精密3角水準測量의 鉛直角觀測에 있어서 屈折係數(K)에 관한 實驗的 硏究

An Experimental Study on the Refraction Coefficient(K) in Vertical Angle Measurement of Precision Trigonometrical Leveling

李 啓 鶴*
Lee, Kye Hak
鄭 永 同**
Jeong, Yeong Dong
張 智 元***
Jang, Ji Won

Abstract

The object of this study is experimental determination of the refraction coefficient(K) which is critical factor in the zenith distance measurement of precision trigonometrical leveling. Thus, the characteristics of seasonal, directional and daily variation of the refraction coefficients according to each district were presented in this paper.

Comparing K value by the observed zenith distance with that calculated from the temperature gradient observed at Mt. Mudeung, we obtained satisfactory results.

要 旨

本 硏究는 精密3角水準測量의 天頂距離 觀測에 있어서 가장 重要한 要素인 屈折係數(K)를 實驗的으로 決定하는데 目的이 있다.

따라서 本 硏究에서는 各 地域에 따라서 屈折係數의 季節, 方向 및 日變化의 特性을 提示하였으며, 특히 無等山에서는 天頂距離 觀測에 의한 K값과 溫度傾斜로부터 計算하여 얻어진 K값을 比較할 때 滿足스러운 結果를 얻었다.

1. 序 論

測量은 地球를 둘러싼 大氣圈內에서 行해지고 있으므로 大氣層에 依한 빛의 屈折의 影響을 避할 수 없다[1].

따라서 精密計測을 위한 測量은 이 빛의 屈折에 依한 影響을 얼마만큼 正確히 補正하느냐가

*正會員·全南大學校 工科大學 敎授, 土木工學科
**正會員·朝鮮大學校 工科大學 副敎授, 土木工學科
***正會員·木浦大學 造景學科

重要한 問題이다[2,3].

屈折係數(K)에 관해서는 Gauss, Bessel, James Clarke 等이 硏究한 바 있으며,[3,4]네팔의 Everest 山과 이웃 日本의 Tsukuba 山을 비롯한 여러 特殊 地方인 Tokyo 灣, Tsugaru 海峽 等에서 얻어진 Data 값도 報告되어 있으나,[4,5,6], 우리 나라에서는 아직 屈折係數에 관한 뚜렷한 Data가 없는 實情이므로 精密 3角 水準測量을 實施하는데 많은 問題點으로 惹起되어 있다.

따라서 本 硏究에서는 此際에 우리나라 地域에 맞는 K 값을 얻는데 目的을 두고 1) 湖南地方에서 가장 높은 無等山을 中心으로한 山地部, 光州地域의 平地部, 木浦 및 麗水地域의 海岸部 等의 各 地方에 있어서 各 觀測方向과 日變化에 따라 屈折係數의 變化過程과 그 特性을 考察하고, 2) 우리 나라 主要地域, 例컨데 內陸地方(大田 및 大邱), 海岸地方(群山, 長項 및 釜山) 等의 觀測地點을 넓혀서 遂行하였다.

또한 無等山의 各 봉우리 等의 氣象觀測과 天頂距離 觀測結果로부터 求하여진 屈折係數와 위에서 列擧한 1)~2)에서 얻어진 觀測 Data로부터 氣象條件이 屈折係數에 미치는 影響, 各 地域別 K의 日變化와 그 特性, 天頂距離 및 K가 測地學的 3角水準測量에 미치는 影響 等에 대해서 考察하고자 한다.

2. 屈折係數(K) 算定에 관한 理論

本 硏究에서 利用한 K의 理論式은 다음과 같다.

只今 任意의 點에 있어서 氣壓과 溫度 그리고 氣壓 및 溫度의 鉛直傾斜에 依한 K의 算出式은[4~7]

$$K=-(n_0-1)R\frac{T_0P}{P_0T}\left(\frac{1}{P}\frac{dP}{dh}-\frac{1}{T}\frac{dT}{dh}\right)\cdots\cdots(1)$$

이며, 여기서 n_0, P_0, T_0는 大氣의 標準狀態에서 各各 屈折率, 氣壓, 絕對溫度이고, R은 地球의 半經이며, P, T, $\frac{dP}{dh}$, $\frac{dT}{dh}$는 任意點의 氣象狀態에서 各各 氣壓, 溫度 그리고 氣壓傾斜(mb/m), 溫度傾斜(deg/m)이다.

(1) 式에서 $T=273+t$, $t=°C$, $\alpha=\frac{1}{273}$을 代入하여 整理하면

$$K=-(n_0-1)R\frac{P}{760}\cdot\frac{1}{1+\alpha t}\left(\frac{1}{P}\frac{dP}{dh}-\frac{\alpha}{1+\alpha t}\cdot\frac{dT}{dh}\right)\cdots\cdots(2)$$

가 된다.

JIS WO 201에서 拔萃된 氣象 Data 값을 利用하여 溫度 및 氣壓의 鉛直傾斜를 求하고 위의 (1) 또는 (2)式을 適用하여 K를 算定할 수 있다[8].

한편 正·反觀測의 兩地點에서 天頂距離 Z_i, Z_j를 觀測할 때 光路(light path)를 圓弧로 假定하여 $K=\frac{R}{R'}$로 놓고 이루어진 K의 算出式은[9]

$$K=1-\frac{R(Z_i+Z_j-180°)}{S\cdot\rho}\cdots\cdots(3)$$

이 된다.

여기서 R은 地球半徑, R'는 光路를 圓弧로 假定한 假定半徑이며, $\rho=206265''$이며, S는 兩觀測地點(i,j)間의 距離이다.

또한 片方觀測의 3角水準測量에서 兩差를 考慮하여 얻어진 高低差 h는[10]

$$h=S\cdot\cot Z_{ij}+i-f+\frac{(1-K_{ij})S^2}{2R}\cdots(4)$$

가 되며, 여기서 Z_{ij}, K_{ij}는 各各 i地點에서 j地點으로 片觀測한 天頂距離 및 屈折係數이고 i는 器械高, f는 視準한 staff의 높이다. (4) 式에서 $i=f$로 놓고 整理하면

$$K_{ij}=1-\frac{2R(h-S\cdot\cot Z_{ij})}{S^2}\cdots\cdots(5)$$

가 된다.

다음은 天頂距離 Z 및 屈折係數 K의 誤差가 高低差의 精度에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 測地學的 3角水準測量의 精度計算에 관한 平均제곱誤差의 公式은[11]

$$M_h^2=\frac{S^2}{\rho''^2}M_z''^2+\frac{S^2}{4R}M_k^2\cdots\cdots(6)$$

으로 表示된다.

여기서 M_h^2, $M_z''^2$ 및 M_k^2은 各各 高低差, 天頂距離 및 屈折係數의 平均제곱誤差이다.

3. 實驗 및 K의 算出

3.1 氣象觀測結果 및 分析

本 硏究에서 氣象觀測은 光州觀象臺에서 過去 氣壓 및 溫度를 觀測했던 Sato aneroid barometer와 Thermometer를 利用했다.

溫度測定에서 太陽의 直射光線을 받을 때에는 急上昇하는 現象을 나타내고 溫度傾斜線은 甚한 屈曲을 보였다.

따라서 이와 같은 奇現象을 排除하기 위해서 筆者가 考察한 것이 携帶用의 小型百葉箱이었으며 이 百葉箱에 精密溫度棒을 넣어 觀測한 바 精密値를 얻었고, 모든 觀測方法은 觀象臺에서 觀測하는 方法을 따랐다[12].

1) 溫度 및 溫度傾斜

本 硏究에서 無等山의 中峰을 選定된 두 雙方向의 氣象觀測地點으로 ① 山水洞↔壯元峰과 ② 壯元峰↔元曉寺가 그림 3.1의 1)에서 나타난 바와 같이 그 溫度傾斜曲線이 서로 相異한 特性을 보이고 있음은 注目할만 하다.

그림 3.1의 1)은 山水洞 뒷산(A)이 壯元峰(B)에 比하여 標高差가 約 300 m가 낮으므로 溫度가 높아야 됨에도 10~15時 사이에는 反對現象을 보이고 있는데, 이는 山谷風現象이라 思料된다. 이런 現象(實例)은 木浦의 笠岩山↔三鶴島에도 똑 같은 樣相을 보였다.

그러나 그림 3.2의 1)에서 壯元峰(A)은 元曉寺(B)보다 約 200 m가 낮으므로 13時 30分을 除하고는 A, B 兩峰의 溫度比較曲線은 正常的인 上下位 平行曲線을 維持하다가 特히 15時에는 上下間隔差가 極甚함을 보여 준다.

그림 3.1의 3)는 溫度傾斜曲線으로 이는 Zero를 主橫軸으로 (±)上下 振幅을 維持하면서 16

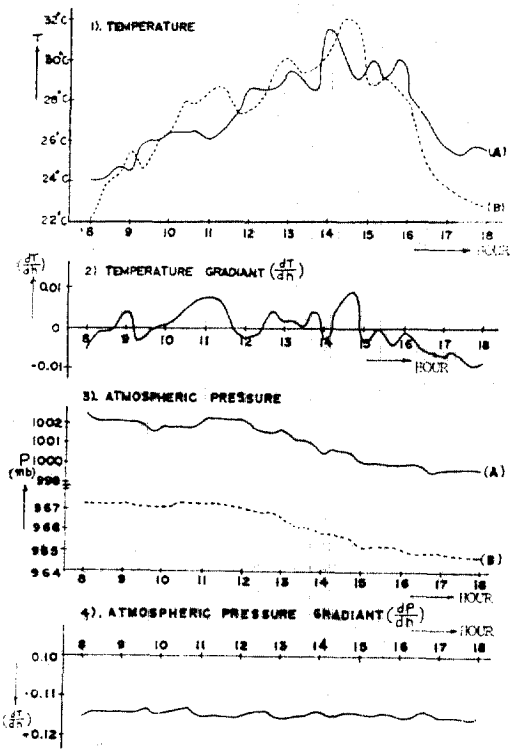

그림 3.1 Results of meteorological observation(Ⅰ)
(A : Sansu-Dong B : Jangwon-Bong),
Spring, May 22, '83. cloudy

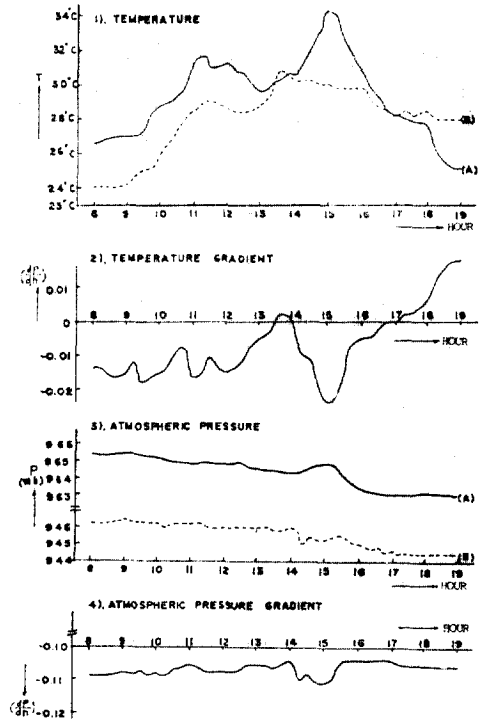

그림 3.2 Results of meteorological observation(Ⅱ)
(A : Jangwon Bong, B : Wonhyo-Sa)
Summer, July 28, '83. fine

時 以後에는 (−)傾斜를 表示하고 있는 反面, 그림 3.2의 2)는 8~13時까지 正常的인 (−)傾斜를 維持하다가 13時 30分부터는 山谷風現象으로 (+)傾斜를, 또한 15時에는 最大 (−)傾斜를 維持하다가 17時를 期해서 (+)傾斜를 보이는 等, 이런 不規則的인 樣相은 溫度傾斜로부터 屈折係數 算定에 큰 影響을 미치게 된다.

2) 氣壓 및 氣壓傾斜

氣壓과 氣壓傾斜는 거의 屈曲이 없고 이들 特性은 그림 3.1~2의 3),4)에서 보여준 바와 같이 ① 山水洞↔壯元峰, ② 壯元峰↔元曉寺 等은 높이의 高低差에 따라 그에 相應하는 氣壓差로 平行線을 維持하고 있다.

氣壓은 早期는 높다가 時間의 經過에 따라 減少하면서 夕陽에는 最下값을 보이고 있으며 氣壓傾斜는 그림 3.1의 4)에서 一直線을 나타내고 있는 反面, 그림 3.2의 4)는 氣壓이 14~15時에 凹凸이 생겨서 氣壓傾斜가 甚한 屈曲을 보이고 있다.

다만 이들은 溫度傾斜와 같은 (+) 傾斜는 나타나지 않는다.

3.2 距離에 따른 天頂距離變動과 그 特性

距離의 變化에 따라 天頂距離變動은 ① 羅州山浦 Airstrip(延長 約 4 km)와 ② 砥石川 兩岸을 擇하여 觀測하였던 바[13,14] 그림 3.3과 같은 曲線을 얻었다.

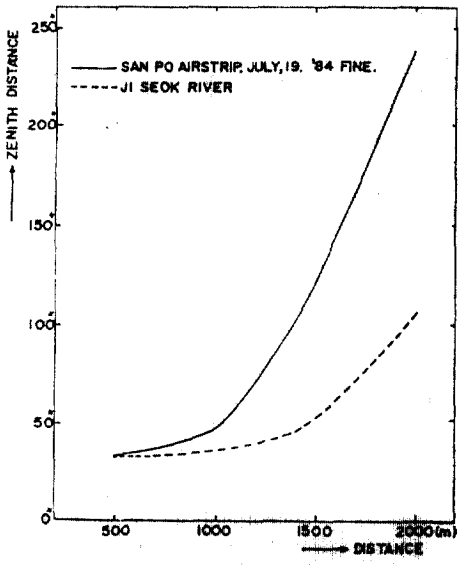

그림 3.3 Zenith distance variation by distance

Airstrip는 表面이 Asphalt여서 空氣의 對流現象이 甚하고 아지랭이 影響 때문에 觀測誤差가 크게 發生함에 따라 天頂距離도 크게 變動하고 그 曲線은 緩慢한 砥石川에 比하여 急上昇曲線을 나타냈다(그림 3.3).

그런데 距離에 따라 正·反觀測으로 求한 屈折係數는 거의 一定한 값을 維持하고 있음을 알았다.

3.3 觀測結果에 의한 K의 算定 및 分析

1) 溫度와 氣壓傾斜에 의한 K값

無等山의 中峰인 ① 山水洞↔壯元峰과 ② 壯元峰↔元曉寺의 氣象觀測結果를 가지고 溫度, 氣壓 그리고 溫度, 氣壓의 鉛直傾斜를 求하였다.

屈折係數 K는 (1)式을 가지고 求해 보았으며, 이들 값을 圖示하면 그림 3.4와 같은 特性을 보였다.

그림 3.4에서 壯元峰을 中心으로 두 雙方向인 山水洞과 元曉寺와의 屈折係數는 約 0.05의 差로 日變化가 若干의 振幅을 가지고 變動하고 있는데 이는 場所에 따라 若干의 差異는 있다하겠지만 夏季에 接近할 수록 K가 減少現象을 보이고 있음을 알았다.

그런데 氣壓은 溫度에 比하여 大槪 一定함으로 K값은 溫度 및 溫度傾斜의 變動에 따라 크게 增減한다.

2) 正·反觀測에 依한 K의 日變化와 月變化

光州地方의 山地部인 無等山에서 1983年 5~7月 사이의 方向別로 ① 元曉寺↔壯元峰 $K_1(E-W)$, ② 忠將祠↔元曉寺 $K_2(N-S)$, ③ 光州

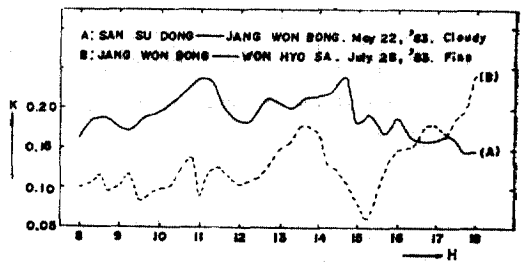

그림 3.4 Refraction coefficient (K) by meteorological observation
A : (E—W), B : (E—W)

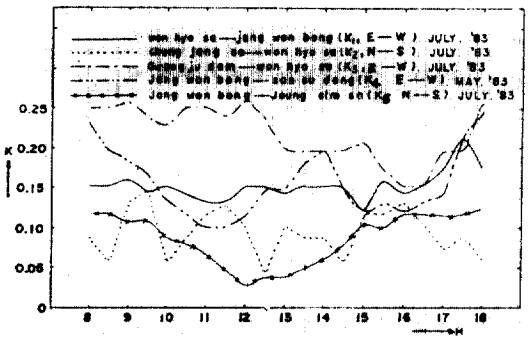

그림 3.5 Comparison of K by bidirectional method

Dam↔元曉寺 $K_3(E-W)$, ④ 壯元峰↔山水洞 $K_4(E-W)$, ⑤ 壯元峰↔證心寺 $K_5(N-S)$等을 順次로 連續 觀測하였으며, 이들 觀測値를 正·反觀測에 依한 方法(3式)을 利用하여 K를 算出하고 이들의 日變化에 對한 變動過程은 그림 3.5에 나타난 바와 같다.

그림 3.5에서 屈折係數 K는 日變化에 따라 多少 屈曲을 이루고 있으며, 各 方向別 K값은 南↔北方向에서 觀測하여 求한 K값이 東↔西方向에서 求한 K값 보다 多少 적은 特性을 보였다.

또한 光州地方의 平地部인 山水洞↔良洞($E-W$)에 대해서 1983年 2~7月 사이에 正·反觀測結果로 얻은 K의 月變化 現象은 그림 3.6과 같은 樣相으로 나타났다.

그림 3.6의 月變化曲線에서 K값은 春季에서 夏季로 漸近할수록 작은 下位線을 나타내고 있음을 알 수 있으며, 3月부터 5月사이에는 거의 비슷하고 큰 隔差가 없으나 6月에 접어들면서 顯著한 差異를 가져온다.

따라서 6,7月은 夏季로서 K값의 크기가 비슷하고 最小값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

3) 各 觀測方法에 依한 K값의 比較

無等山(山水洞↔壯元峰)의 觀測値를 ① 正反

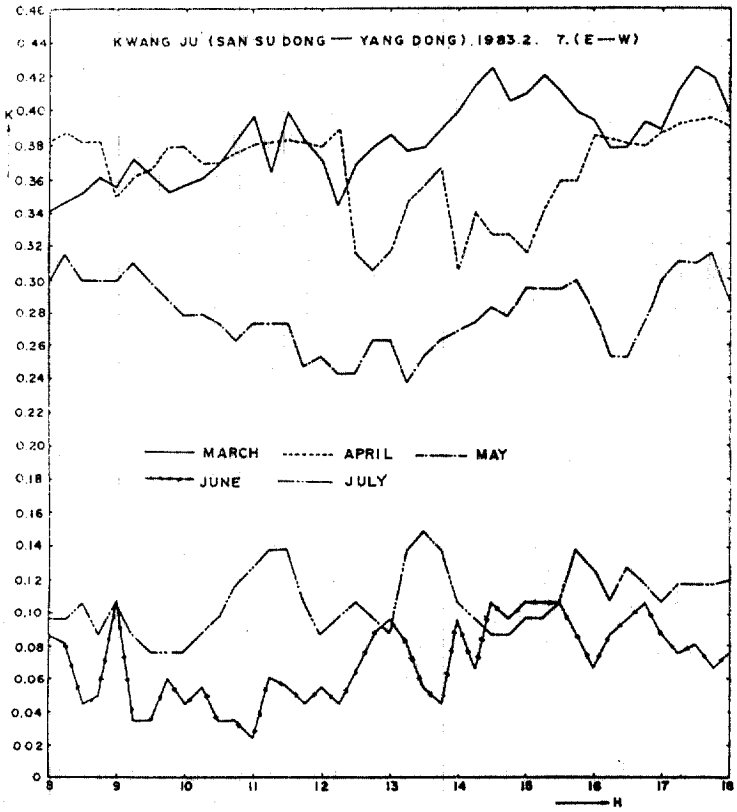

그림 3.6 Monthly variation of refraction coefficient(K) at Kwangju(E—W)

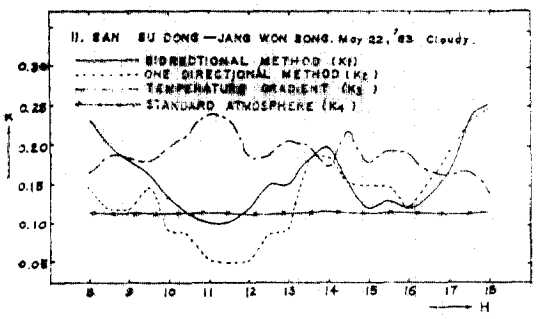

그림 3.7 Comparison of K by each method

觀測(K_1), ② 片方觀測(K_2), ③ 溫度, 氣壓의 鉛直傾斜(K_3), ④ 標準大氣(K_4) 等에 依하여 計算한 結果値를 알기 쉽게 나타낸 比較曲線은 그림 3.7과 같다.

그림 3.7에서 標準大氣를 利用하여 求한 K 값은 거의 直線的인 變化를 나타내고 溫度傾斜, 正·反 및 片方觀測으로 求한 K 값은 相互 僅少한 差로 屈曲을 이루고 있다.

그리고 正·反觀測으로 求한 平均 K 값(K_1=0.1571)은 溫度傾斜(K_3=0.1869)와 標準大氣(K_4=0.1135)로 求한 平均 K 값의 合의 平均値 $\left(\overline{K}=\frac{K_3+K_4}{2}=0.1502\right)$ 그리고 全體平均値(0.1470)와 거의 接近하고 있음을 알 수 있다.

4. 各 地域別 K의 特性 및 分析

4.1 全南의 各 地域別 K값의 特性

1983年 6~7月 사이에 無等山 中峰의 여러 觀測地點에서 求한 無等山의 平均 K 값, 全南의 南海岸인 木浦(笠岩山↔儒達山), 그리고 麗水(紫山公園↔南山)等의 K 값을 比較하고 이들의 日變化에 따라 地域別 크기의 順位를 알기 쉽게 그림 4.1에 圖示해 보았다.

그림 4.1에서 K 값이 地域別로 크게 다르고 特히 海岸地方의 屈折係數는 內陸地方보다 크다는 것을 本 實驗을 通하여 알 수 있었다.

한편 이들에 대한 K 값의 크기는 木浦(儒達山), 麗水(紫山公園) 그리고 光州(無等山)의 順으로 나타났으며, 特히 海岸地方의 木浦와 麗水는 K 값이 거의 비슷하나 內陸地方의 光州는 이들 크기의 $\frac{1}{2}$에 不過하다.

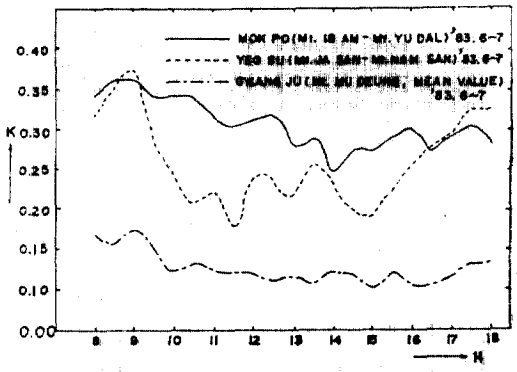

그림 4.1 Comparison of K value by districts

4.2 全國 各 地域別 K의 特性

全國을 湖南과 嶺南 그리고 中部地域別로 크게 나누고 ① 內陸地方으로는 光州, 大邱, 大田等이며, 光州는 '83.5~6月, 大邱와 大田은 '84.5月에 觀測하였고, ② 海岸地方은 木浦, 麗水, 群山, 釜山等으로써 木浦, 麗水는 '83.6~7月, 群山은 '84.5月, 釜山은 '84.7月로 各各 東↔西, 南↔北 方向의 두 雙方向에서 觀測하였으며, 그리고 ③ 山地部는 光州 無等山을 中心으로 하여 7個 雙方向에 對해서 '84.6~7月에 集中 觀測하고 이들 ①~③에 對한 K 값의 日變化와 平均값들을 各各 求해 보았다.

內陸地方에 있어서 大田, 光州, 大邱 등의 各 地域에 對한 K 값의 比較曲線은 그림 4.2에 表示하였으며, 여기서 K 값의 크기는 大田, 光州, 大邱順으로 나타났다.

한편 이들 地域에 對한 K 값의 平均値는 各各

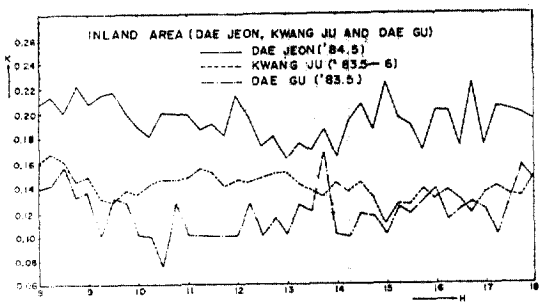

그림 4.2 Comparison of refraction coefficient(K) by inland area (Daejeon, Kwangju and Daegu)

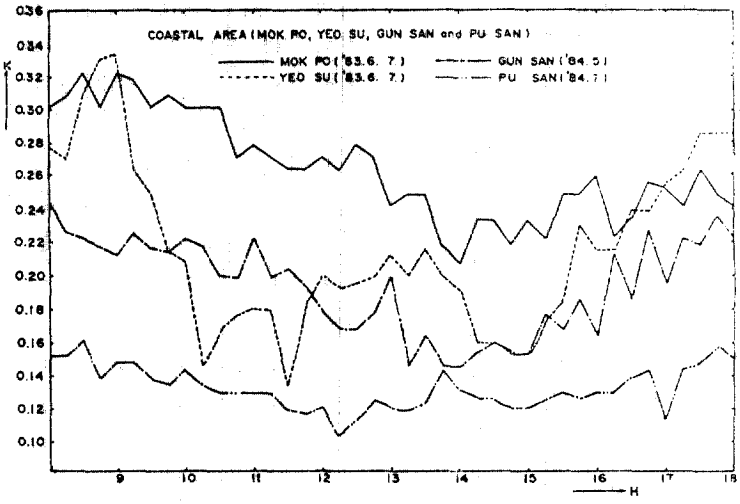

그림 4.3 Comparison of refraction coefficient(K) by coastal area (Mokpo, Yeosu, Gunsan and Pusan)

0.19, 0.14, 0.12 들로서 特히 大邱地方의 K 값이 작은 것은 注目할만하고, 大邱는 盆地를 이루고 있고 大陸性 氣候가 甚한 곳으로써 우리나라에서는 比較的 여름에는 氣溫이 높고 겨울에는 낮은 關係로 이와 같은 特性을 보이고 있는 것으로 思料된다.

또한 西海, 南海, 東南海岸地方에 對한 地域別 K 값의 比較曲線은 그림 4.3으로써 이 曲線에서 보는 바와 같이 東南海岸이 西南海岸쪽 보다 K 값이 작다는 것을 알 수 있다.

따라서 이들의 各 地域別로 K 값을 平均해서 海岸, 內陸, 山地部에 對한 比較曲線은 그림 4.4와 같고 이들의 特性을 比較하면 海岸部가 가장 크고, 山地部가 가장 작으며, 內陸地方은 中位로 나타났다.

4.3 外國 K 값의 特性 및 外國 Data 와의 比較

Jordan에 依한 K 값을 年度別로 列擧하면 表 4.1과 같으며 現在 이웃 日本을 비롯해서 外國에서 市販되고 있는 測量諸表等의 K 값은 이 平均値를 많이 使用하고 있다[4,5].

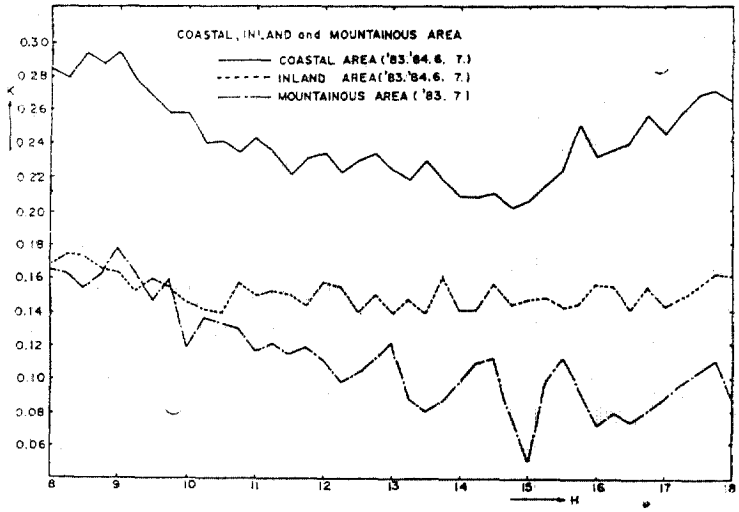

그림 4.4 Comparison of refraction coefficient(K) by districts(coastal, inland, and mountainous area)

表 4-1 K value by Jordan

Year	Name	K value
1736	Maupertunis	0.1053
1751	Tobias Mayer	0.1250
1792	Delambre	0.1678
1823	Gauss	0.1306
1831	Struve	0.1237
1834	Bessel	0.1370
1849	Baeyer	0.1300
1858	James Clarke	0.1587
1870~75	Preussische Lendesaufnahme	0.1189
	Mean value	0.1329

그 外에 年度 未祥인 Everest山은 山峰에 따라 K값이 0.07~0.08, 0.05等이고[6], 日本 國土地理院(GSI)에서 報告된 Tsukuba山은 平均 0.1153(1953.8), Kano山은 平均 0.17(1969.8)이며[7], 最近 1970~72年 사이에 Tsugaru海峽이나 Tokyo灣 등에서 Theodolite로 渡海水準測量에서 얻어진 K값은 平均 0.159로 發表된 바 있다[8].

이와 같이 文獻 Data와 只今까지 實驗結果로 미루어 보아 屈折係數 K값은 平地보다도 높은 山에서는 작게 나타난다고 볼 수 있다.

以上에서 論한 實驗結果를 通하여 山地部인 光州無等山에서 K값의 最大 最小値는 0.2617, −0.0670으로 그 差는 0.3287로 나타났고, 內陸地方은 最大 0.2236, 最小 0.0735로 그 差는 0.1501이며, 海岸地方은 最大 0.3755, 最小 0.1531로써 그 差는 0.2224로 나타났으며, 따라서 이들 K값에 對하여 外國 Data와도 比較해 보면 表 4.2에 나타난 바와 같이 若干 큰 特性을 갖고 있다.

表 4-2 Comparison of K value of Korea with that of the Foreign Data

District	Japan	Nepal	by Jordan	Korea	Remarks
Mountainous Area	Mt. Tsukuba '53.8. 0.171 0.129 0.125 0.036 (0.1153)	Mt. Everest 0.07~0.08 0.05	(0.1329)	Mt. Mudeung '83.7. K_1=0.1521 K_2=0.0940 K_3=0.2117 K_4=0.0372 K_5=0.1571 K_6=0.0873 K_7=0.1476 (0.1267)	( ) : Mean Mokpo : (0.3071) Yeosu : (0.2589) Gunsan : (0.2344) Pusan : (0.1737)
Inland Area	(0.1166)			(0.1511)	Max. (0.1733) Min. (0.1396)
Coastal Area	(0.1590)			(0.2437)	Max. (0.2992) Min. (0.2060)

5. 測地學的 3角水準測量의 精度計算

5.1 精度計算 및 分析

測地學的 3角水準測量에 依하여 決定된 높이의 誤差는 實際에는 天頂距離의 測定誤差와 屈折係數의 誤差만으로 일어난다고 보아도 過言이 아니다.

天頂距離(Z) 및 屈折係數(K)의 誤差가 高低差의 精度에 어떠한 影響을 주는가를 確實히 알기 위하여 (6)式을 가지고 正午에 가까운 時間에 對하여 $M_z=\pm 3''$, $M_R=\pm 0.03$을 取하여 計算하면 測地學的 3角水準測量의 精度를 評價할 수 있는 資料를 손쉽게 얻을 수 있다.

表 5.1은 視準距離에 따른 測地學的 3角水準測量의 精度를 表示한 것으로, 여기서 平方根을 取한 것은 計算을 쉽게 하기 위한 것이다.

따라서 表 5.1로 부터 다음과 같이 分析할 수 있다.

① 6 km 以下의 距離에서는 觀測誤差의 影響

表 5-1 Accuracy of Geodetic Leveling

Sighting Length S(km)	$\sqrt{(S^2/\rho^2)M_s^2}$ (cm)	$\sqrt{(S^4/4R^2)M_t^2}$ (cm)	M_h (cm)	Remark
2	3	1	3	
4	6	4	7	
6	9	9	13	
8	12	16	10	
10	15	25	29	
20	29	95	99	

이 屈折係數 K에 依한 誤差의 影響보다 크며,

② 6 km 以上의 距離에서는 屈折係數에 依한 誤差의 影響이 觀測誤差의 影響보다도 크고,

③ 距離의 增加에 따라 屈折係數에 依한 誤差의 影響이 아주 빨리 增加한다.

④ 10 km 以上의 경우는 屈折係數에 依한 誤差의 影響이 壓倒的이다.

以上과 같은 結果로 미루어 보건데 精密 3 角水準測量을 行하는 경우에는 各 地方에 따라 屈折係數 K 값을 될 수 있는데로 正確히 算定해야 할 必要가 있다.

5.2 K값과 距離에 따른 氣差 및 兩差의 變化

只今까지 山地部(無等山)에서 算定된 代表的인 K 값 ① 0.2617(max.), −0.0670(min.) ② 各 方向別 最大 및 最小값들의 平均값 0.1924 와 0.0663 그리고 ③ 全體의 綜合 平均値 0.1276等을 가지고 距離變化에 따라 氣差 $C_1=\left(-\frac{KS^2}{2R}\right)$, 兩差 $C_2=\left\{\frac{(1-K)S^2}{2R}\right\}$를 計算하여 이를 圖示하면 그림 5.1과 같다.

이와 같이 K 값과 距離變動에 따라 相當量의 氣差 및 兩差量이 달라짐을 알 수 있으며, 따라서 測地學的 3 角水準測量에서는 이들의 量을 補正함으로써 精密 3 角水準測量을 期할 수 있다.

屈折係數 K에 따라 標高測定에도 큰 影響을 미치고 無等山의 경우 水平距離 5 km 에서 3 角水準測量을 한다 할 때 K 값의 最大(0.27), 最小(−0.07)에 따라 標高에는 0.70 m 程度 影響이 미친다(그림 5.1). 또한 Everest 山에서 K의 10^{-5} 誤差로 0.3 m 以上 影響이 미치며, 日本 富士山의 경우 K가 0.05 變하면 標高에는 0.28 m 가 달라진다[5].

한편 天頂距離 觀測에서 1″誤差는 屈折係數 K의 크기에는 10^{-2}에 影響이 미치고 測點間의 距離誤差가 2~3 cm 인 경우에 K 값에는 10^{-5}에 影響을 미치므로 正確한 K를 算定하는데는 天頂距離의 觀測에 細密한 注意가 必要하다.

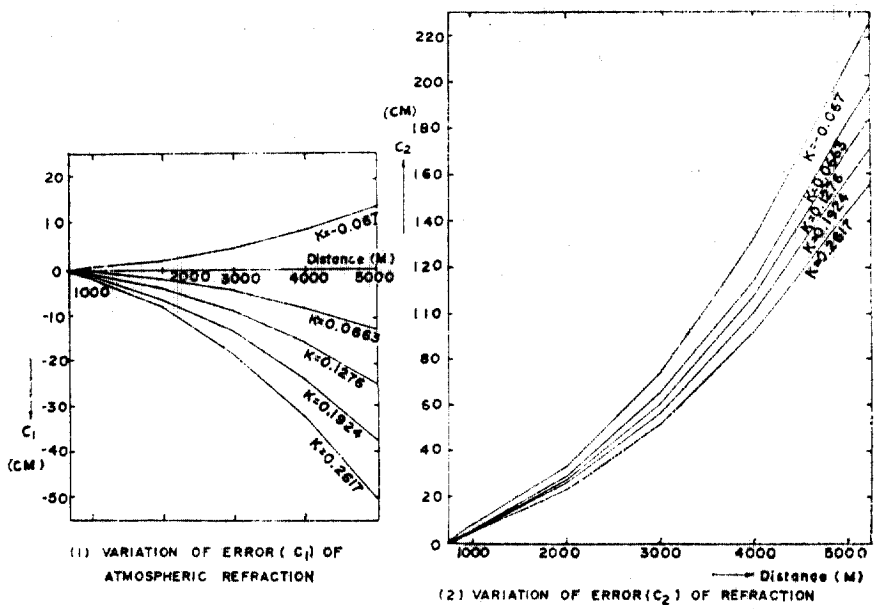

그림 5.1 Variation of error due to refraction & curvature by representative distances variation

6. 結 論

本 研究의 實驗結果를 比較分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 山谷風現象을 除하고 觀測點(山頂)의 高低에 따라 溫度傾斜가 正常的인 (−)傾斜를 維持할 경우 溫度傾斜에 依한 K 값과 天頂距離觀測에 依한 K 값과를 比較할 때 거의 一致된 結果를 얻었다.

2. 一定方向에서 正·反觀測으로 얻은 K 값은 距離에 關係치 않고 거의 一定値를 維持하고, K 값의 月變化는 春季에서 夏季에 접어들수록 漸減하는 特性이 있으며, 特히 各 方向別 觀測으로 求한 K 값은 東↔西 보다 南↔北 方向이 작은 特性이 있다.

3. K 값은 外國 Data보다 약간 큰 特性(+)을 보이고 있으며 大槪 平均값은 山地部에서는 0.12~0.13, 平地部에서는 약 0.15 그리고 海岸部에서는 約 0.20으로 나타났다.

한편 K 값은 中部 및 湖南地方보다 嶺南地方, 西部보다 東部地域이 작은 特性이 있으며 特히 大邱地方에서 最小値를 보였다.

4. 天頂距離觀測誤差와 屈折係數의 誤差가 測地學的 3角水準測量의 精度에 미치는 影響은 6 km 以下의 距離에서는 觀測誤差의 影響이 屈折係數誤差의 影響보다 크나 6 km 以上의 경우는 屈折係數誤差가 觀測誤差의 影響보다 크다.

謝 辭

本 研究는 韓國科學財團의 研究費支援(1982~1984 年度)으로 遂行되었던 바 同 財團에 深甚한 謝意를 表하는 바이다.

參 考 文 獻

1. 須田敎明：測量の物理(空氣の屈折率)，測量，3月號，1974，pp. 41~44.
2. 李啓鶴外 2人：大氣의 屈折과 氣象이 測角 및 測距에 미치는 影響에 關하여，大韓土木學會學術發表槪要集，1979，pp. 50~61.
3. 中根勝見：光の屈折による水準測量の誤差，測量，7月號，1970，pp. 22~24.
4. 日本國土地理院：測地資料，第6卷，1972，pp. 47~72.
5. 高山島重雄：富士山の高さ，國土地理院時報，No. 41，1971，pp. 24~31.
6. 大森又吉：エバレスト山の高さ，測量，4月號，1956，pp. 50~61.
7. Y. Harada："*Atmospheric Refraction at Mt. Tsukuba*", G.S.I.IV, 1954, pp. 59~69.
8. 標準大氣：中淺測量器株式會社 創業 130年，1981，pp. 92~93.
9. 大野欽一：海輕海峽渡海水準測量に及ぼす大氣の影響，測地學會誌，第2卷，第3~4號，1956，pp. 32~41.
10. 土橋忠則：基準點測量，山海堂，1970，pp. 38~235.
11. 日本測量協會：現代測量學(3)，1982，pp. 236~243.
12. 氣象廳：地上氣象觀測法，1971，pp. 31~61.
13. 安哲浩：基線尺 및 電磁波測距儀에 依한 基線測量 **大韓土木學會誌**，第27卷 第5號，1979，pp. 36~40.
14. 須田敎明：光波測距儀による距離測定における氣象補正法に對する考察，日本測地學會誌，16卷，3號 1971，pp. 137~147.

(接受：1985. 7. 29)