

航空写真と電子計算機による道路路線の計画および設計の一方法について

丸 安 隆 和・中 村 英 夫

道路路線の選定から設計に至るまでの作業は、きわめて繁雑なものである。しかもその作業のうちの多くは至って単調なものであり、これに数少ない道路技術者の時間と労力を費すことは得策ではない。そこで、われわれは航空写真に撮影された地形をそのままデジタル化し、これを用いて道路の計画および設計の作業を電子計算機により迅速に行なうことを試みた。この論文は、その方法について概略を解説するものである。

1. ま え が き

近年道路に対する一般社会の要望はますます多くなり、新しい道路の建設が各所に計画されている。しかもその道路の規模はきわめて大きくなり、道路の調査設計に当たる技術者の数はその要求を満たすには不足しがちな状況になってきている。そのためにこのほう大な調査設計業務を迅速にさばくことのできる新しい方法を開発することが焦眉の問題となっている。この研究はこれらの要求を満たすために、航空写真で得た情報を電子計算機により処理することによって、道路の計画および設計を正確かつ迅速に行なう方法を開発する目的で行なわれたもので、一応その実用化への目安がついたのでその構想と概要を報告することにした。

なお道路の路線設計は従来より、まず概略の路線を想定し、その経済性を検討するいわゆる計画設計と最終的に決定した路線について細部にわたって設計する実施設計との二段階を踏むのが一般であるので、新しく開発しようとする方法もこの二段階に分けて考えるのが適当であり、この研究もその方針に従って行なわれている。

設計条件その他は名神高速道路の基準を参考とした。

2. 道路の計画設計

(1) 航空写真の撮影

道路の計画設計には従来から 1/5000 地形図が用いられているが、この段階においては、その目的からみて、この程度の地形図で十分であると考えられる。したがって航空写真を用いる場合には、縮尺 1/5000 をつくるのに、普通適当と考えられている写真縮尺 1/14000 程度の航空写真を用いればよいと考えられる。

ついで道路のおよその予定コースに沿って撮影飛行コースを定める。撮影コース内には標定のための基準点を設けておかなければならない。基準点としては既設の三角点、水準点だけでは十分でないので、地上測量によりこれを増設し対空標識を設けておくことが必要である。基準点の配置は各コースの最初のモデルに 4 点以上、最

後のモデルに 3 点以上、中間に 4~5 モデルごとに 1 点程度とする。しかし後にのべる解析航空三角測量を行なう場合には、このような配置にこだわる必要はない。道路の通過予定コースが直線に近い場合は、撮影は 1 コースだけでよいが、通過予定コースが大きく屈曲する場合には 2 コース以上となる。その場合はコース間の調整を考慮に入れて標定基準点を配置する必要がある。

(2) 航空三角測量および図化

撮影された写真で実体写真測量を行なうためには、各モデル内に最小限 3 点の標定点が必要である。この点の位置と高さを地上測量によって測定することは、時間的、経済的に非常に困難である。そこであらかじめ現地測量により求めておいたコース内の標定点を基準にして航空三角測量を行ない、各モデル中に標定点を増設する。航空三角測量は従来一級図化機を用いて機械の中で各モデルを接続して行なわれるのが普通であったが、最近ではこれを解析的に行なう方法が世界各国で研究され実用化されつつある。本研究では上谷良吉氏の開発された方法により解析航空三角測量を行ない標定点を増設した。この方法についてここで詳しく述べることは止めるが要するに機械法でのいわゆる相互標定、接続標定、対地標定等を立体座標軸の回転の問題として取り扱い、各軸のまわりの回転を基準点の測地座標値を用いて計算し、増設する各標定点の測地座標値を求めるのである。この計算はきわめて複雑であるので電子計算機を用いなければ不可能であるが、電子計算機の力をかりて解析法で行なえば従来の機械法で行なうよりも時間的にまた経済的にずっと得策であり、精度的にもすぐれた結果が得られる。

標定点が求めれば、これによって航空写真を図化機に標定し、各モデルの図化を行なう。この際の図化の精度は経験的に飛行高度のおよそ 1/2000~1/3000 程度であるといわれている。したがって今の場合 $\pm 1\text{m}$ 程度の誤差範囲内にあると考えられる。

(3) 路線選定

出来上がった 1/5000 地形図上で路線の中心線を数本図上選定する。この際中心線は地形、地質、工事量、工

作物、用地等の諸条件を勘案しつつ描かれることはいうまでもない。曲線半径および曲線の始終点 (B.C, E.C) の平面座標値を図上で測定して記入する。考えられる比較路線は、できるだけ多くとっておいて一向に差し支えない。

(4) 数値地形図

従来の道路路線設計の方法では、ある決められた中心線上に等間隔に測点を設け、その測点上およびその測点において中心線に直交する直線上のいくつかの点の高さを地形図上より読みとって計画道路の縦断図、横断図を作製してきた。しかしこの方法では道路の中心線を動かして比較設計をするのに極めて手数がかかり繁雑となるので、多くの比較路線を作って、それらを比較検討することがおろそかになりがちであった。そこで本研究では各路線ごとに縦横断標高を測定するのではなく、ある範囲にわたって地形全面を計算機に記憶させ、それより任意の路線について縦横断標高を求める方法を考えた。われわれはこれを数値地形図 numerical topographic map または数値地形モデル digital terrain model と呼ぶことにする。

数値地形図は航空写真を図化機で実体測量し、これより求めた各点の立体座標値をテープに記録すればよい。この研究で行なった作業方法は航空写真を図化機にかけ、これを標定しさらに図化縮尺が 1/3000 となるように機械を調整したのち描画台に 1cm 間隔の格子板をおきその格子の交点へ描画機の望遠鏡を合わせ、その点の標高を測定した。

格子板の間隔 1cm は地上では 30m に当たるこのグリッドは局地的な直交座標系であり、この交点に付された番号はその点の平面座標値を示すようにした。したがってテープには交点の番号と標高値を穿孔しておけば、これがその点の立体座標値となって記録されるのである。テープにはさらに測地座標値が既知である 2 点以上の点についてその格子座標値を求め記録しておく。これは将来各点の測地座標値が必要となる時に格子座標系を測地座標系にヘルマート変換する際の基準点とするためである。

グリッド交点の標高値測定には作業の能率を上げるため、プロフィールスコープを使用した。一度に測定する範囲としては、考えられる路線通過予定地すべてを網羅する必要があるが、使用した電子計算機 NEAC 2203 の記憶容量の関係もあり、グリッド交点数にして路線に平な方向に 100 点、直角な方向に 15 点とした。これは地上ではそれぞれ 3000m, 450m に当たる。

(5) 平面曲線

今回の場合計画設計の段階では、平面曲線は単純に直線と円曲線だけの組合せとし、緩和曲線は考慮に入れなかった。そこで計算機に与えるデータは計画道路の始点

の杆程、直線曲線の別、B.C, E.C の概略の平面座標値、円曲線の回転方向である。そのとき計算機に行なわせる計算の順序はつぎのようになる。

- 1) 接線の交点 I.P の座標値
- 2) I.P における接線の交角 I.A, 接線長 T.L
- 3) 円曲線半径 R
- 4) B.C, E.C の杆程
- 5) 中間測点 (50m 間隔) の杆程および平面座標値
- 6) 各測点における法線の方位角

ただこの計算で求められた円曲線半径 R はラウンドナンバーではない。これは必ずしもラウンドな数になる必要はないが、従来の慣習を尊重するならば上に求めた R をそれに近いラウンドな数に改め再び T.L を求め、B.C, E.C の座標値を求め直せばよい。この過程は計算機が自動的に行なうようプログラムを作製した。

以上の計算結果は計算機よりタイプされ同時にテープに穿孔される。

(6) 縦断図

上の計算の結果テープに記録された各測点の平面座標値を計算機に与え、あらかじめ計算機に記憶させてある数値地形から各測点の地盤高さを内挿法で計算する。その順序はつぎのようである。

1) 測地座標値および格子座標値がともに既知である二点以上の基準点を用いて、各測点の測地座標値を格子座標値にヘルマート変換する。

2) 格子座標系 (x, y) で示された測点 P の地盤高さを格子交点の標高値から求める。すなわち P(x, y) をとり囲む格子の四つの交点 P_A(x_A, y_A, z_A), P_B(x_B, y_B, z_B), P_C(x_C, y_C, z_C), P_D(x_D, y_D, z_D) を選び出し、そのうちの 3 点を通る平面を四つ求める。測点 P の標高 z をこれらの 4 平面上にある点の平均値として求める。これを式で示せば P_A, P_B, P_C を通る平面上では

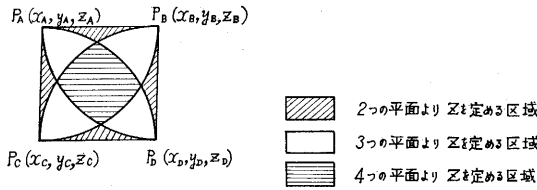
$$\begin{vmatrix} x & y & z_1 & 1 \\ x_A & y_A & z_A & 1 \\ x_B & y_B & z_B & 1 \\ x_C & y_C & z_C & 1 \end{vmatrix} = 0$$

として z₁ が定まる。したがって 4 平面より同様にして z₂, z₃, z₄ を求めると測点 P の標高値 z は

$$z = \frac{1}{n} \sum z_i$$

として得られる。

ただこの場合、四つの格子交点のつくる正方形の隅部に P 点がある場合、地形が平坦で様な勾配でなく、ねじれた面であったり不連続であったりすると、z_i の値が実際の地形上の点の標高値とはかなり違ったものとなる。そのため隣接する三つの格子交点より定められる平面の範囲を第 1 図のような 4 分円とし測点 P がこの範囲外にあるときは、この平面より z_i は求めないよう



第1図 格子内の点の高さの内挿法

にした。したがって測点 P の位置によって、 P の標高値 z は二つないし四つの平面によっておのおの求められた z_i の平均値として定めるのである。

以上のようにして B, C, E, C および各中間測点の標高値が求められるとこの数値はその点の杆程とともにタイプされる。

この数値を縦断面に展開し、計画縦断線を工事数量、工作物、用地、関係する河川、鉄道、道路等を考慮しながら描き入れる。これにより計画道路始点の計画高、縦断勾配、縦断勾配の変化点の杆程、縦断曲線半径を求め、計算機により各測点の計画高さを計算し、さらに地盤高と計画高の差すなわち中心線上における盛土高、切土高を計算し、これらをタイプする。

(7) 横断面

各測点ごとに横断高さを中心線より間隔 10m で左右へ5点ずつすなわち 100m 幅にわたって求める。これは中心線測点の平面座標値 (XY) とその点での法線の方位角より横断面上の各点の測地座標値を求め、これを格子座標系へ変換した後、前記の方法でその地盤高を求める。ついで道路計画面を x 軸、道路中心線を通り鉛直方向へ向かう直線を z 軸、とする平面座標系を考え、これに上で求めた横断測点の座標を変換する。

計画道路面には横断勾配は考慮に入れない。したがって道路幅員、法勾配、側溝幅を与えれば計画横断面の形状を決めることができる。これは折線状に示される地盤面と法面および路面を示す直線との交点として、その (x, z) 座標を求めることになる。

(8) 工事数量算定

工事数量として次の各項を計算した。

1) 土工量

各測点ごとに盛土、切土面積を計算し、これより二つの測点間の土量を計算する。また土の圧縮係数を与えて、これにより補正した土量も計算する。これは運土計画を建てる場合の基礎資料になる。

2) 法長および法面積

法面の長さを各横断面ごとに求めさらに2測点間の法面積を切土、盛土の別ごとに算出する。これは法面防護上の数量算定の基礎となる。

3) 用地幅および用地面積

用地幅としては工事区域より左右それぞれ 1m ずつの余裕を加えたものとして求める。さらに2測点間の用

地面積をこれより算出する。

本研究で今回試験的に計算してみたのは、上記の数量であるが、その他路床工、舗装、側溝等の数量算定も同様にして直ちに行なうことができる。

以上のようにして数本の計画路線についての諸計算が終われば、この計算結果をもとにしてさらにその他の条件を勘案し最適路線を決定する。

3. 道路の実施設計

実施設計においてもその方法は、これまで述べた計画設計の場合とほぼ同じである。ただ、この場合、その精度についてさらに高いものが要求され、また細部にわたる計算が必要となる。

ここで従来行なわれてきた地上での路線測量の精度をふり返ってみると、その中心線測量については極めて高い精度を要求してきた。したがって縦断高さも比較的正確なものであった。しかし実際に数量算定の基礎となるべき横断測量においては、水準測量そのものがかなり不正確な方法をとることが多く、また中心線に対する法線方向の測定が正しくないために平面位置に誤差が生じていたりする場合が少なくなかったといえる。

航空写真測量は確かにその精度——特に高さ測定の精度において精密に行なった地上測量より幾分劣るかも知れない。しかし上のような事実を考慮すると航空写真測量により路線測量を行なっても、その方法さえ適切であれば、その結果においては地上測量による場合と比べて精度上それほど大きい差はないと考えられ、かえって誤差の均一性が期待できるだけに、比較的良好的な結果を示し得ると考えられるのである。そして航空写真測量を電子計算機を用いて行ないさらに後のデータ処理を電子計算機で行なえば、その高能率は得がたいものであると考えるのである。実際の作業は次のような順序、要領で行なった。

(1) 航空写真の撮影および図化

1/1000地形図を作製することを考えて写真縮尺としては 1/4000 を採用した。この場合の飛行高度は約 600m である。したがって一枚の写真乾板に撮影可能な範囲はおおよそ 900m×900m である。航空三角測量のために最小限必要とされる標定基準点は前に述べた通りであるが、これ以外に計画路線の始点に1点および計画路線に沿ってその左右に 150~200m ごとに高さの基準点を設け、対空標識を設置する。また計画路線が横断する鉄道、道路等については別に地上測量を行ない基準点を設けておく必要がある。これらの準備が完了すれば撮影を行なう。

続いて電子計算機を用いて解析航空三角測量を行ない、図化機によって必要な範囲だけを縮尺 1/1000 で図化する。

(2) 数値地形図

航空三角測量に用いた標定基準点 2 点以上を座標変換の基準にして予定路線に沿って局地的な直交座標系を設ける。これに 1cm 間隔に格子の刻まれたガラス製の格子板を合わせプロファイルスコープを用いて格子交点の高さを実体測量する。図化機の図化縮尺を 1/1000 に調整しておけば、この格子の間隔は地上での 10m 間隔に当たるのである。格子交点の高さは図化機 (Wild A7 Autograph) に付属した自動座標記録装置 EK-3 によりタイプされる。これを格子交点の番号とともにテープに穿孔し計算機に入れば、この地形が立体座標値で表わされて計算機に記憶されるのである。

この地形図の包含する範囲は路線に直角な方向へ 140m 平行な方向へ 1000m である。路線の屈曲が大きく、この幅に入らない時には、格子座標系をわけて幾つにも作り、路線に平行になるようにする。

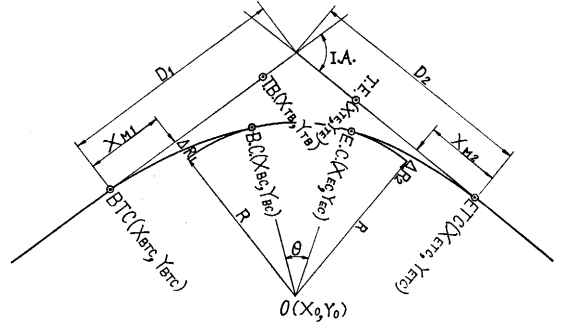
(3) 平面曲線

平面曲線はすべて円曲線とクロノイド曲線の組合せだけからなるとした。先の計画設計で決定した路線についてさらに詳細に 1/1000 地形図上へクロノイド定規を用いて路線を描き入れる。この時クロノイドの起点 B.T.C, 円曲線の起点 B.C, 円曲線の終点 E.C, クロノイド曲線の終点 E.T.C の平面座標値および円曲線半径 R^* と、さらに B.T.C, E.T.C における接線上の点 B.T, E.T の平面座標値を図上で読みとる。

クロノイド曲線はその接続する曲線とで構成する線形によって単純クロノイド, 反向クロノイド, 頭頂クロノイド, 卵形クロノイド等ができる。しかし、これらはすべて円弧および単位クロノイドと相似で、あるパラメータ A をもつクロノイドの組合せにすぎないのであるから、その計算にあたっては、細部の点では多少異なるところはあるが、大要は同じであるといつてよい。電子計算機でこの曲線計算を行なう場合はこれらの種々なタイプのクロノイド曲線をできる限り一つに基準化してプログラムを立てなければならない。

平面曲線計算の最終の目的は、各中間測点の平面座標値を決定することであるが、そのためには各クロノイドのパラメータ A , 長さ L および円弧の半径 R , 中心角 θ を線形の具備すべき条件に合致するように決め、さらに B.T.C, B.C, E.C, E.T.C 等の平面座標値を決定しなければならない。そしてこのようにして決めた線形が最初 1/1000 地形図上で求めたコントロールポイント上を通過するように調整しなければならない。

本研究ではこれらの計算をすべて電子計算機で行なったがその考え方の大要を単純クロノイドの場合を例にとって以下に述べよう。



第 2 図 単純クロノイド曲線

1) 線形要素の決定

計算機に与える数値は地形図上より求めた次の平面座標値および円曲線半径 R である (第 2 図)。

B.T.C(X_{BTC}, Y_{BTC}) B.C(X_{BC}, Y_{BC}) E.C(X_{EC}, Y_{EC})
E.T.C(X_{ETC}, Y_{ETC}) T.B(X_{TB}, Y_{TB}) T.E(X_{TE}, Y_{TE})

これより二接線の交角 I.A を求めさらに円曲線の式

$$(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = R^2$$

を決定する。この円曲線の式と接線 TB の式より図の X_{M1}' を計算する。そのとき、始点側クロノイドの長さ L_1 およびパラメータ A_1 はその近似値 L_1', A_1' として

$$L_1' \approx 2X_{M1}'$$

$$A_1'^2 = |R|L_1'$$

この結果 A_1 の値として A_1' に近いラウンドナンバーの値を採用し、さらにこれにより L_1 を決定することができる。

始点側クロノイドの A_1 および L_1 が求めれば、これを B.T.C(X_{BTC}, Y_{BTC}) において接続し B.C (X_{BC}, Y_{BC}) を求める。すなわち B.T.C を通る接線 (主接線) を x 軸, B.T.C においてそれに直交する直線を y 軸とすると、クロノイド曲線はその接線角を τ とすると、つぎの式で表わされる。

$$x = \frac{A}{\sqrt{2}} \int_0^\tau \frac{\cos \tau}{\sqrt{\tau}} d\tau$$

$$= L \left[1 + \sum_{n=2}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{1}{(4n-3)(2n-2)! 2^{2n-2}} \left(\frac{L}{R}\right)^{2n-2} \right]$$

$$y = \frac{A}{\sqrt{2}} \int_0^\tau \frac{\sin \tau}{\sqrt{\tau}} d\tau$$

$$= \frac{L^2}{R} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{1}{(4n-1)(2n-1)! 2^{2n-1}} \left(\frac{L}{R}\right)^{2n-2}$$

この演算はプログラム上ではサブルーチンで行なう。ここで用いた座標系 x, y を測地座標系 (X, Y) に変換すれば B.C(X_{BC}, Y_{BC}) が定まる。

ついで B.C において今求めたクロノイドと共通な接線を有する半径 R の円曲線を再び定める。この円曲線

$$(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = R^2$$

が E.T.C を通る主接線 T.E より移程する量 $\Delta R_2'$ を計

* R に符号をつけ路線が進行右回りのときは正, 左回りのときは負とした。

算すると、これより終点側クロノイドの長さ L_2 およびパラメータ A_2 の近似値 L_2' , A_2' はつぎのように求めることができる。

$$L_2'^2 = 24 |R| \Delta R_2'$$

$$A_2'^2 = |R| L_2'$$

A_2' よりその近傍のラウンドナンバーとして A_2 を決め L_2 を得ることができる。

円弧の中心角 θ はつぎのようにして定まる。

$$\begin{aligned} \theta &= I.A. - \tau_1 - \tau_2 \\ &= I.A. - \frac{L_1}{2R} - \frac{L_2}{2R} \end{aligned}$$

円弧の長さ $L.C$ は

$$L.C = R \cdot \theta$$

これにより $E.C(X_{EC}, Y_{EC})$ が求められ、続いて $E.T.C$ を通る接線 $T.E$ を x 軸, $E.T.C$ においてこれに直交する直線を y 軸とする座標系を考えると, $E.C(X_{EC}, Y_{EC})$ は起点側クロノイドにおいて計算したのと同様にして, $E.C(x_{EC}, y_{EC})$ を求められるから、これより逆に $E.T.C(X_{ETC}, Y_{ETC})$ を定めることができる。

以上のようにして $B.T.C$ から $E.T.C$ までの各曲線の接続がなされる。この計算結果を計算機よりタイプアウトした一例が第1表である。

第 1 表

I.P	146	
K	146.1	146.2
I.A	+22 05 14	
R	+1500.00	
L	240.00	166.67
F	001.60	000.77
M	119.97	083.32
X	239.85	166.62
Y	006.40	003.09
L.C	374.91	
C.L	781.57	
D	410.84	378.43
W	292.90	
A	600.00	500.00
B.T.C	X=-95,625.03	Y=+30,142.46
B.C	X=-95,571.88	Y=+30,376.43
E.C	X=-95,554.93	Y=+30,749.97
E.T.C	X=-95,574.47	Y=+30,915.48
I.P	X=-95,523.37	Y=+30,540.52

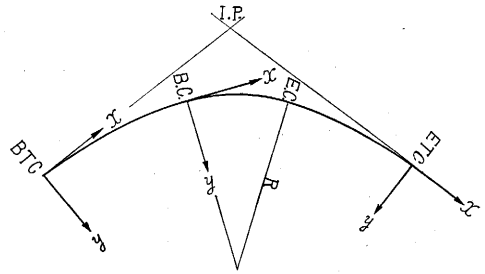
なお以上のような計算を行なって、 $E.T.C$ の平面座標値を求めると、この点は最初 1/1000 地形図上で求めた $E.T.C$ を通る接線に極めて近い所にはくるが正確には当初予定した接線上にはこない。しかし、このずれの量は至って小さく無視できる程度であろう。ただ接線に平行な方向には当初予定した $E.T.C$ よりかなり離れる可能性がある。しかしこの方向へのずれは、つぎに接続されるクロノイドの長さで調整できるものである。

続いて今求めた $E.T.C$ をつぎの曲線の $B.T.C$ として再び同様な計算を行ない、ある区間にわたって一連の平

面曲線を接続する。

2) 中間測点の決定

各 20m 間隔の中間測点の杆程および平面座標値を計算する。これには第3図に示すような局地座標系を各クロノイド、各円曲線ごとに設け、その座標系に関しての座標値を単位クロノイドサブルーチンまたは単位円曲線サブルーチンで計算させた後、測地座標系へと変換して求める。



第 3 図 各曲線ごとの局地座標系

なおこの計算の場合曲線半径 R の符号は進行右回りの時は正、左回りの時は負とするのは前に定めたと変わらないが、曲線長 L は起点側より終点側へ向かって考える時はすべて正の値とし、反対方向へ考えるときは負の値と定めた。したがって終点側クロノイドを計算する際には曲線長 L は負の値として取り扱わねばならない。このように規定すればこれらの演算はすべて代数的に取り扱うことができる。

中間測点の計算の時に同時にその点における法線方向の方位角をも求める。これは横断面を求めるときに用いるためである。また各測点における曲線半径をも計算しておく必要がある。これは片勾配の大きさを決めるのに必要なためである。

(4) 縦断面

上に求めた各測点の杆程および平面座標値を用いてその点の標高を求める。この計算の方法は計画設計の場合に述べたのとまったく同様である。

各測点の地盤高が求めればこれを縦断面図用紙に展開する。この時路線を横断する鉄道、道路等があればその標高値を記入しておく必要がある。そして工事量、工作物、用地、横断する河川、鉄道、道路等を勘案しつつ計画路線の縦断面曲線を挿入する。縦断面曲線としては直線と2次拋物線の組合せとする。縦断面図には計画道路始点の計画高、縦断面勾配、その変化点の杆程、縦断面曲線半径を記入し、これらの数値をテープに穿孔し計算機に与える。

計算機はこれより各測点の計画高さを計算する。その時挿入される縦断面曲線にはつぎのような長さを最小限確保するように計算する。すなわち A を勾配変化点での縦断面勾配代数差とすると最小限必要とされる縦断面曲線長 L_m は

勾配が凸形に変わる場合 $L_n \geq 90d$ または $L_n \geq 60m$
 勾配が凹型に変わる場合 $L_n \geq 55d$ または $L_n \geq 60m$
 である。

(5) 横断地形

各測点の平面座標値 (x_i, y_i) および法線方位角 ϕ_i より横断高さを求めるべき点の座標値 (X_n, Y_n) を計算する。いま中心線より 5m 間隔ずつ左右へ 8 点すなわち 40m ずつ横断測点を取りその高さを求めることにする。その時横断測点の平面座標値 (X_n, Y_n) はつぎのようになる。

$$X_n = X_i + 5n \cos \phi_i$$

$$Y_n = Y_i + 5n \sin \phi_i$$

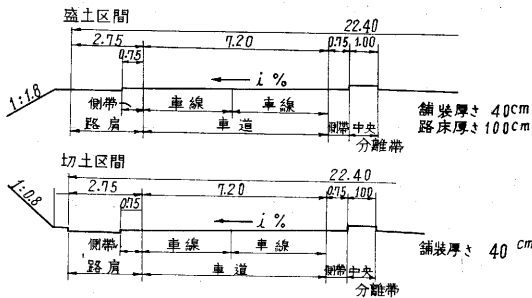
ただし $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm 8$

この各横断測点の地盤高さは計算機に記憶されている数値地形図より内挿法で求めるのは先に述べた計画設計の場合と同様である。

横断地形が求まれば上に計算したその点における計画高さを与えて横断面を決める計算に進む。

(6) 横断形状

道路の横断形状は第 4 図に示すような断面とし、これを図に示すような座標系についての座標値にかえて計算機に記憶させた。片勾配の大きさ $i\%$ は設計速度を 80 km/H と考えて



第 4 図 道路標準断面図

$$i = 4200 \frac{1}{R} + 0.19$$

より求める。

ついで横断地形を道路計画高の位置を水平に通る直線を x 軸、中心線を通る鉛直な直線を z 軸とするこの座標系に変換した後計画道路の横断面と横断地形との交点の位置を求める。そのためには、まず左右の法面が切土の法面であるが、盛土の法面であるかを計算機に判定させた後、それぞれの法面を示す直線式を決め、これと地形との交点を求めなければならない。

なおどの曲線部においても、道路幅員の拡幅は考えずすべて一様な幅員であるとした。

横断形状は以上のようにして決定したが、実際の設計の場合これほど単純に決められるものではない。たとえば盛土高さがある値を超えるごとに小段を設け、さらに

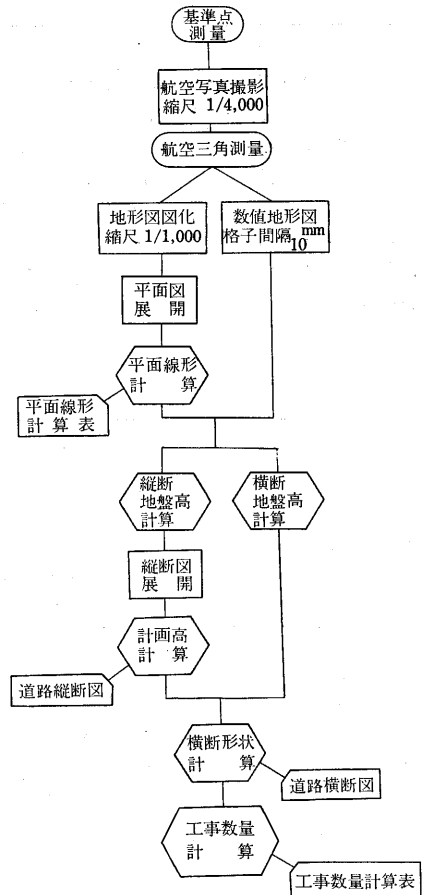
その下は順次法勾配をゆるやかにしなければならないし、切取部についても同様なことが法面安定の上から考慮されねばならない。また用地幅が限られていたり、あまりに工事土量が多くなりすぎる場合には、擁壁を設けることを考えなければならない。これらの判断を計算機に自動的に行なわせるのはかなり複雑なプログラムとはなるが道路設計技術者の有する知識と経験に見合うだけの情報を計算機に与えておけば、決して不可能なことではない。われわれとしては今後これらのプログラムを完成させてゆく考えである。

(7) 工事数量算定

工事数量としては計画設計の場合とほぼ同じ方法で土工量、法面保護工、用地面積を算出した。このほか路床工、舗装面積等の数量計算も直ちに行なうことができる。

8) 精度

この研究でとった方法において最も問題となるのは各点の地盤高の測定精度であるが、まだ実験途上にあるためその精度に関してははっきりした結論は残念ながら述べることはできない。しかしこれまでの経験から推論すれば、つぎのようなことはいえるであろう。すなわち地盤高測定において誤差が入るのは数値地形図を作る際の



第 5 図 フローダイアグラム

各格子交点の高さ測定の段階とこの数値地形図よりある点の高さを内挿して求める段階においてである。前段階の誤差は写真測量そのものの本質的な測定精度の問題であるが、これは 1/4000 の写真を用い先にのべたような標定基準点を設けるならば ±15cm 程度の精度を確保するのはそれほど困難なことではない。また後者の段階での精度は地形に左右されるものであるが、格子間隔が 10 m であればそれほど大きな誤差は起こらないものと期待している。そして最終的な目標である工事数量の算定においては、この内挿の際の誤差は互いに正負で打ち消されるはずであるのでかなり好い結果を示すことができると考えている。

今後これらの精度を調べるため、さらに実験を進めてゆく予定である。

4. あとがき

航空写真と電子計算機よっての道路設計のデータ処理の方法は諸外国特にアメリカにおいて近年種々の試みがなされており、実用化されているところも多い。しか

しわが国ではこれまで各種の条件の制約もあって、ほとんど試みられたこともなかった。しかし現在の道路建設への要請はこのような計画設計方法の開発を余儀なくしており、いつまでもトランシットとレベルを用いて測量し図面をかき、そろばんと手回し計算機を用いて計算するような数十年も前からとんなら変わらない方法をとることはもはや許してはくれないのである。

本研究はこの新しい作業方法として試験的に今まで述べたような方法を試みたのであるが、なお改善すべき余地は多い。今後実際に道路の設計に当たる技術者から種々の助言をいただきさらに研究を進めたいと考えている。将来は自動的に縦断面図、横断面図を描くラインプロッターを取り入れ、また現在技術者の判断にまわっている段階をできるだけ電子計算機に行なわせるような方向へ進めたいと考えている。

おわりに種々有益なご教示をいただき、また研究の便宜をはかって下さった道路公団鍛冶晃三氏、アジア航測 KK 上谷良吉氏を初めとする多くの方々へ厚く御礼申し上げる次第である。
(1962 年 11 月 5 日受理)

(11 月号) 正 誤 表

頁	段	行	種別	正	誤
26	右	9	(8)式	$\theta_{1A} \doteq \sqrt{2\Delta_B + \theta_{1B}^2}$	$\theta_{1A} \doteq \sqrt{2\Delta_B^2 + \theta_{1B}^2}$

(12 月号)

頁	段	行	種別	正	誤
27	右	2	本文	$\sigma (< 1)$	$\alpha (< 1)$
"	"	下 14	"	θ_{1A}	θ_{1A}

表紙の色について

ことし一年間の表紙の淡草色は、星野昌一教授に選んでいただいたものを日光堅牢度 (Light Fastness, 1~8 級まであり、数の多いほど堅牢、4 級より堅牢といえる) の高い顔料を用いて印刷したものである。顔料の成分はフタロシアニン・ブリウ (L. F. 8)、カドミウム・エロー (L. F. 7~8) とカーボン・ブラック (L. F. 8) で申分ない。なお印刷インキは東洋インキ製造株式会社より一年分の寄贈をうけた(出版掛)。

東京大学生産技術研究所報告予告

第 12 卷 第 4 号 杉本隆尚 著

「旋削におけるびびり振動の研究」

工作機械の振動はその機械により生産される製品精度に影響を及ぼし、その後の加工にも支障を生ずるため、その原因の探究、防振に関してはいろいろの論文が出されている。しかしまだ振動的に研究の十分でない点が見られるので、代表的な旋削の場合について理論、実験両面より検討した。この振動は多くの場合、その性質上自励振動の一種であることは想像がつくので、振動による切削抵抗の変化を幾何学的に導き安定論により運動を解析した。その際主軸一回転前のびびり跡の影響を考えに入れる場合と入れない場合につき解析した結果、一般の場合にはびびり跡の影響を考えに入れるれば、実験と十分一致した結果の得られることがわかった。実験においてはびびり振動の発生する切削条件の範囲を求め、これを理論結果と比較して両者の一致を確かめることにより、振動原因を明らかにし、またその他のびびり振動の性質を調べた。
(1963 年 1 月発行の予定)