彙　　　報

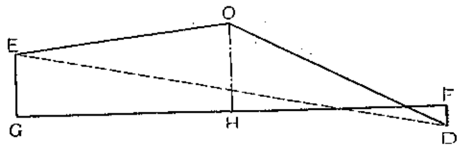
第23卷第8號　昭和12年8月

片勾配摺付區間に於ける双曲線形道路横斷曲線に就て

准員　淺田喜久男*

(1) 總論　道路の直線部に於ける兩面勾配と屈曲部に於ける片勾配とを結ぶ導程が所謂片勾配摺付區間であつて，之を設ける目的が一に横斷勾配即ち横斷曲線の急激なる變化を緩和するにあることは云ふまでもないことである。從て直線部に横斷曲線として双曲線を使用したる場合，片勾配摺付區間に於ても同じく双曲線を採用しなくてはならないわけである。

図-1.



今 **図-1.** を與へられた摺付區間の任意の横斷面とすると (1) 所要双曲線が路頂 O 及兩側路端 D, E の點 3 を通過すること，(2) 路頂 O を切點とする所要双曲線の切線が直線 DE に平行なること，(3) 所要双曲線の軸が鉛直なること，(4) 所要双曲線の形と直線部双曲線のそれとが相同じきこと，この 4 項を同時に滿足する双曲線を求めて見やう。

これは双曲線の性質から全く不可能であつて，殊に (2), (3), (4) の 3 條件は互に相反する關係にあり，その何れの 1 つを成立せしめても他の 2 つが不成立となる。故にこの 3 條件の中少くとも 2 つを撤回しなければ双曲線を決定することが出來ない。

茲に於て著者は次の樣な手段を執つた。それは (1), (2) の兩條件は如何にしても兩立し難いのでこれはその儘にして，(4) を「所要双曲線の形と直線部双曲線のそれとが成可く相似ること」と條件の內容を緩め，之に依て (2), (3) の何れか一つを生かすのである。斯くして双曲線を決定すれば，(2), (3) の中の何れか一つと (1) の條件と不完全ながらも (4) の條件との都合 3 つの條件を滿足する可なり理想に近いものが得られるわけである。なほ上記の「形が成可く相似てゐる」との意味が曖昧であるが，著者はこれを「離心率の値を成可く近づける」と具象化して取扱つた。

以下先づ最初に直線部に於て普通使用される双曲線[1)]の離心率を求め，次に第 1 式として (1), (2), (4)（意味を改めた）條件を，第 2 式として (1), (2), (4)（意味を改めた）條件を滿足する双曲線を求め，最後にこの 2 式に就ての計算例を示すことにしよう。

(2) 直線部双曲線の離心率　**図-2.** に於て w を路幅，c を頂高とする。路頂 O を原點とし，O に於ける水平線を x 軸，O に於ける鉛直線を y 軸にとれば，通常路幅の 1/4 の點 D′ の落度を $3/8\,c$ とするから D 及 D′ の座標は夫々 D ($w/2$, c), D′ ($w/4$, $3/8\,c$) となる。

次に双曲線の x 軸，y 軸の截片を夫々 A, B とすれば双曲線の方程式は次の如くである。

$$\frac{(y+B)^2}{B^2}-\frac{x^2}{A^2}=1$$

---

*　愛媛縣立松山工業学校教諭

1)　$y=\frac{c}{16}\left(-7+\sqrt{49+1\,920\frac{x^2}{w^2}}\right)$.

故に $A^2y^2+2D^2By-B^2x^2=0$

これが 2 點 D, D′ を通過することから次の 2 方程式を得る。

$$c^2A^2+2cA^2B-\frac{w^2}{4}B^2=0,$$

$$\frac{9c^2}{64}A^2+\frac{3c}{4}A^2B-\frac{w^2}{16}B^2=0$$

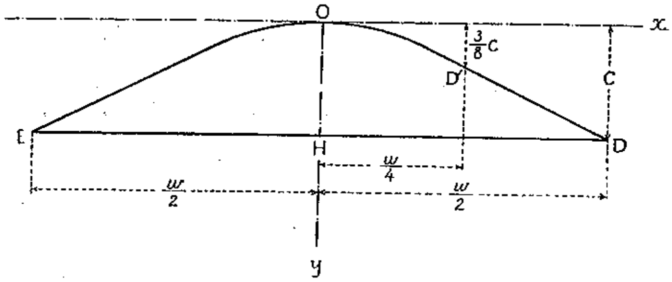
この 2 式を解いて

$$\frac{A^2}{B^2}=\frac{2w^2}{15c^2}$$

今横断勾配を f とすれば $c=\frac{wf}{2}$

故に $$\frac{A^2}{B^2}=\frac{8}{15f^2}$$

図-2.



依て求むる離心率 $\sqrt{1+\frac{A^2}{B^2}}=\sqrt{1+\frac{8}{15f^2}}$ ……………………………………式-1.

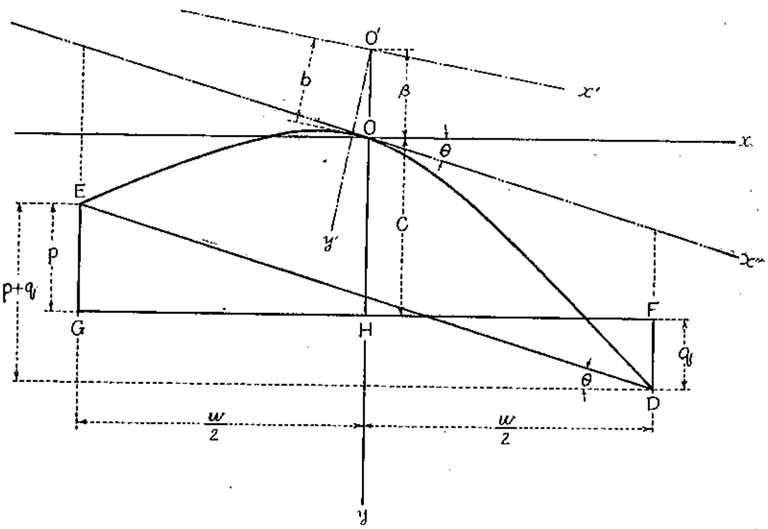
(3) 第 1 式 所要双曲線を DOE とする。

路頂 O を原點とし，O を通り DE に平行なる直線 Ox″ を x 軸，鉛直線 Oy を y 軸とすれば D, E の座標は夫々

$$D\left(\frac{\sqrt{w^2+(p+q)^2}}{2},\ \frac{2c-(p-q)}{2}\right),$$

$$E\left(-\frac{\sqrt{w^2+(p+q)^2}}{2},\ \frac{2c-(p-q)}{3}\right)$$

図-3.



となる。而して Oy は O に於ける双曲線の切線 Ox″ に平行なる弦 DE を 2 等分するから Oy は所要双曲線の径に相當し，Ox″ はその共軛径に平行なる直線となる。從て Ox″, Oy を座標軸とする双曲線の方程式は次の様な形となる。

$$\frac{(y+\beta)^2}{\beta^2}-\frac{x^2}{\alpha^2}=1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots 式\text{-}2.$$

次にこの双曲線の中心 O′ を原點とし，その軸 O′x′, O′y′ を座標軸としたるときの方程式を

$$\frac{y^2}{b^2}-\frac{x^2}{a^2}=1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots 式\text{-}3.$$

とすれば，その離心率は $\sqrt{1+\frac{a^2}{b^2}}$ である。これを直線部双曲線の離心率式-1. に等しくすれば

$$\sqrt{1+\frac{a^2}{b^2}}=\sqrt{1+\frac{8}{15f^2}}$$

故に $\frac{a}{b}=\frac{1}{\sqrt{1.875f}}$

今 $\sqrt{1.875f}=e$ ……………………………………………………式-4.

とおけば $a=\frac{b}{e}$ ……………………………………………………式-5.

次に双曲線の性質から式-2, 3. 兩式を用ひ次の 2 式を得る。

$$\alpha^2-\beta^2=a^2-b^2 \quad \text{……式-6.}$$

$$\frac{1}{2}\alpha\beta\sin Lx''Oy=\frac{1}{2}ab \quad \text{……式-7.}$$

然るに $\sin Lx''Oy=\frac{w}{\sqrt{w^2+(p+q)^2}}$ ……………………………………式-8.

なほ $\alpha=\frac{\beta}{k}$ ……………………………………………………式-9.

とおき式-5, 8, 9. を 式 6, 7. に代入すると

$$\frac{\beta^2}{k^2}-\beta^2=\frac{b^2}{e^2}b^2$$

$$\frac{\beta^2 w}{2k\sqrt{w^2+(p+q)^2}}=\frac{b^2}{2e}$$

この兩式を解いて

$$k^2=\frac{[w(e^2-1)+\sqrt{w^2(e^2-1)^2+4e^2\{w^2+(p+q)^2\}}]^2}{4e^2\{w^2+(p+q)^2\}} \quad \text{……式-10.}$$

式-10. を 式-9. に代入すると α を β で表はすことが出來る。この α を式-2. に代入すると

$$\frac{(y+\beta)^2}{\beta^2}-\frac{k^2x^2}{\beta^2}=1$$

故に $y^2+2\beta y-k^2x^2=0$ ……………………………………………………式-11.

これが D, E を通ることから次の式が成立する。

$$\frac{\{2c-(p-q)\}^2}{4}+\beta\{2c-(p-q)\}-k^2\frac{w^2+(p+q)^2}{4}=0$$

故に $\beta=\frac{k^2\{w^2+(p+q)^2\}-\{2c-(p-q)\}^2}{4\{2c-(p-q)\}}$ ……………………………式-12.

式-10, 12. を式-11. に代入すれば所要双曲線の方程式が定まるわけである。

次に座標軸 Ox″ を変へて O を通る水平線 Ox にとる。即ち式-11. に於て

$$x=x\sec LxOx''=x\frac{\sqrt{w^2+(p+q)^2}}{w},\quad y=y-x\tan LxOx''=y-x\frac{p+q}{w}$$

とおけば次の様になる。

$$y^2-2\left\{\frac{p+q}{w}x-\beta\right\}y-\left[k^2\left\{1+\left(\frac{p+q}{w}\right)^2\right\}-\frac{p+q}{w}\right]x^2-2\beta\frac{p+q}{w}x=0$$

これを解いて

$$y=\frac{p+q}{w}x-\beta+\sqrt{\beta^2+k^2\left\{1+\left(\frac{p+q}{w}\right)^2\right\}x^2} \quad \text{……式-13.}$$

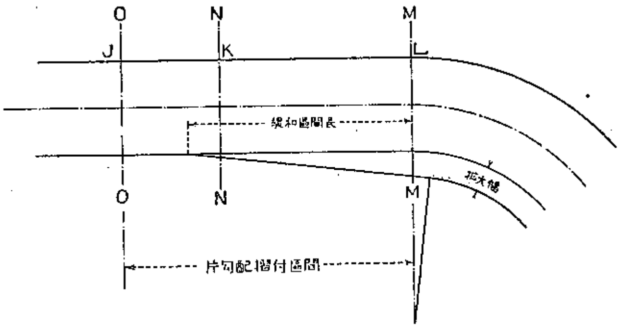
次に直線部に於ける横断勾配を f, 屈曲部に於ける片勾配を i とすれば, 摺付區間の任意の断面 NN に於ける

p, q は

$$p=\frac{w}{2}(i+f)\frac{JK}{JL}$$

$$q=\frac{w}{2}(i-f)\frac{JK}{JL}$$

図-4.



依て $\dfrac{JK}{JL}=\dfrac{n}{m}$ とおけば

$$p=\frac{w}{2}(i+f)\frac{n}{m}$$

$$q=\frac{w}{2}(i-f)\frac{n}{m}$$

$$p+q=wi\frac{n}{m}$$

$$p-q=wf\frac{n}{m},\quad w^2+(p+q)^2=w^2\left(1+i^2\frac{n^2}{m^2}\right),\quad 2c-(p-q)=wf\left(1-\frac{n}{m}\right)$$

以上の各式を式-13, 10, 12. に代入すると

$$y=i\frac{n}{m}x-\beta+\sqrt{\beta^2+k^2\left(1+i^2\frac{n^2}{m^2}\right)x^2},\qquad k^2=\frac{\left[(e^2-1)+\sqrt{(e^2+1)^2+4e^2i^2\frac{n^2}{m^2}}\right]^2}{4e^2\left(1+i^2\frac{n^2}{m^2}\right)},$$

$$\beta=\frac{w}{4}\left\{\frac{k^2\left(1+i^2\frac{n^2}{m^2}\right)}{f\left(1-\frac{n}{m}\right)}-f\left(1-\frac{n}{m}\right)\right\}$$

更にまた $k^2\left(1+i^2\dfrac{n^2}{m^2}\right)=\lambda$ とおけば

$$y=i\frac{n}{m}x-\beta+\sqrt{\beta^2+\lambda x^2}\cdots\cdots\text{式-14.}$$

$$\lambda=\frac{\left[e^2-1+\sqrt{(e^2+1)^2+4e^2i^2\frac{n^2}{m^2}}\right]^2}{4e^2}\cdots\cdots\text{式-15.}$$

$$\beta=\frac{w}{4}\left\{\frac{\lambda}{f\left(1-\frac{n}{m}\right)}-f\left(1-\frac{n}{m}\right)\right\}\cdots\cdots\text{式-16.}$$

$e^2=1.875f^2$, f＝直線部横斷勾配, i＝屈曲部片勾配, w＝路幅

式-14. が所要双曲線の方程式である。

次に斷面 NN を斷面 OO 或は斷面 MM に限りなく接近させた場合の双曲線の方程式を求めて見よう。

式-15. より $\displaystyle\lim_{\frac{n}{m}\to 0}\lambda=\frac{(e^2-1+e^2+1)^2}{4e^2}=e^2=1.875f^2=7.5\frac{c^2}{w^2}$

故に式-16. より $\displaystyle\lim_{\frac{n}{m}\to 0}\beta=\frac{w}{4}\left(\frac{1.875f^2}{f}-f\right)=0.875\frac{wf}{4}=+7\frac{c}{16}$

而して $\displaystyle\lim_{\frac{n}{m}\to 0}i\frac{n}{m}x=0$

故に式-14. より $\lim\limits_{\frac{n}{m}\to 0} y = -7\frac{c}{16}+\sqrt{\frac{c^2}{16^2}49+7.5\frac{c^2}{w^2}x^2} = \frac{c}{16}\left(-7+\sqrt{49+1\,920\frac{x^2}{w^2}}\right)$

これ即ち直線部双曲線の方程式である。

次に式-15 より

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 1}\lambda = \frac{[e^2-1+\sqrt{(e^2+1)^2+4e^2i^2}]^2}{4e^2}$$

これ有限確定の値である。從て $\lim\limits_{\frac{n}{m}\to 1}\lambda x^2$ も有限確定の値である。

故に式-16. より $\lim\limits_{\frac{n}{m}\to 1}\beta=\infty$

故に

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 1} -\beta+\sqrt{\beta^2+\lambda x^2}=\lim_{\beta\to\infty}\frac{\lambda x^2}{+\beta+\sqrt{\beta^2+\lambda x^2}}=0$$

故に式-14. より $\lim\limits_{\frac{n}{m}\to 1} y = ix$

これ即ち屈曲部に於ける片勾配の直線方程式である。

(4)　第 2 式　所要双曲線

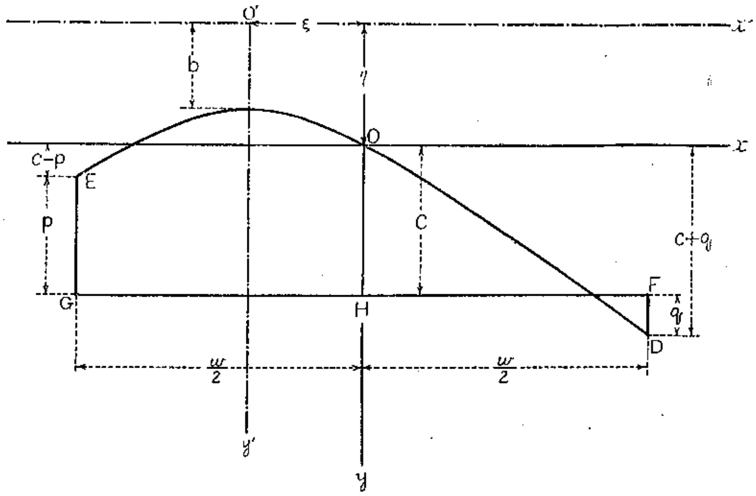
DOE の中心 O′ を原點とし，O′ を通る水平線 Ox′ 鉛直線 O′y′ を夫々 x軸，y 軸とし，路頂 O の座標を O (ξ, η) とすれば，D, E の座標は夫々 $D\left(\xi+\frac{w}{2},\ \eta+c+q\right)$, $E\left(\xi-\frac{w}{2},\ \eta+c-p\right)$ となる。

今双曲線 DOE の方程式を

$$\frac{y^2}{b^2}-\frac{x^2}{a^2}=1 \quad\cdots\cdots 式\text{-}17.$$

とし，その離心率 $\sqrt{1+\frac{a_2}{b^2}}=\sqrt{1+\frac{1}{\rho^2}}$ とおけば

図-5.



$$\frac{b}{a}=\rho \quad\cdots\cdots 式\text{-}18.$$

この ρ に於ては後に改めて述べることにして，式-18. を 式-17. に代入すると $\frac{y^2}{b^2}-\frac{\rho^2}{b^2}x^2=1$

故に　$y^2-\rho^2x^2=b^2$ ……………… 式-19.

これが 3 點 O, D, E を通過することから次の 3 式が成立する。

$$\eta^2-\rho^2\xi^2=b^2 \quad\cdots\cdots 式\text{-}20.$$

$$(\eta+c+q)^2-\rho^2\left(\xi+\frac{w}{2}\right)^2=b^2 \quad\cdots\cdots 式\text{-}21.$$

$$(\eta+c-p)^2-\rho^2\left(\xi-\frac{w}{2}\right)^2=b^2 \quad\cdots\cdots 式\text{-}22$$

式-20. を式-21, 22. に代入すると

$$2(c+q)\eta+(c+q)^2-\rho^2 w\xi-\frac{\rho^2 w^2}{4}=0,\qquad 2(c-p)\eta+(c-p)^2+\rho^2 w\xi-\frac{\rho^2 w^2}{4}=0$$

この 2 式を解いて

$$\eta=\frac{\rho^2 w^2-2(c+q)^2-2(c-p)^2}{4(2c+q-p)} \quad \cdots\cdots \text{式-23.}$$

$$\xi=\frac{(q+p)\{\rho^2 w^2+4(c+q)(c-p)\}}{4\rho^2 w(2c+q-p)} \quad \cdots\cdots \text{式-24.}$$

次に第 1 式に於けると同様（図-4. 參照）摺付區間の任意の断面 NN に於ける p, q を夫々

$$p=\frac{w}{2}(i+f)\frac{n}{m},\qquad q=\frac{w}{2}(i-f)\frac{n}{m}$$

とおけば

$$q+p=wi\frac{n}{m}$$

$$2c+q-p=wf\left(1-\frac{n}{m}\right),\qquad c+q=\frac{w}{2}\left\{f+(i-f)\frac{n}{m}\right\},\qquad c-p=\frac{w}{2}\left\{f-(i+f)\frac{n}{m}\right\}$$

以上の式を式-22, 24. に代入すると

$$\eta=\frac{w}{4}\left\{\frac{\rho^2-i^2\frac{n^2}{m^2}}{f\left(1-\frac{n}{m}\right)}-f\left(1-\frac{n}{m}\right)\right\} \quad \cdots\cdots \text{式-25.}$$

$$\xi=\frac{wi}{4\rho^2}\times\frac{n}{m}\left\{\frac{\rho^2-i^2\frac{n^2}{m^2}}{f\left(1-\frac{n}{m}\right)}+f\left(1-\frac{n}{m}\right)\right\} \quad \cdots\cdots \text{式-26.}$$

さて茲で ρ の定め方であるが，第 1 式の場合と異り本項の第 2 式では ρ は一定の値をとることが出來ない。断面 NN が断面 OO 或は断面 MM に近づくに從ひ，ρ は夫々 e 或は i に近づかなくてはならぬ。しかも常に

$$\rho\geqq\frac{OH+FD}{HF}$$

が成立しなくてはならぬ。

こゝに於て著者は次の如く ρ の値を定めた。

$$\rho=e+(i-e)\frac{n}{m} \quad \cdots\cdots \text{式-27.}$$

式-27. に依れば断面 NN が断面 OO 或は NN 断面に近づくに從ひ，夫々 $\frac{n}{m}\to 0$ 或は $\frac{n}{m}\to 1$，從て $\rho\to e$ 或は $\rho\to i$ となる。また

$$\rho-\frac{OH+FD}{HE}=e+(i-e)\frac{n}{m}-\frac{2}{w}(c+q)=e+(i-e)\frac{n}{m}-f-(i-f)\frac{n}{m}=(e-f)\left(1-\frac{n}{m}\right)$$

然るに $e>f,\ 1>\frac{n}{m}$

故に $\rho\geqq\frac{OH+FD}{HF}$ が成立する。

式-25, 26, 27. を式-19, 20. に代入して b を求め，この b 及 ρ を代入すれば所要双曲線の方程式を得るのである。

次に座標を変更し路頂 O を原點とし，O を通る水平線 Ox，鉛直線 Oy を夫々 x 軸，y 軸とすれば

式-19. は　$(y+\eta)^2-\rho^2(x+\xi)^2=b^2$

上式に式-20. を代入すると

$$y^2+2\eta y-\rho^2x^2-2\rho^2\xi x=0$$

之を解いて　$y=-\eta+\sqrt{\eta^2+\rho^2x^2+2\rho^2\xi x}$

更にまた　$2\rho^2\xi=\mu$ とおけば

$$y=-\eta+\sqrt{\eta^2+\rho^2x^2+\mu x} \quad \cdots\cdots \text{式-28.}$$

式-25. より

$$\eta=\frac{w}{4}\left\{\frac{\rho^2-i^2\dfrac{n^2}{m^2}}{f\left(1-\dfrac{n}{m}\right)}-f\left(1-\frac{n}{m}\right)\right\} \quad \cdots\cdots \text{式-29.}$$

式-26. より

$$\mu=\frac{wi}{2}\times\frac{n}{m}\left\{\frac{\rho^2-i^2\dfrac{n^2}{m^2}}{f\left(1-\dfrac{n}{m}\right)}+f\left(1-\frac{n}{m}\right)\right\} \quad \cdots\cdots \text{式-30.}$$

$$\rho^2=\left\{e+(i-e)\frac{n}{m}\right\}^2 \quad \cdots\cdots \text{式-31.}$$

$$e=\sqrt{1.875}f,$$

f: 直線部横断勾配　　i: 屈曲部片勾配，　w: 路幅

式-28. が所要双曲線の方程式である。

次に断面 NN を断面 OO 或は断面 MM に限りなく接近させた場合の双曲線の方程式を求めて見よう。

式-31. より

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 0}\rho^2=e^2=1.875f^2=7.5\frac{c^2}{w^2}$$

故に式-29. より

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 0}\eta=\frac{w}{4}\left\{\frac{1.875f^2}{f}-f\right\}=0.875\frac{wf}{4}=\frac{7}{16}c$$

式-30. より

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 0}\mu=0$$

依て式-28. より

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 0}y=-\frac{7}{16}c+\sqrt{\frac{49}{16^2}c^2+7.5\frac{c^2}{w^2}x^2}=\frac{c}{16}\left(-7+\sqrt{49+1\,920\frac{x^2}{w^2}}\right)$$

之即ち直線部双曲線の方程式である。

次に式-31. より

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 0}\rho^2=i^2$$

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 1}\frac{\rho^2-i^2\dfrac{n^2}{m^2}}{f\left(1-\dfrac{n}{m}\right)}=\left[\frac{\dfrac{d\rho^2}{d\frac{n}{m}}-\dfrac{di^2\frac{n^2}{m^2}}{d\frac{n}{m}}}{\dfrac{df\left(1-\frac{n}{m}\right)}{d\frac{n}{m}}}\right]_{\frac{n}{m}=1}=\frac{2ei}{f}$$

故に式-29. より

$$\lim_{\frac{n}{m}\to 1}\eta=\frac{wei}{2f}$$

式-30. より　$\lim\limits_{\frac{n}{m}\to 1}\mu=\dfrac{wei^2}{f}$

依て式-28. より　$\lim\limits_{\frac{n}{m}\to 1} y=-\dfrac{wei}{2f}+\sqrt{\left(\dfrac{wei}{2f}\right)^2+i^2x^2+\dfrac{wei^2}{f}x}=ix$

これ即ち屈曲部に於ける片勾配の直線方程式である。

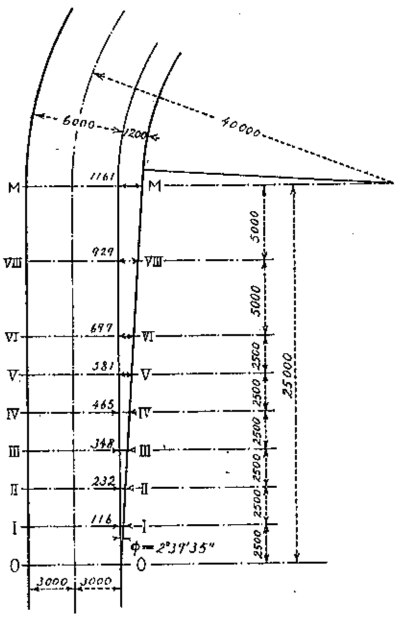
（5）計算例　幅員 6 m, 横断勾配 2 % の道路に中心半径 40 m の曲線を挿入するとき，片勾配摺付區間の横断面を決定しよう。

道路構造令細則改正案に依れば緩和區間長 $l=25$ m，擴大幅員 $d=1.2$ m，片勾配 $i=6$ %，從て片勾配摺付區間長 $=\dfrac{6}{2}(6+2)=24$ m $\fallingdotseq 25\,000$ mm（以下長さの單位として總て mm を用ひることにする）

緩和切線と中心線とのなす角 $\phi=2°39'35''$

直線部との摺付始點の断面を OO，屈曲部摺付終點断面を MM とし，この間の摺付區間を 10 等分し，OO より順次 I-I，II-II，III-III，…… と名付ける（断面 VII-VII 及 IX-IX はその前後兩断面を直線で結んだものと殆ど相違が無いので省略した）。

図-6.



各断面に於ける擴大幅員を d_n とすると

$$d_n=\frac{n}{m}25\,000\tan 2°39'35''$$

故に　$d_0=0$，$d_1=116$，$d_2=232$，$d_3=348$，$d_4=465$，$d_5=581$，$d_6=697$，$d_8=929$，$d_m=1\,161$

断　面	$\frac{n}{m}$	$c+q$	$c-p$
I - I	0.1	72	36
II - II	0.2	84	12
III - III	0.3	96	−12
IV - IV	0.4	108	−36
V - V	0.5	120	−60
VI - VI	0.6	132	−84
VIII - VIII	0.8	156	−132

各断面の路幅 6 000（擴大幅員を加へず）を 12 等分し，各分點の中心線よりの横距 x を夫々 ±500，±1 000，±1 500，±2 000，±2 500，±3 000 とし，路頂に於ける水平面よりの各分點の縦距を y として断面を決定した。但し擴大幅員の側端の縦距は双曲線を延長して求めた。なほ $x=+3\,000$ 及 $x=-3\,000$ なる 2 點即ち D，E 點の縦距は夫々 $b+q$，$c-p$ に等しいので別に次の如く求めた。

$$c+q=\frac{w}{2}\left\{f+(i-f)\frac{n}{m}\right\}$$
$$=\frac{6\,000}{2}\left\{0.02+(0.06-0.02)\frac{n}{m}\right\}$$
$$c-p=\frac{w}{2}\left\{f-(i+f)\frac{n}{m}\right\}$$
$$=\frac{6000}{2}\left\{0.02-(0.06+0.02)\frac{n}{m}\right\}$$

表-1.　y_0, y_m の値

$p=\dfrac{x}{\frac{w}{2}}=\dfrac{x}{500}$　　　$\dfrac{c}{16}=\dfrac{wf}{2}\times\dfrac{1}{16}=3.75$

x	p	p^2	$\frac{40}{3}p^2$	$49+\frac{40}{3}p^2$	$\sqrt{49+\frac{40}{3}p^2}$	$-7+\sqrt{}$	$\times\frac{c}{16}=y_0$	$ix=y_m$
−3000							60.0	−180.0
−2500	−5	25	333.3333	382.3333	19.55	12.55	47.1	−150.0
−2000	−4	16	213.3333	262.3333	16.20	9.20	34.5	−120.0
−1500	−3	9	120.0000	169.0000	13.00	6.00	22.5	−90.0
−1000	−2	4	53.3333	102.3333	10.12	3.12	11.7	−60.0
−500	−1	1	13.3333	62.3333	7.90	0.90	3.4	−30.0
500	1	1	13.3333	62.3333	7.90	0.90	3.4	30.0
1000	2	4	53.3333	102.3333	10.12	3.12	11.7	60.0
1500	3	9	120.0000	169.0000	13.00	6.00	22.5	90.0
2000	4	16	213.3333	262.3333	16.20	9.20	34.5	120.0
2500	5	25	333.3333	382.3333	19.55	12.55	47.1	150.0
3000							60.0	180.0
4161								249.7

図-7. 横断面（第 1 式）

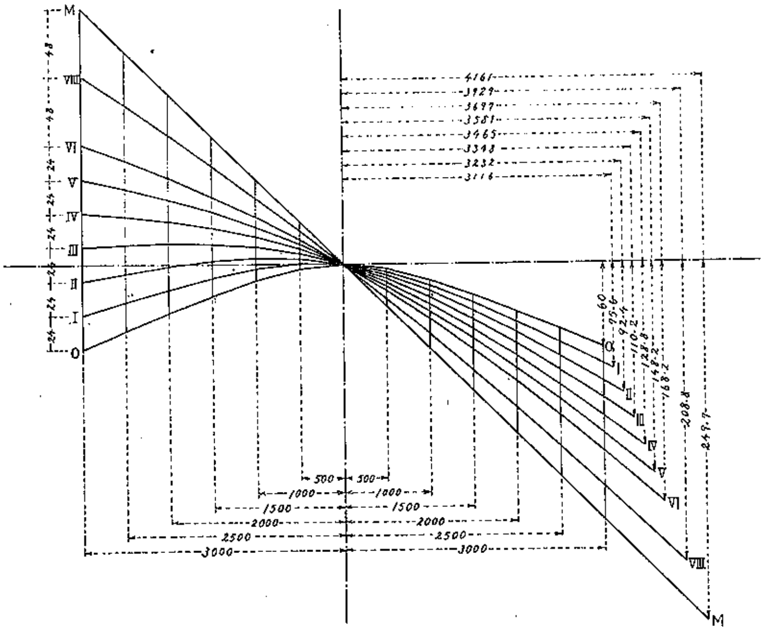


図-8. 縦断面（第 1 式）

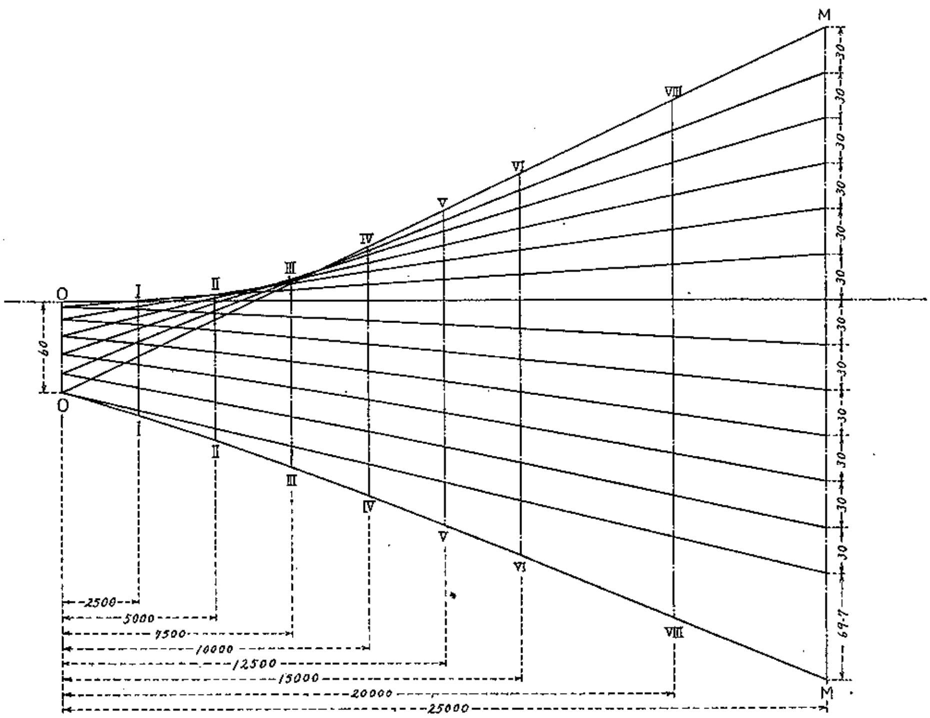


図-9. 横断面（第 2 式）

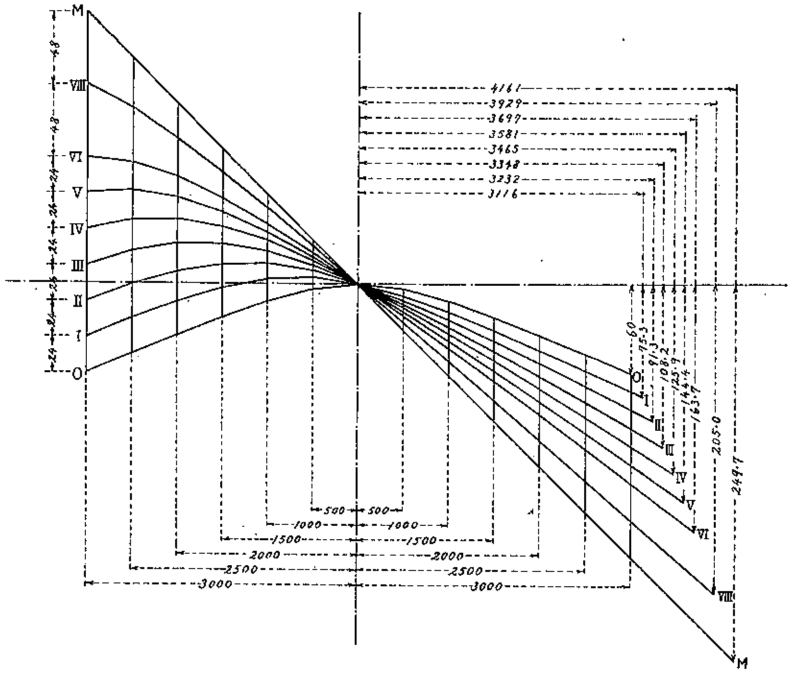


図-10. 縦断面（第 2 式）

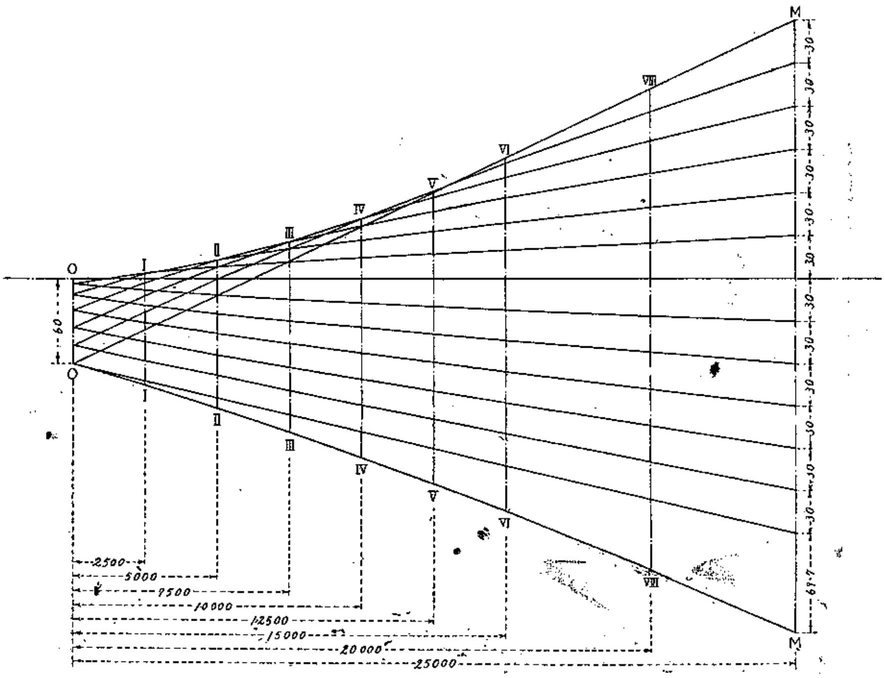


表-2. λ 及 β の値

断面	$\frac{n}{m}$	λ	β
Ⅰ Ⅰ	0 1	0 000750054	35.51
Ⅱ Ⅱ	0 2	0 000750216	46.33
Ⅲ Ⅲ	0 3	0 000750486	59.41
Ⅳ Ⅳ	0 4	0 000750864	75 86
Ⅴ Ⅴ	0 5	0 000751350	97.70
Ⅵ Ⅵ	0 6	0.000751944	128.99
Ⅷ Ⅷ	0 8	0 000753457	276.55

表-4. η 及 μ の値

断面	$\frac{n}{m}$	η	μ
Ⅰ Ⅰ	0 1	48 3	1 2280356
Ⅱ Ⅱ	0.2	70 4	2 8407744
Ⅲ Ⅲ	0 3	92.4	4 8382164
Ⅳ Ⅳ	0 4	114 4	7 2203616
Ⅴ Ⅴ	0 5	136 5	9 9872100
Ⅵ Ⅵ	0 6	158 5	13 1387616
Ⅷ Ⅷ	0 8	202.5	20.5959744

表-3. y の値（第 1 式）

x \ y	$\frac{n}{m}$=.01	$\frac{n}{m}$=.02	$\frac{n}{m}$=.03	$\frac{n}{m}$=.04	$\frac{n}{m}$=.05	$\frac{n}{m}$=.06	$\frac{n}{m}$=.08
-3000	36.0	12 0	-12 0	-36 0	-60 0	-84 0	-132 0
-2500	26 6	6 4	-13 7	-33 7	-53 4	-72 9	-111 7
-2000	17 8	1 4	-14 6	-30.3	-45 7	-60 8	-90 7
-1500	9.8	-2 4	-14 2	-25 6	-36 7	-47 6	-69 0
-1000	3 3	-4 5	-12 0	-19 2	-26 2	-33 1	-46 7
-500	-0 4	-4 0	-7 4	-10.8	-14 0	-17 3	-23 7
500	5 6	8 0	10 6	13.2	16.0	18.7	24.3
1000	15 3	19 5	24 0	28.8	33.8	38 9	49.3
1500	27 8	33 6	39 8	46 4	53 3	60.4	75.0
2000	41 8	49 4	57 4	65 7	74.3	83 2	101.3
2500	56 6	66.4	76 3	86.3	96.6	107.1	128.3
3000	72 0	84.0	96 0	108 0	120.0	132.0	156.0
	75 6 x=3116	92 4 x=3232	110 2 x=3348	128 8 x=3465	148 2 x=3581	168.2 x=3697	208 8 x=3929

先づ最初に断面 OO 及断面 MM の縦距 y_o 及 y_m を求めると **表-1.** の如くである。

次に第 1 式の λ, β を計算すると **表-2.** 如くになる。これ等を用ひて各断面の縦距 y を求めると **表-3.** の如くである。**図-7. 図-8.** は夫々横断面，縦断面を示したものである。

第 2 式の p, η, μ を計算すると **表-4.** 如くになる。これ等を用ひて各断面の縦距 y を求めると **表-5.** の如くである。**図-9, 図-10.** は夫々横断面，縦断面を示したものである。

表-5. y の値（第 2 式）

x \ y	$\frac{n}{m}$=.01	$\frac{n}{m}$=.02	$\frac{n}{m}$=.03	$\frac{n}{m}$=.04	$\frac{n}{m}$=.05	$\frac{n}{m}$=.06	$\frac{n}{m}$=.08
-3000	36 0	12 0	-12.0	-36.0	-60.0	-84 0	-132 0
-2500	23 4	0.6	-21.1	-41.9	-61 7	-80 7	-116.5
-2000	12.0	-8.1	-26.1	-42.4	-57 1	-70 9	-96.4
-1500	2.7	-13 1	-26.1	-37 4	-47 3	-56 6	-73.9
-1000	-3 1	-13 3	-21 1	-27 8	-33 8	-39 4	-50.0
-500	-4 1	-8 6	-12 0	-15 0	-17 7	-20 3	-25 2
500	8 1	11 2	13.9	16.4	18 8	21 1	25 6
1000	18 8	24.2	29.1	33 7	38.2	42.7	51.4
1500	31 0	38 3	45.1	51 7	58 2	64.6	77.4
2000	44 2	53.1	61 7	70 2	78 5	86 9	103 5
2500	57.9	68.3	78 7	89 0	99.2	109 4	129 7
3000	72 0	84.0	96 0	108 0	120 0	132 0	156.0
	75 3 x=3116	91 3 x=3232	108 2 x=3348	125 9 x=3465	144 4 x=3581	163 7 x=3697	205 0 x=3929

（6） 結語 以上誘導した 2 個の式は何れも計算が相當煩雑であり實用に供するに困難であるが，これは主として λ, β 或は ρ^2, η, μ なる係數の決定に關する問題である。之等の係數を求めてしまへば後の計算は極めて簡易である。而してこれ等の係數は何れも f, i, n/m なる 3 個の既知數に依つて決定されるものであり，しかもこの中 f, i の實際に現れる値の種類は左程多いものではなく，また n/m の値も 0.1, 0.2, 0.3, ‥‥ 0.9 の 9 個で充分であるから各種の f, i, n/m の値に對する λ, β 或は ρ^2, η, μ を豫め計算して表でも作つておけば本式の實用必ずしも困難なことは無いと思ふ。（式-16. 及式-29, 30. の β 及 η, μ に w が含まれてゐるが表作製の際は之を切離せばよろしい）。

さて最後に第 1，第 2 兩式の得失比較であるが，之は車輛の運転その他色々の方面から考究す可きであつて，著

者には到底之を論及する資格が無い様である。たゞ計算例の結果 図-7. 及 図-9. を比較すると誰方も御氣付と思ふが，第 2 式では曲率半径の小なる部分を有する断面を生じ鋪装面の維持及車輛の運転上から不利の點がある。なほ第 2 式の特性たる總論で述べた第 3 條件も片勾配摺付區間ではその重要さが第 2 條件に比較すると可なり薄い様でもある。是等を考へると第 1 式の方を推奨し度くなる。計算上からも第 1 式の方が便利である。但し例へば 図-7. の断面 Ⅲ-Ⅲ の如き水平面に近い部分が出來て排水上稍々難點があるかと考へられもする。