

1. まえがき

新幹線のスピードアップに伴い、従来の10 m弦のほかに、乗心地管理の点から長波長(40 m弦)による軌道管理手法が導入されており、J R各社の取り組みが発表されている^{1) 2) 3)}。これに用いるデータは、40 m弦を直接計測するのが難しいため、10 m弦正矢の検測車データからコンピュータにより算出された結果を施工現場に持ち込むものであるが、現場において、作業中にその仕上がりを確認できるためには、現場で40 m弦の狂い箇所および狂い量が解り、かつ整正量も解ることが必要である。このようなことを可能とする可搬式の機械の開発途上で得られた知見について報告する。

2. 目的

現場で最も簡便に軌道狂いを測定できるのは、糸糸を張って中央の離れを計る糸張法である。この方法では事実上20 m弦までしか計測できないが、10 mの整数倍の弦長の正矢は以下の等式によって求めることができるので、この計算式と計測方法を用い、長波長整正における最適検測弦長を検討する。

10 m弦 5 m間隔から20 m弦正矢

$$X_{20}(i) = X_{10}(i-1) + 2 \cdot X_{10}(i) + X_{10}(i+1) \quad (1)$$

10 m弦 5 m間隔から30 m弦正矢

$$X_{30}(i) = X_{10}(i-2) + 2 \cdot X_{10}(i-1) + 3 \cdot X_{10}(i) + 2 \cdot X_{10}(i+1) + X_{10}(i+2) \quad (2)$$

10 m弦 5 m間隔から40 m弦正矢

$$X_{40}(i) = X_{10}(i-3) + 2 \cdot X_{10}(i-2) + 3 \cdot X_{10}(i-1) + 4 \cdot X_{10}(i) + 3 \cdot X_{10}(i+1) + 2 \cdot X_{10}(i+2) + X_{10}(i+3) \quad (3)$$

20 m弦10 m間隔から40 m弦正矢

$$X_{40}(i) = X_{20}(i-1) + 2 \cdot X_{20}(i) + X_{20}(i+1) \quad (4)$$

20 m弦 5 m間隔から40 m弦正矢

$$X_{40}(i) = X_{20}(i-2) + 2 \cdot X_{20}(i) + X_{20}(i+2) \quad (5)$$

3. 計画正矢弦長

計算で計画正矢および移動量を求める場合、現場正矢としては ① 10 m弦正矢、② 20 m弦正矢、③ 30 m弦正矢、④ 40 m弦正矢が考えられる。また、計測弦長と間隔の組み合わせは ① 10 m弦 5 m間隔、② 20 m弦 5 m間隔、③ 20 m弦10 m間隔が一般的であるが、このうち以下の場合については測定精度にもよるが、通常40 m弦正矢に換算した釣合誤差が大きく信頼性に欠けるという問題点がある。

(1) 40 m弦(計算)正矢を計画正矢とした場合

式(3)からもわかるように、連続7箇所の $X_{10}=0$ なら $X_{40}=0$ となるが、 $X_{10} \neq 0$ ならば鋸歯のように正負の符号が変わらなければ $X_{40} \rightarrow 0$ にならないので、10 m弦正矢がかえって悪くなることが十分予測され、10 m弦正矢が静的仕上り基準値内におさまる保証はない。

(2) 10 m間隔で測定した20 m弦正矢の場合

この場合は、10 m弦正矢を換算できないので10 m弦のチェックができない。

(3) 5 m間隔で測定した10 m弦正矢の場合

残るのは5 m間隔で測定した20 m弦正矢の場合であるが、10 m・40 m弦正矢の誤差に与える影響は、10 m弦⇔40 m弦ほど大きくないが、測点間隔10 mの2つのグループが互いに全く独立した情報しかもっておらず、10 m弦正矢に対する情報はない。そこで、10 m弦正矢に対する情報を与えるため、以下の計算方法を試みた。

4. 計算方法

(1) 上述の2つのグループ各々の移動量を計算する(測点間隔10 m)。

- (2) (1) で求めた隣接する測点（5 m間隔）の移動量を加重平均により修正する。
これにより、隣接する測点の移動量が滑らかになり、移動量（残留狂）の絶対値も小さくなる。

5. 計算結果

表.1に、10 m弦⇄20 m弦間に換算誤差のない狂いのモデルを、計画正矢弦長および移動量計算区間を変え、以下の条件で行った計算結果を示す。

- (1) 計算には設定値を除いた正矢量（軌道狂）を用いる。
(2) 計画正矢は、すべての測点において、極力計算区間内の現場正矢の平均値になるよう修正を加える。
(3) 加重平均の式は

$$S'_{(i)} = (S_{(i-1)} + 2 \cdot S_{(i)} + S_{(i+1)}) / 4 \quad (6)$$

ただし、 S ：修正前の移動量 S' ：修正後の移動量

とする。

これを見ると、以下のことがわかる。

- (1) 「整正前後の正矢の総和は不変」という曲線整正の条件からもわかるように、各整正区間における正矢の平均値は等しいが、最大値およびばらつきの度合いは計画した弦長によってかなりの差がある。
(2) 同じ整正区間では、整正計画弦長が短いほど狂いの絶対値およびばらつきが小さい。
(3) 整正計画弦長と同じ弦長の正矢は、整正区間が長くなるほど狂いの絶対値およびバラつきが小さい。
(4) 整正計画弦長が30 m・40 mの場合、整正区間が長くなるほど10 m・20 mの隣接測点の正矢差が大きくなる。
(5) 整正計画弦長が30 m・40 mの場合、整正区間が短いと整正精度が悪いので、部分的な補修には適さない。

6. まとめ

- (1) この整正方法は、10 m弦正矢・40 m弦正矢の両方を整正（10 mはそんなに悪くなく40 mもそこそこに）できる1つの方法である。
(2) 施工現場でも十分対応できる。
(3) 通常の曲線整正時と同様に、慎重に現場正矢を計測することが、仕上がり精度の向上に特に重要である。

表.1 計算結果

移動量 計算区間	10 m 弦正矢						20 m 弦正矢						30 m 弦正矢						40 m 弦正矢					
	整正			整正計画弦長			整正			整正計画弦長			整正			整正計画弦長			整正			整正計画弦長		
	前	10m	20m S	20m	30m	40m	前	10m	20m S	20m	30m	40m	前	10m	20m S	20m	30m	40m	前	10m	20m S	20m	30m	40m
No. 5 S	max	1.0	0.4	1.4	2.2	1.5	3.0	1.4	2.6	2.3	3.0		6.0	1.4	4.6	6.0			8.0	5.2	7.0	7.4	8.0	
	平均	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.92	-0.92	-0.92	-0.92	-0.92		-2.08	-2.05	-2.76	-2.08			-3.69	-3.58	-3.69	-3.69	-3.69	
	分散	0.33	0.02	0.25	0.97	0.37	1.46	0.20	0.82	0.62	1.19		3.76	0.83	1.83	3.65			7.44	2.16	5.11	4.77	6.87	
No. 17 S	σ	0.58	0.14	0.50	0.99	0.61	1.21	0.45	0.90	0.79	1.09		1.94	0.91	1.35	1.91			2.73	1.47	2.26	2.19	2.62	
	max	1.0	0.4	1.3	3.5	2.3	3.0	1.3	2.0	1.4	3.2	5.6	6.0	2.8	3.1	3.3	6.2	8.0	4.8	5.7	5.5	6.4	8.0	
	平均	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.86	-0.84	-1.11	-0.86	-0.86	-1.57	-1.49	-1.57	-1.57	-1.57	-1.57	
No. 25 S	分散	0.28	0.03	0.25	5.42	0.79	2.43	1.57	0.40	0.79	0.62	1.68	5.38	5.17	1.85	2.83	3.03	6.04	12.63	5.32	7.14	7.26	7.82	10.37
	σ	0.53	0.17	0.50	2.33	0.89	1.56	1.25	0.63	0.89	0.79	1.30	2.32	2.27	1.36	1.68	1.74	2.46	3.55	2.31	2.67	2.69	2.80	3.22
	max	1.0	0.3	0.9	5.0	4.7	4.7	3.0	0.9	1.7	1.1	5.9	9.5	6.0	1.9	2.8	2.4	5.5	8.0	3.3	4.1	3.8	6.3	4.9
No. 35 S	平均	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.25	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.58	-0.58	-0.6	-0.58	-0.58	-1.00	-1.03	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	
	分散	0.25	0.02	0.17	6.93	4.61	3.58	1.42	0.21	0.52	0.35	6.69	12.25	4.24	0.78	1.74	2.46	6.52	10.06	2.87	4.22	4.29	9.60	7.89
	σ	0.50	0.13	0.41	2.63	2.14	1.89	1.19	0.46	0.72	0.59	2.59	3.50	2.06	0.99	1.32	1.57	2.55	3.17	1.69	2.06	2.07	3.10	2.81

(注) 20m S のみ移動量を加重平均。

文 献

- 1) 広田和義、武藤 実：“東北新幹線の動揺対策”新線路 44-9(1990)
- 2) 堀田英俊、三輪昌弘、鎧坂勝則：“東海道新幹線の軌道管理”新線路 44-9(1990)
- 3) 大田健治、池ノ上俊彦：“新幹線における長波長軌道整備”新線路 44-9(1990)