

図 5-7-6(1) 土質柱状図 (南 2 地点) 次頁に続く

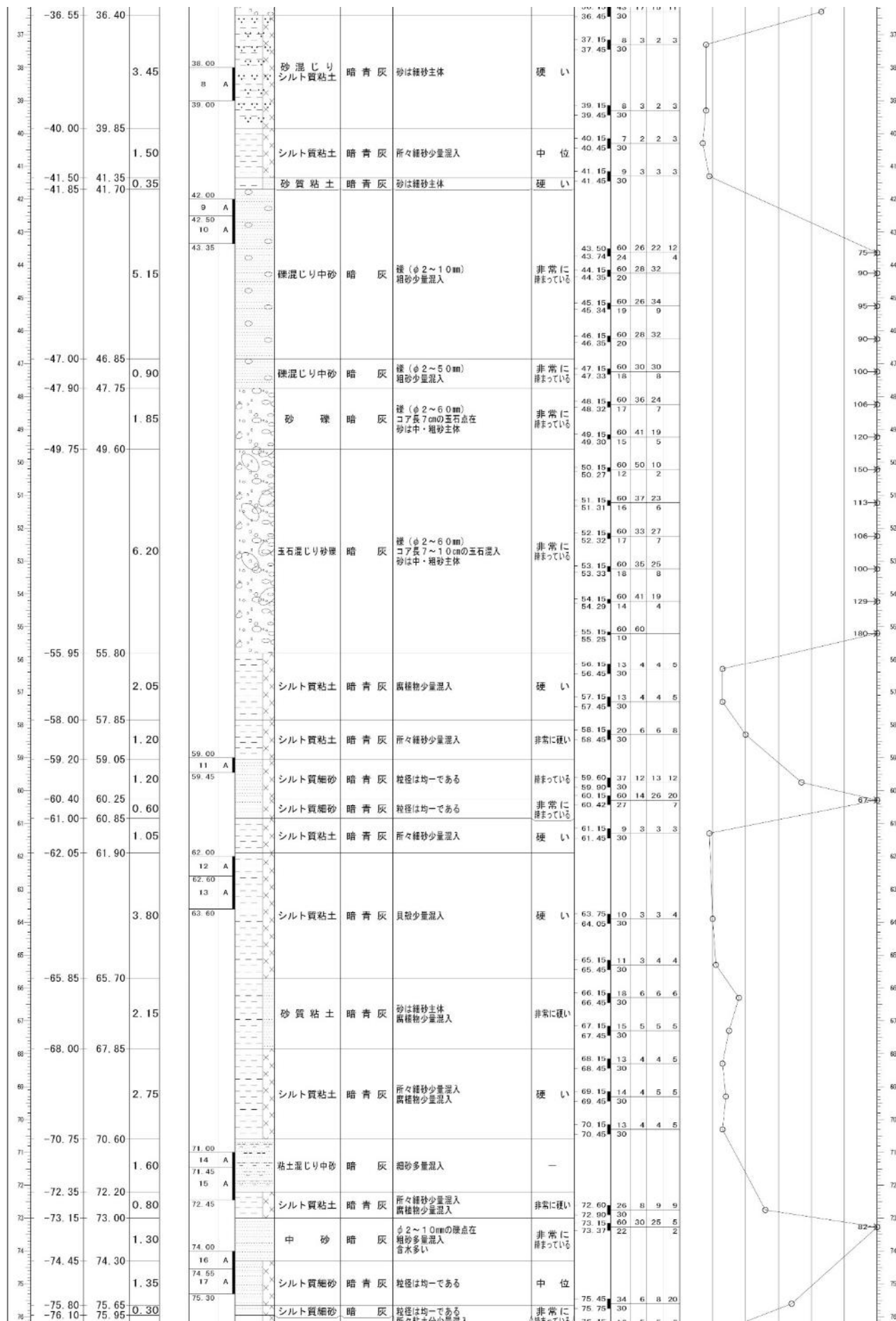


図 5-7-6(2) 土質柱状図 (南 2 地点) 次頁に続く

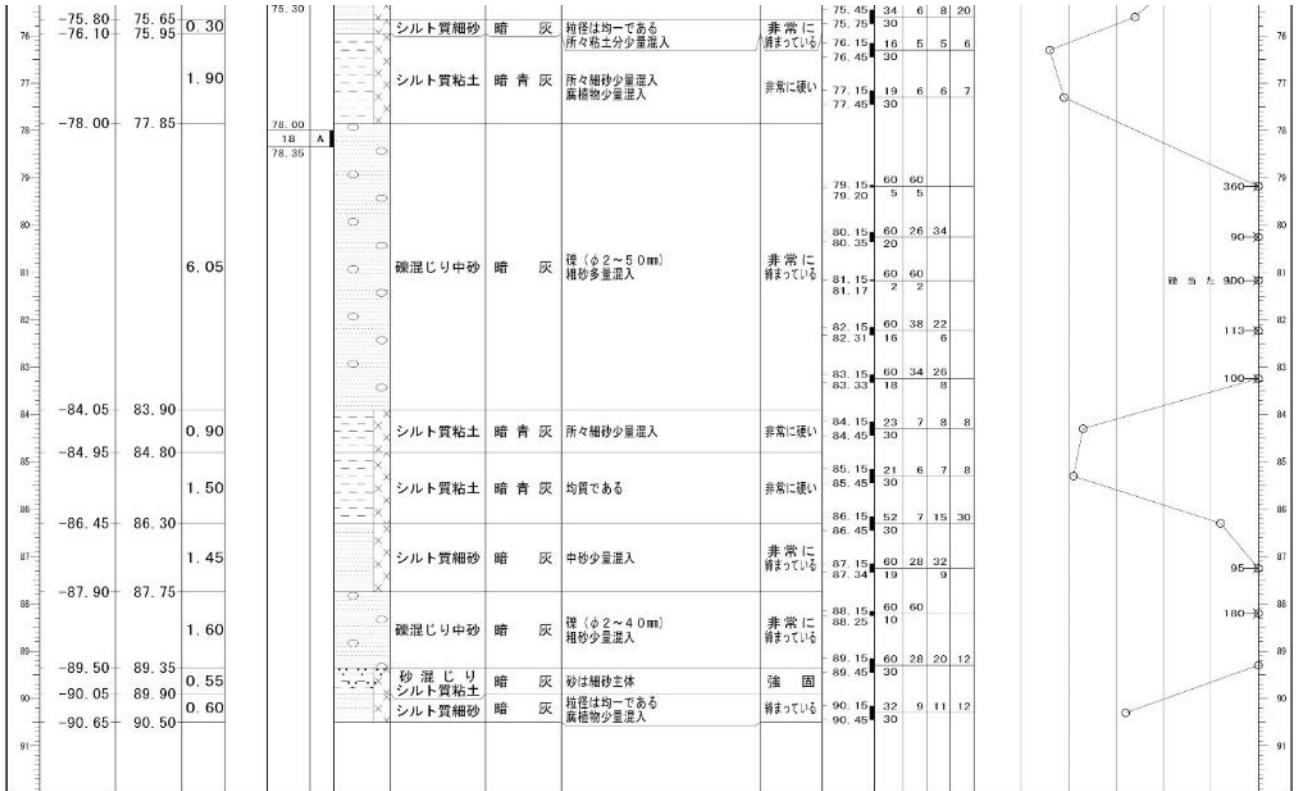


図 5-7-6(3) 土質柱状図 (南2地点)

b. 地下水位の状況

事業計画地で実施した図 5-7-1 に示す 6 地点における地下水調査による平衡水位を表 5-7-6 に示す。

表 5-7-6 平衡水位

調査地点		観測孔北 1		観測孔北 2		北 2	
帯水層	対象土質 (土層)	試験深度 上端 ～下端 (TP- : m)	平衡水位 (TP- : m)	試験深度 上端 ～下端 (TP- : m)	平衡水位 (TP- : m)	試験深度 上端 ～下端 (TP- : m)	平衡水位 (TP- : m)
自由水	沖積層 砂質土層					1.0 ～5.0	1.20
第一 被圧水	洪積層 砂・礫質土層			31.07 ～35.07	1.24		
調査地点		観測孔南 1		観測孔南 2		観測孔南 3	
帯水層	対象土質 (土層)	試験深度 上端 ～下端 (TP- : m)	平衡水位 (TP- : m)	試験深度 上端 ～下端 (TP- : m)	平衡水位 (TP- : m)	試験深度 上端 ～下端 (TP- : m)	平衡水位 (TP- : m)
自由水	沖積層 砂質土層					1.0 ～5.0	1.16
第一 被圧水	洪積層 砂・礫質土層			28.29 ～32.29	1.10		

注：TP-は標高 0mからの深度 (m) を表す。

5. 7. 2 施設の存在及び工事の実施に伴う影響の予測・評価

(1) 予測内容

本事業における地下構造物の設置が、事業計画地周辺の地下水位及び地盤沈下の状況に及ぼす影響について、数値計算により予測した。予測内容は、表 5-7-7 に示すとおりである。

表 5-7-7 予測内容

予測項目	予測範囲	予測時点	予測方法
地下水位の変化及び地盤状況 ・地下水位 ・地盤沈下量	事業計画地周辺	建設完成後	<ul style="list-style-type: none"> ・略算式により地下構造物の上流側・下流側での地下水の変動量の算定 ・砂地盤の弾性沈下量、粘性土地盤の圧密沈下計算の合算による算定

(2) 予測方法

① 予測手順

地下構造物の設置による地下水位及び地盤沈下の予測手順は図 5-7-7 に示すとおりである。

事業計画をもとに、地下構造物をモデル化し、現状の地下水位及び流向等から、地下構造物の設置に伴う地下水流動阻害による地下水位の変化量を算出した。また、地下水位変化量から地盤沈下量の推定を行った。

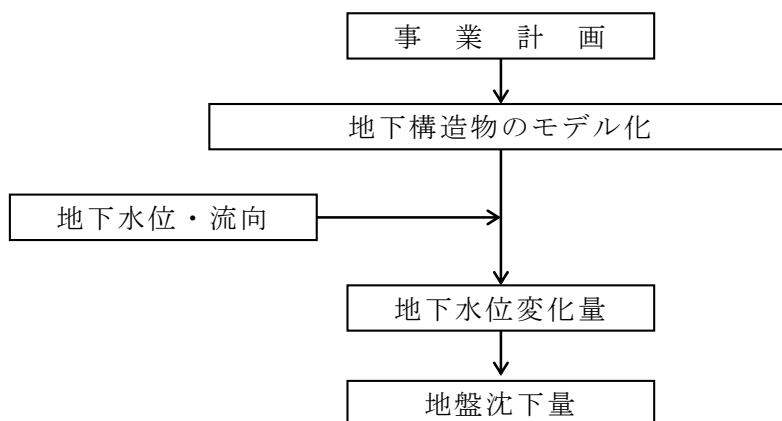


図 5-7-7 地下水位・地盤沈下の予測手順

② 予測方法

a. 地下水位低下量の算定

地下構造物設置に伴う地下水の変動量は数値実験に基づく地下水流動阻害の評価式²⁾に基づき、(1.1)式に示す略算式により算定した。なお、図5-7-8に示すとおり、地下水の流向に対して、地下構造物の上流側では水位が上昇し、下流側では水位が低下する。

$$Sc = I L \sin \theta \quad (1.1)$$

Sc : 下流側水位低下量 (= 上流側水位上昇量)

I : 自然状態における地下水の動水勾配

L : 不透水構造物の半長

θ : 自然地下水流動方向と不透水構造物がなす交角

2) : 「地下水流動保全のための環境影響評価と対策」 (地盤工学会)

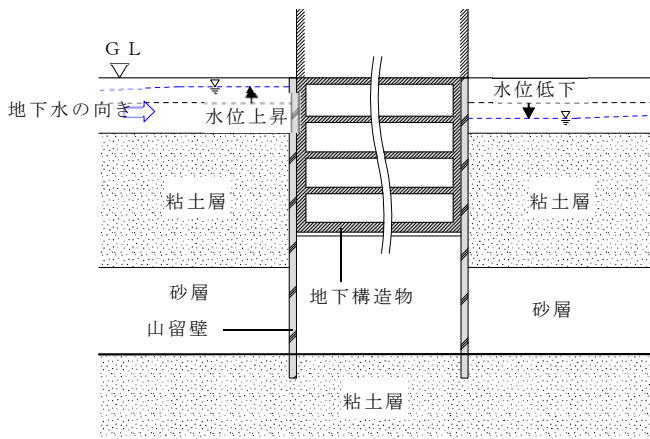


図 5-7-8 地下構造物による水位変化

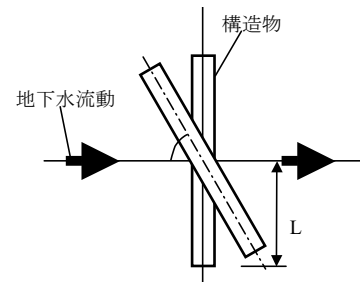


図 5-7-9 平面モデル

構造物の半長 (L) 及び地下水流動方向と不透水構造物がなす交角 (θ) については、安全側の設定として、それぞれ計画建物の長辺長さの 1/2 (北街区: 93 m、南街区: 135 m、図 5-7-8 参照)、 90° とした。

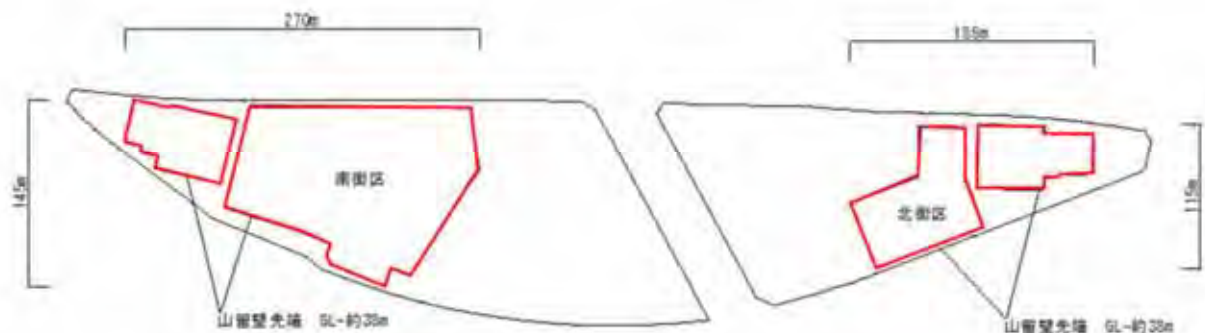


図 5-7-10 不透水構造物の長さの設定

b. 地下水位低下に伴う地盤沈下量の算定

a で求めた水位低下量と地盤調査（PS 検層、圧密試験）結果に基づき、粘土層の圧密沈下量と帯水層の弾性沈下量の合算により総沈下量を算定した。

ここで粘性土の最終圧密沈下量は、Cc 法（(1.2) 式）により算定した。なお、今回の対象粘土層は土質試験の結果、過圧密であるため、圧縮指数 Cc の代わりに再圧縮指数 Cr（=1/10Cc）を用いた。

$$S_i = L_i \frac{C_c}{1+e_0} \log_{10} \frac{\sigma'_{z0i} + \Delta \sigma_{wi}}{\sigma'_{z0i}} \quad (1.2)$$

また、帯水層の弾性沈下量は、以下に示す方法で算定した。

- ① 各層 i における地下水位低下による有効応力の増分を考慮した地盤剛性 E_{0wi} を (1.3) 式により求める。

$$\frac{E_{0wi}}{E_{0i}} = \sqrt{\frac{1 + \sqrt{\sigma'_{z0i} / (\sigma'_{z0i} + \Delta \sigma_{wi})}}{2 \times \{\sigma'_{z0i} / (\sigma'_{z0i} + \Delta \sigma_{wi})\}}} \quad (1.3)$$

- ② 各層 i における地下水位の低下に伴う地盤のせん断ひずみを (1.4) 式により求める。

$$\epsilon_{0wi} = \gamma_{0wi} = \frac{\Delta \sigma_{wi} \cdot (1 - \nu - 2\nu^2)}{E_{0wi} (1 - \nu)} \quad (1.4)$$

- ③ せん断ひずみによる剛性低下を考慮したせん断ひずみを (1.5) 式により求める。

$$\gamma'_{wi} = \gamma_{0wi} + K \cdot \gamma_{0wi}^R \quad (1.5)$$

- ④ 各層 i における沈下量を (1.6) 式により求める。

$$\delta_{wi} = \gamma'_{wi} \cdot L_i \quad (1.6)$$

ここに、Si	: 土層 i における最終沈下量	Cc	: 圧縮指数
Li	: 土層 i の層厚	e ₀	: 初期間隙比
σ' _{z0i}	: 水位低下前の地盤の有効鉛直応力		
Δ σ _{wi}	: 水位低下に伴う有効応力の増分		
E _{0i}	: 土層 i における初期変形係数		
E _{0wi}	: 水位低下を考慮した変形係数		
γ _{0wi}	: 土層 i におけるせん断ひずみ		
ν	: 地盤のポアソン比		
γ' _{wi}	: せん断ひずみによる剛性低下を考慮したせん断ひずみ		
R, K	: R-0 モデルの係数		
δ _{wi}	: 水位低下による地盤の弾性沈下量		

③ 予測結果

a. 地下水位低下量

地下水位低下量の算定結果は表 5-7-8(1)、(2)に示すとおりである。自由水、第一被圧水の水位低下量はそれぞれ北街区で約 1 cm、3 cm、南街区で約 2 cm、4 cm となった。

表 5-7-8(1) 水位低下量の算定 (北街区)

帯水層(地層)	動水勾配 I			構造物半長 L (m)	θ (°)	水位低下量 S_c (m)
	平衡水位差 (m)	距離 (m)				
自由水 〔沖積層 砂質土層〕	0.04	463	8.64×10^{-5}	93	90	0.01
第一被圧水 〔洪積層 砂・礫質土層〕	0.14	573	2.45×10^{-4}	93	90	0.03

表 5-7-8(2) 水位低下量の算定 (南街区)

帯水層(地層)	動水勾配 I			構造物半長 L (m)	θ (°)	水位低下量 S_c (m)
	平衡水位差 (m)	距離 (m)				
自由水 〔沖積層 砂質土層〕	0.04	463	8.64×10^{-5}	135	90	0.02
第一被圧水 〔洪積層 砂・礫質土層〕	0.14	573	2.45×10^{-4}	135	90	0.04

b. 地下水位低下に伴う地盤沈下量

地下水位低下による地盤沈下量の算定結果を表 5-7-9(1)、(2)に示す。地下水位が表 5-7-8 のように低下し、かつ全地層の流向が同じ（同じ場所で地下水位低下及び地盤沈下が発生する）と想定した場合の地盤沈下量は北街区で約 0.5mm、南街区で約 0.7mm と予測される。

ただし、自由水と第一被圧水は流向が違うと考えられるため、地盤沈下が発生する範囲は各地盤で違う。よって、実際の沈下量は全地層の流向が同じとした場合の計算値よりは小さくなると思われる。

表 5-7-9(1) 沈下量検討結果（北街区）

地層	下端深度 (m)	沈下量 (mm)	
		砂礫層	粘土層
F	1.80	0.001	-
As	5.60	0.001	-
Ac2	19.60	-	0.33
Aalt	32.00	-	0.12
Dsg1	35.60	0.001	-
Dc2	40.90	-	0.02
計		0.003	0.47
総沈下量		0.48	

表 5-7-9(2) 沈下量検討結果（南街区）

地層	下端深度 (m)	沈下量 (mm)	
		砂礫層	粘土層
F	2.70	0.001	-
As	5.60	0.001	-
Ac2	22.00	-	0.54
Aalt	30.60	-	0.12
Dsg1	36.00	0.002	-
Dc2	41.40	-	0.03
計		0.004	0.69
総沈下量		0.70	

(4) 評価

① 環境保全目標

地盤沈下についての環境保全目標は、「環境への影響を最小限にとどめるよう、環境保全について配慮されていること」、「大阪市環境基本計画の目標の達成と維持に支障がないこと」とし、本事業の実施が事業計画地周辺の地下水位・地盤沈下に及ぼす影響について、予測結果を環境保全目標に照らして評価した。

② 評価結果

本事業計画に伴う地下水流動阻害による地盤沈下量は北街区で約 0.5mm、南街区で約 0.7mm と予測された。この値は土留壁を第一被圧水直下の粘性土層まで根入れする計画とすることから、地下水の流動阻害による沈下量から予測した計算値であり、周辺埋設管等の一般的な安全管理値（約 10～15mm）に比べ十分小さな値である。

今後は、工事着手前には道路管理者、埋設企業体との協議等により、地下水流動阻害による周辺埋設管の安全確認を行い、工事中は鉄道事業者や道路管理者等との協議に基づき、土留壁や地盤の変位量計測、地下水位のモニタリング等を行いながら施工を行い、安全確保に努める。

以上のことから、周辺環境への影響を最小限にとどめるよう環境保全について配慮されていること、有害な地盤沈下を引き起こすことはないことから、環境保全目標を満足するものと評価する。

5. 7. 3 施設の利用に伴う影響の予測・評価

(1) 予測内容

本事業における帯水層蓄熱井戸の利用が、事業計画地周辺の地盤沈下に及ぼす影響について、現況調査結果及び事業計画等により予測した。

予測内容は、表 5-7-10 に示すとおりである。

表 5-7-10 予測内容

予測項目	予測範囲	予測時点	予測方法
帯水層蓄熱井戸の利用による地盤沈下への影響	事業計画地周辺	施設供用時	現況調査結果及び事業計画等による推定

(2) 予測方法

建築物用地下水の採取の規制に関する法律では、帯水層蓄熱井戸の利用に対する技術的基準が規定されている。また、技術的基準を適用する前提として要件も規定されている。

帯水層蓄熱井戸の利用が事業計画地周辺の地盤沈下に及ぼす影響について、現況調査結果をふまえ、本事業における帯水層蓄熱井戸の利用計画がこれらの基準・要件を満足しているかどうかを確認することにより予測した。

なお、基準・要件の内容は、予測結果の各項目に示すとおりである。

(3) 予測結果

① 技術的基準と事業内容の確認

a. 技術的基準の内容

- ・ 内閣総理大臣の認定を申請する際に実施した実証試験で被圧地下水を揚水及び還水した帯水層の範囲内とする。
- ・ 揚水機の吐出口の断面積は、実証試験に用いた揚水設備の吐出口の断面積以下とする。

b. 結果

実証試験での揚水・還水井の位置は、事業計画地に隣接する都市公園の区域内である。

大阪市内では多数のボーリング調査実績があり、大阪市中心部から臨海部の地層構造はほぼ一様であることが確認されている。実証試験では、事前にボーリング調査が実施され、採水量が期待できるいわゆる第二天満層（洪積砂礫層：Dsg2）にスクリーンが設置された。その位置は、それぞれ熱源井の掘削時に得られる切刃からのサンプルにより、透水性の高い区間が選択され、冷水井が 47.5～55.5 m、温水井が 47.0～55.5 m に設けられた。一方、図 5-7-2 に示したとおり、事業計画地内における調査結果においても、約 45 m 以深に砂礫層の存在が確認されている。今回の計画地点である事業計画地は、実証試験位置の近傍であり、同じく第二天満層から採水する計画である。

また、実証試験で用いられた揚水ポンプの吐出管直径は 100 mm φ であり、本事業で計画するポンプ吐出管直径も同一とする。なお、実証試験では 1 対の揚水設備による影響が検証されており、本事業においては 2 対の揚水設備を計画しているが、今後、「国家戦略特別区域における帯水層蓄熱技術を活用した冷暖房について」（環境省、令和元年 8 月）（以下、「環境省通知」という。）に示されている複数の揚水設備の対を導入する場合の評価手法に従い、実際の配置を想定した地下水位変動量、地盤変位量等についてのシミュレーションを実施したうえで、「帯水層蓄熱型冷暖房事業に供する建築物用地下水の採取の許可手続き等に関する要綱」（大阪市、令和 2 年 1 月策定）に基づき関係機関と協議を行う。

よって、技術的基準の内容を満足していると考えられる。

② 技術的基準の適用に係る要件と事業内容の確認

a. 技術的基準の適用に係る要件の内容

- ・ 帯水層蓄熱槽型冷暖房事業を実施する場所は、連続する敷地で一体的に開発を行う区域とし、かつ、連続した地層構成及び同一の土質を有すること。
- ・ 帯水層蓄熱槽型冷暖房事業を実施する場所における土質に係る測定結果（揚水を行う帯水層に接する粘性土層の载荷に対する圧密量の測定結果を含む。）により、当該粘性土層が過圧密の状態にあり、かつ、揚水時の圧密圧力が圧密降伏応力に対して十分小さいと認められること。
- ・ 帯水層蓄熱槽型冷暖房事業を実施する場所において、季節に応じた地下水や地盤への影響を把握するために十分な期間、当該事業と同程度の規模で被圧地下水を採取し、その全量を同一の帯水層へ還元する実証試験を実施した結果、当

該場所及びその周辺において、地下水位、地盤高、地下水の水質及び間隙水圧に著しい変化が認められないこと。

- ・揚水設備の維持管理及び緊急時の対応に関する計画の策定、揚水設備の試運転の実施、帯水層蓄熱槽型冷暖房事業の実施期間中におけるモニタリングの実施及び当該モニタリングから得られる情報の都道府県知事への報告、緊急時の都道府県知事への報告その他の地盤沈下の防止等の観点から必要な措置を講ずること。

b. 結果

本事業は連続する敷地で一体的に開発を行う。また、現況調査結果（図 5-7-2）によれば、地層の構成は GL-約 30m までが沖積粘性土層および砂質土層となっており、GL-約 30～35m に洪積砂礫層（第一天満層：Dsg1）が、GL-約 45m 以深に洪積砂礫層（第二天満層：Dsg2）が出現する構成となっており、敷地全体で概ね同様の地層構成となっている。

実証試験では揚水した地下水を全て還水させていることから、帯水層全体の地下水の収支バランスは維持されており、揚水開始後、10 分以内に孔内水位は平衡状態に達しており、以降、地盤応力の変化も平衡するものと考えられる。一方、試験では地下水採取部に接する洪積粘土層への応力変化は約 16kN/m^2 となっており、過圧密度（ 180kN/m^2 ）に対して十分小さいと考えられる。

また、実証試験では、平成 29 年 4 月から約 1 年半に渡り、揚水・還水による $100\text{m}^3/\text{h}$ の連続運転を含む試験運転を行い、累積 47.3万m^3 （実運転期間 4.5 シーズン相当）の地下水を同一の帯水層に全量還元することを確認した。これは本事業と同程度規模の採取であり、季節に応じた影響把握が可能な期間となっている。実証試験により、以下の点について確認し、地盤沈下の生じないことが確認されている。

- ・地盤変動に沈下が累積する傾向が見られない。
- ・揚水・還水による間隙水圧と地下水位の変動に連動性が見られない。
- ・地盤変動幅が大阪市域における年内地盤変動量の範囲内にあること。

また、地下水の水質については、実証試験では地下水位の変化が小さいこと、井戸ポンプの開放点検の結果、還元状態が維持されていたことから、井戸ケーシングの周囲を通じた地表、あるいは第一天満層からの異水質の流入等による著しい変化は生じていないと推測する。

なお、事業の実施にあたっては、揚水設備の維持管理等に関する計画の策定、実施期間中におけるモニタリングの実施等、必要な措置を講ずる。

以上のことから、技術的基準の適用に係る要件を満足していると考えられる。

(4) 評価

① 環境保全目標

地盤沈下についての環境保全目標は、「環境への影響を最小限にとどめるよう、環境保全について配慮されていること」、「大阪市環境基本計画の目標の達成と維持に支障がないこと」とし、本事業の実施が事業計画地周辺の地下水位・地盤沈下に及ぼす影響について、予測結果を環境保全目標に照らして評価した。

② 評価結果

帯水層蓄熱井戸の利用に対しては、建築物用地下水の採取の規制に関する法律において、技術的基準及び技術的基準を適用する前提としての要件が規定されているが、本事業における帯水層蓄熱井戸の利用については、これらの要件をすべて満足すると考えられる。

また、事業の実施にあたっては、揚水設備の維持管理等に関する計画の策定、実施期間中におけるモニタリングの実施のほか、環境省通知に示されている複数の揚水設備の対を導入する場合の評価手法に従い、実際の配置を想定した地下水位変動量、地盤変位量等についてのシミュレーションを実施した上で、「帯水層蓄熱型冷暖房事業に供する建築物用地下水の採取の許可手続等に関する要綱」（令和2年1月策定）に基づき、関係部局と協議を行い適切に実施する計画である。

以上のことから、周辺環境への影響を最小限にとどめるよう環境保全について配慮されていること、有害な地盤沈下を引き起こすことはないことから、環境保全目標を満足するものと評価する。