

GPS 快速靜態定位於高程測量之
應用研究

**APPLICATION OF RAPID STATIC GPS
POSITIONING TO LEVELING**

林修國 · Uttam Bol Shrestha
Shiou-Gwo Lin and Uttam Bol Shrestha

原著載於第十三屆測量學術及應用研討會論文集，
1994年9月，53-61頁

*Reprinted from
Proceedings of 13th Conference on Current
Researches and Application in Surveying
September 1994,
pp. 53-61*

GPS快速靜態定位於高程測量之應用研究

Application of rapid static GPS positioning to leveling

林修國* UTTAM BOL SHRESTHA**

Shiou-Gwo Lin

摘要

全球定位系統的衛星發射目前已臻完備階段，幾乎24小時均有良好的衛星幾何分佈；而快速靜態定位方式的特色在於觀測時間短，但於觀測時段內須良好的衛星幾何分佈方能確保定位精度。目前良好的衛星幾何分佈已不是問題，因此更促使吾人對快速靜態定位進行研究。本文即針對快速靜態定位進行應用性研究；當應用於衛星高程測量與精密水準測量成果相比時，於5km×4km與10km×20km的實驗區內分別得1.3cm與1.7cm的均方根誤差。

Abstract

The deployment of GPS satellites is currently complete, so we have good satellite geometric configuration at any time of a day. The observation time of rapid static positioning is fairly short but this surveying mode requires good satellite configuration. The satellite configuration is no more a question now, so the research of rapid static positioning becomes more important. In this paper the applicability of rapid static positioning is investigated. When utilized to determine orthometric heights and compared with heights from precise leveling, root mean square errors of about 1.3 cm and 1.7 cm are obtained for two different experiments, respectively. Size of the two experiment areas are about 5km×4km and 10km×20km.

關鍵詞：快速靜態定位(rapid static positioning)、衛星高程測量(leveling by satellite surveying)

*國立中央大學大氣物理研究所博士班研究生

**亞新工程顧問股份有限公司現場工程師

前言

全球定位系統以靜態的定位方式，定位精度已可達1ppm以內。但往往需要數十分鐘甚至數小時的觀測時間，故此定位方式並不適用於點位密集的区域內。有鑑於此，本文便針對快速靜態定位進行應用性研究，以了解快速靜態定位於點位密集的区域內所能達到的精度範圍。

理論基礎

GPS快速靜態定位在觀測時具有良好的時效性，但於資料處理與求解時須面臨兩個主要的困難。首先為週波脫落(cycle slip)的處理，另一主要困難在於週波模稜(ambiguity)之求解。以下便針對上述二點進行介紹。

一、週波脫落

本文利用中央大學太空及遙測中心GPS實驗室自行開發之應用程式集MANGO (MANagement of GPS data for Orientation)進行計算，MANGO在快速靜態定位時有兩種選項，一為利用模稜搜尋的方法，一為利用模稜函數法AFM (Ambiguity Function Method) 求解。本文選用模稜搜尋的方法進行研究，MANGO中模稜搜尋的方法是利用二次差模式進行求解。在週波脫落方面利用kalman filter 對二次差模式之殘差進行週波脫落偵測，若利用kalman filter預估之殘差與實際之殘差相差超過0.5 cycle 則進行補償，若小於0.5 cycle則視為無週波脫落。

二、週波模稜之求解

利用快速靜態定位時，接收之時間只有短短的數分鐘至數十分鐘，因此在以最小二乘法求解時其設計矩陣(design matrix)中待測站之坐標與週波模稜間有相當高的相關性存在，會形成劣態矩陣。若欲求得高精度之定位成果須將週波模稜先行求定，而MANGO中是以週波模稜搜尋的方法求解週波模稜，其步驟為

- 1、利用L1載波之二次差相位觀測方程式求解初始的待測站坐標(x,y,z)

與週波模稜 N_1 及其對應的 σ_{N_1} 。

- 2、利用每組 N_1 及 σ_{N_1} 決定每一組 N_1 的範圍，並將之轉換至寬巷對應的範圍利用寬巷長波長之特性可減少搜尋的整數個數，再將之轉換成對應的 N_1 。
- 3、由上述所得之 N_1 一一代入二次差相位觀測方程式進行求解，以其求解後的後驗權單位中誤差與模稜函數值決定何者為真。

三、衛星高程測量

本文之目的在研究GPS於高程測量之可行性。研究方法是利用水準測量與GPS測量平行進行，再利用基準轉換將GPS所測得之幾何高轉成正高與水準測量進行比較。基準轉換部份是利用SKI/Leica software 進行計算，其基本原理是利用線性預估法進行內插計算。水準測量是以WILD NA3000數位水準儀實施一等水準測量，其精度規範為 $3-4\text{mm}\cdot\sqrt{k}$; $k < 2\text{km}$ 。

實驗與成果

本文以兩個實驗區來評估GPS快速靜態定位於高程測量之可行性。第一個實驗區位於高雄縣永安鄉約 $5\text{km}\times 4\text{km}$ 之區域(圖1)，於82年元月18~19號進行觀測，使用儀器為WILD GPS SYSTEM 200具雙頻相位接收能力，每一個待測點位均觀測十分鐘，若為基準轉換之控制點則觀測二十分鐘。另一個實驗區位於北宜公路路廊段，礁溪至羅東間約 $10\times 20\text{km}$ 之長方型測區(圖2)，此測區範圍較大，故採用蛙跳之方式施測(圖3)，因此共使用了五個參考站，觀測時間為82年12月17~19號，觀測使用的時間與上一實驗區相同。兩者之成果列於表一與表二中，由表一的結果可知，快速靜態定位應用於高程測量，於小區域內確可達公分等級的精度；而由表二可知當此法應用於 $10\times 20\text{km}$ 的範圍依然保有公分級的高精度。

結論與建議

由表一與表二之結果顯示，快速靜態定位應用於高程測量，於小區域內可達公分等級的精度。MANGO中求解快速靜態定位的方法未利用P電碼的資料，故此法於AS實施的今天依然可應用。進行快速靜態定位時，由於觀測時間短，而且僅施測一次，因此在此短時間內必須特別注意資料的接收品質，如GDOP的大小、電波干擾的情形。

誌謝

本文得以順利完成主要得助於國家科學委員會專題研究計畫NSC83-0410-E008-07的經費贊助。另外對行政院公共工程督導會報與交通部國道興建工程局所提供之資料一併表達感謝之意。

參考文獻

1. 吳究，「衛星定位電波相位量測與大氣效應之研究」，中國土木水利工程學刊，第四卷，第二期，第127 - 138頁(1992)。
2. 林修國，「用GPS雙頻P電碼及載波相位研究電離層與衛星定位」，碩士論文，國立中央大學太空科學研究所，中壢(1992)。
3. Hofmann-Wellenhof, B., H. Lichtenegger, and J. Collins, Global Positioning System Theory and Practice, Springer-Verlag, Wien(1992).
4. Leick A., GPS Satellite Surveying, John Wiley & Sons, New York(1990).
5. User Manual, SKI-Static Kinematic Software, Chap.13, Leica AG, Heerbrugg (1994).

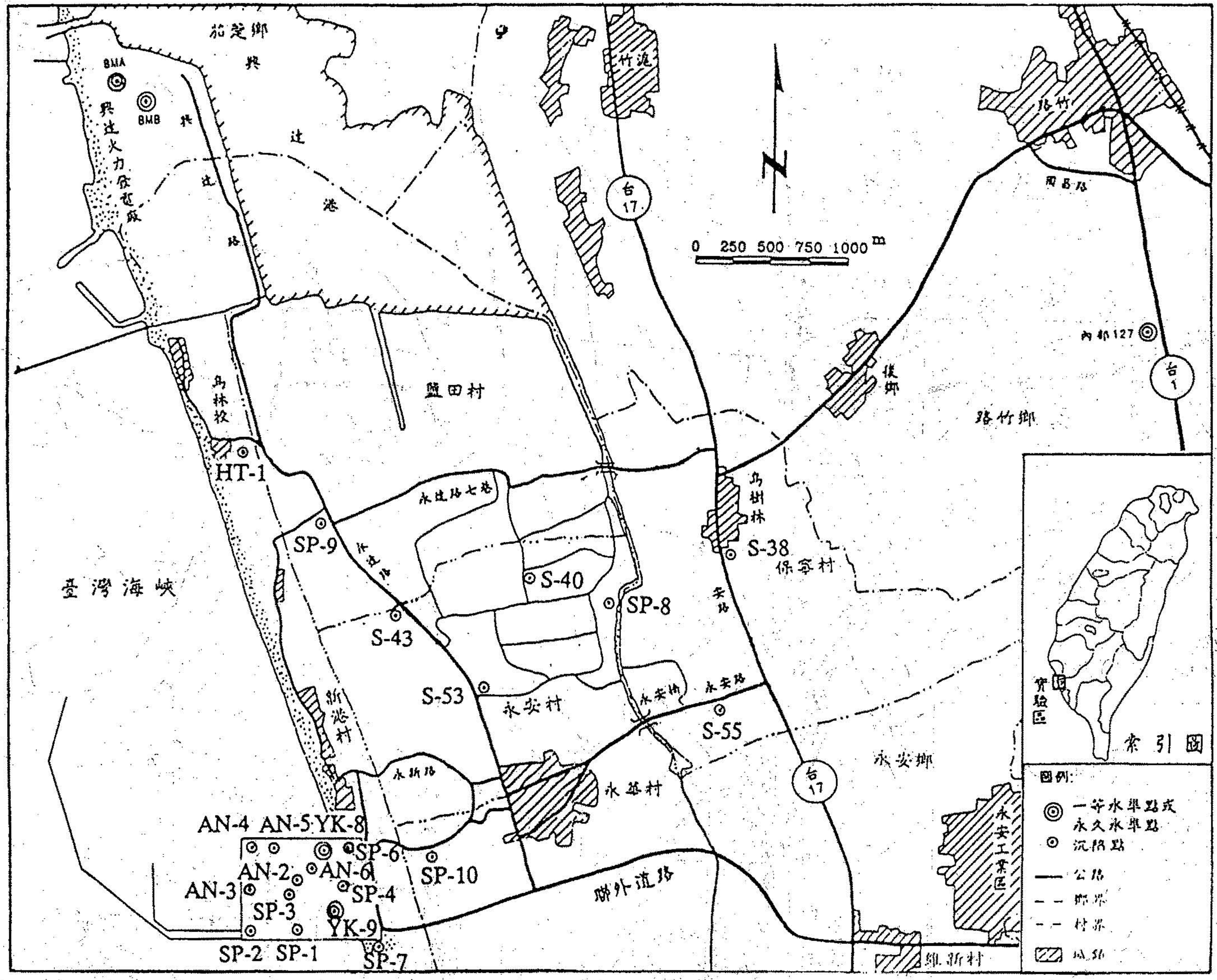


圖1 高雄縣永安鄉之測區示意圖

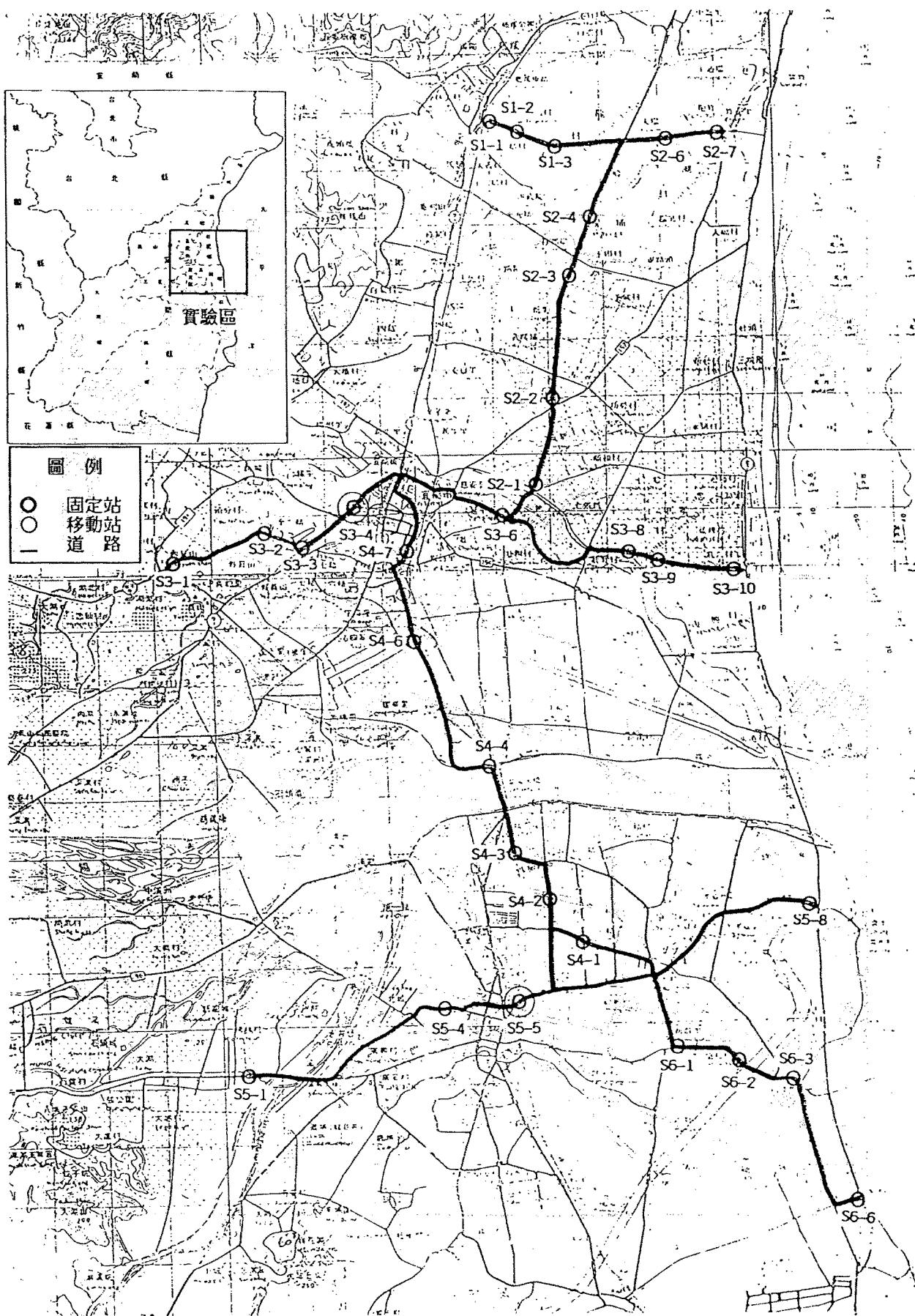


圖2 北宜公路路廊段之測區示意圖

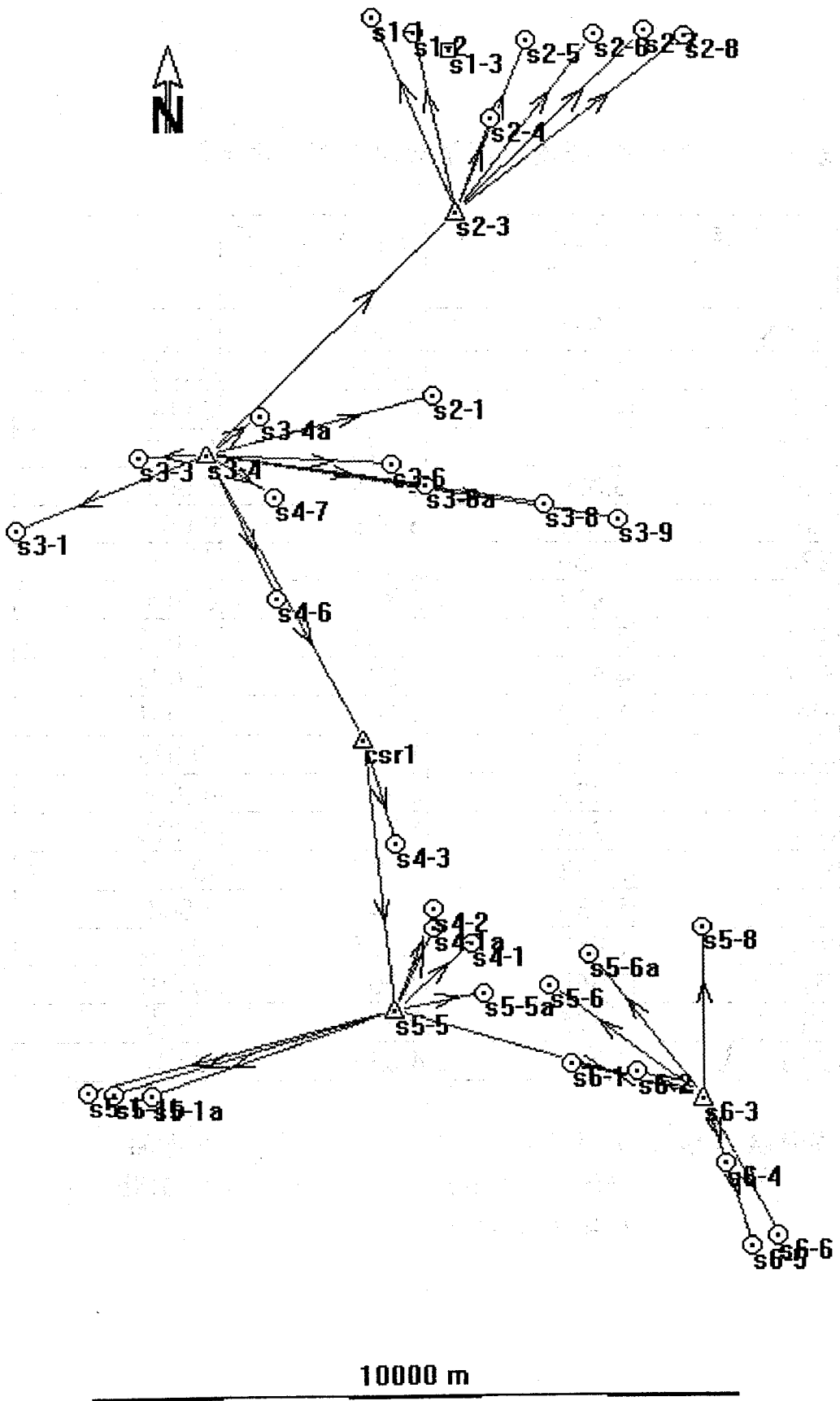


圖3 以蛙跳之觀測方式於北宜公路路廊段之示意圖

表一 82年元月GPS高程測量與水準測量之比較

| 點名 | GPS測得之正 高 H | 水準測量之正 高 \hat{H} | $\hat{H} - H$ |
|---------|------------------|-----------------------|---------------|
| (YK8) * | 3.921 | 3.928 | 0.007 |
| AN2 | 6.384 | 6.378 | -0.006 |
| AN3 | 4.043 | 4.047 | 0.004 |
| AN4 | 4.739 | 4.752 | 0.013 |
| AN5 | 6.009 | 6.014 | 0.005 |
| AN6 | 3.632 | 3.633 | 0.001 |
| SP2 | 4.250 | 4.258 | 0.008 |
| SP3 | 3.814 | 3.829 | 0.015 |
| SP4 | 3.743 | 3.723 | -0.020 |
| SP7 | 4.516 | 4.507 | -0.009 |
| SP9 | 1.260 | 1.249 | -0.011 |
| SP10 | 1.644 | 1.616 | -0.028 |
| S27 | 0.333 | 0.327 | -0.006 |
| S31 | 1.244 | 1.225 | -0.019 |
| S43 | 1.432 | 1.425 | -0.007 |
| S54 * | 5.139 | 5.143 | 0.004 |
| S57 | 1.857 | 1.826 | -0.021 |
| HT1 * | 2.068 | 2.067 | -0.001 |
| HT2 * | 9.475 | 9.481 | 0.006 |
| YK9 | 4.057 | 4.039 | -0.018 |

高程檢核點：數目 16
 平均值 -5mm
 標準差 13mm

()：參考站
 *：控制點

表二 82年12月GPS高程測量與水準測量之比較

| 點名 | GPS測得之正 高 H | 水準測量之正 高 \hat{H} | $\hat{H} - H$ |
|----------|------------------|-----------------------|---------------|
| (S1-1) * | 7.300 | 7.300 | 0.000 |
| S1-2 | 2.050 | 2.058 | 0.008 |
| S1-3 | 1.635 | 1.651 | 0.016 |
| (S2-3) * | 2.574 | 2.575 | 0.001 |
| S2-4 | 1.559 | 1.573 | 0.014 |
| S2-5 | 0.985 | 1.000 | 0.015 |
| S2-6 | 1.185 | 1.171 | -0.014 |
| S2-7 * | 2.454 | 2.454 | 0.000 |
| S3-1 * | 13.451 | 13.452 | 0.001 |
| S3-3 | 11.872 | 11.878 | 0.006 |
| (S3-4) * | 11.325 | 11.324 | -0.001 |
| S3-4A | 10.728 | 10.704 | -0.024 |
| S3-8 | 4.186 | 4.180 | -0.006 |
| S3-9 * | 2.765 | 2.765 | 0.000 |
| S4-1 | 5.223 | 5.222 | -0.001 |
| S4-2 | 5.576 | 5.581 | 0.005 |
| S4-7 | 6.110 | 6.125 | 0.015 |
| S5-1 * | 35.501 | 35.501 | 0.000 |
| S5-1A | 35.930 | 35.950 | 0.020 |
| S5-1B | 40.563 | 40.560 | -0.003 |
| (S5-5) * | 6.942 | 6.942 | 0.000 |
| S5-5A | 4.318 | 4.279 | 0.039 |
| S5-6 | 3.515 | 3.545 | 0.030 |
| S5-6A | 3.833 | 3.840 | 0.007 |
| S5-8 * | 3.077 | 3.077 | 0.000 |
| S6-1 | 2.607 | 2.612 | 0.005 |
| S6-2 | 1.860 | 1.844 | -0.016 |
| (S6-3) * | 2.574 | 2.574 | 0.000 |
| S6-6 * | 5.551 | 5.551 | 0.000 |

高程檢核點：數目 18
 平均值 2mm
 標準差 17mm

()：參考站
 *：控制點