

第六章 高低測量 (Leveling)

第一節 概 説

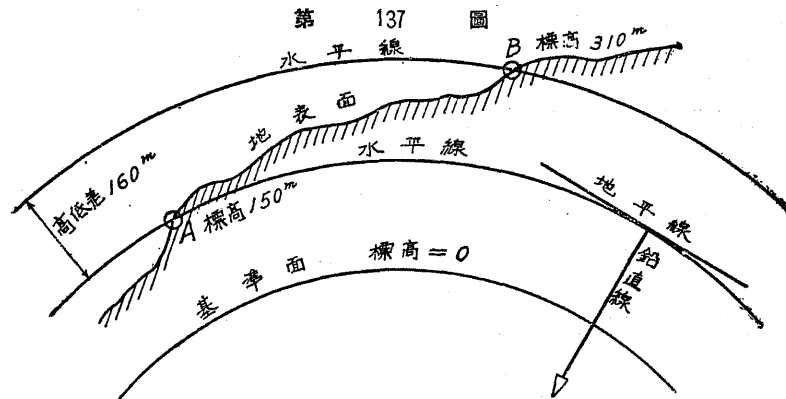
37 定 義

(1) 高低測量 (Leveling)。

高低測量とは 2 點又は數多の點の高低差を求むる測量である。

或ひは同高なる構造物を建設するか、又は一定の勾配を有する諸點を地上に建設する時に行ふ測量である。

(2) 地點の標高 (Height of a point)。



或る地點の標高とは或る任意の水平面 (Level surface) を基準として、其の點を通る鉛直線 (Vertical line) 上で其の點に到る距離を云ふのである。鉛直線とは其の點に於ける重力の方向である。(第 137 圖)

(3) 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 90° なる表面のことである。即ち地球の表面が水に蓋ふはれた時に形作る表面である。之れを眞の水平面 (True level surface) と云ふ。

水平線 (Level line) とは、水平面に平行な曲線である。

第 137 圖に於て A 標高 150 m, B 標高 310 m とせば、其の高低差は 160 m である。

(4) 地平面 (見掛けの水平面) (Apparent level surface or Horizontal surface) 或る點に於ける地平面とは其の點に於て水平面に切する平面である。

(5) 基準面 (Datum or datum plane) 及び基準線 (Datum line)。

基準面とは高低測量に於て高さの基準になる水平面のことである。それで其の水平面上の各點は標高 0 と假定をする便宜上の水平面である。

通常基準面には平均海面 (Mean sea level) を取るのである。我國陸地測量部に於ては東京靈岸島の平均海面を基準面として居るのである。

(6) 水準基標 (Bench mark, 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ある。

長期間保存の必要ある點は石標を立て混凝土で固める。大きさは 12 cm 乃至 15 cm 角、頭部に丸見を付け上部約 20 cm 乃至 30 cm 程を仕上げ、側面に省名府縣名或ひは事業者名番號等を記入するのである。永久的の建造物の基石等を水準基標に代用することもある。一時的の基標は杭でもよろしい、10 cm 乃至 12 cm 角長 70 cm 位頂面へ銅釘を打ち込む。水準基標は成る可く多い方が好都合であるが、河川測量道路等の場合には 2 杆乃至 5 杆に一基位設けるがよろしい、隧道測量の時は 1 杆乃至 2 杆に一基設けた方がよろしい。

38 水準測量の分類

(1) 水準測量の方法による分類法

(a) 概略測量法 (Approximate leveling)。

實測に先立つ踏査の際に大急ぎで概略の高低を求むる時に行はる。

(b) 直接水準測量 (Direct leveling)

之れは Y レベル又はダンピーレベルの類で直接に高低を求める水準測量であ

る。

(c) 間接水準測量 (Indirect leveling)

これはトランシット又はセオドライトの類を用ひ、直角を測り別に水平距離を測り計算で間接に高低を求める方法である。

(d) 氣壓水準測量 (Barometric leveling)

これは氣壓計を以て高低を測るものである。

(e) 精密水準測量 (Precise leveling)

感度の高い極めて精密な器械を使用して行ふ水準測量である。

(2) 水準測量の目的による分類法。

(a) 高差水準測量 (Differential leveling)

(b) 縦斷水準測量 (Profile leveling)

(c) 横斷水準測量 (Cross leveling)

第二節 直接水準測量 (Direct leveling)

39 概 説

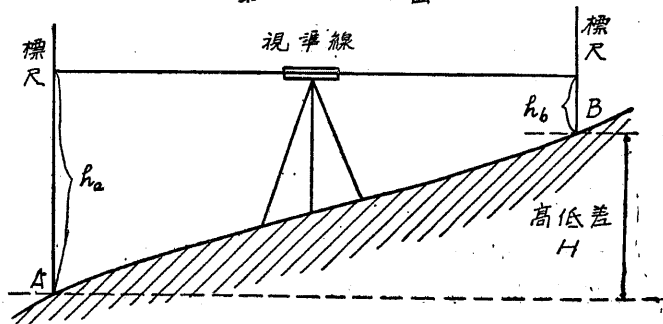
直接水準測量と云ふのは第138圖の A B 2 點の高低差を求めんとする際に直

接 A B に標尺を立て適當な器械を据付け視準線の示す読みを取るのである。

其読みが各 h_a, h_b ならば

$H = h_a - h_b$ となる。

第 133 圖



器械と標尺間の距離が遠くなると、地球の曲度 (Curvature of earth) と、光線の屈折 (Refraction of light) に對する修正が必要である。

Δ_c = 地球の曲度に對する修正

$\Delta_c = + \frac{a^2}{2r}$ (1)

Δ_y = 光線の屈折に對する修正

$\Delta_y = - \frac{ka^2}{2r}$ (2)

(1) と (2) を組合はす時は

$\Delta = + \frac{1-k}{2r} a^2$ (3)

a = 器械から標尺迄の距離 (km)

r = 地球の半徑 { 赤道半徑 = 6,378.3880 km
極半徑 = 6,356.9119

k = 係數 (0.15)

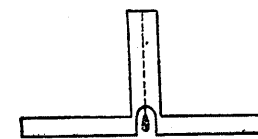
40 水準測量器械

(1) 簡單なる水準測量器械。

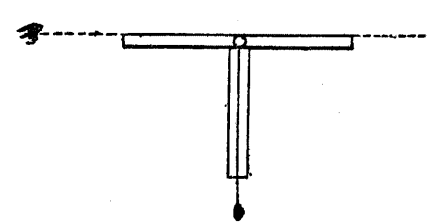
(a) 錘準器 (Plumb-level)

第139圖から第142圖にありこれは重力の方向に90°になつてゐる地平線を求めるのである。主として建築に於て用ひられる。

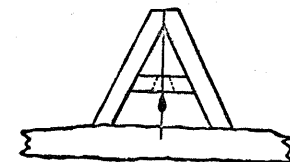
第 139 圖



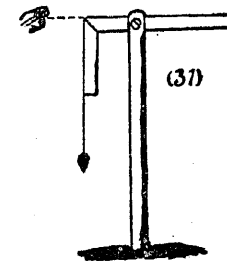
第 141 圖



第 140 圖



第 142 圖

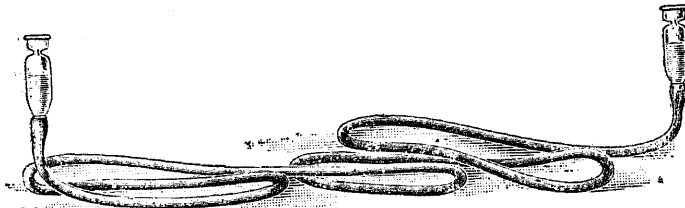


(b) 水準器 (Water-level)

これは第143圖に在る様なものである。

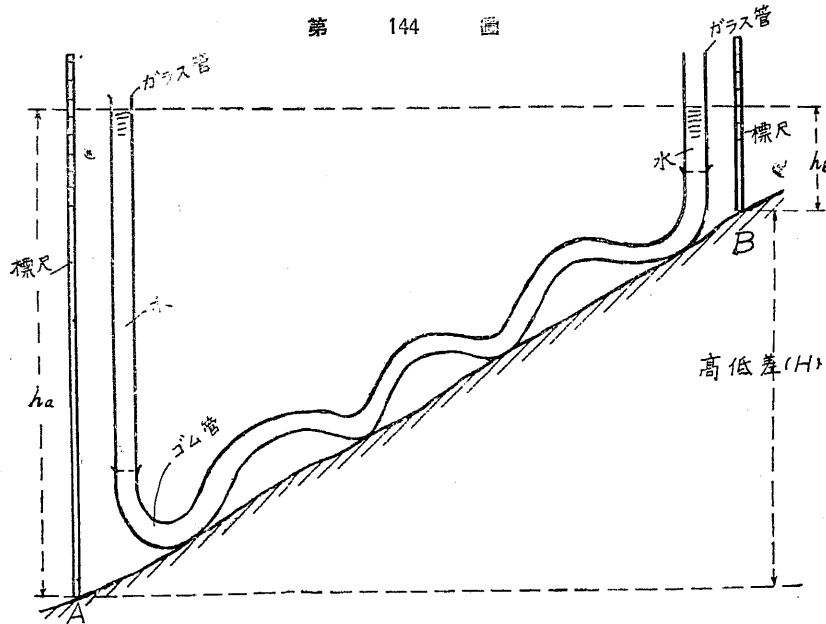
第144圖の様な方法で2點A Bの高低を求める。

第143圖 護謨水平器 Baowne's Water Levels.



本器はアロウン氏の發明に係るものにして二本の瓶狀硝子管と一本の護謨管とより成り中間に障礙物ある所要の二箇所間の高低或は水平を測定するに使用する器にして中間の障礙物の底下若くは側面を廻りて護謨管を引き一方の硝子管より水を注入するときは護謨管を通りて他方の硝子管内に進入し依て兩硝子管内の水面は水平の箇所を標示すべし而して硝子管の最上端より下方に向つて一分目を割みあるを以て極めて簡便に且又迅速に高低及び水平を測定し得べし。本器は測量土木、建築等に線路の敷設或は機械師の器具機械等の設置には最も必要なるものなり。

第144圖



$$H = h_a - h_b$$

例へば $H_a = 1.25 m$ $h_b = 0.15 m$ ならば

$$H = 1.25 m - 0.15 m = 1.10 m \text{ となる。}$$

(c) 掌準器 (Hand-level)

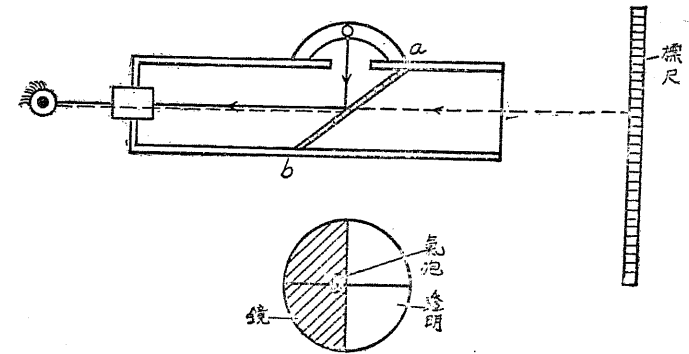
これは第145圖第146圖第147圖に示す如き簡單な器械である。

a bの部分は下圖に示す様に半

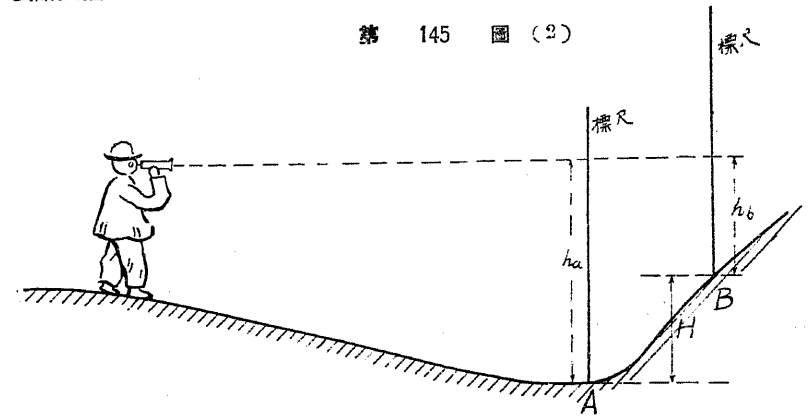
分鏡があり氣泡の位置を知ることが出来る。

横斷測量、土量の測定、地形測量等に使用せらる。

第145圖(1)



第145圖(2)



$$(H = h_a - h_b)$$

(2) 精密なる水準測量器械

第 145 圖

(a) 気泡水準儀

棒形ハンドレベル Locke Hand Levels

精密水準器械の本體とも云ふべ

きものは気泡管である。之れは圓弧のガラス管で中にアルコール、

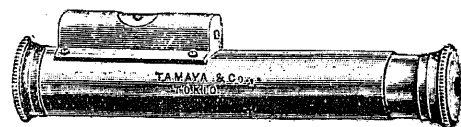
又はエーテルの液が満

たされ、僅かに気泡

(Air bubble) が残され

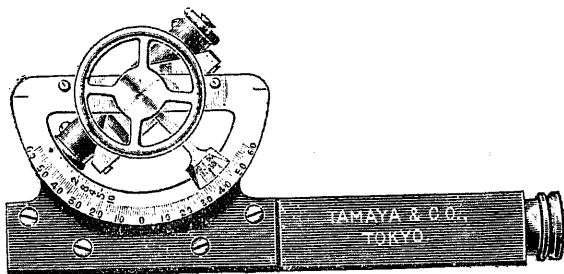
てゐる。気泡は常に最

高部を占むるのである。



第 146 圖

高度付ハンドレベル Abney Level and Clinometers



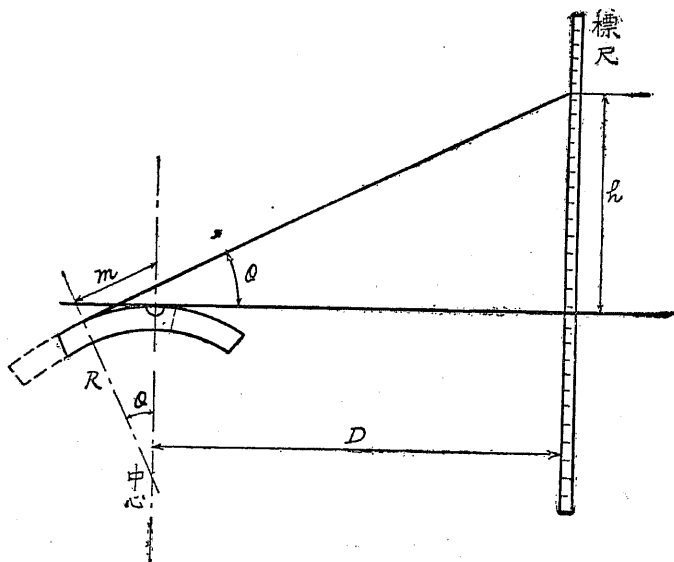
第 148 圖

(b) 気泡管の感度

ガラス管

の曲度は各部一様なることを要する。

感度は半徑の大きさに正比例する。之れを檢査するには第 148 圖の様に器械から約 20m



乃至 50 m 位のところに標尺を立て始め気泡を中央に導き標尺の読みを取り、次に僅か傾けて再び読み前後読みの差を h とす。D = 距離、R = 半徑、m = 気泡の移動した量。

然らば $\frac{m}{R} = \frac{h}{D}$

$\therefore R = \frac{mD}{h}$ (i)

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

$\therefore \theta = \frac{360^\circ \times m}{2\pi R}$

$\theta \text{ 秒} = \frac{360 \times 60 \times 60}{2\pi} \frac{m}{R} = 206,265 \frac{m}{R}$ (ii)

(i) と (ii) から

$\theta \text{ 秒} = 206,265 \times \frac{h}{D} = \frac{h}{0.00000485D}$ (iii)

さて n = 気泡の動いた目盛の數

V = 気泡の移動 1 目に對する傾斜角

$V \text{ 秒} = \frac{\theta}{n} = \frac{h}{0.00000485nD}$ (iv)

1 目の大きさは大概 2 耗か或ひは $\frac{1}{10}$ 吋である。

theta は気泡移動 10 耗に對し 80 秒乃至 50 秒位である。半徑は 30 米乃至 60 米である。

精密なものは V が 3 秒乃至 5 秒位のものもある。

トランシット望遠鏡附屬のレベルは 1 目に對し 20 秒位である。

圓盤附屬のレベルは V 30 秒乃至 40 秒である。

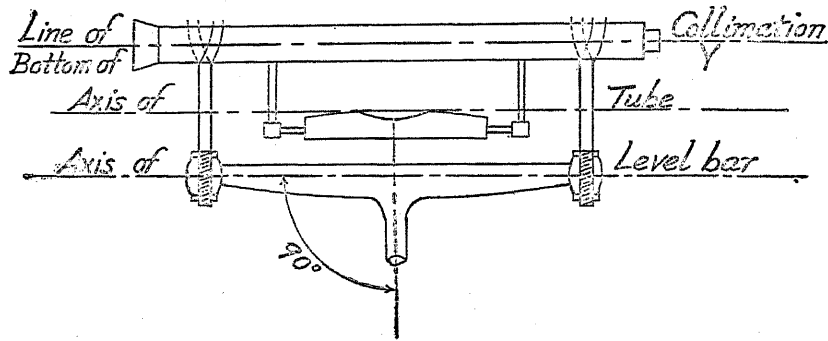
(c) Y レベル (Wye level)

Y レベルは望遠鏡が取外しが出来る。従つて調整が簡單である。

望遠鏡を支へる所が Y 形のために Y レベルと云ふのである。調整方法はダンビーレベルに比し簡單であるが、其代り狂ひ易い缺點がある。第 149 圖に示す如く構造の主體は、

1. 視準線 (Line of collimation)
2. 管軸 (Axis of tube)
3. 桿軸 (Axis of level bar) である。

第 149 圖

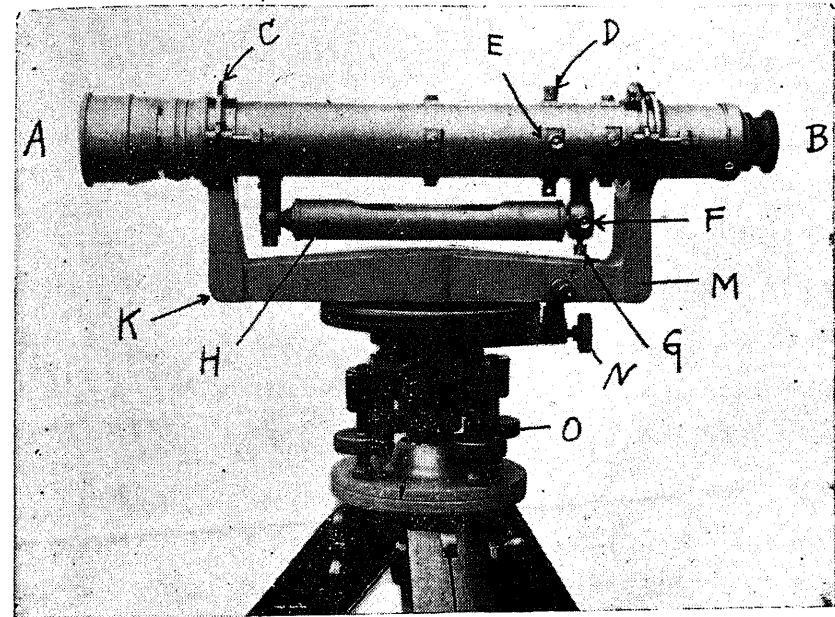


第 150 圖 第 151 圖は、國産レベルである。其の時と稱するは望遠鏡の長さを標準にして居るのである。

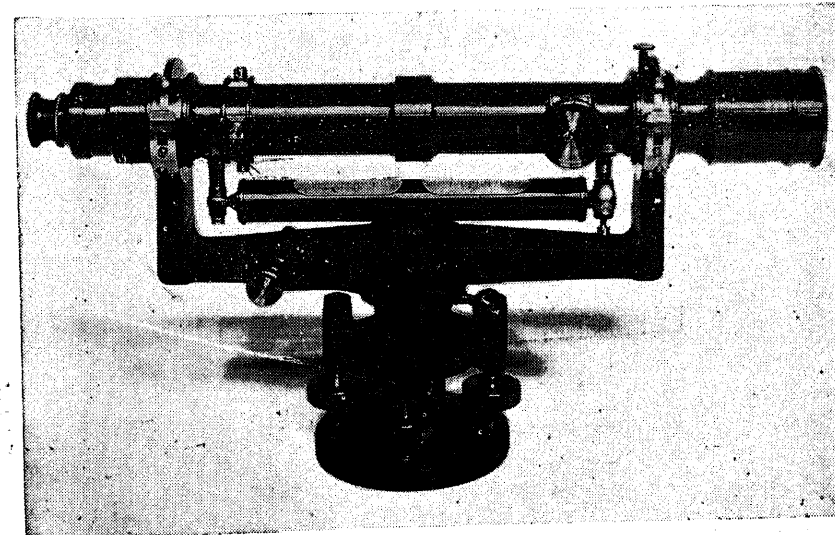
第 150 圖の各部名稱を示せば

- A = Objective
- B = Eye piece
- C = Clips
- DE = Cross hair adjusting screw
- F = Lateral adjusting screw
- G = Level tube adjusting screw
- H = Level tube
- K = Level bar adjusting screw
- M = Level bar
- N = Tangent screw
- O = Leveling screw

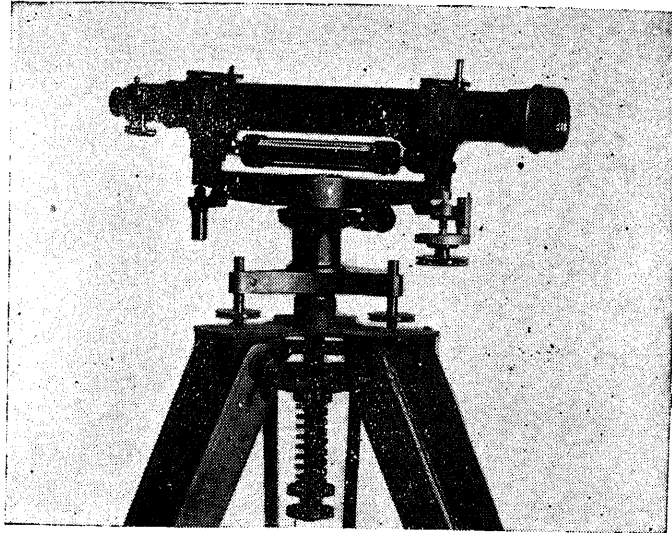
第 150 圖 米式 Y レベル 12 吋



第 151 圖 米式 Y レベル 15 吋



此整準螺旋は米式は4筒、歐式は3筒である。(d) ダンピーレベル (Dumpy level)(短肥レベル) ダンピーレベルは望遠鏡が取外

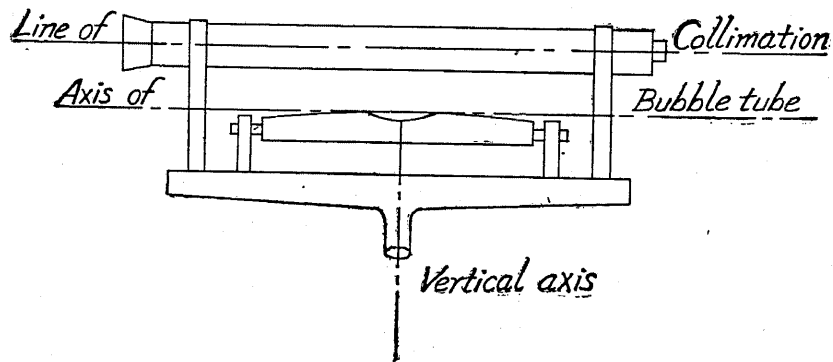


第 152 圖

しが出来ぬ、即ち固定してあるものである。従つて調整は多少時間がかかる杭整法 (Peg method) でやらねばならぬ。然し一度調整出来れば餘り狂はない特徴がある。

第 153 圖に示すはダンピーレベルの断面圖である。

第 153 圖



(e) ツアイスレベル (Zeiss level)

第 154 圖第 155 圖にあり。

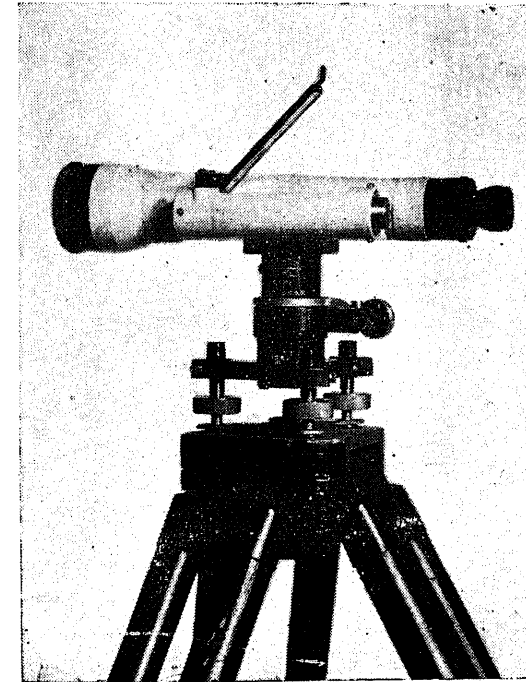
第 155 圖の使用法を示せば次の様である。

楔状鏡線照準を有する

第 154 圖

ツアイス水準儀使用法

精密水準測量に際し高級精密度を得んが爲に、水準儀に一つの装置を附加へた、夫は視準線を光學的に平行移動せしめ隣接分割線或は隣接視野中心線を標尺分割間の目測に代へた、之は楔状鏡線照準装置と名づけられ、第 155 圖 M にて示されたる圓筒内に在りて水平軸周圍を廻轉する所



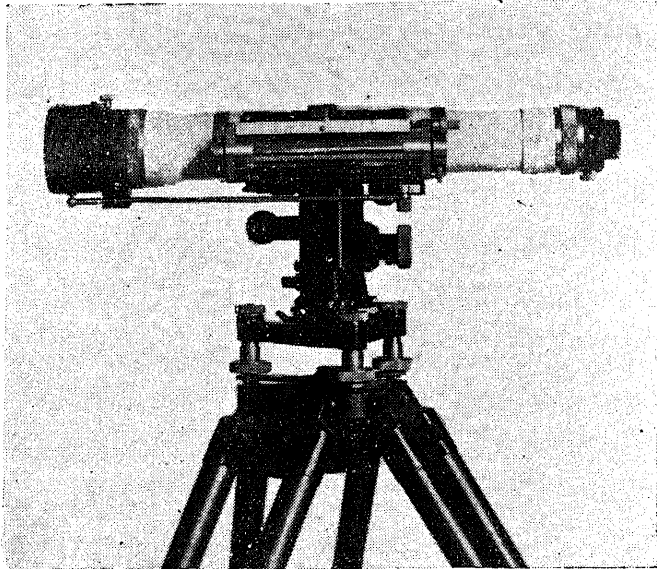
の精密に研磨されたる平行平面鏡及び此平面板を旋回せしめ、而して視準線の平行移動を読み取り得る装置である。

此装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を符合せしむ。保護螺旋 S を締めて器械を測站から測站へ運搬のとき脱け落つることを防ぐ。そこで收納函の蓋の内に藏められたる連接棒を取出し球の附きたる一端 K を平面鏡枠の裏面に在る取手に嵌める。而して角度用横杆内の螺旋 O を締める。然る後螺旋頭 T を旋回するとき之に伴ふて平行平面

第 155 圖

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。此高さに於ける平行移動は螺旋頭 *T* に屬する鼓胴上にて直接に二十分一耗を單位として讀取らる（鼓胴上の目測は百分の一耗）



鼓胴数字の刻み方は一數字から他數字に至る間隔が高程移動 0.5 mm に相當してをる。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 5.70 mm となる如く即ち鼓胴分割上 5.40 mm となる如く進めてある。此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 に合せておくならば、平行平面鏡は視準線に直角となる此場合には視準線は移動をしてをらぬ。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な符號を有す夫であるから、直に標尺と鼓胴の讀定の和を取れば宜しいのである。（第 157 圖參照）

本装置に於ける視準線の光學的平行移動の實例。

$$\begin{array}{r}
 \text{標尺上の讀定} = 567.000 \\
 + \text{鼓胴上の讀定} = 0.574 \\
 \hline
 \text{總讀定} = 567.574
 \end{array}$$

標尺分割單位は 5 mm なるが故に讀定の結果は 尙ほ之を二分せるものである。

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

器械の改正は次の方法に従ふ。

器械を取り使用法説明第二節に示したる四回讀定をなしたる後、既に説きたる使用法に依り楔狀鏡線照準装置を附加する、而して鼓胴 *T* を 5.40 の上に合せおく。又俯仰螺旋 *A* を以て十字較合線を讀定中數（四回位置の中數 = 2.253 m）の上に合せるこの時水準器が正定してをらぬならば、壓定螺旋 *R* を緩め小螺旋 *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* より視て精密に互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、而して同時に水準器氣泡が正定してをるならば、その讀定には平行平面鏡の楔形小讀差より起る讀定讀差并に圓筒 *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をる。此改正を終りたる後水準測量は唯位置

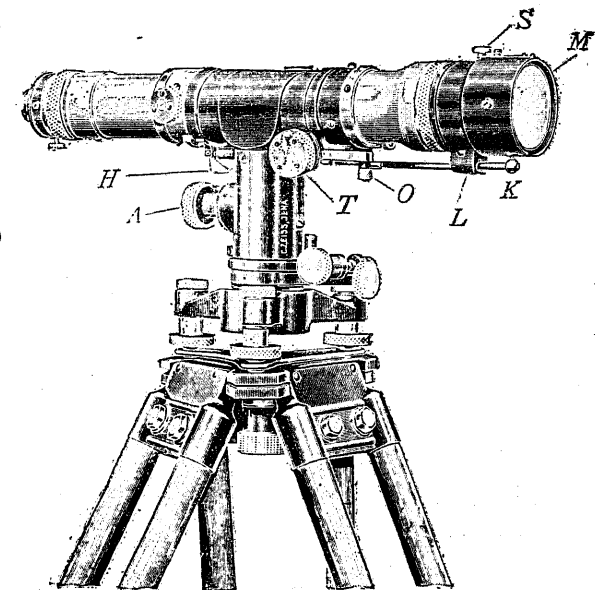
第 156 圖

I に於て施行せんとするのである。

(f) オットーブ
エンネルレベル
(Otto Fennel level)

第 152 圖。

(g) ウィルドレ
ベル (Wild level)
(第 158 圖)。

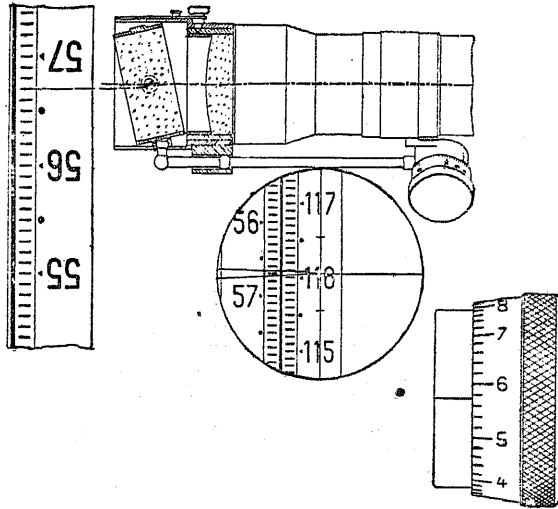


41 標尺 (Leveling Rod)

標尺に二種ある。即

第 157 圖

も視標附標尺 (Target rod) と自讀標尺 (Self reading rod) である。前者には遊標があつて標尺持ちが読みを取るのである。後者は観測者が読むのである。通常用ひらるは後者である。第 159 圖第 160 圖は 1 目 5 耗のものである。河川測量鐵道道路其他土木建築一般の現場に於て 5 耗迄目盛の



ある標尺で以下 1 耗迄目分量で読んで實地上更に何等の差支へを生じない。

第 163 圖はインヴァールである。極めて精密を要する時に使用する。

42 水準器械の検査

(1) 氣泡管の検査。

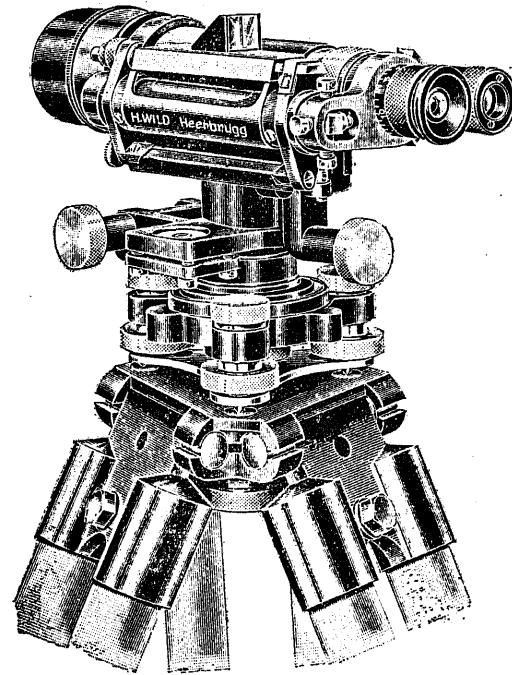
氣泡管に於ては氣泡の兩端が、氣泡管の均一なる傾斜に對して、常に均一の運動をなすを要す、又た外界の熱、氣泡管取付装置に於ける歪其他自然的に作用する外力等の影響により氣泡に變動を生ずることなきを理想とするのである。

氣泡管内面圓弧の正確なるや否やを検するには、標尺を覗ひ、其時の氣泡の位置を読み置き、順次に標尺上に鉛筆の類を均一間隔に動かし、之れに對して一々氣泡の運動を見取るべし。氣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、均一なる温度の變化に應じて氣泡が中心より左右均一に運動するや否やを検するのである。

第 158 圖

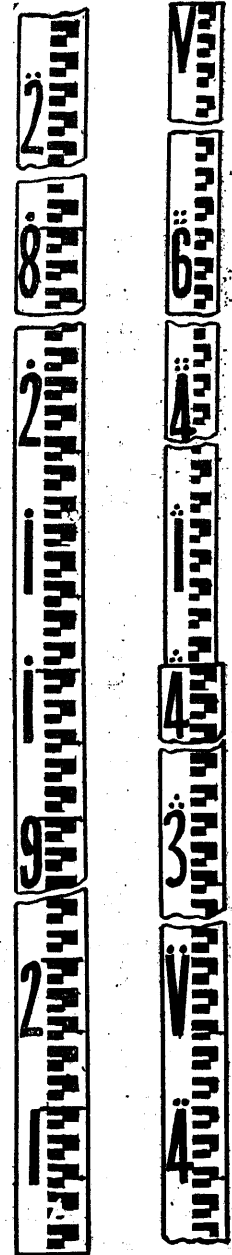
ウキルド水準儀水平分度環付



(2) 望遠鏡増大力和氣泡管感度との釣合検査。

倍力と氣泡感度とは互に一定の比例即ち釣合を有するを要す、即ち氣泡の認識し得べき微動は望遠鏡に依りて標尺上又線 (十字線) 交點の或る確かなる運動を認め得るを要す。同様に逆に、十字線交點の微動は氣泡に、之れに應ぜる微動を起すを要するのである。故に以て以上の條件に適合する以外の倍力の次に過ぎ又は氣泡管感度の鋭敏に過ぐるは、器械の精確の度には何等の恩澤が無い。是等は無用なりと云ふよりも、寧ろ不都合である、何んとなれば、倍力の必要以外に大

第 159 圖



なるは物体の明瞭を欠き、感度の過敏なるは、却て水準に餘分の時間を費し、調整に餘分の手数を要するからである。

(3) 對物鏡を滑動出入する場合に、其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。

以下 Y 水準儀、「ダンビー」水準儀各の場合に就て此の検査法を述ぶ。

(a) Y 水準儀に於ける本検査

是れは視準線が訂正せられたる後トランシットの對物鏡の檢



正の部に述べたと同様の方法にて検査せらる。即ち先づ對物鏡を出しながら杭上に又線(ヘーヤ)交點を記し、更に望遠鏡を鏡軸の周圍に 180° だけ廻軸し、同様に又線交點を定むべし。

其の兩々相重なるときは、對物鏡滑動内筒は垂直面中に滑動するを示すものなり。次に望遠鏡を最後の位置より 90° だけ廻して、前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々一致するときは、本検査に於て完全なることを示すものである。

(b) 「ダンビー」水準儀に於ける本検査

第 160 圖

此の場合は器械の構造は前と大に異なる、即ち視準線が訂正せられたる後の前述「トランシット」對物鏡の檢整の部に記せるが如き杭の配列を作り、水準して順次に杭上に視點を定めて、讀高を記し置き、次に器械を杭の配列線他端に移し、据付け再び反對の點より視點を定め、其の讀高をとるべし。若し兩差の讀高の差にして變化なくば(即ち前後の場合の視點が兩々相重なるときは)滑動内筒の出入は直線的にして且つ光心は鏡軸線と一致して居るのである。

(4) Y 水準儀の望遠鏡リング(鏡環)及 Y 架は各正しく同大なりや否やの検査。

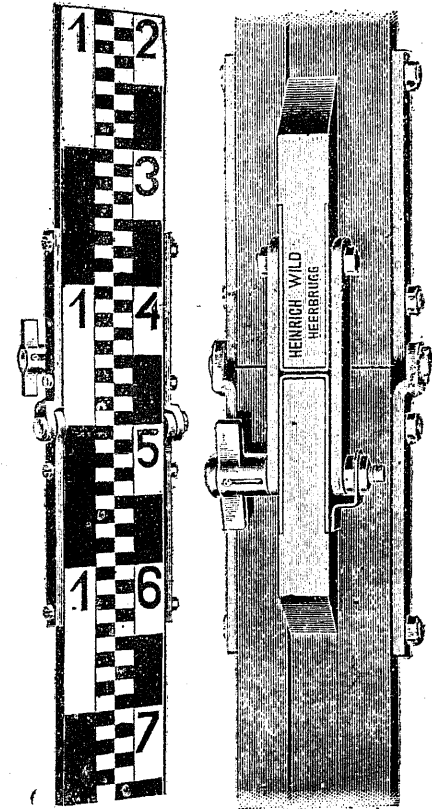
鏡環、Y 架は各對同形同大ならざるべからず、又た兩 Y 架は鏡筒に直角なるべきを要す。

鏡環の検査は精確なる測微器(Micrometer)にて直接其の直徑を測るか、又は調整水準器(跨乘水準器 Striding level)によりて、之れを比較檢するのである。Y 架の検査は厚紙を是れに當て、其の各断面を正確に寫し取り之れを比較するのである。

43 Y レベルの調整

調整の要旨

第 161 圖



ニツ折標尺

今水準儀の氣泡管を L 、望遠鏡の視準線を Z 、豎軸を V とすれば

- (1) $L \perp V$
- (2) $Z \parallel L$

なることを要す、水準儀調整は要するに此の二條件を完全に具有せしめん爲の調整である。

換言すれば(1)は氣泡の接線が豎軸に直角なるべきことにして斯くするときは、器械を据付けたる後、一度豎軸を鉛直にすれば、何れの方に視軸を向くるも、其の都度水準を正すの煩を避くることを得べし。

(2)は視軸と氣泡接線とは平行なるべきことにして、斯くするときは、氣泡が中央に位す

れば、視軸は水平をなす。視軸の水平は實に水準測量の骨子をなす。

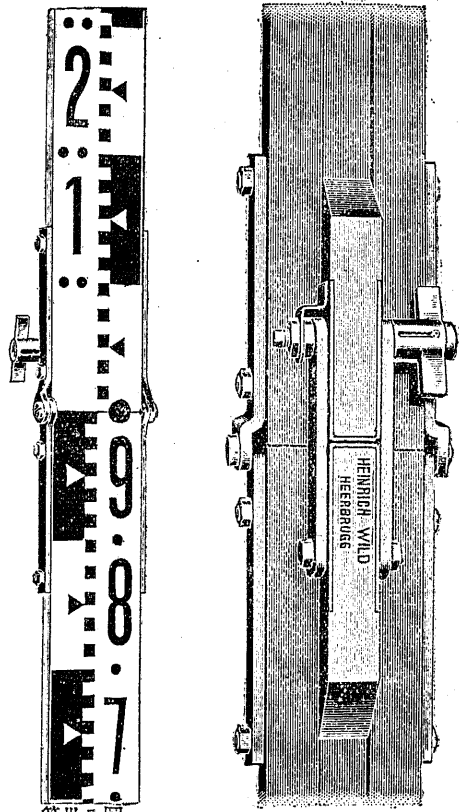
V 水準儀の調整法を列記すれば次の如し。

(1) 第一調整 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)と相重なり一致せざる可からず。

先づ器械を三脚に取付け、成るべく地盤の強固なる場處を撰び之れを据付くべし(但し脚基附近を踏歩するも氣泡は其の影響を受けざるを要す)。次に約 20 乃至 60 米突份隔りたる、明瞭なる一點(例へば壁上に貼りたる白紙上の十字交點)

第 162 圖



ニツ折標尺地形測量用

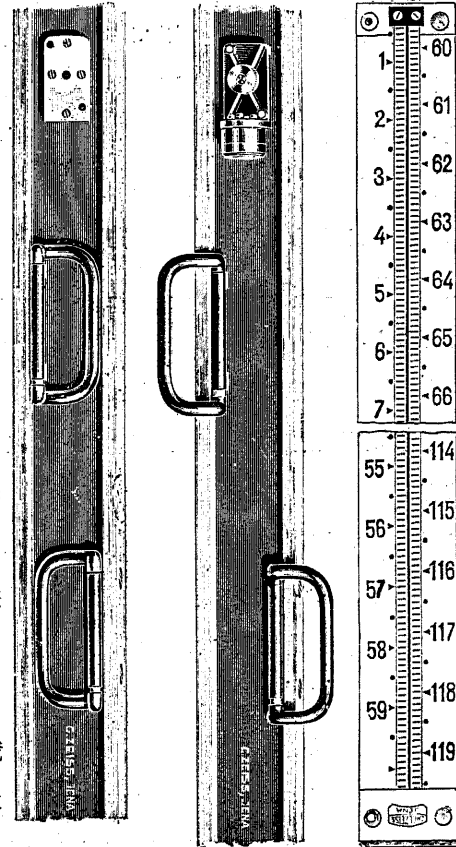
を視準し、此の際眼と又線へーヤ交點及標點とが一直線なるを要す若し眼を上下左右に動かして見る時、へーヤ交點の移動すること。(即ち視差 Parallax) ある時は、先づ對物鏡部を之れに屬する捻に

依りて適當

に調整し、然る後鏡筒を Y 架内にて 360° 廻轉し見るべし。

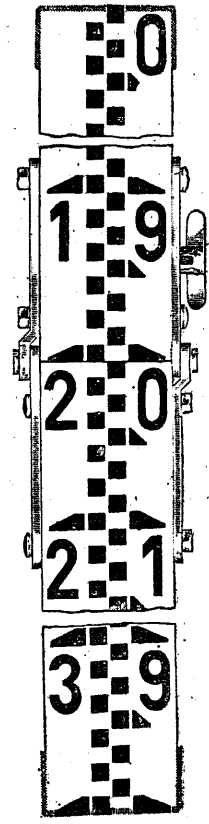
目、へーヤ交點、標點が此の時やはり一致すれば視軸は鏡軸と一致せることを證す。若し(へーヤ)交點が小圓を畫きて初めの位置に復歸すれば一般に視軸と鏡軸とは、相重ならざることを示すものである。斯かるときは初めの視點(標點)と、鏡筒を Y 架内にて 180° だけ廻轉したる場合の第二視點との間の距離を二等分せる中點(第 165 圖の A 點)に又線(へーヤ)交點を一致せしむる様に調整

第 163 圖



精密標柱イングアール

第 174 圖



普通水準標尺

すべし(此の調整は鏡筒外部に頭を露出せる4本の(ヘーヤ)枠調整捻を調整ピンにより、各一對、一方の捻を緩くし、反対側の捻を緊めて調整すべし。(第166圖)

斯如して前記の所要状態に達する迄、之れを繰返し修正すべし。尙ほ近き一點に焦點して前と同様のことを行ひ、又點(ヘーヤ交點)が尙一つの小圓を畫かば光心(視軸)は鏡環の中心線中にあらざるか又は光心の動く方向が之れに全く平行ならざるを示すものなれば、検査(3)に述べたる如く對物鏡滑動筒の出入方向を調整し得べき装置を有する故、之れにより誤差の $\frac{1}{2}$ 丈けを更正すべし。斯くして視軸は鏡軸と一致することになる。

(2) 第二調整 視軸と氣泡軸(氣泡接線)とを平行せしむること視鏡は已に正定されたる故、次は視軸をして氣泡接線に平行ならしめざるべからず。

此の調整法は次の様である。

(a) 先づ氣泡接線と望遠鏡軸とを同一平面中に在らしむること

望遠鏡を固定し、水平捻(水準用螺子)に依りて氣泡を中央に持ち來し、望遠鏡をY架とに載せたるまゝ之れを其の鏡軸の周圍に凡そ二三十度丈け双方に廻すべし。之れを其の時若し氣泡が望遠鏡の旋廻し方に依り、右にも左にも移動せば、氣泡接線と鏡軸とが同平面中に在らざるを示すを以て氣泡管の一端に附屬せる氣泡調整捻に依りて之れを調整すべし。(Lateral adjusting screw) (第167.168圖)

(b) 次に氣泡接線をY底に從つて視軸に平行ならしむること

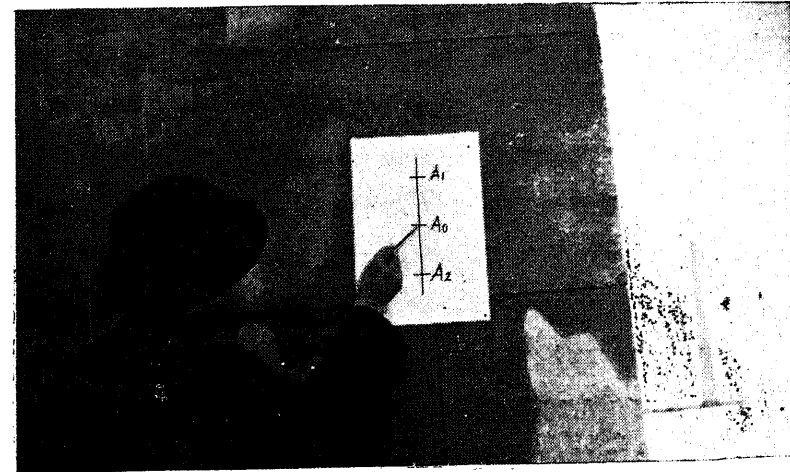
器械を前の如く据付けて水平捻によりて氣泡を管の中央に至らしめ、次にY架上部の望遠鏡緊定蓋金(遠鏡受金蓋)を開きて望遠鏡を靜かに取外し、其の兩端を左右反対に置き換へ、Y内に入るべし。此時尙氣泡は中央の位置を保ちて失はざる時は則ち氣泡軸は水平にありて同時に視軸に平行なりとす。若し然らずして氣泡が中央より偏移するときは、其の平行を保たざるの證なるに依り、水平捻(水準用螺子)により其の偏移の半分丈け氣泡を中央に近づける様に直し、他の残半は、氣泡調整捻に依りて同様に調整するのである。(第169.170圖)

但し此の調整は二三回之れを反覆するを要すべし。

(3) 第三調整 氣泡接線(從つて視軸)と、望遠鏡軸とを直交せしむること

水平捻に依り、或る一定の位置に於て水準を正し、氣泡を中央に導き、次に望遠鏡固定捻を緩めて、望遠鏡、氣泡管、Y架(遠鏡臺)を一體として望遠鏡の周圍に望遠鏡が正反対の方向をとる様180°丈け廻轉したる時氣泡が尙ほ中央にあるや否やを見るべし、若し中央にあれば此の方向に於ては正しきなり次に先の望遠鏡方向と約90°をなす方向に於て同様の検査をなし、やはり氣泡が中央にあらば、調整の至れるを示すものなり。若し氣泡が中央より偏移するときは、Y架(遠鏡臺)の一方下部に裝備せる、Y調整捻(押捻引捻)に依りて、氣泡をして其の偏移の半分丈け中央に近つかしめ残半は水平捻に依りて調整するのである。(第171.172圖)

第 165 圖



(中央 A₀ に印しをつけたところ)

44 ダンビー水準儀の調整法

本器は其の氣泡管は望遠鏡に從屬せず、又轉鏡及び左右反轉は不可能なる故從つて其の調整法も亦た次に記すが如き直接法たる所謂“杭整法”(Peg adjustment)

に依らざるべからず。

第 165 圖

第一調整：視軸を氣泡接線に平行ならしむること（杭整法：其一）

氣泡接線を視軸に平行ならしむること（杭整法：其二）

杭整法：其一

略々平坦なる場所を撰びて、約 100 米 ~ 120 米位を隔て、第 173 圖に示せる如く AB 二本の杭を打込み、其の杭頂に標尺を立て、AB 間の中點 C を確定して水準儀を此の點に据付け、其の中心をして正しく杭上の十字線に一致せしむ。次に器械の氣泡軸を正して A 點に立てたる標尺の高さを讀み、之れを a_1 とす、次に望遠鏡を廻し



(又線の調整 A。に合はして居るところ)

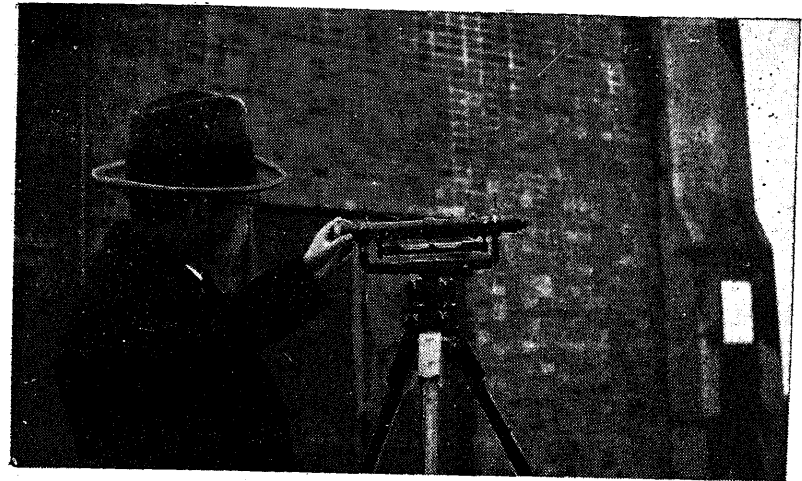
て視線を B 照尺に向け、之れを讀むべし、之れを b_1 とす、若し氣泡接線にして視軸と平行ならざる時は、 $a b$ なる讀高なるべきに反し、茲に δ なる差を來し、正に $a_1 b_1$ なる讀高となるは當然である。今 AB 兩點の差を h とせば

$$h = a - b = a_1 - b_1 \quad \text{ならざるべからず}$$

何んとなれば C は AB の中點なるを以て δ は AB 兩標尺に於て常に同一なればなり。

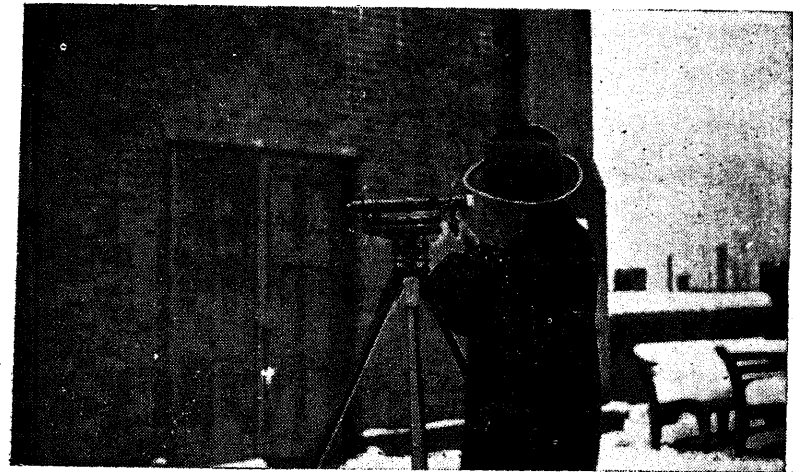
故に $a_1 = a + \delta$ $b_1 = b + \delta$ にして

第 167 圖



(氣泡管軸と視準線と同一平面に有るや否やの検査)

第 168 圖



(Lateral adjusting screw で調整して居るところ)

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

之れを換言すれば

第 169 圖



(望遠鏡を右と左へ置き換へたところ)

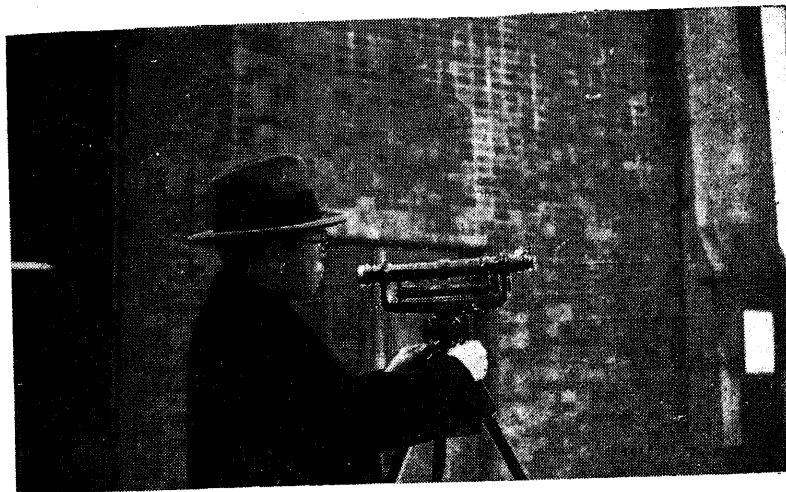
第 170 圖



(管軸調整をして居るところ)

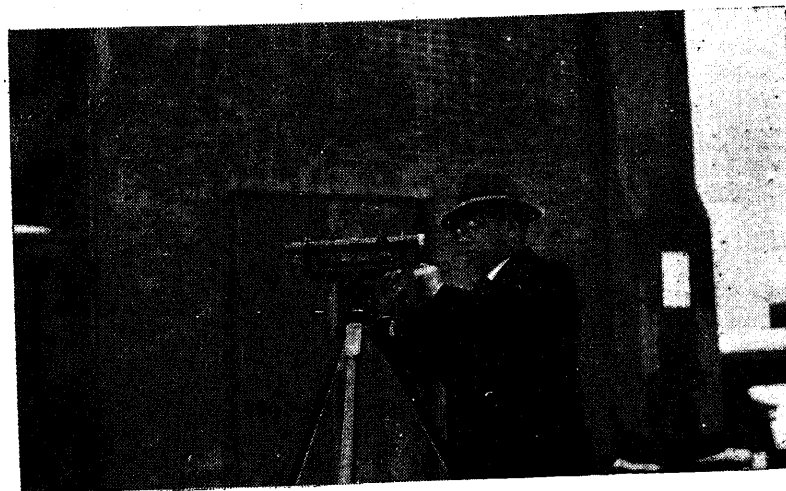
「気泡接線と視軸と平行ならざる器械を用ひて測量するも、器械にして兩點間の中央にあるに於ては、其の兩點の差高は常に同一なり。」

第 171 圖



(Y を閉ぢ気泡を中央へ導いて居るところ)

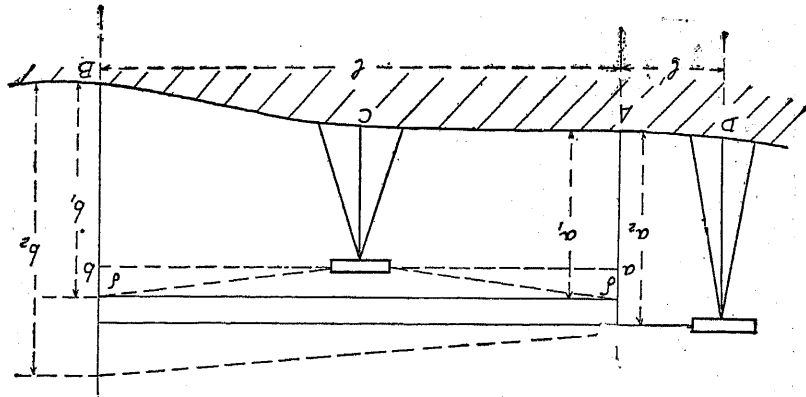
第 172 圖



(桿軸の調整をして居るところ)

次に器械を兩杭 AB を結びたる延直線上、一杭の外側に 3 米位の距離なる D 點に之れを据付け、又気泡を中央に水準して A 及 B の兩標尺を視準し、夫

第 173 圖



☆の桿高 a_2 b_2 を読み取りとす。

然るとき

(i) $b_2 - a_2 = b_1 - a_1$ ならば視軸と氣泡接線とは平行である。

(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

$\frac{l+l'}{l} \times d$ 丈最後の視準点より下 (正像望遠鏡の場合) 又は上 (倒像望遠鏡の場合) の点を視準する様へヤ枠調整捻により望遠鏡を固定せるまゝ又線 (へーヤ) 交点の位置を調整するのである。

上記は完全に調整さるゝ迄繰返し之れを行ふべし。

(iii) $(b_2 - a_2) < (b_1 - a_1)$ ならば

$(b_2 - a_2) - (b_1 - a_1) = -d$ として

$\frac{l+l'}{l} \times d$ 丈けを上 (正像望遠鏡) 又は下 (倒像望遠鏡の場合) の点を視準する様、同様に、又線 (へーヤ) を調整するのである。

是亦完全に整正さるゝ迄、繰返し之れを行ふべし。

〔註〕 此の方法は氣泡管を全然動かす能ざる構造の器械に適用するに便である。

杭整法：其二

これはトランシットの杭整法と全く同一である、即ち氣泡管調整装置のある器械に於ては此の方法を便とする。

第二調整：氣泡接線を豎軸に直角ならしむること

水平捻によ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° 丈け豎軸の周りに廻轉したる場合には、尙ほ氣泡が中央に在らば可なり、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きて同様檢定し、之れを確かむべし。斯の如くして氣泡が中央より偏移せるときは則ち氣泡接線は豎軸に直角ならざるを以て、其の偏移の半分を水遠鏡架と望遠鏡とを連結せる支脚の一にて、氣泡を中央に近づける様調整し、他の半分を平捻に依りて同様に調整すべし。

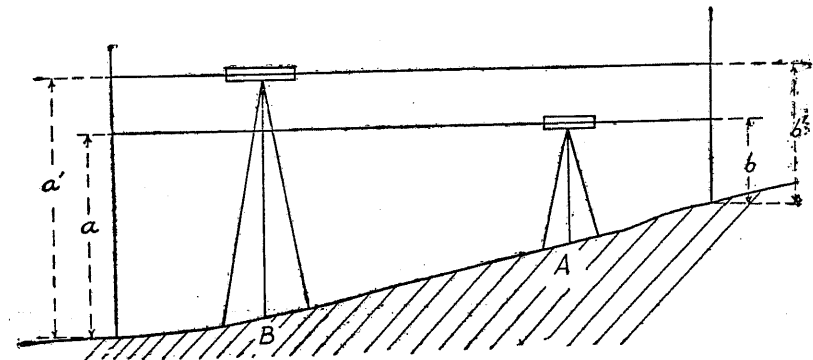
而して望遠鏡を豎軸上に如何に廻轉するも、氣泡が常に中央にありて偏移せざる迄、此の調整を繰返すのである。

〔註〕 支脚の高さを調整すること能はざる構造の「ダンピー」水準儀にては先づ氣泡の接線を豎軸に直角ならしめ、然る後杭整法其一によりて、視軸を氣泡接線に平行ならしめなければならぬ。

水準儀が調整せられ居るや否やを検する方法

前述せるが如き兩杭を立て (第 174 圖参照)、水準儀を先づ何れかの一點 (A) に

第 174 圖



据えて左圖の如く a 及 b の讀高を得たりとし、次に B 點に器械を移して $a'b'$ の讀高を得たるときに、

若し $a-a' = b-b'$, ならば調整の至れるを示すものなり。

$a-a' \neq b-b'$ ならば調整の至らざる證なり。

故に夫々前述の調整法にて之れを正すのである。

45 レベルの使用法

(1) 概説。

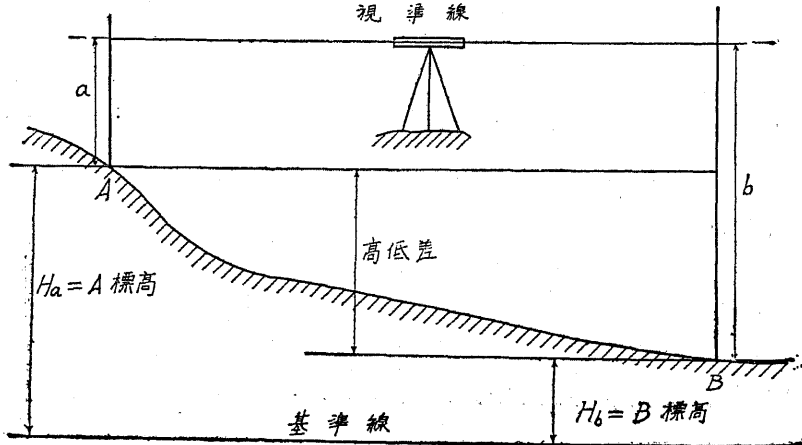
高低差を求めんとする 2 點又は其他の點へ標尺を立て其讀みを取ればよろしい。距離が遠い場合には適當の場所を選定して標尺と器械を次々へ移して行くのである。第 175 圖は AB 2 點が近い場合であり第 176 圖は、距離が遠い場合である。

(a) 後視と前視 (Back sight and Fore sight) (B.S. F.S)

高さ已知の點或ひは最初の點への視準を後視と云ひ。求めんとする點への視準を前視と云ふ。

(b) 中間點と移器點 (Intermediate station and Turning station)

第 175 圖
視準線

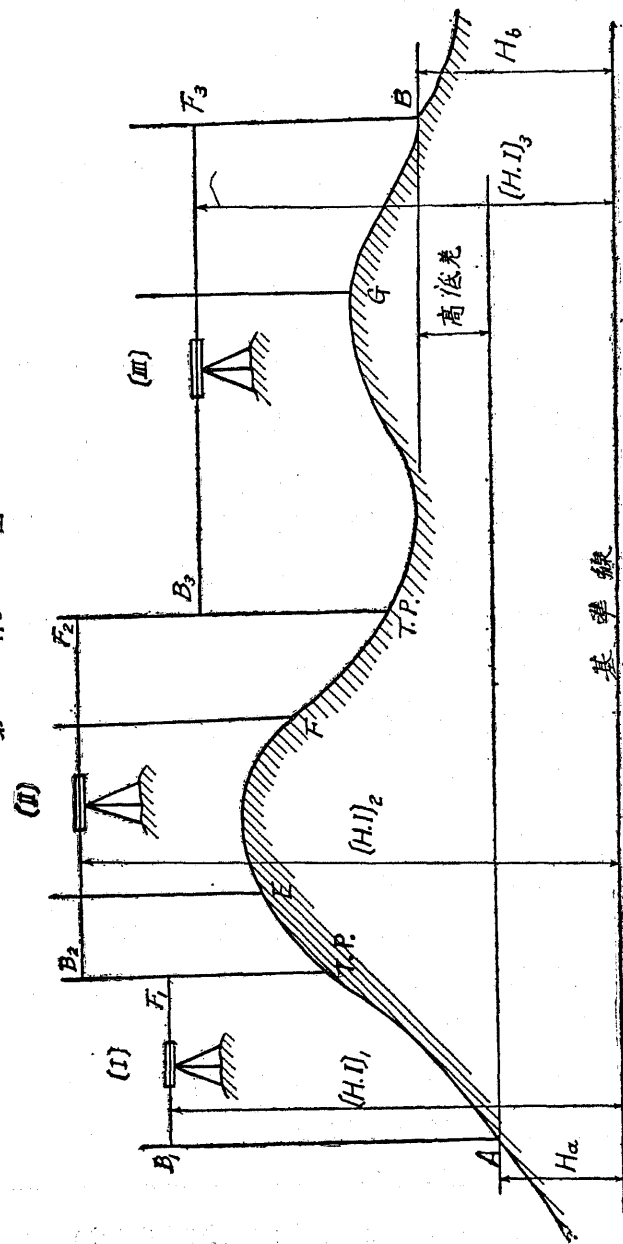


標尺を立て前視と後視とを讀む點を移器點と云ふ。これは頗る重要な點である。極めて精密に讀むことを要する。

之れに誤りあらば全體に影響するのである。

中間點とは前視丈讀む點であるこれも勿論大切な點ではあるが若し誤りがあつても其點文ですむのである。

第 176 圖



第 175 圖 $H_b = H_a + a - b$

$a = B.S$ $b = F.S$

第 176 圖

$H_b = H_a + \{(B_1 + B_2 + B_3 + \dots) - (F_1 + F_2 + F_3 + \dots)\}$

B_1, B_2, \dots 後 視

F_1, F_2, \dots 前 視

(c) 視準高 (Instrument height) ($H.I$)

或る基準點より視準線に到る高さを視準高 ($H.I$) と云ふ。第 176 圖の如し。

其點の標高に $B.S$ を加へれば ($H.I$) となる。

(2) 視準の距離 (Length of sight)。

レベルと標尺の距離は、必要とする精度、器械の良否等で一定し難けれ共、大體 30 m 乃至 100 m 位である、200 m を最大とす。

凹凸の状態にもよるが長距離に亘る時は 100 m を以て最大とするがよろしい。拙速を尊ぶ場合には 200 m 位でもよろしい。

尙レベルは兩測點の中間に据付けることを要す、これは歩測か或ひは目測の程度でよろしい。

(3) 交互準測 (Reciprocal leveling)。

河川を渡る時又は谷を渡る場合には器械を中央に置くことが出来ぬ。あまり精度を必要とせぬ時は、一方からの讀みで計算してよろしいが、精密を要する場合には第 177 圖の如く兩岸で讀み其二つの高低差の平均で出すのである。斯くせば色々の誤差が消去せられるのである。

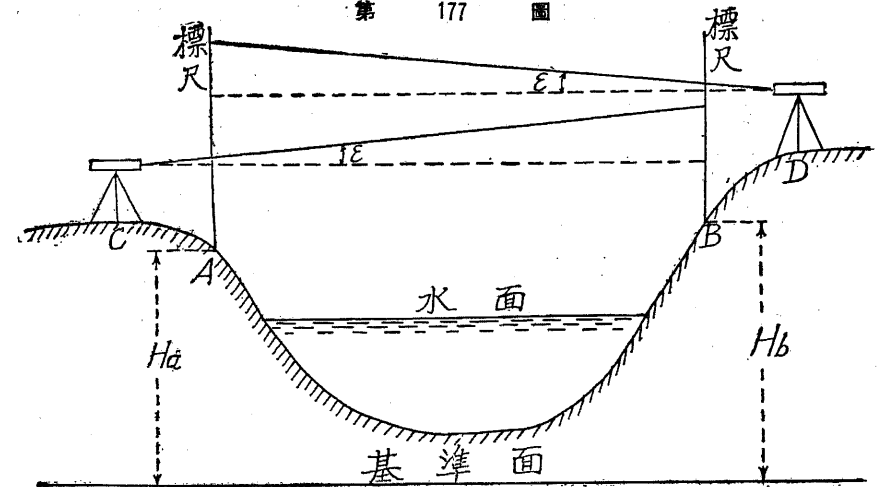
第 177 圖で H_a, H_b を誤差の無い標高とす。

然らば誤差の無い高低差 = X とせば

$$X = H_a - H_b \dots\dots\dots(1)$$

$e_1 = (AC = BD \text{ なる距離より生ずる誤差とす})$

第 177 圖



$e_2 = (CB = AD \text{ なる距離より生ずる誤差とす})$

$X' = C$ に於て測つた高低差

$X'' = D$ に於て測つた高低差

$$X' = (H_a - e_1) - (H_b - e_2) \dots\dots\dots(2)$$

$$X'' = (H_b - e_1) - (H_a - e_2) \dots\dots\dots(3)$$

$$\therefore \frac{X' + X''}{2} = H_a - H_b \dots\dots\dots(4)$$

(4) 實測に對する注意事項。

(a) 移器點は地盤が固いところを選定すること。軟かい時には板を置く、若し移器點に於て大なる誤差を生ずれば全體に影響すること甚大であるから注意を要する。

(b) 讀みを取る時には緊螺旋を締める必要は無い。

(c) 標尺を讀む瞬間には氣泡は必ず中央にあることを要すこれ極めて大切なことである。望遠鏡内に氣泡が見える様に裝置されてるものは便利である。然らざる時は必ず助手 1 人を側に立たせ常に檢させるを必要とする。

(d) 移器點に於ける標尺の讀みは、1 耗迄讀むこと。5 耗の目盛であるか

ら以下は目分量になる。現場に於て此程度なら差支へ無い様である。中間點の讀みは概以下四捨五入しても差支へ無いことが多い。

(e) 長距離の縦斷測量をやる場合に 1 日に終了せぬ時は翌日出發の時前 2 點を點檢すること。

(f) 高低の測量は必ず往復 2 回やることを忘れてはならぬ。如何に急いでもこれ丈は忘れてはならない。大なる失策は唯だ單に 1 回のみを観測から生ずるものである。これにより大事件を起したこともあるから深く注意を要する。

(g) レベルを運搬する時には、トランシットに於けると同様に肩に擔ぐことは嚴禁したいものである。擔ぐと直立軸に重みが掛り、各部に無理を生じ甚だしい時には動かなくなり大なる誤差を生ずることがある。必ず三脚を兩手で押へレベルを直立にして運搬せねばならぬ。

(h) 觀測中日光の直射を受けない様にする。夏の炎天に曝すと誤差が非常に大きくなる。コーモリを差し掛けてやつた方がよろしい。

(5) 水準測量作業の進捗速度。

進行速度は、測量の目的による精度の程度、器械の良否、測量者の技倆、地形の如何等により一定し難いが、今レベルを据付け、水準を正し必要なる *B.S* と *F.S* を取り次の器械點迄移動する時間を 10 分とす。レベル標尺間の距離 100 m とせば、1 時間 6 點、距離 1200 m 進行する。1 日 10 時とすれば 12 桿である。

相當熟練すれば 1 日 20 桿乃至 25 桿位は出来る。

46 水準測量に於ける誤差と錯誤の原因

(1) 誤差の原因。

(a) 器械上の誤差

(i) 調整の不完全(償差) (ii) 調整不能部分の缺陷(償差)

(b) 視差

(c) 視準して讀む瞬間に氣泡が中央に來たらざる場合

(d) 標尺が傾いてゐる時

(e) 器械が移器點の中央にあらざる場合

(f) 移器點の地盤が悪い場合

(g) 自然現象による誤差

(h) 人による誤差

(2) 錯誤 (Mistakes)。

(a) 移器點に於て標尺持ちが前視を取られた時と後視を取られる際に不注意で位置を變ずること

(b) 標尺取扱上の誤差。箱になつてゐるものを延長する時中途に引掛りの有無を檢すことを要す

(c) 標尺の讀み誤り

(d) 誤讀と誤算

47 水準測量に於ける精密限度 (Limit of precision)

必要なる精度は大體次の様である。

(1) 内務省河川測量規定に於ては

縦斷測量は 5 桿間の誤差は感潮部 12 耗、緩流部 15 耗、急流部 20 耗を超ゆべからずと規定あり。

横斷測量では距離 300 米に對し高低誤差 1 耗以内とある。

(2) 鐵道省には別に規定は無いが、昭和 3 年 6 月に開催せられた第一回測量會議の結果によれば、高低誤差は大體 1 耗に付 1 糧以内が現在に於ける許容誤差の様である。各建設事務所に於て行はれるところを示さんに次の様である。

距離並に高低の誤差に就て (昭和 年 6 月測量會議)

○距離並に高低の測量上の誤差は如何に取扱つてゐられるか、各事務所毎に述べて戴き度い。

- 北建では半哩毎に *B.M.* を設け其の間の誤差は 2 分まで、距離は標準はありません。
 - 盛建では高低は 1 杆に付き 1 糎、距離は Curve に於て 15 糎です。
 - 秋建では高低は半哩毎に 2 分距離は pole 1 本位です。
 - 長建では高低は半哩に付き 2 分、距離は 1 Curve に付き 1 寸位です。
 - 熱建では半哩毎に *B.M.* を設け、3 分までは許し、Center level の時は 6 分まで許して居ります。
 - 東建では高低は 1 杆に付き 1 糎以内、距離は 1 杆に付き 10 糎以内です。
 - 岐建では高低は 1 杆に付き 1 糎以内、距離は 1 Curve に付き 20 糎以内です。
 - 岡建では高低は 1 杆に付き 1 糎以内、距離は 1 Curve に付き 10 糎以内です。
 - 米建では高低は半哩に 2 分又は 1 杆に 1 糎、距離は決めて居りません。
 - 山建では高低は半哩に付き 2 分迄として居りますが、大抵は 1 分か 1.5 分で治つて居ります、距離は Curve の時に半節まで許して居ります。
 - 高建では内規はありません。
 - 熊建では高低は *B.M.* の時は 1 杆に付き 1 糎、距離は 1 Curve に付き 10 糎以内です。
 - 何か意見はありませんか。
 - Center level の時は 5 分とか 7 分とか決めなくとも 1 寸や 1.5 寸違つても支ないでせう。
- (3) 陸地測量部の精限は次の第 48 にある。
- (4) 道路に於ては 1,000 m で 1 cm—3 cm 位で差支へなかるべし。
- 高低測量の誤差は、距離測量と同様に大體償差 (Compensating error) である。従つて観測回数に平方根に比例することになるレベルと標尺間の距離を 100 m とすれば、移器點間の距離 200 m となる。移器點間に於ける償差を 2 糎と仮定す。

$$\frac{1.000\text{ m}}{200\text{ m}} = 5 \dots\dots\dots 1000\text{ m 回の観測回数となる。}$$

然らば 誤差(糎) = $\pm 2\sqrt{5(\text{杆})} = 4.5\sqrt{Km}$ となる。

大體の標準を示せば次の様である。

- 1 mm $\sqrt{\text{距離}(Km)}$ 優
- 2 mm $\sqrt{\text{距離}(Km)}$ 良 (陸地測量部一等水準の程度)
- 3 mm $\sqrt{\text{距離}(Km)}$ 可
- 5 mm $\sqrt{\text{距離}(Km)}$

東京帝國大學構内に於ける水準基標から出發し、2,250.50 m の距離を一周して再び元の基標に戻つた水準測量の結果は第 21 表第 22 表第 23 表に示す様である。これを見るに誤差 0 なるあり、最大 6 糎である、標尺は 5 糎迄目盛のある普通のものである。

第 21 表
15 吋 Y レベル

後 視	器 械 高	前 視	測 點	距 離	地 盤 高
^m 2.120	^m 22.4009		基 標	^m 67.300	^m 20.2809
2.562	24.8859	0.077	1	138.600	22.3239
1.386	24.8319	1.440	2	215.400	23.4459
1.411	25.0199	1.223	3	115.100	23.6089
0.752	24.7569	1.015	4	121.300	24.0049
0.307	24.4569	0.607	5	147.600	24.1499
0.262	22.9369	1.782	6	39.800	22.6749
0.195	20.0789	3.053	7	38.500	19.8839
0.097	17.9269	2.249	8	60.600	17.8299
0.516	16.6579	1.785	9	222.400	16.1419
1.485	16.4189	1.724	10	99.600	14.9339
1.773	17.3719	0.820	11	165.400	15.5989
1.024	17.7819	0.614	12	112.750	16.7579
1.526	17.9389	1.374	13	71.250	16.4079
3.947	21.6909	0.190	14	60.000	17.7439
2.312	23.1999	0.803	15	59.800	20.8879
0.420	21.5689	2.051	16	80.800	21.1489
2.312	22.4989	1.332	17	64.000	20.1889
2.532	24.8429	0.188	18	60.100	22.3109
1.222	24.7169	1.348	19	105.600	23.4949
1.067	24.4649	1.319	20	143.600	23.3979
1.922	22.3669	4.020	21	61.000	20.4449
		2.092	基 標		20.2749

31.150

31.156

2250.50

31.150

0.006..... 誤差

第 22 表 ダンビーレベル

後 視	器 械 高	前 視	測 點	距 離	地 盤 高
^m 2.078	^m 22.3589	^m 0.030	基 標	^m 67.300	^m 20.2809
2.538	24.8669	1.417	1	138.600	22.3289
1.375	24.8249	1.209	2	215.400	23.4499
1.425	25.0409	1.030	3	115.100	23.6159
0.703	24.7139	0.555	4	121.300	24.0109
0.353	21.5119	1.837	5	147.600	24.1589
0.219	22.8939	2.209	6	39.800	22.6749
0.154	20.0499	1.783	7	38.500	19.8959
0.092	17.9329	1.797	8	60.600	17.8409
0.587	16.7369	1.181	9	222.400	16.1499
1.467	16.4069	0.633	10	99.600	14.9399
2.177	17.4029	1.384	11	165.400	15.2259
1.033	17.8029	0.182	12	112.750	16.7699
1.510	17.9289	0.804	13	71.250	16.4189
3.953	21.6999	2.054	14	60.000	17.7469
2.303	23.2039	1.360	15	59.800	20.8359
0.397	21.5469	0.165	16	80.800	21.1499
2.287	22.4739	1.397	17	64.000	20.1869
2.587	24.8959	1.813	18	60.100	22.3089
1.216	24.7149	3.379	19	105.600	23.4989
1.037	24.4339	2.095	20	143.600	23.4019
1.316	22.3759		21	61.000	21.0599
			基 標		20.209
30.312		30.312		2250.50	

誤差無し

第 23 表 ダンビーレベル

後 視	器 械 高	前 視	測 點	距 離	地 盤 高
^m 2.125	^m 22.4059	^m 0.088	基 標	^m 67.300	^m 20.2809
2.582	22.9009	1.452	1	138.600	22.3179
1.430	24.8789	1.288	2	215.400	23.4489
1.440	25.0509	1.037	3	115.100	23.6109
0.782	24.7959	0.645	4	121.300	24.0139
0.399	24.5499	2.069	5	147.600	24.1509
0.061	22.5419	2.858	6	39.800	22.4809
0.244	20.1279	1.841	7	38.500	19.8839
0.150	17.9799	1.791	8	60.600	17.8299
0.598	16.7369	1.220	9	222.400	16.1389
1.486	16.4319	0.639	10	99.600	14.9459
2.186	17.3979	1.420	11	165.400	15.2119
1.064	17.8229	0.222	12	112.750	16.7589
1.557	17.9599	0.817	13	71.250	16.4029
3.962	21.6999	2.078	14	60.000	17.7379
2.339	23.2219	1.386	15	59.800	20.8829
0.419	21.5679	1.446	16	80.800	21.1489
2.332	22.5139	0.201	17	64.000	20.1819
2.628	24.9409	1.446	18	60.100	22.3129
1.224	24.7789	3.419	19	105.600	23.4949
1.080	24.3709	2.132	20	143.600	23.3909
1.362	22.4139		21	61.000	21.0519
			基 標		20.2819
31.511		31.510		2250.50	

0.001 誤差

48 陸地測量部水準測量法式

第一款 要 旨

一、水準測量ノ目的ハ中等海面ヨリ起算セル地上諸點ノ眞高ヲ決定スルニ在リ
 之ガ爲メ本邦周海ノ中等潮位ヲ測定シテ之ヲ帝國水準原點ニ比較シ又帝國水準
 原點ト各地點トノ水準差ヲ測定ス

二、本邦周海ノ中等潮位ヲ測定スル爲メ所要ノ地點ニ於テ海面ノ高低ヲ檢測ス
 之ヲ檢潮ト謂フ

三、水準測量ヲ分テテ直接及間接ノ二種トシ更ニ直接水準測量ヲ分テテ一等二等
 及規標水準測量トス

(一) 一等水準測量ハ主要ナル道路ニ沿ヒ環狀ヲ成形スル如ク之ヲ行ヒ二等水
 準測量ハ二個ノ一等水準點間ヲ聯絡スル如ク之ヲ行ヒ規標水準測量ハ一等若
 クハ二等ノ水準點ヨリ起リ三角點ノ眞高ヲ測定スル爲メニ之ヲ行フモノトス

(二) 間接水準測量ハ眞高既知ノ點ニ基キ高度觀測ニ依テ他點ノ眞高ヲ決定ス
 ルモノニシテ通常三等三角測量ノ際各等三角點ノ眞高ヲ求ムル爲メ又ハ海水
 ヲ以テ隔ツル兩陸地ノ水準點ヲ聯絡スル爲メニ用フルモノトス

四、一等水準點及主要ナル二等水準點ハ永久ニ保存シ其他ノ水準點ハ地形測圖ヲ
 終ルマデ保存ス

第二款 驗 潮

一、驗潮スベキ地點(驗潮場)ハ沿岸ノ地形及水準點網聯絡ノ便ヲ顧慮シ成ルベ
 ク均等ニ配置スルモノトス

二、驗潮場ハ驗潮儀ヲ整置シ斷ヘズ海面ノ高低ヲ自畫セシム

三、前項ノ潮候自畫紙ニ依リ毎日毎月及毎年ノ中等潮位ヲ逐次ニ算出ス

四、水準測量ヲ以テ聯絡スルコトヲ得ザル離島ニ於テハ其ノ海岸ニ輕便驗潮儀ヲ
 備ヘ一年以上(時宜ニ依リ數月間)ノ檢測ニ依リ其地ノ中等潮位トシ之ヲ眞高
 ノ起點ト爲ス

第三款 直接水準測量

- 一、直接水準測量作業ヲ分チテ選點、埋標、觀測及計算トス但一等水準ノ埋標及網ノ平均計算ヲ除クノ他ハ通常種類ニ同一ノ測量掛ヲシテ完成セシムルモノトス
- 二、選點ハ豫定ノ線路ヲ踏査シテ約二桿毎ニ適當ノ位置ヲ求メ水準點ヲ決定ス
- 三、埋標ハ選定シタル各點ニ標石(標杭)ヲ埋定ス
- 四、觀測ハ一等及二等水準測量ニ在リテハ各線路皆往復二回宛之ヲ行ヒ毎測點ニ於テ前後ノ兩標尺ヲ二回宛讀定シ其中數ヲ採用ス規標水準測量ニ在リテハ各測點ニ於テ標尺ノ高サヲ異ニセル二回ノ觀測ヲ行ヒ往復スルコトナシ
- 五、觀測ノ爲ニ使用スル器械及精度等左ノ如シ

測量ノ種類	使用器械	望遠鏡			水準器		標尺			
		對物鏡中徑	焦點距離	倍率	分劃數	一分劃ノ值	長	幅	厚	一分劃
一等水準	一等水準儀	40耗	42匣	36倍	50又ハ60	5秒	3.02米	11匣	3.7匣	5耗
二等規標水準	二等水準儀	40	40	30	左右ニ15宛	11	3.02	10	3.5	10

標尺ハ本邦米突原器ニ比較シタル鋼鐵尺ヲ以テ斷ヘズ其ノ長サヲ檢定スルモノトス

- 六、觀測ノ際前後兩標尺ハ等距離ニ置クモノトシ其ノ距離ハ一等水準測量ニアリテハ五十米以內其ノ他ニ在リテハ百米以內トス
- 七、觀測ニ於テ許スベキ諸誤差ノ制限左ノ如シ
 - (一) 一鎖部(約二桿)ニ於ケル二回觀測ノ差ハ一等水準ニ在リテハ三耗、二等ニ在リテハ十五耗
 - (二) 規標水準測量ニ於ケル高低兩標尺ヨリ得ル結果ノ差ハ距離二桿ニ對シ三十耗
 - (三) 一ノ既知點ヨリ他ノ既知點ニ達シタルトキニ起ル閉塞誤差ハ耗ヲ單位ト

シテ一等水準ニ在リテハ $1.5\sqrt{S}$ 二等ニ在リテハ $10\sqrt{S}$ 但 S ハ桿ヲ單位トセル線路ノ全長

- 八、一等水準測量ニ在リテハ兩端點間ノ子午線長及其ノ中等緯度ニ基キ地球面ノ彎曲ヨリ起ル改正數ヲ計算シテ之ヲ觀測ノ結果ニ加算シ次ニ數個ノ環狀線ニ依テ成形セル水準網ノ平均計算ヲ行フ爲メ規約方程式ヨリ比倫方程式及法方程式ヲ作り以テ各點ノ高低改正數ヲ求ムルモノトス

第四款 間接水準測量

- 一、間接水準測量ハ觀測及計算ニ分チ通常同一ノ測量係ヲシテ之ヲ行ハシムルモノトス
- 二、三角點ノ間接水準測量ニ於ケル觀測ハ三等經緯儀ヲ用ヒ三等以上ノ點ニ在リテハ眞高既知ノ點及求點ニ於テ相互ノ頂天距離ヲ二對回宛測定シ準三等點及四等點ニ在リテハ既知點ノミニ於テ二對回ノ觀測ヲナスモノトス
- 三、渡海水準測量ニ於ケル觀測ハ二等多能經緯儀ヲ用ヒ相互ノ點ニ於テ同時ニ頂天距離ヲ測定ス其ノ回数ハ通常四對回トス
- 四、間接水準測量ノ計算ハ左式ニ依ル

(一) 一、二、三等三角點

$$\log h = \log s + \log \operatorname{tg} \frac{1}{2} (Z_2 - Z_1) + c$$

但シ c ハ $\frac{1}{3} (H_1 + H_2)$ ニシテ對數奇零第五位ニ相當セシム

(二) 四等三角點 $\log h = \log s + \log \operatorname{ctg} (Z_1 - s'k)$

但シ k ハ $\frac{1}{s} (Z_1 + Z_2) - 20$ ニシテ該地方ニ於テ三等以上ノ點ヨリ算出セル平均值トス

(三) 渡海水準測量

$$\log h = \log s + \log \operatorname{tg} \frac{1}{2} (Z_2 - Z_1) + M \frac{H_1 + H_2}{2r}$$

式中 h ハ兩點ノ水準差 H_1 ハ甲點 H_2 ハ乙點ノ百米ヲ單位トセル眞高 s ハ兩點間ノ距離、 Z_1 ハ甲點ヨリ乙點、 Z_2 ハ乙點ヨリ甲點ノ頂天距離、 M

ハ常用對數ノ根數 r ハ百米ヲ單位トセル其地ノ曲率半徑ナリ

49 野業と野帳記載方法

必要なる人員、觀測者 (Level man) 1 人、レベル運搬人 1 人、標尺立て 2 人 (1 人でもよろしい) 末開地の場合には伐探の工夫が必要である。

野帳のつけ方に三通り程ある。

第 24 表に示すは前視と後視距離を記入す、若し距離不要の時は一層簡單になる。第 25 表は各點の昇降の量を記入するのである計算が樂である。

第 26 表は視準高を記入する方法である。

第 24 表

測點	距離	後視	前視	地盤高	摘要
B.M. 1	26.79	0.712		20.281	B.M. 1 の
1	43.36	0.702	0.002		高さは基準
2	26.84	0.342	2.512		面上
3	40.05	1.003	2.2125		20.281
4	53.92	1.232	1.4990		
5	51.80	1.268	1.408		
6	42.85	0.239	1.070		
7	21.02	2.583	3.445		
8	33.02	3.7775	0.488		
9	27.90	2.835	3.792		
10	29.80	2.115	2.175		
11	48.40	3.600	0.728		
12	41.45	1.6625	1.7025		
13	51.10	2.460	0.840		
14	74.50	2.375	0.640		
15	92.60	1.182	1.255		
16	80.00	1.443	1.450		
17	80.00	1.340	1.425		
18	98.00	0.038	1.985		
B.M. 1			2.487	20.284	
963.40		31.019	31.016		
		31.016			
		+ 0.003			

第 25 表

測點	距離	後視	前視	昇	降	地盤高	摘要
B.M. 1	26.79	0.712				20.281	B.M. 1 の
1	43.36	0.702	0.002	0.710		20.991	高さは基
2	26.84	0.452	2.512		1.810	19.181	
3	40.05	1.003	2.2125		1.7605	17.4205	準面上
4	53.92	1.232	1.4990		0.496	16.9245	20.281
5	51.80	1.268	1.308		0.076	16.8485	
6	42.85	0.239	1.070	0.198		17.0465	
7	21.02	2.583	3.445		3.206	13.8405	
8	33.02	3.7775	0.488	2.095		15.9355	
9	27.90	2.835	3.792		0.0145	15.921	
10	29.80	2.115	2.175	0.660		16.581	
11	48.40	3.600	0.728	1.387		17.968	
12	41.45	1.6625	1.7025	1.8975		19.8655	
13	51.10	2.460	0.840	0.8225		20.688	
14	74.50	2.375	0.640	1.820		22.508	
15	92.60	1.182	1.255	1.120		23.628	
16	80.00	1.443	1.450		0.268	23.360	
17	80.00	1.340	1.425	0.018		23.378	20.281
18	98.00	0.038	1.985		0.645	22.733	+ 0.003
B.M. 1			2.487		2.449	20.284	20.284
963.40		31.019	31.016	10.728	10.725		
		31.016		10.725			
		+ 0.003		+ 0.003			

第 25 表

後視	視準高	前視	測點	距離	地盤高	施工基面高	摘要
0.712	20.993		B.M. 1	26.79	20.281		B.M. 1 の
0.702	21.93	0.002	1	43.36	20.991		高さは基
0.452	19.633	2.512	2	26.84	19.181		
1.003	18.4235	2.2125	3	40.05	17.4205		準面上
1.232	18.1565	1.4990	4	53.92	16.9245		20.281
1.268	18.1165	1.308	5	51.80	16.8485		
0.239	17.2855	1.070	6	42.85	17.0465		
2.583	16.4235	3.445	7	21.02	13.8405		
3.7775	19.713	0.488	8	33.02	15.9355		
2.835	18.756	3.792	9	27.90	15.921		
2.115	18.696	2.175	10	29.80	16.581		
3.600	21.568	0.728	11	48.40	17.968		
1.6625	21.528	1.7025	12	41.45	19.8655		
2.460	23.148	0.840	13	51.10	20.688		
2.375	24.883	0.640	14	74.50	22.508		
1.182	24.810	1.255	15	92.60	23.628		
1.443	24.803	1.450	16	80.00	23.360		
1.340	24.718	1.425	17	80.00	23.378		20.281
0.038	22.771	1.985	18	98.00	22.733		+ 0.003
		2.487	B.M. 1		20.284		20.284
31.019		31.016		963.40			
31.016							
+ 0.003							

Level taken for

Back Sight	Instrument Height	Fore Sight	Station	Distance	Ground Surface Above Datum	Formation Above Datum	Remarks

縦断測量圖に関する實例は附圖にある。

附圖第 1 は鐵道の縦断であるこれは従來の呎吋單位。

附圖第 2 は鐵道の縦断で米突單位である。

附圖第 3 は道路圖の平面。

附圖第 4 は道路の縦断面圖。

附圖第 5 は道路の横断面圖である。

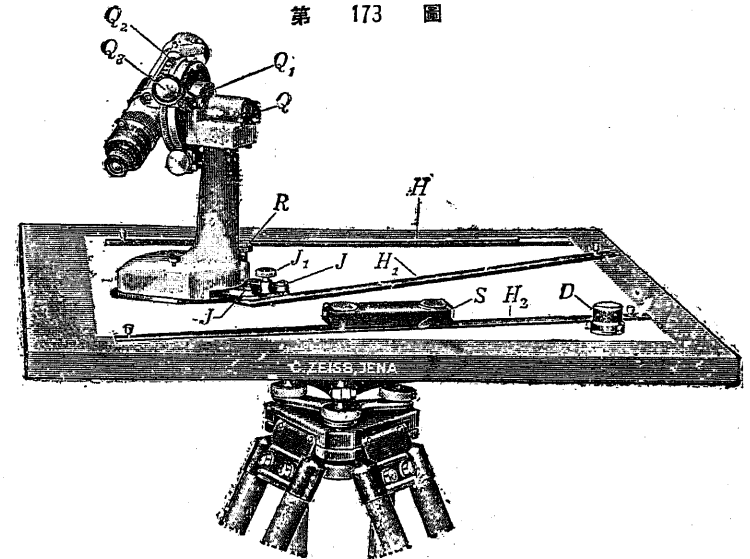
50 横断測面器

之れは第 178 圖に示すが如き器械で、現場で直ちに横断を畫くものである。後述する平板と視距線と、分度器を組合はせた様な器械である。之れに使用する標尺は第 179 圖の様であつて、標尺に直角に見通しの方向が作つてある、従つて標尺を立てる者は望遠鏡視準線に垂直の位置に標尺を向けることが出来る。これが便利である。

第 180 圖又は第 181 圖の様に標尺を順次に立て視準線に直角に向ける。そして

第 182 圖の様
に現場
で圖面
を作る
のであ
る。

第 173 圖



第三節 間接水準測量 (Indirect Leveling)

間接水準測量と云ふのは、レベルを使用せずにトランシットにて直立角を測定し尙距離を測り高低差を計算により間接に求むる方法である。

51 最も簡單なる場合

(1) 第183圖 直立角 α 距離 D 器械高 i 標尺の読み h を測れば $H = D \tan \alpha + (i-h)$ となる。

之れは距離あまり遠からず、其の點へ到る距離が測れる場合である。

(2) 測點間の距離を測り難き場合には器械を A, B 二箇所に据付けて其の間の水平距離並に α, β の二角を測りて次の式により計算するのである h_1 と h_2 は標尺を立て、測る。

(第184圖)

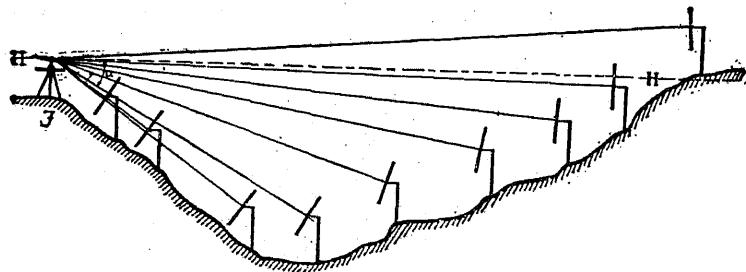
$$D_1 = H_1 \cot \alpha \quad \text{及び} \quad D_2 = H_2 \cot \beta$$

$$H = H_1 + h_1 = H_2 + h_2 \quad H_1 = H_2 - (h_1 - h_2)$$

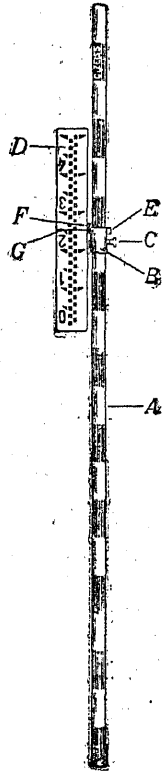
$$\therefore D_1 - D_2 = H_2 (\cot \alpha - \cot \beta) - (h_1 - h_2) \cot \alpha \quad \text{或ひは}$$

$$H_2 = \frac{D_1 - D_2 + (h_1 - h_2) \cot \alpha}{\cot \alpha - \cot \beta} \quad \text{となる。}$$

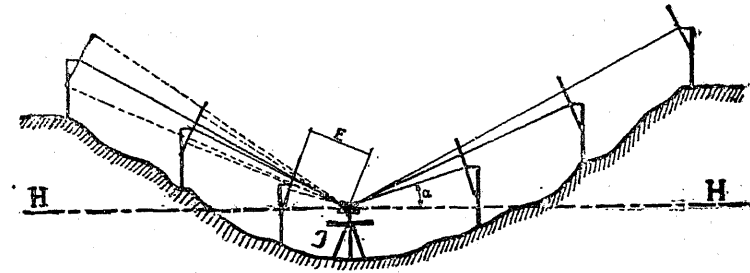
第 180 圖



第 179 圖

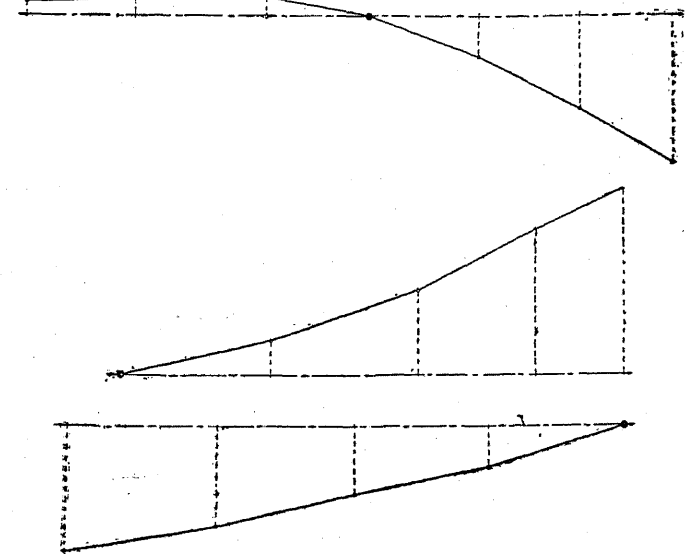


第 181 圖



第 182 圖

(8) 山地に於ける縦斷測量を行はんには第185圖に示すが如く距離を測り視線を傾け各點に於ける標尺の高さを求め各點に於ける讀みを減ず



る時は線に沿ふての地面の高低を知る事が出来る。

52 複雑なる場合

(1) 二つの角と水平距離を測る場合。(第186圖)

A, B 二點の水準差を求むるに當り A, B 二點と同一垂直面中に D 點を選び A 點に於て α, γ の角を測り次に D 點に於て β を測て且つ A, D の距離を測

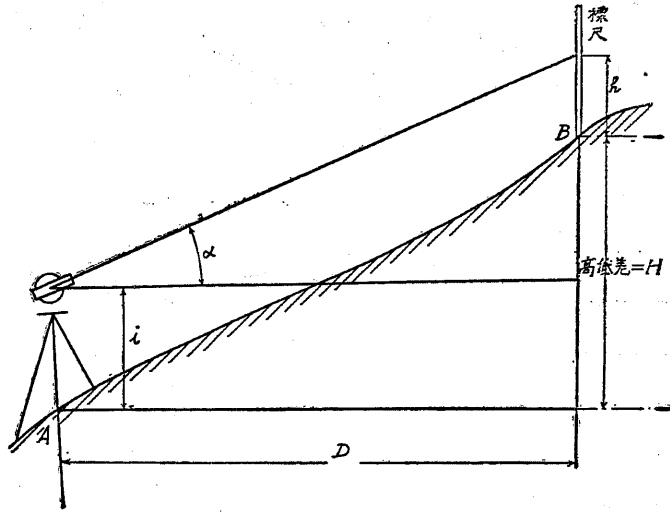
れば ABD 三角形よりして AB を計算し $\triangle BAC$ より BC を求む、即ち

$$AD = Adscr. \quad AB = AD \frac{\sin \beta}{\sin \angle ABD} \quad \therefore BC = \frac{AD \sin \beta \sin \alpha}{\sin \angle ABD}$$

(2) (第

第 183 圖

187 圖) 凹
凸甚しき地
等にありて
は前者の如
く AD 間
の距離を測
り難き場合
は A 點に於
て先づ $\angle \theta$
の垂直角を



測り尚便宜の一點 (任意の) D に至る水平角 $\angle \varphi$ 並に距離 AD を測り次に D 點に於て水平角 $\angle \delta$ を測る時は次の計算によりて BC の高さを求むることが出来る。

$$AC = \frac{AD \sin \delta}{\sin \{\pi - (\varphi + \delta)\}} \quad BC = AC \tan \theta = \frac{AD \sin \delta \tan \theta}{\sin \{\pi - (\varphi + \delta)\}}$$

53 地球の曲度に対する更正 (Correction due to curvature of earth)

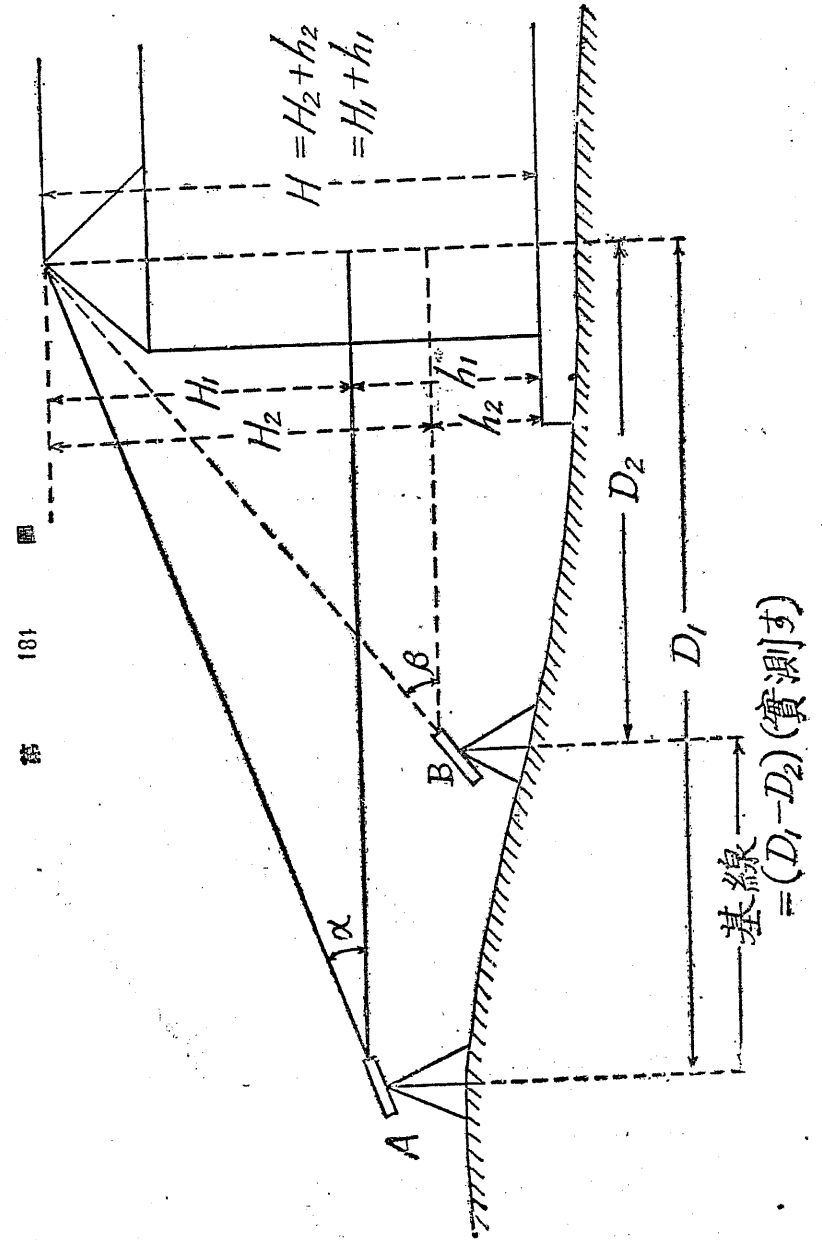
AB の高低差は $a \tan \alpha'$ であるが a が大きくなると Curvature に対する Correction が必要である。(第 188 圖)

h = 高低の差

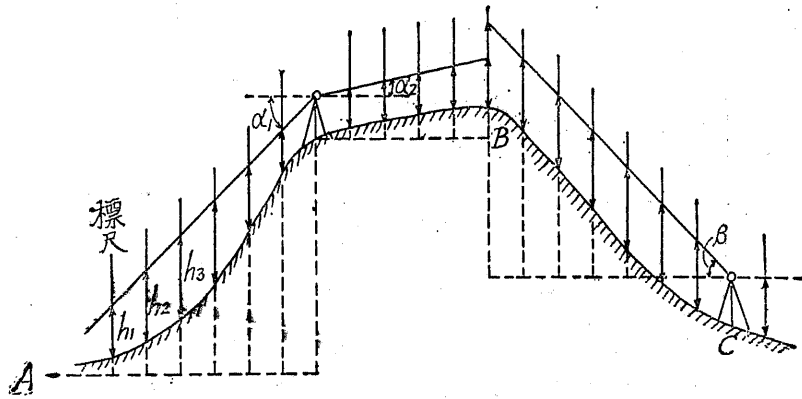
α' = 観測角

a = \overline{AE} の弦長

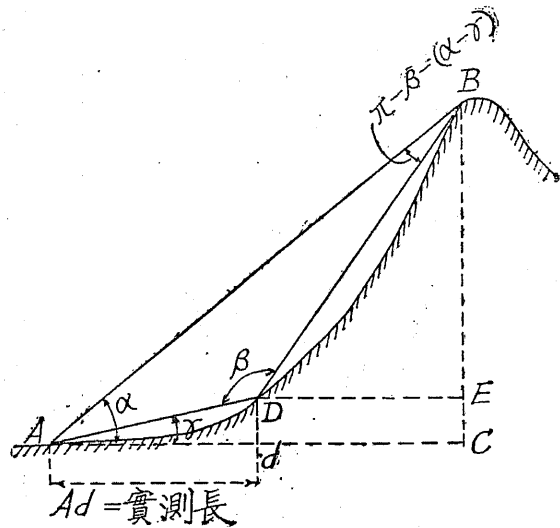
$\hat{=}$ \widehat{AE} の弧長



第 185 圖



第 186 圖

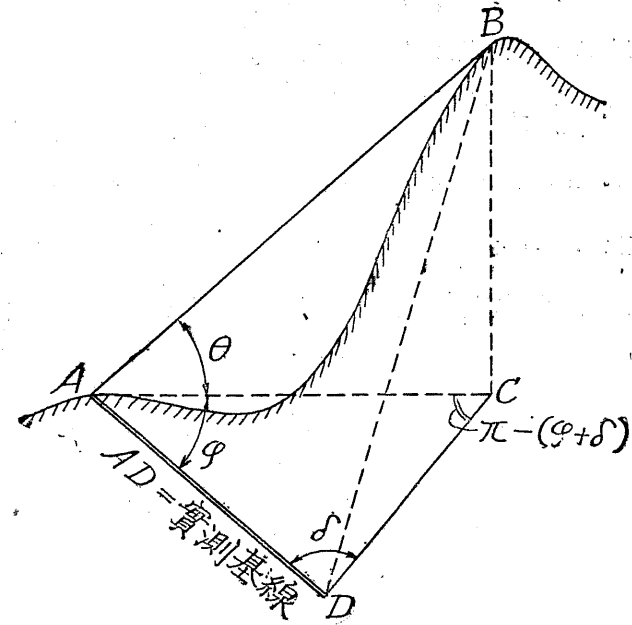


△ABC に於て

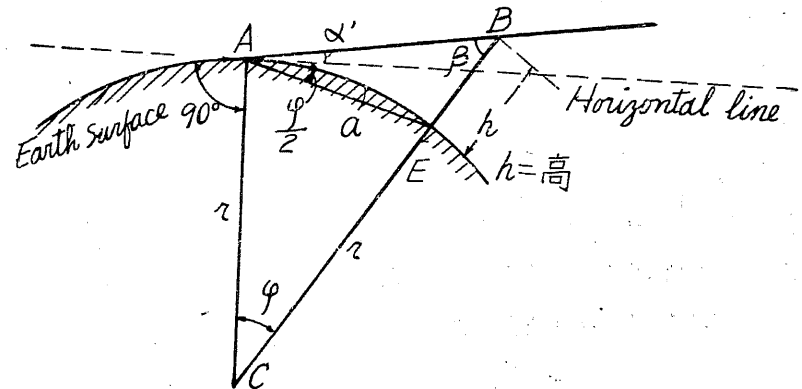
$$(\alpha' + 90^\circ) + \beta + \varphi = 180^\circ \quad \beta = 90^\circ - (\alpha' + \varphi)$$

△ABE に於て

第 187 圖



第 188 圖



$$\frac{h}{a} = \frac{\sin(\alpha' + \frac{\varphi}{2})}{\sin \beta} = \frac{\sin(\alpha' + \frac{\varphi}{2})}{\cos(\alpha' + \varphi)}$$

φ は極めて小なり故に $\sin \varphi$ も小なり。

$$\therefore \frac{h}{a} = \frac{\sin \alpha' + \frac{\varphi}{2} \cos \alpha'}{\cos \alpha'} = \tan \alpha' + \frac{\varphi}{2}$$

$$\therefore h = a(\tan \alpha + \frac{a}{2r}) = a \tan \alpha' + \frac{a^2}{2r} = a \tan \alpha' + \Delta c$$

更正は $\Delta c = +\frac{a^2}{2r}$ となる。

54 光線の屈折に対する更正 (Correction due to refraction of light)

(第 189 圖)

第 189 圖

BよりAに

来る光線の

path は圓

をなすもの

と假定する。

観測角を

α . 光線の

圓の半径を

R とす。

然らば

$$r = KR$$

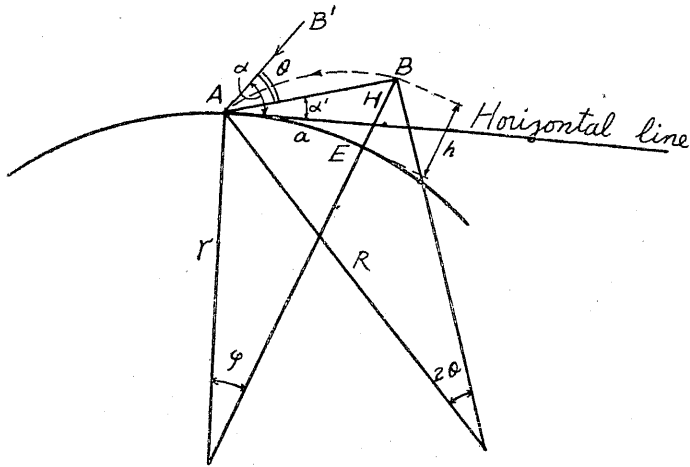
と假定す。

$$\text{然らば } \frac{1}{R} = \frac{K}{r}$$

求むる \angle は α' なれば更正角は θ となる。

$AB \div AE = a$ と假定す

$$\theta = \frac{a}{2R} = \frac{Ka}{2r}$$



$$\alpha' = \alpha - \theta = \alpha - \frac{Ka}{2r}$$

$$\tan \alpha' = \tan\left(\alpha - \frac{Ka}{2r}\right)$$

$$\theta \text{ は小なり } \tan \alpha' = \tan \alpha - \frac{Ka}{2r}$$

$$h = a \tan \alpha$$

$$= a \tan \alpha - \frac{Ka^2}{2r}$$

然らば更正 $\Delta r = -\frac{Ka^2}{2r}$ となる K は $\frac{r}{R}$ の比なり

我國では $K = 0.15$

次に曲度の更正と光線の更正を一緒にすれば

$$h = a \tan \alpha - \frac{a^2 K}{2r} + \frac{a^2}{2r} = a \tan \alpha + \frac{(1-K)a^2}{2r}$$

然らば $\Delta = +\frac{1-K}{2r} a^2$ となる。