

文章编号:1006-2106(2010)10-0049-03

Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床纵横向阻力 设计参数试验研究*

杨艳丽**

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 武汉 430063)

摘要:研究目的:在此之前,国内曾经对铺设Ⅱ型枕的有砟道床阻力进行过测试,并提出过道床阻力参数。但随着我国高速铁路的大规模建设和既有线的不断提速,有砟轨道普遍使用Ⅲ型混凝土轨枕,同时道床断面尺寸、道砟材质及颗粒级配不断强化提高,确定Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床线路阻力是进行有砟轨道无缝线路设计的一项重要基础工作。

研究结论:本文选取武汉至襄樊区间增建第二线云梦段作为测试工点,通过现场原位测试和对测试数据进行数理统计分析,拟合确定了Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床纵向、横向阻力曲线,同时计算了Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床的等效横向阻力,其结果可为铁路无缝线路设计阻力的取值提供参考。

关键词:道床纵向阻力;道床横向阻力;Ⅲ型混凝土轨枕;测试;统计分析

中图分类号:U213.7*1 文献标识码:A

Experimental Study on Design Parameters of Longitudinal and Lateral Resistance of Ballast Bed for Ⅲ - Type Concrete Sleeper

YANG Yan - li

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co. Ltd. , Wuhan, Hubei 430063, China)

Abstract: Research purposes: The test was done to the resistance of the ballast bed for the Ⅱ - type sleeper and the resistant parameters were offered in the past. But with large - scale construction of high - speed railway and continuous speed - raise of the existing lines in China, the Ⅲ - type concrete sleeper has been widely used in ballast track. Meantime, the cross - section size of ballast bed, ballast material and grain gradation have been continually strengthened and improved. To determine the track resistance of the ballast bed for Ⅲ - type concrete sleeper is an importantly basic work to design the ballast jointless track.

Research conclusions: Through doing the in - situ tests and making statistic analysis of the tested data for Yunmeng experimental section of the additional second track of Wuhan - Xiangfan Railway, the fitting curves of the ballast longitudinal and lateral resistance of the ballast bed for the Ⅲ - type concrete sleeper were determined. Besides, the equivalent lateral resistance of ballast bed for the Ⅲ - type concrete sleeper was calculated. The results could be as the referances to design of the resistance of the jointless track.

Key words: longitudinal resistance of ballast bed; lateral resistance of ballast bed; Ⅲ - type concrete sleeper; test; statistic analysis

* 收稿日期:2010-08-10

** 作者简介:杨艳丽,1971年出生,女,高级工程师。

道床阻力是进行有砟轨道无缝线路设计的重要参数,道床纵向阻力是进行桥上无缝线路纵向力及位移计算的关键参数,道床横向阻力是进行无缝线路稳定性检算的关键参数。随着我国高速铁路的大规模建设和既有线的不断提速,有砟轨道普遍使用Ⅲ型混凝土轨枕,同时道床断面尺寸、道砟材质及颗粒级配不断强化提高。因此现场测试确定Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床线路阻力具有很重要的现实意义。本文对Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床线路阻力进行了现场测试,对实测数据进行数理统计分析,确定了Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床线路阻力的合理取值,研究结果可为铁路无缝线路设计线路道床阻力取值提供参考。

1 测试工点概况

测试工点处于武汉至襄樊区间增建第二线云梦段,线路速度目标值为200 km/h,全线铺设无缝线路,一次铺设跨区间无缝线路,60 kg/m、PD3 钢轨,Ⅲ型有挡肩钢筋混凝土枕,每公里铺设1 667根,弹条Ⅱ型扣件,一级碎石道砟,路基上道砟厚度30 cm,道床顶面宽度3.50 m,砟肩宽为45 cm,砟肩堆高15 cm,道床边坡1:1.75,桥上道床厚度35 cm,两侧的道床砟肩与挡砟墙之间以道砟填平,测试时线路已经过多次大机捣固、稳定作业,线路堆砟饱满,符合竣工验收要求。

2 道床纵向阻力测定

2.1 测试方法

道床纵向阻力在现场原位测试,将被测轨枕所有扣件松开,并抽出胶垫,加力设备为千斤顶,利用相邻轨枕作为反力墙。测力仪记录纵向推力,百分表记录轨枕位移,由此可得出轨枕纵向位移与阻力的关系曲线,测试装置如图1所示。

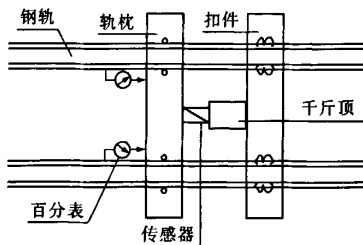


图1 道床纵向阻力测试装置

2.2 阻力测试与数据整理

为确保样本的有效性,随机选取在多处路基、桥梁及路桥过渡段进行道床纵向阻力测试,实测数据表明在相同道床状态的情况下,路基、桥梁及路桥过渡段的道床纵向阻力相近。因此,从路基、桥梁及路桥过渡段

的测试数据中随机选取有效的30个样本统一进行数理统计分析。

将实测的荷载-位移原始数据绘制成阻力测值散点图,横坐标为轨枕纵向位移,纵坐标为轨枕纵向阻力,如图2所示。

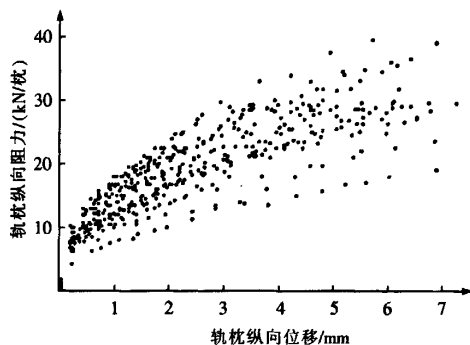


图2 实测道床纵向阻力-位移散点图

从图中可以得出,轨枕位移2 mm时的道床纵向阻力平均值为18.08 kN/枕,换算为单位长度的每股钢轨阻力为:

$$r = 18.08 / 0.6 / 2 = 15.07 \text{ kN/m/轨} \quad (1)$$

2.3 数理统计分析与曲线拟合

对上述测试结果采用最小二乘法进行拟合,可得Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床纵向阻力与位移的关系式如式(2)所示,拟合曲线如图3所示。根据最小二乘法计算,拟合曲线的相关系数 R^2 为0.83,可见测试数据离散性不大。

$$r = 3.24 - 7.21f + 17.92f^{3/4} \quad (2)$$

式中 r ——道床纵向阻力(kN/枕);

f ——道床纵向位移(mm)。

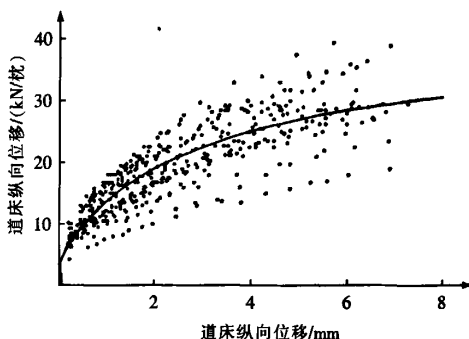


图3 Ⅲ型混凝土轨枕纵向阻力拟合曲线

3 道床横向阻力测定

3.1 测试方法

参考道床纵向阻力的测试方法,道床横向阻力也

采用原位测试,将被测轨枕所有扣件松开,并抽出胶垫,利用扣件锚固螺栓与钢轨的相互作用,以钢轨作支撑点,横向推移轨枕,加力设备为千斤顶,测力仪记录横向推力,百分表记录轨枕位移,由此可得出轨枕横向位移与阻力的关系曲线,测试装置如图4所示。

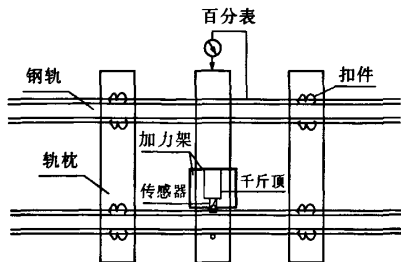


图4 道床横向阻力测试装置

3.2 阻力测试与数据整理

采用与纵向阻力相同的处理方法,分别进行路基、桥梁及路桥过渡段的道床横向阻力测试。实测数据表明在相同道床状态的情况下,路基、桥梁及路桥过渡段的道床横向阻力相近。因此,从路基、桥梁及路桥过渡段的测试数据中随机选取有效的40个样本统一进行数理统计分析。

将实测的荷载-位移原始数据绘制成阻力测值散点图,横坐标为轨枕横向位移,纵坐标为轨枕横向阻力,如图5所示。

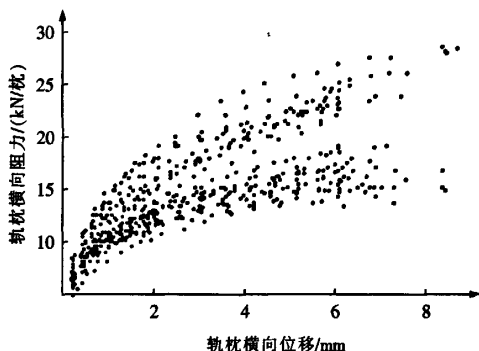


图5 实测道床横向阻力-位移散点图

3.3 数理统计分析与曲线拟合

对上述实测数据计算均值并减去2.5倍标准方差,确定道床横向阻力最小可能值。对各点道床横向阻力进行回归分析,Ⅲ型混凝土轨枕道床横向阻力与位移的函数关系如式(3)所示,拟合曲线如图6所示。

$$q = q_0 - q_1 y_f^z + q_2 y_f^n$$

$$= 25.11 - 1.012 \cdot 87 y_f + 1.014 \cdot 1 y_f^{3/4} \quad (3)$$

式中 q ——道床横向阻力(kN/枕);

q_0 ——道床初始阻力常数(kN/枕);

q_1, q_2, z, n ——道床阻力系数;

y_f ——道床横向位移(mm)。

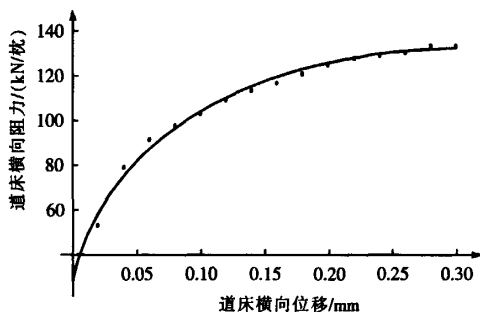


图6 道床横向位移-阻力曲线

当采用统一公式进行无缝线路稳定性检算时,道床横向位移为2 mm时的等效道床横向阻力 Q 为:

$$Q = q_0 - \frac{\pi q_1}{4} y_f + \frac{\pi}{2} C_{3/4} q_2 y_f^{3/4}$$

$$= 25.11 - \frac{1.012 \cdot 87 \pi}{4} \times 0.2 + \frac{1.014 \cdot 87 \pi}{2} \times 0.526 \times 0.2^{3/4} = 116.6 \text{ (N/cm)} \quad (4)$$

4 结论

道床阻力是有砟轨道无缝线路计算的重要参数,本文通过现场原位实测和数理统计的方法,对在我国新建、改建铁路中广泛采用的Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床阻力进行了试验研究,得到了以下结论为铁路无缝线路设计与研究参考:

(1) Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床纵向阻力 r 可表示为道床纵向位移 f 的方程式: $r = 3.24 - 7.21f + 17.92f^{3/4}$;

(2) Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床横向阻力 q 可表示为道床横向位移 y_f 的方程式: $q = 25.11 - 1.012 \cdot 87 y_f + 1.014 \cdot 1 y_f^{3/4}$;

(3) Ⅲ型混凝土轨枕有砟道床的等效道床横向阻力可近似取为116.6 N/cm。

参考文献:

- [1] 郝瀛,等. 铁道工程[M]. 北京:中国铁道出版社,2004.
He Ying, etc. Railway Engineering[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2004.
- [2] 张向民,等. 青藏铁路无缝线路试验段轨道参数试验[J]. 铁道科学与工程学报, 2005(6): 40-42.
Zhan Xiangming, etc. Track's Parameters of Experiment in Experimental Section of Qinghai-Tibet Railway[J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2005(6): 40-42.

(下转第57页)

(3) 交点(或直线点)距坐标换带衔接点的距离应根据投影角度变形值的大小来控制,相邻投影带间角度变形值最好控制在 $0.5''$ 内;

(4) 应积极开展工程测量投影模型和计算方法研究,最终实现一个项目不换带或少换带的目的。目前我公司与西南交通大学合作在消除高斯投影引起的变形方面的科研已取得一定成果,但还存在一些问题需要完善。此外,在委内瑞拉北部铁路项目中,我们采用了兰勃特投影方式,470多km的东西向铁路只用了一个投影分带,且满足了边长投影变形值的要求。

参考文献:

- [1] TB 10601—2009, 高速铁路工程测量规范[S].
TB 10601—2009, Code for Engineering Survey of High Speed Railway[S].
- [2] J 962—2009, 高速铁路工程测量规范[S].
J 962—2009, Code for Engineering Survey of High Speed Railway[S].
- [3] TB 10101—2009, 铁路工程测量规范[S].
TB 10101—2009, Code for Railway Engineering Survey [S].
- [4] J 961—2009, 铁路工程测量规范[S].
J 961—2009, Code for Railway Engineering Survey [S].
- [5] 孔祥元, 梅是义. 控制测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006.

Kong Xiangyuan, Mei Shiyi. Control Surveying Course [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2006.

- [6] 边少锋, 柴洪洲, 金际航. 大地坐标系与大地基准[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
Bian Shaofeng, Chai Hongzhou, Jin Jihang. Geodetic Coordinate System and Geodetic Datum [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2005.
- [7] 程昂, 卢建康. 《新建铁路工程测量规范》修订原则及技术特点[J]. 铁道工程学报, 2009(8): 10-15.
Cheng Ang, Lu Jiankang. Revise Principles and Technical Characteristics of "Code for the Engineering Survey for New Railway" [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2009(8): 10-15.
- [8] 卢建康. 论我国高速铁路精密工程测量技术体系及特点[J]. 高速铁路技术, 2010(1): 31-35.
Lu Jiankang. On Precise Engineering Survey Technology System and Characteristic for High Speed Railway in China [J]. High Speed Railway Technology, 2010(1): 31-35.
- [9] 梅熙. GPS技术建立铁路客运专线平面控制网若干问题探讨[J]. 铁道勘察, 2005(5): 3-7.
Mei Xi. Exploration for Some Issues on Setting up the Flat Control Net for Passenger - Dedicated Railway Lines with GPS Technology [J]. Railway Investigation and Surveying, 2005(5): 3-7.

(编辑 赵立兰)

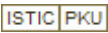
(上接第51页)

- [3] 卢耀荣. 无缝线路应用与研究[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
Lu Yaorong. Research and Application of Continue Welded Rail Track [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2004.
- [4] 唐乐, 等. 连续梁桥上无缝线路伸缩附加力计算研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2004(4): 35-39.
Tang Le, etc. Study on Calculating Additional Expansion and Contraction Forces between Continuously Welded Rails and Continuous Beam Bridge [J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2004(4): 35-39.
- [5] 赵志军, 等. 桥上无缝线路附加力影响参数[J]. 交通运输工程学报, 2003(3): 32-35.
Zhao Zhijun, etc. Influence Parameters of Additional Longitudinal Force of Continuously Welded Rails on Bridge [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003(3): 32-35.
- [6] 张向民, 等. 青藏铁路道床质量状态参数试验研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2007(3): 64-67.
Zhang Xiangmin, etc. Experimental Study on the Quality State Parameter of Ballast in Qinghai - Tibet

Railway [J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2007(3): 64-67.

- [7] 张向民, 等. 青藏铁路弹条Ⅱ型扣件系统低温阻力特性试验研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2007(2): 72-75.
Zhang Xiangmin, etc. Experimental Investigation on Resistance Performance of Spring II Type Fastening Systems under Low Temperature in Qinghai - Tibet Railway [J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2007(2): 72-75.
- [8] 李秋义, 等. 基于广义变分原理的铁路无缝道岔计算理论[J]. 交通运输工程学报, 2003(1): 22-25.
Li Qiuyi, etc. Calculating Theory of Railway Welded Turnout Based on Generalized Variational Principle [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003(1): 22-25.
- [9] 杨宝峰, 等. 铁路轨枕现状及发展[J]. 铁道工程学报, 2007(2): 36-40.
Yang Baofeng, etc. The Present Situation and Development of Railway Sleeper [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2007(2): 36-40.

(编辑 梅志山)

作者：[杨艳丽](#)，[YANG Yan-li](#)
作者单位：[中铁第四勘察设计院集团有限公司, 武汉, 430063](#)
刊名：[铁道工程学报](#) 
英文刊名：[JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年，卷(期)：2010(10)
被引用次数：1次

参考文献(9条)

1. [郝瀛](#) [铁道工程](#) 2004
2. [张向民](#) [青藏铁路无缝线路试验段轨道参数试验](#)[期刊论文]-[铁道科学与工程学报](#) 2005(06)
3. [卢耀荣](#) [无缝线路应用与研究](#) 2004
4. [唐乐](#) [连续梁桥上无缝线路伸缩附加力计算研究](#)[期刊论文]-[铁道科学与工程学报](#) 2004(4)
5. [赵志军](#) [桥上无缝线路附加力影响参数](#)[期刊论文]-[交通运输工程学报](#) 2003(3)
6. [张向民](#) [青藏铁路道床质量状态参数试验研究](#)[期刊论文]-[铁道科学与工程学报](#) 2007(3)
7. [张向民](#) [青藏铁路弹条Ⅱ型扣件系统低温阻力特性试验研究](#)[期刊论文]-[铁道科学与工程学报](#) 2007(2)
8. [李秋义](#) [基于广义变分原理的铁路无缝道岔计算理论](#)[期刊论文]-[交通运输工程学报](#) 2003(1)
9. [周小林](#) [长度控制放散法无缝线路长钢轨不均匀性分析](#)[期刊论文]-[铁道科学与工程学报](#) 2004(2)

本文读者也读过(10条)

1. [杨全亮](#), [朱彬](#) [III型混凝土轨枕道床纵、横向阻力试验分析](#)[期刊论文]-[铁道标准设计](#)2010(3)
2. [彭华](#), [王均星](#), [乐运国](#) [预应力轨枕的损伤演化和寿命估算方法](#)[期刊论文]-[铁道学报](#)2001, 23(5)
3. [马如进](#) [基于气动弹性模型的桥梁断面颤振导数识别](#)[学位论文]2004
4. [朱应娟](#), [ZHU Ying-juan](#) [合武铁路无砟轨道双块式轨枕设计](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#)2009(8)
5. [张红平](#), [ZHANG Hong-ping](#) [中国与法国高速铁路有砟轨道设计标准对比分析](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#)2011(2)
6. [李广慧](#) [高速公路桥梁结构体系可靠性评估](#)[学位论文]2003
7. [徐浩](#), [王平](#) [有砟轨道简支梁桥支座位置对无缝道岔的影响分析](#)[期刊论文]-[铁道建筑](#)2011(3)
8. [武玉乐](#) [铁路T梁新技术、新工艺制梁的研究](#)[期刊论文]-[大科技·科技天地](#)2011(6)
9. [范俊权](#), [FAN Junquan](#) [道砟生产工艺对道砟针片状指数和生产成本影响的分析](#)[期刊论文]-[铁道建筑](#)2010(12)
10. [曹德志](#), [CAO De-zhi](#) [时速200km及以上有砟轨道铺砟整道及精调技术](#)[期刊论文]-[高速铁路技术](#)2010, 01(4)

引证文献(1条)

1. [刘浩](#), [魏贤奎](#), [熊震威](#), [王平](#) [线路纵向阻力形式对桥上无缝线路计算影响](#)[期刊论文]-[铁道标准设计](#) 2013(10)

引用本文格式：[杨艳丽](#), [YANG Yan-li](#) [III型混凝土轨枕有砟道床纵横向阻力设计参数试验研究](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2010(10)