

第六編 高低測量或は 水準測量(Leveling)

第一章 概 説

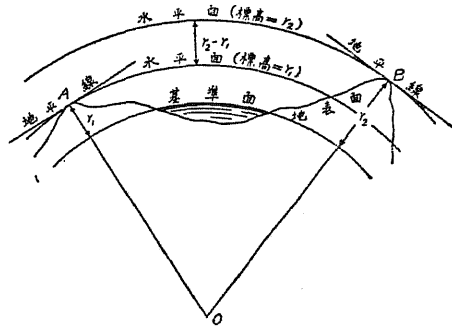
124 高低測量に關する定義

(1) 水平面 (Level Surface) 水平面とは其の面上の各點に於て重力の方向に直角な面である。静水面は即ち夫で球面 (正確には回轉楕圓體) であるが小範圍の場合は平面と考へる。

(2) 水平線 (Level Line) 水平面と地球の中心を含む平面との交線を水平線と云ふ。

(3) 地平面 (Horizontal Plane) 或は見掛けの水平面 (Apparent Level Surface) 一點に於て水平面に接する平面である。同じく水平線に接する直線を地平面 (Horizontal Line) と云ふ。

(4) 基準面 (Datum or Datum Surface) 基準面とは高低測量に於て點の高さを表はす基準になる水平面で、其の面上の何れの點も標高 0 である。小範圍の時は基準平面 (Datum Plane) となる。基準面には一般に多年觀測した平均海水面 (Mean Sea Level or M.S.L.) を用ひる。本邦では海軍水路部にて印度大低潮面 (Indian Lowest Spring Tide or I.L.S.T.) を用



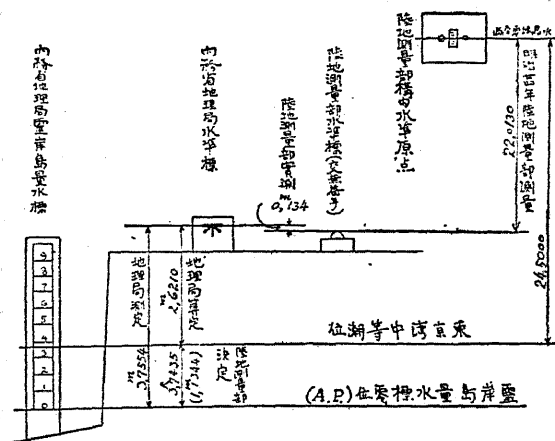
第 334 圖

ひ、参謀本部陸地測量部にては東京灣中等潮位* を基準とし、之は明治 6 年 6 月から同 12 年 12 月迄の潮位を平均して算出したものである。此の東京灣中等潮位の母體は東京靈岸島量水標の零位 (A.P.) で中等潮位より低きこと 1.1344 m (=3.7435 尺) であり、略大潮干潮面に當る。内務省河川測量規程及鐵道省本洲線路の基準面も此の中等潮位に依る。斯く東京灣中等潮位は陸上の高さを起算するには適するが、港灣、河口等には其の干潮面に依るを

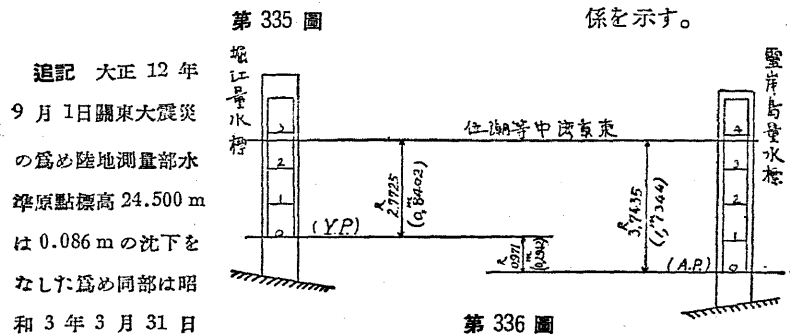
第 15 表 靈岸島量水標中等潮位計算表

月次	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
明治 6 年	—	—	—	—	—	4.0810	4.1395
同 7 年	2.7195	2.8260	3.4680	3.6445	3.6910	3.9960	4.1460
同 8 年	3.5235	3.4890	3.4460	3.5090	3.8235	3.9400	4.3895
同 9 年	3.3555	3.2615	3.3735	3.4285	3.8495	3.7830	4.1035
同 10 年	3.3790	3.3625	3.4580	3.3110	3.5215	3.7145	4.0470
同 11 年	—	—	—	—	3.7700	3.8410	4.3190
同 12 年	3.5415	3.4195	3.5810	3.3855	3.8185	3.9860	4.0410
計	16.5190	16.3585	17.2635	17.2785	22.4740	27.3415	29.1855
平均	3.3038	3.2712	3.4527	3.4557	3.7457	3.9059	4.1694
月次	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	計	平均
明治 6 年	4.2130	3.5540	3.3660	2.9470	2.6510	—	—
同 7 年	4.4645	4.3125	4.1030	3.7790	3.9020	—	—
同 8 年	4.3040	4.2270	4.1340	3.9755	3.7725	—	—
同 9 年	4.1480	4.2440	4.4195	3.8665	3.5545	—	—
同 10 年	4.0650	4.0535	4.0710	3.8175	3.6045	—	—
同 11 年	4.1180	4.5590	3.8500	3.7795	3.7680	—	—
同 12 年	3.8790	4.0190	3.9755	4.0510	3.7730	—	—
計	29.1915	28.9690	27.9190	26.2160	25.0255	—	—
平均	4.1702	4.1384	3.9884	3.7451	3.5751	44.9221	3.7435

* 港灣 第 5 卷第 7 號 (昭昭 2 年 7 月) 中川吉造:『靈岸島量水標零位と東京灣中等潮位並に堀江量水標零位との關係』參照



便利とする、河川、港灣の基準面に就ては下巻に述べる。第 335 圖、第 336 圖は東京灣中等潮位、靈岸島量水標零位 (A.P.) 及び利根川本支川に採用せる堀江量水標零位 (Y.P.) との關係を示す。



追記 大正 12 年 9 月 1 日關東大震災の爲め陸地測量部水準原點標高 24.500 m は 0.086 m の沈下をなした爲め同部は昭和 3 年 3 月 31 日

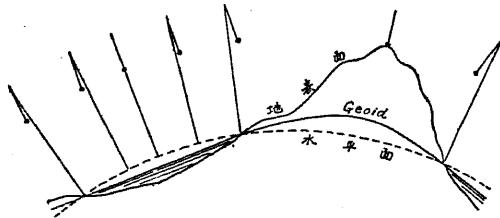
を以て其の標高を東京灣中等潮位以上 24.414 m に改定した。従て震災直後靈岸島量水標零位を復舊するに當り、上述の標高 24.500 m を基準とした爲め昭和 3 年 7 月 1 日該零位を 0.086 m 引上げ、以て之を訂正した。

(5) 地點の高さ或は標高 (Height of Point) 或る地點の標高とは其の地點を過る水平面と基準面との鉛直距離 (即ち重力の方向に測つた距離) である。第 334 圖にて A の標高は r_1 、同じく B は r_2 、従つて A, B の高低差は $r_2 - r_1$ である。

(6) 高低測量又は水準測量 (Leveling) 高低測量とは二點若くは其の他の數多の點の高低差を求むる爲に行ふ測量である。鐵道、水路、導水管の如く勾配の嚴重なるものは殊に此の高低測量を精密に行はねばならぬ。

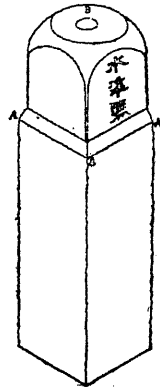
(7) 垂線の外れ (Deviation of Plumb Line)* 垂線の方法も地殻密度の相違、山嶽、高原等の局部引力等に依て正當の位置から少し外れる事がある。但し實際は此の差は極めて小さいから高低測量に於ては此の誤差を省略する、即ち垂線に直角なる方向を水平面と假定して居る。

(8) 水準基標 (Bench Mark or B.M.) 水準基標又は水準點とは高低測量の基準になる點で、他の點の高さを測る時に用ふるものである。永久的なのは硬石又はコンクリートで作り、10~20 cm 角位、頭部 30 cm 位を仕上げて基礎を固める。一時的のものは 10 cm 角位の木杭を用ひても宜い。我が參謀本部陸地測量部にては全國の國道に沿ひ環狀をなす如く約 2 km 毎に水準點を設け、其の位置及び標高を其の發行する成果表及び地圖に記入してある。水準基標の數は大體 2~4 km に一つの割合で、特に重要な構造物の時は其處に設けると大變都合が宜い。



第 337 圖 垂線の偏り

の相違、山嶽、高原等の局部引力等に依て正當の位置から少し外れる事がある。但し實際は此の差は極めて小さいから高低



第 338 圖 水準點

* 實測の方が計算に依るよりも數倍小さい、之が有名な地殻均衡説 (Isostasy) の起つた原因である

125 高低測量の分類 (Classification)

(1) 水準測量の方法及び器械に依り

(a) 略水準測量 (Approximate Leveling) — 概略の高低差を求むる測量で簡単な水準器を用ふる。

(b) 直接水準測量 (Direct Leveling) — これは普通最も廣く用ひられるもので、Y レベル (Wye-Level) 又は短肥レベル (Dumpy Level) を使つて直接行ふものであり、一名之を酒精水準測量 (Spirit Leveling) とも稱する。

(c) 間接水準測量 (Indirect Leveling) — 之は高低差を間接に測るものである。之を次の二つに分ける。

(i) 三角水準測量 (Trigonometrical Leveling) — 之は轉鏡儀又は經緯儀を用ひて豎角を測り、基線を測つて三角形を解いて高低差を求むる方法である。

(ii) 氣壓水準測量 (Barometric Leveling) — 氣壓計 (Barometer) を用ひ氣壓が高さに依て變る事を利用したのである。

(d) 精密水準測量 (Precise Leveling) — 特別に感度の高い精密水準儀 (Precise Level) を用ひて測るもの、測地學の方に屬する。

(2) 測量の目的に依る分類

(a) 高差水準測量 (Differential Leveling) — 地點の高さの差を求める。

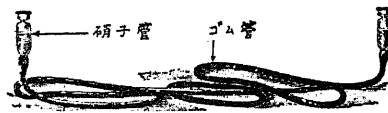
(b) 線水準測量 (Line Leveling) — 線に沿ふての地表の断面を測るもので縦斷水準測量 (Profile Leveling) と、之に直角なる横斷水準測量 (Cross Sectioning) とに分けられる。

(c) 面水準測量 (Areal Leveling) ——一定面積内の高低を測るもので後に述べる地形測量 (Topographic Survey) と同じ。

第二章 簡單なる水準測量器械

126 水準器 (Water Level)

(1) Browne 氏水準器 (Browne's Water Level) (第 339 圖) 英人 John Browne が 1834 年發明したもので、二本の瓶狀硝子管と一本の長さ



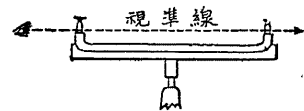
第 339 圖 護謨水平器

4.5~9 m 位のゴム管とから成り、中間に障害物のある二點間の高低或は水平を求めるもので、中間の障害物の底下若くは側面を廻つてゴム管を

引き一方の硝子管から水を注入すればゴム管を通つて他方の硝子管に進入し兩硝子管内の水面は水平の個所を標示する。而して硝子管の最上端から下方に向つて一分目を刻み付けてあるから極めて簡単に且つ迅速に高低差並に水平を測定する事が出来る。

(2) 視準水平器 (Visual Water Level) 最も簡単なものは靜水面を視準して水平面を得るもので、可搬型 (Portable Type) となつた澤山の型がある。第 340 圖は其の一例で長 30~50 cm

の錫又は眞鍮管の兩端 2~5 cm を曲げ、中を連絡せしめ其の先に硝子管を少し付け、管内に水を入れ、硝子を通して水平面を得るものであ

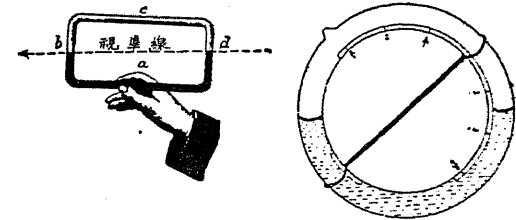


第 340 圖 視準水平器

る。通常之に單脚が着いて居る。水面が視難いから硫酸銅 (CuSO₄·5H₂O) か洋紅 (Cochineal) 又は墨汁で着色すると宜い。

獨逸では硝子環 (Geschlossene Kanalwege)

に水を封入して任意の位置で水平面を得て居る。



(第 341 圖)

第 341 圖 硝子管水平器 (獨乙)

127 反射準器 (Reflecting Level)

光線が直角に鏡に當る時は反射せられて同一線を通る事を利用して、鏡を吊下げて自分の眼の像を眺めて水平面を得る水準器である。現今は餘り用ひられない。

(1) Colonel Burel's 反射鏡 (第 342 圖) これは各邊約 5 cm の菱

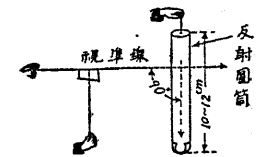


第 342 圖 Colonel Burel 反射鏡

形の鏡で右側の小部分だけ普通硝子より成り、真中に水平線 AB を付けてある。之を使ふには AB 線にて測者の眼が二等分される位置に鏡を吊下げ B 側の硝子を透して水平線 AB と同高の點を視準するのである。

(2) M. Cousinery's 反射準器 (第 343 圖) 之は單

に直径 1.~1.5 cm 長 10~12 cm の鋼製圓筒を磨いて其の中心から吊下げたものである。之を使用するには一方で絲を持ち、他の手で器械と眼との間に厚紙又はブリキ片を夾み、其の端と圓筒面の像の端とを一致せしめた時水平面を得る。



第 343 圖 M. Cousinery 反射準器

128 錘準器 (Plumb Level or Plumb Line Level)

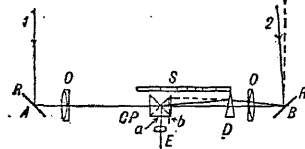
此の中にも種々の型があるが、要するに錘線の方向に直角な平面を求めて之を地平面なりと假定して居る。第 344 圖に於て何れの型でも錘線が BB'

の位置にあれば $BB' \perp AA'$ なる様に作られてあるから AA' は水平になる。

129 掌準器 (Hand Level)

(1) Locke 掌準器 (Locke Hand Level)

Locke 掌準器は第 345 圖に示す如き 12~15 cm の眞鍮圓筒の上に小さき水準器を取付け、圓筒内に視準線と 45° の角度をなし、且つ筒の半分を占

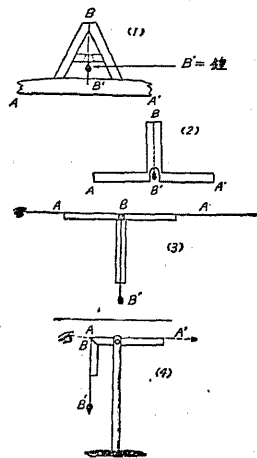


第 345 圖 Locke Hand Level

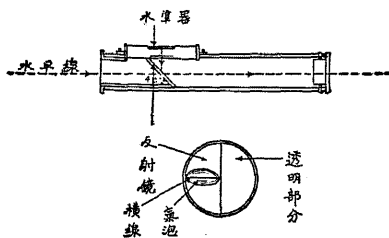
むる反射鏡を装置したもので、此の鏡の中央は一本の横線が引かれてある。之で物體を視準すれば同時に内部の反射鏡に依つて氣泡の位置を認むる事が出来、氣泡が中央に

在れば横線に依て二等分される。之を使用する時は手で持つて、氣泡が横線で丁度二等分される位置にて横線と同高の點を視準すれば、其の點は測量者の眼の高さと同高だと云ふ事が分る。之は簡單な器械であるが取扱及び携帯に便であるので、踏査等の豫備測量又は横断面測量などによく用ひられる。

此の掌準器を調整するには豫め Y レベルで等高の二點を定め、其の一點に掌準器を持ち來し他の點を視準した時氣泡が二等分されるか否かを見る。



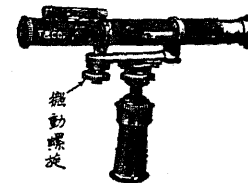
第 344 圖 準器



第 346 圖 準器の断面

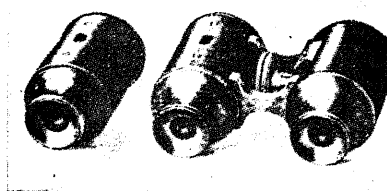
若し然らざる時は調整可能のものは調整螺旋に依て直し、不可能のものは指差 (Index Error) として示すを要する。

第 347 圖は Leach's Pocket Level と稱するもので、内部の構造は Locke 掌準器と同じく反射鏡にて氣泡と物體とを同時に視準し、且つ微動螺旋に依て望遠鏡の傾斜を調整し得る。



第 347 圖 Leach's Pocket Level

(2) 望遠掌準器 (Gurley Telescopic Hand Level) (第 348 圖) 前述



第 348 圖 Gurley Monocular and Binocular Hand Level

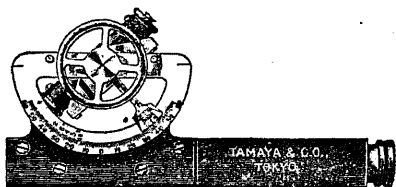
の Locke 掌準器は望遠鏡で無い爲物體の距離に依り、又遠方の物體と近くの氣泡とを同時に視る爲眼の疲勞を來し、此の弊害を救ふ爲に望遠鏡付が作られた。其の構造に依て單眼掌準器 (Monocular Hand Level) と双眼掌準器 (Binocular Hand Level) とに分ける。單眼

のものは其の構造作用全く Locke 掌準器と同じく、掌準器を水平に保ち氣泡が又線に依て二等分される時其の他半部を通して水平線を得る。双眼のものは通常右の方は普通の双眼鏡で、左方のみ反射鏡、水準氣泡及び又線を有する。之は單眼に比して物體を明瞭に見得る故眼の疲勞も少ない。

(3) 高度付水準器或は測斜水準器 (Abney Level and Clinometer)

之は Locke 掌準器に傾斜計 (Clinometer) を取付けたもので、分度及び遊標を具へ、氣泡管は回轉する事が出来、如何なる位置にても氣泡を中央に持來す事が出来る。而して其の時の視準線の水平と爲す角を遊標に依て讀む事が出来る。之を使用するには傾斜面上にて觀測者の眼の高さに相當する點を視

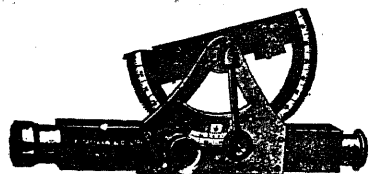
準し、氣泡管を回轉して氣泡を中央に持ち來す時は、其の土地の傾斜を遊標にて讀む事が出来る。



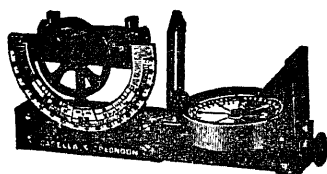
第 349 圖 高度付水準器

主管は正方形の断面を有し、長さ 12 cm 位、分度は左右各 60~

90° あり、遊標にて 5~10' 迄讀める、主管の方形なのは板上に載せて勾配線の設定に便利な爲である。之は鐵道、道路等の横断面測量又は豫備測量特に勾配線設定の場合に都合宜い。

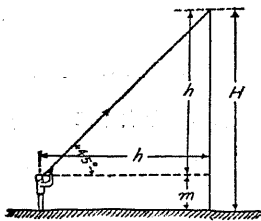


第 350 圖 齒車裝置附測斜水準器



第 351 圖 裝稜羅盤附測斜水準器

第 350 圖は此の一種で齒車裝置で分度及氣泡管を動かすものである。時には第 351 圖の如く之に裝稜羅盤を附屬せしめて方位をも測れる様にする。之を用ひて勾配線 (Grade Line) を設定する時には第 16 表に示す様な表を用ふる。



第 352 圖

第 16 表 (その一)

Degrees	One in	Degrees	One in	Degrees	One in	Degrees	One in
1 ..	57°	8 ..	7.1	18 ..	3.0	30 ..	1.73
2 ..	28.6	9 ..	6.3	20 ..	2.7	32 ..	1.60
3 ..	19.0	10 ..	5.6	22 ..	2.4	34 ..	1.43
4 ..	14.3	12 ..	4.7	24 ..	2.2	36 ..	1.37
5 ..	11.4	14 ..	4.0	26 ..	2.0	38 ..	1.23
6 ..	9.5	16 ..	3.4	28 ..	1.88	45 ..	1.0

第 16 表 (その二)

Horizontal Distance = 100		Horizontal Distance = 100		Horizontal Distance = 100	
Angle	Rise or Fall	Angle	Rise or Fall	Angle	Rise or Fall
1 ..	1.7	12 ..	21.4	35 ..	70.5
2 ..	3.5	13 ..	23.2	40 ..	84.2
3 ..	5.3	14 ..	25.2	45 ..	100.0
4 ..	7.0	15 ..	26.9	50 ..	110
5 ..	8.8	16 ..	28.7	55 ..	143
6 ..	10.6	17 ..	30.7	60 ..	174
7 ..	11.3	18 ..	31.8	65 ..	214
8 ..	14.1	19 ..	34.5	70 ..	275
9 ..	16.0	20 ..	36.6	75 ..	323
10 ..	17.7	25 ..	46.9	80 ..	575
11 ..	19.5	30 ..	58.0	85 ..	1143

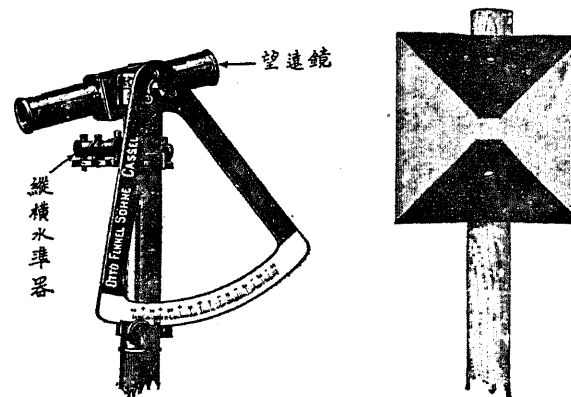
測斜水準器で近距離の高さを測る場合には遊標を 45° に合せて視準し得る地點迄進む、其の時の求むる高さは

$$H = h + m \dots\dots\dots (133)$$

となる (第 352 圖)。

(4) 測斜器 (Gefällmesser) 獨逸型測斜器の一例は第 353 圖の如く分度

と望遠鏡とを直接連絡し、望遠鏡の水平と爲す傾斜角を遊標で讀む様になつて居る。器械を正しく据付ける爲に縦横の水準器又は球準器 (Circular Level) を附けてある。



第 353 圖 測斜器 (獨逸)

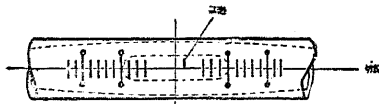
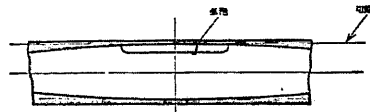
第三章 氣泡管 (Bubble Tube)

130 氣泡管 (Bubble Tube)

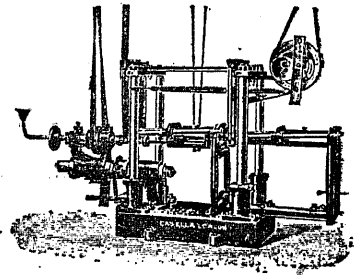
氣泡管は第 354 圖の如く圓筒形の硝子管に酒精又はエーテル (Ether) を入れて僅かに氣泡を残したものである。昔は硝子管を曲げて所要の曲率として居つたが、現今は内面を磨いて所要の半徑の圓弧とする、第 355 圖及第



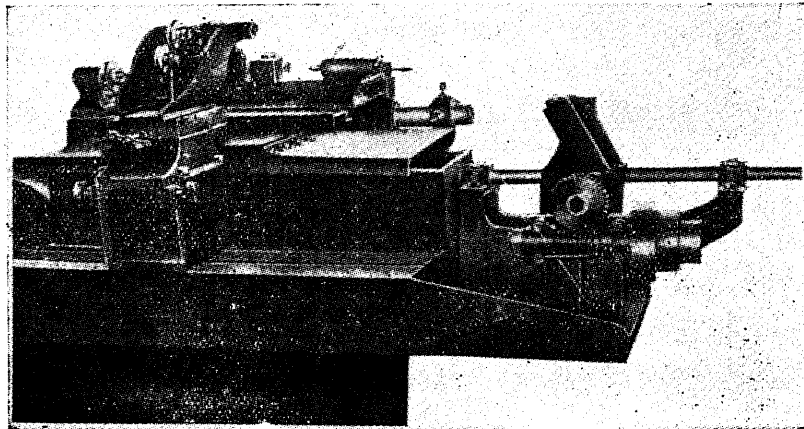
356 圖は其の機械である。



第 354 圖 氣泡管



第 355 圖



第 356 圖 自動氣泡管機械

第三章 氣 泡 管

氣泡管の接線 (Tangent Line of the Bubble Tube) とは管軸を含む平面内に在つて圓弧の中點にて之と接線をなす直線を云ふ。故に泡の兩端が中央から等距離にあれば接線は水平面に含まれる。氣泡管は眞鍮の類で包み氣泡の位置を示す爲に度盛を施してある。普通の氣泡管は 2mm 又は $\frac{1}{10}$ 時に目盛りしてある。氣泡管に片面のものと兩面のものとある。兩面のものは之を調整する時大變に便利である。片面のでも半圓の部分は磨いてなくてはならぬ。

完全なる水準器は次の要件を備ふるを要する。

(1) 硝子管は多年に亘り犯されないものである事。此の點からは鉛硝子 (Lead Glass) が一番宜く、光澤があり、硬くて且つ安定して居り、温度の變化又は取付の時働く力に對して殆んど變化しないと云ふ特徴を有する。

(2) 同一の傾斜角度に對して氣泡の動きが同一である事。此の爲には氣泡管の曲率半徑が何處も同一で無くてはならず。夫には機械磨き (Machine Grinding) で無ければならぬ。少しの違ひも半徑に多大の誤差を生ずる。管の端の方は封する時の歪みに依て精度が著しく減ずる。従つて他の條件が等しければ管の長さの長い程結果が良好である。

(3) 氣泡の移動は不活發であつてはならぬ。之は中に容れる液の性質、管内面の仕上げ及び氣泡管中の不純物の有無に關係する。液は表面張力及び粘性の極めて少ないものが宜い。普通用ひられるものは酒精、エーテル、クロロホルム、ベンゼン、キシリール等で 50°C で乾溜した石油エーテルが一番宜い。又内面が粗であると動きが徐々となるばかりで無く、時として小さな損傷でも氣泡の動きに大影響を及ぼす。此の外氣泡の移動は管の直徑にも左右される。管中に不純物の混入する事は最も嫌ふ、例へば少量の脂肪油

でも氣泡の運動をひどく妨げ其の位置を誤らす。此の意味から云へば油をと
かす様な液が宜しい。

斯様な條件が完全に満足せられても液を入れた氣泡管である以上、避ける
事の出來ぬ共通の缺點を有して居る、即ち夫は温度の變化が及ぼす影響であ
る。温度の上昇は硝子及び液を膨脹せしめ其の結果氣泡を小さくし多少内部
壓力を増加せしめる。普通的水準器は 20°C を標準として泡の長さを定める
から熱帯では泡が小さくなり、寒帯では泡は全管に漲るに至る。斯様な時に
は其の長さの變化を調整する爲に備室泡管(Chambered Bubble Tube)を用
ふ事もある。又泡の長さに依て夫が靜止する迄の振動數を異にする、即ち泡
の長い程靜止する迄に澤山の振動をし

正當な位置に収まる、夫で精巧になる



第 357 圖 備室泡管

程長い管を用ひ泡も長くする、然し一

方夫に要する時間が大になるから器械に相當しなければならぬ。

131 水準器の取付 (Method of Mounting)

曲率半徑の小さな氣泡管の取付には特別の注意を拂はずに石膏粉を以て眞
鍍管の中に固着せられる。更に精密なものになると取付け自身の爲や温度變
化に依り、硝子管に内力が起らない様に注意して取付けを造る、又泡の兩端の
温度が違ふと液が兩方で比重従つて表面張力を異にするから、對流が起り泡
の讀みが不確實になる、之も同時に注意す可きである。此の温度の變化を防
ぐには取付部を鍍銀するか、白色ペイントを施して光線を反射せしむるか、又
は二重管とするかである。最も重要な場合には全部被覆してプリズム装置
で泡の位置を視る。

第 358 圖は種々な取付けの有様を示す。従來の棒螺旋に依る取付けよりも

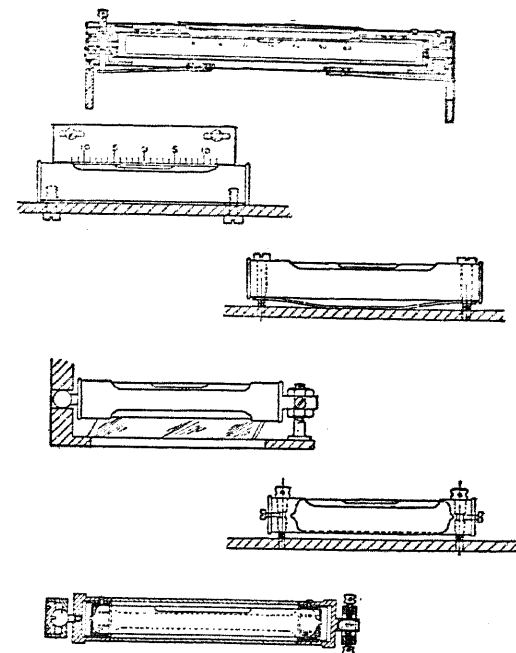
スプリングに依る方が結
果が宜しい様である。

132 氣泡管の感度

(Sensitiveness or
Sensibility)

氣泡管の感度と云ふの
は管の一目盛だけ動く時
氣泡管を傾くる角度を云
ふもので、此の角度の小
なる程感度が大きいので
ある。

感度を検査するには第
359 圖の如く器械の中心
から 20~50 m 位距る所



第 358 圖 氣泡管の取付

に標尺を立て、初め氣泡を中央に置いて讀み B を取り、次に泡をしだけ動

かして其の時の讀み A を取る。

今 R = 氣泡管の半徑

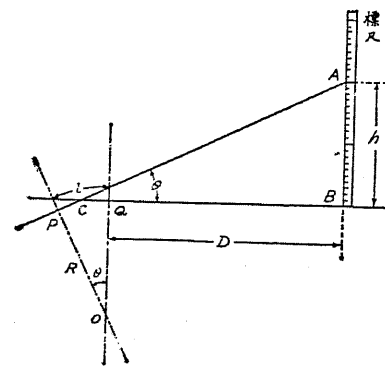
h = 前後標尺の讀みの差

l = 氣泡の移動した量

D = 器械中心から標尺迄の距
離

θ = 傾斜角

とすれば



第 359 圖 氣泡管の感度

$$\frac{l}{R} = \frac{h}{D} \quad \therefore R = \frac{lD}{h} \dots\dots\dots(134)$$

及び $\frac{\theta}{l} = \frac{360^\circ}{2\pi R}$

$$\theta = \frac{360^\circ}{2\pi R} l = \frac{360 \times 60 \times 60}{2\pi} \times \frac{l}{R} (\text{秒}) = 206265 \times \frac{l}{R} (\text{秒}) \quad (135)$$

(135)式に(134)式を入れて

$$\theta (\text{秒}) = 206265 \frac{h}{D} \dots\dots\dots(136)$$

扱て

ψ = 一目盛に對する傾斜角即ち感度 (秒)

n = 氣泡の移動した目盛の數

とすれば

$$\psi = \frac{\theta}{n} = 206265'' \frac{h}{nD} \dots\dots\dots(137)$$

【例題】 玉屋製 15 吋水準儀を調べて見ると

$D=20 \text{ m}$ $n=10$

$h=1.405-1.375=0.030 \text{ m}$ $l=0.0254 \text{ m}$

$$R = \frac{0.0254}{0.03} \times 20 = 16.932 \text{ m} \quad (17 \text{ m})$$

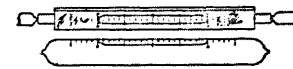
$$\psi = \frac{0.03}{10 \times 20} \times 206265 = 30.93975'' \quad (30'')$$

泡管の感度は大型轉鏡儀又は大型水準儀について分割 2 mm に就いて 10 ~ 20' 小型にては 20 ~ 40' 位である。

133 氣泡の読み方 (Method of Reading the Bubble)

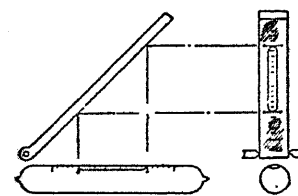
昔は何も装置を用ひず直接氣泡を読んで居つたが、近時は測量の精度を増す爲に氣泡を正確に読む事が必要になり、之に對する装置が種々考案さるゝ

に至つた。第一に充分な明るさを有し、且つ光線の來る方向は指差の起らない方向でなければならぬ。故に照明は氣泡面に垂直であるを要し、之は反射鏡か又はプリズムを用ひて下から光線を當て、泡管を透せば簡単に施す事が出来る。直接上方から氣泡を読む事が出来れば目盛をより重なり合し得るが必ずしも總ての器械に用ふる事が出来ないから泡の像を適當の箇所に集むるを要する。第 360 圖は反射鏡を氣泡管に平行に取付けたもので、眼が氣泡の中心の反對



側にあれば極めて精密な結果を得る。第 361

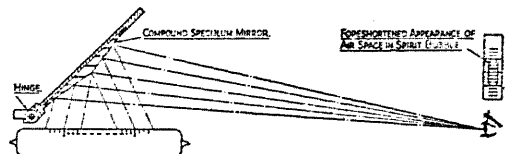
第 360 圖



第 361 圖

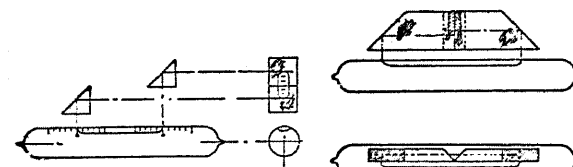
圖は反射鏡を泡に直角な軸に取付けたもので氣泡管の端から読む時に都合が宜い。第 362 圖は泡の兩端だけを示す Cooke の法である。氣泡を読むには反射鏡で充分であるが、いつも視差 (Parallax) を除く様に眼を置かねば

ならぬ。前の方法は眼からの距離が異なるから此の缺點を有し、之に對し



て餘程注意を要する。第 362 圖 Cooke's Method of reading the Level Bubble

第 363 圖は二個のプリズムに依て泡の位置を示すもので前述の缺點を除き



第 363 圖

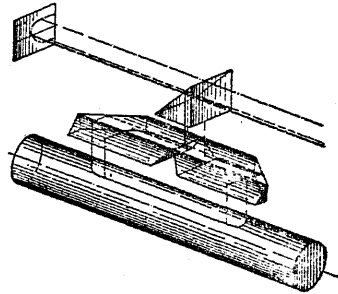
得て良好な結果を示す。

第 364 及 365

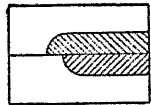
圖は H. Wild の發明で初めて

第 364 圖 Prism Reading Device for Bubbles

Zeiss 水準儀に用ひられた装置で、恐らく讀取装置として最良の一つであらう。氣泡の兩端の像を一對のプリズムに依りて中央に並置し、更に第二のプリズムに依りて任意の方向に於て泡の像を視得る様になつて居る。勿論眼から泡の兩端迄の距離が等しいから前述の缺點は起り得ない。此の装置に伴ふ今一つの利益は氣泡管を傾ければ第 366 圖に示さるゝ上下の泡の像は互

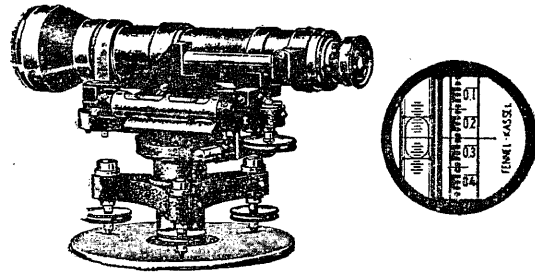


第 365 圖



第 366 圖

に反對の方向に移動するから讀取の精度即ち泡の感度か 2 倍昂す



第 367 圖

る。換言すれば半分の感度を有する水準器を用ひて同一の結果を得る事になる。第 367 圖は器械の視域の中に氣泡の兩端が現れる装置で、恐らく讀取装置は此の邊で完成の域に達して居るであらう。

134 球準器 (Spherical Level or Circular Level)

球準器とは其の上覆の内面を球面とした水準器で、同時に傾斜の方向を見出し得るから便利である。但し管狀水準器 (Tubular Level) の如く精密な感度を有し得ないから、比較的簡単な水準装置に用ひられて居る。製作の方から云へば球面に仕上げる事も樂で、且全體の構造も頑丈に出来る。第 368

(1)



(2)



(3)



第 368 圖 球準器

圖は其の一例で、(1) のものは硝子と金屬が膨脹係數が異なるから液が洩れ易く、(2) 及 (3) の如く全面硝子で夫を石膏で外覆に取付けたものが宜い。

第四章 水準儀の構造

135 概 説

精密に高低を測量する場合には水準儀 (Level) を用ふる、轉鏡儀を測量の王様とすればレベルは正に女王である。レベルで最も大切な部分は望遠鏡と氣泡管である。現今の水準儀は望遠鏡軸と氣泡管の軸を平行に置き、直接に望遠鏡を水平にするもので、殆んど原理としては完成に近く、將來改良される所は細部に過ぎない。現今はレベルの精度よりも却つて水準點の安定度即ち器械自身よりも地殻の移動等に依るのが最後の精度を左右する。勿論器械自身に就いては、(1) 器械を更に頑丈にすること、(2) 器械の据付を早くすること、及び (3) 迅速に讀むこと等の改良は常に爲されて居るが、使用者の側から云ふと尙不便な事が少くない。蓋し理想的なレベルと云ふのは望遠鏡の視域の中に泡の兩端の像を重ねて表はし、此の位置を正確に直す事が出来るもので無くてはいけない。此の種の器械も無いではないが、現在一般に使用されて居ないから現在の器械を改良して成るべく之に近づけねばならぬ。

最も重要な氣泡管に就いては前章に述べた。

水準器の視準線も亦望遠鏡の十字線に依つて決定する、此の場合には測距

線は無い。レベルに於ては對物鏡を出入するを殊の外嫌ふ結果新型の器械特にダンビーレベルは此の缺點を除く爲に内部合焦装置 (Internal Focussing System) を用ひ、器械の重心の附近で調節する様になつて居る。

レベルは構造に依て次の二種に分けられる。

(a) Y レベル (Wye Level)

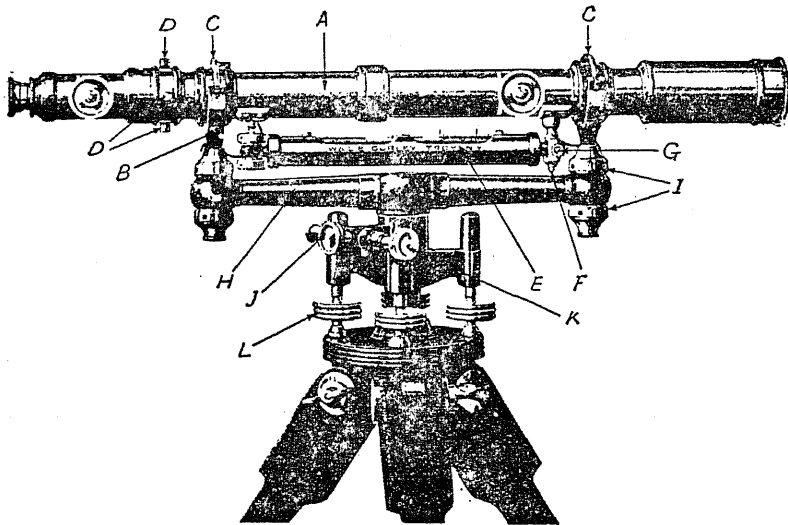
(b) 短肥レベル (Dumpy Level)

レベルの大きさを表はすには米國式では望遠鏡の全長、其の他は概ね對物レンズの焦點距離を測つて表はす。

136 Y レベル (Wye Level)

茲に米國 Gurley 會社 18 吋ワイレベルがある。之を例として構造を調べて見やう。

第 369 圖にて



第 369 圖 Gurley Engineers Wye Level

A=望遠鏡 (Telescope)

B=Y (Wye)

C=摺 (Clip)

D=叉線調整螺旋 (Cross Hair Adjusting Screws)

E=氣泡管 (Bubble Tube)

F=氣泡管調整螺旋 (Bubble Tube Adjusting Screw)

G=氣泡管横調整螺旋 (Lateral Adjusting Screw)

H=水準桿 (Level Bar)

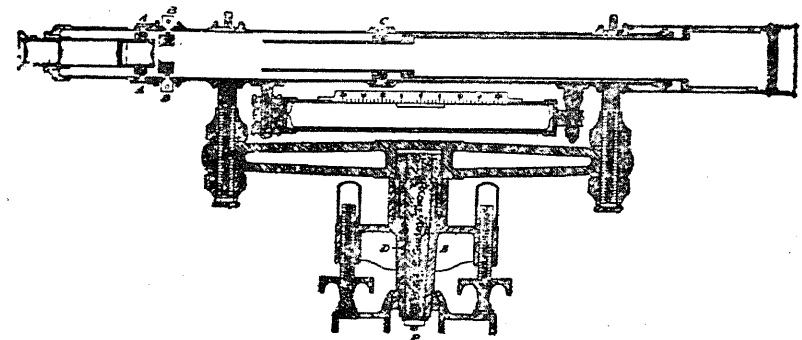
I=水準桿調整螺旋 (Level Bar Adjusting Screw)

J=軸緊付螺旋 (Axis Clamp Screw)

K=微動螺旋 (Tangent Screw)

L=水準螺旋 (Leveling Screws)

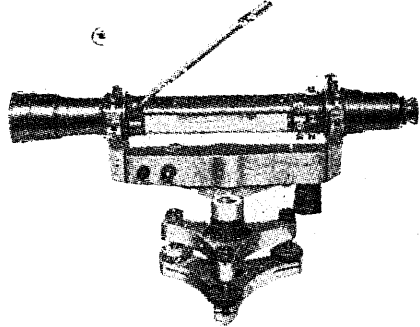
第 370 圖は其の断面である。



第 370 圖 Gurley Engineers Wye Level の断面圖

Y レベルは遠望鏡を Y から取外せるもので、平常は Y の上に載り摺みで夾まれて居る、其の結果野外調整には甚だ便利であるが、夫だけ可動部分

が多く狂ひ易い。唯本邦では測量器械が米國から主に輸入されたので、在來
廣く使用されて居たのは此の Y レベルである。

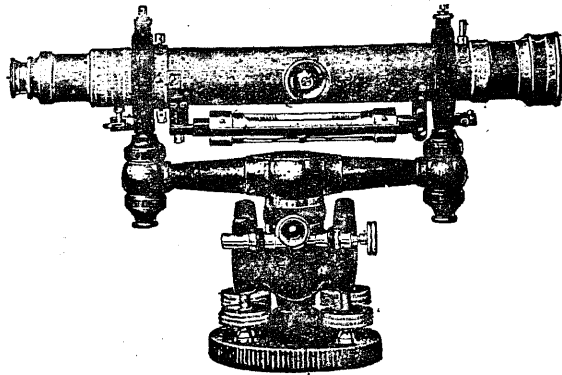


第 371 圖 玉屋製精密 15 吋ワイレベル

次に國産レベルの二三を擧げて
見やう。

第 371 圖は玉屋製精密 15 吋ワ
イレベルで、氣泡管感度 20", 内部
調整であり、3 個の水準螺旋を有
し、水準桿に微動調整の螺旋を有
する。鐵道省國産品奨励委員會で

優良國産品と認められたものである。
第 372 圖は測機舎製 15 吋砲工レベルで同じく内部調節で、氣泡管を反轉
して整正し得る様
になつて居る。氣
泡管感度 26", 同
じく優良國産品と
認められたもので
ある。

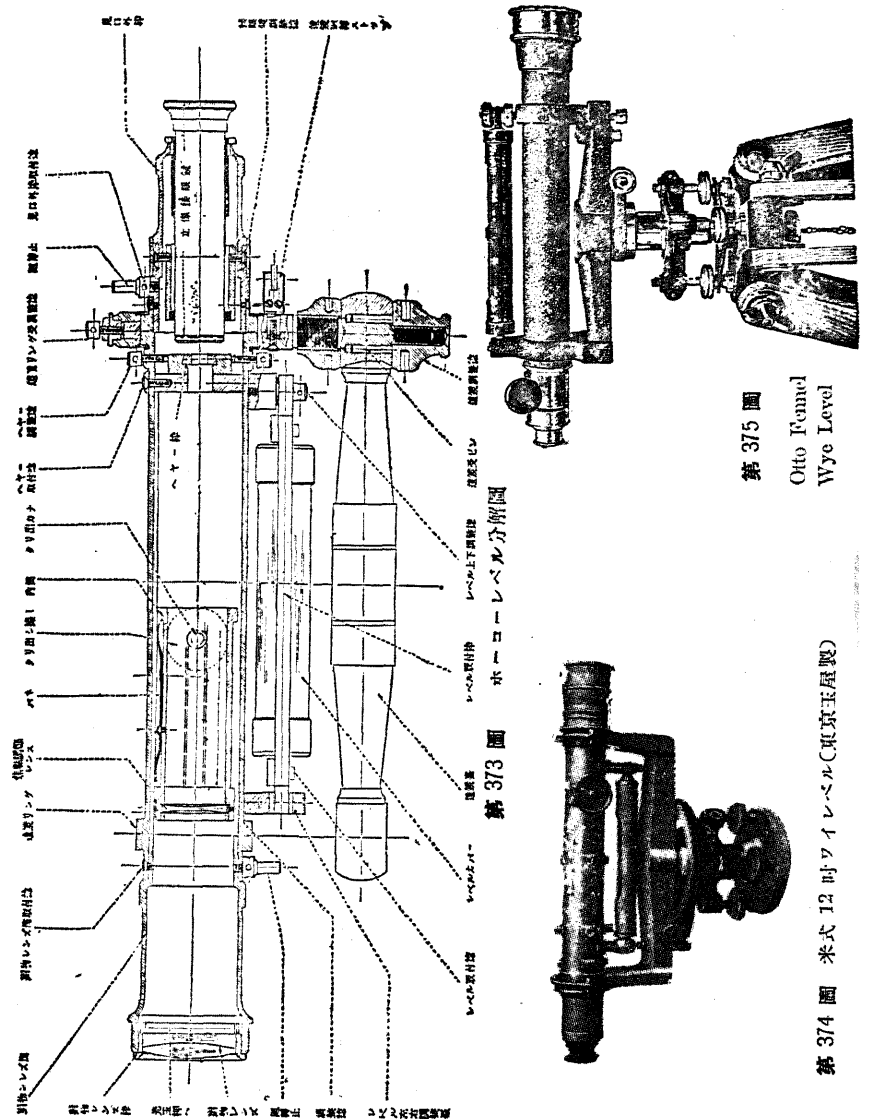


第 372 圖 15 吋砲工レベル (東京測機舎製)

第 373 圖は其
の断面圖である。

第 374 圖は玉屋
製米式 12 吋ワイレベルである。氣泡管感度 50", 水平分度を有する。之は商
工商より優良國産品と認められたものである。

次に外國産の方で見ると



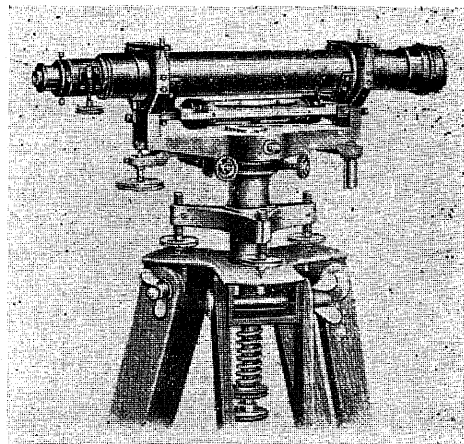
第 373 圖 ホーコーレベルの断面圖

第 375 圖 Otto Fennel Wye Level

第 374 圖 米式 12 吋ワイレベル (東京玉屋製)

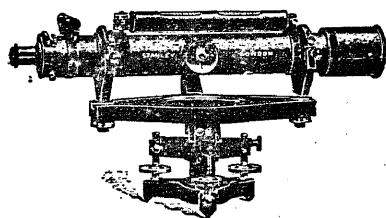
第 375 圖は Otto Fennel 型の Y レベルで、氣泡管感度 20", 望遠鏡 37.5 cm, 擴大率 38 のものである。中央に球準器を有する。

第 376 圖も同じ型の Karl Bamberg 型で氣泡管感度 20" 望遠鏡 35 cm, 擴大率 31 のもので、十字線の外 $\frac{1}{100}$ のスタヂア線を附けて居る。



第 376 圖 Karl Bamberg Wye Level

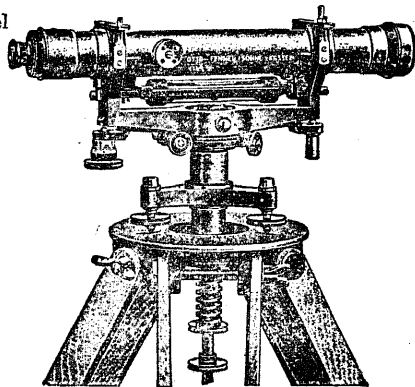
第 377 圖は英國式 Y レベルの一例である。



第 377 圖 Stanley's Improved Y Level

短肥レベルは望遠鏡の取外しが出来ないもので、即ち初めから氣泡管の接線と視準線とを平行に作つてある。調整は多少面倒であるが一度調整を終ると容易に狂はない。英國及獨逸型のもは一般に之である。氣泡管は一般に水準桿に固定されてあ

137 短肥レベル (Dumpy Level)

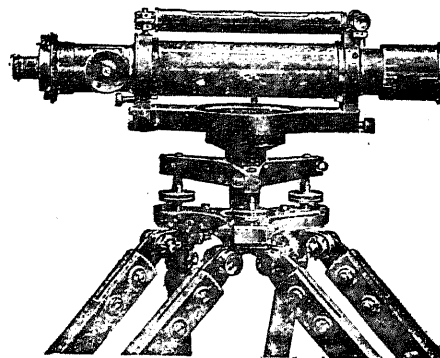


第 378 圖 30 cm Dumpy Level (東京測機舎製)

る。

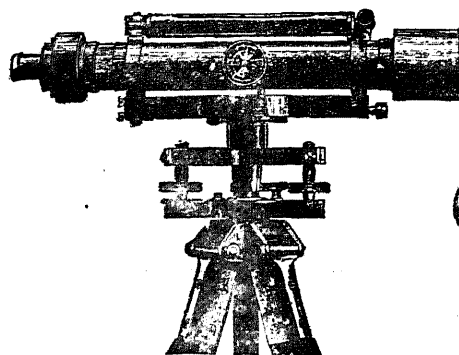
第 378 圖は國産ダンビーレベルである。倒像で氣泡管感度 27.5", 望遠鏡 305 mm である。

第 379 圖、第 380 圖は英國型の反轉型ダンビーレベルである。更に近年製造せられたレベルは第 381 圖に示す如く中央に於て一個の鑄物とせられ適當の剛度を有し、在來の水準桿を有するものに較べて

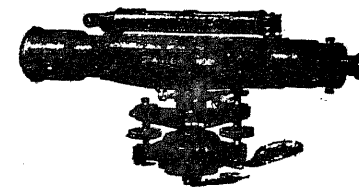


第 379 圖 Cooke's Reversible Level

重量も軽く、且つ剛度も大なりと云はれて居る。



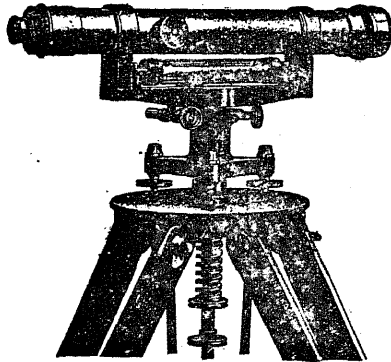
第 380 圖 Cushing's Reversible Level



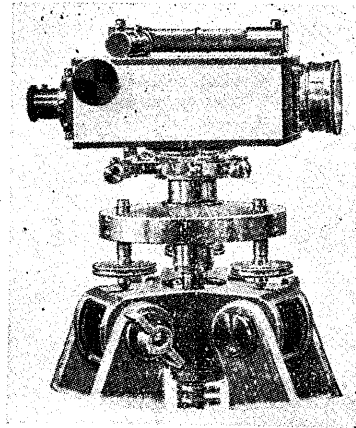
第 381 圖 Stanley's New Pattern Level

固定型で氣泡管感度 20", 望遠鏡 37.5 cm, 擴大率 38 のものである。

第 383 圖は望遠鏡の長さを短くする爲に反射プリズムを入れたもので、プリズム式レベル (Prism Level) と云ふ。氣泡管感度 20", 擴大率 31 倍である。



第 382 圖 Otto Fennel Dumpy Level



第 383 圖 Otto Fennel Prism Level

138 レベルの型に就ての比較

(1) Y レベルと短肥レベルとの比較 Y レベルと短肥レベルとを比較すれば大體次の様な區別を有して居る。

(a) Y レベルは望遠鏡を左右取換へたり反轉したりなし得るから、短肥レベルに比して野外調整が容易である。但し之が爲には兩方の環が同一の半徑たることを必要とする。

(b) 短肥レベルは野外調整には面倒であるが、正確な檢定室で檢定した後は取扱に依て狂ふ事が遙に少ない。

(c) 一般に短肥レベルの方が可動部分が少ないから構造單純で剛度大である。

(d) 精密なる觀測には多く短肥レベルが用られるが、普通の測量には Y レベルが専ら用ひられる。

近頃の型は短肥レベルを改良して Y レベルの有する特色を更に簡單且つ確

實に表はす様に設計され次第に兩者の區別が付かなくなつた。

(2) 米式と英獨式との比較 英獨型のレベルは夫が Y たる短肥たるを問はず其の構造は多少米式と異なり、其の差異は概ね次の如くである。

(a) 水準螺旋は米式の 4 個なるに反し通常 3 個である。

(b) レベルの外側に反射鏡を付けるか又は其他の讀取装置を付け、觀測者に觀測中の泡の位置を示す。觀測中泡を狂はす恐れある時、又は一人で高低測量をなす時に都合宜く、精密且つ時間の節約になる。

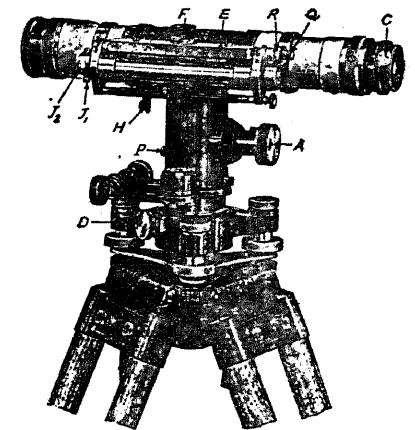
(c) 望遠鏡水準儀 (Telescope Level) の外に之と直角の方向に副水準器 (Auxiliary Level) を備へて居るから器械の傾斜の方向が詳り容易に且つ早く水平にする事が出来る。

(d) 感度の高い氣泡管では極めて些細な影響に感じて管の軸を狂はす恐れがあるから、此の際の爲に昂上螺旋 (Elevating or Tilting Screw) を動かして視準し乍ら氣泡管の軸を直す事が出来る。

139 Zeiss Level

Zeiss 型レベルは前述のレベルと異り幾多の特色を持つて居る。

(1) 反轉水準器 (Reversible Bubble) を有する對軸望遠鏡 (Bi-axial Telescope) の使用 對軸望遠鏡とは接眼鏡を望遠鏡の前後兩端の一に差し代ふる事に依て反對方向に望遠鏡を使用し得るもので、良好なる標尺を約 30 m の距離に立て、水

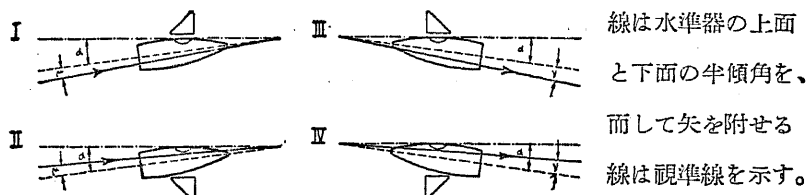


第 384 圖 Zeiss Level

準器を全く正して I II III IV にて四回の読みを取る。四回の讀定は次の特色を有する。

- I 接眼鏡を使用位置におき水準器を望遠鏡の左側に在らしむ
- II 接眼鏡は使用位置に在り水準器を望遠鏡の右側に置きたるとき
- III 接眼鏡を點檢位置におき水準器を望遠鏡の右側に在らしむ
- IV 接眼鏡は點檢位置にあり水準器を望遠鏡の左側に置きたるとき

第 385 圖は器械調整の原理を示すもので、圖中間點線は水平線を示し、長點

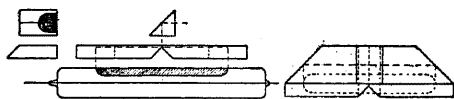


第 385 圖 Zeiss Level 調整の原理

水準器 I と II の

位置に於ける視準の中數は、恰も III と IV の位置に於ける中數に等しく且つ反對符號を有して居るから、此の四回の讀定の平均が水平視準に相當する。此の際水準誤差も望遠鏡の視準線の傾きも亦消去されるから心配は無い。

(2) 水準氣泡の讀定法 (第 386 圖) 水準氣泡の讀定法は既に第三章第 133 節に示した如く氣泡兩端半部の像を互に一致する如く重ならしむる。泡を重ねる



第 386 圖 水準氣泡の讀定法

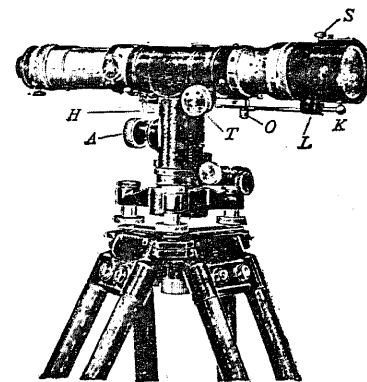
には固定螺子 R を緩め螺子頭 Q を以て三稜鏡箱 E を直角鏡 F 内で氣泡の半分が重なる迄螺子頭 Q を進退する。

(3) 内部調整の裝置

(4) 距離測定用として測距絲の裝置 $E=c+100l$

(5) 光學的平行移動裝置 (Optical Variation System) (第 387 圖)

精密水準測量に際し高級精密度を得る爲に、尙ほ視準線を光學的に平行移動



第 387 圖 光學的平行移動裝置

せしめ隣接分割線或は隣接視野中心線を照準標尺分割間の目測に代へた所謂光學的平行移動裝置或は楔狀鏡線照準裝置と名づくるものを裝備する。之は第 387 圖 M に示された圓筒内に在りて水平軸周圍を回轉する所の精密に研磨された平行平面鏡及び此の平面板を旋回せしめ、而して視準線の平行移動を讀み取る機關より成り立つ。

り成り立つ。

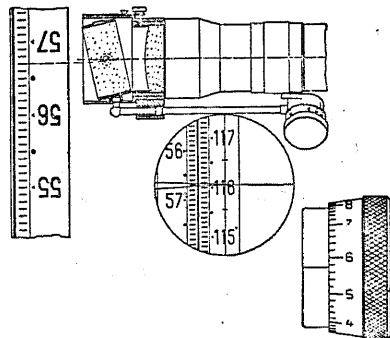
此の裝置は次の如く組立てらる。

圓筒 M を取り望遠鏡の對物鏡の上に挿し込み少しく旋回して側面に刻みある二つの標線に合せる。保護螺子 S を締めて器械を測點から測點へ運搬の時脱け落つる事を防ぐ。そこで收納函の蓋の内に藏められたる連接桿を取出し球の附いた一端 K を平面鏡枠の裏面に在る取手に嵌める、而して角度用傾杆内の螺子 O を締める。然る後螺子頭 T を旋回するときは之に伴つて平行平面鏡は傾斜運動を起す、夫が爲め視準線は上下に平行移動をなす。此の高さに平行移動は螺子頭に屬する鼓胴上にて直接に $\frac{1}{20}$ mm を單位として讀取られる (鼓胴上の目測は $\frac{1}{100}$ mm)。

鼓胴數字の刻み方は一數字から他數字に至る間隔が高程移動 0.50 mm に相當して居る。鼓胴の零點は總ての讀定をして悉く同符號を有せしむる爲に

鼓胴の零點に對し視準線の讀みが 2.70 mm となる如く即鼓胴分割 5.40 mm

となる如く進めてある。此の装置を用ひて進められたる零水平面と標尺分割線間の小間隔を測定せんとするのである。鼓胴分割を 5.40 に合せて置くならば水準標尺の零點は下方に在るのであるから、標尺上と鼓胴上の讀みは常に同様の符號を有す、夫であるから直に標尺と鼓胴の讀みの和を取れば宜しいのである (第 388 圖)。



第 388 圖 光學平行移動裝置

本装置に於ける視準線の光學的平行移動の實例

標尺上の讀定 = 567.000 cm

鼓胴上の讀定 = 0.574 cm

總讀定 = 567.574 cm

標尺分割單位は 5 mm なるが故に讀定の結果は尙之を二分せるものである。

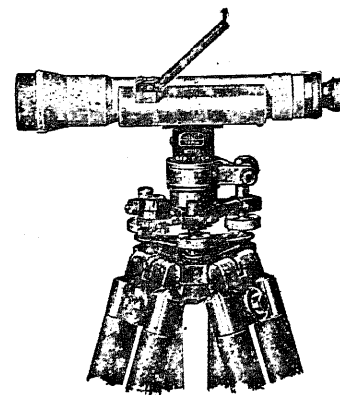
$$567.574 \div 2 = 283.787 \text{ cm}$$

器械の改正は次の方法に従ふ。

器械を取り前に示したる四回讀定なした後既に説きたる使用法に依り楔狀鏡像照裝置を附加する、而して鼓胴 T を 5.40 上に合して置く。又俯仰螺子 (Tilting Screw) A を以て十字較合線を讀定中數の上に合せる、此の時水準器が正定しておらぬならば壓定螺子 Q を旋回し三稜鏡箱 E を進退して二つの氣泡端を直角鏡 F より視て精密に一致するに至らしむ。十字較合線が標尺上の中數讀定を指示し、而して同時に水準氣泡が正定して居るならば、その讀定には平行平面鏡の楔形小誤差より起る讀定誤差並に圓筒 M を對物鏡

端に載せるため望遠鏡の彎曲より起る誤差等は消去せらる。換言すれば視準線と水準器軸が十分平行して居る。此の改正を終りたる後水準測量は唯位置 I に於て施行するのである。

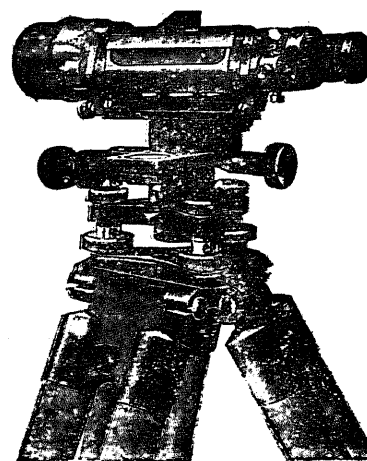
第 389 圖は小型水準儀で内部調整、距離測量用較合線が付き、水準器には反射鏡が附いて居る。



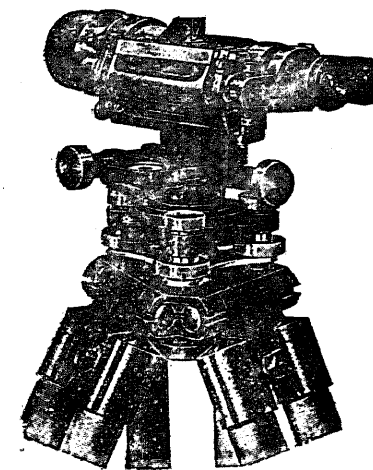
第 389 圖 Zeiss 小型水準儀

140 Wild 水準儀

Wild 水準儀も又 Zeiss 水準儀と同型で望遠鏡は僅か、175 mm にして而も口径 40 mm を有し、(1)内部調整裝置、(2) Zeiss 型と同様の水準器の讀定



第 330 圖 Wild Level



第 391 圖 ヴェルト水準儀(水平分度環付)

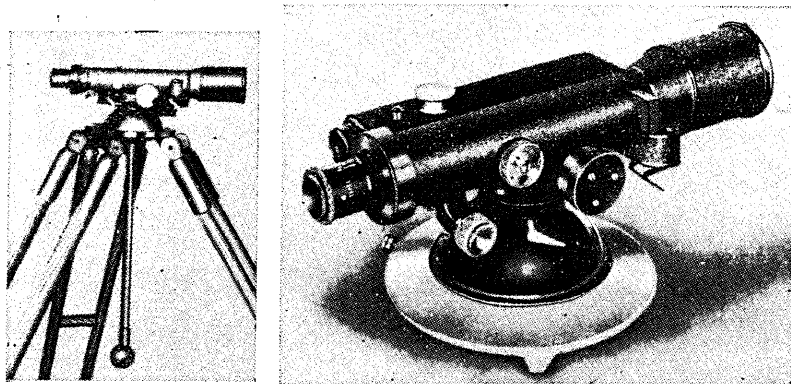
法、(3) 距離測定用として $\frac{1}{100}$ の測距線の装置等を有して居る。擴大率24倍、氣泡管の感度 2 mm に就き 20" である。

第 391 圖は水平分度環を有する型の器械である。

141 Auto-set Surveyors Level*

レベルに附屬する氣泡管は感度が大きくなるに従つて其の調整に長時間を要する缺點を有する。英國 Watt and Son で製造されたAuto-set Surveyors Level は此の缺點を除く爲に作られたもので、此の器械の特色は一度略水平に据付くれば、更に小なる調整は氣泡管又は望遠鏡の移動に依らず、簡単な光學的原理に依て視準線を上下せしめるに在る。

第 392 圖は其の外観で、普通用ふる水準螺旋を用ひず整準棒(Hanging



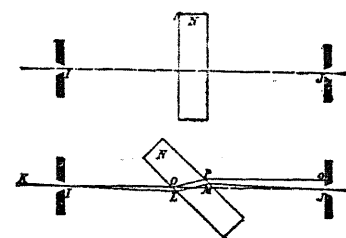
第 392 圖 Auto-set Surveyor's Level

Rod) を用ひて大體水平にする。第 393 圖は視準線を上下する光學的装置で對物鏡の光心 I 及叉線の交點 J の中間に平行硝子板 N を置き之を傾くれば最初の光線 IO は平行移動をなして J 以外の Q を通過し I 及 J を通

* Engineering Feb. 11. 1927 p. 162

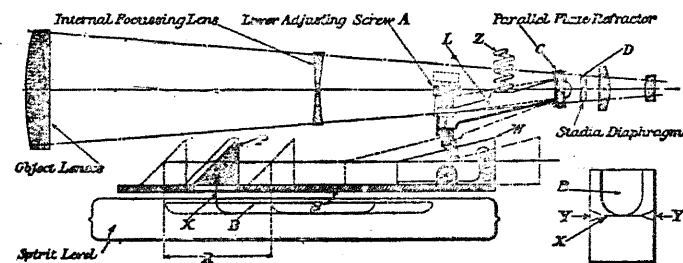
過する光線は K と L との間に於て上方に傾く $KILMJ$ なる光線である。

第 394 圖は之を實際に應用した器械の構造を示すもので、 C なる平行板(Parallel Plate Refractor) は望遠鏡軸に直角な水平軸に取付けられ W なる楔に依て



第 393 圖 光學的裝置の原理

軸の兩側に動かされる。又水準器はいつも泡の長さが一定のもので、泡の一



第 394 圖 器械主要部の構造

端だけ直角プリズム P で視れば宜い。プリズム P は XY に水平線を有し泡が此の線に接する様に調整する、而る時は楔 W 及びプリズム P を載せて居る滑子 S を動かし、之は L なる挺子に傳はり C の平行板を動かす。例へば對物鏡の方が高く泡が其の方に傾いた場合にはプリズム及び滑子及び楔が左の方に動き、夫が爲に A 及び挺子 L が上つて平行板は對眼鏡の方に傾き視準線を下方に移らせ常に視準線は水平となる。

此の式は未だ試験的に小型が造られた許りで從來の水準螺旋式のものに對抗し得るか疑問であるが、レベルの設計上に一新機軸を出したことは疑ひ無い。

第五章 水準桿又は標尺 (Leveling Rod or Staff)

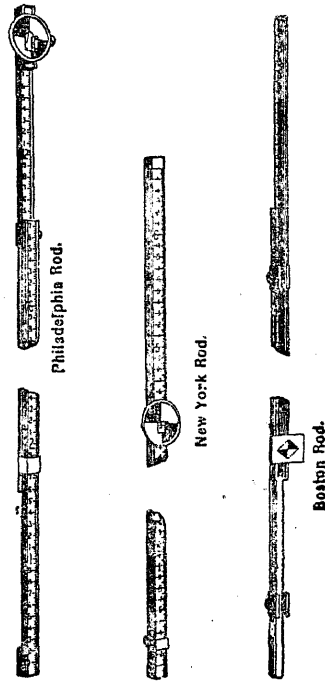
142 水準桿又は標尺

水準測量に用ひる標尺は次の三種類に分けられる。

- (1) 規標付標尺 (Target Rod)
- (2) 自讀標尺 (Self-reading Rod)
- (3) 混合標尺 (Combination Rod)

(1) の規標付標尺は所謂規標(Target)及び遊標を有し、標尺持ちが之を上
下して視準線に合せ遊標を用ひて読みを取る
るので、(2) の自讀標尺は望遠鏡で直接視
準線の高さを讀み標尺持ちは唯立てゝ居る
許りであり、(3) の混合標尺は(1),(2) 何
れにも用ひられるものである。(向桿及び
標尺に用ひられるのを混合標尺と云ふ事も
ある)。

規標付標尺は専ら米國に於て發達し廣く
使用されて居るもので、其の名前も Phila-
delphia Rod, New York Rod, Boston
Rod 等地名を冠せて居る(第 395 圖)。何
れも $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{200}$ 呎迄目盛し遊標に依り
 $\frac{1}{1000}$ 呎迄讀む。



第 395 圖 Target Rods

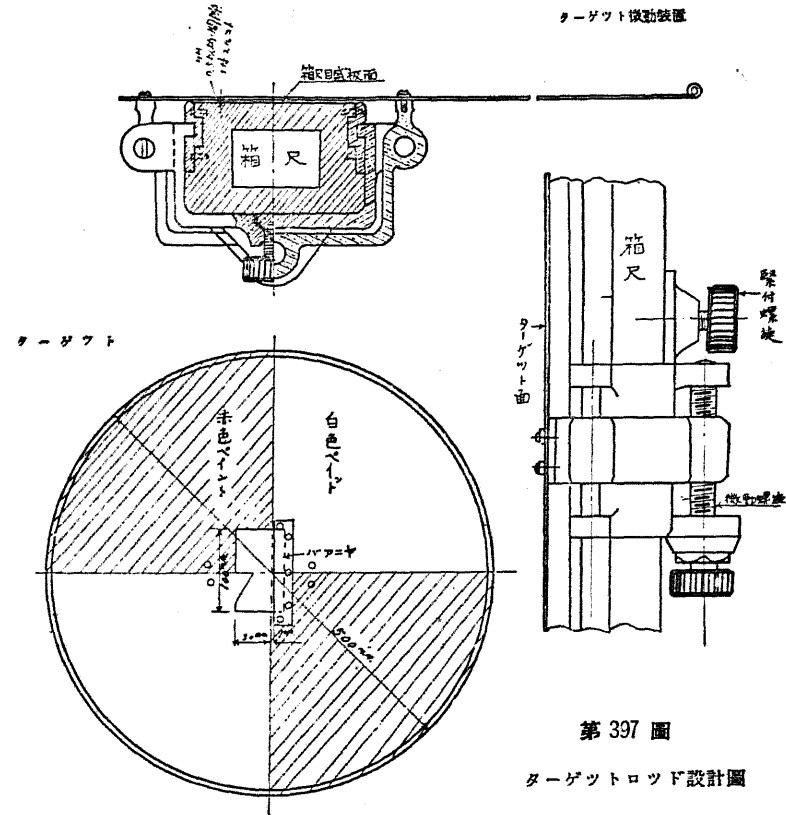
規標又は規板は眞鍮若くは鐵板で作り、圓版又は楕圓板で、普通に用ひられて



Boston Rod Target Bisection Target
第 396 圖 規標

居るのは第 396 圖の如きものである。第 397 圖* は鐵道省關門海峡陸道測量に當つて使用した規標付箱尺の明細圖である。

自讀標尺は觀測者自ら読みを取るもので

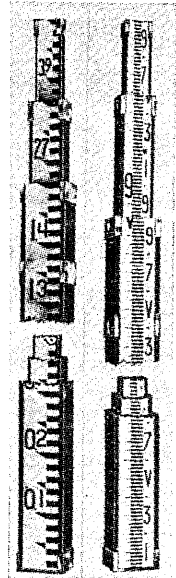


第 397 圖

ターゲットロッド設計圖

* 業務研究資料 第 16 卷第 5 號 (昭和 3 年 5 月) “大瀬戸三角測量結果報告”

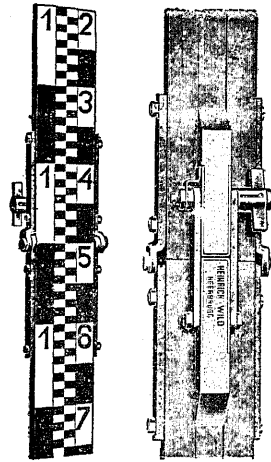
種類も澤山あるが我國で普通最も用ひられるものは所謂函尺 (Telescopic Rod) と云ふ種類で第 398 圖は夫である。第 399 圖は Zeiss の普通水準標尺で cm 目盛り二つ折れ



第 398 圖 函尺



第 399 圖 Zeiss 普通水準標尺

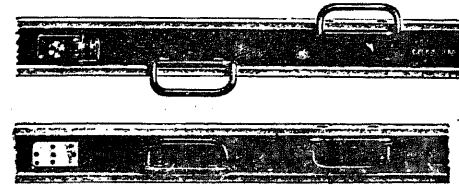
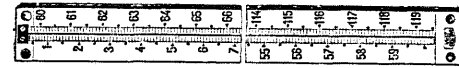


第 400 圖 Wild 水準標尺

で記號及び數字は黒色で記されてある。同じく第 400 圖は Wild の水準標尺で二つ折、球準器を用意してある。

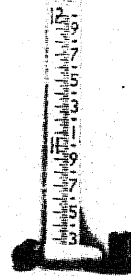
143 特殊な水準標尺

(1) 精密水準標尺 (Precise Leveling Rod) 一般に日本では普通の函尺を使つて標尺の伸縮など考へて居ないが精密に水準測量を行ふ場合には器械と同様標尺にも注意せねばならぬ。従つて其の場合には濕氣、氣温の影響を受けない Invarband の標尺を用ふ。第 401 圖は Zeiss 精密標尺である。之は幅 26 mm 長さ 3 m の紐尺を 20 kg の張力を有する彈條で引張つて居り、二行の $\frac{1}{2}$ cm の分割線を有し、之が相互に $2\frac{1}{2}$ mm 丈行き違



第 401 圖 Zeiss 精密水準標尺

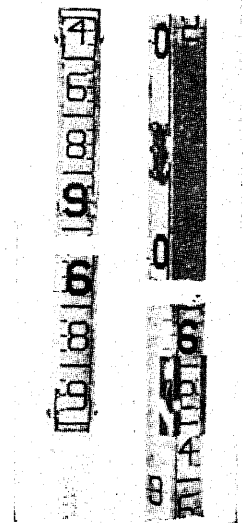
したもので使用に際しては適當の大きさの板に引延して讀む。携帶の便を考へて巻込まれて小罐の中に入つて居る。此の缺點は伸縮に依る誤差の大きい爲に不正確となる。然し踏査又は探檢用には好んで用ひられる。



第 402 圖 Flexible or Pocket Leveling Rods

(3) 卷尺型標尺 (Tape Rod) Flexible or Pocket Leveling Rods (第 403 圖) 之は木桿の兩端

にローラーがあり、夫に長さ 6 m 位の無限鋼帶が付けられ、任意の點で緊める様になつて居る。目盛りは通常 $\frac{1}{10}$ 呎、目分量で $\frac{1}{100}$ を讀む。



第 403 圖 Self-Reading Tape Leveling Rod

144 自讀標尺と規標付標尺との比較

自讀標尺を規標付標尺に比較して見ると、(1) 其の速さが早い事と、(2) 普通の測量では同程度の精度を得られる事が特徴である。依て米國を除く外の國では専ら自讀標尺が用ひられる。

ひになつて居る。此の線の平均誤差は 0.02 mm 位である。

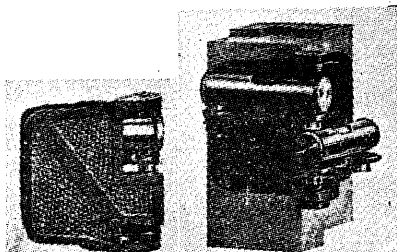
(2) 懐中水準標尺 (Flexible or Pocket Leveling Rod) (第 402 圖) 之は特別に作られた油紙又は布の上に普通の標尺の如く目盛を施

扱て普通水準儀の氣泡管の感度は 2mm の一目盛に對して約 20" で 100 m の視準距離で畧 1cm に當る。通常の水準測量では泡の位置は目盛の $\frac{1}{10}$ 以上迄は讀めない、而も實際には器械の不安定等の爲め $\frac{1}{5}$ 位以上には合せられない、即ち 100 m に對して 2mm 以下は感じない事となる。一方普通の函尺の分劃は 5mm であるから遊標を用ひずとも 2mm 迄は直接望遠鏡で讀む事が出来る。夫で遊標に依て是以上を讀んでも無意味になる。

然し規標付標尺は (1) 視準距離が長く望遠鏡で直接讀みを取り得ざる場合 (2) 精密水準儀を使用する場合等は不可欠のものである。

145 水準標尺の附屬器

標尺を眞直に立てるには一つは經驗にも依るが、適當な附屬装置に依て器械的に正す事が出来る。普通用ひられるものは次の様なものである。

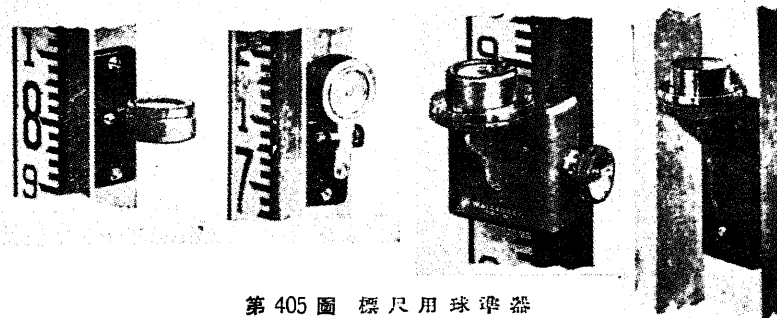


畳んだ時 取付けた時
第 404 圖 標尺用水準器

(1) 標尺用水準器 (Rod Level) (第 404 圖) 互に直角の方向にある二つの氣泡管を函尺に取付けたもので、取外した時折り疊む様になつたものと初めから函尺の中に装置したものとある。缺點は傾斜の方向が見付け難い。

(2) 標尺用球準器 (Circular Rod Level) (第 405 圖) 球準器を函尺に附けたものは傾斜方向を知るに便利である。任意の箇所へ緊付け得るものと固定型と二通りある。

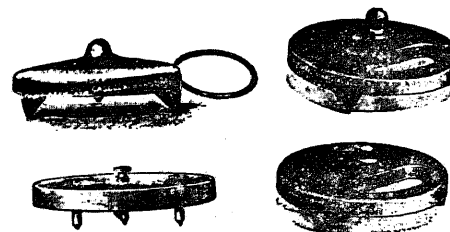
(3) 下振 (Plumb Line) 下振を用ひて夫に平行に函尺を立てるのは最も容易で且つ正確である。之は函尺のみならず向桿の場合もよく用ひられ



第 405 圖 標尺用球準器

る。但し風のある時には都合が悪い。

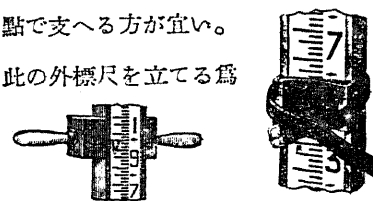
(4) 脚版 (Foot Plate) (第 406—407 圖) 傾斜地で標尺を眞直に立て



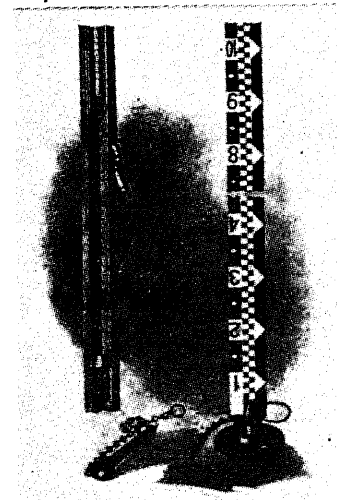
第 406 圖 脚版

又重要な點で前視後視を取る場合には鐵製の脚版を使用する。脚版には凸部があつて函尺が入り込む様になり、成るべく一點で支へる方が宜い。

此の外標尺を立てる爲



第 403 圖 標尺用把手 第 409 圖 標尺保護器



第 407 圖

に第 408 圖の如く把手を附けたり、又は第 409 圖の如く函尺面を保護したりする事もある。

第六章 レベルの検査

水準儀の検査には、(1) レベルのみにある検査、(2) レベルの種類に依て存在する検査及び、(3) 一般測量器械として生ずる検査とがあるが、今専ら(1)と(2)に就いて述べる。

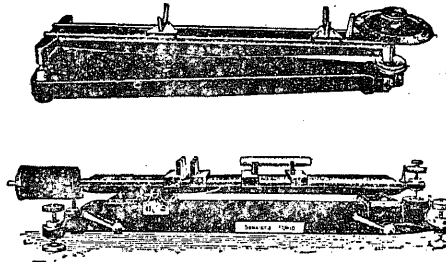
146 気泡管の検査

気泡管に於ては気泡の両端が気泡管の均一なる傾斜に對して、常に均一の運動を爲すを要する。又外氣の熱、気泡管取付装置に於ける歪、その他自然的に作用する外力の影響に依り気泡に變動を生じないのを理想とする。

気泡管内面圓弧の正確なるや否やを検査するには標尺を規つて其の時の気泡の位置を読み置き、順次に標尺上に規ひを同一間隔に動かし、之に對して

一々気泡の運動を見取るのである。此の時気泡も亦た均一なる運動をすれば正しいのである。

又比較的簡單(但し概略)の方法としては、均一な温度の變化に應じて気泡が中心から左右均一に運動するか否かを驗するに



第410圖 試準器

ある。正確に気泡管の曲率を測るには第410圖の如き試験器(Level Tester)を用ふる、之は測微螺旋を用ひて感度を測るものである。

147 望遠鏡擴大力と気泡管感度との釣合検査

擴大力と気泡感度とは互に一定の比例即ち釣合を有せねばならぬ、即ち気泡の認め得べき微動は望遠鏡に依つて標尺上又線交點の或る確かなる運動を

認め得るを要する。同様に逆に又線交點の微動は気泡にも之に應ずる微動を起すを要する。以上の條件に適合する以外に擴大力の大に過ぎ又は気泡管感度の鋭敏に過ぎるのは、器械の精度には何等關係無く無用と云ふよりも却て不都合である。何となれば擴大力の必要以上に大なるは物體の明瞭を缺き(公式(76) $h = \frac{1}{5} \left(\frac{A}{M} \right)^2$)、感度の過敏なるは却つて水準に餘分の時間を費し、修正に餘分の手数を要するからである。

148 對物鏡を滑動出入する場合に其の光心は常に視準線中に運動するや否やの検査

望遠鏡の對物鏡出入は直線的なるを要し、光心と視準線(鏡軸線)とは一致するを要する。以下 Y レベル、短肥レベル各の場合に就て此の検査法を述べる。

(1) Y レベルに於ける本検査 是れは視準線が訂正せられた後トランシットの對物鏡の檢整の部に述べたのと同様の方法で檢整される。即ち先づ對物鏡を出し乍ら杭上に又線の交點を記し、更に望遠鏡を鏡軸の周圍に180°だけ廻轉し、同様に又線の交點を定める。其の兩方が相重なる時は、對物鏡滑動内筒は垂直面中に滑動するを示すものである。次に望遠鏡を最後の位置から90°だけ廻して、前方法を繰返し同様に望遠鏡反轉以前と以後の場合に於ける又線交點の位置が兩方一致する時は、本検査に於て完全なる事を示す。

(2) 短肥レベルに於ける本検査 此の場合は器械の構造上前と大に異なる、即ち視準線が訂正せられた後前述のトランシット對物鏡の檢整の部に記した如く杭の配列を作り、水準して順次に杭上に視點を定めて讀高を記して置き、次に器械を杭の配列線の他端に移し、据付け再び反對の點より視點を定め其の讀高を取る。若し兩端の讀高の差が同じであれば(即ち前後の場合

の視點が相重なれば) 滑動内筒の出入は直線的で且つ光心は鏡軸線と一致して居る。

149 Y レベルの望遠鏡環及 Y 架は各正しく同大なるか否かの検査

鏡環、Y 架は各對同形同大でなくてはならず、又兩 Y 架は鏡筒に直角でなければならぬ。鏡環の検査は精確な測徑器 (Micrometer) で直接其の直径を測るか、整正水準器 (跨準器) (Striding Level) に依て之を比較検査する。Y 架の検査は厚紙を之れに當て、其の各断面を正確に寫し取り之を比較する。

第七章 Y レベルの整正法

150 整正の要旨

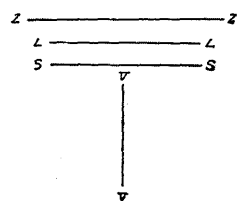
今第 411 圖に於て

ZZ=望遠鏡の視線即ち視準線

LL=氣泡管の接線

SS=支架の軸

VV=堅軸



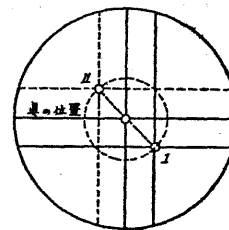
第 411 圖 Y Level の軸

とすれば (1) $LL \perp VV$ 及び (2) $ZZ \parallel LL$ なるを要する。レベルの整正は要するに此の二條件を完全に具有せしむる爲の調整である。

換言すれば (1) は氣泡の接線が堅軸に直角なるべき事で、斯くすれば器械を据付けた後一度堅軸を鉛直にすれば、何れの方角に視軸を向けても其の都度水準を正す必要が無い。(2) は視軸と氣泡接線とは平行なるべき事で氣泡が中央に在れば視軸は水平になる。此の視軸の水平と云ふ事は實に水準測量の根本の原理である。次に Y レベルの整正方法を示す。

151 第一整正——視線を正しくすること

視軸は望遠鏡軸即ち鏡環の中心線と相重り一致しなければならぬ。先づ器械を三脚に取付け成るべく地盤の強固な場所を擇び之を据付ける (但し脚基附近を歩行しても氣泡は其の影響を受けない事を要する)。次に約 20~60m 距つた明瞭な一點、例へば壁上に貼つた白紙上の十字交點等を視準し、此の際眼と又線交點及び標點とが一直線なるを要する。若し眼を上下左右に動かして見る時又線交點の移動即ち視差 (Parallax) がある時は、先づ對物鏡部を之に屬する螺旋にて適當に調整し、然る後鏡筒を Y 架内にて 360° 廻轉して見る。目、又線交點及び標點が此の時矢張り一致すれば視軸は鏡軸と一致せる事が分る。若し又線交點が小圓を畫いて初の位置に復歸すれば一般に視



第 412 圖

軸と鏡軸とは相重なつてないのである。斯る場合は第 412 圖の如く初めの視點 I と鏡筒を Y 架内にて 180° だけ廻轉した場合の視點 II との間の距離を二等分し、其の中點に又線交點を一致せしむる様に調整する。此の調整は鏡筒外部に頭を出して居る 4 本の又線整正螺旋を調整ピンに依り

各一對の中一方の螺旋を緩くし反對側の螺旋を緊めて調整するのである。斯の如くして之を何回も繰返して調整する。

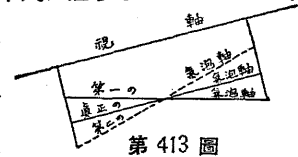
尙ほ近い一點に焦點して前と同様の事を行ひ、又線交點が尙一つの小圓を畫けば光心 (視軸) は鏡環の中心線上に無いか又は光心の動く方向が之に全く平行でないかを示すもので、検査 (3) に述べた如く對物鏡滑動筒の出入方向を調整し得可き装置を有する故、之に依つて誤差の半分を更正し、視軸は鏡軸と一致する事になる。

152 第二整正——視軸と氣泡軸（氣泡接線）とを平行せしむること

視線が正しくされて後次に視軸を氣泡接線に平行にする。此の整正法は次の如く二段に分けて行ふ。

(1) 先づ氣泡接線と望遠鏡軸とを同一平面中に在らしむる事。 堅軸を固定し、水準螺旋に依つて氣泡を中央に持來し、望遠鏡を Y 架上に載せた儘之を鏡軸の周圍に凡そ 20~30° 双方に廻轉する。其の時若し氣泡が望遠鏡の廻し方に依つて右にも左にも移動すれば、氣泡接線と鏡軸とが同平面中に無いのであるから氣泡管の一端に附屬する氣泡横調螺旋(Lateral Adjusting Screw) に依て調整する。

(2) 次に氣泡接線を Y 底に従つて視軸に平行ならしむる事。 器械を前の如く据付けて水準螺旋に依て氣泡を管の中央に至らしめ、次に Y 架上部の望遠鏡摺み (Clip) を開いて望遠鏡を靜かに取外し、其の兩端を左右反對に置き換へ靜かに Y の中へ入れる。此の時尙氣泡の位



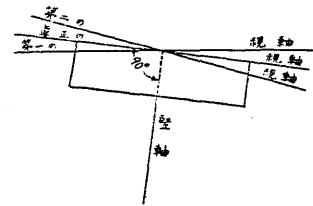
第 413 圖

置が中央から外れなければ氣泡軸は水平に在つて同時に視軸に平行である。若し氣泡が中央から外れば平行でない證據であるから、其の移動の半分だけを水準螺旋にて直し、他の残り半分は氣泡調整螺旋に依て同様に整正する。但し此の整正は二三回反覆するを要する。

第 372 圖に示す如きレベルでは Y 架より外す必要無く氣泡管を反轉するだけで宜いから迅速に整正が出来る。

153 第三整正——氣泡接線従つて視軸を堅軸と直交せしむること

水準螺旋に依り或る一定の位置に於て水準を正し、次に堅軸緊付螺旋 (Vertical Clamp Screw) を緩めて望遠鏡、氣泡管及び Y 架を一體として堅軸の周圍に望遠鏡が正反對の方向を取る様 180° だけ廻轉した時氣泡が尚ほ中央



第 414 圖

にあるか否かを見るのである。若し中央に在れば此の方向に於て正しい。次に望遠鏡方向と約 90° をなす方向に於て同様の検査をなし、矢張り氣泡が中央にあれば整正されて居るのである。若し氣泡が移動した時

は Y 架の一方下部に附屬せる Y 調整螺旋 (Y Adjusting Screw) に依て氣泡の移動の半分だけを直し、他の残り半分を水準螺旋に依て整正する。

第八章 短肥レベルの整正法

短肥レベルは其の氣泡管が望遠鏡に従屬せず、又望遠鏡の反轉及び左右置き換へが出来ない故、従つて其の整正法も次に示す直接法 (Direct Method) 即ち所謂杭整法 (Peg Adjustment) に依らなくてはならない。

154 第一整正 —— 視軸を氣泡接線に平行ならしむる事

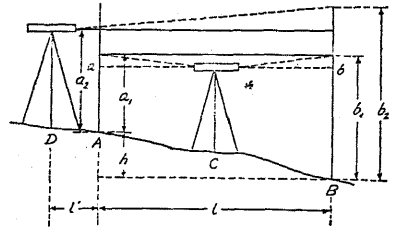
(杭整法：其一)

氣泡接線を視軸に平行ならしむる事

(杭整法：其二)

(1) 杭整法 (其一) 略々平坦な場所を擇んで約 100~200 m 位を距て、第 415 圖に示す如く AB 二本の杭を打ち込み、其の杭頭に函尺を立て AB 間の中點 C にレベルを据付け、其の中心を正しく杭上の十字線に一致せしめる。次に器械の氣泡軸を正して A 點に立てた函尺の讀み a_1 を取り、

次に望遠鏡を廻して視線を B 函尺
 に向け其の読み b_1 を取る。若し氣
 泡接線が視軸と平行でなければ a, b
 の読み代わりに δ の差を生じて $a_1,$
 b_1 の読みを得る事は當然である。今
 AB 兩地點の差を h とすれば



第 415 圖

$$h = a - b = a_1 - b_1$$

でなくてはならない。何んとなれば C は A, B の中點であるから δ は A, B
 兩函尺に於て同一である。従つて

$$a_1 = a + \delta, \quad b_1 = b + \delta$$

であつて

$$h_1 = a_1 - b_1 = (a + \delta) - (b + \delta) = a - b = h \dots\dots\dots(138)$$

即ち言ひ換へれば

『氣泡接線と視軸と平行ならざる器械を用ひて測量しても、器械を兩點間の
 中央に据付くれば其の兩點の高差は同一である』。

次に器械を AB の延長上一杭の外側 3 m 位の距離の D 點に据付け、又
 氣泡を中央に持來し A 及 B の兩函尺を視準し夫々桿高 a_2, b_2 を読み取る。
 其の時

- (i) $b_2 - a_2 = b_1 - a_1$ ならば視軸と氣泡接線は平行である。
- (ii) $(b_2 - a_2) > (b_1 - a_1)$ ならば $AB = l, AD = l', (b_2 - a_2) - (b_1 - a_1) = d$ と
 し $\frac{l+l'}{l}d$ だけ最後の視準點から下（正像望遠鏡の場合）又は上（倒像望遠
 鏡の場合）の點を視準する様望遠鏡を固定した儘又線整正螺旋に依り又線交
 點を整正する。完全に整正さるゝ迄繰返して行ふべきである。

2 ^ " 2

Simplified Peg Method for Adjusting engineer's Level.

By Richard Bennett.

E. N. R. Feb. 22, 1934, P.253

$$L = L' = 23 \text{ m } (= 75 \text{ 呎})$$

$$\text{補正量} = \frac{1}{2} d$$

(iii) $(b_2 - a_2) < (b_1 - a_1)$ ならば $(b_2 - a_2) - (b_1 - a_1) = -d$ として $\frac{l+l'}{l}d$ だけを上 (正像望遠鏡の場合) 又は下 (倒像望遠鏡の場合) の點を視準する様同様に又線を修正する。是れ亦完全に修正さるゝ迄繰返し行ふべきである。

(註) 此の方法は氣泡管を全然動かす能はざる構造の器械に適用するに便である。

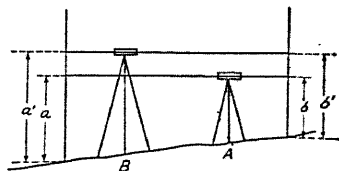
(2) 杭整法:(其二) 之は轉鏡儀附屬水準器の修正法と同一で、氣泡管調整の裝置を有する器械では此の法を便とする。修正法に關しては第 71 節を参照の事。

155 第二修正——氣泡接線を豎軸に直角ならしむる事

水準螺旋に依り氣泡を中央に持來したる後、望遠鏡を正反對方向即ち 180° だけ豎軸の周りに廻轉した場合に、尙氣泡が中央にあれば宜い、而して又前の望遠鏡の位置と約直角をなす位置に望遠鏡を置いて同様檢定し之を確かめる。斯の如くして氣泡が中央より移動した場合は則ち氣泡接線は豎軸に直角でないから、其の移動の半分を鏡架と望遠鏡とを連結する支脚の一つにて、氣泡を中央に近づける様に修正し、他の半分を水準螺旋に依て同様に修正する。而して望遠鏡を豎軸上に如何に廻轉しても氣泡が常に中央に在つて移動しない迄此の修正を繰返す。

(註) 支脚の高さを修正する能はざる構造の短肥レベルにては先づ氣泡接線を豎軸に直角ならしめ、然る後杭整法の一つに依て視軸を氣泡接線に平行ならしめなければならぬ。

レベルが修正せられ居るか否かを檢する方法 前の如く兩杭を立て、レベルを先づ何れかの一點 A に据えて第 416 圖の如く a, b の讀高を得たとする。次に



第 416 圖

器械を B 點に移して a', b' の讀高を得た時に若し

a - a' = b - b' ならば整正は出来て居るのであるが

a - a' = b - b' ならば整正不完全なる事を示すのであるから各々前述の整正法で直さねばならぬ。

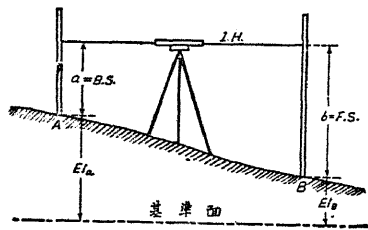
第九章 水準儀の使用法及び水準測量

156 概 説

轉鏡儀に較ぶれば水準儀の使用法は全く簡單である。二點の高低差を求めらるには標尺を各地點に立て水準儀を水平に据付けて視準すれば宜いので、高さの知れた點の標尺の讀みは視準線が其の地點から幾何高いかを示し、器械を廻して高さの未知の點を讀めば其の時の讀みは其地點が視準線から低い割合を示す。之等に就いて次の如く特殊の定義を付けて居る。

(1) 後視 (Backsight) (B.S.) —— 高さの既知の點に立てた標尺の讀みを云ふ。

(2) 前視 (Foresight) (F.S.) —— 高さを求むる點即ち未知の點に立てた



第 417 圖

標尺の讀みを云ふ。

(3) 器高又は視準高 (Instrument Height) (I.H.) —— 望遠鏡の視準線の高さを云ふ。

(4) 換點又は移點 (Turning Point) (T.P.) —— 高低差を求むる點

が遠い場合には何度も器械を据え代へる、此の時前視と後視を取る點を移點又は換點と云ふ。重要な點であるから誤の生ぜぬ様脚版などを用ひる。

(5) 中間點 (Intermediate Station) —— 前視のみを取る點で此處の誤差は他に波及しない。

轉鏡儀測量の場合と同じく前視及び後視には方向を含まない、唯測角の場合には順序に依つて區別したが、水準測量では地點の性質に依て區別する。水準測量は必ず二回以上往復測量をして、其の差が一定の許容誤差 (Allowable Error) 以内に在るを要する。此の場合照査の爲に行ふ測量を照査水準 (Check Level) と云ふ。又踏査、路線撰定等の場合概測を行ふものを散測水準 (Detached or Flying Level) と云ふ。

157 水準測量の原理

水準測量の原理は要するに次の二公式に依て表はされる。第 417 圖に於て

(1) 視準線が既知點からどれだけ高いかを見出すこと、即ち

$$El_a + B.S. = I.H. \dots\dots\dots(139)$$

(2) 未知點が視準線からどれだけ低いかを見出すこと、即ち

$$I.H. - F.S. = El_b \dots\dots\dots(140)$$

(1) と (2) とを加へて

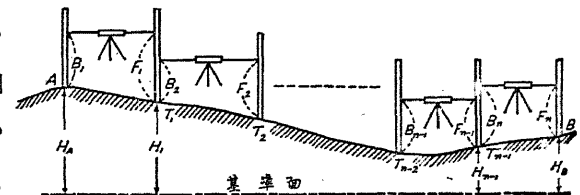
$$El_a + B.S. - F.S. = El_b \dots\dots\dots(141)$$

即ち、未知點の高さを求むるには既知點の高さに B.S. を加へ、F.S. を

減すれば宜いのである。

同様に第 418 圖の如く中間に澤山の移點が存在する時も

各區間に於ける公式を加ふれば



第 418 圖

$$H_A + B_1 - F_1 = H_1$$

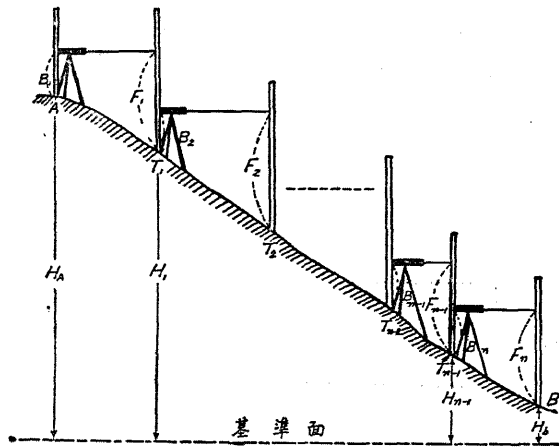
$$H_1 + B_2 - F_2 = H_2$$

.....

$$H_{n-1} + B_n - F_n = H_B$$

加へて $H_B = H_A + (B_1 + B_2 + \dots + B_n) - (F_1 + F_2 + \dots + F_n)$

$$= H_A + \sum B - \sum F \dots \dots \dots (142)$$



第 419 圖

となるから一々中間點の高さを出す必要はない。

第 419 圖の如く視準距離が非常に異なる場合は

$$H_B = H_A + \sum B - (\sum F - \sum \delta) \dots \dots \dots (143)$$

但し

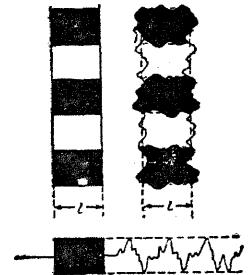
$\sum \delta$ = 地球曲率及び光線屈折に依る誤差

158 視準距離(Sighting Distance)

通常の平坦地にては視準距離の大なる程行程を増すものであるが使用器械の良否、天候、氣象、地形、及び精度に依て伸縮すべきである。要するに如何なる場合でも標尺の目盛が明瞭に視準される事と、必要なる精度を保つことは最も重要である。通常のレベルでは、最短視準距離は 2~3 m で標尺の一分目盛を讀定し得べき最長視準距離 (Maximum Effective Sighting Dis-

tance) は 100~180 m 位であるから通常は此の中間を占める 30~120 m 位を適當とする。

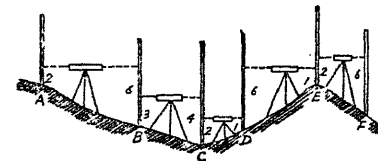
暖い日中には地表と之に接する空氣の温度が異なる爲め氣流を起し、從つて其の爲に光線が屈折をなし又像が不明瞭になる、斯様なものを總稱して陽炎 (Trembling of Air) と云ふ。第 420 圖の如く或る幅を有する標尺は陽炎に依て振動し各所の幅を變ずるが其の平均は矢張り最初の幅を表はす、依て測角の場合は陽炎の影響は比較的少い。之に反し標尺の目盛は陽炎に依て不規則に振動するので水平線の讀定に不便を感じる。暫く其の變化を見て其の振動の中間を取れば略其の位置に近い。勿論陽炎の盛な時は水準測量には宜くない。



第 420 圖 陽炎の場合

159 高差準測 (Differential Leveling)

單に地點の高さの差を求むる水準測量である。如何なる道筋を撰んでも差支はないが、成る可く測量に障害が少く短い方がよい。レベルを標尺から等距離の點に据え付くこと、斯くすれば整正の不完全及び地球の曲率から來



Sta.	Dist.	B.S.	F.S.	Elevation	Remarks
A				100.00	above M.S.L. (assumed)
B	100	2.00	6.00	96.00	
C	60	3.00	4.00	95.00	
D	40	2.00	1.00	96.00	
E	70	6.00	1.00	101.00	
F	50	2.00	6.00	97.00	
		15.00	18.00	-3.00	

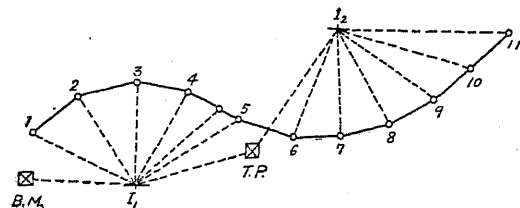
第 421 圖

る誤差を消去し得る。記帳には單に *B.S.* と *F.S.* とあれば宜しい。第 421 圖は記帳法の例である。

160 縦斷準測 (Profile Leveling)

縦斷準測は一定の線に沿ふての地表の距離と高低の關係即ち縦斷面 (Profile) を作るのを目的とする。鐵道、道路等の測量には一鎖毎に中心杭 (Center Peg) を打つて中心線 (Center Line) を確定し、此の中心線上の地盤の變化を測定する。中心杭以外には中心線上に打つた杭をプラス杭 (Plus Peg) と云ふ。

適當地點にレベルを据えて、例へば水準點等の既知の點を *B.S.* して視



第 422 圖 縦斷水準測量

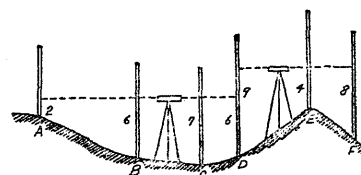
準高を定め、次に必要な諸點を前視して高さを求める。一箇所にて澤山のの前視點を取る程行程を進抄

させるが其の結果視準距離の不同又は増大を生ずるから不完全整正の誤差を含み易い。依て適當地點に於て移點を取る必要がある。但し移點は必ずしも中心線上に無くとも差支へ無い。

記帳法に次の二種類がある。

(1) 昇降式 (Rise and Fall System) 野帳に昇及び降の二欄を設け *B.S.* - *F.S.* が (+) であれば昇、(-) ならば降となる。第 423 圖は其の記帳の例である。

(2) 器高式 (Instrument Height System) 縦斷測量に専ら用ひられる記帳法で *B.S.* から *I.H.* を求め之に *F.S.* を減じて任意の點の高さを求め



Sta	Dist	B.S.	F.S.	Rise	Fall	Elev	Rem
A						100.00	(assume)
B	100	2.00	6.00		4.00	96.00	
C	60	6.00	7.00		1.00	95.00	
D	40	7.00	6.00	1.00		96.00	
E	70	9.00	4.00	5.00		101.00	
F	50	4.00	8.00		2.00	97.00	
		22.00	31.00		3.00		

第 423 圖 昇降式記帳法

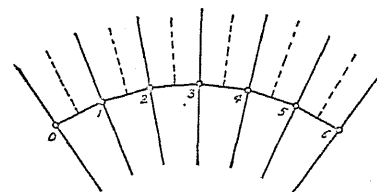
るから中間點の多くある場合に適當である。第 424 圖は前と同じ場合の記帳法の例である。

Sta	Dist	B.S.	I.H.	F.S.	Elev	Remarks
A					100.00	B.M.
B	100	2.00	102.00	6.00	96.00	
C	60	3.00	99.00	4.00	95.00	
D	40	2.00	97.00	1.00	96.00	
E	70	6.00	102.00	1.00	101.00	
F	50	2.00	103.00	6.00	97.00	
		15.00		12.00	97.00	

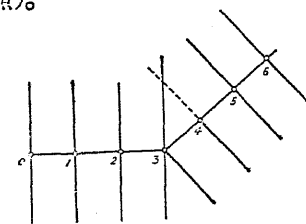
161 横斷準測

(Cross Sectional Leveling) 第 424 圖 器高式記帳法

縦斷面即ち中心線に直角な方向に行ふ水準測量で、道路や運河等に於て其の地形を測るのみならず土坪の計算をなす爲である。中心杭の所は勿論地形の變化ある所は皆取る。横斷を取る方向は常に中心線と直角で、曲線の場合は外側が疎くなるので、外側だけ更に中間を測り、折線の場合も隙間の生ぜぬ様になす可きである (第 425-426 圖参照)。



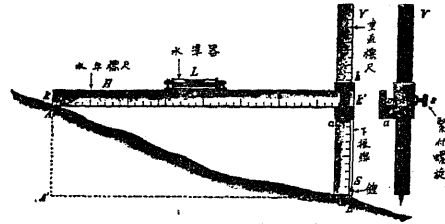
第 425 圖 横斷水準測量の方向 (1)



第 426 圖 横斷水準測量の方向 (2)

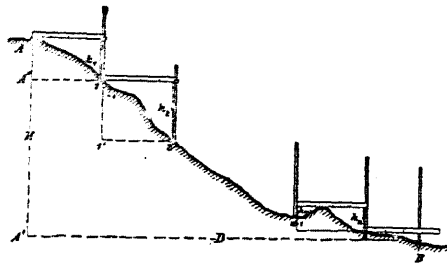
直角を出す方法は單なる推定又は向桿で行ふ場合が多いが時として 5°~10° の誤差を生ずるから、成るべく光短(Optical Square)其の他の器械を用ふるが宜い、重要な場合には轉鏡儀を用ふる。従つて横斷準測を行ふ方法は

- (1) 水準儀及び卷尺に依る法
- (2) 轉鏡儀を用ひて視距測量に依る法
- (3) 掌準器及び卷尺に依る法
- (4) 特別な横斷用尺 (Cross Sectional Rod) に依る法



第 427 圖 横斷用尺

- (5) 標尺及び卷尺に依る法
普通よく掌準器等を用ひて居る。外國では屢々第 427 圖の如き横斷用尺を用ふ、其使用は第 428 圖に示す如く直角尺度の一邊を垂直に置き高低及水平兩距離を測るのである。

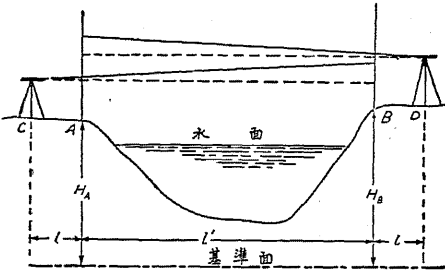


第 428 圖 横斷用尺の使用

162 交互準測

(Reciprocal Leveling)

大河を横斷して水準測量を進むる場合の如く、二點の中央に器械を据える事が出来ない時は前視と後視との距離に著しい



第 429 圖 交互準測の原理

相違があり不精確になる恐れがあるから、此の場合には第 429 圖の如く兩岸で交互に讀み其の高低差を平均するのである。

第 429 圖に於て

$e_1 = (AC = BD = l)$ なる距離に於て生ずる誤差

$e_2 = (CB = DA = l + l')$ なる距離に於ける誤差

$X_A =$ 器械を C に据えた時の高低差

$X_B =$ 器械を D に据えた時の高低差

とすれば

$$X_A = (H_B - e_2) - (H_A - e_1)$$

$$X_B = (H_B - e_1) - (H_A - e_2)$$

$$\therefore \frac{X_A + X_B}{2} = H_B - H_A \dots\dots\dots(144)$$

即ち交互觀測に依ると空氣の屈折其の他器械的の誤差を消滅して眞の高低差を得る。

163 法杭の設定 (Setting Slope Stakes)

例へば道路の場合を述べると先づ平面圖 (Plan) に其の中心線を設定し、次に此の中心線に沿つて縦斷面が作製される。縦斷面圖には道路の仕上面に相當する勾配線 (Grade Line) 即ち施工線 (Formation Line) を記入するから、従つて地表との高さの差が定まる。若し此の時に其の道路の幅員、側面勾配其の他が判つて居れば、中心上に取つた横斷面圖にて切取 (Cutting) 又は盛土 (Banking) の線と地表との交點を求むる事が出来る。此の點に法杭を打つて尙側面勾配を示す方向を指示して置けば土工其の他に大變便宜である。之を法杭の設定と云ふ。

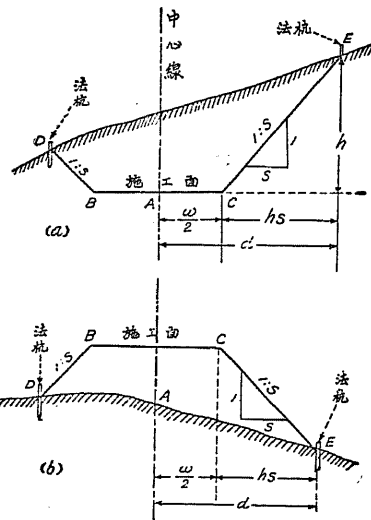
第 430 圖にて

ω = 道路の幅員

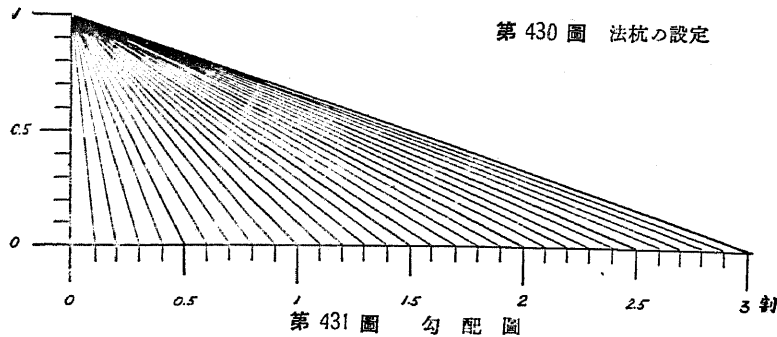
S = 側面勾配

とすれば $\frac{\omega}{2} + hs = d$ となるから精確な位置は試算法 (Trial Method) に依らねばならぬ。

第 431 圖は勾配圖である。圖中例へば 2 は二割勾配を示す、之は垂直 1 に対して水平 2 に當る。又垂直を 1 とする時の各勾配の法長を求むるには第 17 表を用ふるを便とする。



第 430 圖 法杭の設定



第 17 表 法長乗率表

法り	乗率	法り	乗率
割分 .1	1.00499	割分 .6	1.16619
.2	1.01980	.7	1.22066
.25	1.03078	.8	1.28062
.3	1.04403	.9	1.34536
.4	1.07703	1.0	1.41421
.5	1.11803		

1.1	1.48661	2.1	2.32594
1.2	1.56205	2.2	2.41661
1.3	1.64012	2.3	2.50799
1.4	1.72046	2.4	2.60000
1.5	1.80278	2.5	2.69258
1.6	1.88679	2.6	2.78568
1.7	1.97231	2.7	2.87924
1.8	2.05913	2.8	2.97321
1.9	2.14709	2.9	3.06757
2.0	2.23607	3.0	3.16228

164 水準測量に對する注意事項

- (1) 三脚頭部の螺旋の弛みに注意すること。脚頭の螺旋が弛んで居たり三脚と器械とが固定されてないときは次第に氣泡が移動するに至る。又脚頭螺旋を緊めた儘据付を行ふ時は次第に三脚が回轉を起すから据付けてから緊め付けねばならぬ。
- (2) 水準儀は轉鏡儀又は羅針儀と異なり一定の測點上に据付くる必要が無いから適當なる地點を定めて器械を据え、出來ればなるべく日影が好い。水準儀が日光の直射を受くると不同膨脹を起して誤差が大きくなる、故に蟬蝟傘をさすか帽子で被ふが宜い。
- (3) 水準測量の途中に於て觀測者を變へない事。器械の取扱者を變へると測量に誤差を生じ又行程を遅らす恐れがある。
- (4) 視準距離をなるべく等しくする事。
- (5) 移點は重要で地盤の強固な所を選定し、必要に應じて脚版を用ふる。移點の誤差は夫以後の全體の測量に影響する。
- (6) 觀測の瞬間氣泡は必ず中央に在る事を要し、之が爲に氣泡の位置を讀定し得る器械を用ふるか、又他の一人が常に氣泡を注意し三脚を軽く押して狂ひを直す様にする。

- (7) 標尺の読みは移點で 1mm 位まで、其の他の點で 5mm 位まで讀む事。
- (8) 水準測量は必ず往復二回行ふ可きで、其の往復の途をなるべく變へるが宜い。勿論途中に水準點があれば夫を連絡する。
- (9) 長距離の水準測量の場合、一日の測量の終り又は風雨にて中止する時は必ず水準點を設置する事。
- (10) 標尺は眞直に立てる事。下振其の他の無い時は左右の傾きは觀測者に注意して貰ひ、前後の傾きは標尺を少し前後に傾け觀測者が其の最小目盛を讀む様にすれば宜い。
- (11) 函尺の繼目は充分検査し、使用中常に充分の注意を要する。時に掛金が外れて失敗する事がある。
- (12) 傾斜地の水準測量の場合は器械が高過ぎたり低過ぎたりしない様に目測で當つて器械を大體据えて標尺が見えるかを驗してから本當に据付ける。
- (13) 水準測量の途中に廣い静水面があれば之を利用して其の部分の測量を省く事が出来る。但し流れて居るもの又は水位の變動して居るものはいけない。

第十章 水準測量の誤差及び精度

165 水準測量に於ける誤差の原因

A 誤差の原因

(1) 器械的誤差

- (a) 整正の不完全に依るもの(償差) 之は前視と後視の距離を等しくすれば除かれる。

- (b) 整正不能部分の缺點に依るもの
- (i) 氣泡の運動不活潑(償差)
- (ii) 對物鏡操出に依るもの(償差) 之は前視と後視を等しくして消去し得る。
- (iii) 標尺の目盛の不完全(償差)
- (iv) 標尺繼合せ部分の不完全(累差)
- (2) 合焦の不完全即ち視差
- (3) 視準の瞬間に氣泡が中央に無い場合(累差)
- (4) 標尺の傾斜(償差)
- (5) 器械から移點迄の距離が違ふ場合
- (6) 移點が不適當なる場合(累差)
- (7) 自然現象に依る誤差
- (a) 太陽及び風の影響に依る器械の移動及び變化
- (i) 太陽の影響(累差)之は傘を差掛るか又は曇天の時にやれば宜い。
- (ii) 風及び陽炎の影響
- (b) 気温の變化に依る標尺の長さの伸縮(累差)
- (c) 地球の曲率及び空氣の屈折に依る誤差、之も前視と後視の距離を等しくすれば除き得る。
- (8) 個人誤差即ち人に依つて標尺を高く又は低く讀み、又は器械の氣泡を判讀する際等の誤差(累差) 之は人を換へてやり又道を變へて反對側から測量して誤差を驗する。
- #### B 錯誤の原因
- (1) 移點で前視と後視の位置が違つた場合

(2) 水準儀及び標尺の取扱ひに關しての錯誤

- (a) 水準儀の緊螺旋を忘れてたり、三脚及び望遠鏡に突當つたり、氣泡が外れて居るのを見落した等の場合
- (b) 標尺の底部に泥が附いて居たりする場合
- (c) 標尺を適當に伸さずに用ふる場合

(3) 標尺の読み誤り

(4) 記帳及び計算の誤り

- (a) B.S. と F.S. を取違へて書いた場合
- (b) 計算の時 F.S. を加へて B.S. を減じた場合

166 地球の曲率及び光線の屈折に依る誤差

普通的水準測量の場合は考へなくとも宜いが、視準距離が大となるに従つて標尺の讀みに誤差を生ずる。

第 432 圖に於て

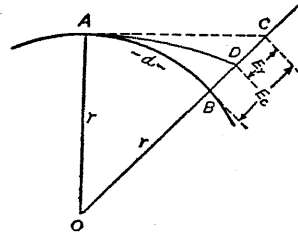
r = 地球の平均半径 (= 6370 km)

d = 視準距離 (= $\widehat{AB} = \widehat{AC}$)

AB = 水平線即ち眞の視準線

AC = 地平線

AD = 地球の曲率及び光線の屈折に依る實際の視準線



第 432 圖

とすると $\triangle ACO$ から

$$d^2 = (r + E_c)^2 - r^2 = 2rE_c + E_c^2 \approx 2rE_c$$

$$\therefore \text{地球の曲率に依る誤差 } E_c = \frac{d^2}{2r} \dots\dots\dots(145)$$

次に $\frac{\angle CAD}{\angle AOB} = \frac{K}{2}$ とすれば $\angle CAD = \frac{K}{2} \angle AOB = \frac{K}{2} \frac{d}{r}$

$$E_r = d \tan \angle CAD = d \frac{K}{2} \frac{d}{r} = K \frac{d^2}{2r}$$

$$\therefore \text{光線の屈折に依る誤差 } E_r = K \frac{d^2}{2r} \dots\dots\dots(146)$$

兩方の誤差を一緒にして

$$E = E_c - E_r = \frac{1-K}{2r} d^2 \dots\dots\dots(147)$$

但し $K=0.15$

數字を當嵌むれば

$$E = 6.67d^2 \quad \text{但し } E = \text{cm}, d = \text{km} \dots\dots\dots(148)$$

第 18 表 $E = 6.67d^2$ の値

$d(\text{m})$	$E(\text{cm})$	$d(\text{m})$	$E(\text{cm})$	$d(\text{m})$	$E(\text{cm})$
100	0.07	550	2.02	1000	6.67
150	0.15	600	2.40	2000	26.63
200	0.27	650	2.82	3000	60.04
250	0.42	700	3.27	4000	106.74
300	0.60	750	3.75	5000	166.78
350	0.82	800	4.27	6000	240.16
400	1.07	850	4.82	7000	326.88
450	1.35	900	5.40	8000	426.95
500	1.67	950	6.02	9000	540.36

〔例題〕 坂路に於ける水準測量の場合の公式を求む。

標尺の高さは器械の高さの 3 倍と見做されるから第 433 圖の様な場合に其の視準距離は 1:2 になる。其の時の地球曲率及び光線屈折に依る誤差は

$$E = E_1 - E_2 = \frac{1-K}{2r} 3d^2$$

然るに $3l$ の視準距離に於ける誤差を δ とす

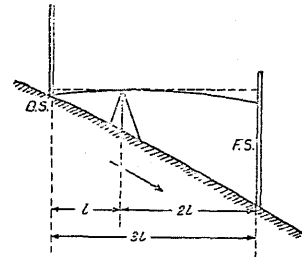
$$\delta = \frac{1-K}{2r} 9l^2$$

$$\therefore E = \frac{1}{3} \delta$$

故に此の場合に於ける一般公式は

$$H_B = H_A + \sum B - (\sum F - \frac{1}{5} \sum \delta) \dots (149)$$

となる。



第 433 圖 坂路に於ける水準測量

167 水準測量に於ける精度及許容誤差

水準測量の誤差を表はす普通の方法は、轉鏡儀の場合と同じく閉多角形をなす如く測量を進め、所謂閉合誤差 (Closure Error of Leveling) として表はすのである。一般水準測量の誤差は大體償差と考へる事が出来るから觀測回數の平方根に比例する事となる。

今 E = 水準測量の誤差

c = 一回の觀測に於て生ずる誤差

N = 觀測回數即ち器械の据付回數

とすれば

$$E = c \sqrt{N} \dots \dots \dots (150)$$

又視準距離が一定なる時は之を變形して次の如くする。

S = 視準距離

L = 水準測量線の總延長

とすれば

$$N = \frac{L}{2S}$$

$$\therefore E = c \sqrt{\frac{L}{2S}} = K \sqrt{L} \dots \dots \dots (151)$$

實際上には全長の平方根に比例するものとする。普通 K は 1 km の高低測量に於ける誤差とする。

次に標準となる許容誤差を示せば

(1) 内務省河川測量規定 (第 23 條) に依れば縦斷測量は少くとも一回以上施行し 5 km 間の誤差は感潮部 12 mm, 緩流部 15 mm, 急流部 20 mm を越えない事。

(2) 朝鮮總督府河川測量心得 (第 84 條) にては縦斷測量の實測回數は二回以上とし之が平均を取る。其の誤差の範圍は長 4 km に就き有潮部 10 mm, 無潮部 15 mm, 急流部 20 mm である。

(3) 鐵道省各建設事務所の許容誤差は大體 1 km に就き 10 mm 位の様である (昭和 3 年 6 月測量會議)。

(4) 參謀本部陸地測量部では直接水準測量の觀測に於て許すべき誤差の制限は次の如くである。

(a) 一鎖部 (約 2 km) に於ける二回觀測の差は一等水準に在りては 3 mm, 二等に在りては 15 mm

(b) 規標水準測量に於ける高低兩標尺より得る結果の差は距離 2 km に對し 30 mm

(c) 一の既知點から他の既知點に達したる時に起る閉塞誤差は mm を單位として一等水準に在りては $1.5\sqrt{S}$, 二等に在りては $10\sqrt{S}$, 但し S は km を單位とする線路の全長

(5) 外國に於ける例を擧げると

(a) 北米合衆國沿岸及測地測量 (U.S. Coast and Geodetic Survey) 及び北米合衆國地質測量 (U.S. Geological Survey) 1 km に就き

4 mm

(b) 國際測地學會 (International Geodetic Association) には次の標準を採つて居る。

推差	$1 \text{ mm} \sqrt{L(\text{km})}$	優
	$2 \text{ mm} \sqrt{L(\text{km})}$	良
	$3 \text{ mm} \sqrt{L(\text{km})}$	可
	$5 \text{ mm} \sqrt{L(\text{km})}$	制限誤差

(c) 合衆國湖水測量 (U.S. Lake Survey) 及び Mississippi 河委員會 $3 \text{ mm} \sqrt{L(\text{km})}$

尙許容誤差は測量の種類に依り適宜で宜いと云ふ議論もあるが、工事と關係無い人が測量をする場合が多いから、此の規定は是非必要であるのみならず、器械の進歩の爲め此の許容誤差は次第に縮められて居る傾向に在る。

第 19 表 $E=K\sqrt{L}$ の値

K	0.05	0.01	0.008	0.006	0.004	0.002
L						
km	m	m	m	m	m	m
0.5	0.035	0.007	0.006	0.004	0.003	0.001
1	0.050	0.010	0.008	0.006	0.004	0.002
2	0.070	0.014	0.011	0.008	0.006	0.003
3	0.086	0.017	0.014	0.010	0.007	0.003
4	0.100	0.020	0.016	0.012	0.008	0.004
5	0.112	0.022	0.018	0.013	0.009	0.004
6	0.122	0.024	0.020	0.015	0.010	0.005
7	0.132	0.026	0.021	0.016	0.011	0.005
8	0.141	0.028	0.023	0.017	0.011	0.006
9	0.150	0.030	0.024	0.018	0.012	0.006
10	0.158	0.032	0.025	0.019	0.013	0.006
15	0.194	0.039	0.031	0.023	0.016	0.008
20	0.224	0.045	0.036	0.027	0.018	0.009

水準測量許容誤差

$$D = \text{Km.}$$

U. S. Lake survey	$10\sqrt{D}$	$3.0\sqrt{D}$
U. S. Mississippi River Survey	$5.0\sqrt{D}$	$3.0\sqrt{D}$

內務省 { 河川測量
砂防工事

$$\frac{3.3\sqrt{D}}{\quad}$$

$$\frac{4.5\sqrt{D}}{\quad}$$

陸地測量部 一等水準測量

$$\frac{1.5\sqrt{D}}{\quad}$$

內務省東京土木出張所水準測量

$$\frac{1.5 \sim 2\sqrt{D}}{\quad}$$