

京都大学工学部 正員 森 忠次
 正員 大塚岩男
 正員 岡本 厚

1. 概要

近鉄大阪線稲荷山トンネルの改修工事を行なうにあたって、まず最初にトンネル断面の迅速測量を実施する必要がある。その測量方法としては、断面測定器による方法、単写真による方法、立体写真を用いる方法などが考えられるが、もっとも簡単に実施できる方法として、単写真を用いる方法が採用された。

その測量原理は、トンネルの中心線に直角な断面を薄い光面で照明し、これを直角な方向から撮影する。得られた断面線の像から必要な諸量（断面寸法、形状など）を求めるというものである。正しい写真縮尺を求めるためには、断面の位置より写真撮影点までの距離を精密に測定し、撮影カメラの画面距離（検定された値）とこれとの比を計算すれば“よいが”、ここでは間隔既知のターゲットを撮影断面内に並列配置し、これを同時に撮影して写真縮尺を決定するとともに、さらに中心杭やレールなどにもターゲットを置き、基準の位置や高さが写真上で判別できるようにした。

2. 測定方法

2-1. 写真機

写真経緯儀としてはウィルド社製 P30 を使用した。これを便宜上測量断面より 20m 離れた中心杭の上に設置し、断面に直角に撮影方向をとった。P30 の諸元 および撮影状態は表-1、および図-1 に示されており、写真縮尺は約 1:120 であった。

表-1: P30 の諸元

レンズ口径比	F/12
画面距離	165.07 mm
乾板寸法	100×150 mm ²
トランシット	1 秒読み

断面測量の許容誤差を $\pm 5\text{mm}$ と決定したが、これは写真乾板上で約 $\pm 40\mu\text{m}$ にあたるから、通常の精密写真測量の場合に写真乾板上に現われる誤差 $\pm 5\mu\text{m}$ よりもはるかに大きな誤差が許容される。個々の誤差要因について実物で 1mm の誤差を及ぼすものを検討したが、検定されたカメラを使用した場合、歪曲収差、撮影方向のずれなどについて補正の必要がないことがわかった。

図-1: P30 によるトンネル断面撮影状態

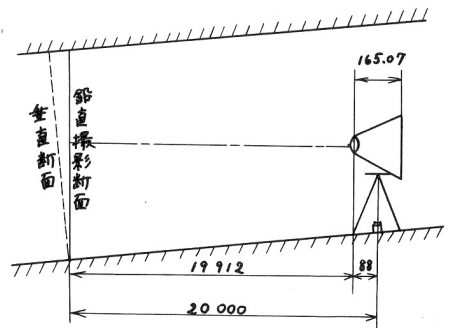
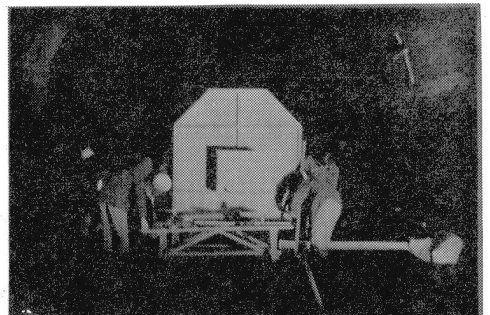


写真-1: 光投影装置据えつけの光景



2-2. 光投影装置

照明断面の幅をせまくすれば、測定精度が向上するが、断面の凸凹によって写真に写らない部分が生じたり、またその場合光量を充分にすることが技術的に困難であったりするので、適当な幅として、6~10^{cm}を選んだ。装置としては1KWの水銀燈を1.8×1.8^mの遮光板で挟み、その間隙から出る光で測定断面を照明するようにした(興村組製作)。写真-1はこの光投影装置を据えつけ中の光景である。

2-3. 写真撮影と解析

光投影装置を据えつけた後、測定断面を約7分の露出時間でもって撮影した。断面照明幅を10^{cm}とすると、断面幅の写真像は計算上約0.18^{mm}となるが、得られた記録では種々の影響で0.15~0.40^{mm}であった。この写真を単眼コンパレーター(1/1000^{mm}読み)にかけて、撮影された断面、基準点などを測定した。断面上での測定点の選択については、トンネルの下部では、標高50^{cm}ごとに、トンネルの上部では弧長が長くなるので25^{cm}ごとに測定点をとった。図-2は標準的なトンネル断面の断面寸法、基準点位置などを示しており、写真-2は撮影された断面像を示している。

図-2：標準的トンネル断面(断面寸法、基準点)

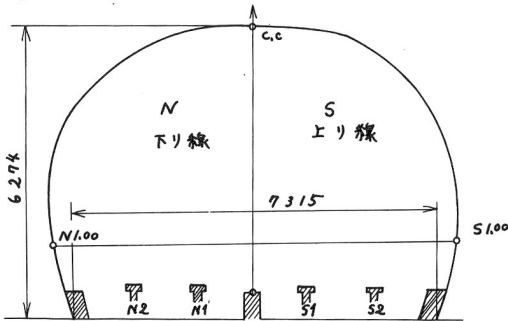
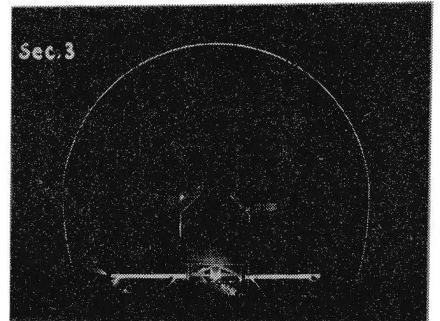


写真-2：標準的断面写真像



3. 測定結果

単眼コンパレーターによる写真像の測定では、2回観測を行ない、その平均値を採用することにした。最初まず5個の基準点座標を読み取り、それらを使って個々の断面について、写真縮尺を計算した。得られた写真縮尺を全断面について平均値で表わすと1:120.41であった。観測点について、2回観測の平均値の平均2乗誤差 σ を計算してみると表-2のようになる。つぎに、写真縮尺を決定するために使用した基準点の間隔について、その実測値と写真測量値との距離の差の2乗平均を示すと表-3の様な結果が得られた。

表-2：写真観測点の2回観測の平均値の平均2乗誤差 σ

点	写真上での σ ^{mm}	実物での σ ^{mm}	備考
基準点	±0.0025	±0.30	35点のX,Y座標使用
断面点	±0.0035	±0.42	70点のX座標使用

表-3：各基準点間隔についてその実測値と写真測量値との距離の差の2乗平均

区 間	2乗平均(mm)	精度=2乗平均/距離
CENTER ~ N ₂	3.7	0.0015
CENTER ~ S ₂	2.7	0.0011
N ₂ ~ S ₂	4.7	0.0009
N1.00 ~ S1.00	8.4	0.0011
全 平 均	5.3	