

航空寫眞測量에서 圖化作業의 誤差에 대한 研究

A Review of Error Detection During the Procedure of Stereo-restitution on the National Topographic Mapping in Korea

崔 在 和*
Choi Jae-Hwa

要 旨

地圖製作에서 地圖의 正確도와 信빙성(reliability)을 支配하는 主要한 要因은 地形圖의 原圖(map ase)의 測圖過程인 圖化作業(stereo-restitution)이라고 할 수 있다.

航空寫眞의 圖化作業의 대부분은 아직까지 아날로그(analogue) 方法에 의하여 수행되고 있다. 그러므로 圖化作業은 實體圖化機(stereo plotter)에 의하여 수행 되므로 圖化機를 조종하는 圖化士(operator)의 熟練度, 技能의 水準 및 個人習性에 의한 觀測誤差에 따라서 圖化成果의 質에 相當한 影響을 끼치고 있음이 明白하다.

本 研究에서는 圖化士의 經歷別 個人誤差를 圖化機種別로 檢出하여 分析하였고 또한 圖化對象이 地形, 地物의 難易도와 細部詳細도에 따르는 結果도 分析하였으며 우리나라에서 踏習하고 있는 先圖化後 現地確認의 作業過程이 原圖測圖의 正確도에 미치는 影響도 考察하여 보았다.

ABSTRACT

In a mapping, stereo-restitution of an aerial photogrammetric process, of which is a major factor for map-base preparation dominates the accuracy and the reliability of a topographical map.

The majority of a map-base preparation has nowadays been carried out by an analogue method ie, by the stereo-plotter.

In consequence, it is evident that the skilled, the level of technique and personal attitude of operator have influence upon observational error which relates the accuracy and the quality of a map.

This research aims at detection and analysis of operator's carrier and types of stereoplotter.

The test is also examined that the level of details and features of terrain would have influence on the accuracy of map.

With the results, it is also considered that the field check has impact on map accuracy; whether the field check prior to restitution or after restitution.

*成均館大學校 工學大學 副教授

1. 序 論

國土에 대한 가장 基本的이고 信賴性 있는 情報源은 地圖이다. 國土에 관한 各種 開發事業, 産業의 再配置 등을 위한 國土計劃, 土地利用計劃, 環境管理 등의 立案과 實施에 效率的인 基礎資料로서 供與되는 地圖는 그 正確性和 內容이 高度化되고 또한 大縮尺化되어야 한다. 그러나 大縮尺의 地圖製作 過程에서 가장 問題가 되는 것은 얼마나 正確하게 地形을 描圖하느냐 하는 圖化作業을 들 수 있다. 특히 細部圖化作業에서 成果의 質을 改善하고 生産性を 提高하기 위한 技術的인 問題를 檢討해보아야 할 것이다.

本 研究에서는 圖化에 있어서 가장 問題가 되고 있는 技術的인 問題를 檢討하기 위해 圖化士別·個人誤差에 의한 成果의 質에 대한 影響을 分析하기 위하여 標本地域에 대한 觀測誤差(較差)를 검토하여 圖化作業의 成果의 質的 向上을 期하고 作業過程의 改善方案을 提示하고자 한다.

2. 本 論

2.1 圖化的 定義

實體視寫眞測量에서 標定(內部, 相互, 對地)이 끝난 다음에 實體視모델 위에서 地形(terrain)의 細部現況을 描圖하는 것을 圖化(plotting, 또는 restitution)라고 한다. 圖化는 在來式 測量方法에서의 平板測量에 의한 地形의 描寫와 견주어 쉽게 理解될 수 있다.

圖化的 對象은 크게 平面的 地物(planmetric feature)과 標高的 事項(altimetric phenomena)으로 大別할 수 있다.

平面的 地物은 自然地物(natural feature) - 예컨데 江, 河川, 湖水等 - 과 人工地物(artificial feature) - 예컨데 家屋, 堤坊, 道路, 鐵道, 橋梁 都市等 - 로 나눌 수 있으며 標高的 事象은 地形(topography)인데 等高線과 地點高(spot height)가 그 主要 對象이다.

圖化的 順序, 方法, 基準 등은 寫眞의 縮尺,

種類, 地圖의 縮尺, 種類, 用途 圖化士(operator)의 熟練度, 土地의 狀況 등에 따라서 다르다. 原則的으로 圖化對象의 取舍選擇은 地圖의 縮尺과 地圖의 目的에 따르는 圖化作業示方書와 寫眞判讀 및 現地調查 資料에 의하여 決定된다.

2.2 圖化作業의 方法

個個의 圖化機의 操作에 대한 細部事項은 그 圖化機의 敎範(instruction)에 따르면 된다. 여기서는 주로 地形圖化機(2級圖化機) 以上の 것에 대한 一般적인 作業의 方法에 따라서 記述하면 다음과 같다.

(1) 圖化區域의 透明陽画, 密着寫眞, 現地調查寫眞, 基準點成果 등의 必要한 資料를 準備한다.

(2) 圖化縮尺과 모델縮尺이 다를 境遇에는 適當한 모델縮尺을 決定하여 描畫裝置(대부분의 境遇에 座標展開器)의 圖化縮尺과의 사이에는 齒車比(gear ratio) 등을 決定한다.

(3) 圖化縮尺으로 標定에 使用하는 基準點(標定基準點 혹은 단순히 標定點이라고도 한다)을 圖化紙에 展開한다. 이들 基準點은 또한 透明陽画上에 확실하게 그 位置가 確認되어야 한다.

(4) 投影카메라(projection camera: 圖化機카메라)의 画面距離를 攝影카메라(taking camera)의 화면거리와 꼭 일치시킨다. 만일 透明陽画의 寫眞指標(fiducial mark) 사이의 거리가 주어진 값과 서로 다를 때에는 스트립의 平均值에 의하여 投影카메라의 画面거리를 補正한다.

(5) 透明陽画를 透明陽画板(photo-carrier)에 裝着할 때에는 유리板의 指標와 寫眞指標를 일치시켜야 한다. 이것은 圖化的 正確도에 관계되므로 가능한 한 신중히 해야 한다. 만일 바르게 일치되지 않는 경우에는 그 偏差를 여러 點에다 等分하여 配分하여야 한다.

(6) 透明陽画를 裝着한 明透陽画板을 投影카메라의 上面에 놓고 壓定 나사로써 固定시킨다.

(7) 概略의 基線長 b_x 를 모델縮尺에 合致시켜 標定한다.

(8) 모델 全體에 걸쳐서 縱視差(P_y)가 없도록

相互標定을 한다.

(9) (3) 에서展開한 基準點 位置와 그 標高에 의하여 對地標定을 하여 展開圖紙를 固定한다.

(10) 모델上의 平坦한 곳에다 明確히 確認될 수 있는 몇點을 選定하여 그 位置를 標示하고 標高를 記入하여 交代者가 點檢할 수 있도록 하여야 한다.

(11) 道路, 鐵道 等を 圖化한다.

(12) 河川, 水路 等を 圖化한다.

(13) 其他 地物을 圖化한다.

(14) 地類界 및 이에 關係되는 急傾斜를 圖化한다.

(15) 等高線을 描画한다. 먼저 計曲線 等の 順序로 圖化한다.

(16) 獨立된 地點高 (spot height) 等を 所定の 間격으로 測定한다.

이들 作業이 끝나면 脱落된 것이 없는가, 區域이 모자라지 않는가를 確認한 다음에 다음 모델의 도화작업에 들어간다.

2.3 圖化成果의 檢査基準

2.3.1 一般的 考察

寫眞測量方法이 아닌 方法에 의해서 製作된 地圖의 檢査는 여기서의 關心事는 아니다 하지만 在來式 地上測量方法에 의하여 제작된 地圖의 檢査와 寫眞測量方法에 의하여 제작된 地圖의 檢査方法 사이의 差異를 考察해 볼 必要가 있다. 이러한 差異는 물론 地圖製作上에 差異에서 비롯됨은 말할 나위가 없는 것이다.

이 點에 관한 하나의 특징은 寫眞測量에 의한 地圖製作에서는 地圖製作 뒤에 活用 可能한 寫眞의 記錄物을 가지고 있음으로 해서 반드시 現場點檢을 하지 않더라도 사무실에서 地圖製作때와 같은 作業方法의 反復에 의해서 어떤 製作過程의 어느 部分이라도 檢査가 可能하다는 點이다. 이것이 寫眞測量에 의한 地圖製作方法이 바람직한 效果라고 할 수 있을 것이다. 왜냐하면 이러한 方法은 野外點檢의 作業量과 횟수를 보다 많이 줄일 수 있고 더불어 보다 많은 경비를 절약할 수 있기 때문이다.

그러나 寫眞測量의 불리한 점은 制限된 方法으로 寫眞에 의해서 地形이 表現되고 있음으로 해서 野外에서 그 제한된 現況을 點檢할 수 밖에 없다는 점이다. 그러므로 우리는 다음과 같이 結論을 지을 수 밖에 없다. 「寫眞測量法에 의한 地圖와 在來式測量方法에 의한 地圖는 그 點檢方法에서 差異가 있다.」

圖化成果의 가장 일반적인 檢査방법은 圖化原圖 위에 認識되는 點에 대한 位置의 比較이다. 그것은 地上測量에 의하여 決定된 平面 및 標高의 對應되는 값을 가지고 圖化에서 구한 座標値와 比較하는 方法이다. 또한 경우에 따라서는 視距測量法에 의하여 決定된 縱斷面을 가지고 原圖에서 구한 縱斷面을 比較하는 方法을 쓰기도 한다.

또 다른 한가지 檢査方法은 圖化原圖 전체에 걸쳐서 임의로 分布된 認識 可能한 點의 座標를 決定하여 地上座標와 比較하는 方法이다.

圖化原圖의 檢査方法의 몇가지를 적어보면 아래와 같다.

(1) 檢査地域 測量의 許容値를 對應하는 正規的인 地上測量의 값에 대하여 $1/2$ 또는 $1/4$ 로 縮少할지라도 地上測量의 값의 制限된 正確度로 고려되어야 한다. 특별히 높은 正確度와 大縮尺 圖化作業에서는 地上測量에 包含되어 있는 本來의 誤差는 무시되지 않는다.

특별히 寫眞攝影前에 對空標識가 되지 않은 點과 自然境界地物 등은 地上測量에 의하여 決定되는 이들 點들의 位置와 항공사진 측량 方法에 의한 圖化原圖 위에 있는 點들의 位置사이의 偏差의 크기는 대부분이 地上測量 方法과 寫眞測量方法의 使用에서 생기는 認識誤差에 基因한다.

이러한 현상은 비록 같은 方法의 測量일지라도 2개의 獨立된 地上測量 사이에서 그 偏差가 생길 가능성이 있다. 그러므로 地上測量方法에 의하여 點의 位置를 決定하는 경우에는 2개의 獨立된 地上測量 사이의 差異로부터 平均自乘誤差를 計算하는 것이 바람직스럽다.

(2) 圖化原圖의 正確度는 測點의 位置 혹은 標高의 平均自乘誤差의 用語로 表現되어야 한다.

예를 들면 모든 偏差의 90%가 示方書에서 指定한 값보다 작아야 한다. 이 값은 平均自乘誤差의 1.66倍로 表現된다.

絶對許容値의 方法에 의한 所要 正確度를 表示하는 것은 비록 그것이 許容値를 초과하지 않더라도 誤差論에 의한 것이 아니다.

(3) 平均自乘誤差에 의한 信賴性 있는 正確度의 評價를 위해서는 全圖面에 걸쳐서 規則적으로 分布되어 있는 50~100點 사이의 點들의 偏差로부터 計算되어야 한다.

(4) 만일 點檢測量을 위해서 縱斷面을 사용하는 경우에는 點檢點으로 격리된 點을 사용하더라도 같은 종단면에 있는 點들의 오차 사이에는 강력한 相關性이 있음을 고려하여야 한다.

(5) 地上測量方法에 의한 圖化原圖의 絶對正確度를 點檢하는 것은 寫眞測量의 過程과는 관계가 없다. 또한 原則적으로 圖化의 製作過程과는 獨立의이다.

寫眞測量에 所要되는 三角點, 多角點의 網은 地上測量에서 要求하는 그것보다 덜 조밀하므로 寫眞測量의 地上基準點測量으로부터 받는 영향은 地上測量이 받는 그것보다 적다. 따라서 寫眞測量에서 在來式 點檢方法을 使用하는 것은 在來式 地圖製作方法에 그것을 應用했을 때 보다 點檢方法이 보다 어렵고 또한 經費가 더 所要된다.

(6) 地上測量方法에 의한 圖化原圖의 絶對正確度를 點檢하는 데에 所要되는 經費는 寫眞測量의 活用으로써 얻어지는 節減經費의 많은 부분을 消耗하는 경향이 있다. 뿐만 아니라 寫眞測量의 目的의 하나는 最少의 地上基準點測量이 所要된다는 點이다. 그런데 寫眞測量이 圖化作業 뒤에 檢査目的으로 많은 數量的 地上基準點을 測量하는 것은 非論理的이다. 이러한 點檢測量은 비록 그것이 事前에 決定된(測量된) 경우일지라도, 혹은 圖化成果의 質을 改善하기 위해서 불가피하다고 하더라도 이것은 原圖의 製作에 生産性을 제고하는 데에 利用되지 않을 뿐만 아니라 經費의 觀點을 도외시 하고서라도 특히 험한 地形에서는 많은 時間을 消耗하게 된다.

이러한 理由로 寫眞測量方法에 의하여 製作된

原圖를 點檢하는 다른 方法을 찾는 것이 바람직스럽다.

- ① 格子座標 시스템에서 點의 絶對誤差의 點檢
- ② 서로 隣接한 點들의 相互位置에서 相對誤差의 點檢
- ③ 原圖의 완벽성 및 細部現況의 正確한 表現의 點檢

圖化原圖 혹은 地圖를 檢査하는 것은 用役業者에 의한 納品の 경우에만 단지 必要한 것이 아니고 政府機關의 地圖製作機關에서도 스스로의 一貫된(모순이 없는) 地圖의 質을 確保하기 위해서도 正規的인 點檢이 필요하다.

契約에 의하여 製作되는 地圖檢査에서 원천적인 어려움은 계약자는 항상 發注者에게 最終成果를 納品하는 경우이다. 즉 印刷된 地圖를 納品하는 것이다. 이것은 檢査方法도 어렵지만 校正 또한 여간 어려운 것이 아니다. 그래서 가장 바람직한 방법은 段階的 혹은 過程別로 檢査하는 것이다.

2.3.2 段階別 檢査(部分的 檢査)

寫眞測量過程에서는 다음과 같이 단계별로 檢査하는 것이 필요하다.

- 地上基準點의 測量
- 寫眞基準點의 座標決定(A, T에 의한)
- 圖化作業(踏査 혹은 補測을 포함한다)
- 編集製圖 및 複製

위와 같은 단계별 檢査를 위해서 가장 좋은 방법은 모든 測量記錄과 計算結果는 整理되어 保存되어야 한다. 그렇게 함으로써 點檢을 위해서 追加的인 時間과 노력의 소모를 보다 많이 줄여야 한다. 이를 위해 각 과정을 效率적으로 수행할 수 있도록 對應할 수 있는 작업진용을 組織하는 것이 바람직하다. 또한 각 과정의 각 부분별로 어떤 시간, 어떤 장소에서도 점검이 될 수 있어야 하고 위에 적은 바와 같은 단계별 점검은 차례로 수행되어야 한다.

(1) 地上基準點測量

基準點의 正確度는 三角點, 多角點, 水準點,

기타 基準點의 選點과 수행된 計算을 檢討함으로써 點檢될 수 있다.

1等 혹은 2等 三角點이 없는 地域에서는 局地的 網의 縮尺을 點檢하는 것은 가장 어렵다.

三角測量의 基線은 적어도 2번 測定해야 한다. 만일 可能하면 테루로미터 및 인바 테이프와 같은 다른 방법으로 測定을 해야한다.

記錄變造를 방지하기 위해서 測量記錄과 野帳은 특수한 종이에 記錄되어야 한다. 지우개를 써서 變造한 것인지 아닌지를 검사하여야 한다. 따라서 기록은 正副本을 떼서 保管하는 것이 좋다.

모든 地上測量은 測量 그 自體에서 스스로 點檢方法이 있어야 한다. 標高點의 基準點測量의 경우에는 氣壓水準測量에 의하여 最小限 3개의 아네로이드를 사용할 필요가 있다.

만일 地上測量이 제대로의 方法에 의해서 수행되면 成果는 點檢을 위한 追加의인 現地測量을 하지 않고 事務室에서 點檢할 수 있어야 한다.

(2) 寫眞基準點測量(A. T)에 의한 寫眞基點의 檢査

가장 쉬운 檢査方法은 數值的 標定(numerical orientation)과 機械座標를 機械的(혹은 電氣的)으로 記錄할 수 있는 圖化機에 의하여 3次元의 寫眞基準點測量을 하는 것이다.

寫眞基準點測量의 準備作業(隣接 스트립간의 點移寫를 包含)에서도 임의 軸출방법에 의하여 基準點을 點檢할 수 있다. 그것은 點의 移寫는 隣接 스트립으로부터 얻어진 座標에서 現저한 偏差를 보이게 되기 때문이다.

數值的 標定方法을 應用함으로써 圖化의 正確度를 點檢할 수 있다. 그것은 相互標定 뒤의 殘餘視差로부터 平均自乘誤差를 計算함으로써 可能하다. 殘存視差의 測定은 相互標定에 사용된 6點을 차례로 옮겨가면서 실시한다.

連續되는 모델에서는 날개點(wing point) 사이의 偏差들은 圖化機의 所定の 評價方法으로 하여야 한다. 最終點檢은 브록調整 結果를 檢討함으로써 可能하다.

브록調整 후에 隣接 스트립으로부터 誘導된 共通連結點들(tie points)의 座標의 差異는 寫眞

基準點測量(A. T)의 質을 評價하는 基準이 된다.

(3) 圖化作業(事前 踏査, 혹은 補測을 包含하는 경우)

圖化에 있어도 가능한 한 自體檢査方法 혹은 事後에 事務室에서의 檢査가 쉬운 方法을 應用하는 것이 바람직하다.

① 相互標定の 檢査

by 혹은 ω 로써 殘餘視差를 測定한다. 相互標定에 사용한 6개의 標定點에서 觀測된 視差가 零이 되도록 한 相互標定因子를 읽어서 記錄함으로써 檢査가 가능하다. 이 方法은 일반적인 도화에서의와 같이 相互標定の 正確度 判定에 利用된다.

② 對地標定の 檢査

우선 機械座標를 읽을 수 있는 도화기인가를 구별하는 것이 필요하다. 一級圖化機에서는 對地標定이 圖解的 方法에 의하여 수행되는 경우 일지라도 基準點의 機械座標를 읽는 것은 必要하다. 그것은 간단한 線形轉換에 의하여 對地標定을 檢査할 수 있기 때문이다.

Kelsh, Multiplex, Wild A6, Stereosimplex II 其他 이러한 型의 圖化機를 使用하는 境遇에 圖化士가 이 基準點을 판독할 때에 강하게 영향을 주는 寫眞基準點의 殘差의 備差圖를 그릴 수 있다.

Kelsh, Multiplex와 같은 도화기 혹은 그 이하 級의 도화기를 사용할 때에도 檢査目的으로는 몇개의 모델은 보다 精密度가 높은 圖化機에서 對地標定을 실시해야 한다.

③ 細部 圖化의 檢査

平面 및 等高線 모두를 圖化하는 境遇에는 同一한 縮尺으로 透明한 종이를 붙여서 보다 精密度가 높은 圖化機를 사용하여 圖化를 되풀이 하는 것이 좋다. 이러한 圖化結果를 比較하여 誤差를 檢査하는 데에 이용한다. 그러므로 몇 모델의 圖化作業을 반복함으로써 檢査圖化作業을 실시할 수 있다. 誤差의 檢査는 平均自乘誤差를 決定함으로써 가능하다.

예를 들어서 檢査圖化에 의해서 同一한 點에서의 2回 觀測 사이의 較差 V_x (X軸에의)와 V_y (Y軸에의)는 실제의 地圖에서의 檢査에서 나타

나는 類似한 較差 W_x, W_y 와의 사이에는 다음과 같은 관계가 成立되는 사실을 發見할 수 있다.

$$m_c^2 = \frac{[V_x V_x] + [V_y V_y]}{n}$$

$$m_m^2 = \frac{[W_x W_x] + [W_y W_y]}{n}$$

일반적으로 $m_m^2 \cdot K = m_c^2 \dots\dots\dots (2.1)$

式(2.1)에서 K 는 檢査圖化로부터 얻은 結果가 地圖로부터 얻은 結果와 같은 境遇에만 同一한 單位를 갖는다.

印刷한 地圖 혹은 編集製圖에서도 檢査한 結果는 실제적으로는 檢査圖化에서 얻은 結果를 초과하는 境遇는 거의 없다.

檢査圖化는 가능하면 精密度가 높은 圖化機에서 실시하는 것이 좋다. 그렇게 함으로써 m_c 를 가능한 한 減少시켜서 즉 m_c 가 작은 값을 가지게 되어 실제의 地圖의 誤差와 비교할 때에 무시할 수 있게 되어야 한다.

檢査圖化의 範圍는 圖化地域의 10~20%를 임의로 指定하여 反復圖化를 실시하여야 하고 또한 圖化紙上 正規적으로 分布된 약100點의 座標를 點檢하여야 한다.

圖化檢査에서 正確度 檢査보다 더욱 어려운 것은 細部現況의 表現의 完全度(completeness)를 點檢하는 問題이다.

完全度 檢査의 가장 확실한 方法은 野外에서의 現場檢査方法이다. 判讀의 과오를 방지하기 위한 完全度 檢査基準의 許容範圍를 決定하기는 더욱 어렵다. 왜냐하면 이것은 地形의 형태 및 其他 관련 因子에 따라서 一般公式을 만드는 것은 거의 不可能하기 때문이다. 따라서 大縮尺, 精密圖化에서는 항상 完全한 圖化를 하려고 노력해야 한다. 이러한 圖化에서는 일반적으로 어떠한 과오도 許容할 수 없다. 그것은 또한 이러한 觀點에서는 許容誤差는 전혀 存在하지 않음을 의미한다.

1:25,000과 같은 中縮尺 地形圖의 圖化에는 이러한 어려움은 마찬가지이다. 그것은 1圖葉의 包括面積이 보다 넓고 또한 檢査가 각 圖葉에 걸쳐서 임의로 指定한 地域에서 實施되어야 하기 때문이다.

都給에 의한 圖化의 境遇는 임의 抽出檢査方法 밖에는 전혀 다른 效果的인 方法이 없다. 그래서 檢査에서 많은 과오가 發見되면 그 圖化는 신빙성이 없는 것이므로 成果接受를 하지 말아야 한다. 단계적 檢査方法을 채택할 때에는 完全度 檢査를 위한 野外檢査 등은 最終 스크라이빙製圖 以前에 수행해야 한다. 이 방법은 역시 都給에 의한 地圖製作 用役에도 적용하여야 한다.

2.3.3. 圖化의 正確度

(1) 平面正確度

大縮尺 地圖도 역시 圖形的 成果物이다. 地圖가 地上測量 데이터에 의하여 圖化되든 혹은 精密圖化機에서 實體視의 寫眞모델에 의해서 圖化되든, 아무튼 圖化誤差는 地圖의 正確도에 피할 수 없는 커다란 영향을 미치게 된다.

地圖誤差에는 圖化誤差, 製圖誤差 및 印刷誤差가 包含된다. 地圖使用者는 地上에서의 數cm, 數십cm 등의 制限 誤差가 誤差에서 確保될 수 있는 正確도를 가진 地圖를 要求하게 된다.

위와 같은 圖形誤差는 縮尺誤差(距離誤差)를 包含하여 圖上에서 0.2mm以上으로 向上되지 않으며 또한 그것은 地上測量誤差 혹은 航空寫眞의 圖化誤差와 같은 測量에서 비롯되는 誤差이다. 그러므로 測量은 經濟的 觀點에서 圖面에 表現되는 圖化誤差의 限界를 초월할 程度로 正確히 할 必要가 없는 것이다. 예컨대 上記 正確도가 1:1의 比이면 最終縮尺의 正確도는 $0.2\sqrt{2} \approx 0.3 \text{ mm}$

① 精密圖化機에 의한 大縮尺 圖化에서의 平面誤差

寫眞모델로부터 直接 圖化된 거리의 正確도는 $\sigma_a = 17.5\mu \times S_p$ 로 推定할 수 있다.

② 大縮尺 示範事業의 實例(Visser 1966)

이 示範研究는 네덜란드政府의 土木省의 의뢰에 의하여 ITC의 Visser 교수가 수행한 1:500 大縮尺 地圖製作의 正確도를 比較한 實例이다.

- 地域: Katwijk市
- 航空寫眞의 縮尺: 1:3,000, 1:4,000, 1:5,000

- 研究方法 : i) 地上測量方法에 의하여 2個組의 測量팀이 獨立的으로 2回로 1:500地形測量을 함.
- ii) 1:3,000, 1:4,000, 1:5,000의 航空寫眞을 圖化하여 1:500地形圖를 製作함.

• 正確度 分析 : 都市의 地形細部事項, 家屋모서리, 步道 等.

- 比較 : i) 3對回의 寫眞測量 圖化原圖 相互間
- ii) 2對回의 地上測量 原圖 相互圖
- iii) 寫眞測量 圖化原圖 對 地上測量原圖

• 結果 : $\sigma_{\Delta x} = \sigma_{\Delta y} = 0.15 \sim 0.20\text{mm}$ (약 9cm, 地上) (0.2mm \times 500 = 10cm)

③ 大縮尺 示範事例 (特殊目的의 都市地圖)

• Vermessungstechnik 1769 Heft 1 page 33에 의함.

• 불가리아의 首都 소피아 (Sofia)市의 一域에서 실시된 시범사업임.

• 地圖縮尺 : 1:200

• 航空寫眞 : 縮尺 1:2,400, 카메라 N.A21cm (Topar) 18cm \times 18cm, 航空機 AN-14, 노출 시간 1/300秒, 撮影속도 140km/hr.

• 使用圖化機 : Stereometrograph D (精密圖化機 1급)

• 結果 : i) 平面 : 地上距離와 對應하는 圖上距離의 비교

$$\sigma_a = 3.6\text{cm} \text{ (地上에서)}$$

$$\sigma_a = 0.18\text{mm} \text{ (1:200原圖에서)}$$

$$\sigma_a = 15\mu \text{ (寫眞縮尺에서)}$$

ii) 標高 : $\sigma_h = 5 \sim 6\text{cm}$ (0.11% \times 飛行高度)

以上の ①~③의 例로써 미루어 보아 圖化的 平面位置의 正確度는 0.2mm (圖上)로 制限하는 것이 大縮尺 地圖製作에는 現實的이라고 생각한다.

(2) 標高正確度

標高의 正確度 檢査는 모든 縮尺의 等高線 地圖에 적용된다.

① 標高點檢을 실시하는 點의 10% 以上이 等

高線의 主曲線 間隔의 1/2 以內에 들어와야 한다.

② 標高點檢에서 導出되는 誤差는 水平變位가 地圖의 許容平面誤差 以內에 있을 때에는 줄어든다.

$$\textcircled{3} d_0 \leq \pm 0.3 \Delta h \quad (2.2)$$

式(2.2)에서 Δh 는 最小等高線 間隔, d_0 는 平均自乘誤差이다.

$$\textcircled{4} d_0 \leq \pm (0.3 \Delta h + b \tan \alpha) \quad (2.3)$$

式(2.3)에서 b 는 地圖의 許容平面誤差, α 는 等高線間의 傾斜角이다.

(5) 平面誤差와 標高誤差가 獨立된 境遇에는

$$d_0 \leq \pm \sqrt{(0.3 \Delta h)^2 + \frac{b^2}{2} \tan^2 \alpha} \quad (2.4)$$

2.4 우리나라 圖化作業의 問題點

現在 國立地理院이 採擇하고 있는 細部圖化方法은 先圖化 後現地調查이다. 先圖化, 後現地調查와 先現地調查 後圖化的 兩方法 사이에는 각기 長短點이 있는 것이지만 이것은 圖化的 正確度와 作業의 能率에 關係되는 問題이므로 檢討해 볼 필요가 있다.

2.4.1 現況의 分析

1966年의 韓和協同航空寫眞測量事業의 着手와 더불어 出發한 우리나라의 圖化作業은 1:25,000 國土基本圖의 製作過程에서부터 地圖의 緊急需要와 豫算의 會計年度 및 運營計劃 등의 時限性과 硬直性 때문에 業務量의 目標達成을 위해 時限附加로 實績指向的 業務遂行을 하다 보니 成果의 質에 대해 염려스러운 點이 없지 않다.

또한 다른 하나의 問題點은 圖化原圖의 製作段階에서 圖化對象을 現地 確認하는 過程이 없는 데에 있다. 圖化士가 現地確認調查資料가 없는 상태에서 도화사 스스로의 寫眞判讀에만 의하여 圖化作業을 하는 것은 圖化對象物의 認識誤差를 許容範圍보다 크게 할 確率은 보다 높다.

原則的으로 寫眞測量의 過程은 航空寫眞撮影 (寫眞製作 包含), 基準點測量 (地上基準點測量 및 寫眞基準點測量 包含) 現地調查 및 圖化的

順序로 되어야 한다. 現行 圖化原圖는 現地調查過程을 省略하고 製作되어 地圖製作 段階로 넘겨지고 있다. 이 原圖는 地圖編集 過程 以前에 現地調查(地理調查)를 거쳐 補完되고 있으나 圖化原圖가 完成된 다음의 現地調查는 圖化前의 現地調查에 비하면 效率性이 낮다고 볼 수 밖에 없다.

왜냐하면 地圖製作 段階에서의 現地調查는 地圖原圖의 編集에의 基礎資料로 利用되는 것이므로 地名, 地理 혹은 人文景觀의 事項에 보다 力點이 주어지기 때문이며 또한 細部地物의 表現의 누락, 對象 또는 土地境界의 缺測 등 幾何學的 要素 등의 補測과 補完은 圖化前에 確認되어 圖化過程에 反映되어야 하기 때문이다.

더구나 座標 또는 測量에 관련되는 缺測部分이나 像의 判讀에서 認識誤差가 크게 나타날 사항은 現行 地圖製圖業體에 의하여 用役으로 수행되고 있는 現地調查(地理調查)에서 補測 또는 補完되리라고 기대하는 것은 어려운 點이 있다.

2.4.2 改善方法

大縮尺 地圖製作에서는 中縮尺 또는 小縮尺 地圖製作에서와는 달라서 地形, 地物의 表現에서 一般化(generalization) 및 誇張化(exaggeration)가 거의 없이 實幅 또는 實像대로 圖化해야 할 對象이 보다 많아지는 것이다.

그러므로 大縮尺 地圖의 圖化에서는 반드시 現地調查를 거쳐서 준비된 키노트(key note) 사진-擴大寫眞上에 圖化對象을 記入한 사진-을 圖化士에게 주어 參考하도록 配慮하여야 한다.

따라서 圖化前에 現地調查 過程을 追加하여 圖化成果의 質을 높여야 한다.

2.5 圖化士(operator) 個人誤差(相對觀測誤差)

2.5.1 概要

圖化作業의 成果를 點檢하는 方法의 하나로 圖化作業에 從事하는 圖化士 個人間에서 差異가 일어나는 個人誤差에 대하여 檢討해 보기로

한다.

原則적으로 圖化作業에는 圖化幾의 性能에 의한 機械的 誤差, 혹은 系統的 誤差(systematic error)가 圖化成果의 質을 주로 支配할 것이라는 論據가 있지만 圖化士에 의한 個人的 作業上의 習性에 의한 差異 또는 經歷의 差異에 의한 熟練度의 差異에 의한 誤差 등이 圖化原圖의 質에 어떠한 영향을 주는지 檢討하는 것은 大縮尺 圖化作業에서는 대단히 重要하다.

2.5.2 分析方法

圖化士의 個人誤差를 檢出하기 위하여 다음과 같이 實驗的 圖化作業을 實施하였다.

(1) 觀測組의 編成

國立地理院에 勤務하는 圖化士 중에서 圖化經歷이 10년, 5년, 2년 정도가 되는 도화사로 경력별로 2명 1조로 3個組 6명을 任意 選拔하여 組編成을 했다.

(2) 使用한 圖化機

國立地理院 保有의 精密圖化機(Wild Autograph A8) 1台와 地形圖化機(Wild Avigraph B8) 1台를 任意 選拔하여 使用하였다.

(3) 圖化縮尺 및 使用모델

圖化縮尺은 1/5,000과 1/1,200인데 1/5,000 圖化는 現行 大縮尺 地形圖化作業에 使用하고 있는 모델 중에서 任意 選定하였고 1/1,200 圖化는 既存資料인 高速道路實施設計測量에 使用했던 모델을 利用하였다.

圖化縮尺, 寫眞縮尺 모델縮尺의 관계는 다음과 같다.

圖化縮尺	寫眞縮尺	모델縮尺
1/5,000	1/20,000	1/12,500
1/1,200	1/6,000	1/3,000

(4) 實驗圖化의 觀測規模 및 內容

① 圖化範圍: 10cm × 10cm(圖上에서)

② 圖化內容: 道路, 河川, 家屋, 等高線 및 標高點

③ 圖化方法: 1個組 2人이 同一 縮尺, 同一 圖化機에서 각각 獨立的으로 上記 內容을 圖化

하였다.

(5) 誤差의 測定 및 檢出方法

① 誤差의 測定：上記 實驗圖化의 成果에서 道路上에 10個點, 河川 10個點, 地類 10個點, 家屋 10個點 등 平面地物 40個點과 等高線에서 10個點 및 標高點 10個點을 選定하여 A, B 두 圖化士에 의하여 圖化된 成果의 較差를 測定하였다.

② 誤差의 檢出：測定된 觀測值(較差)의 算術

平均值($\bar{x} = \frac{\sum \ell_i}{n}$)와 平均自乘誤差($\delta = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$)를 計算하였다.

(6) 圖化士의 經歷

① 경력 10년인 도화사는 최근 數年間에 精密圖化機에서만 作業하여 왔으므로 地形圖化機에서의 作業熟練度는 오히려 떨어진다고 할 수 있다.

② 경력 5년인 도화사는 처음에는 地形圖化機에서 作業하다가 최근 2~3년전부터 精密圖化機에서 作業하고 있다.

③ 경력 2년인 도화사는 현재까지 주로 地形圖化機에서 作業하고 있으며 精密圖化機 操作은 基本的인 能力만을 갖춘 圖化士이다.

2.5.3 結果의 檢討(表2-1~2-13 참조)

(1) 表2-2를 보면, 도로, 하천, 가옥, 지류 등의 平面位置의 較差의 平均은 0.27mm인데 이 중에서 河川의 誤差가 0.51mm로 가장 크다. 이 현상은 表2-3(平均 0.36mm에 대하여 0.46mm), 表2-4(平均 0.24에 대하여 0.26mm)에서도 나타나고 있다. 즉 1/1,200縮尺의 圖化에서는 同一한 圖化機(B-8)에서, 圖化士 경력 10년, 5년, 2년 등으로 숙련도가 다르더라도 代表的인 平面地物인 道路, 河川, 家屋, 地類 중에서 河川이 가장 큰 誤差를 나타내고 있다.

그 理由는 河川의 境界는 水面의 反射光量이 地表面의 그것에 비하여 強熟하고 또한 境界의 모호함 때문이라고 생각된다. 또한 河川 다음으로 家屋, 地類, 道路의 順序로 誤差의 크기가 나타난다. 이것으로 미루어 봐서 圖化前에 現地調

査를 거쳐 圖化對象의 地物의 境界와 윤곽을 寫眞上에 表示함으로써 圖化士의 認識誤差를 줄일 必要가 있다.

(2) 表2-5, 2-6, 2-7을 보면 平面地物 중에서 河川의 誤差가 (1)에서 지적한 바와는 다르게 오히려 작아지는 현상을 보이고 있다. 그것은 圖化縮尺이 1/1,200보다 小縮尺인 1/5,000으로 된 것에 연유된다고 생각된다.

이것은 大縮尺 圖化에서는 認識誤差가 小縮尺에서 보다 더욱 深化됨을 알 수 있다.

(3) 表2-8, 2-9, 2-10을 보면 (1)에서 지적한 現象이 類似하게 나타난다.

(4) 表2-11, 2-10, 2-11을 보면 (2)에서 지적한 現象이 類似하게 나타난다.

以上の (1)~(4)에 의하면 圖化作業에서 일어나는 認識誤差의 크기는 圖化機의 性能과 圖化士의 熟練度보다는 圖化縮尺의 大小에 보다 더 影響을 받고 있음을 알 수 있다. 따라서 圖化前 現地調査의 重要性을 認識할 必要가 있다.

(5) 表2-2~2-15를 보면, 道路, 河川, 家屋, 地類 및 等高線 등의 線形圖化는 獨立된 標高點의 測定보다 두드러진 크기의 誤差를 나타내고 있다. 이것은 線形圖化는 浮點을 着地하여(floating mark on the ground) 계속적으로 操作한다는 것이 한 點 한 點을 測定하는 것 보다 어렵다는 사실을 立證하는 것이다. 그러므로 圖化區域內에는 對地標定에 必要한 基準點 以外에 가능하면 많은 點檢點(check point)이 있으면 圖化의 成果의 質을 높일 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 또한 建物, 道路, 堤坊과 같은 直線形地物은 될 수 있는대로 點을 찍어 자로써 直線으로 연결하는 것이 正確한 圖化를 할 수 있음을 말해 준다.

(6) 表2-1은 表2-2~2-13의 結果를 整理한 것이다. 이 表에서 다음 몇가지를 指摘할 수 있다.

① 同一한 縮尺, 同一한 圖化機에서는 圖化士의 경력 10년이면(즉 熟練度가 높으면) 많을수록 正確한 結果를 얻고 있다.

② 同一한 경력의 圖化士에 의해서는 小縮尺에서보다는 大縮尺에서 보다 正確한 成果를 얻고 있다.

③ 同一한 경력의 圖化士에 의해서는 同一한 縮尺에서는 精密圖化機에서의 成果는 地形圖化機에 의한 成果보다 正確도가 높다. 다만 圖化士의 경력도 어느 圖化機에서 경력을 쌓았느냐가 문제가 되기도 한다. 表에서 경력 5년의 경우를 보면 地形圖化機에 의한 1/1,200의 成果가 精密圖化機에 의한 1/5,000의 成果보다는 더 큰 誤差를 나타내고 있다. 그것은 이 圖化士는 주로 精密圖化機에서 熟練되었기 때문이다. 또한 경력 2년의 도화사의 경우를 보면 地形圖化機에 의한 成果가 精密圖化機에 의한 成果보다 훨씬 높은 正確도를 얻고 있다. 그것은 圖化作業의 2年間의 경력을 주로 地形圖化機에서 쌓았기 때문이다.

3. 結 論

以上에서 檢討한 바와 같이 圖化作業에서 認識誤差를 줄이고 圖化的 成果의 正確도를 높이기 위해서는

① 圖化前에 現地調査를 실시하여 圖化對象物의 認識誤差를 가능한 한 極小化할 것이며 특히

大縮尺 圖化에서는 반드시 後圖化的 過程을 선택하여야 한다.

② 大縮尺 圖化에서는 地形圖化機보다는 精密圖化機를 使用하여야 한다.

③ 圖化士는 精密圖化機에서 경험을 쌓은 경력이 3年以上인 사람을 圖化하게 하여야 한다.

④ 大縮尺 圖化에서는 가능한 한 圖化區域(모델) 內에 基準點의 配點 密度를 높여야 한다.

參考文獻

1. ITC Textbook of Photogrammetry Volume V. Production of Maps and History of Photogrammetry.
2. J. Visser, Photogrammetry for Ubaan Mapping ITC Journal 1974~5 (pp. 638~649)
3. J. Visser, Photogrammetry for Cadastral Surveys ITC Journal 1974~5 (pp. 628~637)
4. A. J. Van der Weele, Photogrammetry for Cadastral Surveys ITC Journal 1974~5 (pp. 617~627)
5. Koeman, Cartography ITC Textbook.
6. 中野尊正, 地圖學, 朝倉書店 (pp. 67~76, 137~144)
7. 尾崎辛男, 寫眞測量, 禁北出版社 (pp. 34~41, 43~61, 188~191)
8. 條邦彦, 新版寫眞測量, 山海堂 (pp. 81~87, 374~389)

表 2-1. 圖化士 個人誤差-相對觀測誤差(較差)-의 分析

圖化機	圖化縮尺	誤差區分	경 력 10 년			경 력 5 년			경 력 2 년		
			평면위 치(mm)	등고선 (m)	표고점 (m)	평면위 치(mm)	등고선 (m)	표고점 (m)	평면위 치(mm)	등고선 (m)	표고점 (m)
B-8	1/1,200	算術平均	0.27	0.14	0.04	0.36	0.12	0.07	0.24	0.25	0.07
		平均自乘誤差	0.16	0.26	0.03	0.24	0.17	0.07	0.21	0.22	0.06
	1/5,000	算術平均	0.16	0.32	0.15	0.22	0.36	0.19	0.26	0.30	0.16
		平均自乘誤差	0.19	0.22	0.13	0.19	0.25	0.16	0.21	0.25	0.16
A-8	1/1,200	算術平均	0.17	0.13	0.04	0.20	0.25	0.05	0.51	0.29	0.06
		平均自乘誤差	0.16	0.08	0.03	0.18	0.12	0.03	0.39	0.21	0.03
	1/5,000	算術平均	0.16	0.34	0.23	0.23	0.58	0.07	0.26	0.50	0.18
		平均自乘誤差	0.16	0.30	0.19	0.20	0.42	0.07	0.29	0.31	0.18

사용도화기: B-8 도화축척: 1/1,200
 사진 축척: 1/6,000 도 화 사: 경력 10년
 모델 축척: 1/3,000

表 2-2. 1/1,200, B-8, 경력 10년

	도			로			하			천			가			육			지			류			등			고			선			표			교			점		
	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv						
1	0.40	+0.22	0.0484	0.70	+0.19	0.0361	0.25	-0.02	0.0004	0.00	-0.12	0.0144	0.20	+0.06	0.0036	0.00	-0.04	0.0016	0.20	+0.06	0.0036	0.00	-0.04	0.0016	0.20	+0.06	0.0036	0.00	-0.04	0.0016	0.20	+0.06	0.0036	0.00	-0.04	0.0016						
2	0.10	-0.08	0.0064	0.80	+0.29	0.0841	0.20	-0.07	0.0049	0.00	-0.12	0.0144	0.00	-0.14	0.0196	0.10	+0.06	0.0036	0.00	-0.14	0.0196	0.10	+0.06	0.0036	0.10	+0.06	0.0036	0.10	+0.06	0.0036	0.10	+0.06	0.0036	0.10	+0.06	0.0036						
3	0.00	-0.18	0.0324	0.90	+0.39	0.1521	0.30	+0.03	0.0009	0.25	+0.13	0.0169	0.85	+0.71	0.5041	0.05	+0.01	0.0001	0.25	+0.13	0.0169	0.85	+0.71	0.5041	0.05	+0.01	0.0001	0.25	+0.13	0.0169	0.85	+0.71	0.5041	0.05	+0.01	0.0001						
4	0.00	-0.18	0.0324	0.50	-0.01	0.0001	0.30	+0.03	0.0009	0.30	+0.18	0.0324	0.00	-0.14	0.0196	0.01	-0.03	0.0009	0.30	+0.03	0.0009	0.30	+0.18	0.0324	0.00	-0.14	0.0196	0.01	-0.03	0.0009	0.30	+0.03	0.0009	0.30	+0.18	0.0324						
5	0.25	+0.07	0.0049	0.20	-0.31	0.0961	0.30	+0.03	0.0009	0.00	-0.12	0.0144	0.00	-0.14	0.0196	0.06	+0.02	0.0004	0.30	+0.03	0.0009	0.00	-0.12	0.0144	0.00	-0.14	0.0196	0.06	+0.02	0.0004	0.30	+0.03	0.0009	0.00	-0.12	0.0144						
6	0.20	+0.02	0.0004	0.20	-0.31	0.0961	0.50	+0.23	0.0529	0.40	+0.28	0.0784	0.00	-0.14	0.0196	0.00	-0.04	0.0016	0.40	+0.28	0.0784	0.00	-0.14	0.0196	0.00	-0.14	0.0196	0.00	-0.04	0.0016	0.40	+0.28	0.0784	0.00	-0.14	0.0196						
7	0.30	+0.12	0.0144	0.50	-0.01	0.0001	0.20	-0.07	0.0049	0.00	-0.12	0.0144	0.13	-0.01	0.0001	0.05	+0.01	0.0001	0.20	-0.07	0.0049	0.00	-0.12	0.0144	0.13	-0.01	0.0001	0.05	+0.01	0.0001	0.20	-0.07	0.0049	0.00	-0.12	0.0144						
8	0.25	+0.07	0.0049	0.50	-0.01	0.0001	0.30	+0.03	0.0009	0.00	-0.12	0.0144	0.05	-0.09	0.0081	0.05	+0.01	0.0001	0.30	+0.03	0.0009	0.00	-0.12	0.0144	0.05	-0.09	0.0081	0.05	+0.01	0.0001	0.30	+0.03	0.0009	0.00	-0.12	0.0144						
9	0.25	+0.07	0.0049	0.40	-0.11	0.0121	0.20	-0.07	0.0049	0.10	-0.02	0.0004	0.05	-0.09	0.0081	0.05	+0.01	0.0001	0.20	-0.07	0.0049	0.10	-0.02	0.0004	0.05	-0.09	0.0081	0.05	+0.01	0.0001	0.20	-0.07	0.0049	0.10	-0.02	0.0004						
10	0.00	-0.18	0.0324	0.40	-0.11	0.0121	0.10	-0.17	0.0289	0.10	-0.02	0.0004	0.15	+0.01	0.0001	0.00	-0.04	0.0016	0.10	-0.17	0.0289	0.10	-0.02	0.0004	0.15	+0.01	0.0001	0.00	-0.04	0.0016	0.10	-0.17	0.0289	0.10	-0.02	0.0004						
$\Sigma \delta_i$	1.75			5.10			2.65			1.15			1.43			0.38			1.15			1.43			0.38			1.15			1.43			0.38								
$\bar{x} = \frac{\Sigma \delta_i}{n}$	0.18			0.51			0.27			0.12			0.14			0.04			0.12			0.14			0.04			0.12			0.14			0.04								
[vv]			0.1815			0.4890			0.1005			0.2005			0.6025			0.0101			0.1005			0.2005			0.6025			0.0101			0.1005									
$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	0.14			0.23			0.11			0.15			0.26			0.03			0.15			0.26			0.03			0.15			0.26			0.03								

* ① δ_i 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差임.
 ② 平面誤差: ○算術平均: 0.27
 ○ 평균자승오차의 平均: 0.16

사용도화기: B-8 도화축척: 1/1,200
 사진 축척: 1/6,000 도 화 사: 경력 5년
 모델 축척: 1/3,000

表 2-3. 1/1,200, B-8, 경력 5년

	도			로			하			천			가			육			지			류			등			고			선			표			교			점		
	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv	δ_i	v	vv						
1	0.20	-0.07	0.0049	0.90	+0.44	0.1936	0.90	+0.46	0.2116	0.60	+0.32	0.1024	0.50	+0.38	0.1444	0.00	-0.07	0.0049	0.60	+0.32	0.1024	0.50	+0.38	0.1444	0.00	-0.07	0.0049	0.60	+0.32	0.1024	0.50	+0.38	0.1444	0.00	-0.07	0.0049						
2	0.20	-0.07	0.0049	0.50	+0.04	0.0016	0.60	+0.16	0.0256	0.10	-0.18	0.0324	0.00	-0.12	0.0144	0.05	-0.02	0.0004	0.60	+0.16	0.0256	0.10	-0.18	0.0324	0.00	-0.12	0.0144	0.05	-0.02	0.0004	0.60	+0.16	0.0256	0.10	-0.18	0.0324						
3	0.40	+0.13	0.0169	0.60	+0.14	0.0196	0.50	+0.06	0.0036	0.10	-0.18	0.0324	0.00	-0.12	0.0144	0.05	-0.02	0.0004	0.50	+0.06	0.0036	0.10	-0.18	0.0324	0.00	-0.12	0.0144	0.05	-0.02	0.0004	0.50	+0.06	0.0036	0.10	-0.18	0.0324						
4	0.00	-0.27	0.0729	0.50	+0.04	0.0016	0.30	-0.14	0.0196	0.70	+0.42	0.1764	0.25	+0.13	0.0169	0.02	-0.05	0.0025	0.30	-0.14	0.0196	0.70	+0.42	0.1764	0.25	+0.13	0.0169	0.02	-0.05	0.0025	0.30	-0.14	0.0196	0.70	+0.42	0.1764						
5	0.20	-0.07	0.0049	0.00	-0.46	0.2116	0.60	+0.16	0.0256	0.40	+0.12	0.0144	0.20	+0.08	0.0064	0.10	+0.03	0.0009	0.60	+0.16	0.0256	0.40	+0.12	0.0144	0.20	+0.08	0.0064	0.10	+0.03	0.0009	0.60	+0.16	0.0256	0.40	+0.12	0.0144						
6	0.50	+0.23	0.0529	0.00	-0.46	0.2116	0.10	-0.34	0.1156	0.00	-0.28	0.0784	0.00	-0.12	0.0144	0.15	+0.08	0.0064	0.10	-0.34	0.1156	0.00	-0.28	0.0784	0.00	-0.12	0.0144	0.15	+0.08	0.0064	0.10	-0.34	0.1156	0.00	-0.28	0.0784						
7	0.25	-0.02	0.0004	0.50	+0.04	0.0016	0.60	+0.16	0.0256	0.00	-0.28	0.0784	0.26	+0.14	0.0196	0.00	-0.07	0.0049	0.60	+0.16	0.0256	0.00	-0.28	0.0784	0.26	+0.14	0.0196	0.00	-0.07	0.0049	0.60	+0.16	0.0256	0.00	-0.28	0.0784						
8	0.30	+0.03	0.0009	0.30	-0.16	0.0256	0.20	-0.24	0.0576	0.00	-0.28	0.0784	0.00	-0.12	0.0144	0.20	+0.13	0.0169	0.20	-0.24	0.0576	0.00	-0.28	0.0784	0.00	-0.12	0.0144	0.20	+0.13	0.0169	0.20	-0.24	0.0576	0.00	-0.28	0.0784						
9	0.30	+0.03	0.0009	0.90	+0.44	0.1936	0.40	-0.04	0.0016	0.40	+0.12	0.0144	0.00	-0.12	0.0144	0.09	+0.02	0.0004	0.40	-0.04	0.0016	0.40	+0.12	0.0144	0.00	-0.12	0.0144	0.09	+0.02	0.0004	0.40	-0.04	0.0016	0.40	+0.12	0.0144						
10	0.30	+0.03	0.0009	0.40	-0.06	0.0036	0.20	-0.24	0.0576	0.50	+0.22	0.0484	0.00	-0.12	0.0144	0.00	-0.07	0.0049	0.20	-0.24	0.0576	0.50	+0.22	0.0484	0.00	-0.12	0.0144	0.00	-0.07	0.0049	0.20	-0.24	0.0576	0.50	+0.22	0.0484						
$\Sigma \delta_i$	2.65			4.60			4.40			2.80			1.21			0.66			2.80			1.21			0.66			2.80			1.21			0.66								
$\bar{x} = \frac{\Sigma \delta_i}{n}$	0.27			0.46			0.44			0.28			0.12			0.07			0.28			0.12			0.07			0.28			0.12			0.07								
[vv]			0.1605			0.8640			0.5440			0.6560			0.2737			0.0426			0.5440			0.6560			0.2737			0.0426			0.5440									
$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	0.13			0.31			0.250			0.27			0.17			0.07			0.27			0.17			0.07			0.27			0.17			0.07								

* ① δ_i 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差임.
 ② 平面誤差: ○算術平均: 0.36
 ○ 평균자승오차의 平均: 0.24

表 2-4. 1/1, 200, B-8, 경력 2년

사용도화기: B-8 도화축척: 1/1, 200
 사진 축척: 1/6, 000 도 화 사: 경력 2년
 모델 축척: 1/3, 000

	도 보			하 천			가 욕			지 류			등 고 선			표 고 점		
	li	v	vv	li	v	vv	li	v	vv	li	v	vv	li	v	vv	li	v	vv
1	0.30	+0.10	0.0100	0.00	-0.26	0.0676	0.30	+0.04	0.0016	0.00	-0.23	0.0529	0.10	-0.15	0.0225	0.00	-0.07	0.0049
2	0.15	-0.05	0.0025	0.40	+0.14	0.0196	0.50	+0.24	0.0576	0.30	+0.07	0.0049	0.20	-0.05	0.0025	0.05	-0.02	0.0004
3	0.00	-0.20	0.0400	0.50	+0.24	0.0576	0.00	-0.26	0.0676	0.10	-0.13	0.0169	0.00	-0.25	0.0625	0.05	-0.02	0.0004
4	0.10	-0.10	0.0100	0.40	+0.14	0.0196	0.00	-0.26	0.0676	1.00	+0.76	0.5776	0.30	+0.05	0.0025	0.05	-0.02	0.0004
5	0.30	+0.10	0.0100	0.25	-0.01	0.0001	0.30	+0.04	0.0016	0.00	-0.23	0.0529	0.55	+0.30	0.0900	0.05	-0.02	0.0004
6	0.00	-0.20	0.0400	0.10	-0.16	0.0256	0.60	+0.34	0.1156	0.20	-0.03	0.0009	0.25	0.00	0.0000	0.20	+0.13	0.0169
7	0.20	0.00	0.0000	0.40	+0.14	0.0196	0.30	+0.04	0.0016	0.00	-0.23	0.0529	0.00	-0.25	0.0625	0.10	+0.03	0.0009
8	0.60	+0.40	0.1600	0.20	-0.06	0.0036	0.20	-0.06	0.0036	0.20	-0.03	0.0009	0.33	+0.08	0.0064	0.10	+0.03	0.0009
9	0.00	-0.20	0.0400	0.25	-0.01	0.0001	0.20	-0.06	0.0036	0.30	+0.07	0.0049	0.67	+0.42	0.1764	0.00	-0.07	0.0049
10	0.30	+0.10	0.0100	0.10	-0.16	0.0256	0.20	-0.06	0.0036	0.20	-0.03	0.0009	0.13	-0.12	0.0144	0.05	-0.02	0.0004
$\sum li$	1.95			2.60			2.60			2.30			2.53			0.65		
$\bar{x} = \frac{\sum li}{n}$	0.20			0.26			0.26			0.23			0.25			0.07		
$[vv]$			0.3225			0.2390			0.3140			0.7657			0.4397			0.0305
$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	0.19			0.16			0.19			0.29			0.22			0.06		

* ① li 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差인.
 ② 平面誤差: ○算術平均: 0.24
 ○평균자승오차의 平均: 0.21

表 2-5. 1/5, 000, B-8, 경력 10년

사용도화기: B-8 도화축척: 1/5, 000
 사진 축척: 1/20, 000 도 화 사: 경력 10년
 모델 축척: 1/12, 500

	도 보			하 천			가 욕			지 류			등 고 선			표 고 점		
	li	v	vv	li	v	vv	li	v	vv	li	v	vv	li	v	vv	li	v	vv
1	0.00	-0.16	0.0256	0.00	-0.10	0.0100	0.00	-0.29	0.0841	0.00	-0.09	0.0081	0.41	+0.09	0.0081	0.10	-0.05	0.0025
2	0.00	-0.16	0.0256	0.00	-0.10	0.0100	0.10	-0.19	0.0361	0.60	+0.51	0.2601	0.19	-0.13	0.0169	0.10	-0.05	0.0025
3	0.20	+0.04	0.0016	0.50	+0.40	0.1600	0.30	+0.01	0.0001	0.10	+0.01	0.0001	0.00	-0.32	0.1024	0.10	-0.05	0.0025
4	0.00	-0.16	0.0256	0.00	-0.10	0.0100	0.10	-0.19	0.0361	0.00	-0.09	0.0081	0.60	+0.28	0.0784	0.20	+0.05	0.0025
5	0.25	+0.09	0.0081	0.00	-0.10	0.0100	0.30	+0.01	0.0001	0.00	-0.09	0.0081	0.71	+0.39	0.1521	0.10	-0.05	0.0025
6	0.00	-0.16	0.0256	0.00	-0.10	0.0100	0.30	+0.01	0.0001	0.00	-0.09	0.0081	0.10	-0.22	0.0484	0.40	+0.25	0.0625
7	0.30	+0.14	0.0196	0.00	-0.10	0.0100	0.10	+0.19	0.0361	0.00	-0.09	0.0081	0.20	-0.12	0.0144	0.30	+0.15	0.0225
8	0.60	+0.44	0.1936	0.20	+0.10	0.0100	0.50	+0.21	0.0441	0.20	+0.11	0.0121	0.23	-0.09	0.0081	0.00	-0.15	0.0225
9	0.25	+0.09	0.0081	0.10	0.00	0.0000	0.60	+0.31	0.0961	0.00	-0.09	0.0081	0.28	-0.04	0.0016	0.20	+0.05	0.0025
10	0.00	-0.16	0.0256	0.15	0.05	0.0025	0.60	+0.31	0.0961	0.00	-0.09	0.0081	0.50	+0.18	0.0324	0.00	-0.15	0.0225
$\sum li$	1.60			0.95			2.90			0.90			3.22			1.50		
$\bar{x} = \frac{\sum li}{n}$	0.16			0.10			0.29			0.09			0.32			0.15		
$[vv]$			0.3590			0.2325			0.4290			0.3290			0.4628			0.1450
$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	0.20			0.16			0.22			0.19			0.22			0.13		

* ① li 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差인.
 ② 平面誤差: ○算術平均: 0.16
 ○평균자승오차의 平均: 0.19

表 2-6. 1/5,000, B-8, 경력 5년

사용도화기: B-8 도화축척: 1/5,000
 사진 축척: 1/20,000 도 화 사: 경력 5년
 모델 축척: 1/12,500

	도			하			가			지			등			표		
	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv
1	0.50	+0.23	0.0529	0.20	-0.03	0.0009	0.30	+0.06	0.0036	0.00	-0.12	0.0144	0.00	-0.36	0.1296	0.10	-0.09	0.0081
2	0.10	-0.17	0.0289	0.00	-0.23	0.0529	0.40	+0.16	0.0256	0.20	+0.08	0.0064	0.12	-0.24	0.0576	0.00	-0.19	0.0361
3	0.40	+0.13	0.0169	0.70	+0.47	0.2209	0.30	+0.06	0.0036	0.00	-0.12	0.0144	0.56	+0.20	0.0400	0.00	-0.19	0.0361
4	0.40	+0.13	0.0169	0.00	-0.23	0.0529	0.30	+0.06	0.0036	0.00	-0.12	0.0144	0.75	+0.39	0.1521	0.10	-0.09	0.0081
5	0.40	+0.13	0.0169	0.60	+0.37	0.1369	0.00	-0.24	0.0576	0.00	-0.12	0.0144	0.35	-0.01	0.0001	0.10	-0.09	0.0081
6	0.20	-0.07	0.0049	0.10	-0.13	0.0169	0.00	-0.24	0.0576	0.20	+0.08	0.0064	0.70	+0.34	0.1156	0.40	+0.21	0.0441
7	0.00	-0.27	0.0729	0.60	+0.37	0.1369	0.10	-0.14	0.0196	0.20	+0.08	0.0064	0.40	+0.04	0.0016	0.40	+0.21	0.0441
8	0.40	+0.13	0.0169	0.00	-0.23	0.0529	0.20	-0.04	0.0016	0.25	+0.13	0.0169	0.32	-0.04	0.0016	0.40	+0.21	0.0441
9	0.20	-0.07	0.0049	0.10	-0.13	0.0169	0.50	+0.26	0.0676	0.00	-0.12	0.0144	0.14	-0.22	0.0484	0.20	+0.01	0.0001
10	0.10	-0.17	0.0289	0.00	-0.23	0.0529	0.30	+0.06	0.0036	0.30	+0.18	0.0324	0.25	-0.11	0.0121	0.20	+0.01	0.0001
$\Sigma \delta i$	2.70			2.30			2.40			1.15			3.59			1.90		
$\bar{x} = \frac{\Sigma \delta i}{n}$	0.27			0.23			0.24			0.12			0.36			0.19		
[vv]			0.2610			0.7410			0.2440			0.1405			0.5587			0.2290
$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$		0.17			0.29			0.16			0.12			0.25			0.16	

* ① δi 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差임.
 ② 平面誤差: ○算 術 平 均: 0.22
 ○ 평균자승오차의 平均: 0.19

表 2-7. 1/5,000, B-8, 경력 2년

사용도화기: B-8 도화축척: 1/5,000
 사진 축척: 1/20,000 도 화 사: 경력 2년
 모델 축척: 1/12,500

	도			하			가			지			등			표		
	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv
1	0.70	+0.43	0.1849	0.10	-0.02	0.0004	0.50	+0.18	0.0324	0.90	+0.57	0.3249	0.25	-0.05	0.0025	0.00	-0.16	0.0256
2	0.30	+0.03	0.0009	0.20	+0.08	0.0064	0.40	+0.08	0.0064	0.40	+0.07	0.0049	0.50	+0.15	0.0225	0.00	-0.16	0.0256
3	0.40	+0.13	0.0169	0.25	+0.13	0.0169	0.10	-0.22	0.0484	0.00	-0.33	0.1089	0.08	-0.22	0.0484	0.00	-0.16	0.0256
4	0.50	+0.23	0.0529	0.00	-0.12	0.0144	0.35	+0.03	0.0009	0.20	-0.13	0.0169	0.35	+0.05	0.0025	0.40	+0.24	0.0576
5	0.30	+0.03	0.0009	0.20	+0.08	0.0064	0.20	-0.12	0.0144	0.20	-0.13	0.0169	0.71	+0.41	0.1681	0.00	-0.16	0.0256
6	0.00	-0.27	0.0729	0.00	-0.12	0.0144	0.00	-0.32	0.1024	0.40	+0.07	0.0049	0.00	-0.30	0.0900	0.30	+0.14	0.0196
7	0.00	-0.27	0.0729	0.20	+0.08	0.0064	0.10	-0.22	0.0484	0.60	+0.27	0.0729	0.00	-0.30	0.0900	0.30	+0.14	0.0196
8	0.50	+0.23	0.0529	0.10	-0.02	0.0004	0.45	+0.13	0.0169	0.00	-0.33	0.1089	0.68	+0.38	0.1444	0.30	+0.14	0.0196
9	0.00	-0.27	0.0729	0.00	-0.12	0.0144	0.50	+0.18	0.0324	0.25	-0.08	0.0064	0.22	-0.08	0.0064	0.20	+0.04	0.0016
10	0.00	-0.27	0.0729	0.10	-0.02	0.0004	0.60	+0.28	0.0784	0.35	+0.02	0.0004	0.25	-0.05	0.0025	0.10	-0.06	0.0036
$\Sigma \delta i$	2.70			1.15			3.20			3.30			3.04			1.60		
$\bar{x} = \frac{\Sigma \delta i}{n}$	0.27			0.12			0.32			0.33			0.30			0.16		
[vv]			0.6010			0.0805			0.3810			0.6660						0.2240
$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$		0.26			0.09			0.21			0.27			0.25			0.16	

* ① δi 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差임.
 ② 平面誤差: ○算 術 平 均: 0.26
 ○ 평균자승오차의 平均: 0.21

表 2-8. 1/1, 200, A8, 경력 10년

사용도화기: A 8 도화축척: 1/1,200
 사진 축척: 1/6,000 도 화 사: 경력 10년
 모델 축척: 1/3,000

	도 보			하 천			가 욕			지 류			통 고 선			표 고 점		
	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv
1	0.00	-0.10	0.0100	0.10	-0.10	0.0100	0.60	+0.43	0.1849	0.15	-0.04	0.0016	0.00	-0.13	0.0169	0.00	-0.04	0.0016
2	0.30	+0.20	0.0400	0.00	-0.20	0.0400	0.10	-0.07	0.0049	0.40	+0.21	0.0441	0.15	+0.02	0.0004	0.05	+0.01	0.0001
3	0.00	-0.10	0.0100	0.25	+0.05	0.0025	0.00	-0.17	0.0289	0.25	+0.06	0.0036	0.15	+0.02	0.0004	0.00	-0.04	0.0016
4	0.15	+0.05	0.0250	0.30	+0.10	0.0100	0.20	+0.03	0.0009	0.00	-0.19	0.0361	0.17	+0.04	0.0016	0.00	-0.04	0.0016
5	0.30	+0.20	0.0400	0.30	+0.10	0.0100	0.10	-0.07	0.0049	0.00	-0.19	0.0361	0.11	-0.02	0.0004	0.05	+0.01	0.0001
6	0.25	+0.15	0.0225	0.40	+0.20	0.0400	0.15	-0.02	0.0004	0.00	-0.19	0.0361	0.12	-0.01	0.0001	0.05	+0.01	0.0001
7	0.00	-0.10	0.0100	0.30	+0.10	0.0100	0.25	+0.08	0.0064	0.60	+0.41	0.1681	0.00	-0.13	0.0169	0.05	+0.01	0.0001
8	0.00	-0.10	0.0100	0.00	-0.20	0.0400	0.00	-0.17	0.0289	0.00	-0.19	0.0361	0.25	+0.12	0.0144	0.05	+0.01	0.0001
9	0.00	-0.10	0.0100	0.15	-0.05	0.0025	0.15	-0.02	0.0004	0.30	+0.11	0.0121	0.20	+0.07	0.0049	0.10	+0.06	0.0036
10	0.00	-0.10	0.0100	0.15	-0.05	0.0025	0.15	-0.02	0.0004	0.15	-0.04	0.0016	0.10	-0.03	0.0009	0.05	+0.01	0.0001
$\sum \delta i$	1.00			1.95			1.70			1.85			1.25			0.40		
$\bar{x} = \frac{\sum \delta i}{n}$	0.10			0.20			0.17			0.19			0.13			0.04		
[vv]			0.1875						0.2610			0.3755			0.0569			0.0090
$s = \sqrt{\frac{\sum vv}{n-1}}$		0.14			0.14			0.17			0.20			0.08			0.03	

* ① δi 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差인.
 ② 平面誤差: ○算術平均: 0.17
 ○ 평균자승오차의 平均: 0.16

表 2-9. 1/1, 200, A8, 경력 5년

사용도화기: A 8 도화축척: 1/1,200
 사진 축척: 1/6,000 도 화 사: 경력 5년
 모델 축척: 1/3,000

	도 보			하 천			가 욕			지 류			통 고 선			표 고 점		
	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv
1	0.00	-0.16	0.0256	0.15	+0.04	0.0016	0.60	+0.25	0.0625	0.35	+0.17	0.0289	0.15	-0.10	0.0100	0.00	-0.05	0.0025
2	0.00	-0.16	0.0256	0.25	+0.14	0.0196	0.30	-0.05	0.0025	0.20	+0.02	0.0004	0.40	+0.15	0.0225	0.05	+0.00	0.0000
3	0.10	-0.06	0.0036	0.00	-0.11	0.0121	0.50	+0.15	0.0225	0.10	-0.08	0.0064	0.20	-0.05	0.0025	0.05	+0.00	0.0000
4	0.30	+0.14	0.0196	0.10	-0.01	0.0001	0.60	+0.25	0.0625	0.30	+0.12	0.0144	0.07	-0.18	0.0324	0.04	-0.01	0.0001
5	0.40	+0.24	0.0576	0.15	+0.04	0.0016	0.20	-0.15	0.0225	0.00	-0.18	0.0324	0.20	-0.05	0.0025	0.05	+0.00	0.0000
6	0.30	+0.14	0.0196	0.30	+0.19	0.0361	0.70	+0.35	0.1225	0.10	-0.08	0.0064	0.33	+0.08	0.0064	0.03	-0.02	0.0004
7	0.50	+0.34	0.1156	0.00	-0.11	0.0121	0.10	-0.25	0.0625	0.00	-0.18	0.0324	0.45	+0.20	0.0400	0.06	+0.01	0.0001
8	0.00	-0.16	0.0256	0.10	-0.01	0.0001	0.00	-0.35	0.1225	0.25	+0.07	0.0049	0.30	+0.05	0.0025	0.00	-0.05	0.0025
9	0.00	-0.16	0.0256	0.00	-0.11	0.0121	0.00	-0.35	0.1225	0.30	+0.12	0.0144	0.13	-0.12	0.0144	0.10	+0.05	0.0025
10	0.00	-0.16	0.0256	0.00	-0.11	0.0121	0.50	+0.15	0.0225	0.15	-0.03	0.0009	0.30	+0.05	0.0025	0.10	+0.05	0.0025
$\sum \delta i$	1.60			1.05			3.50			1.75			2.53			0.48		
$\bar{x} = \frac{\sum \delta i}{n}$	0.16			0.11			0.35			0.18			0.25			0.05		
[vv]			0.3440			0.1075			0.6250			0.1415			0.1357			0.0106
$s = \sqrt{\frac{\sum vv}{n-1}}$		0.20			0.11			0.26			0.13			0.12			0.03	

* ① δi 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差인.
 ② 平面誤差: ○算術平均: 0.20
 ○ 평균자승오차의 平均: 0.18

表 2-10. 1/1, 200, A8, 경력 2년

사용도화기: A 8 도화속척: 1/1, 200
 사진속척: 1/6, 000 도 화 사: 경력 2년
 모델속척: 1/3, 000

	도 로			하 천			가 육			지 류			등 고 선			표 고 점		
	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv
1	0.50	+0.17	0.0289	0.70	+0.05	0.0025	0.80	+0.20	0.0400	1.00	+0.56	0.3136	0.39	0.10	0.0100	0.00	-0.06	0.0036
2	0.30	-0.03	0.0009	0.20	-0.45	0.2025	1.00	+0.40	0.1600	0.40	-0.04	0.0016	0.18	-0.11	0.0121	0.05	-0.01	0.0001
3	0.00	-0.33	0.1089	0.00	-0.65	0.4225	0.80	+0.20	0.0400	0.60	+0.16	0.0256	0.07	-0.22	0.0484	0.05	-0.04	0.0016
4	0.60	+0.27	0.0729	0.50	-0.15	0.0225	0.00	-0.60	0.3600	0.40	-0.04	0.0016	0.00	-0.29	0.0841	0.05	-0.01	0.0001
5	0.70	+0.37	0.1369	0.50	-0.15	0.0225	0.80	+0.20	0.0400	0.50	+0.06	0.0036	0.43	+0.14	0.0196	0.05	-0.01	0.0001
6	0.20	-0.13	0.0169	0.20	-0.45	0.2025	0.00	-0.60	0.3600	0.15	-0.29	0.0841	0.00	-0.29	0.0841	0.05	-0.01	0.0001
7	0.30	-0.03	0.0009	1.00	+0.35	0.1225	1.20	+0.60	0.3600	0.15	-0.29	0.0841	0.41	+0.12	0.0144	0.10	+0.04	0.0016
8	0.00	-0.33	0.1089	1.80	+1.15	1.3225	0.50	-0.10	0.0100	0.00	-0.44	0.1936	0.41	+0.12	0.0144	0.10	+0.04	0.0016
9	0.40	+0.07	0.0049	0.80	+0.15	0.0225	0.60	+0.00	0.0000	0.00	-0.44	0.1936	0.41	+0.12	0.0144	0.10	+0.04	0.0016
10	0.25	-0.08	0.0064	0.80	+0.15	0.0225	0.30	-0.30	0.0900	1.20	+0.76	0.5776	0.59	+0.30	0.0900	0.05	-0.01	0.0001
$\Sigma \delta i$	3.25			6.50			6.00			4.40			2.90			0.60		
$\bar{x} = \frac{\Sigma \delta i}{n}$	0.33			0.65			0.60			0.44			0.29			0.06		
[vv]			0.4865			2.3650			1.4600			1.4790			0.3915			0.0090
$\delta = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	0.23			0.51			0.40			0.41			0.21			0.03		

※ ① δi 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差임.
 ② 平面誤差: ○算術平均: 0.51
 ○평균자승오차의 平均: 0.39

表 2-11. 1/5, 000, A8-B, 경력 10년

사용도화기: A 8-B 도화속척: 1/5, 000
 사진속척: 1/20, 000 도 화 사: 경력 10년
 모델속척: 1/12, 500

	도 로			하 천			가 육			지 류			등 고 선			표 고 점		
	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv
1	0.00	-0.15	0.0225	0.10	-0.07	0.0049	0.40	+0.19	0.0361	0.50	+0.36	0.1444	0.80	+0.46	0.2116	0.10	-0.13	0.0169
2	0.10	-0.05	0.0025	0.40	+0.23	0.0529	0.10	-0.11	0.0121	0.30	+0.18	0.0324	0.40	+0.06	0.0036	0.50	+0.27	0.0729
3	0.10	-0.05	0.0025	0.10	-0.07	0.0049	0.20	-0.01	0.0001	0.00	-0.12	0.0144	0.20	-0.14	0.0196	0.00	-0.23	0.0529
4	0.00	-0.15	0.0225	0.20	+0.03	0.0009	0.00	-0.21	0.0441	0.30	+0.18	0.0324	0.50	+0.16	0.0256	0.00	-0.23	0.0529
5	0.00	-0.15	0.0225	0.20	+0.03	0.0009	0.30	+0.09	0.0081	0.00	-0.12	0.0144	0.10	-0.24	0.0576	0.40	+0.17	0.0289
6	0.10	-0.05	0.0025	0.25	+0.08	0.0064	0.10	-0.11	0.0121	0.00	-0.12	0.0144	0.10	-0.24	0.0576	0.40	+0.17	0.0289
7	0.30	+0.15	0.0225	0.25	+0.08	0.0064	0.00	-0.21	0.0441	0.00	-0.12	0.0144	0.60	+0.26	0.0676	0.30	+0.07	0.0049
8	0.20	+0.05	0.0025	0.00	-0.17	0.0289	0.40	+0.19	0.0361	0.10	-0.02	0.0004	0.00	-0.34	0.1156	0.20	-0.03	0.0009
9	0.20	+0.05	0.0025	0.20	+0.03	0.0009	0.20	-0.01	0.0001	0.00	-0.12	0.0144	0.70	+0.36	0.1296	0.00	-0.23	0.0529
10	0.50	+0.35	0.1225	0.00	-0.17	0.0289	0.40	+0.19	0.0361	0.00	-0.12	0.0144	0.00	-0.34	0.1156	0.40	+0.17	0.0289
$\Sigma \delta i$	1.50			1.70			2.10			1.20			3.40			2.3		
$\bar{x} = \frac{\Sigma \delta i}{n}$	0.15			0.17			0.21			0.12			0.34			0.23		
[vv]			0.2250			0.1360			0.2290			0.2960			0.8040			0.3410
$\delta = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	0.16			0.12			0.16			0.18			0.30			0.19		

※ ① δi 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差임.
 ② 平面誤差: ○算術平均: 0.16
 ○평균자승오차의 平均: 0.16

表 2-12. 1/5,000, A8, 경력 5년

사용도화기: A 8 도화속척: 1/5,000
 사진속척: 1/20,000 도 화 사: 경력 5년
 모델속척: 1/12,500

	도 보			하 원			가 육			지 류			등 고 선			표 고 점		
	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv
1	0.15	-0.08	0.0064	0.30	+0.08	0.0064	0.50	+0.23	0.0529	0.00	-0.22	0.0484	1.10	+0.52	0.2704	0.00	-0.07	0.0049
2	0.15	-0.08	0.0064	0.00	-0.22	0.0484	0.00	-0.27	0.0729	0.30	+0.08	0.0064	0.70	+0.12	0.0144	0.00	-0.07	0.0049
3	0.20	-0.03	0.0009	0.40	+0.18	0.0324	0.10	-0.17	0.0289	0.30	+0.08	0.0064	0.60	+0.02	0.0004	0.20	+0.13	0.0169
4	0.20	-0.03	0.0009	0.50	+0.28	0.0784	0.70	+0.43	0.1849	0.00	-0.22	0.0484	0.00	-0.58	0.3364	0.10	+0.03	0.0009
5	0.30	+0.07	0.0049	0.30	+0.08	0.0064	0.30	+0.03	0.0009	0.10	-0.12	0.0144	0.90	+0.32	0.1024	0.10	+0.03	0.0009
6	0.70	+0.47	0.2209	0.20	-0.02	0.0004	0.20	-0.07	0.0049	0.50	+0.28	0.0784	1.20	+0.62	0.3844	0.10	+0.03	0.0009
7	0.30	+0.07	0.0049	0.20	-0.02	0.0004	0.20	-0.07	0.0049	0.50	+0.28	0.0784	0.20	-0.38	0.1444	0.00	-0.07	0.0049
8	0.30	+0.07	0.0049	0.20	-0.02	0.0004	0.25	-0.02	0.0004	0.40	+0.18	0.0324	0.10	-0.48	0.2304	0.00	-0.07	0.0049
9	0.00	-0.23	0.0529	0.00	-0.22	0.0484	0.00	-0.27	0.0729	0.10	-0.12	0.0144	0.70	+0.12	0.0144	0.10	+0.03	0.0009
10	0.00	-0.23	0.0529	0.10	-0.12	0.0144	0.40	+0.13	0.0169	0.00	-0.22	0.0484	0.30	-0.28	0.0784	0.10	+0.03	0.0009
$\Sigma \delta i$	2.30			2.20			2.65			2.20			5.80			0.70		
$\bar{x} = \frac{\Sigma \delta i}{n}$	0.23			0.22			0.27			0.22			0.58			0.07		
[vv]			0.3560						0.4405			0.3760						0.0410
$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	0.20			0.16			0.22			0.20			0.42			0.07		

* ① δi 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差임.
 ② 平面誤差: \circ 算 術 平 均: 0.23
 \circ 평균자승오차의 平均: 0.20

表 2-13. 1/5,000, A8, 경력 2년

사용도화기: A 8 도화속척: 1/5,000
 사진속척: 1/20,000 도 화 사: 경력 2년
 모델속척: 1/12,500

	도 보			하 원			가 육			지 류			등 고 선			표 고 점		
	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv	δi	v	vv
1	0.25	+0.01	0.0001	0.60	+0.37	0.1369	0.20	-0.12	0.0144	0.60	+0.35	0.1225	0.50	0.00	0.0000	0.10	-0.08	0.0064
2	0.00	-0.24	0.0576	0.10	-0.13	0.0169	0.60	+0.28	0.0784	0.25	0.00	0.0000	0.80	+0.30	0.0900	0.00	-0.18	0.0324
3	0.10	-0.14	0.0196	0.15	-0.08	0.0064	0.50	+0.18	0.0324	0.00	-0.25	0.0625	0.75	+0.25	0.0625	0.10	-0.08	0.0064
4	0.20	-0.04	0.0016	0.15	-0.08	0.0064	0.15	-0.17	0.0289	0.60	+0.35	0.1225	0.00	-0.50	0.2500	0.30	+0.12	0.0144
5	0.00	-0.24	0.0576	0.60	+0.37	0.1369	0.30	-0.02	0.0004	0.00	-0.25	0.0625	0.10	-0.40	0.1600	0.10	-0.08	0.0064
6	0.60	+0.36	0.1296	0.15	-0.08	0.0064	0.25	-0.07	0.0049	0.20	-0.05	0.0025	0.80	+0.30	0.0900	0.10	-0.08	0.0064
7	0.30	+0.06	0.0036	0.20	-0.03	0.0009	0.45	+0.13	0.0169	0.15	-0.10	0.0100	0.20	-0.30	0.0900	0.60	+0.42	0.1764
8	0.50	+0.26	0.0676	0.00	-0.23	0.0529	0.10	-0.22	0.0484	0.00	-0.25	0.0625	0.40	-0.10	0.0100	0.30	+0.12	0.0144
9	0.25	+0.01	0.0001	0.30	+0.07	0.0049	0.25	-0.07	0.0049	0.70	+0.45	0.2025	0.60	+0.10	0.0100	0.00	-0.18	0.0324
10	0.15	-0.09	0.0081	0.00	-0.23	0.0529	0.40	+0.08	0.0064	0.00	-0.25	0.0625	0.80	+0.30	0.0900	0.20	+0.02	0.0004
$\Sigma \delta i$	2.35			2.25			3.2			2.50			4.95			1.80		
$\bar{x} = \frac{\Sigma \delta i}{n}$	0.24			0.23			0.32			0.25			0.50			0.18		
[vv]			0.3455			0.4215			0.2360			0.7100			0.8525			0.2960
$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	0.20			0.22			0.16			0.28			0.31			0.18		

* ① δi 는 도화사 A, B 2 사람의 관측치의 較差임.
 ② 平面誤差: \circ 算 術 平 均: 0.26
 \circ 평균자승오차의 平均: 0.29