

文章编号:1005-0523(2001)01-0055-03

# 预应力钢筋混凝土岔枕的受力分析

李新国, 余儿忠, 胡文

(同济大学铁道建筑系, 上海 200331)

**摘要:** 就应预应力钢筋混凝土岔枕的受力状况进行理论分析,并对不同道床系数时的岔枕进行了受力计算,为预应力钢筋混凝土岔枕在列车提速、大型捣固机作业提供强度理论依据<sup>19</sup>。

**关键词:** 混凝土岔枕; 挠度; 弯矩

**中图分类号:** TU473 **文献标识码:** A

预应力钢筋混凝土岔枕的受力状况与普通线路上的预应力钢筋混凝土轨枕有很大的差别,因结构上的特殊性,道岔部位的动力作用要比普通线路为大,同时岔枕随着道岔的不同部位,其长度也是变化的<sup>19</sup>此外岔枕上的钢轨也有受力轨与非受力轨之分,车轮通过道岔时,受力轨承受轮载并传输给岔枕,与此同时,岔枕又受到非受力轨对它的附加作用,轮载与附加作用力岔枕施加向上或向下的综合作用力,使得岔枕的受力就变得比较复杂<sup>19</sup>。本文就预应力钢筋混凝土岔枕的受力状况进行了理论分析,从而得出预应力钢筋混凝土岔枕在列车提速、大型捣固作业时的强度值<sup>19</sup>。

## 1 钢筋混凝土岔枕的受力特点

岔枕受力时一般可分为四个部分:转辙器、连接部分、辙叉部分和辙后部分<sup>19</sup>位于不同部位的岔枕其受力情况各有特点<sup>19</sup>在转辙器部位,尖轨和基本轨紧密贴靠得很近,再加上铁垫板的作用,其受力情况基本上类似于普通线路轨枕的受力<sup>19</sup>。在导曲线和可动心轨辙叉部分,直股和侧股的钢轨交叉布置,受力轨与非受力轨之间的间隔也较大,且逐根变化着,当受力轨承载时,非受力轨由于在线路的纵向与其它岔枕连接,而具有较大的抗弯性,因而对岔枕的弯曲产生较大的抵抗<sup>19</sup>。在辙后部分,岔枕的长度越来越长,直股和侧股的钢轨已守全分开,且间隔也逐渐加大,非受力轨的影响也逐渐减弱<sup>19</sup>。

## 2 钢筋混凝土岔枕受力时的力学模型

在对岔枕受力进行分析时,可采用将空间问题简化为平面问题来进行,其简化的依据是岔枕作为一根支承在弹性基础上的有限长梁,而钢轨(无论是受力轨还是非受力轨)在钢轨的纵向是弹性基础上的无限长梁,利用非受力轨对岔枕的作用模型就将空间问题转化为平面的问题了,这样就将计算简化<sup>19</sup>。将空间转化为平面的计算方法是工程结构的计算中运用非常广泛的方法<sup>19</sup>。

要研究岔枕的受力可采用弹性基础上的短梁的力学模型<sup>19</sup>岔枕埋设在具有弹性支承的基础上,承受受力轨传来的轨座荷载和非受力轨的共同作用<sup>19</sup>。计算时采用初参数法,这种方法的一般形式如下:

梁端的初始截面( $x=0$ )的内力参数有4个,即截面的挠度 $Y_0$ ,转角 $\Psi$ ,弯矩 $M_0$ ,和剪力 $Q_0$ ,记作 $Y_0 = \{Y_0, \Psi, M_0, Q_0\}^T$ ,距离起始截面为 $X$ 处的截面内力元素 $Y_x = \{Y_x, \Psi, M_x, Q_x\}^T$ ,两截面内力元素的关系式为:

$$\begin{Bmatrix} Y_x \\ \Psi \\ M_x \\ Q_x \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_x & B_x \backslash B & -C_x \backslash (EI \beta^2) & -D_x \backslash (EI \beta^3) \\ -4 \beta D_x & A_x & -B_x \backslash (EI \beta) & -C_x \backslash (EI \beta^2) \\ 4EI \beta^2 C_x & 4EI \beta D_x & A_x & B_x \backslash \beta \\ 4EI \beta^3 B_x & 4EI \beta^2 C_x & -4 \beta D_x & A_x \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Y_0 \\ \Psi \\ M_0 \\ Q_0 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

或简写为  $Y_x = HY_0$

式中  $EI$  —— 岔枕的抗弯模量;  $\beta$  —— 岔枕基础弹性与抗弯刚度的刚比系数;  $\beta = (Cb \backslash (4EI))^{1/3}$

收稿日期:2000-09-04

作者简介:李新国(1959-),男,湖北潜江人,同济大学工程师<sup>13</sup>

$C$ —道床系数  $MP/cm$ ;  $B$ —岔枕底宽;  $H$ —截面内力的传递矩阵;  $A_x, B_x, C_x, D_x$ —克雷洛夫函数(13)

因此,在计算时要计入受力的轨所受到的轨座荷载和非受力的影响(13)

(1) 非受力轨的影响

非受力轨对岔枕的作用采用如下的处理办法:在非受力轨的纵向同样看作为弹性基础上的梁,在受力情况下,其变形符合弹性基础上无限长梁的规律(13)根据其变形的主波和次波的长度,简化或4个支点的连续梁(图1),在梁上作用一单位力  $P=1$ ,在单位力作用下该点的挠度为  $\delta$  则  $1/\sigma$  即为其刚度  $\xi$  其值为:

$$\xi = 6656k^3 EJ \setminus (225\pi)$$

式中  $EJ$ —为钢轨的抗弯模量;  $k$ —钢轨与钢轨基础的刚比系数:  $k = (u/(4EJ))^{1/4}$

非受力轨对岔枕作用通常是向上的,则可将上述的四支点梁反过来即可,其对岔枕拉力  $R$  是与非受力轨在该点的位移  $Y_r$  有关的,其数值与该处刚度有关,即  $R = Y_r \times \xi$ (13)

(2) 轨座荷载的影响

轨座荷载按弹性基础梁的计算公式为:  $Q = Pkle^{-kx}(\sin kx + \cos kx) \setminus 2$

但国内外在设计计算轨座荷载时均采用一些简化的计算办法如:AREA、ORE等,通常都假定钢轨上的轮重分布于三根毗连的轨枕上,这时可能发生最大的轨座荷载其分配为中间轨枕承受50%,其它两根轨枕承25%的轮重,本文在计算中也采用这样的数值(13)

钢轨在竖向上受力时是一根支承在很多弹性支点上的连续梁,同时也可看作是支承在连续弹性基础上的无限长梁,这两种方法在轨道强度计算中一直被广泛应用(13)根据资料,这两者的计算差异一般不超过5~7%(13)将钢轨视为一根连续弹性基础梁,是目前最常用的方法,当这种结构承受力  $P$  的作用时,其位移弹性曲线为:

$$y = Pke^{-kx}(\cos kx + \sin kx) / (2k)$$

并随着距作用点的距离增加,很快衰减,以后的部分已可略去不计,因此,这一段的挠曲线就变成4个支点的弹性曲线,和四支点的连续梁曲线是等效的(13)很明显这一四支点的梁的支点位置与基础的弹性有关,即与  $k$  有关(13)

### 3 钢筋混凝土岔枕挠度及弯矩计算

在建立整个岔枕受力的方程时,除利用现有方

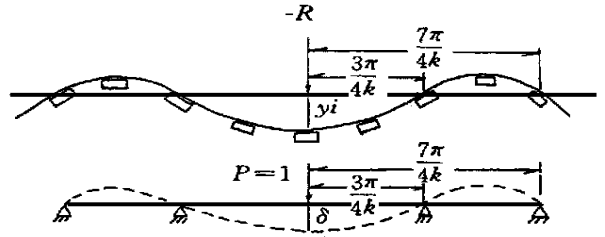


图1 非受力轨的力学模型

程中的边界条件处,再加上非受力轨处的作用力  $R_2$  和  $R_4$  作为未知数,解联立方程,即可求出初始截面的参数  $Y_0$ ,然后运用方程(1)即可求出整根岔枕各截面的内力元素(13)图2和图3分别为连接部分的42号枕和辙后部分的74号枕的弯矩图(13)计算时采用如下的一些计算参数:混凝土弹性模量  $E = 3.65 \times 10^4 MPa$ ,岔枕的  $I_x = 24803 cm^4$ ,轴重21t,轨座荷载按轮载的50%计,为5250kN,道床系数  $C = 60 MPa/cm(6 kg/cm^3)$ (13)

### 4 不同道床系数时的岔枕受力计算

为分析道床的捣固对岔枕受力的影响,还作了道床系数分别为80 MPa/cm、100 MPa/cm、120 MPa/cm(8 kg/cm<sup>3</sup>、10 kg/cm<sup>3</sup>、120 kg/cm<sup>3</sup>)岔枕的受力计算,截面的挠度及计算结果见表1~4(13)

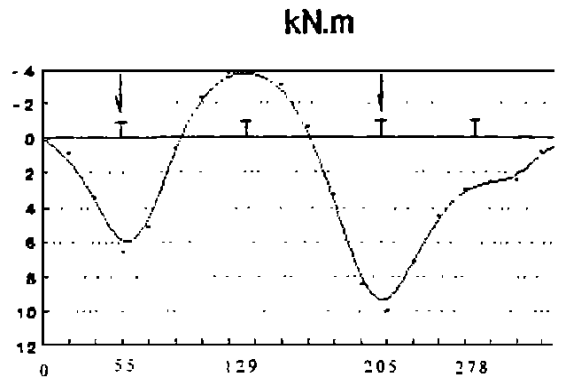


图2 42号枕弯矩图

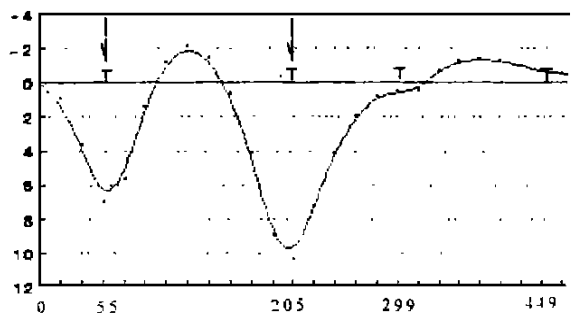


图3 74号枕弯矩图

42 号枕挠度计算值 (cm) 表 1

部位	道床系数 MPa/cm			
	60	80	100	120
左侧受力轨	0.232	0.174	0.140	0.117
左侧非受力轨	0.203	0.152	0.122	0.101
右侧受力轨	0.182	0.138	0.112	0.0945
右侧非受力轨	0.135	0.0989	0.0777	0.0636

74 号枕截面弯矩度计算值 (cm) 表 2

部位	道床系数 MPa/cm			
	60	80	100	120
左侧受力轨	0.224	0.182	0.145	0.121
右侧受力轨	0.176	0.134	0.108	0.0914
左侧非受力轨	0.0953	-0.0704	0.0554	0.0453
右侧非受力轨	-0.0375	-0.0292	-0.0236	-0.0195

42 号截面弯矩度计算值 (kN·m) 表 3

部位	道床系数 MPa/cm			
	60	80	100	120
左侧受力轨	6.75	6.55	6.54	6.53
左侧非受力轨	-3.85	-3.87	-3.88	-3.88
右侧受力轨	10.0	9.84	0.68	9.54
右侧非受力轨	2.52	2.37	2.23	2.10

74 号枕截面弯矩度计算值 (kN·m) 表 4

部位	道床系数 MPa/cm			
	60	80	100	120
左侧受力轨	6.94	6.86	6.80	6.76
右侧受力轨	10.4	9.91	9.29	9.29
左侧非受力轨	0.52	0.0218	-0.319	-0.565
右侧非受力轨	-0.47	-0.477	-0.474	-0.465

## 5 计算结果分析

1) 由图 2 和图 3 弯矩图可见:

①在受力轨的轨下截面产生正弯矩,而在受力轨之间的截面上产生负弯矩;

②在非受力轨处,因有  $R_2$  和  $R_4$  的作用,通常对弯矩起到减弱的作用;

③计算中最大的最大正弯矩在  $10 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,最大负弯矩在  $7 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,根据速道岔岔枕的设计承载能力,正弯矩为  $23.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,负弯矩为  $17.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,因此现有的岔枕的安全系数在  $2.3 \sim 4$  之间,与当初设计时定的安全系数 3 是吻合的<sup>19</sup>。

2) 由表 1~4 可见:

随着枕下道床的密实,钢轨的挠度明显降低,即岔枕的支承能力加强,岔枕截面的弯矩值稍有下降,并由正弯矩变为负弯矩<sup>19</sup>。

总之分析,现有提速岔枕的强度是足够的<sup>19</sup>。

### 参考文献:

- [1] 童大坝<sup>19</sup>铁道轨道[M]<sup>19</sup>北京:中国铁道出版社,1987<sup>19</sup>。  
[2] 王午生<sup>19</sup>铁道线路工程[M]<sup>19</sup>上海:上海科学技术出版社,1999<sup>19</sup>。

## Mechanics Analysis of Prestressed concrete Cross tie

LI Xin-go, YU Er-zhong, HU Wen

(Dept. of Tiedao Eng., Tongji Univ., Shanghai 200331, China)

**Abstract:** The paper discusses the method of calculating forced prestressed concrete cross tie, obtains a new mechanics mode, analyzes cross tie for mechanical properties in different roadbed coefficient, and draws a conclusion that the safety of cross tie in site is enough to increase the speed of train.

**Key words:** cross tie; deflection; moment