

第9節 地盤

事業実施区域及びその周辺には、住居等及び軟弱地盤帯等が存在し、かつその周辺の対象道路のうち一部の区間について地下式で計画しているため、工事の実施(掘削工事、トンネル工事の実施)及び土地又は工作物の存在及び供用(道路(地下式)の存在)に係る地盤沈下の影響が考えられることから、地盤の調査、予測及び評価を行いました。

1.1. 掘削工事、トンネル工事の実施及び道路(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

調査した情報は以下のとおりです。

- ・地下水の状況
- ・軟弱地盤層の状況

② 調査の手法

調査は、既存資料調査及び現地調査により行いました。

(a) 地下水の状況

「第11章 第6節 6.1. 掘削工事、トンネル工事の実施及び道路(地下式)の存在に係る地下水の水位」の地下水の状況の調査手法と同様としました。

(b) 軟弱地盤層の状況

軟弱地盤の分布及び性状は、既存資料調査により行いました。

このうち、軟弱地盤の性状については、国土地盤情報サイトで公開されている地質情報をもとに、軟弱地盤層厚、軟弱地盤の地盤特性を整理しました。

③ 調査地域

調査地域は、対象道路がトンネル構造となる範囲の周辺において、地下水位の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、住居等の保全対象が存在する地域としました。

④ 調査地点

地下水の状況、軟弱地盤層の状況を適切に把握できる地点としました。

(a) 地下水の状況

「第11章 第6節 6.1. 掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地下水の水位」の地下水の状況の調査地点と同様としました。

(b) 軟弱地盤層の状況

既存資料調査によって確認した、軟弱地盤の性状に係る地質調査地点を図11-9-1に示します。

⑤ 調査時期等

(a) 地下水の状況

「第11章 第6節 6.1. 掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地下水の水位」の地下水の状況の調査時期等と同様としました。

(b) 軟弱地盤層の状況

既存資料調査の調査期間等は、最新のものを入手可能な時期としました。

2) 調査の結果

① 地下水の状況

「第11章 第6節 6.1 掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地下水の水位」の地下水の状況の調査の結果と同様です。

② 軟弱地盤層の状況

軟弱地盤の分布は、「第4章 第1節 1.4. 地形及び地質の状況」の軟弱地盤（表層地質図における沖積層の後背湿地及び谷底低地堆積物、崩積堆積物及び沖錐堆積物の泥、砂、礫等）の状況と同様です。

軟弱地盤の性状は、国土地盤情報サイトで公開されている地質情報（ボーリング柱状図における粘土、シルト、砂質粘土等の粘性土層の性状）により確認しました。収集した地質調査結果を表 11-9-3 に示します。

また、収集した室内土質試験結果を表 11-9-1 に¹、室内土質試験結果から求められた地盤特性は表 11-9-2 に示すとおりです。

表 11-9-1 室内土質試験結果一覧

No.	室内土質試験深度 (GL-m)	土質名	土質試験結果		
			細粒分含有率 Fc (%)	自然含水比 wn (%)	液性限界 (%)
5	5.15~5.45	砂まじり粘土（高液性限界）	93	43.7	56
5	16.15~16.45	砂質粘土（低液性限界）	82.7	24.9	38.4
5	20.15~20.45	砂質粘土（低液性限界）	61.6	35.8	48.1

注) No. は、図11-9-1に対応しています。

表 11-9-2 地盤特性

種別	算出方法	推定値
軟弱地盤層厚 ^{注1)} H (m)	・ボーリング調査結果より推定	H=0.0m~14.2m
圧縮指数 Cc	・液性限界 wL（物理試験結果）より推定 Cc=0.015(wL-19)	Cc=0.29~0.56
初期間隙比 e	・自然含水比 wn（物理試験結果）より推定 e=ρs/100×wn=0.0265wn (一般的な土粒子の密度 ρs=2.60~2.70g/cm ³)	e=0.66~1.16

注1) 軟弱地盤層厚は、粘土、シルトなどの粘性土層の層厚を指します。

¹ 室内土質試験は、地下水低下が想定される範囲のうち、軟弱地盤（粘土地盤）が分布し、粘性土層厚が最も厚く確認されており、予測計算に必要な地盤情報が得られている地点について収集した。

表 11-9-3 収集した地質調査結果一覧

No.	ボーリングID	業務件名	孔番号	粘土層の分布 (GL-m)	粘性土の層厚 h (m)	地下水位 (GL-m)	室内土質 試験結果
1	B4KJ201801005-5084	平成7年度 1号八町地区外1件地質調査	-	0.3~1.0、4.5~9.7	5.90	2.40	-
2	B4KJ201801005-5085	平成7年度 1号八町地区外1件地質調査	-	5.1~9.8	4.70	2.45	-
3	B4A1202301000-2392	街路整備工事の内地質調査業務委託	-	4.9~8.5、9.45~10.5	4.65	-	-
4	NGIC202300370-0012	老朽管実施設計業務(その5)	Bor04512	2.8~3.85	1.05	2.25	○
5	NGIC202300370-0013	老朽管実施設計業務(その5)	Bor04513	3.7~8.65、15.9~17.1、20.45~28.5	14.20	2.88	○
6	B4KJ201801005-5075	昭和53年度一般国道1号地質調査	-	7.5~9.36	1.86	1.70	-
7	B4KJ201801005-5073	国道1号大岩地区地質調査	-	0.65~1.5、3.85~5.5	2.50	0.00	-
8	B4KJ201801005-5076	昭和53年度一般国道1号地質調査	-	-	0.00	0.00	-
9	B4KJ201801005-5082	昭和46年度二川道路他3ヶ所地質調査	-	0.5~2.25、27.1~29.6	4.25	3.70	-
10	B4KJ201801005-5077	昭和48年度御油道路他1地点地質調査	-	23.0~23.8、25.25~26.8、29.0~30.9	4.25	9.75	-
11	B4KJ201801005-5078	昭和44年度矢作橋他4ヶ所	-	-	0.00	0.00	-
12	B4KJ201801005-5074	国道1号大岩地区地質調査	-	0.3~1.4、6.7~7.8、15~17.7、23.4~24.5、25.4~25.9、26.5~28.6	8.60	0.00	-
13	B4KJ201801005-5079	昭和48年度御油道路他1地点地質調査	-	30.15~32.3	2.15	10.10	-
14	B4KJ201801005-5072	一般国道一号地質調査	-	17.3~17.9、22.4~23.8、24.7~30.7	8.00	5.70	-
15	B4KJ201801005-5083	昭和46年度二川道路他3ヶ所地質調査	-	26.3~27.3	1.00	6.20	-
16	B4KJ201801005-5081	昭和48年度御油道路他1地点地質調査	-	2.5~3.2、29.3~31.2	1.60	9.30	-
17	B4KJ201801005-5080	昭和44年度矢作橋他4ヶ所	-	-	0.00	0.60	-
18	B4KJ201801005-5061	国道1号大岩地区地質調査	-	0.6~3.5、14.1~18.45、19.55~22.5	10.20	0.00	-
19	B4KJ201801005-5064	猿渡橋他4地点地質調査	-	0~1.8、20.0~21.2、22.0~22.8	3.80	3.30	-
20	B4KJ201801005-5065	猿渡橋他4地点地質調査	-	0~2.6、13.6~14.5、19.7~23.0	6.80	3.20	-
21	B4KJ201801005-5066	昭和53年度一般国道1号地質調査	-	-	0.00	4.57	-
22	B4KJ201801005-5063	猿渡橋他4地点地質調査	-	5.8~7.4	1.60	0.80	-
23	B4KJ201801005-5062	1号梅田橋外1件地質調査	-	1.0~2.4、3.4~11.60、12.80~13.50	10.30	1.20	-
24	B4KJ201801005-5067	昭和53年度一般国道1号地質調査	-	-	0.00	0.57	-
25	B4KJ201801005-5068	昭和46年度二川道路他3ヶ所地質調査	-	12.9~13.3	0.40	0.30	-
26	B4KJ201801005-5069	昭和53年度一般国道1号地質調査	-	-	0.00	3.90	-
27	B4KJ201801005-5070	猿渡橋他4地点地質調査	-	16.8~17.4	0.60	3.00	-
28	B4KJ201801005-5071	猿渡橋他4地点地質調査	-	-	0.00	0.90	-
29	NGIC202302729-0002	河川局部改修工事の内地質調査業務委託	R5BV-2(梅田川-1)	-	0.00	4.24	-
30	NGIC202302729-0003	河川局部改修工事の内地質調査業務委託	R5BV-3(梅田川-2)	7.5~12.45	5.25	4.40	-
31	NGIC202302938-0001	路線測量調査設計委託業務	R4B-1	-	0.00	4.90	-
32	NGIC202302938-0002	路線測量調査設計委託業務	R4B-2	-	0.00	2.80	-
33	NGIC202302938-0003	路線測量調査設計委託業務	R4B-3	-	0.00	3.40	○
34	NGIC202302938-0004	路線測量調査設計委託業務	R4B-4	-	0.00	0.00	-
35	NGIC202303529-0001	大脇住宅地質調査(第1次)	No.1	1.3~2.05、12.75~13.25、13.70~15.55	3.10	3.40	-
36	NGIC202303529-0002	大脇住宅地質調査(第1次)	No.2	12.90~14.75	1.85	4.41	-
37	NGIC202303529-0003	大脇住宅地質調査(第1次)	No.3	9.9~11.65、12.85~14.50	3.40	3.20	-
38	NGIC202206482-0006	令和4年度 土地改良施設耐震対策事業	No.1沢渡池	4.90~5.95	1.05	-	○
39	NGIC202206482-0007	令和4年度 土地改良施設耐震対策事業	No.2沢渡池	4.90~5.95	1.05	7.21	-
40	NGIC202206482-0008	令和4年度 土地改良施設耐震対策事業	No.3沢渡池	-	0.00	0.40	-
41	NGIC202206482-0009	令和4年度 土地改良施設耐震対策事業	No.4沢渡池	-	0.00	5.43	-
42	NGIC202400360-0017	令和5年度 土地改良施設耐震対策事業	No.1小屋池	1.75~2.80	1.05	-	○
43	NGIC202400360-0014	令和5年度 土地改良施設耐震対策事業	No.2小屋池	1.75~3.60	1.85	1.45	○
44	NGIC202400360-0015	令和5年度 土地改良施設耐震対策事業	No.3小屋池	0.80~2.55	1.75	0.35	-
45	NGIC202400360-0016	令和5年度 土地改良施設耐震対策事業	No.4小屋池	1.05~2.60	1.55	1.10	-
46	NGIC202400360-0009	令和5年度 土地改良施設耐震対策事業	No.1長池	-	0.00	-	○
47	NGIC202400360-0010	令和5年度 土地改良施設耐震対策事業	No.2長池	-	0.00	3.10	○
48	NGIC202400360-0011	令和5年度 土地改良施設耐震対策事業	No.3長池	1.90~3.05、3.95~4.9	2.10	0.10	-
49	NGIC202400360-0012	令和5年度 土地改良施設耐震対策事業	No.4長池	-	0.00	2.55	-

注) No. は図11-9-1に対応しています。

出典：国土地盤情報検索サイトホームページ

(2) 予測

1) 予測の手法

① 予測手順

掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地盤沈下による影響の予測は、図 11-9-2 に示す手順にしたがって、圧密理論モデル（圧密理論式）として一次元圧密沈下計算により地下水位低下に伴う地盤沈下の程度を予測しました。予測手法の概念図を図 11-9-3 に示します。トンネル施工に伴う地下水位の低下量を予測した後、調査地域の地質・地盤の状況を踏まえ、有効応力の増加に伴う沈下量を算定しました。圧密特性は既往資料で試験が実施されていなかったため、物理特性より推定しました。また、圧密試験は既往資料で実施されていなかったため、正規圧密状態の粘性土として検討を行いました。

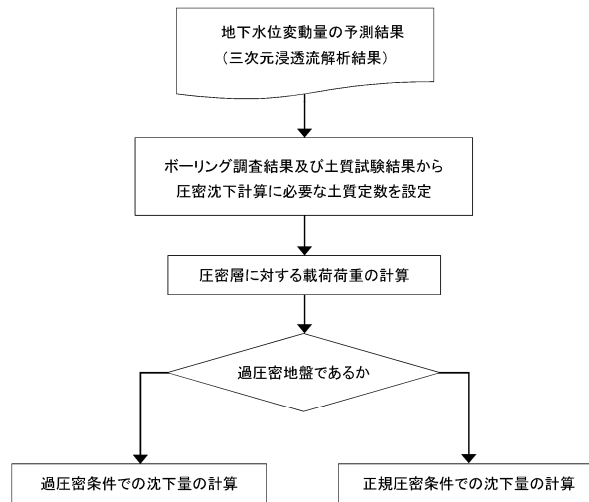


図 11-9-2 地盤の沈下量に関する予測手順

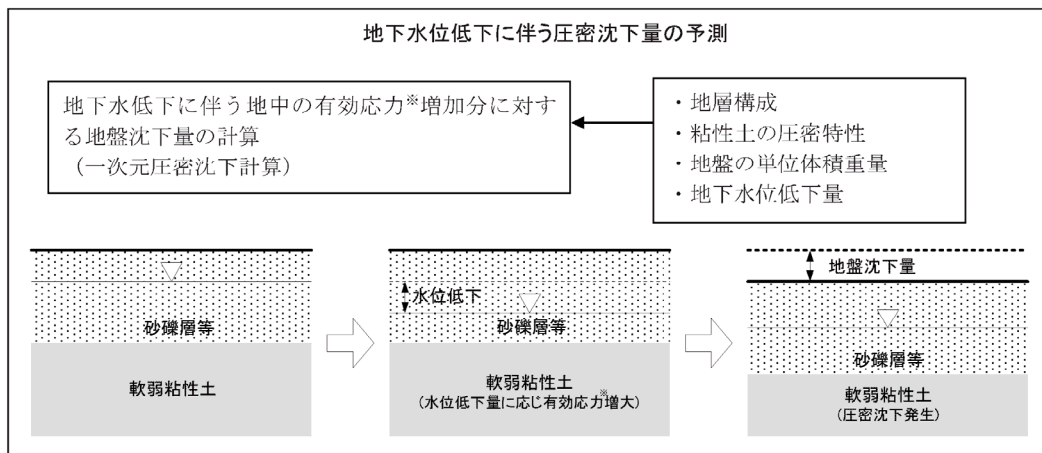


図 11-9-3 地下水位低下に伴う圧密沈下量の予測手法概念図

※有効応力

土に加えられた力を全応力といい、土の骨格構造が負担している力を有効応力という。間隙水内に発生した水圧を間隙水圧といい、有効応力は、全応力から間隙水圧を差し引いた力となる。完全に乾燥した土では、常に有効応力のみが働いている。地下水位の低下に伴い、地盤の間隙水が排水され、地盤の体積は収縮し、地盤沈下（圧密沈下）が生じる。排水によって間隙水圧は減少し、有効応力が増加する（土の骨格構造が密になり強度が増す）。

② 予測手法の概要

地盤沈下予測は、一次元圧密沈下計算により行いました。計算式は以下のとおりです。

計算式は「道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成 24 年度版）（公社）日本道路協会」に記載の一次元圧密沈下計算をもとに算出しています。

$$S = \frac{C_c h}{1 + e_i} \log_{10} \frac{p_2}{p_1}$$

ここで、

- S: 沈下量 (m)
- C_c: 粘性土の圧縮指数
- h₁: 粘性土層の層厚 (m)
- e_i: 初期間隙比
- p₁: 初期圧密圧力 (kN/m²)
- p₂: 地下水位低下時の圧密圧力 (kN/m²)

注1) h₁: 粘性土層の層厚は、表 11-9-3に示す地点のうち最も粘土層が厚い No. 5地点における粘土層の分布を基に設定しました。

なお、初期圧密圧力 p₁、地下水低下時の圧密圧力 p₂ は、以下の式より求めました。

$$p_1 = \gamma_{wB} \times h_B + \gamma'_{wB} \times h'_B + \gamma'_{wA} \times h'_A$$

$$p_2 = p_1 + \gamma' \times \Delta s$$

ここで、

- γ_{wB}: 盛土層(B層)の単位体積重量 (kN/m³)
- γ'_{wB}: 盛土層(B層)の水中単位体積重量 (kN/m³)
- γ'_{wA}: 粘性土層(A層)の水中単位体積重量 (kN/m³)
- γ': 水の単位体積重量 (kN/m³)
- h_B: 盛土層の層厚(地下水位以浅) (m)
- h'_B: 盛土層の層厚(地下水位以深) (m)
- h'_A: 粘性土層の上面から中央部までの層厚(粘性土層全層厚の1/2) (m)
- Δs: 地下水位低下量 (m)

- 注 1) γ_{wB}: 盛土層(B層)の単位体積重量は、自然地盤(砂及び砂礫)における一般的な値を踏まえ、18kN/m³としました。
- 注 2) γ'_{wB}: 盛土層(B層)の水中単位体積重量は、単位体積重量から水の単位体積重量を引き、8kN/m³としました。
- 注 3) γ'_{wA}: 粘性土層(A層)の単位体積重量は、自然地盤(粘性土)における一般的な値を踏まえ、18kN/m³としました。
- 注 4) γ'_{wA}: 粘性土層(A層)の水中単位体積重量は、単位体積重量から水の単位体積重量を引き、8kN/m³としました。
- 注 5) γ': 水の単位体積重量は 10kN/m³としました。
- 注 6) h_B: 盛土層の層厚(地下水位以浅)は、安全側の予測とするため、地下水位を地表面に設定し、地下水位以浅の層厚(h_B)を 0mと設定しました。

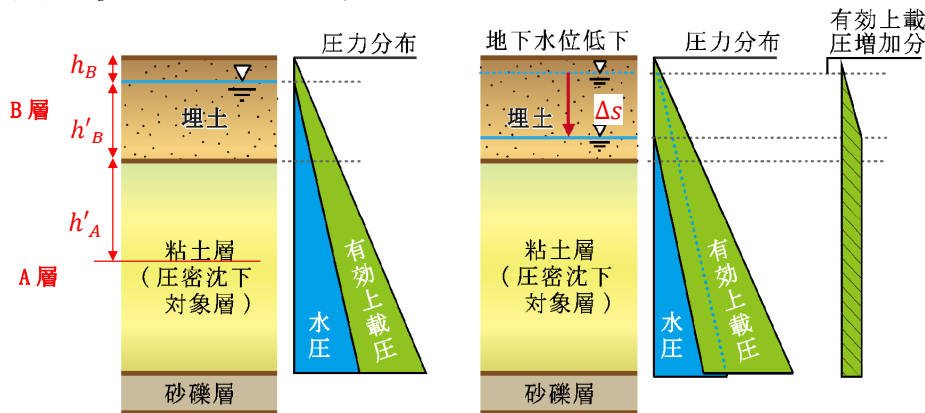


図 11-9-4 地下水位低下による有効上載圧の増加概念図

③ 予測地域

予測地域は、調査地域と同じとしました。

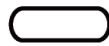

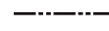

④ 予測地点

予測地点は、「第11章 第6節 6.1.掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地下水の水位」の予測において地下水低下が想定される範囲のうち、軟弱地盤（粘土地盤）が分布し、粘性土層厚が最も厚く確認されており、予測計算に必要な地盤情報が室内土質試験により得られている1地点を設定しました。予測地点位置図を図11-9-5に示します。

⑤ 予測対象時期等

予測対象時期は、工事中では工事により地盤沈下への影響が最大となる時期として、トンネルの貫通時、供用後では対象道路が供用して地盤沈下が安定した状態にある時期を設定しました。



- 凡 例
-  : 都市計画対象道路事業実施区域
 -  : 県境
 -  : 市町村界
 -  : 予測地点

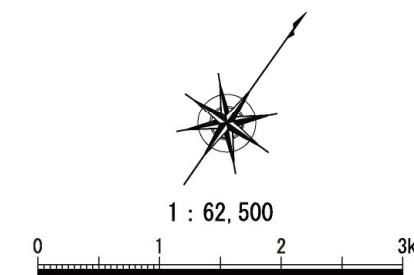
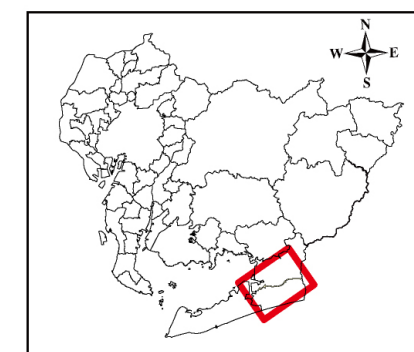


図 11-9-5 地盤の予測地点位置図

2) 予測の結果

掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地盤沈下量の予測結果は表 11-9-4、表 11-9-5 に示すとおりです。No. 1 において、工事中に 4.226cm、供用後に 4.247cm の地盤沈下になると予測されます。

なお、気象条件や地質条件に不確定要素があり、予測結果にも不確実性があることから、地盤沈下の状況を事後調査により監視する方針とします。

表 11-9-4 地盤沈下量の予測結果（工事中）

予測地点 No.	粘土層 上面 (GL-m)	粘土層 層厚 ^{注1)} H(m)	圧縮 指数 ^{注2)} Cc	間隙比 ^{注2)} e	水位低下量 (m)	各層 沈下量 ^{注3)} (cm)	沈下量 ^{注3)} 合計 (cm)
1	3.7	5.0	0.6	1.2	0.272	2.961	4.226
	15.9	1.2	0.3	0.7	0.272	0.186	
	20.5	8.1	0.4	0.9	0.272	1.079	

注1) 粘土層層厚は、表 11-9-3 に示す地点のうち最も粘土層が厚い No. 5 地点における粘土層の分布を基に設定しました。

注2) 圧縮指数及び間隙比は、表 11-9-1 に示す No. 5 地点における液性限界及び自然含水比を基に、換算式によって求めました。

注3) 沈下量は、地盤沈下への影響が最大となる想定条件を設定し算出した予測値です。

表 11-9-5 地盤沈下量の予測結果（供用後）

予測地点 No.	粘土層 上面 (GL-m)	粘土層 層厚 ^{注1)} H(m)	圧縮 指数 ^{注2)} Cc	間隙比 ^{注2)} e	水位低下量 (m)	各層 沈下量 ^{注3)} (cm)	沈下量 ^{注3)} 合計 (cm)
1	3.7	5.0	0.6	1.2	0.273	2.975	4.247
	15.9	1.2	0.3	0.7	0.273	0.187	
	20.5	8.1	0.4	0.9	0.273	1.085	

注1) 粘土層層厚は、表 11-9-3 に示す地点のうち最も粘土層が厚い No. 5 地点における粘土層の分布を基に設定しました。

注2) 圧縮指数及び間隙比は、表 11-9-1 に示す No. 5 地点における液性限界及び自然含水比を基に、換算式によって求めました。

注3) 沈下量は、地盤沈下への影響が最大となる想定条件を設定し算出した予測値です。

(3) 環境保全措置**1) 環境保全措置の検討の状況**

予測の結果、掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地盤沈下の影響があると予測されることから、事業者により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 11-9-6 に示すとおり、環境保全措置の検討を行いました。検討の結果、「観測修正法による最適な工法の採用」を実施します。

表 11-9-6 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
観測修正法による最適な工法の採用	適	工事の実施に伴う地下水の低下により、地盤沈下の発生が懸念されるため、今後の具体的な工法の検討にあたっては、事業実施段階において得られる地下水に関する情報を踏まえて対策工を検討します。 さらに、工事前、工事中には地盤の状況を観測し、その結果をもとに最適な施工方法（出水対策（覆工コンクリート、防水シート等の設置）、止水・減水対策工等）を採用することで、地下水及び地盤沈下への影響の低減が見込まれることから、本環境保全措置を採用します。

注1) 観測修正法とは、工事前、工事中に地盤の状況を観測し、その結果をもとに最適な施工方法を採用する方法です。

注2) 止水対策：水の流れ自体を止める対策、出水対策：構造物内への水の侵入を防ぐ対策、減水対策：構造物内への湧水量を減らす、コントロールする対策としている。

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

環境保全措置の実施主体は事業者であり、「観測修正法による最適な工法の採用」を実施します。

環境保全措置の実施内容等の検討結果を表 11-9-7 に示します。

環境保全措置の検討にあたっては、実行可能な措置を講じるものとしており、事業者により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され则认为します。

表 11-9-7 環境保全措置の検討結果

実施内容	種類	観測修正法による最適な工法の採用
	位置	トンネルの工事を実施する箇所
環境保全措置の効果		今後の具体的な工法の検討にあたっては、事業実施段階において得られる地下水に関する情報を踏まえて対策工を検討します。 さらに、工事前、工事中には地盤沈下の状況を観測し、その結果をもとに最適な施工方法（出水対策（覆工コンクリート、防水シート等の設置）、止水・減水対策工等）を採用することで、地下水及び地盤沈下への影響を低減できます。
効果の不確実性		地下水に係る地質構造及び影響範囲に不確実性があります。
他の環境への影響		なし

(4) 評価

1) 評価の手法

① 回避又は低減に係る評価

掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地盤沈下の影響が、事業者により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しました。

2) 評価の結果

① 回避又は低減に係る評価

対象道路の検討にあたっては、集落・市街地、重要な地形及び地質、動物や植物の重要な種、景観の保全上重要な箇所等への影響をできる限り回避する計画としています。

また、環境保全措置として、「観測修正法による最適な工法の採用」を実施することで環境負荷を低減するとともに、環境保全措置の内容をより詳細なものにするため、詳細な工事計画策定後、関係機関及び専門家等の意見指導を得ながら、事後調査を実施します。なお、予測し得ない環境への著しい影響が生じたことが判明した場合は、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。

これらのことから、掘削工事、トンネル工事の実施及び道路（地下式）の存在に係る地盤への影響は、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。