

光波測距儀をとり入れたことによる測量実習の教育的効果について

廣 川 一 巳*・柳 谷 豊**
齊 藤 勇**・山 田 登喜雄**

Educational Effect on Surveying Practice by using
Electro-Optical Distance Measuring Instrument

Kazumi HIROKAWA, Yutaka YANAGIYA, Isamu SAITOH
and Tokio YAMADA

要 旨

本校の第2学年における測量実習の距離測量に光波測距儀を導入した。その効果を教育的な面で考察したものである。

Abstract

Electro-Optical Distance Measuring Instrument as a new measuring device had been added to a surveying practice for sophomore of civil engineering class.

This report will discuss the influence of the method by using Electro-Optical Distance Measuring on educational effect.

1. ま え が き

光波測距儀については近年めざましい進歩をとげ、価格的にも安くなり、測量を行なう会社では光波測距儀のない所はないというほど測量に取り入れられている。私たちの身近な所でもよく見かけようになっている。こういった現状の中で学生の測量実習の中でも光波測距儀の使用法、精度を教えることが必要となっている。本校でも1983年より、第2学年の測量実習に光波測距儀を導入した。

しかし、光波測距儀だけで、距離測量に関するすべてを学生に理解させることもむずかしく、鋼巻尺を使ったときの誤差と光波測距儀を使ったときの誤差には違いがあるため、それぞれの実習を行なうことにより、理解を深めることが必要となる。そこで、1984年に実習した結果をもとに、その効果について考察したい。

2. 本校第2学年の測量実習

2-1 概要

本校の第2学年時では表-1に示すように測量実習のうちでも、基本的な測量が多く、三角測量などの応用的な部分は第3学年に行なっている。

第2学年時の測量実習の基本的な考え方として、まず、学内にいくつかの閉合トラバースを組む。次に距離測量は、その閉合トラバースの測線を鋼巻尺にて測る。

トランシット測量は三角形、四角形の内角測定で、3倍角による反復法を実習、トラバース測量の内角測定へと実習するようになっている。

トラバース測量の測線は距離測量の実習ですで

表-1 2年時 測量実習内容

実 習 内 容	回 数
年間計画・実習に關しての説明及びスライド	1
トランシット測量・距離測量 (クラスを半分に分け2回ずつ実施)	4
トラバース測量	3
平板測量	4
水準測量	3

* 土木工学科 助 手
** 土木工学科 文部技官

に行なっているため、この実習時には閉合トラバースの内角測定他に、光波測距儀による間接距離測量を行なう。そして、光波測距儀による測定結果の最確値を用い、閉合トラバースの調整計算を行なう。

平板測量では、この調整された閉合トラバースを平板に利用し、実習を行なう。

水準測量は閉合トラバースとは別に実習を行なう。

各測量の許容誤差は次のとおりである。また各測量器械の性能を表-2に示す。

距離測量 往復閉合差 1/10000
トランシット測量 $\pm 20'' \sqrt{n}$ nは角数
トラバースの内角 $\pm 20'' \sqrt{n}$ nは角数

表-2 使用器械の性能

チルチングレベル	円形気泡管感度	10"/2mm
	管形気泡管感度	40"/2mm
トランシット	望遠鏡気泡管感度	40"/2mm
	縦横気泡管感度	90"/2mm
	パーニヤ	20"
セオドライト	平盤気泡管感度	100"/2mm
	望遠鏡気泡管感度	40"/2mm
	マイクロ目盛	数字直読 20"
光波測距儀	精度	$\pm (5mm+5ppm)m.s.e$
	表示単位	1mm
	円形気泡管感度	10"/2mm
	托架気泡管感度	30"/2mm
	デジタル形式	数字直読 20"

2-2 距離測量

距離測量は測量を始める前に、まず使用する鋼卷尺(JIS 1級)の特性値を求める。その方法は、比較基線場を設け、国家検定付きの鋼卷尺(JIS 1級)による最確値をもって、各班使用の鋼卷尺の特性値を求める。ただし各班の鋼卷尺の張力や温度による補正は行なわない。

この鋼卷尺を用い閉合トラバースの各測線を往復閉合差1/10000となるように3往復行なう。そして等精度として測線の最確値、確率誤差、精度を求める。1回の実習には各班(2~3人)2測線行なう。その2測線とは4つの閉合トラバース25測線を10班にそれぞれ割当てたものである。それを4回行なう。つまり、同じ測線についてそれぞれ別な班が距離測定をしているため、等精度で求めたその測線の最確値が2~4つ得られる。

(表-3)

光波測距儀の使用はトラバース測量のとき、各班交代で、閉合トラバースの測線を光波測距儀にて6~10回測定し最確値を求めた。各班2測線行なう。

閉合トラバースの調整計算に用いる距離は光波測距儀で求めた値を採用した。これは、学生の測量結果より光波測距儀の方が精度が良いためである。光波測距儀の精度で $\pm 5mm$ 程度の誤差が含まれるものの閉合トラバースとしたときその影響が少なくなる。

閉合トラバースの調整計算は角測量の精度と距

表-3 体育館まわりの閉合トラバースの距離測定結果

×印は 棄却したもの
○印は 4回の中で一番精度のよいもの

各データは上から最確値、確率誤差、精度の分母

測線 回数	1	2	3	4	確率誤差による重み をつけて計算したもの	等精度とし 計算したもの	光波による値
1 - 2	85.9980	85.9905	85.9875	○85.9875	85.9883	85.9885	86.0132
	0.0011	0.0011	0.0011	0.0008	0.0006	0.0017	0.0003
	79000	77000	80000	114000	140000	123000	287000
2 - 3	86.7880	86.7805	86.7780	○86.7838	86.7824	86.7826	86.7920
	0.0008	0.0004	0.0012	0.0005	0.0011	0.0015	0.0002
	111000	207000	70000	182000	78000	58000	434000
3 - 4	67.0120	67.0093	66.9995	○67.0045	67.0049	67.0063	66.9866
	0.0012	0.0010	0.0011	0.0003	0.0009	0.0019	0.0001
	54000	69000	61000	232000	74000	35000	670000
4 - 5	47.1093	×47.1272	○47.1012		47.1039	47.1053	47.1017
	0.0007	0.0006	0.0005		0.0026	0.0027	0.0003
	66000	83000	99000		18000	17000	157000
5 - 6	○78.6090	78.5940	78.5875		78.6026	78.5968	78.5940
	0.0003	0.0009	0.0005		0.0045	0.0043	0.0002
	225000	88000	144000		17000	18000	393000
6 - 1	51.8140	51.8140	×51.8415	○51.8062	51.8100	51.8114	51.8108
	0.0017	0.0008	0.0007	0.0007	0.0019	0.0018	0.0001
	29000	66000	72000	73000	27000	29000	518000

離測量の精度とが、だいたい等しいと考えられるのでコンパス法則でなった。

3. 結果及び考察

一般に距離測量は精度で結果の良否を判断する。表-3は本校体育館のまわりにつくった閉合トラバースの距離測量の結果である。回数の1～4は各班が測定結果を等精度として計算した最確値、確率誤差、精度である。そのあとの数値は、

(1) 1～4のデータに確率誤差により重みをつけ測線の最確値などを計算したもの

(2) 1～4データを等精度とみなし測線の最確値などを計算したもの

(3) 光波測距儀で測定した値より求めた最確値、確率誤差、精度

の3つである。ただし、(1)、(2)については×印のデータを棄却し計算した。(差が10 mm 前後の値を採用したため)

また、精度の比較をするため、

(4) 4つのデータの中で一番精度の良いもの(○印のデータ)

を考えた。

この(1)～(4)を精度で比較すると(3)の光波測距儀が一番精度が良く、(4)の一番精度の良いものそして(1)、(2)と精度が下がっている。光波測距儀は器械的な誤差はあるものの、一定条件で距離を測定するため、数値にばらつきがなく精度が良い。(4)の一番精度の良いものは、各班の測量によるばらつきを考慮していないため、単にその測線だけの精度で見ると良いほうに入る。

(1)と(2)についてはあまり精度に差がない結果となった。(1)の方は、確率誤差の二乗分の1と重さが比例関係にあることを利用し、1～4のデータの確率誤差の小さいもの(精度の良いもの)に重みを多くして計算したもの。(2)は学生の測量技術に差がなく、1～4のデータの精度に違いがあるものの、等精度として扱い計算したもの。つまり、技術的にもそう差がないことがわかる。しかし、精度に対する考え方を学生に教えるうえでは、(1)の方法が良いと思う。

この(1)～(4)で求めた精度はその測線だけの中だけのことだけなので、測線をいくつか組み合わせた閉合トラバースの閉合比で比較してみたい。表-4に4つの閉合トラバースの閉合差と閉合比の計算結果を示す。ただし、角度は同じものを使用した。体育館まわりの閉合トラバースについて

表-4 各閉合トラバースの閉合比

閉合トラバース		観測の閉合差	結果の閉合差	閉合差	閉合比の分母
芝生路まわり	光波測距儀	0.002	-0.002	0.003	124654
	確率誤差	0.012	0.029	0.031	11228
	等精度	0.007	0.025	0.026	13575
	一番良い精度	0.013	-0.015	0.020	17756
体育館まわり	光波測距儀	0.027	-0.014	0.030	13722
	確率誤差	-0.016	-0.007	0.017	23884
	等精度	-0.015	-0.014	0.021	20338
	一番良い精度	-0.018	-0.002	0.018	23032
前庭まわり	光波測距儀	0.001	0.003	0.003	70628
	確率誤差	0.032	-0.010	0.034	6678
	等精度	0.026	-0.001	0.026	8605
	一番良い精度	0.027	0.047	0.054	4128
校舎まわり	光波測距儀	-0.009	-0.025	0.027	24659
	確率誤差	-0.004	-0.001	0.004	159498
	等精度	0.001	-0.010	0.010	65125
	一番良い精度	-0.007	-0.077	0.077	8472

みてみると測線の精度が一番良かった光波測距儀の最確値の組み合わせの閉合比が他よりやや小さかった。しかし、一般にいわれている障害物の少ない平坦地における閉合比1/10000を満たしている。他の閉合トラバースについても、光波測距儀の最確値を使用したものは、比較的閉合比の小さいよい精度となっている。光波測距儀の器械的な誤差はあるものの人為的な不定誤差が少ないことが考えられる。しかし、鋼巻尺の使用のときとはちがい、器械を据付けるときの、致心誤差に注意をしなければ、距離が短いほど誤差の影響が大となる。

閉合トラバース全部を通してみると、ほとんどが閉合比1/10000を満たしている。しかし、前庭まわりにおいては閉合比は悪い結果となっている。ただし光波測距儀のデータを除く。これは、この測線が、交通量の多い、アスファルト道路上の測定のため、距離の短い割に精度の悪い結果となっているためである。この点を除けば、本校実習における閉合トラバースにおいて、光波測距儀、鋼巻尺と測定器具にかかわらず所定の精度が得られていることがわかる。

また、一番精度が良い最確値を組み合せた、閉合トラバースも、閉合比で見ると決して良いほうではなく、むしろ、校舎まわりの閉合トラバースでは、良くない結果となっている。このことは、学生の実習結果が良くても、その実習方法に問題がある場合が大きいことを示している。つまり、1回目測定のデータに近いものを結果にしていくなか、正しく20 mのところに測ピンを打ってないのに、ピン穴を同じにして、測ピンの上部で距離を合わせて、距離を同じ長さにとっていくなどの測量実習をしているためである。

4. ま と め

以上のことをまとめると、

1. 確率誤差による重みをつけた値も等精度とみなして計算することも精度の上であまり差がなく学生の測量技術がほぼ同じであることが分かった。
2. 鋼巻尺を使用すると測ピンを打って測定するときの不定誤差が大きいことが前庭まわりの閉合トラバースでの光波測距儀による値の閉合比と比較してわかった。また、この比較を学生に教えることで鋼巻尺による誤差で何が一番かを理解させるのに効果があった。
3. 鋼巻尺による実習中の誤差と光波測距儀の誤差の違いを習得させるのに有効である。
4. 単に精度が良いだけでは閉合トラバースの閉合比は良くならないということを理解させるのに効果があった。

しかし、光波測距儀が1台と限られているため学生にとっては実習しているというより説明をうけるといった感じがあった。また、卒業後必ず使用する器械ということで学生が光波測距儀で実習することは教育上必要である。つまり、光波測距儀の台数を増すことにより教育効果はさらに向上すると思う。

最後に本稿を書くにあたり御指導いただいた本校土木工学科吉田隆輝助教授、榎谷有三助教授に感謝する次第です。

参 考 文 献

- 1) 長谷川, 大島, 原田, わかり易い土木講座2 測量(I)基礎, 彰国社
- 2) 吉沢孝和, 測量実務必携, オーム社

(昭和59年11月30日受理)