

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

多重感應器系統用於變形分析(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-009-036-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：國立交通大學土木工程學系(所)

計畫主持人：黃金維

計畫參與人員：程自強、洪偉嘉、盧玉芳

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 95 年 5 月 30 日

## 1.1 研究目的

本計畫是以多重感測系統對地面變形作監測，多重感測系統包括全球定位系統(GPS)、水準測量，磁感應環分層式監測井，重力測量和干涉合成雷達測量(DInSAR)，試驗區為雲林縣地層快速下陷之地區。

本計畫執行時，將同時搭配財團法人工業技術研究院執行水利署與台灣高鐵公司委託的地層下陷監測計畫，未來透過上述五種不同的監測方法相互比對與整合，最後發展雲林地區的變形模式，並以作為危險評估之用。研究主要分為五大部分：(一) GPS 測量、(二) 水準測量、(三) 地層下陷監測井、(四) 重力測量、(五) 雷達干涉法監測三維變形。

## 1.2 研究方法

本計劃針對雲林地區以 GPS 測量、水準測量、地層下陷監測井、重力測量、雷達干涉法監測三維變形進行多重感測於三維變形上。

### (一) GPS 測量

本計畫於 94 年底在雲林地區同安國小、客厝國小設置強制定心定平 GPS 監測樁，如圖 1，並進行 GPS 測量。另外水利署於 95 年度雲林地區設置 3 個新的 GPS 追蹤站，總計雲林地區目前有包含 8 個衛星追蹤站（水利署 4 個、中央氣象局 4 個），及 26 個強制定心定平 GPS 監測樁，分佈圖如圖 2，未來本計畫將收集上述等相關 GPS 數據，利用 Bernese 軟體進行 GPS 解算，與分析雲林地區的下陷速率。



圖 1 強制定心定平 GPS 監測樁

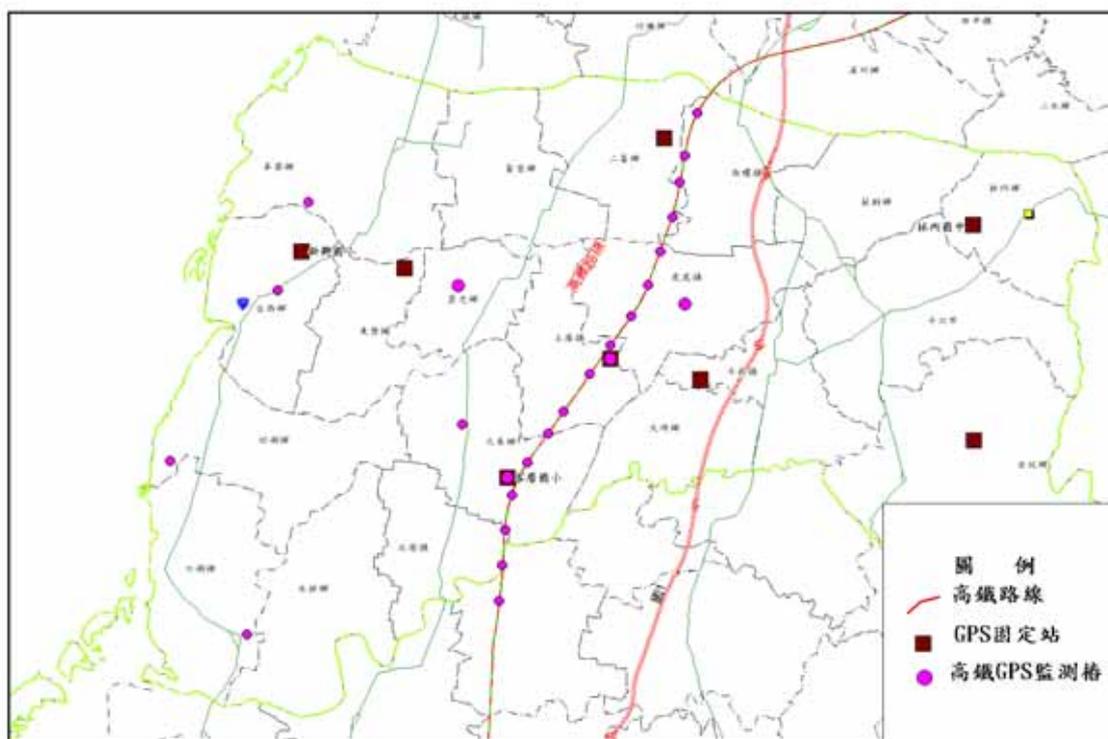


圖 2 雲林地區 GPS 追蹤站與監測樁分佈圖

## (二) 水準測量

目前水利署於雲林地區設置水準測量網 390 公里，每年 4 月測量一次，台灣高鐵公司於雲林地區設置水準網 180 公里，每年 10 月測量一次，由於台灣高鐵公司的水準網依附在水利署的水準網上，同時這兩個水準網皆通過雲林地區最嚴重的下陷區（網形如圖三），因此本計畫將收集這兩組資料，利用水準測量數據，分析雲林地區整體的下陷速率、下陷範圍與累積下陷量，同時比較雲林地區高速鐵路路段在乾季與雨季之間下陷的差異量。

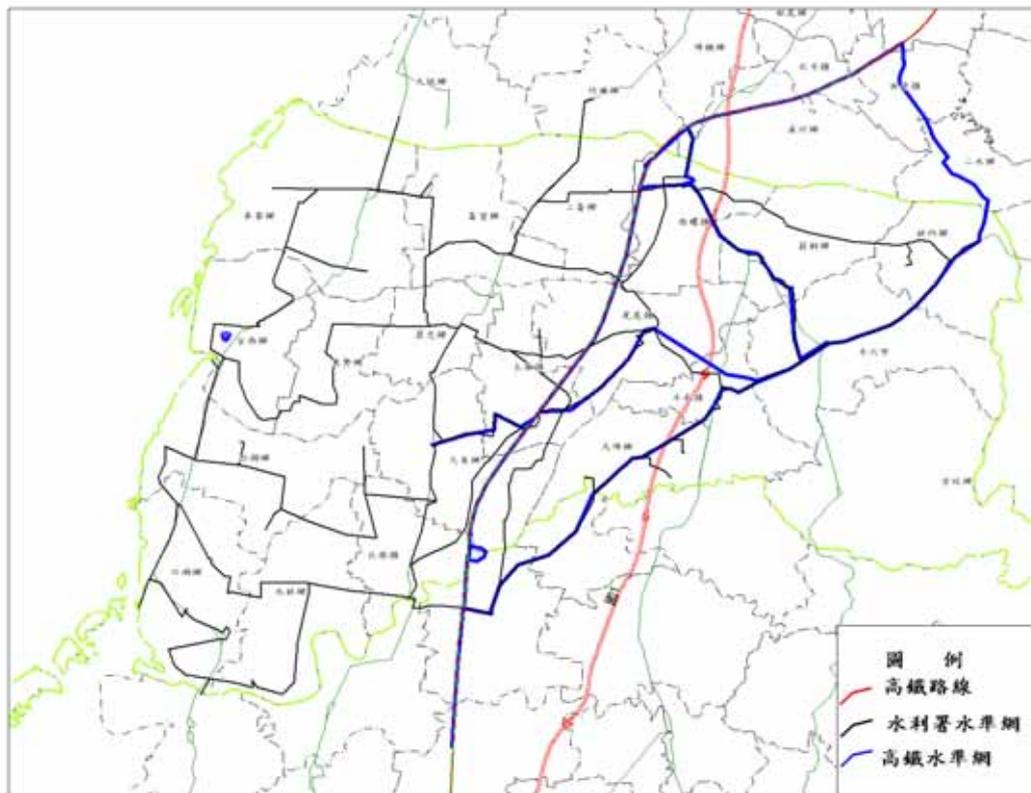


圖 3 水準測量網形分佈圖

### (三) 地層下陷監測井

地層下陷監測主要可分為地表下陷監測及地下地層變形監測，其中地表下陷監測主要包括水準測量及 GPS 定位測量，其功能為實際偵測地表之陷落量，此為瞭解地表沉陷最直接之方法；另外地下地層變形監測則是透過地層下陷監測井之設置，實際監測地下土層之變形行為。

目前台灣地層下陷監測井的主要形式為磁環分層式監測井，其構造係將磁性感應環預先錨定於地下不同深度之地層，再利用無線電波感應偵測設備，量測每一感應環距地表之深度，並分析各層次之壓縮量，以瞭解各層次之沉陷情形。目前雲林地區共有 12 口的磁環分層式監測井，利用監測井則可以清楚瞭解地層的壓縮機制與累積壓縮量，同時可與 GPS 成果、水準測量成果進行相互比對。

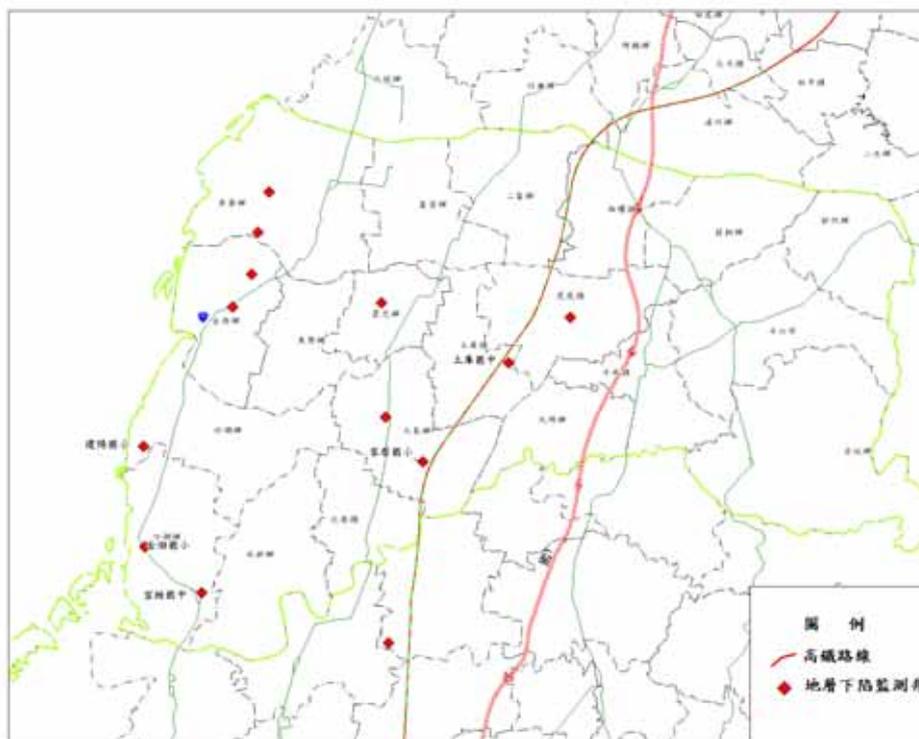


圖 4 雲林地區地層下陷監測井分佈圖

#### (四) 重力測量

本研究利用絕對重力測量來觀測台灣西部沿海地層下陷情況，選定雲林縣境內地層下陷較明顯地區之同安國小、客厝國小、土庫國中與林內國小等四所學校進行 24 至 48 小時之重力觀測，見圖 5~9，觀測時間分為 2005 年 12 月、2006 年 6 月、2006 年 12 月與 2007 年 6 月四次時段進行，本研究將重力變化與高程變異以  $0.19 \text{ cm}/\mu\text{Gal}$  之關係來定義垂直變動量，目前已完成第一次重力觀測，由同安國小在本計劃之前觀測所得重力變化量，可以明顯看出該地區之地層變動情形，見表 1。

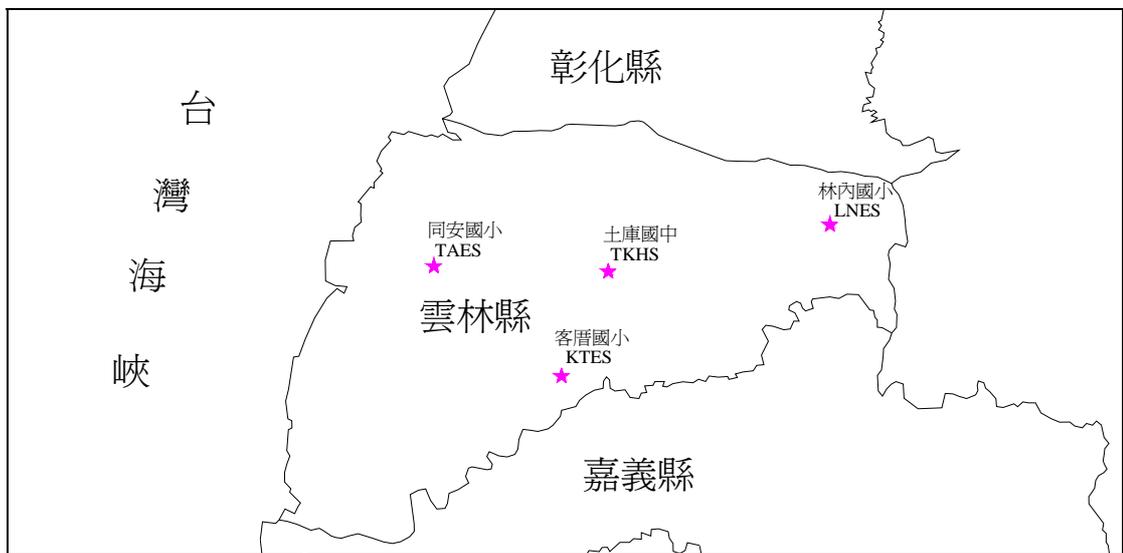


圖 5：FG5 絕對重力儀觀測台灣西部沿海地層下



圖 6：同安國小 FG5 絕對重力觀測



圖 7：客厝國小 FG5 絕對重力觀測



圖 8：土庫國中 FG5 絕對重力觀測



圖 9：林內國小 FG5 絕對重力觀測

表 1：同安國小 FG5 絕對重力觀測成果

TIME	Absolute Gravity	Measurement Precision	Set scatter
2004/10	978867747.77	2.70	13.49
2005/4	978867711.66	2.57	27.09
2005/12	978867771.98	2.59	17.21

重力觀測結果必須對環境所引起的地球固體潮、海潮與氣壓做改正，由於觀測區域鄰近台灣海峽，海潮的振幅可達 3 公尺，而且風與波浪的效應也很大，因此平均重力值之標準誤差也相對較大(3 至 4  $\mu\text{Gal}$ )，觀測區內之同安國小附近農工業與交通活動所產生之噪聲也影響到絕對重力的觀測，於同安國小(TAES) FG5 絕對重力觀測所得之重力變化為  $24.21 \pm 3.74 \mu\text{Gal}$ ，根據其所化算得之垂直變動情形為  $-12.7 \pm 2.0$  公分，見圖 10。

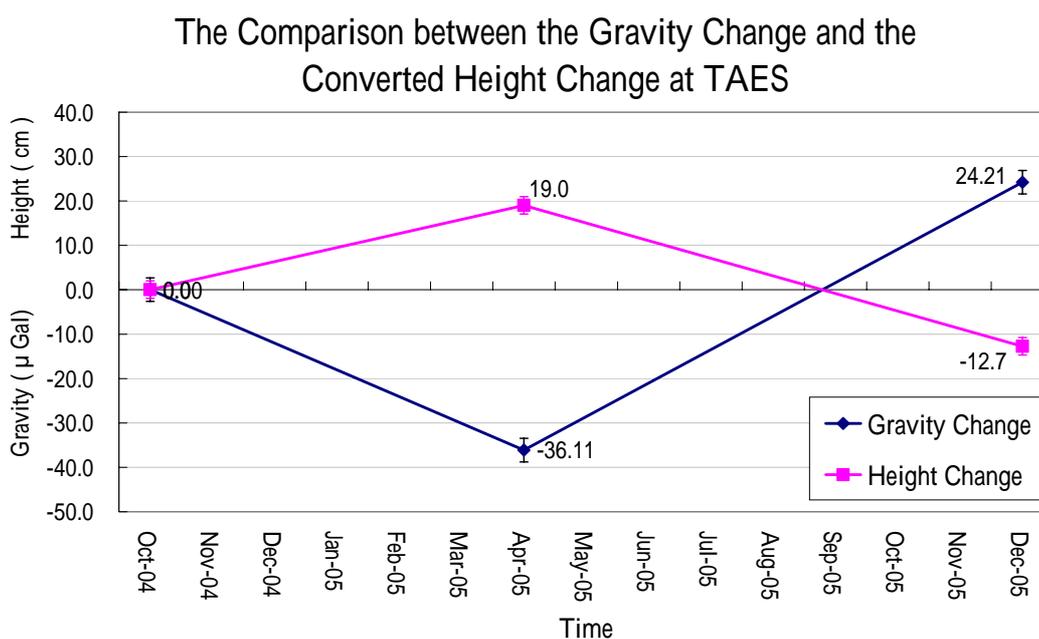


圖 10：同安國小 FG5 絕對重力觀測量變化圖

(五) 雷達干涉法監測三維形變

傳統地層下陷監測方法是先在地陷區上佈設監測樁，再以水準測量或 GPS 測量測得監測點的高程，利用不同時間所測得的高程值來計算地層下陷量。水準測量與 GPS 所測得的成果皆是點狀，若要測得大範圍地層下陷區面積，則必須佈設大量的監測點，並且投入大量的人力與物力，先求得監測點的下陷量，再內插下陷趨勢面以計算面積。

干涉合成雷達(以下簡稱 DInSAR, Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar)技術，主要是藉由不同時段的影像計算出地表變形的速率變化。該技術具有許多特點，例如：：不必到達現地實測，處理過程在室內進行，具有全天候資料收集的能力，可快速及重複量測大面積的地表面變形的優點。本計畫目前已購置 INSAR 處理軟體 DIAPASON4.0，與雲林地區 ERS II 影像 (232\*3123) 五幅，如表二和圖 11，進行影像處理。針對雲林地區，以 ERS II 衛星所擷取之雷達影像為主要資料來源，篩選出衛星軌道基線差較小的影像配對，進行 DInSAR 測量。預計在 95 年度下半年可獲得 INSAR 處理成果。如圖 12。

表二：雲林地區 ERS II 影像 (232\*3123) 五幅

	Date	Orbit	Parallel Baseline(m)	Perpendicular Baseline(m)	Delta days
MASTER	20030724	43172	0	0	0
SLAVE	20030619	42671	190	-56	-35
MASTER	20030619	42671	0	0	0
SLAVE	20030515	42170	-167	-7	-35
MASTER	20031211	45176	0	0	0
SLAVE	20031106	44675	99	49	-35
MASTER	20040429	47180	0	0	0
SLAVE	20040325	46679	41	33	-35
MASTER	20040812	48683	0	0	0
SLAVE	20040708	48182	109	-67	-35

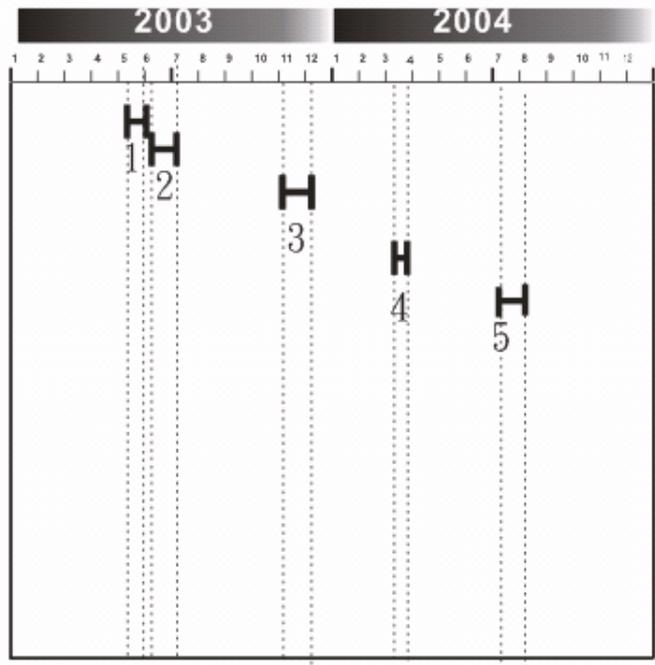


圖 11：五幅影像時序表

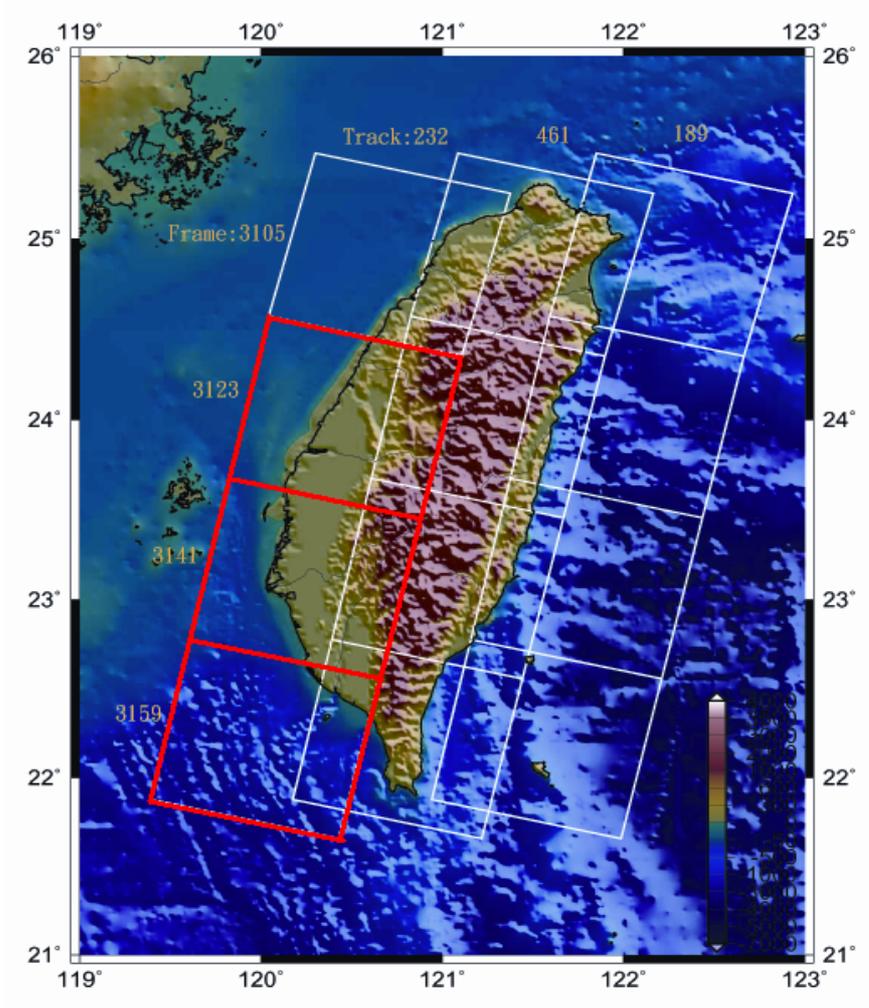


圖 12：ERS II 影像涵蓋圖