

# 圖根點補建附加條件平差計算程式之應用

## Applications of the Adjustment Computation with Added-conditions Program for Filling the Minor Control Points

謝博丞<sup>1</sup>

吳建廷<sup>2</sup>

李旭志<sup>3</sup>

蘇惠璋<sup>4</sup>

林燕山<sup>5</sup>

Hseih ,Po-Chen Wu, Chen-Tin Lee, Hsu-Chih Hsu, Hwei-Chan Lin, Yen-Shan

### 摘要

圖根功能健全是維繫土地測量整合成果之重要因素，因環境變遷頻繁，現今圖根點維護相當不容易，已辦理地籍整理完畢之區域，部分圖根點往往因公共建設或道路工程導致遺失；更早期之圖根點甚至已遺失殆盡，對執行土地複丈業務影響甚大，因此圖根點補建作業實為當今測量業務所面臨之一大課題。為達成全面依數值方式辦理土地複丈之目標，首要提昇圖根點補建之效率及與原坐標系統之一致性，配合實務上圖根點補建之方式，開發圖根點補建附加條件平差計算程式，使補建圖根點精度更合乎需求。

在 DOS 版傳統邊角網計算程式(TRI1、TRI2)之核心架構下，以 Visual Basic 語言重新開發本程式，提升為視窗板，並援用其輸入格式(.COR、.CON、.OBS)，功能包含〈最小約制平差計算〉、〈已知點坐標套合圖根測量網試驗平差計算〉、〈強制附合平差計算〉及新增〈附加可靠界址點(或經界線)加權平差計算〉(包含讀取地籍圖檔(.DXF)與納入現況點坐標檔(.CNT)及觀測資料記錄檔(.MAC)之功能)。本程式開發由使用者直接透過視窗介面，選取可靠現況點，並設定現況點對界址點、現況點對經界線及距離等條件，並給予不同權值，納入導線網觀測量中作整體平差。因本程式可納入可靠現況點(或經界線)與導線網觀測量一起平差計算，消除傳統僅以單導線或網形平差計算成果與地籍圖坐標系統仍有若干程度系統差異之現象，可維持補建之圖根點、原圖根點及界址點坐標系統之一致性。

本程式導入 GIS 介面使各項計算成果之精度能以誤差橢圓或其他圖形方式呈現，並對各種圖資進行管理、輸入、分析、輸出等，可提供地政機關辦理土地複丈補(新)建圖根點時使用。

關鍵詞：附加條件、

1. 內政部國土測繪中心測量員 2. 清雲科技大學研究助理 3. 內政部國土測繪中心課長  
4. 內政部國土測繪中心副主任 5. 內政部國土測繪中心主任

## 一、前言

因環境變遷頻繁，圖根點遺失率高，過去有關單位進行圖根點補建作業，為節省時間及人力，係採取單導線或是小範圍導線網方式為之，其所補建之圖根點大多未與大範圍導線網作聯測及整體嚴密平差，可能造成新補建之圖根點與原圖根點及土地界址坐標存有一系統性差異，因而影響土地複丈之精確性。為提升圖根點補建之效率及精確性，參照內政部(2000年)訂頒之「地籍測量圖根點補建作業手冊」相關內容，開發「圖根點補建附加條件平差計算程式」，藉以建構完善之圖根點補建平差作業系統，提供精確之圖根點坐標，以提高後續土地複丈之成果作業品質。圖根點補建考量過去圖根測量大多以導線法為之，故開發一套具備網形平差計算功能之圖根點補建平差模式，又為符合廣大測量人員之喜好及習慣，本程式將傳統邊角網平差程式提升為視窗版，並爰用暨有之輸入資料格式(.COR、.CON、.OBS)進行平差計算；此外，考量界址點由原圖根點所測設，因此在導線網觀測之外，如能結合可靠界址點(或經界線)觀測資料一同計算，將對提升補建圖根點精度有所助益。

## 二、概述

在DOS版傳統邊角網計算程式(TRI1、TRI2)之核心架構下，採用Visual Basic語言以視窗介面方式重新開發本程式，並援用內政部國土測繪中心(簡稱國土測繪中心)開發之「視窗版導線計算程式」所輸出之資料格式(.COR、.CON、.OBS)做為輸入檔進行平差計算。此外，因界址點由原圖根點所測設，在導線網觀測之外，再加測可靠界址點(或經界線)對補建圖根點精度有助益，本程式新增對可靠界址點(或經界線)之觀測量給予適當權值納入導線網觀測群中進行平差計算之功能，以提升補建圖根點之精度及保持與原圖根點及界址點坐標系統之一致性，對全面依數值方式辦理土地複丈有所助益。傳統邊角網平差程式及本系統程式計算流程圖分別如圖1及圖2所示，本程式資料格式如表1所示。

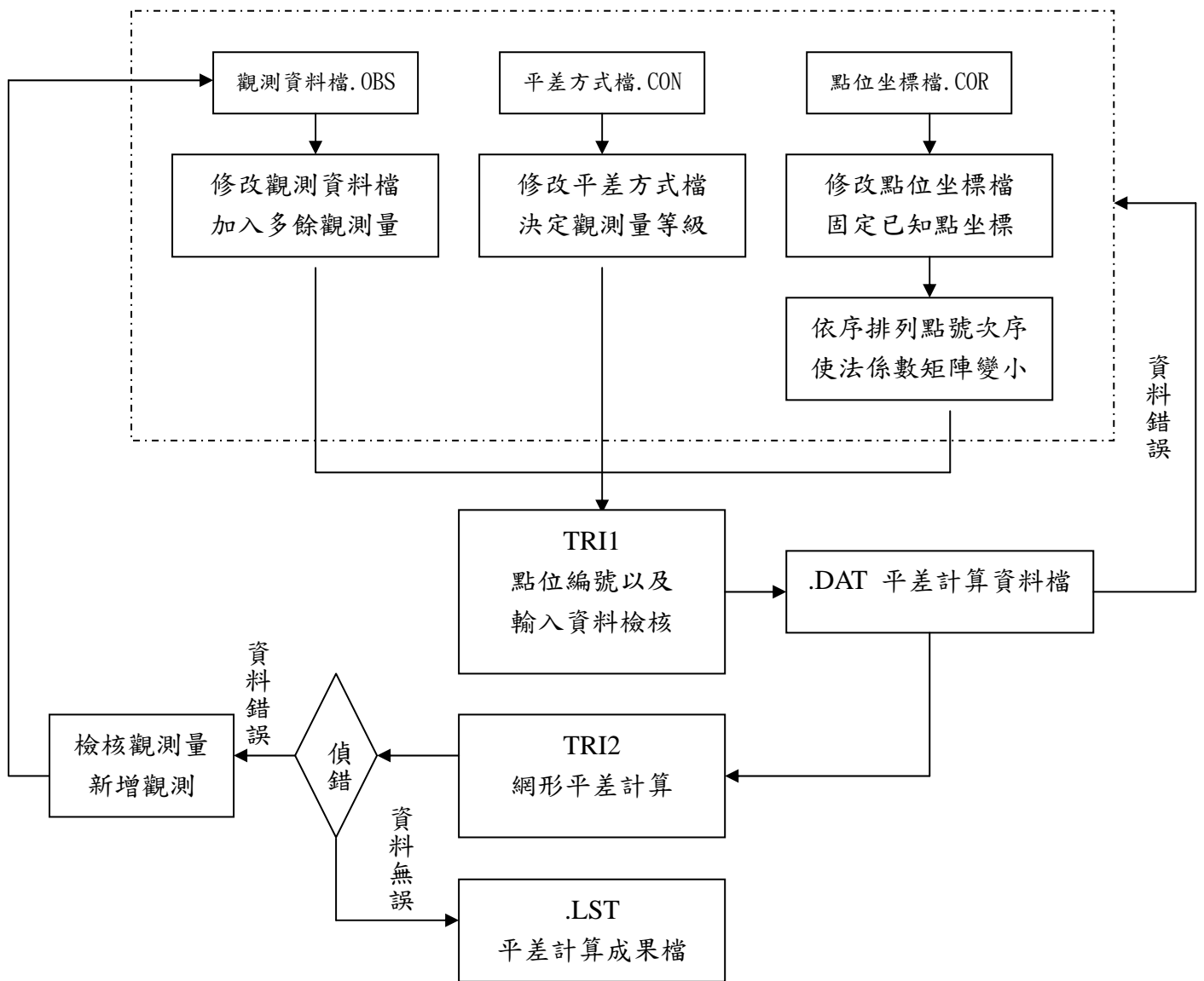


圖 1. TRI1 及 TRI2 邊角網平差程式計算流程(內政部國土測繪中心，2008)

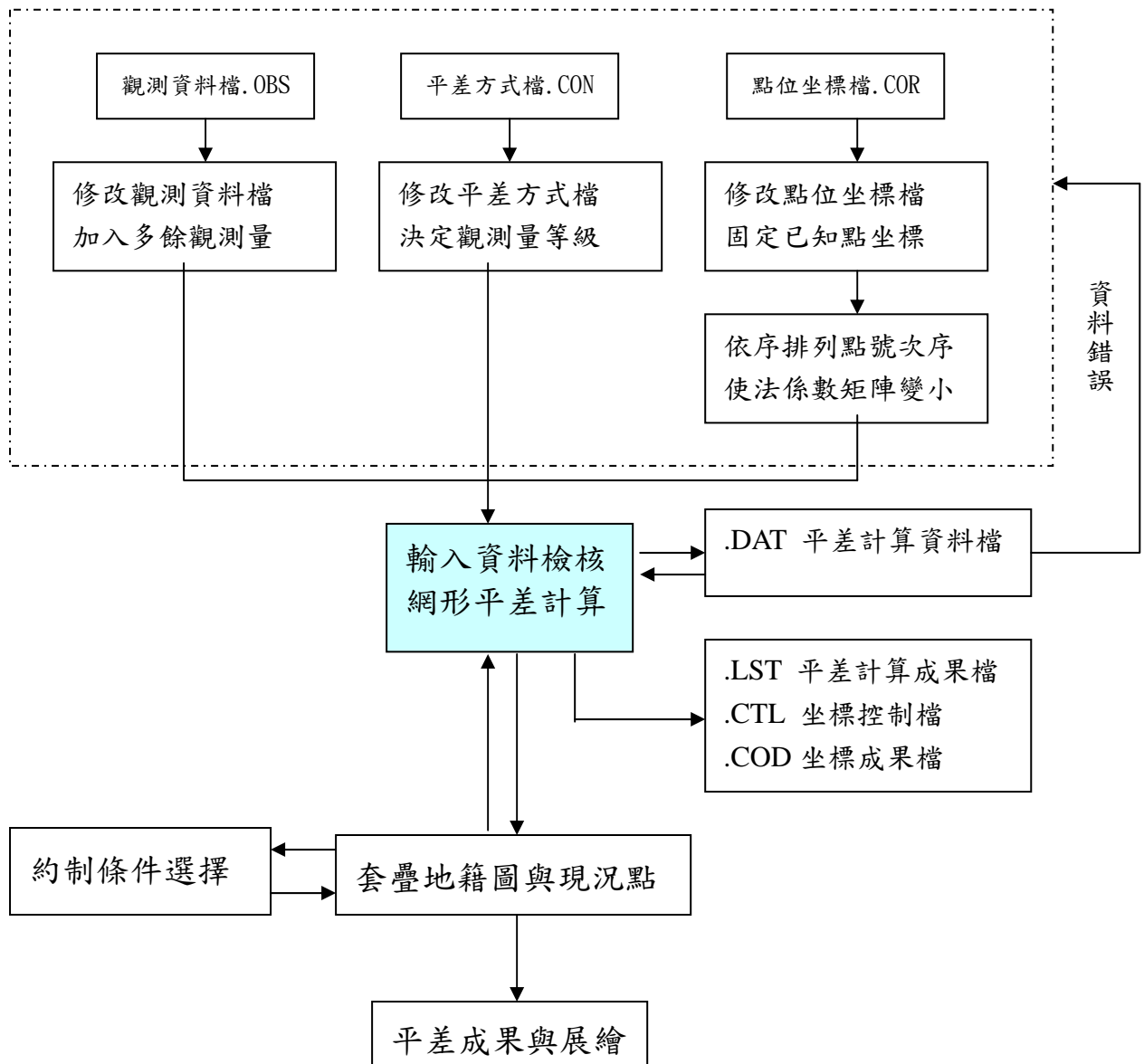


圖 2. 圖根點補建附加條件平差程式計算流程(內政部國土測繪中心，2008)

表 1. 本程式輸入/輸出對應格式(內政部國土測繪中心，2008)

原始觀測資料	產生檔案
.COR 坐標檔	.DAT 平差計算資料檔
.OBS 觀測量檔	.ERR 錯誤訊息檔
.CON 平差方式檔	.LST 平差計算成果檔
	.COD 坐標成果檔
	.CTL 坐標成果檔
	.COR 坐標檔
	.OBS 觀測量檔
	.CON 平差方式檔

### 三、理論基礎

本程式將現況點觀測量納入導線網作整體平差，並視現況點之屬性給予不同權值，分為點對點、點對線及距離共三種條件。

(一)點對點條件(如圖 3)

點對點約制時，將欲約制的現況點 A，其坐標為(a,b)，約制到某一地籍圖確定點 B，其坐標為(c,d)，則程式將 A 點坐標移至 B 點後記錄其新坐標 A'(c,d)，並改寫相關之觀測量。

假設測站坐標為 S1(X0,Y0)，後視點坐標 S2(X1,Y1)，原觀測水平角

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{a - X_0}{b - Y_0}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{X_0 - X_1}{Y_0 - Y_1}\right) \quad (1)$$

$$\text{原觀測水平距 } D = \sqrt{(a - X_0)^2 + (b - Y_0)^2} \quad (2)$$

$$\text{修正後之觀測水平角 } \theta' = \tan^{-1}\left(\frac{c - X_0}{d - Y_0}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{X_0 - X_1}{Y_0 - Y_1}\right) \quad (3)$$

$$D' = \sqrt{(c - X_0)^2 + (d - Y_0)^2} \quad (4)$$

(二)點對線條件(如圖 4)

點對線約制時，將欲約制的現況點 C，其坐標為(e,f)，約制至某一線段(若線段由 A:(a,b) B:(c,d)兩點所組成)，其方程式為：

$$(d - b)X - (c - a)Y = a(d - b) - b(c - a) \quad (5)$$

求取 C 點至此線段之垂足點 D，垂線方程式為：

$$(c - a)Y + (d - b)X + k = 0 \quad (6)$$

$$\text{，將 C 點坐標(e,f)代入，求得 } k = af + be - de - cf \quad (7)$$

，將兩方程式解聯立方程式，可得 D 垂足座標，同式(3)、(4)方式改寫相關之觀測量。

(三)距離條件(如圖 5)

距離條件約制時，先選擇確定固定不動的現況點 A(a,b)與欲約制的現況點 B(c,d)，計算此兩點的距離 D\_ori，其公式為：

$$D_{\text{ori}} = \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2} \quad (8)$$

而後經由使用者輸入正確的距離 D\_new，利用比例式計算新點坐標 B'(e',f')，其計算公式如下：

$$\begin{aligned} e' &= a + (D_{\text{new}}/D_{\text{ori}}) \times (c - a) \\ f' &= b + (D_{\text{new}}/D_{\text{ori}}) \times (d - b) \end{aligned} \quad (9)$$

利用比例計算方式將約制點位 B 在  $\overrightarrow{AB}$  方向線上移動至所輸入之距離(D\_new)位置，計算新坐標 B'(e',f')，並記錄，同式(3)、(4)方式改寫相關之觀測量。

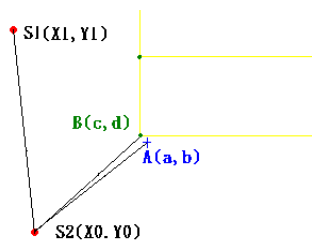


圖 3. 點對點條件示意圖

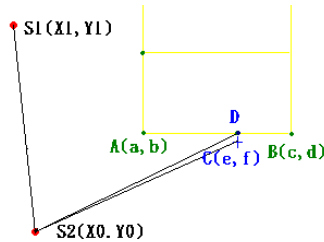


圖 4. 點對線條件示意圖

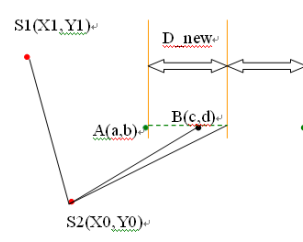


圖 5. 距離條件示意圖

#### 四、系統功能

本系統具備角邊網平差計算、附加可靠現況點(或經界線)條件約制平差功能，並以中文化視窗介面進行操作。另可讀取國土測繪中心現行使用角邊網平差程式之輸入格式.CON、.COR及.OBS檔，並進行以下網形平差程序。本程式功能如下：

##### (一)輸入資料檢核

點位編號及輸入資料之檢核等功能；網形平差計算執行觀測資料初步檢核、平差計算、可靠度及偵錯分析等功能，其流程如圖 6、圖 7 所示。

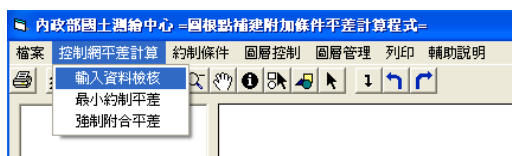


圖 6. 控制網平差計算->輸入資料檢核

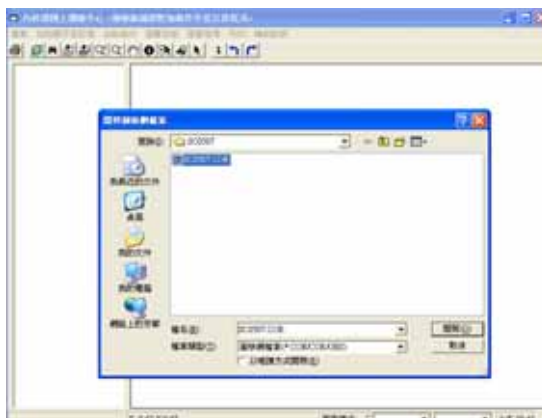


圖 7. 輸入資料檢核->開啟觀測資料檔.COR

##### (二)最小約制平差計算

針對距離及角度觀測量進行偵錯及除錯，以及觀測量精度估計，其流程如圖 8、圖 9 所示。

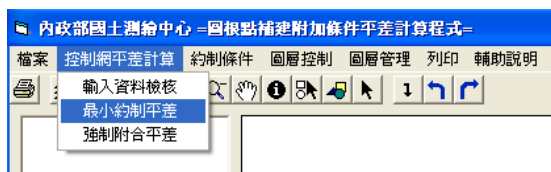


圖 8. 控制網平差計算->最小約制平差



圖 9. 最小約制平差→開啟平差計算資料檔.dat

(三)強制附和乎差計算

已知點位坐標經驗證為堪用無誤後，視為固定值實施圖根測量網強制附和乎差，其流程如圖 10、圖 11 及圖 12 所示。

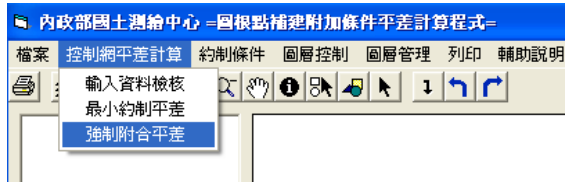


圖 10. 控制網平差計算→強制附和乎差

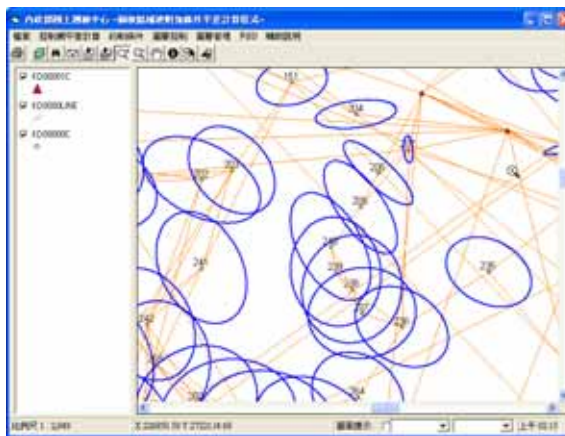


圖 11. 強制附和乎差計算誤差橢圓

點名	點位名稱	點位座標	點位座標	點位座標	點位座標	點位座標	點位座標	點位座標
1	EC0000C	252717.857	195448.648	252717.857	195448.648	0.000	0.000	0.000
2	EC0000E	2528063.262	197281.888	2528063.262	197281.888	0.000	0.000	0.000
3	EC0000F	2529295.475	197129.827	2529295.475	197129.827	0.000	0.000	0.000
4	EC0000G	2528229.599	196518.253	2528229.599	196518.253	0.000	0.000	0.000
5	EC0000H	2526754.325	196298.951	2526754.325	196298.951	0.000	0.000	0.000
6	EC0000I	2529389.844	195586.182	2529389.844	195586.182	0.000	0.000	0.000
7	EC0000J	2528655.826	195488.166	2528655.826	195488.166	0.000	0.000	0.000
8	EC0000K	2528148.218	195475.479	2528148.218	195475.479	0.000	0.000	0.000
9	EC0000L	2527388.398	195115.254	2527388.398	195115.254	0.000	0.000	0.000
10	EC0000M	2526992.386	195061.659	2526992.386	195061.659	0.000	0.000	0.000
11	EC0000N	2524479.753	194656.497	2524479.753	194656.497	0.000	0.000	0.000
12	EC0000O	2526168.775	194678.848	2526168.775	194678.848	0.000	0.000	0.000
13	EC0000P	2525488.999	195086.188	2525488.999	195086.188	0.000	0.000	0.000
14	EC0000Q	2525626.863	195949.682	2525626.863	195949.682	0.000	0.000	0.000
15	EC0000R	2526286.399	195628.474	2526286.399	195628.474	0.000	0.000	0.000
16	EC0000S	2526162.788	196609.366	2526162.788	196609.366	0.000	0.000	0.000
17	EC0000T	2527767.994	195916.385	2527767.994	195916.385	0.000	0.000	0.000
18	EC0000U	2527738.972	195828.284	2527738.972	195828.284	0.000	0.000	0.000
19	EC0000V	2527362.345	196485.358	2527362.345	196485.358	0.000	0.000	0.000
20	EC0000W	2527298.558	196508.969	2527298.558	196508.969	0.000	0.000	0.000
21	EC0000X	2527767.994	195916.385	2527767.994	195916.385	0.000	0.000	0.000
22	EC0000Y	2527738.972	195828.284	2527738.972	195828.284	0.000	0.000	0.000
23	EC0000Z	2527778.831	196618.222	2527778.831	196618.222	0.000	0.000	0.000
24	EC0000A	2528282.178	195925.881	2528282.178	195925.881	0.000	0.000	0.000
25	EC0000B	2528195.258	196485.358	2528195.258	196485.358	0.000	0.000	0.000
26	EC0000C	2528878.854	196487.352	2528878.854	196487.352	0.000	0.000	0.000

圖 12. 最小約制平差與強制附和乎差計算成果較差

(四)附加可靠界址點(或經界線)加權平差

1. 可讀取由「圖解法地籍圖數值化成果電腦套圖系統」整合後之地籍圖資料及外業測量之現況點(含界址點)觀測量，其流程如圖 13~圖 16 所示。

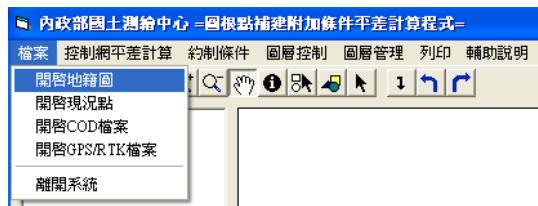


圖 13. 選取開啟地籍圖

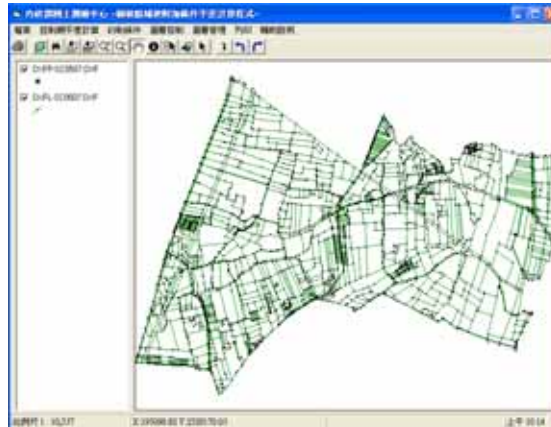


圖 14. 開啟\*.dxf 地籍圖檔

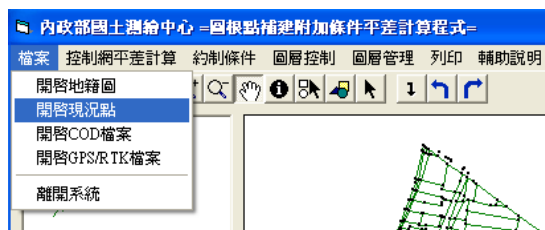


圖 15. 選取開啟現況點

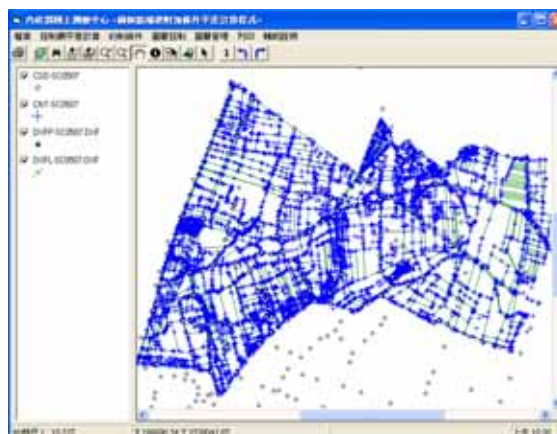


圖 16. 開啟\*.cnt 現況點檔



2. 設定約制條件(包含點對應點、點對應線及距離條件)，如圖 17。

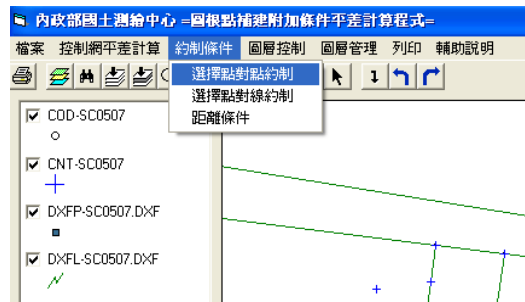


圖 17. 選擇約制條件

3. 賦予經約制後之現況點觀測量不同權值，再納入導線網進行平差計算，如圖 18、圖 19 所示。

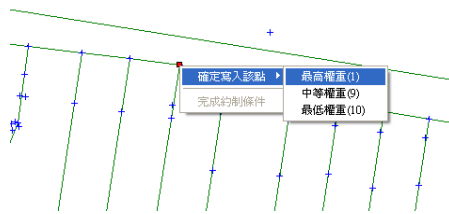


圖 18. 設定現況觀測量權值

點名	X	Y	New X	New Y
3235.0	195243.133	2527591.844	195252.943	2527589.013
3810.1	195238.093	2527587.756	195238.09	2527587.738
3811.1	195233.924	2527588.431	195233.925	2527588.449
3795.1	195246.028	2527582.496	195246.035	2527582.543
3792.1	195251.939	2527582.072	195251.918	2527581.973
3240.0	195252.943	2527589.013	195257.088	2527588.334
3883.1	195238.154	2527559.693	195239.25	2527563.54
3914.1	195260.466	2527553.401	195261.577	2527557.244

圖 19. 約制坐標清單

4. 儲存補建圖根點坐標檔\*.CTL(含點名及坐標值)，如圖 20。

檔案(F)	編輯(E)	格式(O)	檢視(V)	說明(H)
SC0309				
BB116	2527174.857	195440.641		0.000
BD27	2528043.242	197201.388		0.000
BD28	2528285.675	197129.437		0.000
GA01	2528328.599	196510.254		0.000
GA04	2526756.325	196298.950		0.000
GC01	2529304.844	195504.182		0.000
GC02	2528655.826	195488.146		0.000
GC03	2528140.215	195415.877		0.000
GC04	2527380.391	195115.251		0.000

圖 20. 圖根點坐標檔\*.CTL

## 五、實例探討及分析

本程式可將欲約制之現況觀測量設定三種權值，分別為最高權值(先驗誤差 0)、中等權值(先驗誤差 2cm)及最低權值(先驗誤差 5cm)，如界樁、牆壁中心等明確現況點，其觀測量可點選最高權值；其他如圍牆、籬笆、水溝等現況，可以選取中等權值或最低權值，針對不同區塊設定不同約制條件及權值進行比較分析：

### (一)住宅社區

本區可靠現況多為牆壁中心(3 中)，及部分土地界標，另本區土地大多經固定尺寸分割而成，因此可採取點對點、點對線及距離混合條件平差計算，給予點對點最高權值，點對線及距離條件中等權值進行計算。本區域初步選取 10 個點對點條件(設定為最高權值)、12 個點對線條件(中等權重)及 2 個距離條件(中等權重)。經附加條件平差計算後，與僅做導線網型平差計算之圖根點坐標比較，整段 286 個圖根點共有 27 個圖根點坐標異動超過門檻值(設定 2 公分)，最大者為 9.2 公分，62 個圖根點坐標異動介於 0 到 2 公分之間，其餘 197 的圖根點坐標無異動，圖根點位坐標異動比較表如表 2 所示。

表 2. 住宅社區圖根點位坐標異動分析 A 表

異動量 個數	無異動	0~0.5cm	0.5cm~1cm	1cm~2cm	2cm~3cm	3cm~5cm	>5cm
	197	29	23	10	8	5	14

表 2. 顯示點位異動超過 5 公分的點共有 14 個，擬調整原點對點條件之權值為中等權值，再次平差計算，共有 8 個圖根點坐標異動超過門檻值(設定 2 公分)，最大為 3.8 公分，51 個圖根點坐標異動介於 0 到 2 公分之間，其餘 227 的圖根點坐標無異動，圖根點位坐標異動比較表如表 3. 所示。

表 3. 住宅社區圖根點位坐標異動分析 B 表

異動量 個數	無異動	0~0.5cm	0.5cm~1cm	1cm~2cm	2cm~3cm	3cm~5cm	>5cm
	227	29	18	4	3	5	0

### (二)農田地區

本區現況多以田埂、籬笆、坡檻及溝渠為主，經界分布不若牆壁、圍牆般明確，且現場不易判斷界址點位置，僅可大約尋得線上點，因此採取點對線條件及中等或最低權值來計算。本區域初步選取 20 個點對線條件，經附加條件平差計算後，與僅做導線網型平差計算之圖根點坐標比較，整段 286 個圖根點共有 30 個圖根點坐標異動超過門檻值(設定 2 公分)，最大者為 8.4 公分，78 個圖根點坐標異動介於 0 到 2 公分之間，其餘 174 個圖根點坐標無異動，圖根點位坐標異動比較表如表 4 所示。

表 4. 農田區圖根點位坐標異動分析 A 表

異動量 個數	無異動	0~0.5cm	0.5cm~1cm	1cm~2cm	2cm~3cm	3cm~5cm	>5cm
	178	53	13	12	11	11	8

表 4. 顯示點位異動超過 5 公分的點共有 8 個，擬調整原點對線條件之權值為最低權值，再次平差計算，共有 6 個圖根點坐標異動超過門檻值(設定 2 公分)，最大為 4.2 公分，37 個圖根點坐標異動介於 0 到 2 公分之間，其餘 243 圖根點坐

標無異動，圖根點位坐標異動比較表如表 5. 所示。

表 5. 農田區圖根點位坐標異動分析 B 表

異動量 個數	無異動	0~0.5cm	0.5cm~1cm	1cm~2cm	2cm~3cm	3cm~5cm	>5cm
	243	28	6	3	2	4	0

### (三)分析

經測試住宅區與農田區，並採取不同的附加條件及權值進行計算，發現當現況觀測量設定權值越高，圖根點有坐標異動之數量隨之提高，變異量也有增大的趨勢，因此圖根點補建除採傳統導線網平差計算求得坐標，如欲增測現況點納入導線網一同平差，觀測者必須審慎選定可靠現況點，並給予合適之權值。因此審慎選擇附加現況觀測量條件及權值，可提升補建之圖根點與原地籍坐標系統的一致性，增加辦理數值地籍圖土地複丈之精度。

## 六、結論

本程式將傳統三邊三角網平差程式(tri1.exe & tri2.exe)程式提升為視窗介面，在既有三邊三角網平差程式核心架構下，開發地籍圖、現況點等讀取功能，使其可以輸出成果報表，並將成果圖形化。另新增可靠現況點約制模組，並以人機介面方式進行約制條件及權值設定，納入圖根網進行平差計算，以保持補建之圖根點與原圖根點及界址點坐標系統之一致性。本程式利用 GIS 概念展繪成果或製作相關圖層，因此產製之圖層均可以留作後續分析查詢或提供給其他單位使用，圖形化的介面讓使用者直接看到點位成果分布。而約制條件功能可以讓使用者透過圖面操作後，由系統直接產出新報表，進行平差計算，由於約制條件的權值設定將會對後續平差計算的成果影響甚鉅，因此使用者設定約制條件及權值時應謹慎選擇。

## 七、參考文獻

1. 內政部(2000 年)，「地籍測量圖根點補建作業手冊」。
2. 內政部國土測繪中心(2008 年)，「建立圖根點補建平差模式期末報告書」。
3. 汪士閔(2004 年)，「現行地籍圖重測圖根網型平差程式之探討」。