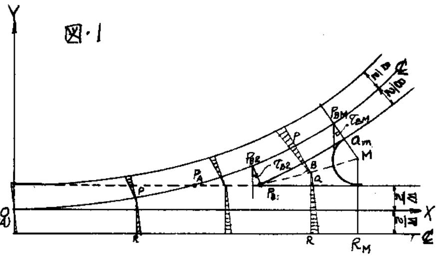
Ⅳ―23　ランプの設計における電子計算機の応用

京都大学工学部　正員　米谷栄二
首都高速道路公団　正員　○井口　浩

1　概説　　ランプターミナルにおける車道の舗装は、減速車線においては、ノーズ附近まで本線とランプとが一体になって施工される。しかし、ランプの片勾配は、緩和曲線の全長にわたってすりつけが行なわれるので、本線の横断勾配と、ランプの片勾配との間にくいちがいが生じ、舗装面に峯を生ずる。このようなランプの取付部における特殊点の位置・本線とランプの各中心線間の高低差・片勾配のすりつけ量の計算は、クロソイド曲線を緩和曲線として用いる場合、非常に繁雑な反覆計算となるが、反覆計算は電子計算機の最も得意とするところのものであり、この問題においても、必要な精度の値をきわめて短時間にうることができる。本研究は、本線の線形が直線および円弧の場合の減速車線についての計算方法を研究したものである。

2　特殊点の座標と曲線長の計算

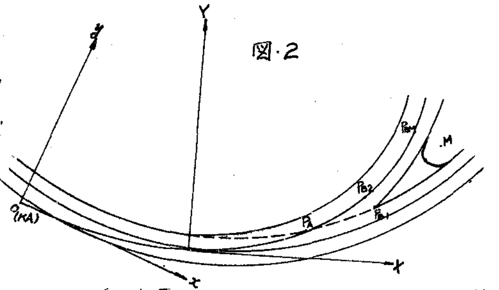
(1) 本線の線形が直線である場合　　図1は直線とクロソイドの組合せによるランプの取付部を示しており、P_A の座標 (X_A, Y_A) は、$X_A = Af(\frac{L_A}{A})$ ……(1)　$Y_A = Ag(\frac{L_A}{A})$ ……(2) という KA から P_A 迄の曲線長 L_A の多項式によって与えられるが、この逆函数は容易に求められないため、


図・1

反覆計算の方法を用いる。それには、あらかじめ数表により、$Y = \frac{W}{2}$ を越えない Y の値を与える曲線長 L_0 を求め、これを第一次近似値とし、L_0 に $\varepsilon_1(=50cm)$ をつぎつぎに加えた値に対して Y の値を求め、Y の値が $\frac{W}{2}$ を越えたとき、L_0 を ε_1 だけへらし、つぎに $\varepsilon_2(=5cm)$ きざみで ε_1 と同様の計算を行なう。同様に $\varepsilon_3(=1cm)$、$\varepsilon_4(=1mm)$ のきざみまで行なって、L_A の誤差 1mm 以内の近似値を求め、最終的に求められる L_A を用いて、式(1)から X_A を計算する。P_{B2} は式(1),(2)の L_A の代りに L_B として (X_{B2}, Y_{B2}) を計算するが、Y_{B2} は幾何学的には、$Y_{B2} = \frac{W}{2} + \frac{B}{2}\cos\tau_{B2}$ ……(3) ただし $\tau_{B2} = L_B^2/2A^2$ で表わされるので、P_A の計算と同様に、まず L_B の近似値を与えることにより反覆計算をはじめ、$Y_{B2} = Ag(\frac{L_B}{A})$ と式(3)から求められる Y_{B2} の差が最小になるときの L_B を求め、その値を用いて X_{B2} を求める。P_{B1} の座標 (X_{B1}, Y_{B1}) は (X_{B2}, Y_{B2}) から　$X_{B1} = X_{B2} + \frac{B}{2}\sin\tau_{B2}$ ……(4)　$Y_{B1} = \frac{W}{2}$ ……(5) によって与えられる。P_{B1} より先においては、本線およびランプの各車道端の二等分線上において、$a = a_m$ の曲率半径で、二等分線上に中心を持つ円が接するところまで舗装され、それ以後各々独立した線形となる。この点にノーズがつくられ、ここに M および P_{BM} 点の座標を求める必要が生じてくる。計算方法は、図1における a が、$Y_{BM} - (\frac{W}{2} + a) = (\frac{B}{2} + a)\cos\tau_{BM}$ (6) から $a = \{Y_{BM} - (\frac{W}{2} + \frac{B}{2}\cos\tau_{BM})\}/(1 + \cos\tau_{BM})$ ……(7) として表はされるので、$a = a_m$ となるような曲線長 L_m を求めるが、Y_{BM} が L_m の多項式であるから、前述と同様の反覆計算をおこない、最終的に求められる L_m を用いて X_{BM} を求め、しかる後 M 点の座標 (X_M, Y_M) を　$X_M = X_{BM} + (\frac{B}{2} + a_m)\sin\tau_{BM}$ ……(8)　$Y_M = \frac{W}{2} + a_m$ ……(9) から求める。

(2) 本線の線形が円弧である場合　　図2にその概略を示しているが、この場合は(1)とは

ことなり、ランプの取付部において、クロソイドはすでにある大きさの曲率半径Rをもつ　いわゆる卵形クロソイドであるので、計算はすべてクロソイドの始点における座標系についておこない、最終的には、本線とランプの両中心線の分岐点を原点とする座標系に変換して所要の値をうる。計算にさきだち



図·2

円の中心点の座標(x_c, y_c)を求めておき、P_Aは(1)と同様にL_Aの近似値をε_1きざみでもとめ、それぞれのL_Aの近似値(x_A, y_A)と(x_c, y_c)の距離r_iを求めて、r_iと$(R-\frac{W}{2})$を比較し、r_iが$(R-\frac{W}{2})$を越えるとε_1を減じてε_2を加えて、以下(1)と同様に反覆計算する。P_{B1}, P_{B2}の座標計算は、まず(x_{B2}, y_{B2})をL_Bの近似値に対して計算してのち　$x_{B1}=x_{B2}+\frac{B}{2}\sin\tau_{B2}$ ……(10)　$y_{B1}=y_{B2}-\frac{B}{2}\cos\tau_{B2}$ ……(11) から求められる(x_{B1}, y_{B1})と(x_c, y_c)の距離r_iと$(R-\frac{W}{2})$を比較して、P_Aの場合と同様の計算をおこなう。P_{BM}とM点の計算においては、P_{B2}の場合のようにまずL_mの近似値に対して(x_{BM}, y_{BM})を計算し、それを用いてM点の座標を、$x_M=x_{BM}+(\frac{B}{2}+a)\sin\tau_{BM}$ ……(12)　$y_M=y_{BM}-(\frac{B}{2}+a)\cos\tau_{BM}$ …… (13) から求め、(x_M, y_M)と(x_c, y_c)間の距離r_iと$(R-\frac{W}{2}-\frac{a}{\cos\tau_{BM}})$を比較しながら反覆計算することによって求められる。

3. 本線とランプの両中心線間の高低差の計算方法

本線の横断勾配をnとするとき、ランプのクロソイド曲線の始点における片勾配もnであるが、ランプの曲線長が増大するにつれて片勾配は一様に増大し、曲線長ℓにおいてはmとなる。そこで、ある間隔ΔL(たとえば1m) おきにとられたランプ中心線上の測点Pと、それに対応する峯上の点Bおよび本線中心線上の点Rの座標を求め、さらにPとB、BとRの高低差δHおよびδH^*を求める。なお、この計算は点Mおよびそれに対応するP_{BM}とR_Mまでおこなえばよい。一般に、片勾配Gは、$G=n+\frac{L}{\ell}(m-n)$ ……(14)(ただしLはその点までの始点からの曲線長である。)で表はされる。実際の計算にあたっては、Pが(i) $KA \sim P_A$、(ii) $P_A \sim P_{B2}$

(iii) $P_{B2} \sim P_{BM}$のいずれの区間にあるかによって計算方法がことなる。まず本線の線形が直線の場合、(i)の区間では$L=0$からΔLごとに曲線長を増大してゆき、それぞれのLに対するP点の座標(X_P, Y_P)を求める。その後$\delta H^*=(\frac{W}{2}+Y_P)\cdot n$ ……(15) によりδH^*を求め、$L \geqq L_A$となると(ii)の区間になり、(i)と同様(X_P, Y_P)を計算してから$\alpha=(Y_P-\frac{W}{2})/\cos\tau$ ……(16) を求めて$X_B=X_P+\alpha\sin\tau$ …… (17) を計算し、これらの値から$\delta H=\alpha\cdot G$　$\delta H^*=W\cdot n$ を計算する。$L \geqq L_B$となれば(iii)の区間になり、(iii)におけるαは、ここでは$\alpha=\{Y_P-(\frac{W}{2}+\frac{B}{2}\cos\tau)\}/(1+\cos\tau)$ …… (18) となって、$\delta H=(\frac{B}{2}+\alpha)G$、$\delta H^*=(W+\alpha)\cdot n$ として求められる。この計算を$L \geqq L_m$まで行なって終了する。

本線が円弧の場合は、δH、δH^*の意味するところは同じであるが、(iii)の区間の計算において、P～B間の距離の算出も反覆計算によらねばならないため、さらに繁雑な計算となる。なお、本線がクロソイドという場合については、若干の考察を行なったが、実際にはほとんど用いられないことと、所要の精度をもつ値をうるには、きわめて膨大な回数の反覆計算を行なう必要があり、電子計算機を応用する方法については、まだ十分な研究が行なわれていない。