急曲線区間における曲線整正工事
（諸元変更における曲線半径数値設定の一考察）

東日本旅客鉄道㈱　正会員　佐伯　和浩

1．はじめに

当社東京支社管内では、曲線区間における乗り心地の抜本的向上を目指し、省力化軌道工事の前段に曲線整正工事を施工している。曲線整正は通常、形の崩れてしまった曲線を、もとから設定されていた曲線諸元に復元することであるが、場所によっては、地形や他の条件から、元の諸元に戻すことが困難な箇所が発生している。

そこで、そのような箇所については曲線整正にあわせて曲線諸元の変更を行っているが、特に曲線半径について、その数値をどの程度の精度で表せば良いかについては議論がなされていない。

よって本文ではこのことについて考察したので、以下に述べる。

2．曲線諸元決定における問題点

(1)　一般的な曲線諸元の決定方法

曲線諸元の算出には、一般的には下記の 2 方法がある。

ア．測量による方法　　イ．曲線の正矢を取得し、区間中の総正矢量から求める方法。

ア．イ．のどちらとも、緩和曲線長、円曲線長、曲線半径が出力される。

(2)　曲線半径決定における問題点

前項⑴において出力された値のうち、緩和曲線長、円曲線長の設定は 1[m]単位で行われることに論を待たないが、曲線半径に限っては、この設定の方法をめぐり意見が分かれる。例えば、「半径 301m」という解析結果が算出されたとき、これを諸元上の半径にする際に「301m」とするか、代表して「300m」のどちらを提示するかという議論である。後者の「300m」という案が出る背景には、「半径 301m の場合」と「半径 300m の場合」の 1 測点あたりの 10m 弦通り正矢値の差が 0.14mm しかない、という見かけ上の議論が先立つことが多いからであるが、いくら1測点あたりの正矢値がほとんど変わらないという理由だけで、算出された曲線半径数値を、何の根拠もないまま代表値とするのは技術的な判断ではないと考えた。このような理由から曲線半径数値の適切な表し方について検討することとした。

3．検討方法･結果

(1) 検討方法

2つのステップに分けて検討を行った。

①　曲線の通り正矢値の差が、曲線半径数値の差にどれだけ影響するかの検討。

②　曲線の通り正矢値の差が、曲線の軌道変位にどれだけ影響するかの検討。

(2) 検討結果

①曲線の通り正矢量の差が、曲線半径数値にどの程度及ぼしているかの検討

まず、2 つの曲線 R_1, R_2 [m]を考え、各々の正矢量を V_1, V_2 [m]、l:測定弦長[m]とすれば、その関係は式⒜である。ここに、2 つの曲線の間に $V_2 = V_1 + n$ [m]の関係を仮定し、これより $R_1 - R_2 = D$ とおけば、式⒝が得られる。

$l = 10$ [m]とすれば、式(b)は式(b)①となる。

$$V_1 = \frac{l^2}{8R_1}, V_2 = \frac{l^2}{8R_2} \quad \cdots(a)$$

$$D = R_1 - R_2 = \frac{l^2}{8V_1} - \frac{l^2}{8V_2} = \frac{nl^2}{8V_1}\left(\frac{1}{V_1 + n}\right) = \frac{R_1^2}{R_1 + \frac{l^2}{8n}} \quad \cdots(b)$$

$$D = R_1 - R_2 = \frac{nR_1^2}{nR_1 + 12.5} \quad \cdots(b)①$$

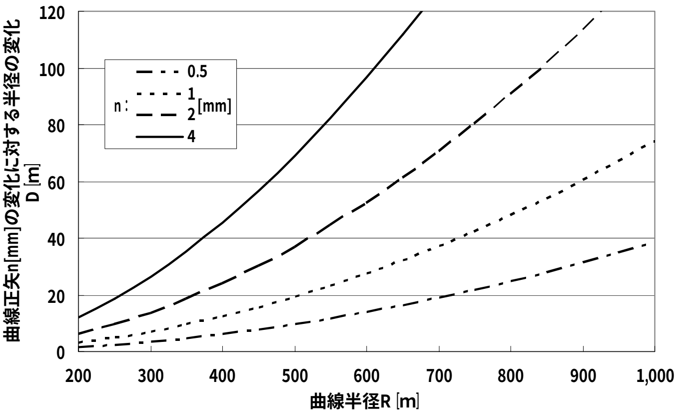
[図-1]に式(b)①の結果について、 n の値を 0.5～4 までの 4 つの場合について示す。

キーワード　曲線整正、曲線半径の決定、曲線諸元

連絡先 〒114-8550 東京都北区東田端 2-20-8 東日本旅客鉄道㈱東京支社 施設部保線課保線作業 G ℡03-5692-6136

n が一定でも、半径 R_1 が増加するにつれ、n の変化に対する半径数値の変動は大きくなる。

軌道仕上がり検測にて、糸張りで計測したときの読み取り限界と予想される n=0.5[mm] の場合、R=300[m]の領域では D=5[m]となり、R=1000[m]の領域では D=38[m]となる。

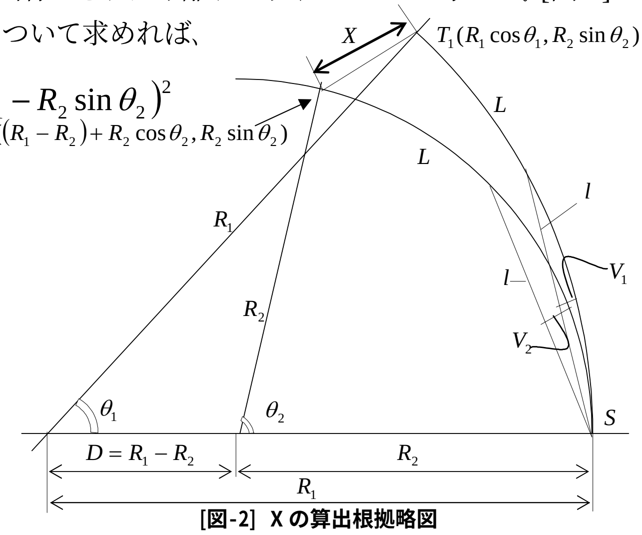


[図-1] 曲線正矢+n[mm]の変化に対する半径の変化

② 曲線の通り正矢値の差が、曲線の軌道変位にどれだけ影響するかの検討。

[図-2]のように、同じ点から出発した半径の違う 2 つの曲線が、同じ長さの道程 L を通った場合に、2 つの曲線がどれだけ離れてゆくかについて求めた。[図-2]において始点 S より L 離れた 2 つの点 T_1, T_2 の距離 X について求めれば、

$$X^2 = \left(R_1\cos\theta_1 - (R_1 - R_2) + R_2\cos\theta_2\right)^2 + \left(R_1\sin\theta_1 - R_2\sin\theta_2\right)^2$$



[図-2] X の算出根拠略図

の関係があり、これを展開し整理すると、

$$X = \frac{L^2}{2}\left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2}\right) \quad \cdots(c)$$

ここで式(a)の $R_1 - R_2 = D$ より、D について解くと、

$$D = \frac{X_1{}^2}{XR_1 + \dfrac{L^2}{2}} \quad \cdots(d)$$ となる。

[図-3] [図-4]に式(d)の結果を示す。

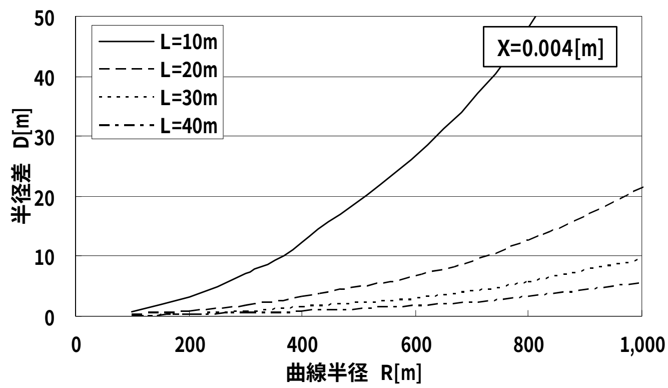
どちらの図とも、弦長 L をパラメータとし、R の変化に対する D の変化を示している。

[図-3]は前述の X を通りの絶対軌道変位にたとえ、バラスト軌道の仕上がり基準であるX＝4[mm]としたときのものである。弦長が 10m であるとき、

R=200[m]の領域では、D=4[m]程度、

R=600[m]の領域では、D=25 [m] 程度となる。

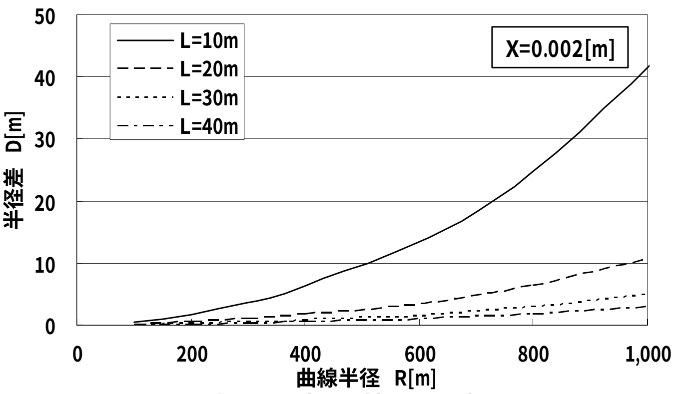
よって、この条件では半径 400m 以上の場合、半径数値を 10m 単位、同未満の場合は 5m 単位として数値を代表させても、現状の軌道管理では問題にはならないと考える。



[図-3] (d)式で、Rの変化に対するDの変化(X=0.004m)

また、弦長を 20m とした場合では、その条件は厳しくなり、半径 500m 未満では 1m 単位、700m 未満では 5m 単位とすることが望ましいといえる。

将来を見据え X=2[mm]としたときの結果を[図-4]に示す。傾向は前述と同様で、半径単位を 5m単位や 10m単位で代表できる曲線半径の範囲は狭くなる。



[図-4] (d)式で、Rの変化に対するDの変化(X=0.002m)

4．まとめ

曲線半径設定の際、測量や正矢法による半径の単位は、一測点あたりの正矢値の比較だけではなく、曲線半径、測定弦長、仕上がり管理値を勘案することが必要である。