

工程安全監測規範之訂定
**SPECIFICATIONS FOR
INSTRUMENTATION AND MONITORING**

黃南輝

R. N. Hwang

原著載於工程安全監測技術研討會
1998 年 9 月 4~5 日，第 1~36 頁

*Reprinted from Proceedings of
Symposium on Instrumentation and Monitoring
Taipei, Taiwan
September 4~5, 1998, pp.1~36*

工程安全監測規範之訂定

黃 南 輝

亞新工程顧問公司 捷運專案經理

壹、緒言

隨著都會區之蓬勃發展，超高大樓如雨後春筍般出現，而地下開挖也有越來越深的趨勢。由於都會區大都位於沖積平原，地質條件非常不利於深開挖，因此因施工不當所產生之災變屢見不鮮，而隨著開挖深度之增加，災變所衍生之損失也愈趨嚴重，如何確保工程之安全也自然成為一個極為重要的課題。

民國 82 年 2 月在台北市承德路以及民國 82 年 9 月在基河路所發生的災變相信大家記憶猶新，這兩個災變都造成鄰房嚴重的損害。除了鄰房之安全外，管線及假設工程之安全也不容忽視。在民國 84 年 8 月，韓國第三大城大邱的一個地下鐵工地即因施工時瓦斯管破裂而引發爆炸，造成 103 人死亡 189 人輕重傷之慘劇，而挖斷自來水管造成斷水，挖斷電纜，造成斷電的情形在都會區更是屢見不鮮。監測作業悠關公共安全，因此在都會區施工中佔有重要的地位。目前民意高漲，鄰房之安全保證時常成為工程是否能順利開工之關鍵，而居民之抗爭導致工程停頓之情事，不乏先例。過去對工程安全之忽視，導致民眾對具有危險性的工程，如深開挖及隧道掘進，心生恐懼，對工程師之能耐也缺乏信心。這除歸究於業主只求價廉不講求施工品質之心態外，工程人員本身對施工安全缺乏認知，也是難辭其咎。而現在受到民意之督促，對工程安全之重視激勵工程人員在設計及施工方面力求改善，也逼使業主在預算中編列適當的監測費用，所以說這些演變，有其正面的意義。

不幸的是，由於近年來景氣低迷，搶標之下，監測費用受到不合理的壓縮，監測的品質不但未能提升，反有下降的趨勢。而未來大型工程逐漸流行以 BOT 型態興建，承包商有更大的主導權，由於承包商一向對監測作業不甚重視，甚至有排斥之心態，未來之監測作業品質

堪慮，因此無論在技術面或合約面都有極大的探討空間。為保障公眾之安全及利益，規範必須周全，使甲乙雙方便於遵循。在大型公共工程之下，甚至有必要成立一個獨立的單位，負責監造作業的品管工作。

本文之目的在討論施工安全監測規範之訂定原則，諸如監測儀器、監測作業、品質管制之外，也探討目前在施工過程中與監測作業有關的許多問題，並提出建議以就教於諸先進。由於台北捷運工程在監測方面執行的較為周全，規範也較為嚴謹，因此本文著重於台北捷運經驗的探討並以台北捷運的規範作為範本，以及引用其中之章節甚至文句，以幫助讀者瞭解監測規範應有之廣度及深度。

貳、工程安全

工程安全當然不只是施工安全，但是因為篇幅有限，本文僅能就施工安全加以討論，無法兼顧其他。即使是施工安全，也無法全面涵蓋。概括來說，施工安全包括

工程主體之安全

勞工作業之安全

假設工程之安全

鄰近房屋或結構體之安全

公共管線之安全

工程主體也就是所謂永久結構，其安全問題較為單純。一般而言，永久結構在設計時即已經考慮到各種荷重的組合，而且施工環境全在施工者掌握之下，不應該有破壞之情事。如模版支撐不當、過早拆模或鷹架倒塌，導致樓層塌陷等意外，在過去也曾發生過多起。這些意外絕大部份是由於施工不慎所致，都是不應該發生的，也是不難避免的，只要現場施工及監造人員小心謹慎即可，當然施工及監造人員的專業判斷也是十分重要。在這方面，監測可說是派不上用場。針對這個主題，在本研討會另有一篇專題演講，相信會有深入的探討。

台閩地區勞工保險局的資料顯示，由於勞工意識普遍抬頭，勞工

安全受到重視，在 75 年至 85 年的十年期間，全產業勞工每一千人的傷亡率減少了 50%，但是營造業災害的傷亡率只減少了 25%，顯然與其他行業脫節，有加強的必要。而在 27 個行業中，營造業的職業災害失能傷害嚴重率名列第三，屬高危險行業，這也足以令人警惕。其實營造業的勞工職業災害也不限於土木作業，如今年 8 月 5 日位於高雄市台灣最高的東帝士摩天大樓在地下一樓瓦斯減壓站測試管線時發生氣爆，造成 2 名工人嚴重灼傷 2 名輕傷的不幸事件，這類的意外也被歸於營造業的職業災害。勞工作業安全屬於勞工安全衛生之範疇，在這方面，勞委會勞工衛生安全檢查所已完成連續壁及鋼版樁工法施工相關作業之安全手冊之研究，並在進一步納入其他工法，如預疊樁、等等相關作業，其中包括安全配備、機具操作、以及危險設備之維護等，相信對勞工作業安全的提升會大有助益。

至於其他與施工安全相關的三個項目：假設工程、鄰近房屋或結構體、及公共管線等，在施工過程中其安全性充滿不確定因素，而這些因素並不是施工者能完全掌握的，必須借助監測系統適時提供資訊，施工者方能正確地判斷所遭遇的情況，降低意外發生之機遇率。從技術觀點來看，監測儀器數量及量測頻率可能因監測的標的物不同而有變化之外，這三項的監測作業在本質上並無不同，因此沒有必要分別討論。

參、監測的目的

台北市政府捷運工程局的「標準技術規範」係由國內外專家學者訂定，經過十多年來的推行，國內知名的顧問公司及大小數十家的廠商都曾參與增訂修益，因此可說是十分周全，也是大家最為熟悉的規範，可以作為本文探討的基礎。在該「標準技術規範」之 02159 章：「監測儀器」中列舉監測之目的如下：

- (1) 監測之目的為偵測各種移動、載重、應力、結構構件之應變、土壤與岩石中孔隙水壓力之變化，以提供可靠資料、俾預先得知問題，並預測結構不穩定及地盤移動之範圍。監測亦可用以偵測內支撐或其他臨時支撐構件之超限載重

狀況。

(2)儀器監測係用以提供早期資料，使承包商能適時採取措施，使用適當之補救方法防止結構、設備及公用管線受損。

補救方法包括施工步驟之修正。

監測的目的當不止於工程安全。許多監測儀器是為了獲得基本設計參數或者為了瞭解結構體的行為而設置，如長期水位觀測井、地震儀，等等。有些監測儀器是為提升工程技術而設置，而技術之提升是促進未來工程安全之不二法門。

監測作業對地下工程尤為重要。雖然近一世紀以來土壤力學有長足的進步，但在本質上它仍是一門實驗科學，甚至有很多人戲稱它為藝術。無論是設計者或者是施工者對地下狀況以及諸多變數難以作精密的分析，要靠經驗的累積，才能作正確的判斷。而這些經驗必須量化才能傳諸後世，而土壤之行為也只有用儀器量測所得之數據才能表示。這也是所謂「觀察法」(observational method)的基本要義：根據監測結果，不斷的修正設計及工法，以達到最佳化的目的。可惜的是，國內公共工程的合約十分僵化，變更設計或變更工法的空間十分的有限，甚至可以說是零，這大大地阻礙了技術的成長。這情形在「BOT」或「統包」的合約型態下，將會有極大的改善，而監測的重點，除了安全考量之外，工法的驗證也將更受重視。

監測在災變的後續作業中更是重要，除了鑑定災變的原因須要借助於監測資料之外，所有的應變及復舊措施都要借助於監測以確定其成效。而責任之釐清更是非有監測資料不足為憑。

肆、監測規範

訂定監測規範之目的在使甲乙雙方在工程進行期間之監測作業有所遵循，不致偏頗。當然不同的業主有不同的合約形態，也有不同的組織架構以及不同的執行方式。以深開挖而言，捷運工程無論就深度、困難度或數量而論，都可說是名列前矛，不遑多讓。所以捷運工程之規範足堪借鏡。以台北市捷運工程為例，有關監測之規定散見於

以下文件中：

合約，包括「一般條款」、「特定條款」以及「單價分析表」

設計圖說，包括「標準圖」及「設計圖」

技術規範，包括「標準技術規範」及「特別技術規範」

甲乙雙方的權利與義務在合約之「一般條款」中訂定，與本工程相關的特殊規定訂定在「特定條款」之中。在圖說中，與監測相關的標準圖及設計圖是統一歸在 GI〔General Information〕這一單元之中，以方便使用者查尋。其中包括監測儀器之數量及佈設位置、量測頻率、安裝示意圖、以及各個儀器之管理值等。技術細節則在「標準技術規範」中詳加規定，「標準技術規範」還包括計量與計價原則。由於監測作業甚少變化，在「特別技術規範」中罕見修正。

除了雙方的權利及義務，以及計量及計價外，監測規範尚應包括儀器、作業、品質控制及提送文件等技術方面執行細則，以下謹就這四個項目逐一討論。

伍、監測儀器

一、儀器種類

監測儀器的種類甚多，在台北捷運「標準技術規範」第 02159 章中所列的一般常用監測儀器有：

監測對象

儀器

水位觀測

觀測井

水壓計

地層變位

永久水準點

地表沉陷點

地層沉陷計

隆起桿

監測對象

儀器

結構物之變位

沉陷點（裝於結構物上）

捲尺伸縮儀：收斂點

傾斜計

裂縫計或裂縫儀

土壤與結構互制行為

土中傾度管

連續壁壁體內傾度管

支撐應變計

支撐荷重計

鋼筋應力傳感器（鋼筋計）

土水壓計

岩栓軸力計

隧道臨時襯砌壓力計

混凝土應變計

這些儀器足以涵蓋在捷運工程中，如深開挖、隧道施工、基樁施工、灌漿、土方、建物保護及復舊等作業所需的監測儀器。其他特殊用途的儀器，如震跡板、氣壓計等並不在「標準技術規範」之內，如有用到之時，再在「特別技術規範」中另行規定。

二、材料及規格

上述儀器在第 02159 章中都有概括性的說明，以支撐應變計為例，其說明如下：

「電力遙測裝置，裝設於連續壁臨時內撐系統之撐件，或其他指定的位置上，如隧道與聯絡道相接處。應變計可間接量測所在構件之應力。若此構件之斷面積已知，則可由量測所得之數據〔頻率，或以微-mm/mm 為單位之應變〕計算出應力。惟應同時量測溫度，以便於計算應變時依溫度效應修正。」

每種儀器之材料及規格亦有規定，並且以圖示表示各部位之造

型及尺寸。以支撐應變計而言，其規定如下

(1)依 D-02159/14 號圖所示提供裝設所需材料

(2)依下列規定，使用振弦式、電阻式或相當型式之應變計，使用前並應經工程司核准。

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

c.適用溫度範圍： -10 至 60°C

d.應變計長度：最小 4.5cm，最大 35cm。

e.電纜線應有橡膠絕緣包覆及護套

f.應變計可能需要更換，因此其接收感應器應隨時維持可拆卸及方便可及之狀況

g.應變計應附有熱阻器，且二者應合併為儀器之一部份

h.依製造廠商之建議提供熱阻器之測讀裝置

(3)提供並維護一組能與應變計相合之測讀器及備品。測讀器應為輕型、可攜帶、採用電池操作並可充電，且密封防濕。電池在充電後應可有連續使用 10 小時。

(4)對於承商提供並經工程司核准之應變計，應依應變計製造廠商之建議，提供應變計感測器操作所需之防水電纜及防水電纜接頭。電纜之數量應足供各個應變計操作所需。

(5)電纜及接頭應以柔性鋼管或角鐵包覆保護

(6)使用符合 ASTM A36M 規定之槽型鋼、鋼板或角鐵保護應變計

(7)使用鍍鋅鋼扣件或鉚栓固定應變計與保護蓋

(8)使用防水之電纜，密封防止灰塵及水之侵入

(9)各電纜終端盒內應設置終端接線板，其上應附清楚標示之接頭或旋扭開關，以測讀各應變計之讀數。接線板接頭與測讀器間應有良好相容之連接

因為國內不容許指定廠牌或型號，所以在儀器材料方面必須有詳盡之規定，所以以上敘述雖說是十分繁瑣，但有其事實上的需要。

三、檢驗

一般而言，至少要有 10%的監測儀器主體在裝設之前要送到有

公信力的機關檢驗其是否合乎規格。除了量度範圍、靈敏度外，許多儀器還訂有系統整體精度。例如，桿型伸縮計的系統整體精度是 $\pm 2\text{mm}$ ，荷重計的系統整體精度是 $\pm 2\%$ 。系統整體精度是檢驗的要項之一。

四、備份儀器

依照規範，承包商應提供並維護兩組相同且完整之必要儀器，供其與工程司使用並於工地另備第三組儀器，以供前述兩組儀器損壞或維修時立即之備份。對某些監測儀器（如磁傾計感應器與測讀器、傾度儀、精密水準儀等）承包商不須提供備份，但對該等承包商提供之儀器，工程司得使用於任何捷運施工合約，作為工程司在其他施工標使用類似儀器之備份。

五、討論

今就台北捷運系統施工時所獲得之實務經驗，針對監測儀器之適用性檢討如下：

- (1) 沉陷點：設置於道路上之地面型沉陷點，常因車輛輾壓、路面挖掘、回填、重鋪等因素而遭破壞。在柏油過厚之地點，亦不易反應其下方土層之實際沉陷，因此宜改採淺式沉陷計替代之。至於裝設在建築物柱位上的沉陷點，常因柱位裝璜有無法裝設的困難，宜訂定替代方案。
- (2) 土/水壓計：不適合配置於卵礫石層中，因其受壓面與凹凸不齊之壁面不能緊密接觸，導致儀器易被混凝土所包覆而喪失功能。
- (3) 隧道收斂點：在潛盾隧道中，本儀器因施工之限制而無法獲得正確之初始值，故並不適用於量測隧道本身之變形量，但可用以獲知鄰近施工對已完成之隧道的影響。
- (4) 震跡版：本儀器係裝設於車站與潛盾隧道銜接處，以瞭解因地震所導致此二種結構體間之相對位移量。其量測精度並不高，量測結果僅能供參考之用，並無法有效用於回饋分析。

陸、監測作業

監測作業包括安裝、測試、建立初值、實作及資料處理。在台北捷運局的「標準技術規範」第 02159 章中，有詳盡的規定：

一、裝設時機

監測儀器不宜安裝的太早，否則易遭破壞。但是也不宜太遲，否則無法掌握初期的變化。尤其是，如果在施工前，地盤即持續沉陷或鄰近結構物已有位移的情況下，早日安裝監測儀器有助於責任的釐清。一般而言，監測儀器的裝設時機如下：

- a. 於合約工作開始時，即應按照圖說所示位置裝設永久水準點、沉陷基準點、觀測井及水壓計。土中傾度管則應俟拆除工作完成後再行裝設，以免受拆除工作之影響。
- b. 除合約工作另有規定者外，在隧道及開挖工作開始前應將其所有沉陷基準點、傾斜計及裂縫計等裝設完成。
- c. 在預期可能因地盤移動而影響工作之範圍，即應儘早裝設地層沉陷計。
- d. 儘早裝設載重計、壓力計、應變計及所有其他型式之監測儀器。
- e. 須經驗証試驗、初步試用或檢驗程序之儀器設備，其採購與裝設時程應妥為安排，在裝設之前留有充裕之作業時間。
- f. 所有儀器之裝設均應經工程司核准。未獲工程司核准之裝設工作應即更換，且不得造成工作時程延誤。

二、安裝步驟

在台北捷運局的「標準技術規範」中，對所有的儀器的安裝步驟都有詳盡的解說，以支撐應變計而言，其安裝步驟如下：

- a. 依 D-02159/14 號圖所示裝設應變計
- b. 依製造廠建議之方式，將應變計裝設於鋼支撐上之指定位置。裝設應變計之鋼支撐於工地架設前應妥為存放。
- c. 依製造廠商建議之方式，對應變計、感應器、電纜及電纜接頭做防水處理。
- d. 若應變計之裝設位置須予遮蓋保護，先將螺栓點鉚於支撐構

件之腹版上，再以槽鋼製成保護蓋，裝設於支撐構件上。螺栓以板手旋緊後，再於槽保護蓋之兩端鉸上橫向之端蓋。端蓋上應留有大小適當之孔洞，供電纜之柔性保護管通過。

- e. 將裝有儀器之支撐構件運至其裝設地點，並依圖示之位置裝設。
- f. 於儲存、運送、支撐架設及其後續之施工期間，應變計如有損壞，即應重新裝設。
- g. 保護電纜不受損壞，並將其導線固定在方便可及之平台處，以利數之讀取。電纜末端應置入設有接線板與接頭之終端盒內。若電纜有延長之必要，應在裝有儀器之支撐構件架設完成後 24 小時內以搭接方式完成。

儀器於裝設前與裝設後皆需做一次量測以確定儀器堪用與否。至於各項儀器之初值量測至少亦需 3~5 筆以判定其正確性。

三、容許誤差

部份儀器訂有現場裝設容許誤差如下所述：

- a. 永久水準點之高程： 0.1mm
- b. 沉陷基準點與地層沉陷計之最初高程： 1.5mm
- c. 新設觀測井與水壓計之最初高程： 50mm
- d. 除應變計及載重計外，所有儀器之最初座標： 30mm
- e. 地表沉陷基準點與地層沉陷計頂部測量點，其高程測量紀錄之容許誤差為 1.5mm：完成之高程環形閉合差應在 $4\text{mm}\sqrt{k}$ (k： 公里數)以下。
- f. 傾度管全長之裝設誤差應在垂直傾角 2 度以內

至於其他儀器之容許誤差基本上可以系統整體精度訂定之。

四、量測頻率

在台北捷運，有關施工期間各式儀器的量測頻率是在設計圖中訂定。量測頻率通常係以次/月，次/週訂定。以深開挖工程而言，大部份的監測項目，包括連續壁之側向位移、地盤沉陷或隆起、支撐荷重、地下水位、等，在開挖期間都是以每週量測一次為原則。在支撐施加預力的前後，以及支撐拆除前後，或者在灌漿時，附近的儀器須要加強量測。一般而言，在支撐架設後 10 天之內，支撐

應變計應每天應量測一次。在開挖接近大底時，也須加強量測。許多災變都是在開挖接近大底時發生，所以這時必須加倍小心。尤其是以降水作為克制上舉或管湧的措施時，開挖區內的水位更應時時量測，因為安全係數僅為 1.25，水頭只要上升一兩公尺就極可能將安全係數降到 1 以下，這點不容忽視。

一般在鄰房四周的地表以及結構物上都會安裝沉陷點以量測地表或結構物的沉陷量。在緊鄰開挖區的沉陷點當然是要照上述頻率量測，在遠離開挖區的沉陷點，除非已有異常狀況發生，否則一個月量測一次即已足夠。

異常狀況發生時，視狀況之嚴重性，量測頻率必須作適當的調整。如果屬高危險狀況，例如，災變區內或附近的瓦斯管如果因地盤位移而破裂的話，後果不堪設想，這時瓦斯管的位移以及地盤的變位就需要每小時至少量測一次。過份密集的量測，不是承包商人力所能負荷，所得到的資料可能會過份粗糙，反而會有反效果。

五、資料處理

規範要求承包商除提送書面資料外，必須將量測結果以工程司核可之格式製成電腦檔，在量測後 24 小時內呈送工程司。提送之前應由專業技師負責先行判讀、釋疑及簽署。對超出管理值之監測結果應適提出警訊並建議改善方案供工程司審核。

管理值由設計者訂定，但承包商可依實際觀測資料修正管理值，但應先徵得工程司核准。但即使經工程司核准，不論這些管理值合適與否，均應由承包商仍負全部責任。

六、討論

台北捷運之施工可說是困難重重，監測作業自不例外。目前國內所使用之監測儀器大多數均由國外進口，自下訂單採購迄至進場檢驗、安裝常須經一段時間。雖然合約已提醒承商注意，但施工主承商對此並未加以注重，故常因此延誤裝設時機，造成資料不足或工期延誤等。有時因為分包介面的問題，儀器裝設過遲，失去早期資料的情形也是有的。

一般而言，因為規範嚴謹，督導確實，台北捷運施工期間所得到的資料之可信度相當的高。從技術觀點來談，值得一提的是：

- (1) 傾度管：捷運系統施工期間，傾度管孔口位移量測有其困難性，故宜裝設至不動點，以獲得絕對之水平位移量。裝設於傾度管上之測沉系統，量測精度太差，無法符合設計之要求，宜以地層沉陷計取代之。
- (2) 埋設於潛盾隧道段之水壓計於潛盾機接近時宜採連續性量測以瞭解潛盾機施作之影響。
- (3) 埋設於潛盾隧道段土壤中傾度管之量測頻率應以隧道施作距離為基準，而非以時間為基準，如此才能掌握潛盾機施作之影響。
- (4) 用於量測地層或結構物沉陷之監測儀器，於潛盾機通過後 14 日以内之量測頻率應增加為每日一次，14 日以後則可延長為每週一次。
- (5) 地下主體開挖或潛盾隧道鑽掘完成及地下結構體回築至完成階段之頻率應於規範中加以註明。
- (6) 儀器之拆除時機亦應訂定。

柒、品質控制

俗話說，「徒法不能自行」，周全的規範並不是安全的保證，「人」的因素相當重要。無可諱言，現場作業的品質端賴品管，監測作業尤然。

一、人員資格

監測作業用到許多電器或電子器材，可說是土木中的「高科技」。這些器材不在學校教材之中，其操作技巧無法在學校中學到，只有在現場薪火相傳，所以人員資格著重在實作經驗而不在學歷。但是目前並無這方面的鑑定考試，在規範中很難將實作經驗作具體的規定。在 02159 章中，儀器裝設與監測人員資格規定如下：

- a. 雇用合格的技術人員或經工程司核准的專業分包商進行儀器裝設與監測工作。該等人員應具有本章規定之裝設與監測經驗。

b. 雇用一位對本章規定各種儀器具有充分經驗之合格專業技師，以協助採購符合規範的設備，並確保儀器之裝設與其他施工作業協調良好，以避免延誤或妨礙，督導監測技術人員，並擔負合約期間儀器裝設、監測、校正檢核、儀器維護及報告撰寫之責任。

至於何謂「合格的技術人員」以及「充分經驗」只好由工程司自由心証了。

二、測讀器校讀

即使有經驗豐富之量測人員，若無精確可靠之儀器配合亦屬枉然，所以所有的測讀器每半年必須校驗一次，以確保其讀數之正確性。水準儀因使用頻率較高故每月均須校驗一次。

三、現場督導

在第 02159 章中規定：「除非另有經工程司核准之安排，儀器之裝設應由工程司在場監督與檢驗」。但事實上，限於人力，工程司很難監督每一單個儀器之裝設。即使是大地工程專業顧問也只能作重點督導，以及初始值的確認。

四、複測

第 02159 章中規定，「承包商應負責執行工程安全、進度、施作所需之所有監測工作包括結果之之解釋。……儀器之測讀、監測及資料之歸算同時由工程司之特別顧問獨立執行」。在此所謂「特別顧問」就是指的「大地工程專業顧問」。大地工程專業顧問在執行第一期合約為淡水線與木柵線服務期間，複測的監測資料數量約為承包商提送資料的 10%。在第二期合約為新店線及南港線、第三期合約為中和線及板橋線服務期間，由於人員大幅縮編，複測的資料量減為 5%。在第四期合約中，大地工程專業顧問僅提供諮詢服務，不再作複測的作業。

根據經驗，複測的確發掘了不少問題，實有其必要性。

五、討論

儀器檢驗及測讀器校讀之目的在確保儀器及測讀器於施工期間能符合施工規範之要求，並獲得可用之量測資料。國內有能力進行檢驗及校讀之公信力單位或學術機關相當有限，甚至有些儀器或

測讀器在國內並無設備進行上述之校驗工作，造成檢驗工作執行上之困難。

因台北捷運系統施工期間所使用之監測儀器大多為國外製造，承包商只能處理一些如接線傳輸及外表損傷維護等工作，而儀器內部電路問題若有損壞往往必須送回原廠修護，使得堪用率降低，而影響工區監測作業之正常運作。

捌、提送資料

根據 02159 章的規定，承包商在執行工作之前，應先提送監測作業之工作計畫，供工程司審核。

一、工作計畫

工作計畫中應包括下列資料：

- a. 人員資格
- b. 時程及作業程序
- c. 儀器材料
- d. 工作圖

儀器材料資料包括規格測試、校正、承諾書、替換、備用零件、維護須知及供應商之詳細資料。

二、日誌及簿記

在作業期間，承包商應提送日誌及簿記，其中至少應包括

- a. 溫度
- b. 降雨資料
- c. 儀器觀測執行項目表
- d. 觀測位置座標
- e. 作業人員姓名
- f. 監測器材之型式及序碼
- g. 地錨之裝設位置、型式、時間等紀錄，或內支撐之架設時間，
包括施加預載等紀錄
- h. 鄰近監測區之施工載重或其他施工作業

i. 干擾或延誤監測作業之時間與原因

j. 承包商所作之補救措施

k. 結構物之任何裂縫或損壞，或其他事故

尤其是鄰近監測區之施工作業，如路面之滾壓及重鋪，溝渠之挖掘，電纜之埋設等，對監測結果影響頗鉅，必須詳加記錄，以為日後研判的基礎。

三、討論

在台北捷運施工期間，雖然繆誤難免，所有承包商都能依照規範提供報告。但在資料之詮釋及加註方面，一般都不理想。這是因為監測作業都是外包給專業分包商，而專業分包商對工程進度及附近之其他施工並不瞭解。所以在探討異常狀況時，常有無從著手之嘆。

玖、建議

由於台北捷運的監測規範可說是相當周全，需要改進之處並不多見。寥寥數點已經在以上各章中說明，不再重複。現謹針對監測作業之推動，提供以下數點建議：

一、成立專責單位

在都會區進行大型公共工程時，如捷運、地鐵等，宜設立一獨立的品管單位實有必要，在台北捷運工程中即有大地專業顧問之設，除了貫徹設計理念之外，也在現場作抽樣複測工作，以確保數據之正確性。許多在設計中所忽略之處得以補救。當然，這項工作不一定要雇用專業顧問，可以責成設計者或監造單位，或者在業主的品保系統下成立專責單位。

二、量測自動化

監測作業的自動化是一個討論已久的老問題，在電腦科技突飛猛進的當而，自動化有相當的成就。許多儀器，如水壓計，支撐荷重計，已經可以作連續性自動量測，並透過線路直接將數據輸進電腦。有些儀器可以半自動化，也就是說以人工量測，但是以電子儀

器直接將數據貯存在記憶體內或磁帶上，在回到辦公室後再下載到電腦中。相信不久的將來，以無線電傳輸數據的觀念會被更多人接受，自動化也將更為普遍。

三、建立監測資訊網及預警系統

雖然台北捷運的大地專業顧問已經將監測的後續作業電腦化。承商的專業分包商可以將轉換好的數據電傳至大地專業顧問的電腦之中進行比對，並能在監測值超過管理值時，自動列印預警通知單。但是因為歷史的包袱，該預警系統並未配合先進電腦科技而升級。

十年下來，台北捷運施工期間所收集的監測資料將近兩千萬筆。雖然這些監測資料已貯存在大地工程專業顧問及台北捷運局的電腦系統中，但是並沒有以網路與其他單位相連，否則在運用方面，還可發揮更大的功效。如果監測資料庫能與其他相關資料庫連成一氣，相信更是如虎添翼，成效非凡。

理想的預警系統至少應該包括以下功能

- a. 主從架構容許資料共享
- b. 自動比對及發布預警
- c. 關聯相關資訊

相關資料包括儀器配置圖、土層剖面圖、建物及管線資料等。這些相關資料對災變的處理相當有幫助，應該儘可能以圖示方式表示之，並且能在網際網路上供所有相關單位之查詢。甚至圖片、錄影及語言都可以納入。預警也應該透過電子郵件的方式發布，一旦意外情況發生，才能迅速通告。當然資料的安全管控必須嚴謹，資料絕不能流入不相干之第三者，尤其是有心人士手中，否則會造成不必要的困擾。