

對地滑造成影響之地下水的調查及觀測等合作研究

合作研究報告書

平成 26 年（2014 年）5 月

獨立行政法人土木研究所
應用地質株式會社
株式會社 OSASI TECHNOS
國土防災技術株式會社
坂田電機株式會社

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 writtenpermission of the Chief Executive of P.W.R.I.

此報告書為經過獨立行政法人土木研究所理事長許可所發行之刊物。如需轉載或複製本報告書的所有內容或是部分內容時，需取得獨立行政法人土木研究所理事長的書面許可方可進行。

對地滑造成影響之地下水的調查及觀測等合作研究

合作研究報告書

【主旨】

本報告書為土木研究所地滑團隊與 4 所民間企業於平成 22 年度到平成 25 年度間所進行的合作研究－「對地滑造成影響之地下水的調查及觀測等合作研究」－中所統整之研究成果。

本共同研究中透過地下水的調查及觀測來分析現狀的問題點及課題，以其結果為依據，提出可確實掌握地下水狀況（帶水層與難透水層的分布）的調查方法以及可觀測到地滑面附近孔隙水壓的觀測方法。

關鍵字：地滑、地下水、孔隙水壓、部分井管孔、地下水觀測井、鑽孔日報分析

執筆者名単

(独)土木研究所 土砂管理研究グループ 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

交流研究員 中野 英樹

元交流研究員 宇都 忠和**

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

応用地質株式会社 工務本部ジオテクニカルセンター 副センター長 北原 哲郎

工務本部ジオテクニカルセンター 専任職 千葉 伸一

エンジニアリング本部コンサルティング一部 専任リーダー 金井 哲男

工務本部ジオテクニカルセンター 主任 本間 宏樹

測量システム事業部製造部 副部長 中村 英俊

株式会社オサシ・テクノス 開発本部 本部長 古島 広明

東京本社営業課 田中 龍一

国土防災技術株式会社 技術本部 本部長 榎田 充哉

技術本部斜面防災部 部長 山崎勉

技術本部技術部 グループ長 大野 亮一

坂田電機株式会社 測量工事部技術課 係長 才田 誠

測量工事部技術課 主任 藤田 裕之

新事業開発グループ 課長 後藤 知英

*目前在 ブラジル連邦共和国都市省 、

**目前在 株式会社エイト日本技術開発 、

***目前在 応用地質株式会社

平成 26 年 3 月底時各執筆者所屬單位

目錄

1. 前言.....	1
1.1 研究背景與目的	1
1.2 實施體制.....	1
1.3 活動履歷.....	1
1.4 本報告書的構成	4
2. 地下水調查、觀測之實際狀態與議題	5
2.1 問卷調查	5
2.2 調查地下水的實際狀態與議題	45
3. 由鑽探孔掌握地下水的方法	51
3.1 水文地質調查的必要性	51
3.2 連續逐層孔內試驗的水文地質調查	51
3.3 連續逐層孔內試驗的適用性	55
3.4 地下水檢測方法的適用性	56
4. 調查滑動面附近的間隙水壓的方法	74
4.1 局部過濾孔的設置	74
4.2 塑膠管車牙部的拉伸試驗	82
4.3 記錄的樣式化、設施清冊化	87
5. 地下水位的波動特性評估	91
5.1 檢討方法	92
5.2 解析結果	92
5.3 總結	93
6. 地下水調查、觀測的標準化	94
6.1 共同研究成果之總結	94
6.2 製作「透過局部過濾孔觀測間隙水壓的導覽（草案）」	95

1. 前言

1.1 研究背景與目的

為實施地滑的機制解析與邊坡穩定分析，需要了解並掌握地滑滑動面的間隙水壓相關資訊。特別是在地滑地中存在有被難透水層所隔開的複數帶水層時，需觀測滑動面附近的帶水層間隙水壓，大部份在現場都是採用全區間井管孔（或稱全孔井管）進行觀察。在這種情況下，因為在全孔井管中會有從地層間的泥水湧出至其他帶水層或是與複數個帶水層的水位混合之故，有許多案例便因此無法正確觀測到地滑面的間隙水壓。為了解決此課題，雖有學者提案可利用埋設型間隙水壓計或是在地滑面附近透過井管加工的部分井管孔實施觀測，但這種方法目前尚未普及。

因此在本共同研究中，首先會對目前地下水調查及觀測所面臨的問題點及議題進行分析，再依據分析結果提出可確實掌握地下水狀況（含水層和難透水層的分布）的調查方法以及可確實觀測到地滑面附近間隙水壓的觀測方法。

1.2 實施體制

本共同研究為關於地滑地之地下水調查及觀測方法之研究，由於在地滑地進行地下水調查及觀測需要具備專業技術、經驗，及知識，我們公開徵求了顧問諮詢公司及測量器廠商加入此研究。其結果如表 1.1 所示，徵求到了 2 間顧問諮詢公司及 2 間測量器廠商，共計 4 間公司一同參與此計畫進行共同研究。

表 1.1 參與計畫之廠商

顧問諮詢公司	測量器廠商
應用地質株式會社	株式會社 OSASI TECHNOS
國土防災技術株式會社	坂田電機株式會社

1.3 活動履歷

本共同研究自平成 22 年 12 月開始實施，至平成 26 年 3 月為止共歷時 3 年 4 個月。此處將本共同研究的實施工作項目列為表 1.2，並將活動歷程列為表 1.3 所示。

表 1.2 實施工程表

研究分組							
研究項目	研究細目	研究分組		年度計畫			
		土研	合同研究者	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度
1 地下水調查及觀測的實態調查	1-1 案例調查	○	◎	↔			
	1-2 掌握實態與課題分析	○	◎	↔	→		
2 檢討透過鉆探孔掌握地下水的的方法	2-1 整理掌握地下水的的方法	○	◎	↔	→		
	2-2 室內及現場實驗						
	2-3 檢討方法的適用性	○	◎		↔	→	→
	2-4 檢討掌握地下水的的方法	◎ ◎	○ ○			↔ ↔	→ →
3 探討作用於地滑面的間隙水壓之調查方法	3-1 整理間隙水壓測定方法	○	◎	↔	→		
	3-2 室內及現場實驗						
	3-3 調查方法的適用性探討	○	◎		↔	→	→
	3-4 探討設置地下水觀測孔之適當方法	◎ ◎	○ ○			↔ ↔	→ →
4 探討用於穩定解析的地下水位	4-1 判斷用於穩定解析的地下水位	○	◎	↔	→		→
	4-2 探討地下水排除工的效果評估方法	○	◎			↔	→
5 地下水調查及觀測的標準化	5-1 提出地下水調查及觀測的方法	◎	○			↔	↔
	5-2 製成操作手冊	◎	○				↔



照片 1.1 會議情況



照片 1.2 現場進行比較時的情況

本共同研究所實施之會議與現場調查活動的概要如下所示

表 1.3 共同研究的活動概要

年月日	類別	場所	內容
H23.6.20	第 1 次會議	土木研究所	確認研究計畫
H23.7.25	第 2 次會議	土木研究所	整理地下水調查及觀測議題
H23.9.27	第 3 次會議	土木研究所	探討實施地下水調查問卷（以下簡稱問卷）
H23.10.11 ~H23.10.12	現場調查（1）	滝版地滑 （福島縣）	勘查連續逐層檢測試驗的實施狀況
H23.12.12	第 4 次會議	土木研究所	整理地下水調查及觀測議題
H24.1.31	第 5 次會議	土木研究所	整理地下水調查及觀測課題
H24.4.23	第 6 次會議	土木研究所	問卷結果報告
H24.5.21	第 7 次會議	土木研究所	問卷結果分析
H24.7.4	第 8 次會議	土木研究所	檢討解決地下水調查及觀測課題的方向性
H24.9.3 ~H24.9.4	現場調查（2）	由比地滑 （靜岡縣）	地下水檢層的比較及調查
H24.9.24	第 9 次會議	土木研究所	現場調查結果報告 檢討解決地下水調查及觀測課題的方向性
H24.11.12	第 10 次會議	土木研究所	檢討透過部分井管孔觀測間隙水壓的入門介紹（草案）（以下稱為入門介紹）的制定
H25.2.5	現場調查（3）	平久里下地滑 （千葉線）	地下水檢層的比較及調查
H25.2.12	第 11 次會議	土木研究所	現場調查結果報告
H25.4.15	第 12 次會議	土木研究所	檢討地下水調查及觀測方法
H25.5.27	第 13 次會議	土木研究所	檢討地下水調查及觀測方法
H25.6.24	第 14 次會議	土木研究所	檢討地下水調查及觀測方法
H25.8.7 ~H25.8.8	現場調查（4）	滝版地滑 （福島縣）	地下水檢層的比較及調查
H25.9.3	第 15 次會議	土木研究所	現場調查結果報告 檢討入門介紹的制定
H25.10.21	第 16 次會議	土木研究所	檢討入門介紹的制定
H26.1.24	第 17 次會議	土木研究所	制定入門介紹及共同研究報告書
H26.3.3	第 18 次會議	土木研究所	制定入門介紹及共同研究報告書

再者，本共同研究中所獲得的成果，均發表至下述論文及學會發表會。

表 1.4 相關之學會發表

年月日	學會、發表會	場所	發表內容
H23.8.30 ～H23.9.2	第 50 屆日本地滑學會 研究發表會	靜岡縣	「關於地滑地的地下水觀測課題與改善」
H24.5.23 ～H24.5.25	平成 24 年度砂防學會 研究發表會	高知縣	「比較善德地滑地進行高密度間隙孔內的試驗結果與地下水觀測結果」
H24.11 月	日本地滑學會誌第 49 卷第 6 號	—	「比較善德地滑地進行高密度間隙孔內的試驗結果與地下水觀測結果」
H24.8.29 ～H24.8.31	第 51 屆日本地滑學會 研究發表會	北海道	「掌握於滝版地滑地進行高密度間隙孔內試驗的地下水狀況」
H25.5.29 ～H25.5.31	平成 25 年度砂防學會 研究發表會	靜岡縣	「關於地滑地的地下水觀測課題與解決的方向性」
H25.8.28 ～H25.9.1	第 52 屆日本地滑學會 研究發表會	島根縣	「評估透過部分井管觀測孔所測量之地下水位變動特性」

1.4 本報告書的構成

在本共同研究中，首先掌握地下水調查及觀測的狀況，並透過問卷調查分析關鍵議題(第 2 章)。由於此處掌握實態與課題分析之結果，以及如何讓適當調查間隙水壓的方法更為普及化視為最重要的課題，接下來將會針對利用鑽探孔掌握地下水狀況之方法(第 3 章)以及調查地滑面附近的間隙水壓的方法進行重點檢討，進而針對透過連續逐層檢測試驗來進行地下水調查及透過部分井管孔觀測地滑面附近的間隙水壓作提案。再者，此處在比較部分井管孔以及全孔井管的觀測水位後，會針對用於穩定分析及評估地下水排除工效果的地下水資料進行檢討(第 5 章)。透過上述調查，最後統整所得到的知識見解整理成「透過部分井管孔觀測間隙水壓的入門介紹(草案)」(第 6 章)。

2. 地下水調查、觀測之實際狀態與議題

2.1 問卷調查

本共同研究 目的為確實掌握地下水狀況之調查方式以及提出觀測滑動面周圍的間隙水壓之可行方案。因此，首先對於地下水調查與觀測中所遇到的現況問題點或是議題之分析便顯得十分重要。在此，隨著地滑區域之地下水現況的調查與觀測的掌握，以測定合適的間隙水壓（地下水位）作為問卷調查的項目。問卷調查之對象，以具有地滑調查和解析經驗的各縣市負責事業人員為對象，來確認各縣市所訂立之基準或標準式樣，以及民間企業對於調查地下水的技術人員之個人經驗或掌握專業知識情形。

2.1.1 問卷調查方法

在問卷的項目中，內容包括各縣市有無獨自訂立操作手冊或是準則等相關資料、探勘日報或地下水觀測井等掌握地下水的方式，以及有無兼用變位觀測或是過濾的構造等與設置地下水觀測孔相關事宜。就民間企業而言，會想像其在過去 10 年內曾執行過具代表性的地下水調查業務後，將調查項目設定為在探勘日報分析、地下水檢測，以及物理性勘查作業中所花費的勞力等掌握檢測地下水的相關議題、設置探勘孔所用之材料與相關辦法及議題、使用測量器調查間隙水壓之議題與事故處理案例等。

實施問卷調查的方法，目前尚需仰賴各縣市砂防相關局處進行。民間企業的部分則透過社團法人全國地質調查業協會聯合會與社團法人斜面災害防範技術協會，仰賴有地滑相關防範經驗的各公司行號會員進行。為了盡可能得到更多情報，也會請民間企業通知其分社、分店進行之。此外，問卷調查以選擇題與自由填入的方式進行問卷的填寫與回收。

執行問卷調查時所使用的資料與問卷紙如圖 2.1～2.11 所示。

平成 24 年 2 月 16 日

各縣市防砂相關部會課長鈞鑑

獨立行政法人土木研究所土砂管理研究團隊

上席研究員武士俊也

關於防治地滑時的地下水調查之相關問卷調查（委託）

非常感謝您平日對於土木研究所的研究業務給予肯定與支持。

目前土木研究所的地滑組正在進行「滑動斜面的地下水位觀測方法的標準化相關研究」，其目的為將測定間隙水壓(地下水位)的合適方法予以標準化，以使用於地滑解析以及設計對策工程上。其中關於現場測定的方法，有鑑於民間企業所累積之各項經驗，是透過土木研究所與民間 4 家企業所一同進行的公募型共同研究－「地滑影響及調查與地下水觀測之相關共同研究」*－來檢討相關測量方法。

探討各個項目時需掌握地下水的調查現況，因此以防治地滑相關經驗的各縣市作為對象，實施問卷調查以掌握現況。為此，懇請填寫附件之問卷調查表，並回信至下列聯絡方式。承蒙您百忙之中撥冗協助完成本研究問卷。

※共同研究「地滑影響及調查與地下水觀測之相關共同研究」

參加機關：獨立行政法人土木研究所、應用地質股份有限公司、Osasi Technos 股份有限公司、國土防災技術股份有限公司、坂田電機股份有限公司

1. 問卷回答方式：請在附件問卷調查表電子檔(EXCEL 格式)中填入回答，並回信至下述的電子信箱。
2. 問卷回答專用電子信箱：××××××××××××××××
3. 回答期限：平成 24 年 3 月 23 日
4. 洽詢專線：土木研究所土砂管理研究團隊地滑組主任研究員杉本宏之
電話：×××××××××××××××× 傳真：×××××××××××××××× 電子信箱：××××××××××××××××

圖 2.1 問卷調查的委託文（各縣市）

在地滑對策中與地下水相關之問卷調查

◆主旨

非常感謝您平日肯定與支持土木研究所的研究。

目前我們正進行的研究議題為「針對發生地滑之坡面的地下水水位觀測方式標準化的相關研究」。其中，土木研究所正與民間 4 家企業（應用地質股份有限公司、Osasi Technos 股份有限公司、國土防災技術股份有限公司、坂田電機股份有限公司）透過共同研究分析整理相關議題。

因此，以曾進行地滑相關的地下水觀測作業的各縣市為對象執行此份問卷調查。

關於問卷調查的回答

1. 下列為問卷調查表，請以電子郵件回答。
2. 回答完成後，請於 3 月 23 日前，將完成檔案回信至下列電子信箱。

回答問卷專用電子信箱：×××××××××××××××

◆問卷調查表擔當者姓名與聯絡方式

縣市名稱	
所屬單位	
職稱	
姓名	
電話	
電子信箱	

圖 2.2 問卷調查表格-1（各縣市）

【1. 全面性地滑相關調查】

※請將選擇項目中之編號填入回答欄內並於表格範圍內簡述內容（可複選）。

問題	選項	回答欄（選擇或敘述）
1.1 縣市政府是否有獨自訂立地滑相關方針及說明書或導覽等資料？	① （發行年月 發行單位 ） ②無	
1.2 有記載專門調查地滑的特別樣式文件或是參考圖書文獻嗎？	a. 河川砂防技術基準(案)同解說 1997 年 10 月建設省河川局 b. 防範地滑技術方針及同解說 2008 年 4 月國土交通省砂防部・獨立行政法人土木研究所 c. 道路土工一切土工・斜面安定工方針（平成 21 年度版）2009 年 6 月社團法人日本道路協會 d. 隨時隨地皆可馬上派上用場的地滑觀測便覽 1996年10月 社團法人地滑防範技術協會 e. 鑽探口袋書(第4版) 2003年8月 全國地質調查業聯合協會 f. 其他（ ）	

※ 請提供參考 1.1 內的自治體獨立訂立的方針類，及標準相關的特別式樣文件。

【2. 掌握地下水方式之相關調查】

※請將選擇項目中之編號填入回答欄內並於表格範圍內簡述內容（可複選）。

問題	選項	回答欄（選擇或敘述）
2.1 有無包括提出每日探勘日報之義務？	①義務提出（作為成果的一部分） ②報告上有記載每日鑽孔分析結果的話，不需提出每日鑽孔報表 ③無特別規定 ④其他（ ）	
2.2 於地滑區域設置地下水水位觀測孔時，是否進行含水層調查？	①標準流程一定會實施 ②依照需求性實施 ③無特別規定 ④其他（ ）	
2.3 2.2項如有實施，請教地下水檢測方式為何？	①僅實施自然水位 ②與孔內抽水兼用實施 ③實施逐層檢測※1 ④交給實施業者處理 ⑤其他（ ）	
2.4 以過去5年之實務為對象，有無在滑動面周圍因測定間隙水壓而設置水壓計(或是局部過濾設備+水位計)的案例嗎？	①有設置案例 ②無設置案例 ③其他（ ）	
2.5 如2.4項有設置案例，請問設置時的評斷基準之指示為何？	①按照說明書等規定 ②判斷現況並由發包者指示 ③由承包業者建言 ④其他（ ）	
2.6 請問2.4項無設置案例的理由為何？	自由填寫	
2.7 探討地下水水位觀測孔之構造時，使用何種方式掌握地下水水位？	①探勘作業日報 ②檢測地下水 ③交給執行業者 ④其他（ ）	

※1 逐層檢測，指開工機掘地掘工程（約1~2m）實施地下水檢測

圖 2.3 問卷調查表格-2（各縣市）

【3. 設置地下水觀測孔相關調查】

※請將選擇項目中之編號填入回答欄內並於表格範圍內簡述內容（可複選）。

問題	選擇項目	回答欄（選項 or 簡述）
3.1 同時設置地下水水位觀測孔與變位觀測孔（傾斜觀測管或孔內傾斜儀）時，發包之標準式樣為何？	①各自設置專用觀測孔 ②整合兼用一孔 ③其他（ ）	
3.2 右列表示關於地下水位觀測孔的構造，請填寫使用頻率（①~③項請以a~e回答之）	①全面過濾穿透滑動面 ②全面過濾滑動面淺層 ③局部過濾 a. 幾乎全部 b. 約7~8成 c. 一半 d. 約2~3成 e. 幾乎沒有	①（ ） ②（ ） ③（ ）
3.3 如有 3.2 項表示以外的構造請說明之（盡可能說明理由）	自由填寫	
3.4 設置地下水水位觀測孔時，請問鑽探挖掘之孔徑（①~②項請以a~e回答之）	①66mm ②86mm a. 幾乎全部 b. 約7~8成 c. 一半 d. 約2~3成 e. 幾乎沒有	①（ ） ②（ ）
3.5 如有 3.4 項表示以外的挖掘孔徑，請說明之（盡可能說明理由）	自由填寫	
3.6 請選擇標準的外套管之種類	①VP40 塑膠管 ②VP50 塑膠管 ③其他（ ）	
3.7 如有訂立標準的過濾開口率、配置等請說明之（不確定的部分則不需記載） ※開口率以「4開口率」表格參考之	a. 過濾孔徑 b. 交錯排列間隔或方向（四角等） c. 開口率	a. 過濾孔徑（ mm） b. 交錯排列（ cm 方陣） c. 開口率（約 %） ※其他自由填寫
3.8 如有指定滲水區間的隔離材請說明之	①水洗砂 ②石英砂 ③小碎石 ④無指定 ⑤其他（ ）	
3.9 如有訂立防止地表水、表層地下水進入孔洞的保護方式請說明之	①依式樣書、說明書等規定 ②無特定 ③其他（ ）	

圖 2.4 問卷調查表格-3（各縣市）

社團法人全國地質調查業協會聯合會
各位會員鈞鑑

獨立行政法人土木研究所
土砂管理研究團隊上席研究員武士俊也

關於防範地滑時的地下水調查之相關問卷調查（委託）

非常感謝您平日對於土木研究所的研究業務給予肯定與支持。

目前土木研究所的地滑組正在進行「發生地滑之坡面的地下水位觀測方法的標準化相關研究」，其目的為將量測間隙水壓(地下水位)的合適方法予以標準化，以使用於地滑解析以及設計對策工程上。其中關於現場測定的方法，有鑑於民間企業所累積之各項經驗，是透過土木研究所與民間 4 家企業所一同進行的公募型共同研究－「地滑影響及調查與地下水觀測之相關共同研究」*一來檢討相關測量方法。

本案的進行需要掌握地下水的調查現況，因此會以具備防治地滑相關經驗的社團法人全國地質調查業協會聯合會的各企業會員作為對象，以掌握現況為目的實施問卷調查。為此，懇請填寫附件之問卷調查表，並回信至下列聯絡方式。承蒙您百忙之中撥冗協助完成本研究問卷。此外，本問卷調查亦請社團法人斜面防災對策技術協會的各位會員，如有重複委託作答之情事請與本研究所聯絡。承蒙您百忙之中撥冗協助本研究問卷之施行。

※共同研究「地滑影響及調查與地下水觀測之相關共同研究」

共同研究參加機關：獨立行政法人土木研究所、應用地質股份有限公司、Osasi Technos 股份有限公司、國土防災技術股份有限公司、坂田電機股份有限公司

1. 問卷回答方式：請至土木研究所地滑組的網站下載問卷電子檔（EXCEL 格式、可從右側連結下載：××××××××××××××××），填寫完成後，請回信至下列回答問卷專用的電子信箱。
2. 回答問卷專用電子信箱：××××××××××××××××
3. 回答期限：平成 24 年 3 月 23 日(五)
4. 洽詢專線：

（實施問卷之目的等事宜）

土木研究所土砂管理研究團隊地滑組杉本、本間、宇都

電話：××××××××××傳真：××××××××××電子信箱：××××××××××
×

（問卷內容及回答方式等事宜）

防範地滑之地下水相關調查問卷

◆主旨

非常感謝您平日對於土木研究所的研究給予肯定與支持。現在我們正進行的研究議題為「將發生地滑之坡面的地下水水位觀測方式進行標準化的相關研究」。其中，土木研究所目前與民間 4 家企業（應用地質股份有限公司、Osasi Technos 股份有限公司、國土防災技術股份有限公司、坂田電機股份有限公司）透過共同研究分析整理相關議題。

為此，以從事地滑的地下水觀測的各民間企業為對象進行問券調查。

在進行問卷調查時，我們希望透過貴協會於各公司的每位會員進行問卷調查。

非常抱歉於百忙之中打擾，懇請協助本問卷之推行。為了盡可能得到更多情

關於問卷調查的回答

1. 下列為問卷調查表，請以電子郵件回答
2. 回答完成後，請於 3 月 23 日前，將問卷回信至下列窗口。

<洽詢問卷內容>

國土防災技術股份有限公司 山崎

電子信箱：×××××××××××× 電話：××××

××××××××

<問卷回覆>

(獨) 土木研究所 地滑組 杉本、本間、宇都

◆問卷調查表填寫人（請填寫姓名與聯絡方式）

公司名稱、所屬部門、姓名	
年資	
聯絡方式（電話或電子郵件）	

◆回答問卷調查表時的假想事業（發包機關）

問題 1	問題 2	回答欄（選項 or 簡述）
a. 國土交通省 b. 農林水產省（農地） c. 林野廳 d. 地方政府機關 e. NE×CO f. 水資源機構 g. 其他（ ）	h. 防範地滑事業 i. 道路事業 j. 水庫蓄水池地滑 k. 其他（ ）	
如果方便，請填入發包機關或現場名稱（可複選）		

◆對象

本調查以針對具備地滑調查分析之經驗者作為調查對象。

請以過去 10 年內執行地下水調查之代表性案件為假想回答。

僅填寫能回答的部分也沒關係。

為了盡可能得到更多情報，煩請貴公司通知分社、分店協助進行。

圖 2.6 問卷調查表格⁴¹（民間企業）

土木研究所：地滑影響及地下水調查觀測之相關共同研究

【1. 調查掌握地下水的方式】

此處所指之掌握地下水，為「為探討正確設置地下水觀測孔或抽取地下水工程，而取得地滑區的地下水蘊含狀況之相關情報」。

1. 1 每日探勘日報表分析

※請將選擇項目中之編號填入回答欄內並於表格範圍內簡述內容（可複選）。

問題	選擇項目	回答欄（選項 or 簡述）
0. 整體		
0. 1 為掌握地滑區的地下水蘊含狀況之實行的有效調查方式為何？（可複選）	a. 探勘日報分析、b. 食鹽水檢測（地下水檢測）、c. 溫度檢測、d. 微流速計、e. 簡易揚水試驗、f. 電力勘查、g. 放射性試驗、h. 其他（具體說明）	
0. 20. 1 項的回答當中，最有效的調查方式為何？	a. 探勘日報分析、b. 食鹽水檢測（地下水檢測）、c. 溫度檢測、d. 微流速計、e. 簡易揚水試驗、f. 電力勘查、g. 放射性試驗、h. 其他（具體說明）	
0. 3 請回答 0. 2 項之理由為何？	自由填寫	
1. 1 探勘日報分析		
1. 1. 1 是否利用探勘日報分析結果於掌握地滑區的地下水嗎？	a. 有利用 b. 沒有利用	
1. 1. 2 是否有探勘日報紀錄或挖掘前後地下水位觀測等特別需記載的要點？	自由填寫	
1. 1. 3 有無關於記載與探勘日報分析的相關議題？	自由填寫	
1. 1. 4 根據探勘日報的分析結果而掌握的地下水情報種類為何？	a. 受壓地下水分帶（湧水）位置、b. 地層的透水（滲水）性、c. 每一地層內的地下水位、d. 其他（具體說明）	
1. 1. 5 過去執行的探勘日報分析當中，如有易於分析或難以分析之事例、請提出以下資料。 ①探勘資料分析結果 ②該探勘孔岩心相片及地質柱狀圖		

圖 2.7 問卷調查表格-2（民間企業）

土木研究所：對地滑造成影響之地下水調查觀測的相關共同研究

【1. 調查掌握地下水的方式】

此處所指掌握地下水，係指「為探討正確設置地下水觀測孔或抽取地下水工程，而取得地滑區的地下水蘊含狀況之相關情報」。

1. 2 地下水檢測

※請將選擇項目中之編號填入回答欄內並於表格範圍內簡述內容（可複選）。

問題	選擇項目	回答欄（選項 or 簡述）
1. 2 地下水檢測		
1. 2. 1 為掌握地滑區的地下水而利用的檢測種類為何？（可複選）	a. 食鹽水檢測（地下水檢測）、b. 溫度檢測、c. 微流速計、d. 簡易透水試驗、e. 其他（具體說明）	
1. 2. 2 1. 2. 1 項回答中最常利用的檢測種類為何？（可複選）	a. 食鹽水檢測（地下水檢測）、b. 溫度檢測、c. 微流速計、d. 簡易透水試驗、e. 其他（具體說明）	
1. 2. 3 請回答 1. 2. 1 項之理由為何？	自由填寫	
1. 2. 4 為掌握地滑區的地下水層位置等地下水狀況，何種方式較為有效？（可複選）	a. 食鹽水檢測（地下水檢測）、b. 溫度檢測、c. 微流速計、d. 簡易透水試驗、e. 其他（具體說明）	
1. 2. 5 請回答 1. 2. 4 項之理由為何？	自由填寫	
1. 2. 6 有以較常使用的檢測方法來逐層（配合鑽探推進每日檢測）實施嗎？	a. 有實施（使用的檢測種類） b. 沒有實施	
1. 2. 7 使用較常利用的檢測方法時，有兼用抽取孔內水實施檢測嗎？	a. 有實施（使用的檢測種類） b. 沒有實施	
1. 2. 8 為取得良好結果，採取較常使用的檢測時有無特別採取的措施？	自由填寫	
1. 2. 9 是否有採取較常使用的檢測和進行分析的相關重要議題？	自由填寫	
1. 2. 10 過去實施過的地下水檢測當中，如有易於分析或難以分析之事例請提出以下資料。 ①探勘資料分析結果 ②該檢測孔岩心相片及地質柱狀圖		

圖 2.8 問卷調查表格-3（民間企業）

土木研究所：對地滑造成影響之地下水調查觀測的相關共同研究

【1. 掌握地下水的調查方式之問卷】

此處所指掌握地下水，系指「為檢討正確設置地下水觀測孔或抽取地下水工程，而取得地滑區的地下水蘊含狀況之相關資訊」。

1.3 電氣勘查、物理勘查

※請將選擇項目中之編號填入回答欄內並於表格範圍內簡述內容（可複選）。

問題	選擇項目	回答欄（選項 or 簡述）
1.3 電力勘查、物理勘查		
1.3.1 有為了掌握地滑區的地下水而使用電力勘查或物理勘查嗎？	a. 有（勘查種類） b. 無	
1.3.2 掌握地下水而進行的電力勘查或物理勘查的分析時，有無相關議題？	a. 有（具體內容） b. 無	
1.3.3 掌握地下水而進行的電力勘查或物理勘查之分析，如有特別採取之措施請說明之。	自由填寫	
1.3.4 過去實施過以掌握地下水為目的之電力勘查或物理勘查當中，如有易於分析或難以分析之事例，請提出以下資料。 ① 勘查結果的分析斷面圖 ② 該斷面的地質斷面圖 ③ 該斷面上的觀測孔岩心樣本相片及地質柱狀圖		

圖 2.9 問卷調查表格-4（民間企業）

【2. 設置地下水觀測孔之相關調查】

※請將選擇項目中之編號填入回答欄內並於表格範圍內簡述內容（可複選）。

問題	選擇項目	回答欄（選項 or 簡述）
2.1 設置較多之地下水觀測孔構造為何？	a. 全面過濾穿透滑動面 b. 全面過濾滑動面淺層 c. 局部過濾 d. 數個含水層為對象的觀測孔 e. 其他（ ）	
2.2 關於地下水水位觀測孔所使用的塑膠管種類或過濾構造，有特殊式樣書等指定使用種類嗎？	a. 幾乎指定 b. 大多指定 c. 沒什麼指定 d. 幾乎沒指定	
2.3 有 2.1 項指定以外的材料或是過濾孔構造的提案經驗的話，請提供該種類與構造及理由，並說明之。	自由填寫	
2.4 使用塑膠管時，其連接方式為何？	a. 車牙 b. 接頭 c. 套管 d. 其他（ ）	
2.5 請寫出止水材料的使用種類與選擇理由。	a. 砂漿 b. 膨潤土 c. 膨潤土顆粒 d. 止水帶 e. 昆布 f. 包覆環 g. 棕櫚 h. 其他（ ）+自由填寫	
2.6 請寫出過濾材料的使用種類與選擇理由。	a. 防蟲網 b. 伸縮濾網 c. 棉布 d. 其他（ ）+自由填寫	
2.7 請寫出隔離材料（透水區間）的使用種類與選擇理由。	a. 水洗砂 b. 石英砂 c. 小碎石 d. 其他（ ）+自由填寫	
2.8 請寫出止水材料與隔離材料的充填方式。	自由填寫	
2.9 請寫出防止孔內滲入地表水、表層地下水的保護方式。	自由填寫	
2.10 如有多層觀測來確認數個帶水層，請寫出選擇的經過與設置觀測孔的方法。方便的話請在 4_資料表中附上構造圖。	自由填寫	
2.11 關於地下水觀測孔的設置方法與使用材料，如有根據地質與地下水條件區分案例者請寫出。	自由填寫	
2.12 如地下水觀測孔很深時，請描述當時設置時之特別考量。並寫出當時深度。	自由填寫	
2.13 如設置局部過濾的地下水水位觀測孔，分離帶水層但水位無變動或無水位之類的失敗經歷請分享之。	自由填寫	
2.14 設置水位觀測孔時，從施工性或設計上之可貢獻觀點、之後如有應改善項目等請提供意見。	自由填寫	

圖 2.10 問卷調查表格-5（民間企業）

【3. 間隙水壓調查（包含局部過濾＋水位計）】

※請將選擇項目中之編號填入回答欄內並於表格範圍內簡述內容（可複選）。

問題	選擇項目	回答欄（選項 or 簡述）
3.1 請回答地滑調查中使用水壓式水位計，辛苦與失敗的案例。	自由填寫（例：水位沒上升、水位無變動、因超出測定範圍而無法測定、因震盪或動物造成測定儀器故障、受溫度變化影響、因觀測孔變形使水位計難以拔出 等等）	
3.2 請說明 3.1 項之理由。	自由填寫（觀測孔構造不恰當、彎管進水、訊號線未被外套管包覆、水位上升比預測的還要高 等等）	
3.3 請回答 3.2 項的處理方式。	自由填寫（更換、修理水位計、結束水位觀測 等等）	
3.4 調查地滑時有使用埋設式間隙水壓計者，請回答設置狀況或使用理由。	自由填寫	
3.5 關於間隙水壓之調查，您認為今後仍有改善重點嗎？	自由填寫（例：幾乎都採取全部過濾、無法比較、設置與測定較費功夫反而無法評斷等等）	

關於地滑對策的相關地下水調查，
請自由敘述您的意見。

感謝您對於本問卷調查中，關於防範地滑時調查地下水之相關事項提供寶貴意見。

圖 2.11 問卷調查表格-5（民間企業）

2.1.3 調查結果

1) 各縣市問卷調查結果

由各縣市所回答數量共計 41 筆。

以各縣市為對象的調查結果，製成圖表後如圖 2.12~2.18 表示。統計時的數據或一覽表表示於結尾資料中。此外，關於未在圖表中表示的自由填寫部分，整合數個相同意見或應特別記錄之內容，於本文中記載，而關於其他意見，則整理於結尾資料。

1.1 自治體是否有獨自訂立地滑相關方針及說明書或手冊等資料？

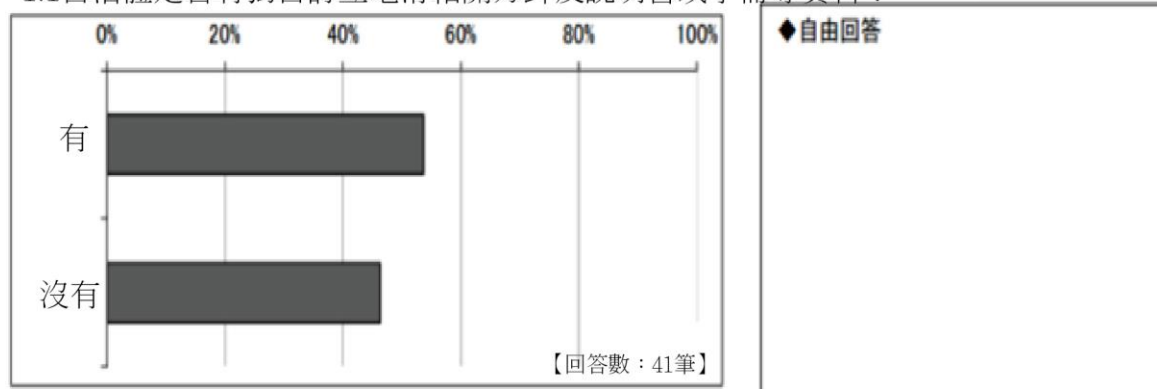


圖2.12 自治體是否有獨自訂立方針

1.2 地すべり調査の特記仕様書に明示している基準書や参考図書類はありますか？

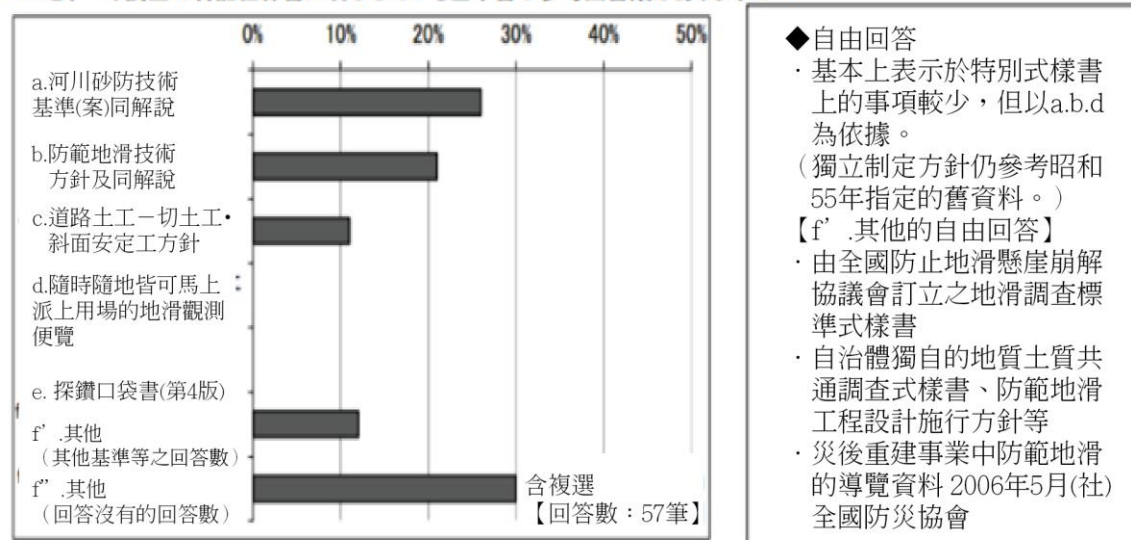


圖2.13有規定在特別仕様書的基準書等

【2. 地下水掌握方式相關調查】

2.1 有無包括提出探勘日報之義務？

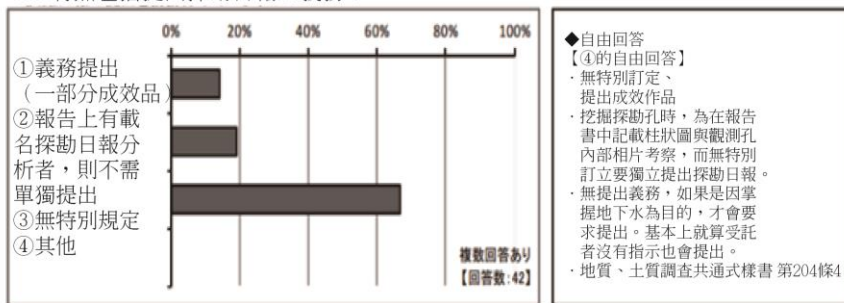


圖2.14 提出探勘日報之義務

2.2 於地滑區域設置地下水水位觀測孔時，是否實施檢測地下水等之調查帶水層？

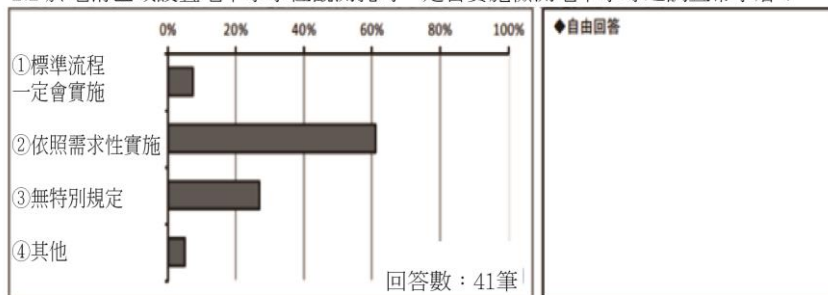
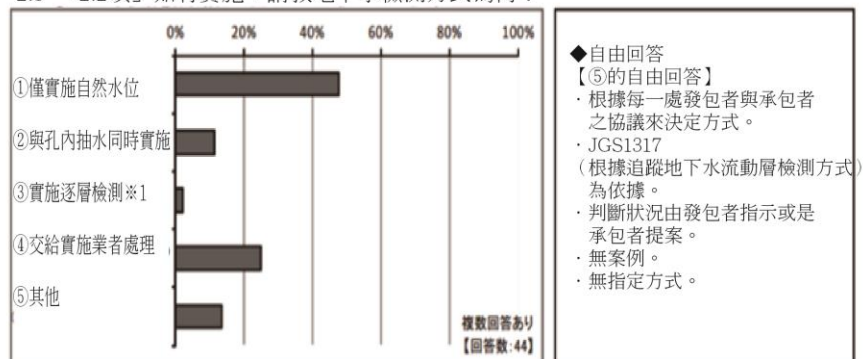


圖2.15 實施帶水層的調查

2.3 「2.2項」如有實施，請教地下水檢測方式為何？



※1 逐層檢測：每單一鑽探挖掘工程（約1~2m）實施地下水檢測。

圖 2.16 地下水檢層實施の手法

2.4 以過去5年之實務為對象，有無在滑動面周圍因測定間隙水壓作業而設置水壓計 (或是局部過濾設備+水位計) 的案例嗎？

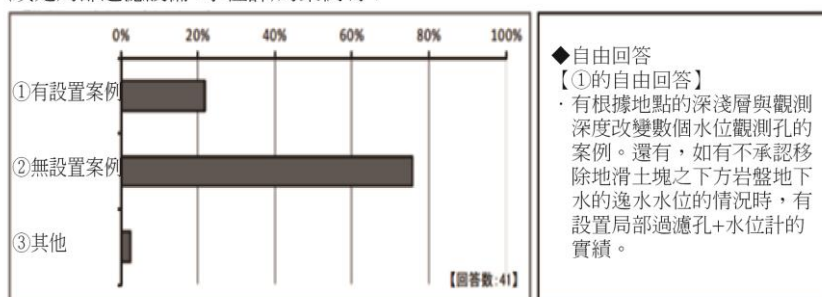


圖2.17 間隙水壓計（局部過濾孔）的設置案例

【2. 地下水掌握方式相關調查】

2.5 如2.4項有設置案例，請問設置時的評斷基準之指示為何？

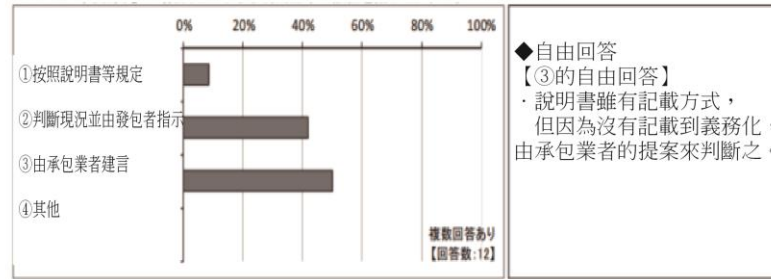


圖2.18 有間隙水壓計等案例的判斷基準

2.6 請問 2.4 項無設置案例的理由為何？

◆自由回答

- ・也有可取代地下水位計數值的狀況，放入量測孔隙水壓儀器的優點較少。
- ・現狀已採用全面過濾的觀測。
- ・顯著受壓地下水不存在。
- ・間隙水壓計比地下水位計貴。
- ・以規模或特殊性來進行判斷，判斷為沒必要。
- ・以作用於滑動面的水頭代表全面過濾的水位。
- ・大部分案例，地滑土體內水位＝自由地下水位。
- ・大部分案例都有兼用傾斜觀測管。
- ・為了盡快進行地滑防治工程的前期作業，沒時間設置水位觀測孔。
- ・大部分地滑地之滑動面無特定深度。
- ・發包式樣上無特別要求。
- ・自平成 14 年以來，沒有發生過地滑。
- ・利用自計式水位計觀測過的最高水位來分析。
- ・因為經費高，概估孔內水位而已。
- ・沒有滑動面相關調查之必要。
- ・用探勘孔內的地下水位來取代。
- ・用地下水位計來觀測水位觀測孔內的水位，用以進行滑動面上的水位安定分析。
- ・測定時沒有特定、必要之場所。
- ・根據自然水位的高度來估斷水位。
- ・為測定滑動面周圍的間隙水壓，有必要先透過傾斜觀測管或傾斜計等，來掌握滑動面深度，之後若僅為了量測間隙水壓而再次以鑽孔來進行調查，在財政面來說會有困難。
- ・為了用地下水位代替間隙水壓，設置計量器具時假設滑動面位置等理由。
- ・為了觀測地下水位
- ・無法確定滑動面或地下水位。

圖 2.19 無間隙水壓計等案例時的理由（自由填寫）

2.7 檢討地下水水位觀測孔之構造時，使用何種方式掌握地下水水位？

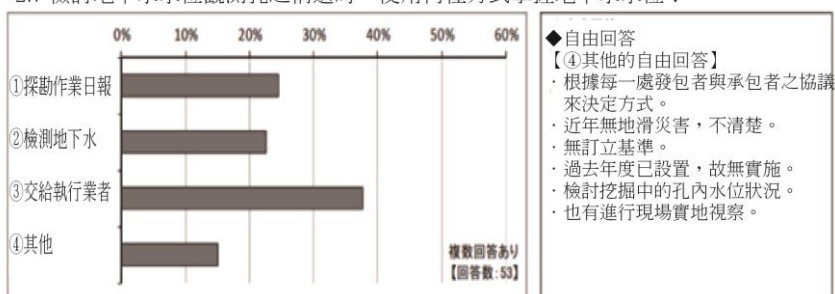


圖2.20 檢討觀測孔內構造時掌握地下水的方式

【3. 設置地下水觀測孔相關調查】

3.1 同時設置地下水水位觀測孔與變位觀測孔（傾斜觀測管或孔內傾斜儀）時，發包之標準式樣為何？

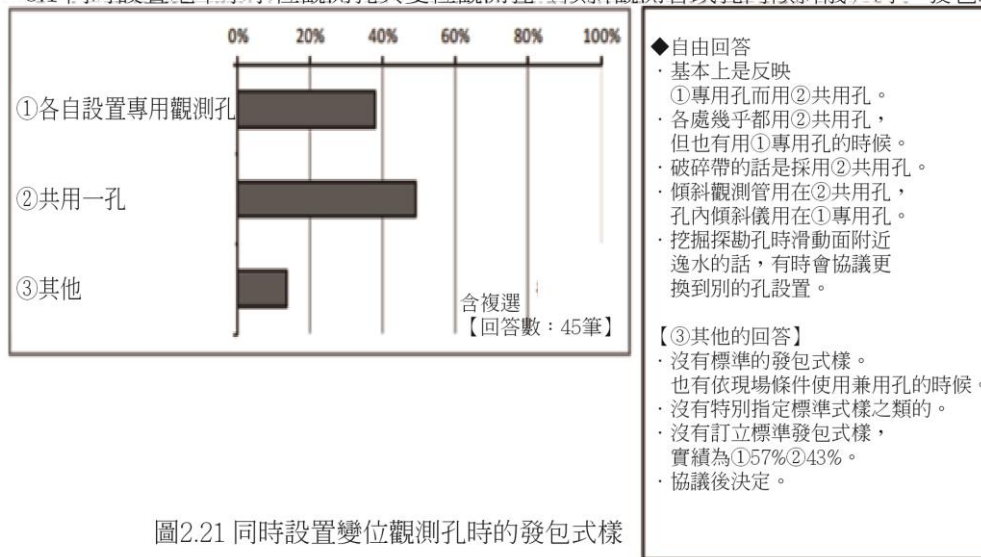
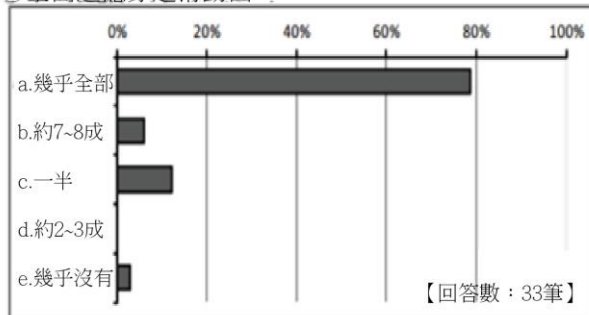


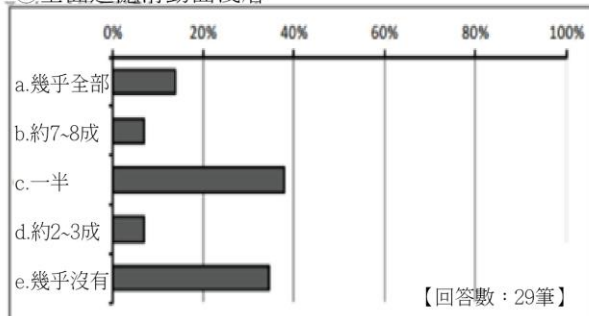
圖2.21 同時設置變位觀測孔時的發包式樣

3.2 右列表示關於地下水位觀測孔的構造，請填寫使用頻率（①~③項請以a~e回答之）

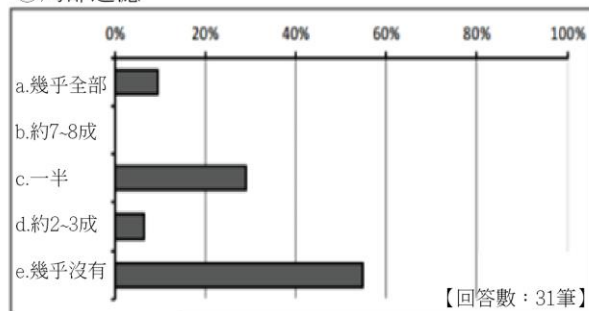
①全面過濾穿透滑動面



②全面過濾滑動面淺層



③局部過濾



◆自由回答

- 在特殊規格書中記載為遍及帶水層或外套管全區間的過濾作業，但實際會採用全區間加工過濾。
- 在比地下水的水面還深的位置用過濾來處理。

圖2.22 水位觀測孔的構造頻率

【3. 設置地下水觀測孔相關調查】

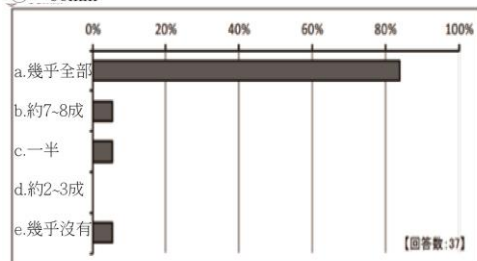
3.3 如有 3.2 項表示以外的構造請說明之（盡可能說明理由）

【自由填寫】

- ． 沒有
- ． 不挖掘滑動面而用全面過濾的方式。

3.4設置地下水水位觀測孔時，請問挖掘探勘之孔徑（①~②項請以a~e回答之）

① 66mm



◆自由回答
 ・一部分地方有以下使用實績。
 ①66mm(d)②86mm(b)
 ・設置孔內傾斜儀時是86mm，
 設置傾斜觀測管時是66mm。
 但是，傾斜觀測管使用年限
 短較不適用。
 ・近幾年觀測的地方變少而無法
 回答，一般來說幾乎都是用①66mm。

② 86mm

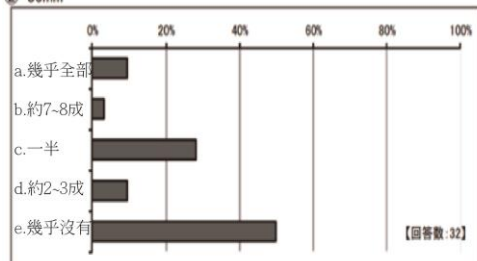


圖2.24 設置地下水水位觀測孔時的挖掘探勘之孔徑

圖 2.23 3.2 項問題以外的構造

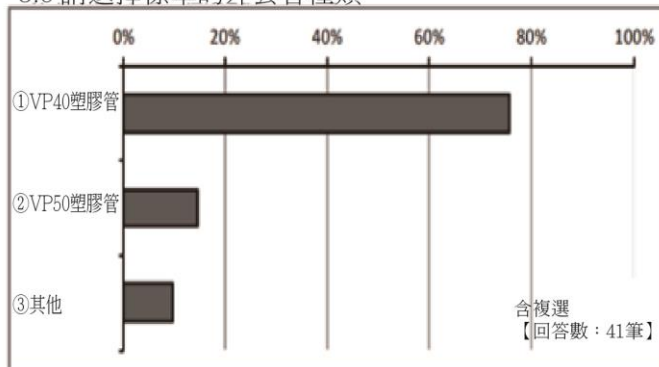
3.5 如有 3.4 項表示以外的挖掘孔徑，請說明之（盡可能說明理由）

【自由填寫】

- ． 沒有
- ． 以累計數值的基準上會使用上述孔徑，但因近幾年沒有發生地滑，並無特別的基準。

圖 2.25 問題 3.4 以外的挖掘孔徑

3.6 請選擇標準的外套管種類



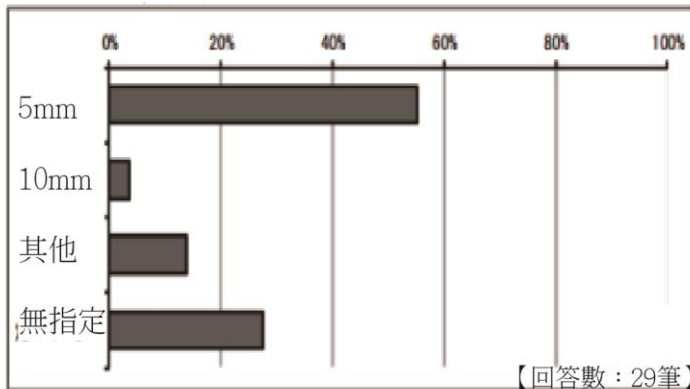
◆自由回答
 ・近幾年覺得主流是①VP40塑膠管。
 ・基本上是用①VP40塑膠管，但有
 部分地方有用②VP50塑膠管為標準。
 ・一般是用②VP50塑膠管，但箱根
 地區則使用HT40或50管，或是苯酚
 積層管（考慮耐熱與耐酸性）。
 ・地下水觀測以前是為了用浮筒式而
 挖掘86mm，使用 VP50塑膠管，但最
 近為了對水位感應器使用壓力轉換器
 而挖掘66mm，則以VP40塑膠管對應之。
 ・通用式樣書當中並非指定孔徑，而
 是指定VP塑膠管之使用事宜。
 ・沒有訂立標準式樣，實績有
 ①VP40塑膠管：82%
 ②VP50塑膠管：9%
 ③其他：9%（鋁製井管φ47）
 ・依照配合挖掘孔徑（66mm、86mm）
 而分別使用
 ①VP40塑膠管、②VP50塑膠管。

圖2.26 標準的外套管之種類

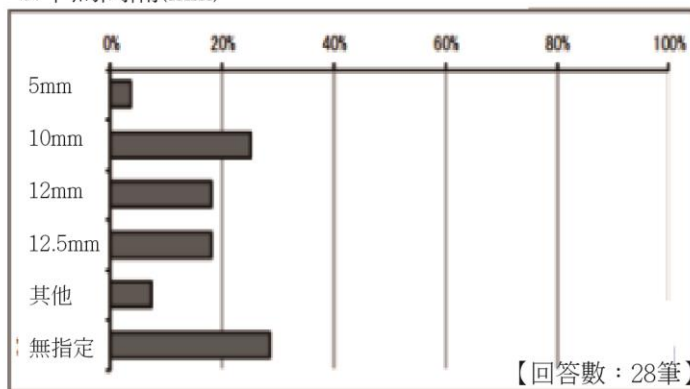
3.7 如有訂立標準過濾開口率、配置等請說明之（不確定的部分則不需記載）

※開口率以「4開口率」表格參考之

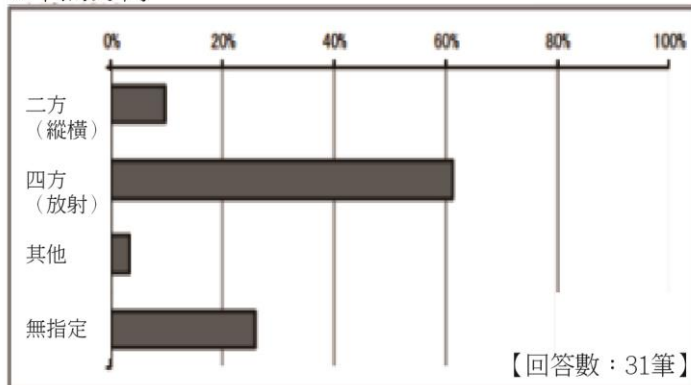
a.過濾孔徑



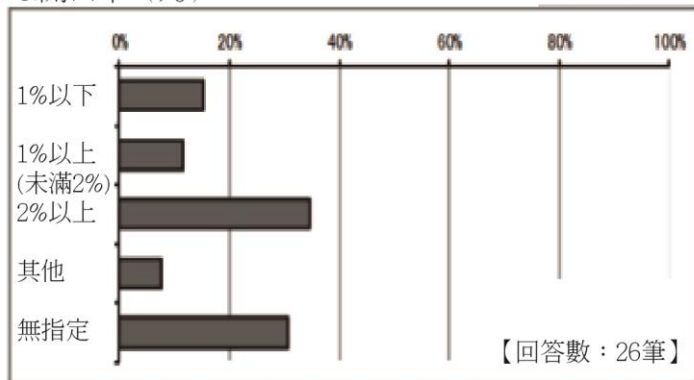
b.千鳥間隔(mm)



b.千鳥方向



c.開口率 (%)



◆自由回答

- 特殊式樣書無指定。
- 無指定。
- 雖然無指定，但有以防範地滑技術方針及同解說 2008年4月 國土交通省砂防部、獨立行政法人土木研究所的橫向挖掘工法為基準。
- 與傾斜觀測管同時使用時，開口率應該要更低。
- 使用測定地下水兼用的傾斜觀測管但開口率、配置等不明。
- 無指定標準式樣，但有VP40四方千鳥型、VP50八方千鳥型的實績。

圖2.27 標準的過濾開孔率或間隔

3.8 如有指定透水區間的隔離材料請說明之

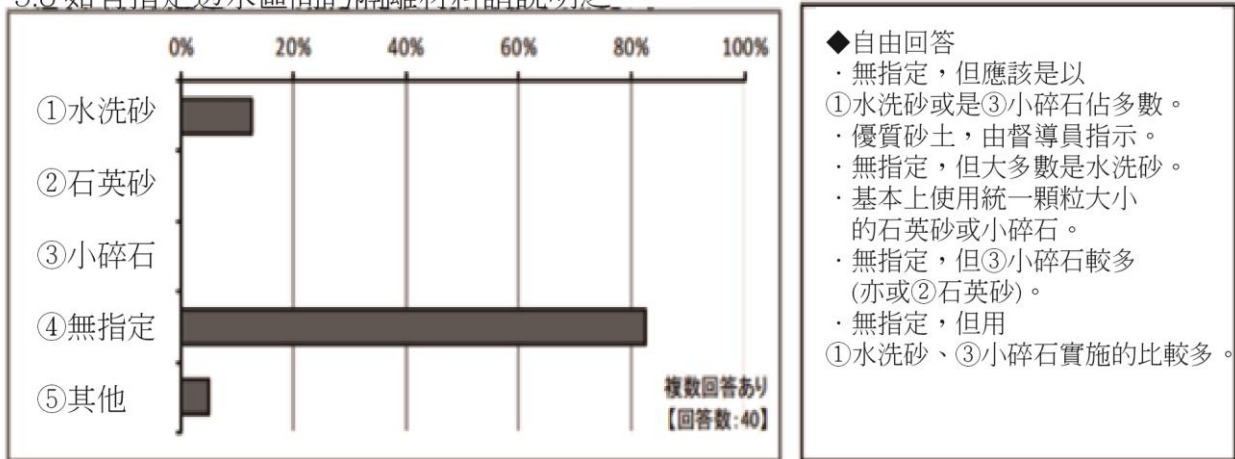


圖2.28 隔離材料之指定

3.9 如有訂立防止地表水、表層地下水進入孔洞的保護方式請說明之。

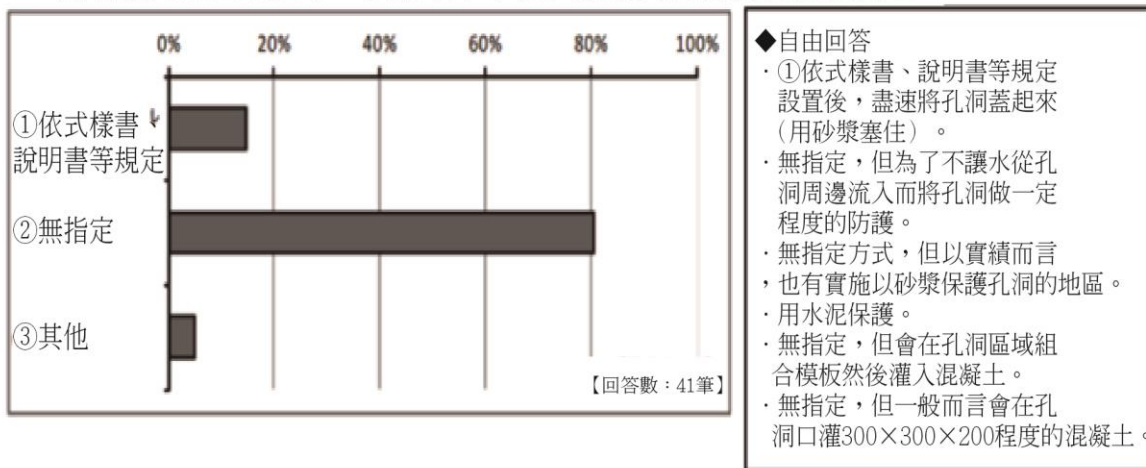


圖2.29 保護孔洞的指定方式

2) 民間企業問卷調查結果

(1) 基本事項

由社團法人全國地質業協會聯合會及社團法人斜面防災對策技術協會的會員回答數為 89 筆。

以民間企業為對象的問卷調查，調查時要求調查者回答調查地滑現象的年資經驗、及猜想地滑調查的工程作業與發包機關之基本事項。年資經驗平均值為 22 年，中間值為 21 年(圖 2.30)。回答問卷時所猜想的發包機關半數以上多為地方政府，其次是佔約 3 成的國土交通省(圖 2.31)。回答時猜想的工程作業最多的是佔了 7 成的地滑對策工程作業，其次是佔約 2 成的道路工程作業(圖 2.32)。

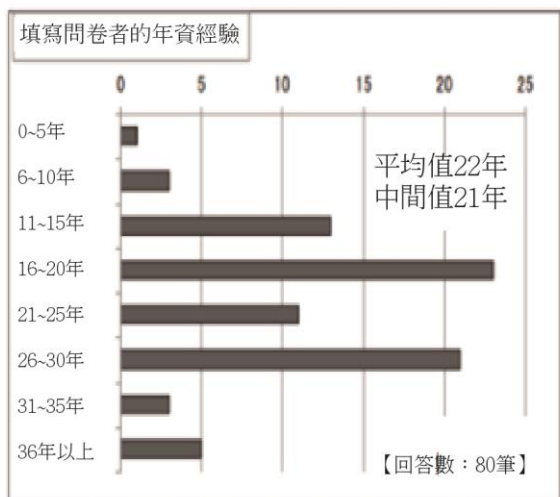


圖2.30填寫問卷者的年資經驗

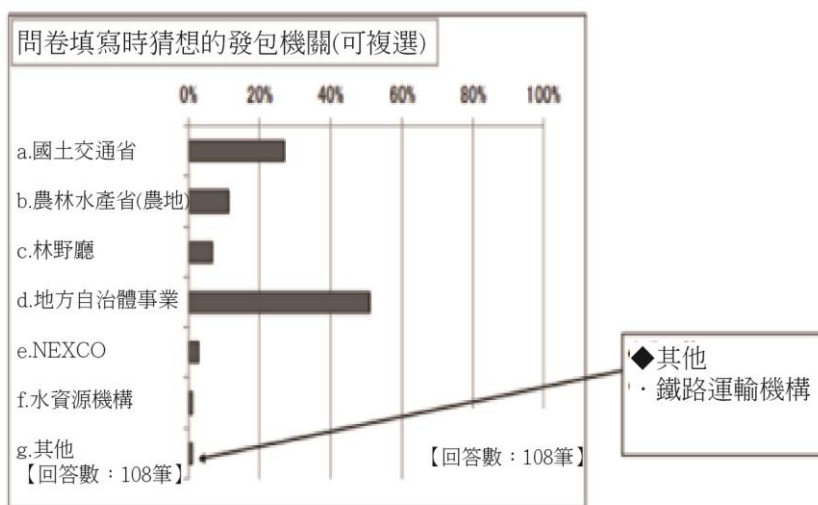


圖2.31 回答時猜想的發包機關

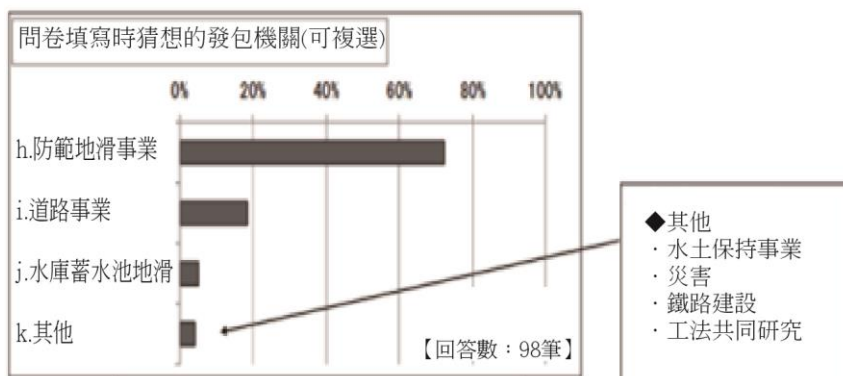


圖2.32 回答時猜想的事業體

(2) 問卷調查結果

針對民間企業的技術人員的調查結果製成圖表後，如圖 2.33~2.51 所示。自由填寫的部分經彙整後羅列。統計數據表示於結尾資料中。

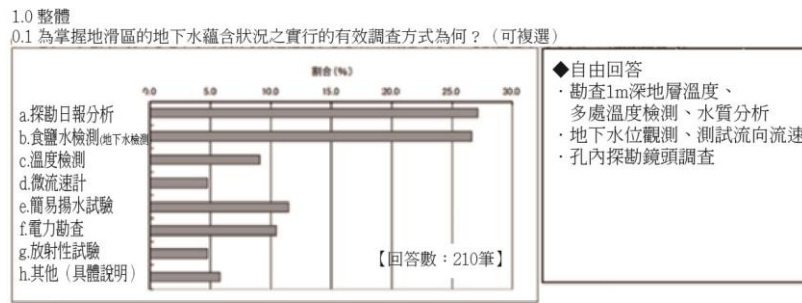


圖2.33 有效掌握地下水蘊含狀況之調查

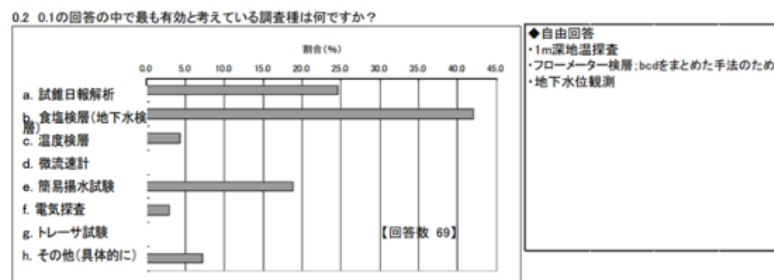


圖 2.34 質問 0.1 の中で特に有効と考えている調査

表 2.1 選擇最有效的調查種類之理由

0.3 選擇最有效的調查種類之理由

a. 探勘日報分析

選擇理由	回答數
把握每層地層水位	6
信賴度高	2
簡單	2
掌握滑動面附近的水壓	2
掌握帶水層與不透水層	2
低成本	2
掌握自由地下水、受壓地下水	2
掌握漏水、湧水的深度	2
取得基本情報	1
沒有限制調查深度	1

b. 食鹽水檢測(地下水檢測)

選擇理由	回答數
可明確判斷流動層等	14
實際應用經驗多	6
低成本	5
可與抽水兼用	4
掌握多個流動層	3
簡單、容易	3
與岩心樣本狀況一致	3
掌握每層地下水蘊含狀況	2
掌握帶水層	2
可測定降雨後或融雪時	2
掌握地下水流動的歷時變化	2
掌握孔內的地下水流	2
掌握地下水文條件	1
掌握水頭壓力	1
掌握地下水的蘊含量	1
為跟其他檢測比較	1
有再現性	1
沒有探勘管的影響	1
可以逐層檢測	1
易於向發包者說明	1

c. 溫度檢測	
選擇理由	回答數
準確度高	1
掌握淺層地下水的狀況	1
根據兼用 1m 深地層溫度探測來掌握 3D 狀況	1
與孔內狀況一致	1

e. 簡易揚水試驗	
選擇理由	回答數
可以地下水量等之定量判斷	9
掌握每個深度的地下水蘊含量	6
低成本	2
掌握帶水層	1
因地質、土質造成的波動很少	1
與防治工程的集水量相關度高	1
推測滑動面的深度	1

f. 電氣勘查	
選擇理由	回答數
可以得到多方面的資訊	2

h. 多點溫度檢測	
選擇理由	回答數
綜合來說優於其他的調查	1

h. 浮筒流量計檢測： 整合 bcd 的方式	
選擇理由	回答數
綜合來說優於其他的調查	1

h. 解析地形、地質	
選擇理由	回答數
可掌握地質(岩相)的水理特性	1

沒有記載 d. 微流速計、g. 放射性試驗

1.1 探勘日報分析

1.1.1 有將探勘日報分析利用於掌握地滑地的地下水嗎？

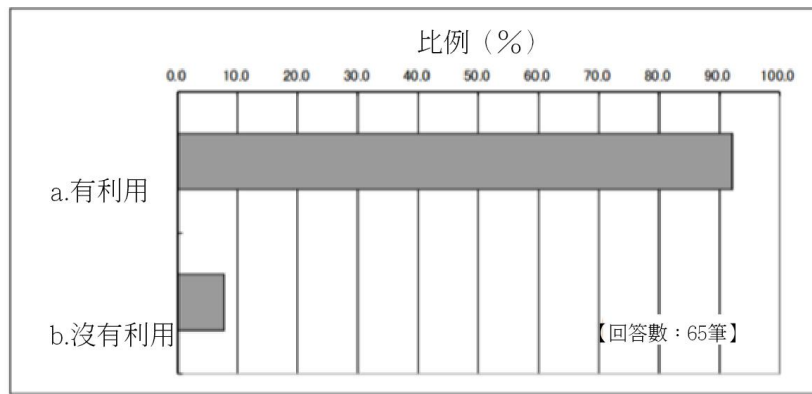


圖 2.35 試錐日報解析の利用

表 2.2 關於探勘日報的記載或挖掘前後的地下水觀測特別考慮的事項

1.1.2 有無探勘日報紀錄或觀測挖掘前後地下水水位等特別採取之措施？

No	內容	件數	區分
1	詳細記錄鑽孔中的井管位置、湧水及地層間泥水出現的深度、湧水量、水頭、泥水量。	16	
2	為減少切削水的影響會進行抽水或注水。	11	排除切削水的影響
3	詳細記載挖掘時的地下水狀況。	5	
4	記錄簡易揚水試驗後的恢復水位，排除切削水的影響	3	排除切削水的影響
5	挖掘、保護孔與地下水位的關係以圖表整合之。	3	
6	插入井管前也會記載水位。	3	
7	詳細記載泥漿水的使用狀況。	2	
8	抑制井管插入而留下的裸孔。	2	
9	為排除鑽孔產生之水的影響，過一段時間後再測試挖掘後的水位。	2	排除切削水的影響
10	作業前、作業完成後，量測拔出井管後的地下水深度。	1	
11	如有必要，午休前後也會測定水位。	1	
12	為掌握挖掘滑動面後的水位變化，會管理滑動面附近的挖掘速度。	1	
13	如到達滑動面則會將井管往上拉到那個深度使其揚水後並在下次作業前再次測定地下水水位。	1	
14	掌握平衡水位。	1	
15	記錄挖掘時的孔內狀況（崩塌、有無影響升降等）。	1	
16	探勘時不使用膨潤土。	1	
17	不仰賴日報而直接向操作人員確認狀況。	1	
18	排除忘記測定。	1	
19	送水的水壓變化較大時記載到日報內。	1	
20	挖掘後用清水清洗孔內。	1	
21	記載作業前後的測定地下水水位時的時間。	1	
22	正確掌握現場情報。	1	
23	考慮漏水、湧水而設定井管的深度。	1	
24	與前一天的水位做比較之外，挖掘後水位及挖掘前水位互相比較來判斷透水性。	1	
25	為了解水位的變動與挖掘推進長度以及井管長度之間的關係而整理之	1	
26	每日挖掘長度控制在 3~5m 左右。	1	
27	挖掘孔內的岩心樣本也加入綜合測試。	1	
28	記載黃昏時的水位	1	
29	盡可能使用無水挖掘直到觀測到初期水位。	1	
30	每日挖掘完工後將孔內灌滿水。	1	
31	挖掘深度、井管深度、水位等用 CAD 檔分色可易於了解。	1	
32	詳細記載掘進中的回收水	1	

表 2.3 探勘日報的記載或分析的議題（自由填寫）

1.1.3 有無關於記載與探勘日報分析的議題？

No	區分	內容	件數
1	操作人員技能	根據操作人員的技能與意識差異而產生不同的結果。	9
2		地下水位急速下降或湧水狀況等若忘記記載時必須讓操作人員確認。	3
3		需要有能自行記錄挖掘推進時的送水量、漏水量的系統。	2
4		忘記記載水位。	1
5		也必須記載挖掘後的水位變化（上升、持平、下降）	1
6		送水量與排水量的正確性會因操作人員而有所差異。	1
7		沒有將記錄的格式統一化。	1
8	挖掘的速度與成本	挖掘的速度快或是挖掘時間短時，則無法掌握地下水位的變化。	11
9		考慮探勘單價的話很難優先進行分析。為獲得更多資訊會使成本增加。	3
10		一天的挖掘量多，穿透多數土層的案例就多。	2
11		挖掘的速度快就必須特別注意送水量或排水量。	1
12	井管的影響	多數案例是由於插入井管而產生無法進行分析的區段。	5
13		多數案例是因井管的止水性差，而無法正確測定到裸孔部的水位。	4
14		每一層地層的判斷會受插入井管的長度左右。	2
15		很難判斷插入井管的時間點。	1
16		正確掌握挖掘推進的水位與井管間的關係是很重要的。	1
17		在穩定的地盤不用井管導致各個地層的地下水會混在一起。	1
18		滑動面可能深度處因容易發生孔壁的擠壓或孔洞崩壞，使得井管無法進行判斷的情況相當多。	1
19	結果之利用	探勘日報分析結果與水位觀測孔設置方法的基準化無關聯性。	1
20	切削水的影響	為減少切削水的影響會進行抽水或注水。	11
21		作業後的水位是切削水造成的孔內水位，無法反映原本的地下水位。要排除切削水的影響。	6
22		無法穩定作業後的水位的話，很難判斷測定水位的時間點。	2
23		作業後在不同階段（取岩心樣本、堆疊井管等）測定作業後水位，會有不同的評估結果。	1
24		必須將結束當日作業的條件予以標準化。	1
25	使用限制	地滑深度較淺的話，沒辦法有效掌握。	1
26	判定基準	沒有判定的統一基準	2
27		不只是單純比較水位，會假設數種可能性，比較岩心樣本的性質狀態或地下水檢測結果來做綜合判定。	1
28		孔內水位迅速降低的話則難以判斷。	1
29		製作探勘日報的分析圖很煩雜。	1
30		因每日的挖掘作業不會僅止於滑動面附近，因此大多無法取得滑動面附近的情報。	1
31		不合適的孔井構造會降低資訊的可靠性。	1
32		分析結果因經驗而異。	1

1.1.4 根據探勘日報的分析結果所掌握的地下水情報種類為何？

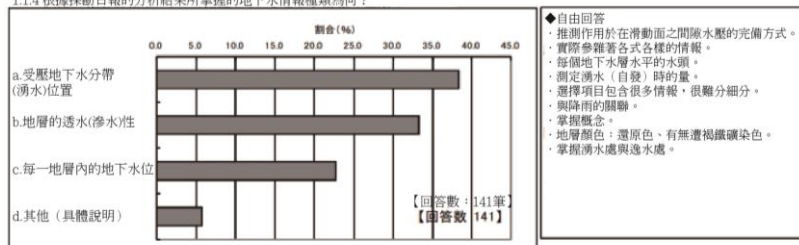


圖2.36 根據探勘日報分析掌握的地下水情報

1.2 地下水檢測

1.2.1 為掌握地滑區的地下水而利用的檢測種類為何？（可複選）

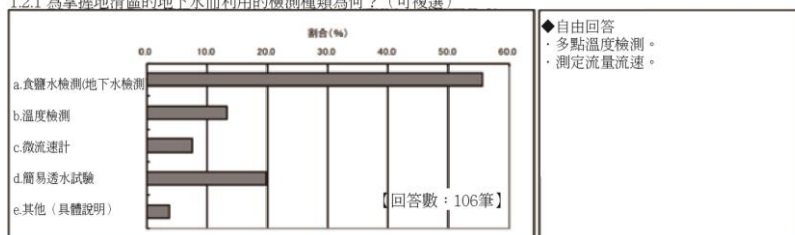


圖2.37 為掌握地下水而利用的檢測種類

1.2.1項回答中最常利用的檢測種類為何？（可複選）

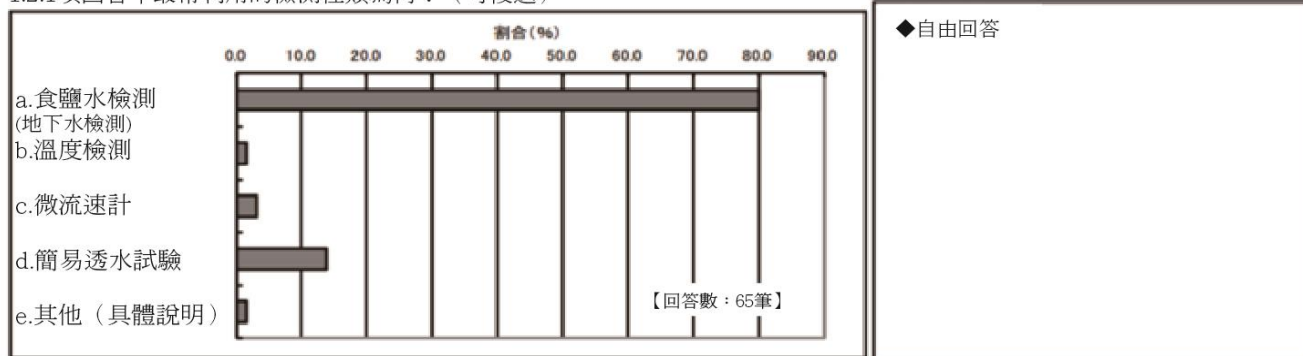


圖2.38 問題2.1中常利用的檢測種類

表 2.4 常利用的檢測種類之理由

1.2.3 整合自由填寫（常利用的檢測理由）

方式	試驗簡單	器材費用便宜	樣式		主要的技術因素					
			公所樣式	一般的、自己的公司樣式	易於判斷正確性	易於掌握流動狀況	易於掌握壓力水頭	與其他試驗兼用與補足	考慮施工狀況	
a. 食鹽水檢測	31	4	3	19	6	14	2	2	7	
b. 溫度檢測				1		1			1	
c. 微流速計	1					2			1	
d. 簡易透水試驗	7	1	2	1	1	3		2	4	
e. 其他（地層溫度調查）						1			1	

1.2.4 為掌握地滑區的地下水分帶位置等地下水狀況，何種方式較為有效？（可複選）

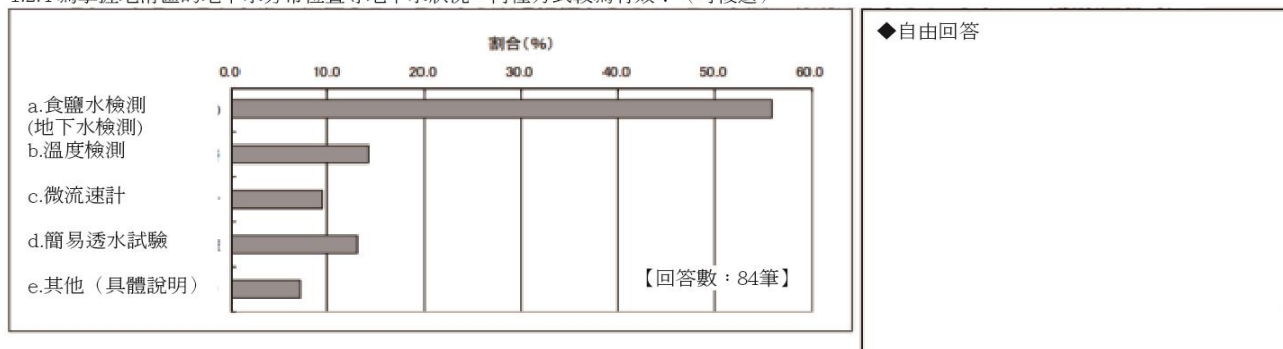


圖2.39 為掌握帶水層等地下水狀況的有效調查

表 2.5 考慮有效的地下水調查之理由（自由填寫）

1.2.5 整合自由填寫（在地滑區認為最有效的理由）

方式	試驗簡單	器材費用便宜	一般來說實際經驗多	主要的技術因素				
				正確性 易於判斷	易於掌握 流動狀況	可能沒有 地下水	與其他試驗同 時並補足	考慮 施工
a. 食鹽水檢測	11	1	13	21	6		6	3
b. 溫度檢測	4			7	2	2	3	
c. 微流速計			1	4			1	
d. 簡易透水試驗	1		2	9	1		2	2
e. 其他				2	1		3	

1.2.6 有以較常使用的檢測來逐層(配合鑽探推進每日檢測)實施嗎？

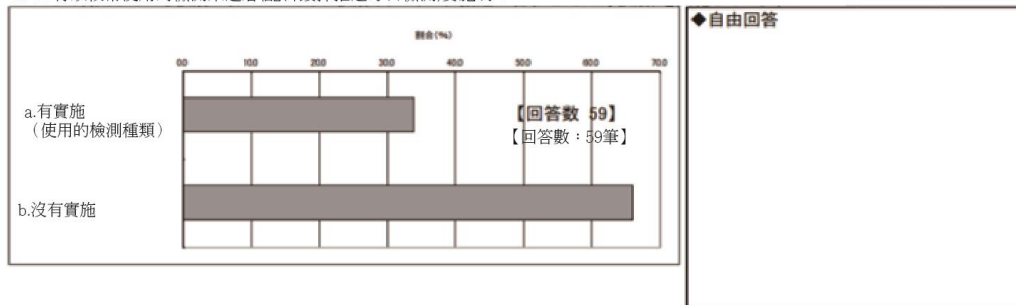


圖2.40 有無實施逐層檢測

1.2.7 使用較常利用的檢測時，兼用抽取孔內水實施檢測嗎？

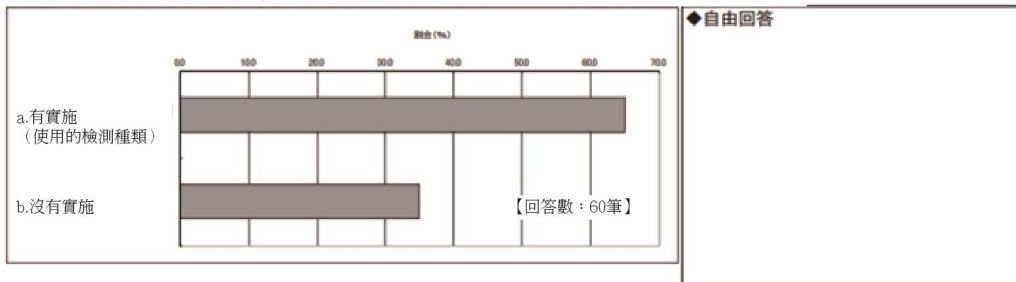


圖2.41 有無實施抽水檢測

表 2.6 為得到良好檢測結果所採取措施

1.2.8 取得良好結果，實施較常使用的檢測時有無特別採取的措施？

方式	目的	方法	回答數
a. 食鹽水檢測	鹽分濃度均勻	充分攪拌	7
		依背景條件改變濃度	5
		置換孔內水	1
		改進設置	1
		投入食鹽的方法要花功夫	2
		沒有特別記錄方式	8
	提高數據的可信度	水位上升時進行觀測	6
		為避免鑽孔影響，間隔觀測時間	3
		孔壁保持自然狀態	5
		使用過濾管	2
		事先從岩心樣本來假想滑動面	1
		使用插入固定型 (20~25cm)	1
		鹽份濃度以電阻值 0.8 進行試驗	1
		進行多次試驗	2
		合併其他試驗方法	5
		阻止地表水的流入	2
方式	目的	方法	回答數
d. 簡易透水試驗	提高數據的信賴度	調整抽水量與間隔	1
		加大外套管的開口率	1
		抽水應付不及的時後利用抽水幫浦	1
		清洗孔壁使其呈現自然狀態	2
	止水	井管前緣止水	2
		防止從上方帶水層流入	1

※關於其他試驗方式，因回答數很少而未統計

表 2.7 檢測的相關議題

1.2.9 實施與分析較常利用的檢測時有無議題？

	區分	內容	件數
1	判斷基準	分析的判斷基準沒有統一。	2
2		無法得到良好結果時的評斷方式不明確。	1
3		流動層檢驗結果的信賴度不明確。	1
4	作業及式樣的標準化	很難均勻溶解食鹽。	6
5		沒有可完全滿足抽水需求的機器。	3
6		對於外套管開口率為 30%是否足夠有所疑問。	3
7		根據測定人員的技能會產生不同的結果。	1
8		抽水檢測是苦差事。	1
9		測定結果以人工記錄會發生記錯的情形。	1
10		因立即檢測的影響而無法正確掌握背景值。	1
11		因探針的升降而發生混亂。	1
12	檢驗能力的極限	食鹽攪拌不足的話會降低流動層的檢測精度。	6
13		因穿透滑動面造成大量地層間泥水溢出時就無法實施。	4
14		如有優勢的地下水分帶，就無法檢驗更深處的地下水分帶。	3
15		根據降雨條件會產生不同的結果。	3
16		有時會因抽水機的抽水強度太弱而無法檢測。	3
17		無法檢測流入量少的地層。	2
18		受到切削水的影響。	2
19		無法定量評斷透水係數之類的水文條件。	1
20		地下水位過低時無法檢測的區域會變多。	1
21		根據觀測孔的收尾或黏土的黏著狀況會產生不同的結果。	1
22		對透水性好的地盤的流動層反應良好但其他的就不適合。	1
23		深處的電阻數值會出現微小變化。	1
24		無法定量評斷流動層的流速。	1
25		無法兼用抽水與注水的话會降低流動層的檢測精度。	1
26		無法在鹽分含量高的地層上實施。	1
27		電阻值會隨著時間產生相反的變化。	1
28	機器的維護管理	檢測器的維護管理很困難。	1
29	分析結果的利用	無法推測地下水排除工程的效果。	1
30		分析結果沒有利用在對策計畫上。	1

表 2.8 關於檢測的議題（分類、統計）

1.2.9 整合自由填寫（關於檢測的議題）

方式	項目		議題	回答數
a. 食鹽檢測	實施	鹽分濃度	很難弄得均勻	5
			經過一段時間會產生變化	8
		地下水	流動量多（水位高）	7
			流動量少（水位低）	8
		孔壁	恢復自然狀態	3
		過濾	開口率的影響	4
		經驗	依據熟練度會改變試驗結果	1
		試驗機器	維護管理很困難、昂貴	1
		勞力	負擔很大	1
	分析	判斷基準	沒有定量的分析基準	5
			岩心樣本觀察與檢測結果不同	1
			不適合在海邊附近進行	1
			最好是能兼用其他試驗方法	5
		防範工程	無法完全反映試驗結果	2

※關於其他試驗，因回答數較少而未統計

1.3 電力勘查、物理勘查

1.3.1 有為了掌握地滑區的地下水而進行電力勘查或物理勘查嗎？

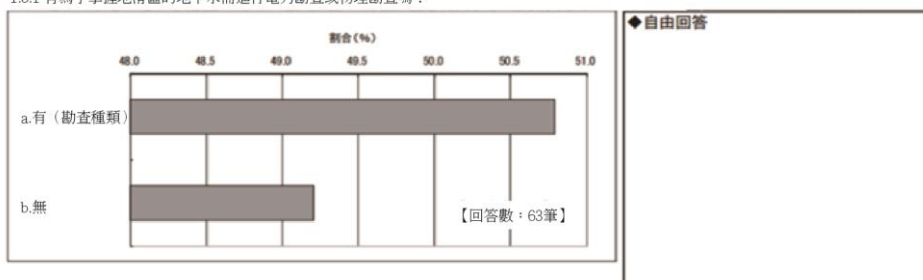


圖2.42 為掌握地下水而進行的物理勘查

1.3.2 掌握地下水為目的而進行的電力勘查或物理勘查有無分析時的議題？

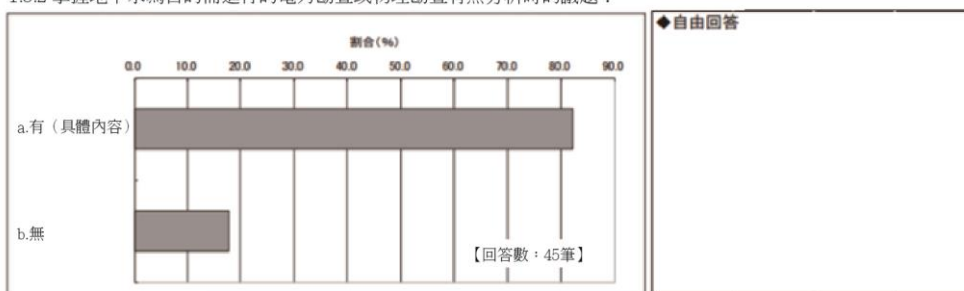
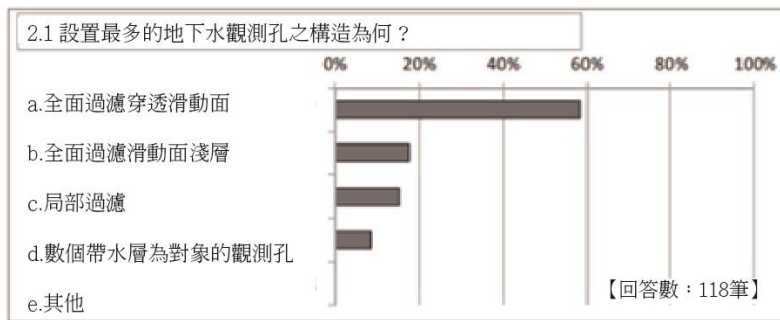


圖2.43為掌握地下水而進行的物理勘查之議題

表 2.1.9 分析物理勘查的議題

1.3.3 整合自由填寫（分析各種勘查方式時所做的努力）

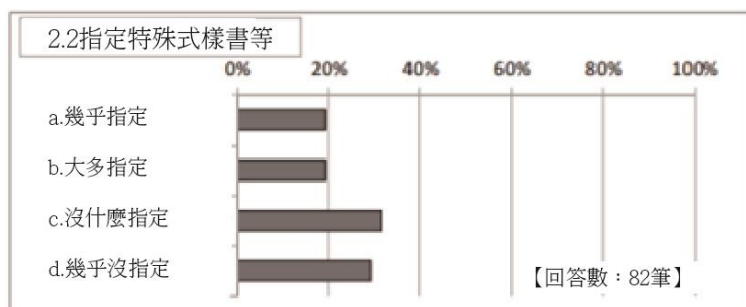
勘查方式	較費心思的地方	回答數
電力勘查	參考其他試驗與資料	10
	調查點的密度很高	2
	考慮地形的要素	1
電力檢測	讓探針緩慢移動	1
	參考其他調查來進行逆分析	1
彈性波	以等間隔配置地下水觀測孔	1
	參考其他試驗與資料	1
檢測 1m 深地層溫度	考慮實施調查的時期	3
	測量已確認的地表水溫	1
未載明方法	參考其他試驗與資料	5
	變更條件並多次進行分析	2
	在地形變化點配置觀測孔	1



◆自由回答

- a為主體。但是，從掘進時的水位波動等判斷，進行比滑動面深的盲管或是水泥接合。×2名
- 觀測水位在地表下1~2m左右時，在2m處安裝連結環，上方用盲管。
- 多是全面過濾
- 當初雖然是以a.發包、但卻提案b.(無其他)

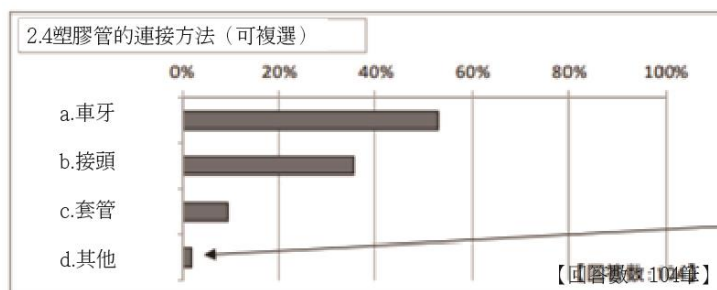
圖2.44設置最多的地下水觀測孔之構造



◆自由回答

- 根據基準書記載，最好能在滑動面附近使用局部過濾（「砂防、地滑計畫與設計，平成21年3月 新潟縣土木部」）。
- 有指定VP50(管種)，但沒有指定關於過濾的構造。×2名
- 基本上使用標準工程定額
- 很少設置單獨地下水觀測位的孔，較多是併用傾斜計。

圖2.45 指定地下水位觀測孔的構造的特殊式樣書等



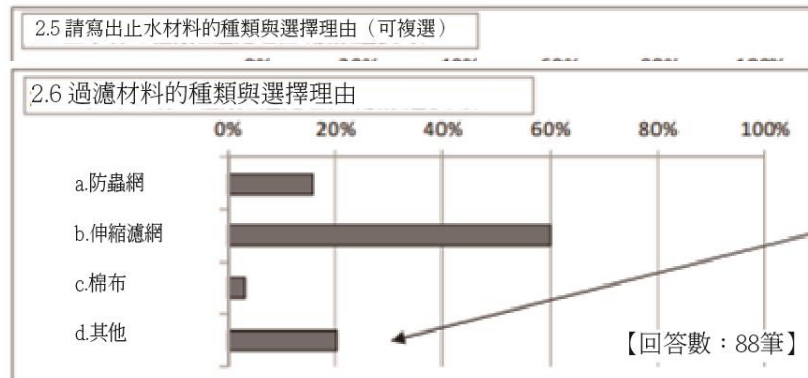
◆自由回答

- 套管加工×1名 (=套管)



套管加工

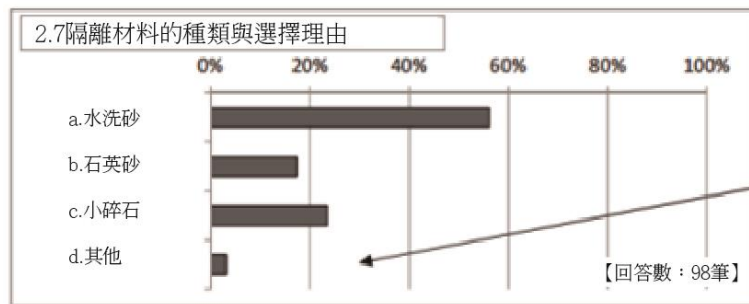
圖2.46 塑膠管的連接方法



◆其他

- 纖維過濾、不織布、過濾棉×15名，用於傾斜觀測管之類的纖維過濾×4名
- 小碎石
- 不使用（自由）

圖2.48 過濾材料的種類與選擇理由



- ◆其他
- ・山砂
 - ・寒水石
 - (->篩選方解石顆粒狀的成品)
 - ・沒有使用

寒水石



圖2.49 隔離材料的種類與選擇理由

表 2.10 止水材料或隔離材料的充填方式 (自由填寫)

2.8 止水材料或隔離材料的填充方式 (自由填寫)

區分	回答
止水材料的填充方式	止水材料 (水泥漿)，是以注入管固定在管子上 (VP 管)，用手壓式幫浦 (從底部) 灌入 × 3 名
	用灑水管 (SFC 填縫管) 灌入
	用止水帶來止水，然後在止水帶上面塞膨潤土顆粒，上面再用水泥漿充填之
	保固孔管與孔壁還有剩餘空間的話會使用聚乙烯管等導流 (彎管) × 2 名
	先設置止水 (止水帶)，之後用隔離材料充填。× 3 名
對於止水材料所下的功夫	使用布製包覆環，以 4 分聚乙烯管用手壓式幫浦充填。× 6 名
	設置管式包覆環 (SFC 公司生產) 包住注入管施以填縫劑。
	將注入管 (泵杆、塑膠管等) 的前緣下降到注入位置，然後用手壓式幫浦之類的把水泥漿灌入。× 3 名
	砂漿緩慢流動的狀態下，在管子內外以手壓式幫浦灌入。
	連接細棒 (Φ 數 mm) 來測定充填的深度。或是用棒子將膨潤土顆粒壓爛。
	用有杆泵予以加壓 (擠壓棒)
	把膨潤土顆粒從洞口丟入，用測定棒來確認深度。
	止水帶 1 處約用 2~3 條包覆 2~3 圈，並點上瞬間膠來固定。
隔離材的填充方法	止水材料：直接包兩層在塑膠管上 (以止水帶的設置方法來說明的可能性較高)
	止水帶會以塑膠管用的膠帶或是固定線來固定。
	從洞口直接丟入 (自由落體) × 13 名 有需要才注水
對於隔離材所下的功夫	從塑膠管與孔壁之間的空隙之洞口注水，同時充填砂子，並加水固定 × 25 名
	以 VP25 充填，並使用注入管 (聚乙烯軟管)
	搖晃塑膠管同時促進充填空隙。× 2 名
	少量之隔離材料與水一同投入 × 4 名
	每 2~3 支井管就進行細部充填。
	對塑膠管與孔壁之間連續送水同時充填 (投入) 砂子。
	聚乙烯管跟測定管同時插入，並用管子將隔離材料 (石英砂) 以清水送入。
	用測定棒之類的去戳動壓實。
其他	孔內徹底清洗後，注水的同時花時間洗砂，並一點一點地填充砂子，幾天後確認水洗砂的下沉狀況。
	到隔離材料的深度為止，觀測孔徑一半以上的要用井管擴孔，並在每一個充填階段的同時，要拔出後完全充填之。
其他	用農業用支撐條 (支柱或溫室用) 測定同時確認充填的深度。

	沒有特別費心力。
	從用途與現場程序安排來判斷。

表 2.11 防止地表水等滲入、洞口保護（自由填寫）

2.9 防止地表水、表層地下水的滲入、保護洞口（自由填寫）

區分	回答
洞口止水方式	洞口的塑膠管與岩盤之間以黏土充填後，用灌混凝土來固定塑膠管。×2 名
	以砂充填至地表，若需長時間進行觀測的話則以混凝土填充。
	用止水帶將孔壁充填後施作水泥打底
	洞口用大一號的塑膠管保護，並以混凝土固定。
	用砂漿（混凝土、填縫劑）來保護洞口（止水處理） ×24 名
以混凝土保護的尺寸	長 20cm、寬 20cm、高 10cm 左右
	30cm×30cm×H10cm ×4 名
	30cm×30cm×H10~15cm
	30cm×30cm×H20cm
	30cm×30cm×H30cm 左右、以上 ×3 名
	40cm×40cm×H10cm ×3 名
	40cm×40cm×H20cm ×3 名
	特殊尺寸書內記載（40×40×20cm、40~50cm 四方）
	50cm×50cm×H10cm
	30~45cm 矩形
盲管設置記載深度	40cm 矩形
	距地表 10~30cm 之間塞黏土，在其上方到地表 10cm 之間灌混凝土
	距地表 1m（以上）為盲管 ×4 名
	距地表 1m 左右區間以黏土等不透水性材料（或是砂漿）充填 ×5 名
	由發包者提供的樣式（GL-1.0m 為止設置 VP75）
	洞口部分從表層算起至深度 1.5m 左右設置盲管。
	很少會將盲管設置到洞口混凝土或深度 2m 左右。
	塑膠管凸起部~GL-2m 左右為盲管。再加上，到 GL-1m 左右，以 Φ100 的塑膠管做為外管埋設，與內側的塑膠管之間則施以水泥填縫劑。
	地表部分的 2m 左右為盲管，無孔部分以膨潤土顆粒之類的止水材來擋水。
	用砂漿來封住洞口。GL-2~4m 左右為盲管，而以止水帶包覆之。
	表層部分為盲管（3m 左右）
	表層起數公尺以下、沒有施以過濾加工。
	從岩心樣本來解讀表層土砂層厚度，並在其下方設置止水材料，然後灌入水泥防止水流入的同時，
	洞穴則以組合模板保護之。
其他	崖錐堆積物的區域使用盲管，並以水泥充填之
	地表附近的塑膠管為盲管。 ×4 名
	塑膠管的前緣加上蓋子。
	處理硬化材料
	設置固定板
	根據狀況，設置包覆環來止水。 ×4 名
	在洞口保護措施部分，有許多提議是對人孔加工（防止積雪）
	防止積雪而設置保護盒（埋設成不會被雪沖走）
	對於淺層帶水層的盲管則以水泥黏土等作為間隔
	一開始就知道流入層的話，流入層下方用盲管並以止水帶纏繞。加上想確實防止水流入的話，要
	從管的外側充填砂漿，並以止水帶施以填縫劑。
	埋設比對應鑽探計畫的再大一號的井管膠結之使其形成擋水。
	隨著將地表附近的隔離黏性土埋回去的同時，洞口水泥基礎的周圍多少會流出水來。
	通常只有 10cm 左右擋住洞口而已
	為防止積雪造成破損，洞口用瓦斯管並立起高度 50cm 以下。
	防止入侵而設置單管柵欄防獸網。在大雪地區甚至會兼用設置混凝土面板讓積雪覆蓋。
沒有	採用地下水阻斷工程或暗渠工程 ⇒認為是誤解的回答
	沒有特別採取措施。 不太保護洞口。

表 2.12 選擇多層觀測的經過或設置方法

2.10 選擇多層觀測的經過或設置觀測孔的方法（自由填寫）

區分	回答
經過（為何實施多層觀測）	根據判釋岩心樣本、地下水狀況、動態觀測結果、斷面形狀等確定或是假設滑動面位置來設置觀測位置。
	由探勘日報及地下水檢測結果來選擇設置觀測位置。
	調查鑽探時，地下水位在穿透滑動面時較穿透前低非常多的時候
	由探勘時的地下水位記錄來判斷，並由操縱孔的地下水位記錄來檢討觀測孔內的孔底深度（2 層左右）
	由周邊的狀況與地質，來選擇最有可能是滑動面的深度
	在確認到有 2 層滑動面的地方，提出為量測各滑動面附近的孔隙水壓之建議
	根據每個對應深度的調查孔設置
1 孔能掌握 2 層滯水層的方法	有用過止水帶擋水來觀測其上下之水壓。
	雖然沒有調查地滑的經驗，但有利用過在調查隧道所使用的 MGL 系統（另提供資料 HP）
	以大小二重管的構造來觀測兩處的水位
	於深處設置孔隙水壓計，其上下使用膨潤土顆粒擋水。在其上方觀測部分用過濾加工來觀測自由地下水。
	管內側用接頭來擋水，而在管外側用包覆環讓上下分離（觀測 2 層的水位）
	深度較深者埋設不需回收的孔隙水壓計，深度較淺者設置水位觀測孔
	把 VP30 剖半成兩支，並在內側設置 86mm 的管
使用孔隙水壓計	單孔多段式的水位觀測孔
	電子式孔隙水壓計則於各個對象層與透水材同時設置，且上下皆以止水材、砂漿充填之。
設置別孔	確認含水層的厚度後，僅對對象層做過濾加工，同樣地點的 1 對象層以 1 孔對應（深層地下水與淺層地下水 2 個）。 ×11 名（善德事例等）
	用 VP30 來設置。
	挖掘中的地下水之地層的泥水，特別是有可能有兩個以上滑動面的話，則設置分別對應滑動面深度的觀測孔。
	因為孔內水位降低，有遇過要另外挖掘別的孔。沒有在單獨孔進行多層觀測的經驗。
	因為設置傾斜觀測計後（沙子充填）實施食鹽檢測確認多數含水層的情況較多，以致無法進行多層觀測。如有必要則另外挖掘別的孔。
設置別孔（方法）	設置別的孔，較高層的含水層區間施以填縫劑 ×3 名
	對地下水區間對象作局部過濾+止水
	區分含水層模式，各層分別設置觀測孔。擋水以水泥或是止水帶處理之 ×2 名
	依含水層數量設置觀測孔。對含水層深度的孔底進行鑽探，僅以含水層做為過濾而在上方以止水帶止水。
	確認滑動面附近的受壓水頭，僅在附近追加了局部過濾的觀測孔。（附件構造圖）
其他	假定涵蓋複數滑動面的時候，有在各個滑動面附近設置留置的地下水位觀測孔之案例。
	滑動面深度較淺的時候，使用全面過濾，較深時則使用局部過濾。
	相同立足點，在倒轉鑽探機器的地點設置水位專用孔。
	採用包覆法 無特別說明 ×13 名

表 2.13 根據地質地下水條件區分設置方法與使用材料（自由填寫）

2.11 設置方法或使用材料根據地質及地下水條件區分（自由填寫）

區分	回答
地下水條件	鑽孔方法的部分，在可以用土質探測工具進行人力鑽孔，且地下水位較淺時，有時可用 VP20 過濾器來作為水位觀測孔。
	到穿透滑動面為止的地滑土塊中所滯留的地下水，在超過滑動面後水位就會變成比滑動面深的低水位。因此會將比滑動面淺的觀測孔設置在別的觀測孔之中。
	要確認地層間泥水層或漏水層時，要留意地下水位波動有受限制。尤其是，要特別注意容易忽略到比正常水位還高的地層之泥水層或上升水位的高點限制的部分。
	挖掘中比滑動面深度深的地下水泥水時，於觀測孔（塑膠管）設置布製包覆環，止住地下水泥水出現的地方。
	在有自然噴發的受壓水位置放入孔隙水壓計並在上下施以填縫劑後，即可觀測到地表表面以上的水位（水壓）變化
地質條件等	像是片岩或切斷性基盤岩層地帶等透水性高的地方為挾帶著滑動面上下包覆的樣式，至於不必擔心出現地層間泥水的第三紀層或御荷鉢一帶的滑動面，則是利用每個深度的水位孔等。
	根據地質區分過濾材料。配合顆粒大小。
	地熱溫度高（80℃以上）的地方，則使用 HT 管（耐熱性）。
其他	各別逐案無法一概而論，須透過考慮後決定
	塑膠管內部設置內側包覆環，以縮短間隙水壓至平衡狀態的所需時間。
	易於調整深度且材質變化少的 VP 材質為主流 ×2 觀測孔全部都是挖掘井管。
	有數個帶水層的多層觀測時，則使用細一點的塑膠管。
	雖無區分，也因為山形縣的地滑地形使用了鋁製孔內傾斜儀的管子結果 1 年就腐蝕了。 無特別說明 ×24 名

表 2.14 地下水觀測孔很深時所費的心力及其深度（自由填寫）

2.12 地下水位觀測孔很深時所費的心力及其深度（自由填寫）

區分	回答
挖掘時的特別考量	加大井管孔徑。
	想測定到帶水層的地下水位，因此設計井管計畫。
	出現地下水之地層間的泥水時，到滑動面都用孔內填縫劑（關於災害恢復事業防範地滑的導覽資料）
	兼用傾斜計的孔，在設置外套管時會為了加粗傾斜計線路而加大挖掘孔徑。
觀測孔構造的特別考量	覺得車牙比較好（使用過接頭式但會在孔內脫落，導致無法設置水位計而重新挖掘）。
	為了避免因水壓而從止水處漏水，會加長包覆環的長度（包覆式局部過濾的情況）
	地下水位較深時，認為對較淺水位的鑽探周圍及滑動面的關聯性較低，而不設置過濾。至於較深的水位則以各別逐案將滑動面周圍或滑動面上下 10m 予以區隔過濾之。
	與傾斜計同時施工時，由於採用 6 芯線，設置時不至於讓孔內線路變得雜亂且可以不必降低過濾的開口率。L=40.0m
設置觀測孔所費的特別考量	插入鋼索等補強支撐。
	石英砂充填耗時須謹慎採用
不同帶水層的觀測之特別考量	超過 50m 時較淺的觀測孔須另外設置。（目的：深度較深時無法設置管內傾斜計，因而將傾斜計設置於別的孔當中連同水位一併觀測之）
	如果基岩部分漏水，會另外設置別的水位觀測孔。
	設置兩支觀測孔。
選擇測定儀器的特殊考量	使用接觸式水位計很難量測的話改用水壓式水位計。
	使用自計式水位計時，當鑽探孔無法垂直的情況，而浮筒或鋼索會與孔壁摩擦，會降低敏感度（60m）。最近關於水位計沒有甚麼特別的問題。
	觸針式水位計去貼著在塑膠管的話會很難正確測定。水壓式水位計較好。
	水壓式自動觀測尚未充分普及的時候，建議把浮筒式換成水壓感應式。
	換成水壓式水位計之後沒有什麼特別的
其他	無特別說明 ×9 名

表 2.15 設置局部過濾器時的失敗案例（自由填寫）

2.13 設置局部過濾器時的失敗經驗談（自由填寫）

區分	回答
計畫、專業知識	全孔過濾的觀測孔附近雖然有設置局部過濾觀測孔，但兩者的地下水位幾乎沒什麼差異。（應該是同一個帶水層區間）。 確認到局部過濾的區域外的地滑地之變動（由管內傾斜計）。下個年度才又設置已經對應過的地下水觀測專用孔。
設置觀測孔	預定以外的區域有地下水流動。 以岩心鑽探及其他電力檢測等對觀測目標的地層進行多項確認。 對於自由地下水或有很多龜裂的風化石而言局部過濾有時是沒有效果的。 孔內以填縫劑充填時，為了讓外套管輕量化結果卻浮上來。 水壓計雖然想要使用埋設型，但在充填砂時，沒有抓好好分量導致倒入過多砂而埋到帶水層（沒辦法測定到應該測定的深度）。
止水不良	包覆環灌入水泥後把孔內洗的太乾淨，導致水壓讓水沿著包覆環滲出而止水失敗。 包覆環下面出現流入層（未完全止水所導致）。 設置後馬上有水出現，然後慢慢的漏水，地下水從上方探測部侵入。 遇過在帶水層上方作為擋水材料的止水帶沒有多設幾段，而無法完全擋水的案例。 雖然有用局部過濾+止水帶來擋水，但還是無法保持不透水性。
取得不正確的數據	起因為探勘時記錄地下水位的檢討不足。結果設置了沒有水位的觀測孔。 有遇過地下水觀測孔周圍的地層全都是不透水性，觀測孔施工時常常確認水位了，但地下水位卻還是慢慢的下降，滑動面也跟著下移的情況。 融雪期之後進行的水位觀測中水位完全沒變動（今年可能會因融雪期而變動）。在融雪期鑽孔做岩心探樣時，水會自行噴出。根據探勘日報分析、觀察削孔中採取對策，為防止地表水進入在表層部使用盲管，並加上包覆環來擋水。 水位沒有變動
其他	有時有 ×2 名，聽說有時會對分析造成影響 無特別說明 ×10 名，無經驗

表 2.16 今後設置觀測孔應變更的要點（自由填寫）

2.14 今後設置觀測孔應改變的要點（自由填寫）

區分	回答
設置計畫	不僅只分析斷面，計畫地下水排除工程的位置附近有水位觀測孔的話應該會比較有效果。 需要從別的孔來確認地下水的流動狀況同時設定觀測孔的深度。 不單只是主斷面，地下水觀測孔的設置方式雖然良好，但卻沒有採用。 為了對於地滑的地下水排除工程驗證其效果，至少就算只有代表孔，對應滑動面的局部過濾樣式，也應設置地下水位觀測孔。 當發生地滑時，近年來盡可能於事業的早期就開始防治工程，然而在初期就有不能使用的調查孔。在開始規畫防治工程，實施防治工程之前，必須要在必要之處設置調查孔，但因預算上的限制，達到必要的調查數量需要數年時間。 最先挖掘移動量測定孔來設置孔內傾斜儀，當下也同時取得地下水相關數據。於第 2 孔確認第 1 孔的掌握內容，來完成地下水觀測孔。 動態觀測與水位觀測孔兼用，且多以全深度的過濾，因此無法掌握明確的間隙水壓。 根據別孔的水位觀測專用孔的設置，希望能積極的將設計編入樣式書予以配備。 將地滑觀測孔（孔內傾斜儀、傾斜觀測管）與地下水位觀測孔分開各自設置
考慮觀測數個帶水層	不穿透滑動面的觀測孔應該設置於別的孔。 對於滑動面上方與下方的地下水位，考慮以測定個別的地下水位觀測孔作為標準樣式。 想測定到地下水流動層的地下水位。根據狀況認為設置數孔會比較好。 地下水位觀測工程不是只有 1 孔，有遇過不多設置幾個不行的案例。 有數個帶水層的存在時，在每個帶水層設置觀測孔，來觀測地下水位。 為確實確認到穿透滑動面時以及削切岩盤時所伴隨的岩盤間泥水湧出，認為在這個部分必須做好止水。
設置前的孔洞處理	將設置前的清洗孔內作業予以標準化（計算經費）。
埋設材料（止水材以外）的選擇與使用	從防止因細顆粒的沉積而改變孔內水位（通常是水位上升）的觀點來看，認為應明文記載與過濾的兼用情形。
止水材的使用方法	在過濾區間的上下，用防水貼布之類的包覆，含水後膨脹以達止水效果，最好是不管誰來施工都能簡單且無誤的做好。 觀測孔外部的擋水材設置要設置在對象帶水層狀面的哪個位置，膨潤土顆粒之類的擋水材要放入多少則依地質決定之。
測量器的選擇	為不妨礙施工，能開發感應器與收錄器合為一體的孔內設置型測量器嗎（國外有製品） 水壓計可以更為小型、價格更低，紀錄器可以更為省電 測量作用於地滑面的間隙水壓雖然相當困難但應該要進行技術研發。有時能與土壓力取得平衡，但對於地滑就必須掌握地下水的影響（現狀僅考慮與地下水位的水頭相當程度的水壓作用）
其他	希望在所有方面的施工性與經濟性都能變好 認為統一樣式是很困難的，而且每個現場最好都能有特別樣式。 盲管部分用氣動鑽探提升施工性。有孔管部分則用岩心鑽探。 只能逐案試誤。 無特別說明 ×6 名

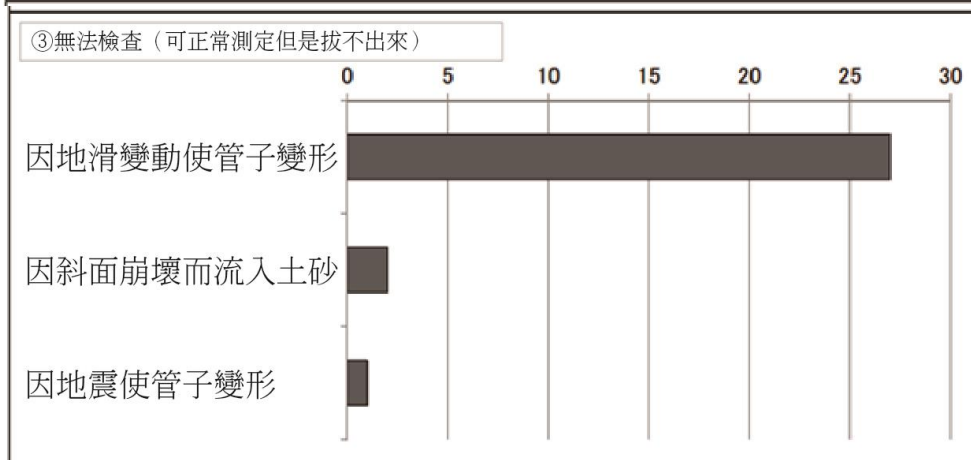
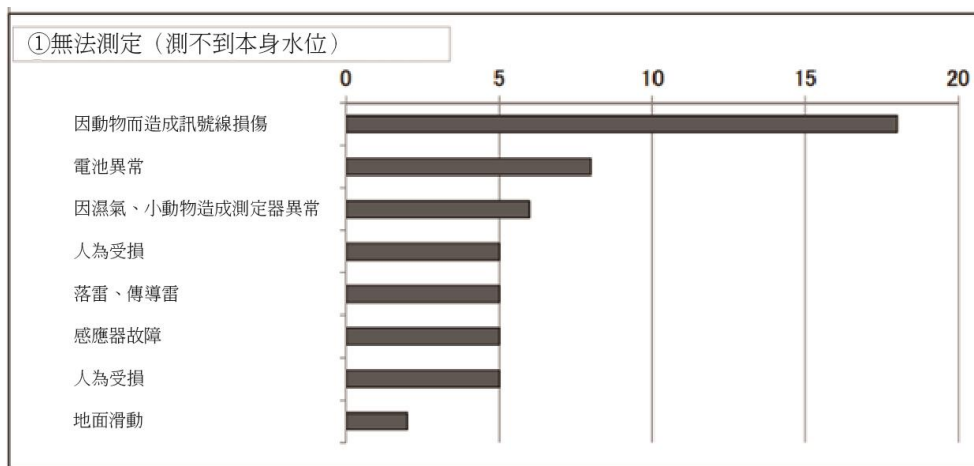
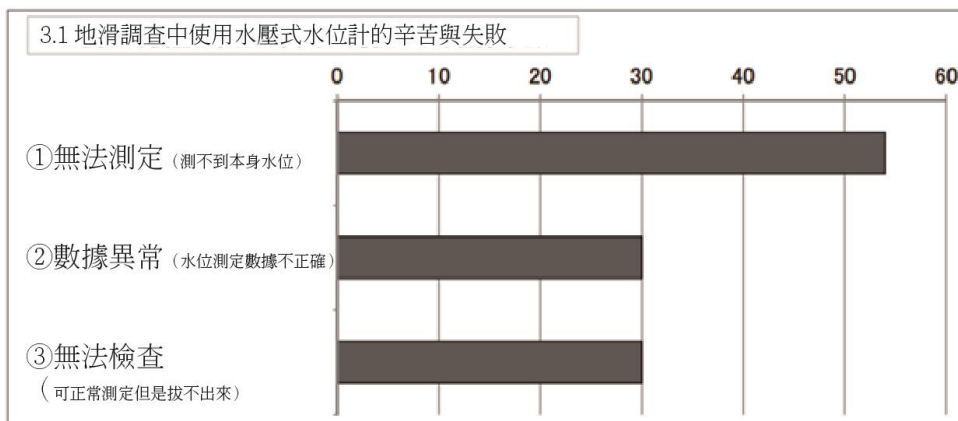


圖2.50 使用水壓式水位計的辛苦與失敗

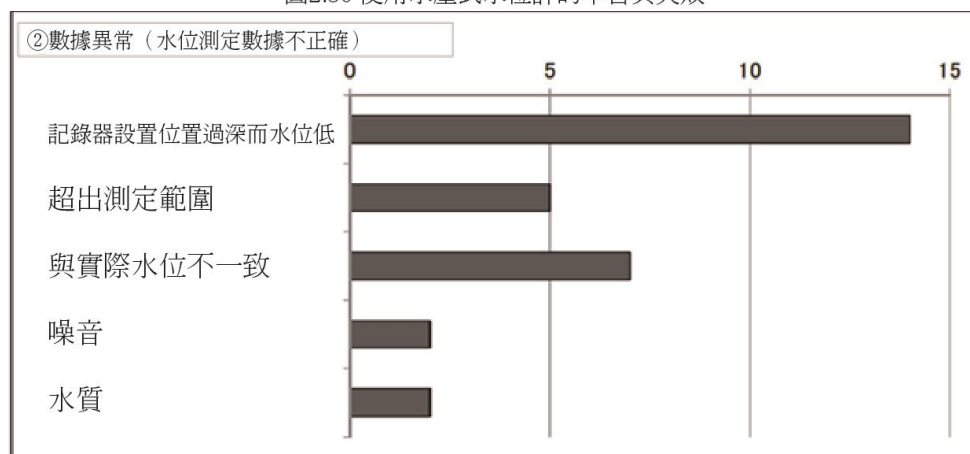


表 2.17 問題 3.1 項之理由（自由填寫）

大區分	原因	3.2 3.1 項的理由 自由填寫
無法測定（測不到本身水位）	落雷 傳導雷	有使用抗雷零件，但是連接訊號線遭傳導雷擊中。 沒有設置防雷設施
	因動物而造成訊號線損傷	訊號線未設置在外套管內或設置不足 ×11 名 測量器及附屬品保護不足 雖保護了訊號線，但是調查孔到保護箱之間有山豬經過，弄斷了訊號連接的地方 目前沒遇到案例，因為水位計的線沒有設置在保護管內 從管子到紀錄點這段訊號線剝落並在地面蔓延。
	地面滑動	過於輕忽地面的滑動性或是滑動面深度的推測 一般地下水位是在滑動面深處形成的，只有滑動時才會上升至滑動面之上
	感應器故障	地下水呈現酸性而腐蝕感應器 長年劣化 ×3
	電池異常	設置時雖正常運作，但因電池老化，使得電壓急遽下降導致電池斷電 構造容易劣化的電源較不合適（溫度變化大、環境濕度高） 數據紀錄器沒有顯示電池剩餘電量的功能。 電池的連接線不良 根據機器本身電池耗電量會有不同。（因為濕氣？）
	因濕氣、小動物造成測定器異常	保護箱的氣密度 不合適的防蟲方式 彎管滲水 保護箱的氣密度 對測量器及附屬品的保護不足
	人為受損	雜草茂盛，不明顯。×2 名 訊號線的保護不合適
數據異常（水位測定數據不正確）	超出測定範圍	水位上升幅度比想像的高。×5 名 流入地表水 ×2 預想的比水位波動幅度還小 因地下水流動導致測量器搖晃 因應大雨等影響而產生數據之日變動大的調查孔，對於類比式水位計，並非一定能確認到最高水位。（無法確認） 計算錯誤，傾斜式的水壓計會因這裡的校正系數而異
	噪音	原因不明，可能是打雷影響
	測量器的位置深度的水位下降	比預想的水位還低 ×3 名 選擇錯誤的水位計款式。 比預想的水位波動幅度還大 集水鑽探的施工後，比預想中的水位還低 ×2 名 地下水溢出了。（觀測孔過深）×2 名 有可能並非是推測的地質構造。 對帶水層的評估錯誤 有可能是因為觀測孔的構造不適合 比滑動面更深的位置有被卡住，比最低地下水位還淺的位置的話，產生未測得地下水位的變動數據。
無法檢查（可正常測定但是拔不出來）	因地滑變動使觀測孔變形	因地滑變動導致管子變形 ×13 名 應定期確認。 施行地下水排除工程，積雪量多因溶雪造成的水位上升超乎想像。 雖已預想地滑的活動性，但觀測中不知道何時孔洞會逐漸扭曲導致無法回收感應器。 有考慮到因地震而使塑膠管變形 觀測孔上方的陡坡崩塌，導致被土砂埋住而土砂進入孔內。
	—	管理者的通訊速度提升，改良訊號線
	—	滑動面（黏性土）的厚度約有 30cm，間隙水壓計正上方使用擋水的砂漿沒有完全塞實。
	—	被要求要提出水壓式水位計的檢定書之類的。
其他	—	

表 2.18 問題 3.1 項的對應處理方法（自由填寫）

大區分	原因	3.3 3.1 項的對應處理方法 自由填寫
無法測定（測不到本身水位）	落雷 傳導雷	雖然換了兩次抗雷零件，但剛好那次就落雷了 放棄更換（將來有必要換成光纖之類的） 更換水位計 ×4 名
	因動物而造成訊號 線損傷	修理、更換水位計、設置保護管 ×12 名 結束觀測 不能輕忽地面上的設備 使用保護管與讓訊號線離地騰空
	地面滑動	訊號線被切斷之部分，不得已只好結束水位觀測 就算捨棄感應器也要測定到
	感應器故障	把水位計的感應部密封在裝有自來水的塑膠袋中。 購買新的水位計 ×3 名 修理 ×2 名
	電池異常	就算有未使用的電池，也不會拿來用。 更換機器、清潔孔內 更換為有顯示電池剩餘電量功能的機種 考慮到維修保養，收集數據的間隔必須更為密集 通訊以 USB 或紅外線等傳輸不行嗎？ ×3 名
	因濕氣、小動物造成 測定器異常	防蟲對策 ×2 名 保護彎管，防滲水用的乾燥劑 不能輕忽地面上的設備
	人為受損	更換機器，為了訊號線不被切斷而設置較為明顯 地面上的訊號線另外設置保護管
	超出測定範圍	變更水位計的設置深度 更換為測定幅度較大的水位計款式 ×2 名 重新設置對應水位波動幅度的感應器，用浮筒式感應器來追蹤水面。
	水質	更換機器、清潔孔內
	與實際水位不一致	更換水位計 更換測量器 把小型的水壓式水位計加上負重後重新設置時，穩定測定數據。 一開始觀測頻率密集（每 1 小時）以掌握調查孔的水理特性（變動幅度、週期）後，認為分析與設計上沒問題的話應調整測定的間隔。 確實檢定、校正、修理
數據異常（水位 測定數據不正 確）	噪音	重新設置水位計 有時設置接地線的話會變好。
	測量器的位置深度 的水位下降	在水深較深的位置重新設置水位計 ×2 名 變更水位計 增加挖掘處等 重新檢討感應器的設置位置，用浮筒式感應器來追蹤水面 於觀測孔的底部部分施以填縫劑，防止地下水溢出 預測地質構造很複雜的情況下，建議於計畫階段時挖掘數個水位觀測孔。 挖掘較淺的其他孔（還是水位下降→結果，幾乎無法量測） 從其他的觀測孔狀況予以綜合評斷。 去除黏土 結束水位觀測 因為設置在比滑動面還低的位置，結果因滑動而無法拉起來。因此報廢該測量器。 被卡住的話還是照樣使用。明確知道比最低地下水位還淺時，馬上修正設置位置。 最低地下水位比滑動面還深時，則與發包者進行協議，強烈建議將設置位置移到滑動面附近。
	因地滑變動使觀測 孔變形	更換水位計 ×3 名 放棄（還能觀測的話就繼續到最後） ×5 名 沒有處理（放棄），結束觀測 ×5 名 水位感應器設置在活動中的地滑區域時當作是消耗品。選擇能在地面上回收數據的機種。 重新設置觀測孔、重新設置水位計 ×5 名 在掌握滑動面深度與變動狀況的階段，最好能迅速將滑動面的上方給重新歸位 過程中水位計被切斷，切換成人工記錄 重新檢討水位計的設置位置、請發包者計為消耗品 結束觀測
		1 年後重啟，再次鑽探挖掘予以修正。 提出水壓式水位計的檢定書影本。
其他		

表 2.19 埋設型間隙水壓計的設置狀況或使用理由（自由填寫）

3.4 調查地滑所使用的埋設式間隙水壓計的設置狀況或使用理由

區分		回答
止水方法	砂漿	孔隙水壓計的周圍用沙子填滿，上下用砂漿密封
		電子式孔隙水壓計根據各對象層與透水材同時設置，上下用止水材、砂漿充填之。
	填縫劑	在有會自行噴發的受壓水的地方，放入間隙水壓計上下施以填縫劑的結果，可以觀測地表表面以上的水位（水壓）變化
	膨潤土顆粒	在滑動面正上方設置埋設型（土中）間隙水壓計，其上下以膨潤土顆粒來擋水。
		在推測滑動面深度設置數個（淺層、深層）。以膨潤土顆粒、小碎石來充填之。
		Φ135 鑽探孔內與地震計一同埋設，用顆粒狀的膨潤土在上下處止水。
	包覆環	在滑動面上下設置了包覆環的孔洞，甚至在管內的水壓式水位計上方止水，實施與間隙水壓計同樣的觀測。比起孔內水位較易捕捉水壓的變化。
設置狀況		為了量測僅作用於滑動面的間隙水壓。
		為了與地震計連接，需要有水位的細部數據。
		有。MGL。在鑽探孔內各個測量器之間的隔離是很困難的
		在某個孔洞，由於認為有數個地下水流動區間而僅限於測定滑動面周圍的間隙水壓。
		就實際的狀況，為了能在更近的環境情況下掌握地下水的變動狀況。
		預先從別孔確認地下水流動層（地下水檢測），僅讓流動層區域能有地下水流入而設置。
		水位沒有上升
其他		未填寫 × 27 名
		無設置 × 18 名

3.6 關於防範地滑時的地下水調查，請自由詳細說明意見。

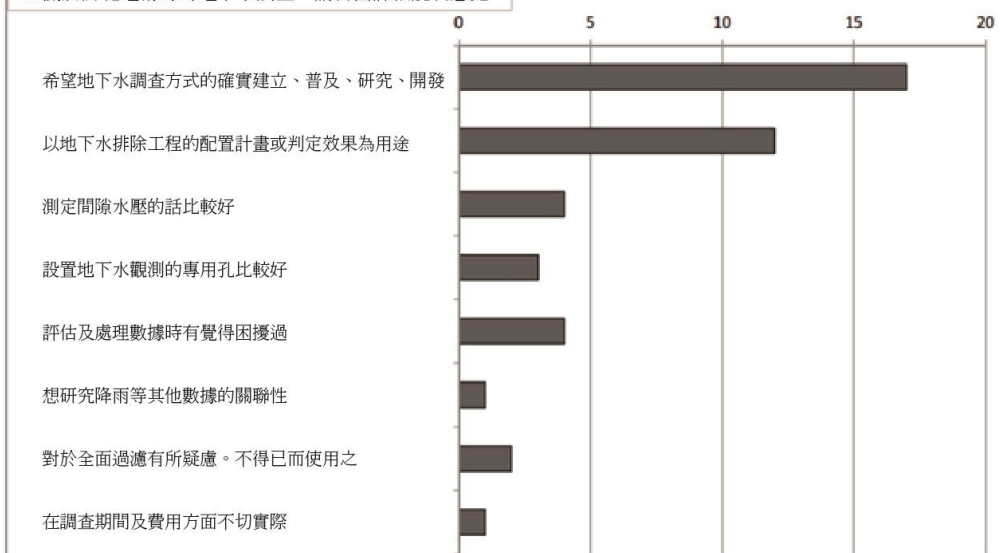


圖2.51 關於地下水調查的自由意見

表 2.20 關於間隙水壓的調查，今後應改善的要點

3.5 關於間隙水壓的調查，今後應改善的要點

區分	回答
止水方法的開發	開發能確實量測滑動面附近的間隙水壓的方法
	要掌握分析時所必要、作用在滑動面的間隙水壓，認為將測量器的上下擋水，設置能夠量測滑動面之間之孔隙水壓的土中孔隙水壓計，便應該能被滲透。
	判斷及觀測所要測定的滯水層地下水位位置
	雖使用止水包覆環的水位專用孔進行觀測，但覺得沒甚麼發揮止水效果。效果的檢證或開發確實止水的方法是必要的。
	對隔離的確實度感到不安
開發局部過濾的使用方法	動態觀測與水位觀測孔兼用，多以全面深度的過濾，無法掌握明確的間隙水壓。最好有局部過濾的水位觀測專用孔。
	由於全面過濾，存在數個認為與地滑有關的帶水層時，則需觀測每個帶水層的水位。
	相同現場使用全面過濾，局部過濾的地下水位計與間隙水壓計混在一起使用時，如何評估及比較其測定值，或是要不要合在一起變成一個分析的議題。
	以局部過濾來對應比較好，但是施工非常困難。
滑動面的特定開發方法	停止狀態的地滑，很難特定滑動面的位置。因豪雨、融雪期等而滑動的地滑則造成感應器壞掉的可能性很高。
	根據特別樣式最好能設置水位觀測專用孔
	地滑的情況下，滑動面附近並不必然存在於地下水帶，當下之課題，為確定所應量測的地下水帶。因此根據情況全面過濾觀測也是有可能的，單純的比較相對困難。
	最好能一次挖掘操縱孔，以合適的設計來設置。
	由於是設置在地面之下，不確定是否確實的消除所應觀測地層之外的影響。
評估方法的檢討	設置、測試很費工。很多是水壓變動小的孔洞，而無法評斷。
	不論是否為最重要的情報，就算向發包者說明，由於不是標準技法且缺乏先例，便不會被採用。要有標準的方法。
	設置、測試很費工反而無法評斷
	由於無法確認地底下的設置狀況，是否該相信測定而感到困擾
	雖然通常大多是從觀測全面過濾孔開始的，但轉移到局部過濾的建議有時會不被接受。設置追加觀測孔前會先施作地下水排除工程的案例很多，很難設定新開的孔的臨界水位。
	間隙水壓計有時顯示出的水位變化很小，不能做為安定分析的條件。就算真實測定也無法評估、無法使用。以往的地滑分析模式，所考量的水位是否真的正確？這樣的觀點也是有的。
	至少，以使用在判定地滑的地下水排除工程效果之指標，即使只有代表孔也應設置對應滑動面的間隙水壓觀測孔，使其普及，並告訴發包者，比起達到目標安全率而長期持續目標還是要考量經濟效益。
	沒有確立設置工程定額，費工反而很少利益，要在這裡也很難提出建議。認為要改善設置工程定額
	設置雖費工，但因數據的利用或應用方法有困難，這點認為應該要改善。
其他	價格高以外，大致滿足
	最好有可以回收的水壓計。
	取得連續的數據是有極限的
	幾乎沒在使用所以不清楚
	未填寫 × 24 名
	無設置 × 7 名

2.2 調查地下水的實際狀態與議題

2.2.1 檢討方法

為把握地滑地的地下水調查、觀測之實際狀態與議題，本共同研究於平成 23 年度，針對各縣市之中，具有防治地滑之經驗的民間企業為對象，來進行問卷調查。以及在此之前，土木研究所進行平成 22 年度的直轄地滑地的資料分析調查。基於這些調查，所明確得知地滑地區的地下水調查、觀測的實際狀態，來探討相關議題與解決的方向性。另外，這些檢討結果，亦於日本地滑學會以及砂防學會研究發表會發表（杉本等人，2012；武士等人，2013；武士等人，2014）。

2.2.2 根據問卷調查掌握地水調查的實際狀態

各縣市，具有防治地滑經驗之民間企業為對象的問卷調查結果，整理於 2.1。有關從調查結果所得知的實際狀態，概要說明如下。

(1) 帶水層調查的實施狀況

設置地下水觀測孔時調查帶水層，依照需求實施者占了 61%、無特別規定占了 27%、依標準流程進行者占了 7% 左右（圖 2.52）。從結果來看，調查帶水層並無必定之標準，而是依照實際狀況進行適合的判斷。

(2) 掌握地下水方法

探討地下水觀測孔的構造上，被認為有效的調查方法，探勘日報分析與食鹽水檢測（地下水檢測）各約占 28% 為最多，其次簡易揚水試驗占了 12%、電力勘查占了 10%（圖 2.53）。當中選擇一項認為最有效的調查，以食鹽水檢測（地下水檢測）占了 46% 為最多，試驗簡單且實際經驗多，準確度也高且易於理解等意見佔了多數。

再者，回答探勘日報分析可有效掌握地下水之技術員達到 95%，並利用資料於掌握受壓地下水分帶的位置、地層的透水性、每個地層的地下水位等地下水資訊。

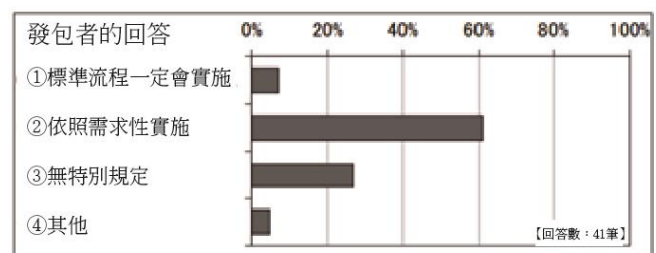


圖2.52 地滑調查時調查帶水層的實施狀況

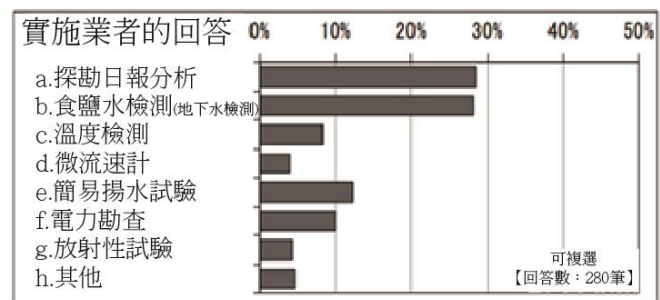


圖2.53 關於掌握地下水的蘊含狀況之有效的調查方法

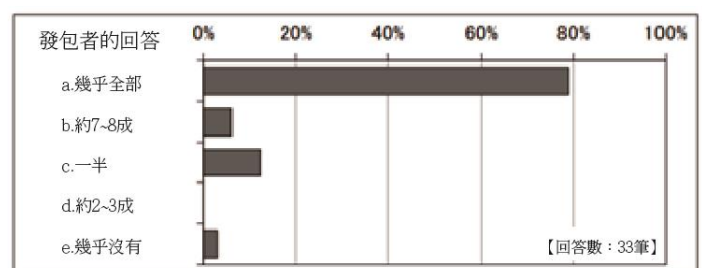


圖2.54 滑動面穿透全區間過濾孔的頻率

(3) 地下水觀測孔的構造

各縣市用於調查地滑的地下水觀測孔的頻率中約 80% 的回答，是穿透滑動面的全面過濾（圖 2.54）。關於設置局部過濾，55% 的回答是幾乎沒有。對實施業者也大概是同樣的傾向，多數技術人員雖然理解局部過濾的有效性，但是真正實施的例子很少。

2.2.3 根據資料分析調查掌握地下水調查的實際狀態

在日本全國 9 個地區的直轄地滑，有長期地下水觀測的數據，將有進行機制分析之各地區的地滑區，各選 1 個地滑區，收集設置觀測孔時的資料以及觀測數據。總共選取的觀測孔約有 170 孔，並整理這些觀測孔的觀測方法、過濾位置、地下水調查的實施狀況、探勘日報分析等實施狀況。此外，對資料已齊全的 28 孔重新進行探勘日報的分析，評估觀測結果與地滑變動之間的相關性，以及觀測結果的妥當性。

(1) 地下水位觀測法

調查 9 個地區當中的 8 個地區，對調查對象全部的觀測孔，進行鑽探孔內的地下水位觀測以調查孔隙水壓。由孔隙水壓計來觀測孔隙水壓的地區，僅有一區而以。

關於水位計感應器類別，在 9 個地區當中有 5 個地區使用水壓式水位計的比例最高（圖 2.55）。但是，本調查為了選定有長時間觀測數據的區塊，觸針式的使用比例可能會變高。

觀測的方式，使用半自動比例最高的地區在 9 個地區當中有 4 個地區（圖 2.56）。

(2) 過濾位置

多以採用穿透滑動面的全面過濾孔的地區有 5 個地區，其他地區的話，多以採用不穿透滑動面的全面過濾孔的地區有 2 個地區，多以採用不穿透滑動面的局部過濾孔的地區有 1 個地區，多以採用靜止層的局部過濾孔的地區有 1 個地區。沒看到含有滑動面的局部過濾孔的設置案例。

穿透滑動面的全面過濾孔，只採用設置地下水觀測孔的案例很多。不穿透滑動面的全面過濾孔，先挖掘孔內傾斜儀的觀測孔等，掌握滑動面位置或地下水狀況之後，在別的孔設置不穿透滑動面的觀測孔的案例很多。

設置觀測孔的報告中，談到與滑動面相關的帶水層的有 1 個地區，之外的 8 個地區沒有關於決定過濾構造之記述，決定過濾構造的過程不明。或是，也有沒有留下過濾構造或擋水方法等情報的觀測孔。

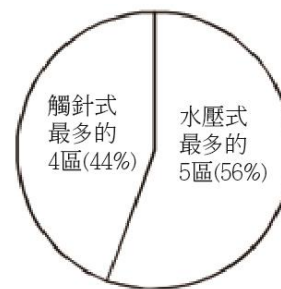


圖2.55 感應器類別

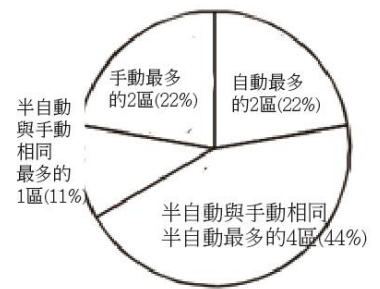


圖2.56 觀測方式

(3) 地下水調查的實施狀況

最多實施的是地下水檢測（6 個地區），其他有實施簡易揚水試驗（2 個地區）、現場透水試驗（1 個地區）、湧水水壓試驗（1 個地區）、微流速測試（1 個地區）。但是，儘管實施這些地下水調查，多數觀測孔還是採用全面式過濾，可窺見地下水調查結果不一定能活用於決定過濾的構造。

(4) 探勘日報分析的實施狀況

一部分實施探勘日報分析的只有 2 個地區。部分地區並沒有收集到分析時必要的水位紀錄，因此很難說探勘日報分析活用在地下水的調查上。

(5) 觀測結果與地滑潛移之間的相關性，評估觀測水位的妥當性

實施探勘日報分析的 28 個地下水觀測孔當中，判斷觀測結果與地滑潛移之間有相關性的有 5 孔 (18%)，有相關性之期間與沒有相關性之期間並存的有 5 孔 (18%)，判斷相關性低的觀測孔有 11 孔 (39%)，無法判斷的有 7 孔 (25%)。

再者，關於評斷觀測結果的妥當性，評斷觀測孔「(A) 認為與地滑潛移之間有所相關、捕捉到完整的滑動面附近含水層的孔隙水壓」只有 2 孔 (7%)。這 2 孔為不穿透滑動面的全面過濾孔，因滑動面的上層只有一層帶水層的單純構造，因此認為是取得良好的數據之原因。

其他的觀測孔，「(B) 認為與地滑潛移之間的相關性不一定是清楚的，再者，有發現數個帶水層的合成水位或是局部漏水，因此所取得在滑動面附近的單純含水層之數據算不上是好的」有 14 孔 (50%)，「(C) 觀測水位在比滑動面深的位置變動，但是因漏水層的影響而水位沒變動就很明顯不是滑動面的水位」有 5 孔 (18%)，剩下的 7 孔 (25%) 則難以判定 (圖 2.57)。

2.2.4 地下水調查的議題

以上一章節詳細說明的調查結果為基準，分階段調查及計畫有關地下水觀測的相關議題，整理如 (表 2.21)。以下，概略說明各階段之相關議題。

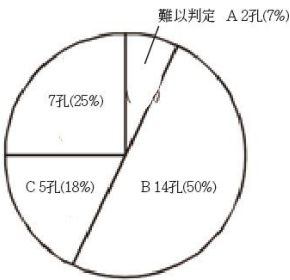


圖2.57觀測水位與滑動面之間的關係

(1) 全面地下水觀測

關於檢討防範地滑最常實施的地下水排除工程，地下水調查非常重要，但也指出地下水調查的重要性，沒有被完全理解之議題。

再者，為了觀測滑動面附近的地下水，很少有人整理出局部過濾孔的構造或設置的相關具體方法，現狀都是仰賴實施調查的各個技術人員的經驗與判斷。為有效計劃防治地滑，應將採取局部過濾孔所進行的地下水觀測進行標準化作業或整體其適用性的整理。

表 2.21 地滑區域的地下水調查之議題

階段	議題	原因	調查
全面	沒有實施地下水調查、量測間隙水壓	- 無法理解用間隙水壓計、局部過濾掌握水位變動之重要性 - 無法理解計畫防範工程時地下水調查結果的重要性	B
調查	挖掘速度很快或是鑽探時，無法掌握細微的水位波動，切削水也有影響，因此無法反映原本的地下水位	- 挖掘速度很快的話，滑動面等重要的地下水分帶的水頭及透水性則無法判定 - 作業後的地下水位受切削水的影響	B
	探勘日報分析的判定因人有所差異	區分的標準，哪種程度的水位波動才有意義並沒有評斷標準	A
	多以全深度挖掘後檢測，因地下水之地層間泥水流出或數個地下水分帶的影響，導致無法掌握滑動面的地下水分帶	- 因有地層間泥水或優勢的地下水分帶，而無法檢測地下水有優勢的地下水分帶的話，孔內水位降不下來 - 食鹽很難均勻溶解，不弄均勻的話檢測精細度就會下降 - 根據孔內水的條件（平衡狀態下沒有流入），會有不同的結果	B
	就算實施地下水檢測也無法反映觀測孔的構造（變成全區間過濾）	- 就調查時間點而言，滑動面的位置不明確 - 帶水層、地層間之泥水層太複雜以致無法確定 - 以全面過濾的觀測作為標準樣式	A
	局部過濾時，基本的作業流程、方法	並非固定的方法，而是仰賴各個技術人員的經驗與判斷	A
設置	過濾的樣式以及過濾與隔離材的選擇、使用方法	- 不知道是不是從帶水層流進孔內的水所造成的阻礙 - 很難在預定區間內正確區隔開來	B
	挖掘滑動面時的回填方法	並非決定方法，而是仰賴擔當技術人員的經驗與判斷	B
	止水材料的選擇、使用方法	- 為了根據地質或地下水條件使用較信賴的止水方式，但不知道各種止水材料的使用方法 - 很難在預定區間內正確的使用止水材	AB
	分析地下水觀測孔的時候有些要素不明確	報告書中無記載	B
	在地下水位設置的水位計沒有在測試的範圍內	- 超出範圍 - 如果測定間隔較久，則無法抓到水位波動的高點或周期 - 水位有時會低於測量器設置的深度	A
觀測	測定儀器的破損、故障	- 因動物造成訊號線的破損 - 電池異常 - 因落雷、濕氣等而故障	B

調查 A：直轄地滑為對象的資料分析調查（H22 調查）

調查 B：各縣市及民間企業為對象的問卷調查（H23 調查）

(2) 調查階段

反映探勘日報分析與地下水檢測實施的機會多寡，並指出很多關於這類的調查方法。

在探勘日報分析之中，探勘日報分析的判定因人而異而評斷不一、挖掘的速度與成本之平衡、因切削水影響分析精細度等的議題一個個浮上檯面。加上，許多意見是為了讓製作探勘日報的操作員能理解其重要性而成為議題的，為此則必須進行說明書的整理或啟蒙方法的探討。

地下水檢測（食鹽檢測）是最多被利用來掌握帶水層的方式，但議題也很多，均勻鹽份濃度的難度、劣勢的流動狀態造成檢驗限度、根據孔壁狀態或過濾的開孔率來檢討關於地下水流動的影響等必要性。

(3) 計畫階段

在計畫階段，有指出探勘日報分析或是地下水檢測的調查結果，並沒有活用在地下水觀測孔的過濾區間或構造上的決定上。地下水檢測雖然在多個地區實施，卻發現沒有活用其結果來設定過濾區間。加上，就算探勘日報分析獲得關於地下水狀況的資訊，也沒有活用。結果，相當多情況是沒辦法捕捉到作用於滑動面的地下水。當然，由於滑動面附近存在數個帶水層，很難指出特定作用於滑動面的地下水分帶，或是在地下水調查以外的因素方面，有時難以藉由判定岩心的方式來指出具體的滑動面。但是，除非不是如此困難的狀況下，基於地下水調查結果，應該針對能觀測到滑動面附近的地下水分帶來探討。

關於地下水觀測孔的構造計畫，很少訂立過濾或隔離材、止水材等式樣，似乎有很多案例是在現場判斷所決定。為此，關於從本次的問卷浮出的議題，整理標準方法或專業知識，認為促進普及是很重要的。

(4) 設置階段

在設置階段，指出沒有標準方法或現場作業的困難度。很多案例是沒有將決定過濾構造的想法記載於報告書等資料上，對於機制分析或評估防治工程的效果時，有必要解釋觀測到的地下水位，關於設置地下水觀測孔的情報是很重要的。

(5) 觀測階段

在觀測階段，避免無法觀測是個議題。特別是，很多案例是由於動物而造成訊號線破損、電池異常、打雷、濕氣等而無法觀測。為使設置測量儀器較少發生失敗，這類辛苦、失敗的案例與其處理的要訣需持續傳承下去。

2.2.5 關於地下水調查的解決方向

對於這類的議題，必須分析各個原因、背景同時發現解決的方向。其次，詳細說明一些議題的解決方向。

(1) 標準化地下水觀測孔的設置

基於地下水調查，認為有必要將地下水觀測孔的設置方法標準化（技術規範）。將探勘日報分析或地下水調查等結果，用於決定過濾的位置之方法，此時以及必須要把應注意事項等亦撰寫在技術規範內。為捕捉滑動面相關的地下水位而設置的過濾方法，也應將其標準化或整理其適用性。

而且，為使探勘日報分析不分地域或個人差異，能夠以統一指標和精細度來進行之判定基準以及案例集，也是相當有效果的。

(2) 探勘日報分析與地下水檢測等之綜合分析與連續逐層孔內試驗

對於在調查階段解決議題的方向性，探勘日報分析與地下水檢測等綜合分析被認為是很重要的。

需要掌握詳細帶水層時，在連續逐層孔內試驗採取較短的測定時間區間，對詳細帶水層或地層間泥水層的調查是有效的。由於連續逐層孔內試驗，是在裸孔區間進行孔內試驗，可以捕捉到感應度良好的地下水流動。這個與抽水法兼用的話，劣勢的流動層或地下水位就算在平衡狀態下，還是能檢測出流動層。再者，連續逐層孔內試驗於挖掘過程中實施，挖掘完成後若可具體指出滑動面，便能夠設置局部過濾孔。

根據探勘日報分析判定流動層，很難去評斷哪種程度的水位波動才有意義。但是，若是在進行孔內試驗的區間以外，採取以井管止水的連續逐層孔內試驗的話，比較前一天作業後的水位與隔天作業前的水位，能一定程度可區分出流動層來。

(3) 設置局部過濾孔時的留意重點

設置觀測孔時，對於擋水材或隔離材的選擇以及充填方法，現況是依技術人員的經驗與各個現場的特殊考量而定。為此，整理方法與留意重點是相當有用的。

當處理隔間時，包覆隔離材料與外套管的過濾材料的選擇，必須選擇兼具地下水的流動性以及過濾性之素材（為了不讓地面細顆粒或隔離材跑進外套管內的效果）。特別是使用砂子等較細的隔離材時，在孔內水區間內沉降很耗時，為了避免充填過多，必須要在投入後過一段時間才能再次投入。

考慮止水時，採用有實際使用案例的材料，依據適用條件、鑽探直徑或地質、地下水狀況選擇適當的材料，以適合的組合方式會較有效果。

(4) 紀錄的樣式化、設施清冊化

紀錄的格式化、以及整備好設施清冊是相當重要的。特別是記錄設置過濾方法或想法，以驗證下次設置觀測孔或觀測水位的妥當性，並活用在防治工程的效果驗證上。

引用文獻

杉本宏之・宇都忠和・本間宏樹・武士俊也・南澤正幸・栗真人・山本潤(2011)地すべり地における地下水位観測の課題と改善について、第 50 回日本地すべり学会研究発表会講演集、p147-148.

武士俊也・中野英樹・北原哲郎・古島広明・榎田充哉・樋口佳意(2012):アンケート分析による地すべり地の地下水調査の現状と課題、第 51 回日本地すべり学会研究発表会講演集、p244-245.

武士俊也・中野英樹・北原哲郎・古島広明・榎田充哉・樋口佳意(2013):地すべり地における地下水観測の課題と解決の方向性、平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集、p372-373.

3. 由鑽探孔掌握地下水的方法

3.1 水文地質調查的必要性

為實施地滑的機構分析或分析斜面安定，需要掌握滑動面的間隙水壓。最好由間隙水壓計等直接測定間隙水壓，但通常很困難，大多以鑽探孔內的地下水位來替代。但是，地滑土塊內，有不少含有與地滑活動無直接關係的地下水，所在之複數地下含水層。因此，就算以地下水位取代間隙水壓時，根據局部過濾孔，最好能觀測滑動面附近的間隙水壓（國土交通省砂防部・獨立行政法人土木研究所，2009）。

觀測滑動面附近的間隙水壓時，調查滑動面附近作為觀測孔的鑽探孔內的水文地質（有無地下水或地盤透水性的情況），為了能適當儘量測到滑動面附近的帶水層的間隙水壓，必須基於調查結果規劃觀測孔之構造（檜垣等，1991）。

為掌握水文地質狀況所進行的調查，一般用於地下水檢測，大部分的情況，以保護孔壁等理由挖掘鑽探的洞予以全孔過濾加工後實施地下水檢測。為此，為了設置局部過濾孔，需有別的鑽探孔來調查水文地質，對於時間成本方面是不利的點。關於這點，也是局部過濾無法廣泛普及的原因之一。為解決這個問題，在設置局部過濾的鑽探孔，必須要有能夠在加工前要有能掌握水文地質狀況的方法（石田等，2012）

關於地下水觀測孔於加工前要有能掌握水文地質狀況的方式，考慮以探勘日報分析或逐層檢測（申，1989；石田等，2012）等方式進行。在此，提出「連續逐層孔內試驗」方法，主要是組合探勘日報分析或逐層檢測的水文地質調查方法來進行。

3.2 連續逐層孔內試驗的水文地質調查

3.2.1 概要

連續逐層孔內試驗的1步驟的實際操作案例如圖3.1所示。通常1步驟的實施需要1天。挖掘中的鑽探孔的頂端有裸孔區間，為了掌握這個裸孔區間的水文地質狀態，在作業前量測水位與檢測地下水。這些調查完成後，把井管插到孔底。進行鑽探，於作業完成後量測作業後水位。然後，隔天也以同樣的循環連續操作。

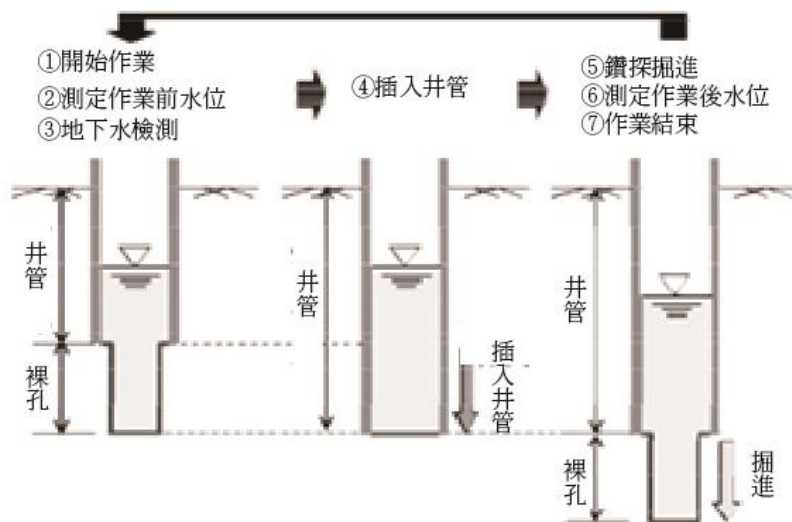


圖3.1 連續逐層孔內試驗時的1步驟實施案例

以局部過濾孔的構造檢討為目的，作為連續逐層孔內試驗的調查項目，最少要有探勘日報分析與地下水檢測。另外，為了製作地下水排除工程的配置計畫等探討資料，就要以掌握鑽探孔內全區間的水文地質為目的，不只有探勘日報分析與地下水檢測，最好能同時進行測定簡易間隙水壓（湧水水壓試驗），或是也使用管路管路探勘鏡頭等調查方式取得數據較為理想。

3.2.2 探勘日報分析

一般的探勘日報分析，是從鑽探作業後立即的水位（作業後水位）與隔天挖掘日的作業前的水位（隔天水位）的水位變化狀況，來判定裸孔區間的地層透水性以及是否有地下水。再此更建議，對於作業前水位量測，使孔內水位降低，此時採納水位變化的狀況來加以判定。

採用抽水量測作業前水位的順序如下所示。此外，抽水也不會讓水位下降的話，判斷為有地下水的流入。

<以抽水量測作業前水位的順序>

- 1) 測定自然水位。
- 2) 取出孔內水，讓水位下降約 30~50cm。
- 3) 量測下降後的水位狀態。
- 4) 水位下降開始 10 分鐘後量測水位，掌握水位的回復狀態。

※實施地下水檢測時，在檢測自然水位之後，進行 2) 之後的步驟。

3.2.3 地下水檢測

地下水檢測，為掌握鑽探孔內的地下水流動狀況之調查，從地下水的流動狀況來判定試驗區間的地層透水性與是否有地下水。地下水檢測方法有食鹽檢測、溶氧量檢測、（加熱式）溫度檢測、測定孔內流向流速等等。不論哪種方法，都能適用於連續逐層孔內試驗。地下水檢測的方法有在自然水位（平衡水位）時採用，以及抽取孔內水，由地下水帶向孔內供應地下水的狀態下採用的方法。為了讓帶水層的檢驗精度提高，最好是能兩者兼用。

3.2.4 區分與判定水文地質

為探討局部過濾區間，局部過濾孔的構造（止水區間、止水方法等），透過作為觀測孔的鑽探孔來調查滑動面附近的水文地質（有無地下水或地層的透水性），為了能適當地儘量測滑動面附近帶水層的間隙水壓，根據調查結果，規劃觀測孔構造是必要的。

水文地質調查的結果，為有無地下水或地層的透水性所組合之表 3.1 來區分水文地質，判斷帶水層、漏水層、非透水層（換句話說相當於難透水層及不透水層）。從該結果，設定滑動面附近的帶水層為觀測目標，以及不讓從觀測目標以外帶水層的地下水流入孔內之過濾區間。並且，對過濾區間上下的非透水層進行止水處理。另外，這裡著眼於規劃局部過濾孔的構造，區分單純化後的水文地質。從規劃觀測孔構造之立場，各區間的名稱以容易想像水理地質之狀態來命名。因此，會與既往的區分名稱有不同之處。

表 3.1 水文地質區分

		地層的透水性	
		高	低
地下水	有	帶水層	非透水層
	無	漏水層	

僅實施探勘日報分析的區間，由探勘日報分析結果，判定每個裸孔區間的水文地質。實施探勘日報分析與地下水檢測的區間，結合地下水檢測與探勘日報分析，評判水文地質之區分。這個情況下，由地下水檢測的流動狀況，有可能可判定更細分之裸孔區間。

1) 僅實施探勘日報分析的區間

水文地質區分的判定（表 3.2），根據各個裸孔區間，是否有全部漏水、抽水後的水位是否上升、隔天水位的下降量的組合，來判定為帶水層、漏水層、非透水層。評估隔天水位下降量大小標準，依據地下水的蘊含狀態或地層狀況而有差異，所以很難以單一標準評定，許多案例為在 1~3m 左右。

表 3.2 用以探勘日報分析（抽水）的水文地質區分的判定

水位變化的特徵			探勘日報 的判定	水文地質區分		
全漏水	抽水後的水位上升	隔天水位的下降量				
有	—	—	全漏水	漏水層	裸孔區間存在著極高透水性的漏水層	↓
無	有	—	流入	帶水層	裸孔區間存在著帶水層	→水頭高 GL-12.45m
	無	多	泥水	漏水層	裸孔區間具有較高透水性的漏水層，沒有帶水層	↓
		少	無變化	非透水層	裸孔區間整體是從透水性低的地盤來的	■

2) 實施探勘日報分析與地下水檢測的區間

水文地質區分的判定如（表 3.3），檢測地下水的結果區分為流入、全漏水、逸水（無流入）、非檢出（一部分）、上升流/下降流、非檢出（全區間）、泥水（流入不明），全區間都沒檢測出來時，同時採用探勘日報的判定。此判定可能會比裸孔區間更為細分。

表 3.3 用於檢測地下水、探勘日報分析的水文地質區分的判定

地下水檢測判定 （自然與抽水兼用）	探勘日報分析判定 （作業前後比較）	水文地質區分	
流入		帶水層	→
全漏水		漏水層	↓
逸水（確定無流入）		非透水層	■
非檢出（部分區間）			
上升流/下降流			
非檢出（全區間）	沒有變化	漏水層	↓
	全漏水		
泥水（不知有無流入）		漏水層或帶水層	↓→

3.3 連續逐層孔內試驗的適用性

在實施國土交通省的直轄地滑防範事業當中，測試連續逐層孔內試驗（石田等 2012；武士等，2012；菖蒲等、2013）。根據這項試驗了解了以下事項。

在連續逐層孔內試驗，配合鑽探挖掘的短裸孔區間，作為試驗區間來實施孔內試驗。因此，有可能掌握不具優勢的帶水層，並提升檢測精度。另外，如果能縮小逐層間隔進行高密度調查的話，就能以高分辨率檢測帶水層與流入區間。

但是，縮小逐層間隔進行高密度調查時，費用上較為不利。專注於決定局部過濾區間的目的時，雖然分辨率降低，但是能將地下水檢測的實施區間壓縮至滑動面的上方 10m 與下方 5m，配合逐層間隔的每日挖掘量（地滑地區多以 3~5m）等的考量，可以更有效果來進行。

3.4 地下水檢測方法的適用性

3.4.1 檢討方法

在連續逐層孔內試驗，雖進行探勘日報分析與地下水檢測，但地下水檢測有多種方法。因此，在同一孔實施多種調查方法，確認各種方法的適用性。另外，使用自記式水位計來觀測從作業完成後到隔天早上作業前的地下水位波動，以取得地下水位的變化數據，藉以預測平衡水位。

(1) 調查地點的概要

在由比地區、平久里下地區、滝坂地區這三處實施調查。調查孔名與實施日期如表 3.4，調查孔的位置如圖 3.2~圖 3.4 表示。

表 3.4 調查概要

次數	調查位置	調查孔	實施日期
1 次	靜岡縣 由比地區	SC-9 前導鑽探	H24. 9. 3~9. 4
2 次	千葉縣 平久里下地區	24RBV-5、24BV-4	H25. 2. 5
3 次	福島縣 滝坂地區	BV-24-289 (Bor. 2)	H25. 8. 7~8. 8

①由比地區大久保區塊（SC-9 前導鑽探）



圖3.2 由比地區調查孔位置圖（富士砂防事務所提供資料）

② 平久里下地區（24RBV-5、24BV-4）



圖3.3平久里下地區調查孔位置圖（千葉縣安房土木事務所提供資料）

③ 滝坂地區（BV-24-289（Bor.2））

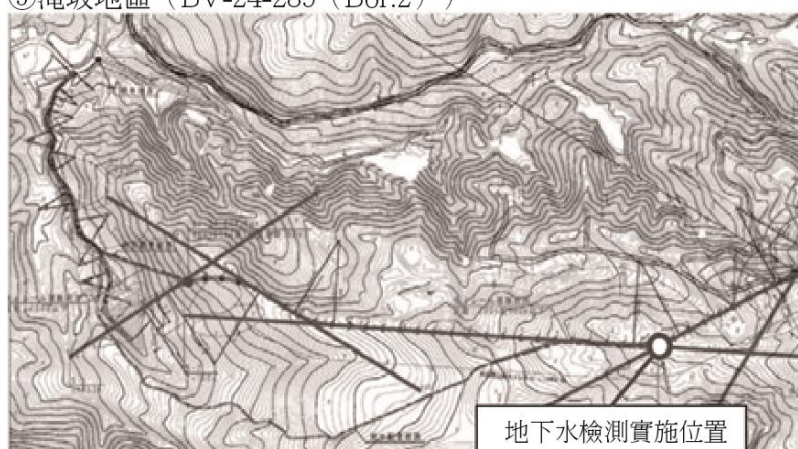


圖3.4 滝坂地區調查孔位置圖（阿賀野川河川事務所提供資料）

(2) 調查孔的概要

實施過檢測的鑽探孔的狀態例子如圖 3.5 所示。平久里下地區的 24RBV-4 為既有孔，設置 VP40（全面過濾）。

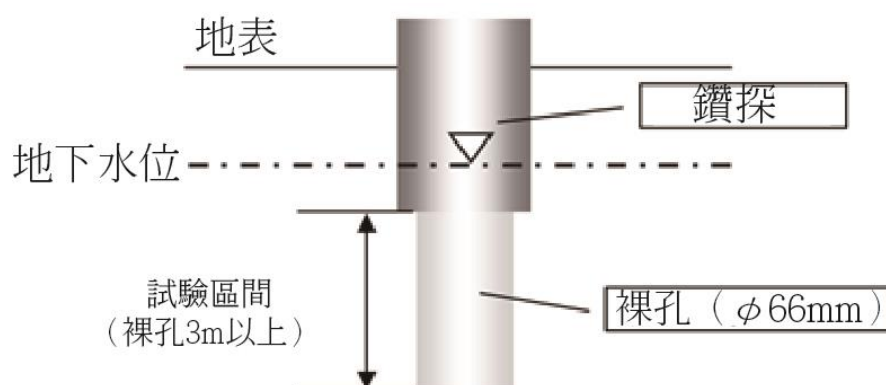


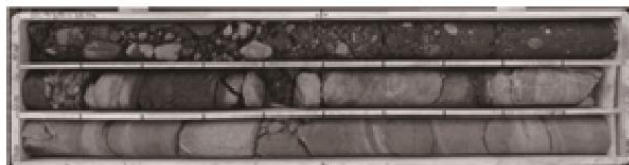
圖3.5 調查時的鑽探孔示意圖

表 3.5 調查概要

調查位置	調查孔	鑽孔孔徑	裸孔區間 (GL-m)	地下水位 (GL-m)
由比地區	SC-9 前導	86mm	51.0~58.0	47.7m
平久里下地區	24RBV-5	66mm	6.0~10.0	1.38m
	24RBV-4 (既有)	66mm	VP40 (全面過濾)	0.8m
滝坂地區	BV-24-289 (Bor. 2)	86mm	45.0~49.0m	26.9m

各個地區實施試驗區間的附近的岩心樣本如下圖所示。

① 由比 SC-9 前導鑽探 深度51.0~54.0m



② 平久里下 24RBV-5 深度6.0~10.0m



相片3.1 試驗實施區間的岩心狀況
(①富士砂防研究所 / ②千葉縣安房土木事務所 提供資料)

3.4.2 地下水檢測方法的概要

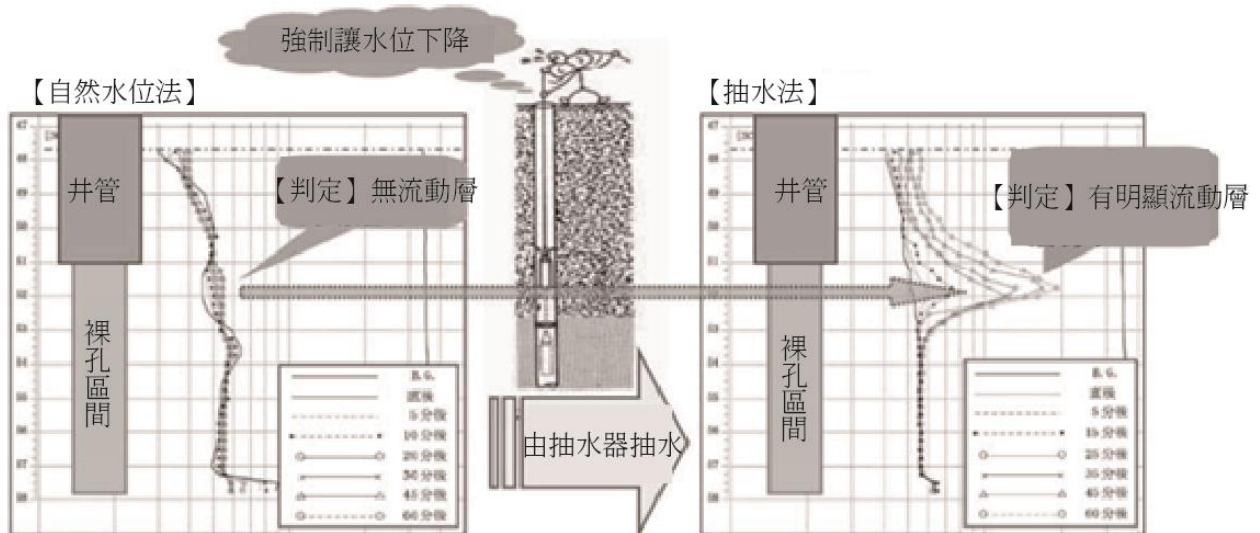
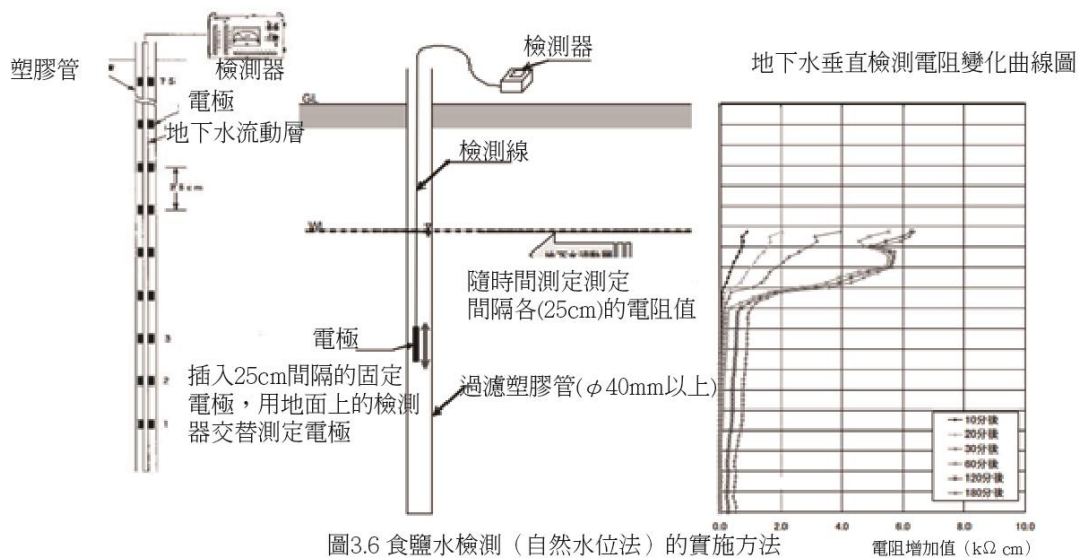
探討地下水檢測方法的概要如以下說明。

(1) 食鹽水檢測

食鹽水檢測就是將孔內水置換為食鹽水的電解質，目的是從流入的地下水而讓水的電阻值變大來掌握地下水流動的鉛直分布狀況。

單點式，是使用一個要測定的電極部分，讓電極在 25cm 上下之間隔震盪來進行測定（圖 3.6），而固定式是預先將電極固定在 25cm 間隔，插入孔內的選取部分，由地面上的測定器依電極的順序交替測定的方法。

量測的部分，固定式是採用自然水位法（抽起部分地下水），單點式是採用自然水位法與取水法。自然水位法是不改變孔內水位變化，在自然狀態下測定電極部上下震盪的測定方法，抽水法則是使用抽水器等抽取孔內水，強制讓水位產生變化而進行的測定方法（圖 3.7）。



(2) 微流速計

測定孔內細微流速，目的是掌握鑽探孔內鉛直方向的透水區間內，地下水流動區間或流動方向。測定自然水位狀態後，通過改變水頭條件進行量測。水頭條件的變化一般是用注水的，用注水來掌握流動層的檢測變化（圖 3.8）。

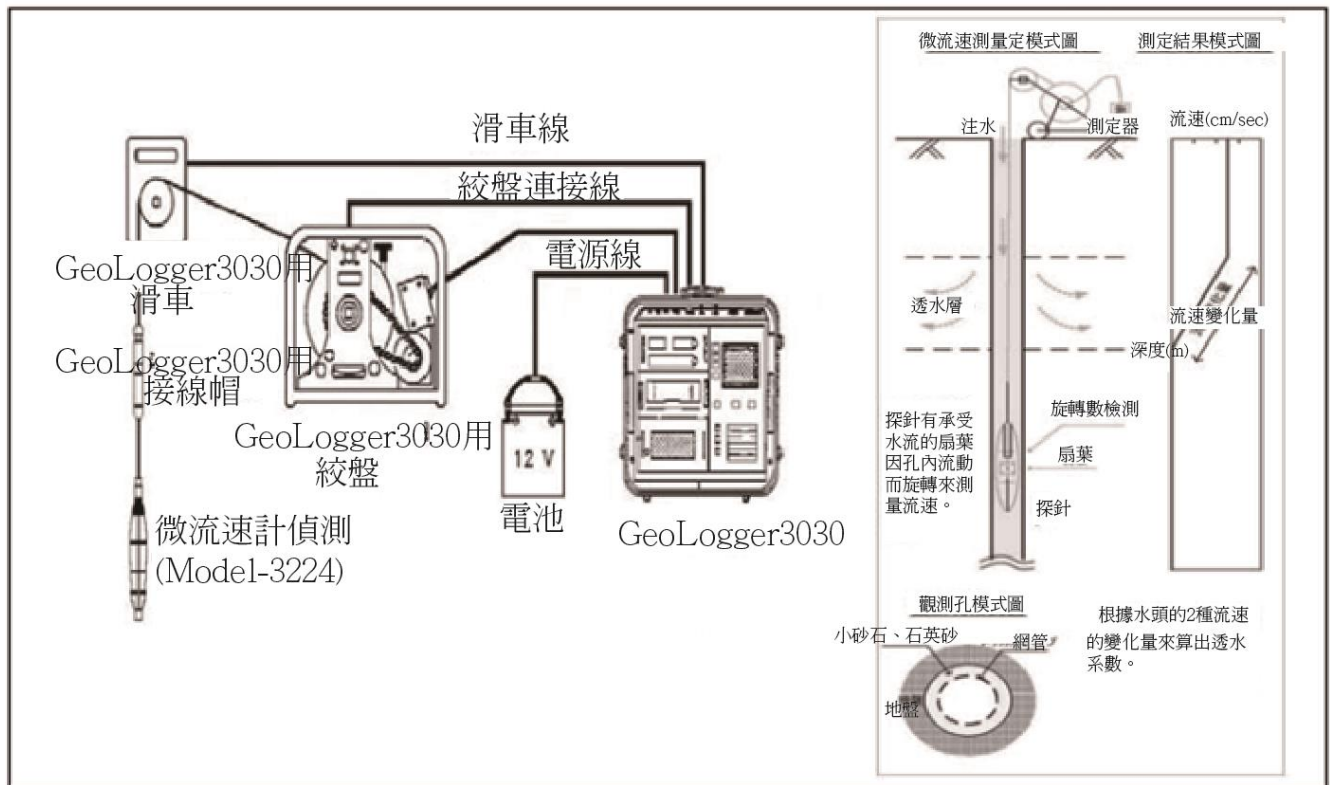


圖3.8 微流速測定的概要

(3) 量測流向與流速

用鏡頭捕捉混入地下水的細微物質之運動，由該移動量、移動時間、移動方向來量測地下水的流向與流速。看的到水流的大概有五處，以 5cm 左右的間隔做測定（圖 3.9）。

探針部的外型為 34mm 細，能夠於內徑 40mm 的過濾管進行觀測，並觀測深度至 100m 處。電源有內建電池、AC100V、車用電池 3 種可作為使用。

- ① 流向：測定對應磁北的放射物質 2 點間的移動方向
- ② 流速：測定放射物質 2 點間的移動速度
- ③ 水溫：根據半導體水溫測量定探針溫度

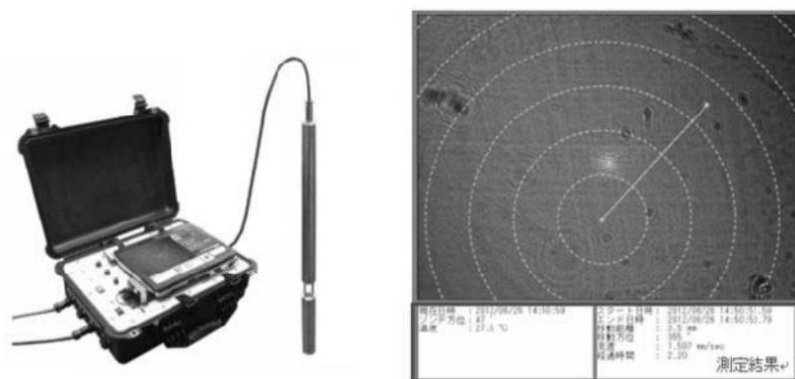


圖 3.9 流向流速測定的概要

(4) 平衡水位調查（孔內水位測定）

掌握從鑽探作業完成後的水位到平衡水位為止的地下水位變化，目的是取得預測平衡水位的方法。從水位的變化來預測平衡水位，對效率而言可以利用在預測抽水量或是計畫下次的挖掘工程上。

平衡水位調查，就是用水壓式水位計觀測從作業完成後到隔天作業前的水位變化。

3.4.3 由比地區

(1) 食鹽水檢測（單點式）

①概要

以下列條件實施測定

- a) 自然水位法：裸孔、地下水位 GL-47.7m
- b) 抽水法：裸孔、地下水位 GL-47.7m
- c) 抽水法：外套管（VP50、包覆過濾）、地下水位 GL-47.58m

②結果

a) 及 b) 的檢測結果如圖 3.10、c) 的檢測結果如圖 3.11 所示。

深度 51.0~58.0m 的區間中，當自然水位的條件地下水沒有流入，用抽水法也僅有一點點的條件下只有一點揚水，在深度 51.25~52.25m 處觀察到地下水的流入。

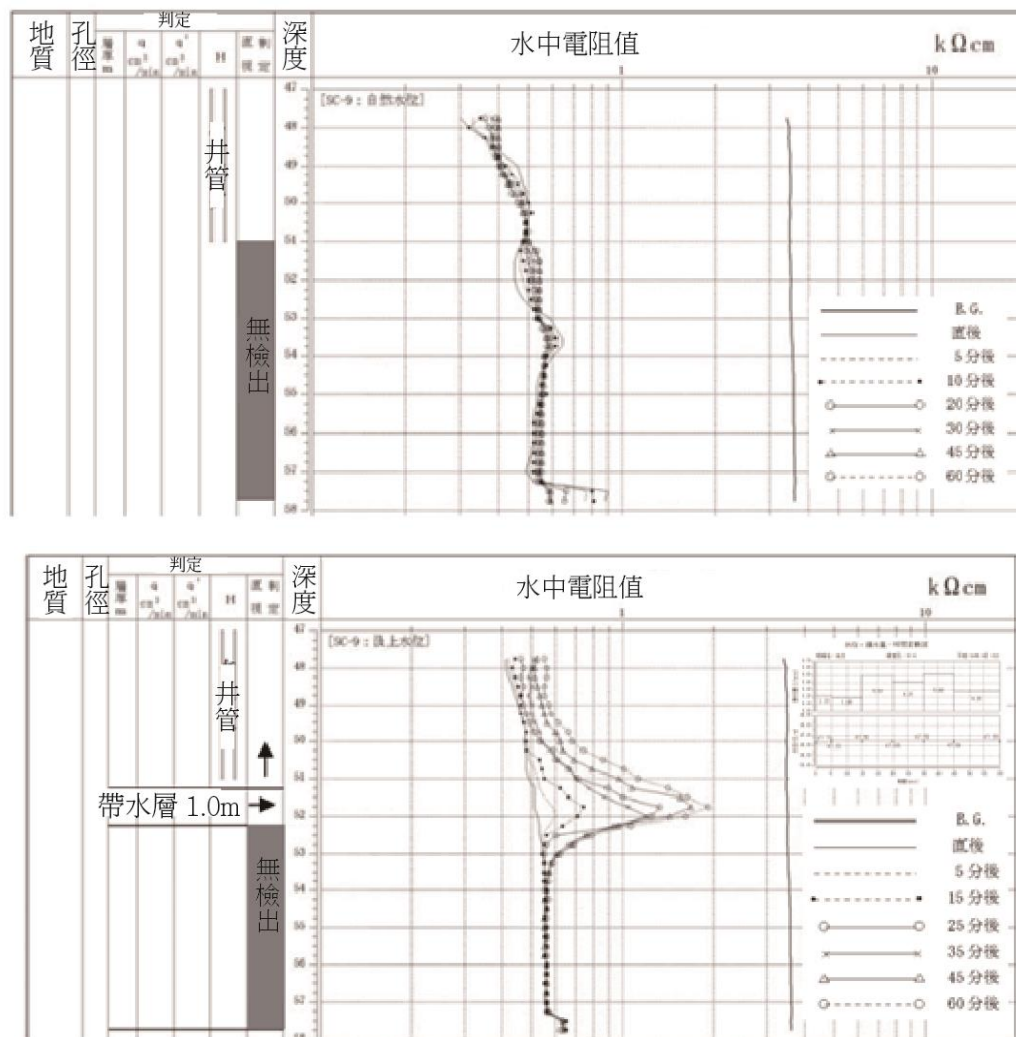


圖3.10 裸孔的檢測結果（上：自然水位法、下：抽水法）

比較插入外套管的時候與在裸孔的抽水檢測結果，除了流入部分的延遲恢復或水位高點的不明確之外，在井管部類似全層流入的變化（不管哪個深度都以相同程度增加電阻的狀態），承認了基岩部分的電阻微增等差異。

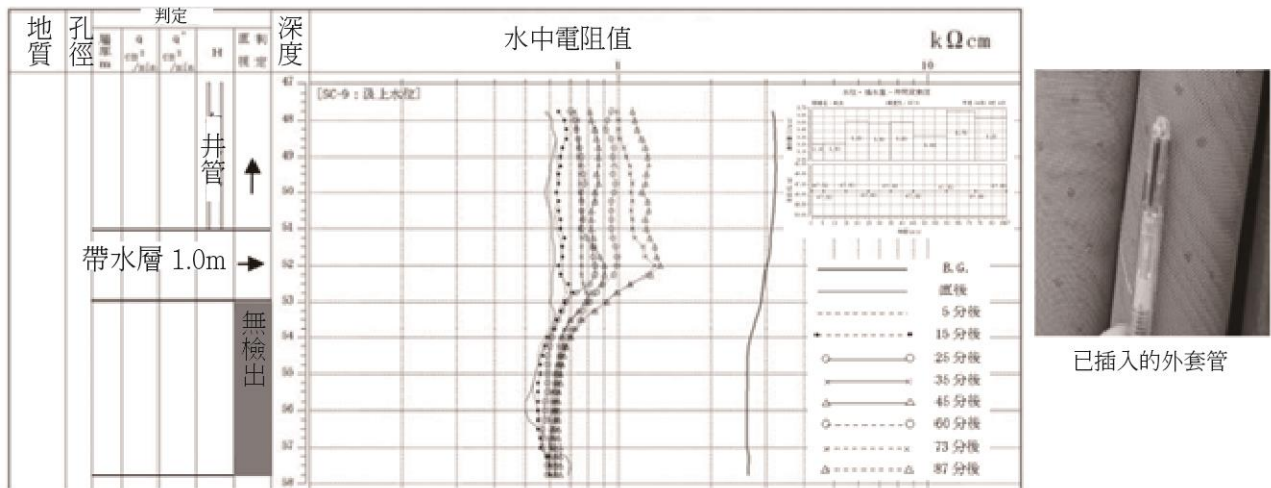


圖3.11 保護孔館內的檢測結果（抽水法）

在自然水位條件，全區間被判定為非流入層，因前一天水位深度比 47.7m 還高，認定本區間有泥水層，且本試驗時的孔內水處於平衡狀態。

在深度 51.25~52.25m，自然水位條件的檢測並非地下水的流入，而是推測些微的揚水所產生流入地下水的帶水層。

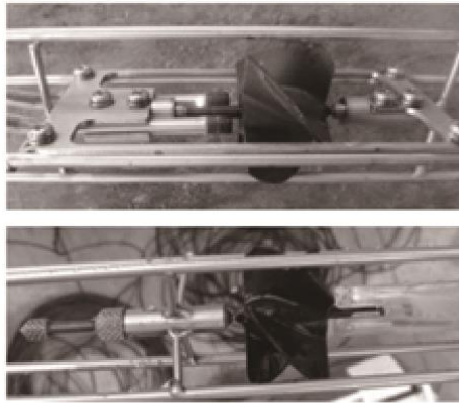
滑動面深處的基岩，由於沒有泥水的流入，認為是裂縫亦無水的非透水層。因此，孔內水位深度上升到 47.7m 以上時，孔內水因深度為 51.25~52.25m 而被認為是來自地層間的泥水。

關於外套管的影響，由於外套管的影響使得食鹽難以在外套管外溶解，外套管內外的濃度也不同，揚水將外套管外的低濃度孔內水，通過過濾流入外套管，因該原因可推測流動層比裸孔狀態還不明確。

(2) 微流速測定

①概要

實驗條件以裸孔—自然水位法、裸孔—注水法、外套管—自然水位法、以及外套管—注水法來規畫。試驗區間為深度 51.0~56.6m。一開始因為是使用改良型微流速計（應用地質（股）製造），但由於水混濁的影響，在任何情況下皆無法獲取正確數據，後來改成傳統型微流速計進行試驗。使用注水法時的注水量，於試驗時使用幫浦注水配合上升量以 5~20L/分之間來調整。使用機材的感應器及孔內濁水的相片如相片 3.2~相片 3.3 所示。相對於改良型的感應器扇葉是固定的，傳統型是可拆卸分解式的。



改良型扇葉固定式

傳統型扇葉可拆

相片3.2 使用機材的感應部



相片3.3 孔內的濁水

②結果

改良型微流速計在濁水中無法正常運作而沒辦法測定。另一方面，傳統型微流速計的話，能夠正常測定濁水區間以外。傳統型在自然水位法使用的話幾乎不會動，在注水法的流動層才能被檢測出。在流動層，井管下方深度 51m 附近的裸孔與外套管條件都明確的情況下，裸孔條件的流動層深度為 51.0~52.0m，外套管條件則為深度 51.25~51.5m。

試驗結果的一覽表如表 3.6 所示。

表 3.6 微流速測定實驗結果一覽表

測量器	實施日期	試驗結果概要			
		裸孔自然條件	裸孔注水條件	外套管自然條件	外套管注水條件
改良型微流速計	H24/9/4	無法在濁水中試驗	無法在濁水中試驗	無法實施	無法在濁水中試驗
傳統型微流速計	H24/9/6	無流動層	51~52m 檢知流動層	51.25~51.5m 些微流動層	51~51.25m 檢知流動層

從可試驗的傳統型流速計得到的數據當中，將受濁水影響深度的數據除外，以裸孔條件及外套管條件來製成圖表。試驗結果以圖 3.12 表示之。

以自然狀態來比較，在裸孔條件下無法檢測出流動層，而外套管條件下，在深度 51.25~51.5m 附近僅檢測出些微上升水流。另一方面，比較注水條件，井管內一定的下降流也好不透水層也好，由於下方深度 51m 附近的流速降低，井管下方深度 51m 附近即表示為透水層 ($K=3.1 \times 10^{-5} \text{m/s}$)。再者，相對於在裸孔條件深度 51.25~52m 附近檢測出流動層 ($K=1.3 \times 10^{-6} \text{m/s}$)，外套管濤見的話則是在深度 51.25~51.5m 附近。

基於以上要點，裸孔條件與外套管條件下的地下水流動層的檢測深度有部分差異。其理由是相對於水位觀測孔通常是孔壁與塑膠管之間以小碎石等充填，這次的外套管條件則是因為沒有用小砂石，使得孔壁與塑膠管之間縫隙滲水，認為在塑膠管內無法正確測量地下水的流動層，外套管過濾的位置關係可能會影響檢測的結果。

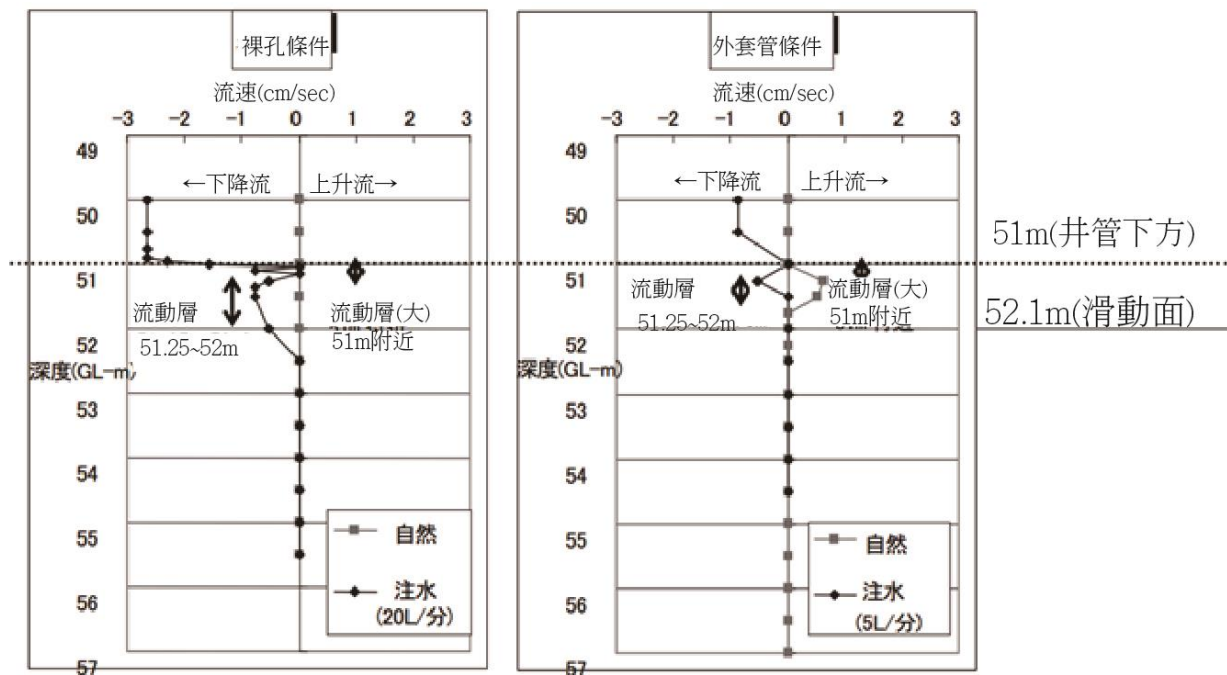


圖3.12 整理測定結果

另外，改良型微流速計無法做為試驗之理由，考察項目如下。

原因 1：因孔內水混濁，本檢測器無法用光學感應器檢測扇葉的旋轉。

原因 2：扇葉是固定形式，安裝部為軸承式，濁水內的細微顆粒之類的跑進去的話動作會變遲鈍。

而且，因為扇葉是固定式所以無法拆開清潔。用清水清洗幾次之後，迴轉能力還是沒有恢復。

3.4.4 平久里地區

(1) 食鹽檢測（單點式）

①概要

以下列條件實施測定

24RBV-5：自然水位法及抽水法，裸孔、地下水位 GL-1.38m

24RBV-4：自然水位法及抽水法，VP40、地下水位 GL-0.8m

②結果

檢測結果如圖 3.13~圖 3.14 所示。

24RBV-5 與 24RBV-4 兩者，在自然水位法和抽水法兩種方法，都沒有看見明確的電阻恢復值。

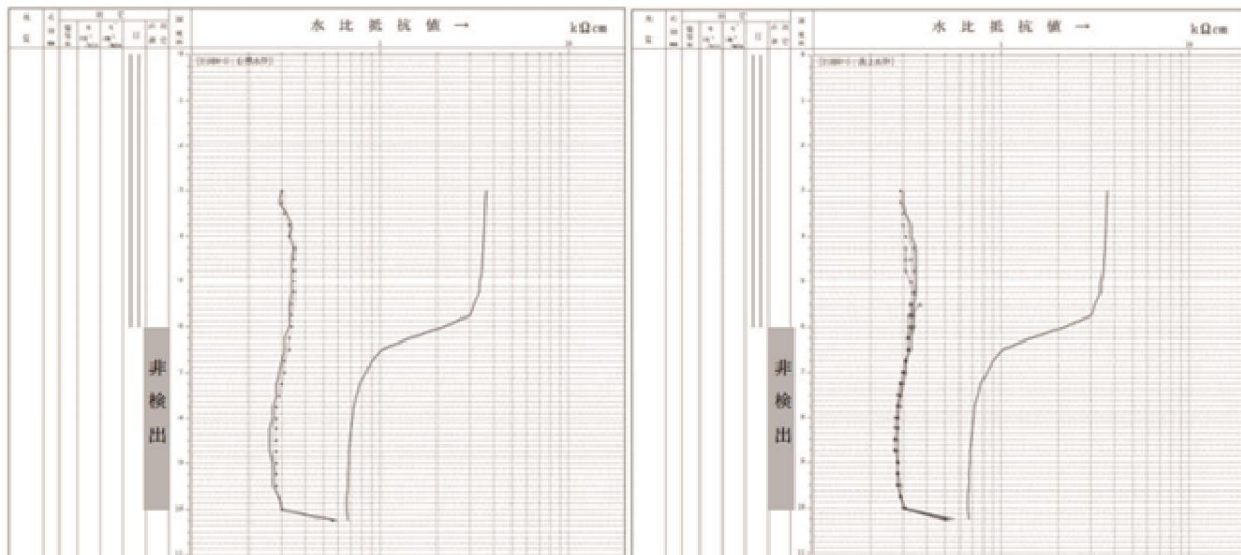


圖3.13 24RBV-5單點式檢測結果（左：自然水位法、右：抽水法）

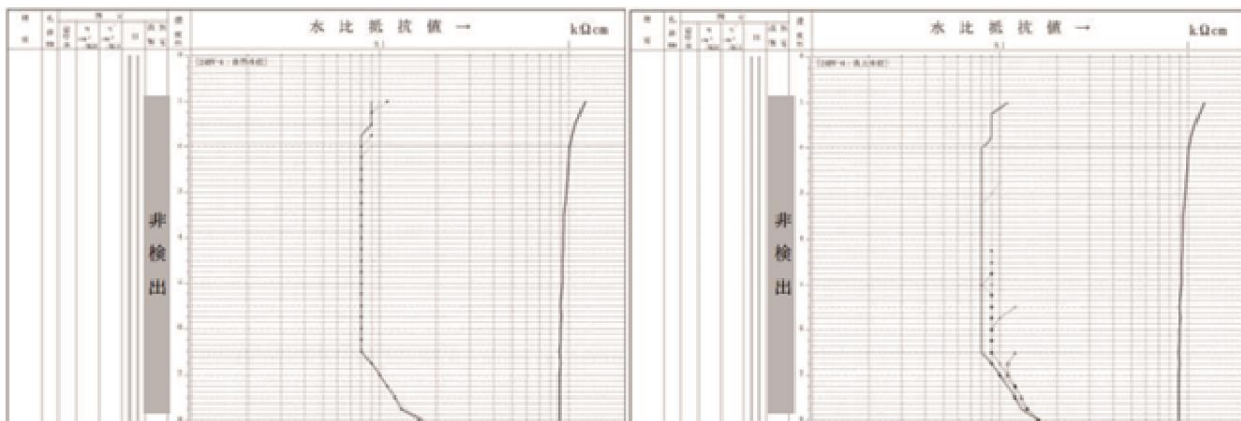


圖3.14 24RBV-4 單點式檢測結果（左：自然水位法、右：抽水法）

(2) 食鹽檢測（固定式）

①概要

在既有觀測孔（24BV-4）實施自然水位中的固定式食鹽檢測。測量時間以 0, 5, 10, 20, 30, 60, 90 分鐘。

觀測自然水位法之後，抽出觀測孔內的水實施測量。

②結果

測定結果如圖 3.15 所示。在自然水位法沒有明顯看見電阻值的恢復情形。加上實施抽取觀測孔內的水，孔內的水位亦不見其恢復。

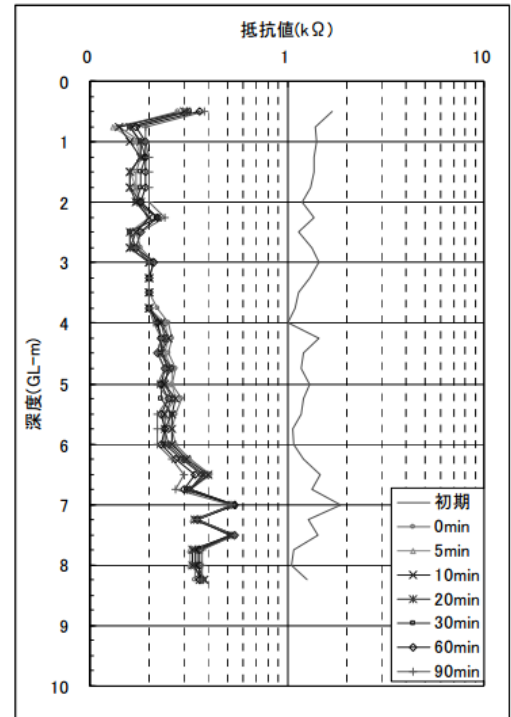


圖 3.15 固定式食鹽檢測結果（自然水位法）

(3) 微流速測定

①概要

對鑽探掘進中的 24RBV-5 實施微流速的假設。由於調查對象地區是低固結度的泥岩，預想孔內水的濁度，感應器部分使用可以拆解清洗的傳統型微流速計。在試驗中，以裸孔自然條件、裸孔注水條件的兩個條件，在深度 6.00~10.25m 區間作為試驗區間。另外，試驗前天花 2.5 小時將孔內清洗乾淨，盡量試著把濁水排除。

②結果

裸孔自然條件下，包含些微混濁的區間也沒有檢測出扇葉的旋轉。深度超過 7m 的濁水內無法檢測出扇葉的旋轉。因此，將超過 7m 的探針拉上來時混濁水會同時被捲上來，而認為稍微產生了濁度。在裸孔注水條件下，先將孔內清洗約 30 分鐘，注入 0.1L/分的水，使孔內水上升 2.22m 的狀態下實施測定。清洗時的孔內水雖稍微產生混濁（相片 3.4）幾乎都可以正常測定。沒有檢測出孔內流速。由於在深度 6.5m~8m 間的濁度，導致完全不能檢知扇葉的旋轉。在這兩個條件下，試驗結束後灰泥也都沾附在感應器的扇葉上面（相片 3.5）。



相片 3.4 清洗時回流的水的混濁狀況



相片 3.5 試驗後的扇葉狀況

試驗結果如圖 3.16 所示。

在自然狀態 由於混濁水的影響而無法檢知扇葉的旋轉。在孔內清洗後進行的注水條件的試驗中，確認到混濁水雖有些微影響但孔內水並無流動。

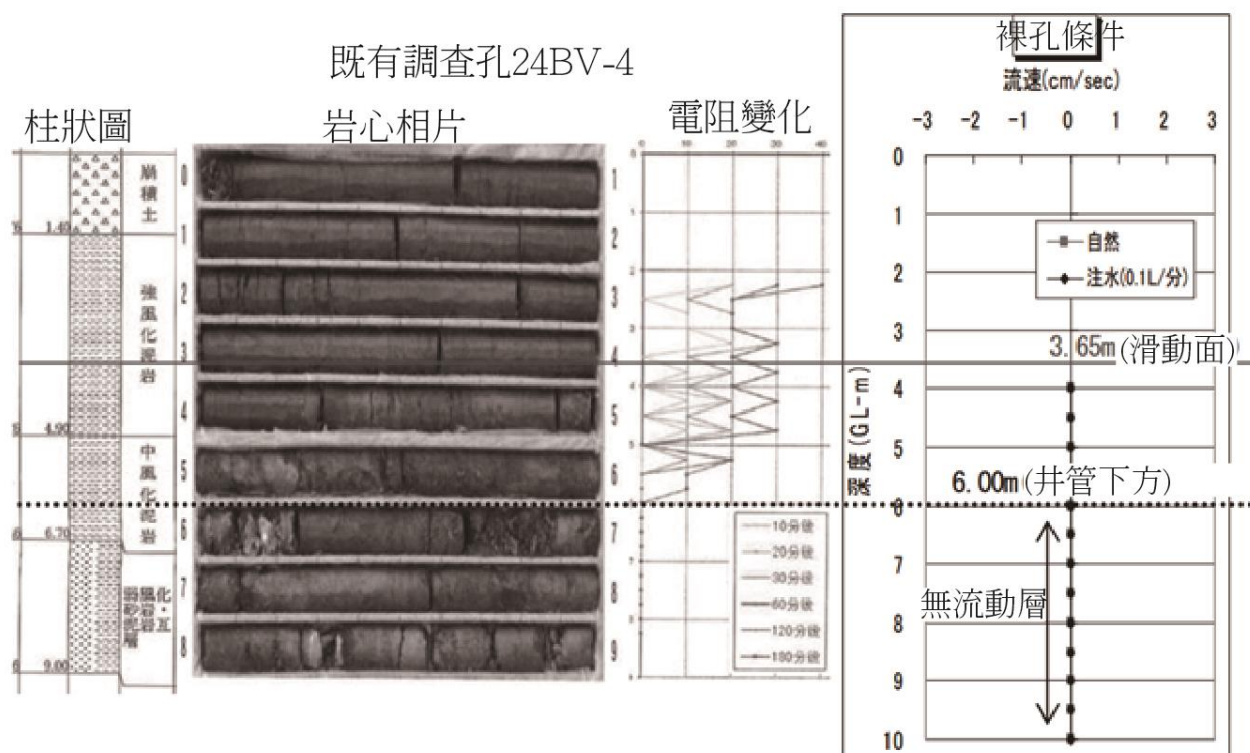


圖3.16 整合測定結果（柱狀圖等由千葉縣安房土木事務所提供資料）

3.4.5 淹坂地區

(1) 食鹽檢測（單點式）

①概要

在裸孔、地下水位 GL-26.9m 的條件下，用自然水位法測量 10 分鐘後，不再投入食鹽而改採抽水法來實施測量。

②結果

檢測結果如圖 3.17 所示。在自然水位法（10 分鐘測量後）未見地下水的流動。而抽水法，可見深度 45.00~45.25m 作為電阻值增加的高峰點，井管內的電阻值明顯增加。從井管下方附近流入地下水，表示井管內水位上升。在深度 45.5~47.0m，只觀察到些微的電阻值恢復。

隔天（1065 分鐘後），水位上升帶動整體電阻值也增加，高峰點則消失。之後，實施抽水時，前一天也同樣觀察到從深度 45.00~45.25m 流入的上升流，觀察到在深度 45.75~47.0m 的流動。

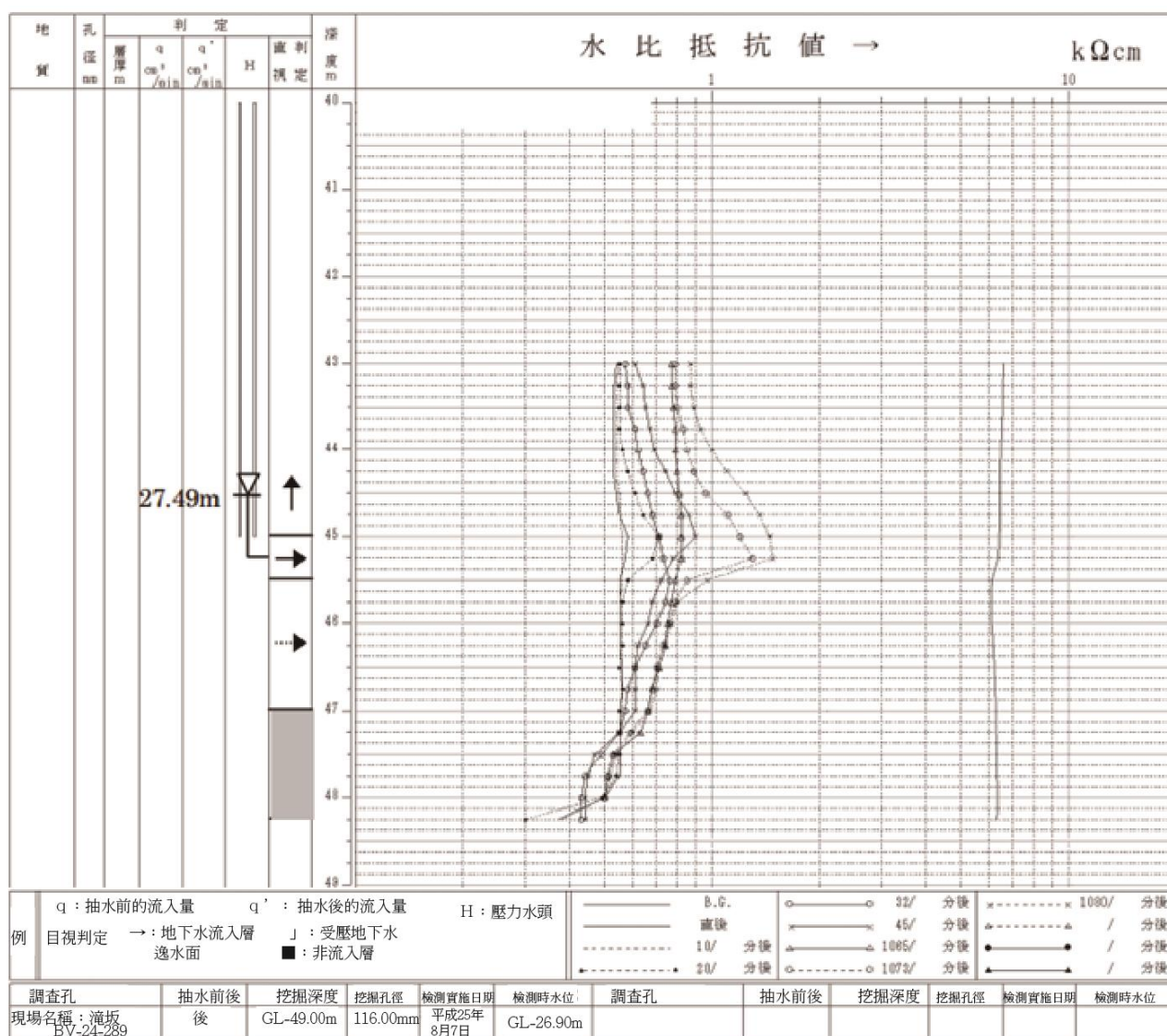


圖3.17 單點式食鹽檢測結果

由於深度 45.0~45.5m 的流入相當於井管的頂端，可能有從外套管區間流入的水，但無法斷定是不是帶水層。另外，深度 45.5~47.0m 的變化亦無優勢，無法確定是不是帶水層。

(2) 食鹽檢測（固定式）

①概要

在自然水位實施固定式食鹽檢測。測量時間以 0, 5, 10, 20, 30 分鐘。

②結果

檢測結果如圖 3.18 所示。在自然水位法的食鹽檢測當中，沒有明顯看見電阻值的恢復情形。

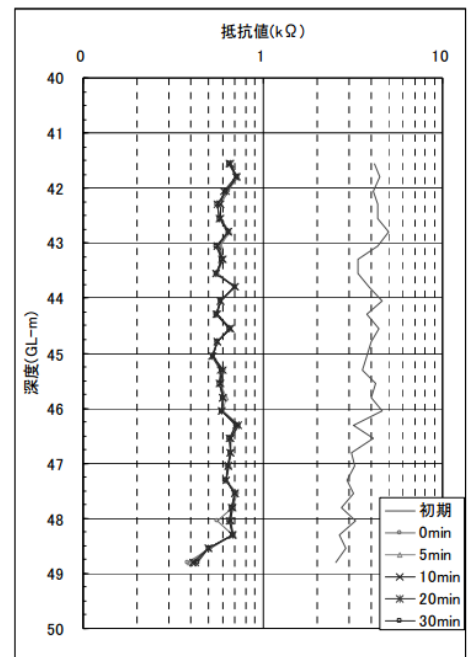


圖 3.18 固定式食鹽檢測結果

(3) 微流速測定

①概要

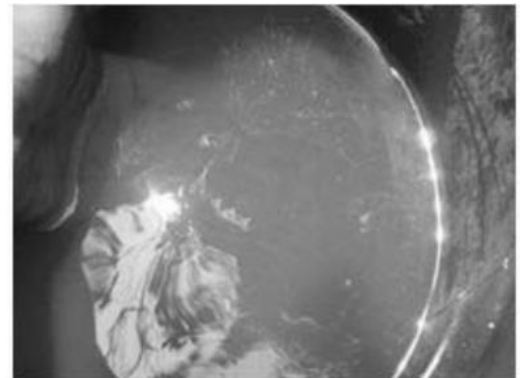
對象區域為強風化花崗岩（風化砂）分布，因預想是混濁水，使用傳統型微流速計。實施以裸孔自然條件、裸孔注水條件的兩個試驗，以深度 45.00~47.50mm 區間作為試驗區間。

②結果

在裸孔條件下，無法檢測出水流。

裸孔注水條件下，注入 20L/分的水，使孔內水上升 7.88m 的狀態下進行測定。該條件下，首次進行上下流判定後之測定，儘管注水條件沒有檢知到旋轉。當拉起探針時因為扇葉的旋轉變鈍，認為上下流判定的探針下降時，有土壤顆粒跑進去旋轉部。之後，拆解並清洗扇葉後可再試驗。

試驗的結果，井管下方 50cm 區間檢測出下降流，確認到地下水的流動層。從流速局部變快的情況，認為井管下方有一部分泥水。另外，兩個條件都試驗完成後拉起探針時，沒有發現什麼泥土等附著物在上面。



相片 3.6 孔內水的混濁狀況

試驗結果如圖 3.19 所示。在自然狀態沒確認到流速，確認到 20L/分的注水條件下產生下降流，在井管下方附近有泥水的狀況。相對於深度 44.5m 的流速有 2.2cm/s 的下降流 深度 44.85m 為 2.8cm/s 還比較快。因此，井管下方並非全面泥水，認為局部泥水使得水道變窄而流速上升。除去此局部增加的流速，從深度 44.75m 與 45.25m 附近的流速變化來算出透水系數，得到 $7.8 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 。

在微流速計的適用上，在意孔內水混濁的條件下，發現不要攪拌孔內水，測量後實施上下流的判定是比較好的。

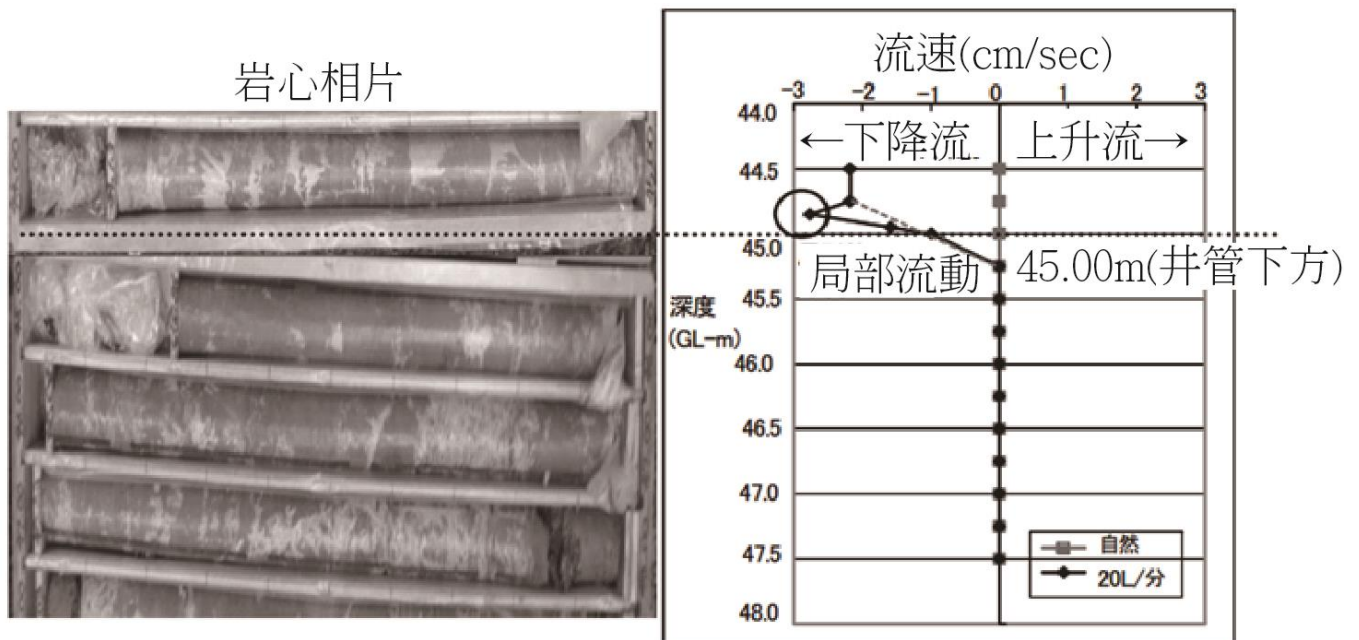


圖3.19 整理調查結果

(4) 流向流速測定結果

在滝坂地區新設的鑽探孔 (BV-24-289)，實施自然水位法及抽水法測定的流向流速結果如圖 3. 20 所示。在裸孔區間內深度 45.3~48.3m 的區間實施測定時，關於自然水位法測定的流向流速，確認到北北東往南南西向，0.36~0.65mm/s 的水流。測定結果的地下水流動方向與坡面（標高的高→低）方位角幾乎一致。

在抽水法的流向流速測定上，在其他抽水來檢測地下水發現變化的深度 45m 為中心，來測定深度 42.5~46.5m 的區間，確認到在深度 45m 附近有較大流速。但是，由於流向並不一致，認為上下流正在發生。

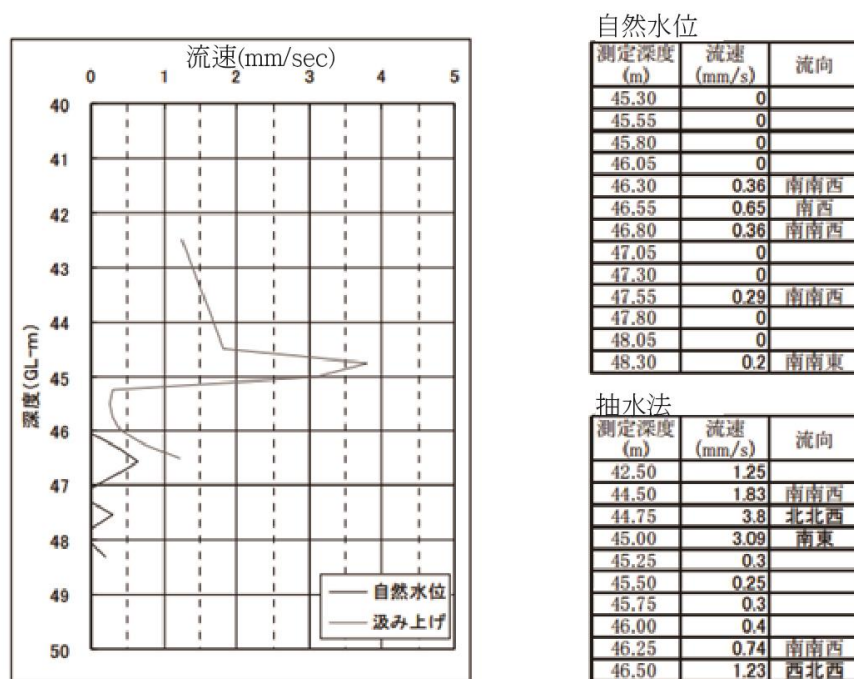


圖3.20 流速測定結果

(5) 平衡水位

為了驗證平衡水位的預測，平成 25 年 8 月 7 日~8 日在滝坂地滑區進行水位觀測，由於進行各種檢測後從平衡水位附近的水頭開始觀測，獲得水位變動達 3cm 之數值極端小的數據，而無法得到有效數據。因此，需調查對驗證水位預測時的水位條件並探討水位觀測的時間點。在滝坂地滑區觀測到的水位數據如圖 3.21 所示。

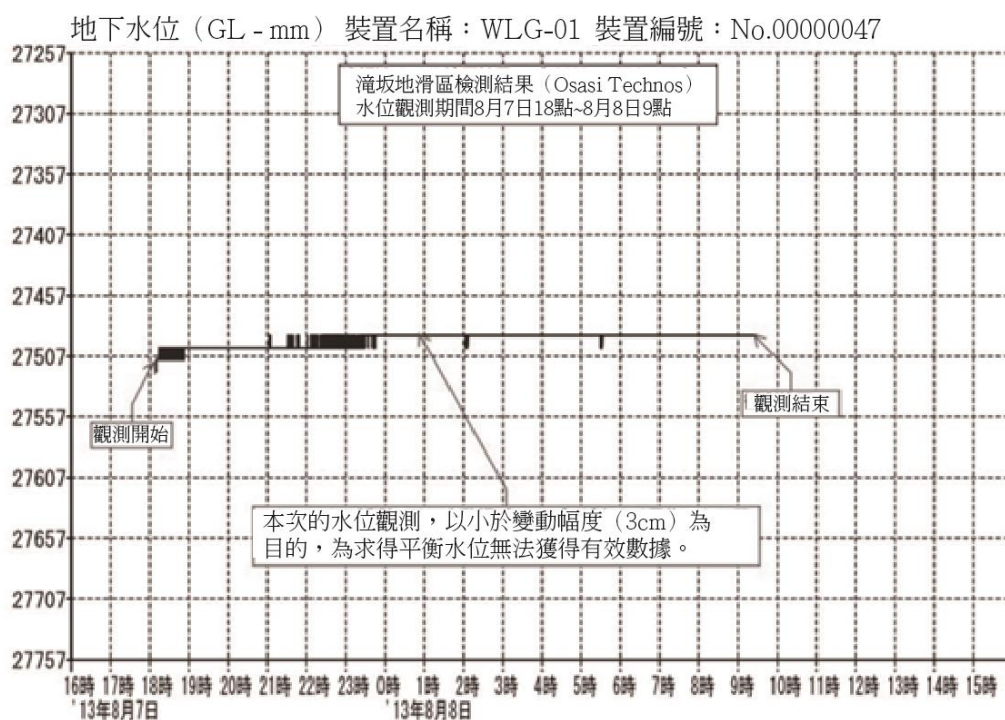


圖3.21 平衡水位的測量結果

3.4.6 總結

(1) 食鹽檢測（單點式）

① 食鹽檢測的有效性

在裸孔狀態的食鹽檢測，以自然水位法與抽水法，整合探勘日報之水位波動而獲得良好結果。在本次實驗的條件下，食鹽檢測被判斷為是有效的地下水檢測方法之一。

但是，只有自然水位法，在孔內水位達到平衡狀態時，無法判定是帶水層還是非透水層，因此為掌握水文地質的鉛直分布，需要與抽水法兼用。

由以上來看，為了掌握地下水流動，其他檢測法也和抽水法或注水法相同，需要強制讓水位有所變化。

② 外套管的影響

在食鹽檢測時有外套管的情況下，跟裸孔相較之下的地下水流動較為不明確。推測理由是因為外套管的內側跟外側很難調和成一樣的濃度。

如果讓外套管的開口率增加的話，預測影響是會變小，但本次試驗並非調查過濾開孔率的不同之處。

鑽探孔做最後的加工時，假設在回填砂石不夠確實的地方也會發生相同的現象。

(2) 微流速測定

在自然條件下，在 3 個地區當中有 2 個地區沒有檢測出流動層。主要原因，可能是試驗區間僅短短的 2.5m~5.5m，所以沒有碰到有水頭差異的兩個帶水層。另外，在注水條件下有檢測出兩個地區的流動層。在採取逐層式、試驗區間較短的條件實施微流速測定的情況下，了解到注水等強制讓水頭變化的方法會比較好。

在由比地區，因有無外套管而造成地下水流動層的檢測深度有些微不同。因此由於本地區的外套管條件是沒有與孔壁之間的隔離材料，所以認為孔壁與塑膠管間的縫隙會有水滲入。

在應用微流速計時，確認到在擔心孔內水混濁的條件下，事前先清洗孔內，同時在試驗前丟入沉澱劑，加上使用能拆解及清潔感應器的傳統型微流速測定器是最好的。再者，了解到不要攪拌孔內水，對於後續上下流的判定會比較好。

(3) 平衡水位

挖掘孔時的階段之中，為了能短時間得知平衡水位，從最初的 1 小時左右的地下水數據，用理論公式探討預測平衡時的水位。對於地下水數據，使用在由比地區取得的 5 次數據，以理論公式推測填土之類的沉積量，使用雙曲線法（坂田電機）與電容放電式（Osasi Technos）。因此，關於具有兩種理論式的數據，在平衡時實測的水位與理論水位差距保持在 10cm 以內，但應用在於所有數據時，就成了誤差很大的數據了。由於這次使用的數據的孔內地盤透水性良好，今後在透水性很差的地盤使用數據是需要檢討的。

(4) 流向流速測定結果

在滝坂地區的新設鑽探孔（BC-24-289）來測定自然水位及抽水法的流向流速的結果，在自然水位法的流向流速測定中確認水流，測定結果的地下水流動方向與坡面（標高的高→低）方位角幾乎一致。

引用文献

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.

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. 49-6 p35-41.

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.

申潤植(1989):地すべり工学 -理論と実践-, 山海堂, pp. 419-431.

武士俊也・杉本宏之・宇都忠和・本間宏樹・佐藤俊英・帆刈正敏・井藤嘉教・高澤忠司(2012):滝坂地すべりににおける高密度ステップ孔内試験実施による地下水状況の調査、第 51 回日本地すべり学会研究発表会講演集、p165-166.

菖蒲幸男・浅野日和明・松村大志(2013):志津地すべりでの高密度ステップ孔内試験、第 52 回日本地すべり学会研究発表会講演集、p175-176.

4. 調查滑動面附近的間隙水壓的方法

4.1 局部過濾孔的設置

4.1.1 間隙水壓的觀測方法之整理

觀測間隙水壓所得到的數據，用於執行下列地滑的機構解析、穩定解析、防治工程架構計畫等。

○解析地下水位波動與降雨或地層滑動間的對應關係（地滑機構解析）

○將間隙水壓作為穩定解析的輸入值（穩定解析）

○依據地下水的分布狀況，計畫地下水排除工程的配置（防治工程架構計畫）

○基於地下水排除工程施工後的間隙水壓與地滑位移量的變化來效果評估（防治工程的效果評估）

○評估地下水位波動與降雨或地層滑動間的對應關係（大致判斷）

為了準確地進行這些解析，需要用到恰當觀測到滑動面附近的間隙水壓。因此、當存在數個帶水層時，若能使用局部過濾孔或間隙水壓計來進行測量會較為理想。目前在地滑地區進行間隙水壓的觀測方法，主要有以下三種。

(1) 全面過濾孔

雖然利用全面過濾孔來觀測較為簡便，但若地滑土壤中存在數個帶水層時，由於會將數個帶水層合成起來視為一個單體進行觀測，如此一來便無法正確觀測到目標對象的帶水層間隙水壓。

(2) 局部過濾孔

使用局部過濾孔來觀測的優勢在於，即使在有數個帶水層或泥水層的情況下，將過濾器區間限制在目的深度，來觀測到滑動面附近的間隙水壓。

(3) 埋設型間隙水壓計

使用埋設型間隙水壓計的調查，具有可直接測量間隙水壓的優勢，但在測量區間上方需要有相當技術來設置成完全遮水的狀態，且若測量機器故障時還必須重新設置觀測孔（社團法人斜面防災對策技術協會 地滑觀測便覽編輯委員會、2012），在技術面與成本面上會有所困難。

基於這些觀測方法的特性，本共同研究將以局部過濾孔為核心作為觀測滑動面附近的間隙水壓之方法。

在本章節中，會展示局部過濾觀測孔的標準構造，並描述鑽探孔徑配合地盤狀況或水文地質的區分及選擇設置資材的方法。另外，設置局部過濾觀測孔時，為發揮各部位設定的機能，避免發生施工不慎或異常狀況，此處也會針對須注意到的地方進行解說。

在此以局部過濾觀測孔作為對象，而並非以全面過濾孔及管內傾斜計等變位測量並用孔作為對象。

4.1.2 局部過濾觀測孔的計畫

所謂透過局部過濾觀測孔觀測間隙水壓 是指以滑動面附近的帶水層的水頭高度作為滑動面的間隙水壓。因此，必須將過濾區間安裝在合適的位置。

在過濾區間的上方及下方，為了不讓其他帶水層的水滲漏就得確實做好止水。對於挖掘深度到滑動面的調查孔（過濾區間下方不會漏水的觀測孔），僅在過濾區間的上方進行止水處理。而貫穿滑動面的觀測孔的止水，則必須探討其上方與下方。

過濾區間及止水區間的設定之考慮方式如表 4.1 所示。

表 4.1 局部過濾區間及止水區間的設定

過濾區間	・過濾區間包含滑動面，或是位於正上方的帶水層區間。 ・滑動面周圍有數個帶水層時，如果那些含水層的水頭高度與滑動面附近的帶水層一樣高的話，也可以把它當作是包含了其過濾區間。但是，當帶水層之間有漏水層的話，或是有與滑動面正上方的帶水層水頭高度不同的帶水層時，則不包含在其中。
上方止水區間	・上方止水區間，即是過濾區間的上方，有非常厚的非透水層。
下方止水區間	・下方止水區間，即是挖掘比滑動面還深的孔，有比滑動面深的漏水層或水頭高度低的帶水層，擔心可能會漏水時而設置。 ・下方止水區間，即是過濾區間的下方，有非常厚的非透水層。 ・滑動面正下方有漏水層時，執行回填。

4.1.3 局部過濾觀測孔的標準構造及選擇設置素材

(1) 概要

局部過濾觀測孔是由盲管、止水材、隔間材及過濾材等設置素材所構成的，根據止水材的種類可分成三種標準構造。

根據地盤狀況或水文地質區分來選擇適合的設置素材。

(2) 局部過濾的標準構造

局部過濾觀測孔的標準構造如圖 4.1 所示。局部過濾觀測孔是由盲管、止水材、隔間材及過濾材等設置資材所構成的，根據止水材的種類可分成三種標準構造。第一種，是將吸水會膨脹的橡膠製止水材料纏繞在盲管上並插入孔內，透過地下水讓止水材膨脹的方式來止水。第二種，是盲管放入孔內後，從孔口將膨潤土材料從洞口丟入，透過地下水讓材料膨脹的方式來止水。第三種，是用包覆環包覆盲管並插入孔內，包覆環因水壓而膨脹使其與孔壁緊密結合來止水的方法。

不管哪種方法過去皆有實際案例 是根據挖掘孔徑或水文地質的鉛直分布調查狀況或局部過濾區間的檢討結果而選擇的。止水材的選擇方法細節於「(4) 止水材」描述。

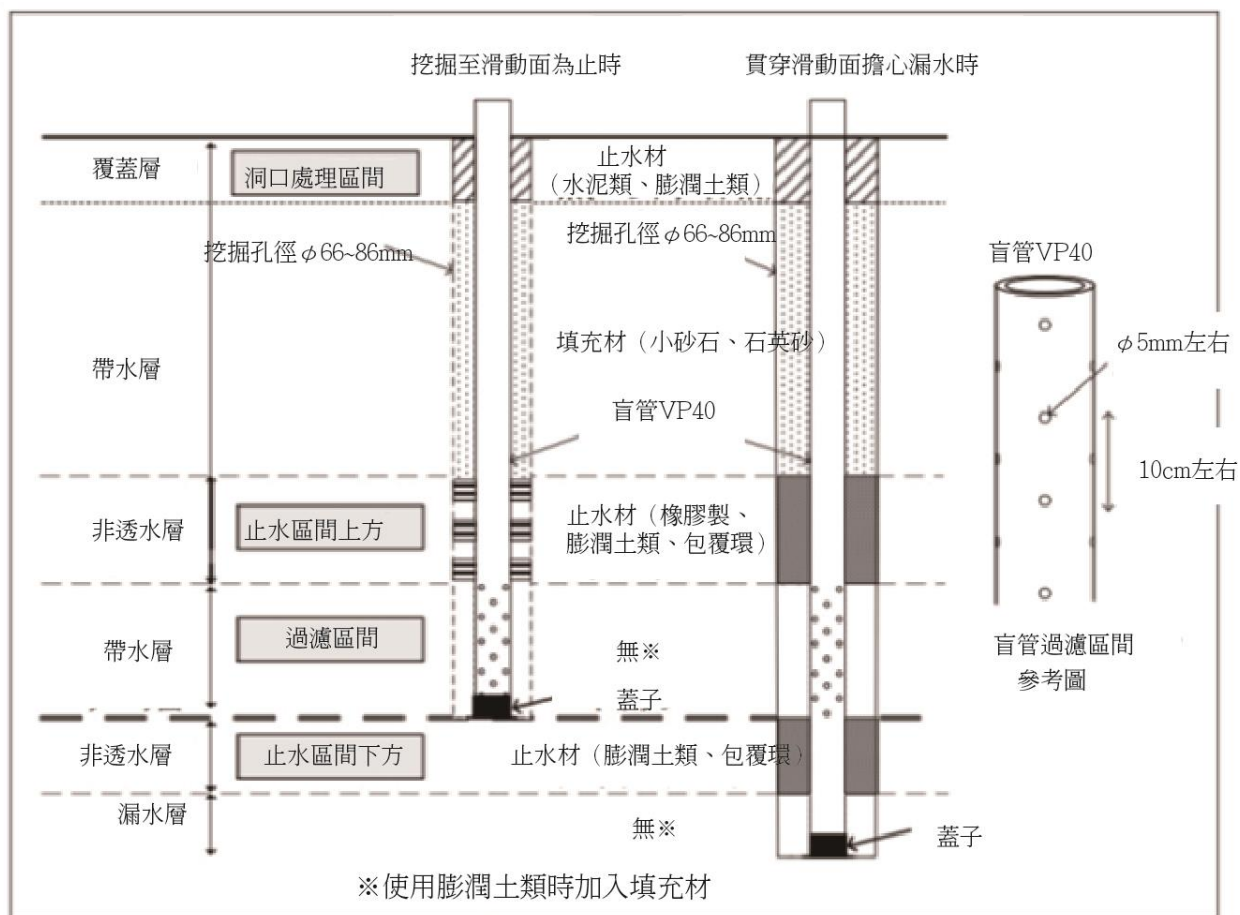


圖4.1 局部過濾的標準圖

(3) 鑽探的孔徑

標準挖掘孔徑為 $\phi 66 \sim 86\text{mm}$ ，所使用的盲管或連接方法、止水材的種類等需考慮後再決定。挖掘孔徑與盲管外徑間の間隙很小的話，在使用止水材或隔間材時造成阻塞或填充不良的風險較高，因此作業時需格外細心注意。

$\phi 66\text{mm}$ ：用 VP40 塑膠管以車牙連接，止水材使用橡膠製止水材或膨潤土時

$\phi 86\text{mm}$ ：用 VP40 塑膠管以接頭連接，止水材使用膨潤土顆粒時

用 VP50 塑膠管以扭轉連接，測定孔內微流速等插入內徑 50mm 以內的機器時
用 VP40 塑膠管以止水材使用包覆環時
一個孔內插入兩支 VP30 塑膠管，測量兩層帶水層的地下水位時 等等

(3) 盲管

盲管通常是使用塑膠管，盲管內外為了不妨礙水流的進出而施以過濾加工。塑膠管徑以 VP40 為標準 在進行檢測時會使用大一點的 VP50 為了觀測數個深度而設置數支塑膠管時則會使用 VP20~30。盲管的連接方式標準為車牙，挖掘孔徑有多餘空間時，則用接頭或套筒連接等方法。

使用車牙加工的塑膠管時，要格外注意管理深度。車牙加工的部分，需要考慮到塑膠管銜接時長度要縮短，並計算使用數量。並且，車牙加工不能有偏心也是很重要的。良好精密加工的塑膠管連接部（車牙部分）要有足夠的拉伸強度（圖 4.2）。以 VP40 來說，安全率就算達到 3，雖可承受 200m 左右長度的自身重量（即使抬起連接塑膠管的一端也不會斷裂），但如果是車牙加工的軸偏心時，就會造成設置作業時車牙部分斷裂。

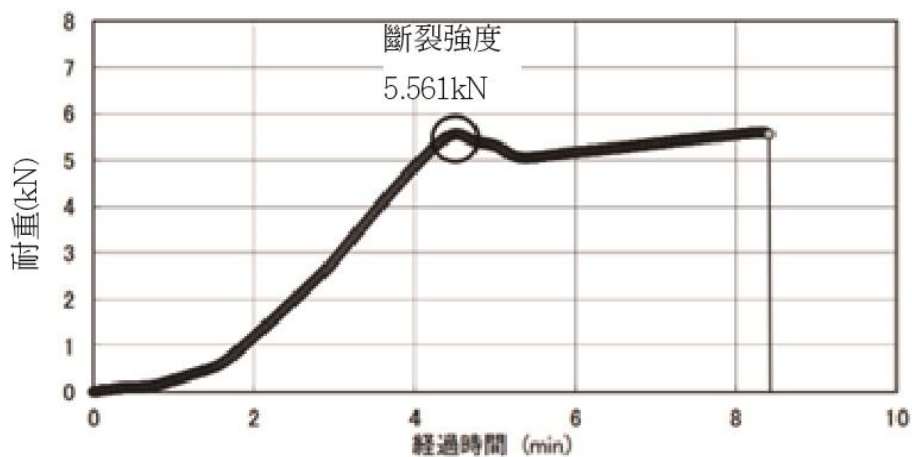


圖4.2 拉伸試驗結果案例 (VP40)

(4) 止水材

一般止水材的組合搭配如圖 4.4 所示。為了防止地表水從洞口流入 止水材使用水泥類（水泥漿、砂漿），膨潤土類（膨潤土、膨潤土顆粒）。在過濾區間上下的止水區間，則使用膨潤土類、橡膠製止水材、包覆環。此外，在上方的止水區間範圍不明確的狀況下，為希望能確實止水，有時會採用數種止水材料組合搭配。選擇止水區間的止水材之考量如下所示。

例)

膨潤土類：因非透水層不明確，盡量設置較長止水區間為佳之情況。挖掘孔徑與盲管之間的間隙無法完全確保的情況。

橡膠製止水材：有明確的非透水層，並且預測帶水層的地下水位不會比止水區間的還低的情況。

包覆環：有明確的非透水層，挖掘孔徑與盲管之間的間隙可完全確保的情況。預測帶水層的地下水位比止水區間的還低的情況。



圖4.3 橡膠製止水材

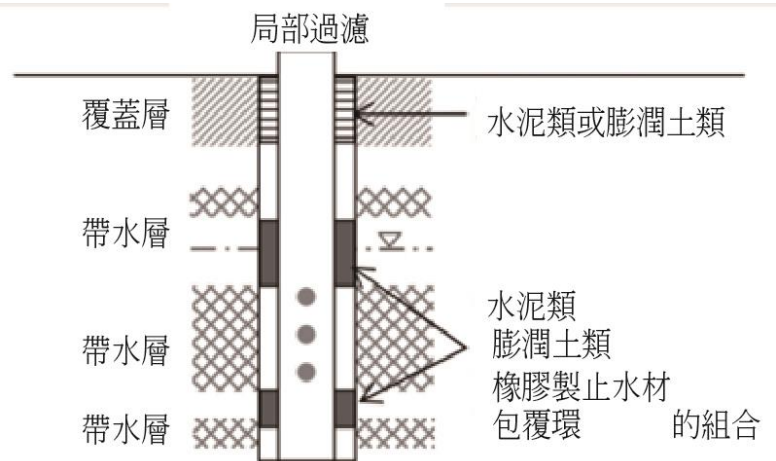


圖4.4 止水材的種類的組合（一般方法）

(5) 隔間材、過濾材

隔間材與過濾材的選擇，以同時具備不影響孔內外的水流動，以及要能有過濾效果（防止地層細顆粒或隔間材進入盲管內的效果）之組合為佳。根據過濾計畫區間的帶水層的岩心狀況，參考以下內容來進行判斷。

例)

細顆粒很少：隔間材使用小砂石或 2~3 號石英砂、過濾材使用防蟲網

細顆粒很多：隔間材使用沙子或 3~4 號石英砂、使用伸縮過濾或纖維過濾 等等

※6~8 號石英砂可能會影響地下水流而不使用

(6) 洞口處理

為了防止地表水或表層地下水滲入，有種方法是把塑膠管設在無孔區間，或是在塑膠管與地層間用水泥類或膨潤土類的止水材充填的方法。

為了保護塑膠管突出部分免於受到積雪等外力影響，有灌混凝土保護的方法、用孔徑較大的塑膠管或瓦斯管覆蓋的方法、以及埋設人工蓋或保護箱等之方法。

4.14 設置局部過濾觀測孔的注意要點

(1) 概要

在設置局部過濾觀測孔時，重要的是為了能確保觀測孔各部位都能發揮設定的機能，同時確認沒有施工不慎或異常狀況。在本章節，將說明鑽探孔徑的設定、設置前的黏土或漏水等孔內狀況的確認與處置、盲管的處理或止水材等各設置材料在使用上需留意的重點，同時說明設置後的作業，關於洞口的處理或孔內清潔以及確認水頭的高度。

(1) 設置前的孔內狀況的確認及處置

設置盲管前所計畫構造的觀測孔是否能設置，由以下項目來確認。

- ①因裸孔部分崩壞造成孔洞阻塞
- ②因黏土的堆積造成深度不足
- ③漏水等孔內狀況

在①的情況下插入岩心管重新挖掘，②用泵杆冠清洗孔內等，用鑽探機器來作業。孔壁崩塌不停止時，需探討插入外套管或設定預留挖掘區間等處置方式。

③則是當孔內水比滑動面還低的情形時所進行的處置，從挖掘中挖掘出比滑動面更深的漏水區間（漏水層）來判斷的情況（圖 4.5），為測量滑動面的間隙水壓而回填，使孔內水回復高度或是進行止水。回填則使用較濃稠的水泥漿、膨潤土、吸水膨脹性高分子材料（圖 4.6）。

(4) 盲管的處理

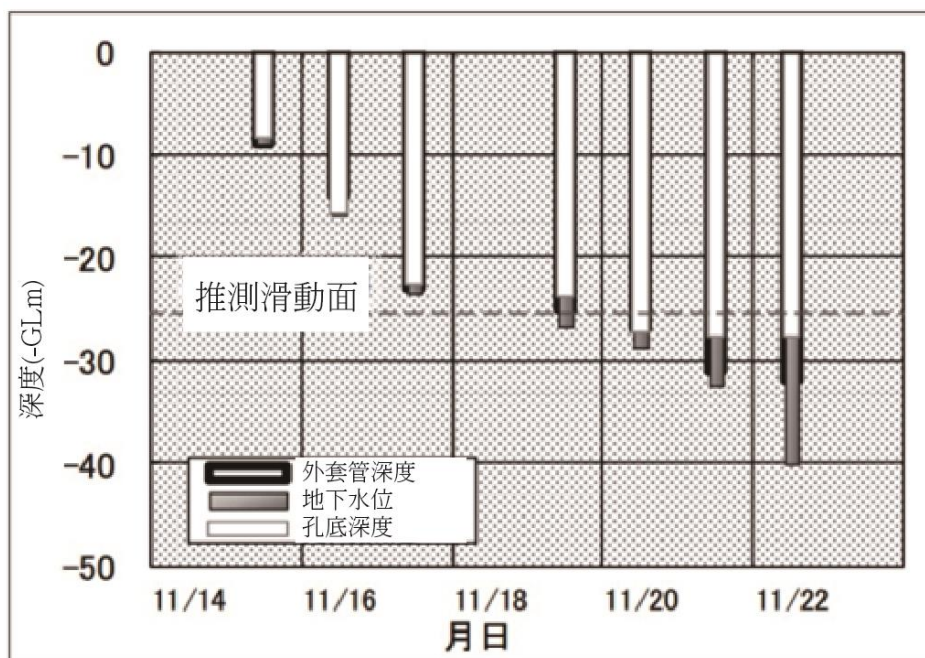


圖4.5 較滑動面深的孔內水下降的探勘作業日報

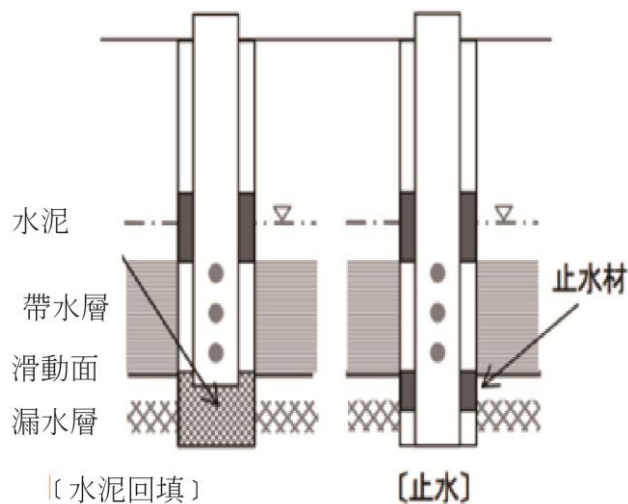


圖4.6 挖掘出滑動面下方的漏水層的處置方法

正常精度加工的塑膠管的車牙部 具有足夠的拉伸強度 但是車牙部在搬運中受衝擊等而破裂的話，車牙部斷裂恐怕會造成設置時可能發生掉落事故。特別是，要注意 VP30 以下的內牙部的厚度偏薄。車牙部的斷裂狀況如圖 4.7 所示。

當盲管搬運至鑽探作業場所時，要保護盲管兩端同時小心處理加上插入時要確認有無因搬運時的衝擊而造成的破損。



(5) 盲管的插入方法

設置深度較淺時的情況下可以手持的方式插入盲管。但是，要注意過濾區間纏繞的過濾材很滑。當深度較深時的情況下，為防止掉落，可使用塑膠管用的固定帶或使用吊掛夾具的方法，或是在孔底固定鋼索以吊掛的方法設置之。深度大概可分作，VP40 為 40m 時、VP50 為超過 30m 時（纏繞過濾材時）。另外，細鋼索（ $\phi 2\text{mm}$ 以下）由於容易糾結斷裂，所以不適合使用吊掛等方式。

(6) 止水材的設置方法

止水材包括：①預先設置在塑膠管的（橡膠製止水材、包覆環），和②設置盲管後才從洞口投入的（膨潤土、膨潤土顆粒）。

關於①的部分，預先將材料裝設至計畫深度的對應塑膠管上。為確保橡膠製止水材能充分發揮其止水性能，從盲管與孔壁的間隙或預設水頭來調整適合的包覆方式或層數。包覆環則是在加壓的情況下能確實與鑽探孔周圍或長度緊密接合。特別是，在深度較深的地方因止水部所承受的水壓較高而加長包覆環的區間。使用橡膠製止水材使得止水區間與插入外套管的區間重疊的話，插入塑膠管後要馬上抽出外套管，不要讓外套管內的橡膠止水材膨脹。

關於②的部分，為了讓設置盲管後從洞口投入材料達到計畫深度，同時使用觸針式水位計或測定棒等來確認沉澱狀況，避免產生過與不及。在使用膨潤土顆粒時，希望能取得確實的止水就必須在投入材料時要適切的夯實。

(7) 隔間材的充填方法

從洞口直接投入的方式為原則。為防止充填不良而須留意的幾點如下。

- ・灌水同時進行充填作業，用觸針式水位計或測定棒等來同時確認沉澱狀況設置之。
- ・用手搖晃塑膠管洞口同時，少量多次花點時間充填之。特別是使用沙子等較細的隔間材時，在孔內的水中需要花時間沉澱，所以為避免過度充填，對應方式則必須投入後每隔一段時間才能再次投入（圖 4.8）
- ・有插入外套管的情況下邊拔管邊重複充填（每 2~3 支為佳）。
- ・用管徑較細的塑膠管作為投入的管道，從孔底邊拉起邊充填會比較能夠確實充填（適用於深度 50m 以內）。

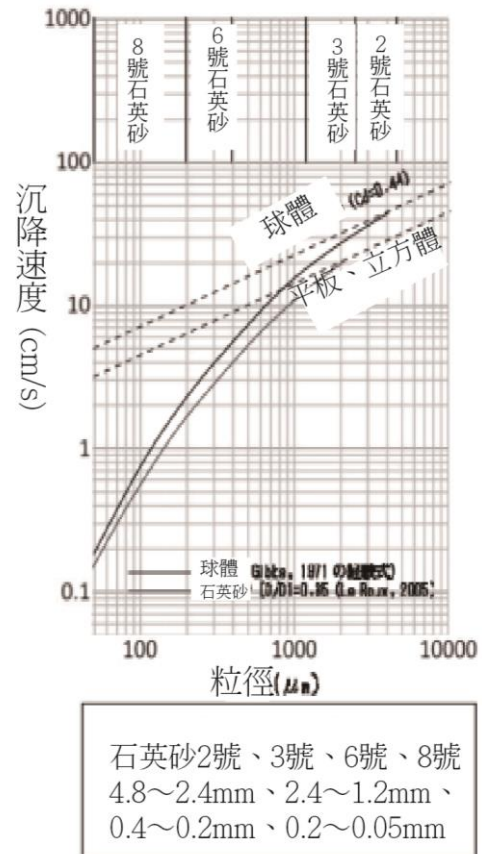


圖4.8 砂粒的粒徑與沉降速度的關係

(8) 其他

設置觀測孔後，要徹底清洗孔內防止堵塞。另外，將設置觀測孔後的地下水位與帶水層的調查時的水頭高度進行比較，來確認計畫中的局部過濾觀測孔是否正確設置。

4.2 塑膠管車牙部的拉伸試驗

(1) 目的

設置作為水位觀測孔盲管的氯乙烯管（以下稱為塑膠管）時，用吊掛設置的方法有時會發生車牙部斷裂的事故。因此，要掌握車牙部的拉伸強度，作為檢討斷裂事故原因的基本資料，並掌握在孔底用鋼索固定來補強吊掛之所需深度。

(2) 方法

針對 VP30、VP40 的塑膠管進行 3 組測試用管的拉伸試驗，掌握斷裂強度的平均值。之後，由塑膠管的重量吊掛，計算可設置的深度。

塑膠管的重量：VP30（1 支 4m）2168g、VP40（1 支 4m）3164g

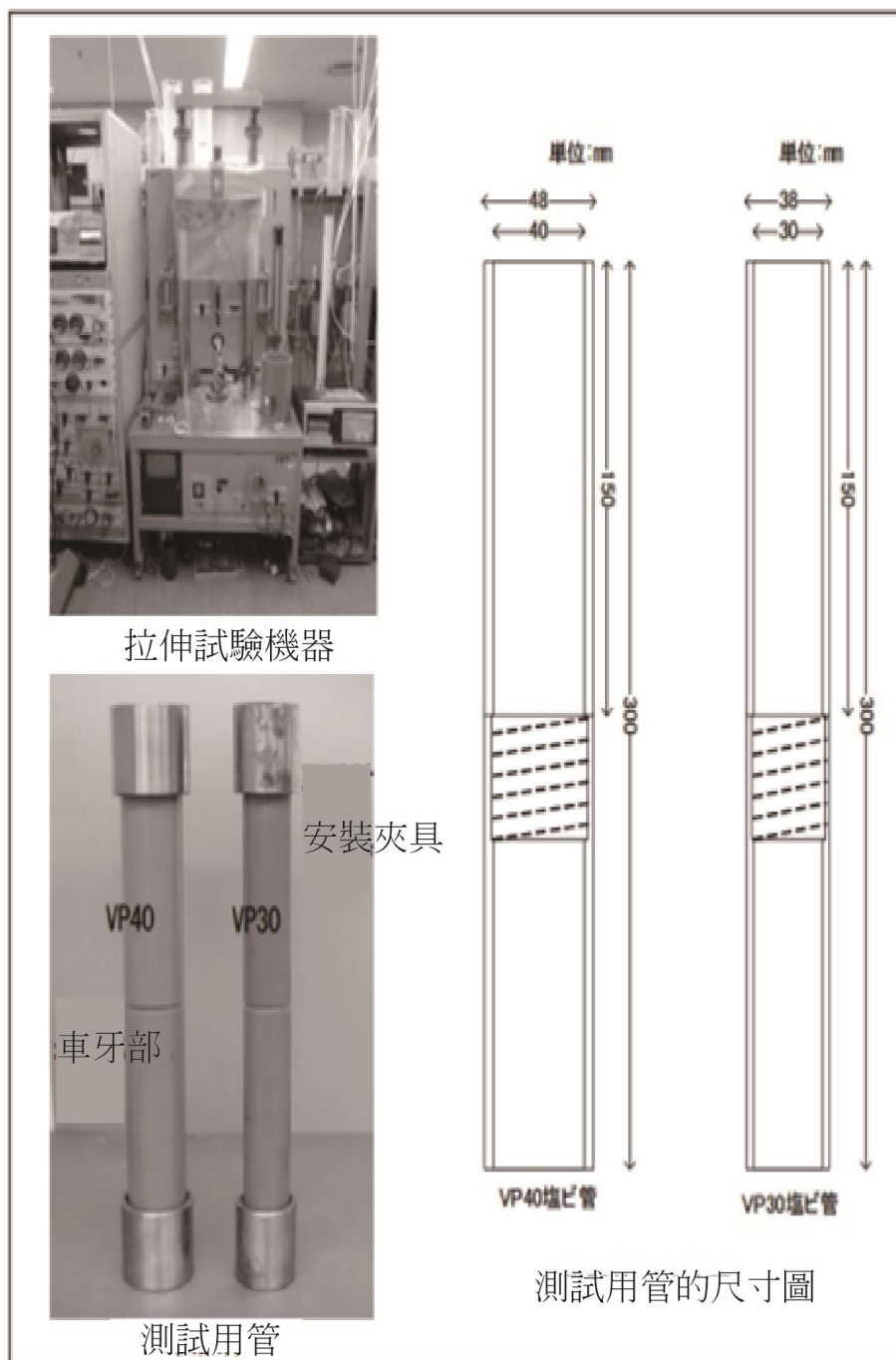


圖4.9 試驗機器與試驗用管

(3) 結果

VP30 的斷裂強度平均為 4.374kN(446kgf)、VP40 的斷裂強度平均為 5.768kN(588kgf)。關於破損部分，都是 VP30 的內牙根部與 VP40 的外牙根部。

單純計算可連接的塑膠管數量，VP30 約 200 支、VP40 約 185 支，並且已確認就算安裝過濾或包覆材等，車牙部分也具有足夠的強度。

以前，發生車牙部破損事故會認為是不正常加工或受衝擊破損等理由。因此，在說明文件等資料上皆需記載①車牙部有正常加工（中央無偏心）、②搬運時沒有所受到衝擊而破損的確認事項。從破損狀況來看，可以說塑膠管的口徑越小，內牙部分就越薄而容易破裂。

另外，設置時無法用手持來保持安全的深度（大約是用 VP40 超過 50m）時，則使用塑膠管的固定帶或使用吊掛夾具的方法，以及在孔底固定鋼索以吊掛的方法設置之。

表 4.1 引張試驗結果

供試体	破断強度(kN)		従来単位(kgf)	
VP30-1	4.243	4.374	432.7	446.1
VP30-2	4.876		497.2	
VP30-3	4.004		408.3	
VP40-1	5.561	5.768	567.1	588.2
VP40-2	5.564		567.4	
VP40-3	6.180		630.2	

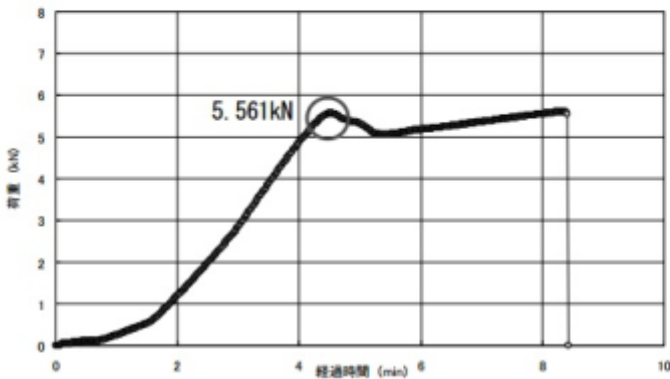


図 4.10 引張試験結果の例 (VP40)

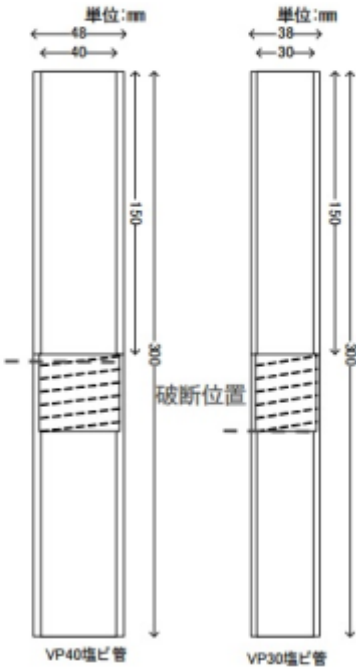
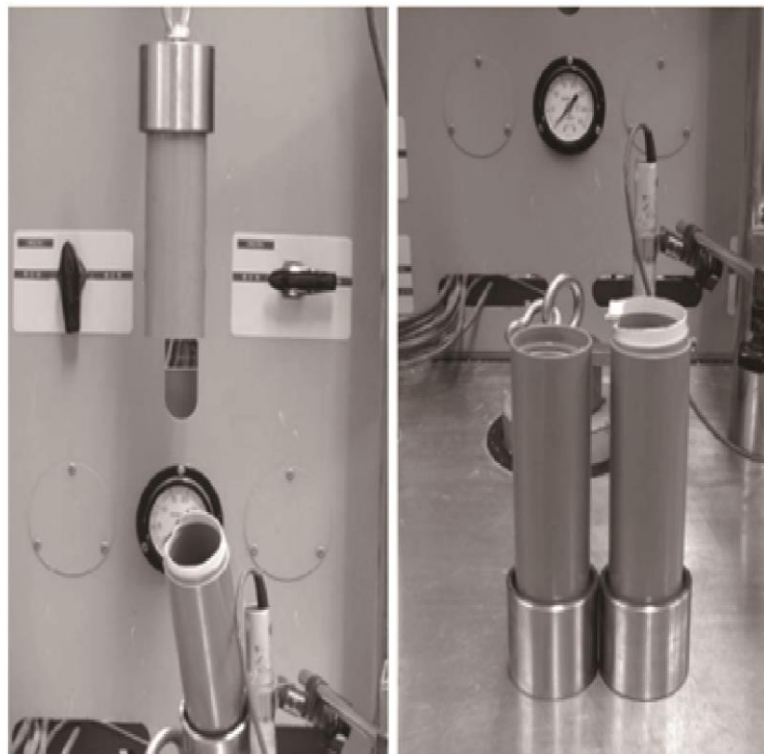


図 4.11 破断位置



拉伸試驗的斷裂後，內牙根部的斷裂（VP30-1）



拉伸試驗的斷裂後，內牙根部的斷裂（VP40-1）

圖4.12 試驗後的斷裂狀況照片

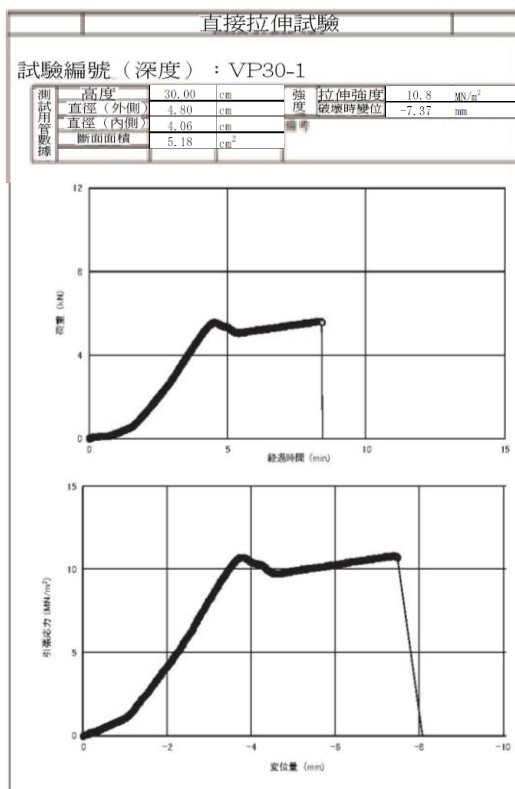
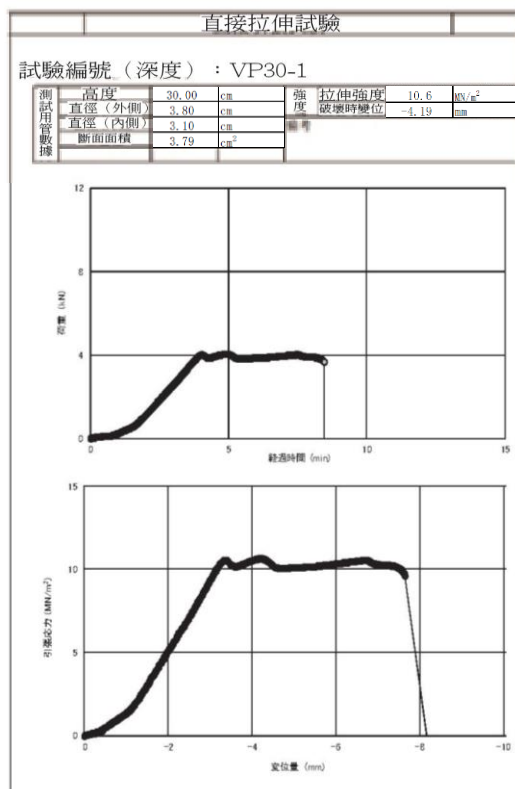
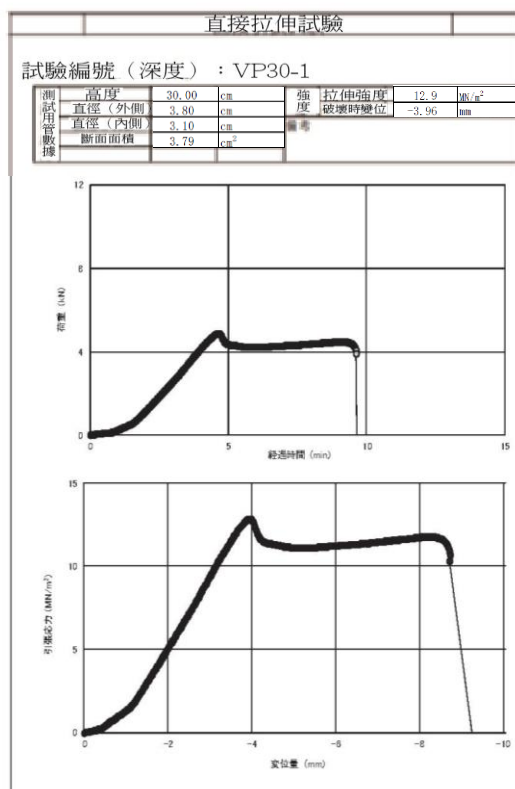
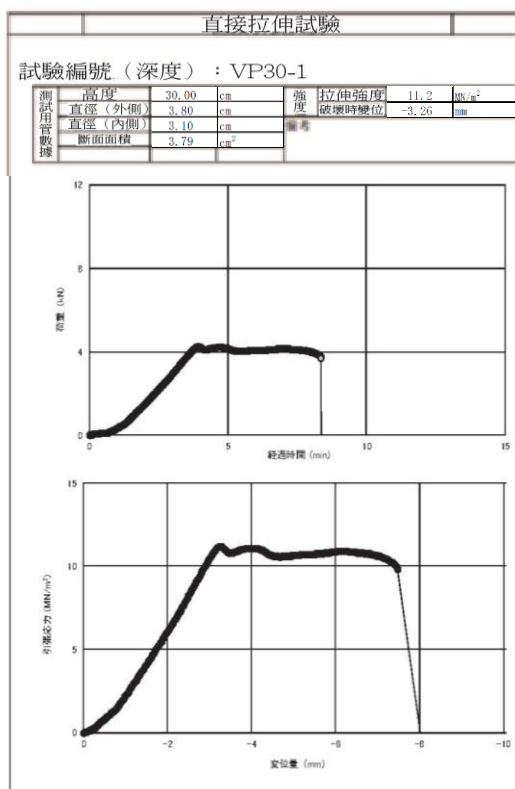


圖4.13 直接拉伸試驗結果

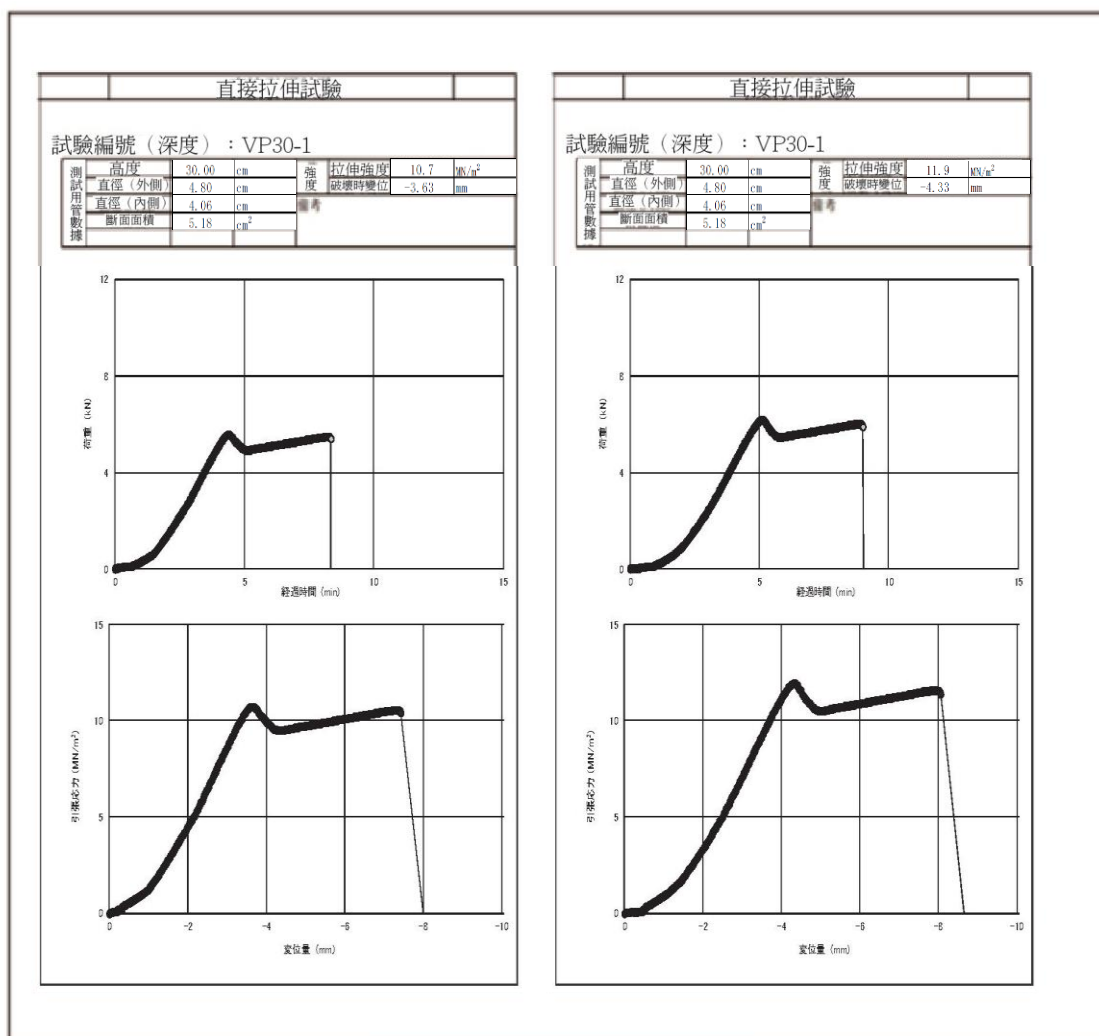


圖4.14 直接拉伸試驗結果

4.3 記錄的樣式化、設施清冊化

4.3.1 局部過濾孔及觀測儀器的檢查

關於地下水調查的實際情況與議題探討結果，其中一個課題，是發現決定過濾構造時的構想很多沒有留在報告書當中，當評估機構解析或防治工程的效果時，沒有可提供設置地下水觀測孔參考的相關資訊。為了解決此議題，設置時要記錄觀測孔或觀測機器的式樣，而且希望能在檢查時將結果紀錄下來並整理成清冊。關於這類設置、檢查清冊（草案），提出表 4.2 與表 4.3 之建議。

4.3.2 局部過濾孔的設置、檢查清冊（草案）

(1) 設置觀測孔時製作的表單

設置觀測孔時，要在清冊內記錄觀測孔的式樣、或決定樣式根據之鉛直水文地質調查概要圖、局部過濾孔構造圖等。各個項目的紀錄要領如下。

(1) 地區名／區域名

記載設置觀測孔的地滑地區的名稱及區域。

(2) 鑽探孔編號

記載設置觀測孔的鑽探孔編號（記號）。

(3) 設置年月日

記載設置觀測孔的年月日。

(4) 鑽探孔的經緯度

記載鑽探孔的經緯度。

(5) 設置業務名稱／承包者

記載設置觀測孔的業務名稱與承包者。如發生須調查設置時的詳細狀況時，可參考包含設置作業的業務報告書。

(6) 挖掘孔長度／挖掘孔口徑

記載設置觀測孔的鑽探孔，其挖掘長度與挖掘口徑。

(7) 鉛直水文地質調查概要圖及局部過濾孔構造圖

要貼上作為決定局部過濾孔的構造根據的鉛直水文地質調查總括圖及局部過濾孔構造圖。

(2) 檢查測量器及觀測孔時製作的表單

記錄設置觀測孔時的初次檢查與回收數據時的定期檢查之檢查結果。每一次的檢查都製作一張清冊，予以流水編號（表單編號）整理之。下列(1)～(4)項為基本項目、(5)～(7)項為回收數據時的實施項目、(8)～(11)項為當認為有異常時的實施項目、(12)～(17)項為設置（重新設置）水位

計時的實施項目。各個項目的紀錄要領如下。

(1) 地區名／區域名

記載設置觀測孔的地滑地區的名稱及區域。

(2) 鑽探孔編號

記載設置觀測孔的鑽探孔編號（記號）。

(3) 檢查年月日

記載檢查觀測孔的年月日。

(4) 檢查人員／所屬單位

記載檢查人員的姓名與所屬單位

(5) 由目視進行外觀確認

觀測機器（感應器、傳輸線、端子、記錄器）及保護裝備等，檢查有無發生腐蝕、破損、變形等異常，並記載其結果。如有「不良」、「其他」則將狀況記載於備考欄。

(6) 簡易動作試驗 1（與觸針式水位計比較）

為確認是否能測量出正確的水位，與觸針式水位計進行比較，並記載其結果。如有「不良」、「其他」則將狀況記載於備考欄。

(7) 簡易動作試驗 2（感應器上下移動時的迎合性）

為確認是否能測量出正確的水位，對感應器上下移動時的迎合性進行確認，並記載其結果。如有「不良」、「其他」則將狀況記載於備考欄。

(8) 確認孔底深度

為確認觀測孔的變形、閉塞狀況或地滑入孔內之狀況，要進行確認孔底深度，並記載其結果。如有「不良」、「其他」則將狀況記載於備考欄。

(9) 由 CCD 相機等目視確認內部

為確認觀測孔的變形、閉塞狀況或地滑入孔內之狀況，由 CCD 相機等進行目視確認內部，並記載其結果。如有「不良」、「其他」則將狀況記載於備考欄。

(10) 由揚水來確認水位回復的試驗

為確認過濾孔的網目，要進行揚水來確認水位回復的試驗，並記載其結果。如有「不良」、「其他」則將狀況記載於備考欄。

(11) 由檢測來確認流動層的試驗

為確認過濾孔的網目，要進行檢測來確認流動層的試驗，並記載其結果。如有「不良」、「其他」則將狀況記載於備考欄。

(12) 製造者／款式

記載水位計的製造者（製造商名稱）及款式。

(13) 測量間隔

記載水位數據的測量間隔（記錄間隔）。

(14) 數據最高累計期間

記載水位數據的最高累計期間。

(15) 係數／初始值

記載由製造者所指定的水位計之既有係數或初始值。

(16) 水位計設置深度

記載水位計設置深度。

引用文献

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.

Le Roux, J. P. (2005): Grains in motion: A review. *Sedimentary Geology*, 178, no. 3-4, pp.285-313.

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・

表 4.2 局部過濾孔的設置、檢查清冊（表 A）

局部過濾孔 設置、檢查清冊（表 A）	
表單編號：A —	
項目	內容
地區名／區域名	
鑽探孔編號	
設置年月日	
鑽探孔的經緯度	
設置業務名／承包者	
挖掘孔深／挖掘孔徑	
鉛直水文地質調查總括圖及局部過濾構造圖	

表 4.3 局部過濾孔的設置、檢查清冊（表 B）

局部過濾觀測孔 設置、檢查清冊（表 B）

表單編號：B—

項目		內容			
地區名／區域名					
鑽探孔編號					
檢查年月日					
檢查人員／所屬單位					
檢查日期	類別	檢查目的	檢查方法	檢查結果	備註
數據回收時	觀測機器、保護設備等	1. 觀測機器、保護設備等確認	由目視確認外觀（感應器、傳輸線、端子、記錄器、保護裝備等）	良好・不良・其他	
		2. 驗證測定值的信賴度	簡易動作試驗 1（與觸針式水位計比較）	良好・不良・其他	
			簡易動作試驗 2（感應器上下移動時的迎合性）	良好・不良・其他	
當認為有異常時	水位觀測孔	1. 確認觀測孔的變形、剪應力造成的閉塞狀況	確認孔底深度	良好・不良・其他	
		2. 確認地滑入觀測內之狀況	由 CCD 相機等目視確認內部	良好・不良・其他	
		3. 確認過濾孔的網目狀況	由揚水來確認水位回復的試驗	良好・不良・其他	
			由檢測來確認流動層的試驗	良好・不良・其他	
設置（重新設置時）	水位計式樣				備註
	製造者／款式				
	測量間隔				
	數據最高累計期間				
	係數／初始值				
	水位感應器設置深度				

（註：「不良」、「其他」則將狀況記載於備註欄。）

5. 地下水位的變動特性評估

5.1 檢討方法

地滑地區的地質、水文條件複雜，且存在數個帶水層或地層間之泥水層的案例並不少。因此，地滑地區的地下水觀測孔的設置，比起受到上述影響之全面過濾的觀測孔，能取得個別帶水層之地下水位的局部過濾的觀測孔被認為較為理想。

在此，在善德地滑地（德島縣），設置了全面過濾觀測孔、滑動面附近的局部過濾觀測孔、以及淺層局部觀測孔等，三孔設置位置靠近，使用觀測而得的數據，來分析反應降雨之特性，嘗試評估每一個觀測數據所捕捉到的地下水位的變動特性。此外，該結果已在平成 25 年度第 52 回日本地滑學會研究發表會中發表（杉本等、2013）。

要解析的地下水觀測孔，會設置在同一個地方且構造與深度相異的三個孔內（圖 5.1）。使用此觀測孔每小時間隔的觀測數據。另外，根據設置地下水觀測孔時的連續逐層孔內試驗（石田等、2012）之解析，可確認到有三層的帶水層。雨量則使用國土交通省的善德觀測所每小時雨量觀測值。分析期間為 2010 年 4 月～2011 年 11 月。有效降雨的分析（海野等、2008），以迴歸解析當中，相關度最高的半衰期及延遲時間來計算有效降雨量。

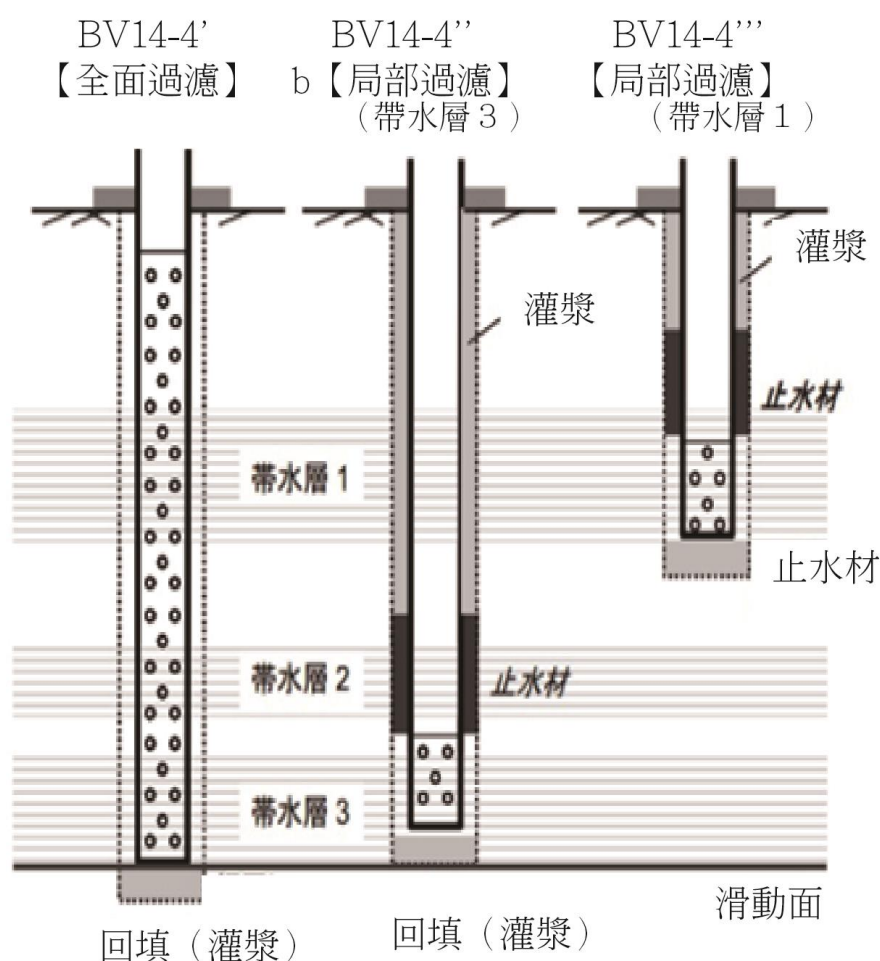


圖5.1 地下水觀測孔的模式圖

5.2 解析結果

從實效雨量的解析結果來看，各孔當中相關度最高的半衰期如表 5.1 所示。

表 5.1 解析實效雨量時的地下水位半衰期

孔編號		BV14-4'	BV14-4''	BV14-4'''
觀測孔樣式		全面過濾	局部過濾 (滑動面附近)	局部過濾 (淺層地下水)
集水井施工 前	半衰期	10 年	43.75 天	24 小時
	相關係數	0.705	0.861	0.803

BV14-4' (全面過濾觀測孔)，其水位波動幅度非常小，在觀測期間，幾乎維持一定的水位。認為原因是由於是數個帶水層的合成水位，加上也有從泥水層流出的原因所引起的（石田等、2012）。根據解析結果，半衰期為相當長的 10 年，對於降雨的反應不明確。認為並不適合作為用在穩定解析或防治工程的效果判定的地下水位。

BV14-4'' (針對帶水層 3 的地下水位作為對象的局部過濾觀測孔)，可確認到每次的降雨所對應到的水位波動，實效雨量與水位波動的相關性良好。此外，半衰期有 43.75 天，與後面說明的 BV14-4''' 相比較下，認為較能重現深層地下水的長期波動。

BV14-4''' (針對帶水層 1 的地下水位作為對象的局部過濾觀測孔)，可確認到每次的降雨所對應到的水位波動，實效雨量與水位波動的相關性良好。半衰期為 24 小時，認為較能重現淺層地下水的長期波動。

5.3 總結

對於不同構造、深度的觀測孔的地下水位數據，進行的反應降雨特性分析、以及評估每個地下水變動特性。透過每個數據特性的比較，由局部過濾的觀測孔與全面過濾的觀測孔相比，對於評估對象含水層的地下水位，判斷能取得其良好的變動特性。

6. 地下水調查、觀測的標準化

6.1 共同研究成果之總結

共同研究所得到的主要成果以下總結。

由問卷調查進行，掌握地下水調查與觀測實際狀態和議題分析，獲得以下成果（第2章）。

①現在，多數現場仍然採用全面過濾孔，從問卷調查結果已確定。多數技術人員能理解局部過濾孔的有效性，但實施案例卻很少。

②進行探勘日報的解析或地下水檢測，發現調查結果並未應用於決定地下水觀測孔的過濾區間或構造上。

③很少有局部過濾孔的構造或設置之相關具體方法的整體文件，現況都是仰賴實施調查的各個技術人員的經驗或判斷。為了使採取局部過濾孔之地下水觀測技術普及化，需整理相關調查方法或設置方法，並使其標準化。

④很多決定地下水觀測孔的過濾構造的構想，並沒有留存在報告書內。當進行評估機構解析或防治工程的效果時，為了要解釋所觀測的地下水位，就必須要有設置地下水觀測孔的相關資訊。為此，相當重要的是要使記錄格式化，以及整備設施清冊。特別是紀錄過濾設置的方法或其構想，並可活用於下一個觀測孔設置及觀測水位的適當性檢驗、以及驗證防治工程的效果。

檢討由鑽探孔掌握地下水的方法，獲得以下成果（第3章）。

①由連續逐層孔內試驗（解析探勘日報、地下水檢測），建議水文地質調查（調查有無地下水、地盤的透水性狀況）與局部過濾孔的設置在同一孔進行之方法。由於連續逐層孔內試驗在裸孔區間進行孔內試驗，因此可以捕捉到地下水的流動。此外，由於連續逐層孔內試驗在挖掘過程中實施，挖掘推進完成後如能具體指出滑動面，則可設置局部過濾孔。

②為了提高分析探勘日報與地下水檢測中帶水層的檢測精度，建議同時採用自然水位狀態與抽水狀態之量測。同時採用自然水位與抽水時的量測的話，劣勢的流動層或地下水就算位於平衡狀態，也能檢測出良好的流動層數據。

③為檢討局部過濾構造，建議單純化的水文地質分區，基於水文地質分區來表現局部過濾構造的計畫方式。

檢討滑動面附近的間隙水壓的調查方法，獲得以下成果（第4章）。

①整理出局部過濾觀測孔的標準構造及盲管、止水材、隔間材及過濾材等設置資材的選擇考慮方法。

②設置局部過濾觀測孔時須留意的地方，在於選擇鑽探的孔徑、確認及處理設置前的黏土或漏水等孔內狀況、整理出盲管的處理方式或止水材等各設置資材在使用上須留意的地方。

③設置時要記錄觀測孔或觀測機器的樣式，並且，最好在檢查後將結果紀錄於清冊並整理，提出設置及檢查清冊（草案）。

探討使用在穩定解析或評估地下水排除工程效果的地下水資料，獲得以下成果（第5章）。

○以構造、深度不同的觀測孔之地下水位數據，進行反應降雨分析，評估對個別的地下水變動特

性。比較個別的特性方面，在局部過濾的觀測孔與全面過濾的觀測孔相較之下，對於評估對象含水層的地下水位，判斷可取得其良好的變動特性。

6.2 製作「透過局部過濾孔觀測間隙水壓的導覽（草案）」

基於前一個章節的總結成果，製作出「透過局部過濾孔觀測間隙水壓的指南（草案）」（附錄資料 1）。在此指南當中，為普及以局部過濾孔觀測間隙水壓，為計畫局部過濾孔而提案的標準調查、計畫方法同時，提出設置觀測孔的相關留意重點。在導覽本文當中，為了能便於掌握設置時必所需要的調查與設置方法的整體概觀，僅記述其要點。在現場的計畫、設置等相關詳細方法，則記述於解說資料當中。

在共同研究裡整理出來的議題當中，也有目前難以解決的部分。透過局部過濾孔觀測間隙水壓的案例來累積將來的解決能力是很重要的。

謝辭 在進行本研究時，得到由國土交通省直轄地滑擔當事務所、各縣市、一般社團法人全國地質調查協會聯合會及企業會員、一般社團法人斜面防災對策技術協會及企業會員、掌握地下水調查觀測的實際狀態所做的問卷調查等協助。以及，也得到了北陸地方整備局阿賀野川河川事務所、中部地方整備局富士砂防事務所、四國地方整備局四國山地砂防事務所、千葉縣現場調查等相關協助。非常感謝所有提供協助的單位。

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2018

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。