

湖南地方에 있어서 屈折係數(K)에 關한 實驗的 研究

A Experimental Study on the Coefficients of Refraction(K) in Zenith Distance Measurements of Trigonometrical Leveling, in the Honam District

李 啓 鶴*	鄭 永 同**
Lee Kye-Hak	Jeong Yong-Dong
張 智 元***	李 冕 球****
Jang Ji-Won	Lee Myon-Ku

要 旨

本 研究는 三角水準測量의 鉛直角 觀測에 있어서 必的으로 隨伴되는 屈折係數(K)값을 實驗的으로 求함으로써 앞으로 精度 높은 精密水準測量을 遂行하는데 目的을 두고 있다.

이에 本 研究에서는 特히 湖南地方에 있어서 無等山을 中心으로 한 山地部, 光州地域의 平地部, 木浦 및 麗水地域의 海岸部 등의 各 地域에 따라서 屈折係數(K)값을 季節別(月別) 및 時間別 變化過程과 그 特性을 提示하였다.

ABSTRACT

This study aims at carrying out the precision leveling by getting the coefficients of refraction(K) through experiment presented necessarily in the zenith distance measurements of trigonometrical leveling.

Thus, the process and characteristics of seasonal and hourly variation of the coefficients of refraction(K) in the Honam district are presented in this paper, especially in the mountainous area surrounded with the Mt. Mudeung, in the coastal area of Mokpo and Yeosu district, and in the plain area of Gwangju district.

1. 序 論

三角水準測量의 鉛直角觀測에 있어서 只今까지 우리는 屈折係數(K)값을 外國의 觀測 Data

*全南大學校 工科大學 教授
**朝鮮大學校 工科大學 副教授
***全南大學校 大學院
****朝鮮大學校 產業大學院

값에 依하여 $K=0.12\sim 0.14$ 로 假想하고 이 값을 兩差($k = \frac{(1-K)S^2}{2R}$)에 代入하여 精密三角水準測量을 遂行해 왔다.

그러나 外國에서 實驗觀測한 實例를 보면 K 값은 各 地方, 季節, 그리고 時間에 따라서 相異하게 되어 있다.

우리가 實施하고 있는 測量은 地球를 둘러싼 大氣圈內에서 行하고 있으므로 大氣層에 依한 빛

의 屈折의 影響을 얼마만큼 正確히 補正할 수 있느냐가 問題가 된다.

屈折係數 (K)에 關係서는 일찌기 Gauss, Bessel, James Clark 等に 依하여 實驗的研究를 遂行한 바 있으며, ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ 이웃 日本의 國土地理院 (GSI)의 경우, 筑波山⁽⁴⁾을 비롯한 여러 特殊地方(東京灣)⁽⁵⁾을 觀測하여 求한 Data 값도 報告되어 있으나, 우리나라에서는 아직 屈折係數(K)에 關한 뚜렷한 觀測 Data가 全無한 實情이므로 精密三角水準測量을 實施하는데 많은 問題點이 惹起되어 왔다.

따라서 本 研究에서는 此際에 우리나라地域의 特性에 맞는 K 값을 求하여 精密三角水準測量을 遂行하는데 目的을 두고 있으며, 于先 全國의 一部인 湖南地方에 있어서 山地, 平地, 海岸部別로 地域을 選定하고 季節(月別), 地域, 時間別로 實驗 觀測하여 求한 K 값을 外國의 實驗 Data 값과도 比較 檢討함은 勿論 우리나라地域의 特性에 맞는 K 값을 求해 보려는데 意義가 있다.

2. 基本理論

屈折係數(K)의 算出方法에는 ⁽¹⁾ 正反觀測 및 ⁽²⁾ 片方向觀測에 依한 求法과 ⁽³⁾ 氣壓, 溫度 및 氣壓, 溫도의 鉛直勾配에 依한 求法, 그리고 ⁽⁴⁾ 標準 Data(氣壓, 溫度)에 依한 求法等 여러 가지가 있으며, 이들에 關한 基本理論을 展開하면 다음과 같다.

2.1 正反觀測에 依한 K 의 求法^{(1)~(6)}

그림 2-1의 A, B 點에서 天頂距離 Z_1, Z_2 를 觀測할때 光路(light path)를 圓弧로 假定하면

$$(Z_1 + \varepsilon_1) + (Z_2 + \varepsilon_2) = 180^\circ + \theta$$

여기서 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ 라 하면

$$\therefore Z_1 + Z_2 - 180^\circ = \theta - 2\varepsilon \quad (1)$$

그림 2-1에서

$$\theta = \frac{S}{R} \quad (2)$$

따라서 $\sin \varepsilon = \frac{S'}{2R'}$, $\frac{R}{R'} = K$ (屈折係數)로 놓

으면 $\varepsilon = \frac{S'}{2R} K$ 가 된다.

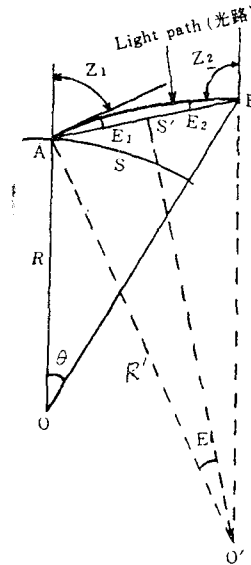


그림 2-1 正反觀測

여기서 R : 地球半徑(6370km),

$$\rho'' = 206265'' \text{ (1 Radian)}$$

따라서 (4)式으로써 正反에 依한 Z_1, Z_2 를 觀測하여 屈折係數(K)를 算出할 수 있다.

2.2 片方向觀測에 依한 K 의 求法⁽⁷⁾

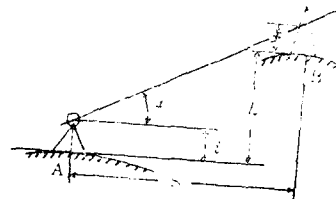


그림 2-2 片方向觀測

AB 間의 高低差 h 는

$$h = s \tan \alpha + i - f \quad (5)$$

그러나 地球表面의 灣曲으로부터 생기는 球差와 視準線이 大氣의 影響을 받아서 屈折함으로써 생기는 氣差의 補正을 하지 않으면 正確한 高低差를 求할 수 없다.

測量에서는 이 球差와 氣差를 舍한 것을 兩差라 하고 이 量을 다음 式으로 計算한다.

또한 그림 2-1에서 $S' = S \operatorname{cosec} Z_1$ 이므로

$$\varepsilon = \frac{S}{2R} K \operatorname{cosec} Z_1$$

Z_1 이 된다.

一般的으로 Z_1 은 90° 에 가까운 값이므로 $\operatorname{cosec} Z_1 = 1$ 로 할 수 있으므로 ε 은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\therefore \varepsilon = \frac{S}{2R} K \quad (3)$$

(1)式에 (2) 및 (3)式을 代入하여 整理하면

$$Z_1 + Z_2 - 180^\circ$$

$$= \frac{S}{R} (1 - K)$$

$$\therefore K = 1 - \frac{R(Z_1 + Z_2 - 180^\circ)}{S \rho''}$$

$$\frac{R(Z_1 + Z_2 - 180^\circ)}{S \rho''}$$

(4)

$$\left. \begin{aligned} \text{球差} &= \frac{S^2}{2R}, \text{氣差} = -\frac{KS^2}{2R} \\ \text{兩差} &= \frac{(1-K)S^2}{2R} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

여기서 K : 屈折係數

R : 地球의 半徑(6370 km)

따라서 兩差를 考慮하면

$$h = \text{stan}\alpha + i - f + \frac{(1-K)S^2}{2R}$$

가 되며, 여기서 $i=f$ 로 놓고 整理하면

$$h = \text{stan}\alpha + \frac{(1-K)S^2}{2R} \quad (7)$$

$$\therefore K = 1 - \frac{2Rh - \text{stan}\alpha}{S^2} \quad (8)$$

따라서 片方向觀測으로써 (8)式에 依하여 屈折係數(K)를 求할 수 있다.

2.3 氣壓, 溫度 및 氣壓, 溫도의 鉛直勾配에 依한 K 의 求法^{(8),(9)}

빛은 光路의 媒質에 따라서 다르며 그 速度로 變化한다. 數種의 媒質을 通過한 빛은 Fermat의 原理와 Boyle Charles의 法則에 依하여 다음과 같이 屈折係數(K)算出式이 成立한다(式的 誘導는 省略)

$$\therefore K = -(n_0 - 1)R \frac{T_0 P}{P_0 T} \left(\frac{1}{P} \frac{dP}{dh} - \frac{1}{T} \frac{dT}{dh} \right) \quad (9)$$

여기서 n_0, P_0, T_0, R : 大氣의 標準狀態에서 屈折率, 氣壓, 絕對溫度, 地球半徑 (9)式에 $T = 273 + t$, $t = ^\circ\text{C}$, $\alpha = \frac{1}{273}$ 을 代入하면

$$\therefore K = -(n_0 - 1)R \frac{P}{760} \frac{1}{1 + \alpha t} \left(\frac{1}{P} \frac{dP}{dh} - \frac{\alpha}{1 + \alpha t} \frac{dT}{dh} \right) \quad (10)$$

따라서 (9)式 또는 (10)式으로부터 任意의 點에 있어서 氣壓, 溫度 및 氣壓, 溫도의 鉛直勾配에 依한 屈折係數(K)를 求할 수 있다.

2.4 標準大氣에 依한 求法^{(10),(11),(12)}

氣壓은 높은 곳일수록 낮고, 地面가까이에서는 大略 100 m 높게되면 12 mb 낮게되며, 1000 m의 山頂에서는 約 115 mb가 낮은 氣壓이 된다.

한국측지학회지

JIS W0201에서 拔萃된 Data 값을 利用하여 氣壓, 溫도의 鉛直勾配를 求하고, (9)式 또는 (10)式에 依하여 K 값을 求할 수 있다. (表 2·1 參照)

표 2·1 標準大氣(JIS W0201에서 拔萃)

H m	t °C	氣 壓 p mbar	水銀柱高 p mm Hg
0	15.000	1013.25	760.00
50	14.675	10007.26	755.51
100	14.350	1001.29	751.03
150	14.025	995.36	746.58
200	13.700	989.45	742.15
250	13.375	983.58	737.74
300	13.050	977.73	733.35
350	12.725	971.90	728.99
400	12.400	966.11	724.64
450	12.075	960.35	720.32
500	11.750	954.61	716.01
550	11.425	948.90	711.73
600	11.100	943.22	707.47
650	10.775	937.56	703.23
700	10.450	931.94	699.01
750	10.125	926.34	694.81
800	9.800	920.76	690.63
850	9.475	915.22	686.47
900	9.150	909.70	682.23
950	8.825	904.21	678.21
1000	8.500	898.74	674.11

3. 本 研究의 實驗觀測 및 考察

3.1 觀測機器⁽¹²⁾⁽¹³⁾

本 研究의 觀測에 主要 使用된 器械器具는 最新型 PENTAX TH-01 및 WILD T₂(各各 1秒讀), EDM(SOKKISHA RED 2 및 WILD D120), 그리고 氣象觀測用으로는 光州觀象臺에서 使用하고 있는 SATO ANEROID 氣壓計(自己氣壓計包含)를 利用하고 隨時 水銀氣壓計에 點檢하였으며, 携帶用 小型白葉箱(筆者가 考察)과 精密棒溫度計(日製)等を 使用하였다.

3.2 觀測場所

觀測場所는 1) 平地部, 2) 海岸部, 3) 山地部로 나누어 觀測하고 太陽이 비치는 方向을 考慮하여,

1) 平地部는 光州의 高低差가 ± 20 m인 地域으로 東↔西 2方向, 南↔北 1方向等 3方向을 選定 觀測하였으며,

2) 海岸部の 木浦와 麗水는 東↔西 2 方向, 南↔西, 南, 北)을 擇하여 各 方向別 實驗 觀測하
↔北 1 方向等이며,

3) 山地部는 光州 無等山을 中心으로하여 高 그림 3·1은 山地部 觀測場所를 表示한 것이
低差 ±300m 로서 元曉寺를 中心으로 4 方向(東, 다.

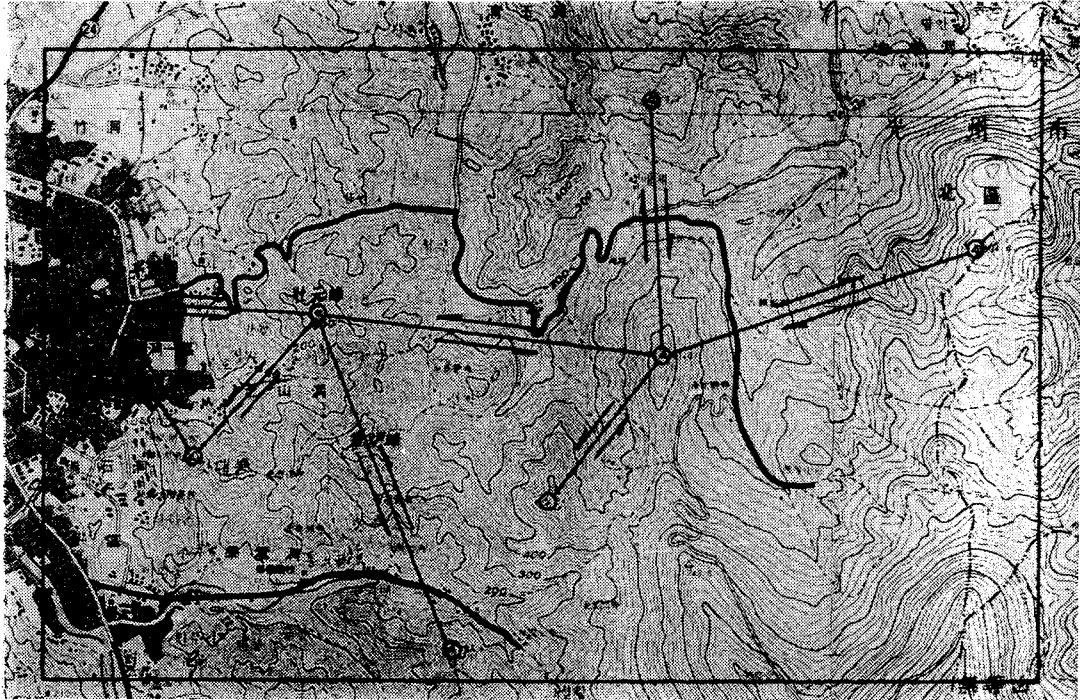


그림 3·1 山地部(無等山) 觀測地點 및 方向

3.3 觀測方法

觀測方法은 正反觀測으로 (4)式을 適用하여 屈折係數 (K)를 求하였다.

天頂距離觀測은 3~5 回 反復觀測하여 平均値를 取했고 觀測時期는 平地, 海岸部 다같이 83 年 2~7 月까지 連續觀測하고 山地部는 5~8 點을 擇하여 7 月中 各 方向別로 集中觀測하였다.

觀測時刻는 8 時~18 時까지 20 分間隔으로 觀測하였으나, 每 觀測時에 氣壓, 溫度도 測定해서, 氣壓, 測度의 鉛直勾配에 依한 K 값도 求하여 正反觀測에 依한 K 값을 點檢하였다.

3.4 座標 및 距離算定^{(13), (14), (15)}

座標 및 距離算定(點檢)에서 各 測點間의 距離는 既存三角點의 座標에서 觀測코자하는 測點을 三角測量하여 座標 및 距離를 算定하고 그 結果値를 EDM 로 點檢하였으나 그 差는 極히 微



그림 3·2 正反觀測觀景(天頂距離, 氣壓 및 溫度測定)

小함을 發見하였으므로 屈折係數 算定에 利用한 距離는 別途 測點을 定한곳外에는 既存 3角點座標에 依한 값을 使用하였다.



그림 3-3 EDM로 距離點檢

3.5 實驗觀測結果

3.5.1 平地部

平地部에서는 前述한바와 같이 83/2~7월까지 連續觀測한 結果를 表 3.1(山地部實例)과 같이 屈折係數(K)를 算定하였고, 季節別(2月:冬, 3,4,5月:春, 6,7月:夏)로 나타낸것은 表 3-2와 같다.

또한 이를 알기 쉽게 나타내기 위하여 表 3-2로부터 1) 平地部(光州:山水洞(E)↔月山洞(W)) 2) 良洞↔月山洞(N-S)等에 關한 季節 및 時間別 K 값의 變化過程을 圖示하면 그림 3·4, 3·5 등과 같고, 이들 平地部에 對한 月 및 方向別 그리고 季節 및 時間別 등의 綜合的인 變化는 그림 3·6, 3·7에 나타낸바와 같다.

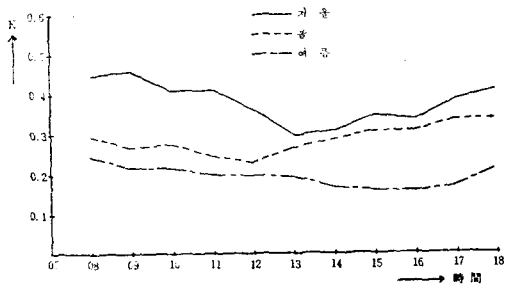


그림 3-4 平地部(光州:山水洞↔月山洞) 季節 및 時間別 K 값의 變化曲線(E↔W)

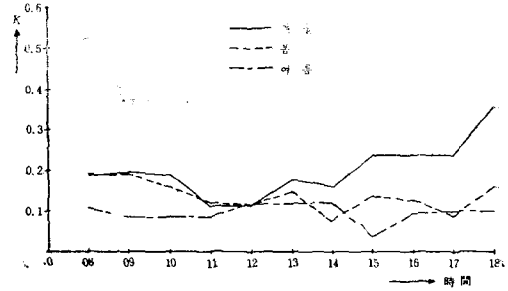


그림 3-5 平地部(光州:良洞↔月山洞) 季節 및 時間別 K 값의 變化曲線(N↔S)

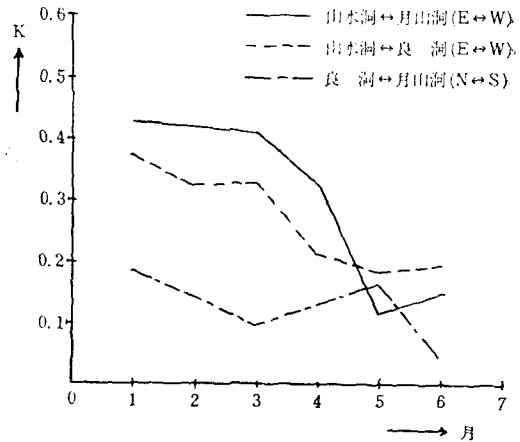


그림 3-6 平地部(光州) 月 및 方向別 K 값의 變化曲線

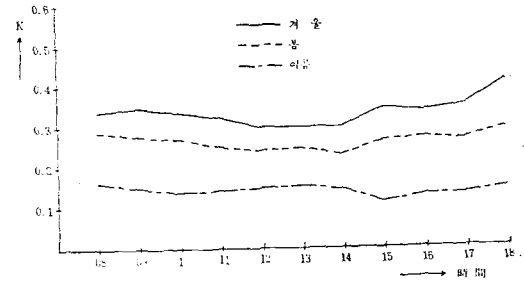


그림 3-7 平地部(光州) 季節 및 時間別 K 값의 變化曲線(總括)

3.5.2 海岸部

海岸部에서도 平地部와 같이 1) 木浦地方(笠岩山↔三鶴島), 2) 麗水地方(紫山公園↔南山洞)等에 對하여 觀測하였으며 이들에 關한 季節 및 時間別 K 값의 變化曲線은 그림 3·8, 3·9와 같고 특히 그림 3·10은 海岸部(木浦, 麗水)의 總括的인 季節 및 時間別 K 값의 變化狀態를 나타낸 것이다.

測點	觀測時	鉛直角 $\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$	天頂 距離	Z_1 Z_2	Z_1+Z_2	(Z_1+Z_2) -180	$r \cdot \{(Z_1+Z_2)$ -180}	$S \cdot \rho''$	$K=1-\frac{r}{r \cdot \{(Z_1+Z_2)$ -180}	觀測時		備考
										溫度(°C)	氣壓 (τ bar)	
A	08:00	3-22-21	93-22-21	180-01-22	82"	522340000	615677717.1	0.1516	A 24.0	946.2	남제: 없음 A: 元曉寺 B: 壯元峰 高低差: 175.75m 觀測: 83.7.28	
B		3-20-59	86-39-01						B 26.5	965.4		
A	08:30	3-22-21	93-22-21	180-01-22	82"	522340000	"	"	A 24.0	946.2		
B		3-20-59	86-39-59						B 26.8	965.4		
A	09:00	3-22-19	93-22-19	180-01-21	81"	515970000	"	0.1619	A 24.2	946.4		
B		3-20-58	86-39-02						B 26.5	965.4		
A	09:30	3-22-20	93-22-20	180-01-23	83"	528710000	"	0.1413	A 25.0	946.3		
B		3-20-57	86-39-03						B 27.4	965.3		
A	10:00	3-22-20	93-22-20	180-01-22	82"	522340000	"	0.1516	A 26.0	946.2		
B		3-20-58	86-39-02						B 28.8	965.2		
A	10:30	3-22-21	93-22-21	180-01-23	83"	528710000	"	0.1413	A 27.4	946.2		
B		3-20-58	86-39-02						B 29.3	965.0		
A	11:00	3-22-21	93-22-21	180-01-24	84"	535080000	"	0.1309	A 28.4	946.2		
B		3-20-57	86-39-03						B 31.4	964.8		
A	11:30	3-22-21	93-22-21	180-01-24	84"	535080000	"	"	A 29.0	946.0		
B		3-20-57	86-39-03						B 30.9	964.9		
A	12:00	3-22-19	93-22-19	180-01-22	82"	522340000	"	0.1516	A 28.6	946.0		
B		3-20-57	86-39-03						B 31.2	964.9		
A	12:30	3-22-20	93-22-20	180-01-22	82"	522340000	"	"	A 28.4	946.0		
B		3-20-58	86-39-02						B 30.6	964.6		
A	13:00	3-22-20	93-22-20	180-01-23	83"	528710000	"	0.1413	A 28.6	946.0		
B		3-20-57	86-39-03						B 29.5	964.5		
A	13:30	3-22-19	93-22-19	180-01-22	82"	522340000	"	0.1516	A 30.6	945.8		
B		3-20-57	86-39-03						B 30.4	964.5		
A	14:00	3-22-19	93-22-19	180-01-22	82"	522340000	"	"	A 30.2	946.0		
B		3-20-57	86-39-03						B 30.4	964.3		
A	14:30	3-22-19	93-22-19	180-01-22	82"	522340000	"	"	A 30.2	945.5		
B		3-20-57	86-39-03						B 32.2	964.6		
A	15:00	3-22-22	93-22-22	180-01-25	85"	541450000	"	0.1206	A 30.0	945.3		
B		3-20-57	86-39-03						B 34.2	964.8		
A	15:30	3-22-18	93-22-18	180-01-21	81"	515970000	"	0.1619	A 29.8	945.5		
B		3-20-57	86-39-03						B 32.5	963.6		
A	16:00	3-22-20	93-22-20	180-01-23	83"	528710000	"	0.1413	A 29.8	945.0		
B		3-20-57	86-39-03						B 30.8	963.3		
A	16:30	3-22-21	93-22-21	180-01-22	82"	522340000	"	0.1516	A 28.6	944.8		
B		3-20-59	86-39-01						B 29.2	963.1		
A	17:00	3-22-20	93-22-20	180-01-20	80"	509600000	"	0.1723	A 28.2	944.6		
B		3-21-	86-39-00						B 28.2	963.0		
A	17:30	3-21-17	93-22-17	180-01-16	76"	484120000	"	0.2137	A 28.2	944.5		
B		3-21-01	86-38-59						B 27.9	963.0		
A	18:00	3-22-20	93-02-20	180-01-20	80"	509600000	"	0.1723	A 28.4	944.5		
B		3-21-00	86-39-00						B 27.5	963.0		

補正距離 = 원거리 (2984.887) + A 點補正 (0.000) + B 點補正 (0.000) = 2984.887 m

表 3-1 鉛直角 觀測結果에 依한 屈折來數 K의 計算

地域 方向 季節 時間	平 地 部 (光 州)												備 考					
	山水洞↔月山洞(E-W)				山水洞↔良洞(E-W)				良洞↔月山洞(N-S)					總 計	平 均			
	冬	春	夏	平均	冬	春	夏	平均	冬	春	夏	平均						
08 : 00 30	0.4467	0.2915	0.2429	0.9811	0.3270	0.3817	0.3812	0.1322	0.8951	0.2983	0.1858	0.1861	0.1058	0.4777	0.1522	2.3539	0.2615	()는 概略的 方인 方向임
09 : 00 30	0.4564	0.2915	0.2526	1.0005	0.3335	0.3923	0.3812	0.1167	0.8902	0.2967	0.1758	0.1894	0.1159	0.4811	0.1603	2.3718	0.2635	
10 : 00 30	0.4564	0.2721	0.2167	0.9452	0.3151	0.3973	0.3651	0.1426	0.9050	0.3016	0.1959	0.1928	0.0858	0.4745	0.1581	2.3247	0.2583	
11 : 00 30	0.3788	0.2753	0.2138	0.8679	0.2893	0.4025	0.3734	0.0950	0.8709	0.2903	0.1557	0.1191	0.0757	0.3505	0.1168	2.0893	0.2321	
12 : 00 30	0.4080	0.2753	0.2138	0.8971	0.2990	0.3973	0.3651	0.1011	0.8635	0.2878	0.1858	0.1593	0.0857	0.4308	0.1436	2.1914	0.2434	
13 : 00 30	0.4080	0.2682	0.2240	0.9002	0.3001	0.4087	0.3620	0.1063	0.8770	0.2923	0.1356	0.1358	0.1058	0.3772	0.1257	2.1544	0.2393	
14 : 00 30	0.4080	0.2452	0.1992	0.8524	0.2841	0.4337	0.3620	0.1167	0.9124	0.3041	0.1155	0.1258	0.1058	0.3471	0.1157	2.1119	0.2346	
15 : 00 30	0.4177	0.2375	0.2089	0.8641	0.2880	0.4385	0.3677	0.1374	0.9436	0.3145	0.0954	0.0722	0.1058	0.2734	0.0911	2.0811	0.2312	
16 : 00 30	0.3691	0.2225	0.1992	0.7908	0.2636	0.4108	0.3558	0.1114	0.8780	0.2926	0.1155	0.1157	0.1259	0.3571	0.1190	2.0259	0.2251	
17 : 00 30	0.3109	0.2568	0.1894	0.7571	0.2524	0.4098	0.3194	0.1270	0.8562	0.2854	0.1155	0.1124	0.1259	0.3538	0.1179	1.69 I	0.2185	
18 : 00 30	0.2914	0.2697	0.1943	0.9554	0.2518	0.4254	0.3298	0.1322	0.8874	0.2958	0.1761	0.1425	0.1259	0.4445	0.1481	2.0873	0.2319	
19 : 00 30	0.3517	0.2744	0.1555	0.7816	0.2605	0.4181	0.3454	0.1374	0.9009	0.3003	0.2163	0.0957	0.1159	0.4279	0.1426	2.1104	0.2344	
20 : 00 30	0.3012	0.2866	0.1603	0.7481	0.2494	0.4389	0.3271	0.1426	0.9086	0.3028	0.1561	0.0756	0.1259	0.3576	0.1192	2.0143	0.2238	
21 : 00 30	0.2914	0.2737	0.1652	0.7303	0.2434	0.4648	0.3428	0.1374	0.9450	0.3150	0.1561	0.1023	0.1259	0.3843	0.1281	2.0596	0.2288	
22 : 00 30	0.3448	0.3011	0.15 5	0.8014	0.2671	0.4493	0.3453	0.1426	0.9372	0.3124	0.2364	0.1325	0.0315	0.4004	0.1334	2.1390	0.2376	
23 : 00 30	0.3303	0.3019	0.1361	0.7683	0.2561	0.4493	0.3672	0.1478	0.9643	0.3124	0.2565	0.1157	0.0958	0.4680	0.1560	2.2006	0.2445	
24 : 00 30	0.3351	0.3039	0.1506	0.7950	0.2650	0.4337	0.3776	0.1426	0.9539	0.3179	0.2364	0.1223	0.0958	0.4545	0.1515	2.2034	0.2448	
25 : 00 30	0.3982	0.3287	0.1409	0.8678	0.2893	0.4181	0.3658	0.1530	0.9369	0.3123	0.2565	0.1024	0.0958	0.4547	0.1515	2.2594	0.2510	
26 : 00 30	0.3837	0.3239	0.1676	0.8752	0.2917	0.4285	0.3833	0.1374	0.9492	0.3164	0.2364	0.0890	0.0958	0.4212	0.1404	2.2456	0.2495	
27 : 00 30	0.3788	0.3368	0.1701	0.8857	0.2952	0.4648	0.3921	0.1400	0.9969	0.3333	0.2565	0.0856	0.0907	0.4328	0.1442	2.3154	0.2572	
28 : 00 30	0.4080	0.3368	0.2089	0.9537	0.3179	0.4389	0.3802	0.1385	0.9576	0.3192	0.3570	0.1593	0.0958	0.6121	0.2040	2.5234	0.2803	
計	7.8746	5.9788	3.9655	17.8189	5.9395	8.9024	7.5895	2.7379	19.2298	6.4014	4.0168	2.6315	2.1329	8.7812	2.9264	45.8299	5.0913	[]는 20分 間隔으로 觀測한 값의 平均值
平均	0.3749	0.2847	0.1888	0.2828	0.4239	0.3614	0.1303	0.1303	0.3052	0.1912	0.1253	0.1015	0.1015	0.1393	0.1249	0.2424	0.2209	

表 3-2 平地部 方向, 季節 및 時間別 K의 變化表

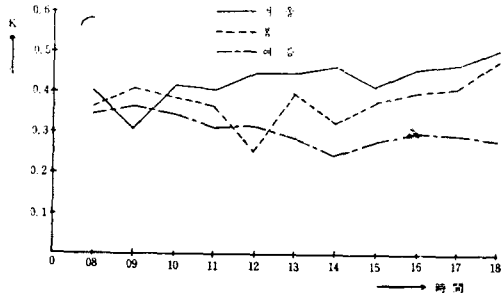


그림 3·8 木浦地方(三鷓島↔笠岩山) 季節 및 時間別 K 값의 變化曲線

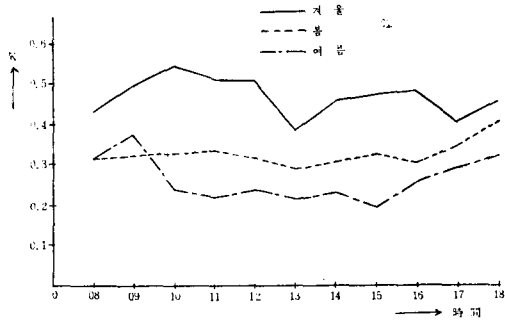


그림 3·9 麗水地方(紫山公園↔南山洞) 季節 및 時間別 K 값의 變化曲線

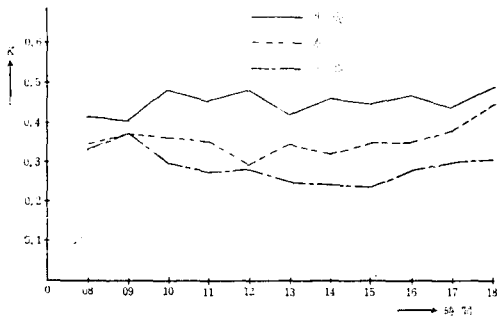


그림 3·10 海岸部(麗水, 木浦) 季節 및 時間別 K 값의 變化曲線(總括)

3.5.3 山地部

山地部(無等山)는 83年 7月の 約 1個月間에 걸쳐서 1) 光州↔元曉寺(E-W), 2) 元曉寺↔壯元峰(E-W), 3) 壯元峰↔깃대峰(N-S), 4) 元曉寺↔證心寺(N-S), 등을 連續觀測하였으며, 이들에 關한 結果를 圖示해 보면 그림 3·11 과 같다.

같다.

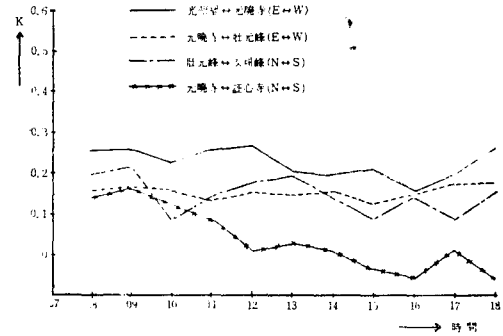


그림 3·11 山地部(無等山) 各 方向 및 時間別 K 값의 變化曲線

따라서 只今까지 觀測한 1) 平地部, 2) 海岸部, 3) 山地部 등의 各 地域別 K 값의 平均値를 綜合한 結果는 表 3·3 과 같고 그림 3-12 는 이들의 變化狀態를 圖示한 것이다.

表 3·3 各 地域別 K 값의 平均値

方向 時間	平地部 (光州)	海岸部 (木浦麗水)	山地部 (無等山)	備考
08 00	0.2615	0.3613	0.2005	各 地域의 平均値는
08 30	0.2635	0.3794	0.1967	
09 00	0.2583	0.3801	0.2201	冬·春· 夏값의 平均임
09 30	0.2321	0.3826	2.2002	
10 00	0.2434	0.3775	0.1751	() 안은 20分間隔 으로 觀 測한값의 平均値임
10 30	0.2393	0.3651	0.1831	
11 00	0.2346	0.3582	0.1792	
11 30	0.2312	0.3286	0.1780	
12 00	0.2251	0.3457	0.1751	
12 30	0.2185	0.3515	0.1544	
13 00	0.2319	0.3351	0.1674	
13 30	0.2344	0.3446	0.1400	
14 00	0.2238	0.3375	0.1513	
14 30	0.2288	0.3537	0.1533	
15 00	0.2376	0.3412	0.1302	
15 30	0.2445	0.3472	0.1605	
16 00	0.2448	0.3642	0.1339	
16 30	0.2510	0.3611	0.1301	
17 00	0.2495	0.3684	0.1412	
17 30	0.2572	0.3988	0.1542	
18 00	0.2803	0.4086	0.1445	
計	5.0913	7.5904	3.4690	16.1507
平均	0.2424 (0.2209)	0.3614 (0.3494)	0.1652 (0.1641)	0.2563 (0.2448)

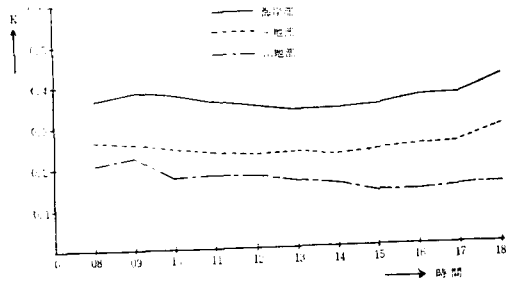


그림 3-12 各 地域 및 時間別 平均 K 값의 變化曲線

3.5.4 正反 및 片方向觀測에 의한 K 값의 比較

正反 및 片方向觀測에 의한 山地部(元曉寺↔壯元峰)의 K 값 計算 結果는 表 3-4 와 같으며 이들값에 對한 比較曲線은 그림 3-13 과 같다.

表 3-4 正反 및 片方向觀測에 의한 K 값의 比較

時間	地域 方向 觀測方法			觀測時	
	正反觀測 (K)	片觀測 (K')	差 (K-K')	溫度	氣壓
08:00	0.1516	0.1514	0.0002	A: 24	A: 946.2
	0.1516	0.1514	0.0002	B: 26.5	B: 965.4
09:00	0.1619	0.1306	0.0313	24.2	946.4
	0.1413	0.1099	0.0314	26.9	965.4
10:00	0.1516	0.1306	0.0210	26	946.2
	0.1413	0.1306	0.0107	28.8	965.2
11:00	0.1309	0.1099	0.0210	28.4	946.2
	0.1309	0.1099	0.0210	31.4	964.8
12:00	0.1516	0.1099	0.0417	28.6	946.0
	0.1516	0.1306	0.0210	31.2	964.6
13:00	0.1413	0.1099	0.0314	28.6	946.0
	0.1516	0.1099	0.0417	29.5	964.5
14:00	0.1516	0.1099	0.0417	30.2	946.0
	0.1516	0.1306	0.0210	30.4	964.3
15:00	0.1206	0.1099	0.0107	30.0	945.3
	0.1619	0.1099	0.0520	34.2	964.8
16:00	0.1413	0.1099	0.0314	29.8	945.0
	0.1516	0.1514	0.0002	30.8	963.3
17:00	0.1723	0.1722	0.0001	28.2	944.6
	0.2137	0.1929	0.0208	28.2	963.0
18:00	0.1723	0.1722	0.0001	28.4	944.5
				27.5	963.0

備考: A 元曉寺 B 壯元峰 날씨: 맑음 觀測: 83.7.28

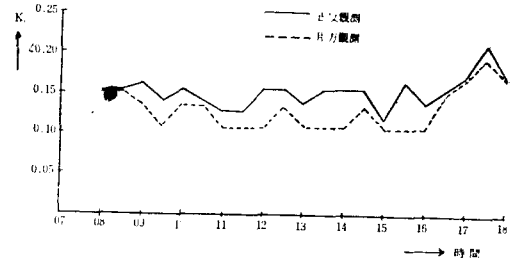


그림 3-13 山地部(元曉寺↔壯元峰)兩方 및 片方 觀測에 의한 K 값의 比較曲線

3.5.5 氣壓, 溫度의 鉛直勾配 및 標準大氣 (JIS W0201)에 의한 K 값의 比較

1) 氣壓, 溫度 및 氣壓, 溫度의 鉛直勾配에 의한 K의 求法과 2) 標準大氣(JIS W0201)에 의한 K의 求法 등으로 山地部(元曉寺↔壯元峰)의 實測值에 對한 計算結果는 表 3-5 와 같고 이들을 그림으로 나타내보면 그림 3-14 와 같다.

表 3-5 標準大氣 및 氣壓, 溫度勾配에 의한 屈折係數 (K)의 計算

區分 時間	標準大氣	氣壓溫度	①+② 2	正反觀測 K	備考
	①	②			
08:00	0.1685	0.1088	0.1387	0.1516	元曉寺↔ 壯元峰 高低差: 175.75m 觀測日字 83.7.28 날씨: 맑음
09:00	0.1686	0.1002	0.1344	0.1619	
10:00	0.1678	0.0970	0.1324	0.1516	
11:00	0.1604	0.0870	0.1267	0.1309	
12:00	0.1670	0.1023	0.1346	0.1516	
13:00	0.1671	0.1512	0.1592	0.1413	
14:00	0.1665	0.1566	0.1615	0.1516	
15:00	0.1658	0.0741	0.11995	0.1206	
16:00	0.1666	0.1460	0.1563	0.1413	
17:00	0.1675	0.1770	0.1723	0.1723	
18:00	0.1676	0.2410	0.2043	0.1723	
計			1.6404	1.647	
平均			0.1491	0.1497	

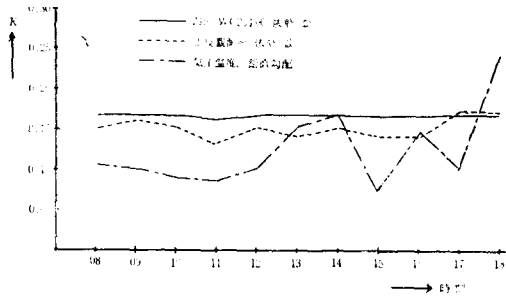


그림 3.14 山地部(元曉寺 壯元峰) 氣壓, 溫度勾配 및 正反觀測, JIS W0201에 依한 K 값의 比較曲線

3.5.6 地方 및 月別 K 값의 最大, 最小 및 平均值

各 地域別 K 값의 月別 最大, 最小 및 平均值를 求해보면 表 3.6와 같고 여기서 () 내의 값은 時間別 20分 間隔으로 觀測한 값의 平均值이다.

3.5.7 外國 Data(平均值)와 K 값의 比較
本 研究에서 各 地域別 K 값의 平均值와 外國 Data 값과 比較하면 表 3.7과 같다.

表 3.6 地方 및 月別 K 값의 最大, 最小 및 平均值

地方別		月別	83/2	3	4	5	6	7	平均	備 考	
平 地 部	光	山水洞	0.4760	0.3836	0.4179	0.2673	9.2526	0.3011	0.3489	()는 月別 20分 間隔 觀測값의 平均值임	
		↔月山洞 (E-W)	0.2817 (0.3726)	0.2525 (0.3209)	0.2138 (0.3295)	0.1216 (0.2014)	0.1069 (0.1810)	0.1458 (0.1938)	0.1871 (0.2665)		
	州	山水洞	0.4648		0.4337	0.3558	0.1479	0.1790	0.3162		
		↔良洞 (E-W)	0.3817 (0.4231)		0.3453 (0.4038)	0.2779 (0.3207)	0.0648 (0.1116)	0.1166 (0.1468)	0.2373 (0.2812)		
		良洞	0.3570	0.2165	0.2363	0.2161	0.2165	0.0956	0.2230		
		↔月山洞 (N-S)	0.0853 (0.1845)	0.0758 (0.1429)	0.0152 (0.0958)	0.0049 (0.1239)	0.0076 (0.1614)	-0.0049 (0.0409)	0.0307 (0.1249)		
	木浦	三鶴島	0.5058	0.4759			0.4461	0.3262	0.4385		木浦 83.7月 儒達山↔三鶴島 { 0.3657 0.1719 0.2717
		↔笠岩山 (E-W)	0.3112 (0.4335)	0.2812 (0.3703)			0.2513 (0.3320)	0.2064 (0.2767)	0.2625 (0.3531)		
	麗水	紫山公園	0.5577	0.5501	0.3637	0.4415	0.4183	0.4258	0.4595		麗水 83.7月 紫山公園↔突山 { 0.3822 0.1613 (N-S) (0.2584)
		↔南山洞 (E-W)	0.3174 (0.4664)	0.3795 (0.4686)	0.2706 (0.3216)	0.1778 (0.3215)	0.1468 (0.2457)	0.1175 (0.2699)	0.2349 (0.3490)		
山 地 部	無等	元曉寺	0.3190	忠將祠	0.2137	光州塔	0.2617			突 山↔南山洞 { 0.3920 (E-W) (0.2957 (0.3337)	
		↔壯元峰 (E-W)	0.2176 (0.2679)	↔元曉寺 (N-S)	0.1206 (0.1520)	↔元曉寺 (E-W)	0.1405 (0.2117)	0.2185			
	山	元曉寺	0.1426	壯元峰	0.2159	壯元峰	0.1583				
		↔證心寺 (N-S)	-0.0670 (0.0350)	↔갯대峰 (N-S)	0.1011 (0.1480)	↔證心寺 (N-S)	-0.0200 (0.0887)	0.0821 (0.1506)			

表 3.7 外國 Data(平均值)와 K 값의 比較

地域	國名 by Jordan's value	日 本	韓國(湖南)	備 考
平地部	0.1329	0.1166	0.1392	山水洞-月山洞(E-W) 0.1874 (光州)
				山水洞-良 洞(E-W) 0.1292 (") (夏季觀測의 平均值)
				良 洞-月山洞(N-S) 0.1011 (")
山地部	0.1329	0.0615	0.1059	忠將祠-元曉寺(N-S) 0.1520 (無等山)
				元曉寺-證心寺(N-S) 0.0350 (") (7月 觀測의 平均值)
				壯元峰-갯대峰(N-S) 0.1480 (")
				壯元峰-證心寺(N-S) 0.0887 (")
海岸部	0.1590*	0.2811		麗 水 0.2578 (夏季觀測의 平均值)
				木 浦 0.3045

注: 日本 Data는 巔峯에 觀測값의 平均值이며, *는 Theodolite에 依한 渡海水準測量(東京灣 및 西津輕海峽의 平均值)

3.5.8 屈折係數 (K) 및 距離變化에 依한 氣差量

只今까지 나타난 代表的인 K를 가지고 氣差 $(-\frac{KS^2}{2R})$ 를 計算해 보면 다음 表 3·8와 같으

며 이는 K 및 距離變化에 따라서 相當量의 氣差값이 달라진다. 그리고 이들에 對하여 變化過程을 圖示하면 그림 3·15와 같다.

表 3·8 代表的인 K값과 距離變化에 依한 氣差量

區分 地域 K	83/2~7月		83/7月의 總平均值			83/2~7月의 總平均值		
	最小	最大	山地部	平地部	海岸部	山地部	平地部	海岸部
距離	-0.05	0.4595	0.1059	0.1392	0.2811	0.1641	0.2209	0.3494
m	cm							
1000	0.392	-3.606	-0.831	-1.097	-2.206	-1.288	-1.734	-2.743
2000	1.570	-14.427	-3.250	-4.370	-8.826	-5.152	-6.936	-10.970
3000	3.532	-32.461	-7.481	-9.833	-19.857	-11.592	-15.605	-24.682
4000	6.279	-57.708	-13.299	-17.481	-35.302	-20.609	-27.742	-43.880
5000	9.811	-90.169	-20.781	-27.315	-55.160	-32.201	-43.347	-68.563

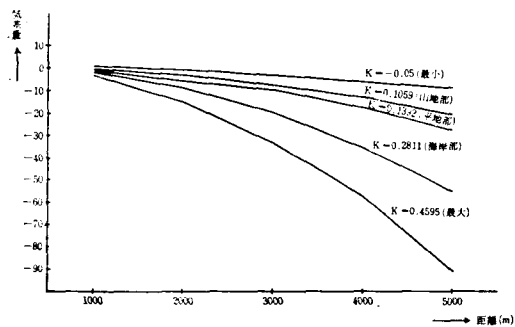


그림 3·15 代表的인 K값과 距離變化에 依한 氣差量의 變化曲線

3.6 考察

上述한 實驗觀測 結果를 各 地域別 相互特性 등을 考察해 보면 다음과 같다.

1. 그림 3·7, 3·10의 各 地域別 K값의 變化曲線에서 季節 및 時間別 變化曲線은 一律의 K값의 크기 順位가 1) 겨울, 2) 봄, 3) 여름 등으로 나타났으며, 또한 季節 및 時間別 K값의 變化特性은 다 같이 朝夕, 正午等에 따라 多少 緩慢한 屈曲을 이루면서 季節에 關係없이 겨울, 봄, 여름順으로 上, 中, 下位線을 이루고 있다.

2. 各 地域의 方向別 K값의 變化特性은 大體

的으로 1) 東↔西方向 보다는 2) 南↔北方向에 對하여 적은 K값을 나타내고 있음은 注目할만 하며, 따라서 三南水準測量은 되도록이면 南↔北方向에서 觀測함이 氣差의 影響을 적게 받을 수 있으리라 여겨진다(그림 3·6, 3·11).

3. 그림 3·13의 1) 正反觀測, 2) 片方觀測에서 K값의 比較曲線을 보면 正反觀測이 片方觀測에 依한 K값보다도 若干 上位線을 維持하면서 屈曲線을 이루고 있으며,

4. 그림 3·14에서 1) 標準大氣(JIS W0201), 2) 正反觀測, 3) 氣壓, 溫度勾配에 依한 K값의 比較曲線을 보면 K값의 크기는 1), 2), 3)의 順으로 나타내고 있고 1), 2)는 大概別 屈曲이 없이 平行線을 維持하나 3)은 氣象의 變動에 따라서 相當한 屈曲線을 表示하고 있다.

따라서 1)은 標準大氣의 氣象이기 때문에 거의 直線狀態를 이룬것으로 看做된다.

5. 各 地域別 K값의 最大, 最小 및 平均值를 表示하는 表 3·6에서 크기의 順位는 海岸, 平地 및 山地部順으로 나타내고 있고 表 3·7의 本 實驗觀測에서 83年 7月의 平均值를 基準으로 外國 Data K값(平均值)과 比較해 보면 平地 山地部는 約 0.05의 크기차로 거의 비슷하나 海岸部는 約 0.10程度로 크게 나오는 特性을 갖고 있다.

6. 그림 3-15에서 K 값의 大小 即 0.4595, -0.05에 對하여 氣差量을 觀測距離 5.000 m에 對하여 그差가 約 1.00 m가 된다. 따라서 高低差計算에 있어서는 K 값의 如何에 따라서 標高에 顯著한 影響을 미치고 있음을 알 수 있다.

4. 結 論

以上과 같이 湖南地方을 中心으로한 3角水準測量의 鉛直角觀測에 있어서 屈折係數(K)에 關하여 實驗的으로 考察해 보았으며, 따라서 本 研究에서 얻어진 特徵的인 事項을 간추려 보면 다음과 같다.

1. 季節的인 K 값의 크기는 大體로 ①겨울 ②봄 그리고 ③여름 등의 順位이며, 또한 各 地域別 K 값의 크기의 順位는 ①海岸部 ②平地部 ③山地部 등으로 나타나는 特徵이 있다.

2. 時間別 K 의 變化는 時間에 따라 多少 屈曲을 이루고 있으며, 11時以前, 14時以後는 變動量도 크다. 그리고 各 地域別 K 값은 各各 外國의 Data 값(日本等)보다도 若干 큰 特性을 나타내고 있으며, 大概 山地部 0.05~0.20(平均 0.1509), 平地部 0.05~0.25(平均 0.1392), 海岸部에서는 0.10~0.30(平均 0.2811)의 範圍다.

3. 正反觀測과 片方向觀測으로 求한 K 값의 差가 그다지 크지 않으므로 4等3角以下의 3角水準測量에서는 片方向觀測으로 求한 K 값으로 充分하다고 思料되며, 各 方向別觀測으로 求한 K 값이 東↔西보다 南↔北方向이 적으므로 3角水準測量은 南↔北方向으로 觀測함이 바람직하다.

4. ①正反觀測으로 求한 K 값은 ②標準大氣(JIS W0201)에 依한 K 값과 ③氣壓, 溫度 및 氣壓, 溫度의 鉛直勾配에 依한 K 값의 中位線을 維持하고 있으며, ①의 값은 ②, ③을 合한 平均値와 거의 一致함은 注目할 만하다.

以上 몇가지 事項으로 本 結果의 特徵을 列擧하였으며, 各 地域別 K 값이 外國 Data 값보다

若干 큰 特徵을 보이고 있으므로 이에 關한 特性은 全國的으로 더 많은 實驗觀測을 通하여 各 地域別 特性을 찾는 것이 次後 課題다. 어떠한 精密水準測量에 있어서는 屈折의 影響을 消去하는 觀測法 即 正反同時觀測을 實施함이 重要한 要素다.

謝 辭

本 研究는 韓國科學財團의 研究費支援으로 遂行되었는바 同 財團에 深甚한 謝意를 表하는 바이다. (1982~84年, 中間研究報告)

參考文獻

1. 日本國土地理院: 測地資料, 第6卷, pp. 47~82(1972).
2. 大森又吉: エベレスト山の高さ 測量, 4月號(1956)
3. 高嶋重雄: 富士山の高さ, 國土地理院 時報, No. 41, pp. 24~31(1971).
4. Y. HARADA, T. TSUCHIHASHI: Atmospheric refraction at mt. Tsukuba, G.S.I Vol. IV. part 1, (1954)
5. 大野欽一: 津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).
6. P.V ANGUS-LEPPAN: A study of refraction in the lower atmosphere, Survey Review No. 120 Vol. XVI (1961).
7. 土橋忠則: 基準點測量, 山海堂, pp. 38~235(1970)
- 8) 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集, pp. 50~61(1979).
- 9) 中根勝見: 光の屈折による 水準測量の誤差, 測量, 7月號, pp. 22~24(1970).
- 10) 須田教明: 測量の物理(空氣の屈折率), 測量, 3月號, pp. 41~44(1974).
- 11) 標準大氣: 中淺測器株式會社 創業 130年, pp. 92~93(1981).
- 12) 氣象廳: 地上氣象觀測法, pp. 31~61(1971).
- 13) 安哲浩: 基線尺 및 電磁波測距儀에 依한 基線測定 大韓土木學會誌, 27卷 5號, pp. 36~46(1979).
- 14) 須田教明: 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, pp. 137~147(1971).
- 15) 須田教明: 電磁波測距儀(改訂版), 森北出版, pp. 108~170(1976).