



RRPG89050003

(43.P)

3-0-90-06-02-0004

高精度 GPS 高程應用於高速鐵路沿線高 程測量之研究

交通部高速鐵路工程局

委託

交通大學土木工程學系

辦理

中華民國九十年四月

交通部高速鐵路工程局出版品摘要表

出版品名稱 中文：高精度 GPS 高程應用於高速鐵路沿線高程測量之研究 英文：A Study on the Height Surveying Along High Speed Rail Using High Precision GPS Height			
國際標準書號	政府出版品統一編號	本局出版品編號	
		3-0-90-06-02-0004	
研究方式： <input type="checkbox"/> 自行辦理 <input checked="" type="checkbox"/> 委託辦理 <input type="checkbox"/> 合作辦理			
研究期間：自 89 年 4 月 20 日至 90 年 4 月 19 日			
本局主辦單位：第二組 主 持 人：鍾維力 研 究 人 力：呂新喜、黃勢芳 林孚昌、張哲榮		受託單位：交通大學土木工程學系 計劃主持人：陳春盛 共同主持人：李振燾 協同主持人：高書屏	
關鍵詞：GPS			
摘要： 高速鐵路沿線之高程精度與整個工程品質具有密切之關係，平坦路段以精密水準測量進行高程之觀測，技術上及精度上均可勝任，但地形複雜高程變化較大之處，精密水準測量較不易施測，在傳統上可採以三角高程之方式進行高程之量測，惟三角高程精度之好壞與有否進行氣象修正關係重大，而精確之氣象修正又不易進行，基於上述原因，本計畫以 GPS 衛星測量進行地形變化較大區域之高程之量測，期能應用高精度之 GPS 高程替代傳統之三角高程方法；另外亦觀測部分平坦之地區，比較 GPS 高程與精密水準之精度，若精度相當，則 GPS 高程顯然較精密水準為方便且節省經費。			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
90 年 4 月	148	新台幣 元	凡屬機密或限閱出版品均不對外公開； 屬一般性出版品，政府機關、公營或公益機關團體及學校可函洽本局免費贈閱；私人或私營機關團體可按工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密（ <input type="checkbox"/> 解密日期 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input type="checkbox"/> 限閱（ <input type="checkbox"/> 解密日期 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備註：			

摘要

高速鐵路沿線之高程精度與整個工程品質具有密切之關係，平坦路段以精密水準測量進行高程之觀測，技術上及精度上均可勝任，但地形複雜高程變化較大之處，精密水準測量較不易施測，在傳統上可採以三角高程之方式進行高程之量測，惟三角高程精度之好壞與有否進行氣象修正關係重大，而精確之氣象修正又不易進行，基於上述原因，本計畫以 GPS 衛星測量進行地形變化較大區域之高程之量測，期能應用高精度之 GPS 高程替代傳統之三角高程方法；另外亦觀測部分平坦之地區，比較 GPS 高程與精密水準之精度，若精度相當，則 GPS 高程顯然較精密水準為方便且節省經費。

本研究的試驗區選擇在新竹市沿光復路至新竹縣寶山鄉，包含西半部高速鐵路沿線地勢起伏較大的區域，及東半部光復路一帶較為平坦地區，再進一步針對此試驗區挑選適當的點位為本計畫的試驗場。在這些點位上做一等精密水準測量及一等重力測量，藉由重力測量來做水準測量之正高改正，如此可求得各點之正高；另外，由黃金維教授所提供之內插程式求各點之大地起伏值。由正高加大地起伏值可得理論之橢球高。將理論橢球高和由 GPS 測量經 Bernese 軟體解算所得之實測橢球高做比較。並針對軟體 Bernese 4.0 基線解算成果做內部精度以及外部精度之探討，以期望能提升 GPS 相對定位之精度及可靠度。另外亦將 GPSurvey 軟體的解算成果與 Bernese 軟體的解算成果作比較。就本研究所的到的成果而言由 Bernese 4.0 軟體解算之橢球高成果，外部精度可達五公分；內部精度可達到一公分的等級，接著以此成果之精度評估 GPS 高程測量取代傳統直接水準測量應用於高速鐵路沿線之測量的可行性及適用性，並提供高精度 GPS 高程應用於高速鐵路沿線測量之建議。

Abstract

To accurately determine the height along the route of high-speed rail is very important for the quality of this transportation project. In the flat area along the route, precise leveling is an effective and useful method. Nevertheless, this method is not suitable for the abruptly terrain area. Traditionally, triangulation height is usually applied in the steep terrain area. However, the atmospheric corrections for this method are also very difficult to execute. In this research, GPS surveying is applied in the steep terrain area for proving the precision of height, and in the flat terrain area for reducing the observation time.

The test area of this project is chosen from Guang-fu Road, Hsin Chu to Bao-shan for executing high precision GPS surveying, leveling and relative gravimetric surveying. In the east part of this test area, it is a steep terrain, while the western part is an even terrain. Therefore, all the terrain cases of the high-speed rail route can be included and discussed from the data measured in this test area. GPS data are processed using Bernese 4.0 version and GPSurvey 2.3 version software. The inner precision of the result is 1 cm and the exterior precision of the result is 5 cm using Bernese 4.0 version software for calculation. Therefore, one can conclude that the high precision GPS method can be applied to determine the accurately height for the high-speed rail.

目錄

第一章前言.....	1
1-1 研究目的.....	1
1-2 本研究與高速鐵路工程高程測量之相關性.....	2
第二章研究方法及進行步驟.....	4
2-1 研究方法.....	4
2-2 研究步驟.....	10
2-3 甘梯圖.....	19
第三章測試區計算成果.....	20
3-1 測試區一等重力測量成果.....	20
3-2 測試區一等精密水準測量成果.....	22
3-3 測試區大地起伏值計算成果.....	25
3-4 測試區 GPS 測量成果.....	27
第四章成果分析.....	38
4-1 內部精度探討.....	38
4-2 外部精度探討.....	41
4-3 不同時段之精度的比較.....	54
4-4 討論.....	57
第五章結論與建議.....	61

參考文獻.....63

附錄 A 期末報告答覆資料

附錄 B 一等重力測量計算流程

附錄 C 一等精密水準測量計算流程

附錄 D 控制點設置使用調查記錄表

附錄 E 大地起伏計算程式

表目錄

表 3-1：一等重力測量成果表.....	21
表 3-2：高速鐵路一等水準測量成果表.....	23
表 3-3：大地起伏值成果表.....	26
表 3-4：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表(新竹實驗區 觀測時間四小時).....	28
表 3-5：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (新竹實驗 區觀測時間二小時).....	31
表 3-6：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (新竹實驗 區觀測時間一小時).....	32
表 3-7：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (北部實驗 區觀測時間二小時).....	33
表 3-8：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (中部實驗 區觀測時間二小時).....	34
表 3-9：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (南部實驗 區觀測時間二點五小時).....	35
表 3-10：Bernese 軟體與 GPSurvey 軟體比較表.....	36
表 3-11：GPSurvey 軟體解算新竹實驗區點位及其與經 Bernese 軟體 算之成果的較差.....	37

表 4-1 不同地區之平均 RMS 值.....	40
表 4-2：固定 HC01 之橢球高差比較表.....	43
表 4-3：固定 HC05 之橢球高差比較表.....	45
表 4-4：固定 HC09 之橢球高差比較表.....	47
表 4-5：固定 HC17 之橢球高差比較表.....	49
表 4-6：不同觀測時間之 RMS 值比較.....	55
表 4-7：不同時間之橢球高較差值比較.....	55

圖目錄

圖 2-1 以 L3 頻率處理 GPS 衛星資料的計算流程.....	7
圖 2-2 新竹實驗區點位分布圖.....	12
圖 2-3 進度甘梯圖.....	19
圖 4-1 新竹實驗區觀測四小時測高成果點位所對應之均方根值 (RMS).....	38
圖 4-2 高速鐵路沿線南部之 GPS 控制點測高成果點位所對應之均方根 值(RMS).....	39
圖 4-3 高速鐵路沿線中部之 GPS 控制點測高成果點位所對應之均方根 值(RMS).....	39
圖 4-4 高速鐵路沿線北部之 GPS 控制點測高成果點位所對應之均方根 值(RMS).....	40
圖 4-5 不同地區之平均 RMS 值柱方圖.....	40
圖 4-6 固定 HC01 之橢球高差較圖.....	51
圖 4-7 固定 HC05 之橢球高差較圖.....	51
圖 4-8 固定 HC09 之橢球高差較圖.....	52
圖 4-9 固定 HC17 之橢球高差較圖.....	52
圖 4-10 HC01 至 HC30 之高程變化圖.....	54
圖 4-11 不同時段之 RMS 值比較折線圖.....	56
圖 4-12 不同時段之橢球高較差值比較柱方圖.....	56

圖 4-13 不同時段之橢球高較差值比較折線圖.....	57
圖 4-14 固定 HC01 之 RMS 與橢球高較差值之比較.....	58
圖 4-15 固定 HC05 之 RMS 與橢球高較差值之比較.....	58
圖 4-16 固定 HC09 之 RMS 與橢球高較差值之比較.....	59
圖 4-17 固定 HC17 之 RMS 與橢球高較差值之比較.....	59

第一章 前言

高速鐵路沿線之高程精度優劣關係著整個工程之品質，平坦路段以精密水準測量進行高程之觀測，技術上及精度上均可勝任，但地形複雜，高程變化較大之處，精密水準測量不易施測。在傳統上可能以三角高程的方式進行高程之量測，惟三角高程精度不高。基於上述原因，本計畫一方面以 GPS 衛星測量進行地形變化較大區域高程之量測，以瞭解是否可應用高精度 GPS 高程替代傳統之三角高程方法；另一方面本計畫亦進行部分平坦地區之 GPS 測量，比較 GPS 高程與精密水準之精度是否相當，若 GPS 高程精度是在可接受的範圍，則 GPS 高程顯然較精密水準為方便且節省經費。

1-1 研究目的

高速鐵路北起台北，南至高雄，全長 345 公里，為近年來國內最重要之工程建設，為能順利完成此重大交通工程，高速鐵路沿線之高程精度優劣與工程品質關係密切。所以，在鐵路沿線之平坦路段，習慣上以精密水準測量進行高程之觀測，故亦應詳細評估，但地形複雜高程變化較大之處，精密水準測量不易施測，在傳統上可能以三角高程的方式進行高程之量測。本計畫擬以 GPS 衛星測量方法，不僅進行地形變化較大區域高程之量測，也進行

平坦地之高程測量，進一步作精度的比較分析，以瞭解 GPS 高程在不同地形狀況之適用性，期望以較新且較方便之高科技方法來輔助傳統精密水準測量於地形變化較大區域應用上之不便，同時在平坦路段，亦因 GPS 高程之應用可提高觀測效率並節省經費。

1-2 本研究與高速鐵路工程高程測量之相關性

近年來全球定位系統(Global Positioning System)定位技術快速發展，定位精度不斷提昇。但在大地測量領域方面要求高精度的點位座標及高程下，目前仍不斷致力於改善 GPS 定位精度以符合大地測量之需要；另一方面，並實際應用於各種不同的領域中，如高精度之變形監測、板塊運動、國家級三角點之測設等。由於 GPS 測量所得的結果是三度空間的座標，因此，不僅有平面位置的座標，還可得到垂直方向的座標，且因其觀測方便、快速及精度高的特性，在實際應用上能達到快速、方便、經濟的效果。但是 GPS 之相位資料，仍受到許多外在因素而影響其精度，因此必須建立一些模式來加以改正。

影響 GPS 的定位精度之原因大致如下：

- (1) 對流層延遲誤差
- (2) 電離層延遲誤差

- (3) 衛星星曆誤差
- (4) 衛星及接收儀時錶誤差
- (5) 多路徑效應之影響
- (6) 天線相位中心之影響
- (7) 載波相位週波未定值之求解
- (8) 接收儀天線定心及高度量測誤差

若能針對這些誤差做系統性的改正，則對 GPS 的定位精度必有很大之助益。若 GPS 測高之精度能達到高速鐵路工程測高精度的要求；且所測點位的大地起伏值精度亦能配合，則由下列公式求得正高：

$$\text{正高} = \text{橢球高} - \text{大地起伏值} \dots\dots\dots (1-1)$$

因此，若大地起伏值的精度可達到要求，則由公式(1-1)可了解，只要橢球高的精度達到該工程測量所需之精度並減去正確之大地起伏值，那麼藉由橢球高反推正高是一定可行的；倘若正確之大地起伏值無法求得，但 GPS 測量高程之成果的精度可達水準測高之精度，則我們可以將高程系統採用橢球高系統，一樣達到高程測量的目的。因此，只要 GPS 高程測量成果的精度可達所需測高精度的要求，則以 GPS 測高取代傳統水準測高應用於高速鐵路之測量工程便具可行性。

第二章 研究方法及進行步驟

本研究計畫的主要目的為以 Bernese 軟體進行解算 GPS 測高資料，用其精度作為取代傳統水準測高之可行性的評估。以下為其研究方法及進行步驟。

2-1 研究方法

本研究計畫的研究方法為選擇一個與高速鐵路所經過的地形皆相關的區域做實驗區。在這個區域的地表設立點位三十點，於這些點位進行一等水準測量及一等重力測量而求得各點之正高。再進行 GPS 測量，由 Bernese 軟體進行解算而求得橢球高，並應用交通大學黃金維教授的研發大地起伏值內插程式配合史天元教授的數值地形模型(Digital Terrain model, DTM)，將 GPS 測量經 Bernese 軟體解算而求得的經度及緯度代入而求得各點之大地起伏值。由公式(1-1)：正高 = 橢球高 - 大地起伏，所得之正高與由一等水準測量及一等重力測量而求得各點之正高做比較，由此來評估以“GPS 測高減去大地起伏值而得之正高”取代傳統“水準測高加上重力測量的改正而得之正高”的可行性，以及 GPS 測高是否可應用於高速鐵路之測高工程。另外在軟體的解算方面，除了 Bernese 軟體以外，亦使用商用軟體 GPSurvey 作解算，將 GPSurvey 軟體的解算成果與 Bernese 軟體的解算成果作比較，以了解商用

軟體所能達到的測高精度水準。本研究除了上述之新竹實驗區外，還有使用 Bernese 軟體解算高速鐵路工程局所提供之高速鐵路沿線 GPS 控制點之觀測資料；其資料分為三部份如下，北部由台北至林口，五個衛星控制點；中部由大甲至彰化，四個衛星控制點；南部由台南至高雄，五個衛星控制點。由於高速鐵路之 GPS 控制點相距約十公里，所以加上新竹的實驗區，便將高速鐵路沿線路段大致包含了，這使最後研討的成果可否應用於高速鐵路更具合理性。所以本研究的主要精神在於評估，以 Bernese 軟體解算 GPS 觀測資料得到的''橢球高減去大地起伏值而得到的正高''取代以''傳統水準測高加上重力測量改正後所得之正高''的可行性。

Bernese 4.0 版軟體介紹及計算流程

在本研究中，GPS 衛星觀測資料的處理，乃採用由瑞士伯恩大學天文研究所 (Institute of Astronomy, University of Berne) 所研發的 Bernese 4.0 版 GPS 資料處理軟體。該軟體是為了研究目的而研發的，除了一般性 GPS 資料處理功能外，另有 BPE (Bernese Processing Engine) 可自動化處理 GPS 資料、計算軌道參數、極運動 (Polar Motion) 參數、地球轉動 (Earth Rotation) 參數、區域性及全球性之電離層模式推求、對流層折射附加參數與模擬 GPS 資料之功能【Rothacher et al., 1996】。

此外，Bernese 軟體是以 Fortran 語言撰寫而成，附有原始程式，可依實際所需而進行修改，亦可自行加入新的模式。

本研究使用 L3（結合 L1 及 L2 消除電離層誤差）頻率的處理方法，探討中距離基線之處理效果，圖 2-1 為採用 L3 頻率進行 GPS 衛星測量資料處理的計算流程。

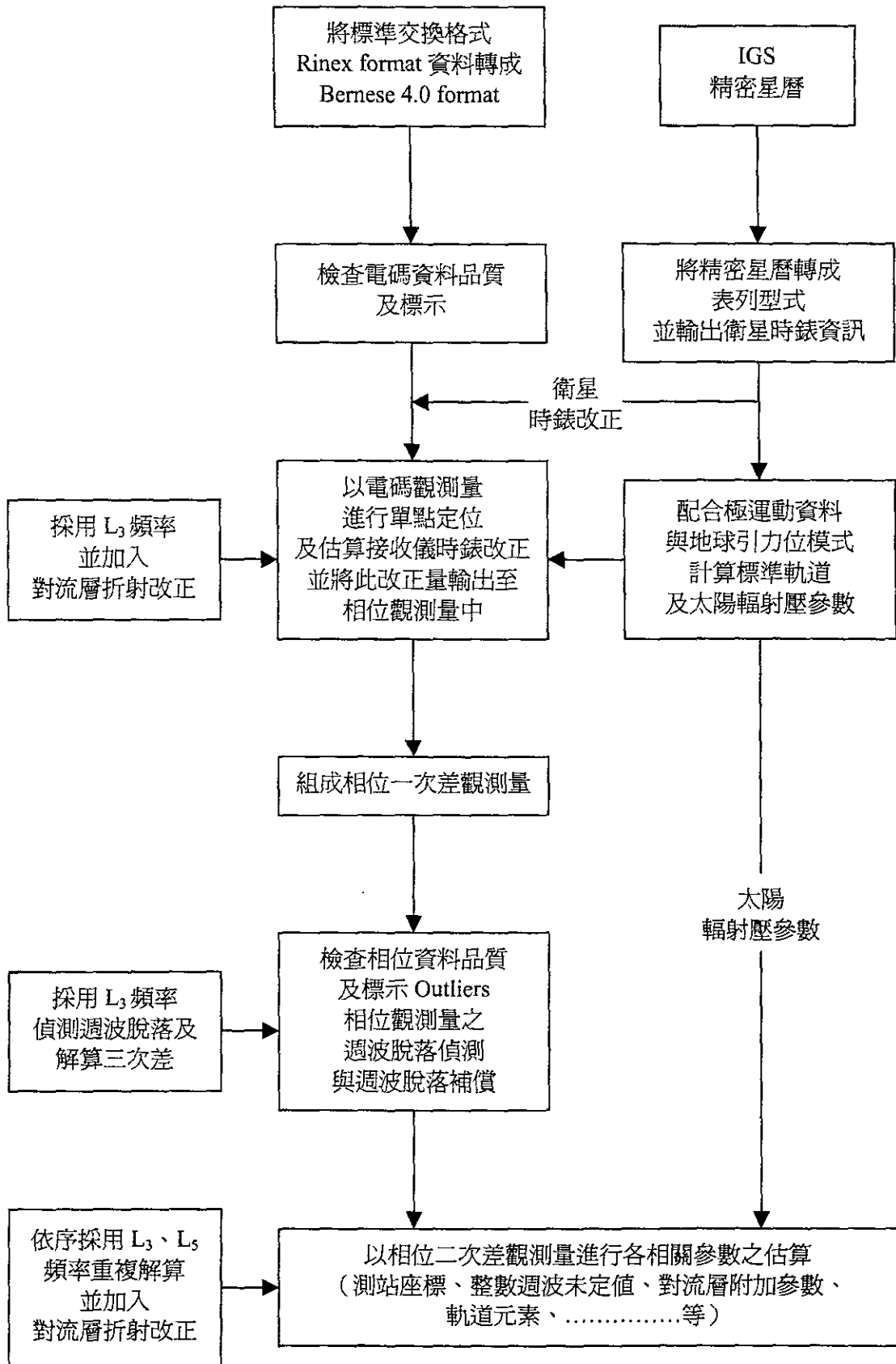


圖 2-1 以 L3 頻率處理 GPS 衛星資料的計算流程

GPS 衛星測量資料之概略流程如下：

- (1) 首先將同時段之原始觀測資料轉換為 IGS 所定義之標準交換格式 (Receiver Independent Exchange Format, 簡稱 RINEX), 再將之轉換成 Bernese 資料格式。
- (2) 自 IGS 精密星曆檔中讀取各衛星之時錶資訊以供後級處理之用。
- (3) 將精密星曆 (Precise Ephemeris) 轉成表列格式, 再組成 Bernese 格式之軌道, 以作為資料編修與後處理之用。
- (4) 進行電碼資料之檢查 (Code Check), 剔除錯誤之觀測量, 並將『離群』(Outlier) 的資料標示起來。
- (5) 採用 L3 頻率, 利用電碼觀測量配合對流層折射改正模式進行單點定位 (Single Point Positioning), 以最小二乘法疊代計算測站之概略座標及接收儀時錶改正量, 以使接收儀之時間能準確至 10^{-6} ~ 10^{-7} 秒左右, 並將時錶改正量輸出至對應之相位觀測量中。
- (6) 組成一次差相位觀測量 (Single Difference), 亦即將所有測站依最短基線之原則, 組成線性獨立的一次差觀測量。
- (7) 採用 L3 頻率, 進一步利用三次差成果進行週波脫落 (Cycle Slip) 之偵測與補償。

(8) 以此觀測量組成二次差進行各項參數之預估。

而在處理的過程中，所採用的改正模式略述如下：

(1) 軌道部份：採用 IGS 精密星曆。因精密星曆的軌道精度約可達 5 公分【Neilan et al., 1997】，因此所有軌道參數視為已知，固定而不加以求解。

(2) 極運動改正：採用 IERS (International Earth Rotation Service) Bulletin B 所公佈之值，將 UTC 與 UT1 之差值加以修正，並將座標值由瞬間之極座標系修正至 J2000 座標系上，以作為軌道計算及座標轉換之用。

(3) 引力位模式：採用 GEM-T3 (Goddard Earth Model T3)，以作為軌道計算及座標轉換之用。

(4) 對流層折射修正：採用 Saastamoinen 對流層修正模式，以海平面標準氣象資料：溫度 18°C、相對濕度 50%、大氣壓力 1013.25 mbar，推求各測點的對流層起始改正值，再加以修正；並利用對流層附加參數，以各測站每 1 小時增加 1 個參數之方式，加以吸收殘留的對流層折射誤差。

(5) 相位未定值求解之過程共進行四次計算，茲略述如下：

1、先以無電離層效應 L3 之觀測方程式求解較精確的座標，而不求解相位未定值。

- 2、再以此較好的座標起算，以寬巷 (Wide-Lane) L5 觀測量求解整數週波數未定值。
- 3、再將解得之寬巷未定值代入無電離層效應 L3 之觀測方程式中，繼續求解未定值；此時對流層附加參數是與未定值一併求解的，每一次累算只固定一個未定值成整數，直到不再有未定值可固定成整數為止。
- 4、最後，將所有的整數週波未定值視為已知，並代入無電離層效應 L3 之觀測方程式中，繼續求解測站之座標以及對流層附加參數。

2-2 研究步驟

本研究的進行步驟大致分為以下的幾個部分，

- (一) 實驗區之選擇及地質分析。
- (二) 相對重力測量。
- (三) 直接水準測量。
- (四) 高精度 GPS 測量。
- (五) 進行 GPS 觀測資料之解算。
- (六) 計算大地起伏值。
- (七) 完成 GPS 高程測量之成果及精度分析及觀測時間與精度之

關連分析。

(八) 評估高精度 GPS 高程應用於高鐵沿線測量是否可行。

(九) 技術轉移。

茲將其分別敘述如下：

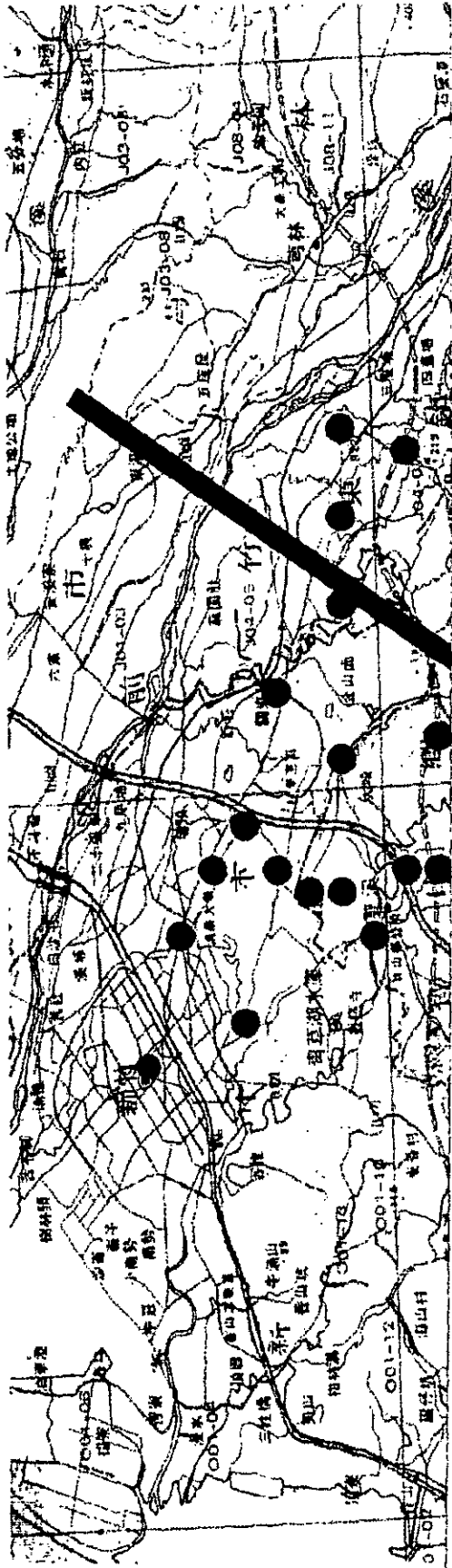
(一)、實驗區之選擇及地質分析：

(1) 實驗區之選擇

本計畫的試驗區在眾多的方案中做了種種的考量，經由計畫主持人們的詳細評估，再與交大參與本計畫的學生會同聯勤測量隊人員做了實地的踏勘，並徵得交通部高速鐵路工程局的同意後，選擇在高速鐵路沿線新竹市沿光復路至新竹縣寶山鄉一帶的範圍為實驗區，如圖 2-2 所示，區域中之東半部地形較平坦，而西半部地勢起伏較大，由於包含了平坦和崎嶇兩種地形，所以頗適合本研究之目標。另外會選擇此實驗區，還基於下述幾個原因。

1、本試驗區為高速鐵路所經之地，包含部分高速鐵路路線，可方便與原有路線上之高程作比較分析。

2、高速鐵路縱貫全省，經過的地形包含了平原和山區，而



—— 高速鐵路路線，● 測點

圖 2-2 新竹實驗區點位分布圖

本試驗區包含了東半部的平坦市區及西半部較崎嶇的山區，即大致包含了高速鐵路可能經過的地形，方便做各種地形狀況之討論。

3、試驗區內包含了新竹市政府及新竹工業技術研究院此二機關，在機關所在地有一等水準點及一等重力點可做為一等水準測量及一等重力測量之基準點。

因此，基於以上三點理由；並在高速鐵路工程局的同意下選擇了此一試驗區。

另外，為了使觀測的資料更具高速鐵路的代表性，本研究亦加入了高速鐵路工程局所提供之高速鐵路 GPS 控制點觀測資料；其資料分為，北部由台北至林口；中部由大甲至彰化；南部由台南至高雄等三個部分。所以整體而言，本研究案的實驗區已大致包含了整個高速鐵路的範圍。

(2) 實驗區之地質分析

本段之地層分佈與地質構造大致呈東西走向轉北東走向之趨勢，露出地表之固結岩層為更新世之頭嵙山層與上新世卓蘭層，未固結之岩層為店子湖層、階地堆積層與沖積層。

而本區域主要之地質構造包括青草湖背斜、新竹斷層、

造橋斷層、龍藤斷層、鹿廚坑斷層、三義斷層以及車籠埔斷層，另外尚有與主要構造伴生之局部褶皺，唯其規模不大。

(二) 相對重力測量

本計畫採用 LaCoste & Romberg G 型相對重力儀，沿試驗區上各點位實施相對重力測量，重力測量的精度要求為 1mgal，測線閉合差必須小於 0.2mgal，並由新竹工業技術研究院之絕對重力點引測至各點位上，經過整體加權平差後，便能得知各點位上之重力值及重力異常值。如此，便能用於一等水準測量之正高改正而得到各點之正高。

(三) 直接水準測量

於本計畫的試驗區選擇三十個適合的點位施測一等直接水準測量，本工作使用的儀器為 WILD NA 3003 精密電子水準儀，其相關之作業規定遵循內政部頒訂之一等水準測量作業規範。接下來可以利用重力測量所測得之重力值進行正高改正，再進行各點高程之整體加權平差。

對於相鄰二水準點間高程差之正高改正公式為：

$$\begin{aligned} OC_{AB} &= \frac{C_B}{g_B} - \frac{C_A}{g_A} - \sum \Delta H_i \\ &= \frac{C_B - C_A}{g_0} - \sum \Delta H_i + C_A \left(\frac{1}{g_0} - \frac{1}{g_A} \right) - C_B \left(\frac{1}{g_0} - \frac{1}{g_B} \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{g_0} \int_A^B g dH - \sum \Delta H_i + H_A \left(\frac{\bar{g}_A - g_0}{g_0} \right) - H_B \left(\frac{\bar{g}_B - g_0}{g_0} \right) \dots\dots\dots(2-1)$$

或

$$OC_{AB} = \frac{1}{g_0} \left\{ \sum (g_i - g_0) \Delta H_i + H_A (\bar{g}_A - g_0) - H_B (\bar{g}_B - g_0) \right\} \dots\dots\dots(2-2)$$

OC_{AB} 表 A、B 正高改正值。

g_0 表任意設定之常數重力值，通常取緯度 45° 之正常重力值，此

乃由於在 45° 時，正高與力高值相等。

g_i 表沿水準線之重力值。

\bar{g}_A, \bar{g}_B 表由 A 或 B 點沿垂線至大地水準面上 A_0 或 B_0 之平均重力值。

(四) 高精度 GPS 高程測量

本研究採用之精密 GPS 接收儀為 Trimble 4000SSE 一部，Leica SR9500 二部，Leica CR399 二部以及 Novatel 502 二部，以七部 GPS 接收儀進行同步之觀測，各測站共同觀測之時間至少為 4 小時以上，其相關之作業規定遵循內政部頒訂之一、二等衛星測量作業規範。內業計算時並加入交通大學 GPS 固定站進行差分解算之處理。

(五) 進行 GPS 觀測資料之解算

本研究採用的主要解算軟體為研究軟體 Bernese 4.0 版，其主要的目的為用以評估在工程測量的應用上是否可

行，並根據解算的成果給予工程界實際應用上的建議。另外亦使用商業軟體 GPSurvey 解算部分的點位，作兩種軟體的比較。

(六) 計算大地起伏值

本實驗區內的三十個點位之大地起伏值乃應用交通大學黃金維教授的大地起伏值內插程式而求得，其方式是史天元教授的數值地形模型(Digital Terrain model, DTM)來求得，此地形模型的範圍為在東經 119 度至 122.5 度；北緯 21.5 度至 25.5 度的範圍中，以 30"X30"為一個區間，加上剩餘地形模式(Residual Terrain Model, RTM)的考量後，將 GPS 測量所得之資料經 Bernese 軟體解算而求得的經度及緯度代入內插程式而求得各點之大地起伏值。

(七) 完成 GPS 高程測量之成果及精度分析及觀測時間與精度之 關連分析

(1) 完成 GPS 高程測量之成果及精度分析：

完成 Bernese 軟體解算工作，並針對此軟體基線解算的成果進行內部精度分析，並進一步評估軟體之適用性。接下來，加入直接水準測量的成果，並配合重力測量所得之大地

起伏值，進行 GPS 解算的成果之外部精度分析。

(2) 完成觀測時間與精度之關連分析：

進行觀測時間長短與量測精度之關連分析，將觀測資料分別切割為 1、2 及 4 小時並進行基線之解算，分析解算成果精度與時間之相關性，進而提供在特定的精度要求下，所需的 GPS 觀測時間為何。

(八) 評估高精度 GPS 高程應用於高鐵沿線測量是否可行

評估高精度 GPS 高程應用於高鐵沿線測量是否可行，乃在特定的精度要求下，評估高精度 GPS 高程是否可以取代傳統的直接水準測量，並進而協助相關單位進行高精度 GPS 高程更廣泛的應用於工程測量以及控制測量中。

(九) 技術轉移

配合交通部高速鐵路工程局工程技術人員，提供高精度 GPS 高程測量之相關技術，以期 GPS 定位之技術得以應用於高精度之高程測量上。

2-3 甘梯圖

本計畫合約書中規定的進度已全部完成，其項目包含了實驗區之選定、相對重力測量、直接水準測量、高精度 GPS 高程測量、

選擇模式並完成對流層改正、GPS 接收器天線相位中心改正、GPS 高程測量之成果及精度分析、評估高精度 GPS 應用於高鐵沿線之可行性及期末報告之撰寫等。其甘梯圖示如圖 2-3。

年月	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	第十一月	第十二月
工作項目												
實驗區之選定	***	***										
相對重力測量			***	***	***	***	***					
直接水準測量			***	***	***	***	***					
高精度 GPS 高程測量			***	***	***	***	***					
期中報告							***					
選擇模式並完成對流層改正								***	***			
GPS 接收器天線相位中心改正								***	***			
GPS 高程測量之成果及精度分析									***	***	***	
評估高精度 GPS 應用於高鐵沿線之可行性										***	***	***
期末報告												***
工作進度估計百分比(累積數)	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90	95	100
符號說明	預定完成進度 *****現在完成進度											

圖 2-3 進度甘梯圖

第三章 測試區計算成果

本計畫合約書中所規定的進度已全部完成。以下為一等重力測量、一等精密水準測量、大地起伏值及 GPS 測量解算的成果。分述如下。

3-1 測試區一等重力測量成果

本計劃一等重力測量的工作，係委託聯勤測量隊來施測，其作業的範圍如圖 2-2 所示，施測的過程以新竹工研院絕對重力 CA 點為全區重力測量依據，其絕對重力值為 978912.044mgal（此絕對重力值為工研院量測中心以 FG-5 絕對重力儀及 LaCoste & Romberg G 型重力儀量測而得），然後利用 LaCoste & Romberg G 型重力儀於測區內對各待求點進行相對重力測量，其精度為 ± 0.1 mgal。其重力的計算以 GravMaster 套裝軟體進行重力化算，於軍圖上量取座標之後轉換為 WGS84 座標進行重力化算（座標量取精度為 $\pm 0.1'$ 合乎精度），下表 3-1 為一等重力測量成果。其施測流程列於附錄。

表 3-1：一等重力測量成果表

點名	經度	緯度	高程(m)	絕對重力值 (mgal)	正常重力值 (mgal)	空間異常 (mgal)	布格異常 (mgal)
9570	120:58:8.1150	24:48:25.3803	18.23344	978919.3822	978942.2580	-17.2490	-19.2903
HC01	120:58:10.8240	24:48:22.9798	17.61434	978919.4176	978942.2121	-17.3588	-19.3307
HC02	120:58:36.9370	24:48:4.6480	24.41633	978917.1987	978941.8621	-17.1285	-19.8620
HC03	120:59:17.8990	24:48:3.5778	33.14047	978914.6323	978941.8417	-16.9823	-20.6925
HC04	120:59:46.5600	24:47:52.5892	54.28650	978909.6612	978941.6319	-15.2179	-21.2955
HC05	120:59:48.3270	24:47:53.4254	66.70914	978904.6410	978941.6479	-16.4204	-23.8887
HC06	121:01:15.6310	24:46:52.8424	81.73964	978898.5374	978940.4916	-16.7293	-25.8803
HC07	121:02:5.7170	24:46:37.2550	85.11561	978896.0732	978940.1942	-17.8542	-27.3832
HC08	121:02:44.8410	24:46:39.3944	112.40843	978890.6705	978940.2350	-14.8752	-27.4597
HC09	121:03:11.9160	24:46:15.3734	118.37570	978888.6535	978939.7767	-14.5924	-27.8450
HC10	121:03:10.6970	24:45:39.6070	145.26868	978881.4876	978939.0946	-12.7771	-29.0403
HC11	121:02:49.7280	24:45:14.9575	192.61256	978870.1492	978938.6246	-9.0351	-30.5987
HC12	121:02:37.5540	24:44:56.9227	151.68604	978879.4232	978938.2807	-12.0472	-29.0289
HC13	121:02:20.3000	24:44:22.5708	156.72038	978876.4623	978937.6260	-12.7997	-30.3451
HC14	121:01:37.5790	24:44:23.6327	137.44792	978882.8122	978937.6462	-12.4176	-27.8053
HC15	121:01:37.8360	24:44:7.3860	79.09776	978894.1067	978937.3366	-18.8203	-27.6756
HC16	121:00:57.2580	24:43:45.7230	173.65028	978874.1334	978936.9239	-9.2020	-28.6427
HC17	121:00:20.5010	24:43:7.8581	166.57997	978876.2534	978936.2026	-8.5426	-27.1918
HC18	120:59:56.9080	24:43:36.7925	164.78943	978877.1538	978936.7537	-8.7459	-27.1946
HC19	121:00:12.4480	24:44:6.2505	125.44844	978885.7589	978937.3150	-12.8427	-26.8871
HC20	120:59:59.3170	24:44:48.3245	116.23871	978888.5934	978938.1168	-13.6522	-26.6655
HC21	120:59:55.1840	24:45:24.0189	89.66806	978894.6411	978938.7973	-16.4847	-26.5233
HC22	120:59:29.9080	24:45:46.4289	61.36541	978902.0750	978939.2247	-18.2123	-25.0824
HC23	120:59:50.9980	24:46:2.9624	55.54723	978903.8330	978939.5400	-18.5651	-24.7838
HC24	120:59:46.9940	24:46:30.5334	112.96180	978893.1235	978940.0659	-12.0824	-24.7288
HC25	120:59:32.1540	24:47:7.7083	99.70456	978899.2365	978940.7752	-10.7699	-21.9322
HC26	121:00:7.4980	24:47:23.6207	70.26936	978905.1178	978941.0789	-14.2760	-22.1429
HC27	121:00:49.5350	24:46:15.1204	99.43613	978893.8493	978939.7719	-15.2366	-26.3687
HC28	121:01:9.8600	24:45:28.2657	129.81589	978887.0226	978938.8783	-11.7945	-26.3278
HC29	121:01:6.7930	24:44:57.3499	67.86993	978899.2083	978938.2889	-18.1360	-25.7342
HC30	121:01:17.9580	24:44:26.6229	78.03115	978896.3023	978937.7032	-17.3209	-26.0568

3-2 測試區一等精密水準測量成果

本計劃有關一等精密水準測量的工作，係委託聯勤測量隊來施測，其作業的範圍如圖 2-2 所示，施測的過程從陸檢 9570 引測由新竹市政府出發經光復路再繞經新竹縣寶山鄉的山區往閉合回光復路。總共施測水準測量三十點（約五十公里），其施測的程序是依據內政部頒佈的一等精密水準測量規定施測，其使用的儀器為 WILD NA3000 精密水準儀，其往返閉合差均合乎一等水準測量規範小於 $\pm 3\text{mm}\sqrt{K}$ （K 為公里數）。其高程計算以基隆平均海面一等水準高程系統為計算依據，並以聯勤測量隊開發之一等水準測量計算軟體進行化算求得各點之一等水準高程。一等水準測量的成果如下表 3-2。其計算流程列於附錄。

表 3-2：高速鐵路一等水準測量成果表

點名	水準測量觀測值 (公尺)	正高改正數 (公尺)	正高 (公尺)
HC01	17.61436	+0.000001	17.61434
HC02	24.41649	+0.000008	24.41633
HC03	33.14078	+0.000001	33.14047
HC04	54.28693	+0.000009	54.28650
HC05	66.70975	-0.000001	66.70914
HC06	81.74018	+0.000088	81.73964
HC07	85.11674	+0.000025	85.11561
HC08	112.40995	-0.000004	112.40843
HC09	118.37760	+0.000054	118.37570
HC10	145.27108	+0.000092	145.26868
HC11	192.61525	+0.000081	192.61256
HC12	151.68907	+0.000061	151.68604
HC13	156.72402	+0.000103	156.72038
HC14	137.45207	-0.000003	137.44792
HC15	79.10218	+0.000034	79.09776

表 3-2(續)：高速鐵路一等水準測量成果表

點名	水準測量觀測值 (公尺)	正高改正數 (公尺)	正高 (公尺)
HC16	173.65535	-0.000053	173.65028
HC17	166.58560	+0.000125	166.57997
HC18	164.79562	-0.000093	164.78943
HC19	125.45514	-0.000083	125.44844
HC20	116.24589	-0.000099	116.23871
HC21	89.67560	-0.000072	89.66806
HC22	61.37344	-0.000033	61.36541
HC23	55.55561	-0.000019	55.54723
HC24	112.97090	-0.000045	112.96180
HC25	99.71411	-0.000077	99.70456
HC26	70.27943	-0.000026	70.26936
HC27	99.43563	-0.000040	99.43613
HC28	129.81498	+0.000105	129.81589
HC29	67.86870	+0.000060	67.86993
HC30	78.02964	+0.000044	78.03115

3-3 測試區大地起伏值成果

大地起伏值的求法有許多種，而本研究基於經費及時間的考量，最後決定採用交通大學黃金維教授的內插程式，配合史天元教授的數值地形模型(Digital Terrain model, DTM)來計算本實驗區內的三十個點位之大地起伏值，此大地起伏值的精度應可達十公分。此數值地形模型的範圍為在東經 119 度至 122.5 度；北緯 21.5 度至 25.5 度之範圍中，以 30"X30"為一個區間，加上剩餘地形模式(Residual Terrain Model, RTM)的考量後，將 GPS 測量所得之資料經 Bernese 軟體解算而求得的經度及緯度而求得各點之大地起伏值。下表 3-3 為其解算成果。

表 3-3：大地起伏值成果表

點名	大地起伏值 (m)	點名	大地起伏值 (m)
HC01	19.364	HC16	20.086
HC02	19.435	HC17	20.088
HC03	19.516	HC18	19.994
HC04	19.611	HC19	19.965
HC05	19.737	HC20	19.889
HC06	19.834	HC21	19.843
HC07	19.908	HC22	19.749
HC08	19.957	HC23	19.777
HC09	20.031	HC24	19.698
HC10	20.062	HC25	19.641
HC11	20.095	HC26	19.687
HC12	20.087	HC27	19.855
HC13	20.115	HC28	19.933
HC14	20.061	HC29	19.978
HC15	20.093	HC30	20.031

3-4 測試區 GPS 測量成果

本計劃之 GPS 測量工作，乃由交通大學土木工程研究所測量組學生來施測，新竹地區的作業範圍如圖 2-2 所示，施測的程序依據內政部所頒佈的一、二等 GPS 測量規定施測，使用的儀器為高精度 GPS 接收儀 Trimble 4000SSE 一台、Leica SR9500 二台、Leica CR399 二台及 Novatel 502 二台。施測的儀器分別由交通大學、中正理工學院、中央大學及中興大學協助提供。施測的時間為四小時，另外還有高速鐵路工程局提供的北部、中部和南部 GPS 觀測資料各約二小時以下為經 Bernese 軟體解算的成果。下表分別為新竹實驗區觀測時間四小時（表 3-4）、新竹實驗區觀測時間二小時（表 3-5）、新竹實驗區觀測時間一小時（表 3-6）及高速鐵路 GPS 控制點，北部（表 3-7）由台北至林口；中部（表 3-8）由大甲至彰化；南部（表 3-9）由台南至高雄等三個部分的 Bernese 軟體解算的成果。成果表中有點位的經度、緯度、橢球高及橢球高的均方根值(RMS)。表 3-10 為 GPSurvey 軟體解算新竹實驗區點位及其與經 Bernese 軟體解算之成果的較差。

表 3-4：GPS 測量經度、緯度成果表（新竹實驗區觀測時間四小時）

點名	經度(度,分,秒)	緯度(度,分,秒)	橢球高及均方根值(m)
HC01	120 58'13.268"	24 48'23.635"	36.792± 0.007
HC02	120 58'37.109"	24 48'04.617"	43.706± 0.008
HC03	120 59'17.977"	24 48'01.599"	52.487± 0.008
HC04	120 59'49.588"	24 47'47.087"	73.518± 0.009
HC05	121 00'31.810"	24 47'16.143"	86.282± 0.005
HC06	121 01'12.825"	24 46'49.746"	101.411± 0.003
HC07	121 02'07.622"	24 46'37.946"	104.864± 0.003
HC08	121 02'43.291"	24 46'39.475"	132.195± 0.004
HC09	121 03'06.089"	24.46'13.964"	138.267± 0.003
HC10	121 03'08.843"	24 45'37.131"	165.181± 0.006

表 3-4 (續): GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (新竹實驗區觀測時間四小時)

點名	經度(度,分,秒)	緯度(度,分,秒)	橢球高及均方根值(m)
HC11	121 02'57.335''	24 45'15.614''	212.464± 0.015
HC12	121 02'37.911''	24 44'59.049''	171.563± 0.007
HC13	121 02'19.092''	24 44'21.304''	176.659± 0.015
HC14	121 01'37.899''	24 44'21.815''	157.333± 0.010
HC15	121 01'38.801''	24 44'01.398''	99.042± 0.015
HC16	121 00'56.083''	24 43'38.071''	193.565± 0.006
HC17	121 00'20.653''	24 43'08.574''	186.554± 0.003
HC18	120 59'53.898''	24 43'34.813''	184.702± 0.023
HC19	121 00'13.685''	24 44'10.193''	145.389± 0.020
HC20	121 00'00.971''	24 44'49.067''	135.914± 0.015

表 3-4(續)：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (新竹實驗區觀測時間四小時)

點名	經度(度,分,秒)	緯度(度,分,秒)	橢球高及均方根值(m)
HC21	120 59'56.994"	24 45'20.319"	109.293± 0.006
HC22	120 59'28.915"	24 45'47.754"	80.965± 0.014
HC23	120 59'47.886"	24 46'02.396"	75.017± 0.006
HC24	120 59'49.168"	24 46'30.985"	132.422± 0.011
HC25	120-59'31.630"	24 47'06.153"	119.090± 0.005
HC26	121 00'06.256"	24 47'21.614"	89.727± 0.012
HC27	121 00'47.457"	24 46'16.525"	119.345± 0.021
HC28	121 01'09.025"	24 45'33.391"	149.765± 0.021
HC29	121 01'08.384"	24 44'55.707"	87.901± 0.019
HC30	121 01'19.180"	24 44'26.684"	98.0915± 0.020

表 3-5：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表（新竹實驗區觀測時間二小時）

點名	經度(度,分,秒)	緯度(度,分,秒)	橢球高及均方根值(m)
HC01	120 58'13.267"	24 48'23.634"	36.562± 0.090
HC03	120 59'17.981"	24 48'01.598"	52.056± 0.108
HC05	121 00'31.810"	24 47'16.143"	86.280± 0.007
HC07	121 02'07.622"	24 46'37.946"	104.872± 0.009
HC09	121 03'06.088"	24 46'13.965"	138.128± 0.015
HC10	121 03'08.843"	24 45'37.131"	165.161± 0.013
HC17	121 00'20.653"	24 43'08.573"	186.539± 0.013

表 3-6：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表（新竹實驗區觀測時間一小時）

點名	經度(度,分,秒)	緯度(度,分,秒)	橢球高及均方根值(m)
HC01	120 58'13.267"	24 48'23.632"	36.343± 0.108
HC03	120 59'17.979"	24 48'01.599"	52.323± 0.160
HC05	121 00'31.810"	24 47'16.143"	86.300± 0.009
HC07	121 02'07.620"	24 46'37.946"	104.806± 0.013
HC09	121 03'06.084"	24 46'13.966"	138.095± 0.019
HC10	121 03'08.842"	24 45'37.130"	165.094± 0.019
HC17	121 00'20.655"	24 43'08.574"	186.801 ± 0.019

表 3-7: GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (北部實驗區觀測時間二小時)

點名	經度(度,分,秒)	緯度(度,分,秒)	橢球高及均方根值(m)
W034	120 57'00.071"	24 42'04.634"	157.918± 0.001
W035	120 56'10.871"	24 41'06.462"	75.394± 0.036
W037	120 57'19.805"	24 38'27.234"	112.858± 0.012
W040	120 54'19.404"	24 38'59.589"	140.335± 0.028
W041	120 56'20.365"	24 42'03.102"	102.359± 0.012

表 3-8：GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表（中部實驗區觀測時間二小時）

點名	經度(度,分,秒)	緯度(度,分,秒)	橢球高及均方根值(m)
Y501	120 36'15.074	24 03'13.971''	160.312± 0.005
Y503	120 36'13.909''	24 02'21.972''	180.751± 0.009
Y504	120 36'27.097''	24 02'02.228''	177.294± 0.007
Y506	120 32'54.947''	24 01'52.361''	38.424± 0.018

表 3-9 : GPS 測量經度、緯度、橢球高及均方根值成果表 (南部實驗區觀測時間二點五小時)

點名	經度(度,分,秒)	緯度(度,分,秒)	橢球高及均方根值(m)
Z503	120 36'51.964"	23 56'41.283"	170.859± 0.008
Z504	120 36'59.423"	23 56'29.614"	194.973± 0.007
Z506	120 36' 35.710"	23 54'02.710"	94.386± 0.006
Z507	120 35'08.082"	23 52'55.923"	73.907± 0.007
Z508	120 32'09.944"	23 53'40.719"	62.271± 0.007

Bernese 與 GPSurvey 軟體之差異性在於 Bernese 是學術用軟體，其可設定之參數較多，精度可達較高之等級而 GPSurvey 軟體是商業用軟體，其可設定之參數較少，精度較學術用軟體低。以下為兩者之比較表。

表 3-10：Bernese 軟體與 GPSurvey 軟體比較表

	應用	內部精度	外部精度
Bernese	學術使用	1-2 公分	約 5 公分
GPSurvey	商業使用	3-5 公分	約 10 公分

表 3-10：GPSurvey 軟體解算新竹實驗區點位成果、均方根值及其與經 Bernese 軟體解算之成果的較差

點位	GPSurvey (NCTU) (m)	均方根值 (m)	與 Bernese 之較差 (m)
HC01	36.681	0.0167	-0.1117
HC02	43.625	0.0165	-0.0816
HC03	52.430	0.0136	-0.0576
HC04	73.736	0.0154	0.2173
HC05	86.222	0.0125	-0.0604
HC06	101.381	0.0145	-0.0302
HC07	104.822	0.0144	-0.0424
HC08	132.179	0.0117	-0.0166
HC09	138.195	0.0171	-0.0725
HC10	165.184	0.0171	0.0031
HC11	213.999	0.0095	0.0352
HC12	171.505	0.0082	-0.0585
HC13	176.690	0.0080	0.0314
HC14	157.320	0.0092	-0.0134
HC15	99.055	0.0082	0.0128
HC16	193.539	0.0076	-0.0260
HC17	186.522	0.0177	-0.0323
HC18	184.623	0.0101	-0.0788
HC19	145.451	0.3441	0.0615
HC20	135.943	0.0079	0.0284
HC21	109.285	0.0070	-0.0079
HC22	80.919	0.0100	-0.0455
HC23	75.084	0.0070	0.0671
HC24	132.786	0.3662	0.3634
HC25	119.127	0.0072	0.0371
HC26	90.074	0.3441	0.3472
HC27	120.599	0.3441	-0.0609
HC28	149.853	0.3440	0.0873
HC29	87.984	0.3441	0.0835
HC30	98.197	0.3432	0.1056

第四章 成果分析

在成果討論這章，我們主要在探討 Bernese 軟體解算 GPS 之測高成果的內部精度及外部精度並分析不同時間之精度。茲將其分述如下。

4-1 內部精度探討

在 Bernese 軟體解算的成果裡，皆有各個成果的標準偏差值(RMS)此即為 Bernese 軟體之內部精度，下圖分別為新竹實驗區觀測四小時及高速鐵路沿線之南部、中部和北部 GPS 控制點經 Bernese 軟體解算之測高成果點位所對應之均方根值(RMS)。

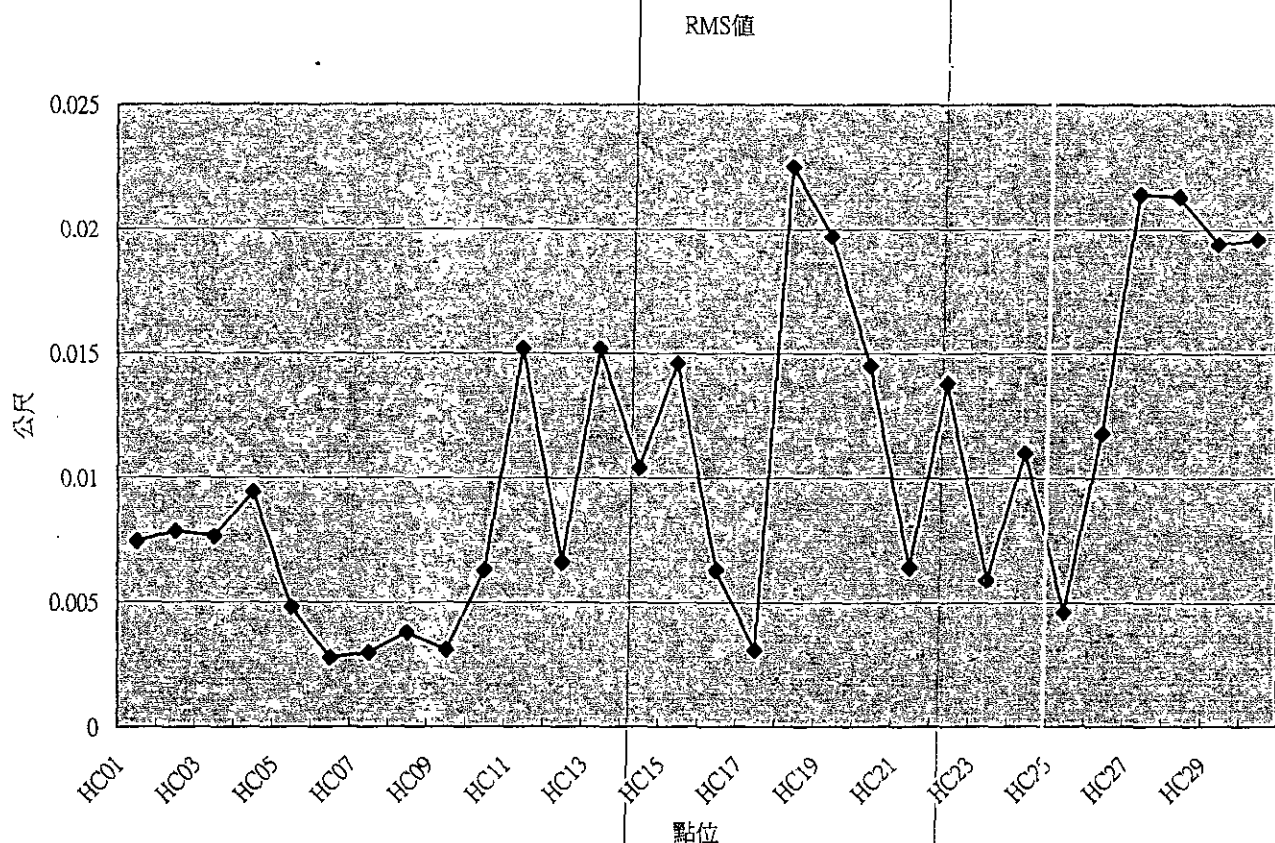


圖 4-1 新竹實驗區觀測四小時測高成果點位所對應之均方根值(RMS)

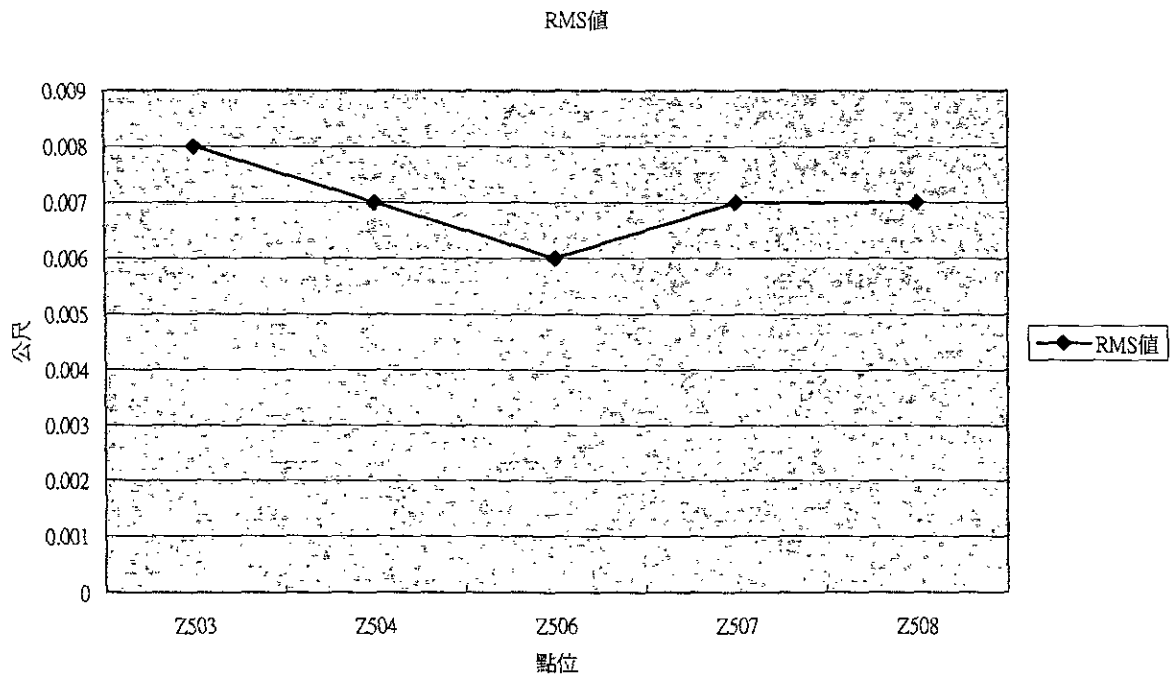


圖 4-2 高速鐵路沿線南部之 GPS 控制點測高成果點位所對應之均方根值(RMS)。

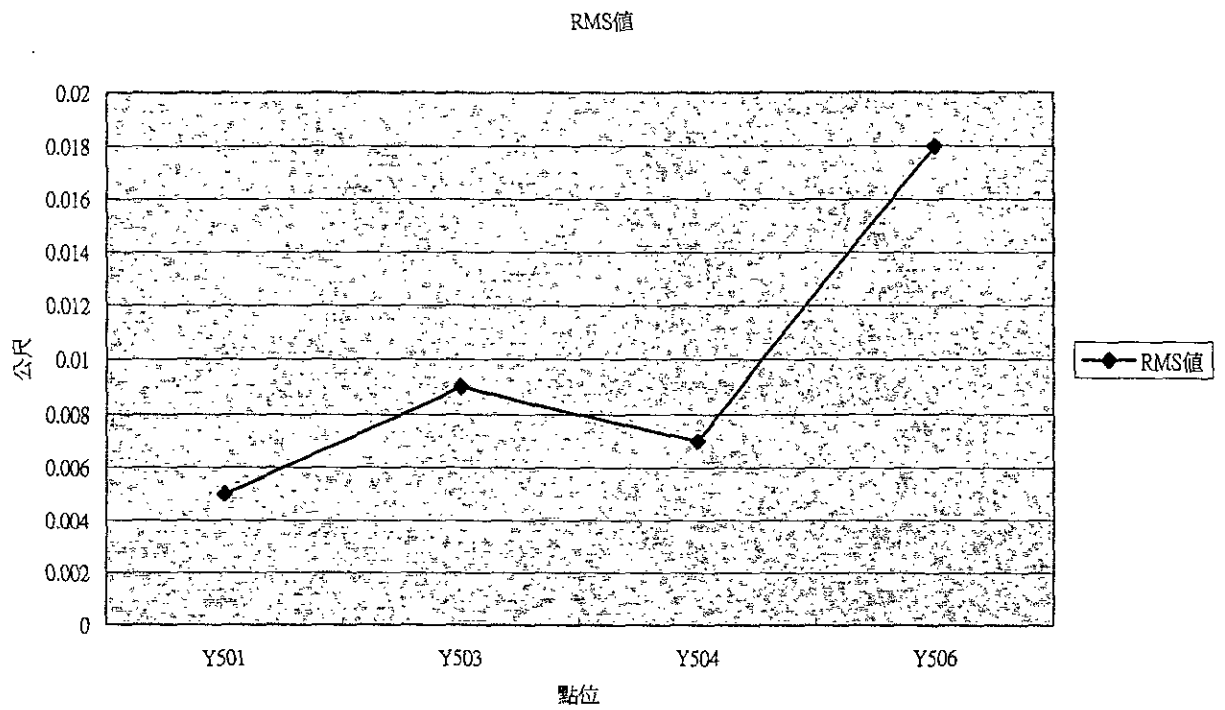


圖 4-3 高速鐵路沿線中部之 GPS 控制點測高成果點位所對應之均方根值(RMS)。

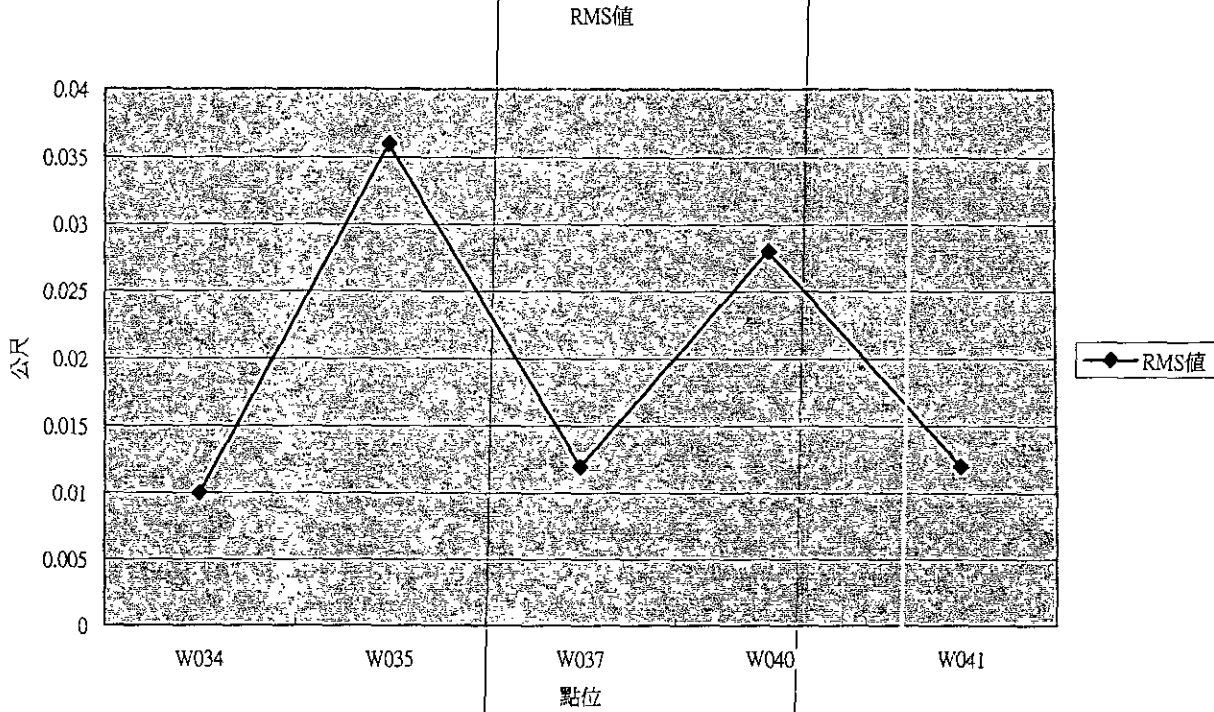


圖 4-4 高速鐵路沿線北部之 GPS 控制點測高成果點位所對應之均方根值(RMS)。

表 4-1 不同地區之平均 RMS 值

測區	北部	新竹	中部	南部
平均 RMS 值 (CM)	1.96	1.064	0.975	0.7

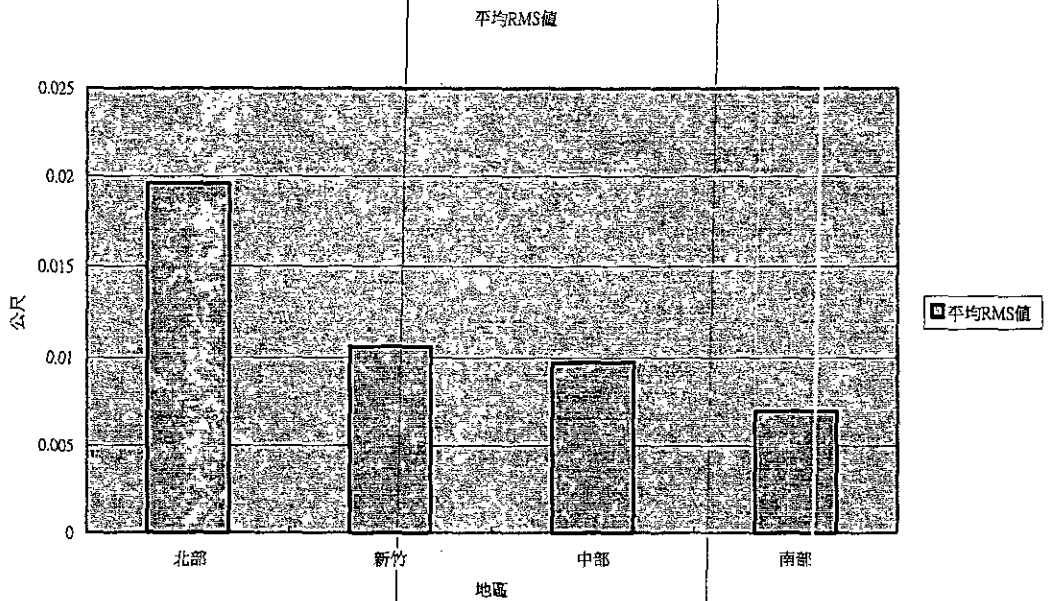


圖 4-5 不同地區之平均 RMS 值柱方圖

由上述的表 4-1 及圖 4-5 所示，我們可以清楚發現，大多數的高程解算成果之均方根值(RMS)的平均皆可達到一公分級的精度；除了高速鐵路沿線北部之 GPS 控制點測高成果之均方根值(RMS)平均約為二公分，會有此現象的主要原因應是其觀測時間不足(其觀測時間為二小時)。因此，只要 GPS 測高在經由 Bernese 軟體解算之測高成果的觀測時間足夠而且觀測資料的品質不錯，其內部精度的平均是可以輕易達到一公分級的精度(因為大多數觀測時間足夠，但解算出的均方根值(RMS)卻大於一公分的主要因為資料品質不佳)，所以，在內部精度方面，由 Bernese 軟體解算之測高成果所得之精度，理論上只要觀測資料的品質良好及時間足夠(對空通視良好，接收時間大於四小時)，則其精度是可以達到一公分的精度。茲就一等水準測量的精度而言，其精度是 $\pm 3\sqrt{K}\text{mm}$ ，(K 為測線之公里數)，所以，若測線距離大於十一公里，則其精度就只有一公分的精度，而高速鐵路沿線的 GPS 控制點相距大多大於十公里，因此，只要觀測資料的品質良好且時間足夠，再以精度良好的解算軟體(如 Bernese)作解算，則所得成果的精度是可以符合所有工程測量精度的要求。因此，就內部精度而言，以 GPS 測量高程來取代傳統的水準測高是可行的。

4-2 外部精度探討

由於經水準測量所得之高程，再經正高改正後所得到的高程為正

高；但由 GPS 測量所得到的高程為橢球高，由公式(1-1)橢球高=正高 + 大地起伏，得知它們之間相差一個大地起伏值，因此，為檢核 GPS 測量所得到的成果之外部精度，我們將 GPS 測量經 Bernese 解算而得之實測橢球高和一等水準測量所得之正高加上大地起伏值而得之理論橢球高作比較，此為其外部精度。然而，絕對大地起伏值並不易求得，所以，一般的大地起伏值求法是以實測的重力網配合數值地形模型(DTM)；再加上其他的改正(如剩餘地形理論,RTM)，最後由內插的方式而求得該點的大地起伏值。但是重力測量所費不貲，因此，國內重力網的測點並不是十分密集，所以就現今我們所能得到的資料再經內插而得到的成果自然不是十分精確，一般認為最好僅約在十公分的精度。因為大地起伏值是以一個模型做考量，所以其絕對值常會有一個加常數，因此為了降低此一效應，唯有比較相對值才能得到較高的精度，所以，我們採用以下的方法來進行，由正高加上大地起伏值得到理論橢球高，將理論橢球高和經 Bernese 軟體解算之實測論橢球高兩者皆固定某點，即將兩者之所有點位皆減去各自的某點的值，再做比較，如此可以降低大地起伏值的影響。而固定點的選取為 HC01、HC05、HC09 及 HC17 四個實驗區的角點(因為大地水準面為一曲面)、今將 HC01、HC05、HC09 及 HC17 固定後得到下表 4-2、表 4-3、表 4-4 及表 4-5 的結果。

表 4-2：固定 HC01 之橢球高差比較表

點名	固定 HC01 之 實測橢球高(m)	固定 HC01 之理論 橢球高(m)	較差(m)
HC01	0	0	0
HC02	6.9141	6.8729	0.041
HC03	15.6949	15.6781	0.016
HC04	36.7259	36.9191	-0.193
HC05	49.4901	49.4678	0.022
HC06	64.6185	64.5953	0.023
HC07	68.0716	68.0453	0.026
HC08	95.4031	95.3871	0.016
HC09	101.4751	101.4284	0.046
HC10	128.3883	128.3523	0.035
HC11	175.6712	175.7292	-0.058
HC12	134.7711	134.7947	-0.023
HC13	139.8667	139.8570	0.009
HC14	120.5407	120.5306	0.010
HC15	62.2497	62.2142	0.037

表 4-2 (續): 固定 HC01 之橢球高差比較表

點名	固定 HC01 之 實測橢球高(m)	固定 HC01 之理論 橢球高(m)	較差(m)
HC16	156.7728	156.7579	0.015
HC17	149.7616	149.6896	0.072
HC18	147.9099	147.8051	0.104
HC19	108.5969	108.4351	0.162
HC20	99.1220	99.1494	-0.002
HC21	72.5006	72.5327	-0.003
HC22	44.1726	44.1361	0.036
HC23	38.2243	38.3459	-0.121
HC24	95.6301	95.6815	-0.051
HC25	82.2972	82.3672	-0.007
HC26	52.9342	52.9780	-0.043
HC27	82.5529	82.3127	0.240
HC28	112.9729	112.7706	0.202
HC29	51.1082	50.8696	0.238
HC30	61.2987	61.0838	0.214

表 4-3：固定 HC05 之橢球高差比較表

點名	固定 HC05 之 實測橢球高(m)	固定 HC05 之理論 橢球高(m)	較差(m)
HC01	-49.4901	-49.4901	-0.0223
HC02	-42.5760	-42.5948	0.01881
HC03	-33.7952	-33.7897	-0.00553
HC04	-12.7642	-12.5486	-0.21556
HC05	0	0	0
HC06	15.1284	15.1275	0.0009
HC07	18.5815	18.5775	0.00403
HC08	45.9130	45.9193	-0.00629
HC09	51.9850	51.9606	0.02444
HC10	78.8982	78.8845	0.01366
HC11	126.1811	126.2614	-0.08032
HC12	85.2810	85.3269	-0.0459
HC13	90.3766	90.3892	-0.01264
HC14	71.0506	71.0628	-0.01218
HC15	12.7596	12.7446	0.01498

表 4-3 (續): 固定 HC05 之橢球高差比較表

點名	固定 HC05 之 實測橢球高(m)	固定 HC05 之理論 橢球高(m)	較差(m)
HC16	107.2827	107.2901	-0.007
HC17	100.2715	100.2218	0.049
HC18	98.4198	98.3373	0.082
HC19	59.1068	58.9673	0.139
HC20	49.6319	49.6816	-0.049
HC21	23.0105	23.0649	-0.054
HC22	-5.3175	-5.3317	0.014
HC23	-11.2658	-11.1219	-0.014
HC24	46.1400	46.2137	-0.074
HC25	32.8071	32.8994	-0.092
HC26	3.4441	3.5102	-0.066
HC27	33.0628	33.8450	0.218
HC28	63.4828	63.3028	0.180
HC29	1.6181	1.4018	0.216
HC30	11.8086	11.6160	0.193

表 4-4：固定 HC09 之橢球高差比較表

點名	固定 HC09 之 實測橢球高(m)	固定 HC09 之理論 橢球高(m)	較差(m)
HC01	-101.4750	-101.4280	-0.047
HC02	-94.5610	-94.5554	-0.005
HC03	-85.7802	-85.7502	-0.030
HC04	-64.7492	-64.5092	-0.240
HC05	-51.9850	-51.9606	-0.024
HC06	-36.8566	-36.8331	-0.024
HC07	-33.4035	-33.3831	-0.020
HC08	-6.0720	-6.0413	-0.031
HC09	0	0	0
HC10	26.9132	26.9240	-0.011
HC11	74.1961	74.3008	-0.105
HC12	33.2960	33.3663	-0.070
HC13	38.3916	38.4287	-0.037
HC14	19.0656	19.1022	-0.036
HC15	-39.2254	-39.2159	-0.009

表 4-4 (續)：固定 HC09 之橢球高差比較表

點名	固定 HC09 之 實測橢球高(m)	固定 HC09 之理論 橢球高(m)	較差(m)
HC16	55.2977	55.3296	-0.032
HC17	48.2865	48.2613	0.025
HC18	46.4348	46.3767	0.058
HC19	7.1218	7.0067	0.115
HC20	-2.3531	-2.2790	-0.074
HC21	-28.9745	-28.8956	-0.079
HC22	-57.3025	-57.2923	-0.010
HC23	-63.2508	-63.0825	-0.168
HC24	-5.8450	-5.7469	-0.098
HC25	-19.1779	-19.0611	-0.117
HC26	-48.5409	-48.4503	-0.091
HC27	-18.9222	-19.1156	0.193
HC28	11.4978	11.3422	0.156
HC29	-50.3669	-50.5588	0.192
HC30	-40.1764	-40.3446	0.168

表 4-5：固定 HC17 之橢球高差比較表

點名	固定 HC17 之 實測橢球高(m)	固定 HC17 之理論 橢球高(m)	較差(m)
HC01	-149.7620	-149.6900	-0.072
HC02	-142.8480	-142.8170	-0.031
HC03	-134.0670	-134.0120	-0.056
HC04	-113.0360	-112.7710	-0.265
HC05	-100.2720	-100.2220	-0.050
HC06	-85.1431	-85.0944	-0.049
HC07	-81.6900	-81.6444	-0.046
HC08	-54.3585	-54.3026	-0.056
HC09	-48.2865	-48.2613	-0.025
HC10	-21.3733	-21.3373	-0.036
HC11	25.9096	26.0396	-0.130
HC12	-14.9905	-14.8950	-0.096
HC13	-9.8949	-9.8326	-0.063
HC14	-29.2209	-29.1591	-0.062
HC15	-87.5119	-87.4772	-0.035

表 4-5 (續)：固定 HC17 之橢球高差比較表

點名	固定 HC17 之 實測橢球高(m)	固定 HC17 之理論 橢球高(m)	較差
HC16	7.0112	7.0683	-0.057
HC17	0	0	0
HC18	-1.8517	-1.8846	0.033
HC19	-41.1647	-41.2546	0.090
HC20	-50.6396	-50.5403	-0.099
HC21	-77.2610	-77.1569	-0.105
HC22	-105.5890	-105.5540	-0.035
HC23	-111.5370	-111.3440	-0.194
HC24	-54.1315	-54.0082	-0.123
HC25	-67.2087	-67.3224	-0.142
HC26	-96.8274	-96.7116	-0.116
HC27	-67.2087	-67.3769	0.168
HC28	-36.7887	-36.9191	0.130
HC29	-98.6534	-98.8201	0.167
HC30	-88.4629	-88.6059	0.143

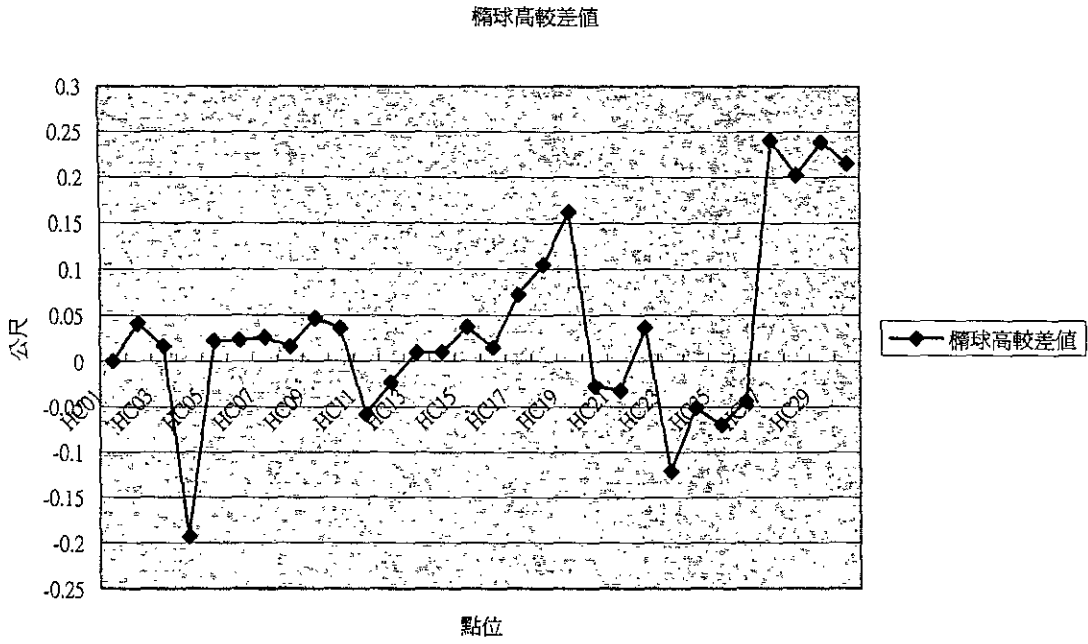


圖 4-6 固定 HC01 之橢球高差較圖

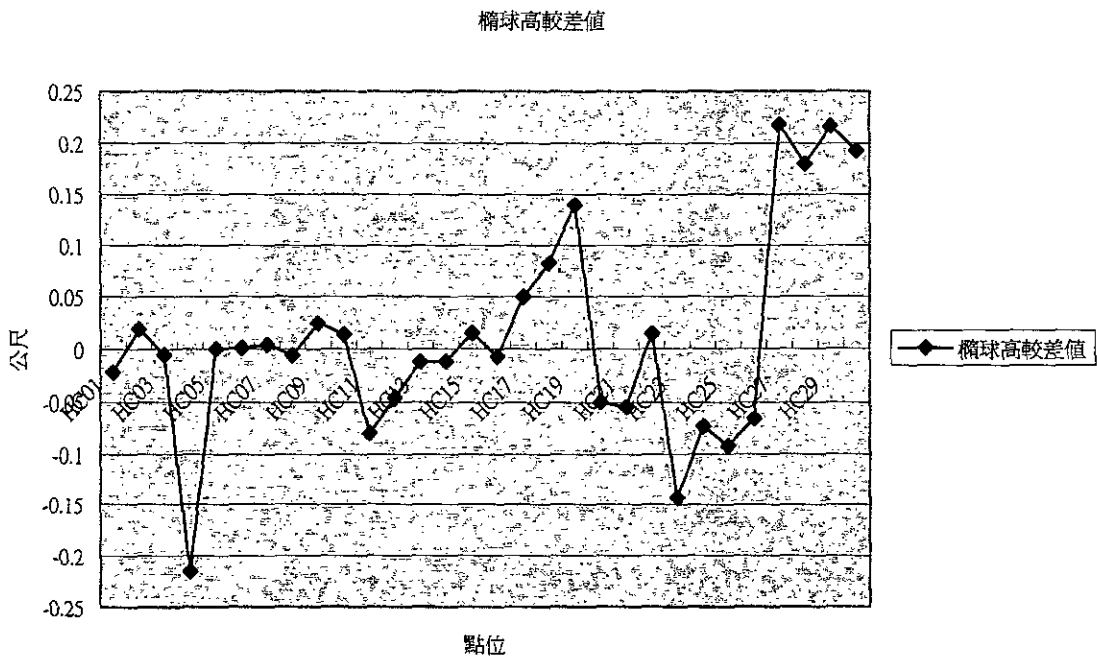


圖 4-7 固定 HC05 之橢球高差較圖

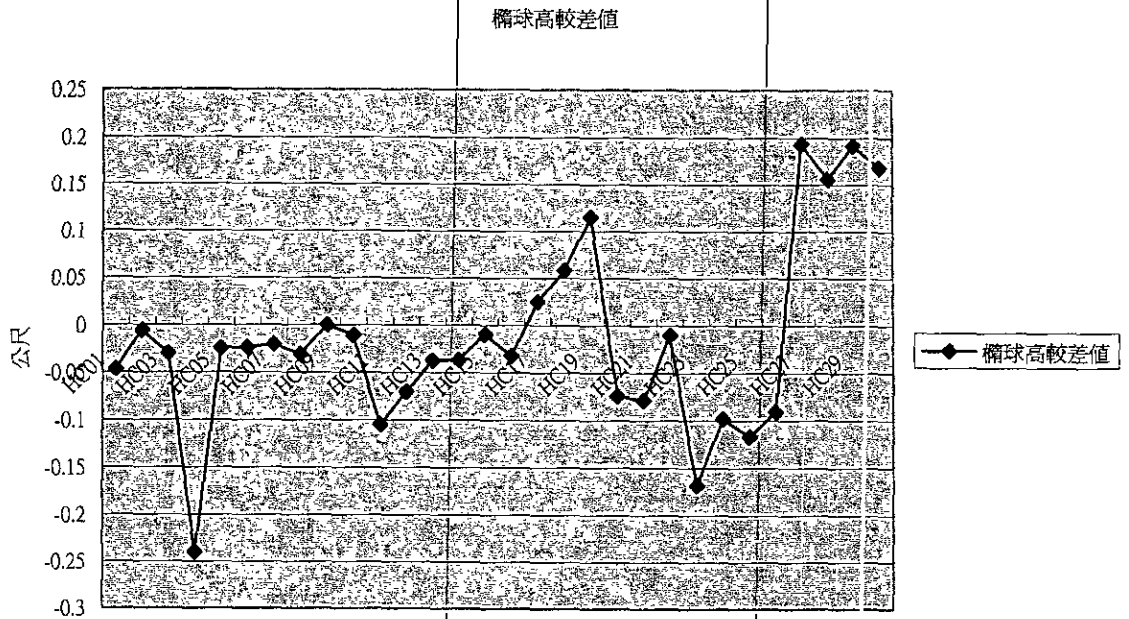


圖 4-8 固定 HC09 之橢球高差較圖

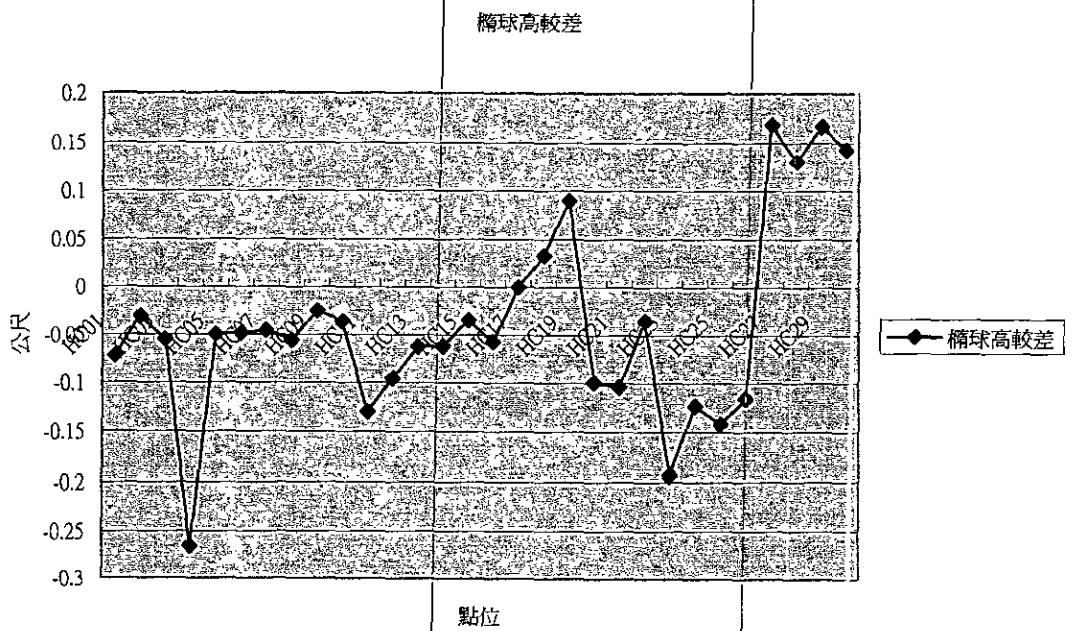


圖 4-9 固定 HC17 之橢球高差較圖

由表 4-2、表 4-3、表 4-4 及表 4-5、繪成圖 4-6、圖 4-7、圖 4-8 及圖 4-9。我們在外精度方面分兩部分分析，即在點位 HC01 至 HC15 地勢變化較小的平坦區域及在 HC16 至 HC30 之間地勢變化較大的區域，由上述的圖表可發現，點位 HC01 至 HC15 其較差值大多在五公分以下(除了 HC04 以外，這應是 HC04 的大地起伏值或 Bernese 解算的橢球高有問題)；但在 HC16 至 HC30 之間的差值就較大了。這一點我們可以由高程變化圖獲得解釋，由下一頁高程變化圖(圖 4-10)可發現 HC01 至 HC15 為地勢變化較小的平坦地區；而 HC16 至 HC30 為點位和點位之間高程相差較大的崎嶇山區。為何在地勢變化較小的地方誤差較小；而在地勢變化較大的地方誤差較大？這是因為地勢變化較大的地方大地起伏變化亦大，自然由內插所得到的大地起伏值精度較差，所以圖 4-6 至圖 4-9 的現象是合理的。而因為大地起伏值得精度無法配合；所以無法做外部精度之正確比較，但就平坦地區的外部精度而言，本研究的成果應可達到五公分的精度。因此只要大地起伏的精度能再提昇，相信更可以印證由 Bernese 軟體解算橢球高減去大地起伏值而得正高是可行的。

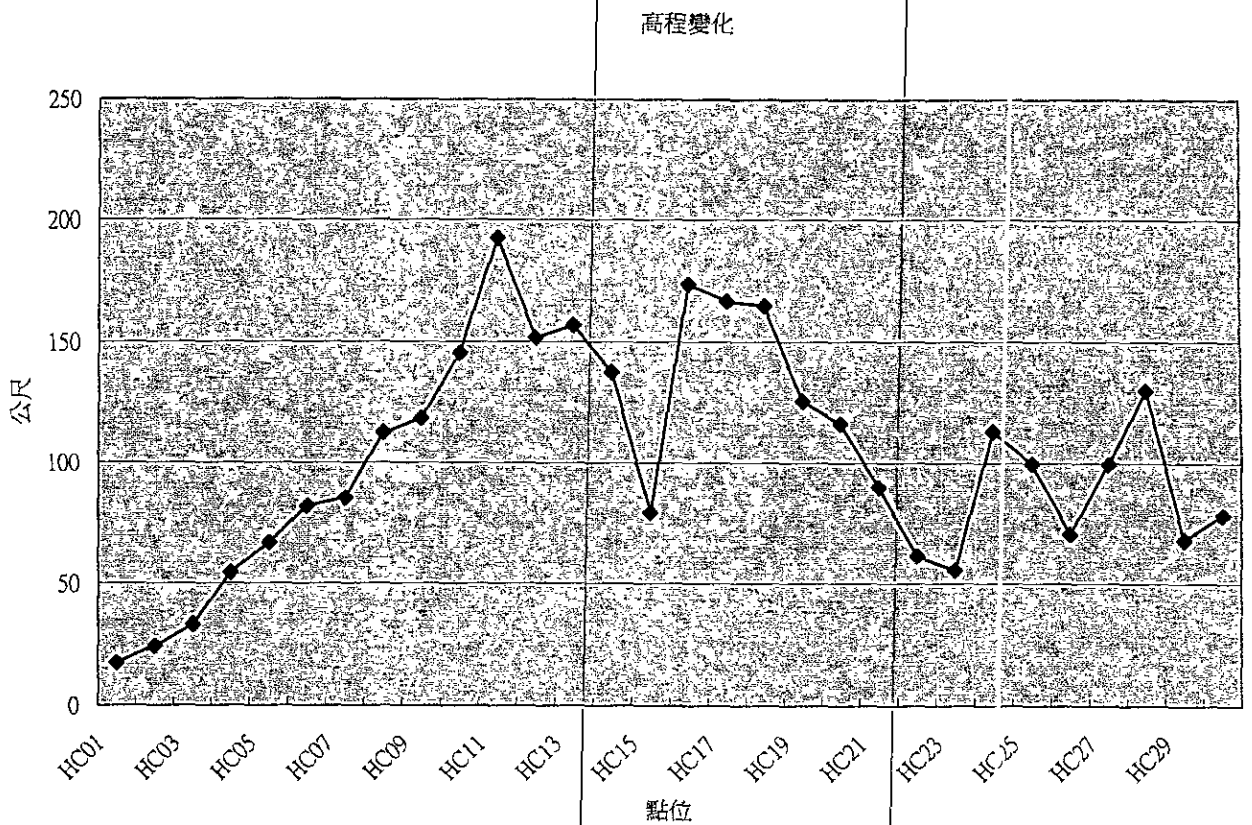


圖 4-10 HC01 至 HC30 之高程變化圖

4-3 不同時段之精度的比較

我們選取同一個時段 HC01、HC03、HC05、HC07、HC09、HC10 及 HC17 七個點位做不同時段的比較表 4-6 為各點之 FMS 值，表 4-7 為固定 HC01 後理論橢球高減實測橢球高之值。將其繪成圖 4-11、圖 4-12 及圖 4-13。由圖 4-11 可發現觀測四小時的 RMS 值明顯低於觀測二小時及觀測一小時的 RMS 值；且數值方面，觀測四小時的 RMS 值明顯較觀測二小時及觀測一小時的 RMS 值穩定。另外，再由圖 4-12 可了解觀測四小時的較差明顯較觀測二小時及觀測一小時的較差

表 4-6：不同觀測時間之 RMS 值比較

點號 \ RMS	RMS 值(四小時)(m)	RMS 值(二小時)(m)	RMS 值(一小時)(m)
HC01	0.0074	0.0902	0.1083
HC03	0.0076	0.1080	0.1595
HC05	0.0048	0.0065	0.0091
HC07	0.0030	0.0094	0.0125
HC09	0.0031	0.0145	0.0185
HC10	0.0063	0.0129	0.0185
HC17	0.0031	0.0131	0.0191

表 4-7：不同時間之橢球高較差值比較

點號 \ h-h'	橢球高較差值(四小時)(m)	橢球高較差值(二小時)(m)	橢球高較差值(一小時)(m)
HC01	-0.18554	-0.41564	-0.63524
HC03	-0.16877	-0.60007	-0.33297
HC05	-0.56324	-0.56544	-0.54534
HC07	-0.1592	-0.1516	-0.2175
HC09	-0.1388	-0.2783	-0.3114
HC10	-0.1496	-0.1689	-0.2364
HC17	-0.1136	-0.1281	0.1339

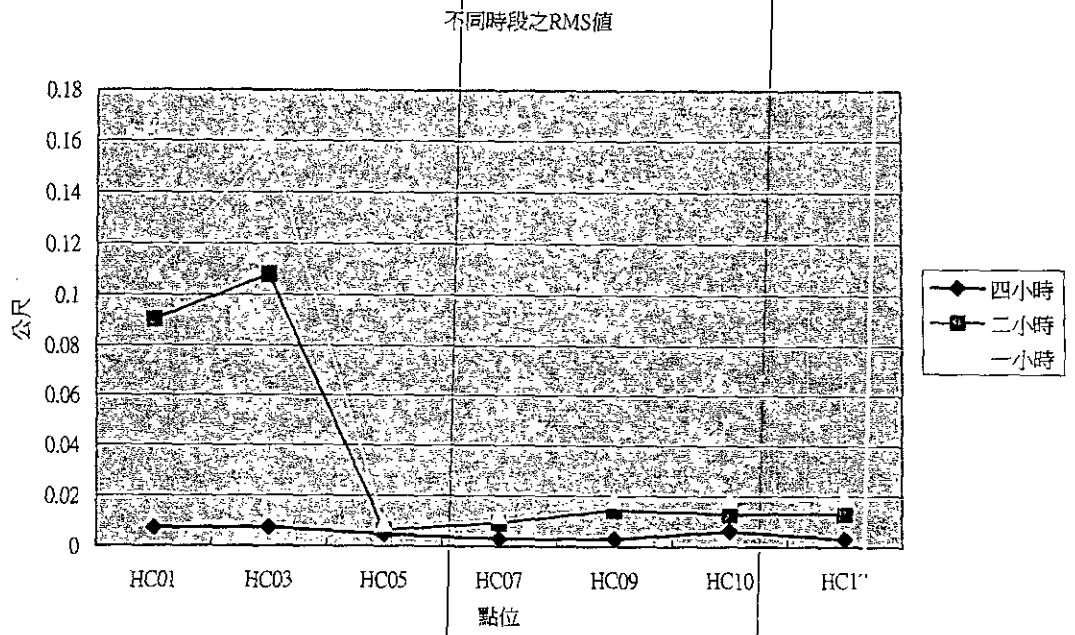


圖 4-11 不同時段之 RMS 值比較折線圖

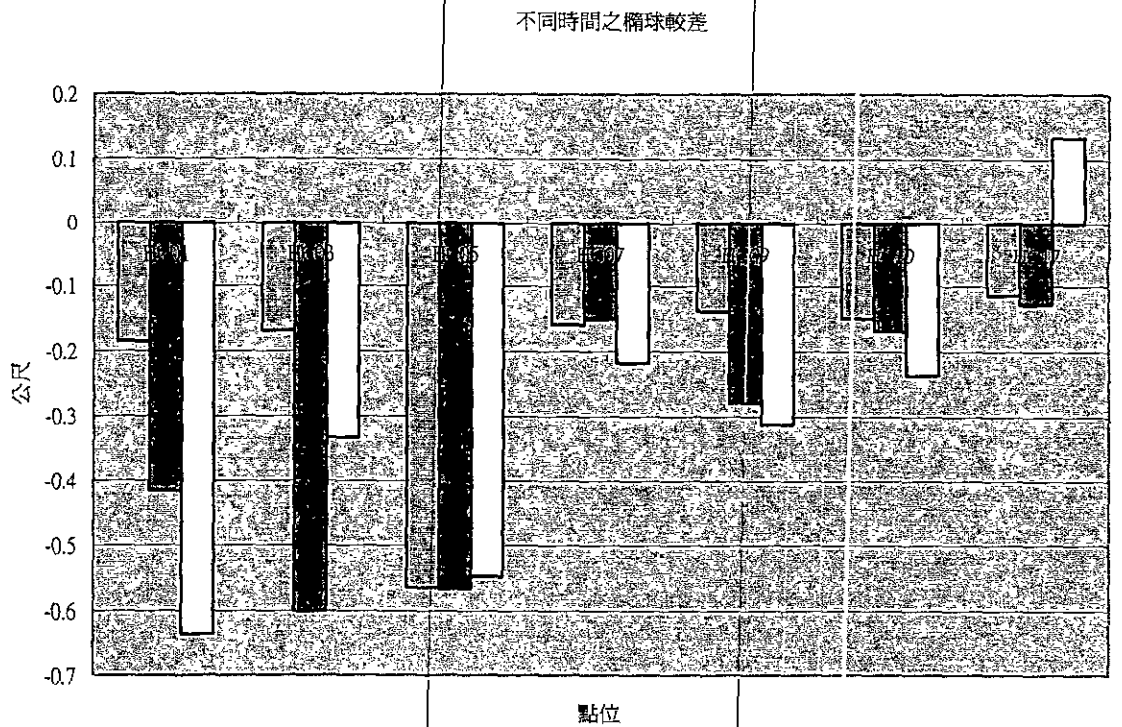


圖 4-12 不同時段之橢球高較差值比較柱方圖

不同時段之橢球高差比較

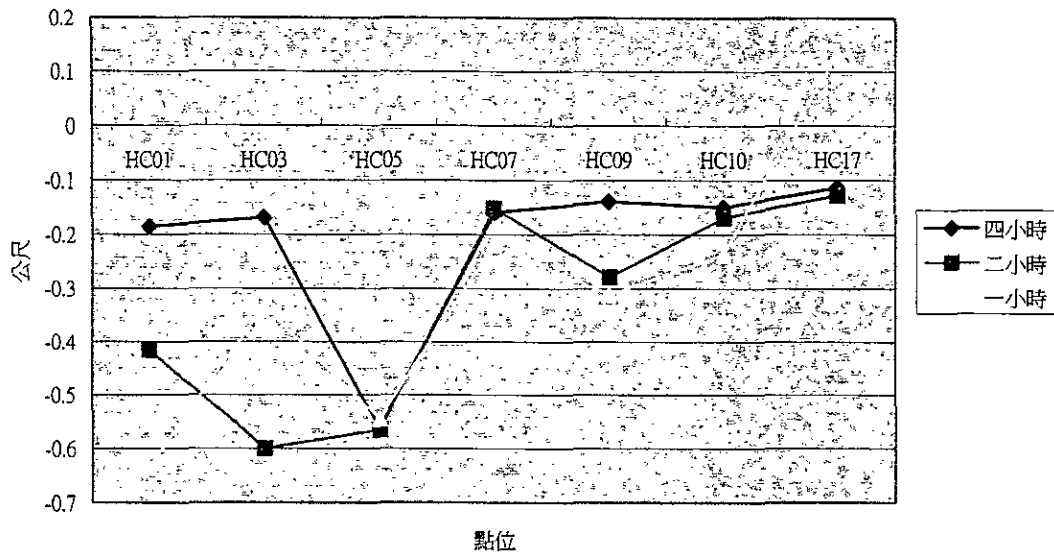


圖 4-13 不同時段之橢球高較差值比較折線圖

值小。而圖 4-13 可了解觀測四小時的較差明顯較觀測二小時及觀測一小時的較差值穩定所以，由以上兩點可證明，觀測四小時的資料經 Bernese 軟體的成果明顯較觀測二小時及觀測一小時的成果精確許多。因此，GPS 觀測時間在四小時以上可得高精度的結果。

4-4 討論

若我們將經 Bernese 軟體解算的內部精度 RMS 值與固定 HC01、HC05、HC09 及 HC17 理論橢球高減實測橢球高之差值做成如圖 4-14、圖 4-15、圖 4-16 及圖 4-17 所示，我們可發現 RMS 值較大者，

RMS值與橢球高較差比較

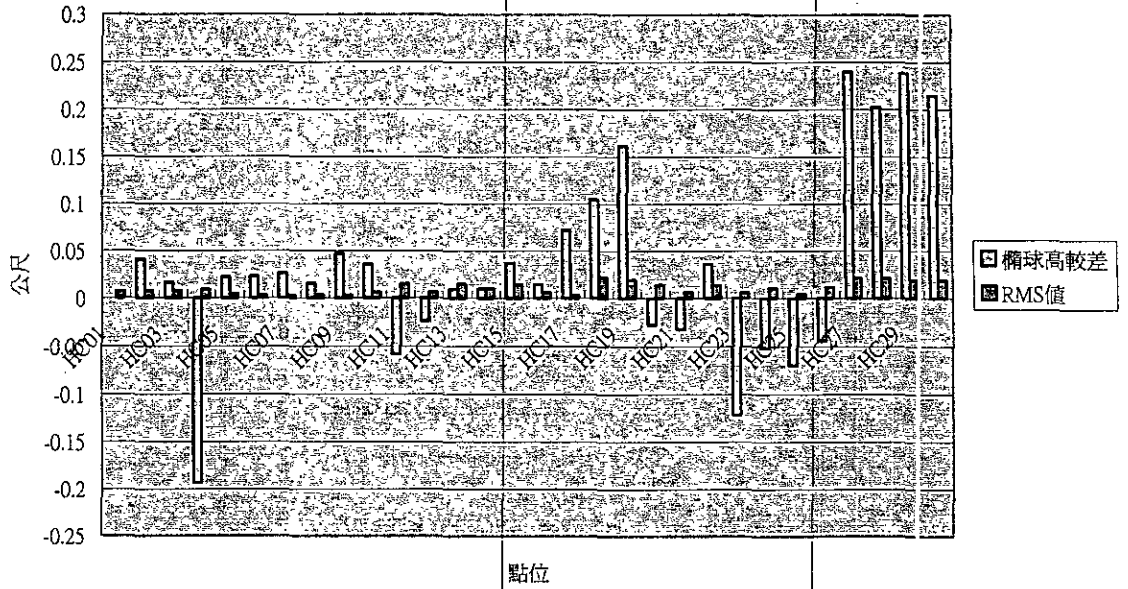


圖 4-14 固定 HC01 之 RMS 與橢球高較差值之比較

RMS值與橢球高較差值之比較

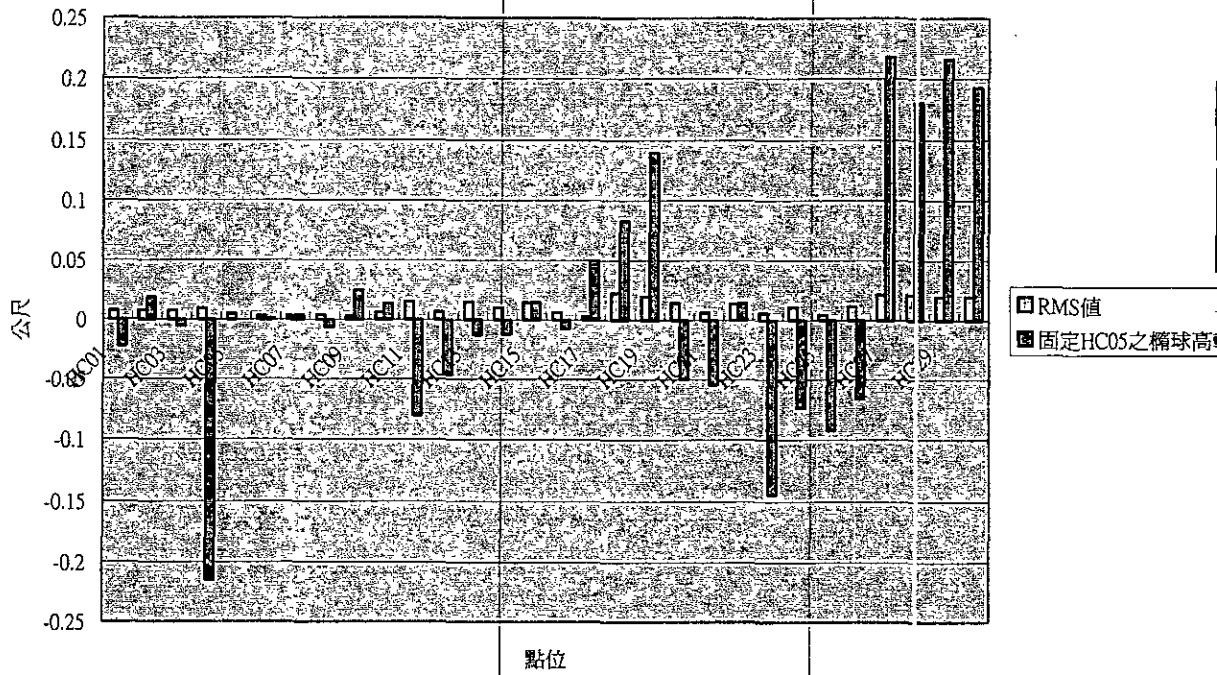


圖 4-15 固定 HC05 之 RMS 與橢球高較差值之比較

RMS值與橢球高差值之比較

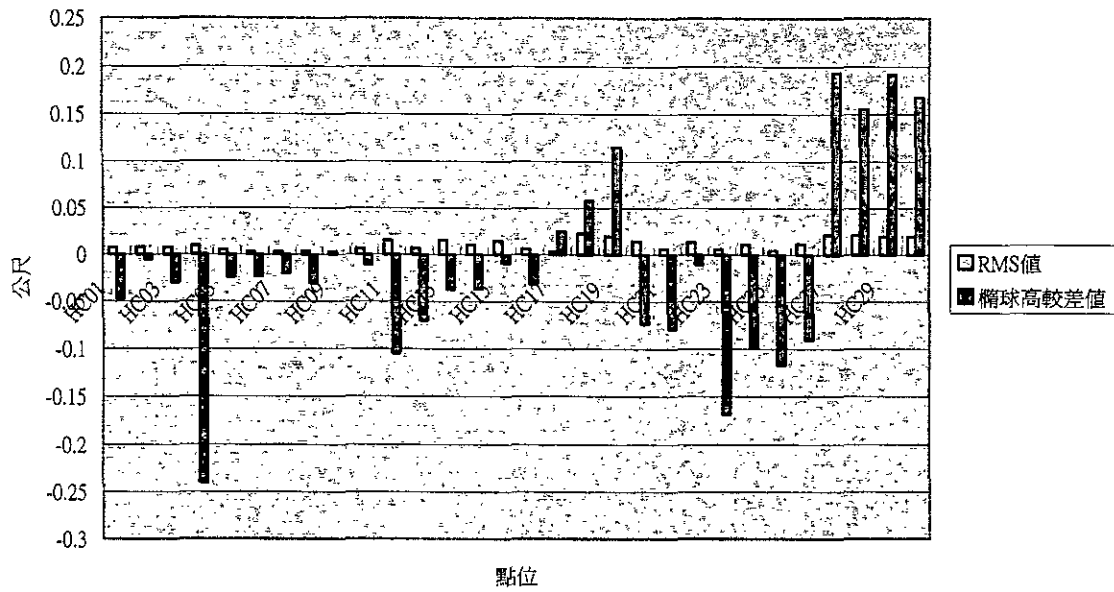


圖 4-16 固定 HC09 之 RMS 與橢球高較差值之比較

RMS值與橢球高較差比較

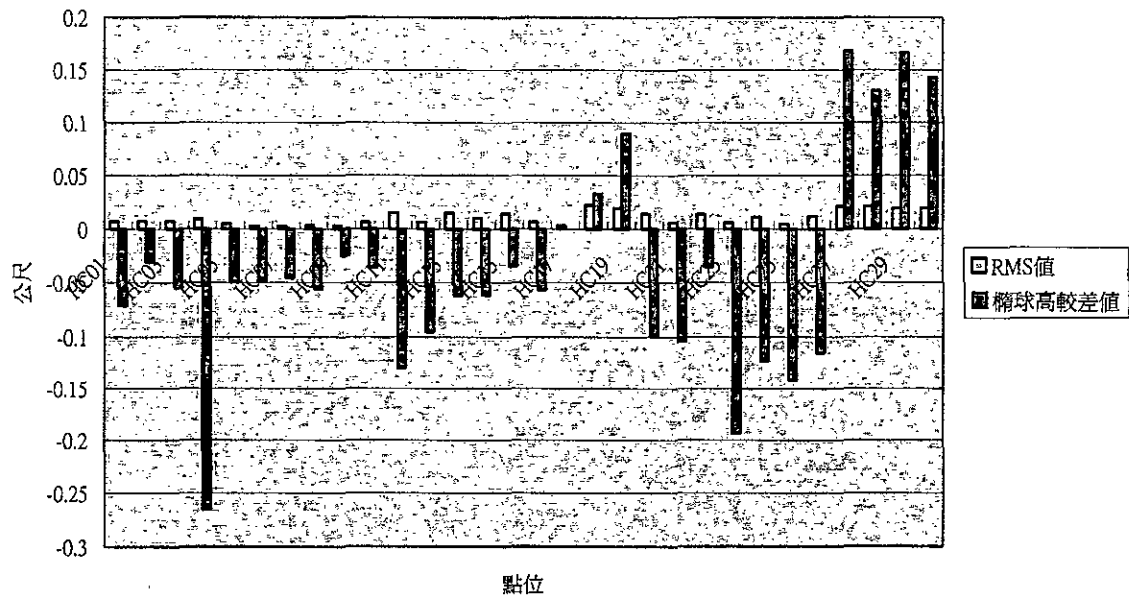


圖 4-17 固定 HC17 之 RMS 與橢球高較差值之比較

其對應之固定 HC01 理論橢球高減實測橢球高之值亦較大，因此內部精度和外部精度可謂正相關，所以，只要內部精度能達到相當的精度；且大地起伏值的精度亦能配合，則以 GPS 測高取代傳統水準測高是可行的。

第五章 結論與建議

最後，對於本計劃案的研究與分析結果，我們做了如下之結論與建議。

結論

一、以 Bernese 軟體解算 GPS 控制點資料應用於高速鐵路沿線是可行的：經由第三章與第四章的內容及數據可發現，取樣的點位大致已包含整個高速鐵路沿線，而經 Bernese 軟體解算之成果的精度，在橢球高的內部精度有達到一公分的精度；而在化算成正高的外部精度方面，平坦地區亦有五公分精度的水準。因此，以 Bernese 軟體解算高速鐵路沿線之 GPS 控制點是可行的。

二、若大地起伏值的精度能達到一等水準測量精度的水準，則以 GPS 測高來取代一等精密水準測量將是可行的：由於目前大地起伏值的精度尚無法配合，所以依目前的情況來說，以 GPS 測高加上大地起伏值得改正後的正高並無法滿足一等精密水準測量高程精度的要求；但若等到台灣的重力測網能密集到一定程度的時候，則大地起伏值的精度將能達到一等精密水準測量高程精度的要求時，那麼以 GPS 測高來取代一等精密水準測量應是可行的。

建議

利用 GPS 觀測資料進而求得點位正高高程雖然已經行之有

年，但是由於大地起伏值及 GPS 測量之精度等種種因素之關係，正高精度仍有待加強；但是在計算成果中直接獲得點位之橢球高卻已有相當之精度；因此，利用相同點位在不同時間所計算而得之橢球高值，便可以於內業計算中相當精確的估算出該點位高程值之變化量(因為同一個點位之大地起伏值相同)；因此，如果在高鐵沿線佈設 24 小時 GPS 連續觀測接收站(固定站)，便可於資料後處理中得知點位在任何時間之橢球高甚至平面坐標值之變化量；但如果更進一步的建立起 GPS 觀測資料控制中心，使得整個 GPS 觀測網可以讓每個點位的每筆資料隨時透過網路傳回控制中心，再經過即時的平差計算，更可達到即時監控高鐵沿線點位變化之情形，以達種種高速鐵路建築物體及其週邊環境穩定度之分析及評估。如此以最少之人力行最大之功效的方式在各研究單位及 GPS 廠商均已發展相當之成熟；可為 GPS 定位系統應用於高速鐵路之參考。

故本案依上述分析建議在高速鐵路沿線重要的地點附近(例如隧道口附近、橋樑附近.....等等)在對空通視良好的情況下架設 GPS 固定站，以上述的方式進行監測，相信是目前 GPS 應用於高速鐵路的極佳形式。

參考文獻

- 尹鍾奇(1972)：實用大地測量學,大地圖書供應社，第92頁。
- 余水倍,1996。八十五年度台北盆地地下地質與工程環境合調查研究報告-活動斷層及地盤下陷水準測量，中央地質調查所報告，第85-007號。
- 李振燾,1995。構建與評估電離層遲延模式以增益GPS高度之精度(一)，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告NSC84-2211-E014-002。
- 李旭志,1999。GPS接收儀天線多路徑效應之研究，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 郭隆晨,1991。GPS衛星相對定位誤差之研究，國立成功大學航空測量研究所碩士論文。
- 郭隆晨,余水倍,陳春盛,1998。對流層折射影響高精度GPS測量之對策，第三屆國際GPS衛星科技研討會，第160頁。
- 陳俊勇(1994)：正常高改正公式的一個註記，測繪學報，第23卷，第一期，第1-5頁。
- 陳春盛,1995，“台灣地區高程系統及其變遷之研究(一)”，國科會報告，128頁。計畫編號：NSC-84-2211-E009-029
- 陳春盛,1995，“對流層模式改良及高精度GPS高程之研究(一)”，國科會報告，52頁。計畫編號：NSC-84-2211-E009-030
- 陳春盛,1996，“對流層模式改良及高精度GPS高程之研究(二)”，國科會報告，36頁。計畫編號：NSC-85-2211-E009-017
- 陳春盛,郭隆晨,1995，“對流層折射誤差引起GPS高程偏差之研究”，測量工程第三十七卷第四期，pp. 3~20。
- 陳春盛,郭隆晨,余水倍,1996，“改善對流層折射誤差造成GPS高程偏差之對策”，測量工程第三十八卷第四期，pp. 3~13。
- 陳春盛,1996，“台灣地區高程系統及其變遷之研究(二)”，國科會報告，123頁。計畫編號：NSC-85-2211-E009-016
- 陳春盛,張裕民,1996，“水平距離定義適用性之探討”，地籍測量第十五卷第四期，pp. 1~16。

- 黃建華，1996。運用 GPS 觀測量建構台灣北部地區電離層遲延效應修正模式，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 陳清河，陳春盛，1997，“台灣地區 GPS 高程測量誤差改進之綜合探討”，地籍測量第十六卷第一期，pp. 1~16。
- 陳春盛，1997，“台灣地區高程系統及其變遷之研究（三）”，國科會報告，97 頁。計畫編號：NSC-86-2211-E009-066
- 陳春盛，1997，“對流層模式改良及高精度 GPS 高程之研究（三）”，國科會報告，49 頁。計畫編號：NSC-86-2211-E009-067
- 陳春盛，余水倍，劉至忠，1994，“GPS 基線計算之對流層延遲修正研究”，測量工程第三十六卷第四期，pp. 5~22。
- 陳春盛，余水倍，顏進祥，1996，“GPS 應用於高程測量之研究——以五股之沈陷測量為例”，地籍測量第十五卷第三期，pp. 1~20。
- 陳怡兆，1998。GPS 天線相位中心率定及相位中心改正之研究，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 陳春盛、林思源，1999，“高精度 GPS 於管線區域地層變位之初步研究”，第十八屆測量學術及應用研討會，pp. 69~74。
- 陳春盛，陳怡兆，1999，“GPS 天線相位中心率定及改正之研究”，測量工程第四十一卷第三期，pp. 1~26。
- 陳春盛，葉大綱，李瓊武，1999。以觀測量不等權法處理 GPS 觀測資料之研究，第十八屆測量學術及應用研討會，第 74-83 頁。
- 高書屏，甯方璽(1997): “不完全正高改正對水準網內殘存系統誤差之影響”，第十六屆測量學術及應用研討會論文集，桃園中正理工學院，第 175 - 184 頁。
- 葉大綱，1999。以中距離基線場做 GPS 定位精度之研究，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 劉至忠，1994。GPS 基線計算之對流層延遲修正研究，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 顏進祥，1996。GPS 應用於高程測量之研究-以五股、長良地區的沈陷量為例，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 蘇宣翰，1997。提昇單頻 GPS 接收儀觀測量定位精度之研究，國立交

通大學土木工程研究所碩士論文。

董德(1990): 測繪公式集, 軍事測繪出版社, 第 74 頁。

張嘉強(1987): “精密水準測量中重力與大氣折射之系統誤差研究”, 成功大學航空測量研究所碩士論文。

Alfred Kleusberg and Peter J. G. Teunissen, 1996, GPS for Geodesy, Springer-verlag, New York.

Axelrad, p. et al, 1994, Use of Signal-to-Noise Ratio for Multipath Error Correction in GPS Differential Phase Measurements: Methodology and Experimental Results, Proceedings of ION GPS-94.

Beutler, G., E. Brockmann, S. Fankhauser, W. Gurtner, J. Johnson, L. Mervart, M. Rothacher, S. Schaer, T. Springer, and R. Weber, 1996, The Bernese GPS Software Version 4.0, Astronomical Institute, University of Berne, Switzerland.

Beutler, G., J. Kouba, and T. Springer, 1995, Combining the Orbit of the IGS Analysis Center, Bulletin Geodesique, Vol. 69, pp. 200-222.

Braun, J., G. Rocken, and J. Johnson, 1994. Consistency of High Precision GPS Antennas, EOS Transactions, AUG 1994 Fall Meeting, Vol.75, No.44, pp.173.

Campbell, J., 1993, Refraction Errors in Satellite Positioning Systems, GPS/Ionosphere Workshop Proceedings, p1-5.

Christian Tiberius, Niels Jonkman, and Frank Kenselaar, 1999, The Stochastics of GPS Observables, GPS World, February, p49-54.

Davis, J. L., T. A. Herring, I. I. Shapiro, A. E. Rogers, G. Elgered, 1985. Geodesy by radio interferometry : Effects of atmospheric modeling errors on estimates of baseline length, radio refractivity of air, Radio Sciences, 20, pp.1593-1607.

Dong, D., Y. Bock, 1989, GPS Network Analysis with Phase Ambiguity Resolution Applied to Crustal Deformation Studies in California, Journal of Geophysical Research, Vol. 94, No. B4, pp. 3949-3966.

Gurtner, W., and R. Liu, 1995. The Central Bureau Information System, in IGS 1994 Annual Report, edited by R. Liu J. F. Zumberge and R.E.

- Neilan, pp.43~57, IGS Central Bureau, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California U.S.A.
- Hopfield, H. S., 1971. Tropospheric effect on electric magnetically measured range: Prediction from surface weather data. *Radio Sci.*, 6, pp.357-367.
- Heiskanen, W.A. and Moritz, H (1982), *Physical Geodesy*, W. F. Freeman and Co., San Francisco and London °
- Imakiire, T., Y. Iimura, S. Saga, H. Morishita, A.Tsuchiya, F. Kudo, S. Ishikawa, and Y. Iwana, 1997. Results of Phase Characteristics Measurements of GPS Receiver Antennas(2), *Journal of the Geodetic Society of Japan*, Vol. 43, No. 2, pp.79-90.
- Janes, H. W., R. B. Langley, S. P. Newby, 1991. Analysis of tropospheric delay prediction models : comparisons with ray-tracing and implication for GPS relative positioning, *Bulletin Geodesique*, 65, pp.151-161.
- James Johnson et al, 1995, *The Role of Multipath in Antenna Height Tests at Table Mountain*, UNAVCO.
- K. Breivik et al, 1997, Estimation of Multipath Error in GPS Pseudorange Measurements, *Journal of the Navigation*, 44(1), p43-52.
- Kleusberg, A., and P.J.G. Teunissen(eds.), 1996. *GPS for Geodesy*, Lectures Notes in Earth Sciences, Springer Verlag.
- Leick, A., 1995, *GPS Satellite Surveying*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- MacMillan, D. S., 1995. Atmospheric gradients from very long baseline interferometry observations, *Geophysical Research Letters*, 22(9), pp.1041-1044.
- Mader, G. L., *GPS Antenna Calibration at the National Geodetic Survey*, <http://www.grdl.noaa.gov/GRD/GPS/Projects/ANTCAL/>.
- Nassar, M. M. (1977):"Gravity Field and Levelled Heights in Canada", UNB Technical Report No.41 °
- Neilan, R. E., G. Beutler, J. Kouba, 1997. The International GPS Service in 1997 : 5 Years of Practical Experience, Oral Presentation., Scientific Assembly of IAG, Rio de Janeiro, Brazil.

- Niell, A. E., 1996. Global Mapping Function for the Atmosphere Delay at Radio Wavelengths, *Journal of Geophysical Research*, 101(B2), pp.3227-3246.
- Peter H. Dana, 1994, Global Positioning System Overview, Department of Geography, University of Texas at Austin.
- Raquet, John F, 1996, Multiple Reference GPS Receiver Multipath Mitigation Technique, *Navigational Technology for the 3rd Millennium Proceedings of the Annual Meeting – Institute of Navigation 1996*, Inst of Navigation, USA., p 681-690. Rocken,C. et al, 1995, UNAVCO Academic Research Infrastructure (ARI) Receiver and Antenna Test Report., UNAVCO.
- Rothacher, M., S. Schaer, L. Mervart, and G. Beutler, 1995. Determination of Antenna Phase Center Variations Using GPS Data, in *IGS Workshop Proceedings on Special Topics and New Directions*, edited by G. Gendt and G. Dick, pp.77~92, GeoForschungs Zentrum, Potsdam, Germany.
- Rothacher, M., L. Mervart, G. Beutler, E. Brockmann, S. Fankhauser, W. Gurtner, J. Johnson, S. Schaer, T. Springer, R. Weber, 1996. The Bernese GPS Software Version 4.0, Astronomical Institute, University of Berne.
- Rothacher, M., W. Gurtner, S. Schaer, R Weber, and H.O. Hase, 1996. Azimuth-and Elevation-Dependent Phase Center Corrections for Geodetic GPS Antennas Estimated from GPS Calibration Campaigns, in *IAG Symposium No.115*, edited by W. Torge, pp.335~339, Springer-Verlag.
- Rothacher, M., T. A. Springer, S. Schaer, G. Beutler, 1997. Processing Strategies for Regional GPS Network, Paper presented at the IAG General Assembly, Rio Brazil, Sep. 3-9.
- Saastamoinen, J., 1972. Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites. The use of artificial satellites for geodesy, *Geophysical Monograph 15*, American Geophysical Union, Washington, D. C.
- Schupler, B.R., R.L. Allshouse, and T.A. Clark, 1994, Signal Characteristics

- of GPS User Antennas, Journal of The Institute of Navigation, Vol. 41, No.3, p277-295.
- Spilker, J. J., 1980, GPS Signal Structure and Performance Characteristics, Institute of Navigation, Vol. 1, pp. 29-54.
- Van Hees, G. L. Strang (1992) "Practical Formulas for The Computation of The Orthometric, Dynamic and Normal Heights", z.f.v., pp 727 - 734 .
- Weill, L. R., 1997, Conquering Multipath: The GPS Accuracy Battle, GPS World, 8(4), p59-66.
- Wubben, G., M. Schmitz, F. Menge, G. Seeber, and C. Volksen, 1997. A New Approach for Field Calibration of Absolute GPS Antennae Phase Center Variations, Journal of The Institute of Navigation, Vol. 44, No.2, pp.247~255.

附錄 A

期末報告答覆資料

1. 第七頁對 L3 定義加以說明。

答；遵照辦理，成果列於期末報告。

2. 第十六頁部分符號未加以說明。

答；遵照辦理，成果列於期末報告。

3. 第二十二頁單位請加以註明。

答；遵照辦理，成果列於期末報告。

4. 標準偏差值與 RMS 不同請加以修正。

答；遵照辦理，成果列於期末報告。

5. 附錄部分請加頁碼，參考文獻請注意格式及年份次序。

答；遵照辦理，成果列於期末報告。

6. Bernese 與 GPSurvey 軟體之差異性請加以說明。

答；

Bernese 軟體與 GPSurvey 軟體比較

	應用	內部精度	外部精度
Bernese	學術使用	1-2 公分	約 5 公分
GPSurvey	商業使用	3-5 公分	約 10 公分

7. 第十三頁點位分佈圖不夠清晰。

答；遵照辦理，成果列於期末報告。

8. 軟硬體需求請加以列表。

答；

軟、硬體需求

軟體	GPS 解算軟體：Bernese、GPSurvey
硬體	GPS 接收儀：Trimble、Leica、 Novatel

9. Benerse 軟體使用之價格為何請加以說明。

答；由代理商購得知價格約新台幣 200 萬元，由學術單位代購約 1 萬美金。

10. 請修正委託單位為交通部高速鐵路工程局。

答；遵照辦理，成果列於期末報告。

11. 附錄二之表格請加以修正。

答；遵照辦理，成果列於期末報告。

附錄 B

一等重力測量計算流程

第一階段重力測量					
點名	日期	時間	儀器讀數	計算後觀測量	儀器高
工研院 CA.001	2000/8/14	09:02:00	2363.297	2401.132	0.246
HC03.001	2000/8/14	09:12:00	2365.845	2403.729	0.236
HC02.001	2000/8/14	09:31:00	2368.345	2406.289	0.235
HC01.001	2000/8/14	09:52:00	2370.499	2408.500	0.236
9570.001	2000/8/14	10:03:00	2370.440	2408.450	0.233
9570.002	2000/8/14	11:22:00	2370.422	2408.490	0.231
HC01.002	2000/8/14	11:31:00	2370.438	2408.512	0.235
HC02.002	2000/8/14	11:45:00	2368.240	2406.285	0.235
HC03.002	2000/8/14	11:52:00	2365.705	2403.712	0.235
工研院 CA.002	2000/8/14	11:57:00	2363.160	2401.132	0.245

第二階段重力測量					
點名	日期	時間	儀器讀數	計算後觀測量	儀器高
工研院 CA.001	2000/8/14	11:57:00	2363.160	2401.064	0.245
HC04.001	2000/8/14	12:10:00	2360.818	2398.682	0.234
HC26.001	2000/8/14	12:21:00	2356.340	2394.134	0.234
HC05.001	2000/8/14	12:30:00	2355.864	2393.647	0.229
HC06.001	2000/8/14	12:44:00	2349.860	2387.550	0.240
HC07.001	2000/8/14	12:57:00	2347.450	2385.094	0.228
HC08.001	2000/8/14	13:10:00	2342.152	2379.713	0.240
HC09.001	2000/8/14	13:21:00	2340.120	2377.644	0.239
HC10.001	2000/8/14	13:37:00	2333.110	2370.517	0.239
HC11.001	2000/8/14	13:47:00	2321.958	2359.185	0.234
HC12.001	2000/8/14	13:55:00	2331.066	2368.431	0.241
HC13.001	2000/8/14	14:05:00	2328.144	2365.452	0.225
HC14.001	2000/8/14	14:15:00	2334.451	2371.851	0.231
HC15.001	2000/8/14	14:23:00	2345.538	2383.102	0.228
HC15.002	2000/8/14	15:31:00	2345.635	2383.151	0.229
HC14.002	2000/8/14	15:42:00	2334.475	2371.813	0.234
HC13.002	2000/8/14	15:51:00	2328.277	2365.512	0.229
HC12.002	2000/8/14	15:59:00	2331.177	2368.455	0.241
HC11.002	2000/8/14	16:07:00	2322.022	2359.152	0.234
HC10.002	2000/8/14	16:18:00	2333.200	2370.498	0.238
HC09.002	2000/8/14	16:27:00	2340.300	2377.703	0.238
HC08.002	2000/8/14	16:35:00	2342.239	2379.667	0.237
HC07.002	2000/8/14	16:46:00	2347.585	2385.092	0.238
HC06.002	2000/8/14	16:58:00	2350.024	2387.564	0.239
HC05.002	2000/8/14	17:11:00	2356.050	2393.675	0.222
HC26.002	2000/8/14	17:21:00	2356.510	2394.141	0.228
HC04.002	2000/8/14	17:32:00	2360.980	2398.680	0.231
工研院 CA.002	2000/8/14	17:45:00	2363.325	2401.064	0.242

第三階段重力測量					
點名	日期	時間	儀器讀數	計算後觀測量	儀器高
HC15.001	2000/8/15	09:03:00	2345.412	2382.811	0.231
HC16.001	2000/8/15	09:27:00	2325.754	2362.851	0.244
HC17.001	2000/8/15	09:40:00	2327.787	2364.915	0.227
HC18.001	2000/8/15	09:57:00	2328.704	2365.846	0.229
HC19.001	2000/8/15	10:20:00	2337.149	2374.421	0.242
HC20.001	2000/8/15	10:34:00	2339.928	2377.243	0.233
HC21.001	2000/8/15	10:53:00	2345.901	2383.308	0.254
HC22.001	2000/8/15	11:04:00	2353.216	2390.736	0.242
HC23.001	2000/8/15	11:12:00	2354.962	2392.508	0.235
HC25.001	2000/8/15	11:28:00	2350.411	2387.887	0.237
HC24.001	2000/8/15	11:41:00	2344.410	2381.794	0.235
HC27.001	2000/8/15	11:50:00	2345.135	2382.530	0.235
HC28.001	2000/8/15	12:02:00	2338.402	2375.693	0.237
HC29.001	2000/8/15	12:14:00	2350.370	2387.846	0.242
HC15.002	2000/8/15	12:39:00	2345.389	2382.788	0.232
HC15.003	2000/8/15	14:27:00	2345.480	2382.880	0.234
HC29.002	2000/8/15	14:49:00	2350.534	2388.012	0.241
HC28.002	2000/8/15	15:01:00	2338.500	2375.793	0.242
HC27.002	2000/8/15	15:12:00	2345.216	2382.612	0.234
HC24.002	2000/8/15	15:22:00	2344.512	2381.897	0.235
HC25.002	2000/8/15	15:32:00	2350.551	2388.030	0.238
HC23.002	2000/8/15	15:46:00	2355.058	2392.606	0.236
HC22.002	2000/8/15	15:53:00	2353.340	2390.862	0.240
HC21.002	2000/8/15	16:01:00	2346.011	2383.420	0.245
HC20.002	2000/8/15	16:08:00	2340.088	2377.405	0.232
HC19.002	2000/8/15	16:17:00	2337.284	2374.558	0.243
HC18.002	2000/8/15	16:25:00	2328.798	2365.942	0.230
HC17.002	2000/8/15	16:33:00	2327.952	2365.082	0.229
HC16.002	2000/8/15	16:46:00	2325.810	2362.908	0.237
HC15.004	2000/8/15	16:58:00	2345.512	2382.913	0.233

第四階段重力測量					
點名	日期	時間	儀器讀數	計算後觀測量	儀器高
HC15.001	2000/8/16	12:35:00	2345.237	2382.862	0.235
HC30.001	2000/8/16	12:44:00	2347.383	2385.039	0.224
HC30.002	2000/8/16	13:48:00	2347.423	2385.077	0.242
HC15.002	2000/8/16	14:03:00	2345.251	2382.862	0.233

附錄 C

一等精密水準測量計算流程

~IT48U2X8FK;一等水準測量成果計算
~IT28FK

測線 自 HC24 (HC24) 至 HC15 (HC15)
共 1頁第 1頁

計算者: 校算者:

~POD1E
~T24U1X10FK
~G2L0

水準點 番 號	測 距 和 (公 里)	水 準 差 (公 尺)	改 正 數 (mm)	改正後之 真 高 (公尺)	環 線 閉合差 之改正	平差後之 真 高 (公尺)
起始點高程						(mm)
112.96180 HC24						
	往1.9550	往 -13.52760	溫度+0.050			
			尺長-0.012			
	返1.9574	返 +13.52460	折光-0.135			
			正高+0.032			
	均1.9562	中 -13.52610	和 -0.066	-13.52617		
				99.43563	+0.50	
99.43613 HC27						
	往1.5834	往 +30.37900	溫度+0.113			
			尺長-0.028			
	返1.5809	返 -30.37930	折光+0.009			
			正高+0.105			
	均1.5822	中 +30.37915	和 +0.199	30.37935		

129.81588 HC28					129.81498	+0.90
	往1.3176	往 -61.94730	溫度+0.230			
			尺長-0.056			
	返1.3292	返 +61.94610	折光+0.182			
			正高+0.060			
	均1.3234	中 -61.94670	和 +0.415	-61.94629		
67.86993 HC29					67.86870	+1.24
	往1.1102	往 +10.16200	溫度+0.045			
			尺長-0.009			
	返1.1032	返 -10.15980	折光-0.040			
			正高+0.044			
	均1.1067	中 +10.16090	和 +0.039	10.16094		
78.03115 HC30					78.02964	+1.52
	往1.3214	往 +1.06610	溫度+0.008			
			尺長-0.001			
	返1.3260	返 -1.06660	折光-0.117			
			正高+0.029			
	均1.3237	中 +1.06635	和 -0.080	1.06627		
79.09776 HC15					79.09591	+1.85
					79.09776	閉合點高程
					0.00185	閉合差

-IT48U2X8FK;一等水準測量成果計算
-IT28FK

測線 自 陸檢9570 (新竹市政府) 至 HC05 (HC05)
共 1頁第 1頁

計算者: 校算者:

~POD1E
~T24U1X10FK
~G2LO

水準點 番 號	測 距 和 (公 里)	水 準 差 (公 尺)	改 正 數 (mm)	改 正 後 之 真 高 (公 尺)	環 線 閉 合 差 之 改 正	平 差 後 之 真 高 (公 尺)
陸 起 始 點 高 程 檢					(mm)	
9570 18.23344						
一 等 點	往0.2016	往 -0.61900	溫度+0.006			
			尺長-0.001			
	返0.1723	返 +0.61920	折光+0.017			
			正高+0.001			
	均0.1869	中 -0.61910	和 +0.023	-0.61908		
17.61434 HC01				17.61436	-0.02	
	往1.1166	往 +6.80280	溫度+0.059			
			尺長-0.006			
	返1.1217	返 -6.80130	折光+0.016			
			正高+0.008			
	均1.1192	中 +6.80205	和 +0.076	6.80213		

24.41633					24.41649	-0.16
HC02						
	往1.2783	往 +8.72430	溫度+0.045			
			尺長-0.008			
	返1.2849	返 -8.72310	折光+0.551			
			正高+0.001			
	均1.2816	中 +8.72370	和 +0.589	8.72429		
33.14047					33.14078	-0.31
HC03						
	往1.0308	往 +21.14700	溫度+0.108			
			尺長-0.019			
	返1.0303	返 -21.14510	折光+0.002			
			正高+0.009			
	均1.0305	中 +21.14605	和 +0.100	21.14615		
54.28650					54.28693	-0.43
HC04						
	往1.5367	往 +12.42200	溫度+0.098			
			尺長-0.011			
	返1.5480	返 -12.42400	折光-0.262			
			正高-0.001			
	均1.5423	中 +12.42300	和 -0.176	12.42282		
66.70914					66.70975	-0.61
HC05						
					66.70914	閉合點高程
					-0.00061	閉合差

~IT48U2X8FK;一等水準測量成果計算
~IT28FK

測線自 HC05 (HC05) 至 HC05 (HC05)
共 4 頁第 1 頁

計算者: 校算者:

-POD1E
-T24U1X10FK
-G2L0

水準點 番 號	測 距 和 (公 里)	水 準 差 (公 尺)	改 正 數 (mm)	改 正 後 之 真 高 (公 尺)	環 線 閉 合 差 之 改 正	平 差 後 之 真 高 (公 尺)
起始點高程						(mm)
66.70914 HC05	往1.5801	往 +15.03230	溫度+0.108			
			尺長-0.014			
	返1.5819	返 -15.03110	折光-0.839			
			正高+0.088			
	均1.5810	中 +15.03170	和 -0.656	15.03104		
				81.74018	-0.54	
81.73964 HC06	往1.7417	往 +3.37700	溫度+0.024			
			尺長-0.003			
	返1.7329	返 -3.37940	折光-1.687			
			正高+0.025			
	均1.7373	中 +3.37820	和 -1.640	3.37656		

85.11561					85.11674	-1.13
HC07						
	往1.1573	往 +27.29370	溫度+0.139			
			尺長-0.025			
	返1.1442	返 -27.29210	折光+0.200			
			正高-0.004			
	均1.1508	中 +27.29290	和 +0.311	27.29321		
112.40843					112.40995	-1.53
HC08						
	往1.0822	往 +5.96810	溫度+0.043			
			尺長-0.005			
	返1.0762	返 -5.96670	折光+0.150			
			正高+0.054			
	均1.0792	中 +5.96740	和 +0.241	5.96764		
118.37570					118.37760	-1.89
HC09						
	往1.4682	往 +26.89410	溫度+0.194			
			尺長-0.024			
	返1.4760	返 -26.89290	折光-0.275			
			正高+0.092			
	均1.4721	中 +26.89350	和 -0.014	26.89349		
145.26868					145.27108	-2.40
HC10						
	往0.8372	往 +47.34460	溫度+0.374			
			尺長-0.043			
	返0.8398	返 -47.34290	折光+0.004			

			正高+0.081		
	均0.8385	中 +47.34375	和 +0.416	47.34417	
HC11					
				192.61525	-2.68
192.61256					

~IT48U2X8FK;一等水準測量成果計算
~IT28FK

測線 自 HC05 (HC05) 至 HC05 (HC05)
共 4頁第 2頁

計算者:

校算者:

~POD1E
~T24U1X10FK
~G2L0

水準點 番 號	測 距 和 (公 里)	水 準 差 (公 尺)	改 正 數 (mm)	改正後之 真 高 (公尺)	環 線 閉合差 之改正	平差後之 真 高 (公尺)
192.61256 HC11					(mm)	
	往1.0130	往 -40.92520	溫度+0.410			
			尺長-0.037			
	返1.0145	返 +40.92790	折光-0.065			
			正高+0.061			
	均1.0137	中 -40.92655	和 +0.367	-40.92618		
151.68603 HC12				151.68907	-3.03	
	往1.7864	往 +5.03490	溫度+0.040			
			尺長-0.005			
	返1.7901	返 -5.03480	折光-0.035			
			正高+0.103			
	均1.7882	中 +5.03485	和 +0.104	5.03495		

156.72038				156.72402	-3.64
HC13					
	往1.4986	往 -19.27070	溫度+0.139		
			尺長-0.018		
	返1.5020	返 +19.27370	折光+0.134		
			正高-0.003		
	均1.5003	中 -19.27220	和 +0.253	-19.27195	
137.44792				137.45207	-4.15
HC14					
	往0.7948	往 -58.34980	溫度+0.502		
			尺長-0.053		
	返0.7857	返 +58.35100	折光+0.027		
			正高+0.034		
	均0.7902	中 -58.35040	和 +0.510	-58.34989	
79.09776				79.10218	-4.42
HC15					
	往1.8908	往 +94.55050	溫度+0.748		
			尺長-0.086		
	返1.9090	返 -94.55430	折光+0.052		
			正高+0.053		
	均1.8999	中 +94.55240	和 +0.767	94.55317	
173.65028				173.65535	-5.07
HC16					
	往1.6371	往 -7.06880	溫度+0.061		
			尺長-0.006		
	返1.6282	返 +7.07080	折光-0.132		

			正高+0.125		
	均1.6326	中 -7.06980	和 +0.048	-7.06975	
HC17					
166.57997				166.58560	-5.63

-IT48U2X8FK;一等水準測量成果計算
-IT28FK

測線 自 HC05 (HC05) 至 HC05 (HC05)
共 4 頁第 3 頁

計算者: 校算者:

~POD1E
~T24U1X10FK
~G2L0

水準點 番 號	測 距 和 (公 里)	水 準 差 (公 尺)	改 正 數 (mm)	改正後之 真 高 (公尺)	環 線 閉合差 之改正	平差後之 真 高 (公尺)
					(mm)	
166.57997 HC17	往1.6391	往 -1.79160	溫度+0.009			
			尺長-0.002			
	返1.6206	返 +1.78820	折光+0.005			
			正高-0.093			
	均1.6298	中 -1.78990	和 -0.081	-1.78998		
				164.79562	-6.19	
164.78943 HC18	往1.5092	往 -39.33920	溫度+0.339			
			尺長-0.036			
	返1.4908	返 +39.34260	折光+0.204			
			正高-0.083			
	均1.5000	中 -39.34090	和 +0.424	-39.34048		

125.44844 HC19				125.45514	-6.70
	往1.3982	往 -9.20880	溫度+0.073		
			尺長-0.008		
	返1.4121	返 +9.20890	折光-0.364		
			正高-0.099		
	均1.4052	中 -9.20885	和 -0.398	-9.20925	
116.23871 HC20				116.24589	-7.13
	往1.0620	往 -26.57030	溫度+0.229		
			尺長-0.024		
	返1.0338	返 +26.57050	折光-0.024		
			正高-0.072		
	均1.0479	中 -26.57040	和 +0.109	-26.57029	
89.66806 HC21				89.67560	-7.54
	往1.4561	往 -28.30220	溫度+0.145		
			尺長-0.026		
	返1.4411	返 +28.30270	折光+0.203		
			正高-0.033		
	均1.4486	中 -28.30245	和 +0.289	-28.30216	
61.36541 HC22				61.37344	-8.03
	往1.0145	往 -5.81790	溫度+0.022		
			尺長-0.005		
	返1.0184	返 +5.81750	折光-0.125		

			正高-0.019		
	均1.0165	中	-5.81770	和 -0.128	-5.81783
HC23	-----				
				55.55561	-8.38
55.54723	-----				

-IT48U2X8FK;一等水準測量成果計算
-IT28FK

測線 自 HC05 (HC05) 至 HC05 (HC05)
共 4頁第 4頁

計算者:

校算者:

-POD1E
-T24U1X10FK
-G2L0

水準點 番 號	測 距 和 (公 里)	水 準 差 (公 尺)	改 正 數 (mm)	改正後之 真 高 (公尺)	環 線 閉合差 之改正	平差後之 真 高 (公尺)
55.54723 HC23	往2.1261	往 +57.41360	溫度+0.213 尺長-0.052		(mm)	
	返2.1283	返 -57.41710	折光-0.176 正高-0.045			
	均2.1272	中 +57.41535	和 -0.061	57.41529		
112.96180 HC24	往1.2931	往 -13.25640	溫度+0.049 尺長-0.012	112.97090	-9.10	
	返1.2910	返 +13.25740	折光+0.148 正高-0.077			
	均1.2920	中 -13.25690	和 +0.108	-13.25679		

99.70456					99.71411	-9.55
HC25						
	往1.5466	往 -29.43360	溫度+0.047			
			尺長-0.027			
	返1.5262	返 +29.43580	折光+0.024			
			正高-0.026			
	均1.5364	中 -29.43470	和 +0.018	-29.43468		
70.26936					70.27943	-10.07
HC26						
	往1.0122	往 -3.55930	溫度+0.006			
			尺長-0.003			
	返1.0495	返 +3.56110	折光+0.374			
			正高-0.040			
	均1.0308	中 -3.56020	和 +0.337	-3.55986		
66.70914					66.71956	-10.42
HC05						
					66.70914	閉合點高程
					-0.01042	閉合差
整 段 測 線 結 束						

附錄 D

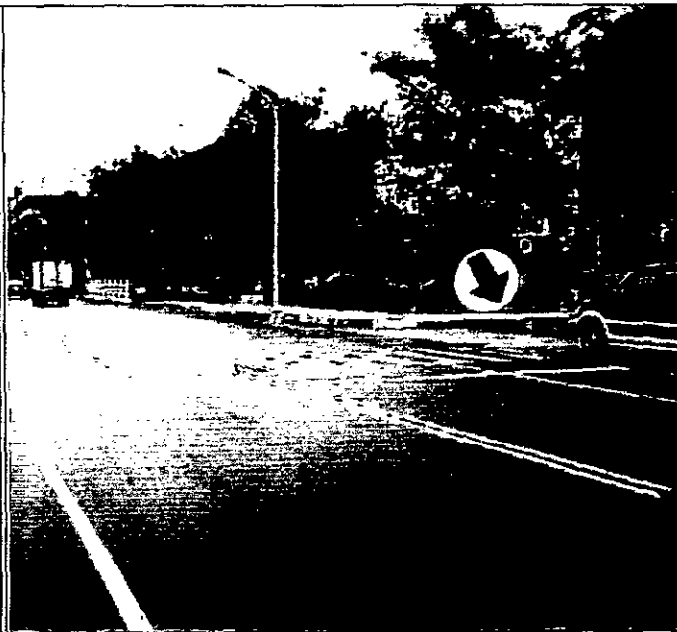
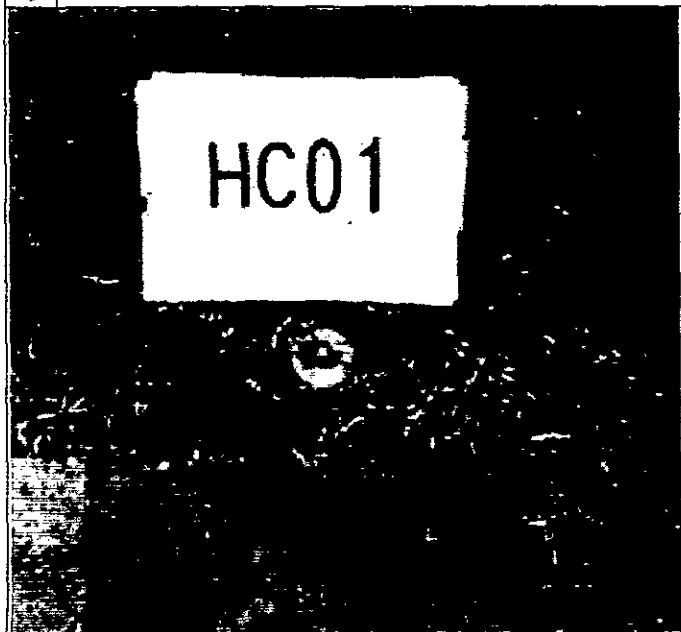
控制點設置使用調查記錄表

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC01	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000			

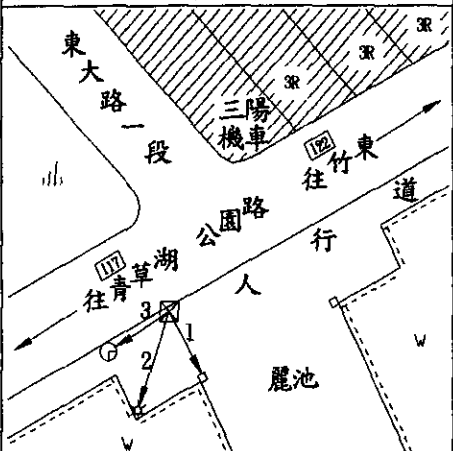
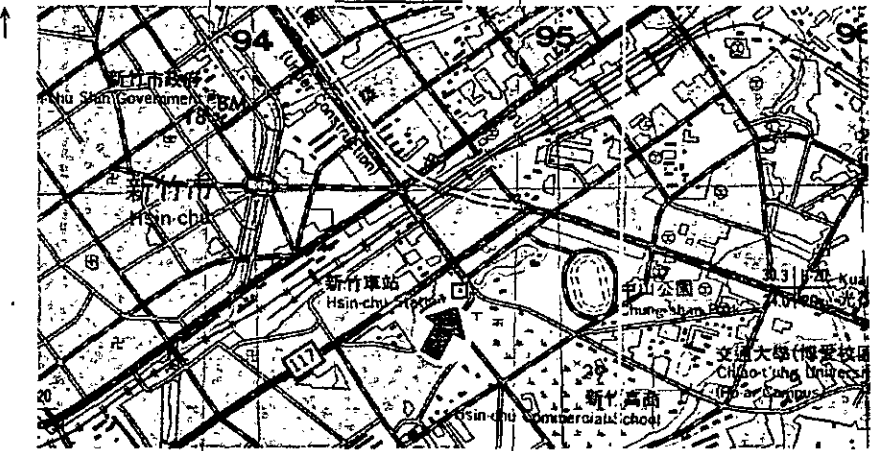
測站及交通情形

1. 點位為鋼樁，高於地面 1.7 公分，對空通視良好。
2. 由新竹市政府沿中央路往竹東方向前進，前行 0.1 公里至中央路與府後街交叉口停車，點即位於右側人行道上。



點位座標	縱線	120 58'13.268"	高程	17.61434 M	重力值	978919.4176 mgal
	橫線	24 48'23.635"	點位間距	水準點(9570)至 HC01 0.15 公里 HC01 至 HC02 1 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	附記	
	1.	路燈	0°	4.78M	1.座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	雨水人孔	280°	3.20M	2.高程以基隆平均海水面計算	
	3.	路牌	300°	3.10M	3.重力系統為 IGSN71 系統	
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌 89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC02	鋼樁					
標 石 附 近 詳 圖			測站略圖 1:25000			
						

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁,高於地面 1.7 公分,對空通視良好。
2. 由新竹市政府沿中央路往竹東方向前進,前行 0.3 公里遇叉路右轉沿東大路一段,續前行 0.8 公里至麗池公園停車,點即位於公園入口右側人行道上。



點位座標	縱線	120 58'37.109"		高程	24.41633 M	重力值	978917.1987mgal
	橫線	24 48'04.617"		點位間距	HC01 至 HC02 1 公里		
					HC02 至 HC03 1.35 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	附記	1.座標系統為 TM 度分帶座標	
	1.	石柱角	150°	8.47M		2.高程以基隆平均海水面計算	
	2.	路燈	200°	11.69M		3.重力系統為 IGSN71 系統	
	3.	紅綠燈	240°	8.95M			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精度等級			
			平面	高程	I	重力 II
HC03	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000			

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁，高於地面 1.7 公分。
2. 由新竹市政府沿中央路往竹東方向前進，前行 0.3 公里遇叉路右轉入東大路一段，續前行 0.8 公里至路底左轉沿公園路，續前行 0.1 公里再右轉光復路二段，續前行 1.2 公里可見右側有一工研院光復院區，點即位於該院區大門旁。



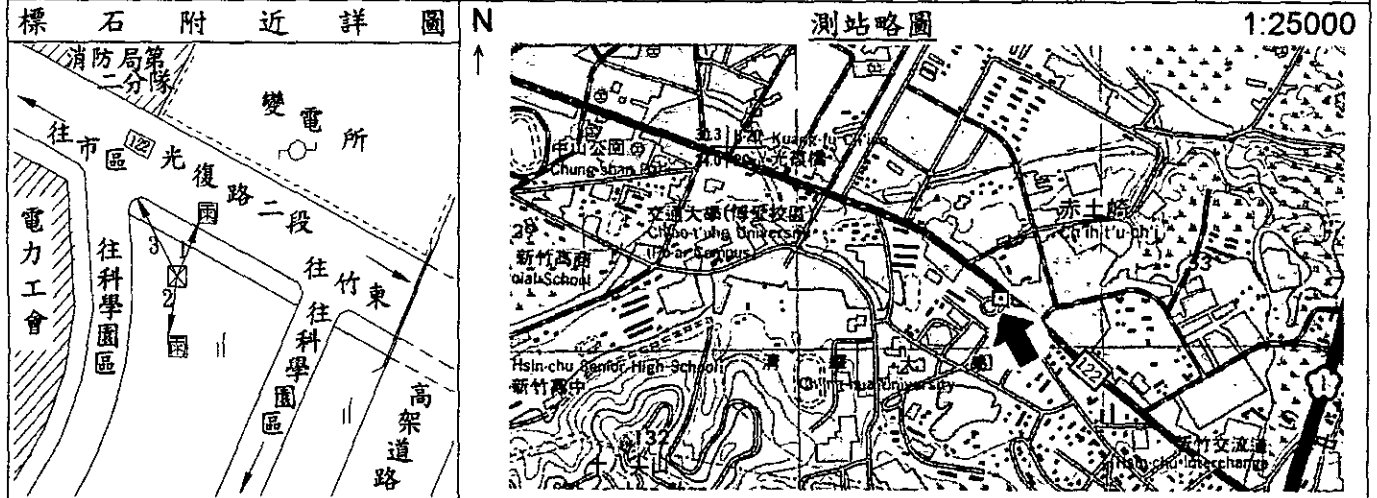
點位座標	縱線	120 59'17.977"		高程	33.14047M	重力值	978914.6323mgal
	橫線	24 48'01.599"		點位間距	HC02 至 HC03 1.35 公里 HC03 至 HC04 0.9 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	附記 1. 座標系統為 TM 度分帶座標 2. 高程以基隆平均海水面計算 3. 重力系統為 IGSN71 系統		
	1.	郵筒	45°	2.28M			
	2.	門柱	195°	5.14M			
	3.	門柱	250°	8.56M			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級				
			平面	高程	I	重力 II	
HC04	鋼樁						
標 石 附 近 詳 圖			測 站 略 圖 1:25000				
測站及交通情形	1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。 2. 由新竹市政府沿中央路往竹東方向前進, 前行 0.3 公里遇叉路右轉入東大路一段, 續前行 0.8 公里至路底左轉沿公園路, 續前行 0.1 公里再右轉光復路二段, 續前行 2.1 公里可見右側為清華大學, 點即位於該大學大門旁人行道上。						
點位座標	縱線	120 59'49.588"		高程	54.28650M	重力值	978909.6612mgal
	橫線	24 47'47.087"		點位間距	HC03 至 HC04 0.9 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC04 至 HC05 1.05 公里		
	1.	電線桿	45°	7.17M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	花圃邊	145°	7.40M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	門柱	215°	16.62M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月 日

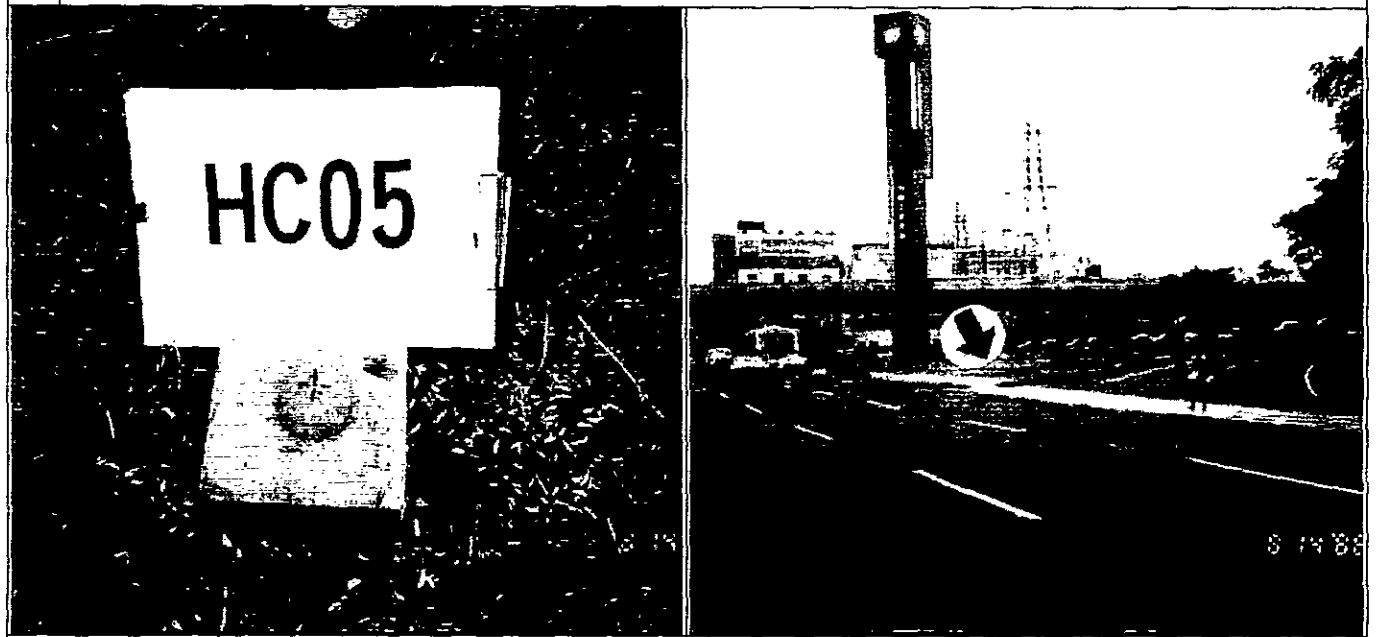
控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II



測站及交通情形

1. 點位為水泥樁(新竹市水準點 015), 高於地面 16 公分。
2. 由桃園沿國道一號下新竹交流道往竹東方向前進, 前行 0.2 公里可見右側有一科學工業區水泥柱, 點即位於右側安全島上。



點位座標	縱線	121 00'31.810"		高程	66.70914M	重力值	978904.6410mgal
	橫線	24 47'16.143"		點位間距	HC04 至 HC05 1.05 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC05 至 HC06 1.5 公里		
	1.	雨水人孔	25°	8.48M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	雨水人孔	190°	8.65M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	安全島角	330°	13.00M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月 日

控制點設置使用調查記錄表

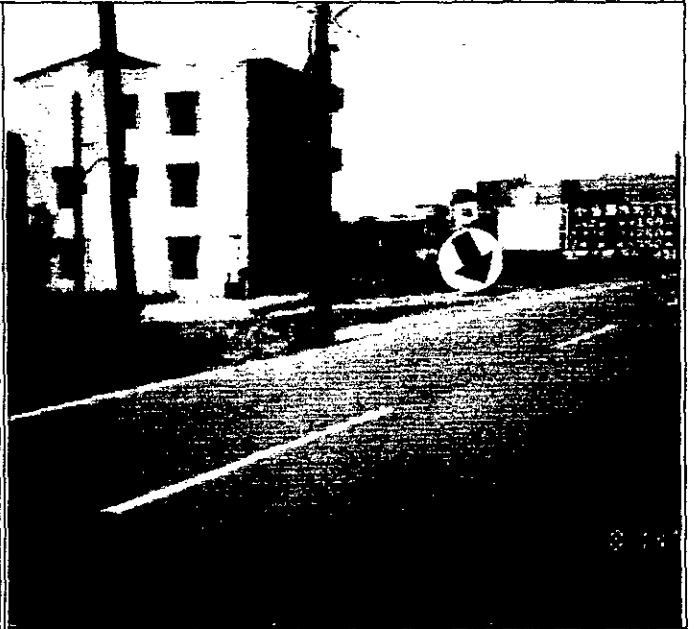
點名	HC06	材質	花崗石		標石號碼			精度	等	級				
						平面	高程	I	重力	II				
標石附近詳圖					測站略圖						1:25000			
測站及交通情形	<p>1. 點位為花崗石(市府都 3002),高於地面 12 公分。</p> <p>2. 由桃園沿國道一號下新竹交流道往竹東方向前進, 前行 1.6 公里至介壽路右轉行 0.1 公里可見右側有一世界工商, 點即位於左側安全島上。</p>													
點位座標	縱線	121 01'12.825"				高程	81.73964M		重力值	978898.5374mgal				
	橫線	24 46'49.746"				點位間距	HC05 至 HC06		1.5 公里					
參考點位	編號	說明	方位	距離	附記	HC06 至 HC07		1.7 公里						
	1.	紅綠燈	60°	7.95M		1. 座標系統為		TM 度分帶座標						
	2.	反光鏡	275°	1.38M		2. 高程以基隆平均		海面計算						
	3.	紅綠燈	330°	9.77M	3. 重力系統為		IGSN71 系統							
繪製者	黃厚賢		核對者	鄧表揚		89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌		89 年 8 月 日				

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC07	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000			

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。
2. 由桃園沿國道一號下新竹交流道往竹東方向前進, 前行 3.2 公里可見左側有一叉路(富貴街) 續前行 50 公尺即停車, 點即位於左側叉路口。(122 縣道: 12.95 公里里程碑)。



點位座標	縱線	121 02'07.622"		高程	85.11561M	重力值	978896.0732mgal
	橫線	24 46'37.946"		點位間距	HC06 至 HC07 1.7 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC07 至 HC08 1.2 公里		
	1.	電線桿	100°	22.35M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	叉路口	270°	3.14M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	路牌	300°	2.75M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

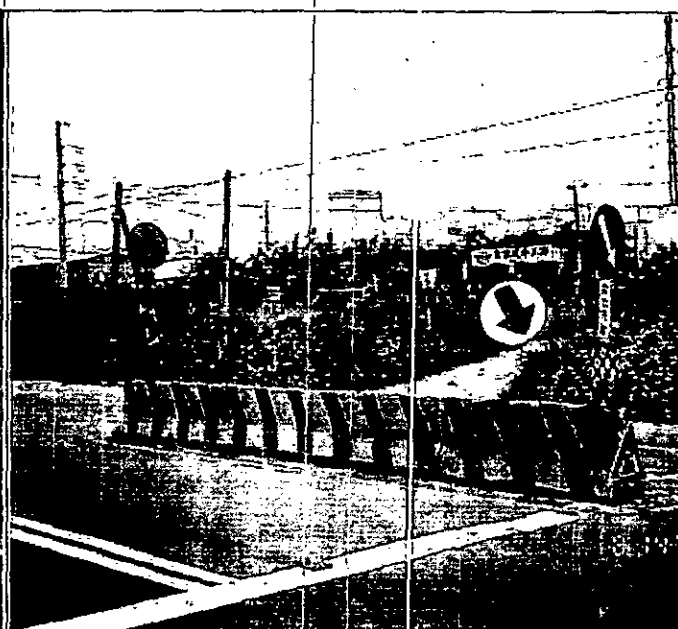
控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼					精 度 等 級			
HC08	鋼樁		平面	高程	I	重力	II			
標石附近詳圖			N	測站略圖				1:25000		

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。

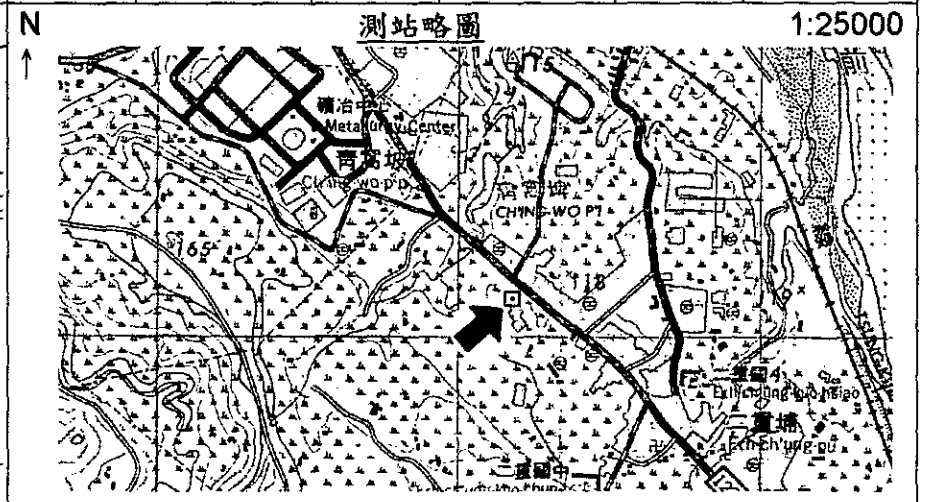
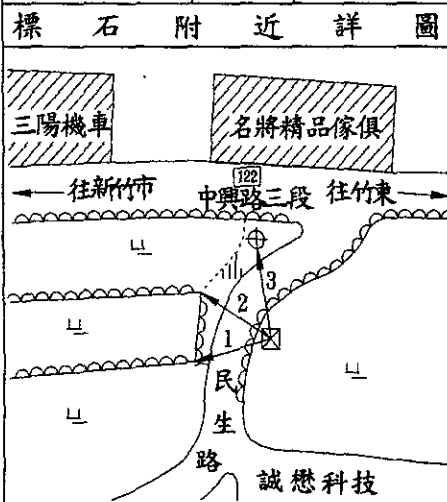
2. 由桃園沿國道一號下新竹交流道往竹東方向前進, 前行 4.3 公里可見右側有一 14 公里里程牌, 點即位於右側水泥叉路上。(122 縣道 14 公里里程牌)。



點位座標	縱線	121 02'43.291"		高程	112.40843M	重力值	978890.6705mgal
	橫線	24 46'39.475"		點位間距	HC07 至 HC08 1.2 公里 HC08 至 HC09 1.05 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	附記 1. 座標系統為 TM 度分帶座標 2. 高程以基隆平均海水面計算 3. 重力系統為 IGSN71 系統		
	1.	叉路口	15°	11.16M			
	2.	叉路口	45°	8.89M			
	3.	交通標示	65°	3.09M			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC09	鋼樁					



測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。
2. 由桃園沿國道一號下新竹交流道往竹東方向前進, 前行 5.25 公里可見右側有一叉路(民生路), 右轉入叉路上行 10 公尺即停車, 點即位於左側水泥坎上。(122 縣道: 14.95 公里里程碑)。

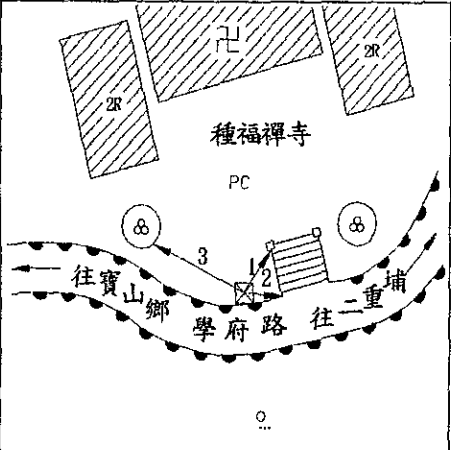
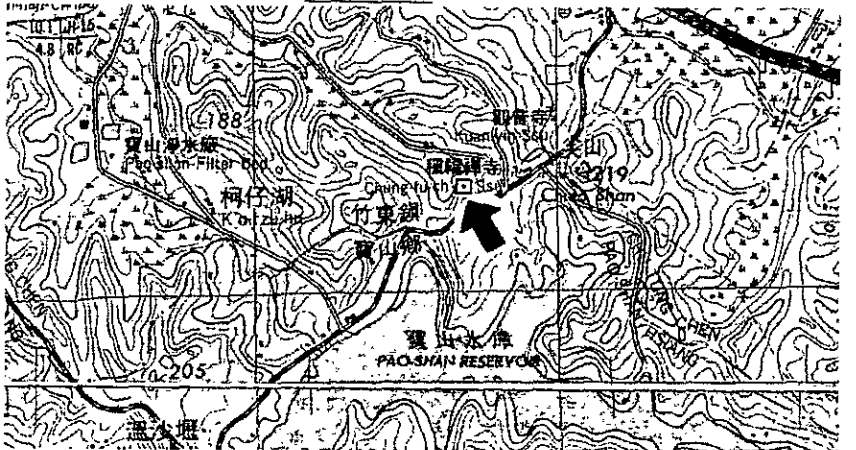


點位座標	縱線	121 03'06.089"		高程	118.37570M	重力值	978888.6535mgal
	橫線	24.46'13.964"		點位間距	HC08 至 HC09 1.05 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC09 至 HC10 1.4 公里		
	1.	水泥坎	255°	9.38M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	水泥坎	300°	9.55M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	反光鏡	350°	9.44M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月 日

控制點設置使用調查記錄表

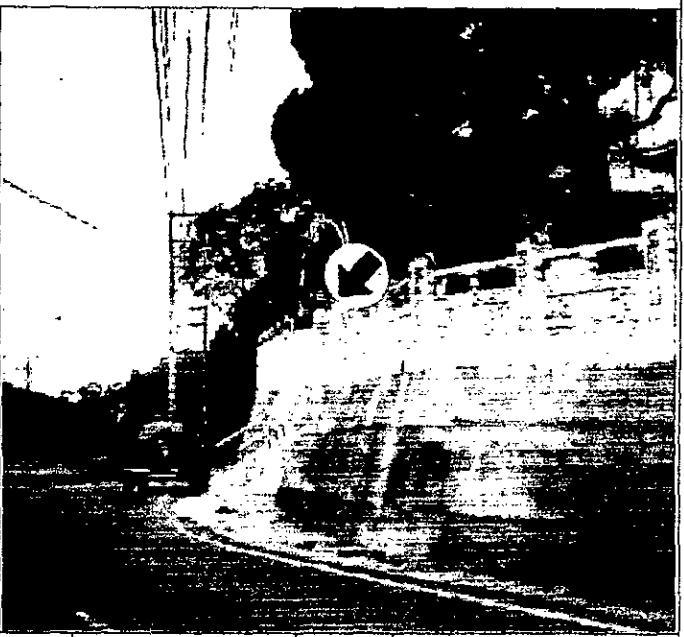
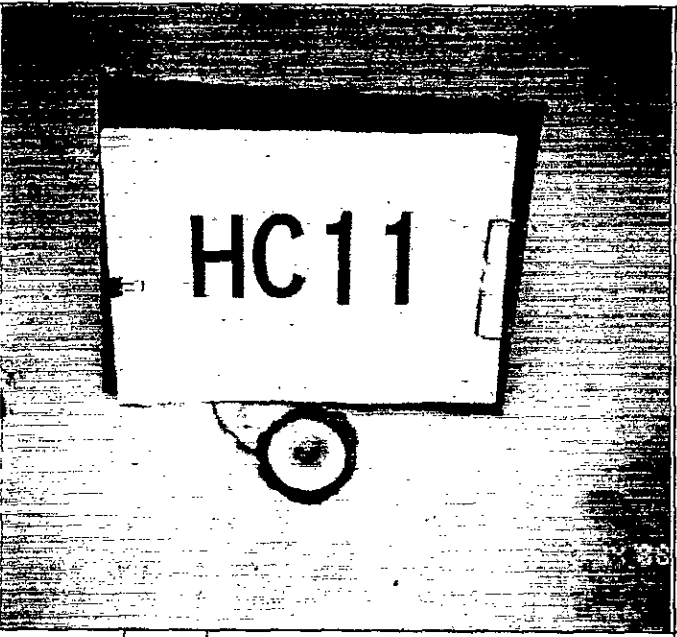
點名	材質	標石號碼	精 度 等 級				
			平面	高程	I	重力 II	
HC10	鋼樁						
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000				
							
測站及交通情形	1. 點位為鋼樁，高於地面 1.7 公分。 2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進，行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店，右轉學府路往寶山鄉前行 750 公尺停車，點即位於左側路旁。						
	 						
點位座標	縱線	121 03'08.843"		高程	145.26868M	重力值	978881.4876mgal
	橫線	24 45'37.131"		點位間距	HC09 至 HC10 1.4 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC10 至 HC11 0.85 公里		
	1.	電信桿	0°	6.40M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	兩水人孔	255°	3.58M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	路口	335°	3.61M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC11	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖			
						

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 1.65 公里可見右側有一種福禪寺即停車, 點即位於該禪寺廣場前。



點位座標	縱線	121 02'57.335"		高程	192.61256M	重力值	978870.1492mgal
	橫線	24 45'15.614"		點位間距	HC10 至 HC11 0.85 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC11 至 HC12 0.75 公里		
	1.	水泥柱角	35°	2.71M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	樓梯角	95°	2.03M		2. 高程以基隆平均海水水面計算	
3.	獨立樹	295°	7.34M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

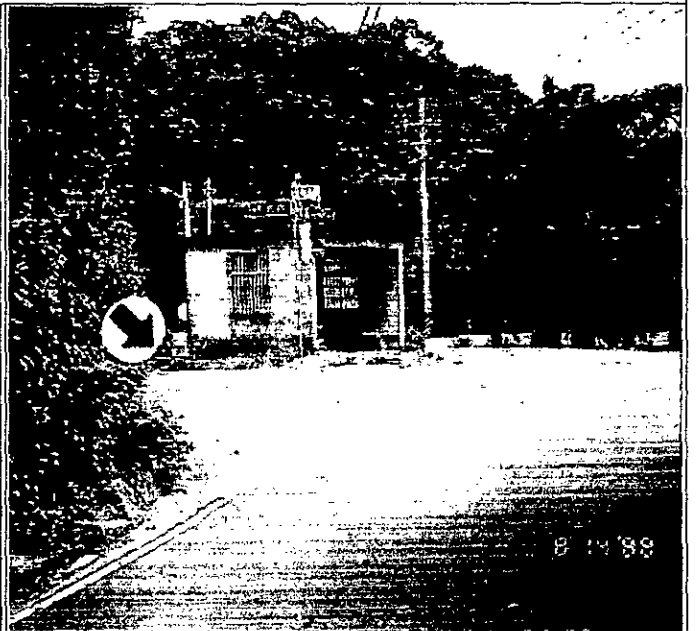
點名	材質	標石號碼	精 度 等 級				
			平面	高程	I	重力 II	
HC12	花崗石						
標 石 附 近 詳 圖			測 站 略 圖				
測 站 及 交 通 情 形	1. 點位為花崗石(土地測量局 GB41),高於地面 45 公分。 2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進,行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店,右轉學府路往寶山鄉前行 2.4 公里可見左側有一寶山水庫水泥柱,點即位於左側水泥地上。						
點 位 座 標	縱線	121 02'37.911"		高程	151.68604M	重力值	978879.4232mgal
	橫線	24 44'59.049"		點位	HC11 至 HC12	0.75 公里	
參 考 點 位	編號	說 明	方 位	距 離	間 距	HC12 至 HC13 1.6 公里	
	1.	路燈	60°	20.32M	附 記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	牌樓	255°	30.43M		2. 高程以基隆平均海面計算	
3.	電線桿	355°	18.14M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC13	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖			1:25000

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路 450 公尺可見新湖路與北坑路之叉路口, 點即位於路口前右側安全島旁。



點位座標	縱線	121 02'19.092"			高程	156.72038M	重力值	978876.4623mgal
	橫線	24 44'21.304"			點位間距	HC12 至 HC13 1.6 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC13 至 HC14 1.5 公里			
	1.	門柱	55°	8.25M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標		
	2.	路燈	175°	10.30M		2. 高程以基隆平均海水面計算		
	3.	屋角	355°	9.88M		3. 重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月	日

控制點設置使用調查記錄表

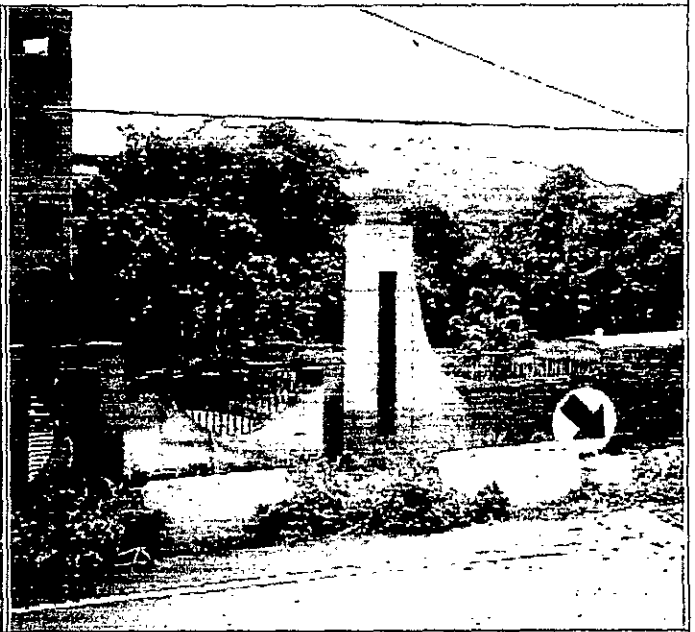
點名	材質	標石號碼	精 度 等 級				
			平面	高程	I	重力 II	
HC14	鋼樁						
標 石 附 近 詳 圖			測 站 略 圖				
測站及交通情形	1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。						
	2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路前行 1.9 公里, 可見右側有一元聖宮, 點即位於該廟前之廣場邊。						
點位座標	縱線	121 01'37.899"		高程	137.44792M	重力值	97882.8122mgal
	橫線	24 44'21.815"		點位間距	HC13 至 HC14 1.45 公里 HC14 至 HC15 0.7 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標 2. 高程以基隆平均海面計算 3. 重力系統為 IGSN71 系統		
	1.	樓梯角	25°	6.97M			
	2.	花園角	180°	4.28M			
	3.	涼亭角	340°	1.78M			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 31 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC15	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖			

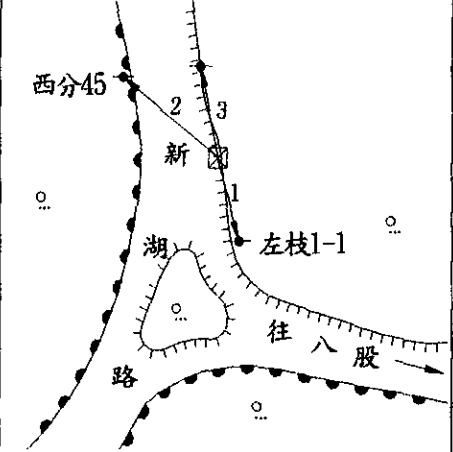
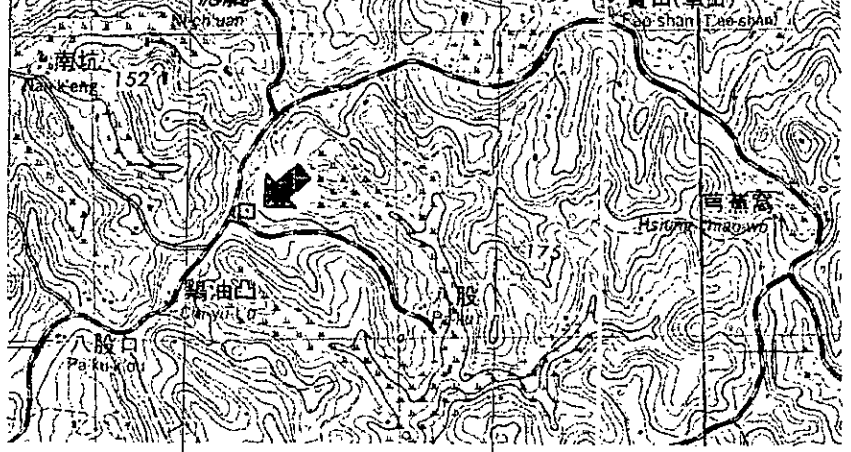


測站及交通情形

1. 點位為鋼樁，高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進，行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店，右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里，遇叉路左轉沿新湖路前行 2.6 公里可見一叉路，右後轉入寶山路即停車，點即位於左側天主堂藍天家園大門旁之水泥地上。

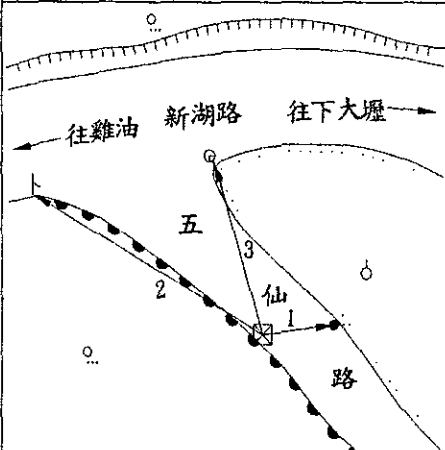
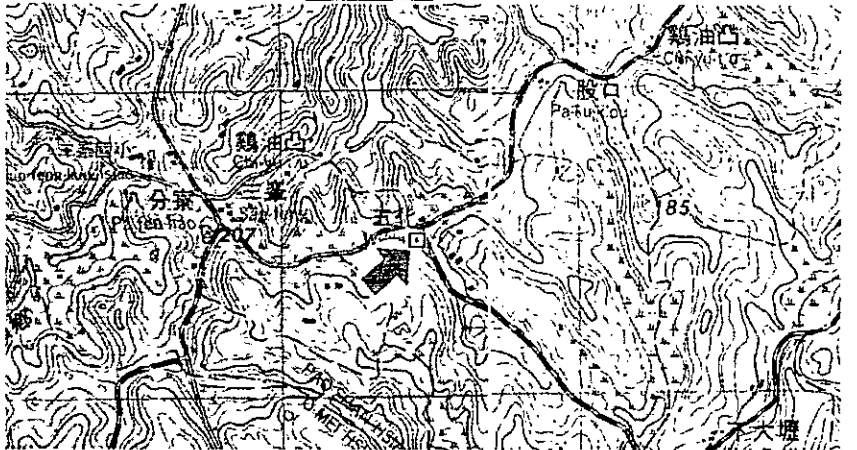


點位座標	縱線	121 01'38.801"		高程	79.09776M	重力值	978894.1067mgal
	橫線	24 44'01.398"		點位間距	HC14 至 HC15 0.7 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC15 至 HC16 1.75 公里		
	1.	電信桿(水仙枝 159-1)	25°	9.27M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	寶山社區牌樓	80°	13.48M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	門柱	160°	6.66M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

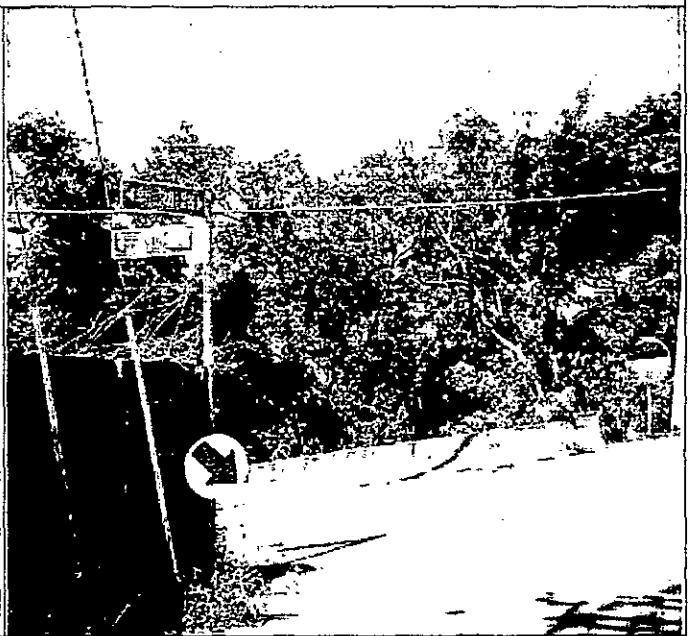
點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC16	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖			
						
測站及交通情形	1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。 2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新潮路前行 4.35 公里至叉路口即停車, 點即位於左側叉路口旁。					
						
點位座標	縱線	121 00'56.083"		高程	173.65028M	重力值 978874.1334mgal
	橫線	24 43'38.071"		點位間距	HC15 至 HC16 1.75 公里	
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC16 至 HC17 1.55 公里	
	1.	電信桿(左枝 1-1)	165°	7.60M	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	電信桿(西分 45)	310°	11.69M	2. 高程以基隆平均海水面計算	
	3.	電信桿	350°	8.08M	記 3. 重力系統為 IGSN71 系統	
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌 89 年 8 月 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
HC17	鋼樁		平面	高程	I	重力 II
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000			
						

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁,高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進,行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店,右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里,遇叉路左轉沿新湖路行 5.9 公里可見左側有一叉路(五仙路)即停車,點即位於左側叉路 15 公尺路旁。



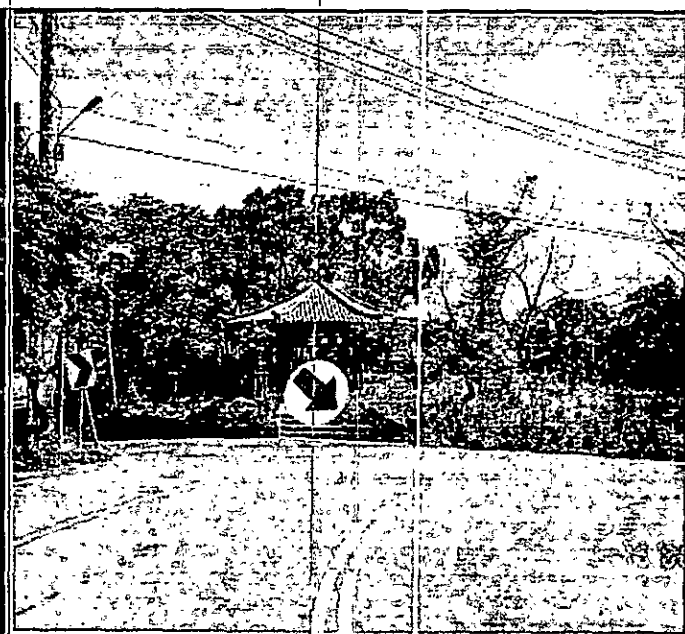
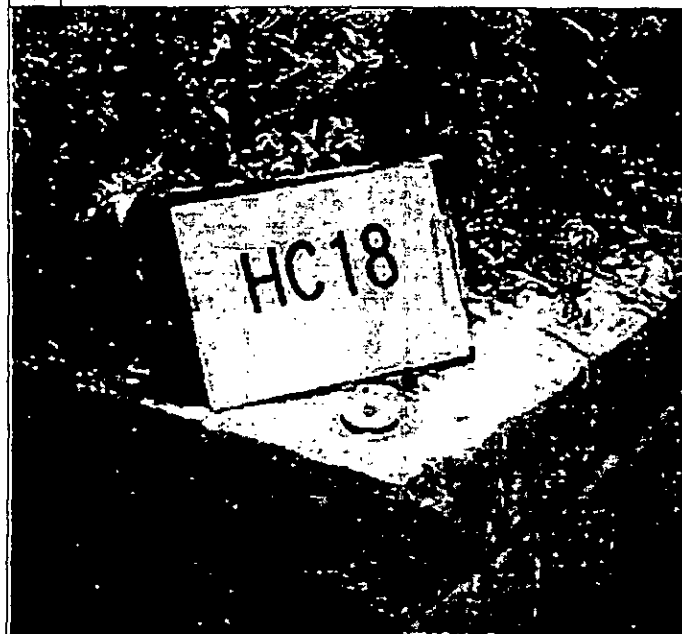
點位座標	縱線	121 00'20.653"		高程	166.57997M	重力值	978876.2534mgal
	橫線	24 43'08.574"		點位間距	HC16 至 HC17 1.55 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC17 至 HC18 1.55 公里		
	1.	電信桿(油田枝 1)	85°	6.68M	附記	1.座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	反光鏡	300°	24.23M		2.高程以基隆平均海水面計算	
3.	路牌	340°	14.92M	3.重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 31 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
HC18	鋼樁		平面	高程	I	重力 II
標 石 附 近 詳 圖			N	測站略圖		1:25000

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里, 可見一叉路右轉入三峰路前行 0.85 公里, 可見左側有三峰亭, 點即位於三峰亭石梯旁。



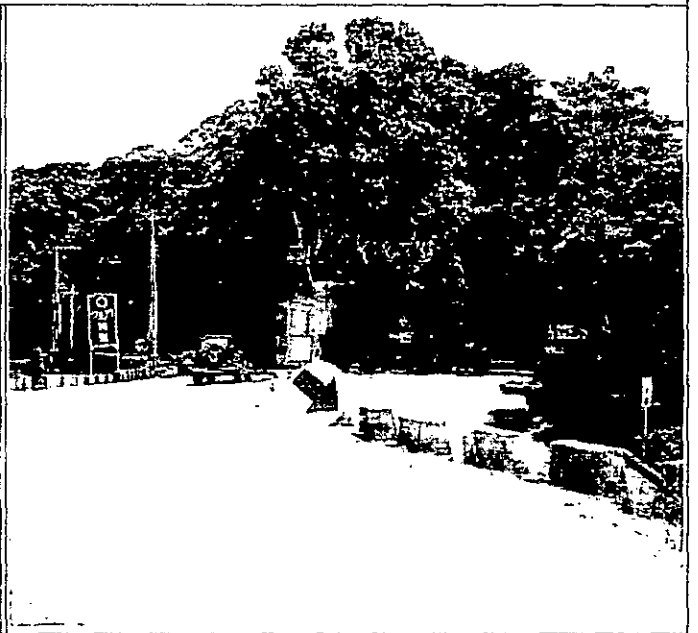
點位座標	縱線	120 59'53.898"		高程	164.78943M	重力值	978877.1538mgal
	橫線	24 43'34.813"		點位	HC17 至 HC18 1.55 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	間距	HC18 至 HC19 1.4 公里	
	1.	涼亭柱	20°	6.03M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	電線桿	230°	13.02M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	石梯角	315°	2.49M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 31 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC19	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000			


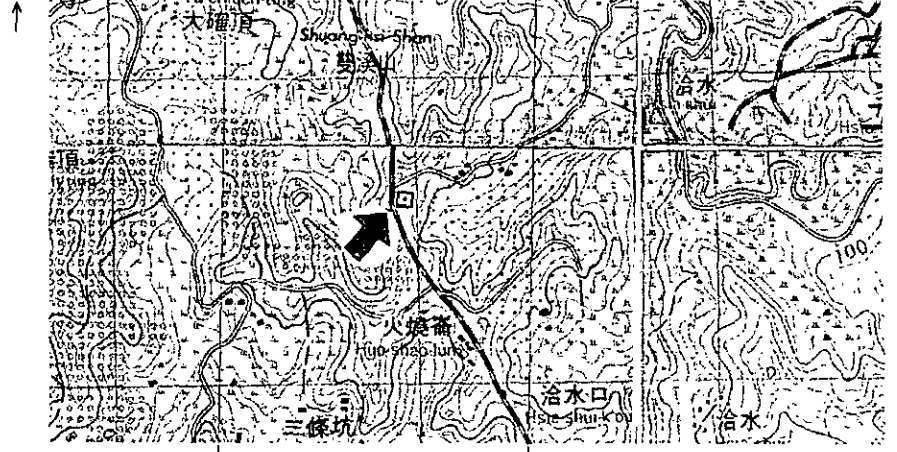

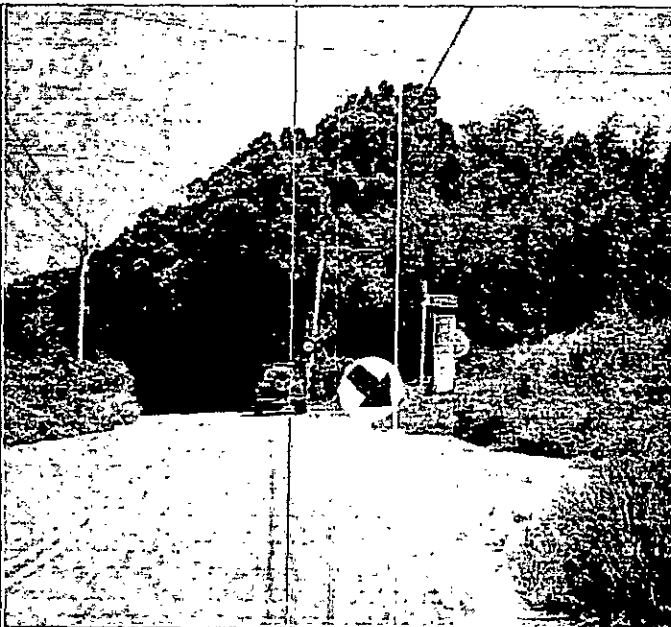
測站及交通情形

1. 點位為鋼樁，高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進，行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店，右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里，遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里，可見一叉路右轉入三峰路前行 2.25 公里，可見右側有一勺勺口猴園，點即位於道路右側。



點位座標	縱線	121 00'13.685"		高程	125.44844M	重力值	978885.7589mgal
	橫線	24 44'10.193"		點位間距	HC18 至 HC19 1.4 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC19 至 HC20 1.35 公里		
	1.	站牌	35°	12.53M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	電桿(溪峰高幹 88)	230°	20.15M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	電桿(溪峰高幹 87)	325°	11.48M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

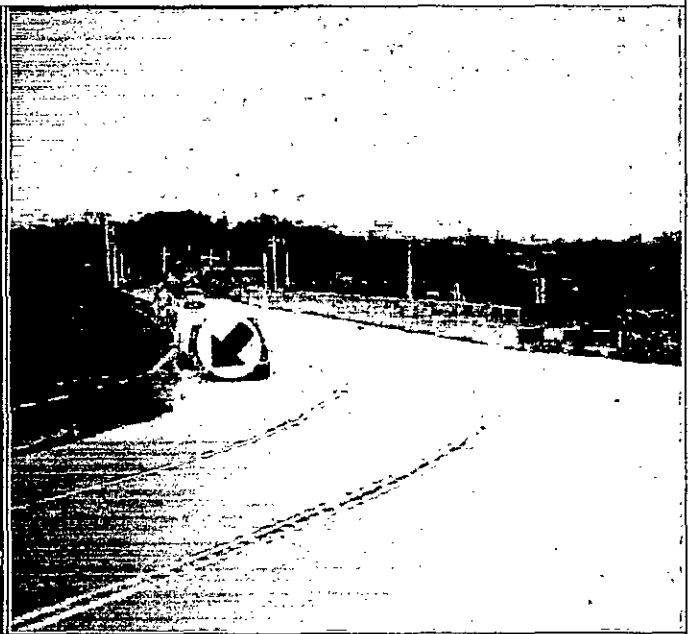
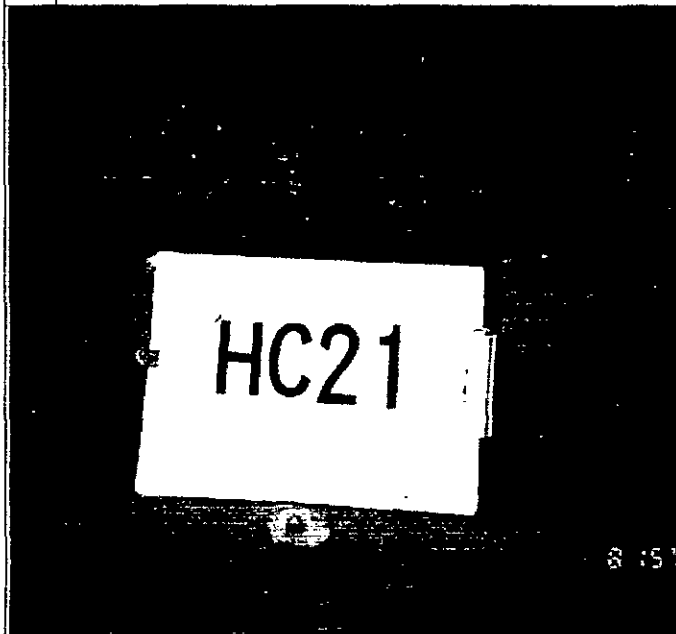
點名	材質	標石號碼	精 度 等 級				
			平面	高程	I	重力 II	
HC20	鋼樁						
標石附近詳圖			測站略圖				
							
測站及交通情形	1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。 2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里, 可見一叉路右轉入三峰路前行 3.6 公里可見右側有一叉路即停車, 點即位於道路右側 PC 地上。						
							
點位座標	縱線	121 00'00.971"		高程	116.23871M	重力值	978888.5934mgal
	橫線	24 44'49.067"		點位間距	HC19 至 HC20 1.35 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC20 至 HC21 0.95 公里		
	1.	路牌	10°	10.96M	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標		
	2.	電信桿(三峰枝 67)	190°	21.11M	2. 高程以基隆平均海水面計算		
	3.	路燈	305°	10.49M	記 3. 重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 31 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC21	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖			1:25000

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁，高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進，行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店，右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里，遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里，可見一叉路右轉入三峰路前行 4.55 公里於陸橋前停車，點即位於道路左側路旁。



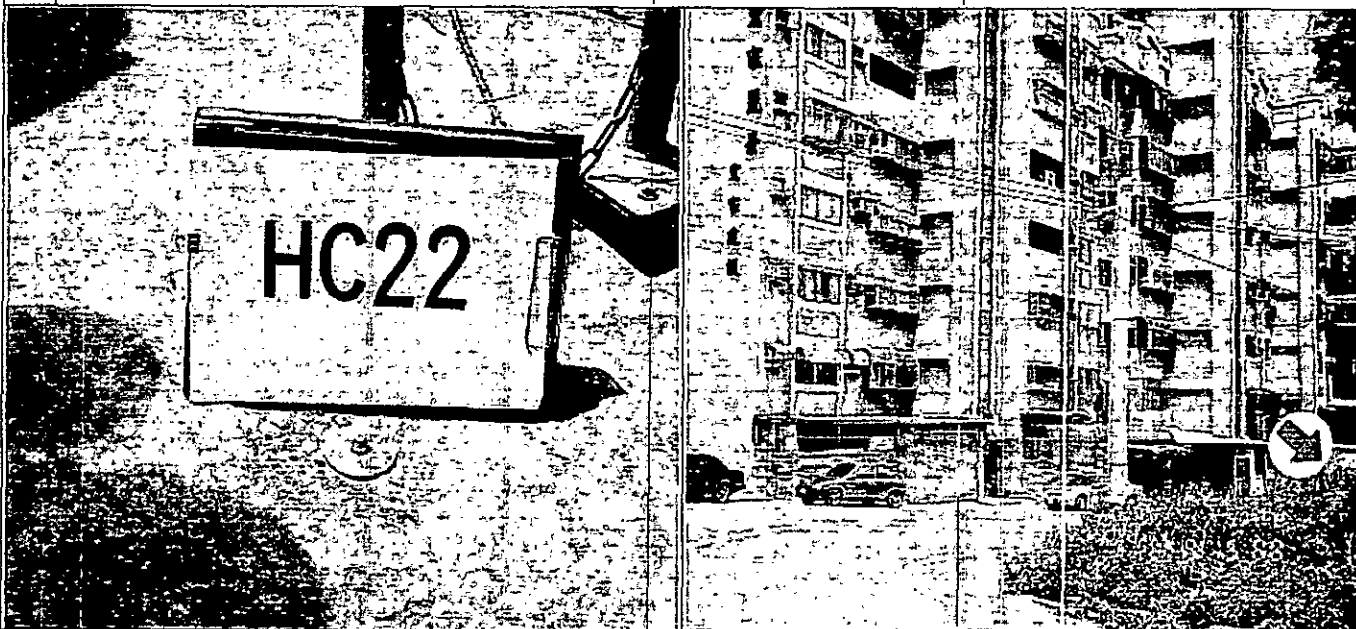
點位座標	縱線	120 59'56.994"		高程	89.66806M	重力值	978894.6411mgal
	橫線	24 45'20.319"		點位間距	HC20 至 HC21 0.95 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC21 至 HC22 1.35 公里		
	1.	橋頭	35°	24.46M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	電線桿	70°	20.65M		2. 高程以基隆平均海面計算	
3.	反光鏡	350°	5.79M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精度等級			
			平面	高程	I	重力 II
HC22	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000			

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里, 可見一叉路右轉入三峰路前行 5.9 公里, 可見右側有一停車場, 點即位於停車場入口旁。



點位座標	縱線	120 59'28.915"		高程	61.36541M	重力值	978902.0750mgal
	橫線	24 45'47.754"		點位間距	HC21 至 HC22 1.35 公里 HC22 至 HC23 0.95 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	附記		
	1.	PC 角	155°	26.00M	1. 座標系統為 TM 度分帶座標		
	2.	電桿(風坪高分9)	225°	8.80M	2. 高程以基隆平均海水面計算		
	3.	入口	335°	5.32M	3. 重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

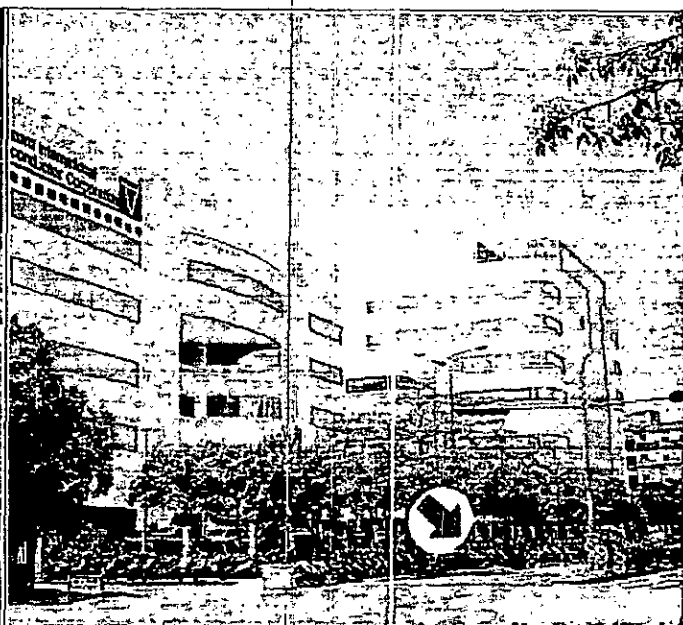
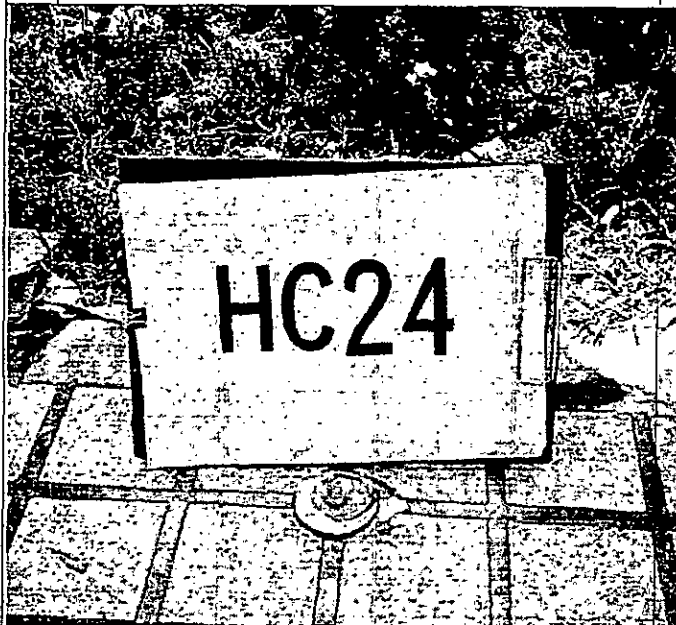
點名	材質	標石號碼	精度等級				
			平面	高程	I	重力 II	
HC23	鋼樁						
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000				
							
測站及交通情形	1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。 2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里, 可見一叉路右轉入三峰路前行 6.15 公里, 可見一叉路右轉入雙園路, 續前行 0.7 公里可見左側有一慈明堂, 點即位於慈明堂前廣場邊。						
							
點位座標	縱線	120 59'47.886"		高程	55.54723M	重力值	978903.8330mgal
	橫線	24 46'02.396"		點位間距	HC22 至 HC23 0.95 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC23 至 HC24 1.95 公里		
	1.	電信桿	190°	12.06M	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標		
	2.	路燈	275°	13.13M	2. 高程以基隆平均海水面計算		
	3.	鐵棚角	320°	11.77M	3. 重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 31 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
HC24	鋼樁		平面	高程	I	重力 II
標 石 附 近 詳 圖			測 站 略 圖			
N ↑			1:25000			

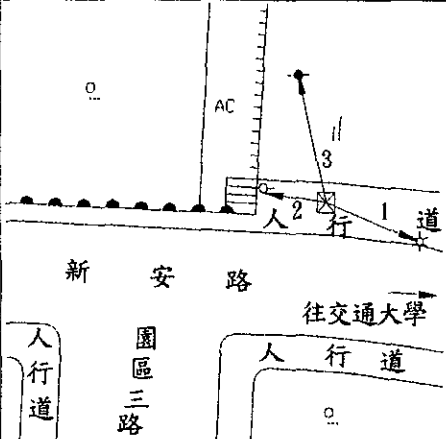
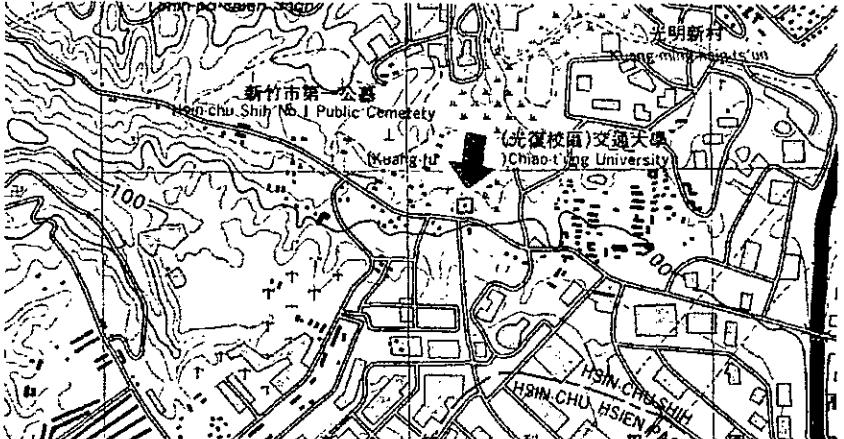
測站及交通情形

1. 點位為鋼樁，高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進，行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店，右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里，遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里，可見一叉路右轉入三峰路前行 6.15 公里，可見一叉路右轉入雙園路，續前行 1.7 公里遇叉路左轉入園區三路，前行 0.9 公里可見左側有一世界先進積體電路股份有限公司，點即位於該公司大門（門常深鎖）前人行道上。



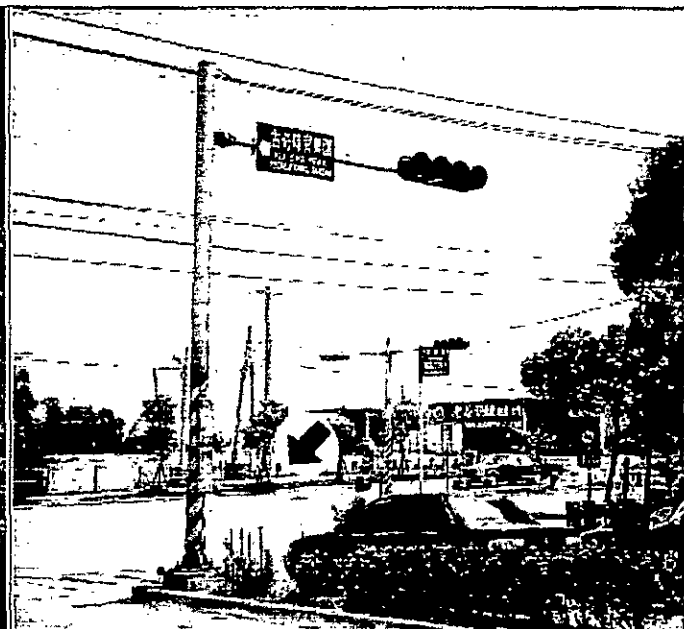
點位座標	縱線	120 59'49.168"		高程	112.96180M	重力值	978893.1235mgal
	橫線	24 46'30.985"V		點位間距	HC23 至 HC24 1.95 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC24 至 HC25 1.2 公里		
	1.	圍牆角	210°	6.97M	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標		
	2.	門柱角	285°	13.18M	2. 高程以基隆平均海面計算		
	3.	路燈	335°	13.42M	3. 重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 31 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精度等級			
HC25	鋼樁		平面	高程	I	重力 II
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000			
						

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里, 可見一叉路右轉入三峰路前行 6.15 公里, 可見一叉路右轉入雙園路, 續前行 1.7 公里遇叉路左轉入園區三路, 前行 2.15 公里遇叉路右轉入新安路即停車, 點即位於左側人行道上。

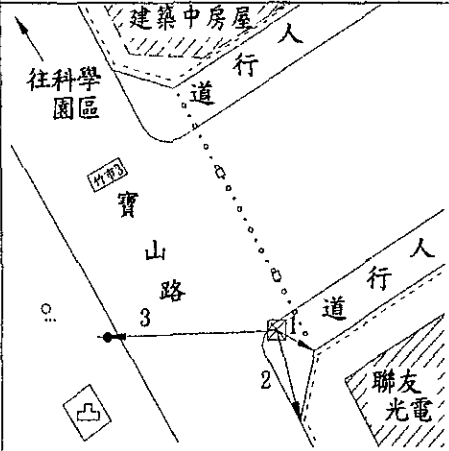



點位座標	縱線	120 59'31.630"		高程	99.70456M	重力值	978899.2365mgal
	橫線	24 47'06.153"		點位間距	HC24 至 HC25 1.2 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC25 至 HC26 1.8 公里		
	1.	路燈	110°	19.41M	附記	1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	電桿(寶山高幹37支2)	280°	12.34M		2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	電信桿	350°	23.41M	3. 重力系統為 IGSN71 系統			
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

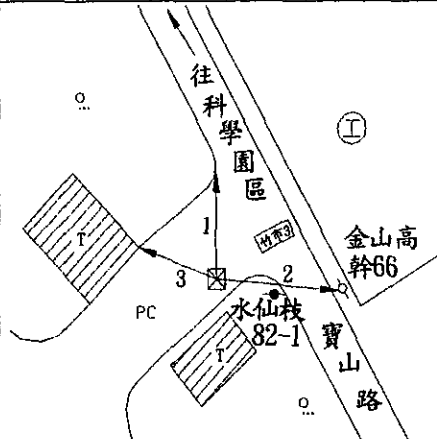

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼			精度等級	
HC26	鋼樁		平面		高程	I
標石附近詳圖			N	測站略圖		1:25000
						
測站及交通情形	<p>1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。</p> <p>2. 由桃園沿國道一號下新竹交流道往新竹市方向前進, 見一加油站立即左轉入加油站旁之叉路(大學路)往交通大學前行 0.45 公里, 可見右側有一流量實驗室, 點即位於流量實驗室大門旁之花圃邊。</p>					
						
點位座標	縱線	121 00'06.256"		高程	70.26936M	重力值 978905.1178mgal
	橫線	24 47'21.614"		點位間距	HC25 至 HC26 1.8 公里	
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC26 至 HC04 1.35 公里	
	1.	圍牆角	60°	4.45M	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	路燈	175°	2.91M	2. 高程以基隆平均海水面計算	
	3.	電信桿	280°	5.90M	3. 重力系統為 IGSN71 系統	
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌 89 年 8 月 31 日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精度等級				
			平面	高程	I	重力 II	
HC27	鋼樁						
標石附近詳圖			測站略圖 1:25000				
							
測站及交通情形	1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。						
	2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里, 可見一叉路右轉入三峰路前行 6.15 公里, 可見一叉路右轉入雙園路, 續前行 1.7 公里遇叉路右轉入園區三路前行 0.55 公里見叉路右轉入寶山路, 續前行 0.35 公里可見左側有一聯友光電, 點即位於該公司大門前石磚道上。(竹市 3:7.7K 里程牌)。						
							
點位座標	縱線	121 00'47.457"		高程	99.43613M	重力值	978893.8493mgal
	橫線	24 46'16.525"		點位間距	HC24 至 HC27 1.85 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC27 至 HC28 1.5 公里		
	1.	鐵欄杆	120°	2.82M	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標		
	2.	圍牆角	160°	5.63M	2. 高程以基隆平均海水面計算		
	3.	電信桿	270°	22.52M	記 3. 重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 31 日

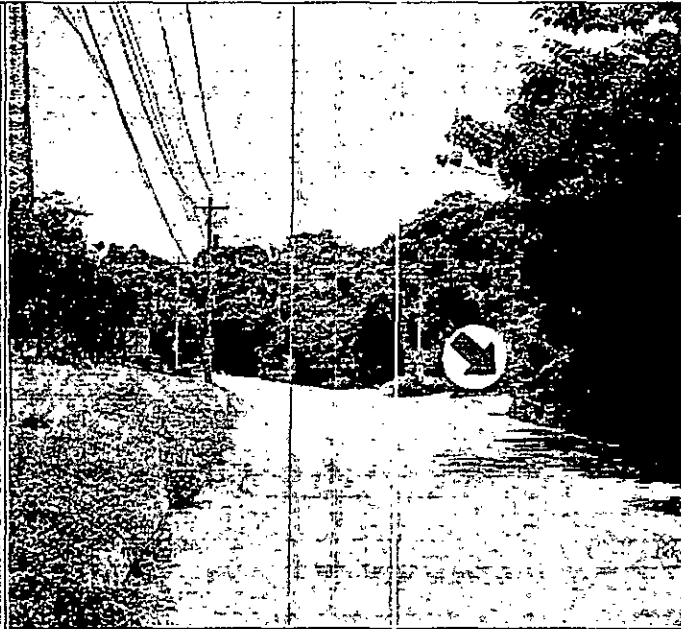
控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼		精 度 等 級			
HC28	鋼樁		平面	高程	I	重力	II
標石附近詳圖			N ↑	測站略圖			1:25000
							

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁，高於地面 1.7 公分。

2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進，行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店，右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里，遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里，可見一叉路右轉入三峰路前行 6.15 公里，可見一叉路右轉入雙園路，續前行 1.7 公里遇叉路右轉入園區三路前行 0.55 公里見叉路右轉入寶山路，續前行 1.55 公里於電線桿(金山高幹 66)前停車，點即位於道路右側 PC 路上。(竹市 3:9.25K 里程碑)。



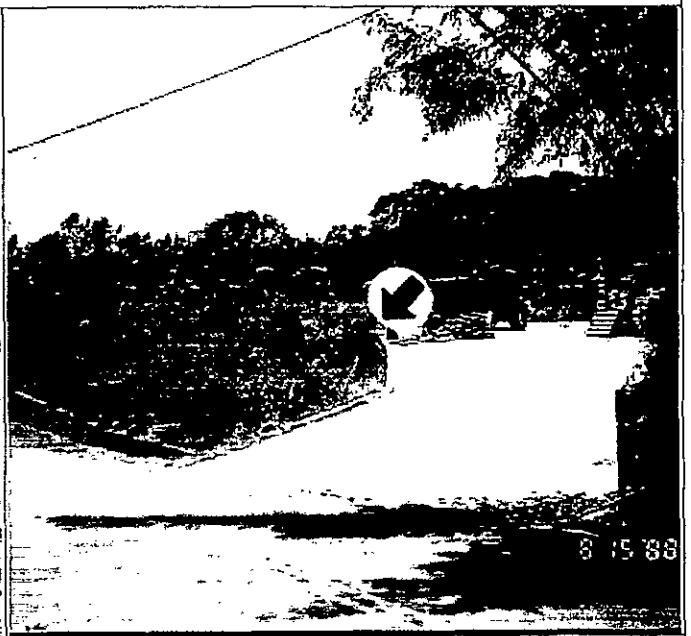
點位座標	縱線	121 01'09.025"	高程	129.81589M	重力值	978887.0226mgal
	橫線	24 45'33.391"	點位間距	HC27 至 HC28 1.5 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC28 至 HC29 1.25 公里	
	1.	路口	0°	13.31M	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標	
	2.	電線桿	95°	17.01M	2. 高程以基隆平均海水面計算	
3.	木造屋角	290°	11.45M	3. 重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌 89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼	精 度 等 級			
			平面	高程	I	重力 II
HC29	鋼樁					
標石附近詳圖			測站略圖			

測站及交通情形

1. 點位為鋼樁, 高於地面 1.7 公分。
2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進, 行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店, 右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里, 遇叉路左轉沿新湖路前行 6.6 公里, 可見一叉路右轉入三峰路前行 6.15 公里, 可見一叉路右轉入雙園路, 續前行 1.7 公里遇叉路右轉入園區三路前行 0.55 公里見叉路右轉入寶山路, 續前行 2.95 公里可見右側有民宅, 點即位於民宅前 PC 地上。(竹市 3:10.65K 里程牌)。



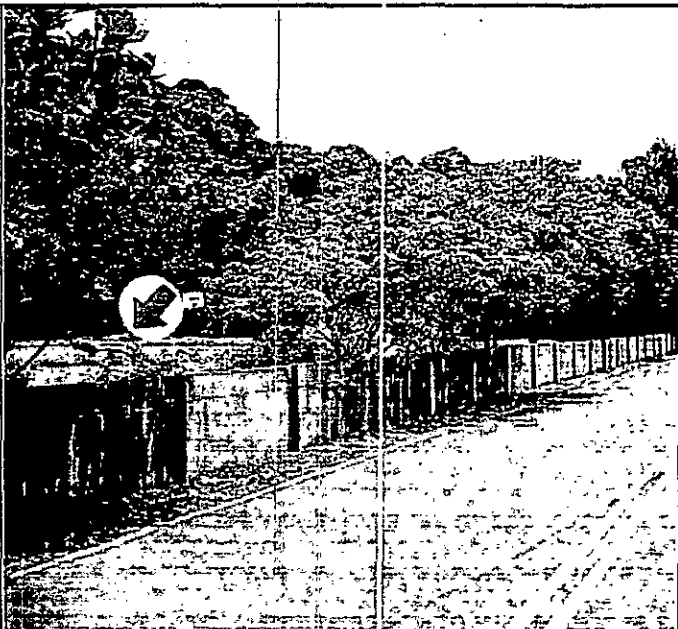
點位座標	縱線	121 01'08.384"		高程	67.86993M	重力值	978899.2083mgal
	橫線	24 44'55.707"		點位間距	HC28 至 HC29 1.25 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	HC29 至 HC30 0.9 公里		
	1.	路口	25°	12.57M	附 1. 座標系統為 TM 度分帶座標		
	2.	圍牆角	285°	6.68M	2. 高程以基隆平均海水面計算		
	3.	門柱	330°	11.99M	3. 重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89年8月10日	審查者	黃德昌	89年8月31日

控制點設置使用調查記錄表

點名	材質	標石號碼		精 度 等 級			
HC30	鋼樁		平面	高程	I	重力	II
標 石 附 近 詳 圖			N ↑	測站略圖			1:25000

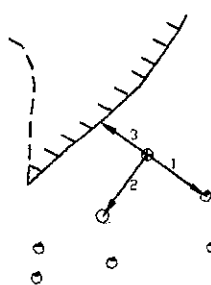
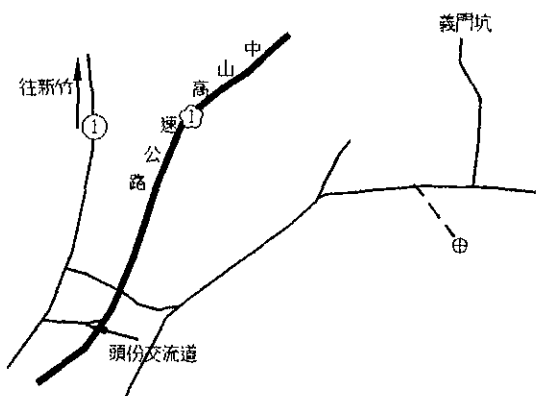
測站及交通情形

1. 點位為鋼樁,高於地面 1.7 公分。
 2. 下新竹交流道後沿 122 縣道往竹東方向前進,行至 15.6 公里處可見右側 7-eleven 商店,右轉學府路往寶山鄉前行 3.65 公里,遇叉路左轉沿新湖路行 6.6 公里,可見一叉路右轉入三峰路前行 6.15 公里,可見一叉路右轉入雙園路,續前行 1.7 公里遇叉路右轉入園區三路前行 0.55 公里見叉路右轉入寶山路,續前行 3.85 公里可見右側有一寶山國小,點即位於國小操場邊。(竹市 3:11.55K 里程牌)。



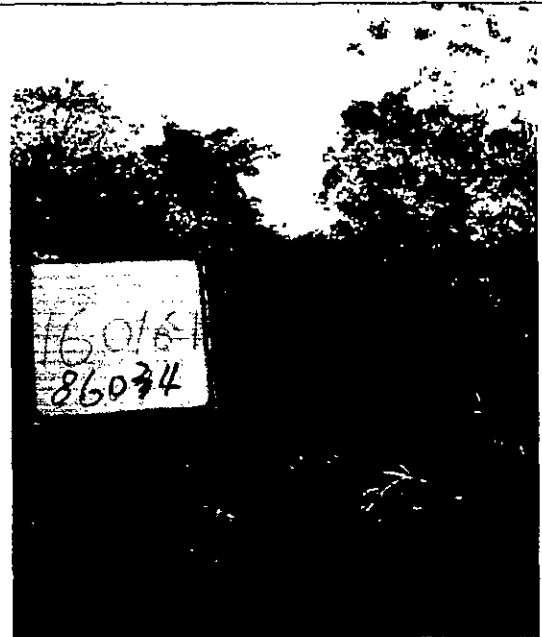
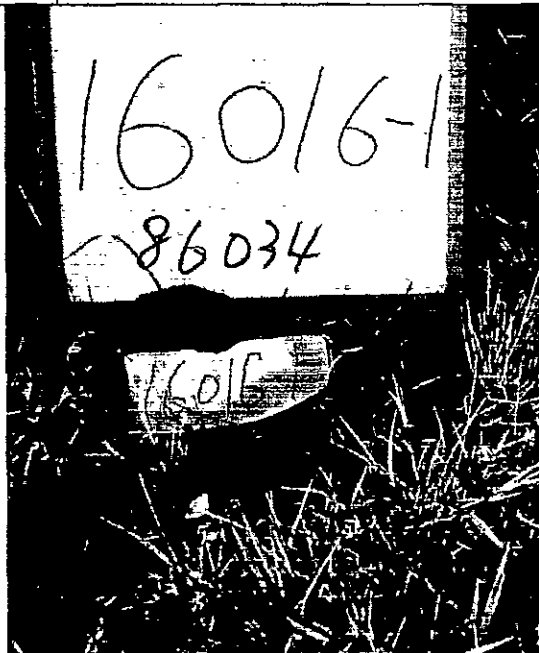
點位座標	縱線	121 01'19.180"		高程	78.03115M	重力值	978896.3023mgal
	橫線	24 44'26.684"		點位間距	HC29 至 HC30 0.9 公里 HC30 至 HC15 1.2 公里		
參考點位	編號	說明	方位	距離	附記		
	1.	PC 角	175°	19.50M	1.座標系統為 TM 度分帶座標		
	2.	百米起跑線	255°	25.60M	2.高程以基隆平均海面計算		
	3.	籃球場角	340°	8.65M	3.重力系統為 IGSN71 系統		
繪製者	黃厚賢	核對者	鄧表揚	89 年 8 月 10 日	審查者	黃德昌	89 年 8 月 31 日

加密衛星控制點

點名	標石號碼	材質	N 測站略圖 1:50000
86034(W034)	86034	石椿	↑
標石附近詳圖			
			

測站交通情形

1. 標石露出地面 公分。
2. 由中山高下頭份交流道往新竹方向行駛, 前行約 450M 遇叉路紅綠燈右轉行約 300M, 遇一涵洞, 穿過涵洞續行約 250M 遇一 T 字路左轉續行約 1.6KM, 遇叉路右轉再行約 1.4KM 見右側有一土路沿土路行約 300M 至山上果園, 點即位於左側果園土坎邊。

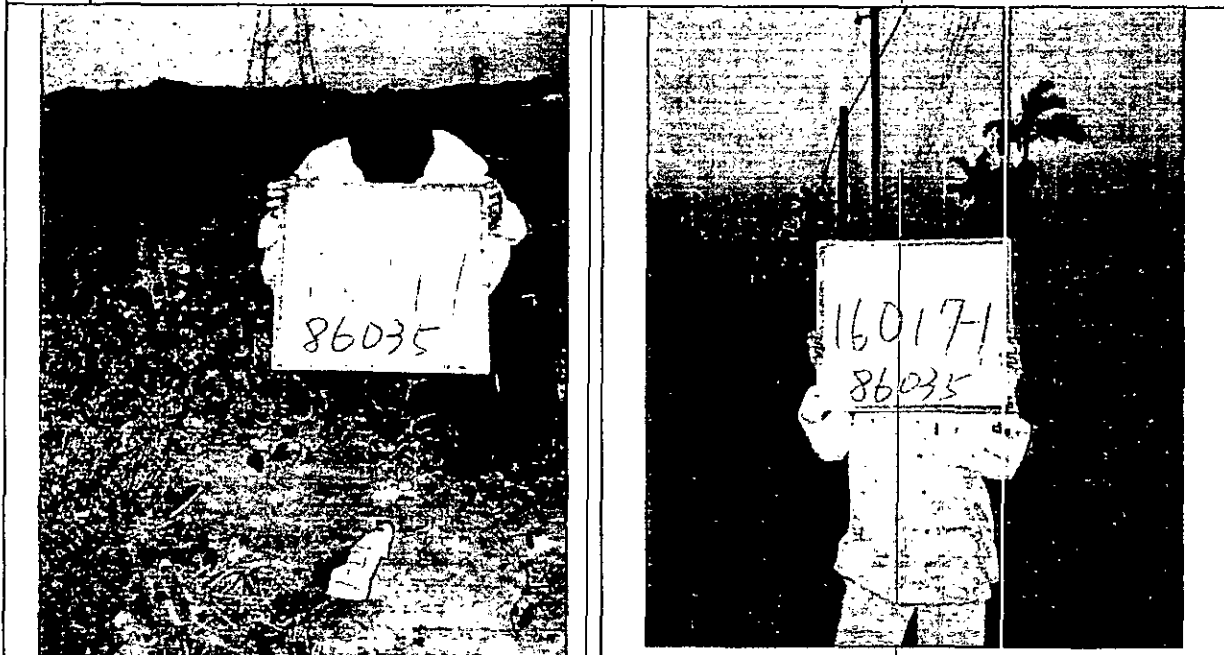


參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2732693.194M	高程	M
	1	果樹	105°	9.18M		E	244942.889M		138.858
	2	獨立樹	250°	6.21M	承辦單位：中興測量有限公司				
	3	坎邊	240°	3.20M	87年1月15日				

加密衛星控制點

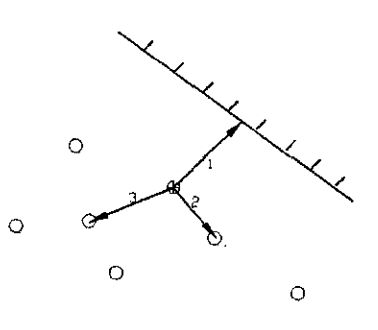
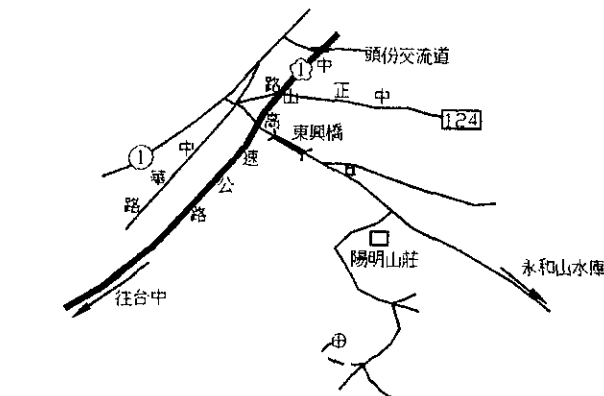
點名	標石號碼	材質	↑	N	測站略圖	1:50000	
86035(W035)	86035	石椿					
<u>標石附近詳圖</u> 							

測站交通情形	<p>1. 標石露出地面 公分。</p> <p>2. 由中山高下頭份交流道往新竹方向行駛, 前行約 450M 遇叉路紅綠燈右轉行約 300M, 遇一涵洞, 穿過涵洞續行約 250M 遇一 T 字路左轉續行約 1.6KM, 遇叉路右轉再行約 400M 見叉路左轉行約 200M, 點即位於道路右側田埂上。</p>
--------	---



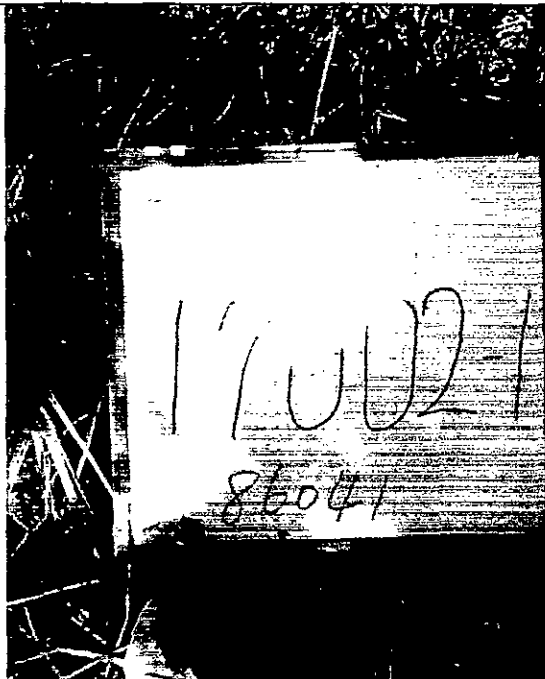
參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2732646.503M	高程	M
	1	路燈	5°	30.58M		E	243826.852M		83.257
	2	電信桿	230°	11.32M		承辦單位：中興測量有限公司			
	3	電力桿	260°	13.12M	87年1月15日				

加密衛星控制點

點名	標石號碼	材質	N 測站略圖 1:50000 ↑
86041(W041)	86041	石椿	
標石附近詳圖			
			

測站交通情形

1. 標石露出地面 17 公分。
2. 由中山高下頭份交流道往頭份方向行駛，前行約 400M 遇紅綠燈左轉中華路續行約 1.45KM 至與中正路東興路交叉路口左轉東興路行約 250M 達東興大橋，過橋行約 1.07KM 至水源路 317 號右轉行約 80M 遇陽明山莊大門前右轉，沿 AC 路續行約 2.35KM，遇三叉路右轉下山續行 800M 有一叉路，左側有一電桿(廣興高幹 75)，右側有一登山小徑上山約 250M，點即位於山頂上(步行約 5 分鐘)。

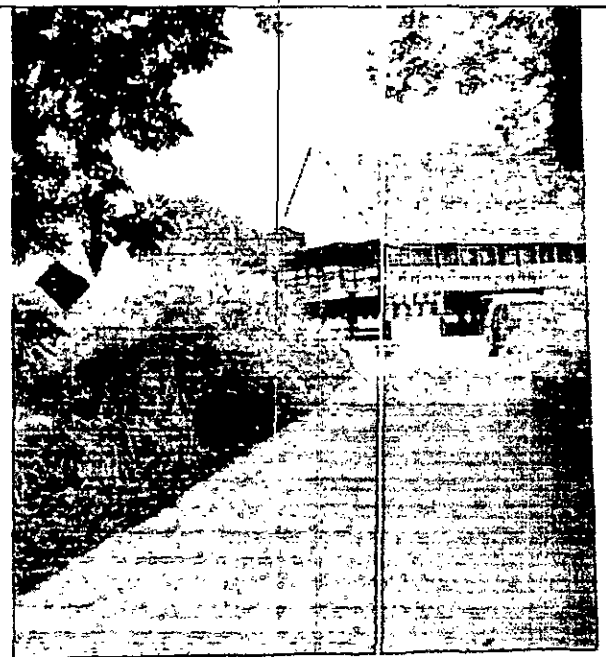
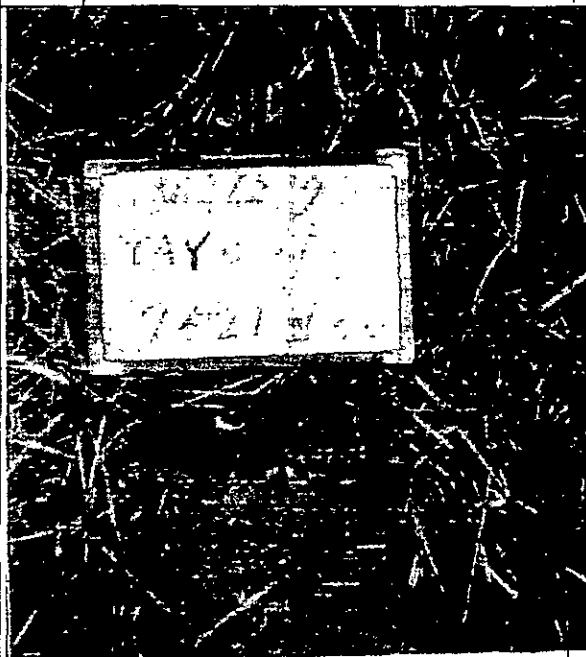


參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2727002.532M	高程	M
	1	坎邊	40°	3.50M		E	240423.352M		121.302
	2	獨立樹	150°	1.39M		承辦單位：中興測量有限公司			
3	獨立樹	240°	4.73M	87 年 1 月 15 日					

加密衛星控制點

點名	標石號碼	材質	↑	N 測站略圖 1:50000
86501(Y501)	86501	石椿		
標石附近詳圖 				

測站交通情形	<p>1. 標石露出地面 公分。</p> <p>2. 由彰化往芬園方向前行台14線至6.9km處上快官橋頭右轉行約300公尺見便民橋右轉前行約600公尺見右側田坑2號橋左轉上山行約1公里見四面佛寺, 點位於前面空地旁坎邊。</p>
--------	---



參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2661046.974M	高程	M
	1	相思樹	40°	26.7M		E	209746.040M		141.000
	2	房屋角	280°	28.5M		承辦單位：中興測量有限公司			
	3	路邊	340°	6.8M	87年1月15日				

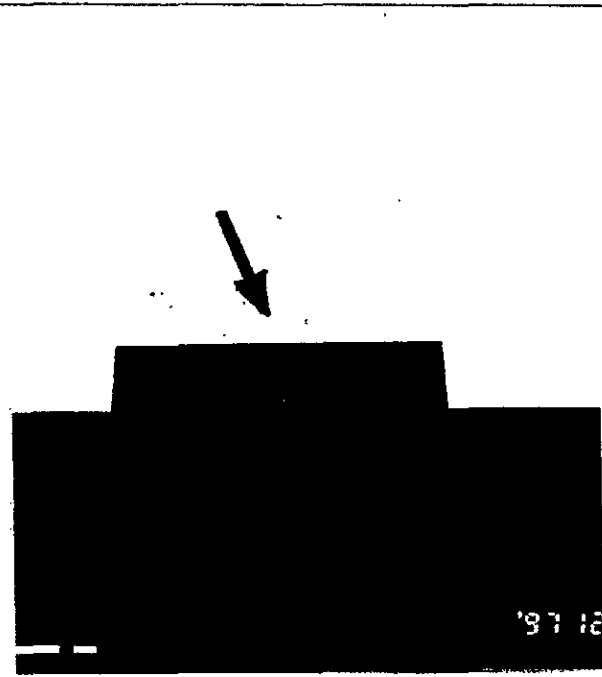
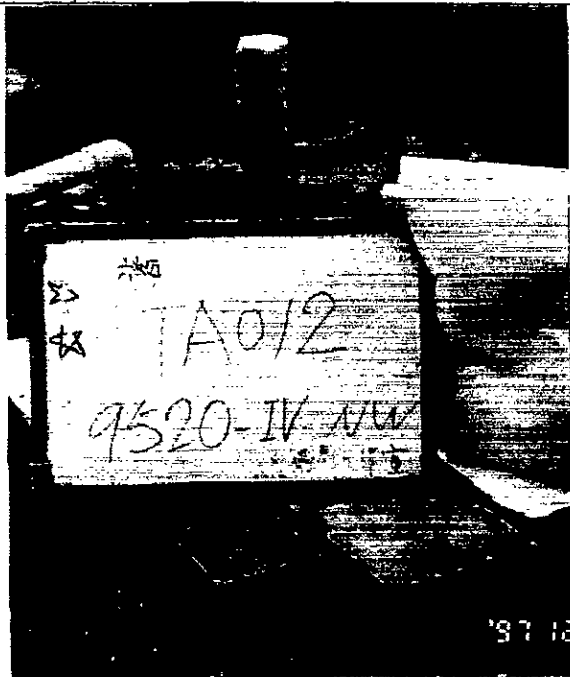
加密衛星控制點

點名	標石號碼	材質	測站略圖		1:50000				
86504(Y504)	86504	石椿							
)									
標石附近詳圖 									
測站交通情形	1. 標石露出地面 公分。 2. 由彰化走台14線往芬園方向至9.5km處至舊社橋頭右轉前行約1.3公里過德興二橋又路右轉前行過清真宮叉路再右轉上山約400公尺, 點位於轉彎處平台。								
參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2658838.903M	高程	M
	1	電力桿	100°	17.5M	E	210079.462M	157.843		
	2	電力桿	270°	11.0M	承辦單位：中興測量有限公司 87年1月15日				
3	房屋角	320°	15.0M						

加密衛星控制點

點名	標石號碼	材質	N 測站略圖 1:50000
87503(Z503)	87503	鋼片	
標石附近詳圖			

測站交通情形
 由員林沿 148 公路向東行至 137 公路右轉往百果山遊樂區行大門右轉前行 50 公尺叉路左轉上行約 350 公尺叉路右轉上山行約 1.6 公里點位於員林鎮出水巷 66-5 號頂樓。

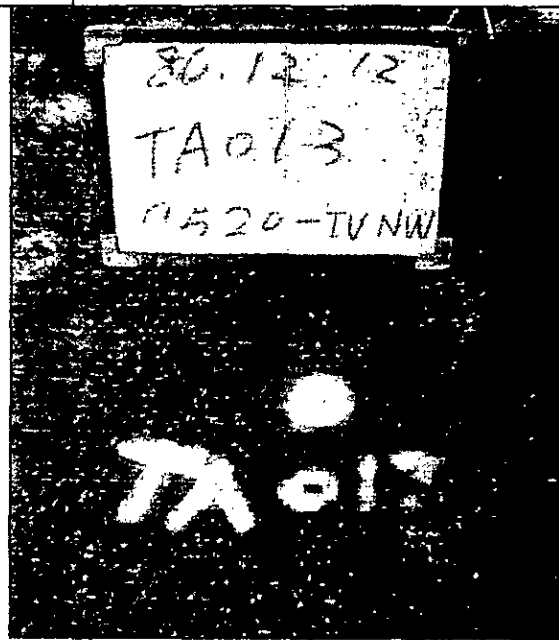


參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2648963.602M	高程	M
	1	屋角	25°	2M		E	210755.115M		151.464
	2	樓梯天井	130°	2.1M	承辦單位：中興測量有限公司 87年1月15日				
	3	屋角	300°	0.85M					

加密衛星控制點

點名	標石號碼	材質	N 測站略圖 1:50000
87504(Z504)	87504	鋼片	
標石附近詳圖 			

測站交通情形 沿137公路由埤子頭往朝興方向前行至柴頭井左轉上行約2.2公里見左側路旁一3樓建築中房屋,點位於頂樓。

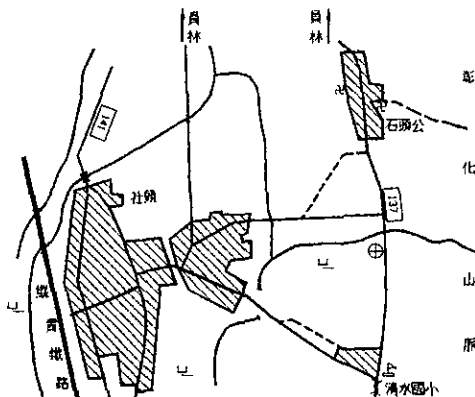
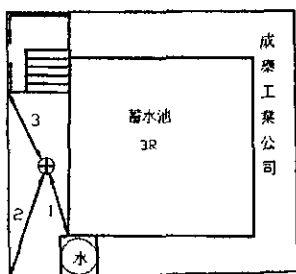


參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2648604.063M	高	M
	1	屋角	20°	15.8M	E	210965.034M	程	175.425	
	2	屋角	130°	9.1M	承辦單位：中興測量有限公司				
	3	屋角	240°	5.1M	87年1月15日				

加密衛星控制點

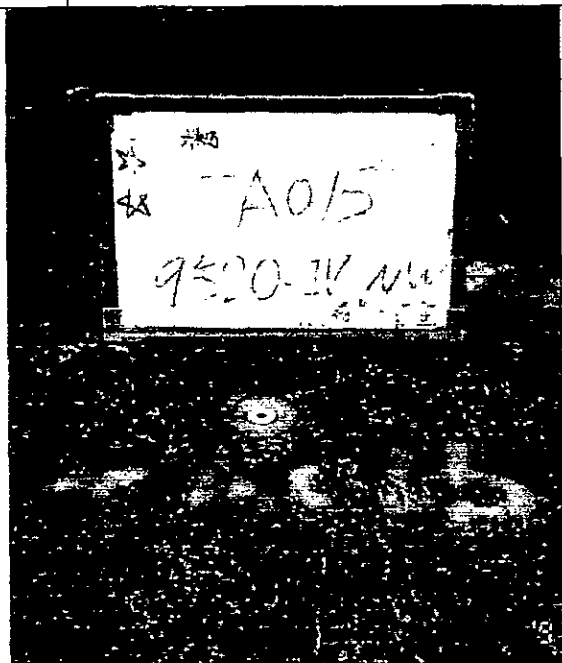
點名	標石號碼	材質	N 測站略圖 1:50000
87506(Z506)	87506	鋼片	

標石附近詳圖



測站交通情形

沿 137 公路由埤子頭往太平莊方向前行至朝興水源橋過橋後見右側成泰工業公司點位於頂樓平台上。

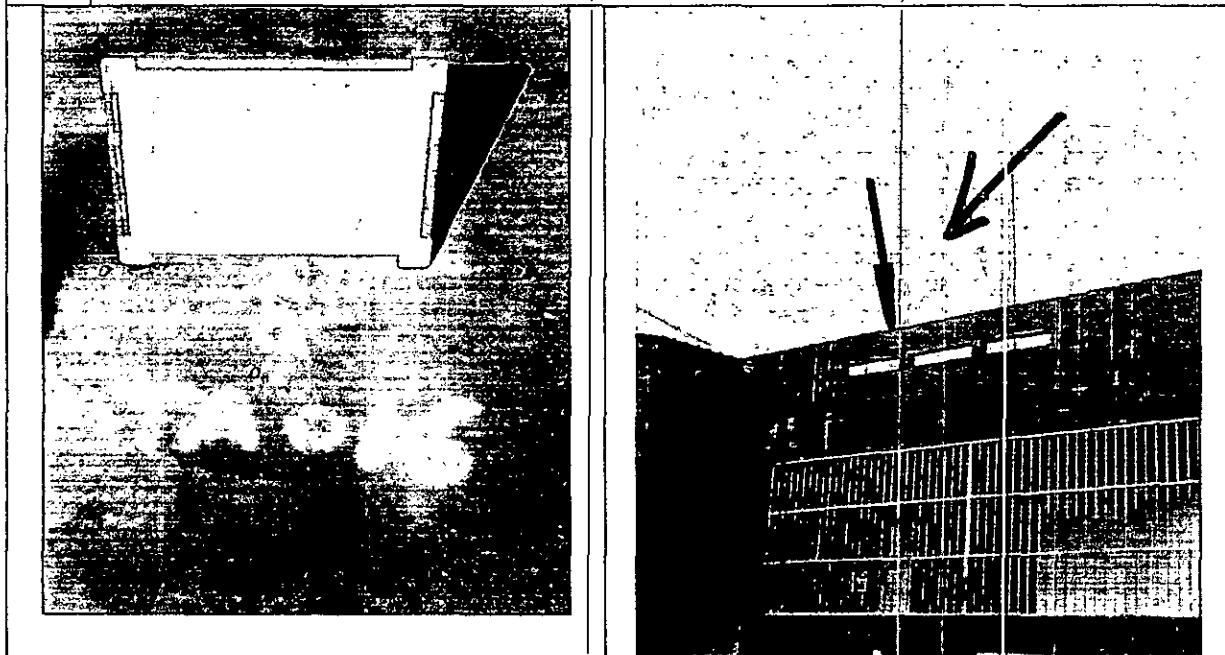


參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2644086.651M	高	M
	1	水塔	160°	7M	E	210282.055M	程	74.867	
	2	屋角	210°	9M	承辦單位：中興測量有限公司 87年1月15日				
3	屋角	330°	9M						

加密衛星控制點

點名	標石號碼	材質	N	測站略圖	1:50000
87507(2507)	87507	銅片			
標石附近詳圖					

測站交通情形	由員林沿 141 公路, 往田中方向經 141 線 10 公里指標前行約 200 公尺右轉魚寮巷前行約 200 公尺, 點位於里林村魚寮巷 49 號民房頂樓。
--------	---



參考方向	編號	說明	方位	距離	座標	N	2642039.100M	高程	M
	1	樓梯間角	130°	3.7M		E	207797.636M		54.325
	2	樓梯間角	170°	3.2M		承辦單位：中興測量有限公司			
3	樓梯間角	280°	1.7M	87年1月15日					