

航空写真測量および電子計算の道路計画 および設計への利用

—スウェーデンの実績—

Carl-Odolf Ternryd*

1. はじめに

写真測量と電子計算技術を利用して、道路の計画および設計を行なう近代的手法の開発はスウェーデンにおいては約 10 年前に始まった。

この開発の成果は、現在すでに実作業として広く取り入れられている。この方法の開発に際して、われわれは単純でしかも論理的な方法を作り出すことが最も大切であると考えた。土木技術者が、航空写真測量および電子計算機の利用を新しい手段であると感じると同時に、一方複雑な方法であると感じるようなものであってはならなかった。スウェーデンの道路計画および設計は、24 の地方建設局で行なわれている。したがってこの方法を用いるに当っては、写真測量および電子計算における専門家の必要を最小限にするように考慮が払われねばならなかった。航空写真は、地方の土木技術者に自由に利用されねばならなかったので、使用する装置は可能な限り簡単なものであることが必要であった。

道路の計画および設計への写真測量および電子計算の利用についてのわれわれの成果は、きわめて素晴らしいものであった。技術者の数を増やすことなしに、設計能力は 2 倍以上に増やすことができた。設計成果の質は、根本的に改善された。このことは設計能力の量的な増大より以上に重要なものといえる。この新しい方法を導入し浸透させるのはきわめて困難な仕事であったが、系統的な計画により、その導入を行ない、現在においてはすべての技術者たちが、写真測量および電子計算を、すべての計画、設計作業において、真の手足として受け入れているのである。

*スウェーデン道路局技官で、スウェーデンの道路 20 年計画遂行に当って、航空写真測量および電子計算を道路設計作業に導入するに中心的役割を果たした。その新しい方法の確立に成功した経験を買われ、その後、メキシコにおける道路計画のコンサルテーションにたずさわっている。

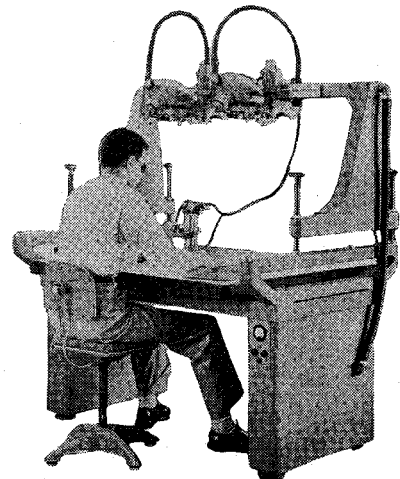
この方法の原理は、すでに国際写真測量学会において報告したので、ここではその詳細についての議論は行わないことにする。ここでは、主としてわれわれのこの 10 年間の経験を紹介することにする。

2. 写真測量

スウェーデンにおいては、国家基本図はまだ、道路計画および設計の各段階の作業に十分な質を有していない。このことは道路の設計作業の過程をいくぶん複雑にしている。しかしながら、5~7 年を周期にして 4600 m の高度より全国の撮影が行なわれている。この航空写真をバルプレックスを用いて標定し、縮尺 1/10000 の光学モデルがつくられる。

このバルプレックスによるモデルは、反射実体鏡によるモデルとともに、初期の路線選定段階では十分な情報を提供してくれるものである。技術者は地形図を作製することなく、10 km×6 km の範囲をバルプレックスでの

写真-1 スウェーデンで道路計画に広く使われる図化機械 Balplex



モデルを観察することにより調査することができるし、またその全域にわたって非常に良好な測量をいつでも行なうことができ、必要に応じて標高を求めることができる。同時に、また反射実体鏡を用いての写真判読により、十分な精度で地質に関する情報をも得ている。これらの結果は、縮尺 1/13 000 の簡単な地図をつくり、その上に記入される。

第二段階、すなわち予備設計の段階では、まず 2 000 m の高度より縮尺 1/13 000 の写真が、さきの路線選定の

写真-2 ジオデメーター

測定点間の距離を光波によって測定する装置で電波を用いる、テルロメーターと比較して、短かい距離に使用できるので普通のトラバース測量に便利である。

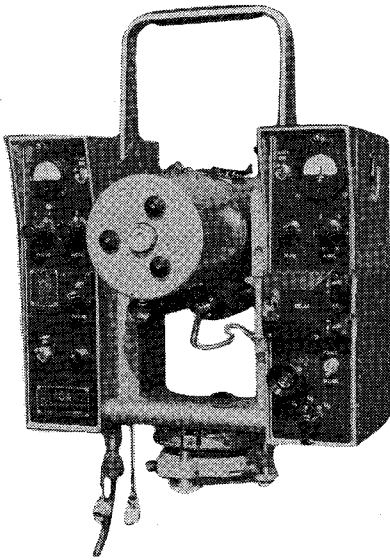
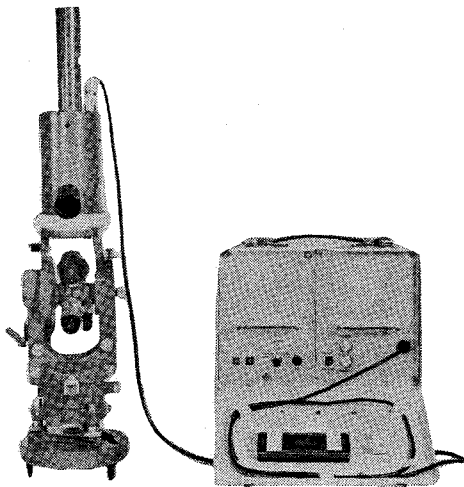


写真-3 ウィルド製・真北測定用ジャイロ付属経緯儀 GAK 1 付加装置を、ウィルド製経緯儀の上に装置するだけで約 2 分間で観測される視準方向を真北方向にむけることができる。



段階で選定された帯状の区域について撮影される。写真撮影に先だって、この帯状区域の中にトラバース測量がなされ、各トラバース点に対高標識が設置せられる。この点は写真標定に際して、地上平面基準点として用いられる。われわれの経験によれば、最も適当なトラバース辺長は 800 ないし 1 000 m である。距離測量にはジオデメーターが用いられ、角測定のチェックにはジャイロスコープ セオドライトが用いられる。高さの地上基準点は、水準測量、三角水準測量、気圧水準測量等により測量され、設置される。現在新しい形の気圧水準儀が利用されはじめている。

この航空写真は、バルプレックスで標定される。この場合描画台は、写真モデルの平均標高の所まで油圧リフトによって動かされる。この段階の設計にバルプレックスを使うのは、つぎの二つの理由のためである。まず、器械は簡単に使用でき、したがって設計技術者はモノステレオオペレーターを助手に使えば、写真測量に関するわずかな講習を受けただけで、たやすくその器械を用いて仕事をすることができる。さらに、描画台をモデルの平均標高の高さまで高めることにより、設計技師はステレオモデルの中で直接に路線を選定することができ、またこれと同時にモデルの全域で良好な測量が可能である。数人の設計技師は一つのモデルを一緒に観察し、いくつかの比較路線について議論をすることができる。このことは設計結果の質の改善、すなわちよりよい設計を行なう上に非常に役立つのである。そして最後には最も良い路線だけを選び出し、路線に影響をおよぼす、あるいは路線に影響を受ける各種地物の詳細な平面位置を図化する。

モデルの縮尺は 1/4 000 である。この方法を採用することにより、写真測量なる技術を直接設計事務所の中にもち込むことが可能になり、不必要でしかも時間のかかる図化作業の大部分を省略することができたのである。

各比較路線の工費は、電子計算機により計算される。最適な路線についてのみ、数百メートルの幅で正確な地形図が、この同じ写真を用いてウィルド A-8 のような精密実体図化機により作製される。この地形図の縮尺は 1/2 000、等高線間隔は 1~2 m である。

このような手段を経たのち、道路中心線は地形に正確にあうようにこの地形図の上で調整される。

3. 電子計算

非常に多くの量の計算が各段階の設計に必要であるが、今日においては、これらの計算のすべては電子計算機によってなされている。現在スウェーデンの道路局で用いられている電子計算機は SAAB D-21 で、これは

スウェーデン製の中型計算機である。この電子計算機の容量は、道路設計の大部分の問題に対しては十分である。入力には、カードまたはテープが使えるが、われわれは紙テープの方を用いている。出力は1250行/分の速度で、印字あるいは磁気テープへの書き出し、あるいは紙テープへのパンチのどれかで得られる。紙テープへの出力は、ラインプロッターを制御するデータを得るのに用いられる。このラインプロッターは、オフラインで使われているのである。

写真測量の基準点計算を含むすべての測量計算も、電子計算機によって行なわれる。トラバース測量の計算プログラムでは、トラバース点がラインプロッターにより自動的に紙の上にプロットされるようになっている。これは、写真測量の標定基準点としてただちに使えるようにするためである。

土量計算のプログラムは、標準土工断面がパラメータとして与えられるようになっており、また、地形データは従来の地上測量法により得られた横断面、縦断面としても、写真測量法によって得たデータとして与えても計算できるように作られている。数値地形モデルdigital terrain modelも、また用いることができる*。

平面線形、縦断線形の計算プログラムにおいては、線形の種々の要素の組み合わせに考慮を払われており、インターチェンジ等における複雑な線形の計算が、一つのステップでできるようになっている。出力データは紙テープにパンチして得られ、これをラインプロッターに入力すると、計算結果の図解的表現がただちにできるようになっている。このように数値で表わされた計算結果とともに、図解的に示された結果が得られるということは、設計方法の発展の上で一つの大きな前進であるといえる。

電子計算機とラインプロッター等の組み合わせは道路の透視図の作製にも用いられている。入出データは土量計算の入力データ、および平面および縦断線形計算の出力データである。これらのデータのほかに透視図を画きたい視点の追加距離と透視図の視準方向とが与えられる。ラインプロッターにより描かれる透視図は道路面とともに周囲の地形をも含めたものである。近い将来には、周囲の家や森林等も同時に描かれるようになると思われる。透視図を土量計算その他のデータと同時に使うことにより、設計技師は工費の比較だけでなく、審美的な問題、あるいは交通工学的問題を有効に取扱うことができる。このことは設計の成果の質を向上させる上で、特に重要なことである。

中心線の杭設置のために、こまかなトラバース点が設けられ測量がなされる。辺長は200~300mであり、ジオディメーターで測定される。これらのトラバース点

は、航空写真撮影に際して設けられた主トラバース点に結合される。中心杭設置のためのデータは、電子計算機によって計算され、5通りの表わし方で示される。これは現地での測量班が、常に現地の状況に応じた最も都合のよい方法を探ることができるようにするためである。

電子計算機は、交通解析や予測その他の計算にも用いられる。近年、交通量測定のために新しい装置が開発された。それは測定結果を自動的にせん孔テープにパンチするものであって、このテープが直接電子計算機の入力として使われ、読み違いがなくされる。通過車両の軸数を数えるのみでなく、それを種々のグループやタイプに分類することのできる新しい交通量測定装置が最近開発された。この測定結果も自動的にテープにパンチされる。この交通量の分類は、たまたし重量ごとのキャリブレーションができるなら、運輸量のに関する情報を提供し得るものとなる。

電子計算と自動製図の組み合わせは現在、橋梁設計についても研究中である。今日、ほとんどすべての橋梁設計計算は、電子計算機によって行なわれているが、その製図は今なお人手によって行なわれている。しかし、製図の大部分は迅速で正確なラインプロッターによっておき換えることができる。この面での自動化は、現在われわれの新たな研究開発の中で最優先と与えられている。

4. 詳細設計

詳細設計段階においても、航空写真測量および電子計算は能率的な作業のために大きな威力を発揮する。スウェーデンにおける写真測量的手法については、すでに報告したの*で、ここでは割愛する。

数値地形モデルの応用は、インターチェンジの設計にきわめて有効である。複雑なインターチェンジにおける横断面の測定は、非常に多くの時間を要するものであるからである。この新しい方法では、地形は電子計算機の記憶装置に貯えられ、道路の横断面や縦断面はこれから内挿して求められる。

先に述べた土工量計算のプログラムは、非常に柔軟性に富むようできており、詳細設計においても十分使えるようになっている。これはまた道路横断面図の自動製図プログラムと組み合わせられる。このプログラムには、また施工に際しての路体の設置量の計算プログラムや運土計算のプログラムもつなぎ合わされるようになっている。かくして土工量計算の入力データは、使用される建設機械の費用-能力の関係に関する情報でもって完了する。出力は種々の土工材料の最適運搬計画を与え

* Proceeding of International Society of Photogrammetry Tokyo, 1966

る。このプログラムは現在ルーチン作業に用いられている。しかし、なおいっそうの改良を行なうべく努力が払われている。

毎年、道路の計画および設計のために 2000 m から 800~1000 m の撮影高度で、約 5000 枚の航空写真が撮影されている。写真撮影は、国の機関すなわち、地理測量局によってウィルド社、またはツァイス社によって製作されたカメラを用いて行なわれている。道路局は 20 のバルプレックス、および 6 台のウィルド A-8 を持ち、これを各地方建設局に配備している。詳細な地形図図化の仕事の約 50% は民間会社が行なっている。計算は中央の計算センターでまとめて行なわれるが、そのデータのパンチは各地方局で行なわれる。データの伝送方式の確立については、目下開発中である。また、ラインプロッターは、ストックホルムの中央局におかれている。このプロッターは、Essi-Arith 製であり、ノルウェーとドイツの共同開発によるものである。

5. 結 び

スウェーデンにおける写真測量と電子計算の道路設計

への応用の実績は、きわめてすばらしいものであった。はじめに述べたように、この方法は簡単なしかも論理的なものでなければならないということは、設計作業を複雑にしないために不可欠なことであった。ここで開発された方法では、データを取り、それを改変し、そして新たな情報を提供をするというルーチンな作業に特に意を用いた。真の技術的な仕事である技術的判断ということには手をつけなかったが、これはわれわれが現段階においては道路設計の全自動化が可能であるとは信じなかったためである。

それゆえ開発の努力を特に情報を取り、それを改変するというシステムの改良に集中することがより賢明なやり方であると思われる。技術者は適切な技術的判断力を養うことのために、長年月にわたり教育を受けてきた。そしてもし彼らが多く時間を必要とするルーチン作業から解放されるならば、その教育の成果を十分にその仕事の中に利用することができるようになり、設計の質は大きく改善されてゆくであろう。

(正会員 工博 中村英夫・訳)

コンクリートパンフレット

78号 生コンの正しい使い方

(新刊)

本書は、主として生コンの使用者側を対象として、生コンに関する諸規定を紹介するとともに、工事現場での生コンの使用上の注意、また正しい使用方法などその要点を述べたもので、施工業者や工事監理者また生コン業者にとって好個の手引書といえよう。

建設省建築研究所 第4研究部長
工学博士 亀田泰弘氏執筆
A5判 120ページ 200円 70円

77号 東海道新幹線のコンクリート構造物

河野通之氏) 執筆
松本嘉司氏)

A5判 100ページ 150円 70円

最高時速 250 km に対して設計された東海道新幹線のコンクリート構造物、とくに橋りょう、高架橋の設計、施工につきわかりやすく解説したもの。

好評発売中!! 昭和41年度版



セメント技術年報 XX

B5判, 574ページ

価 1300円, 7150円

~昨年5月に開催の第20回セメント技術大会におけるセメントおよびコンクリートに関する研究発表論文集~

月刊誌 セメントコンクリート

1部 50円, 予約1年 960円, 6ヵ月 480円 7共

セメント技術年報・英文梗概

昭和33~37年度版 各 1,000円 B5判

昭和38年(1963年)版 1,500円 100~200ページ

昭和39~40年度版 各 1,600円 送料 100円

発売中 本邦セメント工場・セメント包装工場分布図

A全判
価100円 730円

社団法人 セメント協会 事業部

東京都港区赤坂7丁目5番5号 セメント協会研究所内
振替東京196803 (加入者名セメント協会) 電話(583)8541(代)