

目 次

| | |
|----------------------------------|-----|
| 目 次 | |
| 表 次 | |
| 圖 次 | V |
| 中文摘要 | VI |
| 英文摘要 | VII |
| 第一章 前言..... | 1 |
| 1-1 研究主旨..... | 1 |
| 1-2 研究目的 | 3 |
| 1-3 工作項目 | 3 |
| 第二章 觀測原理 | 5 |
| 2-1 GPS 測量 | 5 |
| 2-1-1 GPS 測量原理..... | 5 |
| 2-1-2 GPS 測量誤差 | 6 |
| 2-2 實測 GPS 觀測法之相位中心改正量求定理論..... | 9 |
| 2-2-1 測定相位中心偏移量 | 9 |
| 2-2-2 測定天線隨仰角及方位角改變之相位中心變化量...10 | |
| 2-3 EDM 測距理論..... | 11 |
| 2-3-1 EDM 測距..... | 11 |
| 2-3-2 ME5000 測距系統簡介..... | 14 |
| 2-3-3 ME5000 測距準確度分析..... | 16 |
| 第三章 研究方法及過程..... | 19 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 3-1 短距離基線場及相位中心率定場點位說明..... | 19 |
| 3-1-1 短距離基線場點位簡要說明..... | 19 |
| 3-1-2 相位中心率定場選點說明..... | 24 |
| 3-2 外業觀測..... | 27 |
| 3-2-1 相位中心率定場施測說明..... | 27 |
| 3-2-2 短距離基線場施測說明..... | 31 |
| 3-3 內業計算..... | 34 |
| 第四章 執行成果..... | 39 |
| 4-1 相位中心率定場點位埋設..... | 39 |
| 4-2 短距離基線檢定場基樁埋設..... | 39 |
| 4-3 相位中心施測成果..... | 39 |
| 4-4 短距離基線場施測成果..... | 42 |
| 4-5 教育訓練..... | 45 |
| 第五章 檢校場維護與管理..... | 49 |
| 第六章 結論與建議..... | 51 |
| 附錄 A 台灣地質略圖..... | 55 |
| 附錄 B IGS 公布各類 GPS 天線參考點位置說明..... | 57 |
| 附錄 C 相位中心率定場樁位相片圖..... | 59 |
| 附錄 D 短距離基線場樁位相片圖..... | 67 |
| 附錄 E 相位中心率定結果..... | 73 |
| 附錄 F NOVATEL 儀器之相位中心偏移及變化量..... | 78 |
| 附錄 G TRIMBLE 儀器之相位中心偏移及變化量..... | 80 |

| | | |
|------|-------------------------------|-----|
| 附錄 H | CARL ZEISS 儀器之相位中心偏移及變化量..... | 82 |
| 附錄 I | TOPCON 儀器之相位中心偏移及變化量..... | 83 |
| 附錄 J | GEOTRACER 儀器之相位中心偏移及變化量..... | 85 |
| 附錄 K | ME5000 精密電子測距儀施測數據..... | 87 |
| 附錄 L | 短距離基線場檢校成果..... | 88 |
| 附錄 M | 相位中心率定之作業程序..... | 114 |
| 附錄 N | 短距離基線比對之檢校作業程序..... | 121 |
| 附錄 O | 短距離基線檢校判別程式之說明及程式碼..... | 129 |
| 附錄 P | 相關審查會議記錄及建議..... | 137 |
| 參考文獻 | | 169 |

表 次

| | |
|---|----|
| 表 1-1 計畫工作項目與執行進度說明表..... | 4 |
| 表 2-1 ME5000 測距單元在 Nummela 標準基線場比對結果..... | 18 |
| 表 3-1 短距離基線檢定場基樁名稱一覽表 | 31 |
| 表 4-1 相位中心率定場各樁位之坐標..... | 41 |
| 表 4-2 相位中心率定場各基線及基線分量..... | 41 |
| 表 4-3 短距離基線場各樁位之坐標..... | 43 |
| 表 4-4 短距離基線場各基線及基線分量..... | 43 |
| 表 4-5 短距離基線比對成果簡表..... | 44 |
| 表 4-6 技術轉移教育訓練課程表..... | 45 |

圖 次

| | |
|--|----|
| 圖 2-1 同時求解天線相位中心偏移量及測站座標方法..... | 9 |
| 圖 2-2 脈衝法簡化原理..... | 12 |
| 圖 2-3 相位比較法簡化原理..... | 12 |
| 圖 2-4 ME5000 精密測距儀..... | 15 |
| 圖 3-1 GPS 基點分佈圖..... | 20 |
| 圖 3-2 GPS 基點埋設示意施工圖..... | 21 |
| 圖 3-3 GPS 基點埋設示意施工圖..... | 22 |
| 圖 3-4 GPS 基點埋設示意施工圖..... | 23 |
| 圖 3-5 相位中心率定場基點分佈圖..... | 25 |
| 圖 3-6 相位中心率定場點位埋設示意圖..... | 26 |
| 圖 3-7 相位中心率定外業施測情形一..... | 29 |
| 圖 3-8 相位中心率定外業施測情形二..... | 29 |
| 圖 3-9 相位中心率定外業施測情形三..... | 29 |
| 圖 3-10 短距離基線外業施測情形一..... | 33 |
| 圖 3-11 短距離基線外業施測情形二..... | 33 |
| 圖 3-12 短距離基線外業施測情形三..... | 33 |
| 圖 3-13 短距離基線外業施測情形四..... | 33 |
| 圖 3-14 Bernese 進行 GPS 天線相位中心變化資料處理流程.... | 37 |

| | |
|--|----|
| 圖 3-15 天線之相位中心平均偏移量及相位中心變化量示意圖. | 38 |
| 圖 4-1 技術轉移教育訓練情形一..... | 47 |
| 圖 4-2 技術轉移教育訓練情形二..... | 47 |
| 圖 4-3 技術轉移教育訓練情形三..... | 47 |
| 圖 6-1 「實驗室評鑑標準 ISO/IEC 17025」之系統架構說明圖... | 53 |

中文摘要

GPS 天線相位中心偏移量及相位中心變化量是影響 GPS 量測精度的關鍵因素，尤其當 GPS 觀測混合著不同型式的天線及接收儀進行時相位中心偏移量與變化量在 GPS 資料處理時，是一定要加以考慮修正的，因為其造成測站間相對高程偏差可達 10cm；即使在使用相同型式天線仍會有 0.015ppm 之尺度誤差。

在水平位置精度方面，雖較高程精度為高，但為求 GPS 量測所得基線長可以獲得更高之精度及可靠度，相關之檢定則採用工業技術研究院量測技術發展中心經度量衡國家標準實驗室驗證 Mekometer ME5000 精密測距儀量測基線網中之短距離基線。ME5000 測距系統能達到準確度技術規範 0.2mm+0.2ppm 之水準。

本計畫則分別建立相位中心率定場及短距離基線場，進行 GPS 接收儀測量成果之檢定，以提昇 GPS 定位之精度。

Abstract

The GPS antenna phase center offset and variation are the key factor that influence the positioning of the GPS surveying. When the GPS surveying is executed using different factory trademarks or different types of antenna, the offsets and the variations may have 10cm difference in height.

Even for using the same type antennas, the offset and the variation still have 0.015ppm in scale error. Therefore, to determine the GPS antenna phase center offset and variation are necessary.

Besides, for promoting the precision of the horizontal position, to calibrate the length of a baseline using ME5000 is useful. Because the precision of the ME5000 can reach $0.2\text{mm}+0.2\text{ppm}$, using ME5000 to calibrate the length of a baseline is suitable.

In this project, a net for calibrate the GPS antenna phase center offset and variation and a baseline field for calibrate the length of a baseline measuring using GPS surveying with ME5000 are set up. Consequently, a higher GPS positioning precision can be obtained.

第一章 前言

關鍵字：全球定位系統、相位中心、短距離基線

1-1 研究主旨

全球定位系統 (Global Positioning System, 以下簡稱 GPS) 近十年來於世界各地廣泛地使用著, GPS 的作業快速方便且精度極高, 但因 GPS 高程精度相較於水平精度約略遜 2-3 倍 (陳春盛, 1996), 主要除了對流層改正不易外, 還有另一項重要因素, 就是天線的相位中心 (phase center) 偏移問題, 尤其是混合不同型式的天線時, 問題則更顯嚴重, 此將造成測站間相對高程偏差達 10cm, 即使在使用相同型式天線, 仍會有 0.015ppm 之尺度誤差 (Rothacher et al., 1995; Beutler et al., 1988)。故天線相位中心偏移之研究關係著 GPS 高程之精度, 也影響其應用時的精度, 可謂相當重要。

眾所周知, 相位中心偏移是影響 GPS 量測精度的關鍵因素, 尤其, 當 GPS 觀測混合著不同型式的天線及接收儀進行時, 相位中心偏移與變化在 GPS 資料處理時, 是一定要加以考慮修正的。在 1992 年, Rothacher 等發現在 Zimmerwald 固定站每日所測得 GPS 結果與 ITRF (SLR 測得) 的結果相比較, 於高程上約有 10 公分的差異 (Rothacher et al., 1995)。此 GPS 量測是在基線兩端 (Wetzell—Zimmerwald) 分別設置 Rogue (Dorne Margolin B 天線) 及 Trimble 4000SSE (4000ST L1/L2 GEOD 天線) 進行量測, 此高程上 10 公分的差異後來證實是 Rogue 與 Trimble 天線相位模式不同所造成的。此外尚有相關研究指出 (Rothacher et al., 1995), 以混合不同形式天線於長基線進行量測時 (基線長約 1200 公里), 其量測結果與 ITRF93 之值相比較, 發現若未進行相位中心改正, 其高程之誤差可達約 11 公分, 而若加入相位中心改正於 GPS 計算時, 則其高程之誤差僅有 2 公分左右, 因此, 可知相

位中心改正對 GPS 量測精度，有絕對的影響。

而在水平位置精度方面，雖較高程精度為高，但為求 GPS 量測所得基線長可以獲得更高之精度及可靠度，相關之檢定則採用工業技術研究院量測技術發展中心經度量衡國家標準實驗室驗證之 Mekometer ME5000 精密測距儀量測基線網中之短距離基線。ME5000 曾與世界公認室外量測基線最準確的 Vaisala 光干涉測量結果比對，證實在以光速為絕對長度的系統下，ME5000 測距系統均能達到其準確度技術規範 $0.2\text{mm}+0.2\text{ppm}$ 之水準。

在同一基線網中各短距離基線進行 GPS 量測，並運用交通大學土木工程系近年來發展之 Saastamoinen 對流層折射修正模式(陳春盛等, 1995)，也就是對流層附加參數法，針對 GPS 信號通過對流層其中大氣壓力、溫度和相對濕度對其的影響，利用最小二乘法推算對流層偏差量，來改正 GPS 信號在對流層的折射量，使其影響能小於 1ppm，再將改正後求出之基線長與 ME5000 所測得之值相比對，以建立一套適合短距離基線測量之 GPS 計算方法，以提高 GPS 測量所得基線長及點位之水平位置精度。

1-2 研究目的

目前內政部土地測量局應用 GPS 接收儀進行量測工作已相當普遍，但現有許多 GPS 接收儀使用多年，但並未進行檢定的工作。此計畫主要之目的為建立土地測量局所屬之相位中心率定場及短距離基線場；並且於相位中心率定場進行土地測量局 23 部 GPS 接收儀之天線的相位中心變化率定，及於短距離基線場進行短距離基線比對；以期對於土地測量局所屬之 GPS 接收儀之量測成果精度能有所助益。而於此計畫結束之後，土地測量局亦能對於本身現所擁有或新進之儀器應用本計畫所完成之短距離基線場及相位中心率定場依據本計畫報告中所提之作業程序自行作 GPS 接收儀之檢定。

1-3 工作項目

本研究之工作項目及進度規劃執行成果如表 1-1：

表 1-1

第二章 觀測原理

本計畫主旨乃在於進行 GPS 測量之相位中心率定以及利用精確之 EDM 測距作為 GPS 基線量測之比對，因此乃對於 GPS 測量、相位中心率定以及 EDM 測距三者作一說明。

2-1 GPS 測量

2-1-1 GPS 測量原理

GPS 接收器基本上可分為兩種觀測量，其一為虛擬距離(Pseudo-range)，其二為載波相位(Carrier-Phase)。

虛擬距離乃利用接收器本身產生的 GPS 複製電碼與接收到訊號之電碼相關而得到之時間延遲(Time Delay)或時間偏移(Time Shift)，再乘以光速或換成距離。由於此距離受到存在於衛星與接收器內時錶誤差之影響，故與實際距離尚有一偏離量(Bias)存在，並且實際量測者亦為含有偏移量之時間遲滯，故稱之為虛擬距離。

所謂相位乃是指一圓周上，任一點之角度量以週(Cycle)為單位。而衛星所發射之載波訊號是時間之函數，所以若將載波相位表示由 t 時刻開始持續累積所接收到週波數之函數，則為單調函數。在理想狀況下，當不考慮震盪器偏移、大氣折射效應等，此一函數應為時間之函數。

但由於衛星與接收器之間有相對運動存在，因此所接收到的衛星訊號之頻率將會受到 Doppler 效應之影響而改變，然衛星訊號之相位卻不會受到影響。因此，衛星訊號發射時之載波相位與接收器接收到訊號時刻之載波相位是相同的。

在起始觀測時刻，接收器會自行計算一整數週波值來近似表示衛星與接收器之間的距離，並且量得訊號之相位值。由於此時量得之相位僅是小數週波數(Fractional Cycles)，而存在衛星與接收器之間正確起始整數週波並無法得知。因此，起始整數週波值與正確之整數週波值間便存在一整數偏離值(Integer Bias)或相位未定值(Phase Ambiguity)或稱為週波未定值(Cycle Ambiguity)。當繼續觀測則接收器本身能計數所經過之整數週波值並加以記錄，所以只要訊號不斷，此整數未定值並不會改變。

剩下之問題僅為如何決定此整數相位未定值。一旦訊號受到某些因數干擾或中斷，當在恢復正常接收時，其小數週波數雖仍可量測到，但其經過之整數週波數卻無法正確計數，因此產生了所謂週波脫落(Cycle Slips)之問題。此兩個問題為應用相位觀測時之兩個缺點，為了獲得更精確之定位結果，在定位處理之過程中必須仔細考慮此兩個問題。

2-1-2 GPS 測量誤差

由於 GPS 的出現使得傳統定位測量有了革命性的轉換，不僅精度高，而且施測範圍可小至數公尺，大至幾千公里。這樣的轉變是因為 GPS 具有定位精度高、觀測方便、作業簡便、產量大、不受點位通視及天候影響，更可以 24 小時作業等諸多特性，為傳統大地測量所不能及。

衛星定位測量不像傳統測量有明確的分級制度，因為施測使用儀器相同、精度一致，若以邊長之相對精度為依據分級，也可分成不同等級。各等級網間並沒有必然的聯繫關係，而且 GPS 施測精度與基線長度成線性關係，短距離之基線因電離層、對流層遲滯影響量幾乎相同，在差分後精度反而更高。

綜合上述所言，瞭解到 GPS 定位測量的優點和與傳統大地測量之間的差異後，接下來我們所關切的就是各種誤差與 GPS 衛星定位測量之關係。GPS 衛星測量之相對定位誤差來源可分成三大部分，即與衛星資訊有關之

誤差、與訊號傳播有關之誤差以及與接收儀器有關之誤差。

其中有些誤差可透過差分來消除或降低其效應，有些利用模式修正之，有些則既無法預測也無法修正，只能儘量避免其發生。分別說明如下：

(1) 與衛星資訊有關之誤差，有衛星星曆誤差及衛星時錶差

衛星星曆誤差是由於廣播星曆或其它軌道訊息所給出的衛星位置與衛星實際位置之差異，故精密的控制測量應使用後處理的精密星曆，而非廣播星曆。而衛星時錶差(Clock error)及 SA(Selective Availability)選擇性效應，對地面兩測站觀測值之影響是相同的，可用觀測量一次差(Single difference)、二次差(Double difference)將其影響量消除。

(2) 與訊號傳播有關之誤差有電離層、對流層及多路徑效應

因電離層延遲誤差(Ionospheric delay)之影響量與頻率平方成反比，以雙頻率 L1 及 L2 觀測量線性組合成無電離層效應的 L3 觀測量，其可消除大部份的電離層遲滯影響。而對流層因折射之延遲誤差(Tropospheric delay)對虛擬距離及載波相位觀測量的影響相同，大部份採用折射模式予以改正之，如常選用的一種大氣折射模式，例如 Saastamoinan 模式或 Modified Hopfield 模式，來計算大氣折射量，以改正對流層延遲誤差，但是並無法完全將之消除。解決多路徑效應(Multi-path effect)的方法是慎選測站環境，避免點位附近有高反射與高傳導性物體。

(3) 與接收儀器有關之誤差有接收儀時錶差及接收儀位置誤差

接收儀時錶差取決於石英鐘的精度，同一台接收儀對多顆衛星進行同步觀測時，時錶差對各觀測值的影響相同，可以差分方式(Differential)將其消除。接收儀之天線相位中心位置是每種儀器都不同，為一系統誤差，必須事先作改正，以免影響結果。

再者，針對高程會產生影響的有對流層延遲誤差、基準點座標誤差以

及沿軌道向之衛星軌道誤差。而當兩個不同位置上的接收儀在同一時間觀測相同的衛星群時，它們所受到的衛星時錶差及廣播星曆誤差之影響，絕大部份是相同的，而對電離層與對流層的影響也相似。同時，對基線解法來說，若基線不長（在 30 公里以內），則基線兩端測站之大氣狀況甚為接近。因此，對流層的影響絕大部份可以互相抵消。同時，對短基線而言，對流層之影響當經過數學模式改正後，其影響將小於 1ppm。

另外，儀器的定心與儀器高的量度更需謹慎，這種人為的疏失不易在基線解算時發現，必須在基線重複性、閉合差之分析與平差時才能偵測出。在此，若欲將 GPS 應用於高程測量，則天線高的處理就更不可忽略。由於使用的接收儀廠牌、天線形式、頻率之不同，其歸化至地面高度的參數亦不相同，這對高程測量的正確性影響極大。同時，一般而言，L1 與 L2 頻率之相位中心(Phase center)亦並不相同。動態天線與靜態天線之設計形式不同，其量測斜距(Slope distance)位置亦不同。通常靜態天線多有擋板(Ground plane)，其作用在於減少多路徑效應之影響，亦會加上抗波環圈。

2-2 實測 GPS 觀測法相之位中心改正量求定理論

以實測 GPS 觀測法率定之相位中心改正量為相對之改正量，因此須選一部天線為參考天線，實測 GPS 觀測法測定相位中心偏移量及變化量可分為兩步驟：1.計算相位中心偏移量 2.計算與仰角及方位角相關之相位中心變化量。

2-2-1 測定相位中心偏移量：

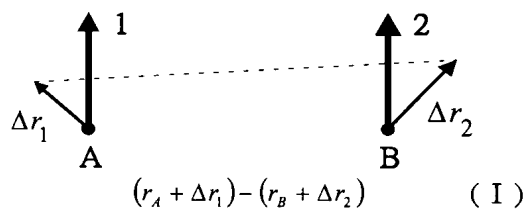
計算相位中心偏移量時，可與測站點位座標一同計算，其原理以下圖 2-1 說明。

天線互換測站方式：

$$(\quad + \quad) / 2 = r_A - r_B \quad (2 - 1)$$

$$(\quad - \quad) / 2 = r_1 - r_2 \quad (2 - 2)$$

SESSION I



SESSION II

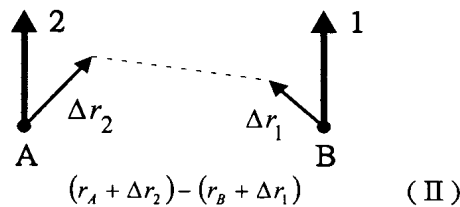


圖 2-1 同時求解天線相位中心偏移量及測站座標方法

由此方法之觀測結果進行分析都可以同時計算出點位座標及兩天線間之相對相位中心偏移改正量。在本研究計畫中乃採用天線互換測站的方法，求得天線間水平及垂直之相對偏移量；為了避免法方程式奇異，全部測站座標約制在 $\pm 3\text{mm}$ （陳怡兆，1997）。

2-2-2 測定天線隨仰角及方位角改變之相位中心變化量：

Bernese GPS 軟體，提供了計算與仰角及方位角相關之相位中心變化量改正模式。分別以：

- (1) 逐段式線性函數(piece-wise linear function)
- (2) 相位中心變化之球諧函數展開式係數（Rothacher et al.,1995），

其中前項逐段式線性函數乃是以經驗法所推估之多項式方程式求解，並無一嚴謹之公式；而本計畫是以後者球諧函數展開式求解，其公式如下：

$$\Delta\phi(\alpha, z) = \sum_{n=0}^{n_{\max}} \sum_{m=0}^n \tilde{p}_{nm}(\cos 2z) \cdot (a_{nm} \cos m\alpha + b_{nm} \sin m\alpha) \quad (2-5)$$

$\Delta\phi(\alpha, z)$ = 於天頂距 z ，方位角 α 之相位中心改正，

\tilde{p} ：正規化之 Legendre 函數（Schaer et al., 1995, equ.(6)），

a_{nm} 及 b_{nm} 為待求之球諧函數係數，為避免法方程式奇異，亦就是避免法方程式無法求其反矩陣，係數 b_{00} 不能求。

2-3 EDM 測距理論

2-3-1 EDM 測距

電子測距儀一般均以光波（紅光或紅外線光）作載波，再經過調制（Modulation）處理產生調制波組以作為測距之信號，而這種調制波組的合成速度則稱為群速度（Group Velocity） C_g ，表示如下：

$$C_g = \frac{c}{n} \quad (2-6)$$

式中：

$c=299792458\text{m}$ 為光波在真空中之速度

n 為光波在大氣中的群速度折射率（簡稱群折射率）

由於測距儀本身無法求得實際的群折射率 n ，所以儀器商根據該儀器之載波波長，選定一參考氣象條件（一般為溫度 15°C ，壓力 760mmHg 之乾燥空氣），以 Owens (Owens, 1967) 或 Edlen (Edlen, 1966) 群折射率公式計算參考群折射率 n_r ，並將之設定於測距儀內，以便於在實際作業時，作為脈衝法（Impulse Method）或相位比較法（Phase Comparison Method）測距之依據，再加上儀器出廠前已設定各項檢定改正量 k_r ，並於計算距離 D_r 後輸出。以上過程皆由儀器內部的微處理器完成，其公式茲分述如下：

（1）脈衝法-量測光波脈衝信號的傳播時間 Δt （如圖 2-2 所示）

$$D_r = \left(\frac{c}{n_r} \right) \left(\frac{\Delta t}{2} \right) + k_r \quad (2-7)$$

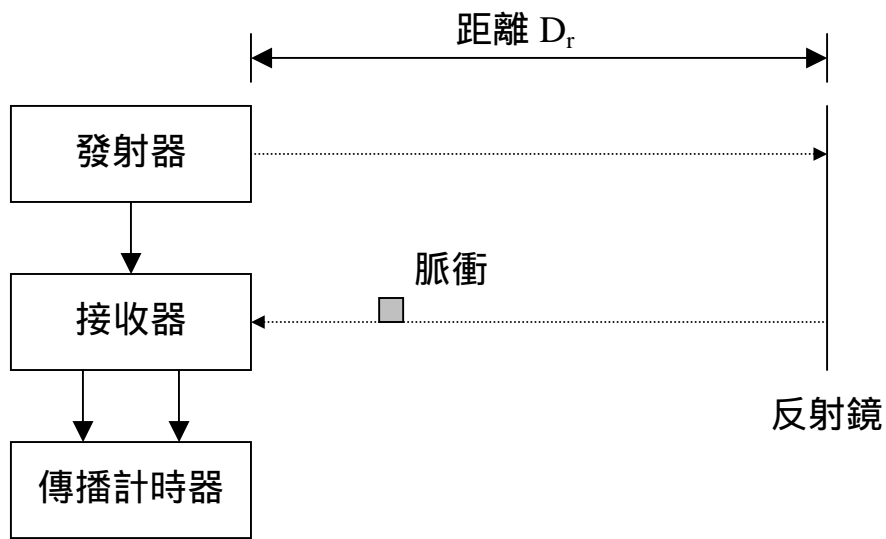


圖 2-2 脈衝法簡化原理

(2) 相位比較法-量測調制波相位差 $\Delta\phi$ (如圖 2-3 所示)

$$D_r = \frac{(c/n_r)}{2f} \left(\frac{\Delta\phi}{2\pi} + N \right) + k_r \quad (2-8)$$

式中：N=整週波數

f=調制頻率

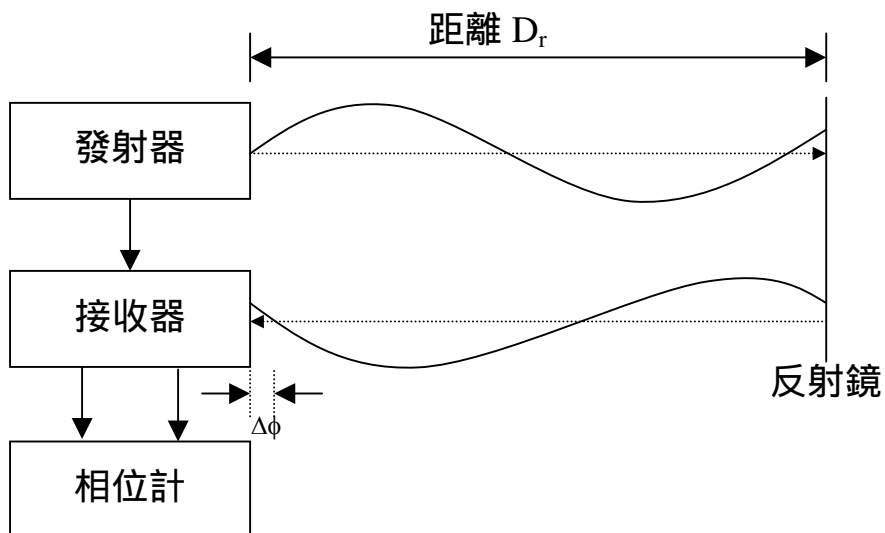


圖 2-3 相位比較法簡化原理

由於實際的群折射率 n 與測距儀已設定的參考群折射率 n_r 兩者不同，所以 D_r 須作改正，Rueger(Rueger, 1990)稱為第一速度改正 (First Velocity Correction)，其改正量 K' 以下式表示：

$$K' = \left(\frac{n_r - n}{n} \right) D_r \quad (2-9)$$

然後，得到經第一速度改正後的斜距（儀器至反射鏡中心） D_1 如下：

$$D_1 = D_r + K' = \left(\frac{n_r}{n} \right) D_r \quad (2-10)$$

接著再加上波徑曲率改正量 K'' （Rueger 稱為第二速度改正）及弧弦長改正量 K_1 ，就可得到儀器至反射鏡中心直線斜距 D_2 (Rueger, 1990)，其公式如下：

$$\begin{aligned} D_2 &= D_1 + K'' + K_1 \\ &= D_1 + \left[-\left(k - k^2\right) \frac{D_r^3}{12R^2} \right] + \left(-k^2 \frac{D_1^3}{24R^2} \right) \end{aligned} \quad (2-11)$$

式中：

k 為光在大氣中傳播之折射係數，一般取平均值 0.13

R 為地球平均半徑 6370km

實際 EDM 作業，一般為得到群折射率 n 皆是記錄測線兩端（即儀器站及反射鏡站）的大氣溫度、壓力及相對濕度後取平均值分別為 t_m 、 p_m 及 rh_m ，再代入群折射率公式計算而得到。倘若 EDM 光波路徑大抵與地表平行，那麼用 t_m 、 p_m 及 rh_m 代表沿測線實際的平均溫度 t_a 、壓力 p_a 及相對濕度 rh_a 尚屬合理，若為更準確，沿測線高度多取氣象資料，再加權平均，所得結果就更接近實際值。在工研院量測中心（李瓊武, 1993)用 ME5000 做 432m 之標準基線量測中，就是採用這種方式，其準確度經分析可達到 ± 0.2 ppm。

但應用在較長 EDM 測距上，為求點與點之間的通視，大部分的測線都高出地面許多，而要在這種測線高度取得氣象資料恐非輕易之事，所以一

般只有量取測線兩端距地面高度 h (1.5~3.0m) 的氣象資料取平均值 t_m 、 p_m 及 rh_m 來代表整個測線平均值。由於接近地面溫度的垂直梯度 $r = -dt/dh$ 受到地面輻射的影響，而增熱或冷卻；所以，用測線兩端所測定的氣象平均值 t_m 、 p_m 及 rh_m 來代表整個測線的實際氣象平均值 t_a 、 p_a 及 rh_a 就會有誤差，稱為氣象代表性誤差。

Angus-Leppan(Angus-Leppan, 1980)提到大氣壓力及相對濕度大致上隨測線呈線性變化，其誤差影響較小；但沿測線溫度常受到氣候及環境所影響而變化不規則，是造成群折射率誤差 σ_n 的主因。一般來說，該誤差會導致第一速度改正量 K' 白天太長及晚上太短的現象(Fraser, 1981)；即使是在良好的氣候環境下，其第一速度改正量也受限在 1~2ppm(Rueger, 1990)。所以，在利用 ME5000 或其他精密測距儀實施高精度 EDM 作業時，必須要提高第一速度改正量 K' 的準確度；換言之，也就是要運用合適的區域性大氣溫度模式，以儘量減少群折射率誤差 σ_n 的影響。

2-3-2 ME5000 測距系統簡介

本系統包括精密測距儀 Mekometer ME5000、反射鏡及量測氣象元素的設備，主要在測定各基線場的基線距離，ME5000 精密測距儀如圖 2-4 所示。

1986 年瑞士 Kern 廠在英國國家物理實驗室 NPL 的協助下，成功地製造以 He-Ne 雷射作光源的精密測距儀 Mekometer ME5000，其調制頻率誤差控制在 0.01ppm，相位零點誤差、加常數誤差及週期誤差的合成影響量也在 0.2mm 內。由於光速誤差約等於 4×10^{-9} (0.004 ppm)，相對地可忽略不計，倘若在良好的氣候條件下測距，可估計光波大氣群速度折射率誤差 $= \pm 0.2 ppm$ ，因此 ME5000 的測距誤差 $= \pm (0.2 + 0.2 \cdot D) mm$ ，其中，D 等於以公里為單位的斜距。



圖 2-4 ME5000 精密測距儀

2-3-3 ME5000 測距準確度分析

ME5000 以相位比較法原理測距會產生誤差的種類，一般可分為 A、B 兩部分。其中 A 部分是與距離無關的固定誤差，包括有儀器加常數誤差 σ_a 及相位零點誤差 $\sigma_{\Delta\phi}$ ；而 B 部分是與距離成比例的比例誤差，包括有光速誤差 σ_c 、光波大氣群速度折射率誤差 σ_n 及調制頻率誤差 σ_f 。另外，在測距時，尚存在定心誤差 σ_g 及週期誤差 σ_p 。由於上述誤差彼此獨立不相關，並假設符合高斯正常分佈，則測距完整的合成標準不準確度（Combined Standard Uncertainty） u_c 可表示如下：

$$u_c^2 = \left[\left(\frac{\sigma_c}{c} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_n}{n} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_f}{f} \right)^2 \right] \cdot D^2 + \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \sigma_{\Delta\phi}^2 + \sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_g^2 \quad (2-12)$$

式中：

$c=299792458\text{m}$ ，即真空中光速

n 由記錄得到的氣象資料代入 Owens(Owens, 1967) 或 Edlen(Edlen, 1966)光波群速度折射率公式求得

f =調制頻率 460MHz~510MHz

λ =調制波長約 60cm

由於 ME5000 已成為評估基線距離的標準件，故需先分析其測距準確度。一般衡量方法是從實測數據中，分析其內部精度（Internal Precision）與外部精度（External Precision）兩種指標來表示，茲分述如下：

（1）內部精度

係指對一距離進行重複量測，以觀察各觀測量間的符合程度。所根據的已知基線為新竹科學園區基線場，輔以精密的氣象設備，沿光波路徑記

錄氣溫 ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$)、氣壓 ($\pm 0.2\text{mb}$) 及濕度 ($\pm 5\%$)，經 4 個時段、56 小時連續對一條 432m 的基線重複觀測，其結果顯示 ME5000 測距系統的內部精度可用 $\pm(0.1+0.1D)\text{mm}$ 表示，式中 D 表距離，以公里為單位，而前者 0.1mm 是固定誤差，後者 0.1ppm 為比例誤差(李瓊武, 1995)。

(2) 外部精度

係指在已知距離基線上比對，所得量距值與該基線已知距離（接近真值）的符合程度，它反應各項測距誤差的綜合影響。所根據的已知基線分別是世上公認最準的室外基線場芬蘭 Nummela 標準基線（準確度在 0.1ppm 內）與桃園中正理工學院光干涉基線（準確度也在 0.1ppm 內），選擇良好的氣候條件，以 ME5000 測距系統實施 EDM，其平差結果與世界公認室外量測基線最準確的 Vaisala 光干涉測量之結果相比較（如附件 D），顯示在以光速為絕對長度的系統下，外部精度非常接近 Vaisala 光干涉測量準確度的水準 $\pm 0.1\text{ppm}$ ，充分證實本 ME5000 測距系統能達到本身原設計的準確度規範 $\pm(0.2\text{mm}+0.2\text{ppm})$ (李瓊武, 1995)。

精密電子測距儀 Mekometer ME5000 輔以精密溫濕計及壓力計實施電子測距，其測距準確度依儀器規格為 $0.2\text{mm}+0.2\text{ppm}$ ，經攜至芬蘭 NUMMELA 標準基線場比對，因該標準基線場以 Vaisala 干涉比長儀評估，準確度達 0.1ppm，可稱為室外最準確的標準基線場。其比對結果如表 2-1；顯示整個測距單元在嚴謹觀測作業程序及平差計算分析，估計最大誤差為 $\pm 0.2\text{mm}$ (李瓊武, 1999)。

表 2-1 ME5000 測距單元在 Nummela 標準基線場比對結果

| | | | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 基樁-基樁 (以地下 0 基樁為化算參考基面) | 工業技術研究院量測技術發展中心 ME5000 (1) | 芬蘭 NUMMELA 基線場標準距離 (2) | 比對器差 (1)- (2) mm |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------|

| | m | m | |
|---------|----------|----------|------|
| 0 - 24 | 24.0332 | 24.0334 | -0.2 |
| 0 - 72 | 72.0150 | 72.0149 | 0.1 |
| 0 - 216 | 216.0532 | 216.0532 | 0.0 |
| 0 - 432 | 432.0948 | 432.0950 | -0.2 |
| 0 - 864 | 864.1225 | 864.1223 | 0.2 |

表 1-1 計畫工作項目與執行進度說明表

| 月次 工作項目 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 |
| 規劃相位中心率定網 | ■ | | | | | | | | | | | |
| 規劃短距離基線檢定場 | ■ | | | | | | | | | | | |
| 相位中心率定網之埋設 | | ■ | | | | | | | | | | |
| 短距離基線場之埋設 | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| 相位中心率定網施測 | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| 短距離基線檢定場施測 | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| ME5000 基線長測量 | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| 彙整相關改正模式 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 初步分析相位中心影響 | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 以 GPS 軟體計算相位中心改正量並分析對 GPS 高程精度之影響 | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 期中報告 | | | | | | | ■ | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 對 | ME5000-GPS 基線長比 | | | | | | | | | | | | |
| | 簡易測試程式之撰寫 | | | | | | | | | | | | |
| | GPS 基線長之精度分析 | | | | | | | | | | | | |
| | 作業程序之撰寫 | | | | | | | | | | | | |
| | 期末報告 | | | | | | | | | | | | |
| | 30 人次教育訓練 | | | | | | | | | | | | |
| | 整理成果並撰寫報告 | | | | | | | | | | | | |
| | 預定進度累計百分比 | | 6 | 5 | 3 | 1 | 0 | 8 | 6 | 5 | 3 | 1 | 00 |

—— 預訂完成進度

—— 已完成進度

第三章 研究方法及過程

3-1 短距離基線場及相位中心率定場點位說明

3-1-1 短距離基線場點位簡要說明

(1) 主站之選擇及內業規劃

本次 GPS 基線點的點位選定作業，乃先於室內利用二萬五千分之一中華民國台灣地形圖作一先前評估；根據地形圖的研判首先規劃以王田山、觀音山、頭寮山（台中縣市）以及崩崁（彰化八卦山）等地做為主站的選擇，然後再以地圖顯示之資訊及中短距離基線長度比對所需，以 1 公里內、1-3 公里、3-5 公里、5-10 公里及 10 公里以上各選一點為原則，分別圈選可利用之三角點位附近做為其餘之 GPS 基線點。

(2) 現地踏勘

當事前規劃後便實行現地堪察，首先，先選擇主站之位置，在經過用地取得以及通視情況...等等之考量後，決定以王田山之內政部一等衛星點附近做為主站，另外於距離此點約七百公尺處之一軍事大碉堡附近另選一通視良好之點位，除了可作為基線點位外，尚可當作副主站；之後，再依據此兩點的狀況分別找尋其餘適合距離之基線點位(其 GPS 基點分佈圖，示如圖 3-1)。其中筏子溪新生堤防、大里溪東園堤防 2 點，因位於混凝土河堤上，其埋設示意施工圖，示如圖 3-2；而位於台中市垃圾焚化場頂樓之點位，因應實際情況，施工圖如圖 3-3 所示；其餘王田山、台安段 191 地號土地內、貓羅溪利民橋附近堤防三點其埋設示意施工圖，示如圖 3-4。這些點除通視良好且儘量避免佔用私地以外，並且均位於台中縣市地區，其地質屬於紅土礫石層，地質穩定性相當良好，另外點位之基樁建造方式均比照工業技術研究院所屬之國家基線場之標準。

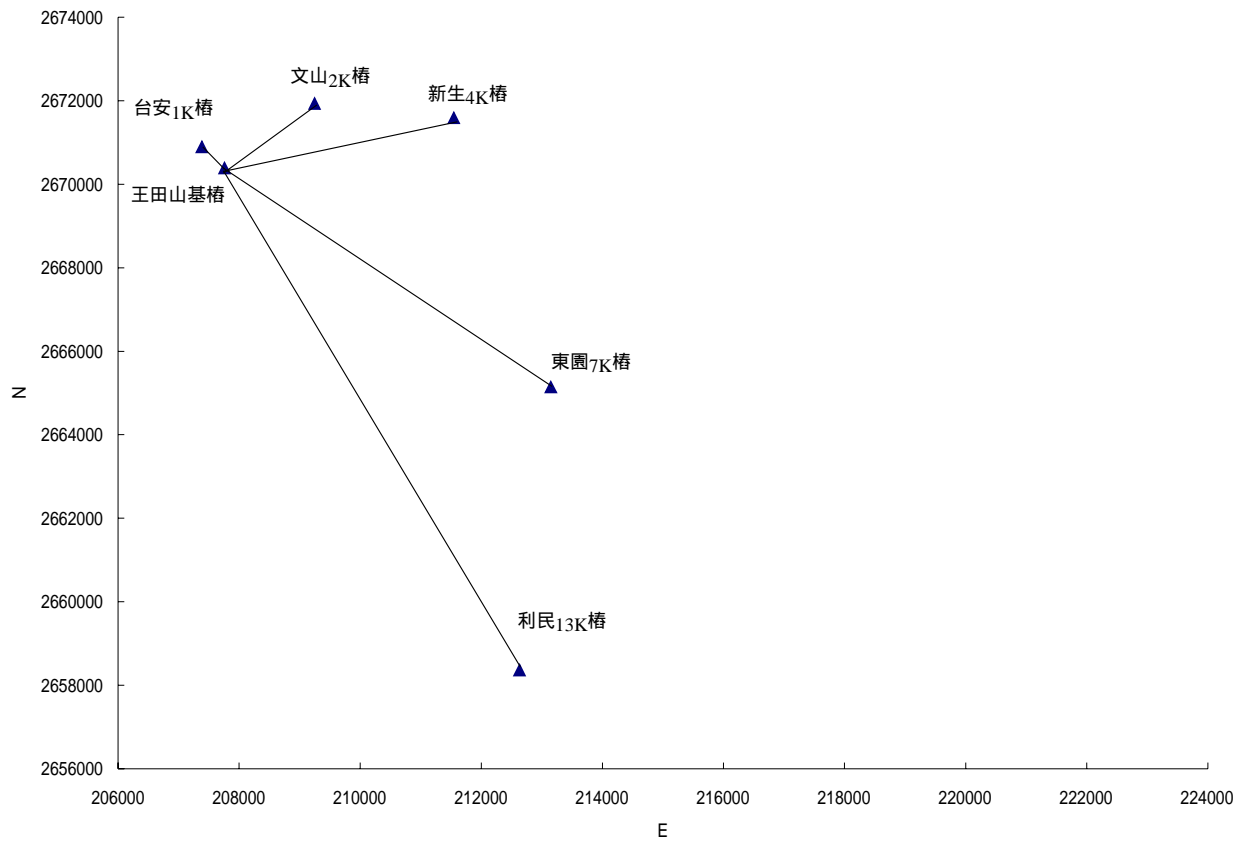
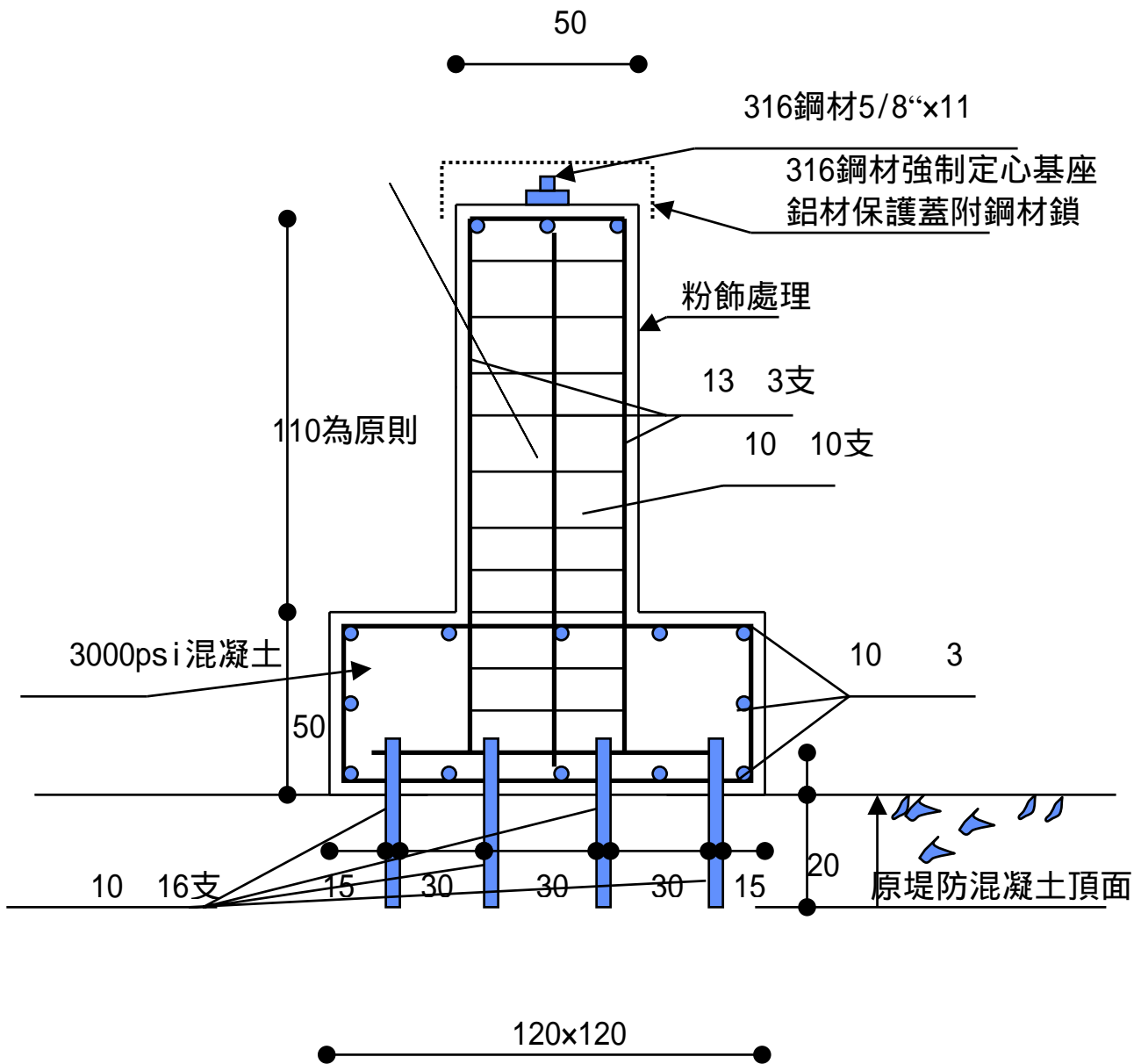


圖 3-1 GPS 基點分佈圖



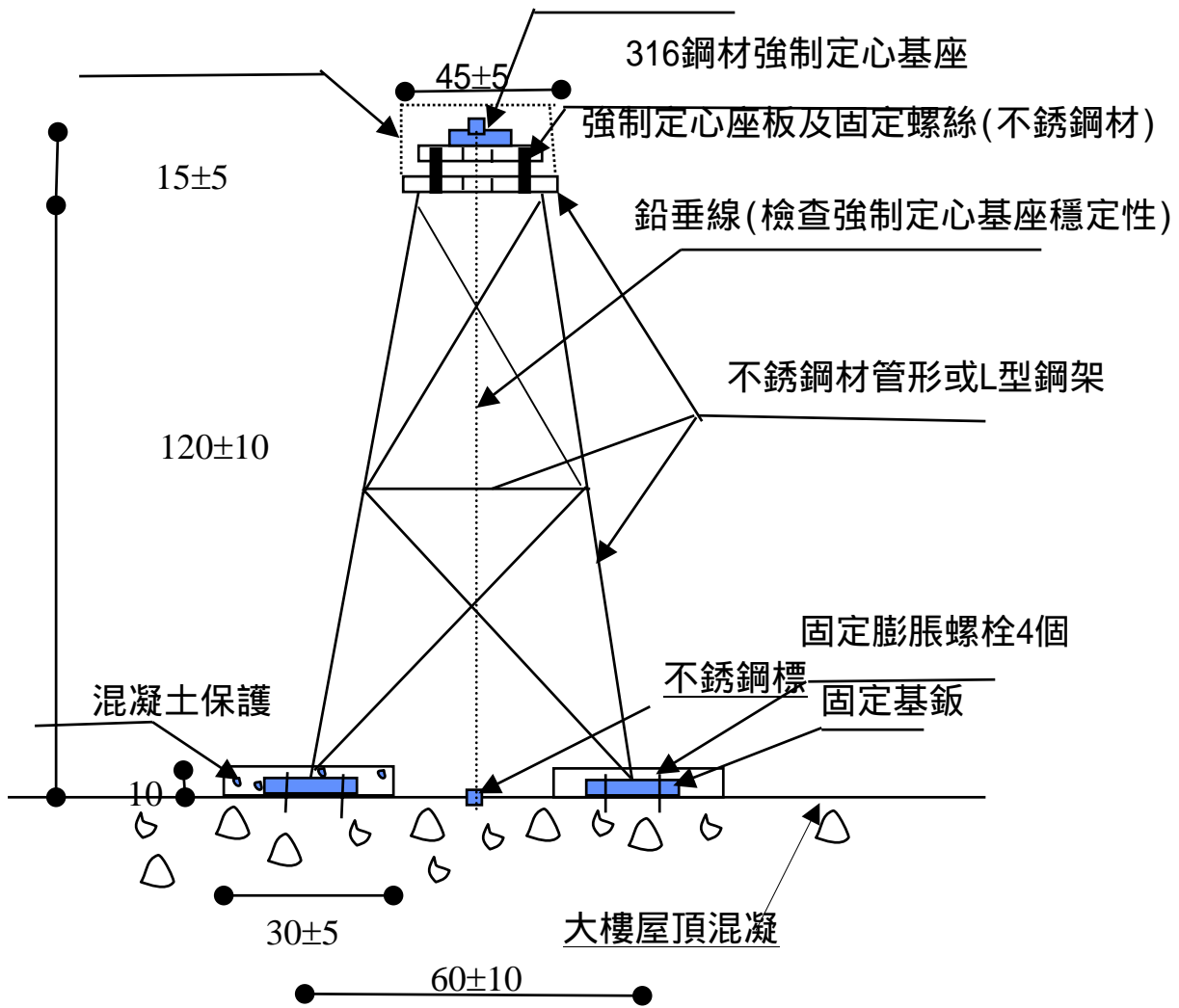
單位：公分
容許誤差：±10公分

圖 3-2 GPS 基點埋設示意施工圖

(筏子溪新生堤防、大里溪東園堤防；計二點)

316鋼材5/8"x11

鋁材保護蓋附鋼材鎖

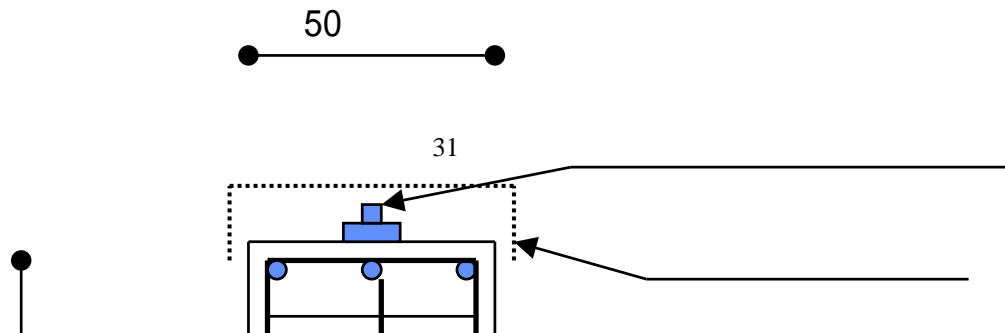


單位：公分

GPS基點不銹鋼架埋設立面示意施工

圖 3-3 GPS 基點埋設示意施工圖

(台中市垃圾焚化場頂樓，計一點)



316鋼材5/8"x11

316鋼材強制定心基座

鋁材保護蓋附鋼材鎖

粉飾處理

160 為原則

地面

40

3000psi 混凝土

10 x3 支

50

卵石

10

120×120

單位：公分

容許誤差：±10公

圖 3-4 GPS 基點埋設示意施工圖

(王田山、台安段 191 地號土地內、貓羅溪利民橋附近堤防；計三點)

(3) 點位地質狀況說明

此 GPS 中短距離基線場主站及各點位分佈所在位置之地質屬於上新-更新世地層的頭嵛山層以及更新世的台地堆積；前者為沉積礫岩、頁岩及砂岩層組成，後者屬第四紀地層大多由未經膠結的礫石夾在其中平緩的砂質或粉砂質凸鏡體所組成，礫石的種類通常以石英砂岩和岩屑質砂岩較多。整體而言，這些基線點點位的地質狀況穩固良好(台灣地質略圖如附件 A)。

3-1-2 相位中心率定場選點說明

相位中心率定場點位之間距以 3-5 公尺為原則，擬設置於國立中興大學土木環工大樓頂樓，選擇 GPS 天線架設方便、資料接收情況良好之點位。其選定之分佈圖，示如圖 3-5；而點位埋設示意施工圖，則如圖 3-6 所示。

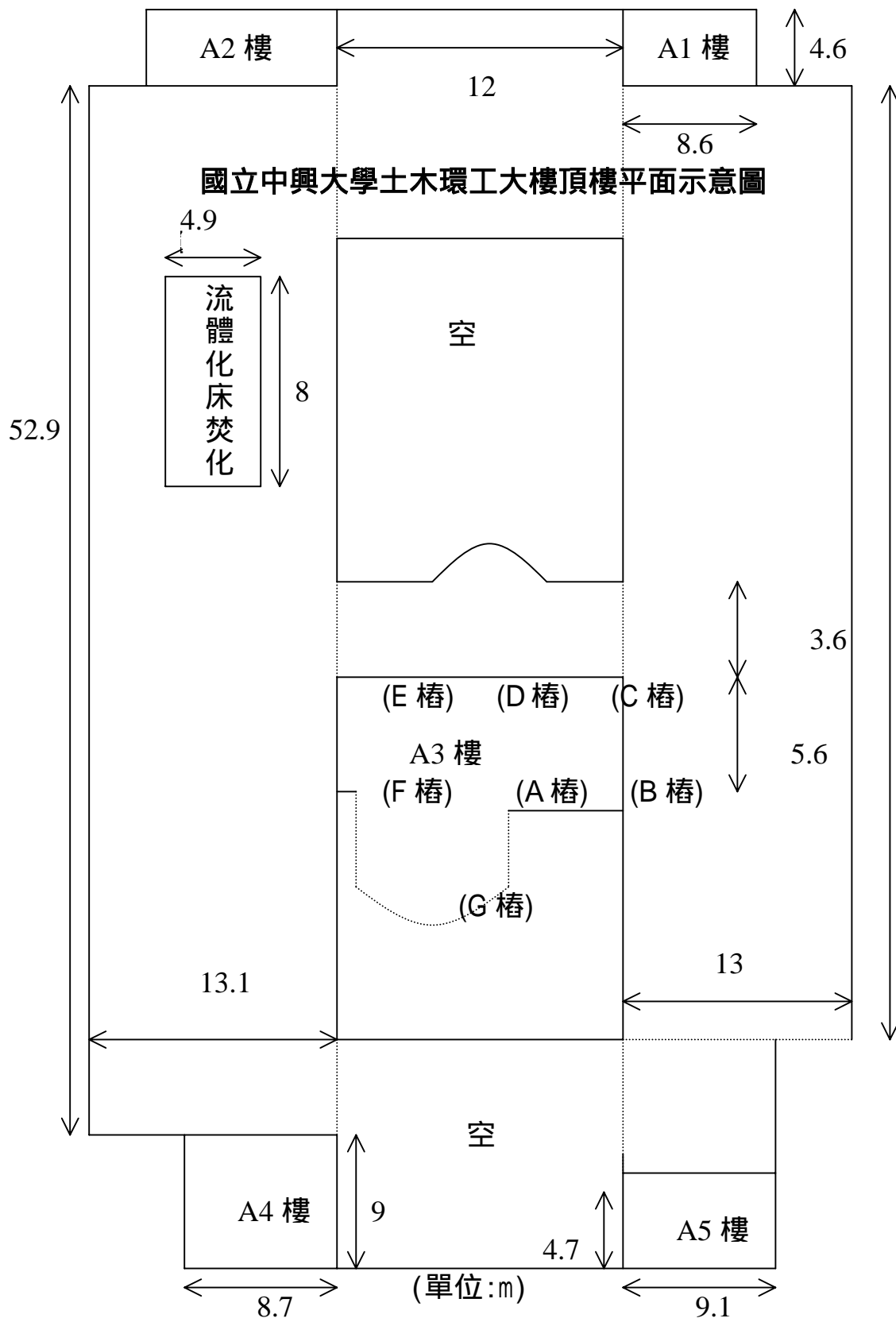


圖 3-5 相位中心率定場基點分佈圖

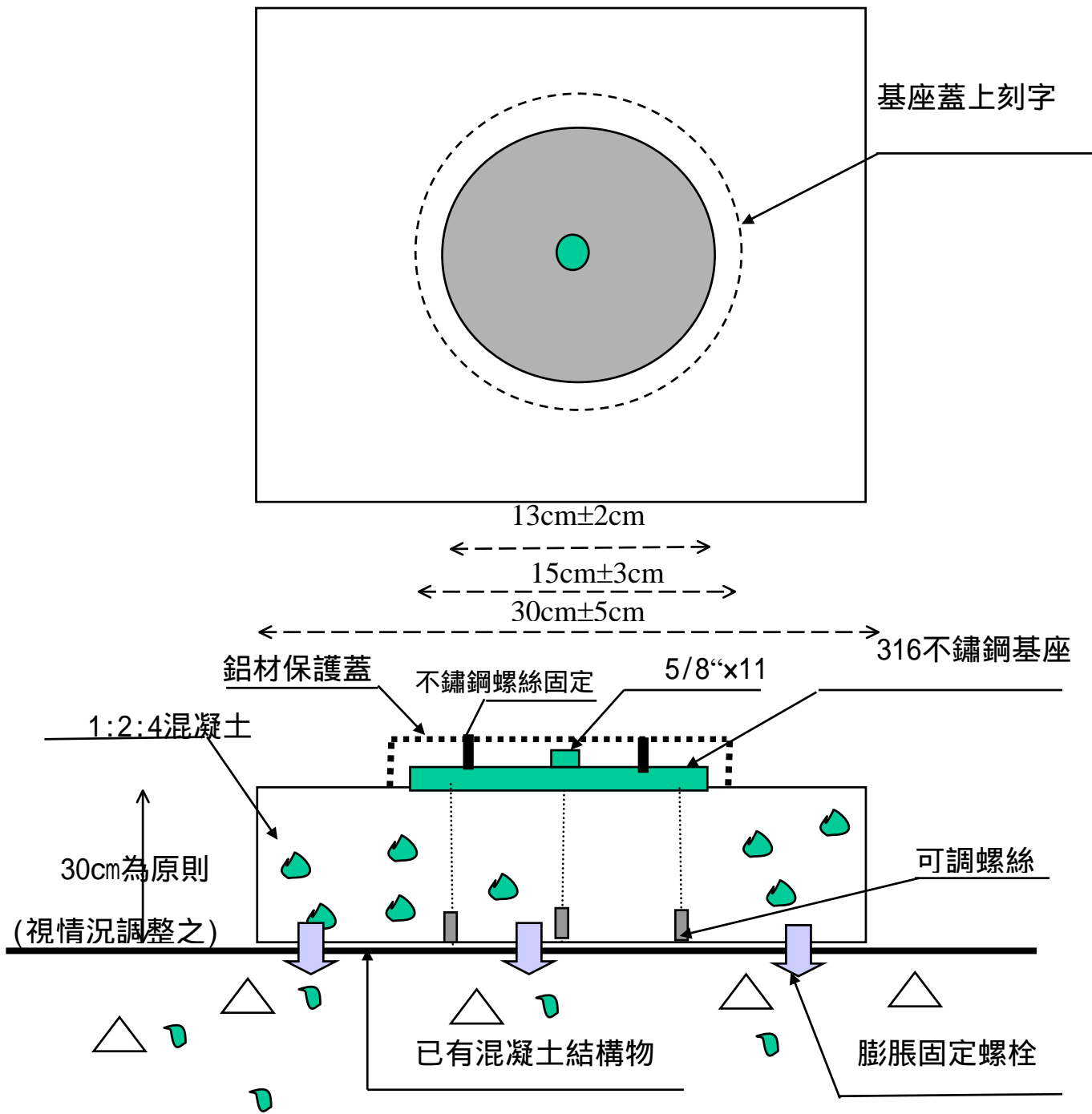


圖3-6 相位中心率定場點位埋設示意施

3-2 外業觀測

3-2-1 相位中心率定場施測說明

- (1) 首先，在中興大學土木系樓頂，建立 GPS 天線相位中心率定測網，測網應考慮可同時放置多種型式天線(5~6 種或以上)，且測網要有利於 GPS 觀測，及可避開干擾或多路徑效應。測點基座採強制定心方式，即每一次整置天線皆可定心至同一位置。測點之點位編號為固定，如圖 3-5；而在混凝土樁上之接收天線基座由土地測量局提供專用之 Novatel 基座七個。
- (2) 將要測定精確座標之七部 Trimble 標準件分別編為 1~7 號，第一次進行觀測時依序架設於點 A、B、C、D、E、F、G；第二次則依序架設於點 B、C、D、E、F、G、A；按照這樣的順序換站一直到第七次 G、A、B、C、D、E、F；每次觀測時間皆為四小時。
- (3) 在率定時，編號 1 之 Trimble 均固定放置在 A 點；而同廠牌之 GPS 接收儀則按照數量可任意放置在其餘點位上；觀測時間同樣為四小時。
- (4) 相位中心率定外業之天線高量測應以強制定心基座之盤面量至 GPS 天線參考點 (Antenna Reference Point ，簡稱 ARP)；一般可於儀器操作手冊或 IGS 查詢而得，IGS 公布之各類 GPS 天線參考點位置詳見附錄 B。
- (5) 進行 GPS 資料分析，探討相位中心不作修正時，檢視其影響 GPS 成果 (相較於已知測點座標) 之大小及其各座標之分量。
- (6) 處理 GPS 資料未知數時，同時求解相位中心改正模式之相關係數： r_0 及 $f(\alpha, z)$ ；其中， r_0 是相位中心偏移量，相位中心變化量 $f(\alpha, z)$ 為一與方位角和天頂距相關之函式，此函式將以球諧函數來描述天線相位中心相對於平均相位中心的變化情形。
- (7) 分析同型天線間之差異，並推求不同天線間之相對改正量，提供給使

用者對觀測量進行相位中心變化之修正，以進一步改善 GPS 高程之偏差。

(8) 相位中心外業施測情形如圖 3-7~圖 3-9。



圖 3-7 相位中心率定外業施測情形一



圖 3-8 相位中心率定外業施測情形二



圖 3-9 相位中心率定外業施測情形三

3-2-2 短距離基線場施測說明

- (1)短距離基線場是由五座混凝土樁及一座鋼架樁所組成，各點位基樁之樁名如表 3-1。全部採強制定心方式以及各基樁均使用同型土地測量局提供之 Novatel 基座架設 GPS 天線，以減少誤差來源。
- (2)王田山基樁架設交通大學土木系所屬之 Trimble 4000SSE 機型，其餘各樁則架設內政部土地測量局待校之 GPS 接收儀；亦就是各測站相對於王田山基樁皆會測得一基線，而此基線乃是由內政部土地測量局之各個 GPS 接收儀和交通大學土木系所屬之 Trimble 4000SSE 機型均會測得一基線。
- (3)Mekometer ME5000 精密電子測距儀施測，乃是由工業技術研究院量測技術發展中心李瓊武博士主導，前後一共進行四次精密電子測距施測；每次均需記錄溫度、濕度以及大氣壓力之數值以為改正之用。
- (4)短距離基線場外業施測情形如圖 3-10~圖 3-13。

表3-1 短距離基線檢定場基樁名稱一覽表

| 樁名 | 位置說明 |
|--------|-------------|
| 王田山基樁 | 王田山 |
| 台安1K樁 | 台安段191地號土地內 |
| 文山2K樁 | 台中市垃圾焚化場頂樓 |
| 新生4K樁 | 筏子溪新生堤防 |
| 東園7K樁 | 大里溪東園堤防 |
| 利民13K樁 | 貓羅溪利民橋附近堤防 |



圖 3-10 短距離基線外業施測情形一



圖 3-12 短距離基線外業施測情形三



圖 3-11 短距離基線外業施測情形二



圖 3-13 短距離基線外業施測情形四

3-3 內業計算

(1) Bernese 4.0 版軟體介紹及計算流程

本研究中所採用之 GPS 衛星觀測資料處理軟體為 Bernese4.0 版，Bernese 計算軟體是由瑞士伯恩大學天文所（Institute of Astronomy, University of Berne）所研發的。由於是為研究目的而研發的，除具有一般性 GPS 資料處理功能外。更具有推求軌道參數、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）。此軟體是以 FORTRAN 語言撰寫而成，附有原始程式，可依所需修改，亦可加入新的模式。

GPS 衛星測量資料計算處理流程，如圖 3-14 所示。其概略流程如下：

A. 相位中心率定場

1. 首先將同時段內政部北港衛興追蹤站、交通大學固定站及 A 點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（tabular orbit），再組成 Bernese 格式軌道，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。
5. 配合精密星曆（如 SIQ IGS）之軌道資料以進行單點定位坐標（single point positioning）。
6. 再組成一次差相位觀測量（single difference），即將所有測站依最短基線

與最多觀測量之原則，組成線性獨立的一次差觀測量。

7. 進一步利用三次差成果以雙站式之 L1 及 L2 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基線及點 A 精確坐標解算，同時亦可估算電離層、對流層等各種參數。
9. 將每次解算 A 點之成果合成並輸出最後 A 點之坐標。
10. 重覆上述九個步驟並固定 A 點坐標，進行標準件觀測樁位之精確坐標解算。唯在計算當中 A 樁天線 (Trimble TRM 29659.00) 是以 IGS 所公佈之相位中心偏移量為參考值，其他各天線之偏移量則設定為零。
11. 將待校件之觀測資料重覆上述前八項步驟，求得坐標；之後，固定標準件所測得之測站坐標值，分別解算每一待校件天線之相位中心平均偏移量。如此求得之待校件偏移量則代入上一步驟中設定為零之值。
12. 代入每一待校件天線之相位中心平均偏移量後，計算每一待校件天線之相位中心變化量。天線之相位中心平均偏移量及相位中心變化量示意圖如圖 3-15。

B. 短距離基線場

參照相位中心率定場之前八項步驟。

(2) Bernese 計算處理採用模式

1. 基本觀測量：選定仰角 20 度以上部分，避免在低仰角度觀測所造成的影響。
2. 軌道部分：採用 IGS 精密星曆。因精密星曆的軌道精度約可達 20 公分，因此所有軌道參數視為已知，固定而不加以求解。
3. 對流層延遲修正：採用 Saastamoinen 修正模式，以海平面標準氣象資料，推求各測點的對流層修正起始值。
4. 固定站部分：以測點 A 為參考座標，引測至其他各點。
5. 極運動改正：採用 IERS(International Earth Rotation Service)Bulletin B 所公佈之值，將 UTC 與 UT1 之差值加以修正之，並將座標值由瞬間極之座標系修正至 J2000 座標系上，以為軌道計算及座標轉換等之應用。
6. 引力位模式：採用 GEM-T3 (Goddard Earth Model T3)，以為軌道計算及座標轉換之應用。

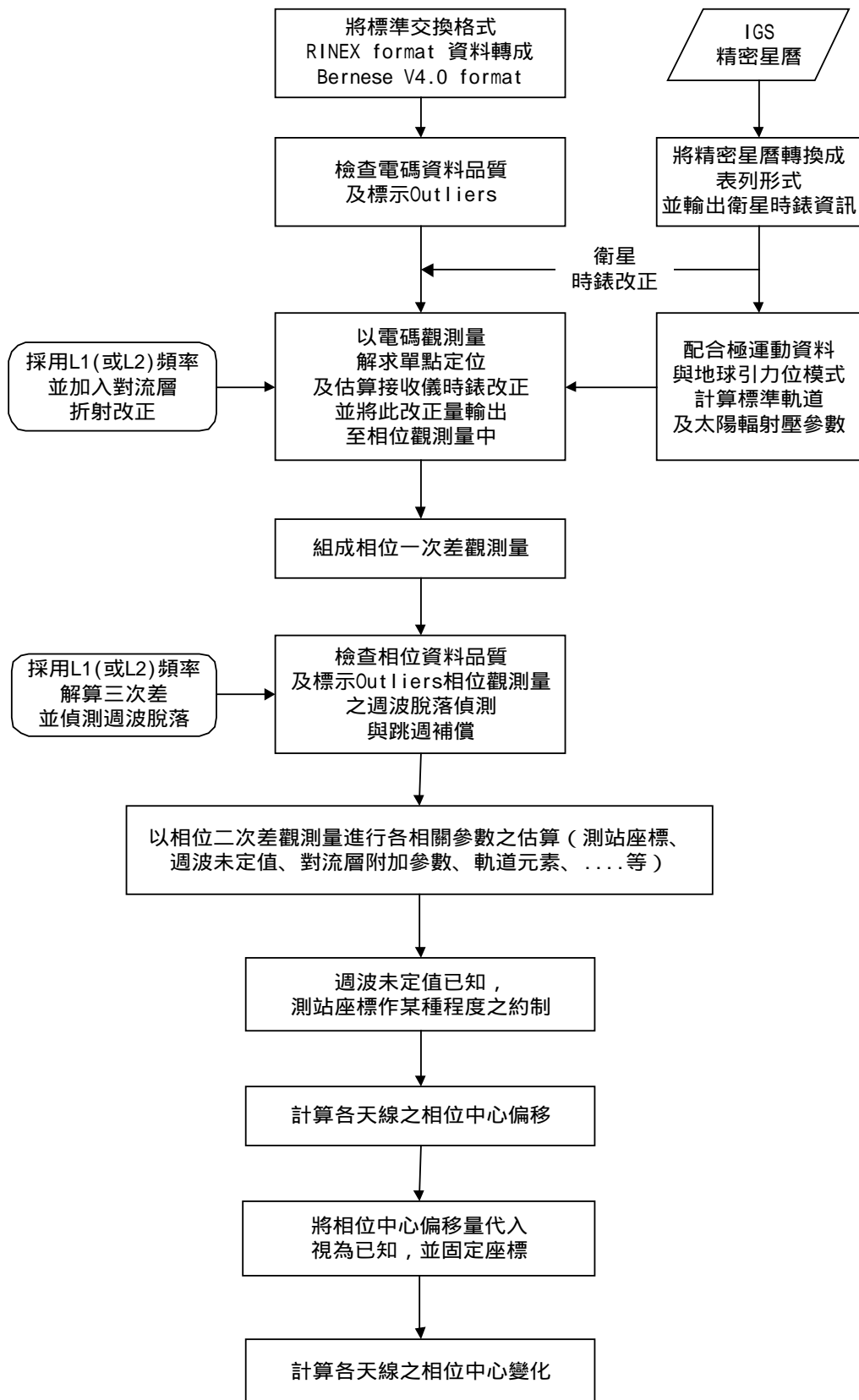


圖 3-14 Bernese 軟體進行 GPS 天線相位中心變化資料處理流程

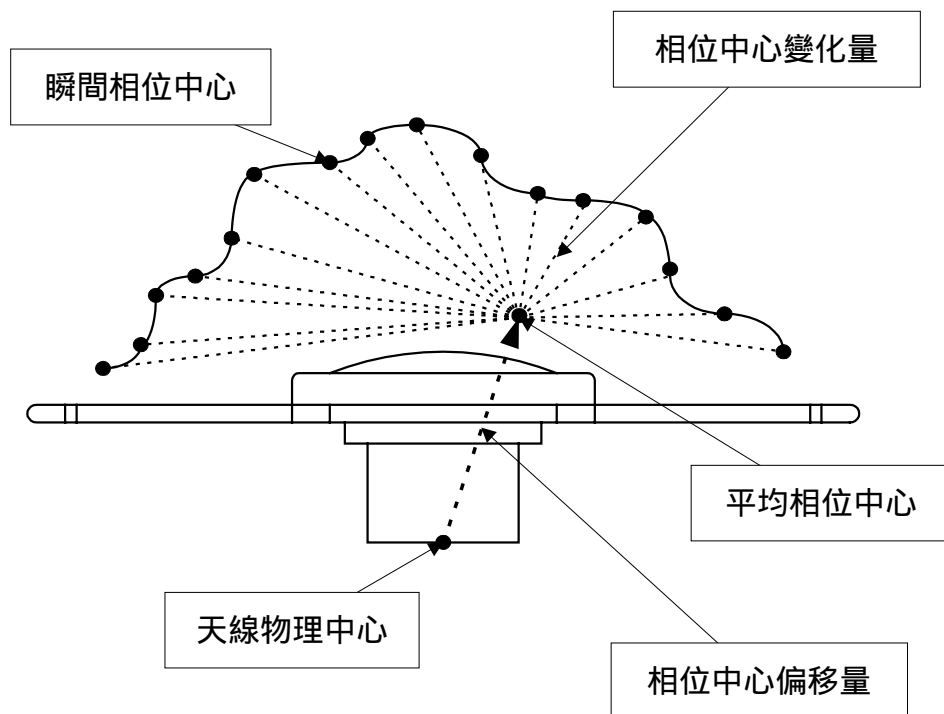


圖 3-15 天線之相位中心平均偏移量及相位中心變化量示意圖

第四章 執行成果

4-1 相位中心率定網點位埋設

- (1) 各點位基樁之樁名如圖 3-5。
- (2) 各點位埋設相片圖如附錄 C。

4-2 短距離基線檢定場基樁埋設

各點位基樁埋設相片圖如附錄 D。

4-3 相位中心施測成果

- (1) 相位中心施測之標準件所使用之儀器廠牌為 Trimble 4000 系列，其中五部由中央研究院地球科學所提供，土地測量局雖然本身擁有 Trimble 的接收儀，但是因為其相位載波 L2 僅為半波長，且無 P2 電碼的接收能力；因此乃使用中央研究院地球科學所及交通大學土木系還有土地重劃工程局共七部 L2 全波長 具電碼 P2 接收能力之 Trimble 接收儀為標準件。而 A 樁及 E 樁乃分別為交通大學土木系及土地重劃工程局所提供；而在率定時固定置於 A 樁之參考件為交通大學土木系之 Trimble 儀器。Trimble 標準件在計算過程中除了採用 IGS 所公佈相位中心偏移及變化量之數值引入計算之外；同時再利用測站交換法將相位中心之誤差減至最低，以利求得七個樁位之精確坐標，七樁位之 WGS-84 坐標如表 4-1，各點間之基線長如表 4-2。
- (2) 率定計算結果如附錄 E，其中列出坐標之較差以及 IGS 公佈和實測法所得之相位中心之偏移量；其中 Carl Zeiss 該廠牌並不在 IGS 公布之列，而 Topcon 該廠牌之儀器其 L2 載波無法求解。另外，由成果可以發現其數據相較於 IGS 公布之結果，可以很明顯的發現兩者差距甚

多，其原因乃與觀測時間過短有相當之關係。相位中心偏移及變化量之原始輸出檔，則請參考附錄 F、G、H、I、J。

- (3) 雖然本次相位中心施測之過程不儘完備，但是仍然可以觀察出同型天線並非每部特性皆相同，況且在使用一定之時間之後是否產生變化亦不可知；因此對於高精度 GPS 觀測求解，以及量測品質確保而言，相位中心率定是有其一定之重要性。

表 4-1、表 4-2

4-4 短距離基線場施測成果

- (1) 此次短距離基線比對施測中，除了以 ME5000 為計畫中標準件之外，另利用中央研究院地球科學所之儀器，進行了六個基樁八個小時的聯測，分別求出各基樁之樁位坐標及各樁位間共 15 條基線做為計畫安排之外的一個參考值，此舉亦可為將來基線場擴大規模，或樁位無法通視時做一參考。短距離基線場各樁位之 WGS-84 坐標如表 4-3，各點間基線長如表 4-4。
- (2) 基線比對之結果除了有四部儀器不符合內政部公布之衛星控制點規範之外，其餘皆在規範之內，其中有 13 部是在一等規範之等級。基線比對結果簡表如表 4-5。
- (3) ME5000 精密電子測距儀施測之數據如附錄 K，此短距離基線場實施初步檢校成果如附錄 L，其內容包括有每步檢校件廠牌、型號、序號、所得之坐標、所得之基線長以及基線長與 ME5000 精密電子測距所得結果之較差。另外，此六座基樁亦利用中央研究院地球科學所之 Trimble 4000 型 GPS 接收儀為另一參考標準件進行樁位坐標及基線之求解；附錄之各表中亦將其數據列出以為參考；其中，Topcon 之儀器因 L2 載波無法求解，故其所求結果呈現較不穩定之現象，其中儀器序號為 000676、000715、000696 者，其精線求解之成果無法符合「地籍測量實施規則」中之三、四等衛星控制點之規範。

第五章 檢校場維護與管理

- (1) 整個檢校制度之品質與標準件有密切之關係；因此，標準件之追溯認證是一重要課題。故標準件之品質維護實應經過國家級實驗室亦或者在相關方面具公信力之單位進行其品質追溯驗證。例如，此計畫之所以用 ME5000 精密電子測距儀做為短距離基線場標準件，是因為該儀器為經過認證之儀器。但短距離基線場之標準件亦可由接收穩定且較為精密之 GPS 接收儀來擔綱，並非絕對要以 ME5000 精密電子測距儀方可進行，如由接收穩定且較為精密之 GPS 接收儀來做為標準件，且該接收儀同樣經過追溯認證，則其意義是相同的。
- (2) 相位中心率定場之精確坐標乃由參考標準件所求得，其應當以維護情形良好、接收訊號穩定之同型雙頻 GPS 接收儀為標準件，各基樁點位除了要配以固定之 GPS 接收儀外，接收儀亦要有固定配對之同型天線輔以各點均為固定且同型之天線基座。再將參考標準件分別編為 1~7 號，每次七部，一共進行七次觀測，第一次進行觀測時依序架設於點 A、B、C、D、E、F、G；第二次則依序架設於點 B、C、D、E、F、G、A；按照這樣的順序換站一直到第七次 G、A、B、C、D、E、F；參考標準件 GPS 接收儀每次同步接收時間為 24 小時。另外，相位中心率定時之參考天線，為率定天線偏移量及變化量時之基準；因此，該參考天線應當做好保養及維護之動作。參考天線建議使用精密之環型天線以減少雜訊、多路徑效應... 等天線誤差。
- (3) 短距離基線如欲以維護情形良好、接收訊號穩定之同型雙頻 GPS 接收儀為標準件，則應當依照正常觀測步驟在六個樁位進行 8 個小時之同步聯測。

- (4) 短距離基線場之標準件觀測及相位中心率定場求取精確坐標之觀測皆建議一年實施一次，以維護機制運作之品質，亦可監視其是否移動改變，其中短距離基線場之標準件觀測每次觀測時間建議為 8 小時，而相位中心率定場求取精確坐標之觀測則建議每次觀測時間建議為 24 小時。另外建議，短距離基線場待校件觀測時間為 4 小時，而相位中心率定場待校件觀測時間為 24 小時。
- (5) 本研究計畫旨在 GPS 衛星測量接收儀檢校場之設置以及檢校制度之建立，並對內政部土地測量局所屬之 GPS 衛星測量接收儀進行初步之實驗以為參考；另外，對於計畫中之相位中心率定以及短距離基線檢校之操作作業程序請參照附錄 M 以及附錄 N；而關於簡易查驗程式之說明以及原始程式碼請參照附錄 O。
- (6) 本研究計畫執行期間，召開相關之審查會議記錄及審查委員建議請參照附錄 P。