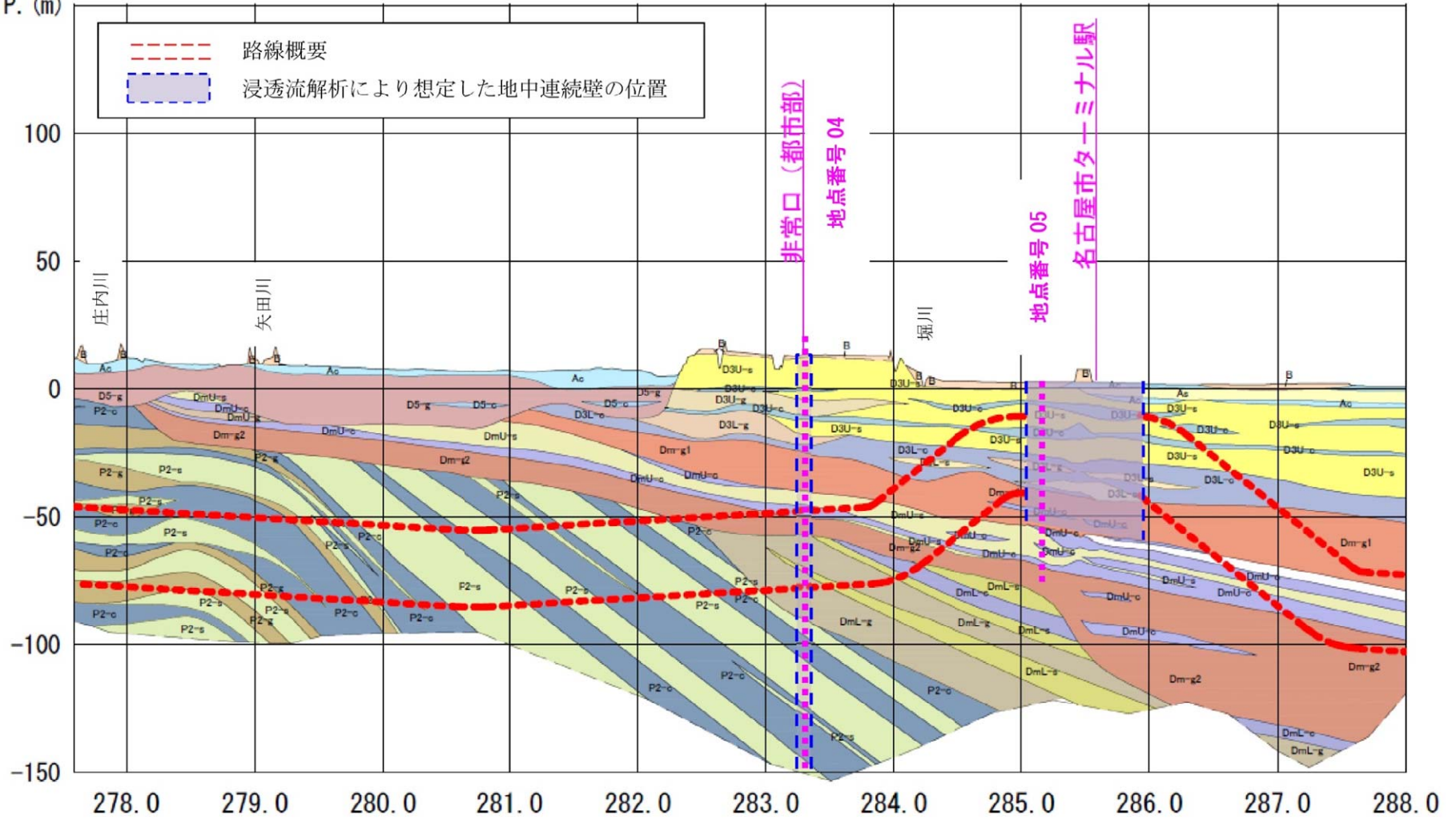


図 6-4-2-1(1) 都市トンネル区間縦断図 (春日井市)

環 6-4-15

標高
T. P. (m)



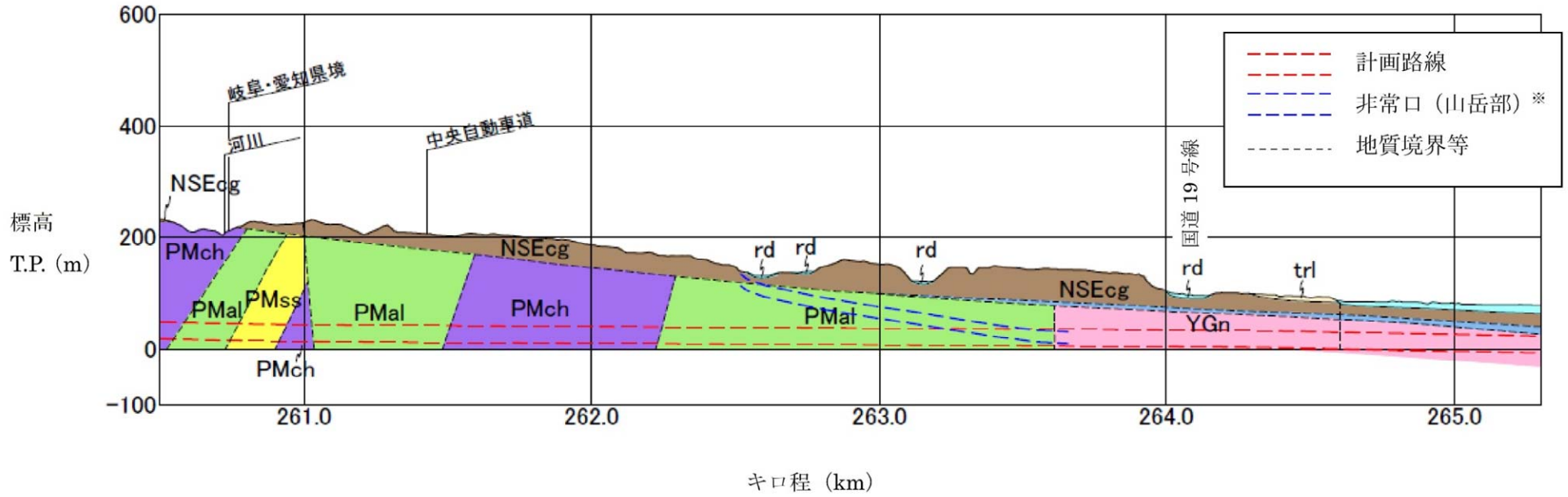
※予測評価の前提として、RC 地中連続壁の根入れ深さを考慮している。



図 6-4-2-1(2) 都市トンネル区間縦断面図 (名古屋市)

表 6-4-2-1 地質区分凡例

地層名		記号	
盛土	砂質土 ~礫主体	B	
南陽層	粘性土	Ac	
	砂質土	As	
鳥居松礫層	粘性土	D5-c	
	礫質土	D5-g	
低位段丘堆積物	礫質土	T1	
小牧礫層	礫質土	T2	
高位段丘堆積物	礫質土	T3	
熱田層	上部層	粘性土	D3U-c
		砂質土	D3U-s
		礫質土	D3U-g
	下部層	粘性土	D3L-c
		砂質土	D3L-s
		礫質土	D3L-g
海部・弥富累層 (Dm)	第二礫層	礫質土	Dm-g1
	海部累層	粘性土	DmU-c
		砂質土	DmU-s
		礫質土	DmU-g
	第三礫層	礫質土	Dm-g2
	弥富累層	粘性土	DmL-c
		砂質土	DmL-s
礫質土		DmL-g	
東海層群	矢田川累層 (土岐砂礫層)	粘性土	P2-c
		砂質土	P2-s
		礫質土	P2-g
		亜炭	P2-l
	東郷火山灰層	粘性土	P2(To)-c
	瀬戸陶土層	粘性土	P1-c
		砂質土	P1-s



※非常口（山岳部）は、計画路線に対して投影した概略の位置を描いている。

地質年代		地質名		土質・岩石名		記号	
新生代	第四紀	完新世	河床・溪床堆積物	礫、砂、粘土		rd	
		更新世	後期	低位段丘堆積物・扇状地堆積物	礫、砂		trl
			中期	高位段丘堆積物・扇状地堆積物	礫、砂		trh
		前期	瀬戸層群	土岐砂礫層	砂礫層	礫、砂	NSEcg
	新第三紀鮮新世	土岐口陶土層	泥質層	シルト、粘土、砂、亜炭	NSEal		
中生代	白亜紀	領家帯 新期花崗岩類	苗木・上松花崗岩、 土岐花崗岩	黒雲母花崗岩、 角閃石含有黒雲母花崗岩		YGn	
	白亜紀 ～ ジュラ紀	美濃帯	砂岩	砂岩		PMss	
			砂岩粘板岩互層	砂岩粘板岩互層		PMal	
		チャート	チャート		PMch		

図 6-4-2-2 予測検討範囲における地質縦断

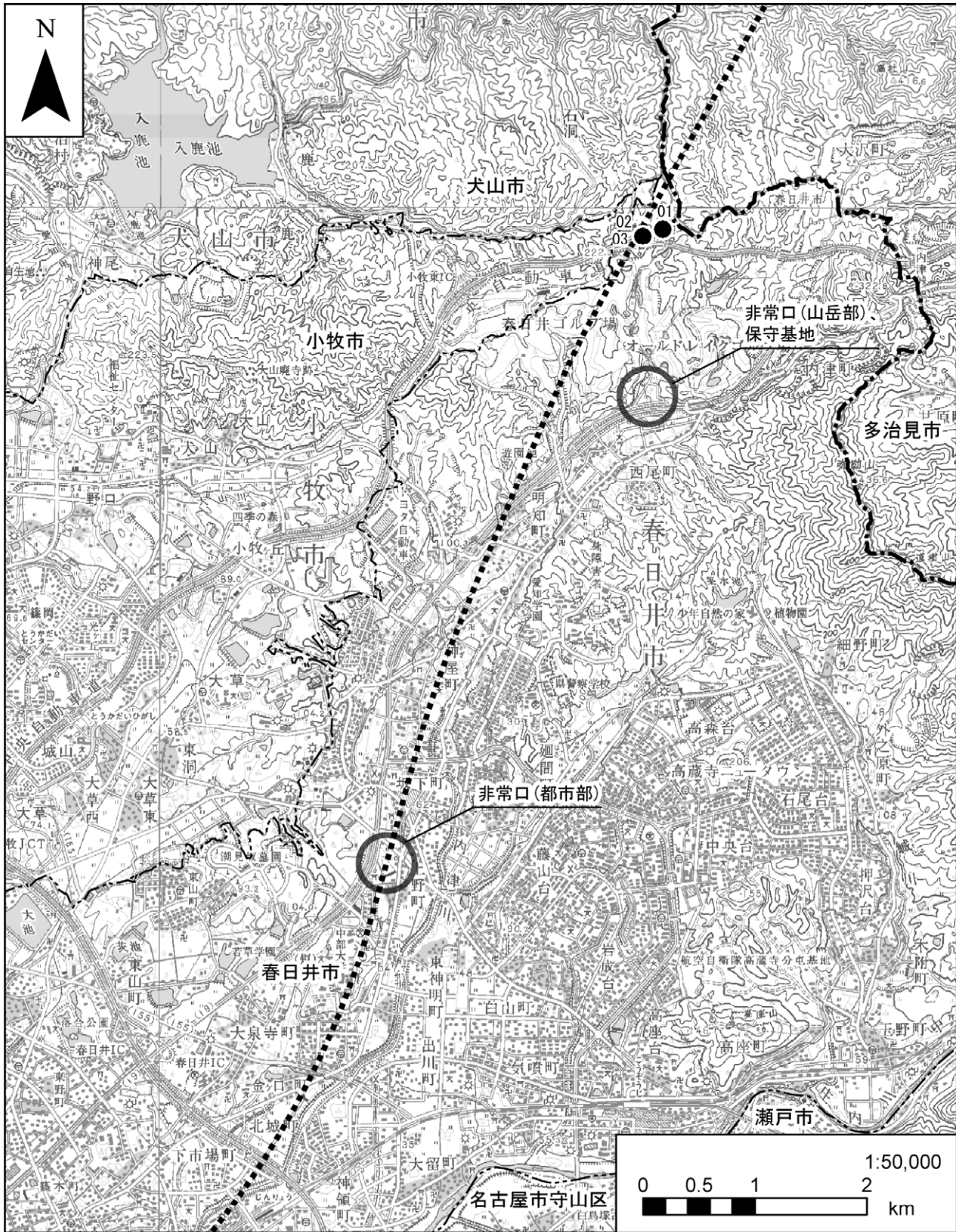
6-5 地下水の水質組成及び電気伝導率について

(1) 調査地点

現地調査地点は、調査地域の内、地下水の水質及び水位の現況を適切に把握できる地点として、当社が設置した観測井及び東海丘陵の主要な小湿地群の湧水を設定した。観測井での調査においては、浅い深度の瀬戸層群（土岐砂礫層）における地下水を対象とする観測井を浅層観測井とし、深い深度の美濃帯堆積岩における地下水を対象とする観測井を深層観測井として調査を行った。現地調査地点を、表 6-5-1、図 6-5-1 に示す。

表 6-5-1 現地調査地点

地点番号	市町村名	所在地	備考	井戸深度 (GL-m)
01	春日井市	西尾町	表層	湧水
02			浅層観測井	35.0
03			深層観測井	198.0



凡例

- 計画路線(トンネル部) ● 水質
- 県境
- - - 市区町村境

図 6-5-1 現地調査地点

(2) 調査期間

現地調査期間を、表 6-5-2 に示す。

表 6-5-2 現地調査期間

調査期間
平成 25 年 6 月 3 日

(3) 調査結果

調査結果について表 6-5-3、図 6-5-2 に示す。

表 6-5-3 調査結果（主要溶存成分及び電気伝導率）

地点 番号	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	電気 伝導率
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mS/m
01	1.1	0.5	0.3	1.3	3.8	0.8	1.8	1.7
02	3.1	2.3	1.4	6.8	7.2	1.2	9.2	7.5
03	1.3	8.3	1.4	7.8	26	8.0	7.3	9.7

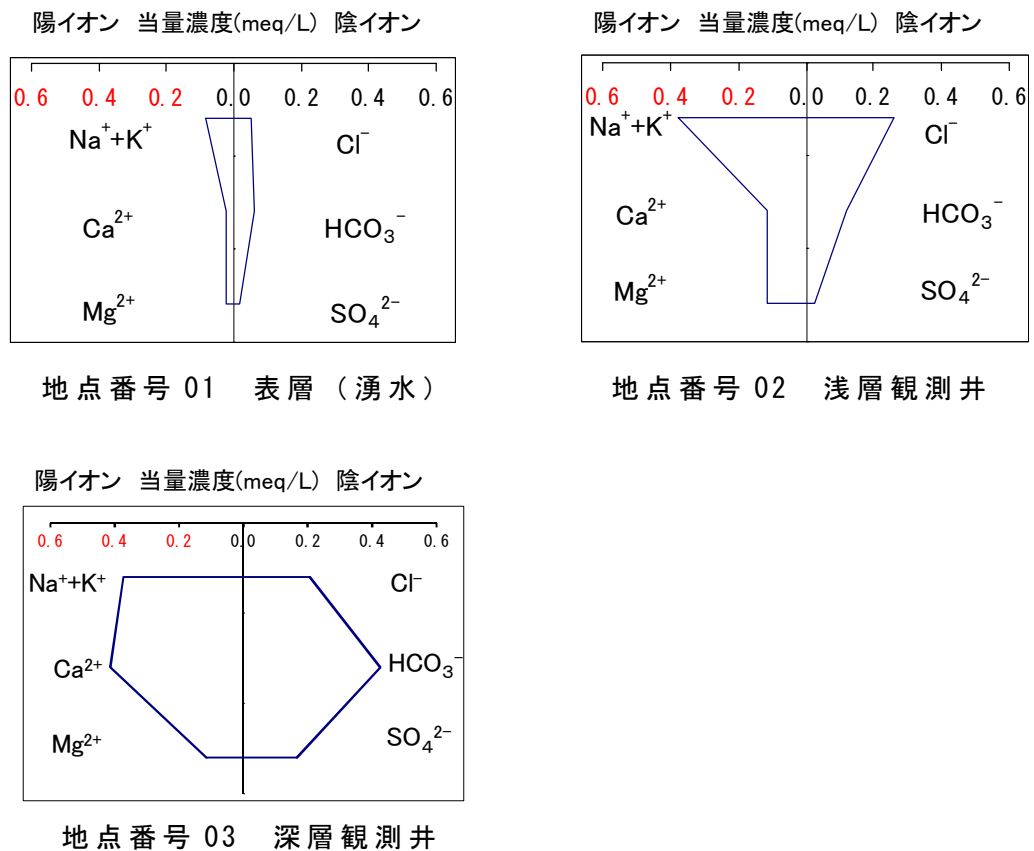


図 6-5-2 ヘキサダイアグラム

6-6 環境保全措置の具体的な内容

地下水の水位及び水資源の環境保全措置として記載している「適切な構造及び工法の採用」について、具体的なものとして、先進ボーリングによる地質確認、薬液注入工、防水シート、および覆工コンクリートがある。それらの概要について下記に示す。

6-6-1 先進ボーリング

先進ボーリングは、トンネル前方の地質状況を事前に把握するためのものであり、過去の長大トンネルにおいて用いられており、青函トンネルでは、2,150mの水平ボーリングの実績がある。施工イメージおよび機械を図 6-6-1 および図 6-6-2 に示す。当社においても山梨県早川町における地質調査のための作業坑や山梨リニア実験線の延伸工事において実績があり、十分な信頼性があることを確認している。

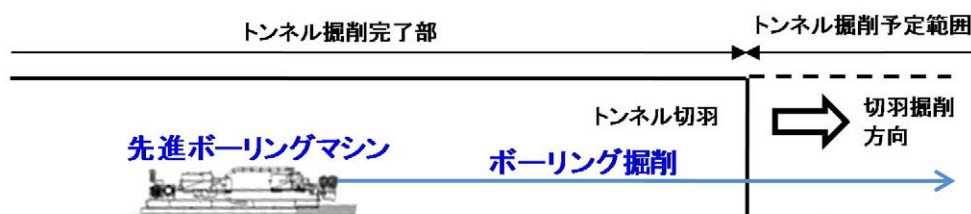


図 6-6-1 先進ボーリングマシンの施工イメージ（断面図）



図 6-6-2 先進ボーリングマシン

6-6-2 薬液注入工

地盤改良材として薬液を地盤中に注入し、地盤の透水性を抑えてトンネル内の湧水量を減少させる工法である。工法の施工例及びイメージを図 6-6-3 および図 6-6-4 に示す。

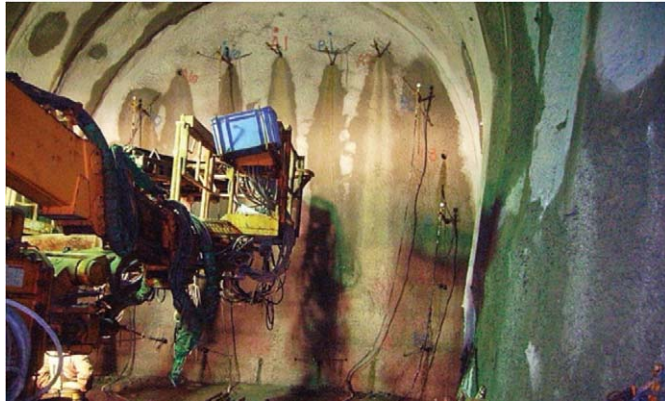
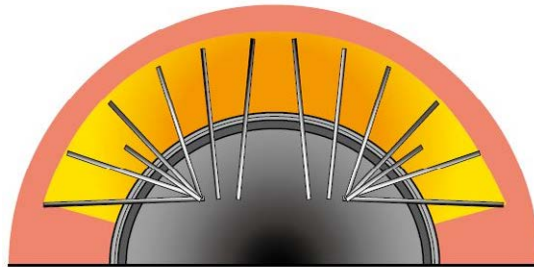


図 6-6-3 薬液注入工の施工例

(ライト工業(株)、「トンネル工事の補助工法」(2013年4月)より抜粋)

断面図



側面図

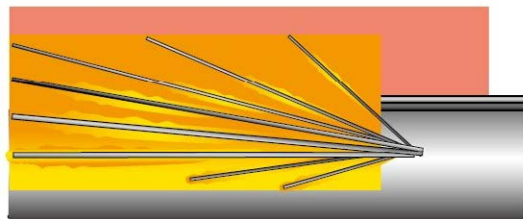


図 6-6-4 薬液注入工の施工イメージ

(ライト工業(株)、「トンネル工事の補助工法」(2013年4月)より抜粋)

6-6-3 防水シート

防水シートは、山岳トンネルの防水工として、品質のばらつきが少なく、信頼性の高い防水層を形成できるため多用されているものであり、吹付けコンクリート等の下地面への固定、シート自体の破損防止、シート背面にある程度の透水層を形成するために、不織布、織布等の裏面緩衝材が付いた複合積層シートが用いられることが多い。また、覆工コンクリート打込み時に考えられる機械的衝撃、フレッシュコンクリートの圧力、水圧等の力に対して十分な伸びと強さを有するとともに、コンクリート成分や湧水成分等に対する耐久性を備えた構造、材質であることが要求される。施工状況の例を図 6-6-5 に示す。



図 6-6-5 防水シートの施工例（一般国道 191 号線 萩・三隅道路）
（国土交通省 中国地方整備局 山口河川国道事務所ホームページより抜粋）

6-6-4 覆工コンクリート

覆工コンクリートは、下記のような役割をもつものとして施工される。施工状況の例を図 6-6-6 に示す。

供用性については、

- ① 地下水等の漏水の少ない、水密性のよい構造物にする。
- ② 供用中の点検、保守等の作業性を高める。
- ③ 水路トンネルの場合、粗度係数を向上させ通水効率を高める。
- ④ トンネル内の架線、照明、換気等の施設を保持する。

力学的特性については、

- ① 掘削後、支保工により地山の変形が収束した後、覆工を施工することが一般的であり、覆工には、基本的には荷重が作用しないものとする。したがって、地質の不均質性、支保工の品質のばらつき等の不確定要素を考慮し、構造物全体としての安全率を増加させる。
- ② 地山の変形が収束しない状態で覆工を施工する場合には、トンネルの安定に必要な拘束力を地山に与える。
- ③ 覆工を施工後、水圧、上載荷重等によって外力が発生した場合、これを支保する。
- ④ 使用開始後の外力の変化や地山や支保工材料の劣化に対し、構造物としての耐久性を向上させる。



図 6-6-6 覆工コンクリートの施工例（一般県道 常神三方線 神子トンネル）
（福井県 敦賀土木事務所 道路改良主要事業 ホームページより抜粋）