

IV-260

レール断面コンターの数式による表現

日本機械保線 正会員 佐藤 吉彦

1. まえがき

レール断面の輪郭形状(コンター)は、直線と円弧を用いて設計されているが、その形状を理論式で表すことに関しては、その接続に関する高次方程式の解を求めなければならないために行われず、その面積、断面一次モーメント等の特性値は、これを幾何学的に図面に画いて横方向にスライスすることにより計算されて来た。したがって、その精度もその程度のものに留まらざるを得なかった。しかし、近年特に車輪との接触問題を論ずるため、あるいは新たなレール断面を設計する際にその係数を変えて最適値を求めるなど、この形状をコンピュータの中で連続的に表現する必要が生じてきた。そこで、最近汎用されるようになった数学ソフトを用いて、これを実現することを試みた。以下では、日本で汎用されている 60 kgレールを主体に、50N ならびに 40Nレールについてもこれを行った結果について報告する。

2. 60 kg レールにおける事例

60 kg レールの断面コンターを図1に示すように分割し、各セクションをそれぞれ円弧と直線の式で表現し、この係数を各セクションの接点の座標と勾配を合わせることで求めた。この場合、以下の区間はそれぞれ独立してその理論式の係数が定まるが、その他の区間はその接続の条件からその係数が定まることとなる。

区間 1、5、6、8、10、12、14

この中で、特に次の区間は、その円弧の中心を1点鎖線に沿って移動し、これがそれぞれの対応する円弧とその接点の位置と接線が一致する箇所までその係数を求めることにより、その形状が定まることとなる。

区間 3、7、9

この接点は、円弧と円弧の接点となるので、その値を理論値としては求められなかったもので、数値解として求めた。

3. 理論解による各特性値と従来の値との比較

以上により求めた 60 kgレールのコンターの理論式を示したのが表1であり、各特性値を従来の値と比較したのが、表2である。この結果は次の通りである。

- (1) 幾何学的な手法による計算結果とは 2 - 3桁合致しており、従来の値も実用上十分な精度がある。
- (2) 計算結果の精度に関しては、接続の部分の両側からの計算の差によりこの段階では4桁程度と考えられたが、当然のことながらこの精度を必要な程度まで上げることは可能である。
- (3) I_y の計算精度が、 I_x のそれに較べて 1/10 に下がっているが、これはレール断面の読み取りに際してこれを横断してスライスした際に、スライスの幅に限界があり、その平均的値が高さの読み取りに較べてやむを得ず落ち、この誤差が2次モーメントを計算する際に2乗されて拡大されたことによると考えられる。

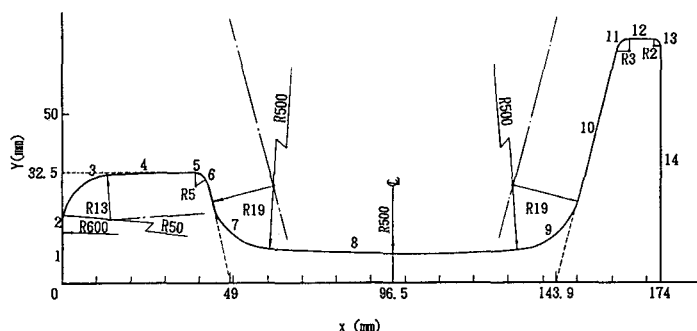


図1 60 kg レールにおけるコンターの分割

4. 50N ならびに 40N レールの理論式

日本で汎用されているその他レールとして
50N ならびに 40N レールの各表示式を求めた
のが表3である。

5. むすび

以上の解析を通じて、レールコンターを数
式で表現することは可能であり、また有用で
あることが明らかにされたと考える。

表2 60 kg レールにおける特性値の比較

特性値	単位	従来値	計算値
断面積	cm ²	77.5	77.576
重心位置	cm	7.78	7.77608
I x	cm ⁴	3090	3088.12
I y	cm ⁴	512	515.616

表1 60 kg レールコンターの表示式

区間	終 点	表示式
1	x=0.0187529 y=1.5	$y=\sqrt{3600-(x-60)^2}$
2	x=0.0660812 y=2.07251	$y=1.357+\sqrt{25-(x-5.01719)^2}$
3	x=1.32099 y=3.19156	$y=1.89115+\sqrt{1.69-(x-1.35337)^2}$
4	x=3.68462 y=3.24985	$y=X/40+3.15773$
5	x=4.18218 y=2.87128	$y=2.75+\sqrt{0.25-(x-3.69711)^2}$
6	x=4.30199 y=2.39204	$y=-4x+19.6$
7	x=6.00682 y=0.957911	$y=2.85286-\sqrt{3.16-(x-6.14526)^2}$
8	x=13.2826 y=0.957132	$y=50.825-\sqrt{2500-(x-9.65)^2}$
9	x=14.9879 y=2.39148	$y=2.852326-\sqrt{3.61-(x-13.1446)^2}$
10	x=16.1457 y=7.0228	$y=4x-57.5$
11	x=16.4367 y=7.25	$y=6.95+\sqrt{0.09-(x-16.4367)^2}$
12	x=17.2 y=7.25	$y=7.25$
13	x=17.4 y=7.05	$y=7.05+\sqrt{0.04-(x-17.2)^2}$

表3 50N ならびに 40N レールコンターの表示式

(a) 50N レール

区間	終 点	表示式
1	x=0.0201734 y=1.1	$y=\sqrt{900-(x-30)^2}$
2	x=0.121102 y=2.10652	$y=0.806667+\sqrt{64-(x-801479)^2}$
3	x=1.37134 y=3.19489	$y=1.89530+\sqrt{1.69-(x-1.40383)^2}$
4	x=3.5731 y=3.24994	$y=X/40+3.16061$
5	x=3.76606 y=3.11835	$y=3.05+\sqrt{0.04-(x-3.5781)^2}$
6	x=4.38416 y=1.41855	$y=-2.75x+13.475$
71	x=4.68506 y=1.0843	$y=1.62359-\sqrt{0.36-(x-4.94804)^2}$
72	x=5.89149 y=0.782718	$y=3.78075-\sqrt{9-(x-6)^2}$
8	x=11.6985 y=0.910136	$y=50.75-\sqrt{2500-(x-7.7)^2}$
9	x=12.9883 y=1.8928	$y=2.40541-\sqrt{2.25-(x-11.5786)^2}$
101	x=13.8006 y=4.12655	$y=2.75x-33.825$
102	x=13.9111 y=4.61074	$y=4.80975-\sqrt{4-(x-11.921)^2}$
103	x=14.017 y=6.17	$y=10x-134.5$
11	x=14.216 y=6.35	$y=6.15+\sqrt{0.04-(x-16.216)^2}$
12	x=15.1 y=6.35	$y=6.35$
13	x=15.3 y=6.15	$y=6.15+\sqrt{0.04-(x-15.1)^2}$

(b) 40N レール

区間	終 点	表示式
1	x=0.0201734 y=1.1	$y=\sqrt{900-(x-30)^2}$
2	x=0.115178 y=2.07002	$y=0.806667+\sqrt{64-(x-801479)^2}$
3	x=1.37134 y=3.16443	$y=1.86472+\sqrt{1.69-(x-1.39887)^2}$
4	x=2.78128 y=3.19994	$y=X/40+3.13016$
5	x=2.98424 y=3.06835	$y=3+\sqrt{0.04-(x-2.79628)^2}$
6	x=3.65012 y=1.23716	$y=-2.75x+11.275$
71	x=4.00572 y=0.879516	$y=1.4422-\sqrt{0.36-(x-4.214)^2}$
72	x=4.60417 y=0.757437	$y=2.75514-\sqrt{4-(x-4.7)^2}$
8	x=10.8201 y=0.846145	$y=50.7-\sqrt{2500-(x-7)^2}$
9	x=12.1152 y=1.82927	$y=2.34189-\sqrt{2.25-(x-10.7055)^2}$
101	x=12.8287 y=3.7914	$y=2.75x-31.4875$
102	x=12.9098 y=4.1382	$y=4.30408-\sqrt{2.25-(x-11.419)^2}$
103	x=13.108 y=5.922	$y=9x-112.05$
11	x=13.3068 y=6.1	$y=5.9+\sqrt{0.04-(x-13.3068)^2}$
12	x=13.8 y=6.1	$y=6.1$
13	x=14.0 y=5.9	$y=5.9+\sqrt{0.04-(x-13.8)^2}$