

第9節 地盤

対象道路事業実施区域及びその周辺には住居等が存在し、また、軟弱地盤と想定される沖積層を通過する計画のため、切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水位の低下による地盤の影響が考えられるため、調査、予測及び評価を行いました。

9.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地盤

1) 調査

(1) 調査の手法

① 調査した情報

a) 地下水位等の状況

地下水位等の状況については、「第8章 第8節 8.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の地下水位等の状況の調査した情報と同様です。

b) 帯水層の地質・水理の状況

帯水層の地質・水理の状況については、「第8章 第8節 8.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の帯水層の地質・水理・水質の状況の調査した情報と同様です。

c) 軟弱地盤の状況

軟弱地盤層の分布と性状を調査しました。

d) 地盤強度の低下の情報

化学反応による地盤強度の低下等をもたらす還元性を示す地層に関する情報を調査しました。

② 調査手法

調査は、既存資料調査及び現地調査により行いました。

既存資料調査は、調査地域における帯水層の地質・水理の状況並びに軟弱地盤の状況を把握するため、表 8-9-1 に示す資料を整理することにより行いました。

表 8-9-1 既存資料一覧

調査した情報	資料名	発行者	発行年月
帯水層の地質・水理の状況	寝屋川北部地下河川 鶴見調節池土質調査委託(その 1~6)報告書	大阪府寝屋川水系 改修工営所	平成 24 年 6 月 平成 25 年 5 月
	寝屋川北部地下河川 都島調節池土質調査委託(その 1~4)報告書	大阪府寝屋川水系 改修工営所	平成 24 年 6 月
軟弱地盤の状況	新関西地盤 2007	KG-NET・関西圏地盤 研究会	平成 19 年 12 月
	新編 大阪地盤図	KG-NET・関西圏地盤 研究会	昭和 62 年 11 月

なお、調査した情報ごとの調査方法は以下に示すとおりです。

a) 地下水位等の状況

地下水位等の状況に関する調査手法は、「第 8 章 第 8 節 8.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の地下水位等の状況の調査手法と同様です。

b) 帯水層の地質・水理の状況

帯水層の地質・水理の状況に関する調査手法は、「第 8 章 第 8 節 8.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の帯水層の地質・水理・水質の状況の調査手法と同様です。

c) 軟弱地盤の状況

軟弱地盤の状況は、既存資料調査及び現地調査の結果を基に、地質断面図を作成することにより把握しました。また、軟弱地盤の土質特性については、室内土質試験の結果を整理することにより把握しました。

d) 地盤強度の低下の情報

化学反応による地盤強度の低下の情報は、地盤及び地下水を採取して化学的な試験を実施しました。

③ 調査地域

調査地域は、対象道路がトンネル構造及び掘割構造で通過する区間及びその周辺のうち、地下水位変動により地盤沈下が生じるおそれがあると想定される地域において、住居等が存在する、あるいは将来の立地が見込まれる地域としました。

④ 調査地点

調査地点は、地下水位等の状況、帯水層の地質・水理の状況、軟弱地盤層の状況及び化学反応による地盤強度の低下等の情報を適切に把握できる地点としました。

調査地点は、「第8章 第8節 8.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の地下水位等の状況、帯水層の地質・水理の状況、地盤及び地下水の酸性化の調査地点と同様です。

⑤ 調査期間等

現地調査の調査期間は、地下水の状況等を適切に把握できる期間として、表 8-9-2 に示す期間に行いました。

表 8-9-2 現地調査期間

調査項目	調査内容	調査期間	備考
地下水位の状況	地下水位の経時変動 (地下水位観測調査)	平成 25 年 3 月～ 平成 27 年 2 月	自記式水位計 による連続観測
帯水層の地質・水理の 状況、軟弱地盤の状況	帯水層の地質の状況 (地質調査、土質試験)	平成 24 年 11 月～ 平成 25 年 2 月	1 孔あたり 1 回
	帯水層の水理の状況 (透水試験)	平成 24 年 11 月～ 平成 25 年 2 月	1 孔あたり 1 回
地盤強度の低下等に関 する情報	地盤の酸性化 (土質試験：化学的試験)	平成 25 年 7 月～ 平成 26 年 3 月	1 孔あたり 1 回
	地下水の酸性化 (地下水質調査)	平成 25 年 9 月	1 孔あたり 1 回

(2) 調査の結果

① 地下水位等の状況

地下水位等の状況については、「第8章 第8節 8.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の地下水位等の状況の調査結果と同様です。

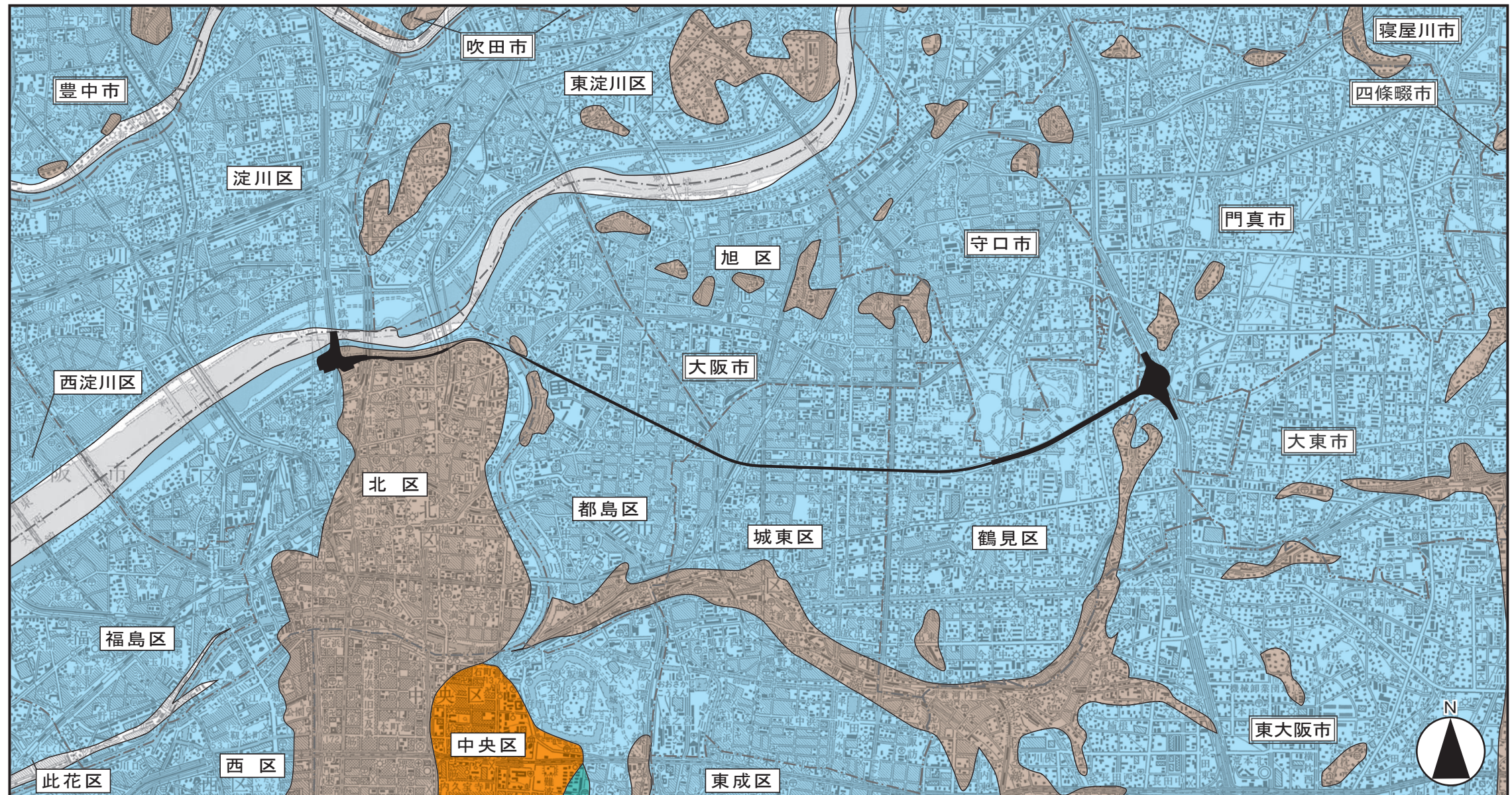
② 帯水層の地質・水理の状況

帯水層の地質・水理の状況については、「第8章 第8節 8.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の帯水層の地質・水理・水質の状況の調査結果と同様です。

③ 軟弱地盤の状況

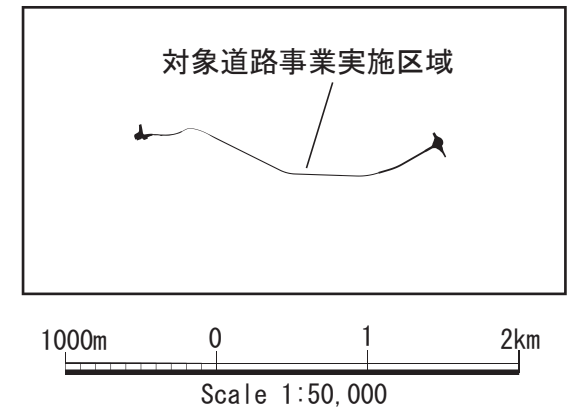
a) 軟弱地盤の分布状況

調査地域における軟弱地盤（沖積層）の分布状況を図8-9-1に示します。



凡 例		
記号	名 称	備 考
	礫及び砂	砂州・砂堆・自然堤防
	礫・砂及び粘土	沖積層（軟弱地盤）
	礫及び砂	中位段丘層
	礫・砂・粘土及び火山灰	大阪層群上部垂層群及びその相当層

出典：新編 大阪地盤図（昭和 62 年、土質工学会編）



図名 図8-9-1 軟弱地盤（沖積層）の分布状況

b) 軟弱地盤の土質特性

調査地域における軟弱地盤（沖積層）の土質試験結果を表 8-9-3 に示します。

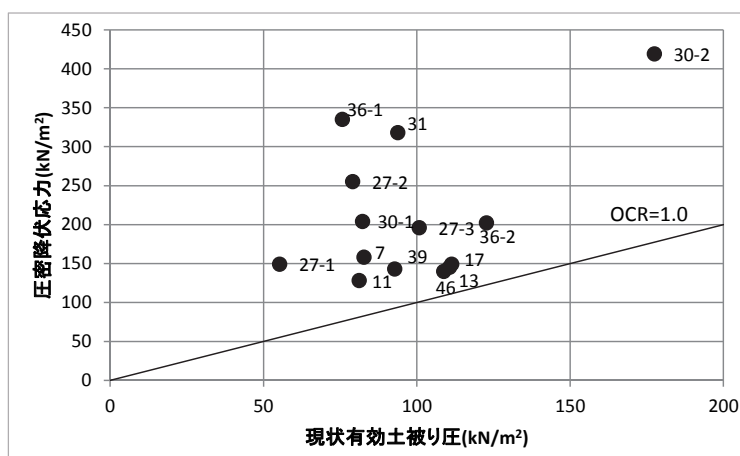
また、当該土質試験結果を基に圧密降伏応力と現状有効土被り圧の関係（OCR：過圧密比）を求めた結果を図 8-9-2 に示します。

土質試験の結果、調査地域における軟弱地盤（沖積層）は、過圧密～若干過圧密な地盤となっています。

表 8-9-3 軟弱地盤（沖積層）の土質試験結果

番号	土質区分	試料採取深度 (m)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	間隙比 e_0	現状有効土被り圧 P_0 (kN/m ²)	圧密降伏応力 P_c (kN/m ²)	圧縮指数 C_c
7	砂質粘土	9.00～9.90	1.73	1.21	82.8	158	0.49
11	砂質シルト	8.00～8.75	1.73	1.20	81.2	128	0.37
13	粘土	9.60～10.40	1.60	1.79	110.7	145	0.93
17	粘土	11.00～11.80	1.53	2.10	111.4	149	1.30
27-1	砂混じりシルト	5.00～5.80	1.64	1.30	55.3	149	0.38
27-2	砂質シルト	8.00～8.80	1.70	1.19	79.1	255	0.40
27-3	粘土	12.00～12.80	1.59	1.81	100.8	196	0.99
30-1	砂混じりシルト	8.00～8.85	1.72	1.19	82.3	204	0.37
30-2	砂混じりシルト	20.00～20.75	1.75	1.12	177.5	419	0.44
31	砂混じりシルト	8.00～8.80	1.67	1.29	93.8	318	0.43
36-1	砂質粘土	6.50～7.40	1.89	0.93	75.7	335	0.30
36-2	砂質粘土	12.60～13.50	1.75	1.36	122.7	202	0.72
39	砂混じり粘土	9.00～9.80	1.66	1.53	92.8	143	0.82
46	砂混じりシルト	10.00～10.80	1.65	1.59	108.8	140	0.90

注) 番号は、表 8-8-5 に対応しています。また、番号の枝番は、同一の調査地点において、試料採取深度が複数あることを示しています。



注) OCR (過圧密比)
 圧密降伏応力と現状有効土被り圧の比を示します。OCR が 1.0 の場合、両者が等しい状態を表しています。OCR の値が大きい程、地盤が沈下しにくい地層（過圧密）であることを示しています。

図 8-9-2 圧密降伏応力と現状有効土被り圧の関係

④ 地盤強度の低下の情報

化学反応による地盤強度の低下は、地盤及び地下水の酸性化に伴い生じる可能性があります。

地盤及び地下水の酸性化の状況は、「第 8 章 第 8 節 8.1 切土工等、並びに道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の地盤及び地下水の酸性化の調査結果と同様です。

2) 予測

(1) 予測の手法

① 予測手法

a) 予測手順

切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水位の低下による地盤の沈下量に関する影響は、図 8-9-3 に示す手順に従って、圧密理論モデル（圧密理論式）により圧密沈下量を予測することにより行いました。

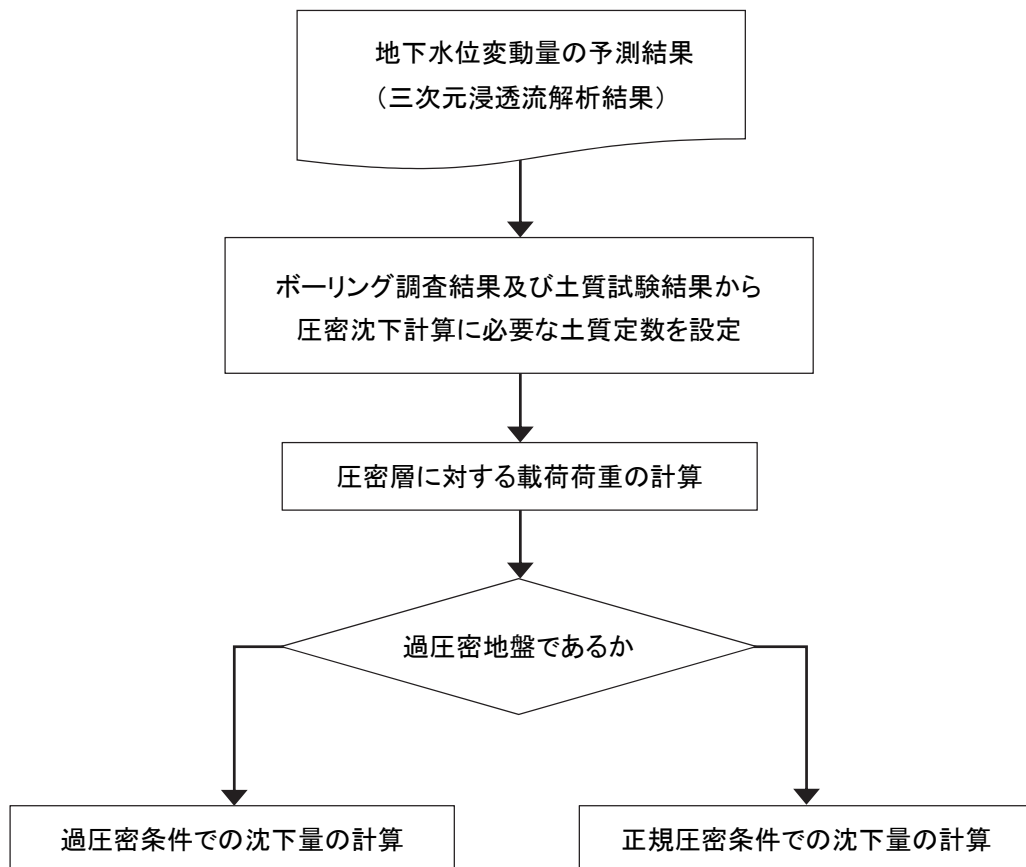


図 8-9-3 地盤の沈下量に関する予測手順

b) 予測手法の概要

切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水位の低下による地盤の沈下量に関する影響は、予測地点における地下水位の変動量を予測した結果を基に、以下の圧密理論モデル（圧密理論式）により圧密沈下量を予測することにより行いました。

地下水位の低下による地盤沈下（圧密沈下）は、地下水位が低下すると粘性土層内に過剰間隙水圧が発生、消散して有効応力が増大する過程で粘性土層の圧密が起こることにより生じます。地下水位の低下による地盤沈下（圧密沈下）の概念図を図8-9-4に示します。

また、化学反応による地盤強度の低下等は、地盤及び地下水の調査結果を基に定性的な予測を行いました。

・過圧密領域

$$S = \frac{C_s}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \dots\dots\dots (1)$$

・正規圧密領域

$$S = \frac{C_s}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{p_c}{p_0} + \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_c} \dots\dots\dots (2)$$

- ここに、 S : 圧密沈下量 (mm)
- e_0 : 初期間隙比
- C_s : 再圧縮指数 (=0.114 C_c)
- C_c : 圧縮指数
- H : 沈下対象層の層厚 (mm)
- p_c : 圧密降伏応力 (kN/m²)
- Δp : 水位低下による増加応力 (kN/m²)

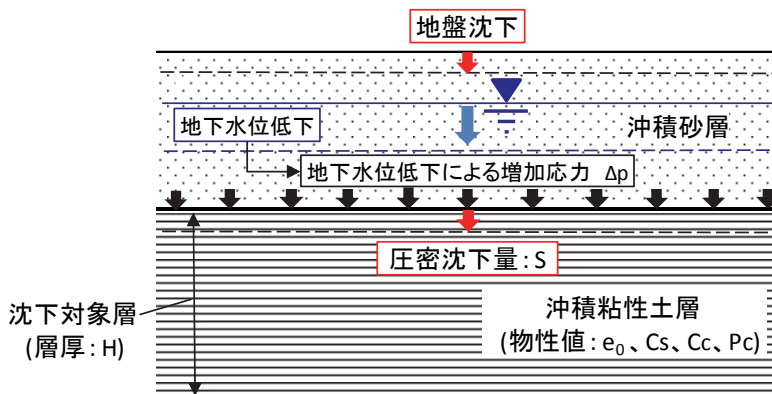


図 8-9-4 地下水位の低下による地盤沈下（圧密沈下）の概念図

② 予測地域

予測地域は、対象道路がトンネル構造及び掘割構造で通過する区間及びその周辺のうち、地下水位変動により地盤沈下が生じるおそれがあると想定される地域において、住居等が存在する、あるいは将来の立地が見込まれる地域としました。

③ 予測地点

切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地盤の沈下量に関する予測地点は、地質の状況、土地利用の状況等から、予測地域の地下水の変動による地盤沈下の影響を的確に把握できる地点として、圧密沈下対象層となる沖積粘性土層が分布する範囲において、「第 8 章 第 8 節 8.1 切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」における浅層地下水の水位低下量が最大となる地点としました。

④ 予測対象時期等

予測対象時期は、道路（掘割式、地下式）の設置が完了する時期、及び影響が最大になると想定される工事（掘割式、地下式の区間）の時期としました。

⑤ 予測条件

予測地域における沈下対象層の層厚及び現状有効土被り圧を表 8-9-4 に示します。

また、切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地盤の沈下量に関する予測に用いた解析地盤モデルを図 8-9-5 に示します。

なお、予測地域における沈下対象層の層厚は一様ではないと考えられるため、平均層厚と最大層厚の 2 ケースについて予測計算を行いました。沈下対象層厚は、表 8-9-3 に示す土質試験を行った調査地点及び既存資料の結果から設定しました。

表 8-9-4 沈下対象層の層厚及び現状有効土被り圧

予測地域	層厚区分	沖積粘性土層厚(m) [沈下対象層厚]	現状有効土被り圧 ρ_0 (kN/m ²)
豊崎地区	平均層厚	7.1	124.2
	最大層厚	11.0	101.9
鶴見地区	平均層厚	5.0	126.3
	最大層厚	10.0	119.7

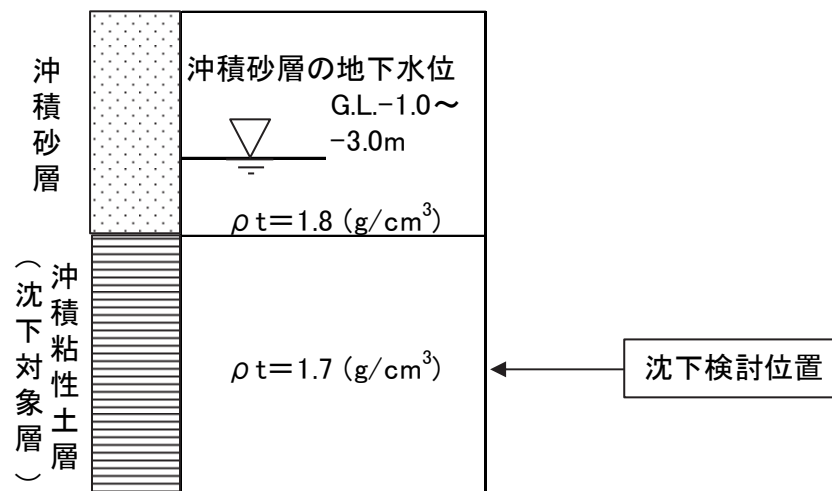


図 8-9-5 予測に用いた解析地盤モデル

(2) 予測の結果

① 地下水位の低下に伴う地盤沈下

予測結果を表 8-9-5 に示します。

予測の結果、浅層地下水位の最大低下量は、豊崎地区で 180mm、鶴見地区で 20mm となり、これに伴う地盤沈下量は、平均層厚の場合で豊崎地区が約 1mm、鶴見地区が約 0.1mm となります。

また、最大層厚の場合で豊崎地区が約 2mm、鶴見地区が約 0.2mm となります。

表 8-9-5 予測結果（地下水位の低下に伴う地盤沈下）

予測地域	浅層地下水位 の最大低下量 (mm)	地盤沈下量(mm)	
		平均層厚の場合	最大層厚の場合
豊崎地区	180	約 1	約 2
鶴見地区	20	約 0.1	約 0.2

② 化学反応による地盤強度の低下に伴う地盤沈下の予測

化学反応による地盤強度の低下は、地盤及び地下水の酸性化に伴い生じる可能性があります。

調査の結果、対象道路事業実施区域及びその周辺の地層は、長期間にわたって空気に触れた場合に酸性化するおそれのある地盤が存在しますが、本事業のシールドトンネル工事にあたっては、密閉型シールド工法を採用することにより、シールドによる掘削直後に、セグメントにより露出した地盤を覆うため、地盤及び地下水が直接空気に触れることはなく、地盤及び地下水の急激な酸性化は生じないと考えられます。

なお、開削工法の採用を計画している浅い地盤については、現況の浅層地下水位の変動により、既に空気にさらされており、掘削により空気に触れることになっても酸性化が進むことはほとんどないと考えられます。

このため、事業実施による地盤及び地下水の酸性化に伴う有害なガスの発生、地盤の発熱についても生じないと考えられます。

したがって、化学反応による地盤強度の低下は生じないものと予測されます。

3) 環境保全措置の検討

(1) 環境保全措置の検討の状況

予測の結果、切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在による地盤沈下量は、約0.1～2mmであり、影響の程度は極めて小さいと考えられますが、浅層地下水の涵養源となっていると考えられる淀川沿いに開削トンネルが計画されているため、事業者の実行可能な範囲内で環境影響をできる限り回避又は低減することを目的として、表8-9-6に示すとおり、環境保全措置の検討を行いました。

表 8-9-6 環境保全措置の検討の状況

環境保全措置	実施の適否	適否の理由
地下水流動保全工法の採用	適	工事の実施及び道路の存在により、地下水の流れを阻害するおそれのある区間において、地下水流動保全工法を採用することにより、地下水位の変動が低減され、これに伴い地盤への影響も低減されることから、適切な環境保全措置であると考え、採用します。

(2) 環境保全措置の実施主体、方法その他の環境保全措置の実施の内容

環境保全措置としては、「地下水流動保全工法の採用」を実施します。

環境保全措置の実施主体は事業者です。環境保全措置の実施内容等の検討結果は表8-9-7に示すとおりです。また、環境保全措置として採用する地下水流動保全工法の概念図は、「第8章第8節8.1切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地下水」の環境保全措置の検討に示すとおりです。

なお、地下水流動保全工法については、施工事例により効果が報告されていることから、地盤沈下の影響をより低減するための環境保全措置として適切であると考えられます。

地下水流動保全工法に関する施工方法の具体化にあたっては、事業実施段階における詳細な地質調査等の結果及び三次元浸透流解析等の結果を踏まえ、必要に応じて専門家等からの技術的助言を得ながら、当該工法の維持管理及び機能回復の方法も含めて検討を行います。

また、工事の完了後（道路構造物設置後）については、地下水流動工法の適切な維持管理を行い、当該工法の機能及び効果が恒久的に維持されるよう努めます。

表 8-9-7 環境保全措置の検討結果

実施内容	種類	地下水流動保全工法の採用
	位置	開削トンネル区間、掘割区間
保全措置の効果		地下水流動保全工法を採用することにより、地下水位の変動が低減され、これに伴い地盤への影響が低減されます。
他の環境への影響		地下水流動を保全することにより、地下水への影響が緩和されます。

4) 事後調査

(1) 事後調査の内容

環境保全措置として採用する地下水流動保全工法については、施工事例により効果が報告されているため不確実性はありますが、環境保全措置の実施にあたっては、その内容を詳細なものにする必要があるとともに、その効果を検証しながら施工を行う必要があることから、事後調査を実施します。

事後調査の実施主体は事業者です。事後調査の内容は表 8-9-8 に示すとおりです。

なお、事後調査の結果、地下水流動保全工法の効果が確認されない場合は原因究明を行い、その結果を踏まえ、関係機関と連携・調整を図り、必要に応じて専門家等からの技術的助言を得ながら、施工計画の見直しを含む必要な措置を講じます。

表 8-9-8 事後調査の内容

調査項目	調査内容
地盤沈下量	○調査時期 工事中（土地の改変前を含む）、道路構造物設置から一定期間（地下水の水位に係る事後調査と同時期） ○調査範囲 対象道路の開削トンネル区間、掘割区間 ○調査方法 測量等による方法

(2) 事後調査の結果により環境影響の程度が著しいことが明らかとなった場合の対応の方針

当該対象道路事業に起因した、事前に予測し得ない環境影響の程度が著しいことが明らかとなった場合は、事業者が関係機関と協議し、専門家の意見及び指導を得ながら、必要に応じて適切な措置を講じます。

(3) 事後調査結果の公表方法

事後調査結果の公表については、原則として事業者が行います。対象道路事業に係る工事が完了した後、報告書を作成します。その際、工事の実施にあたって講じた環境保全措置の効果を確認した上で作成します。

また、対象道路事業に係る工事の実施中又は土地若しくは工作物の供用開始後において、環境保全措置の実施の内容等又は事後調査の結果等を公表します。

5) 評価

(1) 評価の手法

① 回避又は低減に係る評価

切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地盤に関する影響が、事業者により実行可能な範囲内でできる限り回避され、又は低減されており、必要に応じその他の方法により環境の保全についての配慮が適正になされているかどうかについて、見解を明らかにすることにより評価を行いました。

(2) 評価の結果

① 回避又は低減に係る評価

切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在による地盤沈下量は、約 0.1～2mm と予測され、影響の程度は極めて小さいと考えられます。また、事業実施による地盤及び地下水の酸性化に伴う有害なガスの発生、地盤の発熱及び強度低下は生じないと考えられます。

また、環境保全措置として、表 8-9-7 に示す「地下水流動保全工法」を事後調査により効果を検証しながら実施するとともに、工事の完了後（道路構造物設置後）における当該工法の機能及び効果が恒久的に維持されるよう努めます。

これらのことから、切土工等及び道路（掘割式、地下式）の存在に係る地盤に関する影響は、事業者により実行可能な範囲内でできる限り回避又は低減されていると評価します。