

## 地上測量에 의한 施設物傾斜測量에 관한 研究

### Study on the Inclined Surveying of Facilities by Photogrammetry

安 哲 浩\*                      柳 福 模\*\*  
Ahn Chul-Ho                      You Bock-Mo

朴 雲 龍\*\*\*                      李 在 璣\*\*\*\*  
Park Woon-Yong                      Lee Jai-Kee

#### 1. 序 論

傾斜地形의 傾斜度決定方法으로 視差公式과 三角法을 基礎한 幾何學的方法, 平面方程式에 基礎한 解析的方法에 따라 寫眞測定技法에 따라 適用할 수 있도록 理論式을 誘導하고 從來 使用해 오던 理論式과 比較하여 그 妥當性을 實驗的으로 立證하여 施設物의 傾斜面解析에 寄與코자함이 基本目的이다.

1839年 Dagaerre의 寫眞發明 以後 Laussedat에 의해 地形測定에 利用되었으며, 今後 裝備와 技術의 開發로 航空寫眞測定이 主從을 이루었으며 圖示的인 analog 技法에서 解析的인 analytical 技法으로 轉換하였고, 特히 高精度가 要求되는 大縮尺에서는 다시 地上寫眞測定에 依存하고 있다.

우리나라에서도 航空寫眞이 主從이며 最近에 와서 地上寫眞器 및 圖化機가 導入되어 研究가 促進되고 있어 本研究에서도 地上寫眞을 通하여 施設物傾斜決定에 따른 地上寫眞의 效率性을 提示하는데 意義를 두고 있다.

\*서울대학교 工科大学 教授  
\*\*延世대학교 工科大学 副教授  
\*\*\*東亞대학교 工科大学 助教授  
\*\*\*\*忠北대학교 工科大学 專任講師

#### 2. 傾斜解析理論

基本式으로 中心投影에 의한 起伏變位式과 視差公式에 의한 比高計算式을 基礎로하여 從來 解析方法은

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{f \cdot \Delta P}{d(b \pm \Delta P)} \quad (1)$$

이고, 이 式은 다음과 같은 問題點이 있다.

- 1) 投影上의 歪曲이 考慮되지 않는점
- 2) 左右寫眞上의 垂線의 발은 同一點이 아닌점
- 3) 中心投影이 아닌 正射投影으로 看做된점

이를 考慮한 解析方法으로 寫眞上의 中心投影關係로 부터 傾斜  $\alpha$ 는

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{f \cdot |\Delta P|}{bd \pm v |\Delta P|} \right) \quad (2)$$

이고, 實際地形傾斜로 부터는

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{f \cdot |\Delta P|}{bd \pm r' |\Delta P|} \right) \quad (3)$$

으로 誘導된다. 또한 數學的인 平面方程式에 의한 解析方法으로 從來使用式은

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{(P_1^2 + P_2^2)^{\frac{1}{2}}}{P_3} \quad (4)$$

이며, 改正誘導式으로는

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{P_1 \cdot P_2}{P_3} (P_1^2 + P_2^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

이다.

### 3. 實驗 model

實驗 model 을製作하여 實際傾斜角을 測定하고, 水平攝影에 의한 寫眞으로부터 視差를 測定하여 幾何學的 model 에 따라 計算하였다.

또한 攝影點에서 間接三角測量에 의한 座標를 入力 DATA 로 하여 數學的 model 로부터 傾斜를 計算하였다.

計算은 main computer 로 HP 3.000 을 利用하였고, 補助計算機로 personal computer Apple II-plus 를 이용하였다. 計算結果는 다음 표와 같다.

Table 3-1 Dip angle

Section	Programed inclined angle	Measared values by Scale	Inclined angle by Geometrical Model		Inclined angle by Mathematical model	
			Existing formula	New formula	Existing formula	New formula
A	54.7°	54.3094°	54.7464°	55.8327°	53.9429°	55.5600°
B	26.6°	26.9187°	28.2402°	27.2493°	—	27.1020°
I	45.0°	45.4434°	43.4455°	44.3165°	—	44.4682°
J	45.0°	45.0528	36.2908°	44.2017°	—	44.1378°
M	24.6°	26.8456°	21.2626°	25.8103°	—	25.9234°
N	54.7°	54.7351°	41.2747°	55.3064°	53.3064°	54.9641°

### 4. 測定값의 比較分析

數學的인 解析方法에서 從來의 公式에 의한 平面 B, I, J, M 의 結果값은 얻을 수 없었다. 이는 走向이 基準軸에 平行할 경우 平面方程式의 係數를 구하는 最小제곱법에서 그 軸에 대한 列이 特異하게 表示되어 예기치 않은 結果값이 일어났다.

數學的 모델에서 求解된 斷面 A, N 에서 從來의 公式와 誘導된 公式과의 實測값 差異를 보면 誘導된 式이 標準偏差 0.6357°, 平均值 0.6° 以內的 精度로써 近似했으며, 幾何學的 model 에 의한 方法은 數學的 model 에서의 誘導된 式보다는 誤差가 크나 從來의 幾何學的 model 에 의한 公式보다는 精密度가 좋음을 알 수 있다.

### 5. 結 論

本研究는 寫眞測定技法을 利用한 施設物 傾斜測量에 관한 研究로서 理論的으로 誘導된 公式을 利用하여 實驗한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 幾何學的 model 은 判讀과 同時에 parallax

bar 와 scale 로서 簡單히 傾斜角을 測定할 수 있었으며, 誘導한式  $\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{|DP|}{bd \pm r \sqrt{|DP|}} \cdot f \right)$  에 의한 結果 幾何學的 model 의 既存式보다는 좋은 精度를 보였으며, 平面方程式을 利用한 數學的 model 에서의 誘導式  $\alpha = \tan^{-1} \frac{P_1 P_2}{P_3} (P_1^2 + P_2^2)^{-\frac{1}{2}}$  으로 算出해 본 結果 가장 實測값에 接近했다.

2. 立體視에 나타나는 外見上의 傾斜角으로부터 實際傾斜角으로의 變換은 主點에서 傾斜面頂點까지의 距離와 傾斜方向을 알면 實際傾斜角을 計算할 수 있었다.

幾何學的 model 은 土木設計, 資源調査는 물론 防災山學 및 軍事的 側面에서 航空寫眞에 까지 擴張한다면 基本調査는 물론 判讀時에도 效果의 일 것이며, 數學的 model 은 地上測量에 의한 地形解析 및 DTM 의 電算處理에 効用성이 높을 것으로 思料된다.

### 參考文獻

1. Moffitt, F.H., "Photogrammetry, 3rd ed." Harper & Row Pub, NY, 1980, pp. 538~582.
2. Attrinso, K.B., "Development in close-Range Photogrammetry-I", Applied Science Pub. LTD, London, 1980, pp. 1~66.
3. Karara, H.M., "Handbook of Non-Topographic

- Photogrammetry," A.S.P., 1979, pp.29~35, pp.75~96.
4. Brandow, B.D., H.M. Karara & H.F. Krausse, "A Non-Metric closeRange Photogrammetric System for Mapping Geologic Structures in Mines", P.E. & R.S. Vol. 42, No. 5, 1976, pp.637~648.
  5. Soliman, A.H., "Accuracy and Application", P. E. Vol. 37, No. 8, 1971, pp.879~884.
  6. Ghosh, S.K., "Analytical Photogrammetry", Pergamon Press, 1979, pp.126~130.
  7. Zhalkov, S.T., "Military Topography Manual", Military Publication No. 5~4647, 1973, pp.98~118.
  8. Rogers, B.W. "Terrain Analysis," Dept. of the Army, FM 21~33, 1978.
  9. Attewell, P.B. & I.W. Farmer, "Principles of Engineering Geology," Chapman and Hall, 1976, pp.720-813.
  10. 柳福模, 朴雲龍, 楊寅台: "寫真測定技法을 利用한 斜面傾斜角 走向決定에 관한 理論的 考察", 大韓土木學會 論文集, 第3卷 第3號 1983, pp.129~135.
  11. Roelofs, R., "Theory of Errors in Aerial Triangulation," Photogrammetria, Vol. 4, No. 3, 1948, pp.12~25.
  12. Schwidofsky, K., "Precision Photogrammetry at close-Ranges with simple Cameras," Photogrammetric Record 6(36), 1966, pp.567~589.
  13. Schmid, H.H. & E. Schmid, "A Generalized Least Squares Solution for Hybrid measuring systems" U.S. Coast and Geodetic Survey Technical Bulletin No. 24, 1965, pp.46~59.
  14. Schmid, H.H., "An Analytical Treatment of the Problem of Triangulation by Stereophotogrammetry," Photogrammetria, Vol. 12, No. 2, 1957, pp.49~81.
  15. Brown, D., "Decentering Distortion of Lenses," P.E. Vol. 32, No. 3, 1966, pp.444~462.
  16. Biggerstaff, A.C., "A Photogrammetric System for Recording, Historic Structure," Thesis of ph. D, Cornell Univ, 1972, pp.1~11.
  17. 丸安 隆和外, "Photogrammetric Elevation of Japanese Buddhist Statues," 平凡社 pp.28~29.
  18. Brandow, V.D., H.M. Karara, H.H. Danberger, and H.F. Krausse, "A Non-metric close-Range Photogrammetric System for mapping Geologic Structures in mines", P.E. & R.S., Vol. 42, No. 5, 1976, pp.637~648.
  19. Veress, S.A. & L.L. Sun, "Photogrammetric Monitoring of a Gabion Wall", P.E. & R.S., Vol. 44, No. 2, 1978, pp.205~211.
  20. Veress, S.A., N.C. Jackson, & J.N. Hatzopoulos, "Monitoring a Gabion Wall by Inclinator and Photogrammetry," P.E. & R.S., Vol. 46, No. 6, 1980, pp.771~778.
  21. Veress, S.A. & I.N. Hatzopoulos, "A Combination of Aerial and Terrestrial Photogrammetry for monitoring", P.E. & R.S., Vol. 47, No. 12, 1981, pp.1725.~1731.
  22. Denett, S. and H. Muessing, "Archaeological Applications for close-Range Photogrammetry," ASP 46th Annual Meeting, 1980, pp.335~341.
  23. 村井俊治, "解析寫真測量と座標變換", 寫真測量とリモートセンシング, Vol. 20, No. 2, 1980, pp.61~70.
  24. Abdel-Azis, Y.I., "Lens Distortion at Close-Range", Photogrammetric Engineering, Vol. 39, No. 6, 1973.
  25. 柳福模, "寫真測定學概論", 塔出版社, 1980, pp.329~334.
  26. Bertil, H., "Photogrammetry", McGraw-Hill Co., N.Y., 1960, pp.73~102.
  27. Ricci, M., "Dip Determination in Photogeology", P.E. & R.S., Vol. 48, No. 3, 1982, pp.407~414.
  28. Haditheodorou, C., "Elevation from Parallax Measurements", P.E., Vol. 29, No. 1, 1963, pp.840~849.
  29. Allum, J.A.E., "Proofs and Uses of Some Formulae for the measurement of Height Differences and Dips on Aerial Photographs by Elementary methods", Trans, Instn. Min. Metall, 78; B, 1969, pp.108~113.
  30. A.S.P., "Manual of Photographic Interpretation", 1960, p.280.
  31. A.S.P., "Manual of Remote Sensing", Vol. 2, 1975, p.1191.
  32. Bent, E., "Dip Estimation for Photogeology", P. E. Vol. 35, No. 12, 1969, pp.1225~1227.
  33. Lattman, L.H. and R.G. Ray, "Aerial Photographs in Field Geology", Holt, Rinehart and Winston, 1965, pp.148~161.
  34. Allum, J.A.E. "Photogeology and Regional mapping", Pergamon Press, 1966, pp.96~102.
  35. Wild, Wild p.31 Universal Terrestrial Camera, Instruction for Use", Wild Heerbugg, June, 1980.
  36. Trinder, T.C., "The Effect of Photographic Noise on Pointing Precision, Detection and Recognition", P.E. & R.S., Vol. 48, No. 10, 1982, pp.1563~1575.
  37. 柳福模, 姜澤默, 朴弘祺, "地上寫真에 의한 構造物의 精密測定에 관한 研究", 韓國測地學會誌, Vol. 1, No. 1, 1983, pp.9~16.
  38. 柳福模, "study on Analytical Orientation in space by means of Orthogonal Formulation", 日本寫真測量學會, Vol. 14, No. 2, 1975, pp.13~20.
  39. 柳福模, 李啓鶴, "航空寫真의 標定解析의 誤差傳播에 관한 研究", 大韓土木學會誌, Vol. 30, No. 1, 1982, pp.81~92.