

桥上 CRTS II 型板式无砟轨道底座板屈曲分析

张丰华, 唐进锋, 谭 亚

(中南大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410075)

摘要:根据桥上 CRTS II 型板式无砟轨道结构特性,利用有限元分析方法,采用梁单元模拟钢轨,实体单元模拟轨道板、底座板和桥梁,弹簧单元分别模拟砂浆填充层和滑动层,建立 CRTS II 型板式无砟轨道纵向力计算模型。基于现场测量的底座板厚度资料和桥梁资料,计算出模型中各单元参数值。利用当地气温资料和轨道机车类型,得到最大温升和列车制动力值,计算出温度荷载和列车制动荷载作用下底座板厚度不足处纵向力值。分析温度荷载和列车制动荷载对底座板厚度不足处屈曲的影响。

关键词:CRTS II 型板式无砟轨道;有限元;温度荷载;屈曲

中图分类号:U213.2+44 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2016)01-0055-05

0 引言

CRTS II 型板式轨道由于其状态稳定、维护成本低廉的优点,是我国高速铁路轨道结构的主要形式,成功应用于京津城际、京沪、沪杭等客运专线^[1]。CRTS II 型板式无砟轨道结构参与传力的主要部件有钢轨、扣件、轨道板、砂浆层、底座板、端刺、固结机构^[2-3]。底座板是桥上 CRTS II 型板式无砟轨道结构主要纵向和垂向受力构件,其受力状况直接影响高速列车运行安全^[4]。本文选取杭长客专某大型连续梁桥施工段,现场测量了 CRTS II 型板式无砟轨道底座板厚度不足的底座板厚度,并进一步建立有限元模型,对底座板厚度不足处的屈曲进行计算分析,为进一步研究 CRTS II 型板式无砟轨道底座板提供参考。

1 现场测量

1.1 底座板厚度测量

测量的施工段为一座四跨连续梁桥,连续梁桥跨度(75+135+135+75)m,属于大跨度连续梁桥,连续梁桥两侧为 32 m 简支箱梁结构。在施工现场,重点测量底座板厚度严重不足地段,通过精确测量,得到里程 DK234+456.5~DK246+236.6 范围内底座板厚度数据。对简支梁与连续梁过渡段双线两侧底座板厚度都进行多次测量。

1.2 底座板厚度统计

连续梁桥底座板厚度不足处厚度统计结果见表 1。

表 1 底座板实测与设计厚度比较

实测厚度最小值				设计厚度最小值				实测-设计=厚度差值			
左线		右线		左线		右线		左线		右线	
左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧
132	135	155	140	185	191	191	185	-53	-56	-36	-45

底座板厚度严重不足处左右线厚度统计如图 1 和图 2 所示。由测量数据可以看出:底座板厚度不足地段呈散点分布特点,底座板厚度不足处连续长度都不超过 30 m,其中左线底座板厚度最小值为 132

收稿日期:2015-01-06 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2016.01.10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(E080704)

作者简介:张丰华(1989-),男,硕士研究生,从事高速铁路桥上无缝线路技术设计工作。E-mail:csuzfh@126.com

张丰华,唐进锋,谭亚.桥上 CRTS II 型板式无砟轨道底座板屈曲分析[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2016,29(1):55-58.

mm,与设计厚度相差 53 mm,最大值为 165 mm,与设计厚度相差 20 mm。右线底座板厚度最小值为 140 mm,与设计厚度相差 45 mm,最大值 171 mm,与设计厚度相差 14 mm。

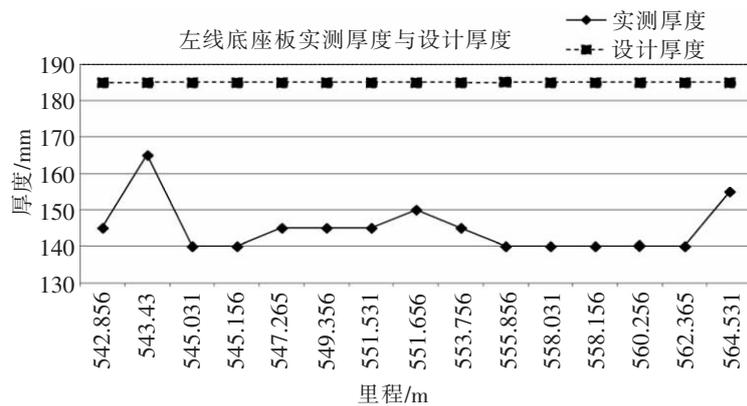


图 1 左线底座板厚度连续不足段落实测厚度与设计厚度比较

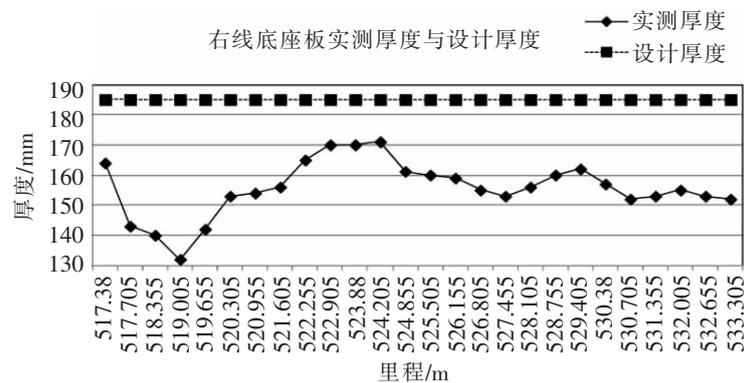


图 2 右线底座板厚度连续不足段落实测厚度与设计厚度比较

2 计算模型和计算参数

CRTS II 型板式无砟轨道结构包括钢轨、扣件、轨道板、砂浆层、底座板、端刺、固结机构等部件,本文利用 ANSYS 有限元软件,对轨道结构部件进行模拟,建立有限元纵向力分析模型,如图 3 所示。钢轨采用梁单元(BEAM4)模拟,轨道板和底座采用实体模型(SOLID45)模拟,弹性模量 3.0×10^{10} N/m²,泊松比 0.2^[5],线膨胀系数 1.0×10^{-5} /°C,CA 砂浆采用弹簧单元模拟^[6]。采用轨道-梁-墩一体化模型^[7],桥梁采用实体单元(SOLID45)模拟,钢轨、道床板和桥梁层间相互作用关系采用弹簧(COMBIN14)模拟,扣件采用 WJ-8 型扣件,滑动层摩擦阻力依据试验结果,“两布一膜”摩擦系数取 0.15~0.35^[8-9]。吴斌等^[10]通过荷载试验认为在列车静荷载作用下,采用梁体模型能很好地反映砂浆内部用力状态。箱型桥梁采用实体模型(SOLID45)模拟,计算模型横断面如图 4 所示。

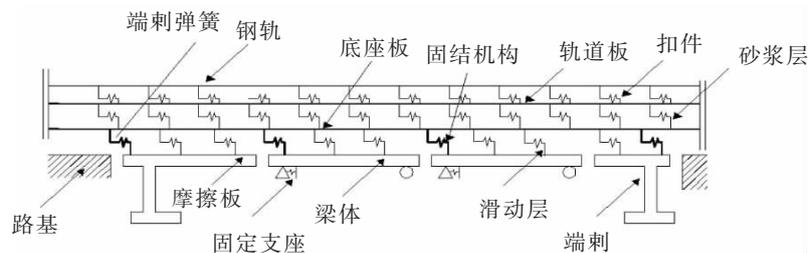


图 3 计算模型纵断面示意图

3 底座板力学分析

3.1 屈曲分析公式

桥上 CRTS II 型板式轨道结构纵向长度远远大于横向长度,在纵向上可以看做细长杆件^[7]。当温度升高或者受列车制动荷载作用时,轨道结构受到压力作用。当温度压力或制动压力超过轨道板屈曲临界力时,底座板会产生屈曲。将 CRTS II 型板式轨道底座板厚度不足段两端视为铰支,整体视为细长压杆,长度系数 μ 取为 1。由欧拉公式可得,轨道板受压屈曲变形临界力

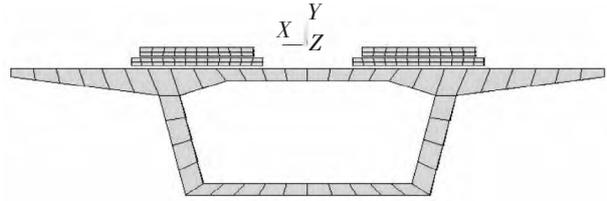


图 4 计算模型横断面图

$$F_{\sigma} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2} \quad (1)$$

式中, π 表示圆周率; E 表示底座板弹性模量; I 表示按底座板实际厚度计算的惯性矩; l 表示底座板侧向挡块距离; μ 表示长度系数。若温度荷载或制动荷载产生的压力 $F_t \geq F_{\sigma}$, 则轨道结构可视为发生屈曲。

3.2 温度荷载对底座板屈曲的影响

按照当地温度测试资料,混凝土按升温 31.8°C ,通过模型计算得出底座板对应位置处压力 F_t 。若 $F_t \geq F_{\sigma}$, 则轨道板有发生屈曲的危险。轨道板厚度严重不足地段处在 DK243+510~DK243+565 范围内。图 5 为左线底座板厚度不足处压力和临界力比较图;图 6 为右线底座板厚度不足处压力和临界力比较图。

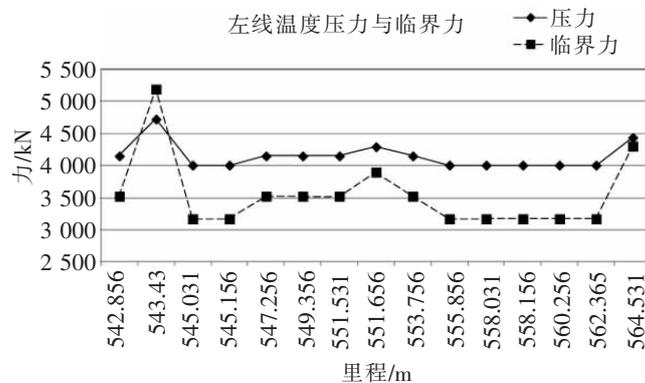


图 5 左线底座板厚度不足段压力与临界力



图 6 右线底座板厚度不足段压力与临界力

图 5 和图 6 中计算临界力时,利用公式(1),其中 l 取侧向挡块距离 8 m, I 取底座板实际厚度惯性矩。由图 5,图 6 可知,左线底座板厚度不足区段在 DK243+543.4 处满足临界力条件,其他位置压力大于临界力,底座板会发生屈曲。右线底座板厚度不足区段平均厚度 155 mm,在 DK243+517.7~DK243+521.6 区间处,压力大于临界力,此处底座板有发生屈曲的可能。

3.3 列车制动力对底座板屈曲的影响

计算采用 ZK 标准活载,仅考虑一线制动时,制动力取 10.496 kN/m/线,制动力作用长度 400 m。经计算可得最不利作用位置制动附加力为 1 545.6 kN/线。计算结果如图 7 所示,由图可以得出列车在底座板不足地段制动时制动力结果,横坐标代表底座板不足地段里程,纵坐标代表底座板受力大小,正值代表底座板受拉,负值代表底座板受压。

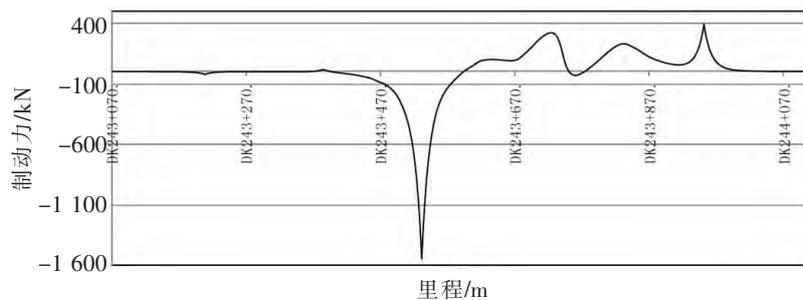


图 7 一线制动时制动力结果

当列车在最不利位置制动时,底座板厚度不足区段看做两端铰支的细长压杆,底座板不足区段平均高度 0.145 m,由公式(1)计算得出临界力 $F_{cr} = 880.4$ kN, $F_{制动} > F_{cr}$,制动荷载作用下底座板压力大于底座板屈曲临界力,底座板在制动力作用下会产生屈曲。

4 结论

本文基于 CRTSII 型板式无砟轨道底座板厚度不足区段现场测量数据,利用 ANSYS 软件建立连续梁桥上有限元模型,分析底座板厚度不足处施加温度荷载和制动荷载时的受力特点,得到如下结论:

- (1) 温度荷载作用下,底座板厚度不足区段不同厚度处临界应力不同,导致屈曲变形位置不连续,呈间断分布,在运营中会导致局部底座板混凝土压碎失效情况的发生。
- (2) 由于底座板厚度不足区段出现在连续梁与简支梁连接处,施加制动荷载时,厚度不足处底座板所受压力远远大于其他位置压力,底座板在单线制动情况下仍然有发生屈曲变形的危险。
- (3) 温度荷载作用下,左线区段底座板所受压力比屈曲临界力大 20%,右线区段底座板所受压力值仅高于屈曲临界力值 3%,考虑整体屈曲变形时,可采用相应加固措施,增大屈曲临界力,以达到运营安全的需要。
- (4) 底座板厚度变化导致的底座板纵向不平顺性,更增加了底座板屈曲变形量的累积,在底座板最薄弱处,进一步导致底座板和轨道板上拱现象的出现。

参 考 文 献

- [1] 姚坤峰. CRTSII 型无砟轨道板预应力钢筋张拉计算理论研究[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版, 2013, 26(9): 107-110.
- [2] 李士元. 客运专线 32 m 双线整孔简支箱梁张拉应力试验研究[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版, 2014, 27(3): 24-30.

(下转第 74 页)

- [4]胡爱凤,杨学忠.无吸液芯径向热管的传热机理研究[J].南京工业大学学报,2005(1):51-55.
- [5]涂福炳,许欣,周子民,张岭.同轴径向热管传热特性实验研究[J].中南大学学报:自然科学版,2011(4):1145-1149.
- [6]杨峻,张红,庄骏,等.径向偏心重力热管的传热性能分析[J].南京工业大学学报,2010,32(6):75-79.
- [7]C M Shi, W Yang, C J Xu. Experimental Study and Analysis on Heat Transfer Coefficient of Radial Heat Pipe[J]. Journal of Thermal Science, 2010, 19(5):425-429.

The Isothermal Characteristics of the Radial Heat Pipe without Wick

Jiao Yonggang, Wang Lemin, Wang Lei

(School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: Radial heat pipe has more advantages than axial heat pipe in terms of isothermal. This paper presents an experimental investigation of the radial heat pipe behaviors in isothermal characteristics. In this paper, the heat transfer mechanism of radial heat pipe is analyzed under different controlled temperature and different fill ratios. The results show that radial heat pipe not only has good isothermal performance, but also has good temperature stability. Moreover, the radial heat pipe has a damping effect on the temperature fluctuations because of its equivalent heat capacity.

Key words: isothermal; radial heat pipe; stability; filling rate

(上接第 58 页)

- [3]徐锡江.大跨桥上纵连板式轨道断板力计算研究[J].四川建筑,2010(4):134-136.
- [4]姚宏生,王春阳.沪杭高速铁路 CRTSII 型无砟轨道桥上底座板施工技术研究[J].铁道标准设计,2011(6):39-40.
- [5]孙璐,段雨芬.高速铁路 CRTSII 型板式无砟轨道结构动力特性分析[J].东南大学学报:自然科学版,2014,44(2):408-409.
- [6]元强,谢友均.板式轨道用高弹模水泥沥青砂浆与混凝土黏结性能的试验研究[J].铁道科学与工程学报,2013(6):40-44.
- [7]刘永存.桥上 CRTSII 型板式无砟轨道底座张拉纵连模拟分析[J].铁道标准设计,2014(9):45-46.
- [8]王强,季文玉.京津城际铁路 CRTSII 型板式无砟轨道桥梁段底座板施工技术[J].铁道建筑,2011(6):41-44.
- [9]李中华.CRTS I 型与 CRTS II 型板式无砟轨道结构特点分析[J].华东交通大学学报,2010,27(1):24-25.
- [10]吴斌,陈文荣.列车竖向荷载下 CRTSII 型板式无砟轨道结构受力特性试验研究[J].铁道科学与工程报,2014(3):38-41.

Analysis on Base Plate Buckling of CRTS II Ballastless Slab Track

Zhang Fenghua, Tang Jinfeng, Tan Ya

(School of Civil Engineering, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: According to the characteristics of CRTS II slab track structure, with rails modeled by beams, slab tracks and base plates modeled by solid unit while the bearing layers modeled by springs, the model of longitudinal force of CRTS II Ballastless Slab Track is established through finite element analysis. By using the data of base plate thickness and bridge, the parameters of the model are calculated. The data of local temperature and the locomotive type are obtained, and the maximum temperature rise and brake force are calculated. By loading temperature load and brake force, the longitudinal force at base plate thickness lack is calculated. The influence of temperature load and brake force to buckling at base plate thickness lack is analyzed.

Key words: CRTS II ballastless slab track; finite element; temperature load; buckling