

近接寫眞測量的 번들調整에 의한  
三次元 位置解析에 關한 研究  
A Study on the 3-Dimensional Analysis by Bundle  
Adjustment in Close Range Photogrammetry

白 殷 基\* 陸 璨 相\*\*  
Baick Eun-Kee Mock Chan-Sang

要 旨

대형構造물의 三次元位置解析과 變形測定을 하기 위하여 近接寫眞測量을 이용할 경우 正確度에 가장 큰 영향을 미치는 攝影距離를 接近시켜 多重法(Multiple Method)에 의해 解析하는 것이 効率的이다. 本 研究에서는 多重法에서 제기되는 문제점들을 해결하기 위하여 重複度, 基準點 數와 配置, 攝影距離의 變化에 따른 誤差의 영향을 分析하여 그 特性을 把握하고자 하였다. 攝影對象으로는 7m×3m의 平面形의 被寫體에 총 225점의 末地點을 고르게 배치하고 重複도와 攝影距離를 變化시키면서 총 143枚의 사진을 촬영하였다. 이 사진들에 의한 縱·橫스트립과 블록을 형성, on-line system으로 개발된 프로그램에 의해 解析하였다. 基準點 數를 감소시키기에 따라 幾何學的 誤差(simulated error)는 계속 증가 하지만 觀測誤差(actual error)는 감소하다가 다시 증가되고 있으며, 촬영거리의 變化에 따른 誤差는 Z방향이 X, Y방향보다도 크게 나타났으나 redundancy를 증가시키면 Z도 양호한 結果를 얻을 수 있었다. 그리고 重複도의 증가에 따른 誤差는 重複度 70%前後에서 가장 양호한 結果를 얻었다. 本 研究의 結果에 의하면, 被寫體의 크기와 형태에 따라 基準點 配置 및 重複도를 적절하게 선택하는 것은 대형구조물해석에 무엇보다도 중요하며 攝影距離를 가능한 한 被寫體에 接近시켜 多重攝影을 실시하여 처리한다면 주요構造물의 精密解析은 물론 變形測定에 널리 活用할 수 있을 것으로 期待된다.

ABSTRACT

In the three-dimensional analysis and deformation analysis of large structures, efficient is the use of the multiple method of close range photogrammetry which approaches the object distance. This study analyzes the influence of errors according to the overlap, the control points, and the object distance, to solve the problems which are raised in the multiple method. A wall-board, 7 meters by 3 meters, was used as a test field on which a total of 225 unknown points were equally disposed. The photographs with changing the overlap and object distance were taken by P-31 camera system. a total of 143 negatives are used in this study for computing 3-dimensional coordinates and its standard errors, and bundle adjustment of strips and blocks developed with on-line system is applied.

In case of decreasing the number of control points, simulation error increases but actual error decreases and increases again. Due to the changed of object distances Z error represents largely compared to X, Y error, but good results in Z can be obtained by increasing the redundancy. And simulation error or actual error shows best results at the endlap of about 70%. To sum up this study, appropriate arrangement of control points and overlap is meaningful, and multiple method by short object distance will be widely used to precision and deformation analysis of critical structures.

\* 서울市立大學校 工科大學 教授  
\*\* 서울市立大學校 大學院 博士過程

## 1. 序 論

工學 및 産業 各 分野에서 構造物의 形狀 및 特性을 究明하기 위한 精密測定은 중요한 意義를 지니고 있다. 특히 高精度를 요하는 測定에는 최근 활발히 應用되고 있는 近接寫眞測量技法을 이용한다면 모든 構造物은 물론 복잡한 形狀의 산업기계 등에 대해 경제적·효율적으로 측정할 수 있을 것이다. 近接寫眞測量技法은 측정기간 동안 對象物로부터 獨立의이며 單時間 內에 수 많은 점들에 대한 동시 三次元測定이 가능하므로 신속, 정확한 측정기법이다.

1981년 S.A. Veress<sup>3)</sup>는 송전탑의 變位測定에서 風壓과 電線의 荷重에 의한 變形을 測定하였고, 1986년 Hain B.Papo<sup>9)</sup>의 近接寫眞測量에 의한 變位測定에서는 Kinematic equation을 이용하는 새로운 방법을 제시하였으며 C.S. Fraser<sup>4)</sup>는 콤푸레사의 熱變形測定을 실시하여 복잡한 形狀을 가지며 接近할 수 없는 構造物에 대해서도 應用的 可能性을 提示하는 등 近接寫眞測量에 관한 研究가 활발히 進行되어왔다.<sup>1)2)8)</sup>

또한 최근에는 多重技法의 解析에 대한 研究에 관심이 모아지고 있으며 國內에서도 1985년 이래 共線條件에 의한 Multiple Method의 効用性에 대한 研究가 이루어지고 있다.<sup>2)</sup>

縱·橫으로 거대한 文化財 및 精密測定을 요하는 빌딩, 댐, 교량과 같은 대형의 構造物을 單寫眞이나 한쌍의 立體寫眞으로 해석한다면 이를 被覆하기 위해서는 撮影距離가 멀어지므로 正確도에 있어 현저한 低下를 가져온다.

따라서 多重技法의 導入이 필수적이며 스트립형성은 물론 블럭형성에 의한 해석이 요구된다. 스트립, 블럭해석의 경우 해결해야 할 문제점으로는 正確度向上을 위한 이상적인 縱, 橫重複度, 基準點의 配置와 數, 그리고 撮影距離의 決定을 들 수 있다. 本 研究에서는 構造物의 精密解析 및 變形解析을 함께 있어서 發生되는 복잡한 問題들을 해결하기 위해 이상적인 正誤差補正과 대형構造物에 적용할 수 있는

多重技法을 다양하게 시도하였으며 종래의 機械座標로부터 被寫體의 최종 三次元 座標解析을 위해 거쳐야 했던 Affine變換, space resection, space intersection의 작업을 on-line system으로 개발하고 重複度와 基準點의 數 및 配置에 따라 變化하는 誤差의 分析을 통하여 縱, 橫 스트립의 信賴度 높은 解析技法을 提示하는데 目的이 있다.

## 2. 觀 測

### (1) 觀 測

#### 1) 基準點의 配置와 數

基準點은 no.1 strip(上 strip), no.2 strip(下 strip), 中 strip에 18點을 거의 等間隔으로 均一하게 配置하였으며 未知點은 700cm×300cm의 평면에 縱方向으로 25點, 橫方向으로 9點씩 총 225點을 設置하였다. 未知點들의 間隔은 縱 28cm, 橫 24cm로 配置하여 66%의 重複度로 撮影한 경우 陰畫상에서 剩餘觀測값이 동일하도록 하였다.

#### 2) 撮影距離 및 重複度

縱·橫의 strip을 형성할 수 있도록 카메라의 畫角을 고려하여 撮影距離를 1.4m, 1.8m, 2.5m로 하여 距離의 變化에 따른 正確度の 變化樣相을 分析하기 위하여 1.8m의 距離에서 50%, 60%, 66%, 70%, 80%의 縱重複을 고려하여 撮影을 計劃하였다.

縱스트립과 橫스트립의 計劃은 fig.2, fig.3과 같다.

### (2) 基準點 測量 및 露出點 位置의 近似값 決定

撮影距離 1.8m에서 縱·橫strip의 正確度を 分析하기 위해 등간격으로 被寫體 全面에 均一하게 配置한 18點이 基準點 位置를 1"讀 데오돌라이트(Kerm DKM2-A)로 觀測하였으며 그 3次元 座標는 Table 1과 같다. 여기에서 space resection을 위한 camera 회전각  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $k$ 의 初期 近似값은 각각  $0^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $0^\circ$ 로 가정하였다.

Table 1. The 3-Dimensional coordinates of control points by triangulation.

# of controlpoints	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	# of controlpoints	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
501	-212.49	1154.94	5996.76	510	3698.52	320.36	5997.05
502	339.66	1155.40	5998.26	511	5369.02	323.59	5994.35
503	1739.59	1152.89	5998.04	512	6210.05	3210.42	5995.78
504	3148.28	1153.87	6000.07	513	-262.51	-518.99	5994.48
505	4543.73	1148.46	5999.82	514	298.60	-523.03	5994.53
506	6193.45	1150.54	5996.29	515	1742.31	-514.30	5993.59
507	-209.54	3215.8	5999.27	516	3100.23	-530.85	5995.48
508	898.48	309.88	5994.92	517	4537.59	-521.11	5992.55
509	2301.84	317.89	5998.14	518	5905.62	-520.44	5993.75

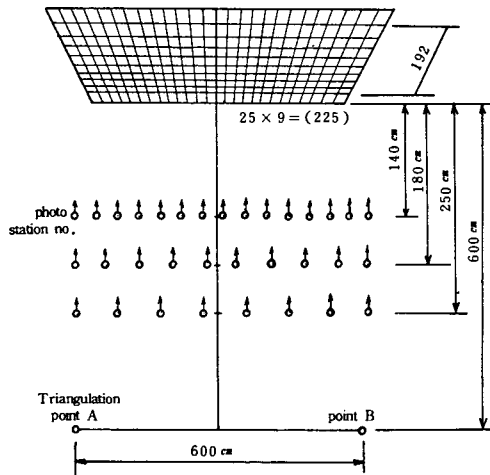


Fig. 1 Test field and Exposure station.

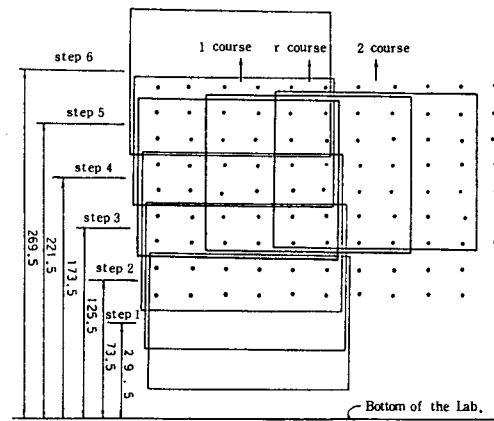


Fig. 3 Low Strips

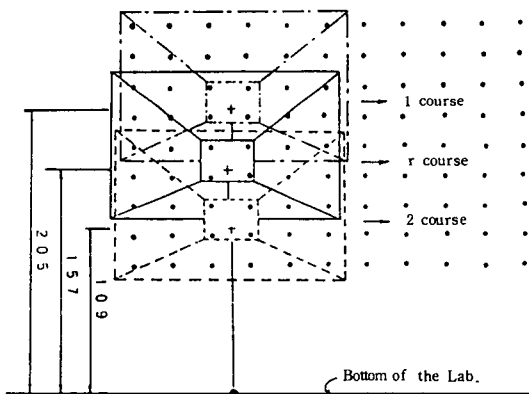


Fig. 2 Column Strips

### (3) 撮影

撮影距離の變化에 따른 正確度を 分析하기 위하여 縱重複度を 66%로 1.4m, 1.8m, 2.5m에서 撮影하였으며 重複度の 變化에 따른 正確度を 分析하기 위하여 撮影距離 1.8m에서 50%, 60%, 66%, 70%, 80%로 撮影하였다.

基準點 配置와 數에 따른 strip의 조합 및 block의 特性을 究明하기 위해 1.8m에서 63매의 陰畫를 얻었고 또한, 距離에 따른 誤差分布를 分析하기 위해 33매, 그리고 重複도에 따른 誤差分布를 알아보기 위해 47매, 總 143매의 陰畫를 얻었다.

(4) 機械座標의 測定 및 寫眞座標 計算 像點들의 機械座標는 comparator에 의해 測定하였

고 이들 機械座標를 DIGIT.DAT program을 利用하여 2次元 affine 變換으로 寫眞座標를 求하였다. 主點偏位에 對한 보정으로 PPS 및 PPA에 對한 보정을 실시하였고 모든 像點들 에 對한 상한별 왜곡계수와 角에 對한 輕重率 을 고려하여 放射方向의 lens歪曲을 補正하여 正確한 像座標를 얻었다.

### 3. 比較 分析

未知點 座標에 對한 幾何學的 표준오차와 觀測에 對한 標準誤차는  $S = S_0 \sqrt{N_{ii}^{-1}}$ 의 關係에 의하여 解析되는데 여기서 S는 觀測에 의한 標準誤차,  $\sqrt{N_{ii}^{-1}}$ 은 기하학적 標準誤차를 의미하며  $S_0$ 는 觀測에 의해 좌우되는 單位 輕重率 標準誤차로서  $0.85 < S_0 < 1.15$ 일때 약 85% 이상의 信賴度를 갖는다.

本 研究에서 3次元 座標 X, Y, Z에 對한 標準誤차는 strip 또는 block내에 包含된 未知點 總數에 對한 平均標準誤차로서 分析하였다.

以下에서 未知點에 對한 幾何學的 標準誤차는  $X_C, Y_C, Z_C$ 로 觀測에 의한 標準誤차는  $X_M, Y_M, Z_M$ 으로 表記하였다.

#### (1) 基準點數와 配置에 따른 誤差分布

Fig.4는 上 strip 15매 사진에 의해 형성된 strip에서 基準點 數를 12個의 基準點에서 6, 4, 3개로 그리고 最小 基準點 配置인 2基準點(2XY, 3Z)까지 變化시킴에 따른 X, Y, Z方向의 標準誤차 結果를 기하학적 표준오차와 觀측에 의한 標準誤차로 區分하여 나타낸 것이다.

全般的으로 Z방향이 표준오차가 가장 높에 나타나고 X와 Y方向의 標準誤차는  $10\mu m$ 이내의 接近度를 보이면서 거의 일치된 分布를 보인다.

基準點 數가 12개에서 2XY, 3Z까지 減少함에 따라 幾何學的 標準誤차  $X_C, Y_C, Z_C$ 는 12個 基準點에 비하여 6個 基準點에서  $30\mu m, 30\mu m, 106\mu m$ 까지 낮아지는 分布를 보이다가 그 미만의 基準點에서는 다시 점차 增加하고 있다.

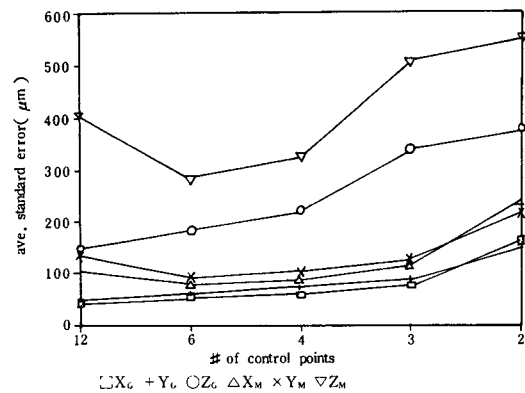


Fig. 4 The Standard error vs. the number of control points in 15photos case (Top strip)

Fig. 5는 15매로 형성된 下 strip의 基準點數별 變化에 따른 X, Y, Z標準誤차의 양상을 나타낸 것으로서 上 strip의 境遇와 類似한 양상을 보이고 있다.

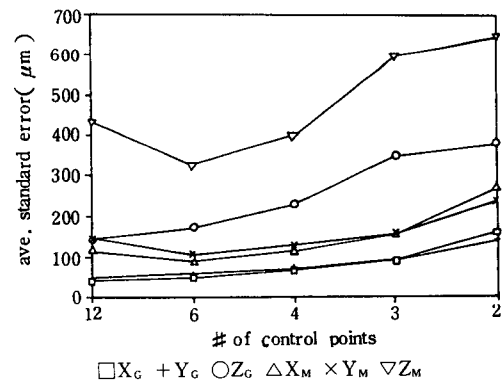


Fig. 5 The standard error vs. the number of control points in 15photos case. (Bottom strip)

Fig. 6은 上 strip과 下 strip에서 基準點數에 따른 正確度를 X, Y, Z標準誤차를 산술평균으로 나타낸 것이다. 幾何學的 標準誤차는 上 strip과 下 strip의 경우에서 거의 一致된 값으로 나타나고 있으나 觀측에 의한 標準誤차는 基準點 12, 6, 4, 3, 2에서 下 strip이 上 strip에 비하여 각각  $15\mu m, 20\mu m, 40\mu m, 50\mu m, 45\mu m$ 만큼 낮은 分포를 보인다.

이는 下 strip에서 基準點의 寫眞上位置가 上 strip에서 찍힌 基準點의 寫眞像의 위치에 비하여 主點에 보다 接近하여 나타남에, 그

원인이 있는 것으로 사료된다.

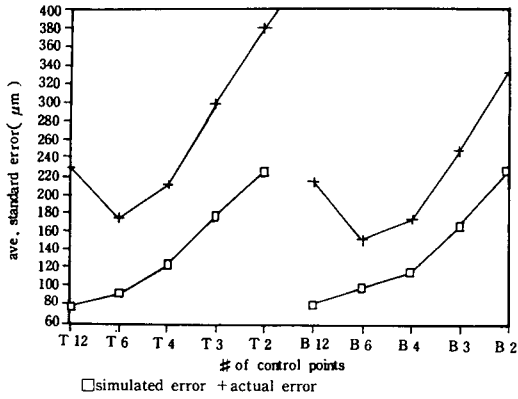


Fig. 6 The average 3-dimension standard error vs. the number of control points. (Top & Bottem strip)

(2) Strip組合에 따른 誤差分布

1) 縱 Strip의 경우

Fig.7은 上 Strip 14매중 左 7매사진, 右 7매사진에서 각 3個의 기준점에 대한 해석과 14매 寫眞에서 6개기준점과 3개기준점으로 사진 매수와 基準點의 數에 따른 평균 標準誤差의 分布를 나타낸 것이다.

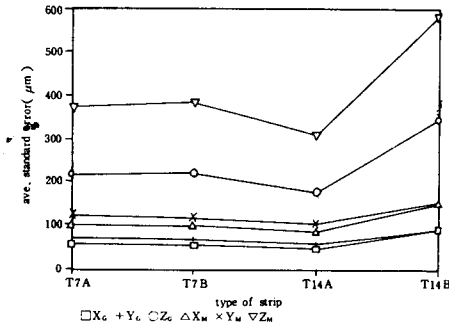


Fig. 7 The standard error of top strip. (7, 14photos)

幾何學的誤差와 觀測誤差의 分布가 전체적으로 비슷한 양상을 보이고 있으며 7매 사진과 14매 사진으로 사진 수가 增加함에 따라 6개 基準點에서 최대감소를 보이며 특히 Z座標에 대한 標準誤差 減少가 뚜렷하다.

X와 Y에 대한 오차의 分布는 14매 사진 6개 基準點에서는 별다른 變化가 없다가, 3개

基準點에서 약간의 增加를 보이며 한점에 수렴하여 일치함을 보였다. 幾何學的 誤差에서  $Z_c$ 는  $X_c, Y_c$ 에 비하여 약  $14\mu m$ 높게, 觀측오차에서는 약  $260\mu m$  높게 나타나고 있는 것을 보아 Z座標에 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

Fig. 8은 下 Strip의 7매사진과 14매 사진의 조합에 대하여 分析한 것으로 上 Strip의 誤差 分析의 境遇와 거의 一致하는 것으로 보아 앞의 分析結果를 뒷받침 해주고 있으며 觀測의 일관성을 엿볼 수 있다.

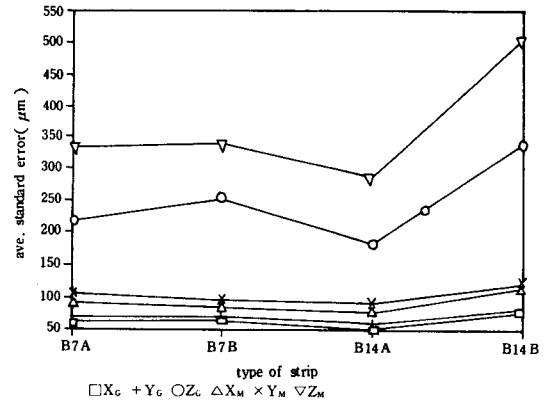


Fig. 8 The standard error of bottom strip. (7, 14photos)

Fig.9는 上과 下 Strip의 오차양상을 X, Y, Z座標에 대한 標準誤차를 算術平均하여 나타낸 것이다. 上·下 Strip두 境遇 모두 14매 사

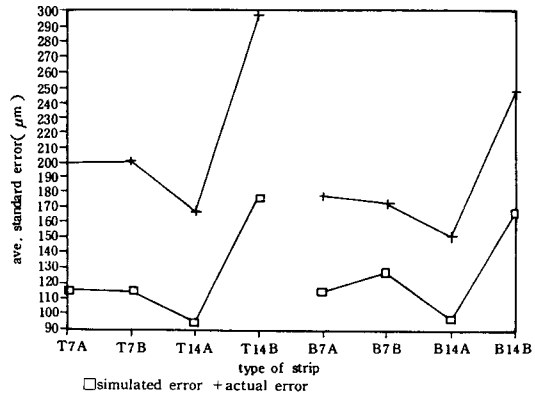


Fig. 9 The average 3-dimension standard error of top & bottom strip.

진을 6개 基準點으로 適用시켜 해석했을 境遇에 가장 큰 誤差의 減少를 보였으며 7매사진, 3個基準點은 14매사진, 6個基準點에 비해 幾何學的 誤差와 觀測誤差 공히 약 30% 정도의 誤差減少를 보여 基準點數의 增加가 誤差의 減少에 큰영향을 미침을 알 수 있다.

2) 橫 Strip의 경우

Fig.10은 column strip의 각 유형별 X, Y, Z 방향의 標準誤差를 도시한 것으로서 6個基準點을 利用하였을 때 X, Y 標準誤差는 모든 類形에서 40~60 $\mu$ m로 균일하게 나타나고 있고 Z 標準誤差는 X 또는 Y 標準誤差의 3배 내지 4배 정도 높은 分布를 보이고 있다. 3個基準點을 이용한 경우 역시 6個基準點의 경우와 그 趨勢가 類似하게 나타난다. 특히 2 또는 3 組合 Strip중 조합 Strip의 수 및 橫Strip간 縱중복도가 가장 큰 LCR의 사진이 가장 높은 정도로, 그리고 CR, LC 및 CR의 순으로 나타나고 있다.

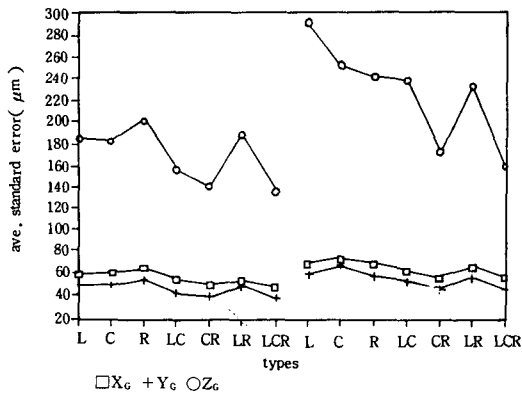


Fig. 10 The average standard error of combined column strip 6control points & 3control points.

(3) 縱·橫重複 및 基準點 數에 따른 블럭의 誤差分布

Fig.11은 上·下와 中·下の 사진 20매의 조합해석에 대한 것으로서 基準點의 數를 12, 8, 6, 4, 3, 2(2XY, 3Z)로 減少시켜 갈때의 誤差의 分布를 나타낸 것이며 각각의 座標에 대한 標準誤差의 算術平均을 도시한 것이다. 전체적 양상을 보면 上·下가 中·下에 비하여 현저한

誤差增加를 보이고 있는데 이는 橫重複이 33%, 縱重複이 66%인데 비해 中·下の 縱重複은 橫重複, 縱重複 모두 66%로서 橫重複度의 增加에서 오는 영향으로 생각된다.

Fig. 12는 上·中·下の 3個 Strip을 조합해석한 結果로 基準點數를 2個基準點(2XY, 3Z)에서 12개 基準點으로 增加시켰을 때 幾何學的 標準誤差  $X_c, Y_c, Z_c$ 는 각각 70%, 64% 60% 만큼 급격히 減少하고 18個基準點에서는 12個 基準點의 境遇에 비하여 X와 Y方向에서는 2~3 $\mu$ m정도, Z방향에서는 14 $\mu$ m정도의 誤差減少를 나타내었다.

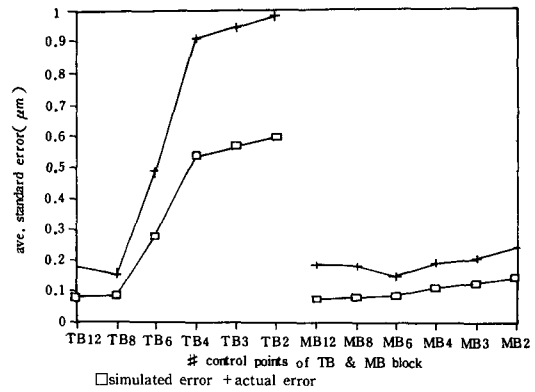


Fig. 11 The standard error of 20 photos case in top, bottom & mid., bottom.

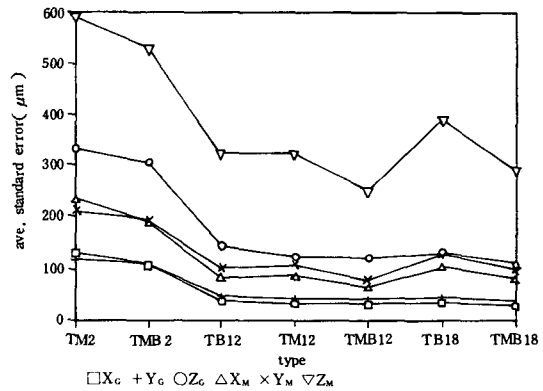


Fig. 12 The standard error of top, mid & bottom combined strip.

觀測에 의한 標準誤差  $X_M, Y_M, Z_M$ 은 基準誤差를 2個基準點에서 12個基準點으로 增加시

킴에 따라 각각 64% 58%, 53%만큼 크게 減少하나 12個基準點에서 18個基準點으로 增加時에는  $X_M, Y_M, Z_M$ 이  $16\mu m, 17\mu m, 41\mu m$ 만큼 오히려 增加하는 경향을 보임으로써 TMB12에서 가장 높은 正確度를 나타내고 있다.

따라서 적당한 수의 기준점을 효율적으로 配置하는 것은 重要하며 어느수 이상의 기준점을 設定하게 되면 기준點座標 상호간의 constrain이 많아지게 되므로 오히려 正確度에 불리한 影響을 미칠 수 있는 것으로 사료된다.

또한 수십개의 寫眞에 의해 형성된 縱 Strip의 조합, 즉 block의 調整에 있어 最小기준點 配置인 2XY, 3Z로도 未知點들의 正確한 해석이 가능함을 알 수 있다. 따라서 대형 물체의 近接 寫眞測量時 經濟的인 側面에서 問題時되는 기준點測量의 난제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

(4) 撮影距離에 따른 誤差分布

Fig.13에서 撮影距離가 1.4m에서 1.8m, 2.5 m로 增加함에 따라 全基準點數에서 X, Y, Z을

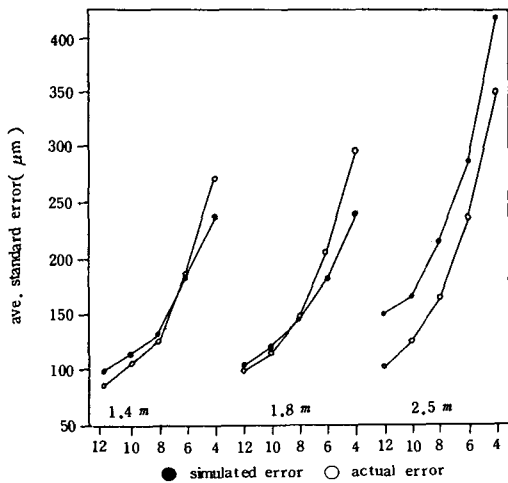


Fig. 13 The average standard error of exposed distance vs. the number of control points.

平均한 幾何學的 標準誤差는 각각 11%, 25%의 증가를 보이며, 觀측에 의한 오차는 3%, 6%로 增加하는 양상을 보이고 있으므로 거리의 경중율이 오차에 다소 影響을 미치며 標準

誤差가 거리의 제공에 비례한다는 理論에 一致하지 않는데 이는 촬영거리에 무관하게 화면상에 未知點의 위치가 동일한 밀도로 分布되지 않은데서 기인된 것이, 각 기준點에서 거리의 比가 1:1, 3:18로 增加함에 따라 각각 약 5.  $\mu m, 50 \sim 177\mu m$ 의 增加를 보이므로 기준點 수가 많아도 촬영거리가 멀어지게 되면 오차는 불가피한 증가를 보이므로 multiple의 重要성을 보여주고 있다.

(5) 重複度 變化에 따른 誤差分布

Fig.14는 1.8m에서 10個의 기준點에 대한 境遇로서 重複度에 따른 誤差分析을 보인 것이며, 重複度가 50%에서 60%, 70%로 增加함에 따라 X, Y, Z座標의 幾何學的 標準誤差는 각각

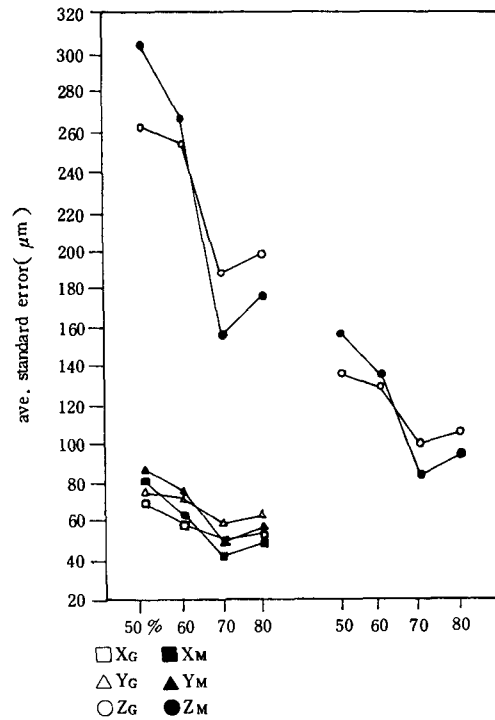


Fig. 14 The average standard error vs. overlap 50%, 60%, 70% 80%. (1.8m 10control points)

28%, 20%, 18%의 減少를 보였으며 實測標準誤差는 더욱 큰 감소를 보여 각각 약 48%, 45%, 48%의 減少率을 보였다. 특히 60%에서

70%로 중복도가 증가함에 따라 Z座標에 대한 標準誤差가 가장 급격한 감소를 보였다. 그러나 重複도가 80%로 증가함에 따라 다시 약8% 정도의 오차증가를 보이고 있으므로 strip 형성에 있어 너무 과도한 중복도는 피하는 것이 바람직한 것으로 고려된다. 이것은 K.B. Atkinsom<sup>14)</sup>의 연구결과와도 일치한다.

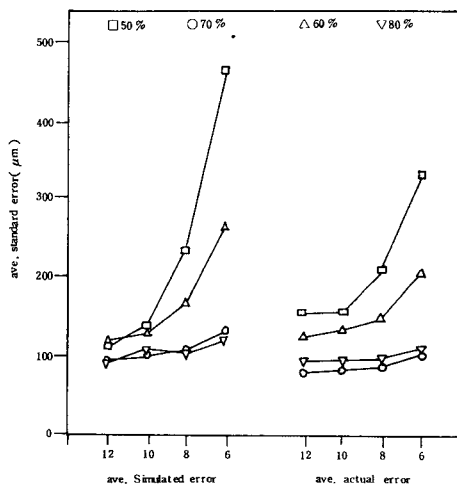


Fig. 15 The average 3-dimension standard error vs. the number of control points and end. (12, 10, 8, 6 control points vs. end lap 50%, 60%, 70%, 80%)

Fig.15는 縱重複度 50%, 60%, 70% 및 80%에서 각각에 대한 基準點의 數를 12점에서 6점까지 2점씩 감소시키기에 따른 誤差의 分布를 나타낸 것으로 幾何學的 오차와 관측 오차 모두가 12~10개 기준점에서는 모든 重複度에서 별다른 오차의 증가가 보이지 않으나 8~6점으로 基準點이 減少함에 따라 중복도 50%, 60%, 70%, 80% 순으로 오차가 급격히 증가하고 있는 것으로 보아 重複도가 큰 境遇는 基準點 數의 變化가 誤差에 미치는 影響이 미소하며 중복도가 작은 경우는 基準點의 數가 變化함에 따라 상당히 큰 변화양상을 보이고 있어 서로 常學的인 關係가 성립하는 것으로 생각된다. 그러므로 적은 基準點으로 해석을 실시하기 위해서는 그만큼 相對的으로 重複도를 높혀 적용하면 합리적인 성과를 얻을 수 있다. 본 연구의

경우에서는 10~12個 基準點을 이용하여 重複度 70%로 strip을 해석한 경우가 가장 양호한 결과를 나타내고 있다.

#### 4. 結 論

번들調整에 의한 構造物의 3次元 位置解析에 있어서 基準點의 配置와 基準點 數, 그리고 重複度 및 攝影距離의 輕重率을 다양하게 변화시켜 分析한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 基準點 數가 12點에서 3點까지 減少함에 따라 幾何學的 誤差는 增加하나 觀測誤差는 6點까지 減少하다가 다시 增加한다. 이와 같이 어느 數 이상의 基準點設定은 오히려 正確度에 불리한 影響을 미치게 되므로 被寫體의 크기 到 適當한 數의 基準點을 配置하는 것은 重要하다.

(2) 一定한 攝影距離, 基準點 및 未知點 상태의 스트립解析에서 縱重複도를 50%, 60%, 70%로 증가시키기에 따라 X, Y, Z의 幾何學的 誤差는 각각 28%, 20%, 18%정도 감소하나, 80%에서는 약 8%의 誤差增加를 나타내므로 過多重復은 바람직하지 못한 것으로 思料되며 이에 대한 더 다양한 分析이 要望된다.

(3) 縱重複도가 큰 경우 基準點 數가 正確度에 미치는 影響은 미소하나 重複도가 적은 경우엔 基準點 數가 正確度에 비교적 크게 影響을 미치는 것을 알 수 있었으며, 또한 block에서 동일한 縱重複의 스트립에 있어서 33%의 橫重複으로 해석할 경우보다 66%의 橫重複으로 해석한 경우가 현저한 誤差減少를 나타낸다.

이상과 같이 基準點의 設置가 곤란한 경우나 精密測定을 要하는 대형構造物의 경우 橫重複도를 증가시켜 해석하면 期待效果를 얻을 수 있고, 또한 일반적으로 X, Y 誤差에 비해 Z 誤差가 큰 分布로 나타나지만, 地上寫眞測量에서는 近接多重技法으로 解析하면 重要構造物의



精密解析은 물론 變形測定에도 널리 活用될 것으로 期待된다.

#### 參考文獻

1. 白殷基, 1986, "近距離 寫眞測量의 測定精度에 관한 研究", 서울市立大學 論文集 제20-1집 pp. 379-389.
2. 姜準默, 吳元鎮, 1988, "Multiple-Method에 의한 圓形 構造物 變形測定의 正確度향상에 관한 研究", 韓國測地學會誌, 제6권, 제1호, pp.13-24.
3. Veress, S.A., 1981, "Measurement of Structural Deformation of Electric Transmitting Towers", Fig. XVI Cagress, 601.1
4. Fraser, C.S. 1986, "Photogrammetric Measurement of Thermal Deformation Large Scale Compressor", PE & RS, pp.1569-1575
5. Jeyapalan, K. and M.M.Walton, 1987, "The Feasibility Terrestrial photogrammetry in the Long Term Structural Movement of a Bridge", ASPRS-ACSM, Technical Papers, Volume 2, pp.46-80.
6. Brock, R.M., B.A.Wasil and J.A. Mandel, 1981, "Three Station Analytic Photogrammetry for STress Analysis of a Plate with Large Displacements", PE, pp.37-58.
7. Hadem, I., 1980, "Bundle Adjustment in Industrial Photogrammetry", I.S.P. Commision V., pp. 262-267.
8. Hintz, R.J. and Kang Joon-Mook 1985, "An Analysis of the Effect of Varying Camera Position on the Accuracies Attainable by nonconvergent Close-Range Photogrammetry", *Proceedings of the American Society of Photogrammetry 51st Annual Meeting*. Vol.1. pp.55-61.
9. Papo, H.B., 1985, "Deformation Analysis by Closs-Rang Photogrammetry", PE & RS, Vol. 51, No. 10, pp.1561-1567.
10. Feraser, C.A., and S.A. Veress, 1979. "Self-Calibration of a Fixed-Frame Multiple Camera System", PE & RS, Submitted July 1979, 79' and currently under review. .
11. Ghosh, S.K., 1980, "Analytical Photogrammetry", listed. 1979. A.S.P., "Manual of Photogrammetry", 4th Ed.,
12. Fraser, C.S., 1987, "Limiting Error Propagation in Network Design", PE & RS, Vol. 53, No. 5, pp.487-493.
13. Grun, A., 1987, "Accuracy, Reliability and Statistics in Close-Range photogrammetry", Comm. V.Inter-Congress Symp. of ISPRS, pp. 1-24.
14. K.B.Atkinson, "Developments in Close Range Grammetry Photogrammetry-1", 1978, pp.52-54.
15. John N. Hatzopoulos, "An Analytical System for Close-Range Photogrammetry", PE & RS Vol. 51, No. 10, 1985, pp.1583-1588.