

土木研究所資料

部分ストレーナ孔による 間隙水圧観測の手引き (案)

平成 26 年 5 月

独立行政法人土木研究所
土砂管理研究グループ
地すべりチーム

Copyright © (2014) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

部分ストレーナ孔による 間隙水圧観測の手引き（案）

| | | |
|---------|---------|----------|
| 地すべりチーム | 上席研究員 | 石井 靖雄 |
| | 元 上席研究員 | 武士 俊也* |
| | 主任研究員 | 杉本 宏之 |
| | 元 交流研究員 | 中野 英樹** |
| | 元 交流研究員 | 宇都 忠和** |
| | 元 交流研究員 | 樽角 晃*** |
| | 元 交流研究員 | 本間 宏樹*** |
| | 交流研究員 | 柴崎 宜之 |

要 旨：

地すべりの機構解析や斜面安定解析を実施するためには、すべり面の間隙水圧の把握が必要となる。特に、難透水層によって隔てられた複数の帯水層が地すべり地に存在する場合には、すべり面付近の帯水層の間隙水圧を観測する必要がある。本手引きでは、部分ストレーナ孔を計画するための標準的な調査・計画手法を提案するとともに、観測孔の設置に関する留意点を示した。

キーワード：地すべり、地下水、間隙水圧、部分ストレーナ孔

* 現 ブラジル連邦共和国都市省
** 現 株式会社エイト日本技術開発
*** 現 応用地質株式会社

目 次

| | |
|-------------------------------------|-------|
| はじめに | 1 |
| 1. 総説 | 3 |
| 1. 1 間隙水圧観測の目的 | 3 |
| 1. 2 部分ストレーナ孔による間隙水圧観測の適用 | 4 |
| 1. 3 部分ストレーナ孔による間隙水圧観測の手順 | 5 |
| 2. 水理地質調査 | 6 |
| 2. 1 概説 | 6 |
| 2. 2 連続ステップ孔内試験 | 7 |
| 2. 3 水理地質の鉛直分布の調査 | 11 |
| 3. 部分ストレーナ孔の設置計画 | 16 |
| 3. 1 部分ストレーナ区間の検討 | 16 |
| 3. 2 観測孔の構造の検討 | 17 |
| 3. 3 観測機器等の検討 | 18 |
| 4. 観測孔の設置 | 19 |
| 4. 1 部分ストレーナ孔の設置 | 19 |
| 4. 2 観測機器等の設置 | 19 |
| 4. 3 地下水観測孔の設置・点検台帳の整備 | 19 |
| 5. 観測データの回収と確認・観測孔等の点検 | 20 |
| 5. 1 観測データの回収と確認 | 20 |
| 5. 2 観測孔の点検 | 20 |
| 5. 3 観測機器等の点検 | 20 |
| 解説資料 1 地すべり地における地下水観測の実態と課題 | 解 1-1 |
| 解説資料 2 試錐日報解析による水理地質区分の判定 | 解 2-1 |
| 解説資料 3 地下水検層による水理地質区分の判定 | 解 3-1 |
| 解説資料 4 部分ストレーナ孔の標準的な構造の検討と設置における留意点 | 解 4-1 |
| 解説資料 5 部分ストレーナ孔の設置・点検台帳（案） | 解 5-1 |

はじめに

地すべりの機構解析や斜面安定解析を実施するためには、すべり面の間隙水圧の把握が必要となる。特に、難透水層によって隔てられた複数の帯水層が地すべり地に存在する場合には、すべり面付近の帯水層の間隙水圧を観測する必要があり、観測を行うボーリング孔の帯水層や難透水層の分布を、調査によって把握することが重要となる¹⁾。

地すべり地における地下水観測の実態について平成 22～23 年度に調査を行った結果（解説資料 1 参照）によると、多くの現場で地下水検層等の調査が行われているものの、帯水層や難透水層の分布を踏まえて間隙水圧を観測している現場は少ないことが明らかとなった。また、多くの現場では全区間ストレーナ孔（全孔ストレーナ孔ともいう）が採用されている。しかし、難透水層によって隔てられた複数の帯水層がある場合、全区間ストレーナ孔では他の深度の帯水層への逸水や複数の帯水層の水位の合成により、目的とする帯水層の間隙水圧を正しく反映した孔内水位が形成されないため、すべり面の間隙水圧を正しく観測できないケースが多い。このような間隙水圧データでは、地すべりの機構解析や斜面安定解析を適切に行うことは出来ない。

これらの課題を解決するために、埋設型間隙水圧計やすべり面付近のみをストレーナ加工した部分ストレーナ孔による観測が行われている²⁾。埋設型間隙水圧計は、間隙水圧を直接計測できる利点があり、良好なデータが得られると考えられるが、深いすべり面への設置やメンテナンス等には技術を要するという指摘もある³⁾。一方、部分ストレーナ孔は、間隙水圧計よりも設置やメンテナンスが比較的容易である。これまでの実績において全区間ストレーナ孔がほとんどの現状を鑑みると、現時点においては、部分ストレーナ孔の採用が上記課題の現実的な解決法と考えられる。しかし、部分ストレーナ孔による観測であっても、現在のところ普及するには至っていない。その理由としては、①部分ストレーナ孔を計画・設置する標準的な手法が示されていないこと、②全区間ストレーナと比較すると設置が難しいことが挙げられる。

本手引きでは、部分ストレーナ孔による間隙水圧観測の普及を目的として、部分ストレーナ孔を計画するための標準的な調査・計画手法を提案するとともに、観測孔の設置に関する留意点を示した。

本手引きは、本文と解説資料 1～5 からなり、次の点に留意してとりまとめた。

- 連続ステップ孔内試験（試錐日報解析、地下水検層）によって、水理地質調査（地下水の有無、地盤の透水性の状況の調査）と部分ストレーナ孔の設置を一孔で行う方法を提案した。
- 試錐日報解析と地下水検層での帯水層の検出精度を高めるため、自然水位状態と汲み上げ状態での計測を併用することを提案した。
- 部分ストレーナ構造を検討するため、地下水の有無と地盤の透水性の高低を組み合わせた単純な水理地質区分を提案し、その水理地質区分に基づく部分ストレーナ構造の計画方法を示した。
- 観測孔の設置について、現場でのノウハウ等の留意点をとりまとめた。

本文では、設置に必要な調査と設置手法の全体像が容易に把握できるよう、要点のみに絞って記述しているため、計画・設置を行う際は、解説資料 1～5 も参照していただきたい。

なお、本手引きは、土木研究所と民間4社（応用地質株式会社、株式会社オサシ・テクノス、国土防災技術株式会社、坂田電機株式会社）の共同研究「地すべりに影響を及ぼす地下水の調査・観測に関する共同研究」の成果の一部である。

1. 総説

1. 1. 間隙水圧観測の目的

すべり面の間隙水圧観測は、地すべりの機構解析や斜面安定解析等を実施するために必要な間隙水圧データを得る事を目的として実施する。間隙水圧は直接的に間隙水圧計等によって測定することが望ましいが、それが困難な場合には、ボーリング孔内の地下水位で代用する。

地すべり土塊内には、地すべりの滑動に直接関係しない地下水も含めて複数の帯水層が存在している場合が少なくない。したがって、地下水位で代用する場合には、部分ストレーナ孔等によって、すべり面付近の間隙水圧を観測する。

解説

1) 間隙水圧観測の目的

間隙水圧観測で得られたデータは、以下のような地すべりの機構解析、安定解析、対策工の配置計画等に用いられる。

- 地下水位変動と降雨や地すべり滑動との関係についての解析（地すべり機構解析）
- 安定解析への入力値としての間隙水圧（安定解析）
- 地下水分布状況に基づいた地下水排除工の配置の計画（対策工の配置計画）
- 地下水排除工施工後の間隙水圧と地すべり移動量の変化に基づく効果の評価（対策工の効果評価）
- 地下水位変動と降雨や地すべり滑動との対応関係の評価（概成判断）

これらの解析等を精度良く行うためには、適切に観測されたすべり面付近の間隙水圧を用いる必要がある。そのため、複数の帯水層が存在する場合には、部分ストレーナ孔または間隙水圧計による計測を行うことが望ましい。

2) 間隙水圧観測の方法

現在、地すべり地で行われている間隙水圧観測の方法には、主に以下の3種類がある。

(1) 全区間ストレーナ孔

全区間ストレーナ孔による観測は簡便であるものの、地すべり土塊内に複数の帯水層が存在している場合は、これら複数の帯水層が合成されたものとして観測されることから、対象とする帯水層の間隙水圧を正しく観測できない。

(2) 部分ストレーナ孔

部分ストレーナ孔による観測は、複数の帯水層がある場合や逸水層がある場合でも、目的とする深度にストレーナ区間を限定することで、すべり面付近の間隙水圧を観測できる利点がある。

(3) 埋設型間隙水圧計

埋設型間隙水圧計は、間隙水圧を直接計測できる利点があり、良好なデータが得られると考えられるが、深いすべり面への設置やメンテナンス等には技術を要するという指摘もある³⁾。

図1-1に、隣接して設置した部分ストレーナ孔と全区間ストレーナ孔による、実際の地下水観測結果を示す。この事例では、全区間ストレーナ孔による観測結果は水位が低く、かつ変動も小さく、部分ストレーナ孔で観測されているような、すべり面付近の間隙水圧は正しく測定できていない。全区間ストレーナ孔での観測は、他の帯水層への逸水や複数の帯水層の水位の合成によって、すべり面の間隙水圧を正しく観測できないケースとみられる。この事例の全区間ストレーナ孔のような観測結果では、地すべりの機構解析や斜面安定解析を適切に行うことは出来ない。このように、複数の帯水層が存在する場合には、部分ストレーナ孔または間隙水圧計による計測を行うことが望ましい。

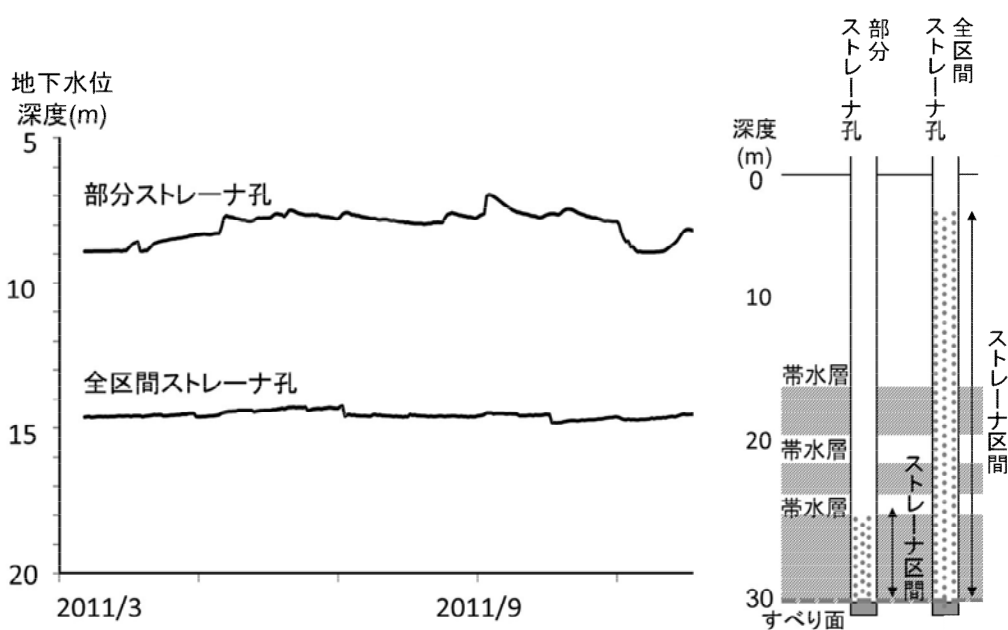


図1-1 部分ストレーナ孔、全区間ストレーナ孔による地下水観測例
(左：水位変動グラフ、右：観測孔の構造)

1. 2 部分ストレーナ孔による間隙水圧観測の適用

部分ストレーナ孔を設置するためには、設置箇所においてすべり面深度が把握できている必要がある。

解説

ストレーナ区間（深度）を設定するためには、すべり面深度についての情報が必要である。そのため、部分ストレーナ孔を設置できるのは、既往調査によってすべり面の深度が明らかな場合や、すべり面の地質的特徴が明らかで、コア観察ですべり面が特定できる場合となる。

1. 3 部分ストレーナ孔による間隙水圧観測の手順

部分ストレーナ孔による間隙水圧観測は、以下の手順に従って実施する。

- ①観測孔を設置するボーリング孔における水理地質の鉛直分布の調査
- ②ストレーナ区間、観測孔の構造（止水区間、止水方法等）の計画
- ③部分ストレーナ孔及び観測計器の設置
- ④観測及び点検

解説

部分ストレーナ孔のストレーナ区間と構造を計画するためには、すべり面深度の把握とともに、複数の帯水層や漏水層の鉛直分布の把握が必要である。

観測孔のストレーナ区間と構造の計画は、すべり面付近の間隙水圧のみを計測するため、他の帯水層からの水の回り込みや漏水が生じないように、調査結果に基づいて適切なストレーナ区間および止水区間・方法を計画することが重要である。

部分ストレーナ孔及び観測計器の設置では、計画した深度にストレーナを設置し、他層からの水の回り込みや漏水を防止するために確実に止水処理を行うことが必要である。また、施工不良が生じないように設置状況を確認しながら設置を行うことが重要である。

観測孔・計測器の設置後は、継続的に観測を行うとともに、データ回収等に合わせて定期的な点検・整備を実施し、正確な観測が継続できるように努める。

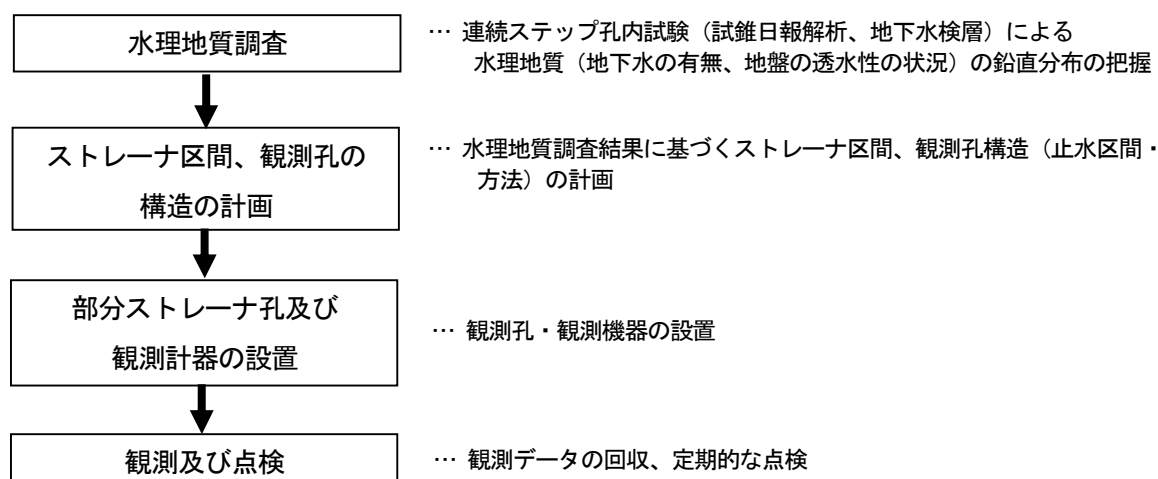


図 1-2 部分ストレーナ孔による間隙水圧観測の手順

2. 水理地質調査

2. 1. 概説

水理地質調査は、観測孔の構造を検討するため、地下水検層や試錐日報解析等の調査によって、観測孔を設置するボーリング孔の水理地質（地下水の有無、地盤の透水性の状況）の鉛直分布を把握する。

解説

部分ストレーナ区間、観測孔の構造（止水区間、止水方法等）は、観測孔とするボーリング孔におけるすべり面付近の水理地質（地下水の有無や地盤の透水性の状況）を調査し、すべり面付近の帯水層の間隙水圧のみを適切に計測できるよう、調査結果に基づいて計画する必要がある。

水理地質調査は、地下水検層や試錐日報解析によって行われる。本手引きでは、一孔で水理地質調査と部分ストレーナ孔の設置を行うことができる連続ステップ孔内試験^{4, 5)}について解説する。連続ステップ孔内試験は、ボーリング掘削中に水理地質を把握できるため、掘削完了後に部分ストレーナ管を設置できるのが利点である。それに対して、一般的な地下水検層は、ボーリング掘削後に全区間ストレーナ管をボーリング孔に挿入し、孔壁を保護した上で行うため、そのボーリング孔では部分ストレーナ孔を設置することが出来ない。

水理地質調査の結果は、地下水の有無と地盤の透水性を組み合わせた表 2-1 の水理地質区分を用いて、帯水層、漏水層、非透水層（いわゆる難透水層および不透水層に相当）を判定し、後述する水理地質調査総括図（図 2-4）として整理する。その結果から、すべり面付近の帯水層を観測対象とし、かつ、観測対象以外の帯水層から地下水がボーリング孔内に流入しないようにストレーナ区間を設定する。また、ストレーナ区間の上下の非透水層において止水処理を行う。

本手引きでは、部分ストレーナ孔の構造を計画することを主眼として、単純化した表 2-1 の水理地質区分を用いた。

表 2-1 水理地質区分

| | | 地盤の透水性 | |
|-----|----|--------|------|
| | | 高い | 低い |
| 地下水 | 有り | 帯水層 | 非透水層 |
| | 無し | 漏水層 | |

2. 2. 連続ステップ孔内試験

連続ステップ孔内試験は、裸孔区間に重複や欠落が生じないようにボーリングの掘進とケーシングパイプの挿入を繰り返して連続的に試験区間（裸孔区間）を設け、試錐日報解析と地下水検層等を行い、水理地質の鉛直分布を把握する。

解説

1) 概要

連続ステップ孔内試験の1ステップの手順を図2-1に示す。掘削中のボーリング孔の先端に裸孔区間があり、この裸孔区間の水理地質の状態を把握するために、作業前水位の測定、地下水検層等（必要に応じて、簡易間隙水圧計測、ボアホールカメラ）を行う。これらの調査が終われば、ケーシングを孔底まで挿入する。ボーリングの掘進を行い、作業終了時に作業後水位を測定する。通常、1ステップを1日で実施し、翌日以降も同じ手順を繰り返す。なお、本手引きでは、掘削前の水位を「作業前水位」、掘削直後の水位を「作業後水位」とよぶ。試錐日報解析においては、翌掘削日の作業前水位を「翌日水位」とよび、作業後水位との比較を行う（解説資料2を参照）。

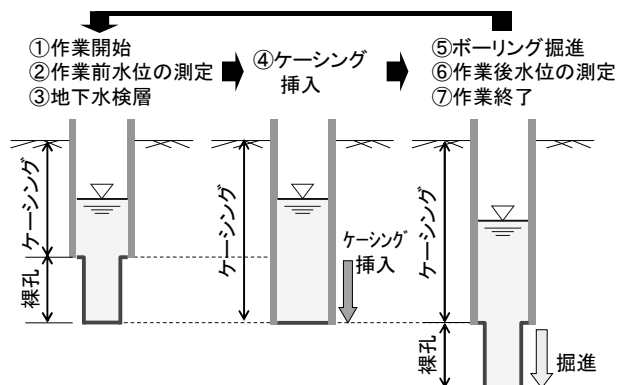


図2-1 連続ステップ孔内試験における1ステップの手順

1ステップの試験区間（裸孔区間）の長さは、計測の分解能と作業性を考慮して設定する。1ステップの長さは3~5mとしても実用的なデータが得られる。ただし、地すべり地においては地盤が脆く孔壁の保持が困難な区間もあるので、そのような場合には、ステップ間隔を1~2mと短くしながら、実施可能な区間で試験を行い、実施が困難な区間では孔壁の保持を優先する。

2) 連続ステップ孔内試験における調査項目

連続ステップ孔内試験の調査項目は、試錐日報解析と地下水検層が標準である。一方、地下水排除工の配置計画等の検討資料とするためにボーリング孔の全区間における水理地質の把握を目的とする場合などは、試錐日報解析と地下水検層だけでなく、簡易間隙水圧計測（湧水圧試験）やボアホール

カメラ等の調査も同時に行って、地すべり地内の水理地質状況についてのデータを取得することが望ましい。連続ステップ孔内試験における調査項目の例を表 2-2 に示す。

表 2-2 連続ステップ孔内試験における調査項目例

| 調査手法 | | 目的 | 概要（地下水調査への活用） |
|----------|---------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 標準 | 試錐日報解析 | 水理地質区分の判定 水位（水頭）の把握 | 作業後水位と翌日水位を比較する。汲み上げ法では作業前水位の計測時に汲み上げによる水位の回復状況も調査し、解析を行う。 |
| | 地下水検層 | 水理地質区分の判定 | 地下水の流動層の把握を行う。地下水検層手法として、食塩検層、溶存酸素検層、(加熱式) 温度検層、孔内流向・流速測定等が用いられている。連続ステップ孔内試験は、どの手法でも実施可能である。 |
| 必要に応じて実施 | 簡易間隙水圧計測 (湧水圧試験) | 湧水圧（水頭）、透水係数の把握 | 透水・湧水圧試験器を使用して、湧水圧や地盤の透水係数を計測する。 |
| | ボアホールカメラ | 亀裂の状態等の地質構造の把握 | ボアホールカメラによる孔壁観察によって、亀裂の状況（開口状況）等の透水性に関わる地質構造を把握する。地下水の流入が観察できる場合もある。 |

①試錐日報解析

試錐日報解析は、作業後水位と翌日水位の水位変化、翌日水位の汲み上げ時の水位変化から、裸孔区間の水理地質区分を判定する。また、水位は裸孔区間の水頭（水圧）の目安となる（解説資料 2 を参照）。本手引きにおいて試錐日報解析で用いる水位は、対象区間の掘削日を基準として、作業前水位・作業後水位・翌日水位とよぶ。作業後水位の測定は、水位変化を的確に捉えるため、掘削後直ちに実施することが望ましい。作業前水位の測定は、ほぼ平衡水位に達したと考えられる自然水位の測定と、汲み上げを行った時の水位回復の状態の把握を行うことが望ましい。ただし、地下水検層を実施する場合、地下水検層の実施よりも先に汲み上げを行うと、自然水位での地下水検層が出来なくなるため、地下水検層時に汲み上げを行う。

汲み上げによる作業前水位の測定手順の概要は以下の通りである（詳細は解説資料 2 を参照）。なお、汲み上げても水位が低下しない場合は、地下水の流入があると判断して測定を終了する。

<汲み上げによる作業前水位の測定手順（概要）>

- 1) 自然水位を測定する。
- 2) 孔内水を汲み上げて水位を 30～50cm 程度低下させる。
- 3) 低下させた状態の水位を測定する。
- 4) 水位を低下させてから 10 分間の水位の変化を測定し、水位回復の状態を把握する。

※地下水検層を実施する場合、自然水位での検層の後に 2)以降を実施する。

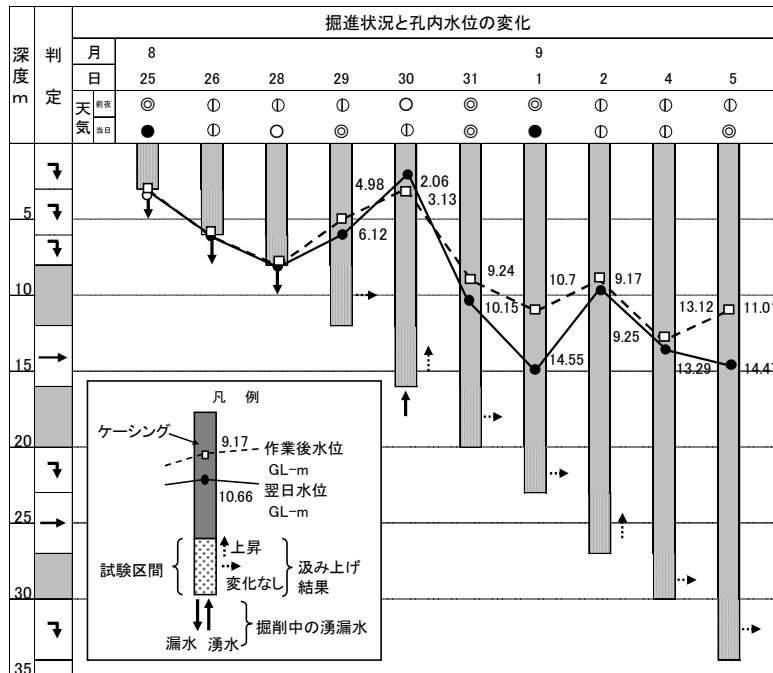


図 2-2 試錐日報解析図の例

②地下水検層

地下水検層は、ボーリング孔内の地下水の流動状況を把握する調査で、地下水の流動状況から試験区間の地盤の透水性と地下水の有無を判定する。地下水検層手法には、食塩検層、溶存酸素検層、(加熱式) 温度検層、孔内流向・流速測定等があり、どの手法でも連続ステップ孔内試験に適用可能である。地下水検層には自然水位(平衡水位)で実施する方法と、孔内水を汲み上げて地下水帯から孔内へ地下水が供給される状態で実施する方法があり、帯水層の検出精度を高めるために、両者を併用して実施することが望ましい。計測結果から、流入区間や漏水区間などの分布深度を把握する。(解説資料 3 を参照)

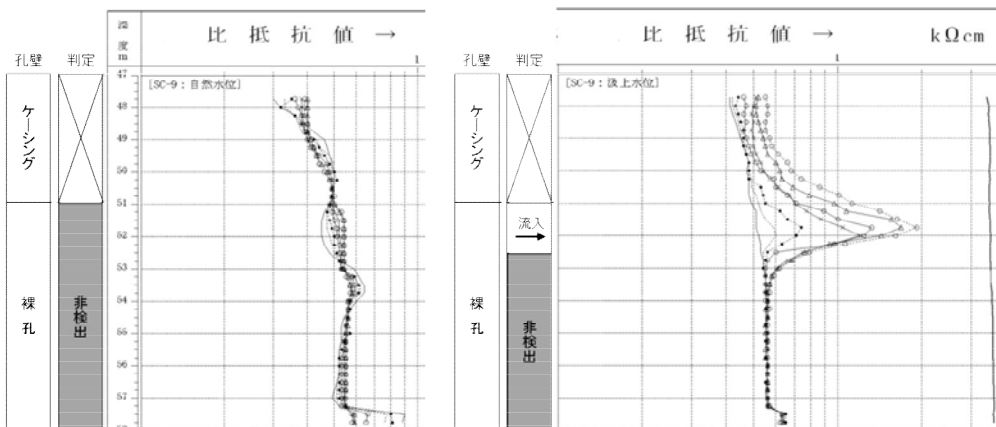


図 2-3 食塩検層の計測結果例 (左: 自然水位、右: 汲み上げ)

3) 連続ステップ孔内試験の調査計画

連続ステップ孔内試験を実施する際の調査項目と実施区間の計画例を表2-3に示す。

部分ストレーナ孔の構造検討に必要な最小限の調査は、表2-3の①に示す全区間の試錐日報解析とすべり面付近の地下水検層である。

地すべり機構解析や地下水排除工の設計等の基礎資料として、全区間の水理地質状況を把握する場合は、表2-3の②のように試錐日報解析と地下水検層を全区間で行う。その場合は、地下水観測孔に限らず、孔内傾斜計観測孔等の掘削時に行うこともできる。

すべり面の下に漏水層が存在する場合は、すべり面を貫通した際に漏水して地下水検層が実施できない場合がある。そのため、事前に近隣のボーリング孔の試錐日報等を確認し、漏水が予想される場合には、すべり面直上で試験区間を一旦区切ることが望ましい。

表2-3 連続ステップ孔内試験の調査項目と実施区間の計画例

| ボーリングの位置 (深度) | | ①部分ストレーナ孔の構造検討に 最小限必要な調査計画 | | | ②全区間の水理地質状況の把握を 目的とした場合の調査計画 | | |
|---------------------------------|-------|-------------------------------|-------|--------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------|
| | | 試錐日報 解析 | 地下水検層 | 判定間隔 (分解能) | 試錐日報 解析 | 地下水検層 | 判定間隔 (分解能) |
| 土塊 地すべり | 地下水なし | 水位なしを記録 | / | 裸孔区間長 (通常 3~5m) | 水位なしを記録 | / | 裸孔区間長 (通常 3~5m) |
| | 地下水あり | 実施 | | | 実施 | | |
| すべり面付近 (目安として 上10m+下5m程度) | | | 実施 | 実施 | | 検層の測定間隔 (通常 25cm) | 実施 |
| 基盤 | | / | | | 裸孔区間長 (通常 3~5m) | | |

2. 3. 水理地質の鉛直分布の調査

水理地質の鉛直分布の調査は、試錐日報解析と地下水検層の解析結果から水理地質区分を行う。

解説

水理地質区分は、帯水層、漏水層、非透水層の3つに区分する。帯水層については、調査結果に水頭高さを記載する。





試錐日報解析のみを実施する区間では、試錐日報解析結果から、裸孔区間ごとに水理地質区分の判定を行う。試錐日報解析と地下水検層を実施する区間では、地下水検層と試錐日報解析を組み合わせ、水理地質区分の判定を行う。この場合は、地下水検層による流動状況から、裸孔区間長さよりも細かく判定が可能である。

1) 試錐日報解析のみを実施する区間

試錐日報解析による水理地質区分の判定は、裸孔区間ごとに、全漏水の有無、汲み上げ後の水位上昇の有無、翌日水位の低下量の組み合わせによって、帯水層、漏水層、非透水層の判定を行う（表2-4）。翌日水位の低下量の大小を分ける判断基準は、地下水の賦存状態や地盤状況によって異なると考えられるため一律に決めることは難しいが、1~3m程度としている例が多いようである。

図2-4に水理地質区分を判定した例を示す。この例では深度25mまでが試錐日報解析のみを実施した区間で、裸孔区間ごとに水理地質区分の判定を行っている。





表2-4 試錐日報解析（汲み上げ）を用いた水理地質区分の判定

| 水位の変化の特徴 | | | 試錐日報 解析判定 | 水 理 地 質 区 分 | | |
|----------|----------------|--------------|--------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 全漏水 | 汲み上げ後 の水位上昇 | 翌日水位の 低下量 | | | | |
| 有り | — | — | 全漏水 | 漏 水 層 | 裸孔区間に透水性が著しく高い漏水層が存在する |  |
| 無し | 有り | — | 流 入 | 帯 水 層 | 裸孔区間に帯水層が存在する |  水頭高さ GL-12.45m |
| | 無し | 大 | 逸 水 | 漏 水 層 | 裸孔区間に透水性が比較的高い漏水層が存在し、帯水層は存在しない |  |
| | | 小 | 変化なし | 非透水層 | 裸孔区間全体が透水性の低い地盤からなる |  |

2) 試錐日報解析と地下水検層を実施する区間

地下水検層を実施する場合の水理地質区分の判定は、地下水検層の結果から、流入、全漏水、逸水（流入なし）、非検出（一部）、上昇流・下降流、非検出（全区間）、逸水（流入不明）に区分し、全区間非検出の場合に試錐日報の判定を併用する（表2-5、解説資料3を参照）。この判定では、裸孔区間長よりも細かい判定が可能である。

表2-5 地下水検層・試錐日報解析を用いた水理地質区分の判定

| 地下水検層判定 (自然・汲み上げ併用) | 試錐日報解析判定 (作業前後比較) | 水理地質区分 | |
|------------------------|----------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 流入 | / | 帯水層 |  水頭高さ GL-12.45m |
| 全漏水 | | 漏水層 |  |
| 逸水 (流入がないことを確認) | | | |
| 非検出 (一部区間) | | 非透水層 |  |
| 上昇流・下降流 | | | |
| 非検出 (全区間) | 変化なし | 漏水層 |  |
| | 逸水 | | |
| 逸水 (流入の有無は不明) | / | 漏水層あるいは帯水層 |  |

3) 水理地質総括図の作成

水理地質区分の判定を行った結果は、図2-4のような水理地質調査総括図としてまとめる。この例では深度25m以下が試錐日報解析と地下水検層を実施した区間で、地下水検層の結果に基づいて、裸孔区間長よりも細かく水理地質区分の判定を行っている。判定結果の概要を以下に示す。

<深度0~14m、17~21m、24~25m>

試錐日報解析：変化なし、水理地質：非透水層

水位の変化の特徴は、全漏水は無し、汲み上げ後の水位上昇は無し、翌日水位の低下量は小さいことから、表2-4に基づいて、試錐日報解析判定は「変化なし」、水理地質判定は「非透水層」と判定される。

<深度14~17m>

試錐日報解析：逸水、水理地質：漏水層

水位の変化の特徴は、全漏水は無し（翌日水位は形成されているため）、汲み上げ後の水位上昇は無

し、翌日水位の低下量は大きいことから、表 2-4 に基づいて、試錐日報解析判定は「逸水」、水理地質判定は「漏水層」と判定される。

<深度 21～24m>

試錐日報解析：流入、水理地質：帯水層

水位の変化の特徴は、全漏水は無し、汲み上げ後の水位上昇は有ることから、表 2-4 に基づいて、試錐日報解析判定は「流入」、水理地質判定は「帯水層（水頭高さ GL-2.0m）」と判定される。水頭高さは、翌日水位から GL-2.0m と判断される。

<深度 25～28m>

試錐日報解析：変化なし、地下水検層：流入／非検出（一部区間）、水理地質：帯水層／非透水層

試錐日報解析は表 2-4 に基づいて「変化なし」と判定される。地下水検層では、25.00～26.75m が「流入」、26.75～28.00m が「非検出（一部区間）」と判定される。試錐日報解析と地下水検層の結果を基に、表 2-5 によって、水理地質判定は 25.00～26.75m が「帯水層（水頭高さ GL-4.9m）」、26.75～28.00m が「非透水層」と判定される。

<深度 28～31m>

試錐日報解析：逸水、地下水検層：流入／下降流／逸水（流入不明）、

水理地質：帯水層／非透水層／漏水層あるいは帯水層

試錐日報解析は表 2-4 に基づいて「逸水」と判定される。地下水検層では、28.00～29.50m が「流入」、29.50～30.50m が「下降流」、26.75～28.00m が「逸水（流入不明）」と判定される。表 2-5 によって、水理地質判定は 28.00～29.50m が「帯水層（水頭高さ GL-9.0m）」、29.50～30.50m が「非透水層」、26.75～28.00m が「漏水層あるいは帯水層」と判定される。

<深度 31～34m、37～40m>

試錐日報解析：変化なし、地下水検層：非検出（全区間）、水理地質：非透水層

試錐日報解析は表 2-4 に基づいて「変化なし」と判定される。地下水検層では「非検出（全区間）」と判定される。表 2-5 によって、水理地質判定は「非透水層」と判定される。すべり面付近の帯水層の上下の非透水層であり、31～34m に上部止水区間、37～40m に下部止水区間を設定する。（3. 1 参照）

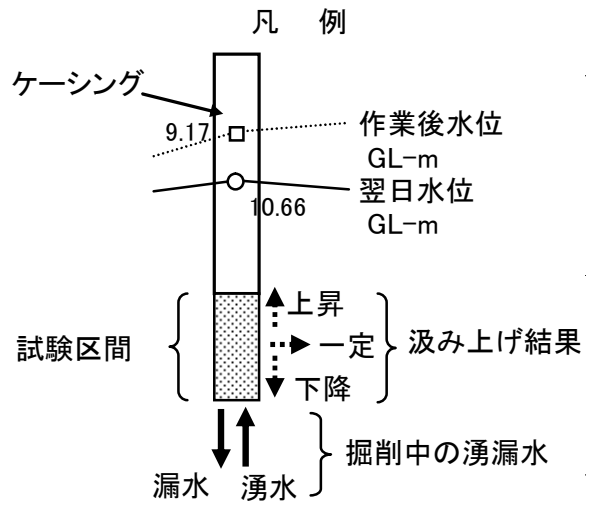
<深度 34～37m>

試錐日報解析：流入、地下水検層：流入／下降流、水理地質：帯水層／非透水層

試錐日報解析は表 2-4 に基づいて「流入」と判定される。地下水検層では、34.00～36.25m が「流入」、36.25～37.00m が「下降流」と判定される。表 2-5 によって、水理地質判定は 34.00～36.25m が「帯水層（水頭高さ GL-3.4m）」、36.25～37.00m が「非透水層」と判定される。すべり面深度が 36m であり、34.00～36.25m の帯水層にあわせてストレーナ区間を設定する。（3. 1 参照）

試錐日報解析判定

| 判定 | 記号 |
|------|-------------------|
| 全漏水 | |
| 流入 | 水頭高さ GL-12.45m |
| 逸水 | |
| 変化なし | |



ボーリング掘進中の水位変動凡例

地下水検層判定

| 判定 | 記号 |
|-----------|----|
| 全漏水 | |
| 非検出(全区間) | |
| 非検出(一部区間) | |
| 流入 | |
| 逸水(流入なし) | |
| 逸水(流入不明) | |
| 上昇流 | |
| 下降流 | |

水理地質判定

| 区分 | 凡例 |
|------------|-------------------|
| 帯水層 | 水頭高さ GL-12.45m |
| 漏水層 | |
| 非透水層 | |
| 漏水層あるいは帯水層 | |

図2-4(2) 水理地質総括図(凡例)

3. 部分ストレーナ孔の設置計画

3. 1. 部分ストレーナ区間の検討

ストレーナ区間は、目的とするすべり面付近の間隙水圧のみを計測するため、水理地質調査結果をもとに計画する。

解説

部分ストレーナ孔による間隙水圧観測では、すべり面付近の帯水層の水頭高さをすべり面の間隙水圧とする。そのため、ストレーナ区間を適切な位置に設置することが必要である。

ストレーナ区間の上部及び下部は、他の帯水層からの水の回り込みや漏水が生じないように確実な止水を行う。すべり面まで掘り止めた調査孔（ストレーナ区間の下部で漏水がない観測孔）では、止水処理はストレーナ区間の上部のみで行う。すべり面を貫通する観測孔の止水は、上部及び下部について検討しなければならない。

ストレーナ区間および止水区間の設定の考え方を表3-1に示す。

表3-1 部分ストレーナ区間および止水区間の設定

| | |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ストレーナ区間 | <ul style="list-style-type: none">・ストレーナ区間は、すべり面を含むか、または、その直上に位置する帯水層区間とする。・すべり面の近くに複数の帯水層がある場合、それらの水頭高さがすべり面付近の帯水層と同じであれば、それを含めてストレーナ区間としてもよい場合がある。しかし、帯水層間に漏水層がある場合や、すべり面直上の帯水層とは異なる水頭高さをもつ帯水層である場合は含めてはならない。 |
| 上部止水区間 | <ul style="list-style-type: none">・上部止水区間は、ストレーナ区間より上部にあり、十分な厚さを有する非透水層とする。 |
| 下部止水区間 | <ul style="list-style-type: none">・下部止水区間は、すべり面以深まで掘削した孔で、すべり面以深に漏水層や水頭高の低い帯水層があり、漏水が懸念される場合に設ける。・下部止水区間は、ストレーナ区間より下部にあり、十分な厚さを有する非透水層とする。・すべり面直下に漏水層がある場合は、埋め戻しを行う。 |

3. 2. 観測孔の構造の検討

観測孔構造は、ストレーナ区間での透水性を損なわず、かつ、止水区間で確実に止水ができるよう、地盤状況や地下水状況に合った構造及び部材とする。

解説

部分ストレーナ孔は、保孔管、止水材、間詰材、フィルター材等で構成される。また、孔口部分には、表流水の侵入を防ぐための孔口処理を施す。図3-1に部分ストレーナ孔の標準的な構造を示す。(解説資料4を参照)

保孔管には、塩ビ管が一般的に用いられ、観測区間にのみ保孔管内外の水の出入りが可能なようにストレーナ加工を施す。

ストレーナ区間上下の止水区間の止水材としては、セメント類やベントナイト、ゴム製止水材、パッカーが用いられ、削孔径や地質・地下水状況に応じて適切なものを選定する。すべり面以深で漏水層までボーリングを掘進して地下水位が大きく低下した場合は、漏水層の埋戻しあるいは漏水層上部の非透水層において止水処理を行う。

間詰材とフィルター材は、孔内外の水の流れを妨げず、フィルター効果（地山の細粒分や間詰材が保孔管内に入らないようにする効果）を発揮するものを選定する。

孔口保護の方法には、保護コンクリートの打設、大口径の塩ビ管やコンクリート枠等による保護などの方法がある。

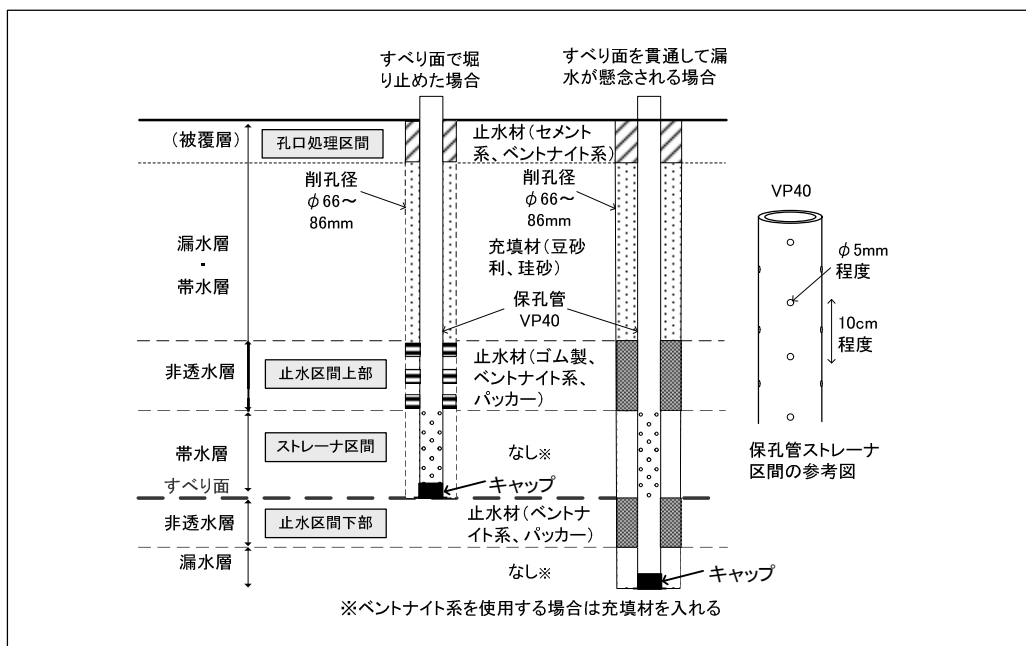


図3-1 部分ストレーナの標準図

3. 3. 観測機器等の検討

水位計や記録器等は、計測レンジやサイズ、記録容量等を考慮し、十分な性能を有する機器を選定する。水圧式水位計の設置深度は、計測期間中の最低水位以下の深度にする必要がある。また、安定的に計測が出来るよう十分な電源容量を確保する。観測機器等は収納箱等を用いて保護する。

解説

水位計は、想定される水位変動幅をカバーできる計測レンジを有し、観測孔に設置可能なサイズの機器を選定する。最近では設置の容易さ、データ処理の簡便さから水圧式水位計が多く用いられている。圧力センサには大気圧補正機能の付いたものと補正機能が別に必要な絶対圧水位計の2種類があるため、選定にあたっては注意を要する。

水圧式水位計の設置深度は、計測期間中の最低水位以下の深度にする必要がある。計測期間中に地下水排除工が施工される場合には、地下水排除工による水位低下も考慮する必要がある。

記録器は、観測期間（データの回収間隔）と測定間隔を考慮し十分な記録容量を有するものとする。地すべり機構解析に用いるためには、移動量計測の時間間隔を考慮し、測定間隔は1時間またはそれよりも短い間隔で計測することが望ましい。電源（電池）は、欠測が生じないように定期的に交換する、特に冬期間の観測では十分な容量を確保する。

収納箱（記録器を地上に設置する場合）は、風雨や直射日光を防ぐだけでなく記録器を湿気から保護するため防湿性のあるものを用いる。また積雪地においては雪囲いで保護することが必要である。電気式水圧計は検出部にひずみゲージ等の精密機器を使用する 경우가多く、落雷等により検出部及びケーブルが破損する可能性があることから、落雷が懸念される現場では避雷対策を行う必要がある。

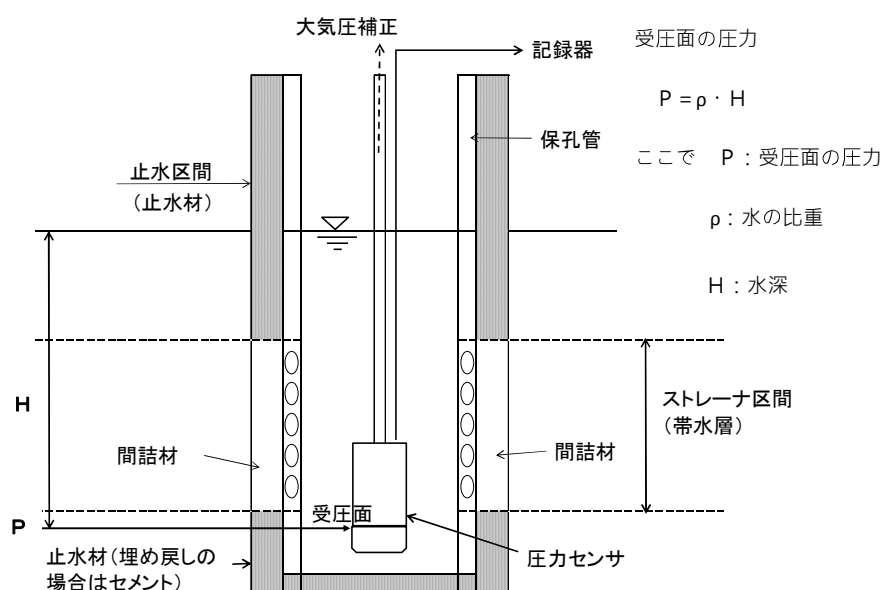


図3-2 部分ストレーナ孔・水圧式水位模式図

4. 観測孔の設置

4. 1. 部分ストレーナ孔の設置

部分ストレーナ孔の設置においては、計画した深度にストレーナを設置し、確実な止水処理を行う。また、施工不良が生じないように作業状況を確認しながら設置を行うことが重要である。

解説

部分ストレーナ孔の設置においては、まず、孔壁崩壊物やスライムの孔底への堆積による深度不足、予期しない漏水等の異常がないか等、ボーリング孔の状態を確認してから行う。保孔管の設置にあたっては、接合部の破損や孔内への落下等に注意する。セメント系、ベントナイト系の止水材については、所定の深度に到達するように触針式水位計や検尺棒などで沈殿状況を確認しながら設置する。セメント系はグラウトホースを用いるとより確実に設置できる。間詰材についても、充填不良を防ぐために触針式水位計や検尺棒などで沈殿状況を確認しながら設置する（解説資料4を参照）。

観測孔設置後は、目詰まりを防止するため孔内洗浄を十分に行うほか、観測孔設置後の地下水位と観測対象とした帯水層の調査時の水頭高さを比較し、大きな差がないことを確認する。

4. 2. 観測機器等の設置

観測機器等の設置後は、正確なデータが取得されていることを触針式水位計の計測結果と比較して確認する。

解説

観測機器等を計画に基づき設置した後には、触針式水位計の計測結果との比較確認、センサを上下させた際の追従性の確認等によって、データが正しく取得されているかを確認する。保護設備等については、設置が適切に行われているか目視等で確認する。点検結果は設置・点検台帳に記録する（解説資料5を参照）。

4. 3. 地下水観測孔の設置・点検台帳の整備

観測孔および観測機器に関する情報は、設置・点検台帳に記録し、維持管理に役立てる。

解説

設置・点検台帳には、観測孔及び観測機器の仕様や作動状況についての情報を記載する。台帳の例は解説資料5に示した。観測孔の設置時には、観測孔の仕様やその根拠となった水理地質調査総括図、部分ストレーナ孔構造図等を台帳に記録し、設置及び点検時には点検結果を台帳に記録する。

5. 観測データの回収と確認・観測孔等の点検

5. 1. 観測データの回収と確認

半自動観測の場合は、記録器の記録容量を超える前に適切な間隔で観測データの回収を行う。また、観測データに異常な値が記録されていないか確認を行い、必要に応じて観測孔や観測機器の点検を行う。

解説

記録器の記録容量を超えた場合、データが上書き記録されるなどして、一部のデータの消失が生じるため、適切な間隔で観測データの回収を行う必要がある。

観測データを回収した後には、観測データに異常な値が記録されていないか確認を行う。異常な値が記録されている場合は、観測孔や観測機器の点検を行う。適切に観測された間隙水圧データであれば、降雨量や地すべり移動量との応答が見られることが多い。

5. 2. 観測孔の点検

観測孔の点検は、水位変動がほとんど無いなど異常が疑われる観測孔に対して、地すべり活動による観測孔の変形（閉塞）やストレーナの目詰まり等の有無の確認し、必要に応じて洗浄等の対応を行う。

解説

地すべり活動による観測孔の変形（閉塞）やストレーナの目詰まり等の疑いがある場合は、孔底深度の確認、くみ上げによる水位回復や地下水検層等による観測孔としての機能確認を実施することが望ましい。異常が確認された観測孔については、観測目的や重要度に応じて洗浄や再設置等の対応を検討する。点検結果は設置・点検台帳に記録して維持管理に役立てることが望ましい（解説資料5を参照）。

5. 3. 観測機器等の点検

観測機器等の点検は、データ回収時に1回／年以上行い、観測機器や保護設備等に腐食、破損、変形等の不具合が生じていないか点検し、必要に応じて修理や交換等を行う。また、水位が正確に計測できているか確認を行う。

解説

観測機器は屋外の厳しい自然条件下にさらされるため、長期間にわたって正確な観測を継続してい

くためには、定期的な点検が必要である。点検では観測機器や機器を保護するための保護設備等に腐食、破損、変形等の不具合が生じていないかを確認し、必要に応じて修理や交換等を行う。また、正確な水位が計測できているか、触針式水位計の計測結果との比較確認、センサを上下させた際の追従性を調査して確認する。点検は1回／年以上をデータ回収時に行い、結果は設置・点検台帳に記録して維持管理に役立てることが望ましい（解説資料5を参照）。

文献

- 1) 檜垣大助・丸山清輝・吉田克美・吉松弘行（1991）：地すべり地における間隙水圧変動の観測，地すべり，Vol. 28， No. 3， pp. 9-16.
- 2) 国土交通省砂防部・独立行政法人土木研究所（2008）：地すべり防止技術指針及び同解説，社団法人全国治水砂防協会.
- 3) 社団法人斜面防災対策技術協会 地すべり観測便覧編集委員会（2012）：地すべり観測便覧，社団法人斜面防災対策技術協会.
- 4) 申潤植(1989)：地すべり工学－理論と実践－. 山海堂, pp.419-431.
- 5) 石田孝司・杉本宏之・武士俊也・高川智・二木重博・宇都忠和（2012）：善徳地すべりにおける高密度ステップ孔内試験結果と地下水観測結果との比較について，日本地すべり学会誌, Vol. 49, No. 6, pp. 35-41.

解説資料 1 地すべり地における地下水観測の実態と課題

解説資料 2 試錐日報解析による水理地質区分の判定

解説資料 3 地下水検層による水理地質区分の判定

解説資料 4 部分ストレーナ孔の標準的な構造の検討と設置における留意点

解説資料 5 部分ストレーナ孔の設置・点検台帳（案）

解説資料 1 地すべり地における地下水観測の実態と課題

1. はじめに

複雑な水文地質構造を呈する地すべり地において斜面安定解析や地すべり機構解析を適切に実施するためには、すべり面に作用する間隙水圧を適切に観測する必要がある。しかし、これまでの間隙水圧観測結果（または、間隙水圧の代用としてのボーリング孔内の地下水位）の中にはすべり面の間隙水圧を適切に観測できていない事例も認められている。

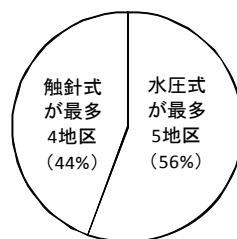
そこで、地すべり地における地下水観測の実態と課題を把握することを目的として、平成 22 年度に直轄地すべりを対象とした資料分析調査を行い、また、平成 23 年度に都道府県、地すべり対策の経験を有する会員各社を対象としたアンケート調査を実施した。これらの調査から明らかになった地すべり地における地下水観測の実態を基に、課題の整理と解決の方向性についての検討を行った。

1) 資料分析調査による地下水観測の実態把握

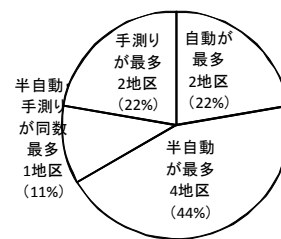
全国 9 地区の直轄地すべりにおいて、長期間の地下水観測データがあり、機構解析を実施している地すべりブロックを各地区から 1 ブロックずつ選定して観測孔設置時の資料及び観測データの収集を行った。対象となった観測孔は約 170 孔となり、それらについて、観測方法、ストレナ位置、地下水調査実施状況、試錐日報解析などの実施状況を整理した。また、資料が整っている 28 孔で試錐日報解析を改めて行い、観測結果と地すべり挙動との連動性、観測結果の妥当性を評価した。

(1) 地下水観測方法

調査した 9 地区のうち 8 地区で、調査対象観測孔の全てにおいて、間隙水圧調査として、ボーリング孔内の地下水位観測が行われていた。間隙水圧計による観測が一部でも実施されている地区は 1 地区のみであった。



図解 1-1 センサ種別



図解 1-2 観測方式

水位計センサ種別については、9 地区中 5 地区で水圧式水位計の使用割合が最多となっている（図解 1-1）。ただし、本調査では長期間の観測データがあるブロックを選定したために、触針式の比率が高くなった可能性はある。

観測方式は、半自動の使用割合が最多となっている地区が 9 地区中 4 地区と最も多い（図解 1-2）。

(2) ストレナ位置

すべり面を貫く全区間ストレナ孔が最多なのが 5 地区と最も多く、その他の地区では、すべり面を貫かない全区間ストレナ孔が最多（2 地区）、すべり面を貫かない部分ストレナ孔が最多（1 地区）、不動層の部分ストレナ孔が最多（1 地区）となっていた。すべり面を含めた部分ストレナ孔の設置事例はみられなかった。

すべり面を貫く全区間ストレーナ孔は、地下水観測孔のみを設置する場合での採用事例が多い。すべり面を貫かない全区間ストレーナ孔は、先行して孔内傾斜計観測孔等を掘削し、すべり面位置や地下水状況を把握してから別孔ですべり面を貫かないように観測孔を設置している事例が多い。

観測孔設置の報告書ですべり面に関与する帯水層について言及しているのは1地区であり、それ以外の8地区ではストレーナの構造決定に関する記述が無く、ストレーナ構造決定までのプロセスは不明であった。また、ストレーナ構造や遮水方法等の情報が残っていない観測孔もみられた。

(3) 地下水調査実施状況

最も多く実施されているのは地下水検層（6地区）で、他に簡易揚水試験（2地区）、現場透水試験（1地区）、湧水圧試験（1地区）、微流速測定（1地区）が実施されていた。しかし、これらの地下水調査が実施されているにもかかわらず、多くの観測孔に全区間ストレーナが採用されており、地下水調査結果がストレーナの構造決定に必ずしも活用できていないことが窺える。

(4) 試錐日報解析実施状況

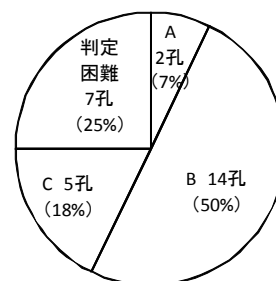
試錐日報解析が一部ででも実施されているのは2地区のみであった。解析に必要な水位記録が揃っていない地区もあり、試錐日報解析が地下水調査として活用されているとは言い難い状況である。

(5) 観測結果と地すべり挙動との連動性、観測水位の妥当性の評価

試錐日報解析を実施した28孔の地下水観測孔のうち、観測結果と地すべり挙動の連動性があると判断されるのが5孔（18%）、連動している期間と連動していない期間の両方があるのが5孔（18%）、連動性が低いと判断される観測孔が11孔（39%）、判断不能が7孔（25%）であった。

また、観測結果の妥当性の評価については、「(A) 地すべり挙動との連動が認められ、かつ、すべり面付近の帯水層の間隙水圧を良好に捉えている」と評価される観測孔は2孔（7%）のみであった。この2孔はすべり面を貫かない全区間ストレーナ孔であるが、すべり面の上位に帯水層が1層のみの単純な構造であるため、良好なデータがとれていると考えられる。

その他の観測孔は、「(B) 地すべり挙動との連動性がかならずしも明瞭ではなく、または、複数の帯水層の合成水位または部分的に漏水しているとみられ、すべり面付近の帯水層のみを良好にとらえているとはいえない」が14孔（50%）、「(C) 観測水位がすべり面より深い位置で変動しているか、漏水層の影響で水位変動がなく明らかにすべり面の水位ではない」が5孔（18%）、残りの7孔（25%）は判定困難であった（図解1-3）。



図解1-3 観測水位とすべり面との関係

2) アンケート調査による地下水調査の実態把握

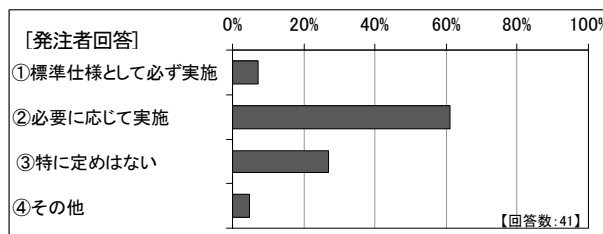
アンケートは地下水調査の実態把握を目的として、発注者側として都道府県、実施者側として地す

べり対策の経験を有する社団法人全国地質調査業協会連合会および社団法人斜面防災対策技術協会の会員の各社を対象として実施した。

回答数は、都道府県を対象とした調査が41、社団法人全国地質調査業協会連合会および社団法人斜面防災対策技術協会の会員を対象とした調査が89であった。

(1) 帯水層調査の実施状況

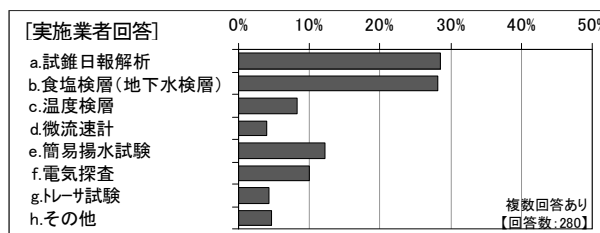
地下水観測孔を設置する際の帯水層調査は、必要に応じて実施する場合は61%、特に定めていないが27%で、標準仕様として必ず実施するが7%程度であった(図解1-4)。この結果から、帯水層調査は必ずしも標準とされており、状況に応じて適宜判断されていることが伺える。



図解1-4 地すべり調査における帯水層調査の実施状況

(2) 地下水把握方法

地下水観測孔の構造を検討する上で有効と考えている調査は、試錐日報解析と食塩検層(地下水検層)がそれぞれ約28%と最多で、次いで簡易揚水試験が12%、電気探査が10%であった(図解1-5)。その中で最も有効と考えている調査を1つ選ぶ場合は、食塩検層(地下水検層)が最多の46%となり、試験が簡単で実績が多く、精度も高くわかりやすい等の意見が多数あった。



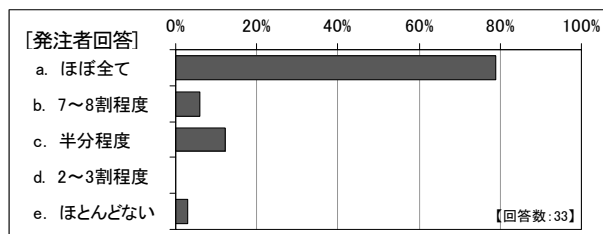
図解1-5 地下水の賦存状況を把握する有効な調査手法について

また、試錐日報解析は地下水把握に有効と回答した実施業者の技術者は95%に達し、有圧地下水帯の位置、地層の透水性、地層毎の地下水位などの地下水情報の把握に利用されている。

(3) 地下水観測孔の構造

都道府県の地すべり調査に用いられる地下水観測孔の頻度のうち約80%の回答が、すべり面を貫く全区間ストレーナとしているとの回答であった(図解1-6)。部分ストレーナの設置については、55%がほとんどないと回答した。

実施業者においても概ね同様の傾向にあり、部分ストレーナの有効性は多くの技術者が理解しているものの、実施されている例は少ない。



図解1-6 すべり面を貫く全区間ストレーナ孔としている頻度

2. 地下水調査の課題

これらの調査結果を基に、地下水観測に関する課題を調査、計画等の段階に分けて整理した（表 解 1-1）。以下、各段階における課題について概説する。

表 解 1-1 地すべり地における地下水調査の課題

| 段階 | 課題 | 原因 | 調査 |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 全般 | 地下水調査、間隙水圧計測が実施されない | <ul style="list-style-type: none"> ・間隙水圧計・部分ストレーナで水位変動を把握する重要性が理解されていない ・対策工計画における地下水調査結果の重要性が理解されていない | B |
| 調査 | 掘進速度が速い場合やケーシングにより、細かな水位変化が把握できず、削孔水の影響もあって、本来の地下水位を反映しない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・掘進速度が速いとすべり面などの重要な地下水帯の水頭および透水性が判定できない ・作業後の地下水位は削孔水の影響を受けている | B |
| | 試錐日報解析の判定の個人差 | <ul style="list-style-type: none"> ・標準的な区分、どの程度の水位変動を有意とするかの評価基準がない | A |
| | 全深度掘削後に検層をすることが多いため、逸水や複数の地下水帯の影響で、すべり面の地下水帯の状況が把握できない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・逸水や優勢な地下水帯により、地下水検層が不能となる ・優勢な地下水帯があると孔内水が低下しない | B |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・食塩を均一に溶かすことが難しく、不均一だと検出精度が低下する | B |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・孔内水条件（平衡状態では流入がなくなる）によって結果が異なる | B |
| 計画 | 地下水検層等が実施されても観測孔構造に反映されない（全区間ストレーナになってしまう） | <ul style="list-style-type: none"> ・調査時点では、すべり面位置が不明確 | A |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・帯水層・逸水層が複雑すぎて確定できない | A |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・オールストレーナでの観測を標準仕様としている | B |
| 設置 | 部分ストレーナとする場合の基本的な作業手順・方法 | <ul style="list-style-type: none"> ・決まった手法がなく、各技術者の経験や判断に委ねられている | B |
| | ストレーナの仕様およびフィルターと間詰材の選定・使用方法 | <ul style="list-style-type: none"> ・帯水層から孔内への水の出入りが阻害されているのかわからない | B |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・予定区間を正確に間詰めすることが難しい | B |
| | すべり面を掘り抜いた時の埋戻し方法 | <ul style="list-style-type: none"> ・決まった手法がなく、担当技術者の経験や判断に委ねられている | AB |
| | 止水材の選定・使用方法 | <ul style="list-style-type: none"> ・地質や地下水条件に応じた確実性の高い止水をするための各種止水材の使用方法がわからない ・予定区間へ正確に止水材を設置することが難しい | B |
| 解析時に地下水観測孔の諸元が不明なことがある | <ul style="list-style-type: none"> ・報告書に記載されていない | A | |
| 観測 | 地下水位が設置した水位計の測定範囲に収まらない | <ul style="list-style-type: none"> ・レンジオーバー ・測定間隔が粗いと水位変動のピークや周期を捉えきれない場合がある ・計器設置深度以下に水位が低下する場合がある | B |
| | 計測機器の破損・故障 | <ul style="list-style-type: none"> ・動物によるケーブルの破損 ・バッテリー異常 ・落雷、湿気等による故障 | B |

調査A：直轄地すべりを対象とした資料分析調査（H22調査）

調査B：都道府県及び民間会社を対象としたアンケート調査（H23調査）

1) 地下水観測全般

地すべり対策で最も多く実施されている地下水排除工を検討するにあたり、地下水調査は非常に重

要であるが、地下水調査の重要性が十分に理解されていないことが課題として指摘される。

また、すべり面付近の地下水を観測するための部分ストレーナ孔の構造や設置に関する具体的な方法について整理されているものは少なく、調査を実施する各技術者の経験や判断に委ねられているのが現状である。地すべり対策を効果的に計画するためにも、部分ストレーナ孔による地下水観測の標準化や適用性の整理が重要である。

2) 調査段階

試錐日報解析と地下水検層が実施される機会の多さを反映してか、これらの調査手法に関する指摘が多い。

試錐日報解析では、試錐日報解析における判定の個人差による評価のバラツキ、掘進速度とコストのバランス、削孔水による解析精度への影響などの課題があげられる。また、試錐日報を作成するオペレータに重要性を理解してもらうことが課題とする意見も多く、それらのためのマニュアルの整備や啓蒙方法の検討を行う必要があると考えられる。

地下水検層（食塩検層）は帯水層の把握に最も多く利用されているが、その一方で課題も多く、塩分濃度を均一にする難しさ、劣勢な流動状態による検出限界、孔壁状態やストレーナの開口率による地下水流動への影響に関する検討の必要性などがある。

3) 計画段階

計画段階では、試錐日報解析や地下水検層の調査結果が地下水観測孔のストレーナ区間や構造の決定に活用されていないことが指摘される。地下水検層は多くの地区で実施されていたが、その結果を活用してストレーナ区間が設定されることがなされていないことが明らかとなった。また、試錐日報解析でも地下水状況に関する情報が得られるが、これも活用されていない。その結果、すべり面に作用する地下水をうまく捉えられていないことが多いようである。もちろん、すべり面付近に複数の帯水層が存在するためにすべり面に作用する地下水帯を特定することが困難な場合や、地下水調査以外の要素として、ボーリング段階でコア判定等からすべり面を特定することが難しいという場合もある。しかし、そのような難しい状況でない限りは、地下水調査結果に基づいて、すべり面付近の地下水帯を観測出来るように検討すべきである。

地下水観測孔の構造の計画については、ストレーナや間詰め材、止水材等が仕様で定められていることは少なく、各現場で判断されていることが多いようである。そのため、今回のアンケートから判明した課題について、標準的手法やノウハウを整理し、普及を図っていくことが重要と考えられる。

4) 設置段階

設置段階では、標準的手法がないことや、現場作業の難しさが指摘される。ストレーナ構造を決定した考え方が報告書等に残されていない事例が多かったが、機構解析や対策工の効果評価にあたっては、観測された地下水位を解釈することも必要であり、地下水観測孔の設置に関する情報は重要であ

る。

5) 観測段階

観測段階では、観測不能となることを避けることが課題である。特に、動物によるケーブルの破損、バッテリー異常、落雷、湿気等により測定不能となった例が多い。これらの苦勞・失敗事例とその対処のノウハウを継承していくことで、失敗の少ない計器設置につながると考えられる。

3. 地下水調査の解決の方向性について

これらの課題に対して、それぞれの原因・背景を分析しながら解決の方向性を見いだしていくことが必要である。次に、いくつかの課題について具体的に解決の方向性（案）を述べる。

(1) 地下水観測孔の設置手法の標準化

地下水調査に基づく地下水観測孔の設置方法の標準化（手引きの作成）をすることが必要と考えられる。試錐日報解析や地下水調査等の結果をストレーナの位置の決定に反映させる手法やその際に注意すべき事項等が内容として必要であると考えられる。すべり面に関与する地下水位を捉えるためのストレーナの設置方法についても標準化または適用性の整理が必要であると考えられる。

また、試錐日報解析を地域差や個人差なく同じ指標・精度で行うための判定基準の作成や事例集の作成も有効と考えられる。

(2) 試錐日報解析と地下水検層等の総合的な解析と連続ステップ孔内試験

調査段階での課題の解決の方向性として、試錐日報解析と地下水検層等の総合的な解析が重要であると考えられる。

詳細な帯水層把握が必要な場合には、連続ステップ孔内試験によって計測区間を短く取りつつ、詳細に帯水層や逸水層を調査することが有効である。連続ステップ孔内試験では裸孔区間で孔内試験を行うため、感度良く地下水流動を捉えることができる。これに汲み上げ法を併用すれば、劣勢な流動層や地下水位が平衡状態になっている場合でも、流動層の検出が出来る。また、連続ステップ孔内試験は掘進する過程で実施するため、掘進完了後にすべり面が特定できれば、部分ストレーナ孔を設置することが可能である。

試錐日報解析による流動層の判定は、どの程度の水位変動を有意とするのかの評価が難しい。しかし、孔内試験を実施する区間以外はケーシングで止水されている連続ステップ孔内試験であれば、前日作業後水位と翌日作業前水位の比較により、相当程度、流動層を区分することは可能と考えられる。

(3) 部分ストレーナ孔設置時における留意点

観測孔設置時における遮水材や間詰材の選定および充填方法は、担当技術者の経験によって、各現場で工夫されているのが現状である。そのため、手法と留意点を整理することは有用であると考えら

れる。

間詰めに際しては、間詰材と保孔管に巻くフィルター材は地下水の流動性とフィルター効果（地山の細粒分や間詰材が保孔管内に入らないようにする効果）を両立する素材を選定する必要がある。特に砂など細かい間詰材の場合は、孔内水の区間で沈降する時間が掛かるため、充填しすぎないように投入後に時間をおいて次の投入を行う等の対応が必要である。

止水に際しては、実績のある材料があるので、適用条件、削孔径や地質・地下水状況に応じて適宜選定し、適切に組み合わせることも効果的である。

（４）記録の様式化・施設台帳化

記録の様式化を図り、施設台帳として整備することも重要であると考えられる。特にストレーナ設置方法やその考え方を記録し、次の観測孔設置や観測水位の妥当性検証、対策工の効果検証の際にも活かすことが出来ると考えられる。

4. おわりに

資料分析調査及びアンケート調査から明らかになった地すべり地における地下水観測の実態を基に、課題の整理と解決の方向性についての検討を行った。これらの課題を解決するため、現時点の知見を基に「部分ストレーナ孔による間隙水圧観測の手引き（案）」をとりまとめた。幾つかの課題については対応が出来なかったものもあるが、部分ストレーナ孔による間隙水圧観測の事例を蓄積することで将来的に課題の解決を図っていくことが重要である。

解説資料 2 試錐日報解析による水理地質区分の判定

1. 手法と原理

試錐日報解析は、ボーリング掘削前後の水位の変化から、裸孔区間の水理地質区分（地下水の有無や地盤の透水性の状況）の判定を行うものである。連続ステップ孔内試験では、前の掘削区間をケーシングで止水をしながら掘進を進めるので、前区間の帯水層や漏水層の影響を受けずに、掘進先端の裸孔部分の水理地質区分や帯水層の水頭高さを把握することができる。

試錐日報解析で用いる水位は、対象区間の掘削日を基準として、作業前水位・作業後水位・翌日水位と定義する（図 解 2-1）。ひとつの孔の掘削では、ステップ区間に応じた個数のそれぞれの水位があるため、それらを区別する場合は日付をつけ、例えば6月12日であれば、6/12 作業前水位・6/12 作業後水位・6/12 翌日水位とする。6/12 翌日水位は、6/13 掘削区間を基準とする場合は作業前水位である。

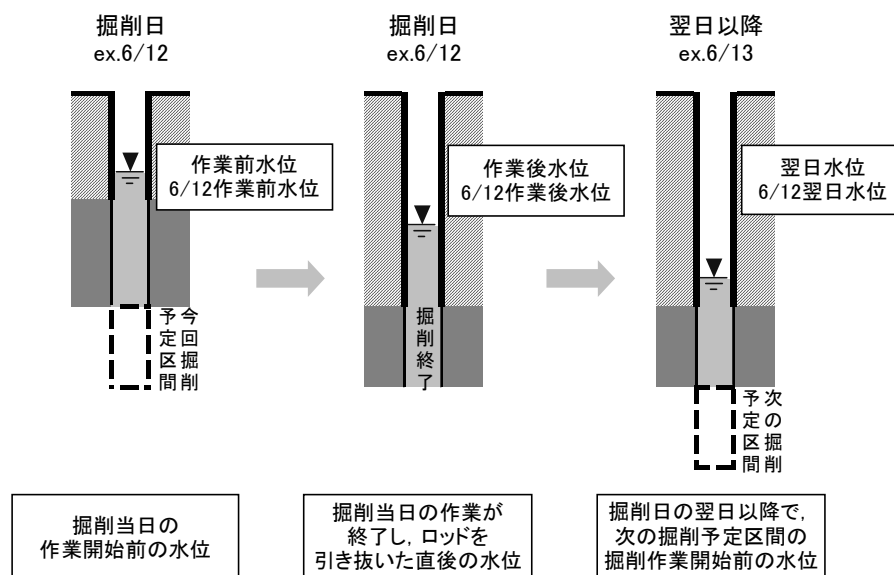


図 解 2-1 試錐日報解析で用いる水位の名称の定義

ボーリング孔内水の作業後水位と翌日水位の状況とその変化には次の4つのパターンがある（図 解 2-2）。

- 作業後水位に較べて、翌日水位が上昇する。
- 作業後水位と翌日水位がほとんど変化しない。
- 作業後水位に較べて、翌日水位が大きく低下する。
- 翌日水位を形成しない、あるいは孔底付近まで落ち込む。

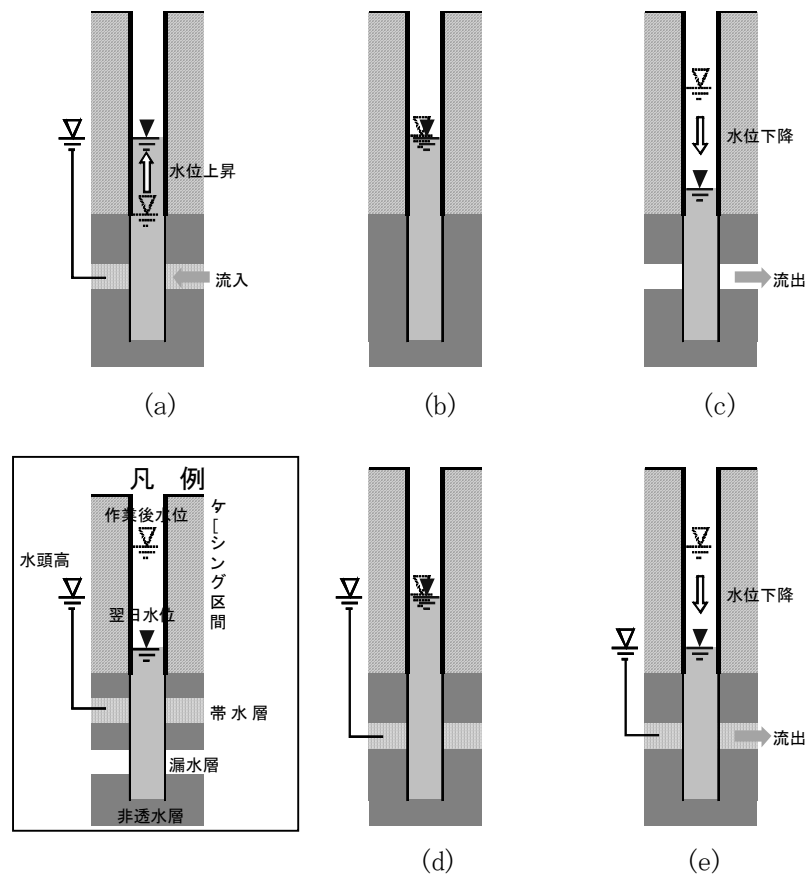


図 解 2-2 試錐日報解析に用いる孔内水の変動パターン

ここで、裸孔区間に高い水頭を有する帯水層がある場合は、図 解 2-2 の(a)のように翌日水位は上昇するが、裸孔区間に漏水層がある場合は (c)のように翌日水位は低下する。また、裸孔区間が非透水層の場合には、(b)のように翌日水位はほとんど変化しない。このように、試錐日報解析では、裸孔区間ごとに、地下水の有無や地盤の透水性の状況を把握することができる。しかし、(e)のように、裸孔区間に作業後水位よりも水頭高が低い帯水層がある場合にも、(c)と同様に水位が低下し、(d)のように作業後水位と帯水層の水頭高がほぼ同じ場合は、(b)との区別ができないことからわかるように、従来の試錐日報解析では、「非透水層と帯水層」、「漏水層と帯水層」の区別が困難なケースがある。

帯水層では、帯水層のもつ水頭高さより孔内水位を低下させると、帯水層から地下水の流入が生じて水位の上昇が生じるが、非透水層や漏水層では孔内への地下水の流入はないため水位は上昇しない (図 解 2-3)。このため、翌日水位計測後に、孔内水位を低下させて孔内水位の変化を計測すれば、帯水層か否かの識別ができ、帯水層の持つ水頭高さも知ることができる。このため、試錐日報解析は、汲み上げを併用して実施することが望ましい。

試錐日報解析では、試験区間ごとに帯水層・非透水層・漏水層の判定を行う。

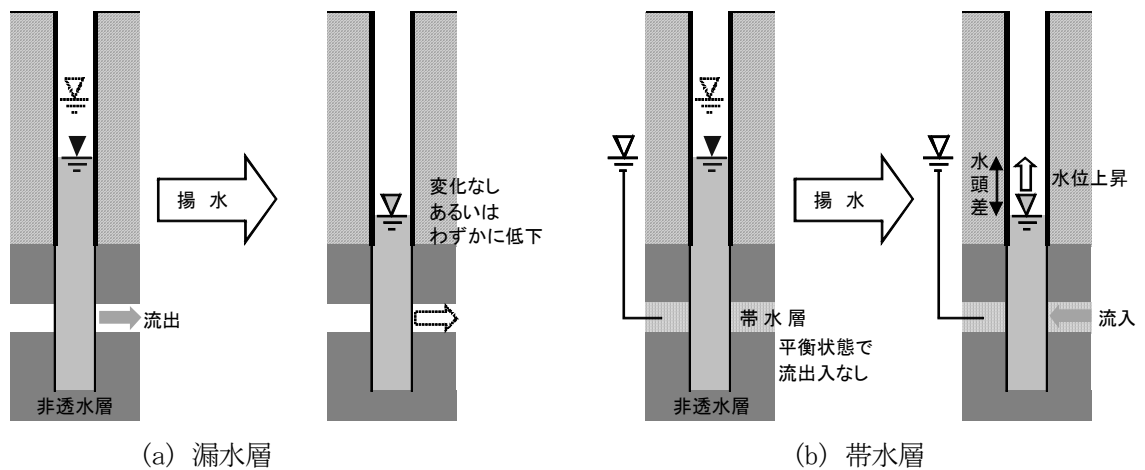


図 解 2 - 3 汲み上げ法による帯水層の識別

2. 測定方法と結果の整理

測定の手順を次に示す。食塩検層を実施する区間などで汲み上げを実施しない場合は3)～4)を省いて行う。

- 1) 掘進作業前の孔内水位（作業前水位）と計測時刻を記録する。計測は、ロッド等の挿入前に行う。
- 2) 作業前水位計測後、ペーラー等を用いて汲み上げを行い、水位を低下させる。帯水層は比較的透水係数が大きく、翌日水位が平衡水位に近くなるので、汲み上げは少量でよいことが多い。目標とする低下量の目安は、30～50cm 程度である。このとき、汲み上げ後の水位と汲み上げた水量を記録する。
- 3) 水位変化を 10 分間継続して計測し、1 分または 2 分ごとの水位を記録する。汲み上げ直後の時点で既に水位が回復している場合は、地下水の流入があると判断する。
- 4) ケーシングを挿入する。ケーシングを挿入した区間と作業時刻、およびケーシング挿入作業前後の地下水位を記録する。
- 5) 掘進を進める。
- 6) 掘進中の送水の有無と送水量を記録する。掘削作業中に漏水や湧水があった場合は、その位置とその湧漏水量を記録する。
- 7) 掘削終了後の孔内水位（作業後水位）と計測時刻を記録する。計測は、ロッドを引き抜いた後、ただちに行う。
- 8) 作業後水位計測後、10 分程度の間隔をおいて水位計測を行い、水位と計測時刻を記録する。これは、平衡水位を予測するために用いる水位である。

試錐日報解析図は、ボーリング掘削作業の内容を記録した試錐日報から、図 解 2 - 4 に示す事例を参考に整理する。この事例では、掘削区間に対応する作業後水位と翌日水位を、掘削を行った日に記入している。

3. 調査における留意点

掘進中のケーシングによる適切な止水と確実なデータの採取が重要である。1 日の掘進区間が長い場合や、ケーシングを用いずに掘進を進めた場合には、判定は複雑で困難となるほか、作業終了時にケーシングを孔底まで挿入すると解析ができなくなるので、次の点に留意する。




- 1) 掘進は、ケーシングで湧水・漏水区間を確実に止水しながら進める。
- 2) 原則として当日掘削区間のみを裸孔とする。掘削区間に崩壊等が生じた場合はケーシングを挿入せずに、その状態で計測を進める。
- 3) 前日掘削区間のケーシングによる保孔は、作業前水位計測および汲み上げ時の水位変化の計測後に行う。(地下水検層等を実施する場合も保孔前に行う。)
- 4) 掘進中にケーシング保孔が必要な場合は、ケーシング挿入前と挿入後の地下水位を記録する。
- 5) 全深度掘進終了後、ケーシングを抜いた作業完了後の孔内水位も記録する。
- 6) 前夜および当日の天候を記録する。
- 7) データは、欠測がないようにしなければならない。

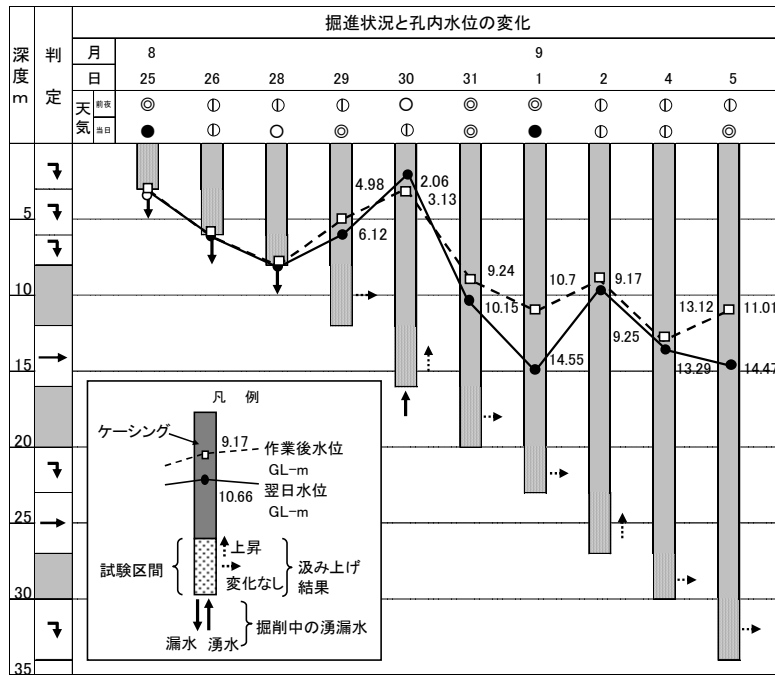
4. 結果の判定

試錐日報解析（汲み上げ法併用）の判定基準を表 解 2-1 に示す。判定は、試験区間ごとに行う。まず、作業後水位と翌日水位の変化によって、帯水層・漏水層・非透水性あるいは帯水性・漏水層あるいは帯水性の 4 つに分類する。これは、食塩検層との総合判定の際に用いる。

汲み上げ法では、「非透水性あるいは帯水層」、「漏水層あるいは帯水層」について、水位上昇が計測されていれば帯水性、そうでなければ非透水性・漏水層と判定し、分類を絞り込む（表 解 2-2）。

表 解 2-1 試錐日報解析（汲み上げ）を用いた水理地質区分の判定

| 水位の変化の特徴 | | | 試錐日報 解析判定 | 水 理 地 質 区 分 | | |
|----------|----------------|--------------|--------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 全漏水 | 汲み上げ後 の水位上昇 | 翌日水位の 低下量 | | | | |
| 有り | — | — | 全漏水 | 漏 水 層 | 裸孔区間に透水性が著しく高い漏水層が存在する |  |
| 無し | 有り | — | 流 入 | 帯 水 層 | 裸孔区間に帯水層が存在する |  水頭高さ GL-12.45m |
| | 無し | 大 | 逸 水 | 漏 水 層 | 裸孔区間に透水性が比較的高い漏水層が存在し、帯水層は存在しない |  |
| | | 小 | 変化なし | 非透水性層 | 裸孔区間全体が透水性の低い地盤からなる |  |



図解 2-4 試錐日報解析 (汲み上げ法) 判定例

表 解 2-2 孔内水位変化による判定と汲み上げを併用した判定の対比

| 作業前後の孔内水位変化による判定（従来の方法） | | 汲み上げを併用した判定 | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|------------------------------------------|--------------------------|
| 孔内水位の状況 | 模式的概念図 | 判定分類 | 水位変化と判定 | 記号 |
| ①作業前水位より作業後水位が上昇し、作業後水位と翌日水位がかわらない、ないしはわずかに低下している。 | | 非透水層 あるいは 帯水層 | ◆水位が変化しない →変化なし (非透水層) | <input type="checkbox"/> |
| | | | □水位が上昇する →流入（帯水層） 翌日水位が水頭高となる。 | <input type="checkbox"/> |
| ②作業後水位に較べて、翌日水位が大きく低下している。 ③作業後水位に較べて翌日水位の低下量は小さいが、作業前水位に較べて作業後水位が大きく低下している。 | | 漏水層 あるいは 帯水層 | ◆水位が変化しない →逸水（漏水層） | <input type="checkbox"/> |
| | | | □水位が上昇する →流入（帯水層） 翌日水位が水頭高となる | <input type="checkbox"/> |
| ④作業後水位および／あるいは翌日水位がほぼ孔底まで落下している。 | | 漏水層 | 全漏水 | <input type="checkbox"/> |
| ⑤作業後水位に較べて、翌日水位が上昇している。 ⑥①～③で数ステップ間にわたり翌日水位がほぼ一定となる。 翌日水位が水頭高となる。 | | 帯水層 | □水位が上昇する →流入（帯水層） | <input type="checkbox"/> |
| | | | ◆水位が変化せず、⑤は上昇量が非常に小さい →変化なし (非透水層) | <input type="checkbox"/> |

※ この判定は、前日掘削区間がケーシングで止水されており、当日掘削区間だけが裸孔状態の場合（ステップ式調査）にのみ適用できる。それ以外の場合は別途検討する必要がある。

解説資料 3 地下水検層による水理地質区分の判定

1. 地下水検層の手法と原理

地下水検層は、ボーリング孔の孔内水の濃度や温度の変化、孔内に生じた地下水の流れを計測し、その変化や孔内水の流動状況から、帯水層や非透水層・漏水層などの位置を把握する。

図 解 3-1 は、ボーリング孔内で地下水流動が生じる様子を示したものである。帯水層が 1 枚で平衡状態にある場合(a)には、孔内への地下水の流入はなく、孔内水は流動しない。帯水層と漏水層がある場合(b)には、帯水層から流入した地下水が孔内を下降して漏水層から流出(逸水)する。水頭差のある複数の帯水層がある場合(c・d)には、水頭の高い帯水層から流入し、孔内を上昇ないし下降して、水頭の低い帯水層から流出する。

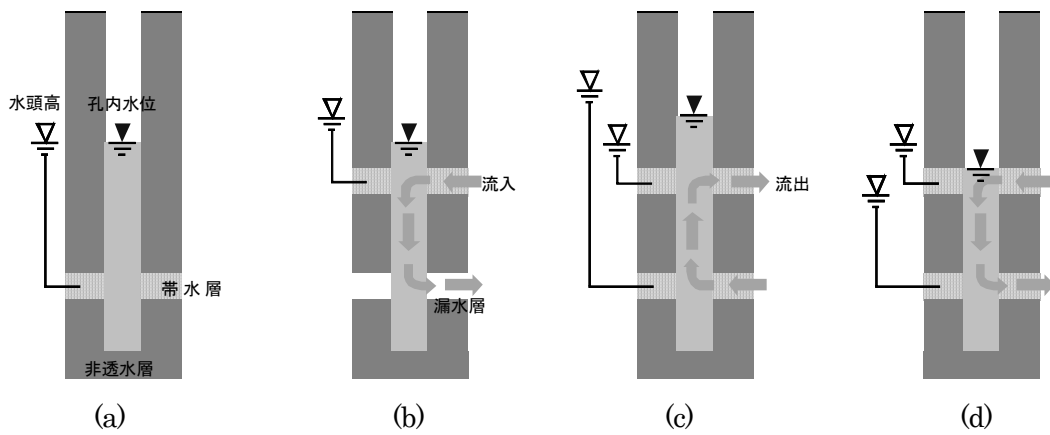


図 解 3-1 ボーリング孔内の地下水流動の原理

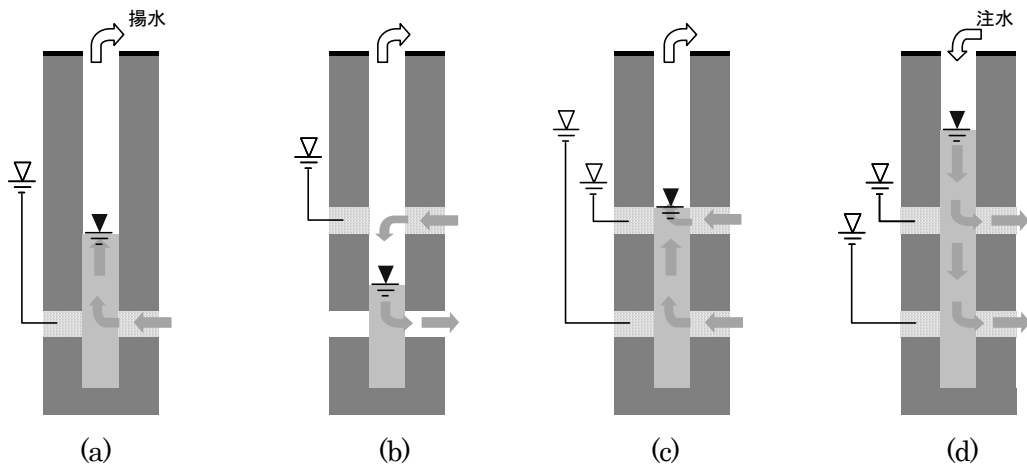


図 解 3-2 強制的に水位を変化させた場合の孔内の地下水流動

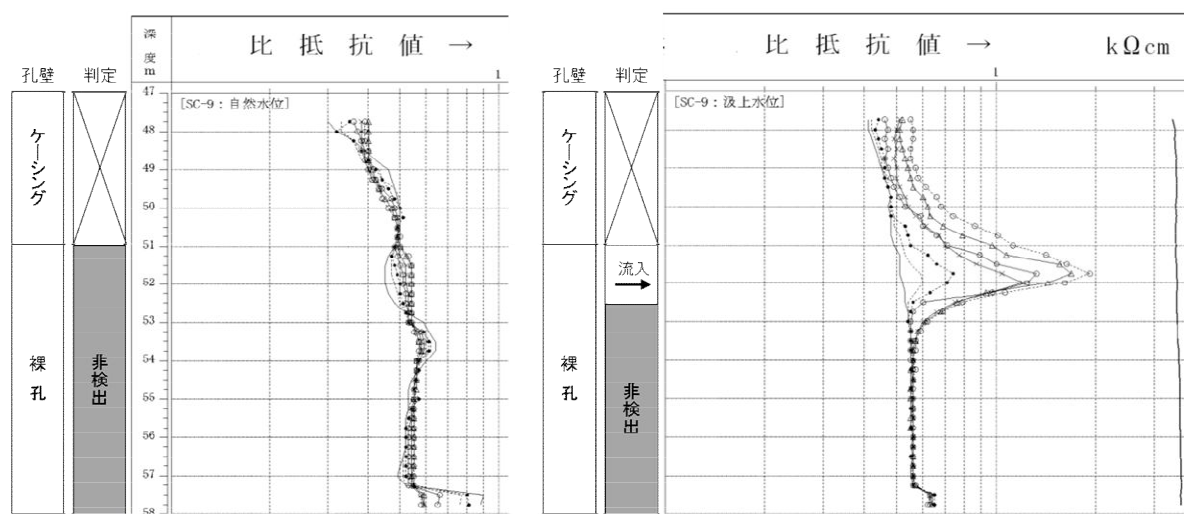
図 解 3-1 に示すように、帯水層が平衡状態にある場合は、孔内水は流動しないので、地下水検層ではそれを検出することができない。また、地下水が流出する区間が非帯水層か帯水層かは、この

ような自然状態の水位ではわからない。

図解3-2は、図解3-1の状態から水位を変化させた場合の孔内水の流動状況を示している。(a)では、水位を低下させると、孔内の地下水位が帯水層の水頭より低くなり、帯水層から孔内に地下水が流入して上昇流が生じるため、帯水層が捉えられる。(b)は、水位を低下させても地下水の流れはかわらないが、逸水区間が帯水層ではないことが確認できる。(c)は、水位を低下させると、孔内水位が逸水区間の帯水層の水頭より低下した時点で流入が生じ、帯水層であることを確認することができる。また、汲み上げによる水位低下だけでなく、注水による水位上昇によっても流動の変化が生じる(d)。

図解3-3は、平衡状態にある帯水層を含む区間において、自然状態で実施した食塩検層結果と汲み上げ法により水位を低下させて実施した検層結果を示したもので、汲み上げ法により帯水層からの明瞭な流入が捉えられている。

地下水検層には、食塩検層や孔内微流速測定・流向流速測定・加熱式地下水検層などの方法があるが、地下水検層は、自然状態（自然水位法）と強制的に水位を低下させた状態（汲み上げ法）で実施する。

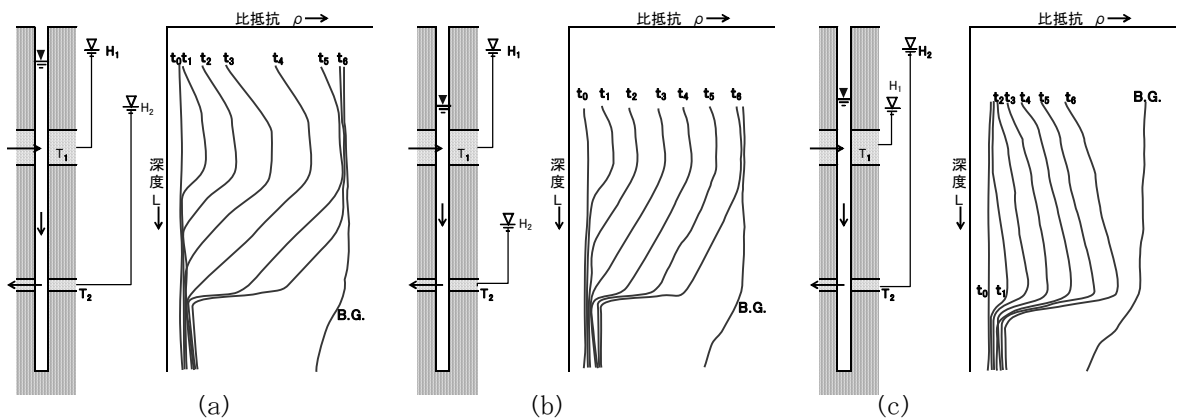


図解3-3 食塩検層による自然水位法と汲み上げ法による結果

2. 食塩検層

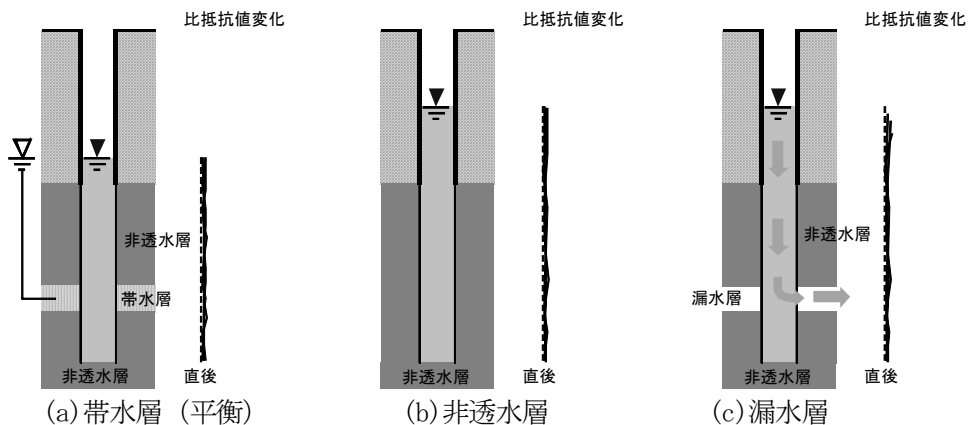
1) 手法と原理

ボーリング孔には、帯水層や透水層の影響を受けて、孔内水に流動が生じていることがある。このような場合に、孔内に均一に食塩を溶かして孔内水を電気抵抗の低い水に置き換えると、外部からは電気抵抗の高い地下水が流入して食塩濃度が薄められるため、電気抵抗を計測することで地下水の流入を知ることができる。孔内に流入した地下水は、孔内を上昇あるいは下降しながら、鉛直方向に孔内水を徐々に希釈させ、その希釈率は流入部ほど大きいので、上昇流や下降流を検出することができる（図解3-4）。



図解3-4 複数の帯水層と地下水流動の検出の事例

連続ステップ孔内試験では、裸孔区間が短いので、試験区間に性状が大きく異なる帯水層や漏水層が複数枚あることは少なく、図解3-5のような状況が多い。帯水層は、透水係数が比較的大きいので、帯水層が一枚の場合、翌日水位がほぼ平衡水位となる。このため、試験区間に帯水層があっても自然水位法ではほとんど流動が起こらない。また、非透水層は透水性が極めて小さいので流動が起こらず、漏水層では流動があっても検出できないので、帯水層と区別することができない。



図解3-5 連続ステップ孔内試験での食塩検層（自然水位法）で流動が検出されない事例

帯水層や漏水層が複数枚あるとき（図解3-6）は、平衡状態では孔内水位は帯水層の水頭と一致

しないので、自然水位でも孔内には流動が生じ、流入部に帯水層があることや漏水層があることが把握できる。

しかし、自然状態では、逸水区間が孔内水位より水頭が低い帯水層であるか、漏水層であるのかはわからない。このように自然水位法だけでは、水理地質を十分に把握することはできない。

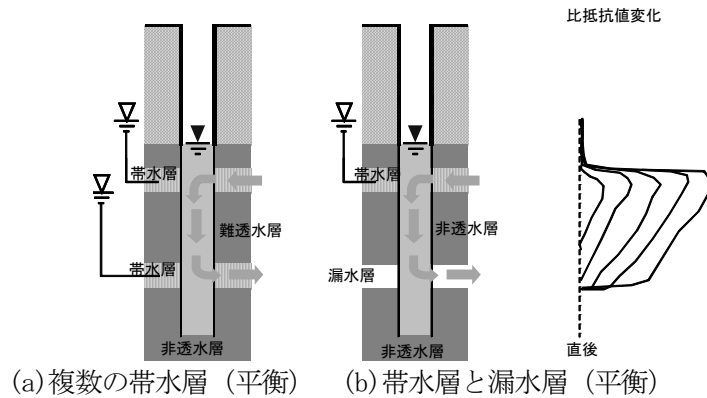


図 解 3-6 連続ステップ孔内試験での食塩検層（自然水位法）で流動が検出される事例

図 解 3-5 a の状態で孔内水を汲み上げると、孔内水位より帯水層の水頭が高くなるため、帯水層からの地下水流入と孔内の上昇流が生じ、帯水層を検出することができる（図 解 3-7 a）。帯水層の水頭高さは、平衡水位に等しく、明瞭な逸水区間はあらわれない。

汲み上げ法でも流動がほとんど認められない場合（図 解 3-7 b・c）には帯水層はなく、非透水層が漏水層である。ただし、非透水層と漏水層の識別は汲み上げ法ではできない。

図 解 3-6 の例で孔内水を汲み上げて水位を低下させていくと、逸水区間が帯水層の場合（図 解 3-6 a）には、孔内水位がその水頭を下回った時点で流入に変化する（図 解 3-7 d）。この帯水層の水頭高さは、流入が始まったときの孔内水位に等しい。一方、逸水層が漏水層の場合（図 解 3-6 b）では、地下水位をいくら低下させても流入が生じない（図 解 3-7 e）。

連続ステップ孔内試験における食塩検層では、自然水位法と汲み上げ法を実施する。

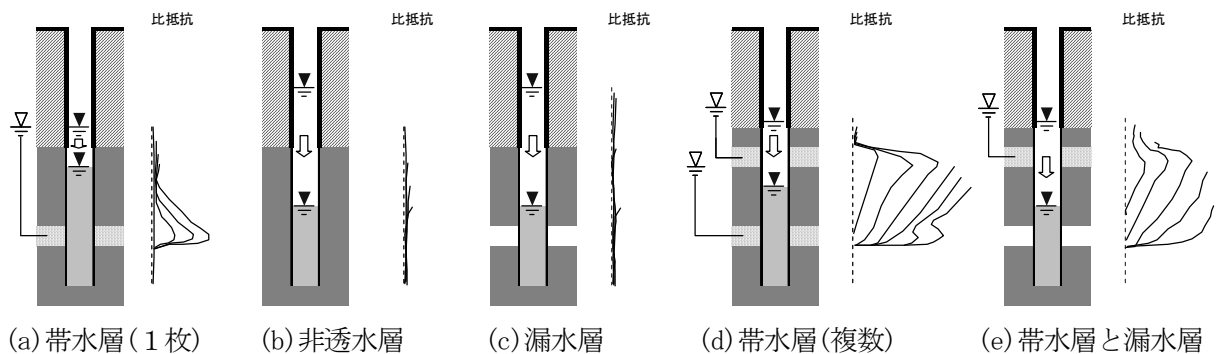


図 解 3-7 連続ステップ孔内試験における汲み上げ法による検層結果

2) 測定方法と結果の整理

食塩検層の実施方法については、地盤工学会基準（JGS1317-2003）トレーサーによる地下水流動検層方法で基準化されており、検層方法などの詳細は同基準に準じるものとする。ただし、連続ステップ孔内試験においては、自然水位法と、汲み上げ法の両者を実施することを標準とする。電気抵抗の計測方法には、電極を 25cm ごとにつけた多極式と電極が先端部のみにつけた単極式がある。

<自然水位法>

- ① あらかじめ孔内水の電気抵抗値（バックグラウンド値：BG 値）を測定する。
- ② この値の 1/10 程度の電気抵抗値になるように食塩等の電解物質を孔内に均一に注入する。
- ③ 食塩水投入直後、10・20・30・60 分などの間隔で孔内水の電気抵抗値を測定する。
- ④ 各計測前には孔内水位を計測し、水位低下があるか否かをチェックする。
- ⑤ 測定時間は、電気抵抗値の回復がほとんどない場合はそれが確認できた時点で終了し、回復がみられる場合は明瞭な流入が確認できた時点で終了とし、引き続き汲み上げ検層を実施する。

<汲み上げ法>

自然水位法が終了した後、汲み上げ法を行う。

汲み上げ法の実施方法は、自然水位法で明瞭な流入があるか否かによって、表 解 3-1 のように実施する。測定ごとに必ず水位を計測する。

検層結果は、時間ごとの比抵抗値の変化を地質柱状図に対比させて記入する。

表 解 3-1 汲み上げ法の実施方法

| 自然水位法の結果 | 汲み上げ法の実施方法 |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 流入がない | 食塩は再投入せずに、引き続き汲み上げ法を実施する。 流入が生じるまで段階的に水位を低下させる。 測定は、5～10分間隔程度で行い、流入の有無が確認できた時点、あるいは大幅に水位を低下させても流入がないことを確認した時点で終了。 |
| 流入がある | 食塩は再投入せずに、引き続き汲み上げ法を実施する。 水位を段階的に低下させながら計測を行い、逸水部の有無と、逸水から流入への変化を確認する。計測は5～10分間隔程度で行い、終了判断は次のようにする。 <明瞭な逸水部がない場合> 裸孔区間に逸水がないことが確認できた時点で測定を終了。 <明瞭な逸水部がある場合> 逸水部から明瞭な流入が確認できた時点、あるいは大幅に水位を低下させても逸水部から流入がみられないことを確認した時点で終了。 最大汲み上げ量でも水位が低下しない場合はその時点で終了する。 |

3) 調査の留意点

判定精度を向上させるためには、食塩を均一な濃度に溶かすことが重要である。濃度の差が大きい部分では、拡散等によって流動がない部分でも変化が生じることがある。また、ベラー等による攪

拌も効果的である場合がある。













地下水検層は、裸孔で行うことを標準とする。崩壊等の危険があり、保孔管を挿入して実施する場合は、裸孔の場合にくらべて流動が不鮮明になることが多く、判定に留意する必要がある。

ケーシング下端付近からの流入がみられる場合は、ケーシング区間の帯水層からの地下水の可能性があり、ケーシングによる止水が十分であったかどうかを検討する必要がある。

4) 結果の判定

自然水位法および汲み上げ法による孔内水の比抵抗値の変化状況から、表 解3-2のように、流入検出・上昇流状検出・下降流状検出・非検出・その他（逸水など）の判定を行う。それぞれの判定に対応する水理地質分類もあわせて示す。なお、食塩濃度と比抵抗値の関係は直線関係にはなく、比抵抗値の絶対差が流入量の多寡とは限らないので、BG 値（バックグラウンド値）・食塩投入直後の比抵抗値・比抵抗値の変化状況を踏まえて判定する必要がある。

表 解3-2 食塩検層結果の判定基準

| 判定 | 記号 | 比抵抗値の変化の特徴 | 水理地質区分 | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 全漏水 | | 孔内水位が形成されない。 | 漏水層 |  |
| 非検出 | | 地下水の流動がほとんどみられない。 | 非透水層 |  |
| 流入 |  | 周囲よりも回復が大きい。 | 帯水層 |  水頭高さ GL-12.45m |
| 逸水(流入なし) |  | 鉛直流の比抵抗値が急激に低下あるいは消滅する。逸水区間付近まで水位を低下させてもそこからの流入がない。 | 漏水層 |  |
| 逸水(流入不明) |  | 鉛直流の比抵抗値が急激に低下あるいは消滅する。水位が低下しないなどの理由で流入の有無は不明。 | 漏水層 あるいは 帯水層 |  |
| 上昇流 |  | 流入した電気抵抗の大きな地下水が孔内を鉛直に上昇する区間で、回復は流入部で最も大きく、徐々に上に向かって小さくなる。 自然状態では、ふつう、流入部からケーシング下面までの間に1つ以上の逸水区間が存在する。 | 非透水層 |  |
| 下降流 |  | 流入した電気抵抗の大きな地下水が孔内を鉛直に下降する区間で、回復は流入部で最も大きく、徐々に下に向かって小さくなる。 自然状態では、ふつう、帯水層から孔底までの間に1つ以上の逸水区間が存在する。 | 非透水層 |  |

3. 孔内流向流速測定

孔内流向・流速測定はボーリング孔内の孔内水の流向・流速を測定できるプローブを挿入し、深度方向に連続して測定することで水みちを検出する計測手法である。計測器は、プロペラ式や電磁式フローメーターにより鉛直方向の水流を測定するもの、ビデオカメラにより孔内水中の浮遊粒子の方向と量から水平方向の流速・流向を解析するものなど複数存在する。また計測手法は、孔内水位を定常状態で測定するもの、注水あるいは揚水により孔内水の水頭を変化させることで水みちを検出しやすくする手法もある。

地すべり調査で適用できる、現在国内で入手可能な孔内流向・流速測定器を表 解 3-3 に示し、試験結果の例を図 解 3-8 に示す。

1) 孔内微流速測定¹⁾

①手法と原理

ボーリング孔内水の鉛直方向の流速を計る調査手法で、透水係数が 10^{-6}m/s (10^{-4}cm/s) 以上の比較的高い透水性を示す地盤に適した試験である。また、不圧地下水と被圧地下水の区別なく透水係数が求められること、試験区間を限定する必要がない、すなわち試験区間を長くとった方がより良いデータが得られるという特徴がある。

また、孔内水の水質には影響を受けないので、食塩検層では実施が難しい電気伝導度が高い地下水でも実施可能である。

ただし、孔内微流速計の測定原理は、孔内水の動きを羽根の回転を光学センサにて検出するため、孔内水が濁っている場合には羽根の回転部に微粒子が詰まって回転が渋くなること、あるいは光学センサの感度が下がることがある。そのため、ステップ式で使用する場合は孔底に溜まっている沈殿物をできるだけ巻き上げないように注意するとともに、沈殿材を投入するなどの測定条件（環境）を改善する。

②測定手順

一般的にはプローブを孔底まで降下し、各深度で流速を測定しながら引き上げる。測定間隔は 0.25~0.5m 間隔が標準であるが、流速の変化する箇所は 0.1m、変化のない区間は 1m など適宜調整する。

孔内水の上下流の判定は、同一区間にてプローブを上下させて上昇時にカウント数で減少するなら上昇流、上昇時に増加するなら下降流である。なお、孔内水が濁っている場合は沈殿物を巻き上げないようにプローブを下げながら測定を行い、上昇流・下降流の判定は流速の計測後に実施するなど工夫が必要である。

③結果の解釈

測定結果の模式図を図 解 3-8 に示す。自然状態での測定により、2 層以上の透水層が存在する場合は水頭の高い層から低い層へとボーリング孔を通じて上昇流あるいは下降流が生じる。このとき、流速が変化する区間が帯水層であり、その流向からそれら帯水層が被圧している帯水層（湧水区間）か漏水層（逸水区間）かを判別できる。

また、注水（あるいは揚水）して自然状態から水頭を変化させることで、孔内水の流速や流向が変化する。自然状態と注水状態の差を取り、流速差の勾配が急な部分は透水性が高い、逆に勾配が緩い部分は透水性が低いことを示す。

なお、流速差の勾配は単位区間あたりの湧水あるいは逸水の変化量であり、de Dupit の式を適用して透水係数を求めることができる（算出方法は文献¹⁾を参照）。

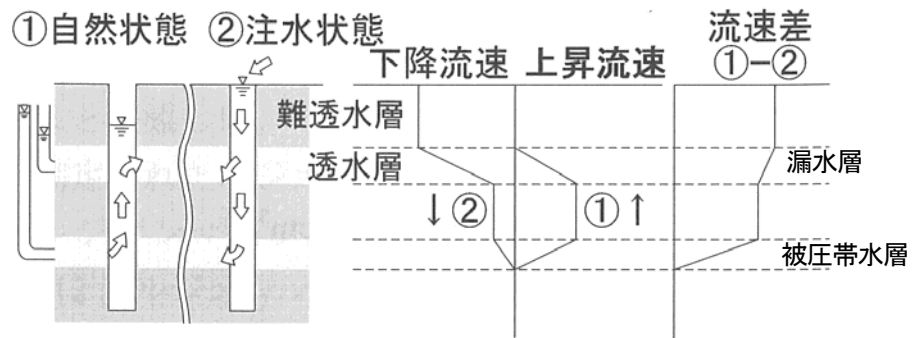


図 解 3-8 孔内微流速測定概念¹⁾に加筆

2) 流向流速測定

①手法と原理

ボーリング孔内水の水平方向の流向と流速を計る調査手法で、透水係数が $1 \times 10^{-5} \sim 6 \times 10^{-3} \text{m/sec}$ ($1 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$) の透水性を示す地盤に適した試験である。孔内水の水質には影響を受けないので、食塩検層では実施が難しい電気伝導度が高い地下水でも実施可能である。

孔内微流速計の測定原理は、地下水中に混入している微細物質をトレーサーとして動きをカメラで捉え選択して移動距離と方向を求めるものである。撮影映像を保存することにより、測定後に結果を整理することも可能である。地下水中の微細物質に光を当ててできた影を捉えるため、孔内水の濁度が高い場合には影を捉えにくくなることがある。そのため、孔底に溜まっている沈殿物をできるだけ巻き上げないようにプローブの上げ下げには注意が必要である。

②測定手順

プローブを測定深度まで移動させ固定した後に撮影映像を確認しながら、タブレット PC に撮影された画像に表示された微細物質の移動をタッチペンで追尾することで流向と流速を即時に確認する。各深度にプローブを移動させることにより孔内水が掻き乱されるため、孔内水の流れが一定になることを確認した後に測定を実施する必要である。

表 解 3-3 孔内流向・流速計測手法一覧

| 計測手法 | 適用径 | 概要 |
|---------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 孔内微流速測定 | φ 50mm 以上 (外径 42mm) | <ul style="list-style-type: none"> ・プローブに取り付けられたプロペラの回転により、孔内水の下降流・上昇流の流速を計測する。 ・プロペラの回転数は、光電素子により検出するため孔内水の濁度が高い場合は測定することができない。 ・注水あるいはくみ上げにより孔内水の水頭を変えて測定すると透水係数の算出が可能。 ・適応流速 2~200cm/秒。 ・従来型はセンサ部が組立式なので、現場での分解清掃が容易。改良型はセンサ部が固定式なので取扱いは容易。 |
| 流向流速測定 | φ 40mm 以上 (外径 34mm) | <ul style="list-style-type: none"> ・ビデオカメラで撮影した孔内浮遊粒子の動きの方向や速度から水平方向の流向・流速を半自動で算出する。 ・浮遊粒子がない清水の場合は、トレーサーを投入する。 ・適応流速 0.01~6.00mm/秒。 ・孔内水の濁度が高いと測定できない。 |

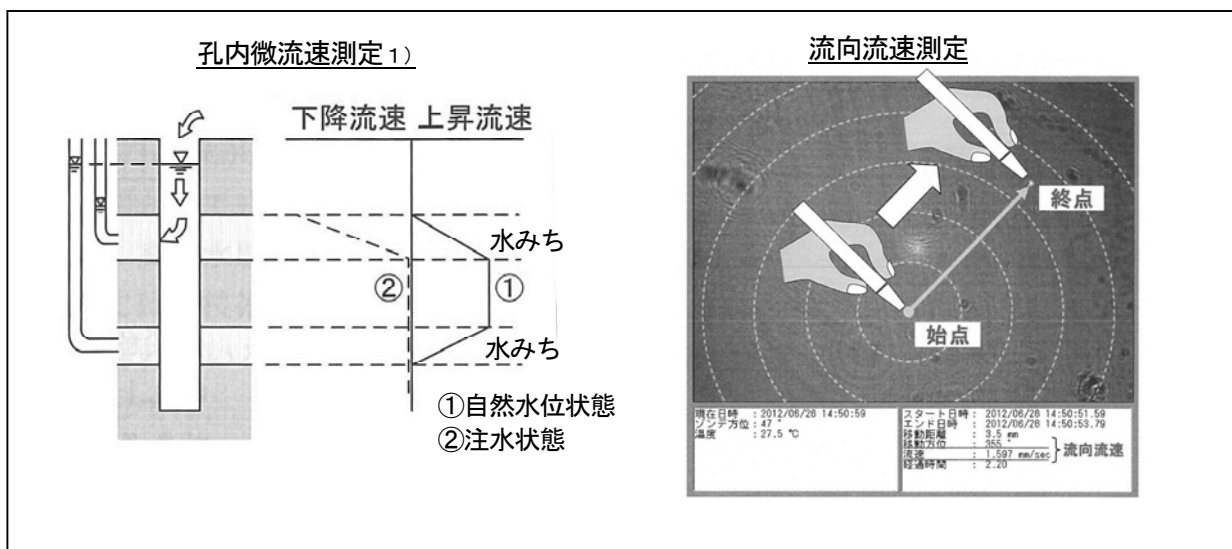
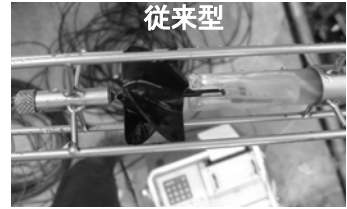


図 解 3-9 孔内流向・流速測定の結果例

③実施上の留意点

孔内流向・流速測定を実施する際は、計測器の外径に応じた削孔径や保孔管を使用する必要がある。したがって、使用する計測器や実施時期などの計画をボーリング調査の計画時にあらかじめ立てておく必要がある。

孔内流向・流速測定を裸孔条件で実施する場合は、孔壁崩壊や浮遊物の沈殿による孔内事故に留意する。孔内事故の軽減のためには、先に手計り式水位計や確認用のプローブ等を挿入して安全を確認したうえで計測機器を挿入する方法がある。

水理地質区分の検討は、測定結果に加えボーリングコアの割れ目などの状況や試錐日報解析の結果を考慮する。その際、計測時の揚水や注水によりボーリング孔の孔壁や周辺の水みちの状態が変化し、計測の前後で透水性が変わることがあることに留意する。

3) 加熱式地下水検層

①測定の方法と機器の構成

加熱式地下水検層は、ヒータで加熱された地下水の温度の変化から地下水流動層の深度と規模を検出する方法で、その原理は、発熱体による孔内水温の上昇・下降が地下水流動による熱損失で変化すると考えに基づいている。

加熱式地下水検層器の機器構成の模式図を図 解 3-10 に、使用機器を図 解 3-11 に示す。加熱式地下水検層器は、ヒータと温度センサを配置した「検層器」、検層器を一定速度で降下させる「昇降機」、データ計測・収集の「計測器類」で構成される。

検層器のセンサの配置を図 解 3-12 に示す。検層器は、地下水を加熱するヒータの上下に地下水温を測定する温度センサを取り付けたプローブである。センサを降下させながら観測孔内の温度を約 1 cm ごとに計測する。地下水流動層では、ヒータによりいったん上昇した地下水温が、ボーリング孔内に流入する地下水で熱が奪われることにより低下することを利用して流動層を検出する。

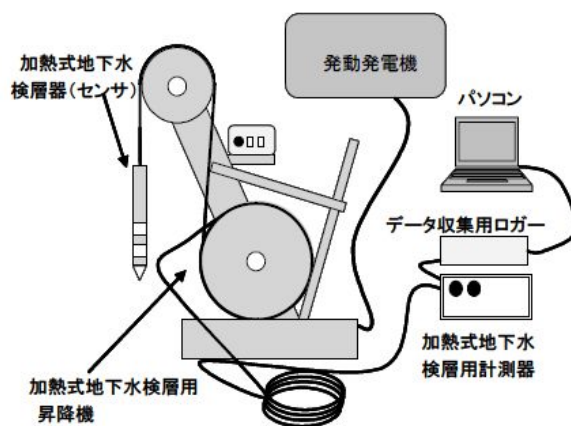


図 解 3-10 加熱式地下水検層器の構成模式図

②測定と結果の整理

観測孔内の地下水面にセンサを降下させながら、もとの地下水温 T_{w1} 、ヒータにより加熱された地下水温 T_h 、加熱後一定時間経過した後の地下水温 T_{w2} を計測する。ここから、各深度における加熱率 λ を

$$\lambda = (T_{w2} - T_{w1}) / (T_h - T_{w1}) \quad \dots (1)$$

により求める。地下水の流動が大きいほど、加熱された地下水温が素早く低下し、 λ が小さくなる。



- ①加熱式地下水検層器センサ
 - ②昇降機
 - ③計測器
 - ④AD 変換器
 - ⑤ノート PC
 - ⑥発動発電機
- (総重量約 70 kg)

図 解 3 - 1 1 加熱式地下水検層器の機器構成

ただし、流動層の検出の基準となる水流の影響のない深度の加熱率 λ_b は、観測孔ごとに異なる（地質、水質等の影響と推察される）。そこで、 λ_b を標準化するため、水流がないと考えられる深度の加熱率を 1.0 とする基準化した加熱率 λ_d を

$$\lambda_d = \lambda / \lambda_b \quad \dots (2)$$

により求めた上で、 λ_d から流量 Q を求める以下の実験式が提案されている。

$$Q = 495.53\lambda_d^2 - 1187.30\lambda_d + 691.36 \quad \dots (3)$$

ただし、式 (3) を作成するために実施された実験では、センサ部の流量を直接計測したわけではないため、

(3) 式により求められる流量は、供給される流量の多少を表しているものと解釈すべきである。

加熱式地下水検層による地下水調査結果の一例を図 解 3 - 1 3 に示す。この観測孔では、地下水面付近（深度 31.5 m 以浅）の Q が大きく、大きな地下水流動が存在すると判断される。

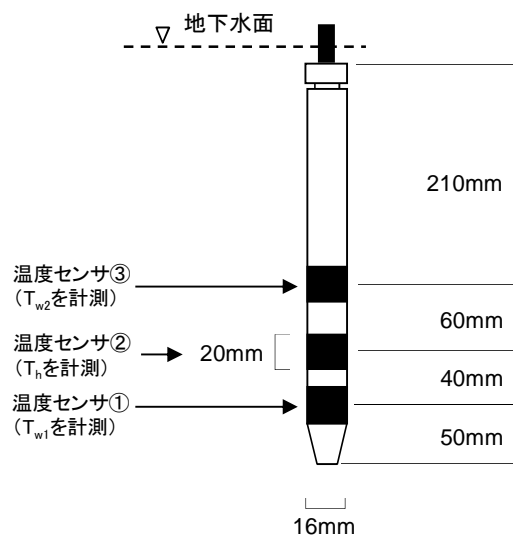


図 解 3 - 1 2 検層器センサ配置図

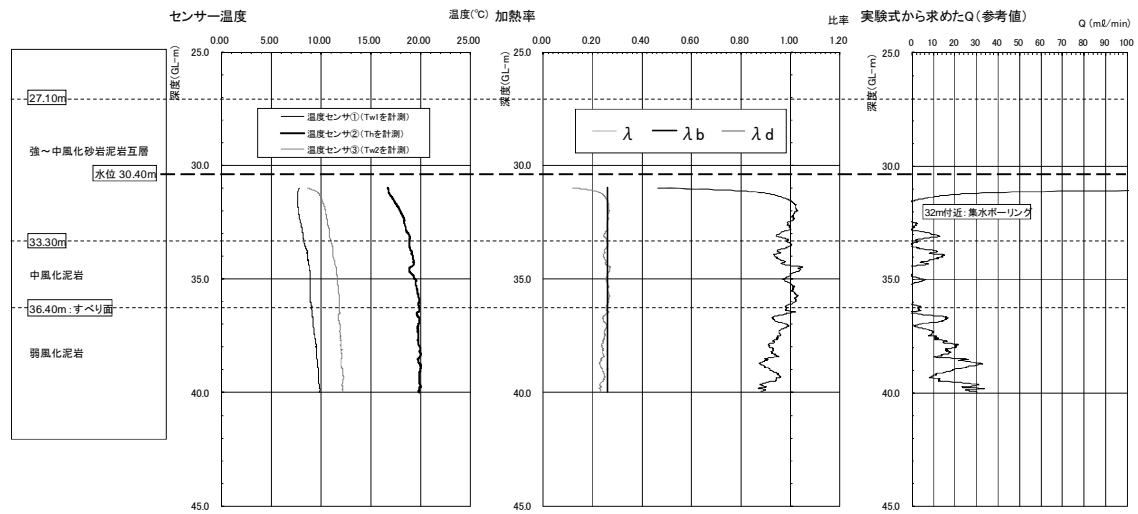


図 解 3 - 1 3 加熱式地下水検層の結果の一例

参考文献

- 1) 関東地質調査業協会 (2005) : 現場技術者のための地質調査技術マニュアル、pp.188-191.

解説資料 4 部分ストレーナ孔の標準的な構造の検討と設置における留意点

1. 概説

本章では、部分ストレーナ孔の標準的な構造を示し、地盤状況や水理地質区分に合ったボーリング削孔径や設置資材の選定方法を述べる。また、部分ストレーナ孔の設置において各部分の所定の機能を発揮し、施工不良や異常が生じないための留意点について解説する。

なお、ここでは部分ストレーナ孔を対象とし、全区間ストレーナ孔および変位計測併用孔（パイプ歪計と地下水観測の併用等）は対象としない。

2. 部分ストレーナ孔の標準的な構造および設置資材の選定

1) 部分ストレーナ孔の標準的な構造

部分ストレーナ孔の標準的な構造を図 解 4-1 に示す。部分ストレーナ孔は、保孔管、止水材、間詰材およびフィルター材等の設置資材から構成され、止水材の種類に応じて3つの標準的な構造に分けられる。1つ目は、吸水により膨張する性質のゴム製止水材を保孔管に巻きつけて孔内に挿入し、地山の地下水により止水材が膨張することで止水する方法である。2つ目は、孔内に保孔管を入れた後にベントナイト系の材料を孔口から投入し、地山の地下水により材料が吸水膨張することで止水する方法である。3つめは、パッカーを保孔管に被せて孔内に挿入し、パッカーに水圧をかけて膨らまして孔壁と密着させて止水する方法である。いずれの方法も実績があるので、削孔径や水理地質鉛直分布調査時の状況や部分ストレーナ区間の検討結果に基づき適宜選定する。止水材の選定方法の詳細は4) で述べる。設置資材は地盤状況や水理地質区分に応じて適切に選定する。

2) ボーリングの孔径

削孔径はφ66mm～86mmが標準的であり、使用する保孔管や接続方法、止水材の種類等を考慮して決める。削孔径と保孔管の外径とのクリアランスが小さい場合は、止水材や間詰め材の使用時に詰まりや充填不良などのリスクが高くなるので作業には細心の注意が必要となる。

φ66mm：VP40 塩ビ管でねじ切り接続・止水材はゴム製止水材やベントナイトを使用する場合

φ86mm：VP40 塩ビ管でソケット接続・止水材はベントナイトペレットを使用する場合

VP50 塩ビ管でねじり接続、孔内微流速測定など内径50mmまでの機器を挿入する場合

VP40 塩ビ管で止水材にパッカーを使用する場合

1孔にVP30 塩ビ管を2本入れて2層の帯水層の地下水位を計測する場合 など

3) 保孔管

保孔管には塩ビ管が通常用いられ、保孔管内外の水の出入りを妨げないようにストレーナ加工を施す。塩ビ管の径はVP40が標準的であるが、検層を行う場合に孔径の大きいVP50を、複数深度で観測

するために複数の塩ビ管を設置する場合など場合に VP20~30 を使用することがある。保孔管の接続方法はねじ切りが標準的であり、削孔径に余裕がある場合には、ソケット式やスリーブ継手などの方法も用いられる。

ねじ切り加工の塩ビ管を使用する場合、深度管理に注意することが必要である。ねじ加工をした分、塩ビ管を継いだときの長さが短くなることを考慮し、使用本数を算出する必要がある。また、ねじ切りの加工に偏心が無いことも重要である。精度良く加工された塩ビ管の接続部（ねじ部分）は十分な引張強度を有している（図 解 4-2）。VP40 の場合、安全率として 3 を見込んでも、200m 程度の長さまで自重に耐える（接続した塩ビ管の端を持ち上げても切れることはない）が、ねじ加工の軸が偏心している場合は、設置作業中にねじ部が切れることがある。

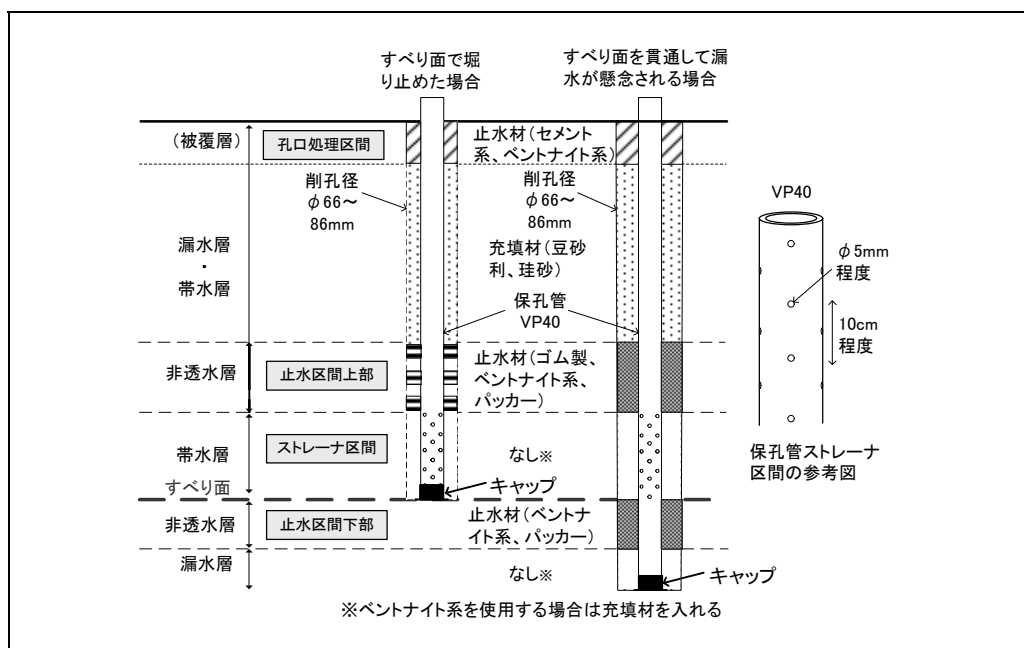


図 解 4-1 部分ストレーナの標準図

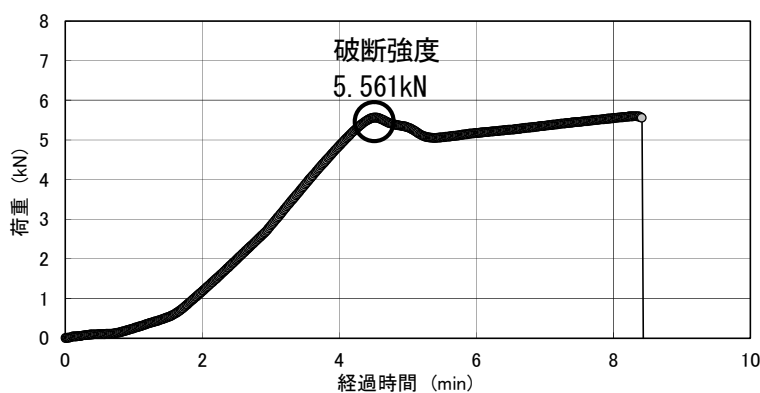


図 解 4-2 引張試験結果の例 (VP40)

4) 止水材

一般的な止水材の組み合わせを図 解 4-4 に示す。孔口からの地表水の流入を防止するためには、止水材にセメント系（セメントミルク、モルタル）、ベントナイト系（ベントナイト、ベントナイトペレット）を用いる。また、ストレーナ区間の上下の止水区間には、ベントナイト系、ゴム製止水材、パッカーを用いる。また、上部止水区間の範囲がはっきりしない場合などに、確実な止水を期待するために、複数の止水材を組み合わせることもある。止水区間の止水材の選定の考え方を次に示す。

ベントナイト系；非透水層が不明瞭で、できるだけ長い止水区間を設けた方が良い場合。削孔径と保孔管のクリアランスが十分に確保できない場合。

ゴム製止水材；非透水層が明瞭で、かつ帯水層の地下水位が止水区間より低下することが無いと予想される場合。

パッカー；非透水層が明瞭で、削孔径と保孔管の十分なクリアランスが確保できる場合。帯水層の地下水位が止水区間より低下することが予想される場合。



図 解 4-3 ゴム製止水材の例

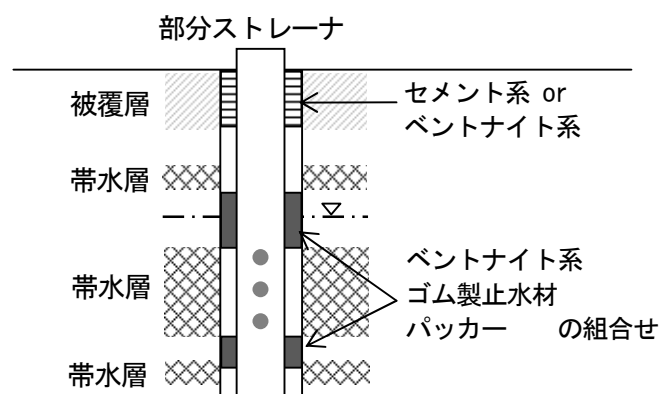


図 解 4-4 止水材の種類組み合わせ（一般的な方法）

5) 間詰材・フィルター材

間詰材とフィルター材は、孔内外の水の流れを妨げず、フィルター効果（地山の細粒分や間詰材が保孔管内に入らないようにする効果）を両立する組み合わせとなるように選定する。ストレーナ計画区間の帯水層のコアの状況から下記を参考にして判断する。

細粒分が少ない：間詰材は豆砂利や 2~3 号珪砂、フィルター材は防虫網

細粒分が多い：間詰材は砂や 3~4 号珪砂、伸縮フィルターや繊維フィルター など

※珪砂 6~8 号は地下水の流れに影響する可能性があるので使用しない

6) 孔口処理

地表水や表層地下水の浸入防止を図るためには、塩ビ管に無孔区間を設ける方法や、塩ビ管と地山

の間をセメント系やベントナイト系の止水材で充填する方法などがある。

塩ビ管の立ち上がり部を積雪等の外力から保護するためには、保護コンクリートを打設する方法、孔径の大きい塩ビ管やガス管を被せる方法、マンホールや保護箱に埋めるなどの方法がある。

3. 部分ストレーナ孔の設置における留意点

部分ストレーナ孔の設置においては、観測孔の各部分が所定の機能を発揮できるようにするため、施工の不良や異常が生じないように確認しながら行うことが重要である。本節では、ボーリング径の選定、設置前のスライムや漏水等の孔内状況の確認および対処、保孔管の取り扱いや止水材等の各設置部材の使用上の留意点について詳述するとともに、設置後の作業として孔口処理や孔内洗浄および水頭高の確認について述べる。

1) 設置前の孔内状況の確認および対処

保孔管設置前に計画した構造の観測孔が設置できるか、以下の項目を確認する。

- ①裸孔部分の崩壊による孔閉塞
- ②スライムの堆積による深度不足
- ③漏水などの孔内状況

①の場合はコアチューブ挿入による再掘削、②はロッドクラウンによる孔内洗浄など、ボーリングマシンによる作業となる。孔壁崩壊が止まらない際は、ケーシングの挿入や余掘り区間の設定など、対処方法を検討する。③は、孔内水がすべり面より低下する現象への対処であり、掘進中の状況からすべり面以深の漏水区間（漏水層）を掘りぬいたと判断される場合は（図 解4-5）、すべり面の間隙水圧を測れるように孔内水が回復するように埋戻し、あるいは止水を行う。埋戻しは、濃い目のセメントミルク、ベントナイト、吸水膨張性高分子材を用いる（図 解4-6）。

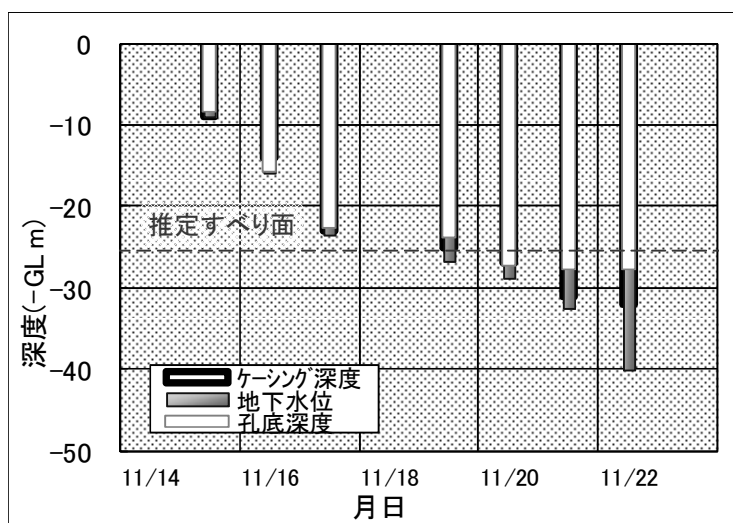


図 解4-5 すべり面以深で孔内水が低下した試錐作業日報

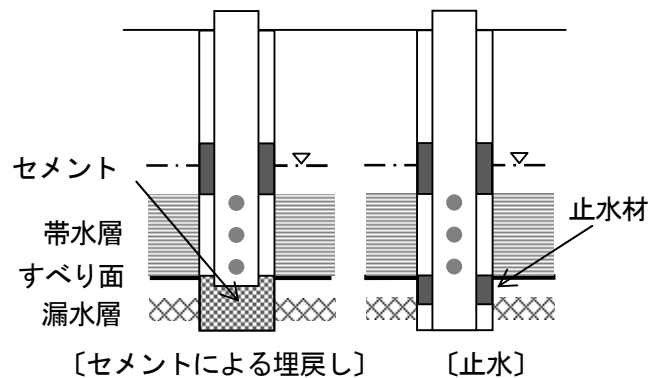


図 解 4-6 すべり面下の漏水層を掘りぬいた場合の対処法

2) 保孔管の取扱い

正常の精度で削り加工された塩ビ管のねじ部は十分な引張強度を有しているが、ねじ部が運搬中の衝撃などで割れている場合はねじ部が切れて設置中に落下する事故につながる恐れがある。特に、VP30以下では雌ねじ部の肉厚が薄くなるので注意が必要である。ねじ部の破断状況を図 解 4-7 に示す。保孔管をボーリング作業箇所まで運搬にする際には、保孔管の端部を保護するとともに丁寧にとり扱い、さらに挿入時には運搬時の衝撃による破損が無いことを確認する。

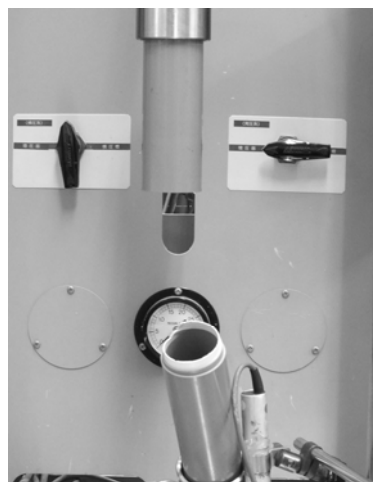


図 解 4-7 引張試験の破断後の状況

3) 保孔管の挿入方法

設置深度が浅い場合は保孔管を手で保持しながら挿入できる。ただし、ストレーナ区間に巻いたフィルター材は滑りやすいので注意すること。深度が深い場合は、落下防止のため、塩ビ管用の固定バンドや吊り下げ治具を使う方法、または孔底に固定したワイヤで吊り下げる方法で設置する。深度の目安としては、VP40 で 40m、VP50 で 30m を超える場合である（フィルター材を巻いている場合）。なお、細いワイヤ（φ2mm 以下）はキンクして切れやすいため、つり下げ等に使用しないことが望ましい。

4) 止水材の設置方法

止水材には、①あらかじめ塩ビ管に設置するもの（ゴム製止水材、パッカー）と、②保孔管設置後に孔口から投入するもの（ベントナイト、ベントナイトペレット）がある。

①については、計画した深度に対応する塩ビ管にあらかじめ材料を取り付けておく。ゴム製止水材は十分な止水性能を確保できるように、保孔管と孔壁のクリアランスや予想される水頭から適切な巻き方や段数を調整する。パッカーは、加圧した際にボーリング孔に確実に密着する径や長さのものを使用する。特に、大深度では止水部にかかる水圧が高くなるためパッカー区間を長くする。ゴム製止水材を使用する場合で止水区間がケーシング挿入区間と重なる場合は、塩ビ管挿入後に速やかにケーシングを抜管して、ケーシング内でゴム製止水材が膨張しないようにする。

②については、保孔管設置後に孔口から材料を投入して計画した深度に到達するよう、触針式水位計や検尺棒などで沈殿状況を確認しながら設置し、過不足がないようにする。ベントナイトペレットを用いる場合は、より確実な止水効果を得るために材料投入時に適宜突き固めを行うことが望ましい。

5) 間詰材の充填方法

孔口から直接投入する方法を原則とする。充填不良を防ぐための留意事項は次の通りである。

- ・水を流し込みながら充填作業を行い、触針式水位計や検尺棒などで沈殿状況を確認しながら設置する
- ・塩ビ管の口もとを手で揺らしながら少量ずつ時間をかけて充填する。特に砂など細かい間詰材を使用する場合は孔内水の区間で沈降する時間が掛かるため、充填しすぎないように投入後に時間をおいてから次の投入を行うなどの対応が必要である（図 解4-8）。
- ・ケーシングを挿入している場合は抜管しながら充填を繰り返さず（2~3本ずつが良い）。
- ・細い径の塩ビ管を投入管路として用いて、孔底から引き揚げながら充填すると、より確実に充填ができる（適用深度 50m 程度まで）。

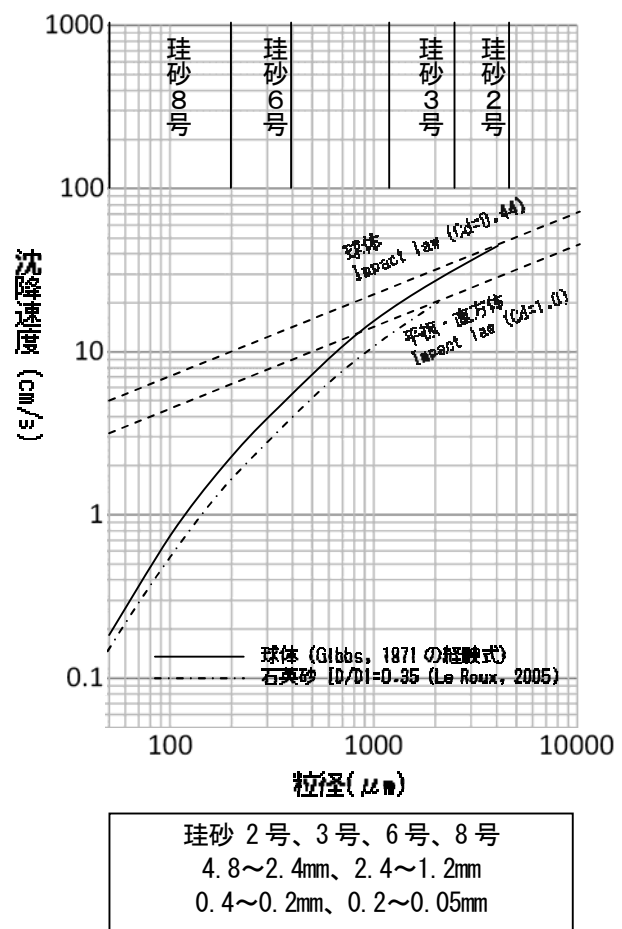


図 解4-8 砂粒子の粒径と沈降速度の関係^{1)~2)}

6) その他

観測孔設置後は、目詰まりを防止するため孔内洗浄を十分に行う。また、観測孔設置後の地下水位と帯水層の調査時の水頭高を比較することで、計画した部分ストレーナ孔が正しく設置されているか確認する。

参考文献

- 1) Gibbs, R. J., Matthews, M. D., and Link, D. A. (1971): The relationship between sphere size and settling velocity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 41, no. 1, pp. 7-18.
- 2) Le Roux, J. P. (2005): Grains in motion: A review. *Sedimentary Geology*, 178, no. 3-4, pp. 285-313.

解説資料5 部分ストレーナ孔の設置・点検台帳（案）

1. 部分ストレーナ孔及び観測機器の点検

観測機器は屋外の厳しい自然条件下にさらされるため故障や破損が生じる場合がある。また、地すべり活動による部分ストレーナ孔の変形（閉塞）やストレーナが目詰まり等が生じて、観測に支障を来す場合がある。そのため、長期間にわたって異常のない観測を継続していくためには、定期的な点検が必要である。点検は1回／年以上をデータ回収時に行うことが望ましい。

2. 部分ストレーナ孔の設置・点検台帳（案）

以下のような場合、観測孔や観測機器の仕様、現在の状態等の情報が必要となる。

○観測データや計測器等に異常が見られた際の不具合理由の推定

○同一の帯水層の観測を継続するために観測孔を再設置する場合

そのため、設置時には観測孔や観測機器の仕様を記録し、点検した際にはその結果を記録する台帳を整備することが望ましい。本手引きでは、そのような設置・点検台帳（案）として、表 解5-1と表 解5-2に様式案を示した。

3. 観測孔設置時に作成する帳票（A票）

観測孔の設置時には、観測孔の仕様やそれを決める根拠となった鉛直水理地質調査総括図、部分ストレーナ孔構造図等を台帳に記録する。各項目の記入要領は以下の通り。

(1) 地区名／ブロック名

観測孔を設置した地すべりの地区名及びブロック名を記載する。

(2) ボーリング孔番号

観測孔を設置したボーリング孔の番号（記号）を記載する。

(3) 設置年月日

観測孔を設置した年月日を記載する。

(4) 緯度／経度

観測孔設置位置の緯度及び経度を記載する。

(5) 設置業務名／受注者

観測孔を設置した業務名と受注者を記載する。設置時の詳細な状況を調べる必要が生じた際に、設置作業が含まれる業務報告書を参照できるようにする。

(6) 削孔長／削孔径

観測孔を設置したボーリング孔の削孔長と削孔径を記載する。

(7) 部分ストレーナ設置深度

部分ストレーナ区間の上端と下端深度を記載する。

(8) 水理地質総括図／部分ストレーナ孔構造図

部分ストレーナ孔の構造を決める根拠となった水理地質総括図と部分ストレーナ孔構造図を貼付する。

4. 計測器及び観測孔の点検時に作成する帳票（B票）

観測孔の設置時の初回点検とデータ回収時の定期点検の点検結果を台帳に記録する。各階の点検毎に1枚の台帳を作成し、通し番号（帳票番号）をつけて整理する。

下記項目の(1)～(4)は基本的な項目、(5)～(7)はデータ回収時に実施する項目、(8)～(11)は異常が認められる際に実施する項目、(12)～(16)は水位計を設置（再設置）した際に記載する項目である。各項目の記入要領は以下の通り。

(1) 地区名／ブロック

観測孔を設置した地すべりの地区名及びブロック名を記載する。

(2) ボーリング孔番号

観測孔を設置したボーリング孔の番号（記号）を記載する。

(3) 点検年月日

点検を実施した年月日を記載する。

(4) 点検者／所属

点検実施者の氏名及び所属を記載する。

(5) 目視による外観チェック

観測機器（センサ、ケーブル、端子、ロガー）及び保護設備等に腐食、破損、変形等の異常が生じていないか点検を行い、その結果を記載する。「不良」、「その他」とした場合は備考に状況を記載する。

(6) 簡易動作試験1（触針式水位計との比較）

正確な水位が計測できているか確認するため、触針式水位計と比較を行い、その結果を記載する。「不良」、「その他」とした場合は備考に状況を記載する。

(7) 簡易動作試験2（センサを上下動させた場合の追従性）

正確な水位が計測できているか確認するため、センサを上下させた際の追従性の確認を行い、その結果を記載する。「不良」、「その他」とした場合は備考に状況を記載する。

(8) 孔底深度の確認

観測孔の変形・閉塞状況や孔内への土砂流入状況を確認するため、孔底深度の確認を行い、その結果を記載する。「不良」、「その他」とした場合は備考に状況を記載する。

(9) CCDカメラ等による内部視認

観測孔の変形・閉塞状況や孔内への土砂流入状況を確認するため、CCDカメラ等による内部視認を行い、その結果を記載する。「不良」、「その他」とした場合は備考に状況を記載する。

(10) 揚水による水位回復確認試験

ストレーナが目詰まりを確認するため、揚水による水位回復確認試験を行い、その結果を記載する。

「不良」、「その他」とした場合は備考に状況を記載する。

(11) 検層による流動層の確認試験

ストレーナが目詰まりを確認するため、検層による流動層の確認試験を行い、その結果を記載する。

「不良」、「その他」とした場合は備考に状況を記載する。

(12) 製造者／型式

水位計の製造者（メーカー名）及び型式を記載する。

(13) 計測間隔

水位データの計測間隔（記録間隔）を記載する。

(14) データ最大蓄積期間

水位データの最大蓄積期間を記載する。

(15) 係数

製造者から指定された水位計固有の係数を記載する。

(16) 水位計設置深度

水位計設置深度を記載する。

表 解5-1 部分ストレーナ孔の設置・点検台帳（1）

部分ストレーナ孔 設置・点検台帳（A票）

帳票番号 A-_____

| 項 目 | 内 容 |
|-------------------------|-----|
| 地区名／ブロック名 | |
| ボーリング孔番号 | |
| 緯度／経度 | |
| 設置年月日 | |
| 設置業務名／受注者 | |
| 削孔長／削孔径 | |
| 水理地質総括図／ 部分ストレーナ孔構造図 | |

表 解5-2 部分ストレーナ孔の設置・点検台帳（2）

| 部分ストレーナ孔 設置・点検台帳（B票） | | | | | |
|----------------------|------------|-------------------------|----------------------------------------|---------------------|----|
| 帳票番号 B-_____ | | | | | |
| 項目 | | 内容 | | | |
| 地区名／ブロック名 | | | | | |
| ボーリング孔番号 | | | | | |
| 点検年月日 | | | | | |
| 点検者／所属 | | | | | |
| 点検時期 | 種別 | 点検目的 | 点検方法 | 点検結果 ^(注) | 備考 |
| データ回収時 | 観測機器・保護設備等 | 1. 観測機器・保護設備等の確認 | 目視による外観チェック (センサ・ケーブル・端子・ロガー・保護設備等) | 良好・不良 ・その他 | |
| | | 2. 測定値の信頼性検証 | 簡易動作試験1 (触針式水位計との比較) | 良好・不良 ・その他 | |
| | | | 簡易動作試験2 (センサを上下動させた場合の追従性) | 良好・不良 ・その他 | |
| 異常等が認められる場合 | 水位観測孔 | 1. 観測孔の変形・せん断による閉塞の状況確認 | 孔底深度の確認 | 良好・不良 ・その他 | |
| | | 2. 観測孔内への土砂流入状況の確認 | CCDカメラ等による内部視認 | 良好・不良 ・その他 | |
| | | 3. ストレーナの目詰まり状況の確認 | 揚水による水位回復確認試験 | 良好・不良 ・その他 | |
| | | | 検層による流動層の確認試験 | 良好・不良 ・その他 | |
| 設置（再設置）時 | 水位計仕様 | | | | 備考 |
| | 製造者／型式 | | | | |
| | 計測間隔 | | | | |
| | データ最大蓄積期間 | | | | |
| | 係数／初期値 | | | | |
| | 水位センサ設置深度 | | | | |

(注)：「不良」、「その他」とした場合は備考に状況を記載する。

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4283 May 2014

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754

