

建築物基礎施工災害監測系統
配置基準之研究

內政部建築研究所協同研究報告
中華民國九十七年十二月

建築物基礎施工災害監測系統 配置基準之研究

研究人員：陳建忠 陳正興
黃俊鴻 吳文隆
郭晉榮 何應璋
簡茂洲

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國九十七年十二月

MINISTRY OF THE INTERIOR
ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE

Guidelines of Monitoring System for
Foundation Construction of Buildings

BY

CHIEN-JUNG CHEN

CHEHG-HSING CHEN

JIN-HUNG HWANG

WEN-LUNG WU

CHIN-JUNG KUO

ING-TSANG HOE

MAO-CHOU CHIEN

Dec. 2008

目次

表次	I
圖次	I
摘要	III
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二章 研究方法與進度	3
第一節 文獻回顧	3
第二節 國內監測系統現況	5
第三節 研究方法	7
第四節 研究進度	10
第三章 研究成果	11
第四章 結論與建議	17
第一節 結論	17
第二節 建議	19
參考書目	21
附錄一 「期初審查意見及處理情形」	23
附錄二 「期中審查意見及處理情形」	25
附錄三 「期末審查意見及處理情形」	28
附錄四 「第一次座談會會議紀錄」	31
附錄五 「第二次座談會會議紀錄」	33
附錄六 「第三次座談會會議紀錄」	35
附冊	
「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」	

表次

表 2-1 國內監測系統常見缺失 ····· 6

圖次

圖 2-1 研究流程與步驟 ····· 9
圖 3-1 監測計畫之規劃流程 ····· 14
圖 3-2 水壓計裝設圖 ····· 14
圖 3-3 參考範例一之開挖安全監測系統平面配置 ····· 15
圖 3-4 參考範例二之開挖安全監測系統平面配置 ····· 16

摘 要

關鍵詞：建築基礎開挖、施工災害、監測系統、配置準則

一、研究緣起

台灣近年來經濟發展快速，都會化程度逐漸提高，現今台灣為一高密度都會化國家，高層建築物即應運而生，隨高層建築物數量之增加，建築物基礎施工意外災變頻傳。建築物基礎施工過程當中常因工程技術、地質水文、人為因素而導致災害發生，然而因一般建築工地與既有建築物之距離往往相當接近，新建工地中若發生災害常常波及周圍建築物，致使損鄰事件層出不窮，不僅造成人民生命財產之損失與工程延宕，而社會成本之損失亦難以估算。降低施工災害之重要方法，除提升設計與施工水準外，在施工過程中若進行監測，則可及早發現問題，有效降低建築物基礎施工災害之發生。

二、研究方法及過程

然現有有關建築物基礎施工監測之規定並未有相關規範訂定，而民國90年內政部營建署頒布之「建築物基礎構造設計規範」中，有關監測之規定僅有監測儀器之建議監測頻率，而有關儀器佈設、精度要求、數據研判解讀，均未有明確之規定或相關案例之解說。有鑑於此，本計畫擬針對有效防制建築物基礎施工災害所需之監測系統標準進行研擬。

有鑑於此，本計畫擬針對有效防制建築物基礎施工災害所需之監測系統標準進行研擬，研究對象包括儀器種類、數量、配置原則與位置、及監測數據判讀等，所研擬之監測儀器項目包括傾度管、傾度盤、水壓計及水位觀測井、土壓計、隆起桿、應變計、沉陷觀測釘、裂縫觀測計、鋼筋計、荷重計等，主要工作項目包括：

1. 研擬各類工程最低監測儀器佈設數量及位置之準則
2. 研擬各項監測儀器監測資料判讀之標準

3. 研擬各項監測儀器之監測頻率及管理值

三、研究成果

本研究之主要工作為編撰「建築物基礎施工災害大地監測作業準則」，已完成準則內容共包含六章，分別為：

第一章 總則

第二章 監測系統之規劃與配置

第三章 監測儀器

第四章 儀器安裝與檢驗

第五章 監測作業與管理

第六章 監測系統配置範例

本研究所完成之「建築物基礎施工災害大地監測作業準則」，架構完整，內容充實，各章內容包含條列式的條文與敘述式的解說：條文部分定義各項基本規定，力求簡單清晰，使使用者易於掌握基本原則；解說部分則係針對各條文之意義作說明，以及使用時應特別注意之事項等，使使用者能確實掌握執行監測作業之要領，達成監測作業之目的。

四、主要建議事項

- (一) 辦理教育推廣工作，將本研究所編撰之「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」分送相關之政府及事業主管機關，供工程人員參考使用，並舉辦研討會或講習班，推廣本大地監測作業準則，以提升基礎工程之施工水準，以減少施工所產生之災害。
- (二) 設立資訊網站，將「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」上網公布於建築研究所之公共網站，供各界查詢使用，並設立討論專區，蒐集回饋意見，作為後續修正與增補內容時參考使用。
- (三) 設立施工監測資料庫，蒐集國內基礎開挖之監測案例，加以整理與分析，可提供作為未來工程之參考，促使基礎工程施工之進步，達到減災之目的。

ABSTRACT

Keywords: Foundation excavation, constructional disaster, monitoring system, guidelines.

Taiwan is highly populated with very dense building constructions in the urban areas. In recent years, a lot of building damages or even disasters have been reported due to adjacent constructional works, in particular during the deep excavations of foundation construction. To prevent the losses of construction-induced damages, the use of monitoring system during the constructional stages is very helpful. The data properly-recorded can be used for constructional managements, as the bases for warning system, retrofitting, or emergency response. However, most of the monitoring systems used in practices were not effective because of poor-arrangements or poorly-operated. It is therefore indeed to have a general guideline or specification that can be adopted to establish the monitoring system during foundation constructions.

In order to mitigate the damages and disasters induced by the foundation constructions, the Architecture and Building Research Institute (ABRI), Ministry of the Interior, initialized and conducted this study in 2008 to establish the guidelines of monitoring system for foundation construction of buildings. The Guidelines proposed in this study include six chapters as listed below:

- Chapter 1 Generals
- Chapter 2 Planning and Arrangement of Monitoring System
- Chapter 3 Instruments of Monitoring System
- Chapter 4 Installation and Verification
- Chapter 5 Operation and Management

Chapter 6 Examples of Setting Monitoring System

The contents of this guideline are very complete. It contains the detailed items from the planning, instruments, installation and managements. For each item, commentary as well as associated figure and table are provided for reference. It is proposed to distribute the guidelines to corresponding organizations and societies for practical use. Besides, it is also proposed to publish this guideline on ABRI website for public reference.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

國內之基礎工程監測系統，於近年來公共工程相關規範之推動下，針對各項基礎工程之監測系統，已累積不少相關之工程經驗，而其監測之範圍亦已從初期之施工過程之監測作業，延伸為包含開工前之調查與完工後之營運維護作業。監測所使用之方式，亦由傳統之人工測讀紀錄方式，逐漸轉為自動化監測並配合資料庫分析之方式，甚至針對偏遠地區，亦開始出現無線自動化測讀模組之相關案例。

國內有關監測部份之儀器及施工規範，主要係以美、日兩國之相關規範或學、協會之準則、便覽或手冊等為參考依據。由於各公共工程如捷運系統、水庫或鐵路隧道等所引用之規範不同，常有儀器名稱、安全管理值及安裝方式等各自表述之現象，嚴格說目前國內並無一致性之標準，主要仍由承包商依據施工規範規定與需求擬訂提出相關之施工計畫，使得監測系統之施工、監造及查核過程，常無法發揮應有之機制，由於監測儀器及作業方式無法及時獲得有效之監測資料，並及時作適當之判讀與研析，故無法達到監測之目的，導致對監控品質與安全之確保，產生莫大之不良影響。

內政部營建署 90 年頒布之「建築物基礎構造設計規範」中，有關建築物基礎施工監測方面，僅在第八章中有 8.10 開挖安全監測一節，其內容僅有原則性之規定，包含目的、規劃原則、監測項目、配置原則與監測頻率；而內政部建築研究所發行之「基礎工程施工參考規範與解說」中，有關建築物基礎施工監測方面，僅在第二章中有 2.2.14 施工安全監測一節，其內容亦僅有原則性之規定：兩規範對於儀器佈設、精度要求、數據研判解讀，均未有較為明確之規定或相關案例之解說。有鑑於此，內政部建築研究所（以下簡稱建研所）乃於今年度推動本計畫，希能改善及落實監測系統之設置，本研究將針對目前國內基礎開挖常用之監測儀器及實際之施工

建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究

案例，並參考國內外之設計施工手冊、規範等，擬定開挖監測系統之配置基準，以供建築物基礎開挖監測系統佈設時參考使用，使所佈設之監測系統能有效發揮監測之功用，達到監測之目的，以降低施工災害及損鄰事件。

本研究之主要目的即在於訂定基礎開挖監測系統之配置基準、監測儀器之觀測頻率及管理值等。基於此目的，可將本研究的主要目標列示如下三項：

1. 研擬各類工程最低監測儀器佈設數量及位置之基準
2. 研擬各項監測儀器監測資料之判讀標準
3. 研擬各項監測儀器之監測頻率及管理值

第二章 研究方法與進度

第一節 文獻回顧

監測系統於大地基礎工程之應用相當廣泛，舉凡建築、橋梁、邊坡穩定、隧道、水庫、道路、整地等，其使用之目的係利用適當之量測裝置，監測各工址大地基礎工程之相關行為，藉以避免或及早發覺潛在之工程問題，以協助維護工程安全及鄰近結構物之功能。安全監測工作之執行除有助於瞭解工程施工導致之變化外，並可於必要時作為應變或補強措施之依據。

國內工程於各類監測系統之建立無一定之標準配置 且大多缺乏有效，之維護管理與判讀運用，因此雖然大部分的工程均設有施工監測系統，但往往無法對施工影響範圍內之地盤及鄰近結構物提供有效警示，致相關單位於施工期間或施工後無法提供與掌握工地確實之應力或變位行為(如地下水水位、地層變位、結構物變位、土壤與結構互制行為等)而衍生或肇致工程災損，失去設置監測系統之目的。

國內外有關施工監測方面的文獻資料相當多 可作為本研究擬訂配置，基準之基本參考資料。故本研究首先將廣泛蒐集有關基礎工程監測系統規劃配置及管理基準作業之相關研究報告、手冊、便覽、規範與法令，包括國內外相關研究機構。國內部分如行政院公共工程委員會、交通部、內政部營建署、經濟部水利署、台北市政府捷運工程局、高雄市政府捷運工程局、行政院農業委員會、中華民國隧道協會、中國土木水利工程學會等；國外部分則包括美國 AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials)、日本道路協會、日本建築學會、新加坡 LTA(Land Transport Authority)、美國科羅拉多州工程師辦公室、香港土力工程署等，期能擷取國外優點補國內不足處，以落實本土化規範，作為建築物基礎構造監測計畫研擬之依據。本研究所參考的文獻包含有：

(一)、法令規範

1. 內政部營建署，「建築物基礎構造設計規範」，2001。
2. 日本土質工學會，「土質測定-現場計測施工管理」，1994。
3. AASHTO, 美國道路設計規範，1996。
4. 內政部建築研究所，「基礎工程施工參考規範與解說」，2001。
5. 新加坡 Land Transport Authority, Civil Design Criteria for Road & Transit System, 2002。

(二)、報告手冊

1. 中國土木工程學會，「土方工程與擋土設施施工規範」。
2. 台北市土木技師公會，「實用開挖擋土支撐工程設計手冊」，2002。
3. NAFAC, “Design Manual, DM7-1, 7-2” , 1982.
4. 內政部營建署，「坡地社區開發安全監測手冊」，1999。
5. 香港大地工程署，「斜坡岩土工程手冊」，1998。
6. 台北市政府捷運工程局，「台北都會區大眾捷運系統松山線CG590B 區段標(捷運及共同管道土建工程)施工技術規範第02495 章監測儀器」，2005。
7. 高雄捷運公司，「高雄捷運工程監測系統作業手冊」，2002。

(三)、書籍期刊

1. John Dunicliff, “Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance” , 1988.
2. 歐章煜，「深開挖工程—分析設計理論與實務」，科技圖書，2002。
3. 地工技術研究發展基金會，「大地工程困難施工案例」，2003。
4. 地工技術研究發展基金會，「地工技術」，各專輯。
5. 捷運車站與超高樓建築等重要建築物之深開挖工程案例。
6. 山坡地建築工程案例。

第二節 國內監測系統現況

國內有很多的建築深開挖施工案例，且大部分的工程均設有施工監測系統，但往往無法對施工影響範圍內之地盤及鄰近結構物提供有效警示，致失去設置監測系統之目的。本研究欲制訂適用於國內基礎施工監測系統配置之基準，因此有必要針對國內監測系統現況作一檢視，尤其針對缺失部分，掌握重點，作為研擬配置基準之重要參考依據。

一套完整、有效之監測系統，除設計階段應有妥適的規劃、施工階段須要求嚴謹良好的施工品質外，監測資料尚需配合正確的讀取、分析、整理、管理、判讀及回饋方得以竟全功，本研究計畫團隊依據過去所累積的實務經驗，綜整各類基礎工程監測系統之常見缺失與工程失敗因素，如表 2-1 所示。

施工過程缺失之產生並無法避免，惟如何適時妥適改善與減少缺失，將是施工品質確保之重要環節；彙總國內基礎工程監測系統之常見缺失，依所述缺失研擬適當改善方法將是本計劃執行之首要重要工作。

表 2-1 國內監測系統常見缺失

執行階段		目的	常見缺失與問題
品質 規劃	監測系統 之規劃設 計	施工與環 力學	(1)佈設位置不適合(無法確實反應結構/地盤變形/環境變化與施工等特境特性)掌握
		防災/減災	(2)儀器型式選用不適當(量測範圍不足、精度不足)
			(3)佈設數量不足
			(4)監測頻率不足
			(5)未採 自動化致未能於第一時間預警
品質 控制	監測系統 之 施工安裝 與量測	正確與真 實之資料	(1)儀器採舊品或未成熟品(機率高) (2)施工佈設人員經驗不足
			(3)施工中儀器遭破壞
			(4)儀器安裝時機未掌握
			(5)儀器材料檢驗不詳實
			(6)佈設管理人員未到場
			(7)測讀儀器未校正
			(8)低價 競標等因素肇致施工監測品質 不穩定
			正確之研 判確實 (1)初始值、參數、量測值等輸入資料不 判確實
品質 研判	監測系統 之資料管 理	(2)資料 庫)	未作系統化管理與歸納(資料
		(3)資料	判釋人員未具相關專業背景
		(4)資料	判釋人員未瞭解施工環境與施 工方式
		(5)資料 度	判釋人員未掌握施工現場及進
		(6)資料	無法即時反應現場狀況
		(7)管理 析訂	值不恰當(未依現況變化進行研 定)
		(8)監測	資料未依實際量測值回饋檢討 (且資料未透明)
			施工安全 之確保疲乏、怠惰 (1)警戒頻繁常拉警報致主管單位反應
品質 管理	施工安全 管理	(2)施工 理	與監造單位未持續進行追蹤管
		(3)應變	處理耗工費時影響進度
		(4)災變 備齊	迅速機/具/材無法於短時間內 及進行應變
		(5)合約 人員 災管	條款模糊無法落實安全需求(如 資格規定、罰則、儀器損壞/天 管理/保固、復舊等)

資料來源：工程會「基礎工程監控系統之建立與施工查核手冊」(2005)。

第三節 研究方法

本研究計畫之推動步驟、內容與方法，可彙整說明如下（研究計畫進行的程序與步驟可參見圖 2-1 之流程）：

（一）第一步驟：文獻回顧與資料蒐集

國內外有關施工監測方面的文獻資料相當多，可作為本研究擬訂配置基準之基本參考資料。故本研究首先將廣泛蒐集有關基礎工程監測系統規劃配置及管理基準作業之相關研究報告、手冊、便覽、規範與法令，進行彙整與綜合歸納，作為研議監測系統配置基準之參考依據。

（二）第二步驟：國內施工案例之檢討

近年來國內之建築物基礎施工案例非常多，且施工時都設有監測系統，累積有非常豐富之監測資料，有些案例已整理成論文陸續發表於「地工技術」各期專輯中。這些施工案例非常具有參考價值，尤其是一些發生災變或鄰損事件之施工案例更具有參考價值，如地工技術基金會所出版之「大地工程困難施工案例」一書中之案例，本研究將廣泛蒐集國內各施工案例，進行綜整、分析及探討，檢討各案例監測系統配置情形，以及現有監測系統與作業之優缺點與有效性，作為後續擬訂配置基準之參考與依據。

（三）第三步驟：研擬綱要報告

綜整相關文獻資料與工程案例，並經分析探討後，開始著手研議監測系統配置基準所應包含之大綱與內容，然後撰寫綱要報告及相關解說。

(四) 第四步驟：期中綱要報告

期中綱要報告之內容將包括主要架構及主要條文之內容，供期中審查用。研究中將依據不同建築類型之條件與需求，以及各種不同施工條件下，所需監測儀器佈設數量及位置、各項監測儀器監測資料判讀標準、各項監測儀器監測頻率及管理值之標準與作業規範。

(五) 第五步驟：專家諮詢與座談

本計畫除將參考期中審查意見外，另亦將考量國內基礎工程監測系統之執行現況，邀集國內具實務經驗之產、官、學、研等國內專家學者，集思廣益，共同針對各項監測系統之標準與作業規範，以及工程上之可行性、適用性、普遍性及經濟性等各方條件進行意見交流，使所研擬之配置基準更加完善與適用。

(六) 第六步驟：修正綱要報告內容並研擬解說

此步驟主要針對期中審查意見、以及專家諮詢與座談所蒐集的意見，修正綱要報告內容，同時著手研擬解說部份，說明各項配置基準之原理及注意事項等，使使用者了解其配置原理與方法，期於工程實務上能掌握其重點，達到監測之目的。

(七) 第七步驟：監測配置範例之研擬

為使使用者能更清楚了解所研擬之配置基準之內容，本研究將篩選二個參考範例，依所建議之配置基準內容進行監測系統之配置與作業方式，供使用者參考。

(八) 第八步驟：期末成果報告

完成期末成果報告。

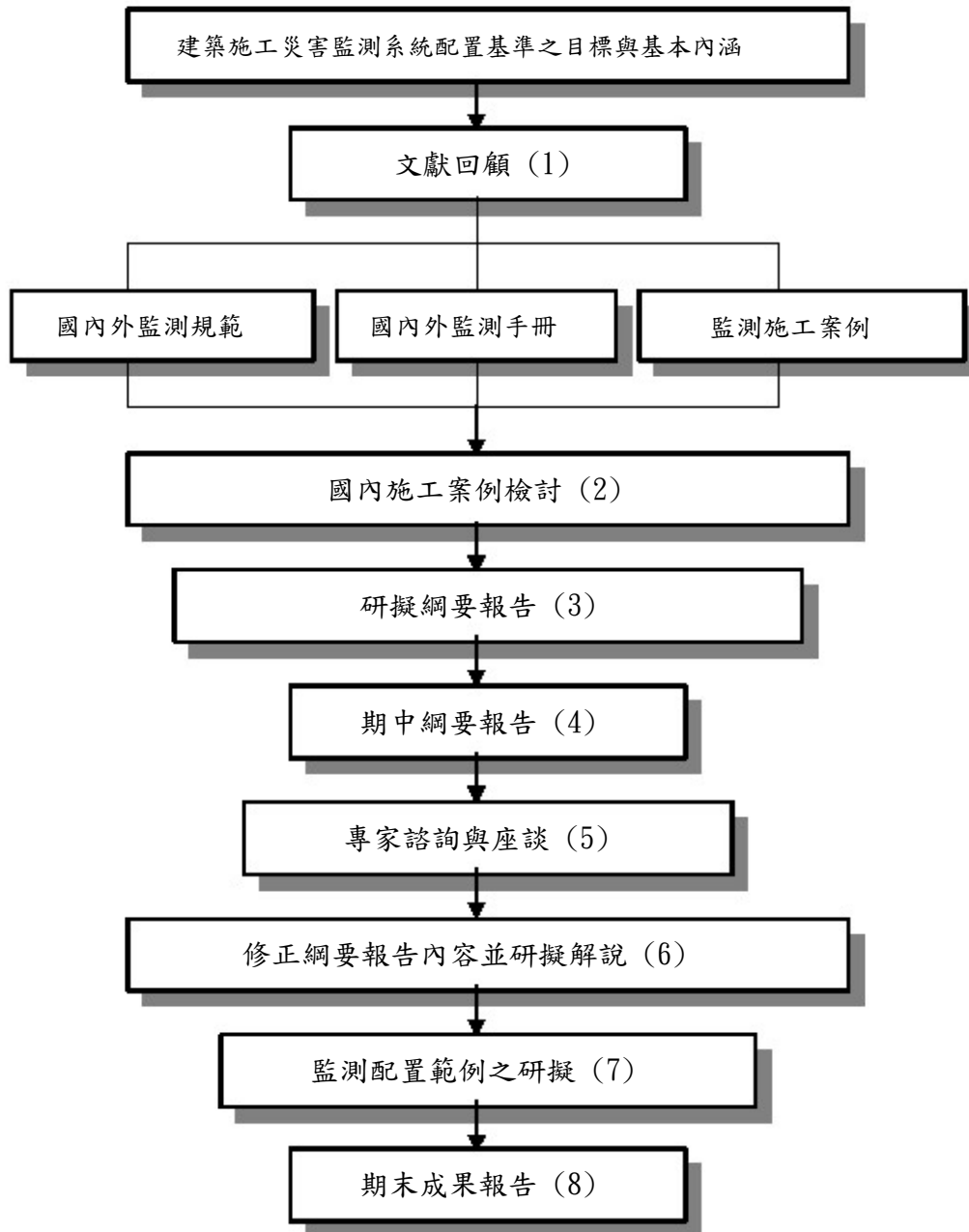


圖 2-1 研究流程與步驟

資料來源：本計畫繪製。

第四節 研究進度

本研究之主要工作為編撰「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」，按照前節所述之研究流程，自本年二月開始執行本計畫開始，即積極蒐集各國相關文獻，詳細研讀各規範所研定之內容，歸納其異同，並檢討國內現有建築施工監測系統之執行現況與缺失。繼則彙整各項資料。作為本研究計畫所研擬準則之參考依據。

本計畫開始執行至今，已參照上節圖 2-1 之預定研究流程，完成至第八步驟之期末完成報告初稿，並已完成「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」，如附冊所示。準則內容包含主要之綱要條文、條文之解說內容、以及配置之案例，內容完整。

總體而言，已按照預定進度表完成期末成果報告，符合預期目標。

第三章 研究成果

本研究之主要工作為編撰「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」，本計畫執行至今已完成準則如附冊所示，目前內容共包含六章，分別為：

第一章 總則

本章為總則，共有條文八條，說明本準則之目的與使用方法，首先定義訂定本準則之依據、適用範圍、引用規範、專業廠商、專利、監測計畫、監測管理與品質管制。

本章各條均為基本規範，是施工所必須遵守的基本原則。

第二章 監測系統之規劃與配置

本章為監測系統之規劃與配置，是執行監測作業過程中最重要的工作項目。主要內容包含有四節，分別為通則、監測系統之規劃、監測系統之配置、監測施工說明書與監測預算之編訂。

關於通則部分共有條文六條，主要說明監測計畫書之內容，設計人員應依據工程計畫之特性、地質狀況、基地環境、保全對象、可能發生之施工災害，依據圖 3-1 之監測計畫編制流程，撰寫監測計畫書。計畫書經業主核定後，於施工階段，供設計顧問、施工廠商與監測專業包商據以執行施工安全監測工作。

關於監測系統之規劃共有條文十條，主要說明如何規劃一監測系統，規劃者要先對工程之重要關鍵問題有所瞭解與掌握，諸如黏性土壤之隆起、砂性土壤之砂湧、開挖底盤上舉與管湧、地盤沈陷與擋土壁之變形等問題，針對所掌握可能發生工程問題點之重要性，依優先順序，確立監測目的，決定監測項目。再據此選定監測儀器、監測點位置、監測頻率、記錄系統、監測管理基準值，並編定監測系統之維護管理、資料整理、應變對策等。

關於監測系統之配置共有條文十一條，主要說明監測系統之配置

原則與配置考量因素，再說明各種監測儀器之配置原則，包括：擋土壁內傾度管、擋土壁背側土中傾度管、擋土壁內鋼筋計、擋土壁位移觀測點、支撐應變計與荷重計、水位觀測井與水壓計、中間柱與隆起桿觀測點、地表與地中沈陷觀測點、建築物安全監測點等之配置原則。

關於監測施工說明書與監測預算之編訂共有條文二條，主要說明監測施工說明書之內容，以及監測預算之編列原則，編列合理之監測工作預算費用，才能落實監測工作，確保工程施工安全與周圍環境保護。

第三章 監測儀器

本章為監測儀器之介紹，共有條文八條，內容包含通則、規格名詞定義、監測儀器、儀器量測原理、儀器規格、自動化監測、儀器證明文件、儀器檢驗與校正。

其中監測儀器一節說明建築基礎施工廣為採用之土木監測儀器，包含有土中傾度管、壁體內傾度管、鋼筋計、支撐應變計、水位觀測井、水壓計、土壓計、隆起桿、地表沉陷點、建物沉陷點、建物傾斜計、管線沉陷點、裂縫計(尺)或裂縫儀、地層沉陷計、荷重計、永久水準點等；而儀器規格一節則詳列各種儀器之規格，說明應依監測目的，選擇適當之監測儀器，使其量度範圍、準確度、靈敏度或解析度須至少符合設計之基本需求，使使用者在選用儀器時能有所遵循；至於儀器檢驗與校正一節則在規定所使用之儀器須進行規格檢驗或性能驗證，以確定符合規範要求與讀值之正確性。

第四章 儀器安裝與檢驗

本章為各項儀器之安裝與檢驗，共有條文二十二條，內容包含監測儀器安裝施工計畫、儀器校正與檢驗、各項監測儀器之安裝方法。

其中有關各種儀器安裝方法條文之解說中，詳列有各種儀器之裝設步驟，並都有繪圖表示與說明，如圖 3-2 為條文 4.3.6 條水壓計裝設之說明圖，內容非常詳盡，可供使用者按步驟正確裝設，以符合使用需求。

第五章 監測作業與管理

本章為監測作業與管理，共有三節，分別為通則、監測作業、監測作業之管理。其中通則一節包括條文四條，內容為包含適用範圍、監測系統管理組織之設立、監測品質計畫、勞工安全與衛生；而監測作業一節則包含條文五條，內容為監測系統之採購及發包、監測資料之彙整、監測結果之分析及研判、緊急應變措施之建議及處理、監測報告之製作及提送。

本章之重點為規定監測作業執行面應遵循之事項，為執行監測作業是否能達到預警與防災之關鍵所在，有效的管理監測資料與分析，才能及時提供正確的訊息供施工者判斷。本章之規定各項監測作業之執行方式，以及各項監測資料之圖形表示方法；而監測結果分析與研判一節，則指明監測資料經整理成量測報表及分析圖表後，須作進一步之分析研判，以發掘數據圖表背後所可能潛在之工程災害，監測資料之分析不僅須注意量測所得的最大值與發生位置，更須注意增量變化與變化趨勢，同時須與設計值或監測管理值作比較，彙集各種儀器監測結果、人為觀察或勘查結果、設計與施工記錄做綜合分析與研判，方能發掘施工過程中所可能潛在之工程災害，確實掌握施工之安全性。

第六章 監測系統配置範例

本章為監測系統配置範例，本研究篩選二個參考範例，依所建議之配置基準內容進行監測系統之配置與作業方式，供使用者參考。參考範例一如圖 3-3 所示，而參考範例二如圖 3-4 所示。

建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究

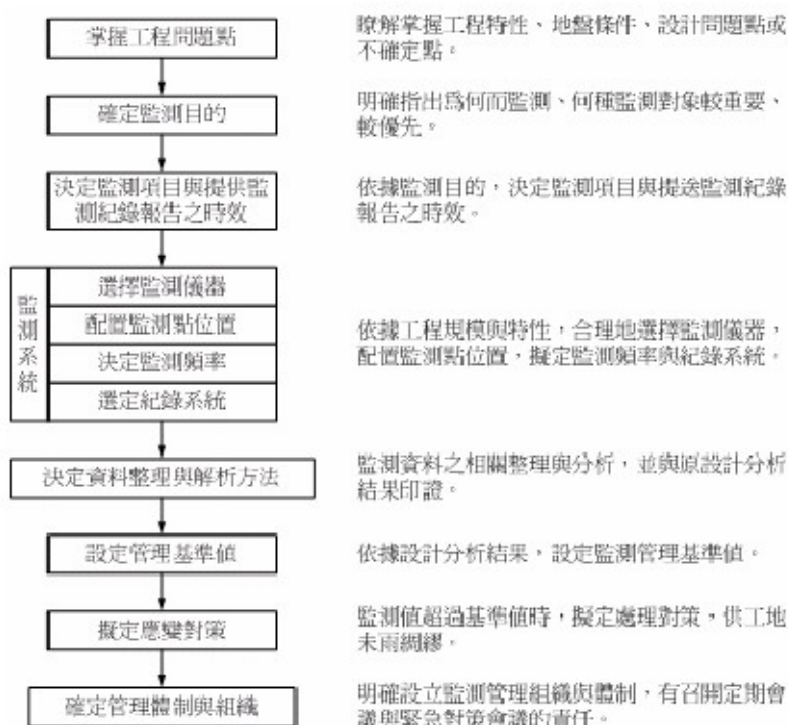


圖 3-1 監測計畫之規劃流程
資料來源：修改自地盤工學會(1999b)。

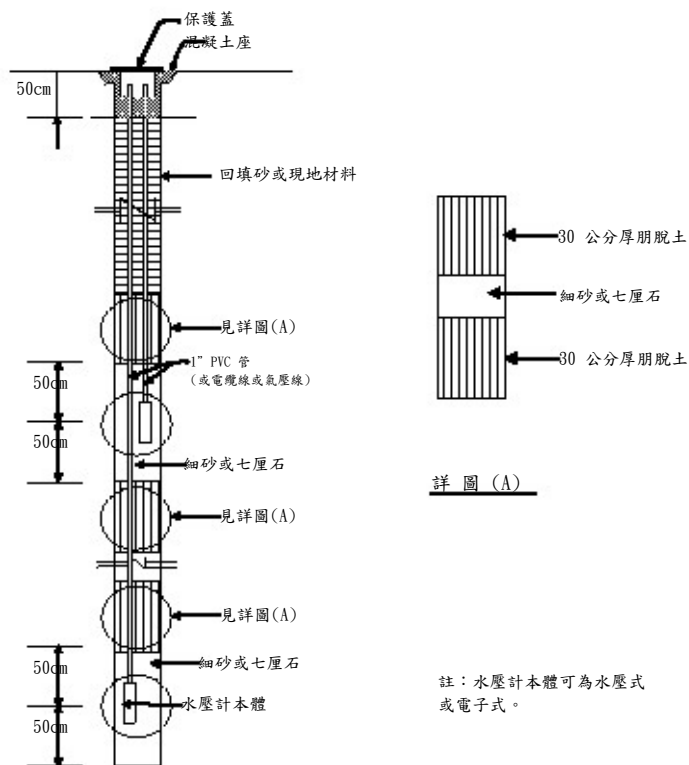


圖 3-2 水壓計裝設圖
資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)。

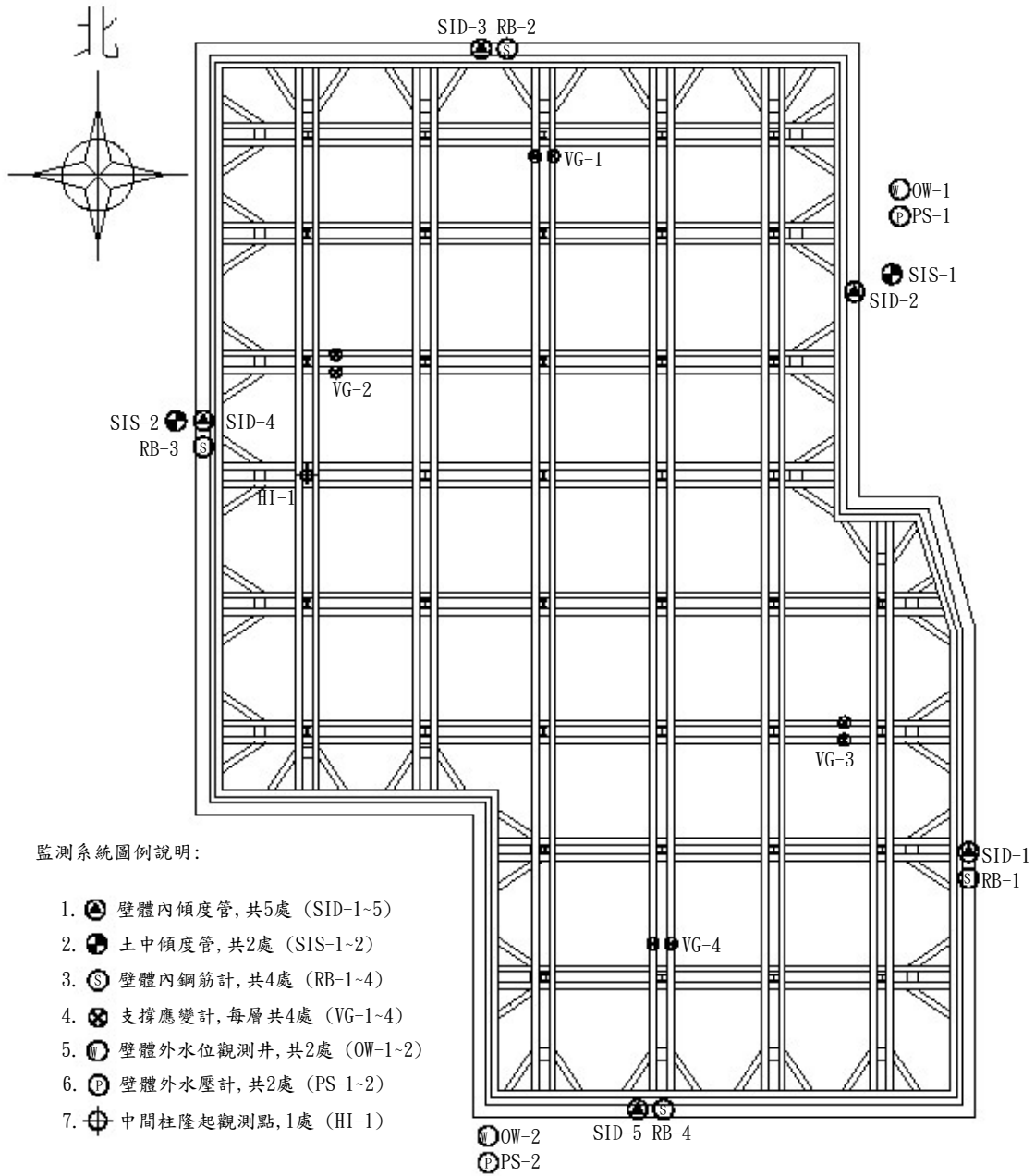


圖 3-3 參考範例一之開挖安全監測系統平面配置

資料來源：本計畫繪製。

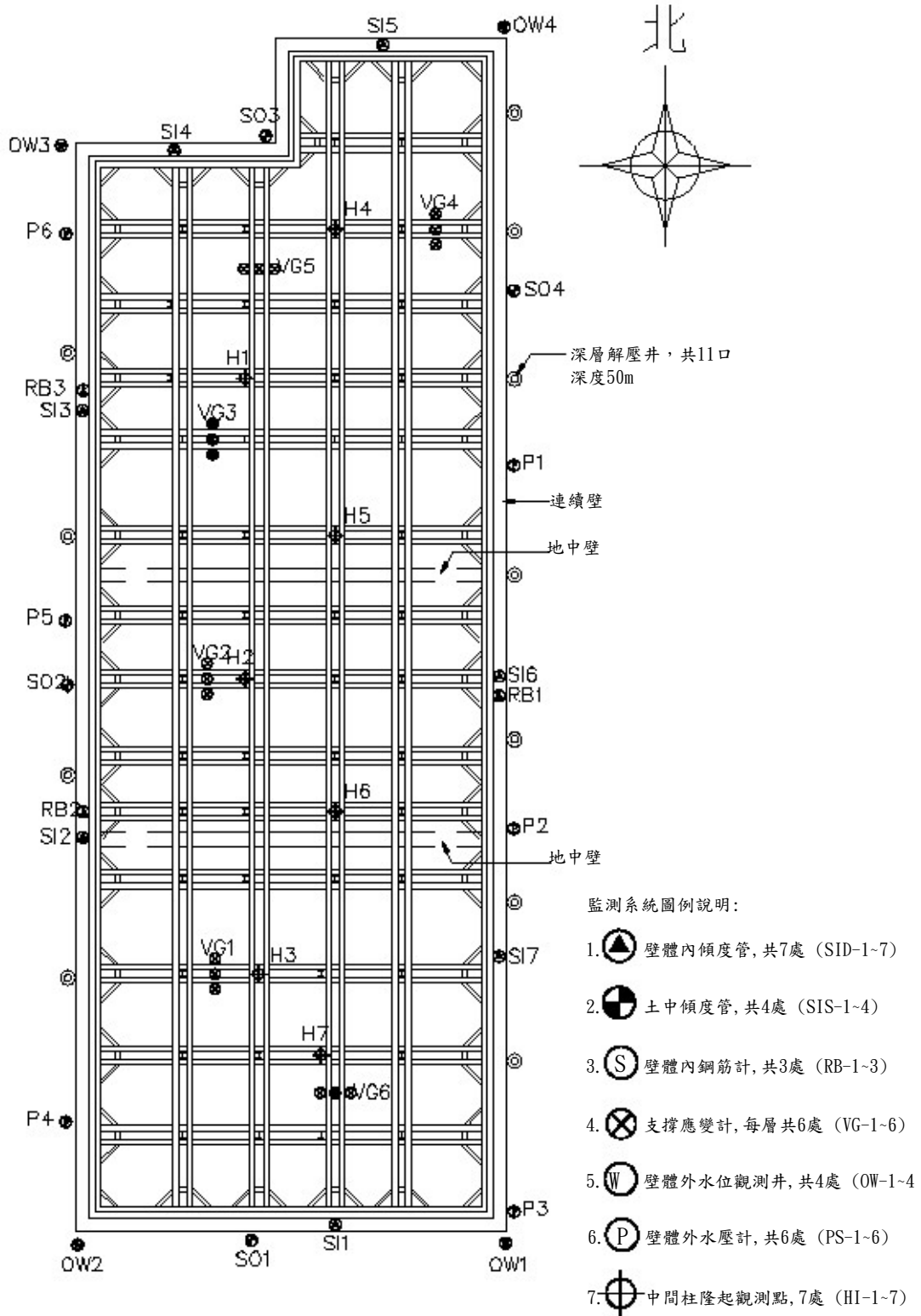


圖 3-4 參考範例二之開挖安全監測系統平面配置

資料來源：台北市土木技師公會，實用開挖擋土支撐工程設計手冊，2002。

第四章 結論與建議

第一節 結論

一、 本研究所完成之「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」，內容完整，共包含六章，分別為：

第一章 總則

本章為總則，共有條文八條，說明本準則之目的與使用方法，首先定義訂定本準則之依據、適用範圍、引用規範、專業廠商、專利、監測計畫、監測管理與品質管制。

第二章 監測系統之規劃與配置

本章為監測系統之規劃與配置，是執行監測作業過程中最重要的工作項目。主要內容包含有四節，分別為通則、監測系統之規劃、監測系統之配置、監測施工說明書與監測預算之編訂，共有條文二十九條。

第三章 監測儀器

本章為監測儀器之介紹，共有條文八條，內容包含通則、規格名詞定義、監測儀器、儀器量測原理、儀器規格、自動化監測、儀器證明文件、儀器檢驗與校正。

第四章 儀器安裝與檢驗

本章為各項儀器之安裝與檢驗，共有條文二十二條，內容包含監測儀器安裝施工計畫、各項監測儀器之安裝方法。

第五章 監測作業與管理

本章為監測作業與管理，共有條文十條，內容包含監測系統管理組織之設立、監測品質計畫、勞工安全與衛生、監測系統之採購及發包、監測資料之彙整、監測結果之分析及研判、緊急應變措施之建議及處理、監測報告之製作及提送、監測作業之管理。

第六章 監測系統配置範例

本章為監測系統配置範例，本研究篩選二個參考範例，依所建議之配置基準內容進行監測系統之配置與作業方式，供使用者參考。

- 二、 本研究所完成之「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」，架構完整，內容充實，各章內容包含條列式的條文與敘述式的解說：條文部分定義各項基本規定，力求簡單清晰，使使用者易於掌握基本原則；解說部分則係針對各條文之意義作說明，以及使用時應特別注意之事項等，使使用者能確實掌握執行監測作業之要領，達成監測作業之目的。
- 三、 本研究所完成之「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」，曾經建研所兩次審查會議，以及另外二次邀請學者專家舉行座談會討論，蒐集各界意見後，修正與增補所研擬之準則內容，使符合國內工程界使用。

第二節 建議

為使本研究所完成之「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」能供國內工程界廣泛使用，提升基礎工程之施工水準，以減少施工所產生之災害，茲提出以下幾點建議：

一、立即可行之建議

(一) 辦理教育推廣工作

將本研究所編撰之「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」分送相關之政府及事業主管機關，供工程人員參考使用，並以舉辦研討會或講習班之方式，推廣本大地監測作業準則，以提升基礎工程之施工水準，以減少施工所產生之災害。

(二) 設立資訊網站

將「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」上網公布於建築研究所之公共網站，供各界查詢使用，並主動與各學會、技師或營造公會聯繫，建立連結網站，使各工程界更易取得相關資訊，加速推廣工作。

二、中長期性建議

(一) 建立意見回饋網站

於建築研究所所設立之公共網站，除公布「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」供各界查詢使用外，建議可同時設立討論專區，供使用者相互討論，並蒐集回饋意見，作為後續修正與增補內容時參考使用。

(二) 設立施工監測資料庫

國內基礎開挖之監測案例非常多，若能有系統地加以蒐集、整理與分析，可提供作為未來工程之參考，除可累積工程經驗，更能進一步提升國內基礎工程之施工水準，減少施工所產生之災害。因此建議可繼續推動後續研究計畫，長期蒐集國內基礎開挖之監測案例，建立資料庫，尤其著重於發生損鄰或

建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究

施工災害之工程案例，若能詳述施工經過與監測資料，則能藉此檢討災害發生原因，進一步檢討監測之績效與改進的方針，促使基礎工程施工之進步，達到減災之目的。

參考書目

中文部分：

1. 中國土木工程學會，「土方工程與擋土設施施工規範」，1992。
2. 地工技術研究發展基金會，「地工技術」，地工技術，第四十期，1992。
3. 內政部營建署，「建築物基礎構造設計規範」，2001。
4. 內政部營建署，「建築工程施工規範」，1998。
5. 香港大地工程署，「斜坡岩土工程手冊」，1998。
6. 內政部營建署，「坡地社區開發安全監測手冊」，1999。
7. 內政部建築研究所，「基礎工程施工參考規範與解說」，2001。
8. 台北市政府捷運局，「捷運工程施工規範」，2001。
9. 台北市政府捷運工程局，「台北都會區大眾捷運系統松山線 CG590B 區段標(捷運及共同管道土建工程)施工技術規範第 02495 章監測儀器」，2005。
10. 高雄市政府捷運局，「捷運工程施工規範」，2002。
11. 大地技師公會，「鑑定技術—基礎開挖設計安全評估」，2002。
12. 高雄捷運公司，「高雄捷運工程監測系統作業手冊」，2002。
13. 歐章煜，「深開挖工程—分析設計理論與實務」，科技圖書，2002。
14. 地工技術研究發展基金會，「大地工程困難施工案例」，2003。
15. 交通部，「大眾捷運系統兩側禁建限建辦法」，2003。
16. 行政院公共工程委員會，「基礎工程監控系統之建立與施工查核手

建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究

冊」，委託台灣世曦工程顧問公司研究報告，2005。

17. 台灣營建研究院，「工程安全監測技術」，1998。
18. 台北市土木技師公會，「實用開挖擋土支撐工程設計手冊」，2002。
19. 大地工程技師公會，「高速鐵路兩側毗鄰地區限建範圍內開發行為審核作業要點」，2007。

外文部分：

1. 大志万和也，「土留め計測の現場活用法」，1987。
2. 日本土質工學會，「土質測定-現場計測施工管理」，1994。
3. 日本地盤工學會，「計測結果解釋及計測管理」，(平成 11 年)1999。
4. NAFAC, “Design Manual, DM7-1, 7-2” , 1982.
5. AASHTO, Design Specifications of Highway Bridges , 1996 。
6. John Dunicliff, “Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance” , 1988.
7. Land Transport Authority, Singapore, “Civil Design Criteria for Road & Transit System” , 2002.
8. Land Transport Authority, Singapore, “Materials and Workmanship Specification for Civil and Structural Works” , 2004.
9. Minster for Manpower, Singapore, “Report of the Committee of Inquiry into the Incident at the MRT Circle Line Work Site that Led to the Collapse of the Nicoll Highway on 20 April 2004” , 2005.

附錄一

期初審查意見及辦理情形

計畫名稱：建築基礎施工災害監測系統配置基準之研究

項次	審查意見	辦理情形
	大地技師公會	
1	有關名稱係監測或監控系統，名詞是否要統一？	將統一為監測系統
2	目前人工量測系統無法立即反映開挖情形，有關自動監測系統是否能納入研究範圍？	有必要使用自動監測之項目將在報告中建議使用
3	本研究計畫僅對建築工程基礎開挖監測進行研究？而邊坡工程開挖是否能納入研究？	本計畫並未包括邊坡工程開挖
	中興顧問社	
4	釐清建築工程災害之研究範圍。	本研究將限於建築物基礎施工災害之範圍。
5	對各種案例加以研析，並統計其發生之頻率，以提供大家日後參考。災害之案例加以研擬監測系統配置之參考。	本研究將盡量收集基礎施工案例加以研析，作為
6	監測系統有關儀器品質問題不少，是否能說明如何進行驗收？	報告中將加強說明驗收作業
	何興亞博士	
7	本計畫名稱為監測系統之配置，但本研究範圍偏向大地工程施工災害問題，尚請釐清？準之研究」較恰當，以符研究內容。	將計畫名稱改為「建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究」
8	所收集之工程案例具參考價值之資料，可透過整理研究成經驗學習中心(Lesson Learning Center)，將寶貴之施工失敗經驗轉換成有價值之資料，提供日後人員教育訓練教材。	本研究主旨在研擬監測系統配置之基準，建立經驗學習中心宜另案辦理。
	倪至寬教授	
9	本計畫名稱建議於建築之後加入「基礎」兩字。	計畫名稱已修正。
10	監測系統觀測結果之研判相當重要，應注意趨勢之發展。點	於監測作業管理中將強調此

建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究

11	建議監測儀器之選擇應配合災害類型而定。	同意辦理
	張吉佐博士	
12	有關設計部分要事先有完整之地工災害因子報告，了解施工階段可能產生之災害，以做為執行監測系統及監測配置之依據。	報告中加強說明
13	本研究目標及方向正確，且預期成果效益顯著，將來研究成果必甚具參考價值。	將使報告書盡量完整
	陳宗禮先生	
14	目前國內建築基礎工程監測系統之設置有應付之心態，施工者僅按圖施作，不切實際，建議應有處理對策或要領，使	研擬監測系統配置之基準供參考使用，以提升工程水準，減少災害
15	本研究應考量國內各種地質條件，不同工法有不同之監測項目、儀器配置等，以提供大家參考。	報告書中將說明監測配置應與工法而訂定
	衛萬明教授	
16	本研究從監測系統品管觀念提升，很有意義，監測技術方面沒有問題，建議可	報告書中將有監測作業管理專章說明，並附配置案例供參考
17	達成最佳化之監測儀器數量及配置目標。有關即時或動態監測系統是否可考量加入研究範圍，並由立即監測資料提供立預警之功效即研判，達到預警之功效。	有必要使用自動監測之項目將在報告中建議使用，以達
18	施工監測系統應隨個案需求有所不同，建議研究團隊可多選擇常見基礎施工之案例加以配置，提供具有參考價值之作業規範。	報告書中將附配置案例供參考
	建研所	
19	建議增加專家座談一次，以求周延。	已增加專家座談為二次

附錄二

期中審查意見及辦理情形

計畫名稱：建築基礎施工災害監測系統配置基準之研究

項次	審查意見	辦理情形
	大地技師公會	
1	對於條件敏感地區，是否需要佈設即時的局 有必要使用自動監測之部自動化監測系統，可再考量。項目將在報告中建議使用	
	台北市政府工務局代表	
2	監測的目的在於早期預知，因為建議可於研 已列於 5.6 節「監測結，與 5.7 究中納入時間因素，使民眾及工程執行單位 果分析與研判」節「應變措施計畫」中可以及早因應並擬定適當預防措施。	
	台灣省水土保持技師公會代表	
3	建議提出一般工地或小型工地最小警戒值或 列於期 末報告中 2.2.9 基本的檢查事項，使現場工程人員有所依循。節「監測管理值」中	
	張吉佐博士	
4	期中研究成果架構符合配置基準之要求。	期末報告書已更加完整
5	未來提供範例時，請提供考量之原因，並回 遵照辦 應基準之相關要求。	理
	陳宗禮先生	
6	本案研究方向正確，內容紮實。	期末報告書已更加完整
7	監測系統為施工人員挑戰自然大地之「戰況 所提確實為本研究之目分析」，主要資訊以評估是否「戰略錯誤」、的，本研究將朝此方向努力，以達預期目標 「戰備不足」及「戰術不良」，而監測之結果即為施工安全與否的「成績單」及最終「戰果」，因此「監測系統配置」即為運用技術人員之大地常識預先評估可能產生危險之方向、位置與形態之「確認情報」，以便及時防範運用施工技術阻絕災變形成，此點為目前一般「施工工匠」依法辦事所欠缺的，本研究案確實掌握此要害，提供將「知識」轉化為常識的重要功能。	

建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究

	楊長義委員	
8	「基礎工程監本基準手冊完成後與文獻 15 之關聯性或區隔 文獻 15 為 控系統之建立與施工查 性如何？ 核手冊」，該手冊著重 公共工程的施工查核， 而本研究的配置基準係 工施工大員參考使用	
9	p. III 提及要建議「最低」佈設數量，將會是「最低」佈設數量係指 最低要求 何種表現型態？	
10	各種有關「監測」之研究甚多，本案最終之 本研究所研擬的配置基 準係綜合以往資料與國 角色是何，建議可再補充說明。 內施工情況，以供施工 時參考使用	
11	可否利用 p. 2-16 中某二類訊息交叉比對之互 監測結果之研判常須根 相估證，以減少佈設之數量或有效佈設。 據二類以上之訊息交叉 比對，以正確評估	
	柳宏典委員	
12	有關於本案所研擬的基準初稿，什麼事該由 遵照辦理 什麼人做，「事」跟「人」的用語，建議參 照相關營建法規整理一致，避免日後爭議。	
13	p2-3, 2.1.3 監測計畫之分工，解說部分及方 表 2-1 係說明權責分工 式十分恰當（表 2-1 權責分工程案例），但 例，執行面則於後續各 建議能再進一步表達「做什麼動作」，如： 章中分別說明 備查、核定、承作…，以明權責。	
	鄭明淵委員	
14	目錄中的「……」，符號大小過大，不太美 期末報告將修正 觀，建議參考其他計畫案作法。	
15	初步成果中既然已經列出幾點重點發現，應 於期末報告中加強說明	
16	把目前已有成果列出，以佐證後續論述。 本人認為此報告書本文部分略顯簡短，當 遵照辦理，期末報告中 然，此報告書將所制訂之基準放置於附錄中 將加強本文之內容 是可行，建議考量於本文部分增加所制訂基 準之出處、研究成果與監測作業應注意事項 等，以利讀者瞭解此研究案之貢獻。	

17	除著重基準撰寫外，應考量闡述該研究案之研發成果與貢獻，並詳註各項內容之出處，以區分研發成果與文獻來源。	遵照辦理，期末報告中將加強文獻考據部分
18	附錄中使用「新細明」字體與本文不同，是體以配合繪圖使用否是作者原設計理念？	附錄中採用「新細明」
	陳建謀委員	
19	研究內容完善詳盡，建議表列常見之監測系統發生災害的警戒值，供第一線工程人員參考，使防患於未然。	列於期末報告中 5.4 節「監測管理值」中
	林研究員建宏	
20	報告書格式，應有期初審查回應表，撰寫期	期末報告書中已補充期
21	初與期中審查回應表末報告書時，請補充。本案報告書第一部份的內文建議再充實，	遵照辦理，期末報告中
22	將加強本文之內容詞部份請參照營建法規專業用語。有關用語部份，例如「宜」、「得」、「應」等用法規用語需釐清，以避免誤會。	遵照辦理
	陳組長建忠	
23	報告書中可再增加實地照片及相關資料，如受限於篇幅，可將參考資料列在附錄，供使用者檢索。	儀器照片將涉及廠牌，工地照片則涉及施工廠商，均不宜使用
24	建議可將國外的作業模式、監測方式其他先進的監測概念納入考量。	所研擬之配置基準將以
	國內工程實用為原則	

附錄三

期末審查意見及辦理情形

計畫名稱：建築基礎施工災害監測系統配置基準之研究

項次	審查意見	辦理情形
1	大地技師公會傅技師文鵬	
	<p>1. 本案評估基準架構已成熟 建議可先對實際案例做評估，做為本研究之驗證。</p> <p>2. 「電子式傾度管」較常用，仍維持原用改為較常用之「定置式傾度管」，請再酌法。</p> <p>3. 式感應器應屬機械式監測器，本處似為筆誤，請修正。</p>	<p>1. 壓氣式感應器部份係筆誤，會再修正。</p>
2	台北市建築師公會陳建築師福順	
	<p>研究單位於報告中提到將本研究成果進行教育推廣，此構思立意甚佳</p>	<p>於建議事項中列有教育推廣工作。</p>
3	台灣省應用地質技師公會倪技師肇明	
	<p>P1-3 有關「專業廠商」之解說部分，建議以「執掌範圍內容包含工程監測（監造）者」為推薦聘請之對象。</p>	<p>1.4 「專業廠商」本研究考量實際狀況，目前監測作業仍為專業廠商負責施作，且集合各界專家學者共識，為確保工程品質，建議仍由專業廠商辦理。</p>
4	柳主秘宏典（黃股長敏政代）：	
	<p>內容架構完備，對工程施工安全有實質助益</p>	

5	張吉佐博士	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究成果提供之「監測計畫之作業準 本 研究所擬 基準係 首 則」甚為完整，足供業界參考使用。 2. 提供業界使用時，宜建立回饋機制，讓 使用者在應用上有任何建議，得回饋作 為未來更新之參考。 	<p>次撰寫，難免未臻完 善，建議可將回饋機制 於建研所網站建立，以 公布在網頁或是與技 師公會網站做連結的 方式，除了可廣蒐各界 所提意見之外亦可做 為推廣。</p>
6	陳教授建謀	
	<p>本研究成果建立完整的基礎施工防災監測 建議分送各單位參考使 系統及作業規範，對於施工防災監測貢獻良 用。</p> <p>多。</p>	
7	陳宗禮先生(書面意見)	
	<ol style="list-style-type: none"> 1、 本研究案內容紮實、架構完整。 2、 本研究成果對於目前業界之防災監測 系統計畫依樣畫葫蘆盲目設置掌握不 住施工條件與環境特質且不知防災監 測之重點何在的現況，確實可以給予指 引至具實效有效率且實用之監測計畫 方向。 3、 由於建築基礎施工相當複雜與多變，如 能在第六章監測系統規劃案例中多幾 個不同特性之案例作為比較參考，將更 完整（例如近日杭州地鐵施工大災難之 案例即為「河岸邊溝槽型深開挖」之實 例）。 	<p>有關增加不同工程案例 以做為比較與參考，建 議可規劃於後續計畫中 以另案專門研究。</p>

建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究

8	廖博士瑞堂	
	<p>1、本研究之研究方法及成果具體可行，對於開挖安全有甚大助益。</p> <p>2、建築物基礎施工災害大地監測作業準則架構完整，惟部份相關規定及說明之細項略做修正。（包括儀器校正頻率或管理基準值等）</p>	<p>有關校正頻率、監測基準等尚有討論空間之議題，會在第二次專家座談會中廣邀各界詳加討論。</p>
9	陳組長建忠	
	<p>本件報告十分完整，如能在儀器補充實體圖片係很好的建議，但或示意圖，則對推廣有很大幫助。</p>	<p>報告書中加入實體如跟廠牌有關，則應儘量避免，不適合於本研究報告中呈現。</p>
10	蕭研究員嘉俊	
	<p>1. 本計畫名稱為「建築基礎施工災害監測系統配置基準之研究」，P20、P22 尚有延用舊名稱，請修正。</p> <p>2. 有關報告格式部份請參照本所規定格式撰寫，如第三章研究成果與結論，應分節次提出結論與建議事項，並條列陳述，同時應說明主協辦機關。</p>	<p>遵造辦理。</p>

附錄四

第一次座談會會議記錄

日期時間：97 年 10 月 17 日上午 10 時 0 分

會議地點：台灣大學土木系 203 會議室

主席：陳正興 教授

出席委員：周功台、蘇鼎鈞、王崑瑞、簡茂洲、廖瑞堂、余明山、郭漢興、楊賢德、黃崇仁、陳皆儒

書面意見：張吉佐

編輯委員：陳正興、郭晉榮、吳文隆、何應璋、黃俊鴻

研究助理：張為光

會議記錄：林婷媚

【會議議題】

「建築物基礎施工災害監測系統配置之基準」(初稿)審查。

【會議記錄】

1. 建議標題修改為「建築物基礎施工大地監測計畫之作業準則」，以更明確說明此附冊所想傳達之旨意。
2. 附冊內容之儀器名稱及工程名詞請統一訂定，避免造成不必要之混淆。
3. 監測計劃撰寫內容除 2.1.2 節(p.2-1)之內容外，建議增加監測報告提送時效。
4. 表 2-2 主要監測項目與監測儀器(p.2-16)建議增加對地錨之監測及基地開挖前監測。另於支撐梁之監測儀器應增加溫度量測。
5. 2.2.9 監測管理基準值之設定(p.2-25)建議解說內容增加說明保全對象的容許值或以敏感度區分。另外，建議增加「宜編列合理監測費用」之文字。
6. 表 2-5 三級監測施工管理矩陣(p.2-26)經討論過後仍採用三級管理，但注意值至警戒值之「工程進行但加強監測」修改為「工程進行但需注意變化趨勢」；警戒值至行動值建議「協調應變對策，準備實施」修改為「加強監測及預先準備協定之應變對策」，以及在三次管理值(行動值)增加一欄並填上「採取行動」。
7. 表 2-6 擋土、支撐與水位及水壓管理基準之建議例(p.2-27)之擋土壁側位移因其變化行為為非線性，故建議不要使用倍數定訂之。
8. 3.5 節 儀器規格(p.3-7)建議若已知其在工程界不適用或不常用者可

建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究

刪除。

9. 4.2 節 儀器校正與檢驗(p.4-5)建議併入 3.8 節，原 4.2 節則說明參照 3.8 節。
10. 第二章與第五章有許多重複內容，建議重複內容可合併後放入某一章節內。
11. 5.3 節 監測頻率(p.5-7)建議說明監測頻率應依據設計單位訂定之監測頻率及監測值施作，但仍可提出監測頻率需調整原因並審核通過，亦可採用。

【綜合結論】

謝謝各位所提的意見與建議，本研究團隊將針對各位所提意見逐條討論，盡量修正於期末報告中。

附錄五

第二次座談會會議記錄

會議記錄

日期時間：97 年 11 月 28 日下午 2 時 30 分

會議地點：內政部建築研究所 討論室(一)

主席：陳組長建忠

出席委員：沈茂松、林宏達、林美聆、翁作新、陳逸駿、廖洪鈞、謝旭昇

書面意見：王建智、熊彬成、張德文

編輯委員：陳正興、黃俊鴻、郭晉榮、吳文隆

研究助理：林婷媚

【會議議題】

「建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究」審查。

【會議記錄】

1. 表 4-3 監測儀器裝設與初始值量測時機(p. 4-7)地錨拉力之初始值量測時機為什麼會訂在下一階開挖前，若因現場施工時程問題，建議可修為逐階開挖前。
2. 性能設計法已逐漸在推廣，建議本準則可將此法納入考量，並明確標定。
3. 2.2.11 監測系統管理組織之設立(p. 2-26)提及通報工作，建議可於管理基準加入通報的時程。
4. 建議將監測所量得之數據單位統一。
5. 權責之區分建議可以在更明確的說明，例如：公共工程三級評核表之人員簽章。
6. 建議最後一章節之實際案例，可將前面章節之考量納入評估，以驗證是否可行。另外，建議亦可找一些較特殊的案例。
7. 「目視監測」或「現場巡視」也是監測中很重要的一環，報告中僅於 p. 2-23 頁約略提及，建議於報告中稍作強調。
8. 2.3.3 擋土壁內傾度管之配置原則(p. 2-29)傾度管頂部不一定能進行孔口位移之觀測，也許可以考慮其它方法修正傾度管之量測曲線(例：黃南輝博士之修正方法，發表於 Journal of GeoEngineering)。
9. 2.4.2 監測預算之編列原則(p. 2-40)建議對「監測預算為基礎工程費

3%」之緣由於解說作說明或由範例作檢核的動作。

10. 建議是否另闢一小節針對用語作說明。
11. 本準則大部份的對象是針對擋土壁為連續壁之深開挖，建議可作較明確之說明。
12. 部份文字用語不易了解，建議可再修飾。
13. 本準則監測的對象包含鄰房，但在管理基準值卻無提及有關鄰房之管理值，但在實際案例又有提及，建議可在管理基準值加入鄰房之管理值。
14. 3.3 節 監測儀器(p. 3-2)提及許多監測儀器，但有些儀器仍在研發中，將來有可能會應用至市面上，因此建議監測儀器之解說可作更有彈性說明，以便將來新儀器能更有效推廣。
15. 本準則所採用之示意圖與表格若有引用其它文獻，建議於圖表中註明。
16. 建議於條文中加入回饋分析之時效性。

【綜合結論】

本次座談會所提口頭及書面意見相當多，各條意見均已詳細記錄，本研究團隊將再次針對各位所提意見逐條討論，決定再召開一次座談會，並盡量將各位所提意見修正於期末完成報告之中。

附錄六

第三次座談會會議記錄

會議記錄

日期時間：97 年 12 月 19 日下午 3 時 3

會議地點：台灣大學土木系 307 討論室

主席：陳正興

審查委員：何樹根、王繼勝、余明山、廖瑞堂、陳江淮、沈銘閔、余榮生、張瑞仁、王慶麟、謝旭昇、簡茂洲

編輯委員：陳正興、何應璋、郭晉榮、吳文隆

研究助理：林婷媚、蔡煜青

【會議名稱】

「建築物基礎施工災害監測系統配置基準之研究」審查。

【討論議題】

1. 名詞統一問題：
 - (1)鋼筋計～鋼筋應力計
 - (2)傾度管～傾度觀側管～傾度儀
 - (3)傾斜計～傾斜盤
 - (4)定置式傾度管～固定式傾度管 (IPI)
 - (5)應變計～支撐應變計
2. P2-40 建議規範合理之監測費用 (佔基礎工程費之 3%以上) 以提高監測品質。
3. 建議規定量測儀器之校驗頻率 (10%送具公信力單位校驗)，長期工地須有備用之量測儀器進行複測。
4. 建議規定工地各種監測儀器之最基本數量。
5. 建議規定廠商應提出針對該計劃監測儀器誤差之範圍，超出時即應複測。
6. P2-22
條文解說建議應要求設計單位落實反饋設計，特別是反饋設計分析之頻率如每開挖兩階應至少應進行一次反饋設計分析預測，以瞭解後續施工之安全性；最後一階開挖須經設計單位反饋分析確認安全無虞後，始可進行開挖。

7. P2-33 圖 2-17

支撐應變計與荷重計配置點水平間距以一個開挖深度為原則之規定，易造成開挖越淺監測斷面須越多的矛盾，建議支撐應變計與荷重計配置點水平間距以不大於 15m 為原則，且每向不得少於 2 處監測斷面。

8. 第 1.4 節 專業廠商資格

第 5.2.1 節 解說 3 專案計畫主持人資格

9. 表 2.3 開挖中之監測頻率之訂定。

10. 表 2.6 「注意值」是否改為「管理值」。

【會議結論】

1. 討論結果以下列名詞較適合：

- (1) 鋼筋計
- (2) 傾度管與傾度儀
- (3) 傾斜計
- (4) 定置型傾度儀 (IPI)
- (5) 支撐應變計

2. 建議改為監測預算之編定應依工程規模與施工風險性評估，一般約為基礎工程施工費用之 2%~6% 為宜。

3. 建議仍採用 ISO 之標準，原則上每年至少一次，但不同工程得因工程性質與使用頻率另行訂定。

4. 因工地規模差異很大，無法訂定監測儀器之最基本數量。

5. 監測儀器誤差大時，應即進行複測工作。

6. P2-22 將條文解說中之「設計單位」刪除。

7. P2-33 圖 2-16 建議修正內容時符合工程實際應用情形。

8. 第 1.4 節 專業廠商資格

建議改為大地監測專業廠商應有依技師法登記執業且具監測經驗之大地工程技師或土木工程技師負責執行各項監測資料之分析及研讀工作。

9. 表 2.3 開挖中之監測頻率之訂定。

建議仍採用內政部部頒「建築物基礎構造設計規範」第八章之相關規定訂定之。

10. 表 2.6 仍以「注意值」較恰當。

附冊

「建築物基礎施工大地監測計畫 之作業準則」

研究人員：陳 建忠 陳正興
黃 俊 鴻 吳文隆
郭 晉 榮 何應璋
簡 茂 洲

內政部建築研究所協同研究
報告

中華民國九十七年十二月

目 錄

第一章	總則	
1.1	依據	1-1
1.2	適用範圍	1-2
1.3	引用規範	1-2
1.4	專業廠商	1-3
1.5	專 利	1-4
1.6	權 監測計畫	1-4
1.7	監測管理	1-5
1.8	品質管制	1-6
第二章	監測系統之規劃與配置	
2.1	通則	2-1
2.1.1	適用範圍	2-1
2.1.2	監測計畫	2-1
2.1.3	監測計畫之分工	2-3
2.1.4	監測系統之調整	2-4
2.1.5	監測系統之規模	2-4
2.1.6	監測規劃者之專業資格	2-5
2.2	監測系統之規劃	2-6
2.2.1	工程問題之瞭解與掌握	2-6
2.2.2	監測目的與項目之確定	2-14
2.2.3	監測儀器之選定	2-16
2.2.4	監測點位置之配置	2-16
2.2.5	監測頻率之擬訂	2-17
2.2.6	監測記錄系統之選擇	2-19
2.2.7	監測系統之維護管理	2-21
2.2.8	監測資料整理、分析與製作報告	2-21
2.2.9	監測管理基準值之設定	2-24

2.2.10	應變對策之準備	2-27
2.3	監測系統之配置	2-27
2.3.1	監測系統之配置原則	2-28
2.3.2	配置考量因素	
2.3.3	擋土壁內傾度管之配置原則	2-30
2.3.4	擋土壁背側土中傾度管之配置原則	2-31
2.3.5	擋土壁內鋼筋計之配置原則	2-32
2.3.6	擋土壁位移觀測點之配置原則	2-33
2.3.7	支撐應變計與荷重計之配置原則	2-33
2.3.8	水位觀測井與水壓計之配置原則	2-35
2.3.9	中間柱與隆起桿觀測點之配置原則	2-37
2.3.10	地表與地中沈陷觀測點之配置原則	2-38
2.3.11	建築物安全監測點之配置原則	2-39
2.4	監測施工說明書與監測預算之編訂	2-40
2.4.1	監測施工說明書之編訂	2-40
2.4.2	監測預算之編列原則	2-40

第三章 監測儀器

3.1	通則	3-1
3.2	規格名詞定義	3-1
3.3	監測儀器	3-2
3.4	儀器量測原理	3-5
3.5	儀器規	3-7
3.6	格動化監	
3.7	測儀器證明文件	3-11
3.8	儀器檢驗與校正	3-12

第四章 儀器安裝與檢驗

4.1	通則	4-1
4.1.1	適用範圍	4-1

4.1.2	監測儀器安裝施工計畫	4-1
4.1.3	安裝作業施工人員	4-3
4.1.4	安裝施工紀錄	4-3
4.1.5	儀器之保護、維護與重設	4-3
4.1.6	儀器之移除與復舊	4-4
4.1.7	儀器校正與檢驗	4-5
4.2	監測儀器之安裝	4-6
4.2.1	說明	4-6
4.2.2	儀器安裝與初始值量測時機	4-6
4.2.3	沉陷觀測點之安裝	4-8
4.2.4	建築物傾斜計之安裝	4-10
4.2.5	水位觀測井之安裝	
4.2.6	水壓計(水壓式、電子式)之安裝	4-15
4.2.7	鋼筋計之安裝	
4.2.8	支撐應變計之安裝	4-18
4.2.9	傾斜管之安裝	4-21
4.2.10	地錨荷重計之安裝	4-24
4.2.11	開挖面隆起桿之安裝	4-31
4.2.12	中間柱隆起觀測點之安裝	4-37
4.2.13	裂縫計之安裝	4-39

第五章 監測作業與管理

5.1	通則	5-1
5.1.1	適用範圍	5-1
5.1.2	監測系統管理組織之設立	5-1
5.1.3	監測品質計畫	5-2
5.1.4	勞工安全與衛生	5-2
5.2	監測作業	5-3
5.2.1	監測系統之採購及發包	5-4
5.2.2	監測資料之彙整	5-5

5.2.3	監測結果之分析及研判	5-11
5.2.4	緊急應變措施之建議及處理	5-12
5.2.5	監測報告之製作及提送	5-17
5.3	監測作業之管理	5-20

第六章 監測系統規劃案例

6.1	監測系統規劃案例一	6-1
6.1.1	工程概況	6-1
6.1.2	地質概況	6-1
6.1.3	深開挖工程問題	6-5
6.1.4	監測系統規劃說明	6-5
6.2	監測系統規劃案例二	6-10
6.2.1	工程概況	6-10
6.2.2	地質概況	6-10
6.2.3	深開挖工程問題	6-10
6.2.4	監測系統規劃說明	6-14
		6-15

參考文獻

附錄

監測儀器安裝自主檢查表

表 目 錄

表 2-1	完整監測計畫之分工例	2-3.
表 2-2	主要監測項目與監測儀器	2-15
表 2-3	各監測項目之監測頻率建議	2-18
表 2-4	各監測項目之圖例	
表 2-5	三級監測管理基準值之涵義 ²⁻²² 與處理對策	2-25
表 2-6	擋土牆、支撐與水位及水壓管理基準值之建議例 2-26	
表 4-1	監測儀器之移除與復舊	4-4.
表 4-2	監測儀器裝設與初始值量測時機	4-7
表 5-1	基礎工程開挖可能狀況及常見應變措施	5-12
表 5-2	觀測日報表參考範例	
表 6-1	案例一簡化土層與工程性質參數表 ⁵⁻¹⁹	6-1
表 6-2	案例一監測系統儀器裝設位置及數量	6-7
表 6-3	案例一監測頻率表	6-8
表 6-4	案例一監測系統安全管理值 ⁵⁻¹⁹	6-9
表 6-5	案例二簡化土層與工程性質參數表	6-10
表 6-6	案例二監測系統儀器裝設位置及數量	6-17
表 6-7	案例二監測頻率表	
表 6-8	案例二監測系統安全管理值 ⁶⁻¹⁸	6-19

圖 目 錄

圖 2-1	監測計畫之規劃流程	2-2
圖 2-2	監測費用與施工災害風險費用相對於監測規模之 關係	
圖 2-3	發生隆起 ²⁻⁵ 之地盤條件與現象	2-7
圖 2-4	擋土系統因土壤隆起之災損案例	2-7
圖 2-5	發生砂湧之地盤與現象	2-8
圖 2-6	砂性地盤因砂湧所產生之損害情況	2-9
圖 2-7	上舉與管湧之地盤狀態與現象	2-10
圖 2-8	壓力含水層中擋土壁施工不良引致之砂湧現象	2-11
圖 2-9	產生地盤沉陷之地質條件與現象	2-12
圖 2-10	因擋土壁過量變形所產生之地盤下陷	2-12
圖 2-11	不對稱側土壓作用造成擋土壁變形引起周邊地盤 沉陷	2-13
圖 2-12	不對稱側土壓之發生條件與現象	2-14
圖 2-13	各種量測點與記錄系統的組合	2-20
圖 2-14	監測結果之檢討流程	
圖 2-15	擋土壁背側傾度管佈設 ²⁻²³ 剖面示意	2-32
圖 2-16	支撐應變計與荷重計水平佈設原則示意	2-35
圖 2-17	考慮上舉問題之水壓計佈設剖面示意圖	2-36
圖 2-18	隆起滑動破壞面	
圖 2-19	擋土壁背後地層滑動 ²⁻³⁷ 區示意	2-39
圖 2-20	建物沉陷觀測點及傾斜計原則示意	2-40
圖 4-1	監測系統裝設流程	4-2
圖 4-2	沉陷觀測點示意圖	4-9
圖 4-3	傾斜計固定盤裝設示意圖	
圖 4-4	水位觀測井裝設示意圖	4-12
圖 4-5	水壓計裝設示意圖	4-14
圖 4-6	鋼筋計裝設示意圖	4-17
		4-20

圖 4-7	支撐應變計裝設示意圖	.....
圖 4-8	擋土壁內傾斜管安裝示意圖	4-23	4-28
圖 4-9	土層內傾斜管安裝示意圖	.....
圖 4-10	傾斜管量測示意圖	4-29	
圖 4-11	地錨荷重計裝設示意圖 (有橫擋方式)	4-30	4-32
圖 4-12	地錨荷重計裝設示意圖 (無橫擋方式)	.....	4-33
圖 4-13	開挖面隆起桿裝設示意圖	.....
圖 4-14	中間柱隆起觀測點裝設示意圖	4-36	4-38
圖 4-15	目視裂縫計示意圖	.....
圖 4-16	電子式裂縫計示意圖	4-40	
圖 5-1	監測系統管理組織例	4-40	5-1
圖 5-2	傾度管側向位移一深度圖例	.....	5-6
圖 5-3	支撐對應位置之傾度管側向位移歷時變化圖例	.....	5-7
圖 5-4	支撐應變計量測所得之支撐軸力歷時變化圖例	.....	5-7
圖 5-5	鋼筋計應力歷時變化圖例	.....	5-8
圖 5-6	中間柱隆起歷時變化圖例	.....	5-8
圖 5-7	水位觀測井及水壓計水頭標高歷時變化	.....	5-9
圖 5-8	擋土牆背側地下水壓力分佈圖例	.....	5-9
圖 5-9	沉陷觀測點沉陷歷時變化圖例	.....	5-10
圖 5-10	建物傾斜計傾斜歷時變化圖例	.....	5-10
圖 5-11	地表沉陷剖面圖例	.....
圖 5-12	施工中監測系統資料提報及管理流程圖	5-11	5-22
圖 6-1	鄰房概況及監測系統(一)	.....	6-2
圖 6-2	開挖及支撐剖面示意圖	.....	6-3
圖 6-3	開挖安全監測系統(二)平面配置	.....	6-4
圖 6-4	鄰房概況及監測系統(一)	.....
圖 6-5	開挖及支撐剖面示意圖	6-11	
圖 6-6	開挖安全監測系統(二)平面配置圖	6-12	6-13

第一章 總 則

1.1 依據

本準則依據內政部頒「建築物基礎構造設計規範」第八章之相關規定訂定之。

【解說】

依內政部頒建築技術規則建築構造編「建築物基礎構造設計規範」第八章 8.10.1 與 8.10.2 條之規定(2001)，基礎擋土開挖應進行安全監測。其條文如下：

8.10.1 監測目的

基地開挖宜利用適當之儀器，量測開挖前後擋土結構系統、地層及鄰近結構物等之變化，以維護開挖工程及鄰近結構物之安全。

監測資料可作為補強措施、緊急災害處理及責任鑑定之依據。

8.10.2 監測系統之設置

基礎開挖之設計若遇下列情形時，應配合基礎開挖工作之進行設置監測系統：

- (1)經大地工程學理及經驗分析，結果顯示難以確定開挖所致之影響者。
- (2)相臨基地曾因類似規模之開挖及施工方法而發生災害或糾紛者。
- (3)開挖影響範圍內之地層軟弱、或其他相關條件(如高靈敏度、高水位差、流砂現象等)欠佳者。
- (4)開挖影響範圍內有供公眾使用之建築物、古蹟、或其他重要建築物者。

(5)鄰近結構物及設施等現況條件欠佳或對沉陷敏感者。

(6)於坡地進行大規模開挖時。

(7)將開挖擋土壁作為永久性結構物使用，而於施工期間有殘餘應力過高或變位過大之顧慮者。

1.2 適用範圍

本準則適用於一般建築物相關基礎工程施工之大地監測作業，對其作原則性之規範。基礎施工大地監測作業之相關細節與標準，應由設計人依據本準則、工程規模、基地特性與設計需求，另訂施工說明書規定。

【解說】

本準則僅對一般建築物基礎工程施工之大地監測作業作原則性之規範。超逾本準則範圍或有較高要求者，應由設計人，依據本準則之原則，以及針對工程規模、基地特性與設計需求，另外編訂施工說明書詳細規範之，以為監測作業之基準。

1.3 引用規範

基礎工程施工之大地監測作業，除依據本準則外，亦須引用其他相關規範辦理。本準則引用之相關規範包括：

- (1) 「建築技術規則建築構造編－建築物基礎構造設計規範」
內政部營建署頒布，民國九十年。
- (2) 「建築技術規則施工編相關規範－規範通則」
內政部營建署頒布，民國九十年。
- (3) 「基礎工程施工參考規範與解說」
內政部建築研究所編，民國九十年。

(4)「土方與擋土工程施工規範」

內政部建築研究所與中國土木工程學會合編，民國八十一年。

(5)「基礎工程監控系統之建立與施工查核手冊」

行政院公共工程委員會編印，民國九十四年。

(6)「公共工程施工品質管理作業要點」行政院公共工程委員會，

會編印，民國九十四年。

【解說】

本準則主要係提供作為一般建築物基礎工程施工大地監測作業之基準，準則內容主要係根據上述各主要規範之相關規定擬定之，並參考其他規範、準則、手冊、以及國內外施工慣例，作合理之規定，以符合基礎工程施工大地監測作業之實際需求。

1.4 專業廠商

基礎工程施工之大地監測作業應由起造人或承造人委託專業廠商辦理之。

【解說】

基礎工程施工之大地監測工作須由具有資格之專業人員負責辦理，以確保工作品質。大地監測專業廠商應有依技師法登記執業且具監測經驗之大地工程技師或土木工程技師負責執行各項監測資料之分析及研讀工作。

1.5 專利權

基礎施工監測作業所使用之儀器或方法若為專利品或專利性製作法，應由承造人取得專利權人之同意。必要時，應由專利權人指派專門技術人員指導，以免發生權利爭議或方法之誤差。

【解說】

基礎施工大地監測作業技術日新月異，其所使用之儀器、方法或技術常具專利權。為使工程可順利進行，承造人於施工前應注意擬用工法是否涉及專利權，若涉及專利權，則承造人應事先取得專利權人之同意使用，以免發生權利爭議。至於使用專利工法時，應視需要由專利權人指派專門技術人員指導，以免產生使用方法之誤差，未達預期效果，引致爭議。

1.6 監測計畫

承造人應於施工前以其專業經驗，考量工程規模與基地特性，充分判斷檢討各種調查資料，研訂妥善可行之「施工計畫」¹「施」。工計畫」應包含大地監測計畫，經監造人核定或（及）依規定報請主管機關備查後，據以施工。大地監測計畫之執行應根據本準則有關規定，由監測專業廠商擬訂施工執行計畫。

【解說】

承造人於整個工程施工前應考量工程規模、基地特性與各種調查資料，研訂妥善可行之「施工計畫」經起造人與監造人核准，以為施工之依據。承造人所提之「施工計畫」中，應包含基礎工程施工之大地監測計畫，旨在使承造人事先規劃基礎工程之工作內容與進度，與可能遭遇之情況，進而分析問題，預先規劃對策，以避免倉促施工，造成問題，或於發生事故時不知問題所在而無法立即處理，引致問題擴大，甚而造成災害。

監造人應詳細審核「施工計畫」以及大地監測計畫，不僅可預，

先瞭解施工計畫，評估其可行性，亦可掌握監測計畫之關鍵問題，於事故發生時儘速要求承造人謀求對策。此外，亦可依據預定施工進度，掌握檢驗時機，以確保工程品質。

基礎工程之施工常涉及地下開挖，易損及鄰近管線、設施或建築物，因此有必要於施工前提出妥善之開挖安全監測計畫，以防災變或鄰損事件之發生。

雖然監測施工計畫須經監造人核定，但依契約精神，承造人仍須對其施工結果負完全責任，惟監造人仍不得免除所應負之責任。

1.7 監測管理

監測專業廠商應依核定之監測計畫，確實執行監測作業與監測資料之分析與管理，即時提供分析結果給委託人或相關單位，據以評估施工之安全性。

【解說】

監測作業之管理包括監測系統之維護管理與監測資料之分析管理。

監測系統之維護管理包括監測感測器、量測儀器、資料集錄器、電腦與其周邊設備等之維護與管理，這些硬體在安裝與量測過程中，都需要進行維護管理的工作，以確保監測系統能正常運作，獲得正確之量測資料。

監測資料之分析管理係指於監測作業期間，應依契約規定按時進行監測資料之整理與分析，完成監測報告，並呈交委託人或相關單位作為設計與施工檢核之參考資料，並為施工災害之預警與進行應變對策之用。

各項監測紀錄與分析報告，應妥為保存，以為檢核與安全評估之用。

1.8 品質管制

品質管制應依契約規定辦理。契約無規定者以協議訂之。

【解說】

確實依據品質管制程序作業及查驗，是達到品質均勻及符合要求之不二法門，因而承造人應於施工前遵循或比照 ISO 品管系統，或公程會之三級品管制度，妥善訂定品質管理標準及作業程序，作為執行之準繩。

各項品質管制及檢驗紀錄，是所完成工作之品質證明，應妥為保存，以備核查。

第二章 監測系統之規劃與配置

2.1 通則

2.1.1 適用範圍

本章適用於規範一般建築物基礎工程施工災害預防之大地監測工作。

2.1.2 監測計畫

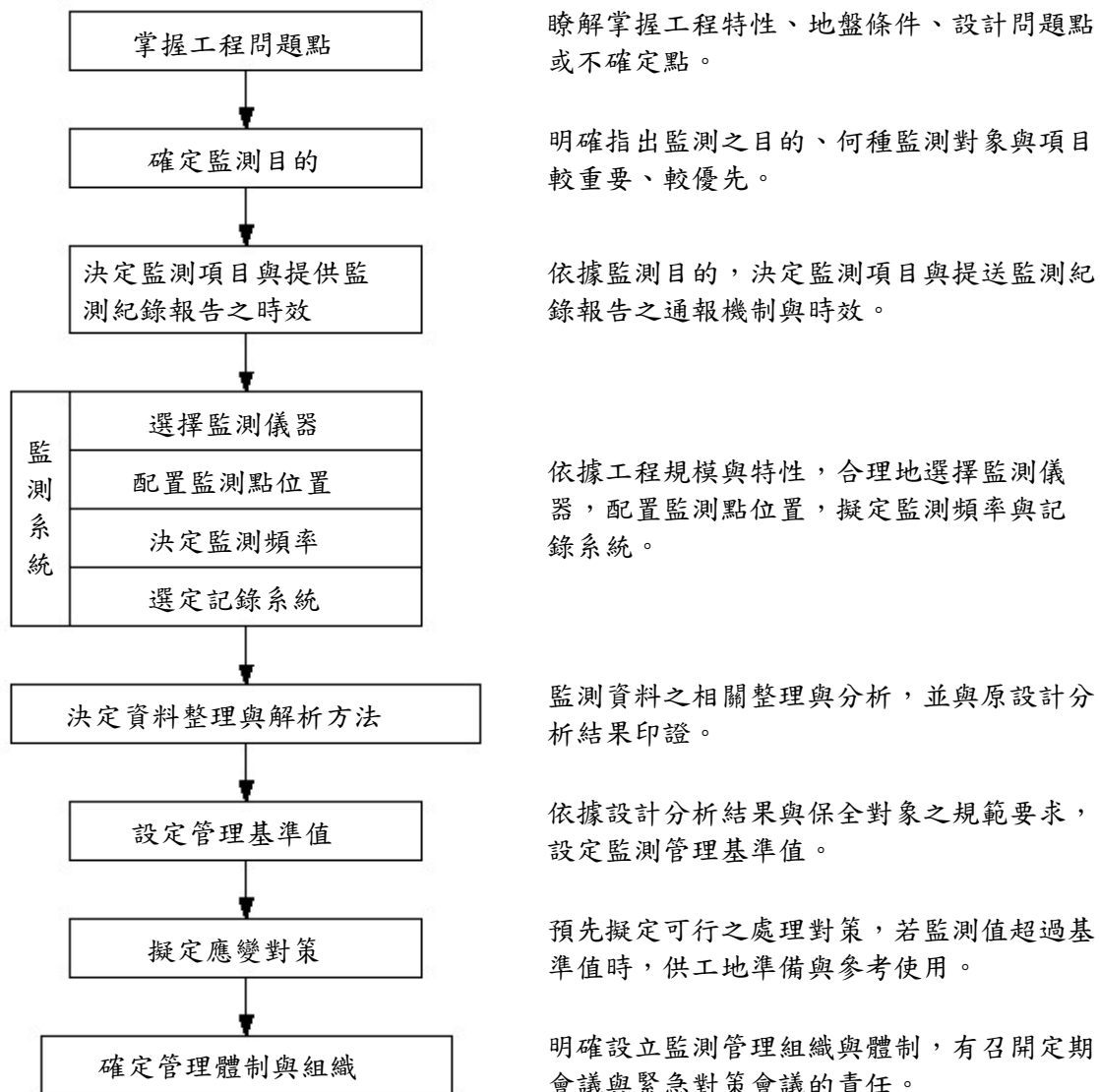
基礎工程相關專業人員應依工程特性、地質狀況、基地環境、保全對象、可能施工災害，規劃編製監測計畫，經核定後實施。其內容至少包括：

- (1) 工程特性、地質狀況、基地環境與保全對象
- (2) 設計與施工之問題點與不確定性
- (3) 監測目的與監測項目
- (4) 監測系統規劃與配置：包括選擇儀器、配置測點位置、擬訂監測頻率、選擇記錄系統等。
- (5) 監測系統之維護與管理
- (6) 監測管理基準值之設定
- (7) 監測資料之整理與分析方法
- (8) 訂定監測記錄及報告時效
- (9) 建議基礎施工可能發生災害類型之緊急處理應變計畫
- (10) 監測管理組織之建立與運作體制
- (11) 編列監測預算與技術規範

【解說】

為做好基礎施工之安全監測工作，設計人員應預先瞭解該工程

計畫之特性、地質狀況、基地環境、保全對象、可能發生之施工災害，依據圖 2-1 之監測計畫編制流程，撰寫監測計畫書。計畫書內容應視工程規模適當包括上述條文之內容。計畫書經業主核定後，於施工階段，供設計顧問、施工廠商與監測專業廠商據以執行施工安全監測工作。



資料來源：修改自地盤工學會 (1999b)

圖 2-1 監測計畫之規劃流程

2.1.3 監測計畫之分工

擬訂監測計畫前，宜預先規劃業主、設計顧問、監測專業包商與工程施工廠商之分工責任，並經由監測管理組織負責協調聯繫，使各分工密切合作，可大幅提高監測工作的品質。

【解說】

經驗顯示基礎施工安全監測工作要能達到安全監測的目的，需要業主（監造）設計單位（顧問公司、建築師或技師事務所）、監測專業廠商與工程施工廠商，都能積極參與監測計畫，進行責任分工，使監測工作之執行能夠協調整合與順利進行。表 2-1 為一完整之監測計畫分工例。監測計畫規劃者應視實際工程發包情況，預先擬訂執行監測計畫之分工責任。

表 2-1 完整監測計畫之分工例

工作任務	分工之單位		
	業主（監造）	設計單位	監測專業廠商 施工廠商
規劃監測計畫	●	●	●
訂購儀器 進行原廠校正		●	●
安裝儀器			● ●
依一定時程 維護校正儀器			● ●
擬定與修正 監測頻率		●	●
收集監測資料			● ●
處理與展示 監測資料			●
解釋並報告 監測結果		●	●
根據監測結果 作決定	●	●	●

資料來源：修改自 Dunicliff(1988)

上表中同一項工作任務若有一個以上的分工單位，應具體規定每一分工單位之職責，並具體說明合作之關係。如「解釋並報告監測結果」一項，監測專業廠商應負責監測數據之提供與說明，而設計顧問則應負責結果判讀與回饋分析。

2.1.4 監測系統之調整

監測系統之規劃與配置宜具有彈性，以因應工地發生沒有預期之設計與施工狀況時，可以加以調整或變更，使更符合實際施工需求。

【解說】

由於監測儀器常因施工活動或環境變化而失效，或工地發生沒有預期之設計與施工狀況，常需對原有監測儀器的規劃與配置，加以調整或變更，因此監測系統之計畫宜保留彈性，相對應監測費用預算之編列也應保有彈性調整的空間，使監測工作能視工地狀況作適當調整，使更符合施工之實際需求。

2.1.5 監測系統之規模

監測系統規劃者應考量基地環境、周邊構造物種類、災害發生之影響程度、工程特性與重要性、地質狀況、工程費用等因素，擬訂最適當之監測規模。

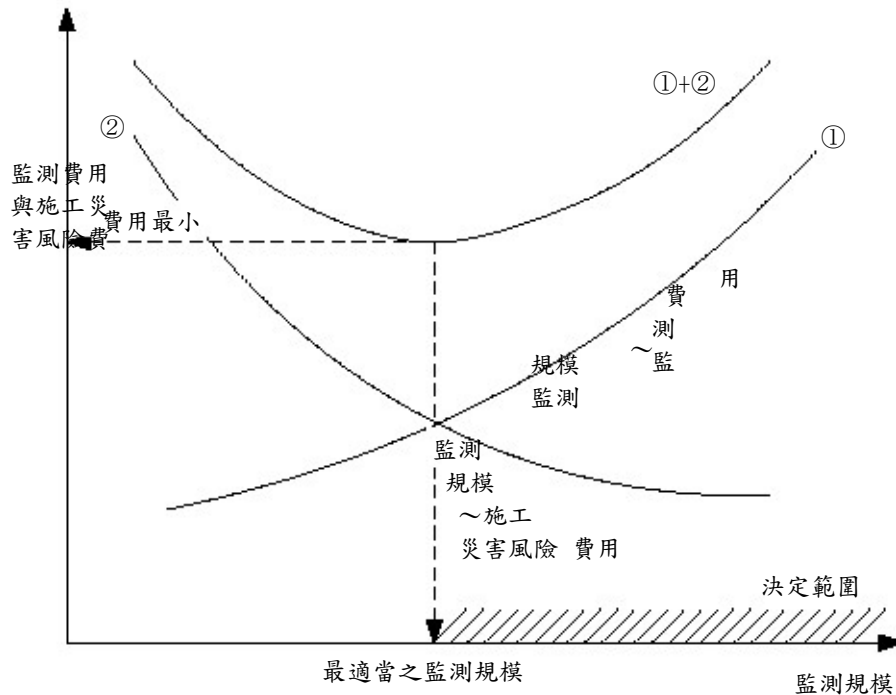
【解說】

監測系統之規模包含(1)監測項目與數量之多寡；(2)監測範圍之大小；(3)儀器之精密程度；(4)監測頻率之密集程度；(3)記錄系統之自動化程度；(5)監測資料整理與相關分析工作；以及(6)監測報告之數量等內涵。所設置監測系統之規模越大，則所需監測費用越高，其關係如圖 2-2 之監測規模與監測費用之示意圖所示。

相對地，所設置監測系統之規模越大，則所能量測得到的資料

越豐富，能對施工安全作更準確之判讀，以減少發生施工災害的風險，其關係如圖 2-2 之監測規模與施工災害風險費用之示意圖所示。

規劃者可依據圖 2-2 之觀念，考慮監測費用與施工災害風險費用相對於監測規模之關係，來決定最佳之監測規模。



資料來源：改繪自地盤工學會 (1999a)

圖 2-2 監測費用與施工災害風險費用相對於監測規模之關係

2.1.6 監測規劃者之專業資格

監測系統規劃者宜具有大地工程技師、土木工程技師資格，並應具有豐富基礎工程開挖、擋土之設計與施工經驗。

【解說】

要做好監測系統之規劃與配置，需具有大地工程專業的素養，以及豐富之基礎工程設計或施工之經驗，因此對規劃人員之專業資格宜有一定之要求。監測系統規劃者宜具有大地工程技師或土木工程技師資格，且具有豐富之基礎開挖、擋土支撐設計施工經驗，應能規劃較完整之監測計畫。

2.2 監測系統之規劃

2.2.1 工程問題之瞭解與掌握

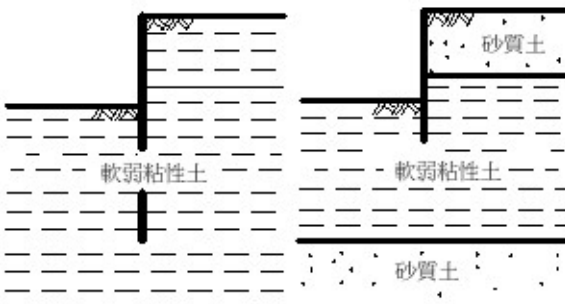
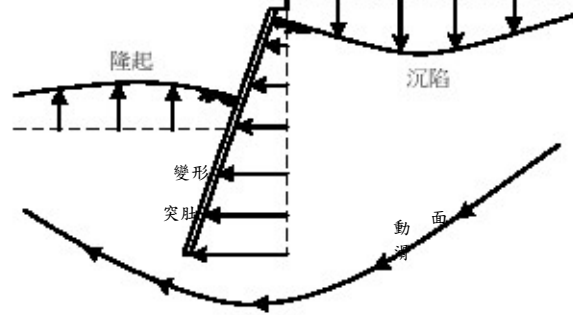
監測系統規劃者應詳閱工程計畫書、工程設計圖、地質調查報告、開挖擋土設施計算書、基礎施工程序、基地周遭環境與鄰近地上地下結構物調查報告、鄰近地區之施工經驗等，瞭解工程特性，並掌握可能之工程問題點。

【解說】

為有效進行監測系統之規劃與配置，規劃者首先要對工程之重要關鍵問題有所瞭解與掌握，如此才能將有限的監測資源，作有效的配置。因此規劃者事前應該詳閱工程計畫書、工程設計圖、地質調查報告、開挖擋土設施計算書、基礎施工程序、基地周遭環境與鄰近地上地下結構物調查報告、鄰近地區之施工經驗等資料，方能識別可能之工程問題點或施工災害類別，進而決定監測項目與數量、監測點之位置與深度，監測資料如何對比與解析，監測管理值與應變對策等事項。一般建築工程基礎施工可能發生的災害或損害類型包括下列幾種，可供參考。

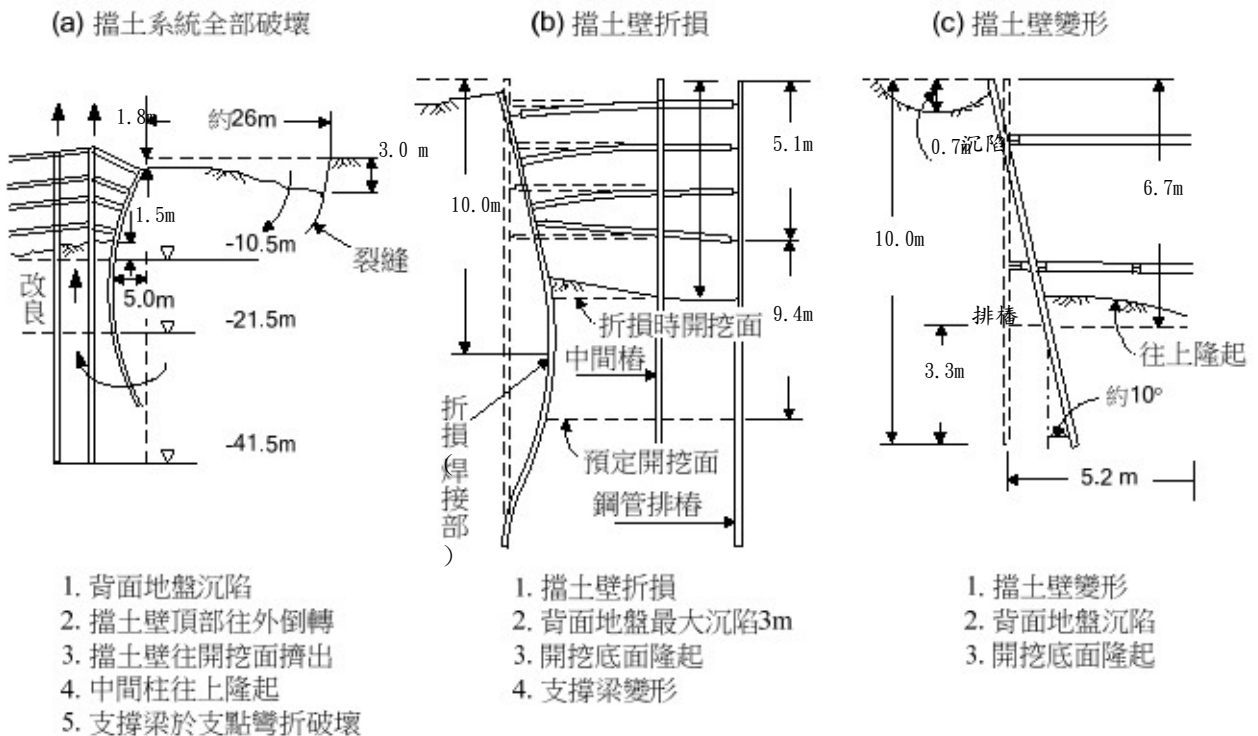
(1) 黏性土壤之隆起 (heaving)

在軟弱黏土中進行基礎開挖，常因擋土壁貫入深度不足，產生開挖底部土壤隆起之破壞，其地層狀態與破壞現象如圖 2-3 所示。圖 2-4 為幾個隆起所引起的開挖災害案例，可供瞭解擋土壁、支撐與地盤的破壞行為。此種隆起破壞案例常發生在台北盆地基隆河流域中、下游區域，如士林、北投、石牌、信義與松山等軟弱黏土層地區。

地盤條件	現象
 <p>軟弱粘性土</p> <p>砂質土</p> <p>軟弱粘性土</p> <p>砂質土</p> <p>開挖底面有厚軟弱粘土層，此種厚層軟弱粘土多為沖積作用所形成，含水量高，塑性大，靈敏度高。</p>	 <p>隆起</p> <p>沉陷</p> <p>變形</p> <p>突肚</p> <p>動面</p> <p>由於開挖作用，引起擋土壁兩側作用在開挖底面之垂直土壓不平衡，致使產生沿擋土壁底部之圓弧滑動，使得開挖底面隆起，壁體背面周邊地盤下陷，最後擋土系統破壞。</p>

資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-3 發生隆起之地盤條件與現象

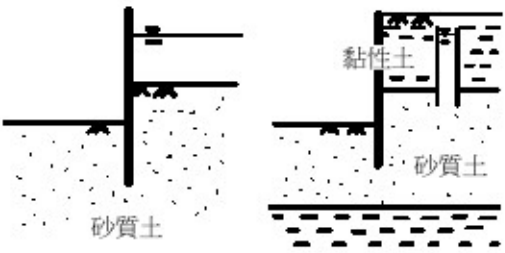
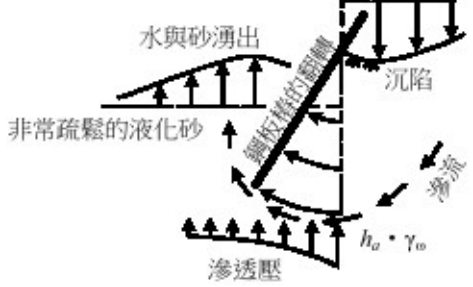


資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-4 擋土系統因土壤隆起之災損案例

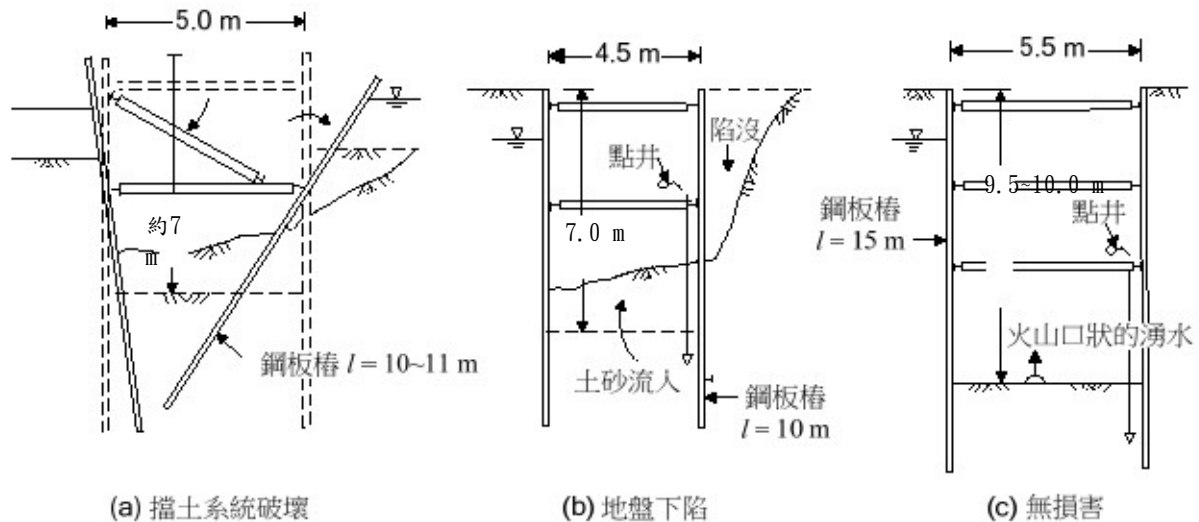
(2) 砂性土壤之砂湧 (sand boiling)

在高水位之砂質地盤進行開挖，由於擋土壁內開挖區要降低水位，以利開挖，因此擋土壁內外有顯著之水頭差，若水頭差太大，造成擋土壁外往開挖區底部流動地下水的滲流水壓太大，若超過砂土的有效單位重，開挖底部的砂顆粒會似沸騰般上湧，底部土壤之剪力強度喪失，影響擋土支撐系統的穩定性。可能發生砂湧之地層狀態與破壞現象如圖 2-5 所示。砂湧發生初期可能僅有小規模之湧水，但災害程度擴大可至整個擋土支撐系統崩坍，如圖 2-6 所示。一般砂湧所造成之崩坍預警時間甚短，若有徵兆要馬上應變處理，以免發展為嚴重災害。

地盤狀態	現象
 <p>容易發生於地下水位高之砂質土，特別是擋土壁附近有河川，海洋等地下水供給來源的場合需要注意。</p>	 <p>採用止水性擋土壁時，因開挖產生壁體內外水頭差，引起往開挖底面向上的滲流作用，當滲流壓高過土的有效單位重，砂土會往上湧起，損害擋土系統的穩定性。</p>

資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-5 發生砂湧之地盤與現象



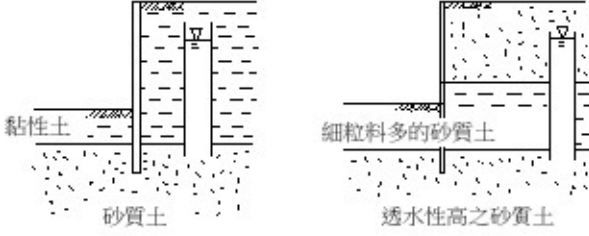
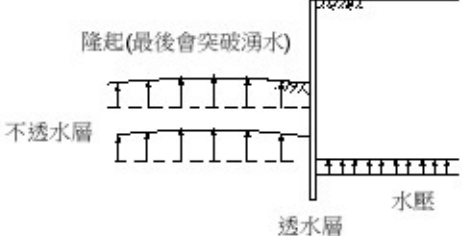
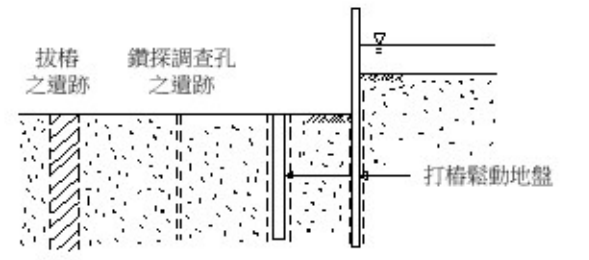
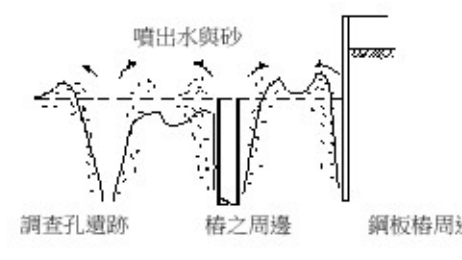
資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-6 砂性地盤因砂湧所產生之損害情況

(3) 開挖底部上舉 (uplift)與管湧 (piping)

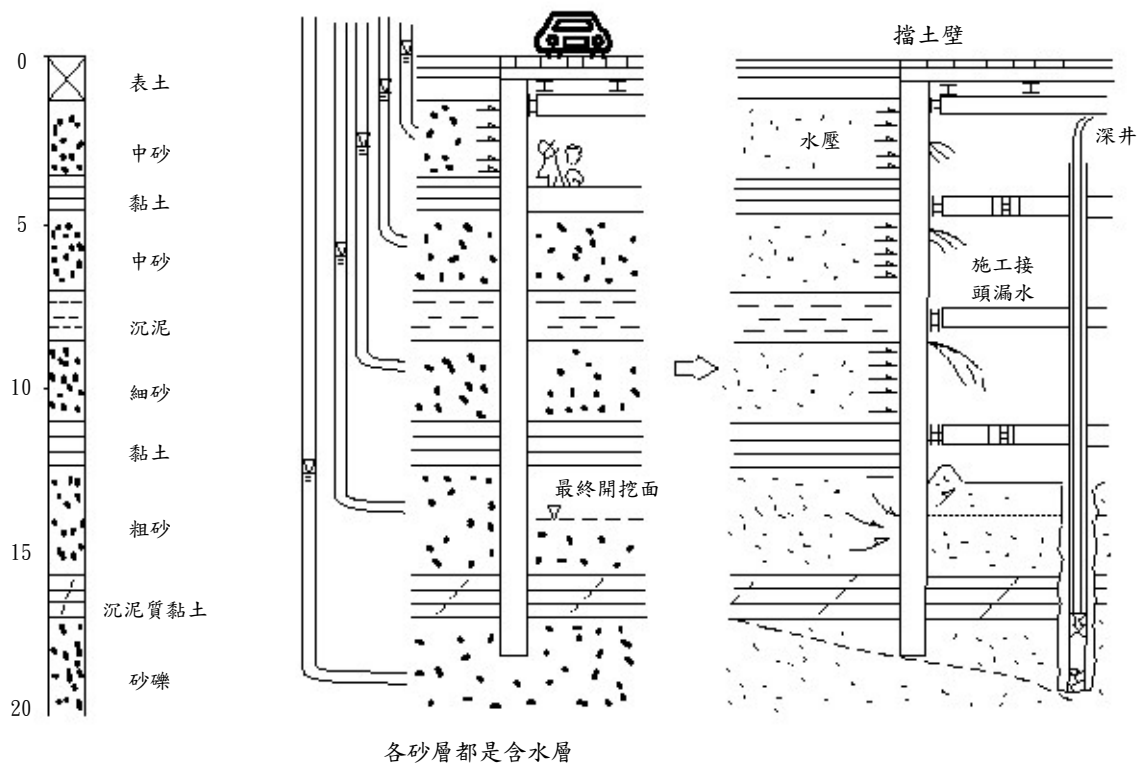
當開挖底面為不透水之黏性薄土層，其底下為高壓砂礫土層之狀況，隨開挖進度逐漸接近設計開挖面，當高壓水層之上頂水壓力快超過黏性薄土層重量時，黏性薄土層會有上浮隆起變形的現象。最終黏性土層變形開裂，被高壓水突破，發生管湧。管湧為地盤中或擋土壁有裂隙與通道，在地下水滲流作用下，使得細顆粒之土粒被水掏洗掉，形成水流管道，該管道逐漸往上延伸，進一步掏洗粗顆粒之土粒，造成土壤流失，地表坍塌破壞。管湧曾發生之情況包括開挖底面有過去之鑽孔、拔樁孔、基樁與鋼板樁的周邊孔隙；可能發生上舉與管湧通道之地層狀態與噴砂現象如圖 2-7 所示。

當連續壁、鋼板樁、擋土排樁之接縫有缺陷，不密合，也會造成擋土壁外側土砂與水由此缺陷流出至開挖面內側，產生地盤坍塌的災害，如圖 2-8 所示。此外，使用地錨當作支撐，也要小心地錨鑽孔鑽至有水位的砂質地盤，也會造成管湧現象，引發施工災害。

分類	地盤狀態	現象
地盤上舉	 <p>開挖底面附近為不透水層，其下為水頭高之透水層，不透水層多為黏性土或細粒料多的砂質土。</p>	 <p>由於不透水層下面往上水壓的作用，不透水層會有上舉的現象，最後不透水層會被突破，產生管湧破壞。</p>
管湧	 <p>在容易發生管湧與上舉之地盤中有容易出水之通道。一些人為的易出水通道如上圖所示。</p>	 <p>地盤軟弱處或縫隙處，細粒土壤會被滲流作用淘洗流失，於地中形成水流管道，再逐次往上淘洗粗的土粒，管道逐漸擴大，終至產生管湧破壞。</p>

資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-7 上舉與管湧之地盤狀態與現象



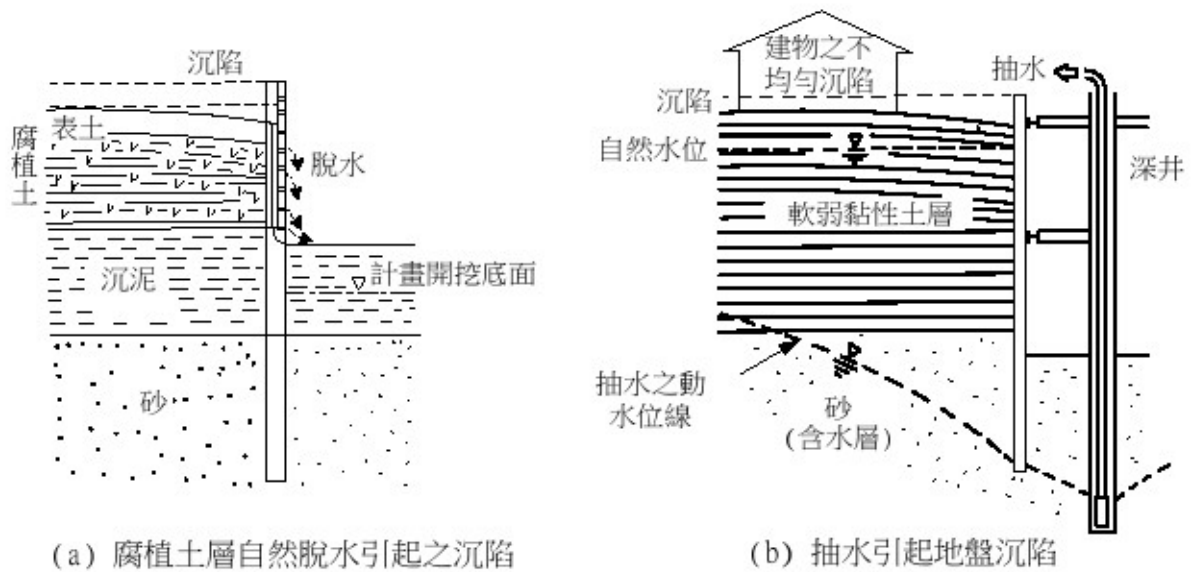
資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-8 壓力含水層中擋土壁施工不良引致之砂湧現象

(4) 地盤沈陷

在砂土層、軟弱黏土層或有機土的基地，因基礎開挖施工，需要抽降開挖面地下水位時，會引起基地周遭地盤產生沈陷，使得鄰近結構物產生沈陷或龜裂，或損及地下管線功能。可能發生地盤沈陷之地層狀態與損害現象如圖 2-9 所示。

除了抽水外，擋土壁或支撐勁度不足時，也會使壁體往內位移，使得擋土壁外的地盤產生沈陷，可能會損及鄰近之結構物或管線設施，如圖 2-10 所示。

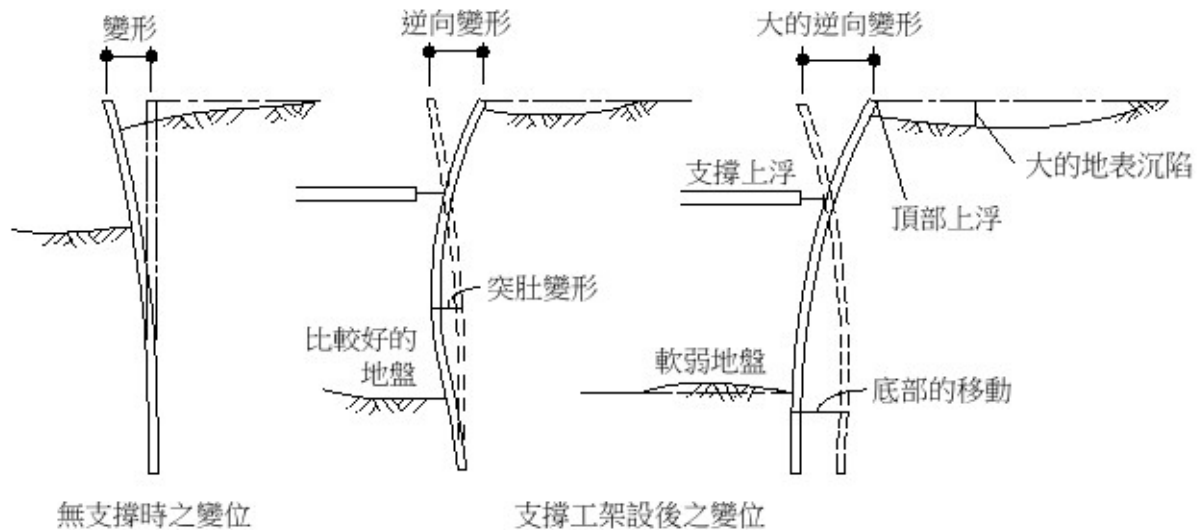


(a) 腐植土層自然脫水引起之沉陷

(b) 抽水引起地盤沉陷

資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-9 產生地盤沉陷之地質條件與現象

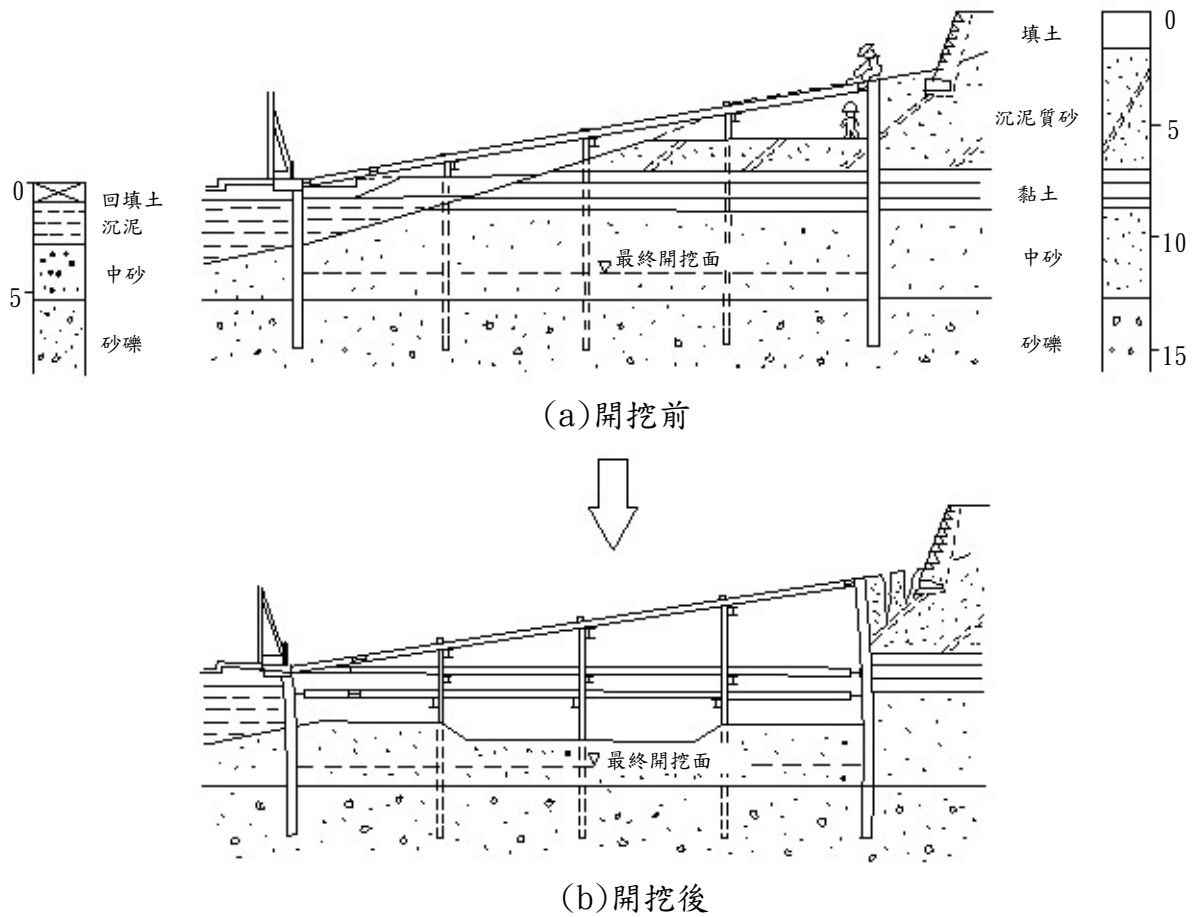


資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-10 因擋土壁過量變形所產生之地盤下陷

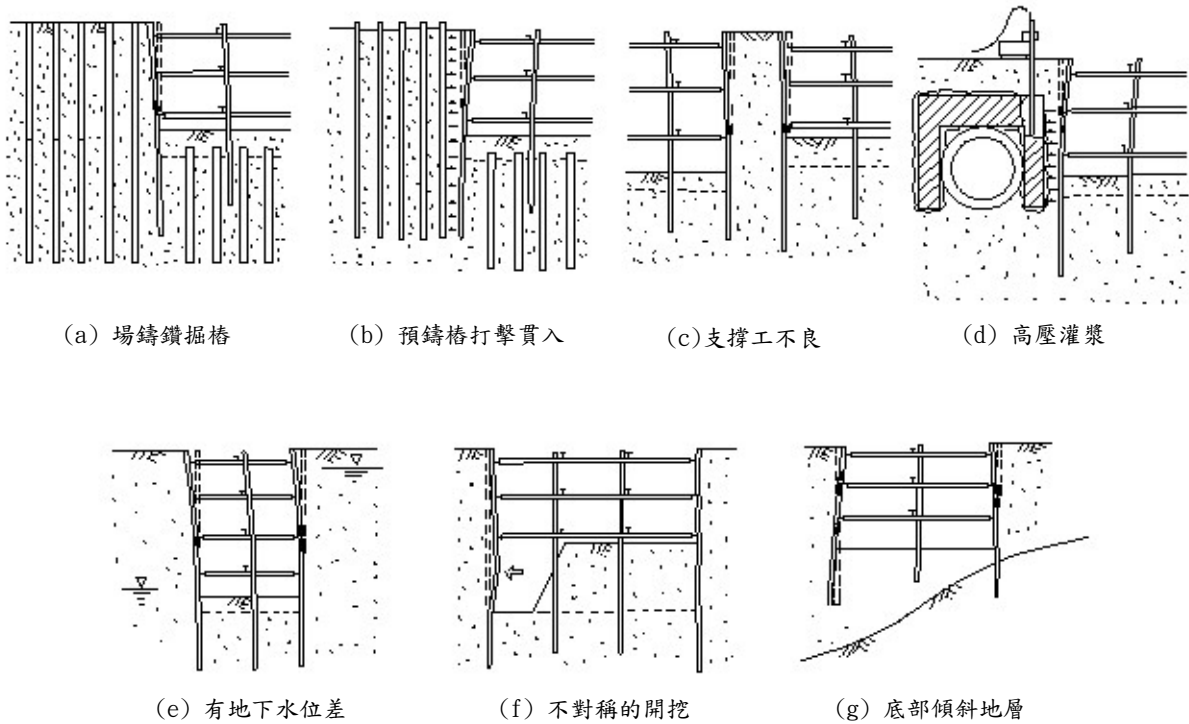
(5) 不對稱土壓造成擋土壁之變形

不對稱土壓通常發生在傾斜地之基礎開挖，因為支撐與擋土壁的配置都不對稱，如圖 2-11 所示。一般平坦地盤的基礎開挖，大多是人為因素造成不對稱側壓力過大，而引起擋土壁之變形。這些人為因素包括鄰近擋土壁打設基樁或鑽掘基樁，鄰近擋土壁藥液灌漿，開挖兩側有明顯的水位差（不對稱水壓），基地內有很大的不對稱開挖，以及開挖軟弱層底部有傾斜堅硬地盤等情況。如圖 2-12 所示。



資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-11 不對稱側土壓作用造成擋土壁變形引起周邊地盤沉陷



資料來源：改繪自三橋晃司(1992)

圖 2-12 不對稱側土壓之發生條件與現象

2.2.2 監測目的與項目之確定

監測系統規劃者應針對所掌握可能發生工程問題點之重要性，依優先順序，確立監測目的，決定監測項目。

【解說】

規劃者應針對所掌握可能工程問題點，瞭解其發生的機率，其對施工的重要性，排定監測的優先順序，確立監測目的與監測項目。一般基礎開挖與擋土工程之監測對象與項目如表 2-2 所示，規劃者應針對工程特性及問題點加以選擇。

表 2-2 主要監測項目與監測儀器

監測對象		監測項目	監測儀器	
基地內	擋土壁	側向土壓	壁面土壓計	
		應力	應變計 鋼筋計 傾度管	
		變形	經緯儀 應變計	
	支撐系統	地錨 支撐梁 中間柱	支撐梁軸力	荷重計 溫度計 地錨荷重計
			地錨拉力	應變計 溫度計
			橫擋應力	經緯儀 水準儀
			橫擋彎曲變形	水準儀
			中間柱的下沉與上浮	地層沉陷計，隆起桿
	開挖底面	底面隆起	水位觀測井 水壓計	
		地下水水位（水壓）	刻度流量槽 流量計 水準儀	
	其他	排水量	地層沉陷計 傾度管	
	基地外	週邊地盤	下陷及隆起	水準儀 地層沉陷計
			水平位移	傾斜計
週邊建築物、構造物與埋設管		下陷及上浮	水準儀 經緯儀 裂縫計	
		傾斜	水位觀測井 水壓計 噪音計	
		龜裂	振動計	
地下水		水位（水壓）		
其他		噪音		
		振動		

資料來源：修改自土質工學會(1984)

2.2.3 監測儀器之選定

規劃者應考量儀器之精度、量測範圍、可靠度、操作性、耐久性、安裝與管理的難易、記讀與傳輸等因素，選定適用之儀器。

【解說】

選擇監測儀器的考量，一般先瞭解儀器的精度與量測範圍是否滿足功能上的需求，接著考慮儀器在監測期限以及現場施工環境的可靠度（防水、防塵與耐衝擊性）以及耐久性，同時要檢討安裝、記讀與監測期間維護管理之難易程度，希望能對施工作業產生最小的干擾。儀器一般分為光學式、機械式、水力式、氣壓式、與電子式五大類，各類儀器之可靠度與操作性隨工作環境而異。若為自動化記錄監測與傳輸，則以選用電子式儀器為較佳。但是電子式儀器對量測環境的要求比較嚴苛，其耐久性不佳，在工地環境常常失效。在一般的工地環境，儘量避免不必要之複雜儀器，所選用的監測儀器應該在類似的工程環境有良好的監測實績。並應考量可用監測人員的技術與數量。

2.2.4 監測點位置之配置

監測點位置應依照本作業準則「2.3 監測系統之配置」所述之各項原則，進行平面與剖面的配置。

【解說】

規劃者應要對所負責工程之內容與基礎工程特性、地質條件、開挖擋土施工程序、開挖擋土行為的預測、以及關鍵工程問題點等有深入的瞭解，本身也需具有豐富的基礎工程學養，方能妥善配置監測點之位置。

由於每個工程本身都有其特有之工程特性與地質及環境條件，因此監測點位置之選擇與配置，應視實際狀況而定，很難有一定的

準則與規定，其實是屬於一種依賴規劃者經驗學養的藝術工作 (state of art)。雖然如此，對於一般建築工程，本作業準則第 2.3 條「監測系統之配置」所述之各項原則，在一般情況下仍然可以適用，規劃者可參考使用。

2.2.5 監測頻率之擬訂

監測頻率之擬訂應視一般施工、短期與長期監測、特別需求等情況，擬訂合理的監測頻率。

【解說】

監測頻率的高低，關係到監測結果的有效性與工作量，監測頻率若太低，則可能漏失重要有用之訊息，達不到監測之目的，嚴重者可能危及施工安全。而監測頻率若太高，則浪費監測人力，也會影響施工作業之進行。表 2-3 提供一般基礎開挖擋土工程之監測頻率建議原則，可供規劃者參考，具體之監測頻率應視工程實際狀況而定。有些對周圍環境有影響之開挖前期基礎施工作業，如連續壁、基樁、地盤改良等，應於該等作業施工前即需準備開始監測。對於短期監測與長期監測的項目，其監測頻率應有適當之區別。另外，在一些特別情況下，例如地震或颱風期間，以及發生施工災害或有災害徵兆時，均應提高監測頻率，以確保施工安全。

表 2-3 各 監 測 項 目 之 監 測 頻 率 建 議

監測對象	監測項目	儀器名稱	觀 測 頻 率		
			開挖前	地下層施工期間	
			導溝、連續壁、 基樁 地改期間、	開挖期間	地下結構 構築期間
擋土壁	側向土壓 應力 變形	土壓計 鋼筋計 傾度管	基樁施工期間 每二週一次， 地改施工期間 每週二次	每階段開挖前後及 支撐(地錨)施加預 壓力前後，每週至 少二次	每層支撐(地錨)拆 除前後，每週至少 一次
支撐系統	支撐軸力 地錨拉力 中間柱	支撐應變計 地錨荷重計 中間柱隆起 觀測點		每階段開挖前後及 支撐(地錨)施加預 壓力前後，每週至 少二次。最下階開 挖至底版澆置完成 前，每天至少一次	每層支撐(地錨)拆 除前後，每週至少 一次
開挖面	底面隆起 隆起桿或其 基地內地下 他代用品 水壓計水壓			每階段開挖前後， 每週至少二次。最 下階開挖至底版澆 置完成前，每天至 少一次	每週至少一次
周邊地盤	沉陷觀測點 每週一次 側向變位 傾度管 基地外地下 水位觀測井 (水壓計)水位(壓)	沉陷觀測點 每週一次 傾度管 水位觀測井 水位(壓)		開挖抽水期間，每 週至少二次；未抽 水時，每週至少一 次	基礎施工抽水時， 每週至少二次； 未抽水時，每週至 少一次
周邊建築物 構造物與埋 龜裂設物	沉陷 傾斜	沉陷觀測點 傾斜計 裂縫計	每週一次	每週至少二次	每週至少一次
基礎版上浮 壓計(沉陷)	筏基礎版下 筏 水壓力 基礎版上浮 陷觀測點	基礎版水 - 沉陷計或沉 陷觀測點 (沉陷)量			地下層構築期間每 週一次，地上每層 澆築混凝土後需測 一次
變位參考點 沉陷	位移	傾度管管口 測一次	每二週由不動 點引測一次	每二週由不動點引 測一次	每月由不動點引測
	自動化監測 系統		每 1 小時一次	每 1 小時一次	每 2 小時一次

註：必要時得隨時監測或視控制安全之需要調整監測頻率。

資料來源：本研究整理

2.2.6 監測記錄系統之選擇

規劃者應視監測目的、監測項目、監測點數、監測期限、自動化要求程度以及經濟性等因素選擇監測記錄系統。

【解說】

一般監測記錄系統依自動化程度可分為下列幾類(圖 2-13 所示)：

1. 手動量測-手動輸入：

以人為方式讀取地盤或結構物反應量之量測值，需在現地以記錄簿記錄，再以鍵盤輸入量測資料，作物理量的轉換，並將量測結果製成圖表。此種系統適用於小規模監測、或以經緯儀或水準儀對地盤與結構變位進行監測，初期成本較低為其優點。不適用於量測點數多與量測頻率高的場合，此種系統人力費用較高，於讀取輸入資料時可能產生人為誤差。

2. 手動量測-自動輸入：

利用資料集錄器(data logger)將某測點的量測值存入記憶體，並以轉換箱(switch box)轉換量測其他測點。現場量測完成後，將資料集錄器與電腦連接，自動將量測資料輸入電腦中。適用於中等規模之監測與壁體內或土中傾度管之量測。

3. 自動量測-手動輸入：

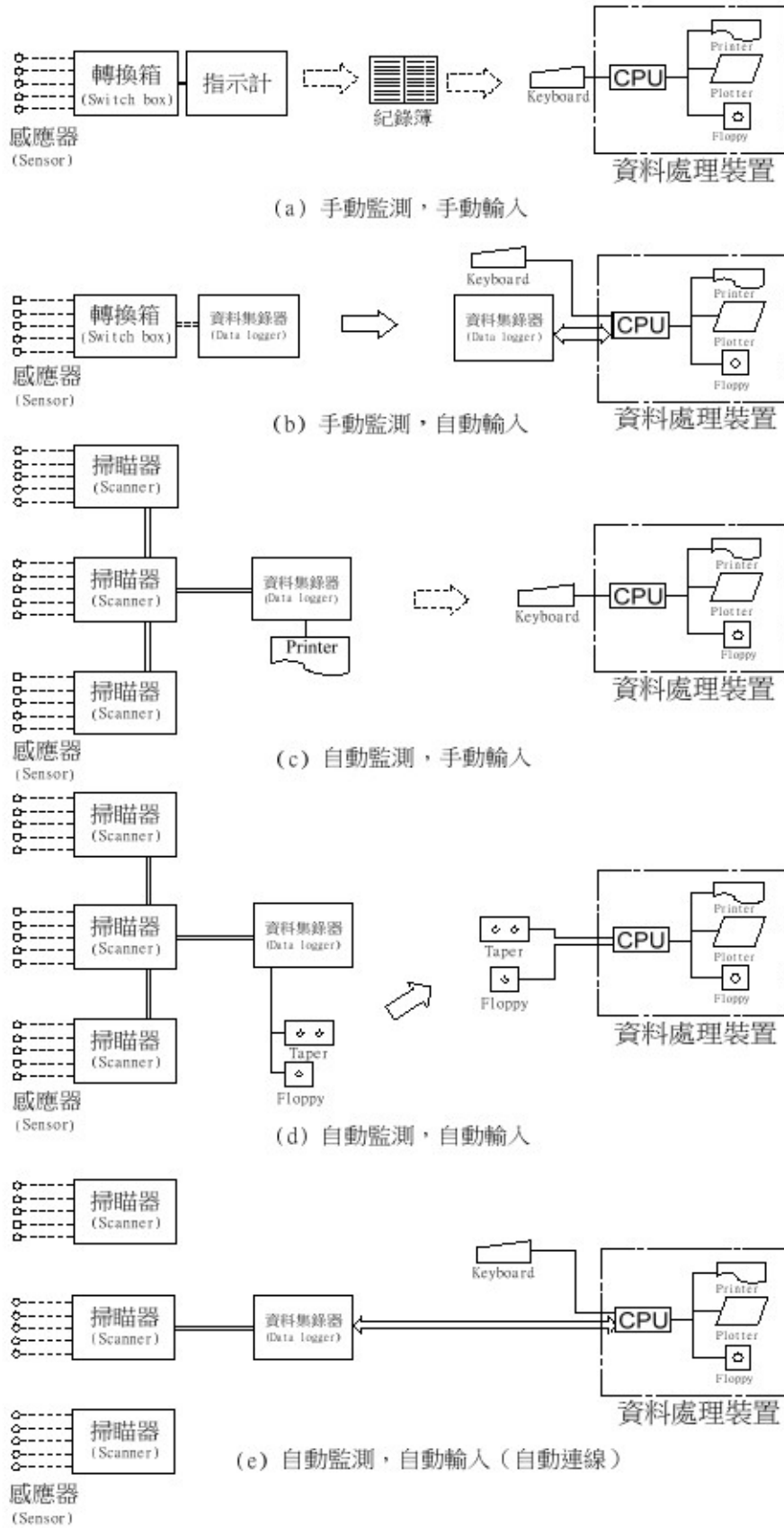
資料集錄器之量測值可自動以印表機列印，但是需用人力以鍵盤輸入量測值到電腦中。

4. 自動量測-自動輸入(未自動連線)：

資料集錄器之量測值可自動輸出儲存在磁帶、軟硬碟、光碟。將上述磁帶、軟硬碟、光碟裝置連接電腦，自動將資料入電腦中。

5. 自動量測-自動輸入(全自動連線)：

資料集錄器與電腦直接連線，量測工作與資料處理一貫化自動作業處理，適用於大規模監測工作或自動化監測預警系統之場合。



資料來源：改繪自大志万和也 (1987)

圖 2-13 各種量測點與記錄系統的組合

2.2.7 監測系統之維護管理

監測計畫書內應明訂監測系統之維護管理辦法，以確保監測計畫能夠成功地執行。

【解說】

監測系統之硬體包括感測器、量測儀器、資料集錄器、電纜線、通訊設備、電腦與其周邊設備、監測室、可用電源與備用電源等。這些硬體在安裝與運作過程，都需要進行維護管理的工作，以確保監測系統能正常運作。以感測器之維護管理為例，要明訂感測器之校核 (calibration) 步驟與校核頻率，設定初始值的程序與步驟，儀器維護步驟與保養頻率，以維持感測器之正常功能。

要設計感測器的保護設施，清楚標示感測器之位置，教育施工人員要保護監測儀器以及明訂損害監測儀器之責任，以避免施工期間，感測器遭受損害。也要預先規劃感測器受損時，準備備份儀器與零件，可以隨時補充更換。至於量測或通訊電纜線之佈設，應檢討其佈設路線與保護，以避免施工作業對其產生損害。電腦與其周邊設備要防潮、防塵以及保持乾淨。應提供穩定之監測電源、不斷電設備與備用電源。

2.2.8 監測資料整理、分析與製作報告

監測資料應定期及適時進行整理與分析，提供設計與施工單位監測報告，作為回饋設計、預警施工災害與進行應變對策之用。

【解說】

監測單位應定期及在要求時效內將監測資料整理、分析並製成報告，依合約規定以日報、階段報告及總結報告之形式，提交設計、監造及施工單位，以做為回饋設計、預警施工災害與進行應變對策之用。對於不同的監測項目應分別繪製「歷時變化圖」、「分佈圖」及「變、

化速率圖」並於圖中標示出重要之施工記事，如此才可對監測值變，

化的原因做出確切的研判。表 2-4 為各監測項目之監測圖例，可供製圖參考。

表 2-4 各監測項目之圖例

監測項目			完 成 圖 例		
大項目	中項目	小項目	單獨項目		組合與應用項目
擋土與支撐系統	壁體	外力	側壓 有效土壓 水壓	分佈圖 變位量 歷時變化圖	~土壓 開挖量~土壓 變化圖
		應力	應力 軸向應力 彎曲應力 傾斜角	外力 分佈圖 歷時變化圖 變位量	彎矩 推定分佈圖
		變位	變位量 變形面積 軸力 溫度	外力 分佈圖 歷時變化圖 變位量	彎矩 推定分佈圖
	支撐梁 橫擋 地錨	外力 應力		分佈圖	溫度~軸力 變化圖
		變位	變位量	歷時變化圖 分佈圖	變位量~軸力 變化圖
	基地周邊	地盤	變位	變位 變形面積 變位速率 抽水量	歷時變化圖 分佈圖 歷時變化圖	~水平變位 沉陷~水平變位 沉陷面積~水平變位面積 變化圖
地下水		抽水量 水位 水壓	水位 水壓 裂縫寬度	分佈圖 歷時變化圖	抽水量~水位 變化圖
構造物		變位 傾斜	變位 傾斜角	~壁體水平變位 歷時變化圖 ~構造物傾斜量	分佈圖 ~壁體鉛錘向變位 變化圖

資料來源：修改自土質工學會(1990)

「遲來的監測資料對施工安全的控制並無助益」測系統之成效，監
取決於其作業之時效，務期於最短時間內反應出工地所發生之變化，
以利於最短時間內能採取最有效的應變措施以維護工程之安全。設計
者需要於施工規範內明定作業時效之規定。所謂作業時效為量測記錄
處理及報告提送之最短期限，一般之規定如下：

量測記錄處理及初步研判：量測當天完成。

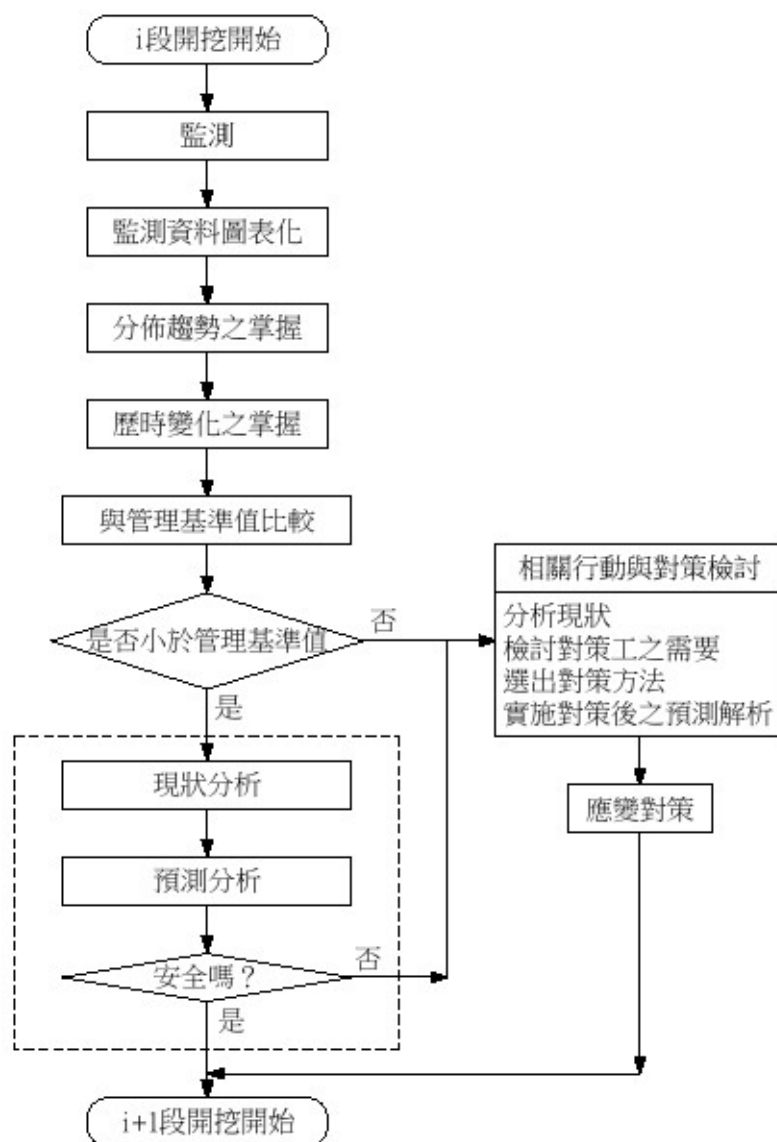
量測報告提送至工地主辦工程師：量測完成後第二天。

量測報告提送至設計單位：量測完成後第二天。

量測報告提送至業主：量測完成後第三天。

如遇緊急情況時，量測完成後須立即提送量測報告。

設計單位可將監測資料與原先設計結果進行比對，供設計者作回饋設計之用，或供施工單位比對監測管理基準值，作為是否採行應變對策之用。圖 2-14 為一般基礎開挖監測結果之檢討分析流程。



資料來源：修改自地盤工學會(1999a)

圖 2-14 監測結果之檢討流程

回饋設計分析之頻率原則上每開挖兩階應至少進行一次回饋設計分析預測，以瞭解後續施工之安全性；最後一階開挖前須經回饋分析確認安全無虞後，始可進行開挖。

利用監測資料作施工安全之研判，需謹慎為之。工地之監測工作往往得到的是「點」的數據，而工程最重要的應是全面性的安全掌控，數據上的「安全」往往不代表工程「全面安全」應日常進行密集之，「目視監測」以充份了解及掌握工程本身及四周環境之變化才是施工安全控制之重點。監測資料之安全研判除利用上述之安全管理基準值做為安全程度之判斷外，尚需比較各項監測項目做綜合性判斷，以研判是否有任何「異常」現象發生，以下狀況均屬「異常」包括：

- 某些監測數據較其他監測數據特別偏高或偏低。
- 某些監測數據之變化速率特別大。
- 不應發生變化而發生變化之監測數據。
- 異於以往類似工程經驗之監測數據。

如有監測異常之情況應立即找出發生異常現象之原因，研判是否影響工程安全，並擬定應變計劃加強監測，必要時採取應變措施以維護施工安全。

2.2.9 監測管理基準值之設定

監測系統規劃者應針對基礎開挖、擋土支撐設計分析結果，依據規範、學理、工程經驗與環境保護要求，針對不同量測項目設定監測管理基準值，供施工安全管理之用。

【解說】

規劃者應依據設計結果、規範要求、力學原理、工地經驗及環境保護等因素，擬訂監測管理基準值，供施工安全管理參考，施工

者可根據監測資料，研判工地開挖現況的安全度或對周遭結構物或環境影響的程度，據以採取相應的對策，以確保施工安全順利。依過去的經驗，監測管理基準值通常可分為二至四個等級，分別標示著從很安全到瀕臨破壞(或不可接受)的狀態。依據「建築基礎施工災害安全預警監測系統之研究」的建議(歐章煜等，2003)可將管理基準值分為三個等級。表 2-5 為對應三個等級管理基準值之涵義與施工管理對策。

表 2-5 三級監測管理基準值之涵義與處理對策

管理基準值	第一管理值 (注意值)	第二管理值 (警戒值)	第三管理值 (行動值)
安全性	安全	安全但需 加以注意	安全性降低 危險
概括之涵義	1. 監測值低於設計值或容許值某百分比(通常定設定之百分比。80%)。 2. 工地變化在預期範圍內。 3. 監測變化量正常。	1. 監測值低於設計值或容許值，但超過預期範圍內。 2. 工地變化在預期範圍內。 3. 監測變化量正常。	1. 監測值已超過設計值或容許值。 2. 設計規範所設定之安全係數或因素已開始降低。 3. 工地變化可能超過設計預期範圍。 4. 監測變化量可能出現異常現象。
應採取之處理對策	正常施工及監測。	1. 正常施工及監測，但需注意監測值之變化趨勢。趨勢是否正常。 2. 加強監測，並注意監測值之變化。 3. 找出監測值變化異常原因，研判安全性，並開始擬定應變措施。	1. 暫停影響安全之施工項目。 2. 找出變化異常之原因，並立即採取應變及補救措施。 3. 密集監測，至監測值穩定正常為止。 4. 工程危機解除後再恢復正常施工。

資料來源：本研究綜合整理

一般以擋土壁及支撐受力監測值作為管理目標，其管理基準值之設定比較有力學根據，對於開挖底部上舉破壞模式，壓力水層水壓監測管理基準值之設定，也是比較有學理根據。表 2-6 為擋土壁、支撐與上舉水壓力之管理基準值建議例。並非所有的監測項目都需要設定管理基準值。有關地盤變形或結構物沈陷或變形，較難以學理設定其管理基準值，一般都是參考類似工程之經驗，加以擬訂。

監測管理基準值之設定並無一定通用之準則，應視實際工程情況與需要而調整。除了以監測值的大小研判施工安全狀況外，監測值之變化速率更具有預警指標的效果，如變形與受力速率增加，代表趨於不穩定，若為減少，則代表趨於穩定。

表 2-6 擋土牆、支撐與水位及水壓管理基準值之建議例

監測管理項目		注意值	警戒值	行動值
傾 度 管	擋土壁側位移	0.8 倍設計值	設計值	由建物容許沉陷量決定
	鋼筋混凝土壁之撓曲度			
	(1)屬臨時結構之擋土壁	1/450	1/360	1/240
	(2)屬永久結構之擋土壁	1/600	1/450	1/360
鋼 筋 計	擋土壁鋼筋應力 (屬臨時結構) 0.8 倍容許應力	容許應力	容許應力	1.25 倍容許應力
	擋土壁鋼筋應力 (屬永久結構) 0.64 倍容許應力	容許應力	0.8 倍容許應力	容許應力
支 撐 應 變 計 橫	支撐軸力	0.8 倍容許軸力	容許軸力	1.25 倍容許軸力
	地錨拉力	設計拉力	1.1 倍設計拉力	1.2 倍設計拉力
	橫擋應力	0.8 倍容許應力	容許應力	1.25 倍容許應力
水 位 與 水 壓 計	砂性土層之水位及水壓 (砂湧安全係數)	FS=2.0 對應之水位及水壓	FS=1.5 對應之水位及水壓	FS=1.2 對應之水位及水壓
	砂性土層之水位及水壓 (上舉安全係數)	FS=1.5 對應之水位及水壓	FS=1.2 對應之水位及水壓	FS=1.1 對應之水位及水壓

資料來源：本研究綜合整理

2.2.10 應變對策之準備

監測系統規劃者應於監測計畫內，對於工地各種發生的施工災害或損鄰問題，預先妥擬應變對策，以避免臨災時無法即時應變。

【解說】

為了因應工地實際遭遇某些項目監測值超過管理行動值之情況，並經分析研判工地之安全有所疑慮，需要馬上採取應變行動時，有具體的對策與作法可供現場施工人員參考應用。監測系統規劃者在擬訂監測計畫書內容時，就需針對工程特性，地質條件，可能之施工災害，擬訂具體之應變對策。

2.3 監測系統之配置

2.3.1 監測系統之配置原則

監測系統之配置需考量下列原則：

- (1) 配置於最大受力、最大變形、最大水壓、與最臨界之位置、深度與剖面。
- (2) 主要監測剖面與次要監測剖面。
- (3) 主要監測剖面各量測項目之交互檢核
- (4) 局部監測與全面監測

【解說】

監測儀器配置時，需考量下述之一般原則：

- (1) 應針對可能發生工程問題之類型，配置於最大受力、最大變形、最大水壓、與最臨界之位置、深度與剖面。於此等監測點量得之反應，為可能之最大反應或臨界值，如此才具有代表性。
- (2) 因為監測資源有限，有必要在比較重要關鍵之剖面配置較多的監測項目與較密集之監測點，稱之為主要監測剖面，原則上，每一工地至少要有一個主要監測剖面。於其他較次要的剖面，配置少量之監測項目與較少之監測點，用於補充無法多處佈設主要監測剖面之不足。
- (3) 主要監測剖面的監測資料係用以瞭解工地開挖安全行為與設計合理性最重要之依據，因此需於該剖面儘量配置各種監測項目，可用以交互檢核各項量測資料是否有一致之趨勢，當發生監測結果有異常現象時，不可僅依賴單一監測項目進行研判，應綜合各種監測項目與現場目視觀察結果，才可使研判結果更為可靠，並據以採取對策。
- (4) 配置儀器時，需考量經濟因素。有些監測項目比較便宜，可採取全面監測，如周遭地盤的沈陷，或中間柱之隆起；有些監測項目相當昂貴，僅能局部監測，如土壓計或鋼筋計等。

2.3.2 配置考量因素

監測系統之配置應考量下列因素：

- (1) 地質條件
- (2) 監測結構體之特性
- (3) 施工條件
- (4) 環境與鄰房保護
- (5) 工程經驗
- (6) 其他特殊要求
- (7) 監測費用

【解說】

監測系統之配置應考量下列因素：

(1) 地質條件

首先要考慮地質條件，例如一般軟弱黏土層開挖，會有開挖底部隆起，擋土壁過大變形，以及擋土壁後地盤沈陷等問題；飽和砂土層開挖會有管湧或砂湧的情況。配置時需依地質情況針對可能發生的問題，進行監測項目與監測點的配置。

(2) 監測結構體之特性

要考慮被監測結構體之特性，例如擋土壁是連續壁、鋼板樁、鋼軌樁、或預壘排樁等；支撐是 H 型鋼、鋼筋混凝土支撐或地錨。量測沈陷或變位，對象是結構體或是地盤，在選擇配置點或監測項目時，其考量都有所不同。

(3) 施工條件

要瞭解施工方法、程序與動線。監測點的位置或監測作業是否會影響施工，監測儀器是否容易被施工作業損害，施工作業環境是否很差，這些條件都會影響到量測儀器之耐久性與存活率，在選擇配置點時都要詳細考量。

(4) 環境與鄰房保護

工地周遭是否有特別要注意保護之地上結構物或地下管線設施，是否噪音與振動需要嚴格管制等，抽地下水是否會引起鄰近地盤過量沈陷等，這些因素在配置監測點時都要加以考慮。

(5) 工程經驗

在類似地質與施工條件下，若有過去的工程經驗，很多不必要之監測項目或監測點，就可不必配置，以免浪費監測資源或妨礙施工作業。反之，有些需要加強監測的項目，就更要確實去執行，列為管理重點。

(6) 其他特殊要求

有些工地因特殊的環境條件、例如基地邊有文化古蹟或精密設備，對於開挖的影響，要求可能特別高，因此在監測項目、監測密度與監測精度方面，都需特別考量，以符合特殊要求。

(7) 監測費用

可使用者之監測費用額度通常是配置監測系統最重要考量因素之一，因此監測配置應有重點與優先順序，儘量能在經費與安全考量之間求取平衡。但是若有實質安全顧慮時，絕不可因經費限制，而取消應有之監測項目。

2.3.3 擋土壁內傾度管之配置原則

擋土壁內傾度管主要用於量測擋土壁之側向變位，其位置以配置於開挖區長邊中點為優先，應避開角隅效應。若開挖區各邊均配置時，以各邊中央點附近為宜。傾度管長度以等於或大於擋土壁深度為原則。

傾度管頂部應設置位移觀測點，配合傾度管之量測時機，以高精度經緯儀測量擋土壁頂位移，以檢核傾度管量測結果之正確性。

【解說】

一般擋土壁最大變位剖面發生在開挖區長邊中點，因此長邊中點為最優先配置之位置。若因其他因素，無法配置於該處，需要進行調整時，該測點應避開角隅效應。若開挖區各邊都要配置，則以各邊之中點為宜。擋土壁內傾度管長度一般與擋土壁等長為原則，以量取壁頂（管頂）頂相對於壁底（管底）的相對位移，若壁底有可能產生顯著側向位移時，則傾度管長度宜貫入擋土壁底部土層內之不動點深度。

擋土壁裡面或背側所裝設的傾度管，其量測所得的位移量是相對於傾度管底端的「相對位移量」。如果傾度管底端發生位移，那麼監測所得的數據無法反映出擋土壁的真正絕對位移量，因此需要以其他測量方法去獲得擋土壁頂部或傾度管頂部之真正絕對位移量，藉以修正傾度管的觀測變形曲線。

2.3.4 擋土壁背側土中傾度管之配置原則

擋土壁背側土層傾度管主要用於量測擋土壁背側土層之側向變位，以配置於接近開挖區長邊中央點為優先，應避開角隅效應。若開挖區各邊均配置時，以各邊中央點附近為宜。

傾度管長度至少為開挖深度加開挖區寬度，或達擋土壁底部以下堅硬且不受開挖影響之土層。

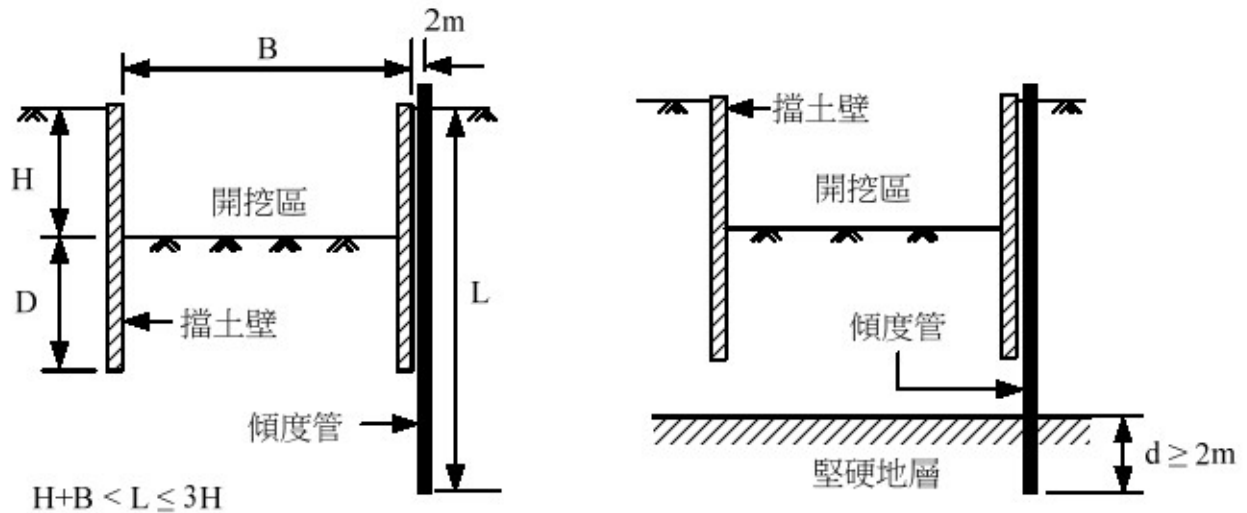
傾度管頂部應設置位移觀測點，配合傾度管之量測時機，以高精度經緯儀測量管頂位移，以檢核傾度管量測結果之正確性。

【解說】

擋土壁背側土層傾度管之平面配置原則，基本上與前節擋土壁內傾度管之配置原則相同。

為使傾度管能確實量到土層之側向位移，理論上傾度管應貫入至地層中之不動點深度，作為計算側向位移之基準。在工程上常採用

之裝設深度，原則上至少達開挖深度加開挖區寬度，但不需大於 3 倍開挖深度，或達擋土壁底部以下之堅硬土層至少 2m 左右之深度，如圖 2-15 所示。



資料來源：修改自歐章煜等(2003)

圖 2-15 擋土壁背側傾度管佈設剖面示意

2.3.5 擋土壁內鋼筋計之配置原則

擋土壁內鋼筋計主要用於量測擋土壁於開挖過程中所受之彎曲應力，其位置以配置於鄰近傾度管測點為原則，其裝設深度需置於擋土壁結構分析所得最大正、負彎矩處最為適當，鋼筋計之垂直間距應考慮彎矩變化與鋼筋搭接情形作合適之配置，且需成對地裝設於內、外側主筋上。

【解說】

擋土壁內鋼筋計應配置於鄰近於傾度管測點位置，以相互檢核，佐證監測結果，構成主要監測剖面。垂直向之裝設位置需依據設計分析所得擋土壁正、負彎矩最大值包絡線之分佈進行配置，裝設深度應設於最大彎矩值之處。鋼筋計之裝設垂直間距，考慮代表性、鋼筋搭接情形與安裝施工，作合適之配置。擋土壁內、外垂直主筋

在同一深度應成對裝設，以相互檢核、計算彎矩。

為求監測所得鋼筋應力數據之準確性，鋼筋計須裝設於主筋上，可用瓦斯壓接或鋼筋續接器將鋼筋計續接於擋土壁主筋上，瓦斯壓接或鋼筋續接器需合乎相關規範之規定。另有非連結於主筋上，採用附加型式之鋼筋計，因使用經驗上顯示量測所得之數據常有問題，不建議採用此方式配置鋼筋計。

2.3.6 擋土壁位移觀測點之配置原則

擋土壁位移觀測點應配置於牆頂處，並隨開挖階段進行，於開挖側垂直方向設置適當間距之位移觀測點。擋土壁位移觀測點除配置於主要監測剖面外，亦適於配置於其他次要剖面。

【解說】

擋土壁頂面之位移觀測點係以高精度經緯儀進行量測，觀測點安裝容易，價格便宜，量測結果可靠且精度甚高，應於牆頂處設置觀測點，除瞭解牆頂最大位移外，尚可與傾度管量測結果相互檢核。因其價格便宜，施測容易，因此非常適合配置於其他次要監測剖面。

擋土壁頂面之位移觀測點之量測須以基地外之永久固定基準點為準，才能量測得到準確的位移量。一般常同時量測擋土壁角隅處之位移以為比較，亦可獲得不錯的結果。

2.3.7 支撐應變計與荷重計之配置原則

支撐應變計與荷重計主要用於量測支撐於開挖過程中所受之軸向力，二者可互相搭配使用。原則上，每一層支撐均需佈設，優先佈設於主要監測剖面，佈設位置需避開斜撐或角撐的影響，設置於可能發生支撐最大受力處及最有安全疑慮之處，支撐應變計以安裝於相鄰兩支點之跨度中央位置較適當，荷重計以安裝於相鄰兩支點之接近跨度端部較適當。同一方向支撐之

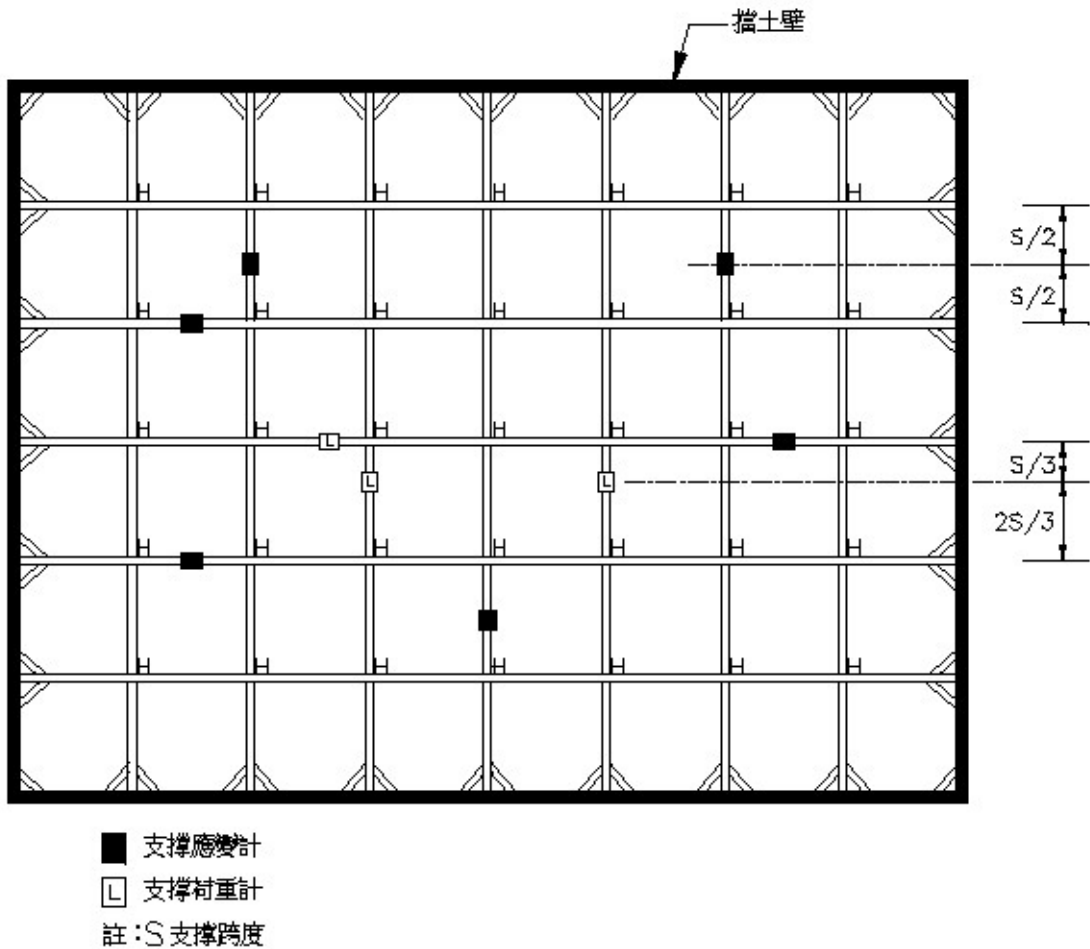
水平間距以 10-25m 配置為宜。採用型鋼支撐時應同時量測支撐之溫度變化，以瞭解溫度對支撐軸力之影響。

【解說】

支撐應變計與荷重計皆可監測支撐預壓與開挖階段支撐軸力隨施工過程的變化，實務上可搭配應用，一般荷重計由支撐架設廠商提供裝設，其目的為支撐之預壓，精度較差，以監測目的而言，最好要配置支撐應變計，以量取較準確之支撐軸力變化。

支撐應變計一般安裝於 H 型鋼內支撐上，其裝設位置一般位於無支撐長度之中央點，且以越近擋土壁位置越能反應支撐實際承受之擋土側壓，但是鄰接擋土壁之支撐段，都與橫檔及斜撐連接，應力狀態複雜，因此以佈設於離擋土壁第二跨之支撐中央點為宜，有必要時主要支撐之監測點應設於該撐之兩端點接近擋土牆處，以確實反應其所受之軸力。每層支撐應變計配置點的水平間距以 10-25m 為原則，各層支撐應變計之位置在深度方向宜保持一致。支撐荷重計為獨立構件，係安裝於兩 H 型鋼支撐構件相互連接之端部，往往成為支撐構件之弱點，其裝設點宜避免置於跨度中央點，以免影響支撐系統的穩定性，較適當之位置應在靠跨度端部 1/3 跨距之範圍內為宜，其他配置原則與支撐應變計相同。在地錨支撐之情況，荷重計係設置於錨頭位置，其他配置原則亦相同。圖 2-16 為一般建築物基礎開挖所設支撐應變計與荷重計配置之示意圖，僅供參考，各工程應依工程規模與基地特性作合理的規劃，以能確實掌握實際情況。

由於 H 型鋼內支撐暴露在外，溫度變化對支撐軸力影響甚鉅，應同時量測型鋼及氣溫之溫度變化並記錄之，以瞭解施工期間支撐軸力受溫變化影響之程度。



資料來源：本研究繪製

圖 2-16 支撐應變計與荷重計水平佈設原則示意圖

2.3.8 水位觀測井與水壓計之配置原則

水位觀測井與水壓計之配置和深度，應視監測目的、水文地質條件、屬於砂湧或抽水引致之壓密沈陷問題，進行合理之規劃。

【解說】

1. 水位觀測井

水位觀測井之監測目的若僅是一般性地驗證設計地下水位與瞭解可能水位的變化，水位井平面配置地點最好緊鄰基地，不受施工作業之影響，其水井深度應達已知最低水位深度再加深 5-10m 為原則。

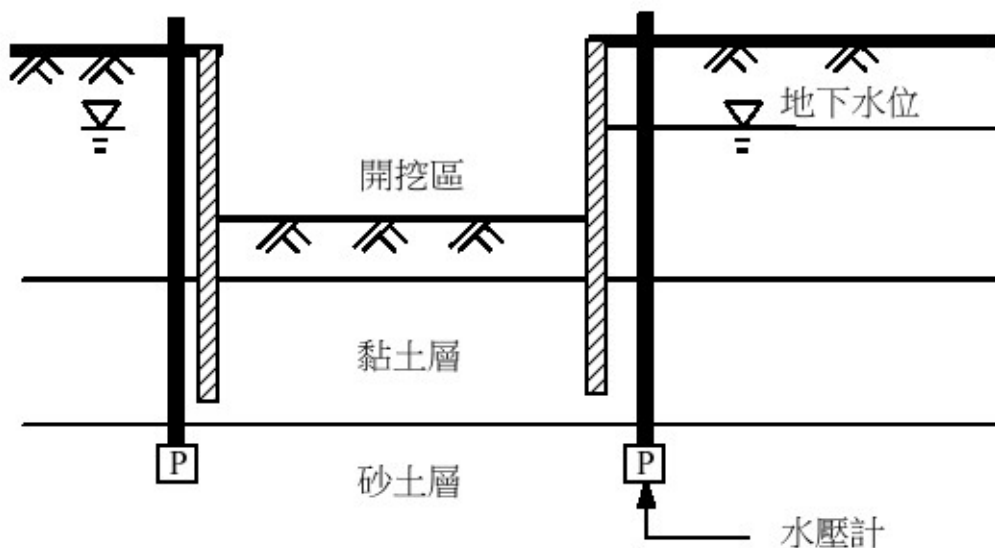
若要監控因擋土結構不密合所造成之砂性地盤管湧問題，則於開挖區各邊均可設置水井監測，其深度至少需達最終開挖底面以下。

若為監測工地抽水所引起之地下水位洩降，則水位觀測井之平面配置，應依照抽水井理論分析所得之地下水位洩降曲線去設置，以取得足夠資料為原則，各觀測井之深度以能量取水位變化為原則。

在鄰近重要結構物或設施附近安裝水位觀測井，可驗證工地抽水對其因抽水所引致壓密沈陷之影響，配合地盤沈陷的量測，可提供科學的判斷證據。

2. 水壓計

水壓計通常用於監測壓力水層之水壓或者不透水層水壓。在有黏土層上舉問題之開挖工程，可於基地周邊配置水壓計，其裝設深度應置於開挖底部之壓力水層中，如圖 2-17 所示。若要確認抽水引致黏性土層之壓密沈陷現象，可於黏性土層中點埋設孔隙水壓計，觀察其水壓變化，據以評估其壓密沈陷行為。



資料來源：修改自歐章煜等(2003)

圖 2-17 考慮上舉問題之水壓計佈設剖面示意圖

2.3.9 中間柱與隆起桿觀測點之配置原則

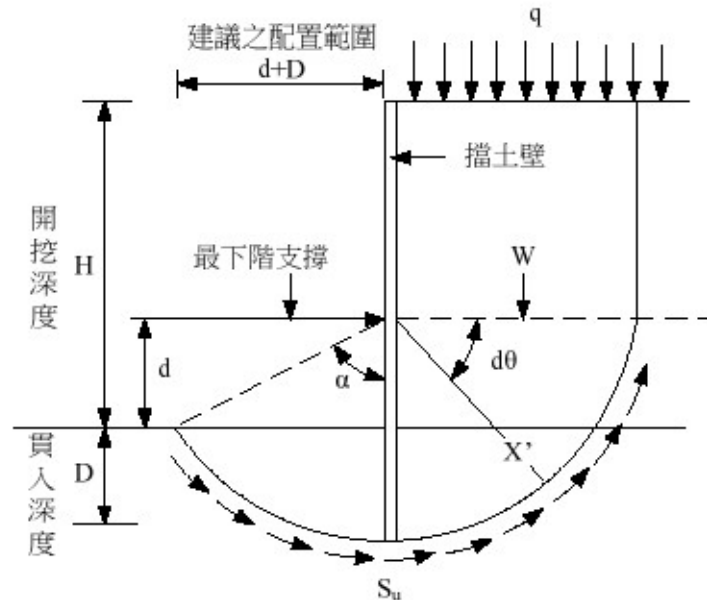
中間柱與隆起桿主要用於量測土層之隆起量，觀測點應配置於鄰擋土壁各邊一定影響範圍內，該範圍之距離決定於自最下層支撐點至擋土壁底端之深度。

中間柱隆起觀測點係利用支撐中間柱，將觀測點設於隆起影響範圍附近之中間柱頂部，設置間距以不超過兩支撐跨度為宜。

隆起桿需於基地開挖前埋設於隆起影響範圍內之土層中，裝設數量需視工地土層隆起穩定之安全性而定。

【解說】

一般黏土層開挖隆起分析之破壞滑動面，如圖 2-18 所示。假設開挖底部滑動土塊滑動面通過擋土壁底端，因此最下階支撐以下至擋土壁底端之深度 ($d+D$) 為土層可能發生隆起破壞之影響範圍。若開挖土層有發生隆起破壞之徵兆，在此影響範圍內之中間柱及隆起桿都會較早反映出異常之隆起量，所以此範圍應為配置隆起觀測點較理想之區域。由於開挖區各邊中點位置受角隅效應影響較小，故應為最優先配置之位置。



資料來源：本研究繪製

圖 2-18 隆起滑動破壞面

中間柱隆起觀測點之優點為可全面觀察開挖土層隆起之狀況，且不易遭受破壞；缺點為中間柱受水平支撐之牽制，反映不出真正的土層隆起量。隆起桿可以反映出真正的土層隆起量，常被用於逆打工法之深開挖工程及以地錨做為背拉系統且無 H 型鋼內撐之開挖工程，但不易維護，開挖時容易遭受破壞。在 H 型鋼內撐系統工地搭配若干隆起桿，有助於瞭解中間柱隆起觀測點與隆起桿二者間觀測量之差距，可藉以修正中間柱隆起觀測點之監測值。

2.3.10 地表與地中沈陷觀測點之配置原則

欲觀測因開挖所引起之地盤沈陷，沈陷觀測點以配置於擋土壁背後一倍擋土壁深度或兩倍開挖深度範圍內為原則，每條剖面線上的觀測點，宜由基地往外側先密後疏佈置，其數量以能描繪地表沈陷曲線為原則。

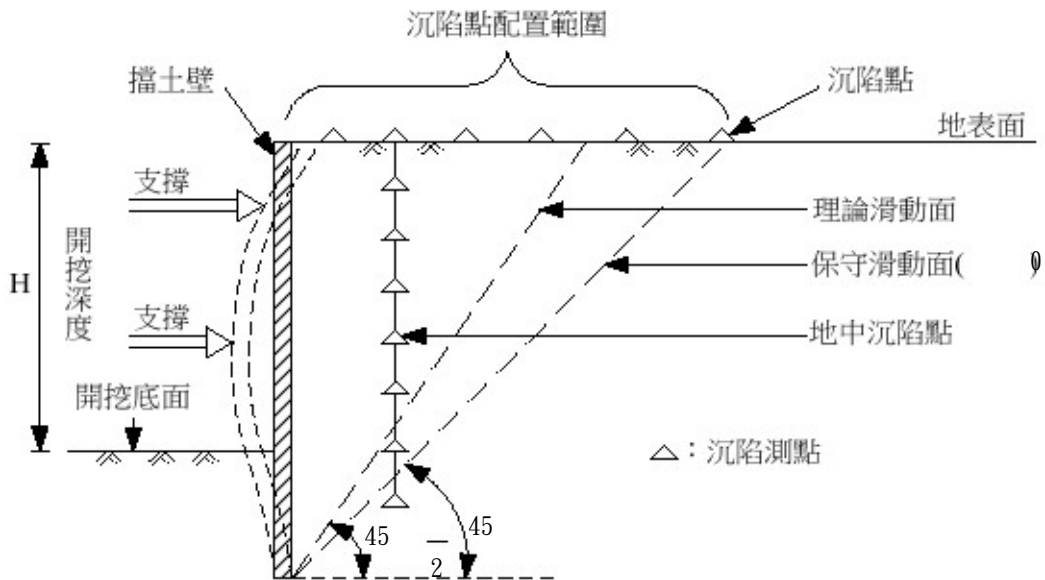
欲觀測因工地抽水引致之地盤沈陷，宜依照抽水理論計算之水位洩降情形與監測目的，配置適當數量之沈陷監測點。

【解說】

深開挖工程中擋土壁常隨開挖過程而發生側向位移，當擋土壁側向位移較大時，擋土壁背側土層中可能會產生主動破壞滑動面，此滑動面的底部起點發生於開挖面與擋土壁底端之間，通常較接近底端，最保守的估計點可假設為擋土壁底端；破壞滑動面與水平線之夾角，約為 $45^\circ - \frac{\phi}{2}$ ，其中 ϕ 為土壤內摩擦角，如圖 2-19 所示。若為軟弱黏土，可取 0° ，此時破壞土塊之水平影響範圍約為一倍擋土壁深度（在軟弱黏土情況接近兩倍開挖深度）此為最保守之情況，因此地表沈陷觀測點以配置於擋土壁背後一倍擋土壁深度範圍內為宜，而地中沈陷點之配置深度則應超過預估破壞滑動面之範圍。

至於工地抽水引致之地盤沈陷，受水文環境之影響，通常影響範圍很廣，應依照抽水理論計算之水位洩降情形、監測目的與工地實際需要，配置適當數量之沈陷監測點，作全面性之監測。在遇有壓

力含水層之情況，其影響範圍很廣，實際上並無簡單通用之配置原則可資應用。



資料來源：本研究繪製

圖 2-19 擋土壁背後地層滑動區示意

2.3.11 建築物安全監測點之配置原則

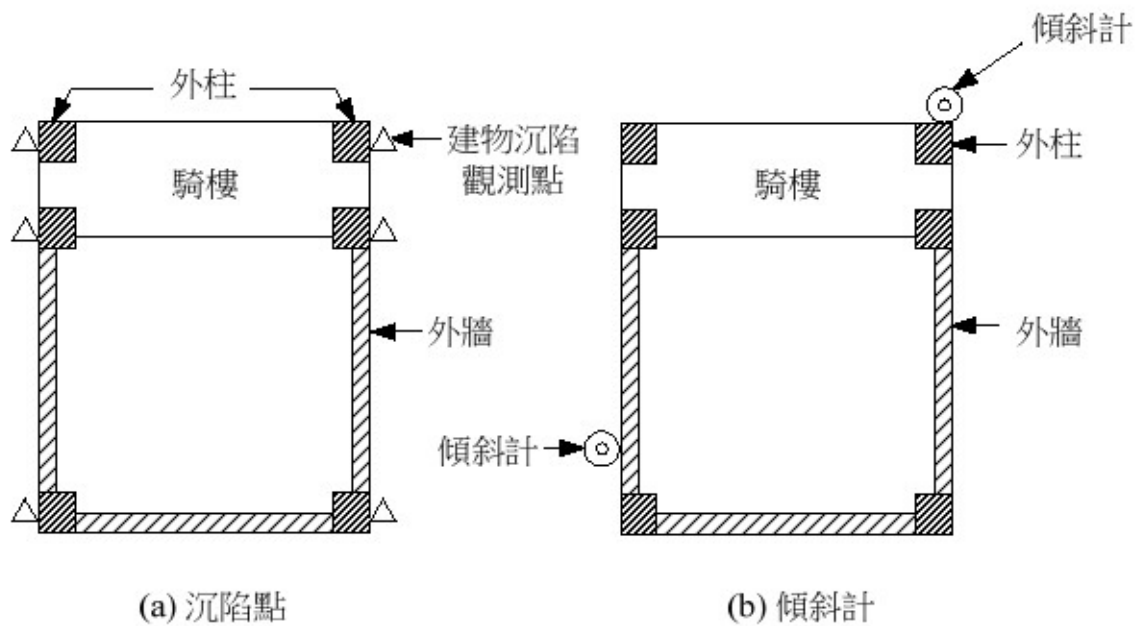
建築物安全監測點包括沈陷觀測點、傾斜計與裂縫計。沈陷觀測點儘可能佈設於建築物之主要外部柱位；傾斜計則佈設於外部柱位或牆面之適當高度處；裂縫計一般裝設於建築物內可能或已產生裂縫之位置。

【解說】

為了保護鄰房安全以及其他重要設施，需於建築物上裝設安全監測點，一般以沈陷觀測點、傾斜計與裂縫計三種為主。沈陷觀測點以佈設在結構體柱位為主，一般不容易佈設在建築物內部，通常佈設於外部柱位，比較具有代表性，亦比較容易監測，如圖 2-20 所示。傾

斜計也是以佈設於外部柱位較合適，其於柱位之安裝高度，應考量記讀方便與避免被損害等因素。若無法佈設於柱位，可考慮佈設於外牆。裂縫計則裝設於築物內可能產生裂縫之位置或可允許監測之代表性裂縫，用以瞭解開挖施工對該建物既有裂縫之影響。

此外，增建建物或設備與主建物之間通常易發生差異沈陷，在佈設觀測項目時亦需特別加以注意。



資料來源：本研究繪製

圖 2-20 建物沉陷觀測點及傾斜計原則示意

2.4 監測施工說明書與監測預算之編訂

2.4.1 監測施工說明書之編訂

監測系統規劃設計者應針對工程特性與相關監測準則編訂詳細之監測施工說明書，以供工地執行安全監測工作之依據。

【解說】

監測施工說明書為工地執行安全監測工作之依據，施工說明書之內容應具體詳盡，至少應包括以下各項：

- 一般規定：規定承攬廠商及設計顧問公司之資格。
 - 規定執行監測系統工作人員之資歷。
 - 規定監測系統施工計劃書之內容。
 - 規定監測報告之送審時限及審查要件。
 - 規定監測報告之要求及提送時效。
- 監測儀器規格及數量。
- 監測儀器裝設說明及規定。
- 觀測頻率及安全管理值制定原則。
- 應變計劃之要求。
- 監測期限。

2.4.2 監測預算之編列原則

監測系統規劃者應視所需之監測規模，編列合理之監測工作預算費用，以能落實監測工作，確保工程施工安全與周圍環境保護。

【解說】

監測工作若沒有依照監測規模，編列合理足夠之預算費用，以確

實執行監測工作，則大部分監測工作僅流為形式，無法達到保護工程
施工安全與周圍環境之目的。因此編列合理足夠之監測預算是監測計
畫是否能夠成功之關鍵因素。監測預算之編定應依工程規模與施工風
險性評估，一般約為基礎工程施工費用之 2%~6% 為宜。

第三章 監測儀器

3.1 通則

監測儀器之選擇應依設計理念、監測目的、施工方式、週圍環境及儀器性能等因素綜合考量，決定適當之儀器。

【解說】

本準則依據內政部頒「建築物基礎構造設計規範」第八章 8.10 條開挖安全監測之相關規範與說明，訂定建築基礎開挖監測儀器之原則性規範。如因特殊需求目的或採用特殊儀器設備，得依專業判斷另行規劃設計。

3.2 規格名詞定義

儀器規格名詞之定義，各國儀器製造廠不盡相同，於規劃設計時應加以說明定義，以利施工廠商評估，選擇適當之儀器。

【解說】

儀器規格名詞常因世界各地不同製造廠而異，於規劃設計時應明確定義，監測專業廠商提送施工計畫書時，亦應就名詞差異項目加以澄清說明，在不違背原規格要求並經設計單位確認後，方可安裝使用。

依行政院公共工程委員會「基礎工程監控系統之建立與施工查核手冊」第一章 1.4 節之說明，儀器規格相關之重要名詞定義與內容如下：

(1)出廠校正 (Factory Calibration): 儀器在出廠之前必須加以校正

並由儀器工廠提出檢驗結果，其內容應包括儀器之準確度、精確度及靈敏度等校正。

(2)校驗：為一標準化動作，於此多指為外校，此係將相關儀器送至第三公證單位進行校準或確定量化量規儀器之讀數值，其與儀器原始設計值之誤差是否於容許誤差範圍內之查驗。

(3)準確度 (Accuracy)：於量測時，說明一個測定值或一組測定值之平均值與真值的接近程度。

(4)精確度 (Precision)：在相同的度量條件下，用來描述測定值離散的分佈狀況，以測知其定位或集中的趨勢。

(5)解析度 (Resolution)：係指儀器之最小可讀取單位。

(6)靈敏度 (Sensitivity)：係指當儀器於受一定輸入能量後之所能量出的輸出能量。

3.3 監測儀器

泛指用於偵測被測物之應力、應變、移動、載重、水位、水壓、溫度、角度與振動等變化，並提供感測變化量或轉換訊號之傳感器具，藉以達到資料收集、工程管理、風險評估與回饋設計等監測目的。

【解說】

本章節所稱之監測儀器係指建築基礎施工廣為採用之大地監測儀器。一般建築施工為監測擋土結構、支撐系統、地盤變位、孔隙水壓、鄰近結構物及管線等變化，常使用之監測儀器包括：

- (1)土中傾度管：設於土壤中之垂直鑽孔內。傾度管內具有十字溝槽以供放置雙軸感應器，用於監測土層之側向變形量或藉以修正擋土壁之絕對側向變形量。
- (2)壁體內傾度管：設於連續壁或其他擋土結構內。用於監測施工期間擋土結構之側向變形量。
- (3)鋼筋計：設於連續壁或其他結構體內。與鋼筋籠主筋相連接，用量測施工時鋼筋應力之變化。
- (4)應變計：通常為電阻式或振弦式測量應變之裝置，裝設於連續壁臨時內撐系統支撐構件或其他指定的位置上。量測所得之應變量經計算可轉換為相關之應力或軸力，惟應同時量測溫度，以便於計算應變時依溫度效應修正。
- (5)水位觀測井：設於地盤內適當深度，包含進水之開口部與連接豎管。用於量測地層地下水位。
- (6)水壓計：設於地盤垂直孔內、底版下方或特定擋土結構體之裝置。可藉直接量測、轉換器或其他方法，量測特定深度或特定土層處之孔隙水壓力。
- (7)土壓計：設於地盤內或特定擋土結構體上之裝置。可藉量測垂直於土壓計受壓面之應力，得知覆土壓力或擋土結構所受之側向土壓力。
- (8)隆起桿：裝置於鑽孔中，將隆起桿前端錨座壓至所需高程，利用量測連接錨座之測桿高程變化，以監測開挖面的隆起量。

- (9)地表沉陷點：設於鋪面、地表或淺層地下之固定測點。其功能為偵測施工時，被測物是否發生垂直變位。
- (10)建物沉陷點：設於結構物之固定測點。其功能為偵測施工時，被測物是否發生垂直變位。
- (11)建物傾斜計：設於傾斜板上之活動式或永久式裝置，用以監測結構物之單軸或雙軸轉角或傾斜角。傾斜板為裝設於柱體、牆、樓板或支撐架構上之基座。
- (12)管線沉陷點：設置接觸地下管線之固定測點。其功能為偵測施工時，被測物是否發生垂直變位。
- (13)裂縫計(尺)或裂縫儀：裝設於建築物或其他結構物上，垂直橫跨裂縫延伸方向，用以監測裂縫大小及變化量。
- (14)地層沉陷計：用於監測施工期間地層中不同深度發生之沉陷。地層沉陷計可包括一個或多個錨頭，分別錨定在垂直鑽孔中選定的高程位置，錨頭與置於軟管內的測桿底端連接，此桿頂端在地面處與量測頭連接。測桿頂端可使用精確之光學方法直接監測，亦可用機械式測微計，自參考平面量測與測桿頂之距離，亦可在測桿上安裝電氣式位移計，連續監測地層之移動。
- (15)荷重計：為量測荷重之感測裝置，用於量測背拉地錨、基礎開挖之支撐軸力或其他接觸面之垂直向荷重。
- (16)永久水準點：以鑽孔方式將端點固定於岩盤或深承載層，並

使用外套管隔離測桿與周圍土壤。其功能為決定其他沉陷基準點高程之控制水準點。

(17)定置型傾度儀 (In-place Inclinator)：於既設或新設傾度管內加裝定置式傾度儀，並與自動化記錄擷取設備連線，可進行連續性監測工作，量測擋土壁或地層之水平位移量。

(18)電子式傾斜計：設置電子式傾斜計於柱體、牆或樓板上，用以監測結構物傾斜變化情形，並與自動化記錄擷取設備連線，可進行連續性監測工作。

3.4 儀器量測原理

監測儀器種類繁多，量測原理亦多所不同，在工程上均有其適用之條件，故選擇儀器時應了解儀器基本原理及特性，並依監測目的之需求，選擇適當之監測儀器與量測設備。

【解說】

目前國內建築基礎工程常用之監測儀器可分為機械式與電氣式二大類，機械式儀器主要係利用機械物理量之變化進行量測，如隧道收斂尺、機械式地層沉陷計、壓氣式感應器 (Pneumatic Transducer)等；電氣式儀器則主要將長度、壓力與溫度等物理變化量，利用電氣量(如電壓、電流、電磁等)之轉換進行量測，如應變計、傾斜儀等。

電氣式儀器基本原理與感測元件可大致分為電阻式應變計 (Electric Resistance Strain Gauge)、振弦式應變計 (Vibrating Wire Strain Gauge)、電漿式傾斜元件 (Electrolytic Level)、差動式位移

計 (Linear Variable Differential Transformer, LVDT)、 伺服加速度計 (Servo Accelerometer)、 光纖光柵感測器 (Fiber Bragg Grating Sensor, FBGS)及微機電式元件 (Micro Electro Mechanical System, MEMS)等。

(1)電阻式應變計 (Electric Resistance Strain Gauge): 係利用電阻

值與電阻線長之關係所製成,應變計元件受力伸長時電阻會增加,反之受壓時則電阻會減少,因此量測時僅需測得電阻值與輸出電壓之改變,即可求得物體相對之應變量,進而推算其所受之應力。至於電阻值之量測,一般採用惠斯登電橋

(Wheatstone Bridge)原理求得。此型式之儀器常見於鋼筋計、荷重計、土/水壓計及一般日系儀器,因其反應速率快,亦適用於動態量測。

(2)振弦式應變計 (Vibrating Wire Strain Gauge): 係利用一定長度

之金屬弦受力後長度之伸縮與相對應之頻率關係而推求應變

量,常見於歐美系統之鋼筋計、支撐應變計與電子式水壓計等。

(3)電漿式傾斜元件 (Electrolytic Level): 利用密閉空間內填滿導電

液,藉兩端導電液高程不同產生電阻值之不同而計算兩點之電壓差,進而推算其傾斜量,常用於結構物傾斜量與多點連續性變位之量測,如電子式傾斜計、電子式傾度管與桿式變位計等。

(4)差動式 (LVDT)位移計: 係利用變壓器原理製成,變壓器二次線

圈會受一、二次線圈比及鐵心位置之不同,產生不同感應電

壓,因此鐵心之移動位置可藉感應電壓之變化求得,常見於位移計與裂縫儀等。

(5)伺服加速度計 (Servo Accelerometer): 係將錘球置於位置感應

器之線圈磁場內，當有傾角改變時，位置感應器之線圈磁場即可感應錘球與該系統垂直方向之位移，將此訊號轉為一電壓，電壓通過線圈後產生力量，使錘球回復至原來位置，藉由電壓的量測值即可換算傾斜角度，常見於傾度管與建物傾斜計等。

(6)壓氣式感應器 (Pneumatic Transducer)：利用感應器內隔膜所承受之地下水壓或土壓力與測讀儀器內打入之氣壓相互平衡之關係，直接量取地下水壓或土壓力，早期常用於水庫等地區之水壓計或開挖區之土/水壓計。

(7)光纖光柵感測器 (Fiber Bragg Grating Sensor, FBGS)：利用光纖中光訊號的波長變化，來反應結構體在作用力作用時之應變變化，其優點為不受電磁場感應之影響、高絕緣強度、高耐蝕性且可多點分佈量測，可廣泛應用於溫度、應變、壓力、位移等物理量之量測，常見於應變計、位移計、電子式傾度管與傾度儀等。

(8)微機電式 (Micro Electro Mechanical System, MEMS)：微機電系統方式是整合機械與電子的半導體技術，同時具備電子與機械特性，透過一連串微加工 (Micromachining) 步驟來進行電子訊號處理與機械可動結構區塊之製造，達到微尺寸之微系統感應元件。MEMS 以其輕、薄、短、小及省電之特性結合數位傳輸之優點，逐漸為土木監測儀器所採用，目前已可見於傾斜儀、電子式傾度管與加速度計等。

3.5 儀器規格

監測所使用之儀器應依監測規劃之目的，選擇適當之監測儀器，其量度範圍、準確度、靈敏度或解析度須至少符合設計之基本需求。

【解說】

選擇儀器時宜根據監測項目所需之要求評估儀器之靈敏度、準確度、反應速率、耐久性與安裝難易性，選取適當之儀器。目前用於建築基礎施工之監測儀器，儀器規格基本需求可參考如下：

(1)土中傾度管與傾度儀：

傾度管

- (a) ABS 管，標準外徑不大於 90mm 且不小於 69mm。
- (b) 管內凹槽在垂直方向上每 3 公尺不得超過 0.5 度之旋轉。

傾度儀

- (c) 靈敏度： $\pm 0.04\%$ 。
- (d) 系統整體準確度： $\pm 0.04\%$ 。
- (e) 量度範圍： ± 30 度。

(2) 定置型傾度儀（電子式傾度儀）：

- (a) 感測方向：雙軸向。
- (b) 靈敏度：小於 20 秒弧度。
- (c) 系統整體準確度：全量測範圍 1% 以上。
- (d) 量度範圍： ± 10 度以上。

(3) 壁體內傾度管與傾度儀：

傾度管

- (a) ABS 管，標準外徑不大於 90mm 且不小於 69mm。
- (b) 管內凹槽在垂直方向上每 3 公尺不得超過 0.5 度之旋轉。

傾度儀

- (c) 靈敏度： $\pm 0.04\%$ 。
- (d) 系統整體準確度： $\pm 0.04\%$ 。

(e)量度範圍：±30 度。

(4) 鋼筋計：

(a)靈敏度：全量度範圍之 0.5%。

(b)系統整體精度：全量度範圍之 ±2.0%。

(c)量度範圍：±3000kgf/cm²。

(5)支撐應變計：

(a)最大應變範圍：3000 微應變 (3000 Micro-mm/mm)。

(b)平均靈敏度：1 微應變 (1 Micro-mm/mm)。

(c)適用溫度範圍：-10 至 60 C。

(d)附熱阻器及提供熱阻器之測讀裝置。

(6)水位觀測井：

(a)內徑至少為 35mm。

(b)開孔部份至少 1.5m，開孔率至少 3.5%。

(c)濾網或不織布透水係數不小於 10⁻² cm/sec；最大孔隙為 100 微米。

(7)豎管式水壓計：

(a)內徑不得小於 26mm

(b)透水單元長度不小於 150mm。

(c)孔隙大小為 60±10 微米、透水係數 (K)大於 0.3cm/sec。

(8)電子式水壓計：

(a)感應器靈敏度：全量度範圍之 0.05%。

(b)系統整體準確度：全量度範圍之 ±1.0%。

(9)桿式伸縮儀：

- (a)靈敏度： $\pm 0.5\text{mm}$ 。
- (b)系統整體準確度： $\pm 2\text{mm}$ 。
- (c)量度範圍： $\pm 100\text{mm}$ 。

(10)攜帶式傾斜計：

- (a)靈敏度：20 秒弧度。
- (b)系統整體準確度： ± 40 秒弧度。
- (c)量度範圍： ± 40 分弧度以上。

(11)電子式建物傾斜計(固定式)：

- (a)感測方向：雙軸向。
- (b)靈敏度：小於 20 秒弧度。
- (c)系統整體準確度：全量度範圍 1%。
- (d)量度範圍： ± 10 度。

(13)機械式裂縫計：

- (a)觀測解析度為 1mm。
- (b)量度範圍： $\pm 10\text{mm}$ 以上。

(14)電子式裂縫儀：

- (a)靈敏度： 0.05mm 。
- (b)系統整體準確度： 0.1mm 。
- (c)量度範圍： 5mm 。

(15)荷重計：

- (a)靈敏度：全量度範圍之 0.5%。

(b)系統整體準確度：全量度範圍之 $\pm 2.0\%$ 。

(c)量度範圍：最大設計載重之1.5倍。

(16)電子式桿式變位計 (Beam Sensor)：

(a)靈敏度：2秒弧度。

(b)系統整體準確度：全量度範圍1%。

(c)量度範圍： ± 40 分弧度或以上。

3.6 自動化監測

對於具高風險性之工程，或需密集且即時監測資料之工程，應考量導入自動化監測系統。規劃時應依監測目的、工區條件與資料回傳速度之要求，決定自動監測之儀器種類、數量、記錄、傳輸與資料查詢之方式。

【解說】

自動化系統應可整合記錄不同量測原理之儀器，如電阻式、電漿式或振弦式之儀器本體，透過傳輸與程式執行，可進行即時觀測記錄，以及資料之下載、儲存、顯示及預警。

規劃時應依據監測目的、工程規模與工區現場儀器保護之難易，考量下列事項：

- (1) 自動化監測之系統架構。
- (2) 自動化監測儀器種類、數量、規格、相容性及佈設方式。
- (3) 電源供應與訊號線保護管線配置方式
- (4) 量測頻率、儲存頻率、傳輸方式及傳輸路徑。
- (5) 資料庫查詢、歷時變化曲線及預警方式。

3.7 儀器證明文件

監測儀器與量測設備於安裝前，均應提送符合規範規格要求之儀器相關證明文件。

【解說】

採用之監測儀器與量測設備於安裝前應提送儀器規格、出廠證明、保證書及使用指引等資料，以供監造單位或業主查核確認。

3.8 儀器檢驗與校正

儀器安裝前須抽取一定數量比例進行規格檢驗或性能驗證，以確定符合規範要求。量測設備亦須訂定每年週期性之校正次數，以確保其讀值之正確性。

【解說】

儀器檢驗係針對監測儀器與量測設備進行品保作業之抽驗程序，依規範指定之百分比進行檢驗，以確定符合規範要求。監測儀器設備國內可檢驗者，應由中華民國實驗室認證體系 (TAF) 或經國際標準組織 (ISO) 所認證之公私立機構或經業主認可之公信單位進行檢驗。若國內尚無該儀器設備檢驗認證事項，廠商亦應出具該儀器設備原廠校正報告，且會同業主、設計與施工人員協商檢驗方式，進行該儀器設備之性能驗證試驗。

儀器校正係指量測設備經一段時間使用後所需進行之檢驗校調。原則上每年至少一次，但不同工程得因工程性質與使用頻率另行訂定；當儀器呈現不穩定狀態或系統誤差偏大時，則需追加校正頻率。

第四章 儀器安裝與檢驗

4.1 通則

4.1.1 適用範圍

本章用於監測儀器現場安裝作業之時機、安裝步驟、儀器之校正及檢驗之基準。

【解說】

本章僅就國內常用於建築物基礎施工之監測儀器之現場安裝作業之時機、安裝步驟、儀器之校正及檢驗提供作業基準，用於其他方面之監測儀器之安裝作業，應參考相關之研究報告或施工經驗辦理。儀器裝設作業流程如圖 4-1 所示。

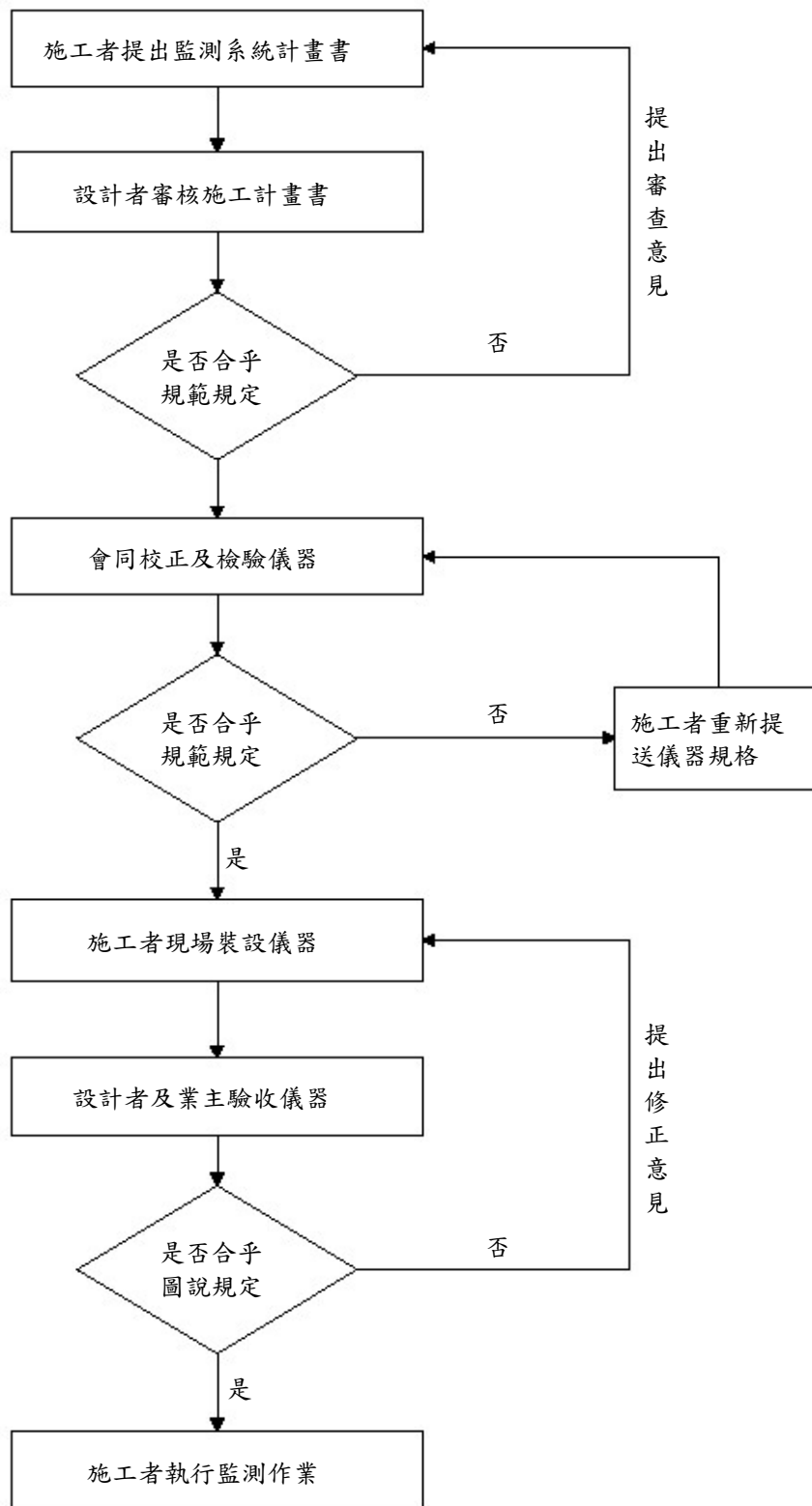
4.1.2 監測儀器安裝施工計畫

專業廠商應按照設計圖說及鄰近環境狀況，擬定施工計畫，經監造單位核可後據以施工。

【解說】

監測安裝計畫書內容至少應包含下列事項：

- (1) 安裝作業施工人員組織
- (2) 監測儀器配置圖、使用儀器數量及種類
- (3) 儀器之校正與檢驗資料
- (4) 儀器安裝作業時機、安裝步驟
- (5) 使用機具
- (6) 品質管制
- (7) 施工進度
- (8) 複測
- (9) 安裝紀錄
- (10) 工地勞工安全



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-1 監測系統裝設流程

4.1.3 安裝作業施工人員

儀器之安裝作業應由合格之技術人員進行裝設，並由具有資格之專業人員進行重點督導。

【解說】

為確保安裝施工品質，安裝作業應由專業廠商聘任之具有經驗且對監測儀器熟悉之技術人員擔任。並由專業人員之督導下進行安裝作業。

4.1.4 安裝施工紀錄

安裝施工均應詳實記錄作業過程以備查考，記錄項目應依工程圖說與監造人指示定辦理之。每一儀器安裝施工完成後，應於規定時間內，將其安裝施工紀錄提送監造單位備查。

【解說】

安裝施工紀錄應詳細記錄儀器類別、檢驗、校正等基本資料，以及施工作業過程，如工程進度、施作狀況、天候及特殊事件等。日後需要查核監測資料異常原因，亦可由詳實之施工紀錄追查蛛絲馬跡。

4.1.5 儀器之保護、維護與重設

裝設完成之各項儀器均應妥為保護及維護，如有損壞或遺失，除非事前已依規定經監造單位或業主同意停止監測者，均應立即修復或換新。

【解說】

設置於無鋪面地區之永久水準點、沉陷基準點及土中傾度管、觀測井、水壓計及其他經監造單位或業主指定之儀器四周，應依狀

況所需設置合適堅固之保護措施。並應注意所裝設儀器是否對施工人員或行人造成影響，應設適當保護或警告設施。

各項儀器或其組件與零件如有損壞或遺失，造成該監測儀器無法發揮功能，除非事前已依規定經工程司同意停止監測者，均應立即修復或換新。

4.1.6 儀器之移除與復舊

整體監測作業完成，經業主或監造單位同意停止監測量測後，安裝之監測系統宜盡量移除，使四周回復原狀。

【解說】

於監測終止後，監測專業廠商應依監造單位或業主指示，全部或部分移除裝設之監測儀器，至於安裝時破壞環境之表面或鋪面應修整回復原狀。各項監測儀器之處理方式建議如表 4-1 所示。

表 4-1 監測儀器之移除與復舊

儀器種類	移除與復舊方式
沉陷觀測點	移除並復舊
土中傾度管	移除上端 1 公尺，孔內回填後 地表復舊
觀測井與水壓計	移除上端 1 公尺，孔內回填後 地表復舊
傾斜計	移除並復舊
永久水準點或基準點	留置原地，保護蓋與地表齊平
設於永久結構內或開挖面下內之監測儀器，如鋼筋計、壁中傾度管及開挖區內水壓計等	不需移除，但應以水泥砂漿填平，使永久性工程維持完整

資料來源：本研究綜合整理

4.1.7 儀器校正與檢驗

監測儀器之校正及檢驗應依 3.8 節規範定之方式辦理。

【解說】

量測儀器使用過久或過於頻繁難免使量測儀器造成誤差，特別對於較長期使用儀器，以及對於複雜之開挖工程，監測儀器之校正及檢驗有其必要性。

為確保監測儀器能真確反應量測值，以發揮其應有之功能，避免造成誤判，故監測儀器之校正與檢驗應依 3.8 節規範定之方式定期辦理。

4.2 監測儀器之安裝

4.2.1 說明

本節提供監測儀器安裝之基準。

【解說】

為求達到觀測系統之目的，觀測系統之配置、裝設及觀測必須與設計及施工密切配合。儀器裝設人員應充分了解基地地層特性、基礎開挖型式及儀器安裝程序等，以免因安裝錯誤或安裝疏忽致使觀測值產生極大誤差甚至錯誤而失去裝設的目的。

4.2.2 儀器裝設與初始值量測時機

監測系統儀器裝設與初使值量測時機需能符合監測系統裝設之目的。

【解說】

監測系統儀器裝設及初始值量測時機須依下列原則擬訂及執行，以達到監測系統設置之目的：

- (1)用於量測基地初始條件及狀況調查之儀器需於工程施工前安裝，並完成初始值量測。
- (2)地下水位、水壓力及土層變位觀測等儀器需於施作可能對地層產生擾動之工項(如灌漿、打樁、鑽掘、導溝施作、連續壁單元開挖等)施工前安裝，並完成初始值量測。
- (3)需配合施工安裝之儀器則應配合施工進度裝設，並完成初始值量測。
- (4)初始值至少應有兩次以上之量測值進行平均，以減少或降低量測誤差或人為之測量錯誤。

各項儀器裝設與初始值量測之適當時機如表 4-2 所示。

表 4-2 監測儀器裝設與初始值量測時機

觀測項目	觀測儀器	裝設時機	初始值量測時機
地(土)層變位	傾度管	工程施工前	工程施工前
擋土壁體變位	傾度管	配合擋土壁 施作	基地開挖前
擋土壁體應力	鋼筋計	配合擋土壁 施作	基地開挖前
支撐軸力	支撐應變計	配合支撐架 設施作	支撐預壓前
地錨拉力	地錨荷重計	配合地錨施 作	施加預力前
開挖面隆起量	隆起桿	基地開挖前	基地開挖前
中間柱隆起量	隆起觀測點	基地開挖前	基地開挖前
地下水位及水 壓力	水位觀測井或 水壓計	工程施工前	工程施工前
地面沉陷量	沉陷觀測點	工程施工前	工程施工前
建物(鄰房)沉陷	沉陷觀測點	工程施工前	工程施工前
建築結構傾斜量	結構物傾斜計	工程施工前	工程施工前
裂縫變化量	裂縫計	工程施工前	工程施工前

資料來源：修改自北市土木技師公會(2002)

4.2.3 沉陷觀測點之安裝

- (1) 沉陷觀測點主要安裝於建築物或地表面。
- (2) 對沉陷較為敏感或易受開挖影響之區域應裝設沉陷觀測點。
- (3) 選擇遠離工地不受開挖影響之不動點處，設置一觀測基準點，以為量測基準點。

【解說】

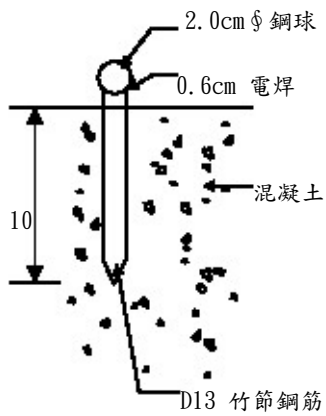
1. 裝設示意圖：如圖 4-2。

2. 裝設步驟：

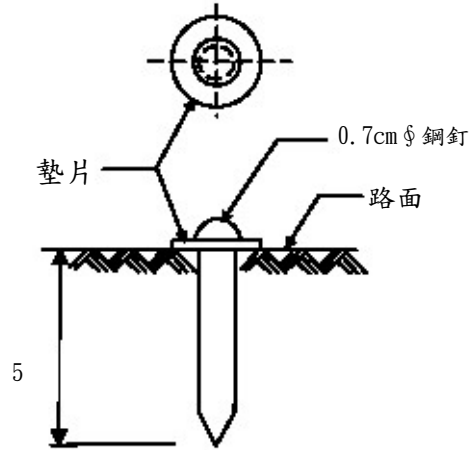
- (1) 於鄰近建築物及路面適當位置與間距埋設觀測釘，如圖 4-2 所示，並作適當標記、防護措施及編號。
- (2) 於遠離工地開挖影響範圍外選擇適當之不動點為觀測基準點 (BM 點)，基地開挖以前以水準儀量測基準點與各沉陷觀測點間之相對高程作為沉陷觀測點之初始標高，並作成紀錄。

3. 說明：

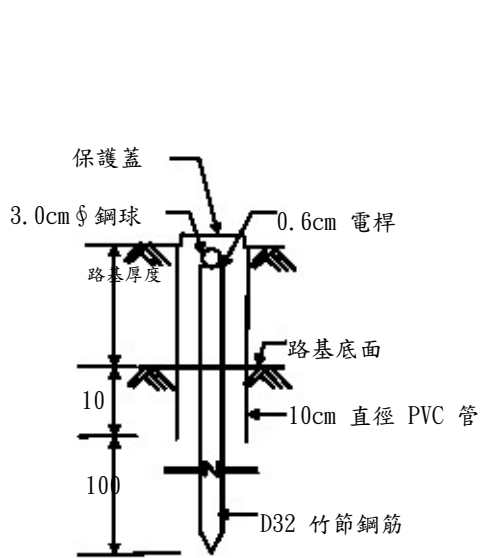
- (1) 各次觀測點皆根據 BM 點量測各觀測點之相對標高。故 BM 點之選點應確認其為不受基地施工或其他因素影響之不動點。
- (2) 各次觀測相對標高與初始標高之差值即為觀測點之沉陷量。



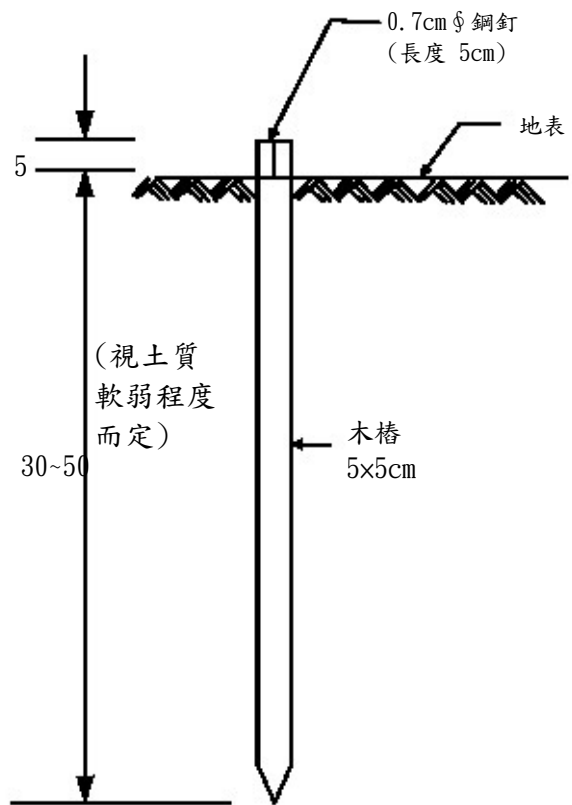
筏基沉陷點



路面沉陷點



路基沉陷點



地表沉陷點

資料來源：修改自北市土木技師公會(2002)

圖 4-2 沉陷觀測點示意圖
(單位：公分)

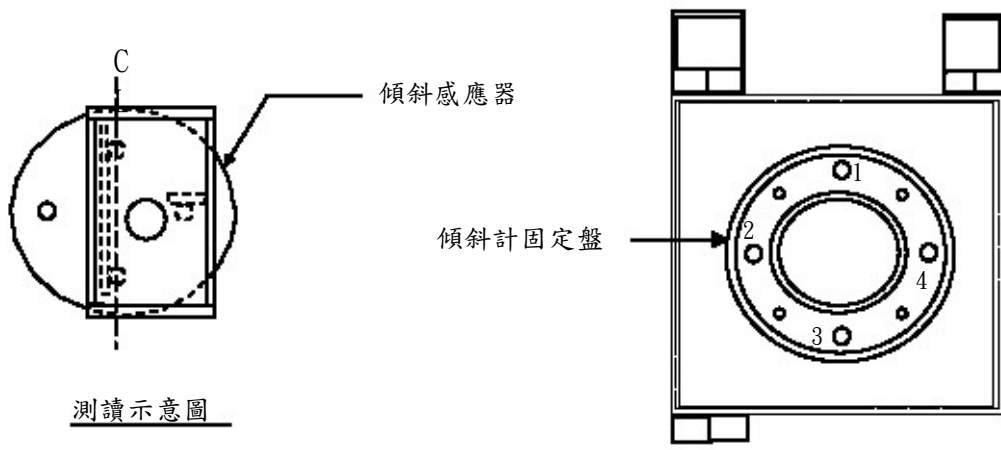
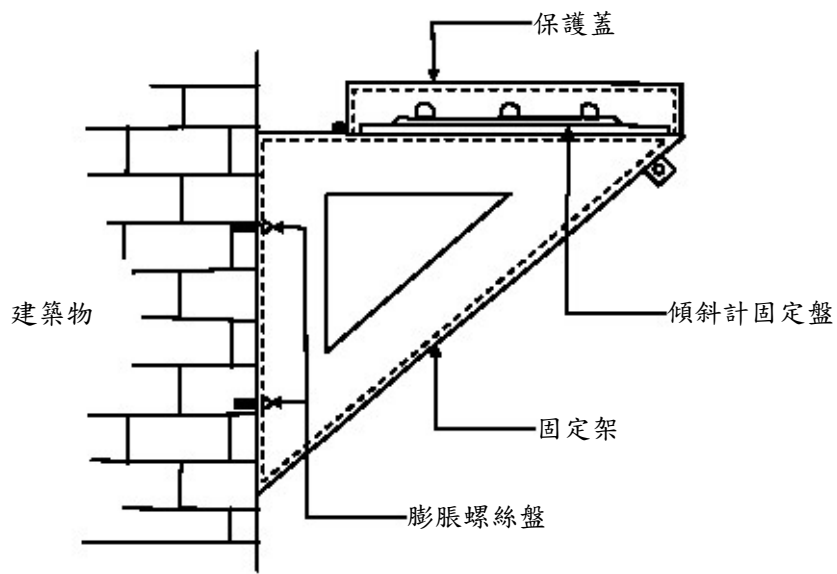
4.2.4 建物傾斜計之安裝

- (1) 裝設位置應依現場環境及地層特性，選取於建物四周樑柱上及其他具可代表建物傾斜或建物傾斜可能受開挖影響較大之位置上。
- (2) 裝設高度於量測便利且不易受外在因素影響之處。
- (3) 固定架及傾斜計固定盤之固定應確實。

【解說】

1. 裝設示意圖：如圖 4-3。
2. 裝設步驟：
 - (1) 於基地開挖前在建物外側將傾斜計固定架以膨脹螺栓固定於建築物上。
 - (2) 將傾斜計固定盤以膠結劑固定於固定架平台上。
 - (3) 裝上保護蓋，裝設工作便告完成。
 - (4) 觀測時將傾斜感應器安置於傾斜計固定盤之指定位置，並以電纜線連接傾斜感應器與傾度讀數器，即可量測出建築物之傾斜度。
3. 說明：
 - (1) 本儀器係利用感應器內伺服加速器電磁感應之原理，可反應出儀器之傾角以測出建築物之傾斜度，量測時測讀器可顯示出傾斜角之正弦值。
 - (2) 為消除儀器之系統誤差，X 測軸及 Y 測軸均需正反面各測一次，取平均值為各測軸之量測值。
 - (3) 各次量測值與初始值之差值乘以儀器正反弦之校正係數即為房屋之傾斜度（徑度）。

- (4) 由傾斜計所測得之傾斜度為相對於儀器裝設時之傾斜度變化量，為「相對增量」欲測得建築物之絕對傾斜度，；必須於初始值量測之同時，再以經緯儀量測建築物之初始量傾斜度，「初始傾斜度」加上「相對傾斜增量」方為「建築物之絕對傾斜度」。
- (5) 由於建物樑柱系統較能代表建物之傾斜狀況，另裝設於建物屋角傾斜計測得之傾斜變化量可採用經緯儀量測建物屋角之傾斜量進行檢核比對，求得建築物之絕對傾斜度，故傾斜計之裝設儘可能選取於建物四周之柱位上，惟仍需考量量測時之出入動線。
- (6) 由於建物之傾斜受基地開挖深度、開挖範圍與建物之地理相關位置及地層特性等皆有所關聯，故建物傾斜計裝設之位置亦應考量選取裝設於基地開挖可能對建物產生最大傾斜之區域。
- (7) 傾斜計裝設之位置應設置於不容易受碰撞之位置，必要時應於傾斜計四周設置警示及保護措施。



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-3 傾斜計固定盤裝設示意圖

4.2.5 水位觀測井之安裝

- (1)鑽孔需確實清洗乾淨。
- (2)植入之塑膠管至少包覆2層以上之濾網或不織布。
- (3)回填砂料或七厘石時應緩慢確實。

【解說】

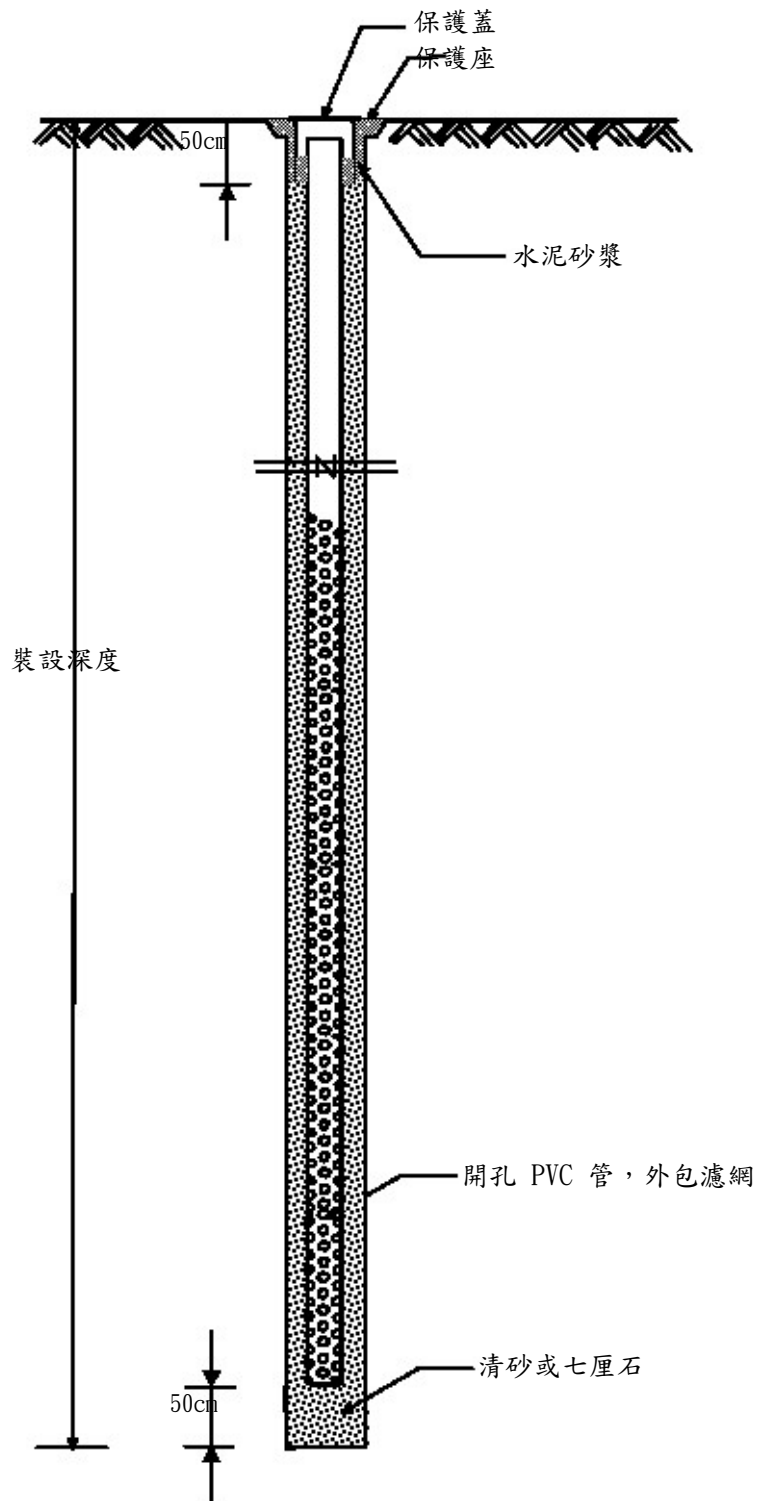
1. 裝設示意圖：如圖 4-4。

2. 裝設步驟：

- (1) 於水位觀測井預定埋設位置，利用水洗式沖洗鑽孔至預定埋設深度下 50~60 公分。
- (2) 將套管提升約 50 公分後於孔底以圖 4-3 所示之填充法，回填清砂或七厘石封住鑽孔底部。
- (3) 將已鑽孔之塑膠管包覆濾網或不織布插入鑽孔。
- (4) 取適量清砂或七厘石回填至地表下 50 公分。
- (5) 以水泥砂漿回填其餘部份至地表面為止。
- (6) 作好防護措施及警示標示。
- (7) 以基地地面高程基準點引測觀測井頂部標高，並紀錄之。

3. 說明：

- (1) 水位觀測井裝設完成後，裝設深度之地下水將滲入觀測井內，待觀測井內之水位平衡後即可顯示裝設深度處之地下水位。
- (2) 量測時以水位探測器置入觀測井內，水位探測器與水面接觸，即可測得井口至水面之深度；觀測井標高扣減水面深度即為地下水位之高程。



資料來源：修改自北市土木技師公會 (2002)

圖 4-4 水位觀測井裝設示意圖

4.2.6 水壓計(水壓式、電子式)之安裝

- (1)鑽孔需確實清洗乾淨。
- (2)回填砂料或七厘石時應緩慢確實。
- (3)朋脫土需置於不透水層。
- (4)朋脫土投入時需緩慢，使朋脫土確實下沉至預定深度，不至於黏著於上方孔壁中

【解說】

1. 裝設示意圖：如圖 4-5。

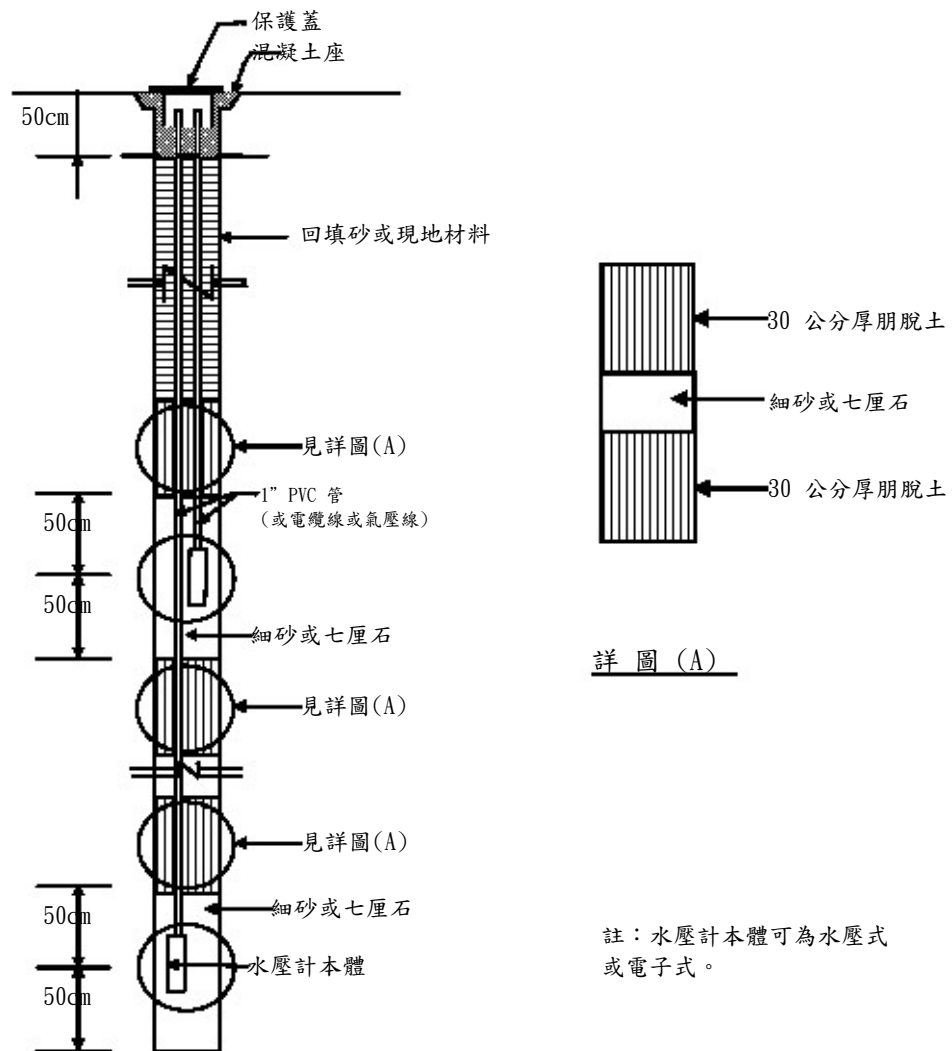
2. 裝設步驟：

- (1) 裝設水壓計前應先將水壓計本體與連接管(PVC管或電纜線)接妥，接妥後放置於水槽內試水，每個接頭皆不可有漏水現象。
- (2) 於水壓計預定埋設位置，利用水洗式以直徑為3.5吋之套管進行鑽孔至計劃埋設深度處，採取劈管(Split Spoon)土樣一支，以檢核水壓計埋設深度之土壤種類，再將套管鑽至計劃埋設深度下50公分。
- (3) 確實清孔後，於孔底回填40公分之清砂或七厘石。
- (4) 將水壓計放入孔中，使水壓計本體中心點位於埋設深度處，再回填60公分之清砂或七厘石。
- (5) 繼續回填清砂或七厘石至水壓計上方之不透水層，以圖4-5所示之回填法，分兩層置入朋脫土顆粒，注意朋脫土投入時需緩慢，使朋脫土確實下沉至預定深度，不至於黏著於上方孔壁中，每層朋脫土厚約30公分。每層回填後，以鋁管壓實朋脫土，使其緊密結合，並量測回填高度。

- (6) 如需於同一孔內裝設第二支水壓計，以砂料或類同該處土層之土壤回填至第二支水壓計下方之透水層面下150公分處。
- (7) 重複第(5)項所述方法。
- (8) 回填清砂或七厘石至預定埋設水壓計下方10公分。
- (9) 重複第(4)至第(5)項之方法，完成第二支水壓計之埋設。
- (10) 以砂料或類同於該處土層之土壤回填鑽孔至地表。
- (11) 裝設保護蓋。
- (12) 量測水壓計孔頂之高程並記錄之，以孔頂高程扣減裝設深度，即得水壓計裝設高程。

3. 說明：

- (1) 水壓式水壓計：水壓計裝設深度之水壓力等於PVC管內水柱高度之水壓力；裝設完成後，待管內水柱高度平衡後即反映出該深度之水壓力。量測時以水位探測器量測PVC管內之水面深度，其推算水壓力之計算方法如下：
$$\text{水壓計孔口高程} - \text{水面深度} = \text{水面高程}$$
$$\text{水面高程} - \text{水壓計裝設高程} = \text{水柱高度}$$
$$\text{水柱高度} \times \text{水單位重} = \text{水壓力}$$
- (2) 電子式水壓計：常用之電子式水壓計為「電阻式」，係利用惠斯登電橋原理，感應材料之應變與電橋之電阻值成正比關係，量測其應力變化。裝設時在水壓計尚未埋入前，先行浸泡水中待透水石飽和後量測初始讀數，水壓計裝設完成後，每次觀測之量測讀數與初始讀數之差值乘以儀器電阻值之校正係數，即得量測之水壓力。
- (3) 水壓計裝設時，鑽孔已將不同土壤層次之水層聯通，故為求得該深度之正確水壓力，朋脫土埋設位置，需於能將上下水層完全阻隔之不透水層內。



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-5 水壓計裝設示意圖

4.2.7 鋼筋計之安裝

- (1) 安裝前需完成測試鋼筋計，確認性能良好。
- (2) 電纜線與鋼筋計連接時需確實以防水膠結劑接合。
- (3) 鋼筋計應避開特密管位置。
- (4) 電纜線固定於鋼筋籠上時，固定電纜線不得完全拉緊，應保留若干餘裕。

【解說】

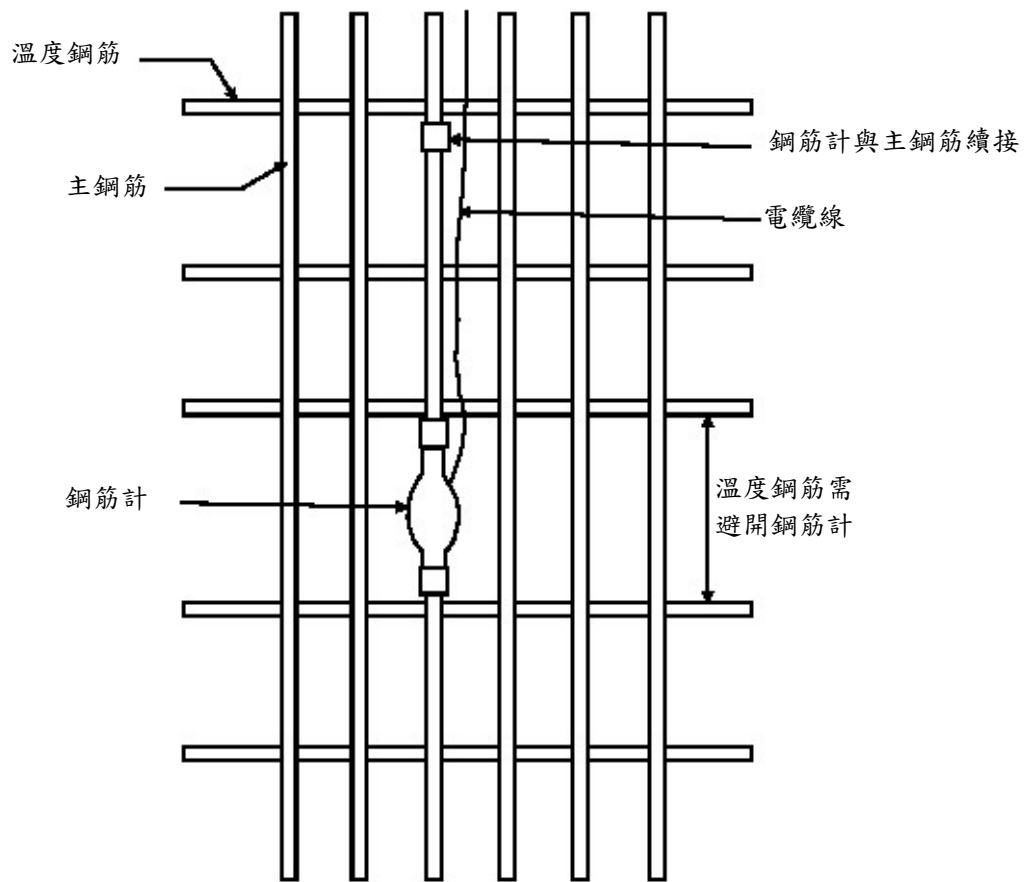
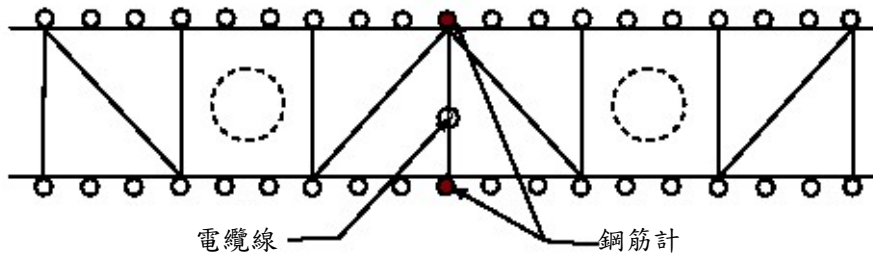
1. 裝設示意圖：如圖 4-6。
2. 裝設步驟：
 - (1) 依預定裝設深度加 2.5 公尺裁剪電纜線。
 - (2) 安裝前測試鋼筋計的性能是否良好，並予紀錄。
 - (3) 利用電纜線防水膠結劑及端子將裁好的電纜線與鋼筋計電纜線連接，再測試鋼筋計以判斷電纜線是否連接妥當。
 - (4) 在鋼筋籠製作前，先將鋼筋計與主筋以瓦斯壓接完成續接作業，續接完成後再次檢測鋼筋計是否正常，並記錄之。
 - (5) 將完成續接工作及測試後之鋼筋計的主筋安放於主筋之位置，放置時應避開特密管的位置，且應避免裝設在鋼筋搭接處或鋼筋量變化處。內側與外側之鋼筋計應放在同一高程位置，並相互對正。
 - (6) 鋼筋籠水平溫度鋼筋如與鋼筋計發生抵觸，應調整溫度鋼筋之位置，鋼筋籠焊接應注意避免損及鋼筋計及電纜線。
 - (7) 在鋼筋籠組立時，將每個鋼筋計的電纜線拉至鋼筋籠頂

端，並將電纜線沿主筋方向固定在鋼筋上。固定電纜線不得完全拉緊，應保留若干餘裕，以免吊放鋼筋籠或混凝土澆灌後乾縮時將電纜線拉斷。

- (8) 鋼筋籠吊放前，電纜線應整理成束，以蛇管套入保護作為保護措施，蛇管長約3公尺，伸入鋼筋籠頂部約1.5公尺，並在鋼筋籠上固定妥當。此時在次檢測鋼筋計，並在每條電纜線上註明每條鋼筋計的代號。
- (9) 鋼筋籠吊放後，應測試鋼筋計並予以記錄。
- (10) 混凝土澆灌完成後，在測試鋼筋計並予以記錄。
- (11) 將電纜線延長至觀測箱並固定在觀測箱內，暴露在外之電纜線應施作適當之防護措施。
- (12) 在基地開挖前，所有鋼筋計在統一測讀一次，該讀數作為計算鋼筋應力之初始讀數。

3. 說明：

- (1) 常用之鋼筋計為「電阻式」，係利用惠斯登電橋原理，感應材料之應變與電橋之電阻值成正比關係，量測鋼筋受力時所發生之應變量，再推算鋼筋應力。各次觀測之量測讀數與初始讀數之差值乘以儀器電阻值之校正係數，即得鋼筋應力值。
- (2) 鋼筋計若為「振弦式」者，係利用一定長度之金屬弦受力後長度之伸縮與相對應之頻率關係而推求應變量，再推算鋼筋應力。



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-6 鋼筋計裝設示意圖

4.2.8 支撐應變計之安裝

- (1) 支撐吊放完成後。
- (2) 將鋼樑之油漆及鐵銹磨去，再以砂紙磨光。
- (3) 將應變計接上電纜線並延接至基地外圍之欄杆或構台處（避免人員直接至支撐上量測，造成危險），並加以適當保護。

【解說】

1. 裝設示意圖：如圖 4-7。

2. 裝設步驟：

- (1) 支撐吊放完成後，於支撐 H 型鋼樑腹兩側中央之對稱位置標定儀器裝設位置。
- (2) 將鋼樑之油漆及鐵銹磨去，再以砂紙磨光。
- (3) 以點焊方式將應變計之應變片固定於 H 型鋼樑腹之裝設位置上。
- (4) 於應變片上套上感應器，在於感應器上套上固定器，並以點焊固定之。
- (5) 將應變計接上電纜線並延接至基地外圍之欄杆或構台處（避免人員直接至支撐上量測，造成危險），並加以適當保護。
- (6) 裝設完成後量測初始數，並記錄之。

3. 說明：

- (1) 常用之應變計有「振弦式」及「電阻式」二類，其中「電阻式」支撐應變計，係利用惠斯登電橋原理，感應材料之應變與電橋之電阻值成正比關係，量測鋼材受力時所

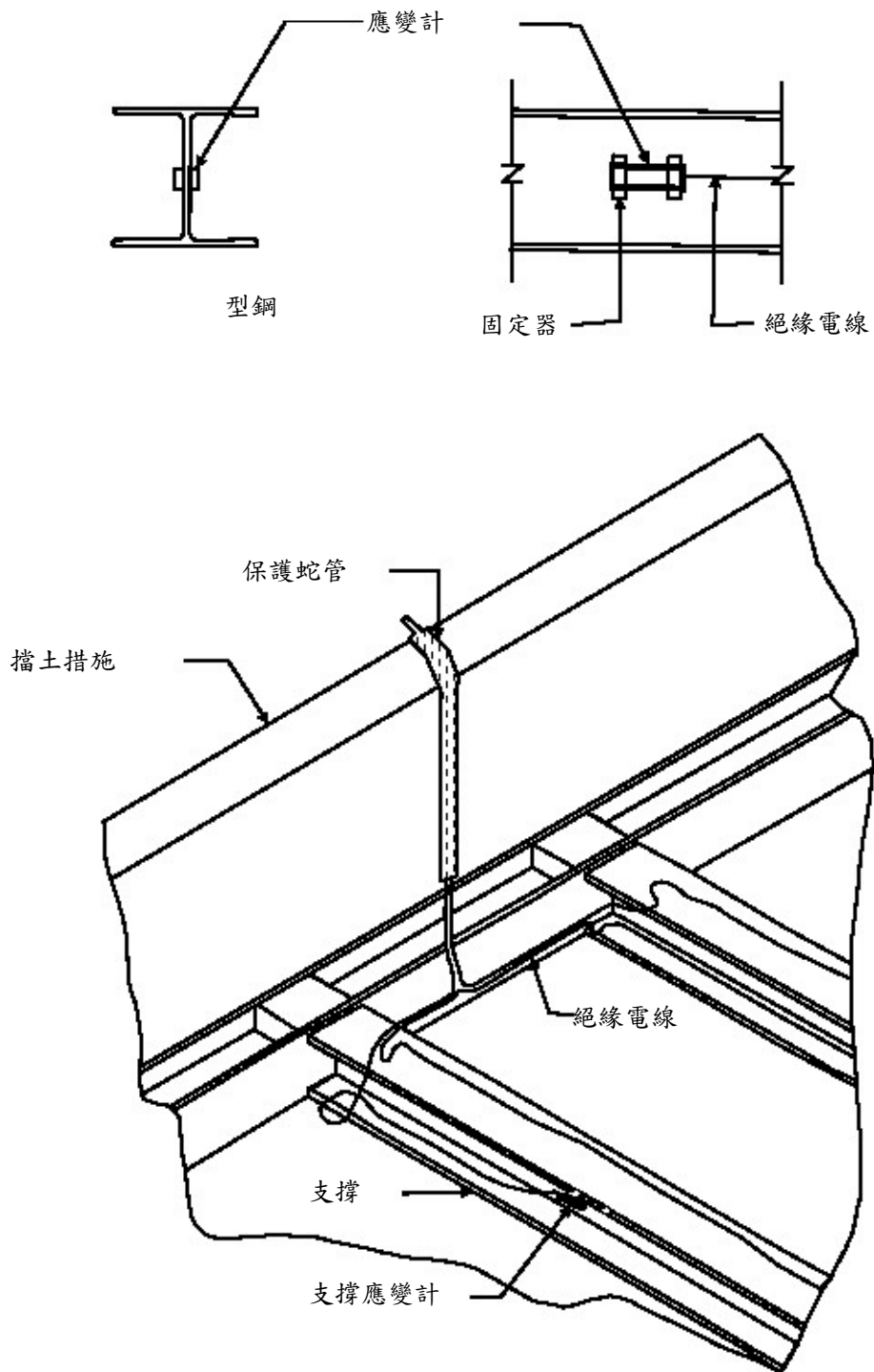
發生之應變量，再推算鋼材應力。各次觀測之量測讀數與初始讀數之差值乘以儀器電阻值之校正係數，即得鋼材應力值。振弦式「應變計」則利用鋼弦支應力與其振動「頻率之平方成正比之關係量測材料支應力；其應變計即為一段兩端固定之鋼弦，測讀時以電磁振盪之原理使鋼弦振動，測讀器可讀振動頻率平方之關係數；每次量測之讀數與初始讀數之差值乘以儀器之校正係數即得鋼材之應力值。

(2) 測讀應力值 × 支撐型鋼斷面 = 支撐軸力。

(3) 由於振弦式應變計鋼弦之熱脹係數往往與支撐型鋼之熱脹係數不同，測讀之結果會發生誤差，因此振弦式應變計需有同時量測型鋼溫度之功能，量測結果須依照各廠牌應變計所指定之方法修正其誤差，修正值之通式如下：

修正應力 = 熱脹細數差值 × 溫度變化量 × 型鋼彈性模數

其中溫度變化量 = 量測溫度 - 裝設時初始溫度



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-7 支撐應變計裝設示意圖

4.2.9 傾度管之安裝

- (1) 測軸凹槽須與擋土壁垂直或平行。
- (2) 每節傾度管接頭之槽溝須對正。
- (3) 鑽孔與傾度管之間隙需回填確實。
- (4) 須量測傾度管孔口之絕對位移或將傾度管底端固定於可視為不動點之處。
- (5) 感應桿應徐徐放入管內，避免衝擊。
- (6) 傾度管置於鋼筋籠內，應避開特密管位置。

【解說】

1. 裝設示意圖：擋土壁內傾度管之預埋管方式如圖 4-8A，直接埋設方式如圖 4-8B。土中傾度管之預埋管方式則如圖 4-9 所示。

2. 裝設步驟：

A. 擋土壁內傾度管(預埋管方式)

- (1) 在擋土壁施工時，將 PVC 管固定於鋼筋籠內，PVC 管底端須加蓋固定，以防水泥漿液滲入管內，鋼筋籠吊放時將管內注滿水，以防 PVC 管上浮或變形。
- (2) 如鋼筋籠須於導溝上分段搭接時，PVC 管亦須配合以接頭搭接，搭接後接頭須固定於鋼筋籠上，並維持鋼筋籠垂直。
- (3) 擋土壁施工完成後，以鑽機鑽穿 PVC 管底蓋，並繼續往下鑽至預定深度。土層中如鑽孔有坍塌情況，則須以 4" 套管保護或使用皂土液鑽孔。
- (4) 鑽孔完成後將傾度管一節接一節，以專用接頭續接，循

序置入 PVC 管內，傾度管底端須加底蓋，並以鉚釘及膠水固定之，以防管內淤砂；置入時須一面插入傾度管，一面將傾度管內注滿水，以防傾度管浮起，如有保護坍孔之套管，在傾度管完全置入後予以抽出。

- (5) 傾度管置入時，須隨時注意旋轉頂部調整測軸方向，使一對測軌凹槽與擋土壁走向平行，另一對測軌凹槽則與擋土壁垂直。傾度管置入後，於傾度管頂部加蓋，固定妥當。
- (6) 擋土壁底下伸入土層中之傾度管以灌漿(皂土水泥漿)方式固定，擋土壁內部 PVC 管與傾度管間之縫隙則以無縮收水泥漿填滿，在灌漿及回填期間，需隨時注意並調整維持一對測軸凹槽與擋土壁垂直。
- (7) 待回填之皂土漿與無縮收水泥漿固結後測讀傾度管之初始讀數，並以經緯儀測定傾度管之初始座標。

B. 擋土壁內傾度管(直接埋設方式)

- (1) 在擋土壁施工，鋼筋籠製作時，將傾度管以專用接頭續接妥當，並以固定環固定於鋼筋籠內之主筋上，固定時需注意並調整一對凹槽測軌與擋土壁垂直，另一對則與擋土壁平行。如擋土壁為排樁時，因下鋼筋籠時，鋼筋籠會旋轉，導致一對測軌未與擋土壁方向垂直，因此須於鋼筋籠主筋上標註與測軸方向一致之記號，需隨時注意並調整維持一對測軸凹槽與擋土壁垂直。
- (2) 傾度管底端須加蓋並以鉚釘及膠水固定；頂端則以 1.5 公尺之鐵管保護傾度管，避免頂部受撞擊損壞。
- (3) 如鋼筋籠須於導溝上分段搭接時，傾度管亦須配合搭接，搭接後傾度管需維持垂直，測軸方向須維持不變，在鋼筋籠逐漸放入槽溝或孔內時，逐段以固定環將與假

固定之傾度管鎖緊，直至鋼筋籠完全放妥為止；如擋土壁為排樁時，則需注意隨時調整維持測軸方向須維持不變。

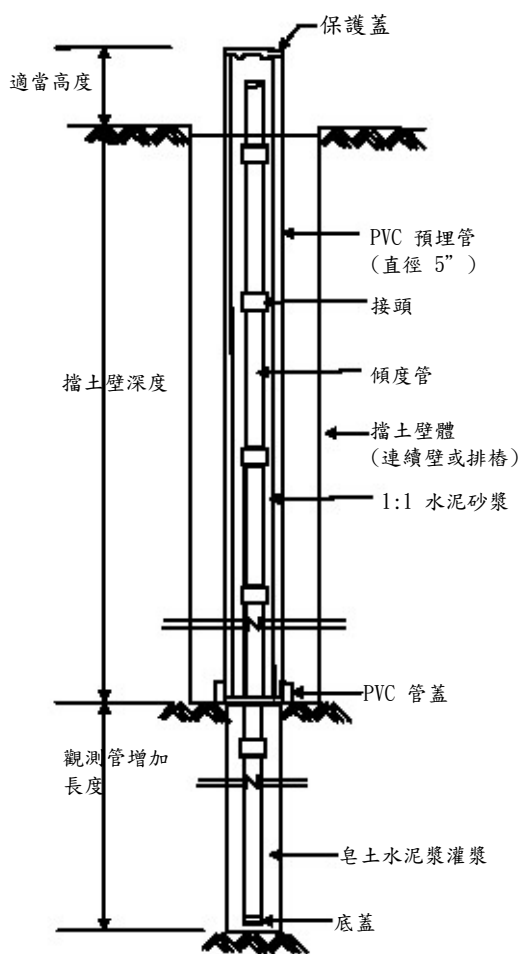
- (4) 擋土壁澆置混凝土前應將傾度管內注滿清水，以防傾度管因水泥之水化熱而扭曲受損。
- (5) 擋土壁混凝土凝固後即可測讀傾度管之初始讀數，並以經緯儀測定傾度管之初始座標。

C. 土層內傾度管

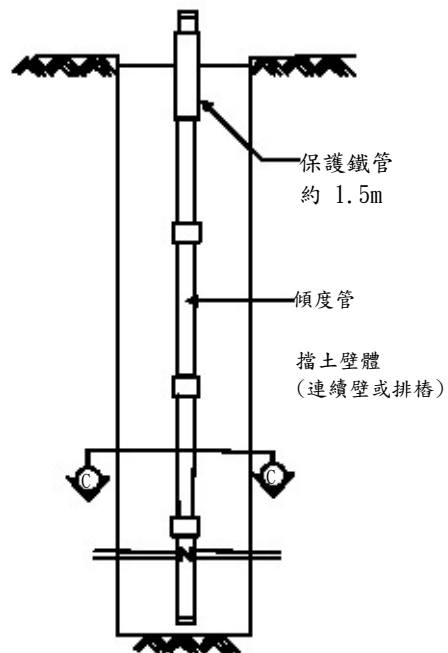
- (1) 於裝設傾度管之指定位置，以鑽機利用水洗方式進行鑽孔至預定深度，孔徑約 10 公分左右，如有坍孔現象，則需以 4" 套管保護或以皂土液鑽孔。
- (2) 傾度管底端蓋上底蓋並以鉚釘及膠水固定，並將傾度管一節接一節以專用接頭接續，循序置入已鑽妥之鑽孔內，置入之同時於傾度管內注滿清水以防傾度管浮起；傾度管置入時，須隨時注意旋轉頂部調整測軸方向，使一對測軌凹槽與擋土壁走向平行，另一對測軌凹槽則與擋土壁垂直。
- (3) 鑽孔內如有保護套管，在傾度管完全置入後予以抽除，抽除時應一節一節逐段抽除，每抽除一節即於孔內傾度管四周回填清砂、七厘石或皂土水泥漿，回填動作應緩慢確實，並隨時確認測軸之方向。
- (4) 如孔內無保護套管，則於傾度管完全置入後，開始進行孔內傾度管四周回填清砂、七厘石或皂土水泥漿，回填動作應緩慢確實，並隨時確認測軸之方向。
- (5) 待傾度管四週回填料完全沉澱或固結後即可測讀傾度管之初始讀數，並以經緯儀測定傾度管之初始座標。

3. 說明：

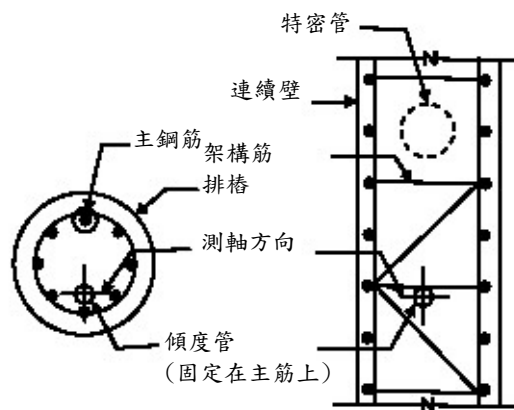
- (1) 本儀器之量測係於傾度管內沿測軸方向之測軌凹槽插入感應桿至傾度管底部，以感應桿長度(通常為 50 公分)為一量測單位，由底部往上提升，每提升一個單位紀錄一次讀數至感應桿脫離傾度管為止，再以反方向插入感應桿至傾度管底部，以同樣方法量測及記錄，以二次紀錄之平均值做為觀測讀數。
- (2) 感應桿係利用伺服加速器電磁感應原理，可反應出感應桿之傾度度，量測時側讀器可顯示出傾度角之正弦值，感應桿長度(L)乘以傾度角正弦值($\sin\theta$)即為每一計測單位之傾斜偏量($L\sin\theta$)，如圖 4-10 所示。為消除儀器之系統誤差，每一測軸均需正、反兩側各測一次，取其平均值為量測讀數，因此每次觀測之各讀數即為每一計測單位之傾斜偏量。
- (3) 每次各計測單位之讀數與初始讀數之差值等於各計測單位之傾斜變化量，由傾度管管底往上累加各計測單位之傾斜變化量便可得到擋土壁或土層移動之各深度相對於傾度管管底之相對位移。
- (4) 由上述可知，傾度管測得之變位量為相對於管底之相對位移，屬「相對值」如欲量測傾度管之絕對位移，需利用經緯儀量測傾度管孔口之絕對位移或採預埋管方式加深傾度管至可視為不動點之處。
- (5) 由於傾度管測得之變位方向為測軌凹槽方向，當所裝設傾度管之測軌凹槽未與擋土壁垂直時，兩對測軌凹槽方向皆需進行量測，以求得與擋土壁垂直方向之變位。



A. 預埋管方式



B. 直接埋設方式

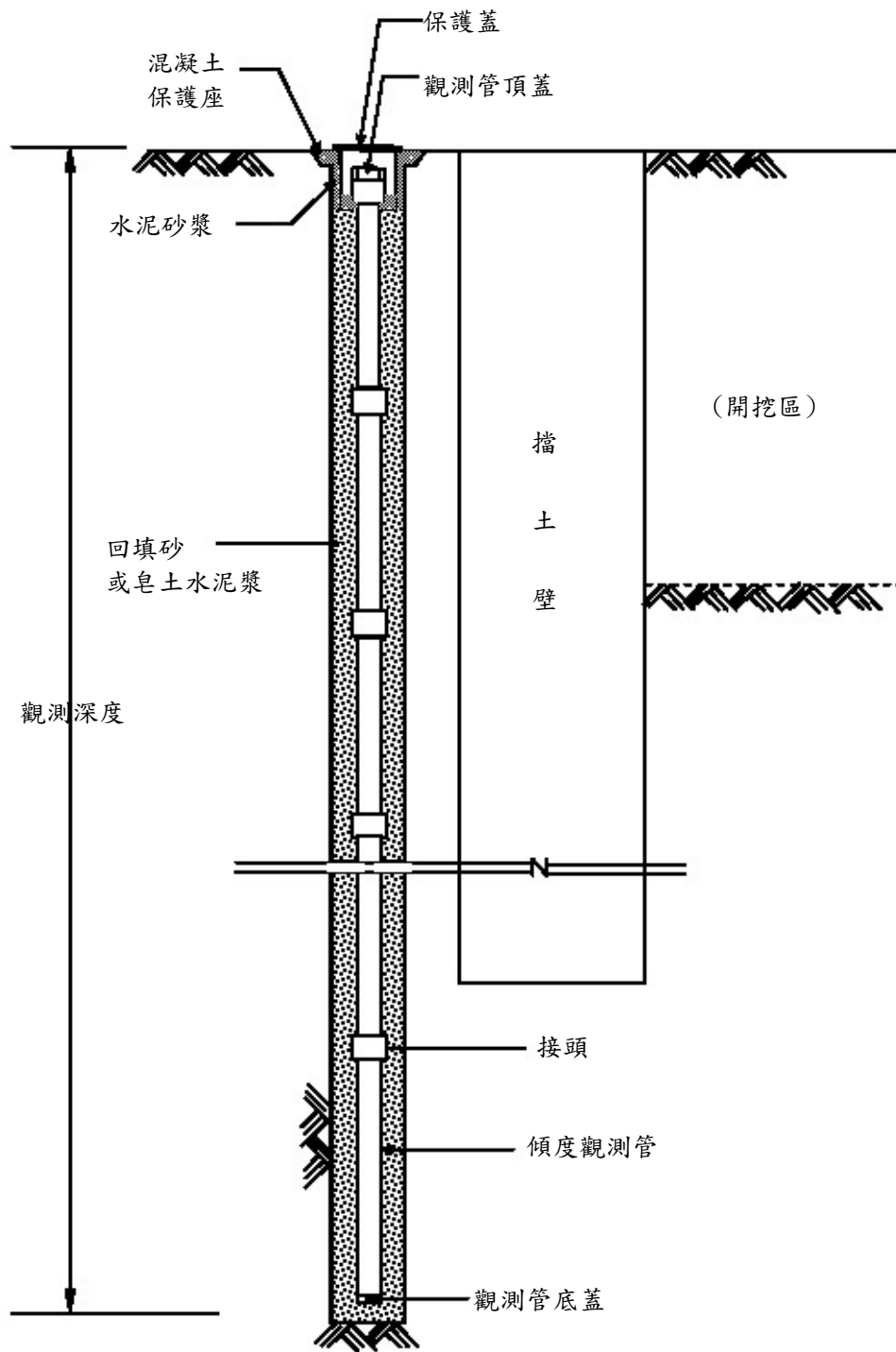


排樁斷面 C

連續壁斷面 C

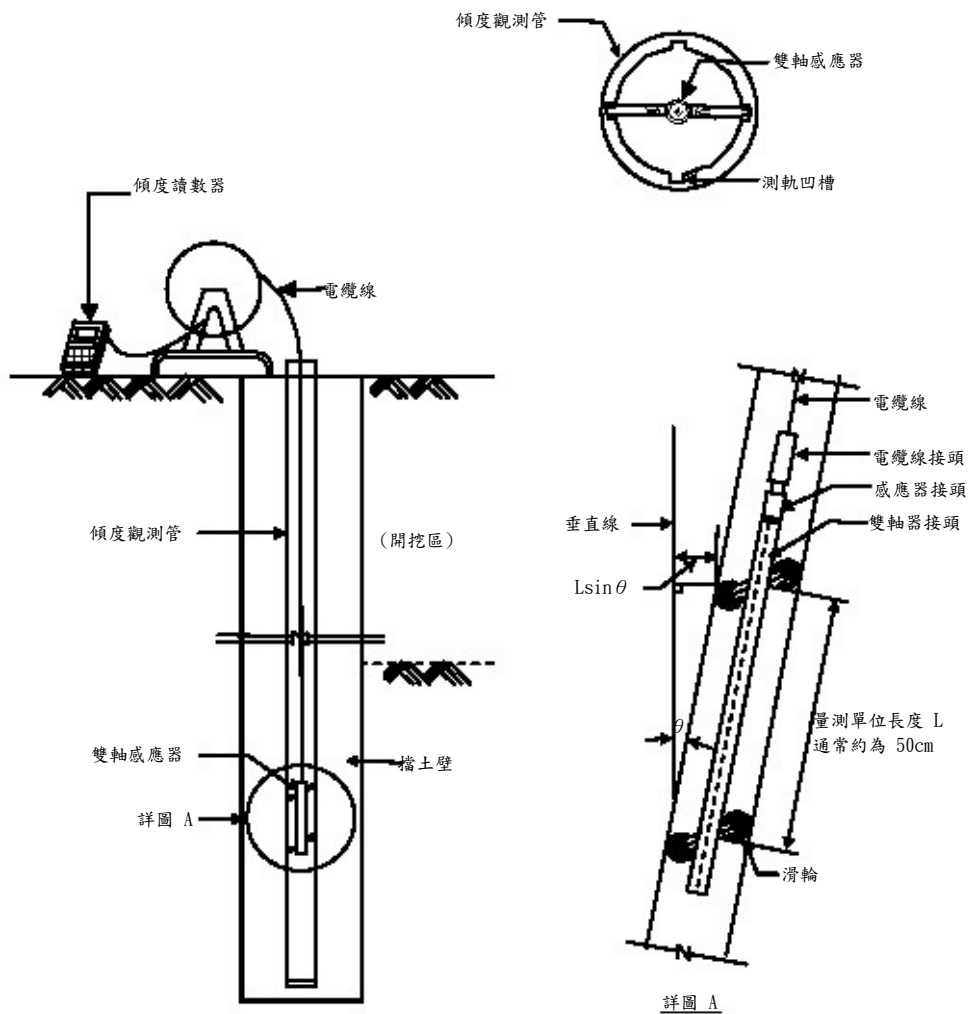
資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-8 擋土壁內傾度管安裝示意圖



資料來源：改繪自北市土木技師公會 (2002)

圖 4-9 土層內傾度管安裝示意圖



資料來源：改繪自北市土木技師公會 (2002)

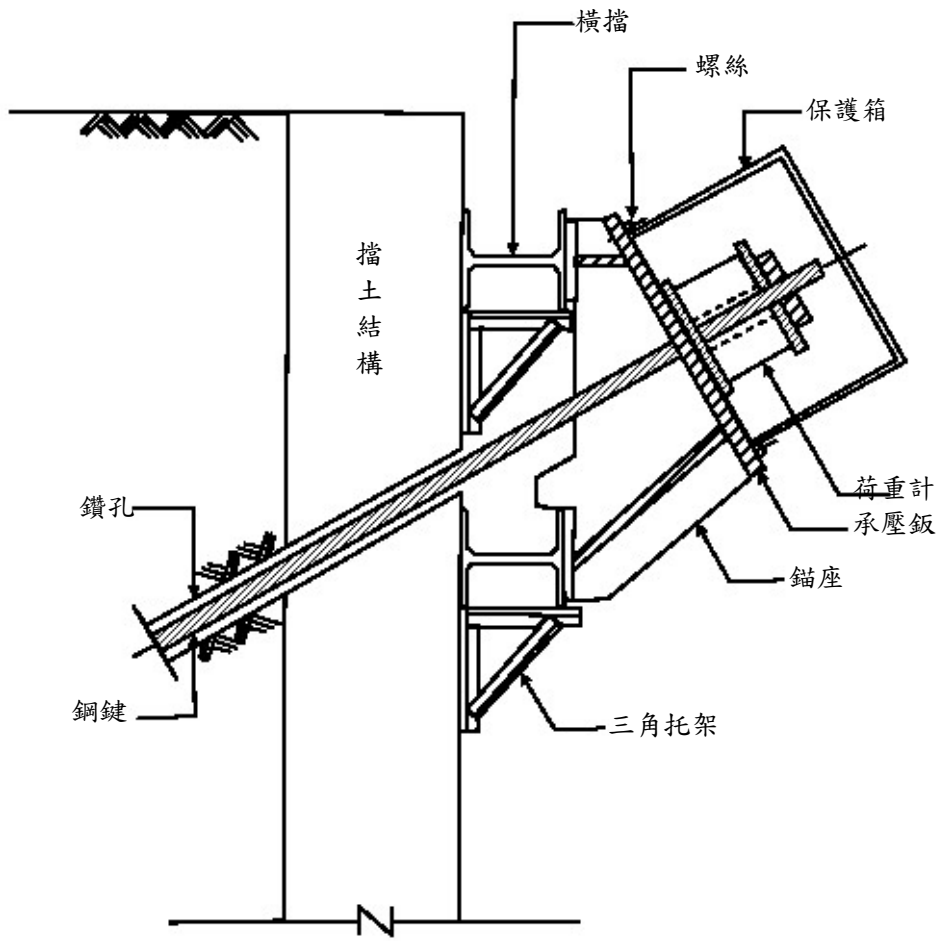
圖 4-10 傾度管量測示意圖

4.2.10 地錨荷重計之安裝

- (1) 安裝前需完成校正，確認性能良好。
- (2) 加壓時應與油壓機之壓力讀數複核荷重計讀值。
- (3) 在地錨鎖定後再量測其最終荷重，並注意其偏心之荷重情況。

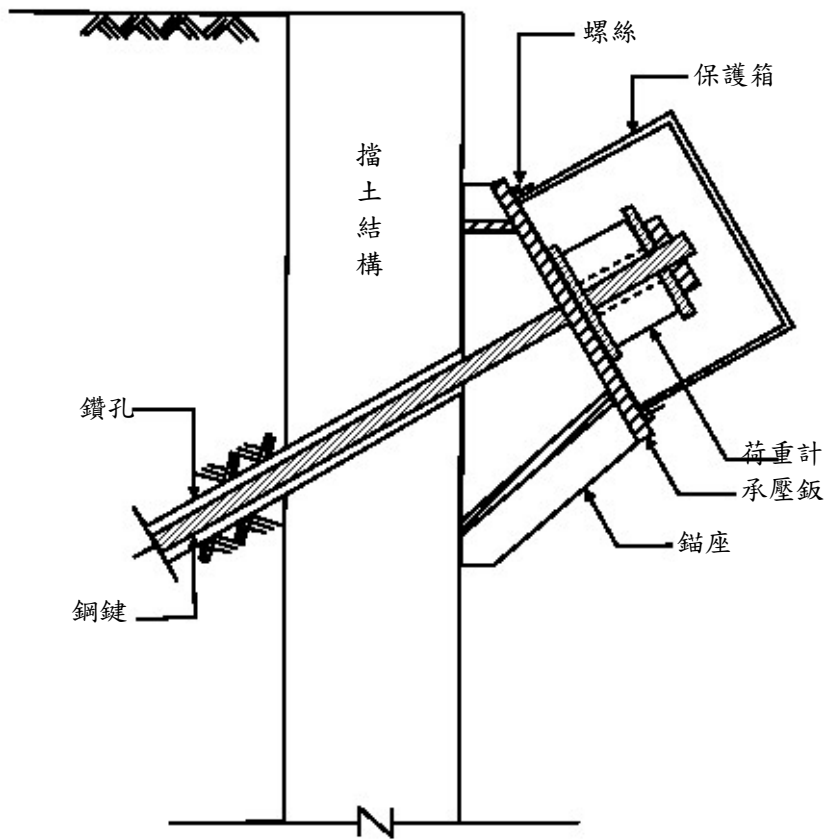
【解說】

1. 裝設示意圖：如圖 4-11 及圖 4-12。
2. 裝設步驟：
 - (1) 於安裝前量測荷重計初始值。
 - (2) 配合地錨施工時在錨頭處分別將承壓板、荷重計及另一承壓板套入鋼鍵上。
 - (3) 配合地錨分段施拉，並紀錄各階段之讀數。
 - (4) 在地錨鎖定後再量測其最終荷重，並注意其偏心之荷重情況。
 - (5) 接續電纜延長線至方便量測之位置。
3. 說明：
 - (1) 常用之地錨荷重計有「電阻式」及「振弦式」二類。
 - (2) 量測讀數與初始讀數之差值乘以儀器之校正係數即為地錨之荷重。



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-11 地錨荷重計裝設示意圖(有橫擋方式)



資料來源：本研究繪製

圖 4-12 地錨荷重計裝設示意圖（無橫擋方式）

4.2.11 開挖面隆起桿之安裝

- (1)隆起桿應作好保護措施，避免開挖時遭破壞。
- (2)測量時應由基準點引測隆起桿。

【解說】

1. 裝設示意圖：如圖 4-13。

2. 裝設步驟：

- (1) 於開挖區內之指定位置，利用鑽機以水洗式鑽孔至最終開挖底面下 2 公尺處，鑽孔時以每節 150 公分之 3" 鐵管作為洗孔之套管，鑽孔後保留套管於鑽孔內不予抽除。
- (2) 鑽孔達預定深度後，以清水洗孔，再以 6%以上濃度之皂土液注滿，並將套管往上提升 40 公分後固定之。
- (3) 將隆起桿端錨與每支長 150 公分之鋁管連接，連接完成後之長度須大於裝設深度，再自隆起桿底端量起，在鋁管上每 50 公分作一刻劃並標示長度，丈量時需注意精確度，每一刻畫以透明膠布保護之，完成後紀錄隆起桿之總長度。
- (4) 將隆起桿插入鑽好之鑽孔內，端錨須貫入孔底，隆起桿頂端與套管間繫以保麗龍固定之，並做好適當之保護措施。
- (5) 裝設完成後於基地開挖前由測量基準點引測隆起桿之初始高程。

3. 說明：

- (1) 隨著基地開挖逐節拆除開挖面之 3" 套管及隆起桿鋁管，拆管後利用鋁管上之刻劃重新丈量隆起桿剩餘長

度，將套管內之鋁管重新以保麗龍固定，並做適當之保護措施。

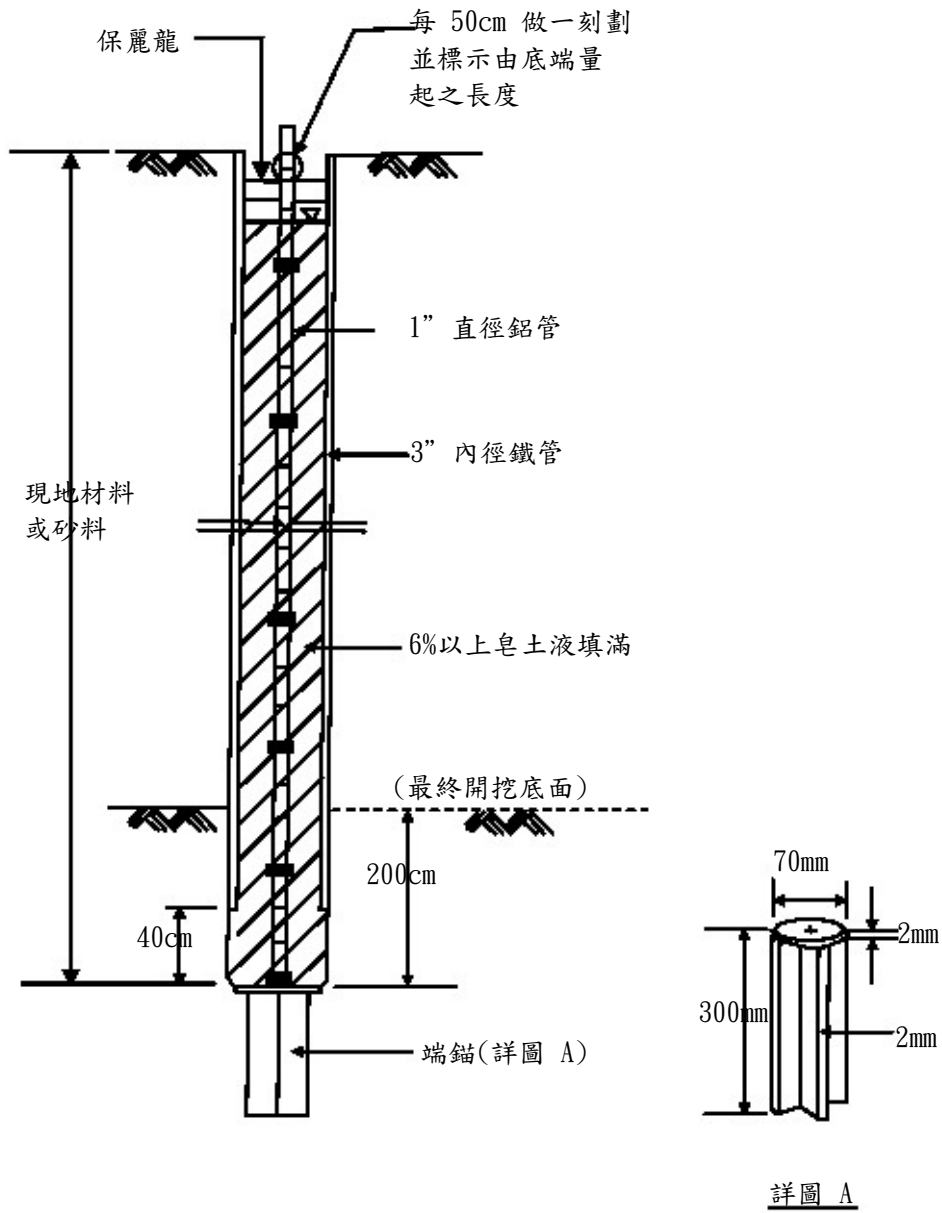
(2) 自量測基準點引測開挖後之隆起桿頂端高程。

(3) 開挖面隆起桿量之計算方式如下：

隆起桿底端初始高程 = 初始頂端高程 - 初始隆起桿長度

開挖後隆起桿底端高程 = 觀測頂端高程 - 隆起桿剩餘長度

隆起量 = 開挖後隆起桿底端高程 - 隆起桿底端初始高程



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-13 開挖面隆起桿裝設示意圖

4.2.12 中間柱隆起觀測點之安裝

- (1) 中間柱隆起觀測點應作好保護措施，避免開挖時遭破壞。
- (2) 測量時應由基準點引測隆起桿。

【解說】

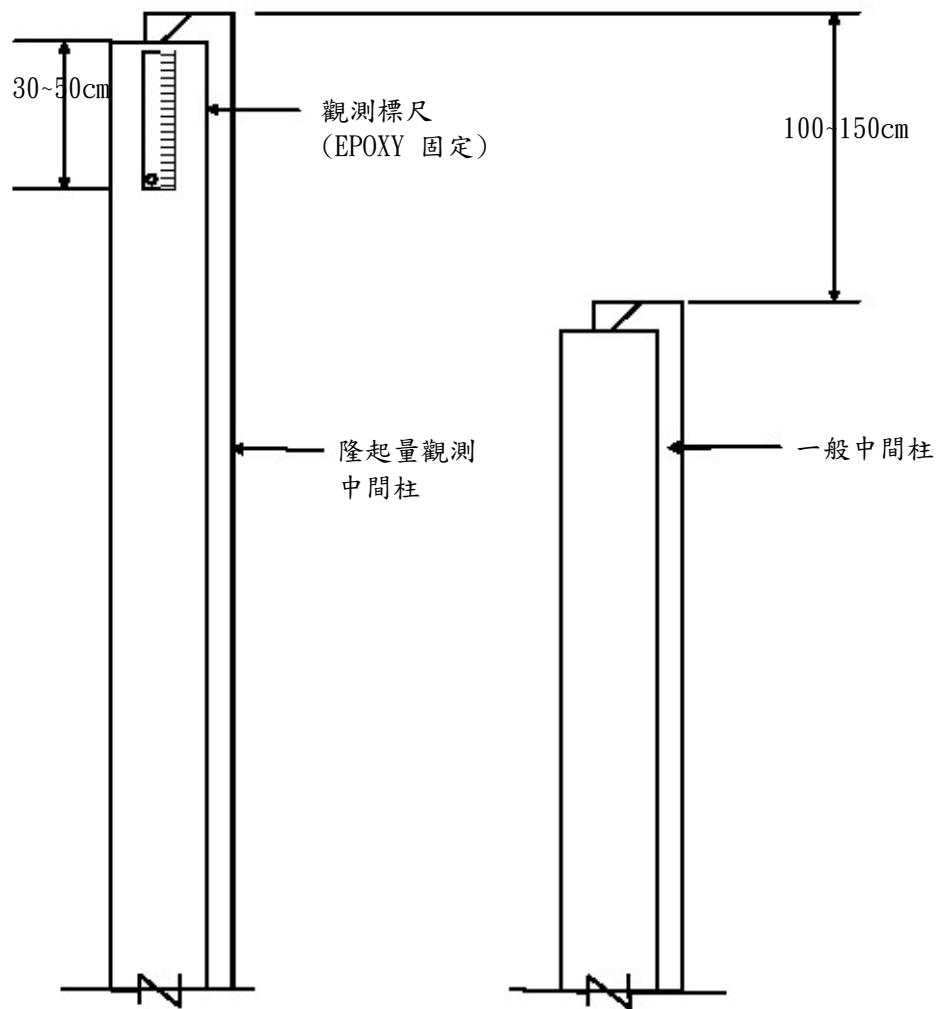
1. 裝設示意圖：如圖 4-14。

2. 裝設步驟：

- (1) 於中間柱頂部電焊一鋼筋或於中間柱上註記一隆起量測點。
- (2) 自量測基準點 (BM 點) 引測隆起量測點之初始標高。

3. 說明：

- (1) 基地開挖後自量測基準點 (BM 點) 引測隆起量測點之標高。
- (2) 隆起量 = 每次測得之隆起點之標高 - 初始標高。



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-14 中間柱隆起觀測點裝設示意圖

4.2.13 裂縫計之安裝

- (1)儀器需與裂縫方向垂直。
- (2)儀器固定需確實。

【解說】

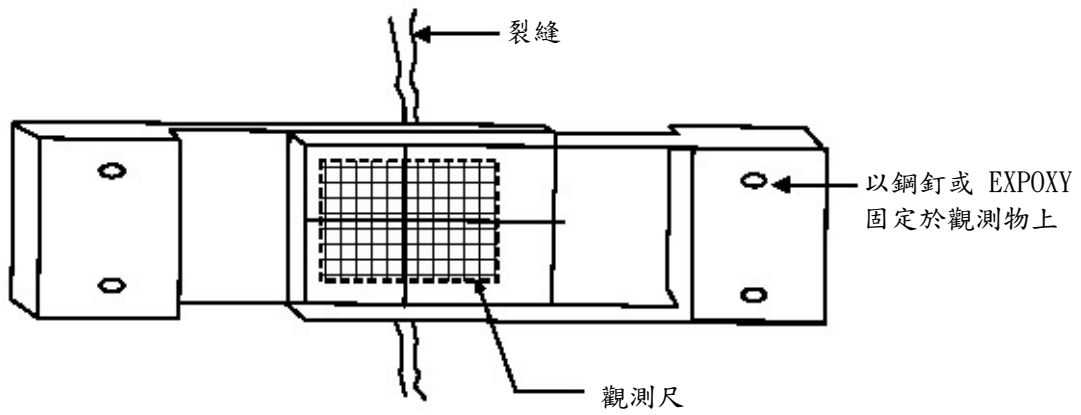
1. 裝設示意圖：如圖 4-15 及圖 4-16。

2. 裝設步驟：

- (1) 儀器裝設前先以裂縫測微尺測讀觀測位置之原有寬度並做成紀錄。
- (2) 按圖 4-15 及 4-16 之方式將儀器固定於裂縫兩旁，儀器需與裂縫方向垂直。
- (3) 裝設完成後記錄儀器之初始讀數。

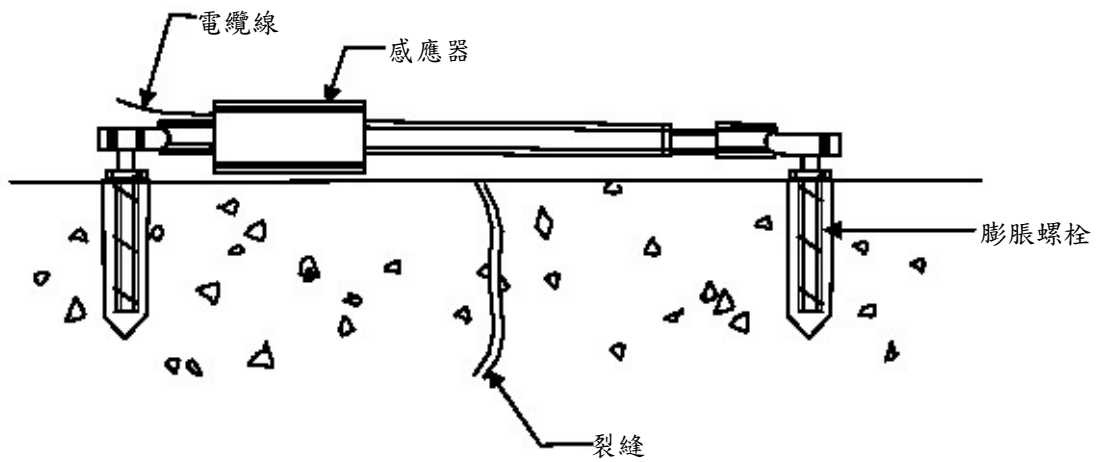
3. 說明：

- (1) 常用之裂縫計有「游標尺(卡)式」及「電子式(LVDT)」二類。
- (2) 裂縫寬度=裂縫原有寬度+裂縫寬度變化量
目視式：裂縫寬度變化量=觀測讀數-初始讀數
電子式：裂縫寬度變化量=(觀測讀數-初始讀數)×校正係數



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-15 目視裂縫計示意圖



資料來源：改繪自北市土木技師公會(2002)

圖 4-16 電子式裂縫計示意圖

第五章 監測作業與管理

5.1 通則

5.1.1 適用範圍

本章適用於規範建築物基礎工程施工災害預防之大地監測工作之作業及管理方式。

5.1.2 監測系統管理組織之設立

監測系統規劃者應於監測計畫內規劃監測系統管理組織，負責監測工作之管理與執行。

【解說】

監測計畫要能成功，一定要有一個專責的管理組織來推動執行，業主、施工單位、設計與監造單位、以及專業監測廠商，均需指派專人參加監測系統管理組織，以推動、整合與協調監測作業，分析研判監測資料，檢討工地安全現況，建立與執行災害預警通報工作，並擬訂應變對策等。圖 5-1 為某一監測系統管理組織之例子。此一組織應召開定期會議與緊急對策會議，檢討監測工作之運作情況，排除監測障礙，建立聯絡方式。此組織之人員，需長期擔任，不可任意更換。

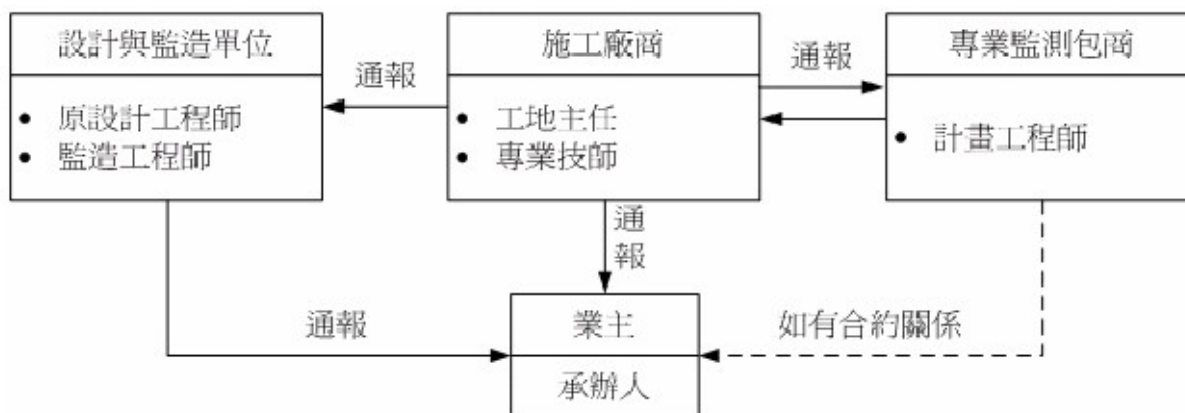


圖 5-1 監測系統管理組織例

5.1.3 監測品質計畫

監測品質計畫應包括施工要領、品質管理標準、儀器及施工檢驗程序、自主檢查表等項目。

承攬廠商之品管人員應依契約、技師法、營造業法及「公共工程施工品質管理作業要點」之規定辦理品質管理事項。

【解說】

監測品質計畫應包括施工要領，諸如施工機具、方法、步驟、施工應注意事項、以及衛生與環保規定等。

品質管理標準係針對各施工階段作業項目之管理，包括管理標準、檢查時機、檢查方法、檢查頻率、及不符合之處理方式等。

儀器及施工檢驗程序包括儀器設備選定前之送審流程、檢試驗單位之核備、儀器進料之管制程序、進場後之管理、檢驗流程、檢試驗結果之管制方法、應用表單及使用說明。

施工檢驗程序包括訂定檢驗停留點、施工檢驗流程（包含自主檢查及向主辦機關申請檢驗程序）、對檢驗結果之管制等。

自主檢查表之訂定應依契約規定之施工項目訂定檢查表項目（參考如附錄 A），其內容至少應包括檢查項目、檢查標準〔含標準值及檢測（查）值〕、檢查結果之紀錄等欄位。另應註明執行人員、執行時機及不符合情形之處置與管制方式。

5.1.4 勞工安全與衛生

監測儀器安裝施工人員與量測人員進入工地均應依勞工安全衛生法規辦理。

【解說】

監測儀器安裝與量測作業時常與其他工程項目配合施作，故施工與量測人員進出工地需依勞工安全衛生法規辦理，確保勞工作業安全，避免勞工災害。

5.2 監測作業

監測作業始自規劃作業，至最後提出監測報告，其內容包括：

1. 監測系統規劃作業。
2. 擬定監測計畫。
3. 監測系統採購及發包。
4. 監測儀器檢驗及安裝。
5. 依監測計畫執行監測工作。
6. 監測資料之彙整。
7. 監測結果分析及安全研判。
8. 緊急應變措施之建議及處理。
9. 監測報告之製作及提送。

【解說】

監測作業始自規劃作業，至最後提出監測報告，為整體性之系統作業，每一環節皆須嚴謹從事方能發揮整體性之功效。其內容包括：

1. 監測系統規劃作業，應依第二章 2.2 節之規定辦理。
2. 擬定監測計畫，應依第二章 2.1.2 節之規定辦理。
3. 監測系統採購及發包，應依本章 5.2.1 節之規定辦理。
4. 監測儀器檢驗及安裝，應依第四章之規定辦理。
5. 依監測計畫執行監測工作

監測計畫所擬定之監測時機及監測頻率應按計畫切實執行，例假日亦需排定輪值人員執行，如有數據異常，或有安全疑慮，則須立即反應，不可因例假日而有鬆懈狀況。

監測計畫所擬定之監測時機及監測頻率，是指正常情況下之監測作業，但遭遇異常狀況時，現場執行監測工作人員應提出調整監測時機及監測頻率之建議，或應遵從監測管理人員（包括設計單位、監造單位及承造商之管理人員）之指示，執行調整後之監測時機及監測頻率。

6. 監測資料之彙整，應依本章 5.2.2 節之規定辦理。
7. 監測結果分析及安全研判，應依本章 5.2.3 節之規定辦理。
8. 緊急應變措施之建議及處理，應依本章 5.2.4 節之規定辦理。
9. 監測報告之製作及提送，應依本章 5.2.5 節之規定辦理。

5.2.1 監測系統之採購及發包

監測作業屬專業性工作，應發包予專業廠商執行監測工作；所採購之監測儀器應符合工程圖說、施工規範或施工說明書之規定。

【解說】

1. 監測作業屬專業性工作，除非工程承造商本身具有監測專業作業小組，或具有監測專業廠商之資格，皆應發包予專業廠商，以執行監測工作。
2. 因監測系統之預算僅佔工程總預算之極小比例，而監測系統之重要性往往牽繫整體工程之安危及災害；為避免「因小失大」故監測，系統之發包應不宜使用絕對低價決標之方式發包，宜謹慎審查投標專業廠商之經驗與資格，採用合理標之方式發包。
3. 監測系統投標之專業廠商應具有類似工程之施工經驗，大地監測專業廠商應有依技師法登記執業且具監測經驗之大地工程技師或土木_{工程}技師負責執行各項監測資料之分析及研讀工作，所有工作人員之資歷應符合施工規範或施工說明書之規定。
4. 監測系統專業廠商所使用之監測儀器規格，如工程圖說、施工規範或施工說明書有明確規定，應符合其規定；如無明確規定，則應符合第三章 3.5 節之規定。

5.2.2 監測資料之彙整

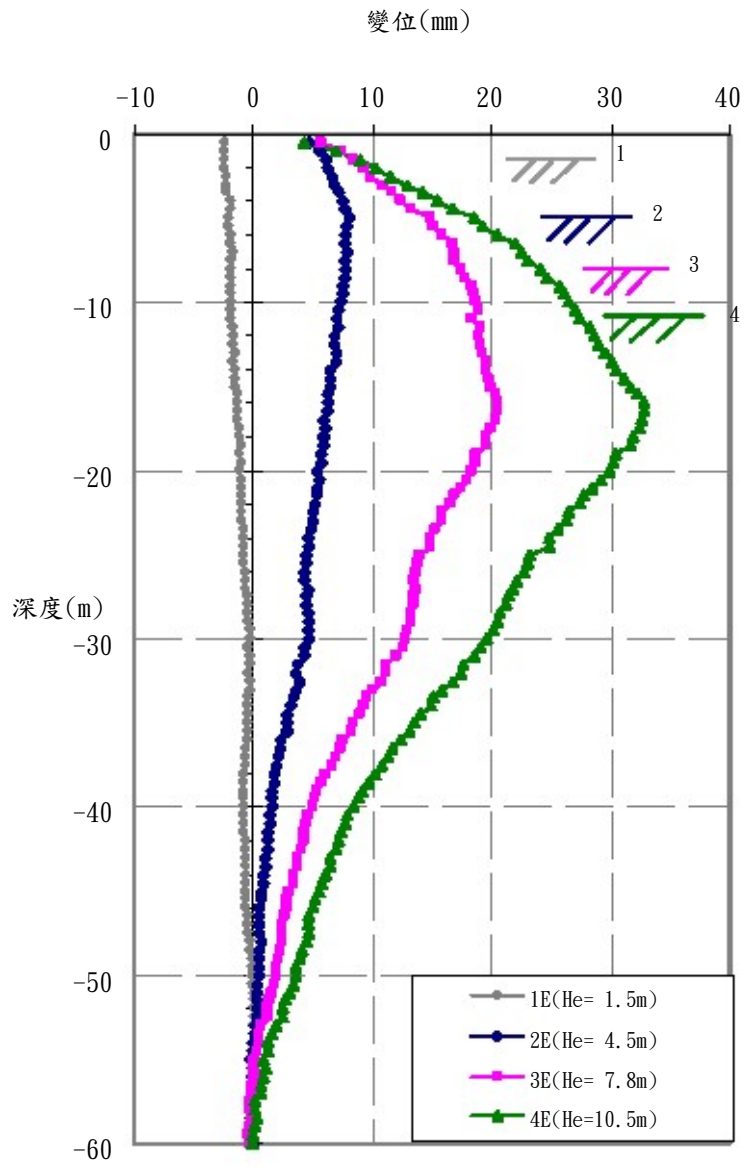
監測結果無論以人工整理量測資料或使用電腦處理，皆應以標準化之報表製作，其內容應至少包含：(1)基本資料；(2)儀器資料；(3)量測數據；(4)工作註記。

每次監測報表應彙整成分析圖表，其內容應至少包含：(1)工區監測系統配置圖；(2)監測值與位置關係圖；(3)監測值與時間關係圖；(4)監測值與深度關係圖；(5)監測值與距離關係圖。

各項報表及圖表標準化可協助工程人員進行安全評估及判斷。

【解說】

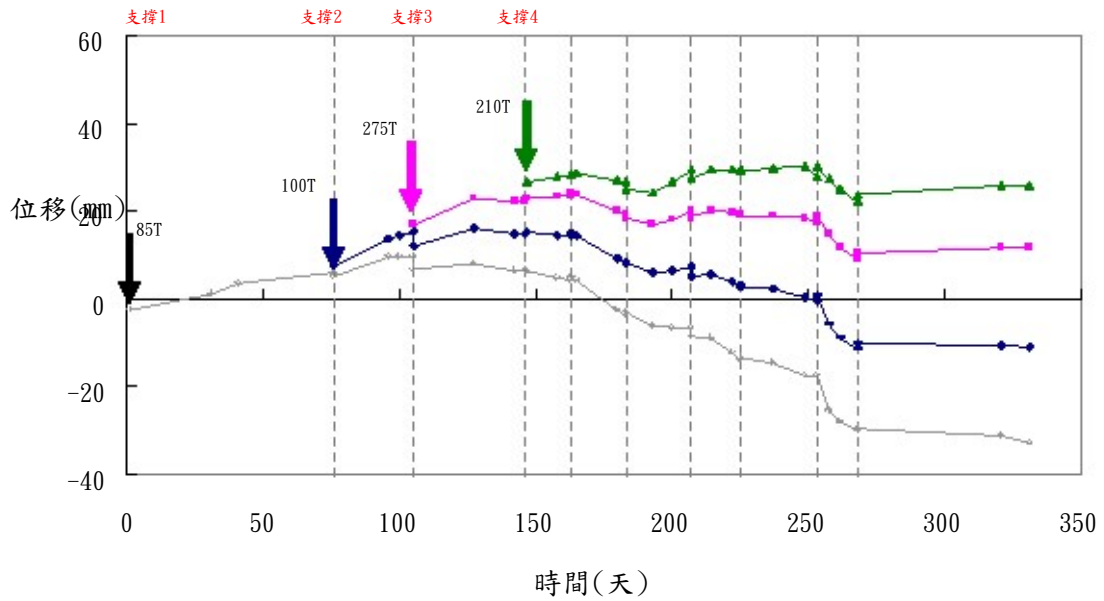
1. 量測報表格式化：各種項目之量測結果均需製作基本報表，其內容應至少包含：
 - (1)基本資料：工程名稱、量測日期與時間、天氣、氣溫、量測者、計算者、審核者。
 - (2)儀器資料：儀器編號、測讀器編號、儀器換算係數或校正係數、計算公式及說明。
 - (3)量測數據：初始值、當次量測值、計算結果。
 - (4)工作註記：工程進度、量測工作註記、儀器設備損壞維修狀況。
2. 監測資料分析圖表：綜合每一次量測報表所彙集而成之分析圖表，參考範例如圖 5-2~ 5-11 所示，應至少包含：
 - (1)監測系統配置圖，清楚標示各監測標的及儀器間之相關位置。
 - (2)監測值與位置關係圖，將關鍵性之監測值標註於監測系統配置圖上，以顯示監測控制之重點。
 - (3)監測值與時間關係圖，如圖 5-3、5-4、5-5、5-6、5-7、5-9、5-10。
 - (4)監測值與深度關係圖，如圖 5-2、5-8。
 - (5)監測值與距離關係圖，如圖 5-11。分析圖表可提供工程人員快速瀏覽，且可整體性瞭解監測之結果。



資料來源：本研究繪製

圖 5-2 傾度管側向位移—深度圖例

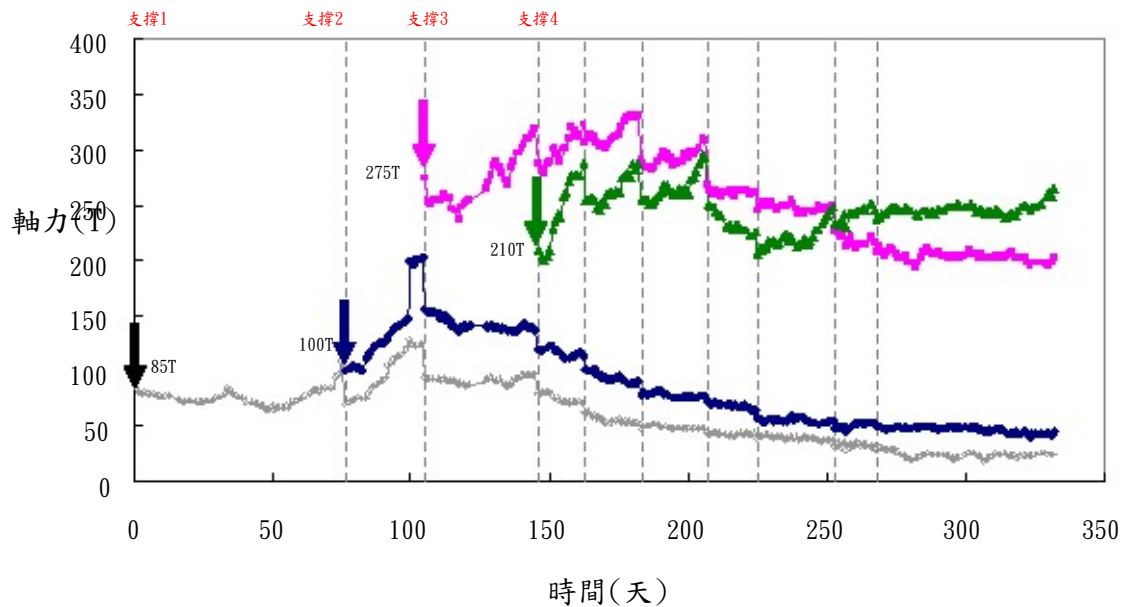
施加支撐預力時間



資料來源：本研究繪製

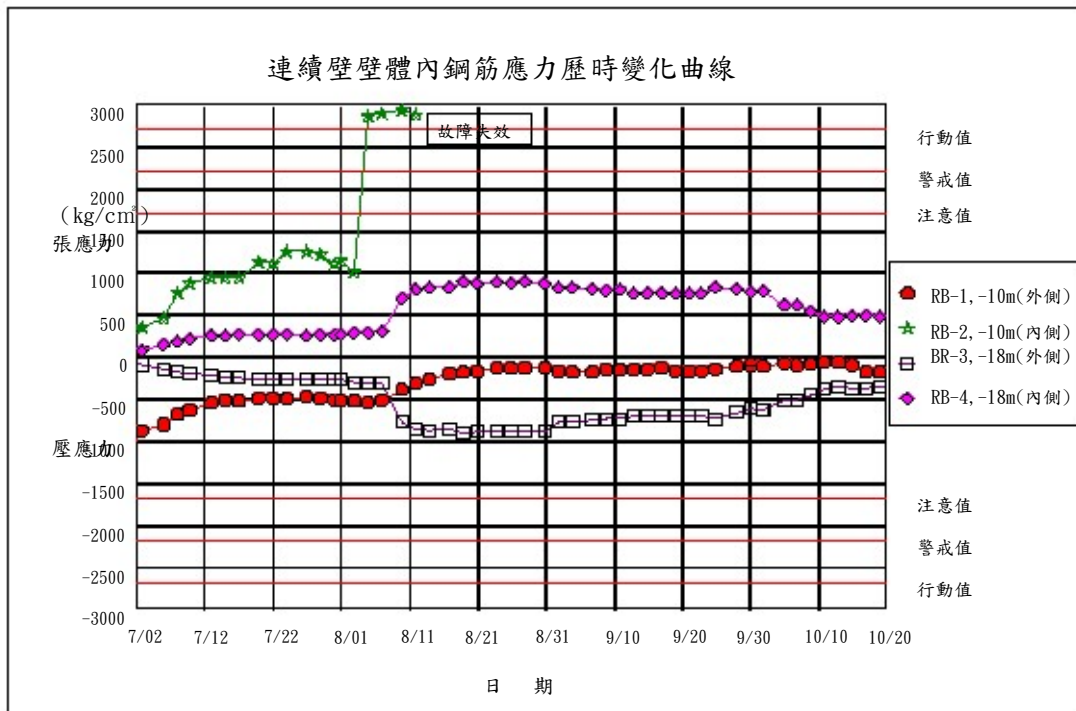
圖 5-3 支撐對應位置之傾度管側向位移歷時變化圖例

施加支撐預力時間



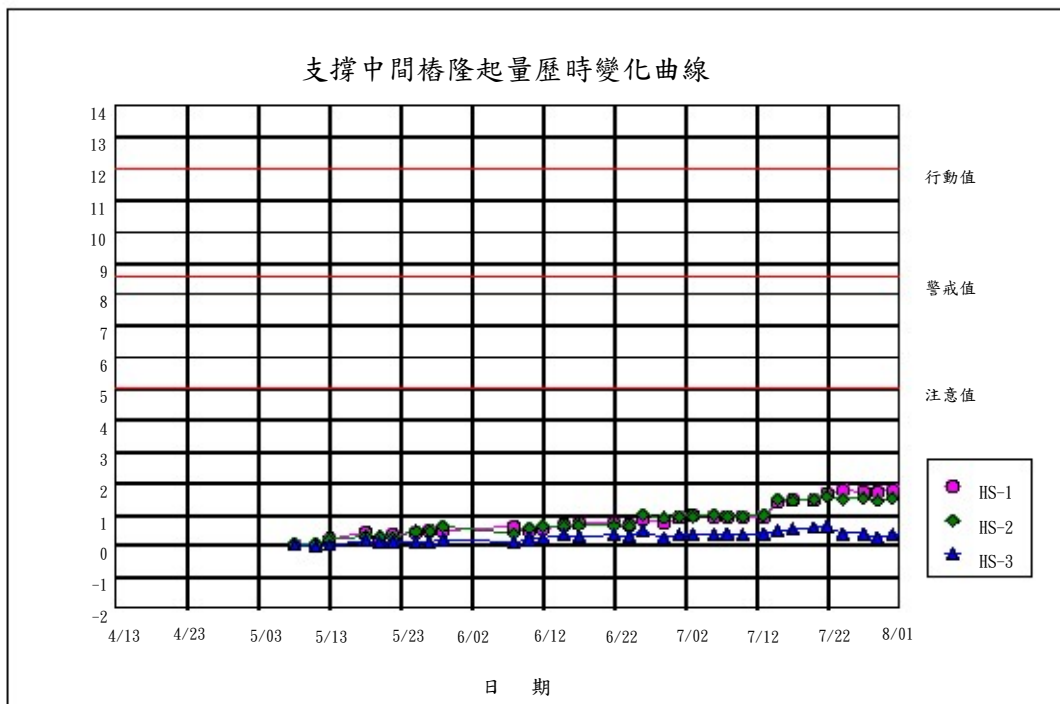
資料來源：本研究繪製

圖 5-4 支撐應變計量測所得之支撐軸力歷時變化圖例



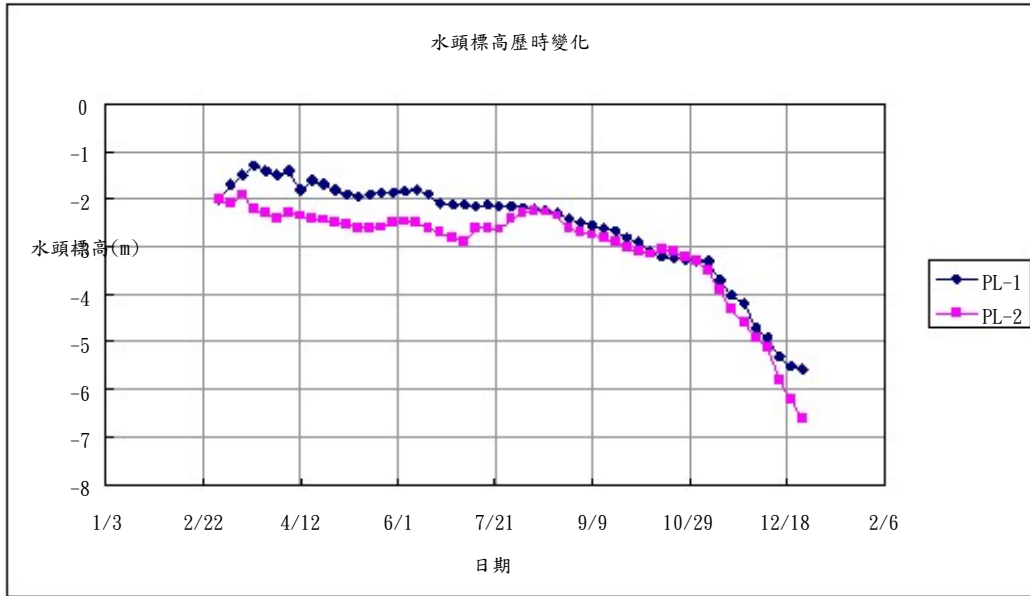
資料來源：修改自簡茂洲資料

圖 5-5 鋼筋計應力歷時變化圖例



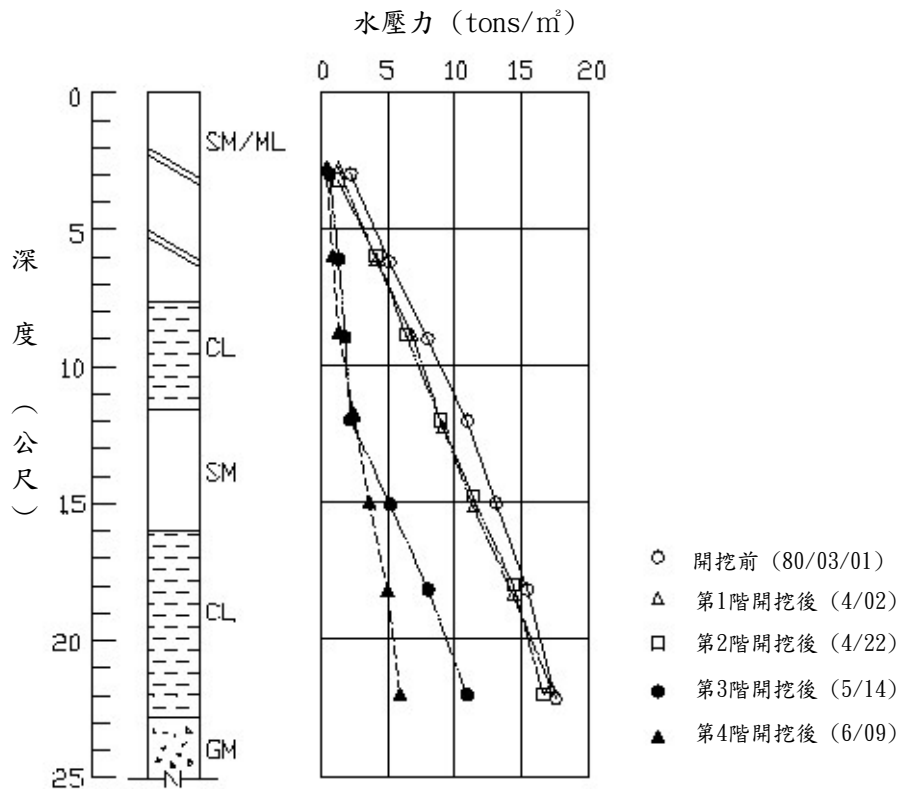
資料來源：簡茂洲提供

圖 5-6 中間柱隆起歷時變化圖例



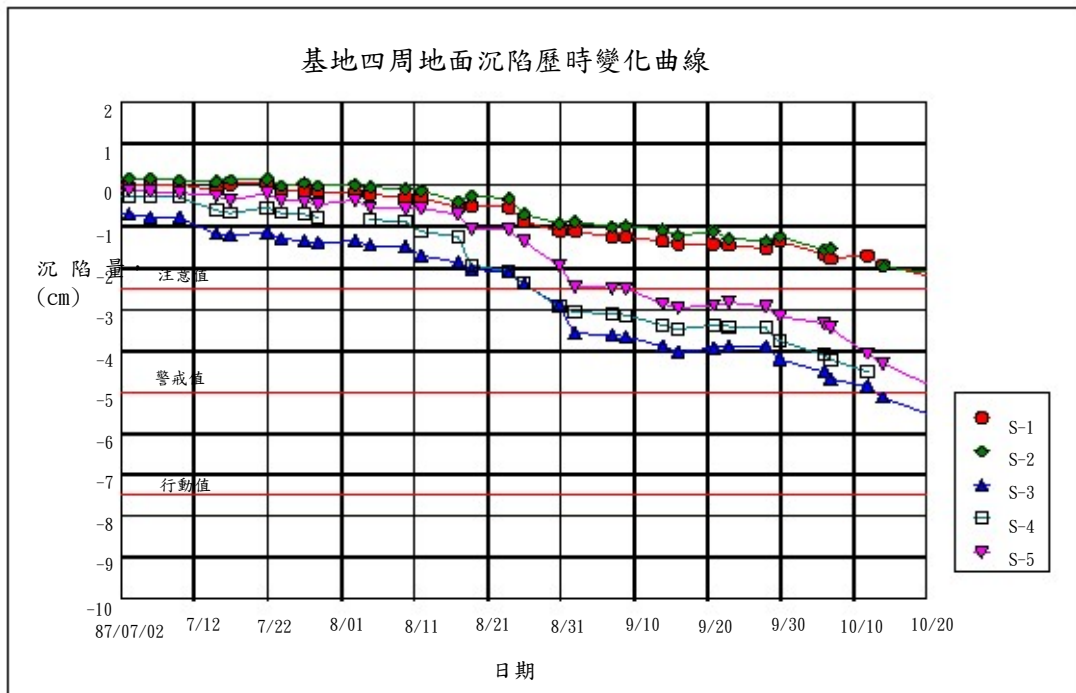
資料來源：參考歐章煜等(2003)繪製

圖 5-7 水位觀測井及水壓計水頭標高歷時變化



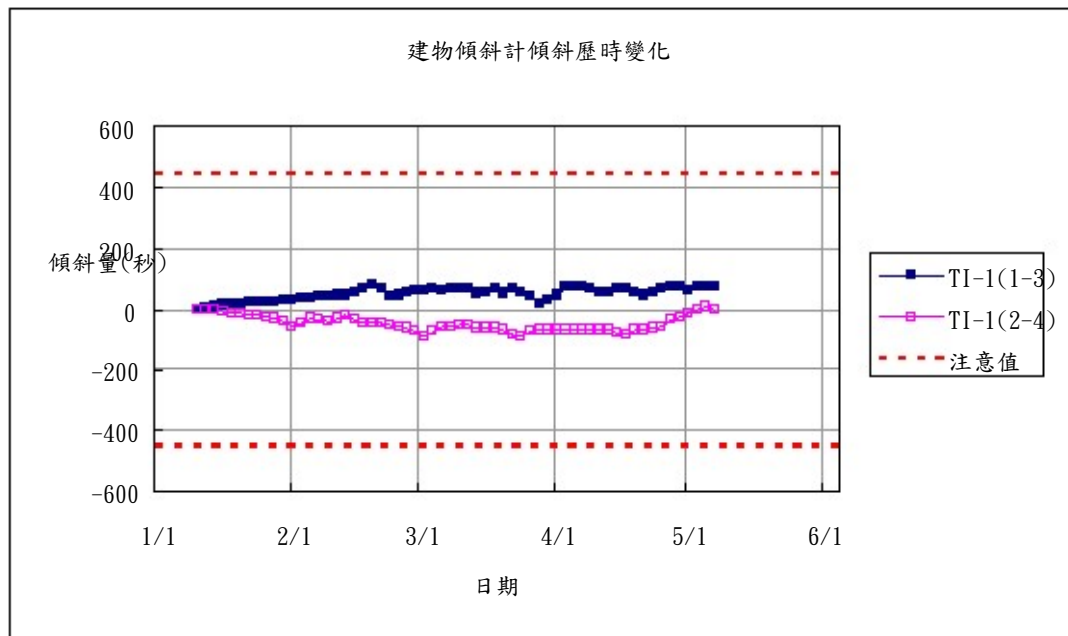
資料來源：修改自簡茂洲資料

圖 5-8 擋土牆背側地下水壓力分佈圖例



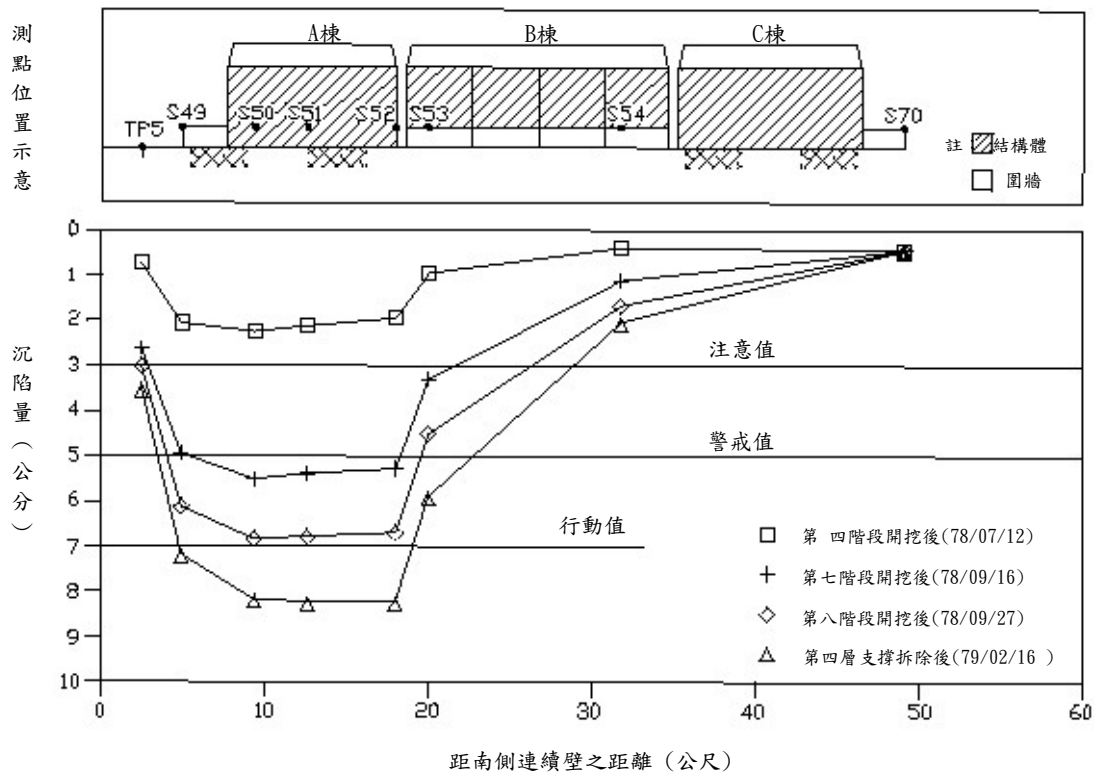
資料來源：簡茂洲提供

圖 5-9 沉陷觀測點沉陷歷時變化圖例



資料來源：參考歐章煜等(2003)繪製

圖 5-10 建物傾斜計傾斜歷時變化圖例



資料來源：簡茂洲提供

圖 5-11 地表沉陷剖面圖例

5.2.3 監測結果之分析及研判

監測資料經整理成量測報表及分析圖表後，須作進一步之分析研判，以發掘數據圖表背後所可能潛在之工程問題。

依據監測結果所整理之圖表，工程師於進行基本分析研判中，應包括有量測最大值、發生位置、與前次比較之增量變化、歷時曲線變化、異常情況、與設計值或監測管理值之比較等項目。單一監測儀器量測結果通常可大致了解該單一儀器所代表之意義，但對整體工程，則尚須彙集各種儀器監測結果、人為觀察或勘查結果、設計與施工記錄作綜合分析與研判。

【解說】

負責監測結果分析之大地工程師須在「要求時效」內完成監測數據之分析及研判，以判斷數據圖表背後是否有可能潛在之工程問題，而影響施工安全或將造成災害。通常需分析之項目可參考第二章 2.2.8

節之表 2-4，工程師需視工程之狀況選擇分析之項目。

各種監測儀器所得到的僅是單一的數據，而工程最重要的應是全面性的安全控制，資料數據上的「安全」往往不完全代表工程「全面安全」而須充分了解及掌握工程施工進度及四周環境與監測資料變化，並加以比對分析，以利管理之參考。所以一般工程利用監測資料以作為施工安全控制最有效之輔助工具，監測資料之研判除利用安全管理值作為安全程度之判斷外，尚需由大地工程師比較各項監測項目作綜合性研判以提供施工管理。一般常見到監測資料發生異常現象的情形有下列：（北市土木技師公會，2002）

1. 某些監測數據較其他監測數據特別偏高或偏低。
2. 某些監測數據之變化速率特別大。
3. 不應發生變化而發生變化之監測數據。
4. 異於以往類似工程經驗之監測數據。

如有監測異常之情況，應立即找出發生異常現象之原因（包括人為因素）研判是否影響工程安全，並擬定應變計劃加強監測，必要時採取應變措施以維護施工安全。

5.2.4 緊急應變措施之建議及處理

當監測值到達或超過監測管理基準值，或監測值發生異常且經研判有安全疑慮時，監測執行單位應立即通報承造商及監造單位，並提出緊急應變措施之建議；之後依照設計單位或監造單位或承造商之指示處理緊急狀態之監測作業。

【解說】

1. 監測管理基準值之涵義及處理對策詳如第二章 2.2.9 節之表 2-5，為緊急應變措施處理對策之準則。
2. 有關緊急應變措施之建議，應考量工程特性，就可能或容易發生之基礎工程災害類型及處理經驗研擬之，常見之應變措施，包括擋土壁、支撐系統、鄰房、道路及地下管線之可能之狀況及可行之應變措施，如表 5-1 所示，可作為參考。

表 5-1 基礎工程開挖可能狀況及常見應變措施

監測對象	狀況	常見之應變措施
	擋土壁面出現大量漏水，但不夾帶土砂	<p>(1) 由壁面缺口插入 PVC 管，將水引導至集水坑經抽水機排放入地表排水溝。PVC 管外四周須以水泥砂漿妥適止水。</p> <p>(2) 注意開挖區外水位水壓降低可能衍生之問題。</p>
擋土壁	擋土壁面出現大量漏水，並夾帶土砂	<p>(1) 灌漿止漏－由於灌漿壓力一般均不屬原設計考量，故須謹慎檢討使用。研判施工方式：a) 由開挖區內灌漿：(自壁面缺口插入灌漿管後，以布條填塞剩餘縫隙後再外覆砂包或現地土壤圍堵妥當，即可灌漿止漏。b) 由開挖區外灌漿：先以砂包或現地土壤堵漏在由擋土壁背側地表鑽孔至漏水深度灌漿止漏。</p> <p>(2) 檢修漏水處附近之管線鄰房路面。</p>
	擋土壁變位過大，致工地四周路面或鄰房開裂	<p>(1) 如於開挖階段時，暫停挖土並增加觀測頻率，以觀察變位之變化趨勢與穩定程度。</p> <p>(2) 研判發生原因後，再採取相應對策並檢討施工計劃，例如加強支撐系統、增加開挖支承階數、或地盤改良等。</p> <p>(3) 檢修管線及鄰房路面受損部分。</p> <p>(4) 合併檢討擋土壁及支撐系統之應力狀態。</p>

監測對象	狀況	常見之應變措施
	擋土壁應力過大	<p>(1) 如於開挖階段時將暫停挖土並增加觀測頻率，以觀察應力變化之穩定程度。</p> <p>(2) 研判發生原因後，再採取相應對策並檢討施工計劃，例如加強支撐系統、增加開挖支撐階數、或地盤改良等。</p> <p>(3) 檢修管線及鄰房路面受損部分。</p> <p>(4) 檢討擋土壁及支撐系統之變位狀態。</p>
	開挖底部砂湧或隆起破壞	<p>(1) 人員緊急疏散，並做人員交通管制，劃定危險區。</p> <p>(2) 開挖區緊急回填土砂或灌水。</p>
支撐系統	支撐荷重過大	<p>(1) 減少水平支撐之有效無支撐長度，以提高容許荷重。</p> <p>(2) 增加支撐荷重觀測頻率。</p> <p>(3) 如荷重持續增加至有安全顧慮時，可增加水平支撐數量以分攤荷重。</p> <p>(4) 降低開挖區外地表臨時加載，或局部回填土方。</p>
	支撐中間柱上浮或下沉量過大	<p>(1) 如於開挖階段時，暫停挖土並增加測量頻率。</p> <p>(2) 基地邊緣土台緊急回填。</p> <p>(3) 研判發生原因後，再採取相應對策並檢討施工計劃。</p>
	型鋼明顯變形且有安全顧慮	<p>(1) 水平支撐與中間柱之變形，可增加小斜撐局部補強，橫擋則以鋼板補強加勁。</p>

監測對象	狀況	常見之應變措施
	針對水平滑移，支撐反力變小	(1) 化學灌漿及植筋錨固橫擋於擋土壁上。
	中間柱打設貫穿不透水層形成地下水流路而滲水	(1) 緊急回填砂包或實施止水灌漿，防止砂湧。
鄰房	鄰房沉陷或傾斜太大	<p>(1) 增加觀測頻率，以了解其變化速率。</p> <p>(2) 如於開挖階段，暫停挖土或局部回填。</p> <p>(3) 如於支撐架設階段，儘速完成支撐壓工作。</p> <p>(4) 直接測量鄰房傾斜程度，比對原有狀態。</p> <p>(5) 進行地盤灌漿改良工作。</p> <p>(6) 研判發生原因後，再採取相應對策並檢討施工計劃。</p>
	鄰房之非主要結構開裂	<p>(1) 修補裂縫。</p> <p>(2) 研判發生原因後，再採取相應對策並檢討施工計劃。</p>
	鄰房之主要結構開裂	<p>(1) 研判發生原因後，再採取相應對策並檢討施工計劃。</p> <p>(2) 進行安全鑑定並據以修繕。</p>

監測對象	狀況	常見之應變措施
道路	路面沉陷量過大	(1) 研判發生原因後，再採取相應對策。 (2) 增加路面沉陷觀測頻率。 (3) 檢修地下管線。
	路面開裂	(1) 實施張力裂縫之防水性填補，以阻止額外水壓力之產生。 (2) 如多條裂縫成環形或弧形分佈時，研判發生原因後，再採取相應對策。 (3) 檢修地下管線。
地下管線	自來水管開裂漏水	(1) 局部開挖，裸露管線並採外包方式減低漏水量。 (2) 加強臨時支撐。 (3) 儘速聯絡權責單位，到場搶修。
	公共排水溝開裂漏水	(1) 以水泥砂漿臨時填補，俟工程完成後再全面修繕。 (2) 水路改道，設置臨時排水設施。

資料來源：修改自歐章煜等(2003)

5.2.5 監測報告之製作及提送

監測作業之執行結果應依契約之規定，製成監測報告，以利監測作業之管理、追蹤及回饋分析；監測報告一般分為日報告、月報告、階段報告及總結報告。各式監測報告均應於時效內完成並提送報告。

【解說】

1. 日報告：以提送當日監測資料為主，其主要紀錄如下：

- (1)量測日期。
- (2)天候。
- (3)工地施工情況。
- (4)各項觀測結果。
- (5)初步分析及結論。
- (6)異常項目之記載。

其參考範例如表 5-2 (北市土木技師公會，2002)。

所謂作業時效概指量測記錄處理及報告提送之最短期限，一般之規定如下：

量測紀錄處理及初步研判：量測當天完成。

量測報告提送至工地主辦工程師：量測完成後第二天。

量測報告提送至監造單位：量測完成後第二天。

量測報告提送至業主：量測完成後第三天。

如遇緊急情況時，量測完成後須立即提送量測報告。

2. 月報告：以提送當月監測資料彙整之結果為主，以作為工地狀況處理追蹤之紀錄，其主要內容包括：(北市土木技師公會，2002)

- (1)監測期間。
- (2)工程施工進度。
- (3)安全監測項目及管理值。
- (4)各項監測結果彙整之圖表。
- (5)各項觀測結果分析及安全研判。

(6) 工地異常及特殊狀況處理之記載。

月報告提送之期限，一般定為二星期。

3. 階段報告：若有需要可由契約規定繳交階段性報告，綜合階段性之監測結果與評估，預估下階段施工可能發生之狀況，作為修正後

續施工方法之參考與依據，其主要內容如下：

(1) 監測期間。

(2) 工程施工進度。

(3) 安全監測項目及管理值。

(4) 各項監測結果彙整之圖表。

(5) 各項觀測結果分析及安全研判。

(6) 工地異常及特殊狀況處理之記載。

(7) 結論及建議。

階段報告提送之期限，一般定為一個月，或依契約規定。

4. 總結報告：為監測工作全部完成後之總報告，為工程施工安全監控之總結紀錄，以作為往後類似工程施工之參考及回饋設計之用，

其主要內容如下：(北市土木技師公會，2002)

(1) 監測工作之緣由及背景簡述。

(2) 工程概況。

(3) 基地地質描述。

(4) 工地四周環境狀況。

(5) 安全監測項目及監測儀器配置。

(6) 監測儀器規格檢驗及安裝紀錄。

(7) 監測頻率及安全監測管理基準值。

(8) 各項監測結果彙整之圖表。

(9) 各項觀測結果分析及安全研判。

(10) 工地異常及特殊狀況處理之記載。

(11) 結論及建議。

總結報告提送之期限，一般定為二至三個月，或依契約規定。

表 5-2 觀測日報表參考範例(北市土木技師公會, 2002)

觀 測 工 作 日 報 表			
日期：	天氣：	氣溫： ℃	
施工概況：			
今日觀測項目	最大觀測結果(發生位置)	今日觀測項目	最大觀測結果(發生位置)
<input type="checkbox"/> 傾度管	位移量 mm()	<input type="checkbox"/> 水位觀測井	高程 m()
<input type="checkbox"/> 結構物沉陷點	沉陷量 mm()	<input type="checkbox"/> 水壓計	水壓力 t/m ² ()
<input type="checkbox"/> 地表沉陷點	沉陷量 mm()	<input type="checkbox"/> 鋼筋計	張應力 kg/m ² ()
<input type="checkbox"/> 沉陷計	沉陷量 mm()		壓應力 kg/m ² ()
<input type="checkbox"/> 裂縫計	裂縫值 mm()	<input type="checkbox"/> 地錨荷重計	地錨荷重 tons()
<input type="checkbox"/> 支撐應變計	支撐軸力 tons()	<input type="checkbox"/> 中間柱隆起	隆起量 mm()
<input type="checkbox"/> 結構物傾斜計	傾斜量 度 分 秒		RAD
<input type="checkbox"/>	()	<input type="checkbox"/>	()
<input type="checkbox"/>	()	<input type="checkbox"/>	()
初步分析結果：			
異常情況記載：			
		工程名稱：	
		檢核者：	複核者：

5.3 監測作業之管理

監測作業為整體性之系統作業，需整體性之管理方能發揮其功效，其管理之系統應包括三個階層：

1. 監造單位對監測作業之管理。
2. 工程承造商對監測作業之管理。
3. 監測單位對監測作業之管理。

各階層各司管理的重點（詳如解說），皆需依作業流程對監測作業善盡管理之責。

【解說】

1. 監造單位對監測作業之管理

監造單位應熟悉監測作業流程，其管理之重點包括：

- (1) 監測專業廠商資格之審查。
- (2) 對工程承造商監測管理人員資格之審查。
- (3) 監測系統施工計畫書之審查。
- (4) 會同監測儀器之校正及檢驗。
- (5) 監測儀器安裝結果之驗收。
- (6) 各項監測儀器初始監測值之審核。
- (7) 現場監測作業之抽查。
- (8) 各式監測報告時效掌控之管理。
- (9) 及時向設計單位提報監測值異常之狀況及承造商之建議，並請設計單位求提出應變措施之建議。
- (10) 要求並追蹤承造商對監測值異常及工地緊急狀況之處理。
- (11) 定期召開工地施工安全檢討會議。

2. 工程承造商對監測作業之管理

工程承造商需設置專職的大地工程師對監測作業進行管理，其管理重點包括：

- (1) 監測專業廠商資格之審查。

- (2) 監測系統施工計畫書之審查。
- (3) 會同監測儀器之校正及檢驗。
- (4) 監測儀器安裝結果之驗收。
- (5) 各項監測儀器初始監測值之審核。
- (6) 監督各項監測作業之執行。
- (7) 各式監測報告時效掌控之管理。
- (8) 對各項監測紀錄進行分析及安全研判。
- (9) 及時向監造單位提報監測值異常之狀況及工地緊急應變措施之建議。
- (10) 執行設計單位及監造單位對監測值異常之狀況及工地緊急應變措施之對策。
- (11) 要求並追蹤監測單位執行工地緊急狀態之監測作業。
- (12) 定期召開工地施工安全檢討會議。

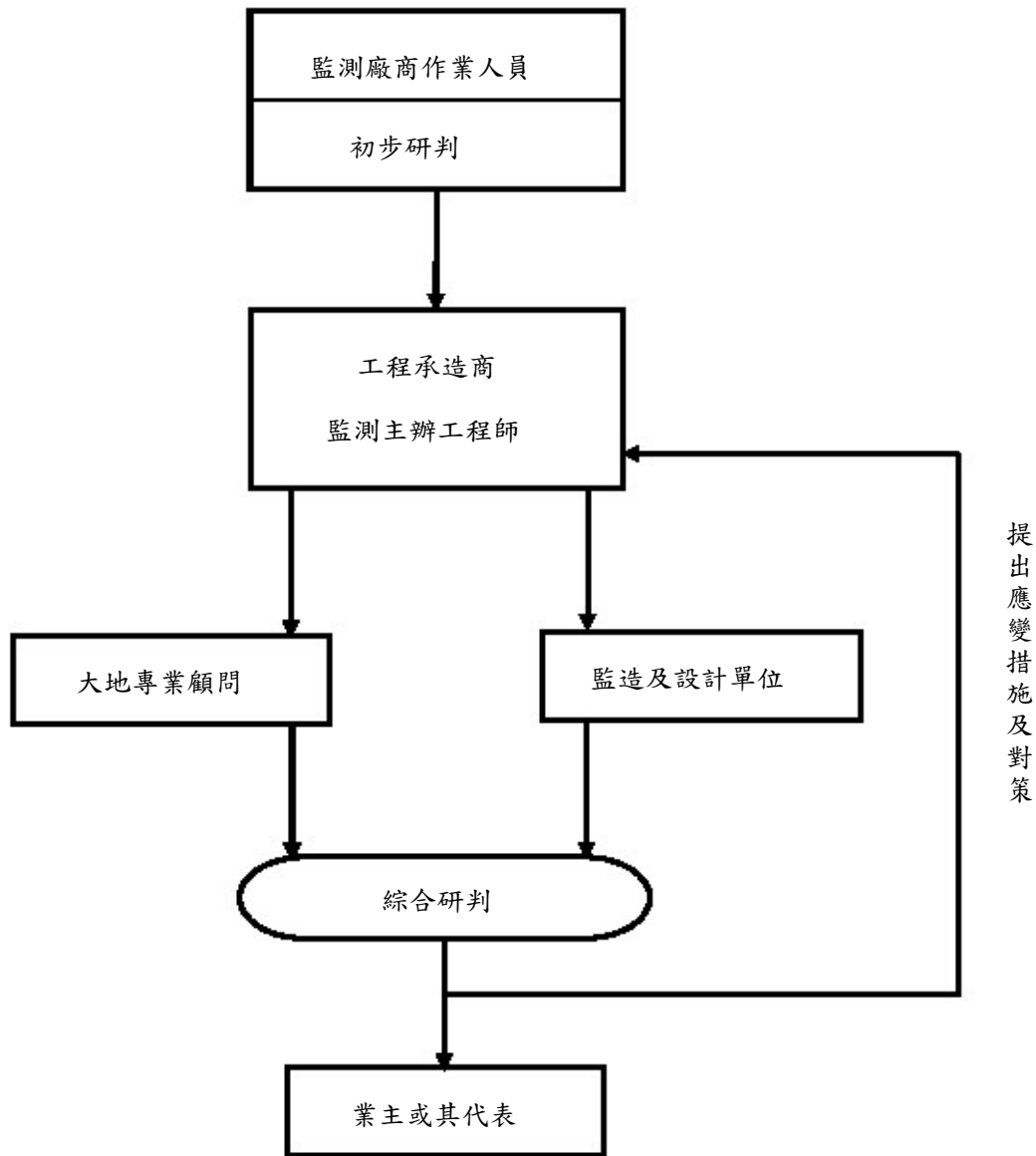
3. 監測單位對監測作業之管理

監測專業廠商需設置專職的大地工程師對監測作業進行管理，其管理重點包括：

- (1) 查核監測作業分組是否符合工程需求。
- (2) 查核監測作業人員資格是否符合規定。
- (3) 擬定監測系統施工計畫書並簽署負責，如經審查有意見，需負責修改計畫書。
- (4) 負責監測儀器之校正及檢驗。
- (5) 督導各項監測儀器之安裝，各項監測儀器安裝之自主檢查表之參考表格如附錄 A。
- (6) 查核各項監測儀器初始監測值測定之準確性。
- (7) 督導各項監測作業是否按已核准之計畫書執行。
- (8) 對各項監測紀錄進行分析及安全研判。
- (9) 依規定之時效提送各式監測報告，並簽署負責。
- (10) 及時向工程承造商及監造單位提報監測值異常之狀況及工地緊急應變措施之建議。
- (11) 執行設計單位、監造單位及承造商對工地緊急狀況應變措施所

擬訂之應變監測作業。

4. 監測系統計畫書審查及儀器裝設流程如圖 4-1，施工中監測資料提報及管理流程如圖 5-12，為一般常用之管理流程。



資料來源：(北市土木技師公會，2002)

圖 5-12 施工中監測系統資料提報及管理流程圖

附錄 A

監測儀器裝設自主檢查表

資料來源：工程會「基礎工程監控系統之建立與施工查核手冊」（2005）

第六章 監測系統規劃案例

本章節擬定二個施工案例，依案例之特性說明監測系統規劃與配置情形，並訂定監測頻率及管理值以供參考。

6.1 監測系統規劃案例一

6.1.1 工程概況

本基地長寬約 50m×30m，略呈不規則形狀，擬興建地下三層；地下室開挖 11.95m 深，採用 23.0m 深、60cm 厚連續壁及三層 H 型鋼內撐系統做為深開挖擋土安全措施。基地南側臨道路，東側鄰 1~2 層之建物，北側及西南側鄰地上 11、12 層 / 地下二層之建物，西側鄰 5~6 層建物。鄰房概況及監測系統(一)如圖 6-1，開挖及支撐剖面示意圖如圖 6-2，開挖安全監測系統(二)平面配置如圖 6-3 所示。

6.1.2 地質概況

依據地質調查分析結果，基地土層於鑽探深度內(40m)大致可分為六個層次，各層次之地層描述及工程性質參數表如表 6-1；依據地質鑽探調查成果報告之水位觀測結果，本工址之地下水位約位於地表面下 1.2m~ 2.0m。

表 6-1 案例一簡化土層與工程性質參數表

土層深度 土壤種類	r_t (t/m ³)	\bar{N}	c' 2(t/m)	$S_u \varphi'$ (t/m ²) (°)
層次(m)	17.7	4	---	28
I 回填土層 (SF) 0.00~1.30	17.6	4	3---	28
II 棕黃色夾灰色粉質黏土 (CL) 1.30~9.60 灰色粉質細砂、粉土互層，間	17.4	7	-	--
III 9.60~19.90 夾粉質黏土 (SM/ML) 灰色粉質黏土，間夾粉質細砂	18.0	12	6	--
IV 19.90~23.70 (CL) 灰色粉質細砂、粉土互層，間	18.1	14	-	--
V 23.70~35.00 夾粉質黏土 (SM/ML)	19.3	33	-	--
VI 灰色粉土質中細砂 (SM) 35.00~40.00				

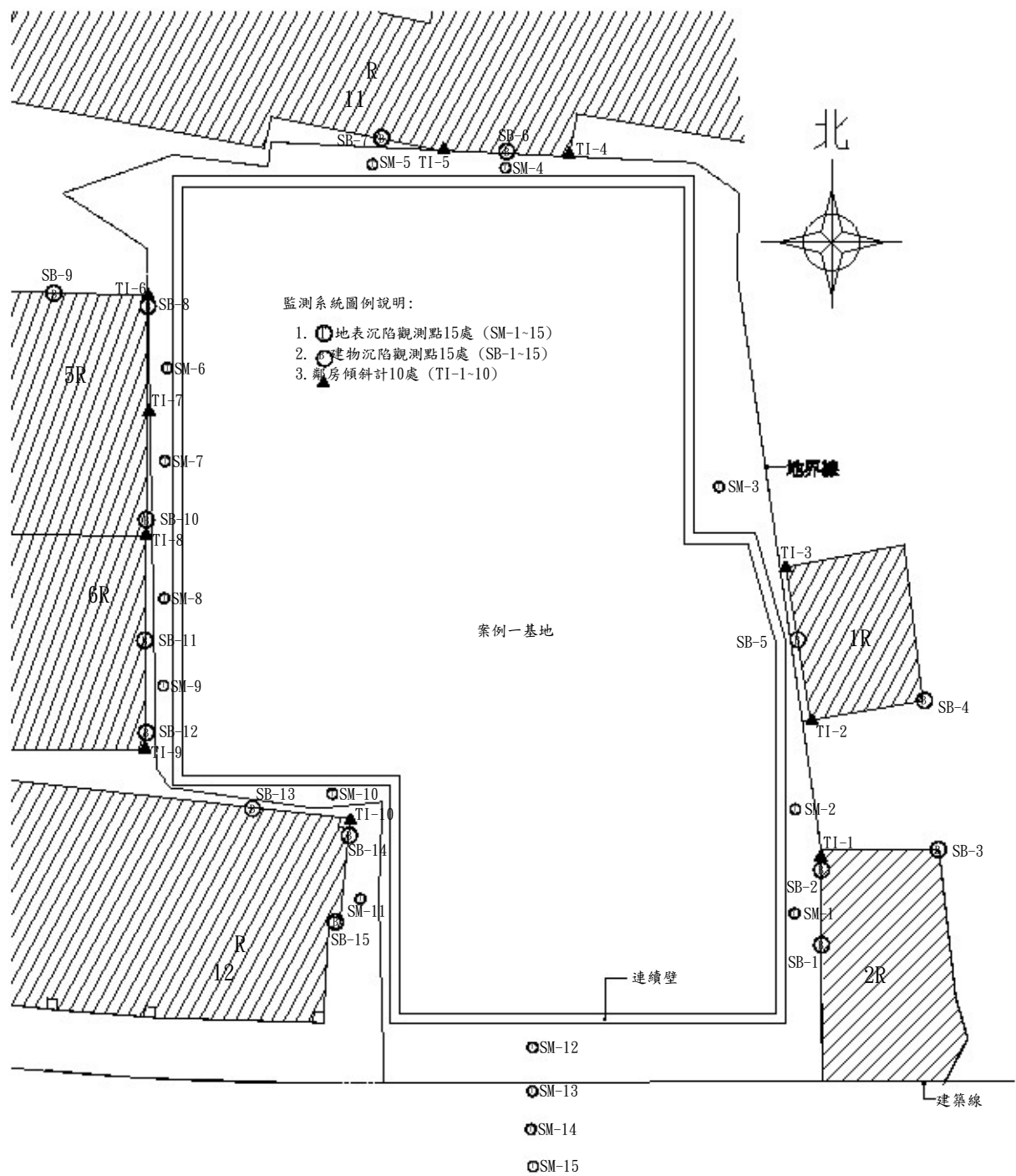


圖 6-1 鄰房概況及監測系統 (一)

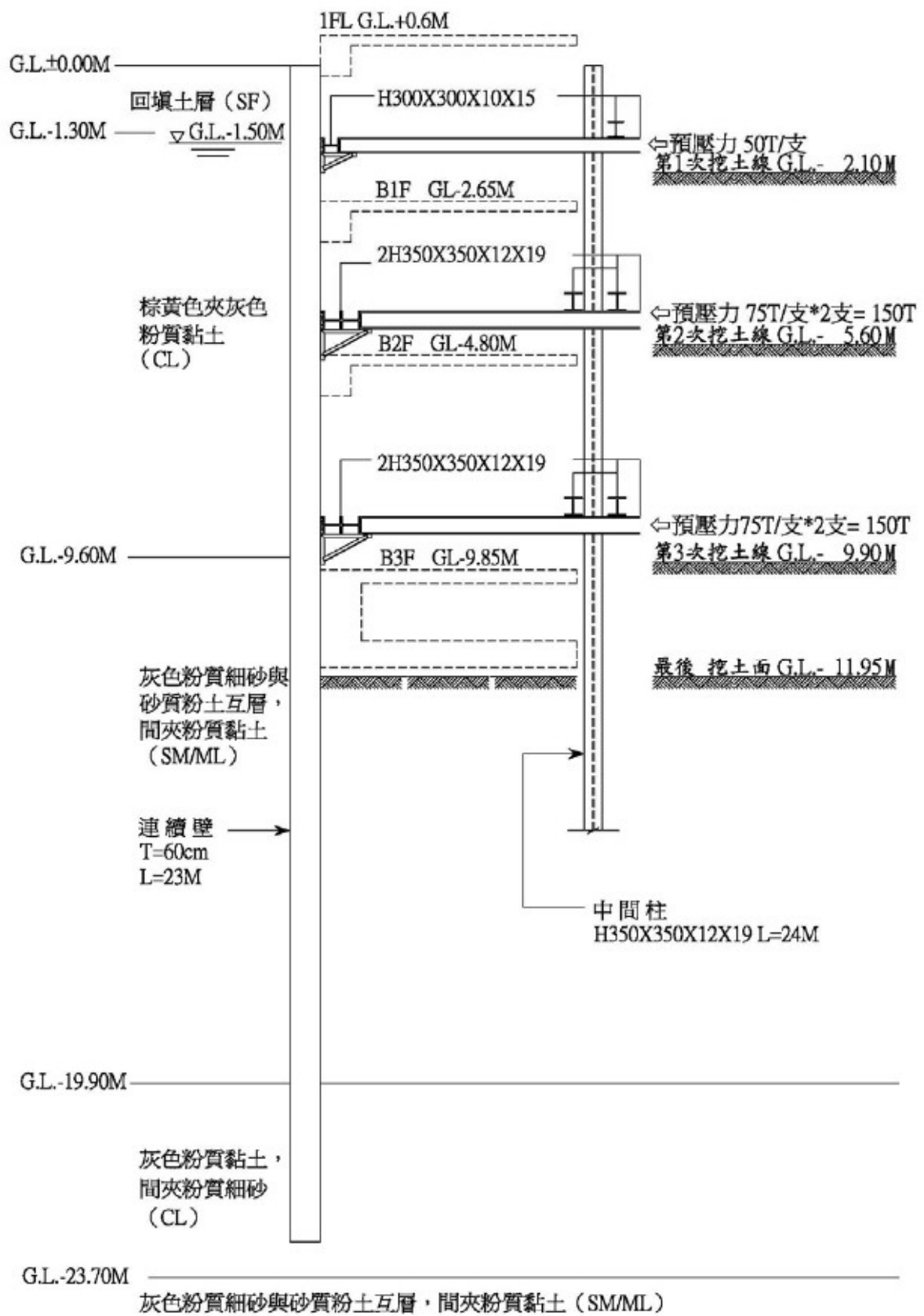


圖 6-2 開挖及支撐剖面示意圖

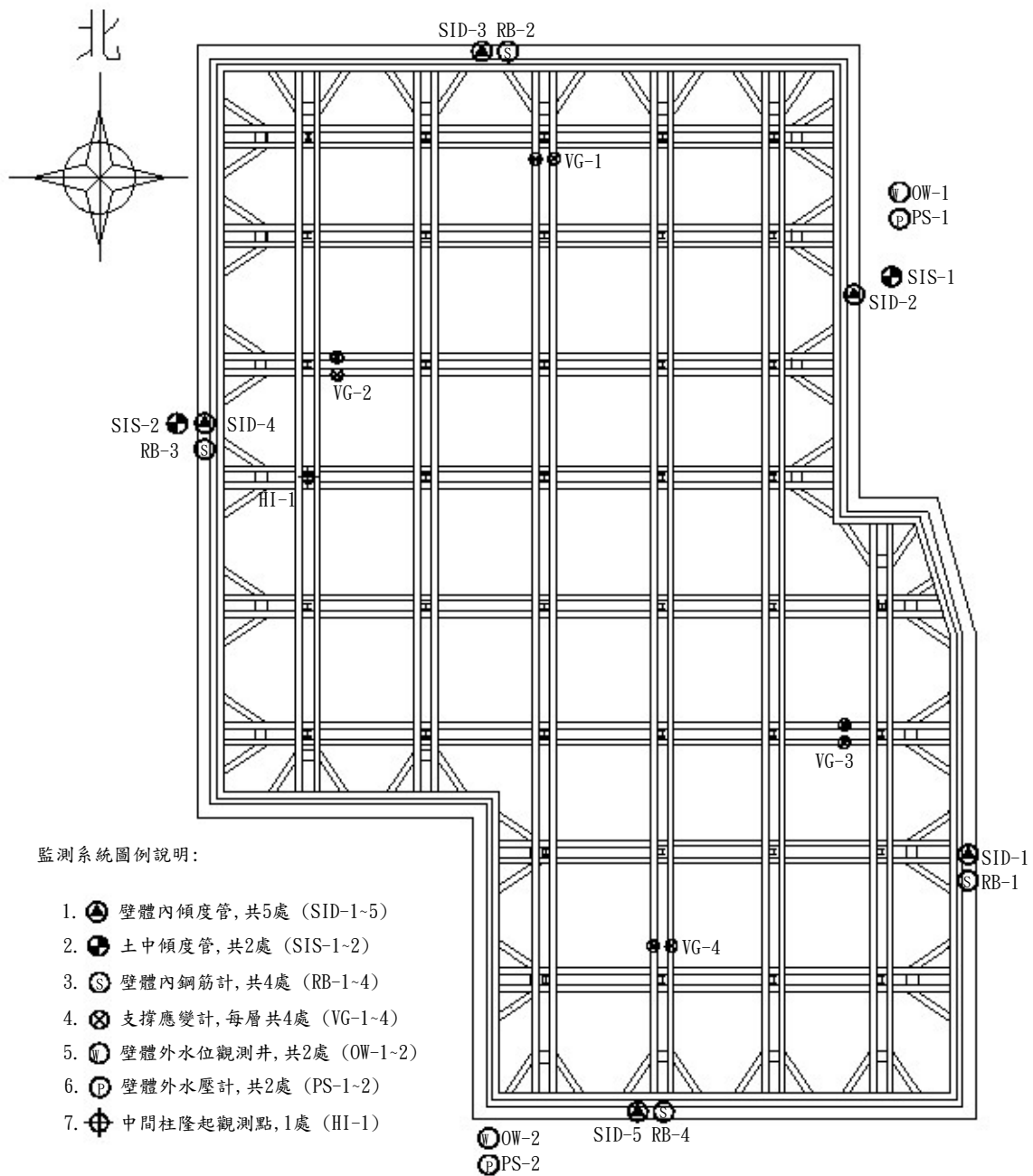


圖 6-3 開挖安全監測系統(二)平面配置

6.1.3 深開挖工程問題

1. 依本基地地質鑽探期間之水位量測結果顯示，基地地下水位約在地表下 1.2~2.0 公尺；而依基地附近之水位調查資料，地下水位約在地表下 6 公尺左右。依「建築技術規則建築物基礎構造設計規範」之規定檢核，考量基地地下水位位於地表下 2m 之狀況下，其上舉安全係數為 1.0，小於規範規定值 1.20；如考量基地地下水位位於地表下 6m 之狀況下，其上舉安全係數為 1.23，大於規範規定值 1.20，則無上舉力過大之問題；因此開挖前需確認地下水位及第 V 層之水壓狀況，以確保上舉問題不會影響開挖安全。
2. 基地除南側臨馬路外，其它三側皆緊鄰建物，因此需加以注意，監測鄰近建物之安全是否受開挖施工之影響。

6.1.4 監測系統規劃說明

1. 監測儀器之配置如圖 6-1、圖 6-3 及表 6-2，配置原則如下：

- (1) 建物沉陷觀測點：建物沉陷觀測點需於工地施工前設置完成，需儘量能反應建築物不同軸向之差異沉陷狀況。本案例於緊鄰基地之建物柱位佈設二個以上之建物沉陷點。
- (2) 鄰房傾斜計：於施工前即全部設置完成，需能反應出建築物不同軸向之傾斜變化狀況。本案例於緊鄰基地之建物柱位上各佈設 1~2 個鄰房傾斜計，並儘可能佈設於建物角隅上。
- (3) 傾度管：壁體內傾度管裝設於連續壁可能發生較大變形之位置，約於各開挖區邊長中點附近，其中 SID-5 為避開出入口構台，故些微西移。土中傾度管 SIS-1 及 SIS-2 裝設於連續壁背側土層中，深度 30m，約開挖深度之 2.5 倍，由於 23.7m~30m 間為粉土質細砂與砂質粉土層，土

中傾度管貫入該層 6.3m 且貫入壁體底部下約 7m，傾度管底部可視為達不動點之行為，以監測連續壁底部土層有無內擠現象，以確認土層之穩定性。

- (4) 鋼筋計：為充分瞭解連續壁鋼筋應力於開挖期間所發生之變化，規劃於工地四周可能發生較大變形之位置，以表 6-2 所列多處不同深度上裝設鋼筋計，以進行觀測。本案例鋼筋計配設於壁體內傾度管旁，每處鋼筋計各三組（內外成對為一組），依分析資料顯示，最大負彎矩約位於地表下 5.6m 處附近，最大正彎矩則位於地表下 11.9m 處附近，為考量最大正、負彎矩之因素，故鋼筋應力計之佈設深度分別為 5.6m、9.9m 及 11.9m，共計 12 組。
- (5) 支撐應變計：平均佈設於接近跨度中央附近之支撐上，配合其他支撐荷重計之佈置，全面監測各層支撐軸力之變化。
- (6) 中間柱隆起觀測點：佈設於鄰近鄰房超載較大之中間柱上，選取接近西側中央跨度附近之中間柱裝設。
- (7) 水壓計：分佈於工地東北側及西南側空地，深度設於地表下 25m 處，以監測連續壁底部第 IV 層頂部之水壓狀態，以確認基地開挖時上舉問題不影響開挖安全及了解基地內開挖抽水對第 IV 水壓之影響。
- (8) 水位觀測井：分佈於工地東北側及西南側空地，深度 12m，以觀察開挖時對基地外淺層地下水位之影響。

表 6-2 案例一 監測系統儀器裝設位置及數量

監測項目	監測儀器	儀器編號	裝設說明
連續壁側向位移	傾度管	SID-1~SID-5	裝設於連續壁內，位置如圖 6-3，共 5 處。 裝設深度與連續壁同深，每處 23 公尺深。
		SIS-1~SIS-2	裝設於連續壁背側土層中，位置如圖 6-3，共 2 處，每處 30 公尺深。 共 4 處，位置如圖 6-3。每處於 GL-8m，
連續壁鋼筋應力	鋼筋計	RB-1~RB-4	-12m，-16m 之連續壁內、外側主筋上各裝設 1 支鋼筋計，共 24 支。 共 4 處，位置如圖 6-3。第一支撐每處 2 組，
支撐軸力	支撐應變計	VG-1~VG-4	第二、三層支撐每處 4 組，共 38 組。 共 1 處，位置如圖 6-3。 設置於中間柱頂端。
中間柱隆起量	中間柱隆起觀測點	HI-1	共 2 處，位置如圖 6-3。 每處裝設深度至地面下 12 公尺。
地下水位	水位觀測井	OW-1~OW-2	共 2 處，位置如圖 6-3。 每處裝設深度至地面下 25 公尺。
水壓力	開口式水壓計	PS-1~PS-2	至少 15 處，位置如圖 6-3。 分佈於工地四周地表，測量基準點須設於工地影響範圍以外之位置。
工地四周地表沉陷	地表沉陷觀測點	SM-1~SM-15	至少 15 處，位置如圖 6-1。 分佈於工地四周鄰房，測量基準點同上。 共 10 處，位置如圖 6-1。
工地四周建物沉陷	建物沉陷觀測點	SB-1~SB-15	每處均需施作雙軸觀測。
鄰房傾斜	建物傾斜計	T1~T10	

2. 監測頻率：

本工程監測項目採用一般性人工量測，各監測項目之監測頻率如表 6-3。

表 6-3 案例一 監測頻率表

監測項目	監測頻率
支撐軸力	每逢基地挖土前後，支撐施加預力及拆除前後： 開挖階段每週至少二次，平時每週一次。
連續壁鋼筋應力	
連續壁側移及變形	每逢基地挖土前後，支撐施加預力及拆除前後： 開挖階段每週至少二次，平時每週一次。
基地外之地下水位	開挖階段每週二次，平時每週一次。
基地外之地下水壓	開挖階段每週二次，平時每週一次。
中間柱隆起量	開挖階段每週二次，平時每週一次。
地面及建築物沉陷量	開挖階段每週二次，平時每週一次。
鄰房傾斜量	開挖階段每週二次，平時每週一次。

註：(1)必要時得隨時監測或視控制安全之需調整監測頻率。
(2)監測值如有異常變化時，需隨時觀測。

3. 監測系統管理基準值：

本案例管理基準值參考表 2-6 建議之訂定方式及採用一般性之管理基準值二者混用方式訂定，如表 6-4；其中連續壁側向位移及支撐軸力之「警戒值」為分析值，「注意值」為 0.8 倍設計值，行「動值」為 1.25 倍設計值。為確認上舉問題，對於地面下 25m 處之

深層水壓力需訂定管理值，上舉安全因素 1.2 時為為「警戒值」之控制水壓力，安全因素 1.25 時為「注意值」安全因素降至 1.05，時之水壓力為「行動值」。

表 6-4 案例一 監測系統安全管理值

監測項目		注意值	警戒值	行動值
連續壁側向位移	第一層開挖後	0.24cm	0.30cm	0.37cm
	第二層開挖後	0.56cm	0.70cm	0.87cm
	第三層開挖後	1.92cm	2.40cm	3.00cm
	第四層開挖後	3.04cm	3.80cm	4.75cm
支撐中間樁隆起		6.0cm	7.5cm	9.4cm
支撐軸力	第一層	49 噸/支	61 噸/支	76 噸/支
	第二層	208 噸/支	261 噸/支	326 噸/支
	第三層	203 噸/支	254 噸/支	317 噸/支
連續壁鋼筋應力		1680kg/cm ²	2100kg/cm ²	2520kg/cm ²
基地外地下水位 (與初值相比)		±1m	±2m	±3m
GL-25m 處之水壓力		17.7t/m ²	19.4 t/m ²	21.0 t/m ²
工地四周地表沉陷量		2.4cm	3.0cm	5.0cm
工地四周建物沉陷量		2.0cm	2.5cm	3.5cm
鄰房傾斜量		04' 35" (1/750)	06' 52" (1/500)	11' 28" (1/300)

6.2 監測系統規劃案例二(北市土木技師工會, 2002)

6.2.1 工程概況

本基地面積 2710m^2 ，長約 90m ，寬約 30m ，擬興建地下五層；地下室開挖 22.6m 深，採用 37.0m 深、 100cm 厚連續壁及七層 H 型鋼內撐系統做為深開挖擋土安全措施。基地東側及西側鄰巷道，北側緊鄰 2 層及 7 層鄰房，南側為大馬路。鄰房概況及監測系統(一)如圖 6-4，開挖及支撐剖面示意圖如圖 6-5，開挖安全監測系統(二)平面配置如圖 6-6 所示。

6.2.2 地質概況

本基地土層狀況相當複雜，依據地質調查分析結果，基地 58m 以內土層大致可分為九個層次，各層次之工程性質參數表如表 6-5，常態地下水位約在地表下 2.5m 處。

表 6-5 案例二簡化土層與工程性質參數表

土壤種類	深度 (m)	r_t (t/m^3)	\bar{N}	S_u (t/m^2)	c' (t/m^2)	φ' ($^\circ$)
粉質細砂(I)	0.0~6.0	1.88	7	--	--	30.0
粉質細砂(II)	6.0~12.0	1.94	11	--	--	31.0
粉質細砂(III)	12.0~24.0	1.94	13	--	--	33.0
粉質粘土(I)	24.0~30.0	1.96	10	6.0	--	--
粉質砂與 粉土互層	30.0~34.0	1.95	26	--	--	34.0
砂質粉土與 粉質粘土互層	34.0~38.0	1.94	12	7.2	--	--
粉質砂與 砂質粉土互層	38.0~48.0	1.96	25	--	--	35.0
砂質粉土與 粉質粘土互層	48.0~52.0	1.97	20	12.0	--	--
粉質細砂(IV)	52.0~58.0	1.98	40	--	--	36.0

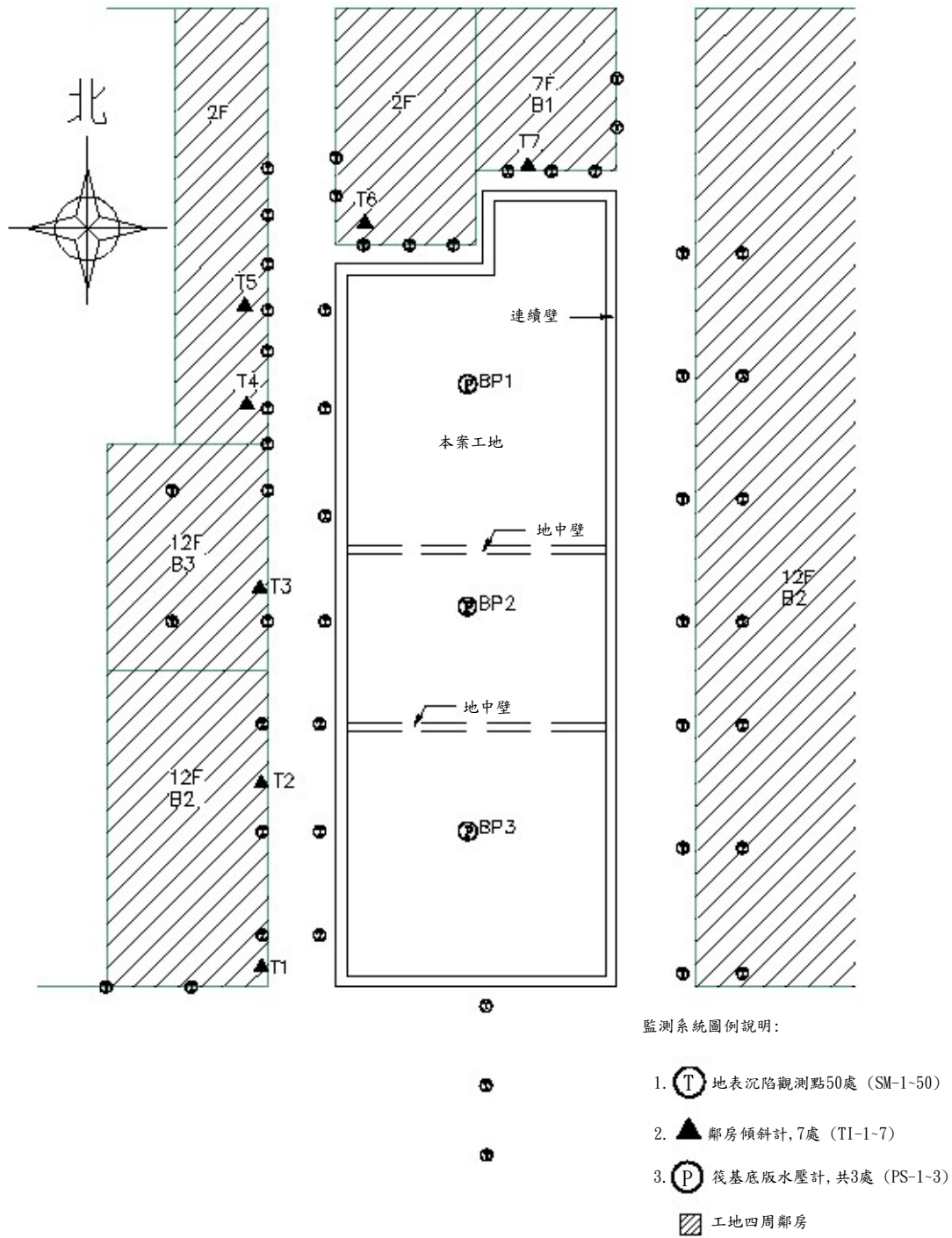


圖 6-4 鄰房概況及監測系統 (一)

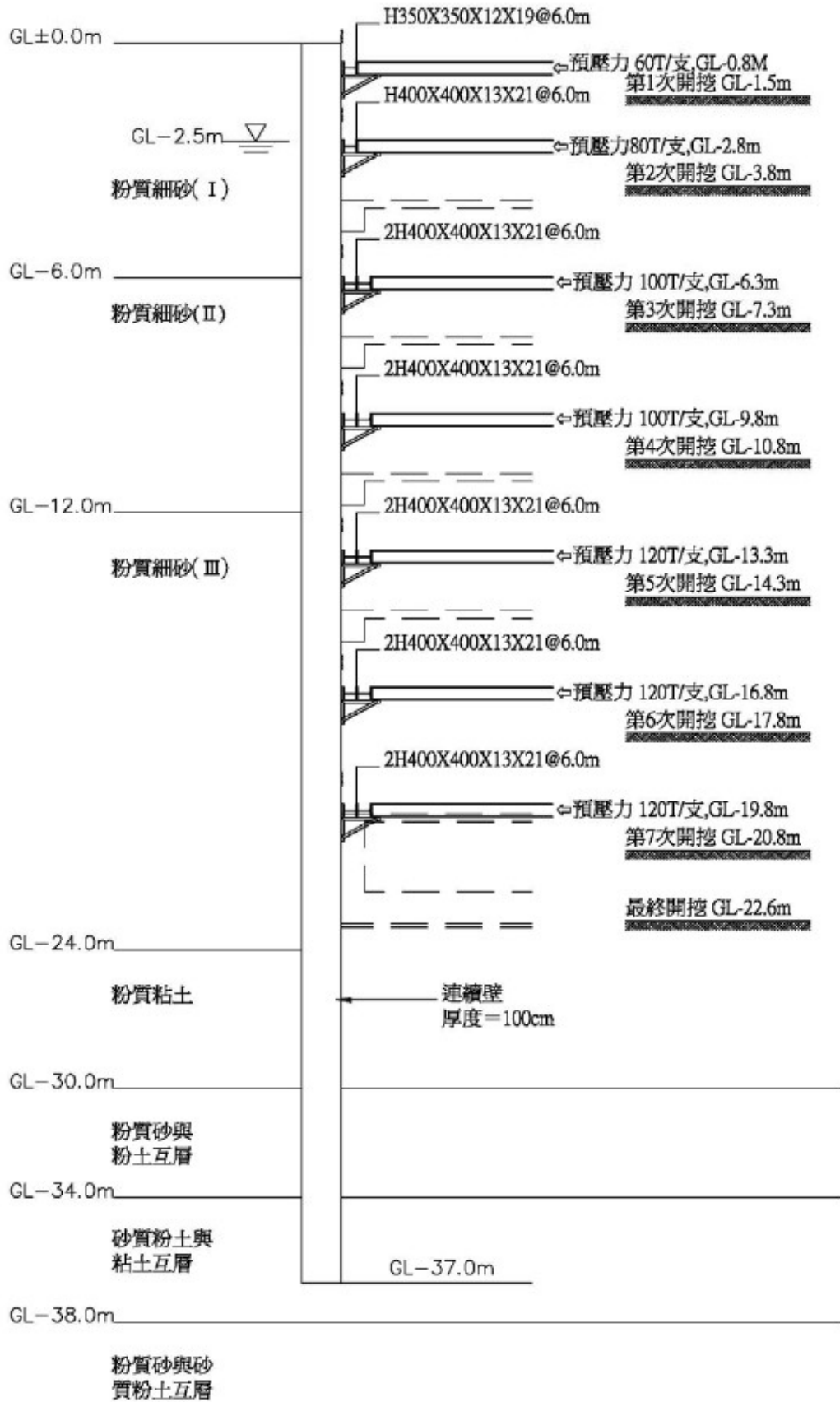


圖 6-5 開挖及支撐剖面示意圖

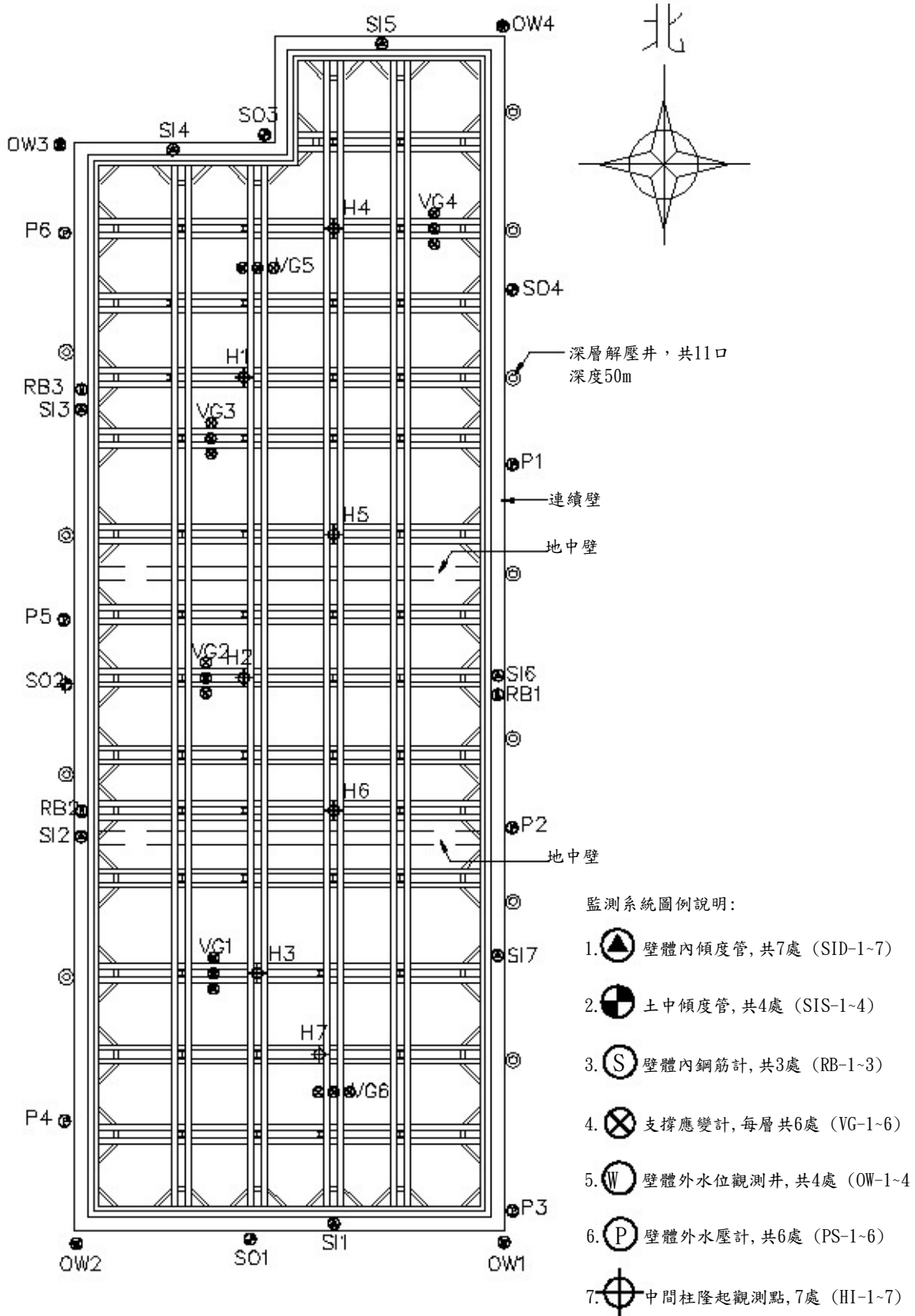


圖 6-6 開挖安全監測系統 (二) 平面配置圖

6.2.3 深開挖工程問題

1. 本工程原先之設計為地下室開挖 19.8m，但於連續壁施工完成後變更設計為地下室開挖 22.6m，在連續壁深度無法加深之情況下，設計者於基地內東西向增設二道與連續壁等深之「地中壁」如圖 6-4，以增加基地開挖基礎土層之穩定性，但無地中壁之部分，連續壁貫入深度仍嫌不足，基地開挖時仍需注意土層有無內擠現象及是否穩定安全。
2. 如果連續壁貫入深度不足(側向土壓力平衡安全因素小於 1.5)，則容易發生較大之側向變形，連帶發生較大之工地四周地表下陷，並可能影響鄰房之安全，需加以注意。
3. 本工程每層支撐之垂直間距較大，且連續壁可能發生較大之側向變形較大，則水平支撐之負荷勢必較大，故需注意支撐軸力之變化以策安全；此外，亦可能因土層之內擠，而使中間柱發生較大之隆起量，影響支撐之穩定性，亦需加以注意。
4. 按高雄市區與本工程規模類似之深開挖工程施工經驗，在開挖超過 18m 深後基地內常發生湧水現象，分析其原因為高雄市區濱海沖積土層構造極為複雜，粉土、黏土與參雜粉質細砂薄層之交互相疊，按一般基地內開挖抽水之方式很難將蘊存於交互土層中之棲留地下水及其水壓力消除；在開挖解壓之過程，此等棲留地下水因水壓力難以消散，最後沿著較疏鬆之薄層及土層界面湧出開挖面，特別是鑽探遺留之深孔及支撐中間樁將土層切開之界面往往成為地下水湧出之捷徑，開挖越深湧水之可能性越高，而且出水位置無法預料；如果湧水情況嚴重，將使基地內被動土壓力降低，前述(1)、(2)、(3)之問題將更形嚴重，此外支撐中間柱之表面摩擦力因湧水而降低亦影響支撐之穩定性，皆需加以密切注意。深層之解壓抽水可降低湧水之機率，

開挖時如發現湧水需立即於湧水處施作高壓止水灌漿，以維護土層之穩定。

5. 依據本工程地質調查報告，在 GL-38m 之粉質黏土與粉質砂土之分隔界面應是發生受壓水層上舉力之界面；按高雄市以往深層水壓之觀測經驗，GL-38m 處之水壓力約為 33tons/m²，而本工程開挖至 GL-22.6m，在 GL-38m 處界面以上之土重僅約 30tons/m²，低於上舉水壓力，受壓水層上舉力安全因素僅 0.91，低於應有之安全因素 1.2 甚多，基地地盤之穩定性不足，且發生湧水之機率極高，影響工程之安全甚大，因此需於工地周邊設置深達 50m 之解壓井共 11 口，其配置詳如圖 6-6，開挖深度超過 18m 後即需進行控制性解壓抽水，並注意深層水壓降低之程度及變化。
6. 由於工地實施深層解壓抽水之關係，勢必使地表沉陷因而增大，抽水如何控制，使對鄰房之影響降低至最低程度，成為本工程重要之課題，鄰房沉陷及傾斜之監測亦顯得更為重要。
7. 本工程設計為地上鋼構，地下 R.C.，基礎型式為筏式基礎之大樓，在地上十樓結構體構築完成之前不允許基礎底版承受水浮力，以免發生基礎不均勻上浮現象而影響地上鋼骨構築之精確度，故大樓結構體構築期間需對基礎底部土層持續抽水，並嚴密監測水壓力有無上升現象。

6.2.4 監測系統規劃說明

1. 監測系統儀器之配置如圖 6-4、圖 6-6 及表 6-6，配置原則如下：
 - (1) 沉陷觀測點：鄰房沉陷觀測點需於工地施工前設置完成，需儘量能反應建築物不同軸向之差異沉陷狀況。

- (2) 鄰房傾斜計：於施工前即全部設置完成，需能反應出建築物不同軸向之傾斜變化狀況。
- (3) 傾度管：裝設於連續壁可能發生較大變形之位置，其中 SI-2 特別裝設於地中壁與連續壁正交之位置，以觀測地中壁對連續壁之支承效益；傾度觀測管 SO-1 至 SO-4 裝設於連續壁背側土層中，深度 45m，以監測連續壁底部土層有無內擠現象，以確認基礎土層之穩定性。
- (4) 鋼筋計：為充分瞭解連續壁鋼筋應力於開挖期間所發生之變化，規劃於工地東側及西側可能發生較大變形之位置，以表六所列多處不同深度之內側主鋼筋上裝設多組鋼筋設計，以進行觀測；其中 RB2 特別裝設於地中壁與連續壁正交位置附近，以觀測地中壁對連續壁支承所發生之效果。
- (5) 支撐應變計：裝設於支撐間距較大處，配合支撐軸力計之佈置，全面監測各層支撐軸力之變化。
- (6) 中間柱隆起觀測點：平均分佈於東西向主軸之中間柱上。
- (7) 深層水壓計：平均分佈於工地東側及西側，深度皆設於地面下 40m，採用高靈敏度及精確度的電子式水壓計，以嚴謹觀測在深層解壓抽水時水壓力的變化，控制深開挖地盤之穩定，並藉以推測湧水機率較高之區域，以為防範。
- (8) 水位觀測井：裝設於基地外緣四角落，以觀察深層解壓抽水對淺層地下水位之影響。
- (9) 筏基底版水壓計：平均分佈於基地中央，採用高靈敏度及精確度的電子式水壓計，以妥善監控筏基底版所承受之水浮力。

表 6-6 案例二 監測系統儀器裝設位置及數量

監測項目	監測儀器	儀器編號	裝設說明
連續壁側向位移	傾度管	SI1~SI7	裝設於連續壁內 位置如平面圖 共 7 處。裝設深度與連續壁同深 每處 37 公尺深。
		S01~S04	裝設於連續壁背側土層中，位置如平面圖，共 4 處，每處 45 公尺深。共 3 處，位置如平面圖。
連續壁鋼筋應力	鋼筋計	RB1~RB3	每處於 GL-10m, -14m, -17m, -18m, -19m, -20m, -21m, -22m, -23m, -24m 之連續壁內側主筋上各裝設 1 支鋼筋計，共 30 支。共 6 處，位置如平面圖。
支撐軸力	支撐應變計	VG1~VG6	第一、二層支撐每處 2 組，第三、四、五、六、七層支撐每處 4 組，共 144 組。共 7 處，位置如平面圖。每處設置於中間柱頂端。
中間柱隆起量	中間柱隆起觀測點	H1~H7	共 4 處，位置如平面圖。每處裝設深度至地面下 12 公尺。
地下水水位	水位觀測井	OW1~OW4	共 6 處，位置如平面圖。每處裝設深度至地面下 40 公尺。共 3 處，位置如平面圖。
深層水壓力	電子式水壓計	P1~P6	於地下室開挖完成後裝設。每處裝設深度為筏基底面下 1 公尺。
筏基底版水壓力	電子式水壓計	BP1~BP3	至少 50 處，位置如平面圖。分佈於工地四周鄰房，測量基準點須設於工地影響範圍以外之位置。共 7 處，位置如平面圖。
工地四周鄰房沉陷	沉陷觀測點		每處均需施作雙軸觀測。
鄰房傾斜	建物傾斜計	T1~T7	

2. 監測頻率

因本工程支撐系統預期將承受較大之軸力，再考量高雄地區日夜溫差較大，風險性較高，故需於每日低溫及高溫時段各監測一次，必要時需在最短時間內隨時測讀支撐軸力之變化，以嚴密控制支撐系統之安全；深層水壓力之變化直接影響本工程開挖地盤之穩

定，必要時亦需隨時可測讀水壓力之變化，以控制開挖之安全；為達以上目的本工程需要對部份儀器採用可定時及隨時量測並做成記錄之自動測讀系統。

本工程利用自動測讀系統監測項目包括支撐軸力、連續壁鋼筋應力、深層水壓力及筏基底版水壓力計等，其他之監測項目則採用一般性人工量測，各監測項目之監測頻率如表 6-7；其中對連續壁側移及變形因貫入深度、深層水壓力等因素，亦預期可能發生較大之變化，故特別註明如果自動測讀系統出現支撐軸力有異常變化時，需隨時進行監測。

表 6-7 案例二 監測頻率表

監測項目	監測頻率
支撐軸力	《採用自動測讀記錄系統》 每日上午 6 時、下午 1 時及 8 時各觀測及記錄一次。
連續壁鋼筋應力	
深層水壓力	
筏基底版水壓力	
連續壁側移及變形	每逢基地挖土前後，支撐施加預力及拆除前後：開挖階段每週至少二次，平時每週一次，如支撐軸力或鋼筋應力異常變化時，需隨時觀測。
基地外地下水位	每週一次。
中間柱隆起量	一般開挖階段每週二次，平時每週一次。 最終開挖階段每天一次。
地面及建築物沉陷量	開挖階段每週二次，平時每週一次。
鄰房傾斜量	開挖階段每週二次，平時每週一次。

註：必要時得隨時監測或視控制安全之需調整監測頻率。

3. 監測系統安全管理值

大部份採用一般性之安全管理值，如表 6-8；對於地面下 40m 處之深層水壓力需訂定嚴格之管理值，深層水壓力之控制須依據建築技術規則之規定計算水壓力允許值，以安全因素 1.2 之控制水壓力做為「警戒值」，警戒值之 80% 做為「注意值」，安全因素降至 1.1 之水壓力做為「行動值」安全因素降至 1.0 之水壓力定為「危險，值」另外因在地上十樓結構體構築完成之前不允許基礎底板承受；水浮力，故對於筏基底面水壓力亦訂定嚴密之管理值。

表 6-8 案例二 監測系統安全管理值

監測項目		注意值	警戒值	行動值
連續壁側向位移	第一層開挖後	0.8cm	1.0cm	1.3cm
	第二層開挖後	0.8cm	1.0cm	1.3cm
	第三層開挖後	1.4cm	1.8cm	2.3cm
	第四層開挖後	2.1cm	2.6cm	3.3cm
	第五層開挖後	2.8cm	3.5cm	4.4cm
	第六層開挖後	5.4cm	6.8cm	8.5cm
	第七層開挖後	6.9cm	8.6cm	10.3cm
	第八層開挖後	7.7cm	9.6cm	12.0cm
支撐中間樁隆起		5.0cm	8.5cm	12.0cm
支撐軸力	第一層	142 噸/支	177 噸/支	221 噸/支
	第二層	186 噸/支	232 噸/支	290 噸/支
	第三層至第七層	195 噸/支	244 噸/支	305 噸/支
連續壁鋼筋應力		1680kg/cm ²	2100kg/cm ²	2520kg/cm ²
基地外地下水位		GL-3m	GL-4m	GL-6m
工地四周沉陷量		2.5cm	5.0cm	7.5cm
鄰房傾斜量		04' 35"	06' 52"	11' 28"
開挖超過 GL-18m 時 GL-40m 處之水壓力		20 t/m ²	25 t/m ²	27 t/m ²
筏基底面水壓力		0 t/m ²	1.0 t/m ²	2.0 t/m ²

參考文獻

1. 內政部營建署，2001，建築物基礎構造設計規範」。「。
2. 內政部營建署，1998，建築工程施工規範」。「。
3. 內政部營建署，1999，坡地社區開發安全監測手冊」。「。
4. 內政部建築研究所，2001，基礎工程施工參考規範與解說」。「。
5. 中國土木水利工程學會，1992，土方工程與擋土設施施工規範」。「。
6. 行政院公共工程委員會，2005，基礎工程監控系統之建立與施工查核手冊」委託台灣世曦工程顧問公司研究報告，台北。。
7. 台北市政府捷運局，2001，捷運工程施工規範」。「。
8. 台北市政府捷運工程局，2005，台北都會區大眾捷運系統松山「線 CG590B 區段標(捷運及共同管道土建工程)施工技術規範第 02495 章監測儀器」。「。
9. 高雄市政府捷運局，2002，捷運工程施工規範」。「。
10. 台北市大地技師公會，2002，鑑定技術—基礎開挖設計安全評估」2002。。
11. 台北市土木技師公會，2002，實用開挖擋土支撐工程設計手冊」。「。
12. 高雄捷運公司，2002，高雄捷運工程監測系統作業手冊」。「。
13. 歐章煜等，2003，建築基礎施工災害安全預警監測系統之研究」內政部建築研究所委託研究報告。。
14. 歐章煜，2002，深開挖工程—分析設計理論與實務」。「，科技圖書。
15. 台灣營建研究院，1998，工程安全監測技術」。「。
16. 三橋晃司，1992，防止開挖擋土工事故之設計與施工技術」。「。

17. 大志万和也，1987，「開挖擋土監測之現場活用法」。
18. 日本土質工學會，1990，「現場計測計畫立方書」。
19. 日本土質工學會，1994，「土質測定-現場計測施工管理」。
20. 日本地盤工學會，1999a，「計測結果解釋及計測管理」。
21. 日本地盤工學會，1999b，「開挖擋土之變形預測與實務」。
22. Dunicliff, J., 1988, "Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance".

附錄 A

監測儀器裝設自主檢查表

資料來源：工程會「基礎工程監控系統之建立與施工查核手冊」（2005）

(裝設前)監測儀器自主檢查表(參考)

編號：

工程名稱			
監測廠商			
施工項目			
檢查位置		檢查日期	
檢查時機	裝設前		
檢查結果	○檢查合格 ✕有缺失需改正 / 無此檢查項目		
檢查項目	設計圖說、規範之檢查標準	實際檢查情形	
	檢查結果		
裝設前 準備	施工計畫	準(定量定性)(敘述檢查值) 是否通過審查核准	
	儀器安裝示意圖	是否通過審查核准	
	平面位置	依計畫書平面位置圖核對	
	監測儀器校驗	符合每(____)年之校驗	
	儀器規格	依計畫書核對	
	施工機具	功能符合	
	安全防護措施	個人防護安全措施	
缺失複查結果： <input type="checkbox"/> 已完成改善 (檢附改善前中後照片) <input type="checkbox"/> 未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善 複查日期：年月日 複查人員職稱：簽名：			
說明： 1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確(例：位置正確無誤)或量化尺寸(例：裝設深度 20.7m)。 2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者註明「✕」，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由工地現場工程師實地檢查後覈實記載簽認。			

工地主任簽名：

現場工程師簽名：

註：1. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

2. 本表用於監測儀器裝設前檢查。

(施工作業)地層傾度管裝設自主檢查表(參考)

編號：SIS-001A

工程名稱			
監測廠商			
檢查位置		檢查日期	
檢查時機		<input type="checkbox"/> 施工中 <input type="checkbox"/> 施請後選)	
檢查結果		<input type="radio"/> 檢查合格 <input type="checkbox"/> 有缺失需改正 / 無此檢查項目	
檢查項目		設計圖說、規範之檢查標準 (定量定性) (敘述檢查值)	實際檢查情形
施 工 中	放 樣 及 鑽 孔	管位放樣	依核准位置進行管位放樣
		鑽掘孔徑	約 10cm 之孔徑
		檢核地層	與設計階段(或預期)一致
		鑽孔深度	至預定深度(H= ___m)
	傾 度 管 安 裝	傾度管連接	打設鉚釘並纏繞防水膠帶
		傾度管放置深度	至預定深度(H= ___m)
		十字溝槽方向	一對溝槽連線垂直於開挖方向或預期地層滑動方向
		傾度管內灌滿清水 需	保持水位面不下降
		孔壁管間回填	與土壤強度相當之水泥—皂土液灌漿
		儀器保護	頂部以鐵製保護蓋及混凝土基座固定
施 工 後	儀 器 編 號 及 初 值 設 定	儀器標示	依設計圖說之編號及警示標誌標示於現場
		監測初始值	在基地開挖前測定初始觀測值，並且取得至少三次以上之穩定讀值
		儀器保護	頂部以鐵製保護蓋及混凝土基座固定
缺失複查結果： <input type="checkbox"/> 已完成改善 (檢附改善前中後照片) <input type="checkbox"/> 未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善 複查日期：年月日 複查人員職稱：簽名：			
說明： 1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確 (例：位置正確無誤) 或量化尺寸 (例：裝設深度 20.7m)。 2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者註明「×」，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由工地現場工程師實地檢查後覈實記載簽認。			

工地主任簽名：

現場工程師簽名：

註：1. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

2. 本表用於施工中及施工後檢查。

工程名稱			
監測廠商			
檢查位置		檢查日期	
檢查時機		<input type="checkbox"/> 施工中 <input type="checkbox"/> 施工(請勾選)	
檢查結果		<input type="radio"/> 檢查合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正 / 無此檢查項目	
檢查項目		設計圖說、規範之檢查標準 實際檢查情形 (定量定性) (敘述檢查值)	檢查結果
施 工 水 位 觀 測	放樣及鑽孔	管位放樣	依核准位置進行管位放樣
		鑽掘孔徑	約 10cm 之孔徑
		檢核地層	與設計階段(或預期)一致
		鑽孔深度	至水位井預定埋設深度下方 m)至少 50cm(H=
		依設計圖或 1.5 公尺長之打孔	
		豎管打孔	
		豎管中	
		打孔豎管外圍纏覆 2 層尼龍網 濾層包覆	
		或非織物濾層	
		測底部回填濾材	在鑽孔底部回填約 50 公分厚 透水濾材并
	埋設	將打孔豎管與 PVC 管接合， 水位井管理設深度 m)裝設至預定深度(H= 回填透水濾材至地表面下約 1 公尺，再以黏土或皂土封層至 地表面	
儀器保護		頂部以鐵製保護蓋及混凝土 儀器保護 基座固定	
說明：		依設計圖說之編號及警示標	
<p>1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確(例：位置正確無誤)或量化尺寸(例：裝設深度 20.7m)。 2. 檢查結果合格者註明「○」於現場及圖說，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由工地現場工程人員在基礎地層檢查後填寫，並由初驗人員簽名。</p>			

工地主任簽名： 現場工程師簽名：

後

註：1. 本表僅適用於量測單一水層。

2. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

3. 本表用於施工中及施工後檢查。由基地水準點測其高程，高程管頂高程往返閉合差需小於 $4\text{mm}\sqrt{K}$ (K 為公里數)

缺失複查結果：

已完成改善(檢附改善前中後照片) 附錄 A-3

未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善

複查日期：年月日

複查人員職稱：簽名：

(施工作業)壁體內傾度管裝設自主檢查表(參考)

編號：SID-001A

工程名稱				
監測廠商				
檢查位置		檢查日期		
檢查時機		<input type="checkbox"/> 施工中 <input type="checkbox"/> 施工後(請勾選)		
檢查結果		<input type="radio"/> 檢查合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正 / 無此檢查項目		
檢查項目		設計圖說、規範之檢查標準	實際檢查情形	
		檢查結果 準(定量定性)(敘述檢查值)		
施 工 中	放 樣	連續壁單元確認	依核准位置進行裝設單元	
		裝設點位置	確認 避開特密管預定位置	
	傾 度 管 安 裝	傾度管連接	50cm 以上 打設鉚釘並纏繞防水膠帶	
		管底保護蓋	管底設置保護蓋	
		十字溝槽方向	一對溝槽連線垂直於開挖 方向或預期地層位移方向	
		傾度管之垂直	目視保持垂直	
		固定於鋼筋籠	以固定環或鐵絲固定	
		傾度管放置深度	至預定深度(H= ___m)	
		傾度管內灌滿清水	保持水位面不下降	
施 工 後	儀 器 保 護 及 初 值 設 定	管頂保護蓋	管頂以保護蓋緊密蓋上	
		儀器標示	依設計圖說之編號及設置 適當之明顯標示	
		監測初始值	在基地開挖前測定初始監 測值，並且取得至少三次 以上之穩定讀值	
缺失複查結果： <input type="checkbox"/> 已完成改善(檢附改善前中後照片) <input type="checkbox"/> 未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善 複查日期：年月日 複查人員職稱：簽名：				
說明： 1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確(例：位置正確無誤)或量化尺寸(例：裝設深度 20.7m)。 2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者註明「×」，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由工地現場工程師實地檢查後覈實記載簽認。				

工地主任簽名：

現場工程師簽名：

註：1. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

2. 本表用於施工中及施工後檢查。

(施工作業)鋼筋應力計裝設自主檢查表(參考)

編號：RS-001A

工程名稱				
監測廠商				
檢查位置		檢查日期		
檢查時機		<input type="checkbox"/> (構巧建) <input type="checkbox"/> 施工後		
檢查結果		<input checked="" type="checkbox"/> 有缺失需改善 / 無此檢查項目		
設計圖說、規範之檢查標準		實際檢查情形		檢查結果
施 工 中	放 樣 及 鋼 筋 計 裝 設	(定量定性) (敘述檢查值)		
		依核准位置進行連續壁單元、位置		
		連續壁單元確認及深度之確認		
		鋼筋計以瓦斯壓接、油壓壓接或續		
施 工 後	值 編 號 及 初 測	鋼筋計接合		
		接器與鋼筋主體接合		
		應避開特密管及鋼筋籠水平副筋位		
		鋼筋計排裝		
置，內外側之鋼筋計應相互對正		每條電纜線上註明每個鋼筋計編號		
電纜線編裝入 PVC 保護管		電纜線保護		
鋼筋籠頂部約 1.5 公尺		裝設後標示		設置適當之明顯標示
監測初始值		基地開挖前測定初始監測值，並且		取得至少三次以上之穩定讀值
缺失複查結果： <input type="checkbox"/> 已完成改善 (檢附改善前中後照片) <input type="checkbox"/> 未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善 複查日期：年月日 複查人員職稱：簽名：				
說明： 1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確 (例：位置正確無誤) 或量化尺寸 (例：裝設深度 20.7m)。 2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者註明「×」，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由工地現場工程師實地檢查後覈實記載簽認。				

工地主任簽名：

現場工程師簽名：

註：1. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

2. 本表用於施工中及施工後檢查。

(施工作业)結構沉陷點裝設自主檢查表(參考)

編號：SB-001A

工程名稱					
監測廠商					
檢查位置		檢查日期			
檢查時機		<input type="checkbox"/> 施工中 <input checked="" type="checkbox"/> (請勾選)			
檢查結果		<input type="radio"/> 檢查合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正 <input type="radio"/> 無此檢查項目			
檢查項目		設計圖說、規範之檢查標準 (定量定性)		實際檢查情形 (敘述檢查值)	檢查結果
施 工 中	放樣及沉陷點位放樣	依核准位置進行裝設位置放樣			
	沉陷釘裝設	鑽孔後打入膨脹螺絲，保持牢固			
施 工 後	儀器編號及初值設定	使用有編號之銘牌或噴漆標示，或儀器編號其他經主辦機關或其代表核准之方式進行			
	沉陷釘裝設	高程往返閉合差需小於 $4\text{mm}\sqrt{K(K)}$ 監測高程初始值為公里數，初始監測值需取得至少三次以上之穩定讀值			
缺失複查結果： <input type="checkbox"/> 已完成改善（檢附改善前中後照片） <input type="checkbox"/> 未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善 複查日期：年月日 複查人員職稱：簽名：					
說明： 1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確（例：位置正確無誤）或量化尺寸（例：裝設深度 20.7m）。 2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者註明「×」，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由工地現場工程師實地檢查後覈實記載簽認。					

工地主任簽名：

現場工程師簽名：

註：1. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

2. 本表用於施工中及施工後檢查。

(施工作业)地表面沉陷點裝設自主檢查表(參考)

編號：SG-001A

工程名稱				
監測廠商				
檢查位置		檢查日期		
檢查時機		<input type="checkbox"/> 施工中 <input checked="" type="checkbox"/> (請勾選)		
檢查結果		<input type="radio"/> 檢查合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正 <input type="radio"/> 無此檢查項目		
檢查項目		設計圖說、規範之檢查標準 (定量定性)		實際檢查情形 (敘述檢查值)
施 工 中	點位放樣	依核准位置進行裝設位置放樣		
	沉陷釘裝設	四周以混凝土加固，保持牢固		
施 工 後	使用有編號之鋁牌或噴漆標示，或 儀器編號其他經主辦機關或其代表核准之方 式進行			
	高程往返閉合差需小於 $4\text{mm}\sqrt{K(K}$ 監測高程初始值為公里數)，初始監測值需取得至少 三次以上之穩定讀值			
缺失複查結果： <input type="checkbox"/> 已完成改善（檢附改善前中後照片） <input type="checkbox"/> 未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善 複查日期：年月日 複查人員職稱：簽名：				
說明： 1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確（例：位置正確無誤）或量化尺寸（例：裝設深度 20.7m）。 2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者註明「×」，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由工地現場工程師實地檢查後覈實記載簽認。				

工地主任簽名：

現場工程師簽名：

註：1. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

2. 本表用於施工中及施工後檢查。

工程名稱					
監測廠商					
檢查位置		檢查日期			
檢查時機		<input type="checkbox"/> 施工中 <input checked="" type="checkbox"/> (請勾選)			
檢查結果		<input type="radio"/> 檢查合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正 <input type="radio"/> 無此檢查項目			
檢查項目		設計圖說、規範之檢查標準 (定量定性)	實際檢查情形 (敘述檢查值)	檢查結果	
施 工 中	放 樣 及 鑽 孔	管位放樣	依核准位置進行管位放樣		
		鑽掘孔徑	約 10cm 之孔徑		
		檢核土層	與設計階段(或預期)一致		
	水 壓 計 埋 設	至水壓計預定埋設 鑽孔深度(H= _____m)	高程下至少 50 公		
		用水煮沸後浸 24hr 或適當方法處理 透水石氣泡排除 以排除氣泡			
		測試水壓計求得讀數與壓力關係， 裝設前水壓計測 並按設計規範及原廠規格決定是否 試			
儀 器 保 護	水壓計埋設深度 裝設至預定深度(H= _____m)				
	奇鑽透底灌膠厚填約 20 公分屬透水濾 底層管溝填塞及分，再以皂土封層至上方不透水層 封層底部至少 1m，再以黏土或皂土封層 至地表面				
	頂部以鐵製保護蓋及混凝土基座固 器保護 定 依設計圖說之編號及警示標誌標示 儀器標示施 於現場				
工及 後初 監測水壓計初始 在基地開挖前測定初始監測值，並 值且取得至少三次以上之穩定讀值 設由基地水準點測其高程，高程往返 定 管頂高程閉合差需小於 $4mm\sqrt{K}$ (K 為公里 數)					
說明：複查結果： 1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確(例：位置正確無誤)或量化尺寸(例：裝設深度 20.7m)。 2. 檢查結果合格者註明「 <input checked="" type="checkbox"/> 」，不合格者註明「 <input type="checkbox"/> 」，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失或安全隱患未改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由上地現場工程師實地檢查後覈實記載簽認。 複查人員職稱：簽名：					

工地主任簽名：

現場工程師簽名：

註：1. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

2. 本表用於施工中及施工後檢查。

工程名稱					
監測廠商					
檢查位置		檢查日期			
檢查時機		<input type="checkbox"/> 施工中	<input checked="" type="checkbox"/> (構件護)		
檢查結果		<input type="radio"/> 檢查合格	<input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正		
		<input type="checkbox"/> 無此檢查項目			
檢查項目		設計圖說、規範之檢查標準	實際檢查情形		
		(定量定性)	(敘述檢查值)		
檢查結果		檢查結果			
施工中	放樣及傾斜計裝設儀器保護	孔位放樣	依核准位置進行裝設位置放樣		
	施工後	固定架裝設	採用膨脹螺絲裝設，需牢固以及頂面應保持水平		
		傾斜計固定盤	應使測軸對準量測方向後再固定		
		裝設保護蓋	保護蓋可扣緊		
施工後	儀器編號	以鏤空字型版油漆在鄰近表面上或其他經主辦機關或其代表核准之方式進行			
	監測初始值	在基地開挖前測定初始監測值，並且取得至少三次以上之穩定讀值			
缺失複查結果：					
<input type="checkbox"/> 已完成改善 (檢附改善前中後照片) <input type="checkbox"/> 未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善 複查日期：年月日 複查人員職稱：簽名：					
說明：					
1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確 (例：位置正確無誤) 或量化尺寸 (例：裝設深度 20.7m)。 2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者註明「×」，如無需檢查之項目則打「/」。 3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善。 4. 本表由工地現場工程師實地檢查後覈實記載簽認。					
工地主任簽名：			現場工程師簽名：		

註：1. 本表僅供參考，於實際應用時，應依各工程契約(含規範及圖說)相關規定、工程規模性質，做適當之調整。

2. 本表用於施工中及施工後檢查。

建築基礎施工災害監測系統配置基準之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳建忠、陳正興、黃俊鴻、吳文隆、郭晉榮、何應璋、簡茂洲

出版年月：97 年 12 月

版(刷)次：第一版

ISBN：978-986-01-7201-0