

論 說 報 告

第 21 卷 第 8 號 昭和 10 年 8 月

測量器の改良に関する一考案

會 員 工 學 士 安 東 功*

On the Devise of a New Instrument for Speed Surveying

By Isao Andô, C. E., Member.

要 旨

地形測量、其の他測量には測鏈(chain)、經緯儀(transit)及水準器(level)等を各個に使用すれども長時日を要する嫌があるから、視距儀(telemeter or range-finder)を改造しこれに經緯儀を結びつけて磁針方位、角度、水平距離及高低差等を直接に記簿(read)し得る新測量器械の考案設計に就て述べたものである。

目 次

	頁
1. 概 説	1
2. 器械及視的照尺の構造	2
3. 器械の理論	3
4. 器械の整齊法	4
5. 測量法	4
6. 本器の精度及製作費	5
7. 結 論	5

1. 概 説

本器はトランシットの遠鏡(telescope)の代わりにテレメーターの改造したものを取付け考案設計したもので次の性能を持つ。

- (a) 磁針(magnetic needle)を取り付けたる爲、羅盤測量(compass surveying)を爲し得ること。
- (b) 水平分度圈(graduated circle)によつて水平角の觀測及三角測量が可能なること。
- (c) 垂直分度圈(vertical graduated circle)によつて垂直角觀測可能なること。
- (d) テレメーターなるが故に水平距離を直接に讀み得ること。即ち鏈測量(chain surveying)の代用及視距測量(stadia surveying)の代用となること。
- (e) テレメーターなるが故に垂直高を直接に讀み得ること。即ち水準器(wye or dumpy level)の代用及視距線(stadia wire)、其の他高低測量器の代用となること。
- (f) 指方規(alidade)の構造とすれば平板測量(planetable-surveying)をなし得ること。
- (g) テレメーターなるが故に近づき得べからざる位置の水平、垂直角度、直距離、水平距離及高低差等を直接に讀み得ること。

本器は距離の測定には次の缺點がある。

- (h) 近距離に對しては觀測不可能なること。

* 昭和高等鐵道學校並に東京高等工學校講師、土木建築耐負合費會社石見組技師長

(i) 遠距離に對しては距離の 2 乗に比例して不正確なること。

本器は本來の目的以外に次の測量も可能である。

(j) 感度 (sensitiveness) の高き氣泡管 (bubble tube) を取付けたから箱尺 (self-reading rod) を用ゆる普通のレベリングもなすことが出来る。

2. 器械及視的照尺の構造

第 1 圖は本器の出來上り想像圖で T なるテレメーターより下部はトランシットと同様の構造である。

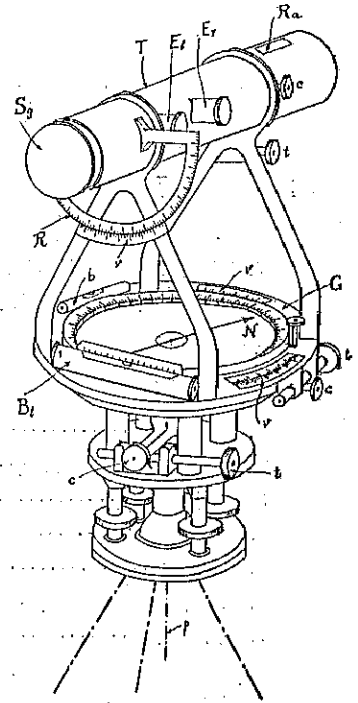
- T: テレメーター,
- Er, Ei: 接眼鏡 (eye-piece),
- Ra: 讀數器 (reading apparatus),
- Sg: 目盛螺旋 (graduated screw),
- R: 垂直分度圈 (vertical graduated circle),
- v: 遊尺 (vernier),
- G: 水平分度圈 (graduated circle),
- Bt 及 b: 氣泡管 (bubble tube),
- N: 羅盤箱 (needle compass),
- c: 定柱螺旋 (clamp screw),
- t: 切線螺旋 (tangent screw),
- p: 下げ振り (plumb bob),

次にテレメーターの骨子の構造断面を圖示すれば第 2 圖の如きものである。又第 3 圖はこれに取付けた十字線圖である。

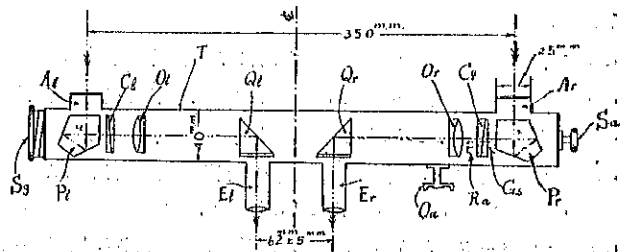
第 2 圖は最も普通に且つ便利に使用さるべしと思はれる大きさに設計したもので、base を 350 mm とし管徑を 40 mm 特種アルミニウム製とした。而して其の詳細の構造に就て説明すれば次の如くである。

- Ar, Al: 開口 (aperture) にしてガラス張りである。
- Pr, Pl: 五角形プリズム。
- Or, Ol: 對物鏡 (object lens) にして On なるスクリウにより移動し得る装置である。
- Qr, Ql: プリズムにして一面に第 3 圖の如き線を刻み十字線 (cross line) 附のガラス製ダイヤフラム (diaphragm) を張りつけた。
- Er, Ei: 接眼鏡にして distance of interpupitaly を 63 mm とし ±5 mm だけ調節出來得る。
- Cr, Cl: 左右對稱の 2 個づみの傾斜プリズム。
- Sn: Cr, Cl なるプリズムの距離を調節する調節螺旋 (adjusting screw)。
- Sg: Cr, Cl なるプリズムに mechanical gear によつて連結さる目盛螺旋 (graduated

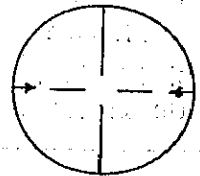
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



screw) である (第 1 圖 R なる垂直分度圈の讀数をこれに與へると C_r, C_l が其角度に廻轉する)。

R_s : 直距離, 水平距離及高低差を讀むガラス張りの讀數器 (reading apparatus) であつて其の中に G_s なる目盛盤を嵌す。

G_s : 目盛盤 (graduated scale) である。即ち指示針の位置を讀微鏡等によつて讀むので, 直距離, 水平距離及高低差が之に現はれる。

第 4 圖

視的照尺 (target): 視的照尺は單に 1 個の點で足りるがペンチマーク高 (又は地盤高) と器械高との差は器械の据附け毎に變化するから照尺の高さも之に應じて變化させねばならぬ場合がある, 故に第 4 圖 (イ) の如きものを考案した。

長さを器械高と同長に調節出來得る如く尺度を刻み c なる緊結螺旋を以て固定する。

又正確に距離を指示させるため移器點 (turning point) 等には第 4 圖 (ロ) の如きものも必要かと思はれる。

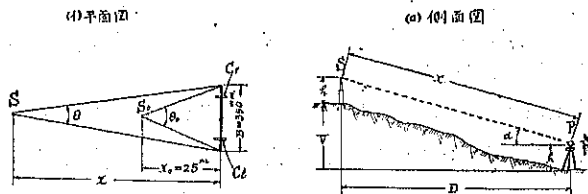
3. 器械の理論

本器は單にテレメーターとトランシットとを結び合はせたに過ぎないから特別の理論とてない。但し普通土木測量器として部分的に新考案を施したものであるから, 其の部分の設計並に理論を説明すれば次の如くである。

- S: 視的照尺で θ は此の場合の含む角 (subtend angle),
- P: 新測量器, $B=350$ mm: base of telemeter,
- C_r, C_l : 左右 2 對の傾斜プリズム, α : P より S に至る直距離,
- $\alpha_0=25$ m: 本設計に於ける最短觀測可能距離 (minimum distance) であつて S_0 及 θ_0 はこの場合の視的照尺の位置並に其の含む角である, α : 水平となす仰角 (又は俯角),

- h : 器械高,
- D 及 V : 水平距離及高低差。

(1) 普通のテレメーターは C_r 或は C_l なる傾斜プリズムの何れか 1 組であるが, 水平角觀測の場合 $B/2$ なる eccentricity を起すから左右 symmetry の 2 組の構造とした。



第 5 圖

(2) 第 4 圖 (ロ) の x なる價は地形測量又は路線測量等には殆ど不必要で D 及 V の價が必要である。この D 及 V の價を求むるため第 2 圖 G_s なる目盛盤には次式の cosine curve を目盛することは普通のテレメーターと同様である。

$$D = x \cos \alpha \dots\dots\dots (1)$$

$$V = x \sin \alpha = x \cos (90^\circ - \alpha) \dots\dots\dots (2)$$

(3) 第 1 圖 R なる垂直分度圈に α の外に (2) 式より $(90^\circ - \alpha)$ も讀み得る様に 2 重の目盛を施す。

(4) 1. (i) に述べたる “距離の 2 乗に比例して不正確” なることは一般にテレメーターの原理なる精度 (ac-

accuracy) の公式 $d\theta = 2.00265 B \frac{dr}{x^2}$ (3)

によつて直ちに説明が出来る。それで $d\theta = 20''$ と見做して擴度 (magnification) を 30 倍位にする。

(5) 測角の場合は第 2 圖 S_g なる目盛螺旋を零に戻しても戻さないでも誤差には變りがない。

(6) 構造の複雑を避けるため D (水平距離) 及 V (垂直距離) を讀むのに C_r, C_l なる 2 組のプリズムで兼用させたから一つの視視に對して D 及 V を同時に讀むことが出来ない不便がある。但し仰俯角 45° の場合は例外

(7) C_r, C_l なる 2 組のプリズムは D 及 V に對して次式

$$\frac{B}{D} = \theta_0 \cos \theta \cos \alpha \dots\dots\dots (4)$$

及び $\frac{B}{V} = \theta_0 \cos \theta \cos (90^\circ - \alpha) \dots\dots\dots (5)$

に於ける θ 及 α なる 2 元を一氣に解決させる optical calculator であることは既に説明した處であるが、其の mechanical gear 及 S_g 並に G_n なる目盛盤の構造は普通のテレメーターと大同小異である。

(8) 1. (j) に述べたレベリングの目的で第 3 圖十字線の外に矢印の マーク を附して見た。これで第 1 圖 E_r 又は E_l 何れかの單眼を以てレベリングが出来る。尚ほ第 1 圖 B_t なる氣泡管は其の感度 (sensitiveness) を 20 秒 (水平感度 2 mm に付) 位に設計する。

(9) 本器は $x_0 = 25$ m に設計したが、水平角並に水平距離の測定には左程不便はない。但し横断面測量 (cross leveling) 等の場合には極めて近距離も必要である、故に第 2 圖 O_r, O_l の何れか一方、又は雙方を O_n なる螺旋及ラックピニオンの作用によつて之を移動し、映像 (image) を十字線上に來らしむる様な構造にした。故に此の種器械で固定したものに比べて幾分の精度を缺くであらう。

4. 器械の整齊法

本器は成るべく堅牢單一の構造にする積りである (第 1 圖は單に構造を説明するための想像圖に過ぎない)。それで整齊する部分も出来る丈け少くし器械の缺點は製造者の手を藉りなければ改正することが出来ない様にした。但し次の一箇所丈けは特に重要な點であるから、測者の手によつて整正出来る様にする。即ち

Q_r, Q_l 上にある十字線の交點と對物鏡の視學的中心とを通過する處のテレメーターの視準線 (line of sight) は第 1 圖 B_t なる水準氣泡管が水平なる場合には、これが水平なること。同時に R なる垂直分度圈に附屬してゐる遊尺は零度を讀むこと。

これはダンピーレベルの標抗整齊法 (peg adjustment) と同一方法により改正し得る構造にする。

次に A なるテレメーターの描く平面と G なる水平分度圈とは平行なること。等は凡て製造者の手を要することにする。

5. 測量法

本器の測量法は (イ) 普通測量法、(ロ) 指方規の構造としての平板測量法の 2 種類に大別することが出来るが、これは 1. 概説に於て既に本器の性能として述べて居るから、茲には重複して述べない。只だ 1. (g) なる近づき得べからざる位置の測量法並に近距離測量の場合に就て少しく述べると

第 6 圖 (イ) の如く深淺測量に關しては

(a) 方 向, (b) 水平距離 D , (c) 高低差即ち潮汐の差 (tidal range) $v = (V - D)$

等を記録することが出来る。

第6圖(ロ)の如く全く近づき得べからざる場所に関して

- (a) 方向,
- (b) 水平距離 D ,
- (c) 高低差 $V_1 - V_2$

等を記録することが出来る。

近距離測量法に就て :-

本器は設計上最短距離 x_0 を 25 m にしたから、之以内の近距離に對しては次の不便がある。

- (1) 直距離及水平距離の場合は更に器械を 25 m 以外に移轉するか或は鏈又はテープ等を用ひなければならない。
- (2) 水平角の場合は精度を無視して單眼を以てするか又は之を計算によつて正確なものに換算する外ない。
- (3) 高低差に對しては 3. (9) に述べた様に箱尺を以て、單眼にて普通のレベリングをする。
- (4) 垂直角觀測も (3) と同様にしてなすことが出来る。

6. 本器の精度及製作費

現今我國に於ける計器製作上の進歩は著しきものがあるから、土木測量用として製作した場合製作費に對し、第1表の様な精度のものとなるであらう。本表は本器の精度を表はすために推量的に最も普通に用ひらるゝ推差 (probable error of a single observation $\gamma = 0.6745\sqrt{[V\gamma]/(n-1)}$) を以て他測量器械と比較して見た。故に長距離測量 (m 間に分測) の場合は本器も亦其の誤差 (accidental compensating error) が \sqrt{m} である。

第 1 表

本器の種類	直距離 30m 内外の測量の場合 本器と他測量器との γ の比較			全土 300m 内外の場合			全土 3,000m 内外の場合			本器の見積り 製作費
	直距離	本器	スチールテープの比較 レベリング	直距離	本器	スチールテープ	直距離	本器	ナシ	
			水平距離 γ			水平距離 γ			水平距離 γ	
A	30m	$\pm 6^m$ $\pm 16^m \sim \pm 7.5^m$	$\pm 20^m$ $\pm 10^m$	300m	$\pm 3^m$ $\pm 3^m$	$\pm 5^m$ $\pm 5^m$	3000m	$\pm 150^m$ $\pm 150^m$	間接計測	セオドライトの1倍半
B	"	$\pm 12^m$ $\pm 16^m \sim \pm 3.0^m$	$\pm 1.5^m$ $\pm 10^m$	"	$\pm 6^m$ $\pm 6^m$	$\pm 10^m$ $\pm 10^m$	"	$\pm 300^m$ $\pm 300^m$	直接計測	普通トランシットの1倍半

【備考】 ①本器の種類 A は精密品、B は普通品である。而て他測量器械の内、スチールテープは A と比較し、鏈は B と比較した。又スチヤは A に對してはセオドライト級、B に對しては普通のトランシット使用の場合を比較した。

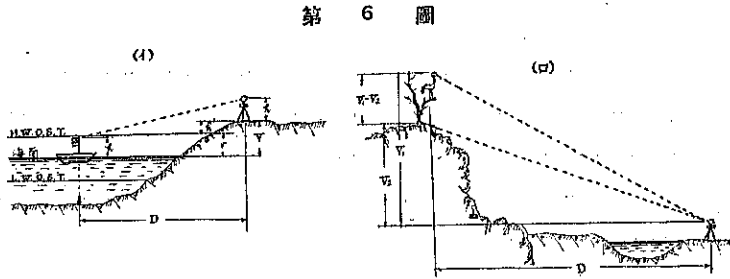
②本器“高低の差”に掲げたる γ の値は、テレメーターを使用した場合を示したものであるが、直距離 30 m の欄に掲げたる γ の値は、普通の箱尺を使用してレベリングをなす場合を掲げた。

③直距離 30 m の欄に γ の値を 2 種類掲げたのは、一つは拙速測量、他は普通の測量の場合を示したものである。

④測角、即ち水平角並に垂直角に對しては本器はトランシット、或はセオドライトに比較して甲乙はない。

7. 結 論

余は茲數年來専門學校に測量其の他の教鞭を取る傍、民間の測量設計等に携るに、學生は測量講義並に實習の時



間が割合に多きにかゝはらず、卒業後實施の測量は甚だ拙劣である。これは畢竟するに、測量器械が複雑で計算等に手間を取るためであると思はれる。又民間の測量及設計では豫算並に時日の不足のため、出来上りたる圖面（平面圖及縱斷圖は誤差及誤謬甚だしく、時には設計の基本とならない場合もあつた。

爾來余は簡便なる測量器械の出現を希望して居つたが、先般滿洲に渡り軍隊護衛のもとに、短時間に測量を完成せねばならぬ必要に迫られ、益々其の必要を感じたのである。そこで余の研究も未だ不充分ながら敢てこれを學會に發表して速かに此の種器械を實現したき考を以て、俄かに筆を取つたものである。考案並に設計共に不備な點も多々あると思はれるが、偏に皆様の御指導並に御援助を仰ぎたいのが目的である。

扱つてトランシットは、あらゆる測量法が可能であるといふので、俗に“普通器械”と稱へらるゝ様に、本器も亦水平角は勿論、水平距離、高低差も計算を要せずして記簿出来る様に考案した積りである。又トランシットの如く整齊部分多く、調整に暇がかゝる缺點を無くするため、堅牢單一に設計した積りである。そこで此のスピード時代に測量にもスピード測量を要するものとするれば、本器を“急速測器”(speed theodolite)と名附けたいのである。只恨むらくは本設計は雛形の製作もせず單に机上の空論に過ぎないことである。されどサーベイングは他の學科と比較して餘りにも進歩が鈍いと云ふ定評があるから、若しこれが進歩の一階段ともなれば望外の至りである。

(附記) 以上は大體の設計であるが、製作設計に関しては、optician 及 mechanist の手を借りるのである。

以 上