

9 地盤沈下

9-1 前提	.....	9- 1 ページ
9-2 予備調査	.....	9- 1 ページ
9-3 スコーピング	.....	9- 2 ページ
9-4 調査	.....	9- 3 ページ
9-5 予測	.....	9- 5 ページ
9-6 環境保全措置	.....	9- 7 ページ
9-7 評価	.....	9- 7 ページ
9-8 事後調査	.....	9- 7 ページ

9 地盤沈下

9-1 前提

(1) 考え方

地盤沈下は、大きく分けて、地下水（地熱流体を含む。）の揚水、天然ガスの採取、掘削工事等における湧出水の排除及び地下水脈の遮断等を原因とした地下水位の低下によって生じるものと、軟弱地盤上の盛土等の荷重によるものに分けられる。狭義の地盤沈下では前者を指し、後者は地盤変形と呼ばれる場合もある。これらの地盤沈下は、建築物、水路及びライフライン施設等の損壊につながり、災害に対する安全度を低下させるおそれがある。

(2) 環境要素

地盤沈下については、沈下の有無又は沈下量を環境影響評価の対象とし、小区分に分けていない。ただし、要因としては、前述のように地下水位の低下によるものと、軟弱地盤上の荷重によるものに分けられる。

9-2 予備調査

(1) 予備調査の目的

予備調査の目的は、地盤沈下を対象として環境影響評価を行うか及び調査、予測、評価の手法（環境保全措置の方針を含む）を検討するために必要な情報を得ることである。

地盤沈下は、地形・地質の条件により生じやすさが異なるため、地盤沈下を生じやすい地形・地質の把握を主に行う。

(2) 予備調査の項目

予備調査の対象とすべき事項は、①及び②を基本とし、その他関連項目の把握を行う。

予備調査項目	調査内容
①地盤沈下の状況	・地盤沈下の範囲、沈下量等 ・地盤沈下による被害、苦情等の状況
②地形・地質の状況	・地盤沈下を生じやすい地形・地質の分布（沖積低地の粘性土、砂質、泥炭質、腐植土質からなる地盤）
③水象の状況	・地下水の分布、揚水等の状況
④土地利用	・保全対象としての住宅、道路、農地、森林等の把握
⑤その他	・将来の地盤の状況に影響を与える可能性のある開発動向等

(3) 予備調査の範囲

予備調査の範囲は、対象事業実施（想定）区域及びその周辺区域における地質や地下水の特性を把握できる範囲とし、対象事業実施（想定）区域及びその周囲 10～20km 四方程度の区域を目安として設定する。

(4) 予備調査の方法

予備調査の方法は、以下を基本とする。

予備調査項目	調査方法
①地盤沈下の状況	・水準測量結果等の収集、整理 ・苦情については、市町村資料の収集、市町村の聞き取り

②地形・地質の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の地質図等の収集、整理 <ul style="list-style-type: none"> ▷ 土地分類基本調査(国土交通省) ▷ 土地条件図(国土地理院) ▷ 新版 長野県地質図 ▷ 地質図(産業技術総合研究所地質調査総合センター) ▷ 地盤図(長野県建築士会) ▷ 市町村誌、地域防災計画、その他市町村資料 等 ・その他周辺地域の開発等に際しての地質調査結果等
③水象の状況 (地下水の分布)	<ul style="list-style-type: none"> ・県、市町村資料等の収集、整理
④土地利用	<ul style="list-style-type: none"> ・地形図、土地利用図、都市計画図等
⑤その他	<ul style="list-style-type: none"> ・県、市町村資料等の収集、整理、市町村等の聞き取り

(5) 予備調査結果のとりまとめ

<p>●地盤沈下の概況の記述内容及び作成図表例</p> <p>1 対象事業実施(想定)区域及びその周辺区域における地盤沈下及び地形・地質の状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現状における地盤沈下の状況 ・地盤沈下を生じやすい地形・地質の分布の状況 <p>【図表】地盤沈下を生じやすい地形・地質の分布図</p> <p>2 地盤沈下防止上の留意点</p>
--

9-3 スコーピング

考え方

- ・ 地下水位に影響を及ぼすおそれのある事業において選定する。地下水位に影響を及ぼすおそれのある要因は以下のようなものがある。
 - ▷ 供用後の地下水の揚水
 - ▷ 工事中の掘削等による地下水、湧出水の排水
 - ▷ 地下構造物の存在による地下水流の遮断
- ・ 地盤沈下を生じやすい軟弱地盤が分布し、盛土等を行う又は地下水位の低下を生じる場合、選定する。軟弱地盤では、盛土等又は地下水位の低下による荷重によって粘土層の圧密を生じ、地盤沈下を発生する。軟弱地盤について、明確な定義はないが、主に沖積低地にあり、粘土質、砂質、泥炭質、腐植質からなり、自然含水量が多く、構造物等に対する支持力が極めて低い地盤をいう。一般には、沖積層の厚さが 10m前後を超えると、沈下しやすくなる傾向があり、沖積層の厚さが 5～10m程度を目安として選定を行う。

環境要素		選定に際しての考え方	概略の影響検討の要点
地盤沈下	地下水位の低下によるもの	<ul style="list-style-type: none"> ・相当量の地下水の揚水、地下掘削工事等による地下水・湧水の排水、地下構造物等による地下水流の遮断が想定され、地下水位の相当程度の低下が予想され、地盤条件等からみて地盤沈下を生じるおそれがある場合に選定 	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水位の大幅な低下が予想され、かつ地盤沈下の生じやすい沖積層等と影響を受ける住宅等がある場合は重点化について検討を行う。 ・地盤沈下を生じるおそれがあるが、相当程度の期間被害を受ける対象が存在しない場合は簡略化について検討を行う。

	<p>軟弱地盤上の盛土等によるもの</p>	<p>・軟弱地盤上に盛土等による荷重を行う場合に選定</p>	<p>・現在地盤沈下を生じている地域周辺の場合、軟弱地盤層が非常に厚いと想定される場合は重点化について検討を行う。 ・盛土等の荷重が小さい、周辺に被害を受ける対象が存在しないなどの場合は簡略化について検討を行う。</p>
--	-----------------------	--------------------------------	---

9-4 調査

(1) 調査の内容

(技術指針 別表第3)

対象事業実施区域及びその周辺区域における地盤沈下の状況について把握する。
 また、これらの地域で地盤沈下がある場合又は地下水の汲み上げ等を計画している場合は、地形・地質・地下水等の自然的状況又は地下水の利用状況等についても把握する。

- ・ 現在地盤沈下を生じている場合は、長期的な沈下の状況を把握する。その他の場合にあっては、地盤沈下の状況は、周辺の聞き取り等による。聞き取り等の結果、地盤沈下を生じている場合には、沈下量についての調査を実施する。
- ・ 地下水位の低下による地盤沈下を対象とする場合は、地下水位、流動、地下水利用等について調査を行う。ただし、地下水位の低下が想定される場合には、水象における地下水を環境影響評価項目として選定することを基本とし、地下水位の予測については、基本的に水象において行うこととする。
- ・ 軟弱地盤上の盛土等による影響を対象とする場合は、軟弱地盤層の厚さ、強度、粒度分布、含水量、圧密係数等の把握を行う。地下水位の低下による影響を対象とする場合であっても、沖積層等における地下水位の低下に伴う圧密を予測する場合には、同様の土質の調査を行う。

(2) 調査の方法

(技術指針 別表第3)

既存文献等、聞き取り又は現地調査により行う。
 測定方法は、水準測量等とする。

<地盤沈下の状況>

- ・ 既に沈下を生じている地域においては、水準測量等既存調査結果を収集、解析し、長期的な沈下の状況等を把握する。
- ・ その他の場合は、聞き取り等により周辺地域における地盤沈下の有無を確認する。
- ・ その結果、地盤沈下がある場合には、水準測量又は沈下計を用いる方法により、現地調査を行う。

<地下水の状況>

- ・ 地下水については、地下水位の調査と地下水に係る地質構造、地下水利用状況等を把握する。
- ・ 地下水位は、既存の井戸や観測井の水位を観測する。地下水位については、賦存状況と動態を明らかにするための短期一斉調査と、水位の変動特性等を把握する長期継続調査がある。
- ・ 地質構造は、ボーリング調査(水文地質構造の把握と土質試験のコアサンプル採取)、

物理探査（電気探査、弾性波探査による帯水層、難透水層、基盤等の地質構造の把握）等により把握する。

- ・ 地下水利用状況は、既存文献等より、井戸等の位置、利用者、揚水量等を把握する。

＜軟弱地盤等の土質調査＞

- ・ 地質調査により、軟弱層の分布、厚さ等を把握する。
- ・ 土質試験により、地盤沈下を予測する上で必要なパラメータを把握する。土質試験には、間隙比や含水比等を求める物理的性質試験と、圧密試験等の力学的性質試験がある。

(3) 調査地域及び地点

(技術指針 別表第3)

調査地域は、対象事業実施区域及びその周辺区域とし、地形・地質等の資料又は試算等により推定し設定する。

＜調査地域＞

- ・ 地下水位の影響範囲は、掘削の深度、透水係数等により左右される。地下水位の影響については、以下のような知見や経験式がある。
 - ▷ 揚水井戸による地下水位の影響は、最も透水係数の大きい粗礫で1,500m程度の範囲（土質調査法）
 - ▷ 掘削による地下水位低下が10cmで地下水位低下が2cmになる範囲は、粘土層で約100～200m程度、砂層では400～1,000m程度（「地下掘削工事による地下水障害を防止するための調査報告書」建設省、昭和56年）
 - ▷ 掘削の場合の影響範囲は、掘削深度と同程度から、地盤によっては掘削深度の3～5倍（「土留め構造物の設計」土質工学会編）
 - ▷ 地下水影響範囲の概略設定の方法（Sichartの式）

$$R = 3000 \times s \times \sqrt{K}$$

(R:影響範囲(m) s:掘削による地下水位変化(m) K:透水係数(m/sec))

- ・ 軟弱地盤における盛土等による圧密沈下を想定する場合は、その影響範囲は軟弱地盤上の盛土等の荷重点周辺で、地下水位の影響範囲より狭い範囲に限られる。地形条件や既存文献等から軟弱地盤が分布すると想定される範囲を勘案し、設定する。

＜調査地点＞

- ・ 調査地点は、調査地域内において地下水の状況や地質の状況を的確に把握できる地点とし、複数地点設定する。
- ・ 地下水の流動を詳細に把握する場合には、格子状に地下水調査地点を設定するなど、重要度の程度に応じて設定する。ただし、観測井の設定等により自然環境等に影響を及ぼすおそれもあるため、地点の設定は慎重に行う。

(4) 調査期間等

(技術指針 別表第3)

調査時期は、地盤沈下の状況を適切に把握できるよう設定する。

- ・ 地盤沈下の状況は、既存文献等による場合は、数年以上の状況を対象とする。それ以外の場合で、現地調査を行う場合は、1年以上の状況を把握することとし、季節による水位の変動を考慮して調査時期を設定する。

- 地下水に関する調査は、年間を通じた状況を把握する。短期一斉の調査は、季節の変動を考慮し、年2回から4回程度実施する。また、長期の変動に関する調査は、1週間に1回程度の観測や自記記録計による連続測定とする。

9-5 予測

(1) 予測の内容

(技術指針 別表第3)

対象事業による地盤沈下の範囲及び沈下量の状況について予測する。

- 予測内容としては、沈下量及び沈下の範囲を定量的に予測することとするが、これが困難な場合は、沈下の発生の可能性を定性的に予測したり、環境保全措置の記載により予測に代える。

(2) 予測地域及び予測地点

<予測地域>

- 予測地域は、原則として調査地域に準じる。ただし、地質や地下水に係る調査結果に応じ、予測地域を限定しても良い。

<予測地点>

- 予測は、特に地点を設けずに面的な広がりを予測することを基本とする。
- ただし、必要に応じ、特定の地点について重点化して予測を行う場合、住宅その他保全対象の分布地点等に予測地点を設定する。

(3) 予測対象時期等

<工事中>

- 掘削工事等による地下水及び湧水の排水が最大となる時期とする。工事計画において工期・工区が設定され、それぞれの工事が間隔をおいて実施される場合には、各工期・工区ごとの予測を行う。

<供用後>

- 土地等の存在による影響の場合は工事完了後の適切な時期、供用時の揚水による影響の場合は事業計画において予定されている施設等が通常の状態稼働する時期とする。ただし、地盤沈下は、影響の出現に時間を要する現象であり、影響が累積するものであるため、供用後、1年目、2年目、3年目等、年次による変化を長期的に予測する。

(4) 予測の方法

(技術指針 別表第3)

対象事業による地盤沈下の有無又は沈下量を、圧密沈下理論式、数値シミュレーション又は経験則等により予測する。

- 地下水位の低下による沈下については、地下水位の低下の程度を予測した上で、圧密沈下理論式等により予測する。また、長期的な予測は、圧密沈下理論式の結果を用いた重ね合わせ法による。地下水位の予測は、地下水の流動モデルによる数値シミュレーション、経験則、既存事例の解析等による。地下水の流動のモデルは、近年の知見の蓄積や計算機の性能の向上等により適用の可能性は高まっているが、実際には、モデルを構築するための地下水や地質に関する調査が膨大なものとなる。

- ・ 軟弱地盤上の盛土等による影響は、圧密沈下理論式により予測する。
- ・ 簡略化を行った場合等には、地盤沈下発生の可能性の有無について調査結果や類似事例等から定性的に検討を行ったり、地下水の排水をできる限り抑える工法の採用等環境保全措置を記述することをもって予測に代えることができる。ただし、環境保全措置による場合は、その内容について具体的に記載し、効果について信頼できるデータ等を添付する。

参考 地盤沈下の予測手法

手法名	特徴	対象
圧密沈下理論式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土質工学における圧密理論に基づき、地下水位の低下や盛土等の荷重に対応する地盤の有効応力の増加と、土質試験等によって得られる土質定数により沈下量を予測する方法 ・ 土質試験によって得られた間隙比と荷重の関係をどのような定数で表すかにより、ec 法、Cc 法、mv 法がある。 ・ 荷重による周辺への影響範囲は、圧密沈下の影響係数と軟弱層の層厚から求める手法がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 軟弱地盤における圧密沈下 ・ 地下水位低下による地盤沈下
重ね合せ法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 圧密沈下理論式の結果に圧密時間係数－圧密度曲線（圧密試験により得られる）を重ね合わせ、n 年目の沈下量を計算する方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 軟弱地盤における圧密沈下 ・ 地下水位低下による地盤沈下
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 揚水量と沈下量の相関関係を利用した予測手法等があるが、本県の場合揚水による沈下地域がないことから、データがなく、この手法は適用できない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地下水位低下による地盤沈下

参考 地下水流動のシミュレーションモデル

モデル名	特徴	適用対象
平面二次元地下水流動モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 帯水層の水位変動をシミュレートする。 ・ 圧密沈下理論式との組み合わせで沈下量を予測することができる。 ・ どの位置でどの程度地下水を採取すれば地下水位がどの程度低下するかを把握するのに適している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地下水位の予測
断面二次元地下水流動モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 平面上の一方向の地下水の流れを無視して、断面方向のみの地下水流動を扱うモデル ・ 地盤沈下の実態解明に有効 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地下水位の予測 ・ 帯水層を含む地層別の収縮量の計算が可能
準三次元地下水流動モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 帯水層の流れを表す平面二次元モデルと、加圧層の流れを表す鉛直次元モデルを連立させたもの。 ・ 加圧層（粘土層）と帯水層（砂礫層）が連続して互層となっている場合に適する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地下水位の予測 ・ 加圧層の圧密沈下量も計算可能
三次元地下水流動モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加圧層（粘土層）と帯水層（砂礫層）が連続して互層となっている場合に適する。 ・ 計算量が膨大であり、かつ、変数が多いため必要なデータを得ることが困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地下水位の予測

9-6 環境保全措置

予測結果に基づき、環境に対する影響緩和の考え方から、積極的に環境保全措置を検討する。具体的な環境保全措置の例としては、以下のようなものが想定される。

1 回避

- ・ 水源の転換等による地下水の揚水の回避
- ・ 位置の変更、施設計画の変更等による帯水層に影響する掘削等工事の回避
- ・ 位置の変更、土地利用計画の変更等による軟弱地盤上への盛土等の回避

2 低減

- ・ 水の有効利用等による地下水揚水量の削減
- ・ 地下掘削工事における密閉型シールド工法等、地下水の排出をできる限り少なくするような工法の採用
- ・ 地盤改良等による軟弱地盤における圧密沈下の防止対策
- ・ 供用時における節水等による地下水使用量の削減

9-7 評価

(1) 評価の内容

- ・ 評価の内容は、予測の内容に準じる。

(2) 評価の方法

- ・ 評価は、調査結果、予測結果及び環境に対する影響緩和の考え方を踏まえ、次の観点から事業者の見解を明らかにする。

① 環境に対する影響緩和（ミティゲーション）の観点

- ・ 環境影響評価の項目ごとに、回避、低減に係る環境保全措置を盛り込んだ複数案について、地盤沈下の可能性の回避や発生の予想される地盤沈下による保全対象に対する影響の緩和の観点から比較検討することにより、事業者が実行可能な範囲において、できる限りのミティゲーションが図られているか否かを判断する。
- ・ 複数案の比較を行わない場合は、その理由及び当該案により緩和が図られていることを明らかにする。

② 環境保全のための目標等との整合の観点

- ・ 以下のような目標等との整合が実行可能な範囲においてできる限り図られているか否かを判断する。
 - ▷ 事業者自ら設定した目標
 - ▷ 長野県及び関係市町村の環境基本計画、防災計画等における目標等
 - ▷ その他、人の健康の保護、生活環境の保全、自然環境の保全上望ましい水準に係る科学的知見

9-8 事後調査

(1) 事後調査の項目

- ・ 以下のような場合、選定項目のうち、関連する項目を事後調査の対象とする。
 - ▷ 地盤沈下の発生が予測されている場合

- ▷ 地下水の揚水、掘削等に伴う地下水・湧水等の排出、地下構造物による地下水流の遮断等が想定される場合で、地下水位に関する予測結果の不確実性が高い場合
- ▷ 現在地盤沈下を生じている地域における事業の場合
- ▷ 軟弱地盤の層厚が 10mを超えるような場合
- ▷ 採用した工法等の環境保全措置について、その効果等に不確実性がある場合
- ▷ その他事後調査を必要とする場合

(2) 事後調査の内容

- ・ 地盤沈下の状況（沈下量）
- ・ 地下水位の低下による地盤沈下の場合、地下水位
- ・ 事業の実施状況及び事業に伴う揚水量、地下水排水量、盛土等荷重量等負荷の状況

(3) 事後調査の方法

- ・ 現況調査手法に準じる。

(4) 事後調査期間等

- ・ 調査時期は、原則として予測対象時期とする。ただし、地盤沈下の影響は、発現までに時間を要する場合もあることから、工事完了後 3～5 年間程度の継続観察を行うこととする。
- ・ 調査頻度は、年 1 回程度の調査とするが、地下水位の変動による場合は、季節による水位変動を考慮し、年 2～4 回程度の調査を実施する。