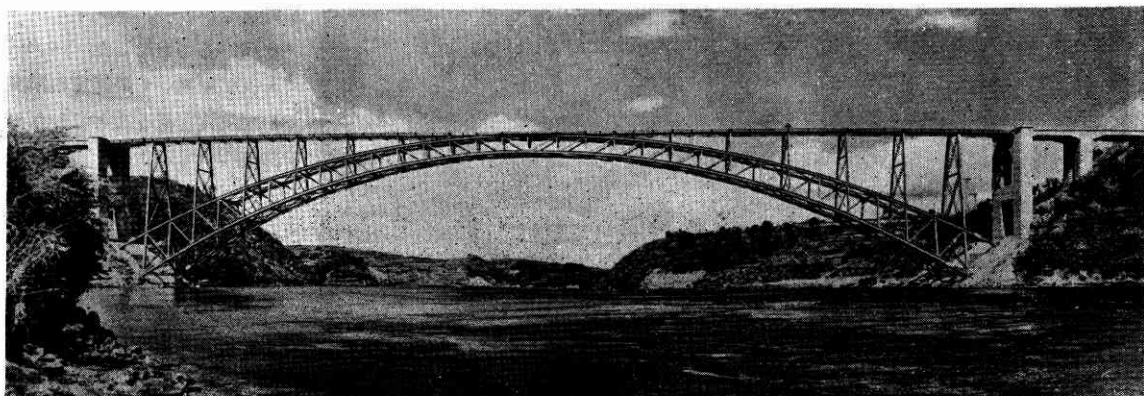


# 西 海 橋 の ス パ ン 測 量

丸 安 隆 和 ・ 大 島 太 市



この報告は、普通に用いられているスチールテープおよび測角器械で、できるだけ精密に間接に距離を測定しようとする場合、どのような方法が用いられ、またどの程度の精度が得られるか、また、河や海によってへだてられた地点の高さの差を、正確に測定するにはどのような方法が用いられるかを説明するためのよい例としてまとめられたものである。

## 1. ま え が き

西海橋は2級国道長崎佐世保線が大村湾の入口を扼する伊ノ浦の瀬戸を通過するために新しく計画架設されたもので、その橋梁総延長は316.26mであるが、その構成は中央径間244mの上路式補助鋼アーチ（内側支間216m）と36.12mの支間を有する鉄骨コンクリート2径間ラーメン2連とからなっている。

その中央径間にあたる固定アーチは、完成後には鋼製の固定アーチとしては世界第3位のものとなる。

この橋の架設には、次のような根本的な問題があった。すなわち、伊ノ浦瀬戸は幅約300m、水深約40m、兩岸は約45°の斜面で海に落ちこんでいる。また、干満の大潮時には、最大潮流は9ノットに及ぶのである。したがって、架設のために海中に支柱を設けることができないので、鋼索の精密な操作によって、カンチレバー式吊出架設法が採用された。

一方この橋梁は固定アーチであること、また温度、応力その他の作用に対して経済的な設計にするために、中央において連結を行う際に、ジャッキによって部材にプレストレスを加えることにしたことなどの理由から、その支間はきわめて精密に測定することを必要としたのである。

なぜなら、実測せられた支間にもとづいて、工場においてアーチが製作されるが、工場における製作誤差はもちろん問題になるとしても、この基本数値としての測量値がどれだけの精度をもつかということは、その誤差

が、完成後の応力に直接関係するだけにきわめて重大であった。

いいかえれば、両端固定ばりにおいて100m支間のところに100.05mのはりを挿入する場合には、5cmのひずみを生ずるだけの応力が必然的に起るわけである。このような理由から、西海橋の製作に先立ってきわめて正確な測量が要求されたのである。

たまたま、この作業を丸安研究室が引受けることになり、兩岸の高低差測量を含めて、昭和28年11月現地測量を実施することになった。本文は、そのときの記録である。

## 2. 測 量 の 計 画

西海橋架設地点は前述のように、兩岸が急斜面であり、測量を行った時期は、写真-1に示すように、両側鉄骨コンクリートラーメン支間が完成した後であったため、アーチ固定部中央点間の距離を測定するには、見通しがきわめて悪く、直接基線から求めることが不可能であったので、第1図に示すような三角網を組み、これによって支間を求めることにした。

この場合、測定結果の精度を維持するため、各三角点で視通の可能な点はすべて視準して角観測を行い、測定結果には四辺形の平均計算を行うことにした。基線を設ける位置として適当な場所がないため、検基線は特別にこれを設けることはせず、両側鉄骨コンクリート橋面上の2区間について直接距離を測定して、計算結果と測定値とを比較してその精度を検することにした。

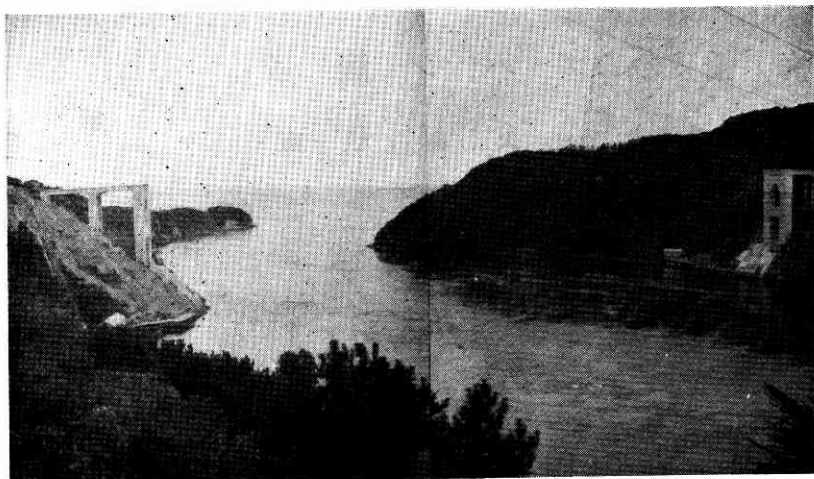
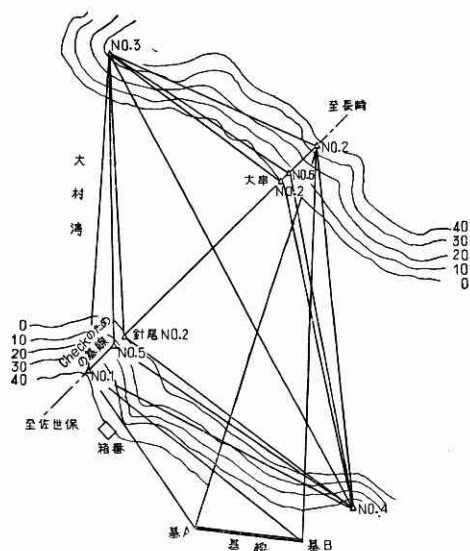


写真 1



第1図 測角計画図

両岸の高低差は渡海水準測量の方法を用いた。

すべて正確な測量を行おうとする場合には、そのときの気象状態を考えなければならない。特にこの測量では瀬戸をこえて観測する機会が多いので、気象の状態の影響をうけることをできるだけ消去するために、非常に多くの観測を行い、その観測値の平均をとることにした。

### 3. 基線測量

基線測量は、いいかえれば、基本となる測点間の距離を、どのようにして正確に測定するか、ということが根本である。地理調査所で行う基本三角測量では、基線測量はインパールワイヤを用いて行われる。インパールはすでに知られているように、温度膨脹係数の非常に小さい（鋼の約1/10）合金である。特に精密な距離測定に膨脹係数の小さいインパールを用いるのは、テープの温度変化を正確に測定することが非常にむずかしいので他の

要素のように、容易に正確な補正を行うことができないからである。

しかし、われわれの作業にはインパールワイヤを用いることができないので、スチールテープを用いることにした。スチールテープを用いて最高度の精度で距離測定を行うことにしたのである。

スチールテープは、市販されるに先立って、通産省中央計量検査所において検定を受けなければならない。この検定は、一

定の温度、張力のもとで基準尺と比較して、許された誤差範囲のものであれば、検定済の証が与えられることになっている。したがって、検定済のテープであっても、決して正しい長さを示すものではなく、検定時の温度、張力および支持方法のもとで、土の許容誤差範囲内の正しい長さを示しているに過ぎない。

しかし、実際に現地で測定する場合、検定時と同じ測定条件を与えることはできないし、また基準尺に対して、許容誤差範囲内にあるとはいえ、これがどのくらいのものであるかは、極めて重要な意味を持っているのである。実際、橋をかけるとき、架設地点の測量に用いたスチールテープと橋梁製作に用いたスチールテープと十と一の誤差があったために、大きい支障をきたしたという事例があるときいている。

したがって、われわれは次のような方法を用いて基線の正しい距離を測定したのである。

まず、現地に出発するに先立って、地理調査所において使用するスチールテープの検査を行った。地理調査所の構内には、基準尺ときわめて正確に比較されたインパールワイヤによって、その実長を測定したテープの検査場がある。ここで現地で測定すると同じ支持方法で、同じ張力を加えて、スチールテープの50mの目盛が実際にはいくらの長さであるか、を測定するのである。温度の影響をなるべく小さくするために、朝まだ日の出る前、夕方日が沈んでから、または曇った日を選んで測定し、テープの温度ができるだけ気温と同じになるようにして、測定の間適当な間隔で気温を測定し、温度補正の規準とするのである。

測定は4群回に分けて行われる。1群回の測定は、約10 ぐらいの読みをとる。1回ごとに目盛を移動する。第1群回の測定が終れば、前端的読者と後端的読者が交替する。これは、読取りにあたっての読者の個人誤差の影響を消すためである。第3群回では、テープを前後端おきかえて測定し、第4群回では、また読者が交替する。

このようにして求めた測定値と、実長とを比較して、そのテープの、その測定条件における、テープの特性値を求めておくのである。

現地における測量は、この比較検査におけると同じ方法を繰返して、定められた 2 点間の距離を測定し、その値に温度補正と特性値の補正を加えるのである。

このようにして約 150 回の測定値から求めた基線長は、第 1 区間  $49.9889\text{m} \pm 0.113\text{mm}$ 、第 2 区間  $49.8897\text{m} \pm 0.361\text{mm}$ 、使用基線長  $99.8886\text{m} \pm 0.378\text{mm}$  であった。 $\pm 0.378\text{mm}$  等は、測定値から求めた中等誤差であって、測定精度を中等誤差に対する比で表わせば、約  $1/250,000$  に相当する。この値は、スチールテープを用いた測定値としては最高度のものであろう。



写真-2 基線測量端点の読みとり  
(先方に 15kg の重りがかけられている)



写真-3 基線の中間支持点

#### 4. 測 角

測角には、スイスのウィルド社製  $1''$  読みのセオドライトを用いた。この器械は(写真-4)普通に用いられている測角機としては最も高い精度のものである。

測角にあたっては、測点に打込んだ杭頭が直接見える場合でも、視準誤差を除くためと、かげろうの影響をのぞくために視準標を立てた(写真-5)。また、地形上地上に器械を据え付けたのでは見通しが得られない点には櫓を組んだ(写真-6)。櫓は、器械をのせる台と観測者の乗る台とは別にして、観測者の位置によって器械



写真-4

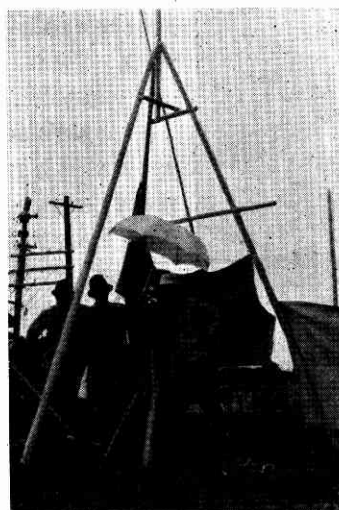


写真-5 測 標



写真-6 測 櫓

の調整が狂うことのないようにしてある。

観測は、方向法観測によって 9 対回 (18 回) の観測を行い、その平均をとった。方向法観測はただ 1 つの角の精度をあげることだけが目的ではなく、1 測点に集まるいくつかの角が同じ程度の正確さで測定されること、したがってどの三角形も同じ正確さで定められることを目標にする。対回ごとに初読をとる目盛位置をかえて、目盛誤差を除き、望遠鏡正反の観測を行うことによって、水平軸、視準軸などセオドライトの器械誤差が除去できるように考慮されている。

観測結果は、三角形の閉塞差、最大  $7.52''$ 、最小  $0.75''$  各四辺形について平均計算を行った後で  $2/1000'' \sim 3/1000''$  となっている。

#### 5. 辺長の計算結果

以上の観測結果から、四辺形ごとに平均計算を行った。四辺形を組んだのは、観測値が、幾何学上から角相互の間で条件

が3つと、また辺長の条件が1つと合計4つの条件が満足されなければならない。このことを利用してより確実性のある値を求めようとしたのである。

辺長計算を行い、両側スパンのコンクリート面上で測定した実測長と計算値とを比較したとき、その差は、4.879mmとなった。この値は、実際に要求された精度を充分満足するものである。

## 6. 水準測量

約300m離れた2点間の水準差を求めることは、普通的水準測量では不可能なことである。それは、標尺の目盛を正確に読みとることはできないし、海面からのぼるかげろうにわざわざいされて、また両標の中間に器械を据



写真-7

付けることができないために生ずる器械誤差のために、とうてい正確な測定ができないのである。したがって、この場合には、これらの影響を消去できるような方法を考えねばならない。これを渡海水準測量とよんでいる。使用する器械はツェイス製1

等水準儀(写真-7), 視準する標尺はインバール板を張ったりツェイス製の標尺、これを両



写真-8

岸測定点に写真-3のように充分頑丈に立てるのである。

気象条件の影響をのぞくため片側から約200回ずつの測定を行い、その平均をとった。約300m離れた点の高低差について両岸から観測した値の差は1/100 ~ 3/100 mm (2地点について行った)

である。

## 7. むすび

この橋はすでに完成している。1でのべたように、特にスパン長の正確さが要求されている反面、橋梁製作上にも正確さが必要である。このため、橋梁製作に用いたスチールテープは、すべてスパン測量に用いたテープと同じ場所で、同じ方法で比較してその特性値を求めて使用された。

これを含む諸般の慎重な作業計画によって、世界第3位を誇る大橋梁がすでになんらの事故もなく完成していることは、誠によろこばしいことである。

この貴重な測量作業に従事する機会を与えられた恩師名誉教授田中豊博士のご好意に深く謝意を表する次第である。(1955. 9. 7)

正誤表 (10月号)

頁	段	行	種別	正	誤
目次			表題	ゲルマニウムの精製	ゲルマニウムの製精
1	右	下5	本文	Cl <sup>-</sup> は0.5353 E/kg	Cl <sup>-</sup> は0.4590 E/Kg
2	左		第2表	0.00003 (Agの項)	0.0003
3	右	下15	本文	RHCO <sub>3</sub>	PHCO <sub>3</sub>
9	左	最下	凸版	RCOH+CH <sub>3</sub> - $\overset{\text{C}}{\underset{\text{CH}_2\text{OH}}{\text{C}}}$	RCOH+CH <sub>2</sub> - $\overset{\text{C}}{\underset{\text{CH}_2\text{OH}}{\text{C}}}$
10	左	18		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH(OH)CH(NO <sub>2</sub> )CH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH(OH)CH(NO <sub>2</sub> )CH <sub>3</sub>
11	左	下1	"	遅延回路	遅回路
"	右	上8	"	遅回路に	遅に
12	右	下3	"	# 2端子	2端子
15			第1図	還元温度(1図のC)	還元温
21	"	下3	本文	しかもその	しかももの
22	左		第1図	曲線	曲協
"	右	下10	本文	酸化状態によって	酸化状態って
23	左	下23	"	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
"	"	下20	"	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>
"	右	上4	"	計数することに	計数することに
"	"	上5	"	端子1には、T <sub>2</sub> に入る	端子1には、T <sub>1</sub> に入る
24			通し頁	260	(脱落)
"			奥付	9月25日	8月25日

## 次号予告 (12月号)

### 研究解説

金相電子顕微鏡.....谷 安 正

β-アルミ青銅の恒温変態中に表われる組織について.....西川 精一  
片桐 文江

クロームメッキ面.....松永 正久  
萩生田善明  
鈴木 登

### 海外事情

カナダの原子力事情.....末岡 清市

### 研究速報

活性炭による沃素の吸着の速度.....福田 義民  
河添邦太郎  
——接触濾過法による基礎理論——.....趙 容 達

ハロゲン化銀の焼出しコロイド状銀粒子の電子顕微鏡観察.....神山賢太郎  
鈴木 登

ゼラチン硬膜チューブの膨潤度および軟化度の測定.....吉永 忠司  
吉川 新一  
勝又 重則