

## 第6節 地盤沈下

事業実施区域及びその周辺に住居等が存在し、対象道路の一部区間が函渠構造となることから、工事の実施（切土工等又は既存の工作物の除去）及び土地又は工作物の存在及び供用（道路の存在（地表式又は地下式））（以下「工事の実施及び道路の存在」という。）による地盤沈下の影響が考えられるため、調査、予測及び評価を行った。

### 6.1 調査

#### (1) 調査の手法

##### ① 調査した情報

##### a) 地下水位の状況

観測井戸を設置し、地下水位の状況を調査した。

##### b) 地質・地盤の状況

帯水層の状況及び軟弱地盤層の状況を調査した。

調査項目は、表8-6-1に示すとおりである。

表8-6-1 地質・地盤調査項目

調査情報	調査内容	調査項目
帯水層の状況	帯水層の分布範囲、層厚、透水性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機械ボーリング</li> <li>・標準貫入試験</li> <li>・現場透水試験</li> </ul>
軟弱地盤層の状況	軟弱地盤層の分布範囲、層厚、圧密沈下特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シンウォールサンプリング</li> <li>・室内土質試験</li> </ul>

② 調査手法

調査は、既存資料調査及び現地調査により行った。

既存資料調査は、地下水位に関する既存資料、帯水層及び軟弱地盤層の分布と性状に関する既存資料を収集・整理することにより行った。

現地調査は、地下水位観測調査及び地質調査を実施した。調査方法は、表8-6-2に示すとおりである。

表8-6-2 調査方法

項目		調査手法
地下水位観測調査		観測井戸の設置による地下水位観測 ・地点1（南粕谷小学校）及び地点2（南粕谷新開地先）： 携帯型水位計による毎月1回の観測 ・地点3（親池西側歩道）：自記水位計による連続観測
地質調査	機械ボーリング	油圧式ロータリー型試錐機（掘削孔径：φ66～86mm）による掘削
	標準貫入試験	JIS A 1219
	現場透水試験	地盤工学会基準（JGS 1314-2003）
	シンウォールサンプリング	軟弱粘性土を対象としたシンウォールサンプラー（水圧式）によるサンプリング（JGS 1221-1995）
	室内土質試験	土粒子の密度試験 : JIS A 1202 土の含水比試験 : JIS A 1203 土の粒度試験 : JIS A 1204 液性限界試験 : JIS A 1205 塑性限界試験 : JIS A 1206 湿潤密度試験 : JIS A 1225 一軸圧縮試験 : JIS A 1216 土の圧密試験 : JIS A 1217

③ 調査地域及び調査地点

調査地域は、対象道路が函渠構造となり、地盤沈下の影響が考えられる地域とした。

調査地点は、表8-6-3及び図8-6-1に示すとおり、地下水位の状況、帯水層の地質の状況、軟弱地盤層の状況を適切に把握できる地点とした。

表8-6-3 調査地点

番号	調査地点	
1	南粕谷小学校	知多市南粕谷本町
2	南粕谷新開地先	知多市南粕谷新開
3	親池西側歩道	知多市南粕谷本町

注) 表中の番号は、図8-6-1に対応している。

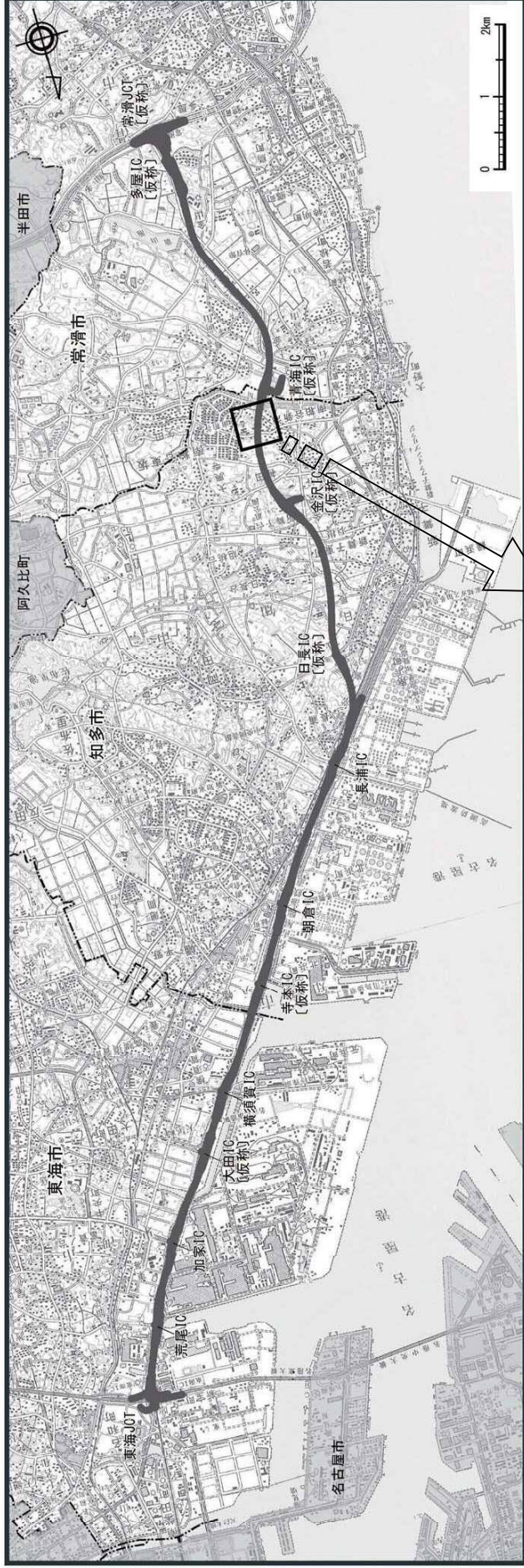
## ④ 調査期間等

既存資料調査は、入手可能な最新資料とした。

現地調査は、表8-6-4に示すとおり、地下水位観測調査については1年を通して行い、地質調査については1回行った。

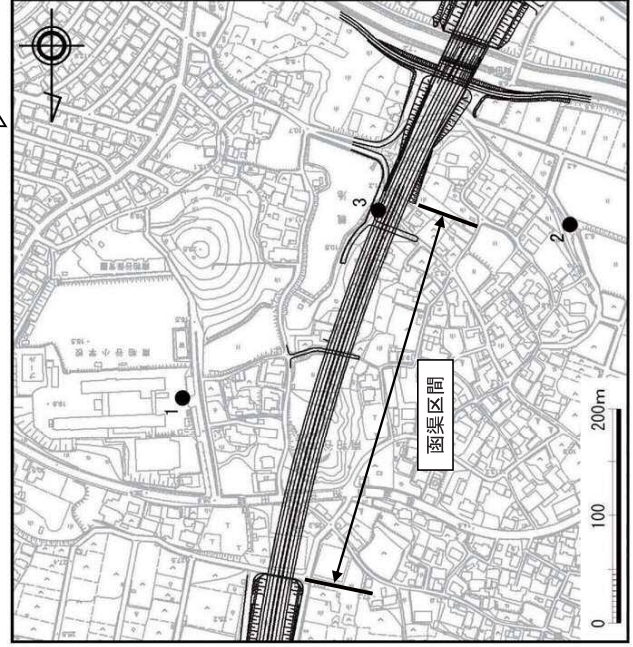
表8-6-4 調査期間一覧

項目	調査地点	調査期間
地下水位観測	1：南粕谷小学校 2：南粕谷新開地先	平成23年4月28日
		平成23年5月23日
		平成23年6月20日
		平成23年7月15日
		平成23年8月16日
		平成23年9月16日
		平成23年10月14日
		平成23年11月18日
		平成23年12月16日
		平成24年1月11日
		平成24年2月17日
	平成24年3月9日	
	3：親池西側歩道	平成23年6月8日 ～平成24年3月9日 (自記水位計による測定)
地質調査	1：南粕谷小学校 2：南粕谷新開地先	平成23年4月18日～26日
	3：親池西側歩道	平成23年6月6日～7日



凡例

	都市計画対象道路事業実施区域
	行政界



凡例

記号	番号	名称
	-	調査地域
	1	南粕谷小学校 知多市南粕谷本町
	2	南粕谷新開地先 知多市南粕谷新開
	3	糠池西側歩道 知多市南粕谷本町

図8-6-1 地質・地盤調査位置図

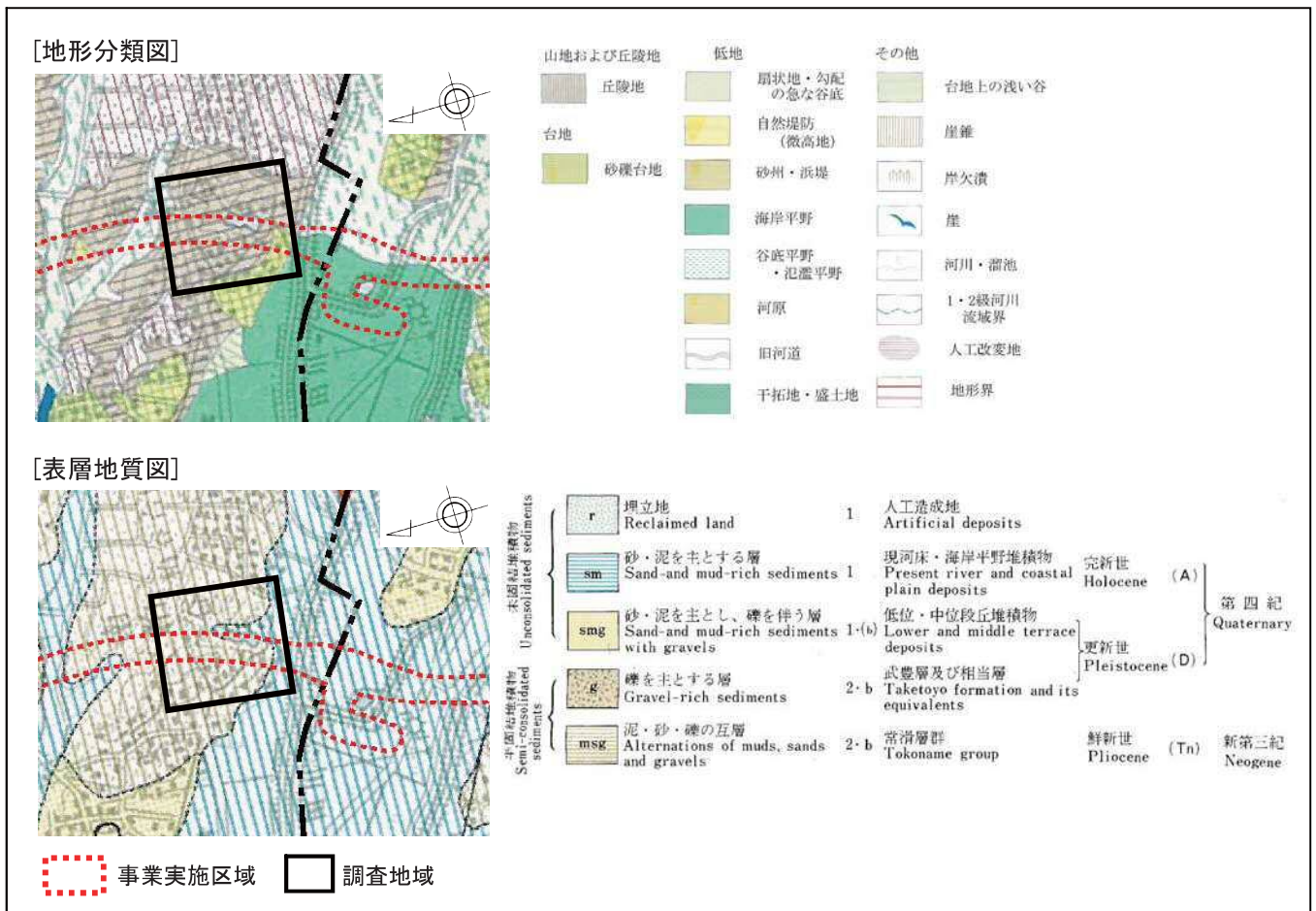


(2) 調査結果

① 既存資料調査結果

既存資料による地下水位の経年変化は、「第4章第1節1.3 2) 地盤の状況」に示すとおりであり、調査地域に水準点及び地下水位調査地点は存在しない。

調査地域は、「愛知県土地分類基本調査 半田 5万分の1」（昭和52年、愛知県）によると、図8-6-2に示すとおり、新第三紀常滑層群からなる丘陵地と海岸平野の境界に位置する。



出典：「愛知県土地分類基本調査 半田 5万分の1」（昭和52年、愛知県）

図8-6-2 地形・地質の状況

② 現地調査結果

a) 地下水位の状況

観測井戸の諸元は表8-6-5に、地下水位観測結果は表8-6-6及び図8-6-3に示すとおりである。

調査地点1の地下水位は、地表面から最も深いところに分布し、観測期間において2m程度の変動幅がみられた。

調査地点2の地下水位は、地表面から最も浅い所に分布し、地表面付近で推移していた。

自記水位計による連続観測を行った調査地点3の地下水位は、図8-6-4に示すとおり、降雨に連動して変動しており、当該地域の地下水位は降雨の影響を受けやすいと考えられる。

また、函渠区間周辺の地形は、丘陵地境界部の谷であることから（図8-6-5参照）、丘陵地で涵養された地下水が、谷や低地に向かって流下しているものと考えられる。函渠区間東側でみると、表8-6-6に示すとおり、地下水位の標高は調査地点1が高く調査地点3が低いことから、谷の上流である調査地点1から下流の調査地点3の方向に向かって流れているものと考えられる。

表8-6-5 観測井戸の諸元

調査地点	1：南粕谷小学校	2：南粕谷新開地先	3：親池西側歩道
地表面標高 (TP+m)	19.29	4.67	10.98
観測孔天端標高 (TP+m)	19.26	4.59	10.79
観測孔長 (m)	15.00	10.00	6.00

表8-6-6 地下水位観測結果

調査地点	1：南粕谷小学校		2：南粕谷新開地先		3：親池西側歩道	
	GL (m)	標高 (m)	GL (m)	標高 (m)	GL (m)	標高 (m)
平成23年4月28日	-1.95	17.34	-0.34	4.33	-	-
平成23年5月23日	-3.15	16.14	-0.27	4.40	-2.18*	8.80*
平成23年6月20日	-2.10	17.19	-0.09	4.58	-1.93	9.05
平成23年7月15日	-3.53	15.76	-0.44	4.23	-2.29	8.69
平成23年8月16日	-4.08	15.21	-0.43	4.24	-2.61	8.37
平成23年9月16日	-3.96	15.33	-0.11	4.56	-2.29	8.69
平成23年10月14日	-3.85	15.44	-0.11	4.56	-2.26	8.72
平成23年11月18日	-3.39	15.90	-0.11	4.56	-2.25	8.73
平成23年12月16日	-3.61	15.68	-0.12	4.55	-2.25	8.73
平成24年1月11日	-4.31	14.98	-0.13	4.54	-2.34	8.64
平成24年2月17日	-3.64	15.65	-0.13	4.54	-2.28	8.70
平成24年3月9日	-2.91	16.38	-0.12	4.55	-2.08	8.90

備考1) GLとは、地盤面から地下水位面までの深さを示す。

2) 表中※は、平成23年6月8日の測定値である。

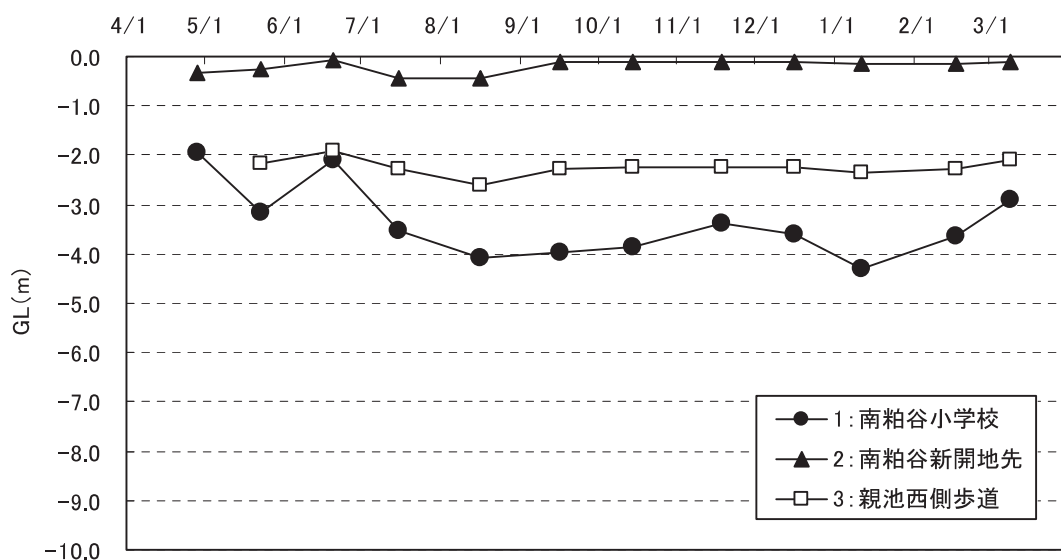


図8-6-3 地下水位観測結果 (GL)

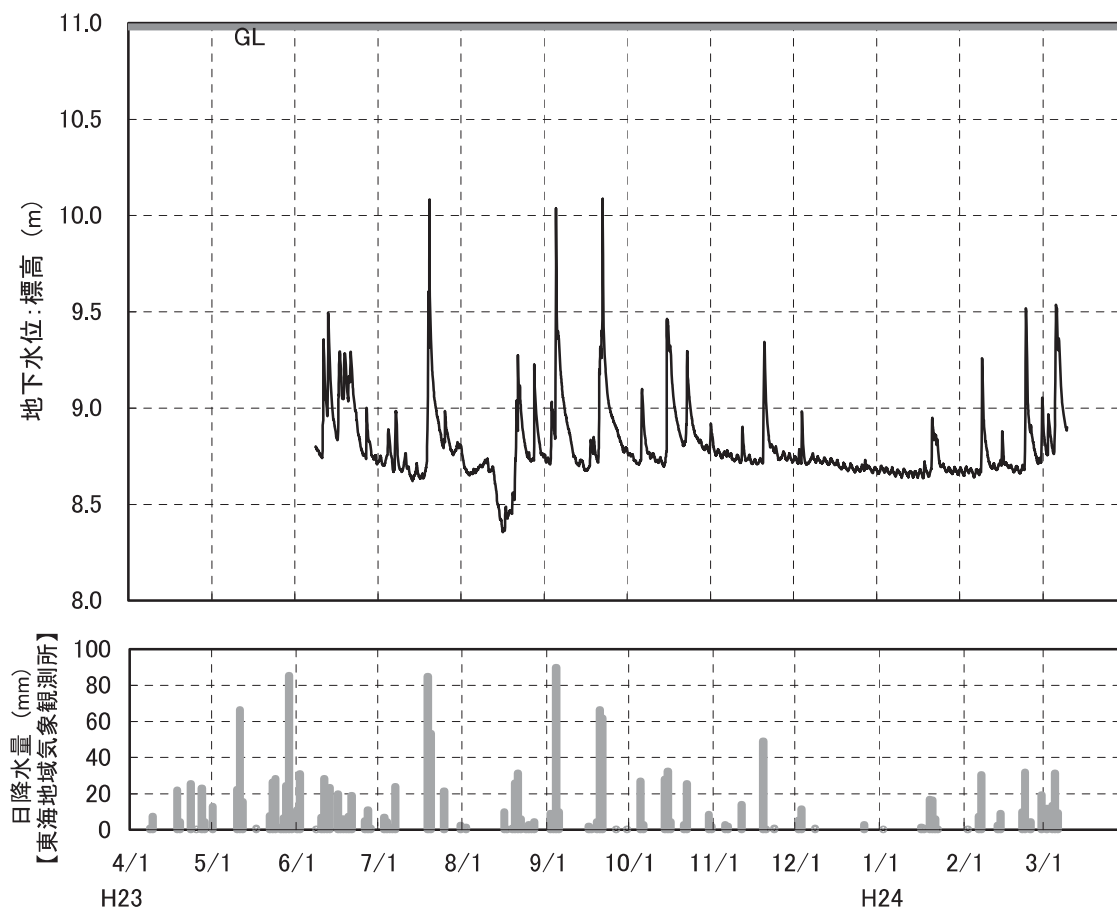


図8-6-4 地下水位及び降水量の推移 (3: 親池西側歩道)

b) 軟弱地盤層の状況

調査地域は、図8-6-5に示すとおり、新第三紀常滑層群からなる丘陵地と海岸平野である沖積低地の境界に位置する。丘陵地内には開析された谷があり、谷部には谷底低地がみられる。

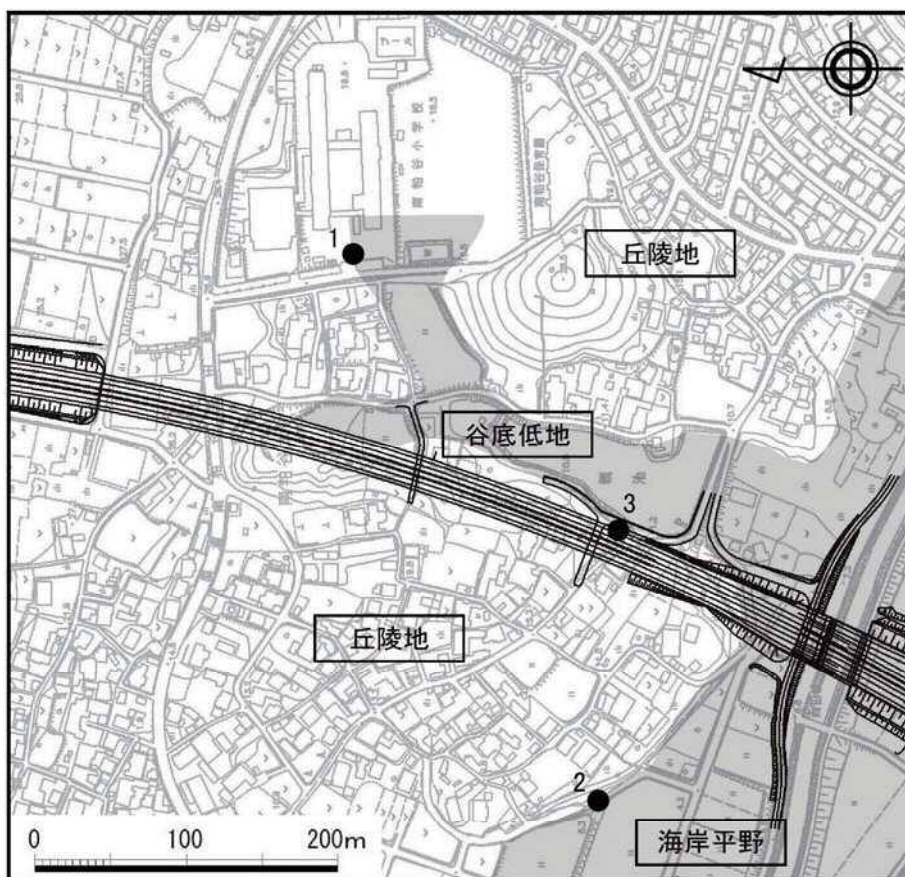


図8-6-5 地形・地質の状況



ボーリング調査の結果、確認された地層は、表8-6-7に示すとおり、上位より「盛土・埋土」→「沖積層」→「常滑層群」であった。

軟弱地盤である沖積層は、ボーリングを実施した3地点全てにおいて確認された。沖積層の土質は、「砂混じりシルト」及び「砂質シルト」を主体とし、粒度試験の結果、細粒分含有率（シルト分及び粘土分の混入割合）が34～50%程度混入する粘性土であった。

また、沖積層の特性は、表8-6-8に示すとおり、層厚は1.1m～7.5m、粘性土の圧縮性の指標となる圧縮指数は0.106～0.305、湿潤密度は1.803g/cm<sup>3</sup>～2.203g/cm<sup>3</sup>であった。

表8-6-7 地層の特徴

地質時代	地層名	地層記号	主な土質	N値	特徴	
第四紀	現世	盛土・埋土	B	礫混じりシルト 礫混じり砂	1.5～6	全体に不均質な地層であり、礫混じりシルトや礫混じり砂を主体とする。
	完新世	沖積層	A	砂混じりシルト 砂質シルト	0.7～13	砂分を多量に混入したシルトを主体とする。地点1は所々細礫の混入がみられる。
新三紀	鮮新世	常滑層群	T	固結シルト 砂	19～50以上	固結シルトを主体とし、所々砂を挟む。

表8-6-8 沖積層の特性

調査地点	層厚(m)	圧縮指数	湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )
1：南粕谷小学校	7.5	0.305	1.803
2：南粕谷新開地先	2.0	0.106	2.203
3：親池西側歩道	1.1	0.183	1.874

c) 帯水層の状況

■ 地盤の透水性

各層における地盤の透水性は、表8-6-9に示すとおりである。

一般的に、粘土やシルトのような細粒分の多い土質は透水性が低く、砂や礫のように粒径が大きくなるにつれて透水性は高くなる。

表8-6-9 地盤の透水性

地層名	主な土質	透水性
盛土・埋土	礫混じりシルト、礫混じり砂	—
沖積層	砂混じりシルト、砂質シルト	比較的低い
常滑層群	固結シルト	低い
	砂	比較的高い 透水係数 $k=1.0 \times 10^{-5} (m/s)$

■ 帯水層構造と地下水賦存形態

現地調査結果より、当該地域における地下水の賦存形態は、表8-6-10及び図8-6-6に示すとおり2つのパターンが考えられる。

表8-6-10 地下水の賦存形態

帯水層の位置	地下水賦存形態
①常滑層群上面（沖積層と常滑層群との境界面）	浸透した水が、透水性の低い常滑層群の固結シルト上面に溜まり、常滑層群の境界部に沿って賦存する
②常滑層群内の砂層	地下水位以深において、ある程度の透水性をもった地層が連続して分布する箇所賦存する

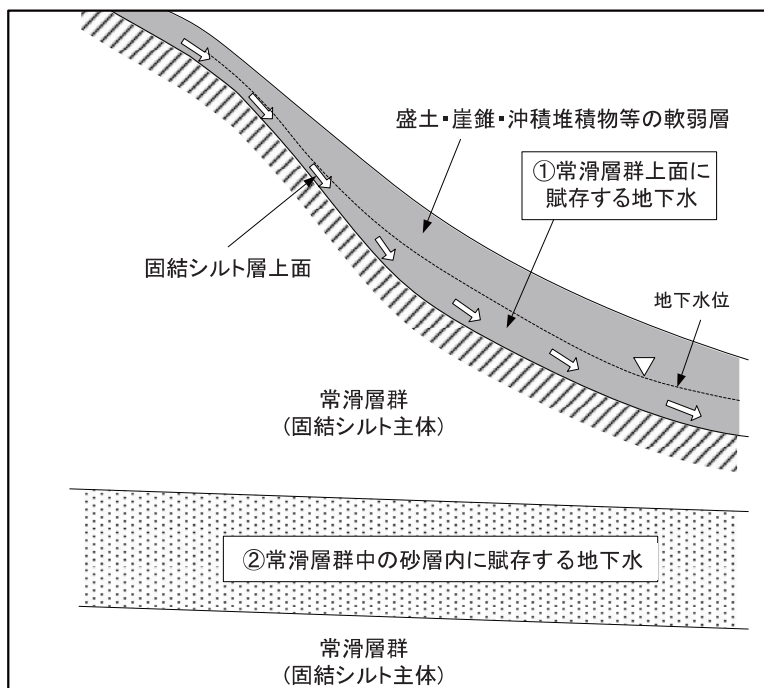


図8-6-6 地下水賦存形態

## 6.2 予測及び評価

### 6.2.1 工事の実施及び道路の存在に係る地盤沈下

#### 1) 予測

##### (1) 予測の手法

##### ① 予測手法

予測手法は、図8-6-7に示すとおりであり、理論モデルによる計算により、掘削工事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、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た。

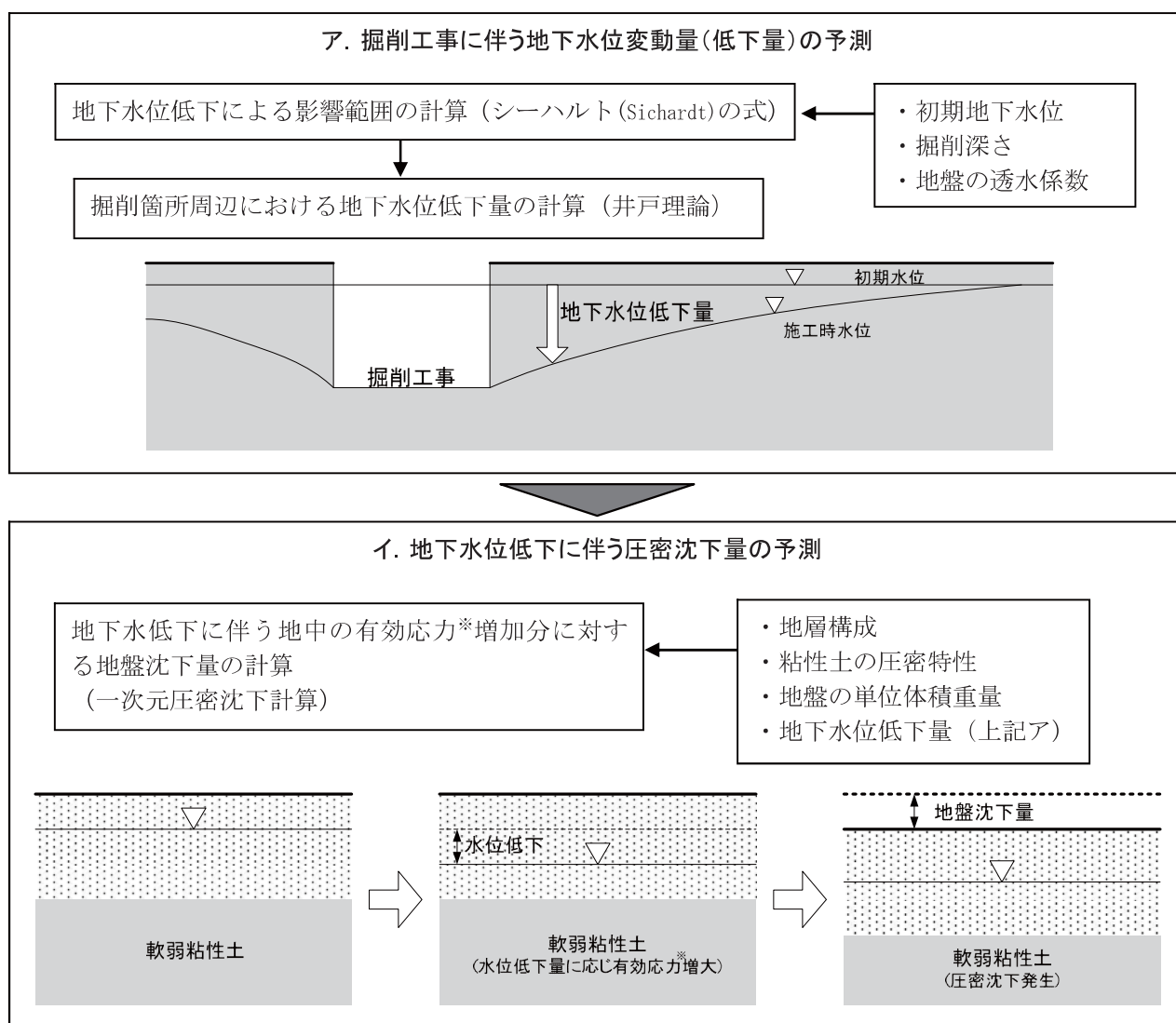


図8-6-7 地盤沈下の予測手法概念図

#### ※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）。

a) 地下水位低下量の概要

掘削箇所から距離 $r$ における地下水位低下量は、井戸理論を用いて以下の式より求めた。

$$\Delta s(r) = \Delta S - \frac{\Delta S}{\log_{10} \left\{ \frac{R+r_w}{r_w} \right\}} \log_{10} \frac{r+r_w}{r_w}$$

ここで、

$\Delta s(r)$  : 対象道路からの距離  $r$  地点における水位低下量 (m)

$\Delta S$  : 掘削箇所における水位低下量 (m)

$R$  : 影響半径\* (m)

$r_w$  : 井戸半径 (m) (ここでは、掘削箇所のセンターから地中壁までの距離)

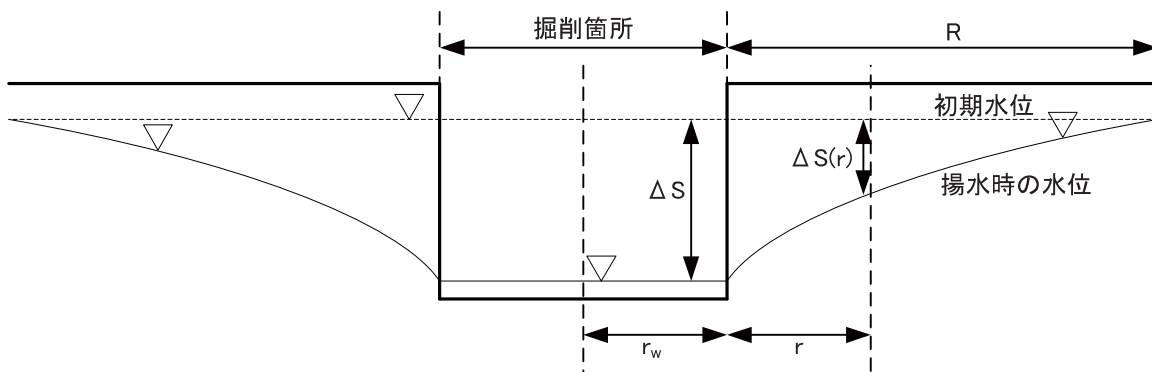


図8-6-8 地下水位低下モデル図

地下水の影響範囲(影響半径\*)は、シーハルト(Sichardt)の式より求めた。

$$R = 3000\Delta S\sqrt{k}$$

ここで、

$R$  : 影響半径\* (m)

$\Delta S$  : 掘削箇所における水位低下量 (m)

$k$  : 地盤の透水係数 (m/s)

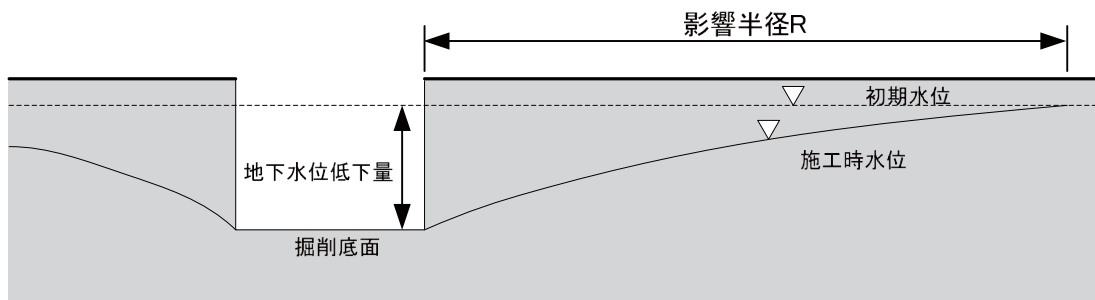


図8-6-9 地下水の影響半径模式図

※影響半径

影響半径は、掘削箇所から掘削による地下水位の変動が無視できる位置までの距離を示す。影響半径内に位置する箇所では、掘削によって地下水位に影響が生じる可能性があると考えられる。



## b) 地盤沈下予測の概要

地盤沈下予測は、一次元圧密沈下計算により行った。計算式は以下に示すとおりである。

$$S = \frac{C_c h_1}{1 + e_1} \log_{10} \frac{p_2}{p_1}$$

ここで、

- $S$  : 沈下量 (m)
- $C_c$  : 粘性土の圧縮指数
- $h_1$  : 粘性土層の層厚 (m)
- $e_1$  : 初期間隙比
- $p_1$  : 初期圧密圧力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $p_2$  : 地下水位低下時の圧密圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

なお、初期圧密圧力  $p_1$ 、地下水位低下時の圧密圧力  $p_2$  は、以下の式より求めた。

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

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

ここで、

- $\gamma_{tB}$  : 盛土層(B層)の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma'_{tB}$  : 盛土層(B層)の水中単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma'_{tA}$  : 粘性土層(A層)の水中単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma'$  : 水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)
- $h_B$  : 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)
- $\Delta s$  : 地下水位低下量 (m)

## ② 予測地域及び予測地点

予測地域は、対象道路が函渠構造となり、地盤沈下の影響が考えられる地域とし、調査地域と同じとした。

予測地点は、表8-6-11に示すとおり、予測地域のうち、地盤沈下の影響を適切に把握できる調査地点3周辺とした。

表8-6-11 予測地点

予測地点	備考
南粕谷本町親池付近	調査地点3周辺

③ 予測対象時期等

予測対象時期は、工事の実施及び道路の存在による地盤沈下の影響が最大となる時期とし、掘削深度が最大となる時期とした。

④ 予測条件

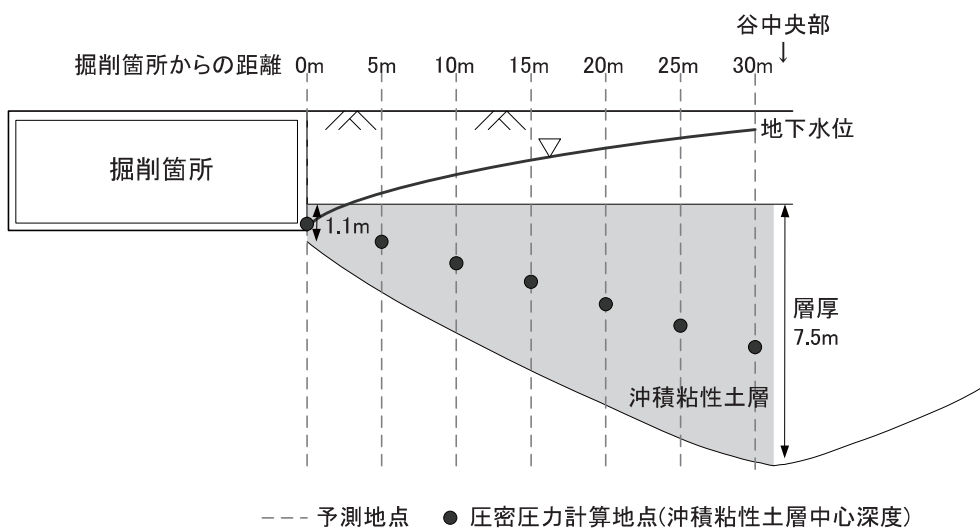
予測条件は、表8-6-12に示すとおりである。

表8-6-12 予測条件

項目	条件	備考	
①初期水位	T. P. +8.8(m)	調査地点3（親池西側歩道）の自記水位観測における平均値	
②工事中及び供用時の地下水位	T. P. +6.0(m)	函渠の計画底面の標高	
③掘削箇所における水位低下量 $\Delta S$	2.8(m)	①-②	
④掘削箇所センターから地中壁までの距離 ( $r_w$ )	14(m)	—	
⑤地盤の透水系数k	$1.0 \times 10^{-5}$ (m/s)	現地調査（現場透水試験）結果	
⑥影響半径R	30(m)	シーハルト (Sichardt) の式による： $3000 \times 2.8(m) \times 1.0 \times 10^{-5} (m/s) = 27 \div 30(m)$	
⑦粘性土の圧縮指数Cc	0.183	現地調査（土質試験）結果	
⑧単位体積重量 $\gamma_t$	盛土	$\gamma_{tB} = 20$ (kN/m <sup>3</sup> )	一般値(道路土工-盛土工指針 p.101)
	沖積層	$\gamma_{tA} = 18$ (kN/m <sup>3</sup> )	試験値 $1.874(g/cm^3) \times 9.81 = 18.4 \div 18$ (kN/m <sup>3</sup> )

注) 水中単位体積重量は、上表の単位堆積重量から10(kN/m<sup>3</sup>)引いた値である。

なお、地盤沈下量の算出地点は、影響半径である30mまでの範囲において、5mピッチとした（図8-6-10参照）。



注) 谷中央部の層厚は、調査地点1と同等であると仮定した。

図8-6-10 予測地点のイメージ

(2) 予測結果

予測結果は、表8-6-13及び図8-6-11に示すとおりであり、地盤沈下の影響が生じる可能性がある範囲は掘削箇所から30m、地盤沈下量は約3cmと予測される。

表8-6-13 地盤沈下の予測結果

掘削箇所からの距離(m)	0	5	10	15	20	25	30
初期水位(T.P.m)	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
低下後の水位(T.P.m)	6.0	6.7	7.3	7.8	8.2	8.5	8.8
水位低下量(m)	2.8	2.1	1.5	1.0	0.6	0.3	0.0
地盤沈下量(m)	0.018	0.026	0.028	0.026	0.021	0.011	0.000

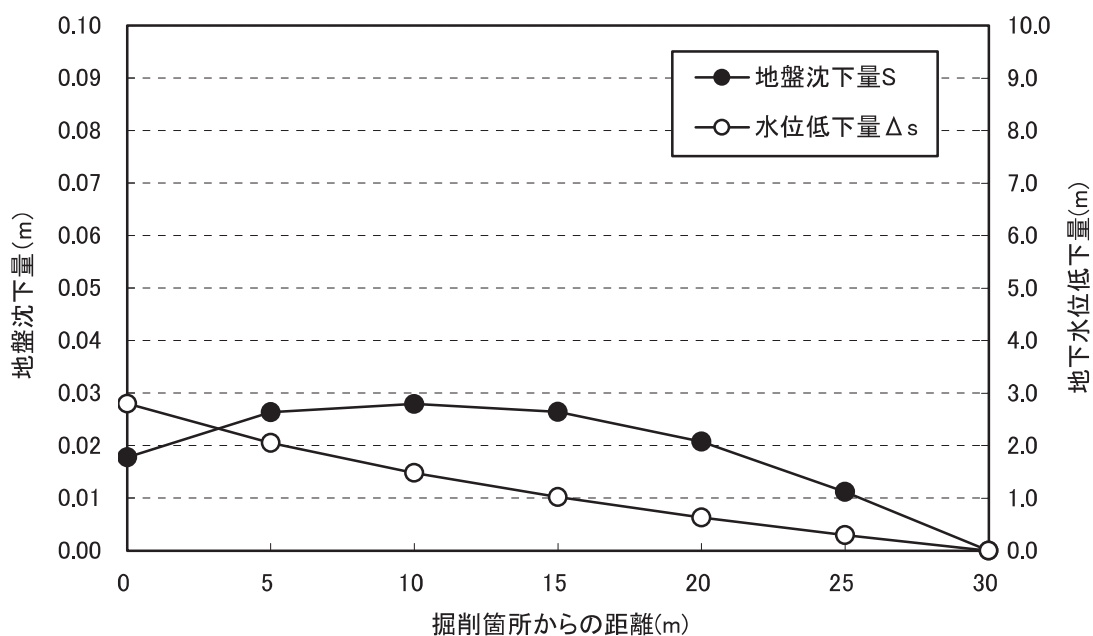


図8-6-11 地盤沈下の予測結果

2) 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、地盤沈下の影響が生じる可能性が考えられることから、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8-6-14に示す環境保全措置の検討を行った。

なお、対象道路の計画にあたっては、沿線住民等に対する生活環境への影響を極力回避・低減するため、文教・公共施設や既存集落等との離隔に十分配慮している。

また、事業実施段階においては以下の事項に配慮する。

- ・環境保全措置の実施にあたっては、住居等の保全対象の立地状況及び最新の環境保全技術の動向を踏まえ、適切な措置を講じる。

表8-6-14 環境保全措置の検討の状況

保全対象	環境保全措置	検討内容	他の環境への影響	検討結果
函渠の近傍に存在する住居	止水性のある土留壁の設置	湧水量の抑制により、地盤沈下の要因となる地下水位の低下量を低減できると考えられる。	特になし	採用する

(2) 環境保全措置の実施の内容

環境保全措置を検討した結果、表8-6-15に示す環境保全措置を採用することとした。

環境保全措置の実施主体は事業者であり、環境保全措置の具体化にあたっては、事業実施段階において、専門家の意見や検討にあたっての主要な論点、その対応方針等を適切に公表することとする。

表8-6-15 環境保全措置の内容

保全対象	函渠の近傍に存在する住居
環境保全措置	止水性のある土留壁の設置
内容	詳細設計にあたって綿密な地質調査等を行い、地質構造を把握した上で、掘削箇所の周囲に止水性のある土留壁を設置し、地盤沈下の要因となる地下水位の低下を極力抑える。
効果及び環境保全措置を講じた後の環境の状況	地下水位の低下量を低減できると考えられる。 これにより、現在の地盤状況を維持できると期待される。
効果の不確実性	地盤沈下の影響を確実に保全できるか不確実性が残る。
他の環境への影響	特になし

注) 環境保全措置の具体化の検討を行う時期は、工事に必要な詳細構造の設計段階とし、最新の技術指針等を踏まえて決定する。



### 3) 事後調査

#### (1) 事後調査を行うこととした理由

予測手法は、現時点で実施可能な現地調査の結果をもとにしたものであるが、予測地域全域における地下水や地質・水理、土質等の状況が十分に明らかでないことから、予測の不確実性が残ると考えられる。

また、函渠の近傍に存在する住居においては、影響が生じる可能性があるため、環境保全措置を講じるものの、その効果に係る知見が不十分であることから、事後調査を実施するものとする。

#### (2) 事後調査の項目及び手法

事後調査の項目及び手法は、表8-6-16に示すとおりである。

表8-6-16 事後調査の項目及び手法

調査項目	調査手法
地盤沈下の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>○調査時期 工事中、工事後 なお、事後調査に加え、工事前においても実施することとする。</li> <li>○調査範囲 函渠の近傍に存在する住居</li> <li>○調査方法 水準測量による地表面の鉛直変位観測 ※調査頻度等、具体的な手法は専門家の助言等を踏まえながら実施する。</li> </ul>

#### (3) 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

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には、事業者が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る。

#### (4) 事後調査の結果の公表の方法

事後調査の結果の公表については、事業者が行うものとするが、公表時期・方法については、関係機関と連携しつつ、適切に実施するものとする。

#### 4) 評価

##### (1) 評価の手法

###### ① 回避又は低減に係る評価

工事の実施及び道路の存在による地盤沈下の影響が、事業者により実行可能な範囲内のできる限り回避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行った。

##### (2) 評価結果

###### ① 回避又は低減に係る評価

対象道路は、沿線住民等に対する生活環境への影響を極力回避・低減するため、文教・公共施設や既存集落等との離隔に十分配慮している。

また、影響が生じる可能性があるとして予測された函渠近傍の住居については、環境保全措置として止水性のある土留壁の設置を講じるとともに、事後調査を実施し、そ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には、必要に応じて適切な措置を講じることとしている。

したがって、環境への影響は事業者の実行可能な範囲内で、回避又は低減が図られているものと評価する。