

大地監測系統自動化之發展與成果
THE AUTOMATION OF THE GEOTECHNICAL
INSTRUMENTATION SYSTEM

朱專誌，黃南輝
C.C. Chu and R.N. Hwang

原著載於近代工程技術研討會,1994年

*Reprinted from Proceedings of
Symposium on Modern Engineering and Technology,
Infrastructure Construction Session, pp.251-281,
Taipei, 1994*

The Automation of The Geotechnical Instrumentation System

Chu, C. C.

Hwang, R.N

Abstract

An automatic system has been developed to record the geotechnical instrument monitoring data. Supplemented by various interfacing programs, data storage and retrieval can be done in an efficient manner. The system significantly reduces the manhours for data key-in, reporting, manual verification and the subsequently back-analyzing works. Utilizing the tele-communication network and personal computers, information and timely warning can be transmitted instantly from field to various interfaces such as client, contractors and designers. During the Geotechnical Engineering Specialty Consultancy (GESC) servicing period, Moh and Associates has successfully applied this automatic system to collect and interpret monitoring data for 47 construction contracts which generate 9 million sets of data from 30 types of instrument. An Integrated Data Storage Center (IDSC) and 18 field monitoring stations have been established for the operation of the system.

大地監測系統自動化之發展與成果

朱專誌*

黃南輝**

摘要

一般營造工地中設置大地監測系統者，其作業包含監測儀器之裝設、施工過程中例與特殊需求之量測、量測資訊等項目。方集與分析之作業方式，大部份係由人工先行鍵入測讀資料，方能配合個人電腦製作報表，至於如何提出工程所需之預警後續回饋分析工作之進行。若能藉由使用監測資料自動完整記錄系統，進行監測資料之測讀與收集、各項監測資料庫之裝設記錄等，擷取各式樣資料（包含現場工程司研判、施工現況安全及後量便之各類分析工作之所需），將可節省上述傳統作業所需之外備單及個人時，並可解決因儲存大批報表資料所需之空間；此項作業除個人電腦，即可進行施工現場各個介面（業主、主承商及顧問）間資料之傳輸、各項預警訊息之告知等項作業。除利用原先設定之簡易判定原則過濾多筆資料以節省作業時間。

亞新工程顧問公司，在擔任台北市捷運局初期路網之大地工程專業顧問（GESC）期間，為減輕47個施工標、30餘種監測儀器、多達900萬筆監測資料之收集與研判，除於公司總部設立一資料處理中心外，並在現場設置18個監測站；並著手於各種監測資料庫之建立及各項使用者介面程式之發展，供各處監測站及資料處理中心之使用，並適時提供預警，監測站與資料中心間並可藉由電訊傳輸系統之方式相互溝通，可在緊急狀況時提供快速資訊之研判與分析。

* 亞新工程顧問公司捷運專業工程師

** 亞新工程顧問公司捷運專業計劃經理

一、前言

台北都會區大眾捷運系統初期路網總長88公里，計包含80個車站，如圖一所示。其中高架段長度為32.1公里，車站33個；地面段長度9.5公里，車站5個；地下段長度為46.4公里，車站42個，總工程費超過180億美元。其工程之浩大為國內歷年來所僅有，且施工型態複雜，工程之品質亦要求極高，在在顯示捷運系統工程安全之重要性。因此大地監測系統之設立乃無庸置疑，由於工程規模龐大，對監測系統之要求亦相對提高，依賴傳統之監測作業方式，已不敷使用。一套完整之自動化監測作業系統的設立勢在必行。本文即是說明，根據上述需求，所發展自動化作業系統之發展背景，及其如何藉由資料庫語言之撰寫，與資料庫系統之規劃，以因應台北捷運系統大地監測系統所產生之大量監測資料。

二、台北捷運工程之監測系統

對於捷運施工而言，施工安全之保障應為觀測系統之最重要且直接的目的，實際上，更廣義的目的，除了保障安全以外，尚有設計驗證與回饋及法律仲裁之參考等目的。

一套完整之施工安全監測系統，則應包含完備的設計圖說、施工規範、詳細的施工計劃(含監測系統之安裝、觀測、分析、研判與安全管理值及應變措施等)，以及施工過程中之確實執行與審慎控制。而監測工作之執行，可以下列兩個階段加以說明：

1. 監測系統之規劃設計

設計者應參酌施工方式、環境及可引用之監測儀器性能，綜合考量、規劃及設計出適當的監測系統，其規劃設計要領至少應包含：

a. 監測參數選定：

如地下水位及水壓、土壓力、支撐系統荷重、擋土結構之變形、鄰近結構物與地下管線之位移、沉陷量與角變量。

b. 各項參數在施工過程中之行為預測。

c. 各項儀器設置地點、時機之決定：

圖二～五所示，即為典型深開挖與潛盾施工工區之監測儀器配置圖及其相關之斷面圖，一般各工區內外側配置之儀器種類則如表一所示。

d. 儀器規格之決定。

e. 儀器裝設施工規範之擬定：

擬定一套有關儀器裝設之施工規範，可供施工單位及監造單位據以執行，施工規範得包含儀器規格、裝設時機、裝設步驟提示、配合之材料、裝設時應注意事項，同時亦可規定施工單位應事先提出詳細的施工計劃書。

f. 儀器測讀正確性之檢核方法與程序之制定：

儀器必須經過檢驗及校正，才能確定儀器之性能及正確使用，且儀器在使用過程中，亦必須有周詳的維護計劃，才能獲得正確資料。

g. 觀測頻率最低要求之決定：

觀測頻率之決定，通常考慮於不同的施工階段；各項監測資料須取得之次數，原則上須配合施工並能取得足夠資料以供研判分析之用，典型之監測儀器觀測頻率表如表二所示。

h. 觀測管理值之研擬：

目前捷運系統工程監測系統之警戒、行動管理值，係由細部設計顧問依照設計階段設計結果，及建物保護之考量，訂定各項儀器之管理值，以供現場管理工程師能據以判斷施工過程之安全性，典型之監測儀器量測值管理表如表三所示。

2. 施工準備工作

在此階段主要工作，大致為進行監測儀器系統相關之各項計劃提送，施工單位所提送之資料可包含下列數項：

a. 監測計劃裝設詳細位置及進度。

b. 監測儀器品質保證及校正方法計劃書。

c. 監測儀器裝設計劃書。

d. 監測儀器計算書。

e. 監測儀器維修計劃書。

台北捷運因在人口密集之都會區進行，工程設計及施工作
業品質之要求均較一般工程為高，且台北盆地土層鬆軟，地下
水位高，大地工程問題十分困難，因此台北捷運工程局在工程
期路網各階段施工階段中，所遭遇之大地工程問題，均在符合
大設計及原則下獲得完善之解決。而針對監測系統之規劃，更
濟之原則下，由圖六之數據顯示，監測系統在整個
工程所須之費用中佔了0.74個百分點，金額高達5億6千萬。

三、監測作業自動化系統之規劃

大地工程專業顧問（以下簡稱GESC）即針對台北捷運系
統，建立了一套完整之監測資料庫處理系統，以經濟、有效之
方式收集、儲存、分析及處理監測之資料。GESC首先於總部
及各個工地現場，分別成立資料處理中心及許多監測站，作為
整個監測資料作業程序中之運作單位（其位置如圖一所示）。
其中前者負責接收各工地監測站定期傳送之監測資料，並加
以整理、備份處理；而後者則除於工地現場，協助現場工程
解決施工過程中所發生與大地工程相關之大地工程問題外，
負責現場監測儀器點位等相關資料（如裝設深度、位置、現
況、數量、裝設日期等儀器基本資料）之取得，及承商按規
範規定所提送之監測資料之整理與確認。有關各條路線施工
過程中所配合設立之監測站則請參照圖七，各個監測站所
須負責處理之資料之施工標準數量則如圖八～圖十所示。而
施工階段各單位間之監測資料傳送流程如圖十一所示。而資
料傳送之自動化作業則如圖十二所示。

自動化系統之規劃可概分為下列幾個階段。

1. 資料格式之統一規定：

依照一般傳統之監測資料作業方式，專業監測承商各有其
處理監測資料之格式與方式，對於後續分析、研判所發展有
關繪製之歷時曲線系統，未臻理想，而由圖八～圖十中之47
個施工標數量可看出，GESC所建立之監測資料處理系統，將
同時面臨至少十個以上之專業監測承商。因此，GESC依據
對上述各種情形之考量，乃先行擬定一套統一之監測日報表
與傳檔製作程式，透過業主，提供各承商使用，以解決上述
問題，該作業系統如圖十三～圖十四所示。

2. 監測資料庫系統之規劃

監測資料庫系統之規劃，除須滿足資料收集期間之儲存資料功能外，並應考量後期各種資料擷取、分析、研判之需求。因此，GES C對於資料庫系統之建立，除行使資料庫所提供系統功能外，並作以下之應用：

1) 異常資料之預警

系統程式可定期對資料庫中點位資料異常或達到界限值之資料，以表格或圖形方式提出預警作用。

2) 相異點位資料之快速擷取

配合專業設計程式或應用軟體（如視窗試算表之應用軟體、計算等高線之專業分析程式、發展地理資訊系統之套裝軟體等）之需求，快速提供資料，以進一步了解不同監測儀器所得之結果相互影響和關係。

3) 工程訴訟案例之佐證

完整的監測資料在工程訴訟或發生糾紛時，提供正確原始資料。

4) 回饋分析之參考

整理過之監測資料可和原設計參數之比較，進而修正原設計方法或使用新的設計理念。

5) 採用施工方式之參考

施工單位可依資料顯示，改良施工方式或創新施工法。

3. 資料傳輸作業方式之自動化：

監測站之一般作業程序，係將所收集之量測資料（承商所測之全部資料，與GES C檢、會測所檢核之資料），經比較、檢核後列表整理，同時對量測到的異常狀況，分別就預警、警戒及行動三個階段，予以發佈所須之警訊告知，再將正確無誤之資料儲存於監測站本身所包含之一小型資料庫內，最後定期將資料"壓縮"，經由傳送與接收端電腦所架設之數據傳送機及電信局普通電話路線傳回公司資料處理中心。資料中心將所有監測資料接收後，再加以儲存，並供日後之分析。

而資料處理中心作業系統之例行功能如下：

1. 日報表製作

2. 月報表製作
3. 傳送檔製作
4. 資料整合、分析、傳送、儲存、維護
5. 異常資料告知
6. 監測資料分析圖製作

整個捷運工程監測資料作業系統之整體流程大致如圖十五所示。

四、監測作業系統之現況

依照上節所述發展作業系統所須考量之重點，GES C配合捷運系統之陸續開工，及現場作業效率等之反應，陸續修正所使用之作業系統，其主要功能之架構如圖十六所示，以下茲將整套作業系統之流程，及各階段之工作重點分述如下：

1. 監測儀器裝設與功能之確認

監測儀器之裝設過程與裝設過程後儀器功能之確認，實為達到監測系統設立目的之首要工作。如果儀器裝設過程產生瑕疵，則所收集到之監測資料實已失去可信程度，即使後續作業系統之規劃發展如何完美，其所展示供使用者研判之資料已失去其意義與效用，甚或誤導所需訊息。因此，現場監測站在施工現場協助設立業主、專業承商間之監測作業系統的同時，亦須協助業主確認承商所裝設之各項儀器，包括其裝設位置、時機（如開挖前所須裝設之傾度管、架設支撐時所裝設之支撐應變計等），並協助審查承商對該裝設儀器所提出儀器功能確認之相關報告。

2. 儀器初值資料庫之建立

監測儀器裝設完成後，在收集定期之監測資料外，亦應同時完成儀器初值資料庫之建立。所謂之儀器初值資料庫，其內容包含儀器點位編號、裝設位置、儀器現況（如良好、損壞、重設等狀態）、地面高程、深度、裝設日期、該點位之觀測、管埋值、儀器不同測讀器之初值、轉換係數等儀器相關資料。有關其相關欄位資料如圖十七所示。初值資料庫之完成，將是供後續對觀測資料進行研判時之重要參考。

3. 組群資料庫（GROUP）之建立

由於對觀測資料之分析與研判，往往需同時取得數個點位之資料同時研判，以了解彼此點位間觀測資料之一致性與正確性。因此，GES C乃著手建立一額外之組群資料庫，提供使用者，將點位變化趨勢相似、或彼此間具有相關性（如同一棟建物上之建物沉陷點、隧道路線上同一斷面之地面沉陷點或水壓計、開挖工區中屬於同一道支撐位置上之各層支撐應變計），而應同時取得以供研判之數個點位設定為同一組群（GROUP），同時賦予該組群名稱，如此在分析或研判之作業階段，欲同時取得某些點位之資料時，即可在程式（TIMEPLOT）中，經由指定組群名稱而取得上述資料。上述之組群定義過程中，不僅可指定點位編號，同時亦可輸入圖名、建物名稱等在後續作業中必須重複輸入之資料，此組功能之設定，不僅可減少相異點位資料取得之困擾，並可減少繪圖過程中重複輸入相關設定之時間。其組群設定之各項欄位資料如圖十八所示。

4. 監測系統觀測頻率之擬定

如第二節所述，現場完成各項儀器之裝設及資料庫之架構設定後，再視現場施工進度之推展，擬定各項儀器之觀測頻率，相關頻率可參照表二所示，而觀測資料之取得，須依照擬定之觀測頻率，密切注意現場施工活動彈性調整觀測次數與時間，以掌握儀器之量測時機，否則錯失施工時程量測所得到之資料，將無法有效地反應施工現況，並可能對後續之分析造成困擾，甚至誤導評估結果。

5. 日報表與傳送檔之製作

施工過程中之例行觀測資料，可以圖十三、圖十四所示之日報表與傳送檔製作系統產生例行之觀測日報表及傳送檔，現場工程師僅須在選擇欲輸入資料之儀器項目後，按照螢幕之提示依次輸入觀測日期、點位編號、量測值等資料即可，在完成資料輸入動作後，可進一步選擇，是否由電腦印出當天之觀測日報表，或是進行傳送檔之製作。就捷運系統一般之施工標而言，每種儀器動輒數百點，每日觀測資料點數多達數百計，因此本系統之設計，乃是將每個點位之初值、裝設深度、換算係數等儀器相關資料均已輸入於報表製作檔案中，工程師所須輸入者，將只是觀測資料即可，而由電腦檔案中自動計算各點之變化量，此項作業在活動全面展開階段，將更顯其效率，並節省大量作業時間。

6. 異常資料之研判

GES C現場監測站，在收到承商所傳送之監測資料傳送檔時，第一個動作即是必須檢核傳送資料之正確性，及資料變化

量是否有任何異常情形，同時，參酌現場施工現況，研判較大變化量發生的可能性。若依照傳統之研判方式，現場工程師必須花費大量時間，對每日所送之報表逐一與設定之管理值查核，以了解各個儀器點位之變化情形；但使用GESC所發展之警戒告知系統（ALERT程式），現場工程師將只須把承商傳送之所有監測資料傳送檔放入系統指定之工作路徑中，該程式（ALERT）即可依據傳送檔中之儀器編號，自動尋找初值資料庫中，該點儀器所設定之觀測管理值，將該值與傳送檔中之變化量加以比較，並將超出管理值之點位列表說明，表中並包含在資料庫中找到該點位最近之一筆變化量資料，如此，可供使用者有更充足之資訊研判，列表結果如圖十九所示。

而對於研判之結果，GESC更進一步將其觀測變化程度區分為三種程度，分別為預警、警戒、行動三種，而將此三種變化程度告知業主時，分別使用白、黃、紅三種單子稱為預警告知之白單（變化量達警戒值之50%）、警戒告知之黃單（變化量達警戒值）、行動告知之紅單（變化量達行動值），三種告知狀態之格式如圖二十所示，告知單中並詳列儀器點位、編號、量測值、管理值及建議馬上採取之措施（提醒業主通知承商儘速加以確認或召開會議要求承商提出說明並徵詢GESC或DDC之建議）等資料供參考。

7. 監測、告知資料之傳送

由於捷運系統初期路網廣佈台北都會區各地（從北邊之淡水到南邊之新店、中和；西邊之板橋至東邊之南港），而GESC一個監測站便得負責收集2~3個施工標之監測資料（如圖八~圖十所示），且與公司總部更是相隔兩地，因此，若仰賴傳統之磁片傳送方式，作為監測站與資料處理中心間傳送資料之工具將耗費曠時，且無效益可言。因此，GESC早期係藉由電子數據機與電信局電子信箱之設立，由監測站將壓縮處理之資料傳遞至已申請之電子信箱中，再通知資料處理中心亦經由數據機至電子信箱中將資料取下、解壓，並進行所須之處理動作。由於現階段電腦軟體之發展迅速，就現階段之作業環境而言，已可利用數據機，經由普通電話線，進行兩方電腦之連線作業。使用者之近端電腦，僅須使用常駐軟體進行撥號作業（只要遠方電腦之電話線無旁線接通），即可順利完成撥號作業，並與遠方電腦連線之後，即可選擇遠端或近端電腦為主控或被控端，成為主控端者即可掌握被控端機器內之運作，或將所欲傳送之檔案資料送至被控機器內。利用上述方式，不論測站與總部之資料處理中心相隔多遠，只要兩端配備有連線電話線及數據機，即可進行數據機連線，被控端只需機器人時，達到自動化之目的。捷運系統工程初期施工階段之

作業，在監測站與監測承商間，係以磁片作為傳送之工具，但後期由於上述電腦軟體之發展，GESc亦多鼓勵承商改採上述方式，進行資料傳輸作業，以節省雙方之作業時間與人時。

由於上述軟體之發展，不僅可進行電腦與電腦間彼此之連線作業，更新之發展，已可將電腦檔案經由連線作業，將近端之電腦檔案資料傳送至遠端之傳真機，而經過測試結果顯示，經由傳真機所列印出之電腦檔案書面資料其品質亦已改善許多，甚至於圖形資料（如監測儀器平面配置圖）之輸出品質亦已大輻改善。因此，GESc亦已從民國八十三年起，逐步使用電腦傳真機連線方式，傳送各標監測儀器量測結果告知單等相關資料至捷運局各相關單位（如其現場工程品管單位等），以取代傳統之文件傳送方式，不僅節省人力，亦可掌握告知資料之時效性。而上述作業所須花費者，則僅是通話時間之費用與電腦用電費用，若欲進一步節省所須傳輸時間，則可考慮採用傳真機，即可縮短傳輸時間，節省通話費用，其作業流程如圖二十一所示。

8. 量測頻率之檢核

由於GESc之監測站係同時面對2~3個監測承商，因此，在施工密集期間，若欲仔細查核承商對於工區內所裝設之監測儀器何者該測而未測，則勢必得投入大量人力，因此，發展一自動查核程式（LAST），在LAST程式中設定資料日期之搜尋範圍，將大量反覆搜尋之動作交由電腦程式處理，程式根據輸入之範圍，檢核每點監測儀器之歷時量測資料，以程式執行日期起算，將超過搜尋範圍，仍未找到至少一筆資料之儀器點位列出，監測站工程師根據上述搜尋結果之列表資料，即可馬上看出監測工作之執行成效，並適時提供業主參考。

9. 監測資料庫之更新與維護

GESc配合捷運施工時程，於民國76年起開始作業（木柵線、淡水線），而預定於民國八十四年結束（板橋線、中和線）。預估在完工時所收集到之資料數量將高達900萬筆，因此，不僅資料收集時間長達九年，而資料庫數量亦相當龐大。現階段由專業監測承商定期量測與GESc不定期抽檢之資料筆數則如圖二十三所示，由圖中統計結果可看出，截至目前為止所收集到之資料已高達450萬筆，而現階段現場施工均呈全面展開之顯峰狀態，因此以目前每月增加筆數之速率預估，在未來一年中將可增加至少200萬筆，而使資料總累積比數達到最初預估之70%。因此，定期對資料庫進行整合、排序、備份，將可節省大量資料分析時所須之搜尋時間，並確保資料之完整性與安全。

10. 相關施工資料之收集整理

由於監測資料須配合現場施工現況方能作出最合宜之研判，因此，在各標長達三、四年之工期中，若僅依賴傳統方式，以書面方式記錄各項現場工作之進度等數據（如採明挖覆蓋法施工之各階開挖、支撐架設等時程；潛盾施工時各環組立之進度、二次灌漿壓力、總推力等資料），在進行監測資料之研判時，將須翻閱大量書面資料，甚或須先行計算方能使用，基於此種考量，GESc藉由監測系統資料庫所建立之架構，將上述現場收集之資料亦納入資料庫中加以管理，提供後續回饋分析，或是現場進行研判所需之訊息。如圖二十四所示，即為所收集之潛盾施工資料，配合所監測之沉陷歷時曲線表示之圖形，由圖形中之資料顯示，沉陷量之顯著發生時機係為潛盾機通過前後，此點即可說明施工資料之收集與其應用。圖二十五所示，則為現場所收集到潛盾施工資料，放入資料庫之欄位資料。

五、資料庫系統之特色

台北大眾捷運系統工程之規模相當浩大，因此，整個監測系統所收集之資料數量亦非常驚人，如何有效的掌握資料之完整與時效，並井然有序的加以管理，是一重要課題。本資料庫管理系統即基於各方面之考慮所設計發展而成，

具有下列各項優點：

- 1) 從資料庫中，可以很快地、任意的擷取所需要的資料，以供應用。
- 2) 從資料庫擷取之資料，可以立即繪圖、列印並製表。
- 3) 資料庫之資料可應用程式加以維護。
- 4) 資料均集中在一起，可隨時提供使用者所需之整體資訊。
- 5) 只要資料庫容量夠大，再多的資料亦能輕易地加以有效地處理。
- 6) 資料庫之結構與內含資料發生變動時，不影響使用者之程式。
- 7) 資料庫管理系統對其內部資料有完善的保護功能，故資料不易被偷取。
- 8) 資料庫之資料，透過傳輸系統可供相關單位取用。

9) 本資料庫系統以畫面功能表輔助設計，使用者很容易就能操作。隨著台北捷運工程的陸續展開，大地監測系統的功能必將逐漸發揮，其中建立及使用這套系統的專業經驗，必將對日後超大型工程的監測工作有重大的貢獻。

六、 結論

綜觀國際間監測系統發展的狀況，再根據台灣過去使用的經驗看來，監測系統發展的趨勢是走向自動化：自動化的記讀、處理及應用監測資料。監測系統的自動化，除了可以大幅度的降低成本，最大的效益還是在於即時有效的處理資料以及減少人為錯誤的可能性。目前大部份的監測記讀，還是經過人工的量測，但是除了如傾度儀等的監測儀器，幾乎所有的監測儀器都可以轉成為自動式的記讀，因此也都可以變成遙控式的記讀。尤其當記讀自動化以後，再配合電腦化的資料庫管理系統，監測系統的功能可以充份發揮，效率可以大為提高。

七、 參考文獻

- 1、 蕭仲光，秦中天，詹世倍，台北捷運大地工程監測系統之資料處理，八十年電子計算機於土木水利工程應用論文研討會，民國八十年10月18-19日。
- 2、 華立仁，黃立煌，胡海潮，秦中天，台北捷運系統地工設計，兩岸地工技術交流研討會，民國八十二年十月。
- 3、 朱旭，台北都會區捷運工程隧道施工技術及應用，兩岸地工技術交流研討會，民國八十二年十月。
- 4、 亞新工程顧問公司，八十二年營建自動化規劃設計組銀牌獎參展資料，八十二年四月。

表一、施工區域內外側所裝設監測儀器種類比較表

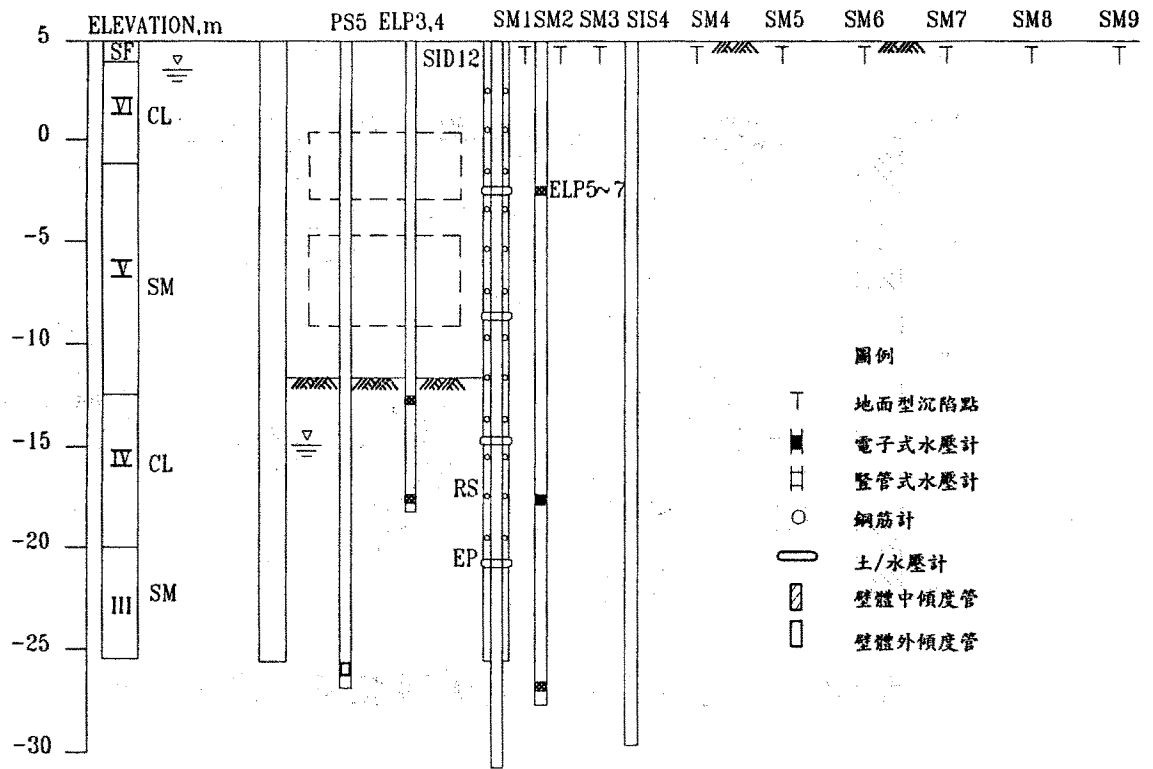
儀器種類	明挖覆蓋段		潛盾隧道段	
	開挖區內側	開挖區外側	隧道路線上方	沿線建物
永久水準點		√		√
結構體沉陷點		√		√
路面或其他表面沉陷點		√	√	√
公共管線沉陷點		√	√	√
多點/單點桿式伸縮儀		√	√	√
淺式沉陷計		√	√	√
連續沉陷計		√		√
房屋傾斜儀		√		√
裂縫儀		√		√
裂縫計		√		√
土壤中傾度管	√	√	√	√
連續壁內傾度管	√			
鋼筋計	√			
水位觀測井/水壓計	√	√	√	√
土/水壓計	√			
支撐應變計	√			
支撐荷重計	√			
隆起桿	√			
襯砌收斂觀測點			√	

表二 監測儀器量測頻率一覽表

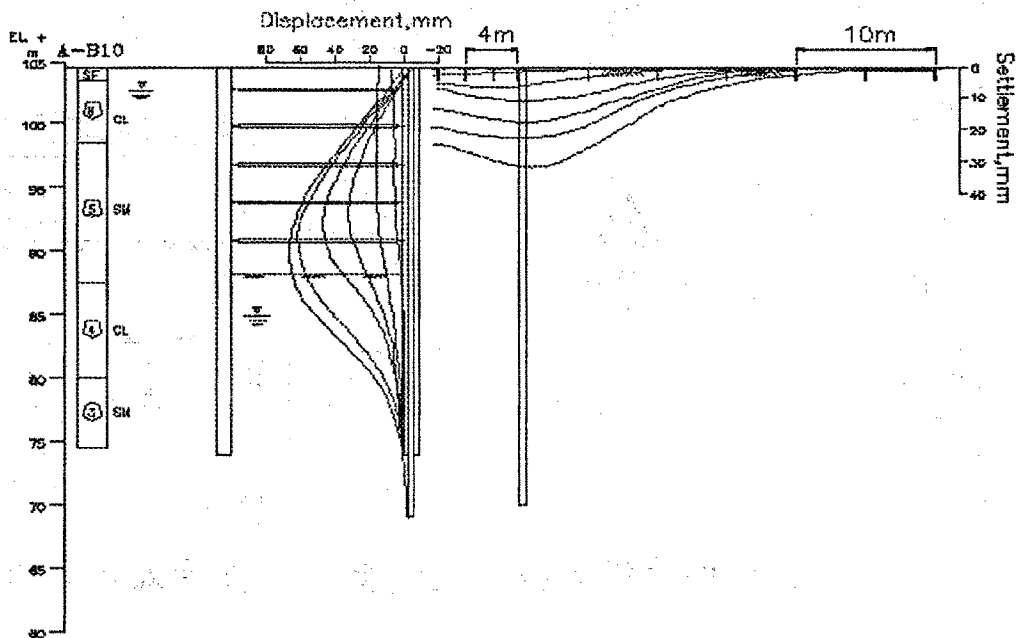
項次	儀器	量測頻率
1	永久水準點	每三個月一次
2	沉陷點	
	a. 鄰近明挖覆蓋區建物之前方	每週一次
	b. 鄰近明挖覆蓋區建物之其他沉陷點	每月一次, 若任何何建物沉陷點超過警戒值則每週一次
	c. 緊鄰鑽掘隧道區之建物	1. 在潛盾機通過前, 每月一次 2. 在灌漿期間連續監測, 然後每週一次, 直到沉陷穩定為止
	d. 路面或其他表面沉陷點	每兩週一次
	e. 公共管線	每兩週一次
3	多點桿式伸縮儀	1. 在潛盾機通過前, 每月一次 2. 潛盾機通過期間連續監測, 然後每週一次, 直到沉陷穩定為止
4	淺式沉陷計	每兩週一次
5	房屋傾斜儀	每週一次
6	土壤中及連續壁內傾度管	每週一次, 支撐施加預壓及移除前後各量測一次
7	鋼筋計	1. 每週一次, 並於支撐施加預壓及移除前後各量測一次 2. 於近連續壁處灌漿期間連續監測
8	水位觀測井/水壓計	每週一次, 但抽水期間每日一次
9	土壓計與電子式水壓計	每週一次
10	應變計	1. 支撐架設及施加預壓後十日內每日一次, 然後每週一次 2. 於近連續壁處灌漿期間連續監測
11	表面型振弦式應變計	灌漿期間連續監測
12	襯砌收斂觀測點	隧道收斂計在隧道襯砌安裝後8小時內作第一次量測,
		環片施作後與第二條隧道通過後之量測頻率如下:
		a. 第一天: 二次
		b. 第一週: 每天一次
		c. 第二週: 每週二次
		d. 第三週(含)以後: 每週一次直到變形穩定並經工程司同意

表三 監測儀器量測項目及管理值一覽表

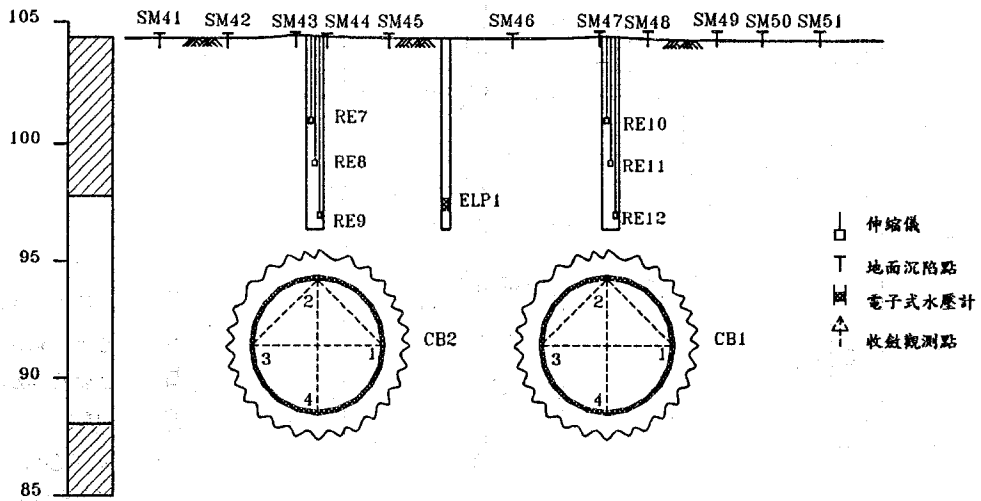
儀器名稱	觀測項目	管理值	
		警戒值	行動值
結構物沉陷點	量測建物沉陷量	22mm	25mm
房屋傾斜儀	量測建物傾斜量	4分弧	6分弧
連續壁內傾度管	量測壁體側向位移量	60mm	85mm或連續壁曲率超過1:350
土壤中傾度管	量測土體側向位移量	30mm	40mm
鋼筋計	量測壁體鋼筋應力	250Mpa	350Mpa
土/水壓計	量測土層側向土水壓力	參考	-
豎管式/電子式水壓計(開挖區外側)	量測地下水位	-2m	-3m
豎管式/電子式水壓計(開挖區內側)	量測地下水位	開挖面下1m內或上舉破壞之安全係數小於1.25	無法排水
支撐應變計	量測支撐軸力	設計荷重90%	設計荷重125%
表面型振弦式應變計	量測應力	灌漿期間發現應變時	1000微應變單位
襯砌收斂觀測點	量測襯砌環片變形量	直徑改變量超過10mm	直徑改變量超過15mm
路面或其他表面沉陷點	量測路面等之沉陷量		



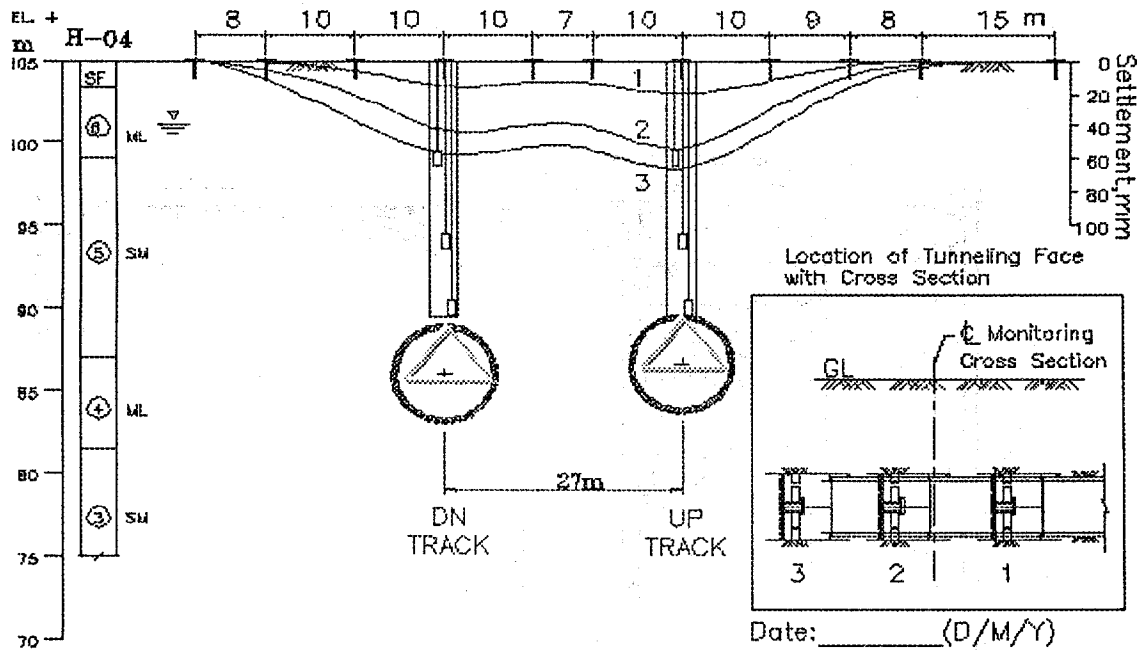
圖二、明挖覆蓋段監測儀器裝設位置斷面圖



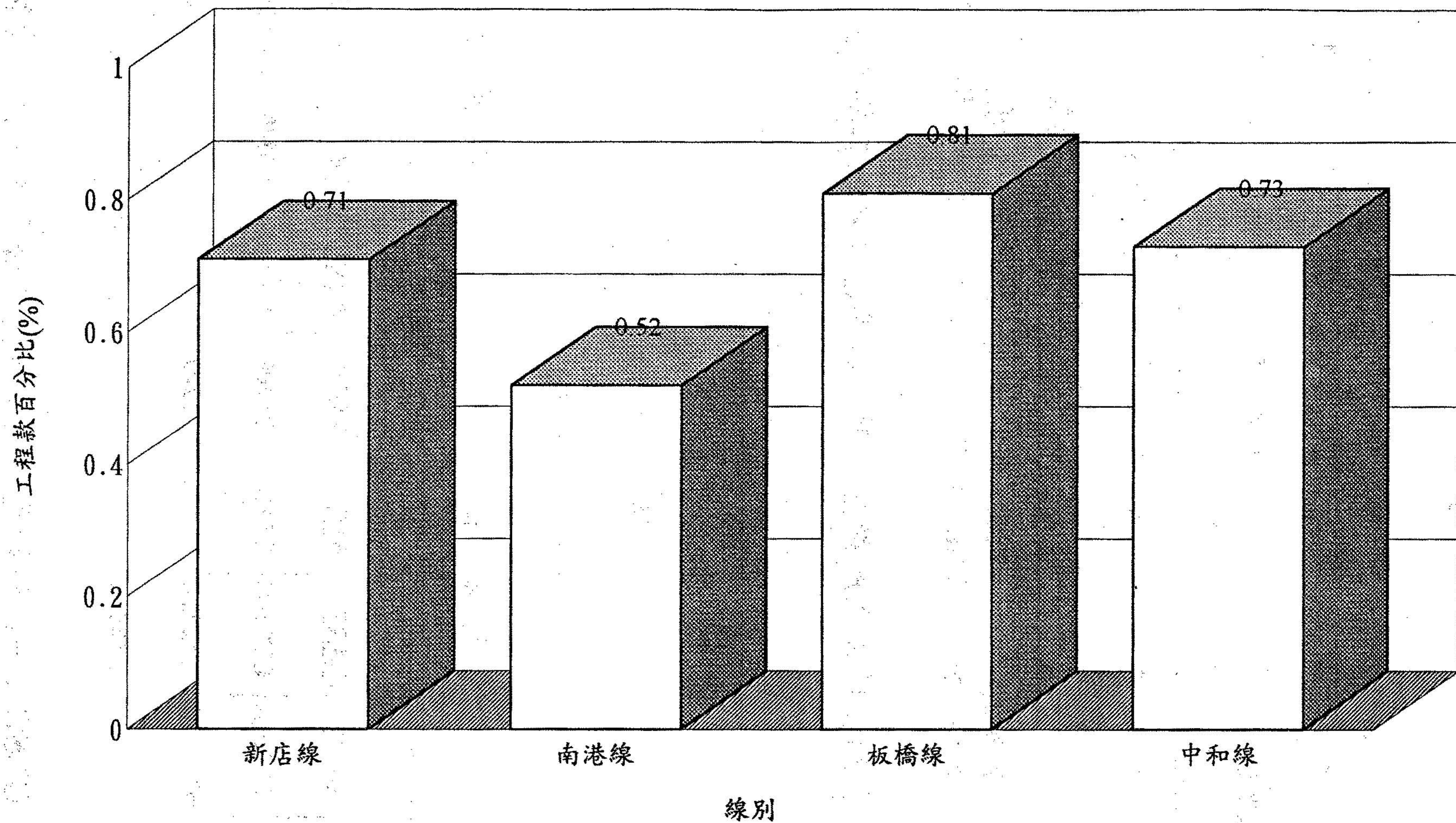
圖三、深開挖資料分析結果示意圖



圖四、潛盾隧道段監測儀器裝設位置斷面圖

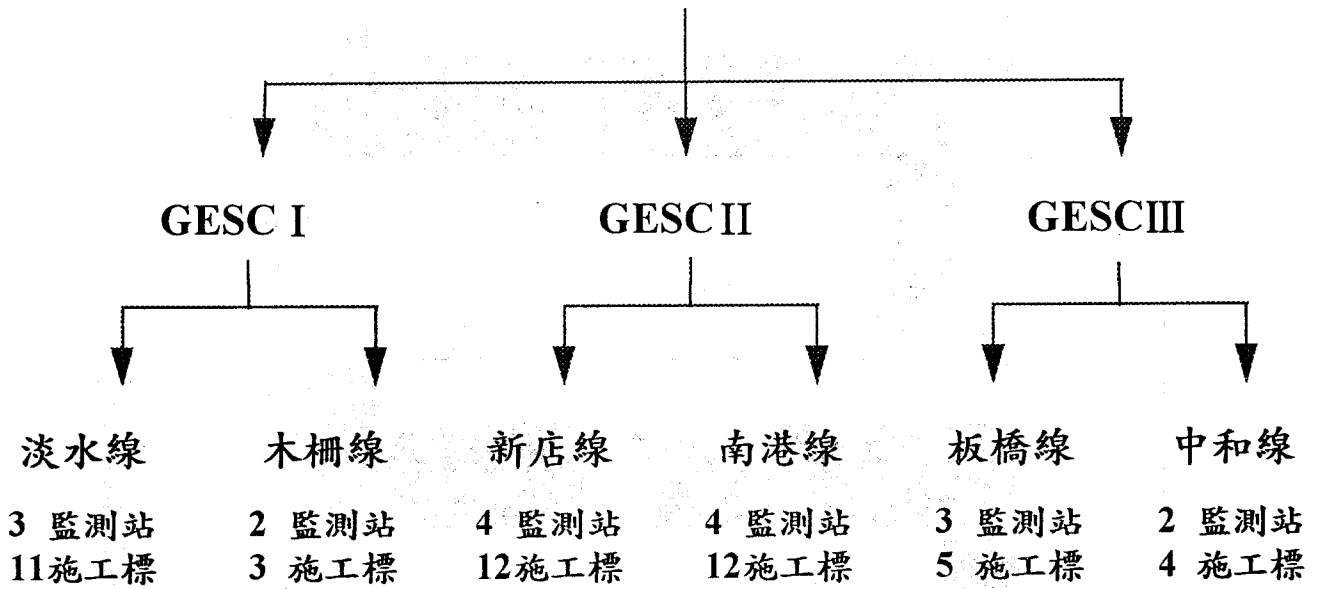


圖五、潛盾隧道施工監測資料分析結果示意圖



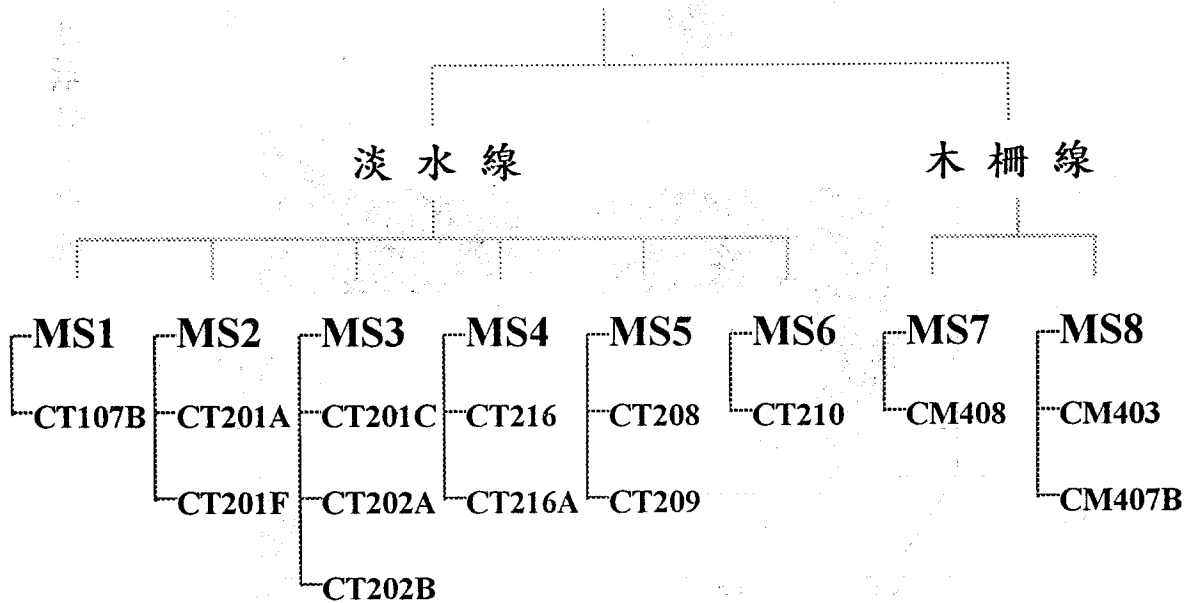
圖六、台北捷運系統各路線監測費用比例統計圖

資料處理中心



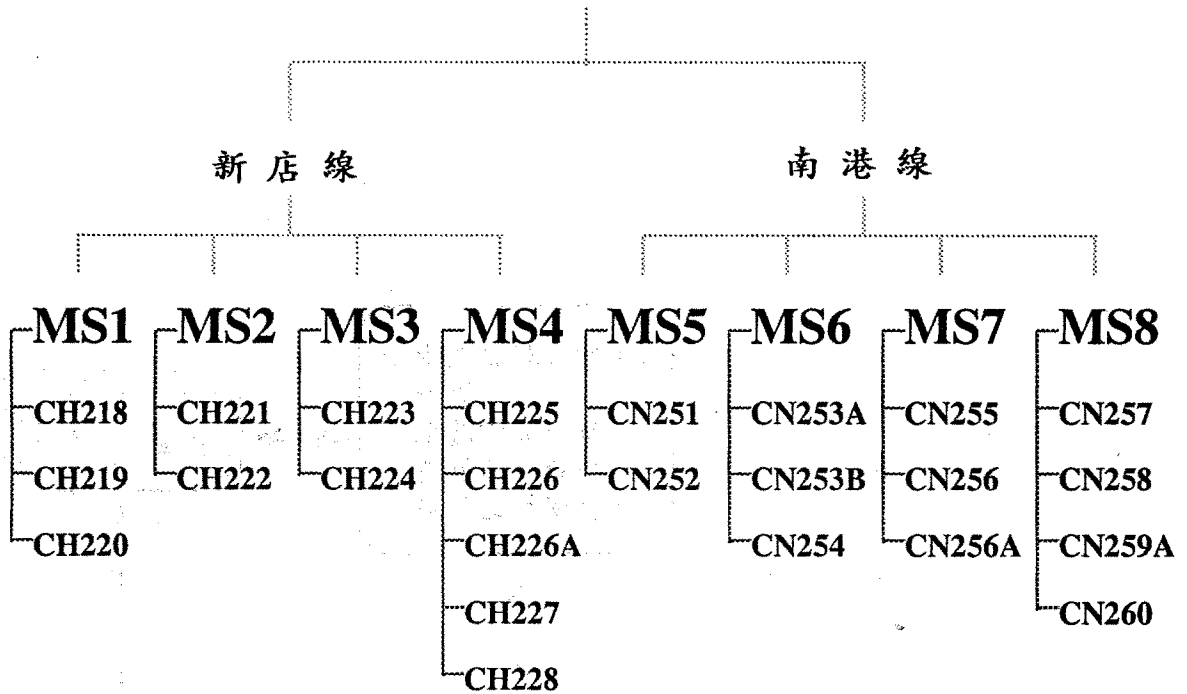
圖七、台北捷運工程所設置監測站與其包含之施工標數量統計圖

第一期合約



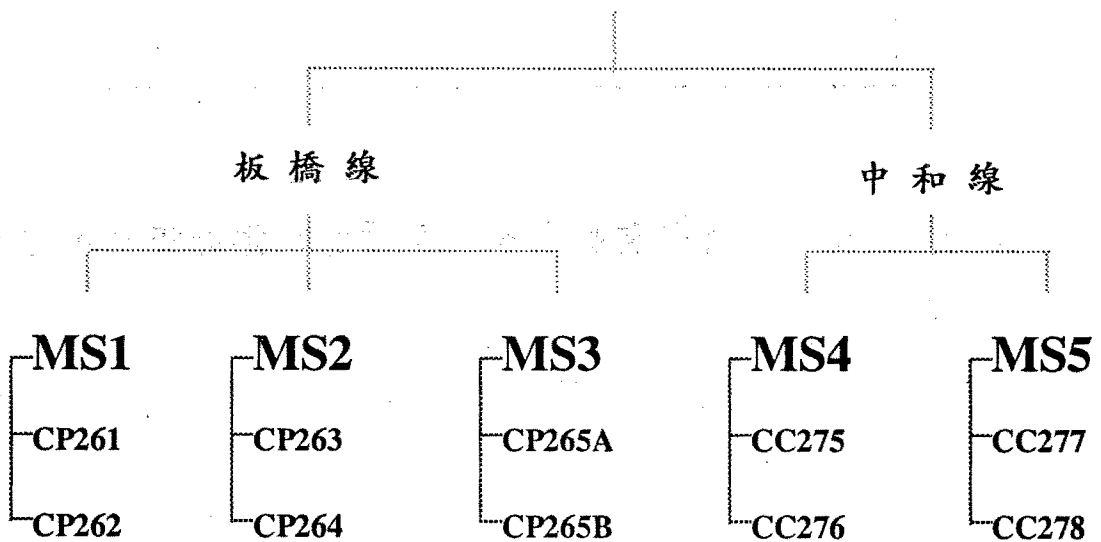
圖八、GESC第一期所設置監測站與其包含之施工標數量統計圖

第二期合約

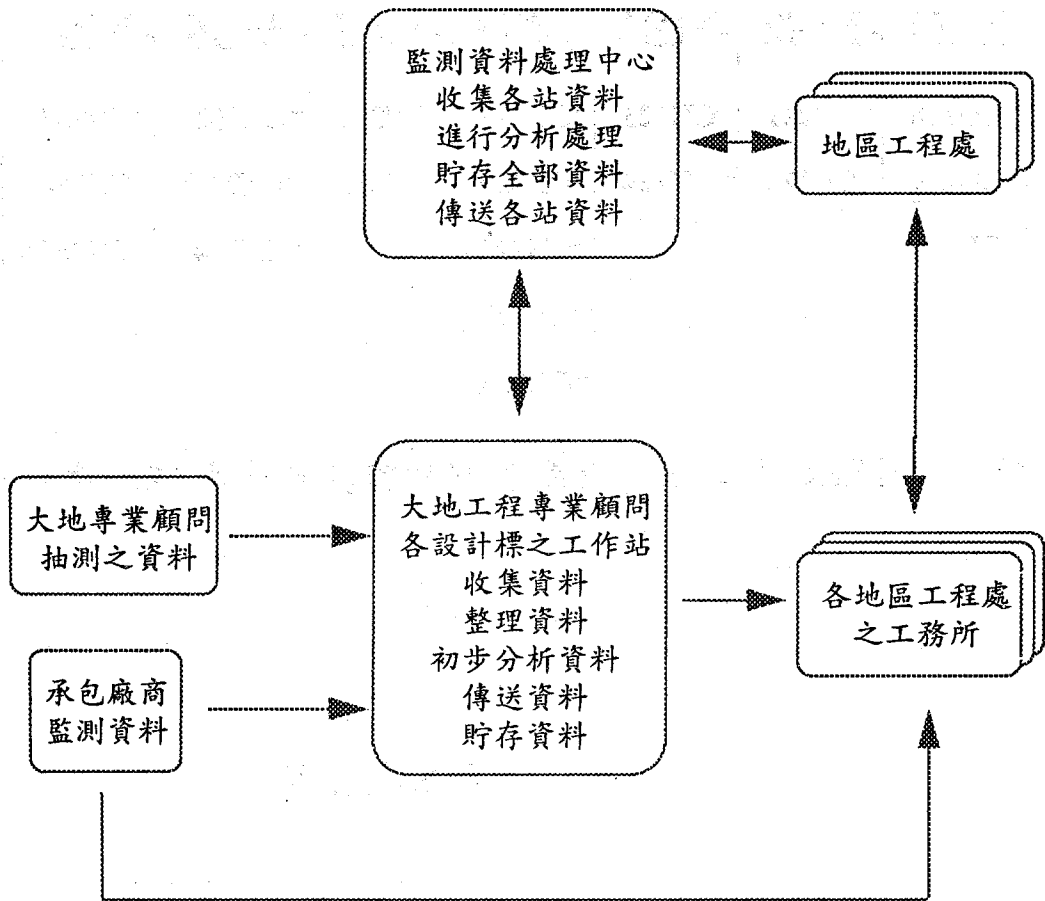


圖九、GESC第二期所設置監測站與其包含之施工標數量統計圖

第三期合約



圖十、GESC第三期所設置監測站與其包含之施工標數量統計圖

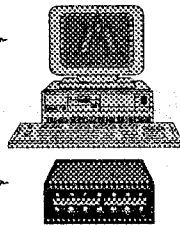


圖十一、監測作業系統各介面間資料傳送流程示意圖

GESC工地監測站



資料處理中心



GESC工地監測站



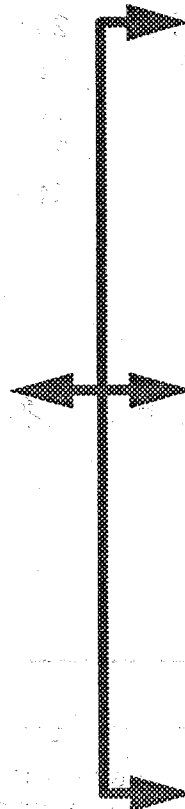
捷運局



各工程處



品保中心



GESC工地監測站以MODEM可與其它
監測站或總部之電腦連線作業

總部以FAX MODEM與捷運局各單
位電腦連線，傳遞預警告知文件

圖十二、監測資料與預警系統傳輸方式示意圖

日報檔製作

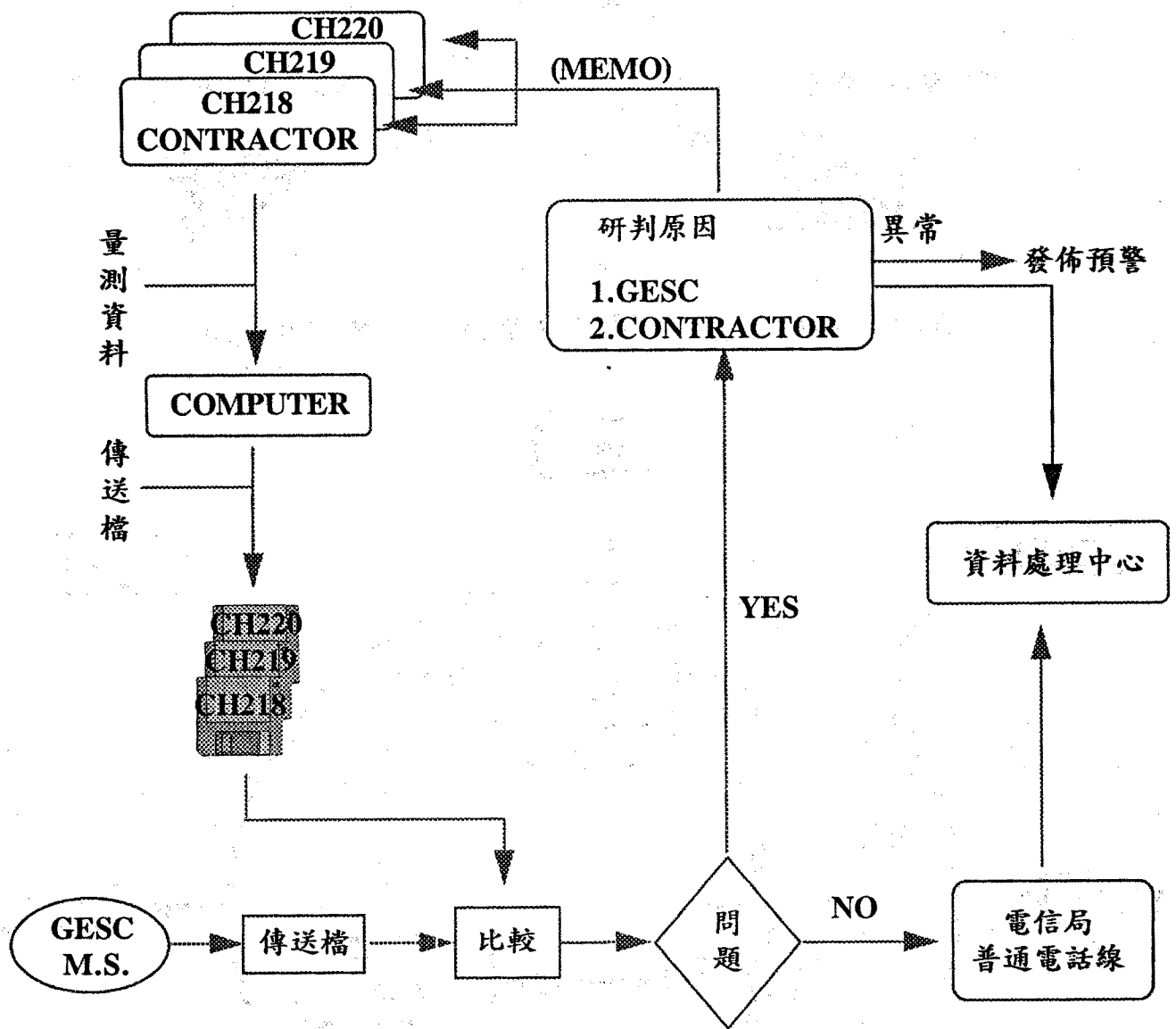
- | | | |
|------------------|--------------------|------------------|
| 1、 BM (永久水準點) | 13、 HI (隆起桿) | 25、 SID (連續壁內傾度) |
| 2、 BRT (隧道沉陷岩釘) | 14、 ISS (傾度兼測沉系統) | 26、 SIS (土壤中傾度管) |
| 3、 CBB (建物收斂觀測點) | 15、 LC (支撐荷重計) | 27、 SM (地面型沉陷點) |
| 4、 CG (裂縫計) | 16、 OW (水位觀測井) | 28、 SSI (淺式沉陷計) |
| 5、 CM (裂縫儀) | 17、 PC (襯砌應力計) | 29、 SU (公共管線沉陷) |
| 6、 CP (襯砌收斂觀測點) | 18、 PP (壓力式水壓計) | 30、 SVR (鉛直沉陷桿) |
| 7、 CS (混凝土應變儀) | 19、 PS (豎管式水壓計) | 31、 TI (房屋傾斜儀) |
| 8、 ELP (電子式水壓計) | 20、 RZ (壁外水壓計) | 32、 VG (支撐應變計) |
| 9、 EPL (壁內水壓計) | 21、 RE (深式沉陷計) | 33、 SP (沉陷板) |
| 10、 EP (土/水壓計) | 22、 RS (鋼筋計) | |
| 11、 EXM (多點伸縮儀) | 23、 SB (結構物或基礎沉陷點) | |
| 12、 EXS (單點伸縮儀) | 24、 SCG (電子式連續沉陷計) | 0、 結束作業... |

請鍵入選擇項 =====>

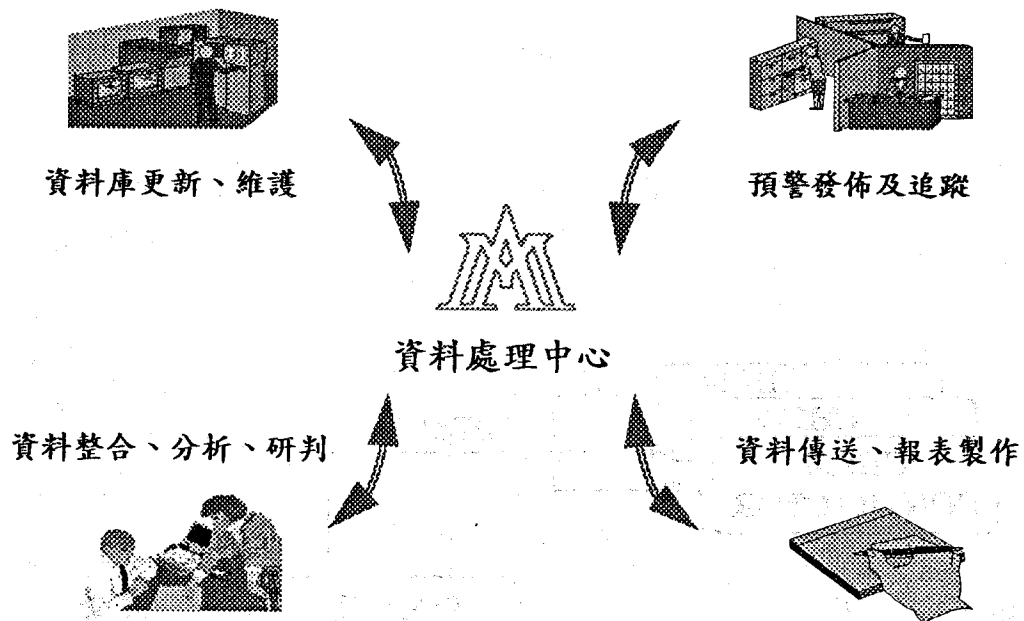
圖十三、各項儀器監測日報表製作系統

CLIENT 業主						
監測儀器 INSTRUMENT 土/水壓計 COMBINED EARTH PRESSURE CELL AND PIEZOMETER				觀測日期 DATE : 時間 TIME :		天氣 WEATHER :
測讀器編號 READOUT UNIT :		記錄者 READ BY :		計算者 CALCULATED BY :		
土/水壓計編號 TRANSDUCER NO.	埋設深度 INSTALLATION DEPTH (m)	變換係數 TRANSDUCER FACTOR	初始值 INITIAL READING	量測值 READING	總土/水壓力 PRESSURE (t/m ²)	備註

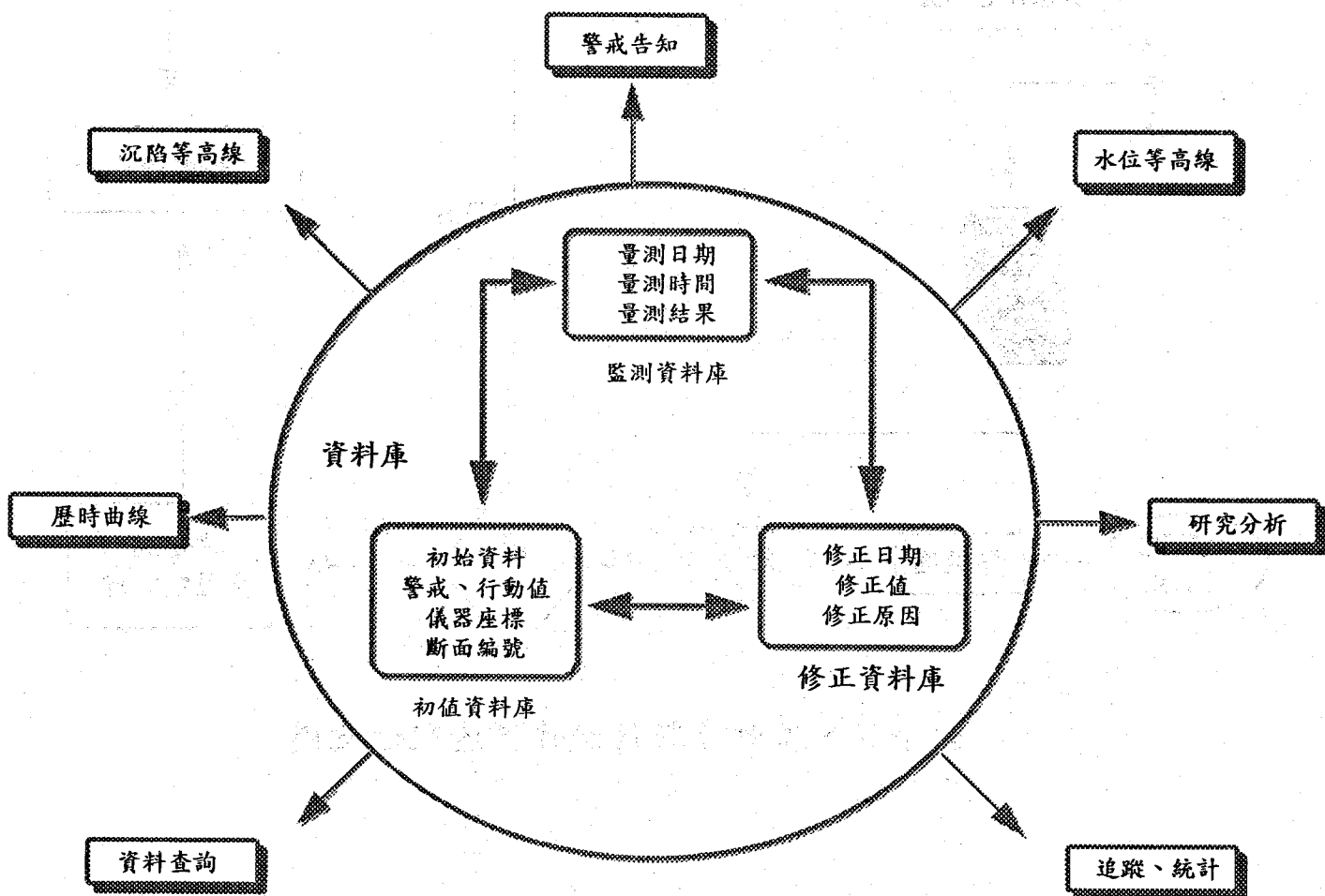
圖十四、監測儀器量測資料日報表



圖十五、監測資料傳送作業流程示意圖



圖十六(a)、資料處理中心監測作業系統功能示意圖



圖十六(b)、監測作業系統架構及其功能示意圖

施工標	儀器編號	裝設位置	裝設深度	裝設日期	量測初值	警戒值	行動值	儀器現況
CH218	SB1	復建大樓		5/1/92	105.331	25	35	良好
CH218	SB2	警察局		7/15/92	106.521	25	35	良好
CH218	SM1	出入口C前		6/1/92	104.597	35	45	良好
CH218	SM2	出入口C前		6/1/92	104.633	35	45	良好
CH218	SM3	出入口C前		6/1/92	104.612	35	45	良好
CH218	SM4	出入口C前		6/1/92	104.603	35	45	毀損
CH218	SM5	出入口C前		6/1/92	104.617	35	45	良好
CH218	SM6	出入口C前		6/1/92	104.599	35	45	良好
CH218	SB1	復建大樓		8/1/91	105.331	25	35	良好

圖十七、監測儀器初值資料庫架構示意圖

[Esc] 離開 [Ins] 新增 [Del] 刪除 [Enter] 修改

標別	群組編號	儀器序號	儀器1	儀器2	儀器3	儀器4	儀器5	儀器6	儀器7
CH218	A1008_SB	SB	SB94	SB95	SB96	SB97	SB98	SB99	SB100
CH218	A1008_SB	SB	SB75	SB76	SB77	SB78	SB79	SB80	SB81
				⋮					
				⋮					
				⋮					
				⋮					
				⋮					
				⋮					

圖十八(a)、監測儀器群組資料庫格式

標別：CH218

群組編號：A1008_SB

儀器序號：SB

位置或建物名稱：台大醫院

圖名：

儀器1：SB95

儀器2：SB96

儀器3：SB97

儀器4：SB95

儀器5：SB96

儀器6：SB97

儀器7：SB95

儀器8：SB96

儀器9：SB97

儀器10：SB95

上行環數：

下行環數：

備註日期1：

備註說明1：

備註日期2：

備註說明2：

備註日期3：

備註說明3：

圖十八(b)、監測儀器群組資料輸入格式

[Esc] 結束 [Del] 刪除 [F3] 存檔 [F5] 取消記號 [F6] 記號刪除

現場編號	量測結果	容許差	預警值	警戒值	行動值	上次量測結果
EXM501	-42.20	2.00	10.00	20.00*	45.00	-41.90 (11/03/93)
EXM502	-45.40	2.00	10.00	20.00	45.00*	-45.40 (11/03/93)
EXM564	-29.80	2.00	10.00	20.00*	45.00	-29.10 (11/03/93)
EXM565	-24.80	2.00	10.00	20.00*	45.00	-30.30 (11/03/93)
EXM566	-21.60	2.00	10.00	20.00*	45.00	-21.30 (11/03/93)
EXM567	-35.90	2.00	10.00	20.00*	45.00	-35.30 (11/03/93)
EXM568	-34.40	2.00	10.00	20.00*	45.00	-34.20 (11/03/93)
EXM569	-39.70	2.00	10.00	20.00*	45.00	-39.10 (11/03/93)
SB584	-26.00	2.00	10.00	20.00	25.00*	-25.50 (11/09/93)
SB585	-32.60	2.00	10.00	20.00	25.00*	-32.10 (11/09/93)
SB586	-40.60	2.00	10.00	20.00	25.00*	-40.10 (11/09/93)
SB587	-57.80	2.00	10.00	20.00	25.00*	-56.20 (11/09/93)
SB592	-13.30	2.00	10.00*	20.00	25.00	-12.60 (11/09/93)
SB596	-35.90	2.00	10.00	20.00	25.00*	-35.20 (11/09/93)
SB600	-18.20	2.00	10.00*	20.00	25.00	-17.50 (11/09/93)
SB601	-50.70	2.00	10.00	20.00	25.00*	-50.00 (11/09/93)
SB602	-49.80	2.00	10.00	20.00	25.00*	-49.20 (11/09/93)
SB604	-10.30	2.00	10.00*	20.00	25.00	-9.60 (11/09/93)
SB605	-18.70	2.00	10.00*	20.00	25.00	-17.80 (11/09/93)
SB606	-19.50	2.00	10.00*	20.00	25.00	-18.80 (11/09/93)

【英數】 【半形】

倚天

圖十九、預警系統程式執行結果畫面

預 警 告 知

標別：MAA

量測日期：10/01/93

GESC收到資料日期：10/03/93

注意：下列量測值已達預警值（警戒值之半），建議工務所通知承商及細部設計顧問，注意並檢討原因。

No.	儀器量測結果	預警值	警戒值
沉陷點（結構物或基礎）	(mm)	(mm)	(mm)
1 SB101	-12.3	10.00	20.00
2 SB121	-13.6	10.00	20.00
3 SB153	-13.8	10.00	20.00

警 戒 告 知

標別：MAA

量測日期：10/01/93

GESC收到資料日期：10/03/93

注意：下列量測值已達警戒值，建議工務所要求承商說明發生的原因，並提報因應措施，以防止情形惡化，並要求各有關單位審查承商所提之方案，以研究其可行性及效益。

No.	儀器量測結果	預警值	警戒值
沉陷點（結構物或基礎）	(mm)	(mm)	(mm)
1 SB101	-12.3	10.00	20.00
2 SB121	-13.6	10.00	20.00
3 SB153	-13.8	10.00	20.00

行 動 告 知

標別：MAA

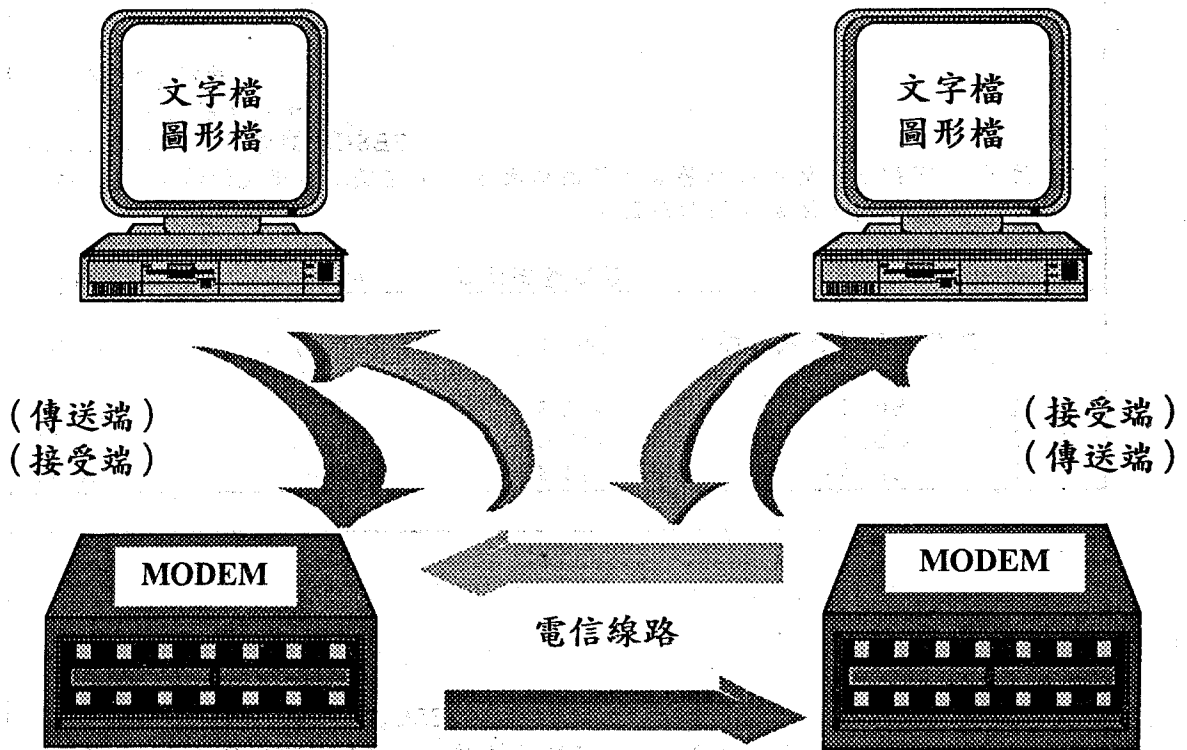
量測日期：10/01/93

GESC收到資料日期：10/03/93

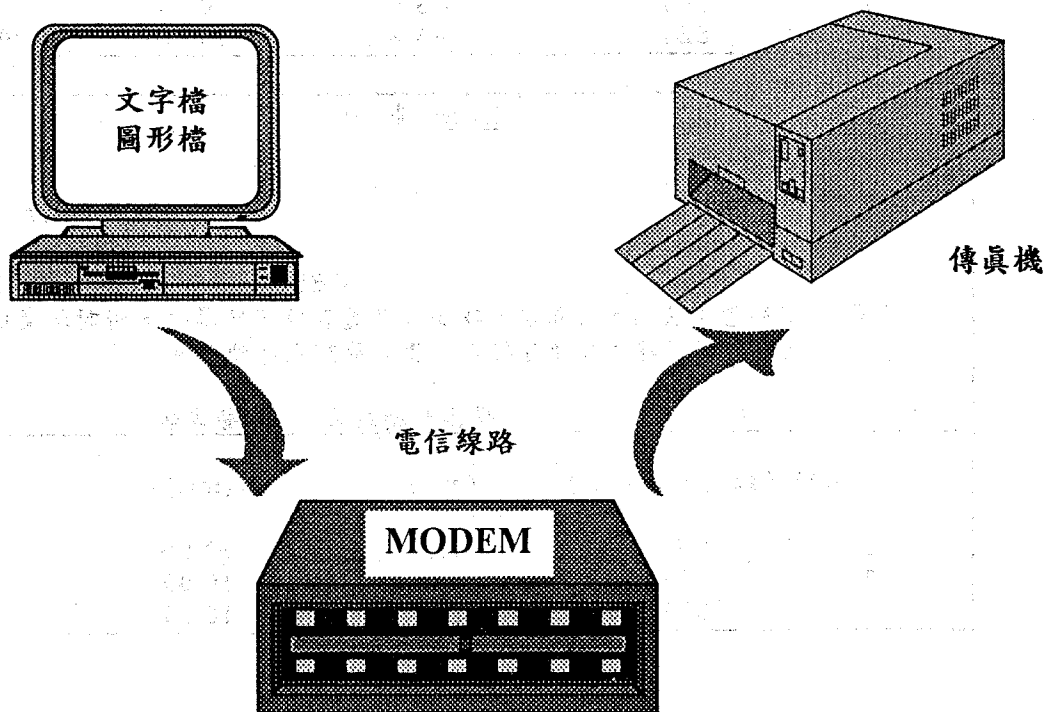
注意：下列量測值已達行動值，建議工程處召集有關單位，研討承商所提之方案，並擇其有效可行者，責成承商立即執行。

No.	儀器量測結果	警戒值	行動值
沉陷點（結構物或基礎）	(mm)	(mm)	(mm)
1 SB101	-12.3	10.00	20.00
2 SB121	-13.6	10.00	20.00
3 SB153	-13.8	10.00	20.00

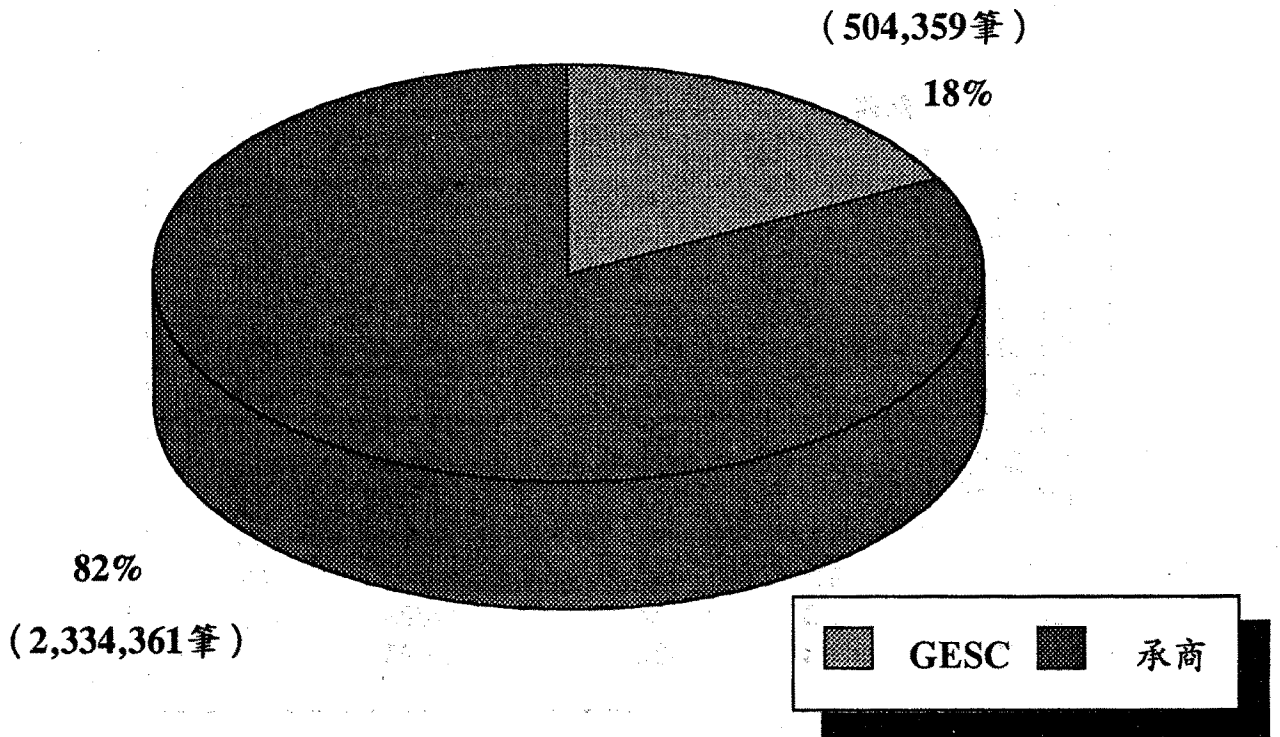
圖二十、監測作業系統預警、警戒、行動告知



圖二十一、電腦與電腦連線作業示意圖

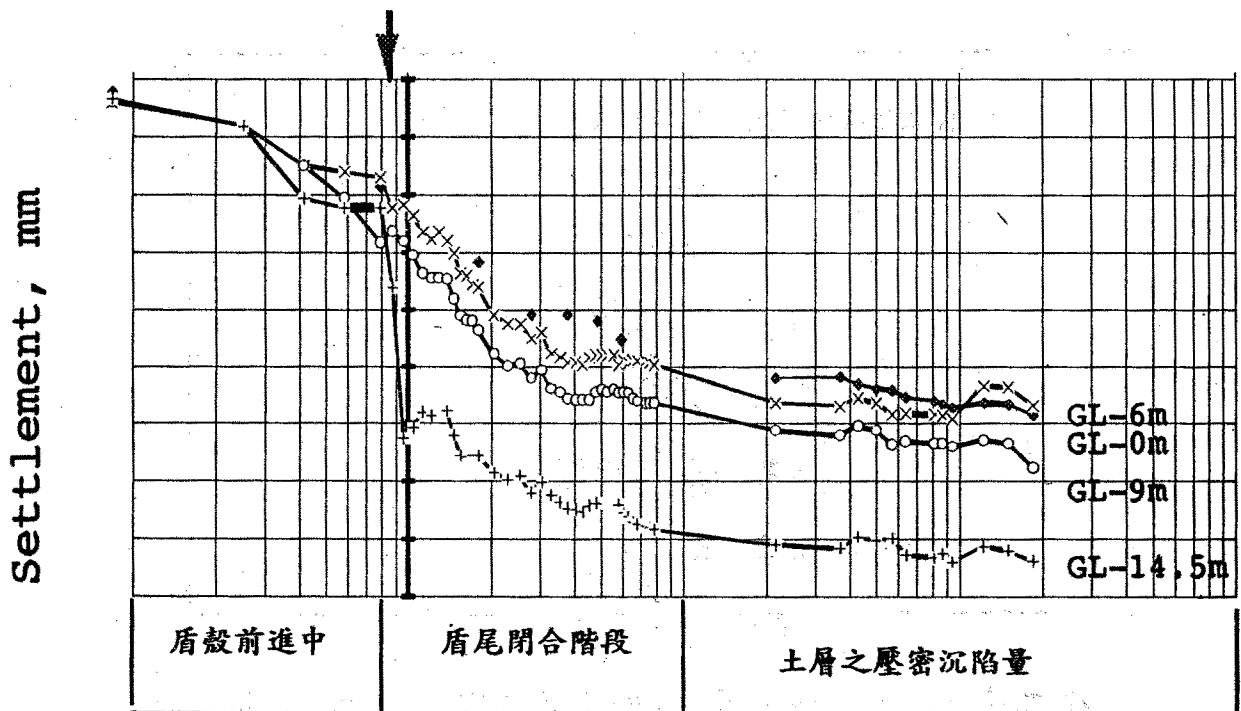


圖二十二、電腦與傳真機連線作業流程示意圖



圖二十三、監測資料庫資料筆數統計圖

切刀通過沉陷點斷面後之經過天數



圖二十四、監測資料歷時曲線配合施工記錄研判圖例
〔潛盾隧道上方因潛盾機通過所引致之地表沉陷〕

[Esc] 離開 [Ins] 新增 [Del] 刪除 [Enter] 修改

標別	潛盾機代碼	環數	日期	前進天數
CH218	1B	615	08/15/93	102
CH218	1B	616	08/15/93	102
CH218	1B	617	08/15/93	102
CH218	1B	618	08/15/93	102
CH218	1B	619	08/15/93	102
CH218	1B	620	08/15/93	102
CH218	1B	621	08/16/93	103
CH218	1B	622	08/16/93	103
CH218	1B	623	08/16/93	103
CH218	1B	624	08/16/93	103
CH218	1B	625	08/16/93	103

圖二十五(a)、潛盾施工記錄資料庫格式

台北市捷運專案潛盾前進資料系統 V1.3

標別 : CH218

潛盾代碼 : 1B

環數 : 625

日期 : 08/26/93

前進天數 : 103

圖二十五(b)、潛盾施工記錄資料輸入格式畫面