

文章编号:1006—2106(2004)04—0043—04

大坡道曲线连续桥上无缝线路设计方法研究

孙立*

(铁道第四勘察设计院,湖北 武汉 430063)

摘要:本文以双流溪大桥为例,提出了长大坡道上曲线连续梁桥上无缝线路采用常规制动与挠曲力叠加的计算方法,对《新建铁路桥上无缝线路设计暂行规定》部分计算方法及参数的合理性进行了探讨。对这类特殊桥上无缝线路的设计方法有一定的指导意义。

关键词:大坡道;曲线梁;桥上无缝线路;研究

中图分类号: U442 **文献标识码:** A

1 前言

我国于2003年编制了《新建铁路桥上无缝线路设计暂行规定》^[1],用于指导新建铁路桥上无缝线路的设计。但对长大坡道上、设有曲线的连续梁桥上无缝线路设计方法在该暂规中并未明确规定,本文以宜万线上双流溪大桥为例,探讨这类特殊桥上无缝线路的设计方法。

双流溪大桥为双线有砟桥,桥跨布置为5-32 m简支梁+(60 m+108 m+60 m)连续梁+7-32 m简支梁+2-24 m。连续梁右端为1 200 m曲线,桥上线路纵坡为13‰及17‰两段组成,位于制动地段。

2 桥上无缝线路设计理论

建立线桥墩一体化计算模型,采用有限单元法及牛顿迭代法求解。计算中假定桥梁支座处于理想状态,即固定支座纵向无间隙,活动支座的位移不受阻力;梁和钢轨的温度仅为单纯的升温或降温,梁温采用日温差;考虑固定支座所在处墩台纵向水平线刚度,并按一线进行计算;考虑不同扣件类型及有荷、无荷,不同计算工况下的线路纵向阻力。

由于梁体温差影响伸缩而产生梁轨间纵向力,一股钢轨的伸缩力用 T_1 表示,并按主力检算。由于列车垂直荷载作用使梁体挠曲而产生的梁轨间纵向力,一股钢轨挠曲力以 T_2 表示,并按主力检算。由于钢轨折断而产生的梁轨间纵向力,一股钢轨的断轨力用 T_3 表

示,并按特殊荷载检算。由于列车制动而产生的梁轨纵向力,一股钢轨的制动力以 T_4 表示,并按附加力检算。假定桥上无缝线路的各项纵向力 $T_1 \sim T_4$ 相互不影响,分别单独计算^[2]。

当桥上坡度较大,需在正常的列车运行中进行调速制动时,将挠曲力与常规制动力叠加计算,常规制动力集度可按《牵规》计算而得。

3 设计原则

考虑桥上无缝线路的各项附加力,控制长钢轨纵向压力值,防止桥上无缝线路,特别是桥上曲线地段无缝线路的胀轨跑道。控制长钢轨纵向拉力值,以确保钢轨强度。控制钢轨折断时断缝的拉开值,以确保行车安全。控制作用于桥梁墩台的纵向附加力,以确保桥梁的安全使用。

在制动力作用下,以确保无缝线路长轨条强度及稳定性为前提,控制桥梁墩台的最小纵向水平刚度。为保证道床稳定,为保证制动力作用下梁轨快速相对位移限值不超过4 mm,控制桥梁墩台的最小纵向水平线刚度。

尽量不使用或少使用钢轨伸缩调节器。合理选择轨道部件参数,尽量延长轨节长度。在大桥考虑铺设钢轨伸缩调节器时,应在基本轨一侧设置不少于100 m的小阻力扣件,同时为便于管理,同一梁跨上最好为同一种扣件。双向伸缩调节器铺设于连续梁端部时,应确保尖轨不跨越桥梁伸缩缝。钢轨伸缩调节器不宜铺设

* 收稿日期 2004—03—11 孙立 工程师 男 1969年出生

在竖曲线及半径小于1 500 m的平曲线地段。

尽量使桥上无缝线路锁定轨温与路基无缝线路锁定轨温一致,便于现场管理。

4 设计方案与参数

4.1 设计方案

4.1.1 方案一:不设钢轨伸缩调节器,扣件全部采用常阻力扣件。

4.1.2 方案二:连续梁中部设一组双向伸缩调节器(TEJ),受竖曲线及曲线限制,钢轨伸缩调节器中点距左桥台距离设计为290 mm。两端各设194 m的小阻力扣件,即连续梁及连续梁左两跨简支梁,右三跨简支梁为小阻力扣件,其它地段为常阻力扣件。

4.2 设计参数

桥上无缝线路与路基无缝线路设相同的锁定轨温 $30\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大升温幅度为 $37.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大降温幅度 $38.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

路基及桥梁上常阻力件时线路阻力为 70 N/cm ,伸缩区及机车下线路阻力为 110 N/cm ;常阻力件时线路阻力为 43.4 N/cm ,伸缩区及机车下线路阻力为 66.7 N/cm 。

常规制动力集度为 2.5 kN/m ,作用距离不超过500 m;紧急制动力摩擦系数取为0.164,作用长度与列车相同。列车荷载为中活载。

曲线地段允许温度压力采用统一公式和变波长公式^[3]求得为 947 kN 。直线地段为 $1\,200\text{ kN}$ 。即容许附加压力分别为 234 kN 、 476 kN 。

按铝热焊焊接接头确定钢轨的容许应力为 351.5 MPa ,按连续支承梁理论(直线 $V=200\text{ km/h}$,曲线 $V=156\text{ km/h}$,电力机车)求得曲线及直线地段钢轨轨底动应力分别为 134.2 MPa 、 124.8 MPa 。即容许附加拉力分别为 933 kN 、 $1\,006\text{ kN}$ 。

5 计算结果及分析

5.1 方案一

钢轨伸缩力如图1所示,连续梁左端钢轨最大附加压力为 278.5 kN ,连续梁右端钢轨最大附加压力为 195.5 kN ,最大附加拉力为 238 kN ,在容许限度内。连续梁桥墩所受纵向力为 82.3 kN ,左端简支梁桥墩所受纵向力为 89.9 kN 。

以连续梁左边跨及一跨简支梁满载、活动端迎车为例,计算得钢轨挠曲附加温度力如图2所示,钢轨

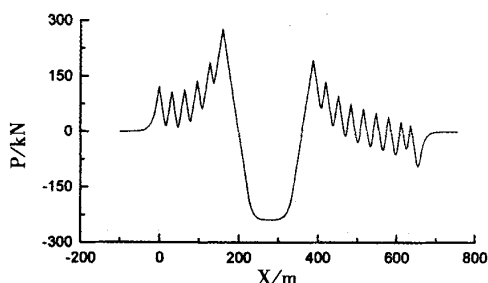


图1 伸缩力

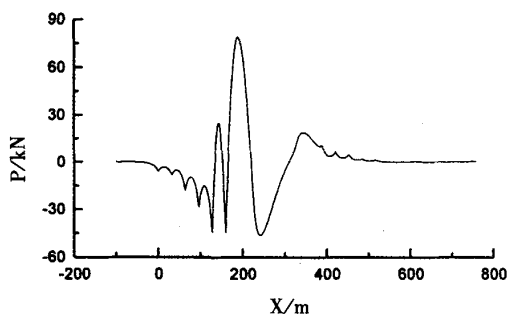


图2 伸缩力

最大附加温度压力为 79.0 kN ,最大附加温度拉力为 46.3 kN ,在容许限度内。连续梁桥墩所受纵向力为 21.3 kN ,左端简支梁桥墩所受纵向力为 40.5 kN 。同样也计算出其它荷载工况下的挠曲力。分析表明,当梁截面抗弯刚度较大时,挠曲力计算结果小于伸缩力;考虑常规制动后的钢轨附加挠曲力及各墩台的受力有所改变,但影响并不十分明显,这主要与常规制动力集度较小及列车计算长度较短有关。总的来看,在长大坡道上,采用截面抗弯刚度较大的梁型,十分有利。

以连续梁左端断轨为例,计算得钢轨温度力分布如图3所示。钢轨断缝约为 51.1 mm ,在容许限度内。连续梁桥墩所受纵向力为 420.9 kN ,左端简支梁桥墩所受纵向力为 277.4 kN 。其他处断轨时,也可得到类似的结果。

从左桥台至连续梁右端范围内作用中活载制动力时,钢轨附加制动力如图4所示,最大附加制动压力为 277.4 kN ,最大附加拉力为 182.6 kN , $1\,200\text{ m}$ 曲线地段

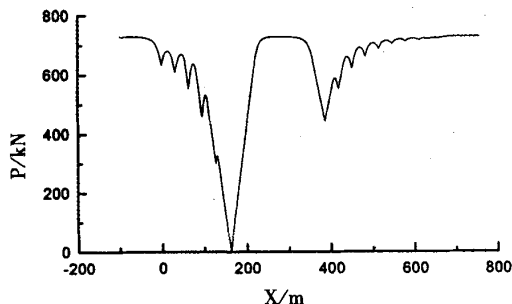


图3 断轨力

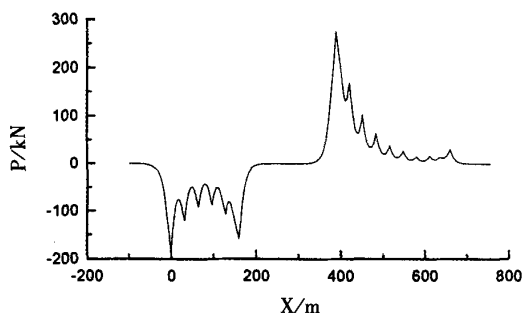


图4 制动力

无缝线路稳定性无法满足要求。钢轨与桥梁快速移动相对位移最大值约为2.8 mm，在容许限度内。连续梁桥墩所受纵向力为342.1 kN，左端简支梁桥墩所受纵向力为156.5 kN。

为使曲线地段稳定性满足要求，提出了以下七种改进设计方案：

第一种改进方案是在连续梁桥上全部设置小阻力扣件，计算钢轨最大附加制动压力为267.1 kN，仍超过稳定性安全限度，且设置小阻力扣件后，钢轨断缝不易保持在安全限度内，该方案不可取。

第二种方案是增大曲线地段道床横向阻力，目前所确定的无缝线路允许温升是按统一公式确定的，等效道床横向阻力 Q 设计值为84.5 N/cm，为了提高该曲线地段道床横向阻力，需采取措施，将等效道床横向阻力提高到135 N/cm以上，此时曲线地段容许附加温度压力可达到296 kN，能够满足制动时无缝线路稳定性要求。但在养护维修中很难保证。

第三种方案是增大曲线半径，当曲线半径达到1 600 m以上时，在标准的道床横向阻力情况下，曲线地段容许附加温度压力可达到288 kN，能够满足制动时无缝线路稳定性要求。但需要对现有平纵断面作较大改动。

第四种方案是限制列车在该桥上作紧急制动，避免出现过大的附加温度压力，但对运营会有较大影响。

第五种方案是增大连续梁桥墩的纵向水平线刚度，但会大大增加桥梁投资。

第六种方案是在该桥上设置伸缩调节器，但会给今后线路的养护维修带来不便。

第七种方案是降低桥上无缝线路升温幅度3℃，但可能与路基上无缝线路锁定轨温不一致，不利于管理。

综合来看，需按照暂规要求，当混凝土梁温度跨度大120 m于时设置伸缩调节器。

5.2 方案二

钢轨伸缩力分布如图5所示，钢轨最大附加温度

压力为109.0 kN，最大附加温度拉力为95.0 kN，在容许限度内。连续梁桥墩所受纵向力为188.9 kN，左端简支梁桥墩所受纵向力为22.0 kN。受坡道竖曲线及圆曲线的限制，钢轨伸缩调节器的布置不可能完全消除连续梁桥所受的纵向力，在柔性墩情况下连续梁桥所受纵向力大于不设钢轨伸缩调节器的情况。

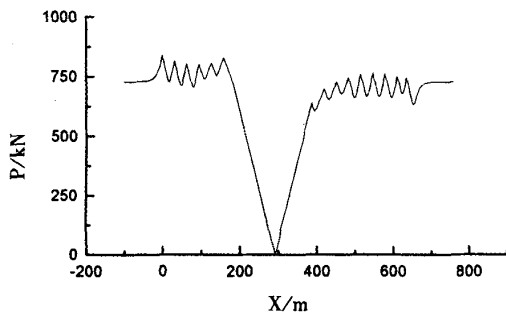


图5 伸缩力

以连续梁左边跨及简支梁上作用中活载为例，计算得钢轨挠曲力分布如图6所示，最大附加温度力为-87.6~0 kN，在容许限度内。连续梁桥墩所受纵向力为78.1 kN，左端简支梁桥墩所受纵向力为56.4 kN。有伸缩调节器情况下的挠曲力计算，此处采用的是叠加在钢轨最大升温或降温幅度时钢轨温度力图上的方法，伸缩力也是叠加在该基本工况上的计算结果，只是桥梁的伸缩分别由列车荷载或温度产生。若不是采用钢轨最大升温或降温作为基本工况，则墩台所受纵向力要小一些。这种计算方法偏于安全。

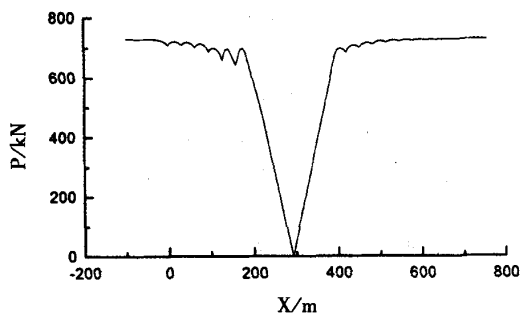


图6 挠曲力

以连续梁左端处断轨为例，计算得钢轨温度力分布如图7所示。钢轨断缝约为62.1 m，在容许限度内。连续梁桥墩所受纵向力为411.7 kN，左端简支梁桥墩所受纵向力为213.4 kN。

以从左桥台至连续梁右端作用中活载为例，计算得钢轨附加制动力分布如图8所示。钢轨最大附加制动压力为206.2 kN，最大附加拉力为217.7 kN，在容许限度内。在常阻力扣件范围内，钢轨与桥梁快速移动相对位移最大值约为2.1 mm，在容许限度内。连续梁桥

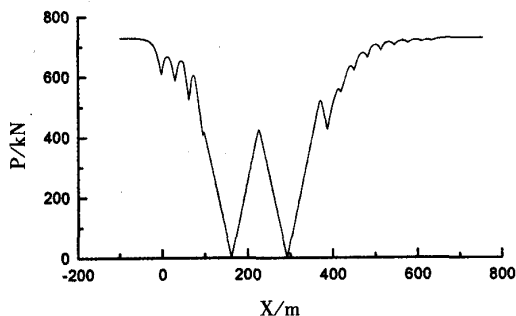


图 7 断轨力

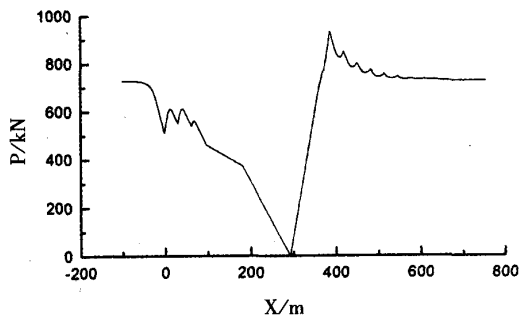


图 8 制动力

墩所受纵向力为 240.6 kN 左端简支梁桥墩所受纵向力为 138.9 kN。

采用此方案可以满足桥上无缝线路设计要求。

6 计算方法探讨

前面虽然按照暂规及现有桥上无缝线路理论设计了双流溪大桥无缝线路长轨条布置,提供了墩台检算用纵向力,但是在设计过程中仍有部分计算方法值得深入探讨。

通常情况下挠曲力不与伸缩力叠加计算,这是由于列车振动导致伸缩力得到了部分释放的缘故;而同样是列车荷载作用引起的挠曲力与制动力有无必要叠加计算值得探讨,因道床纵向阻力的塑性特性,两者计算结果不能线性叠加,在钢轨强度检算中分别单独考

虑,而挠曲力与制动力叠加计算时,钢轨所受纵向力大于两者单独计算的结果,可见从保证钢轨强度与稳定性的安全角度考虑,挠曲力宜与制动力叠加计算。同时这样计算符合实际情况。

钢轨断缝计算采用的是不与伸缩力叠加的简化方法,若考虑与伸缩力叠加、两股钢轨同时折断的情况,则断缝将增大,多数情况下连续梁桥上需布置伸缩调节器;若考虑一股钢轨折断,另一股钢轨仍承受伸缩力,则与实际情况较为吻合,断缝及墩台受力与简化算法有较大差别,宜采用此方法。

在连续梁桥上设有伸缩调节器时,本文所用方法是考虑在最大升降温情况下,挠曲力、制动力与钢轨中的温度力(不是伸缩力)叠加计算,而目前桥上无缝线路理论中未考虑伸缩调节器在挠曲力计算所起的作用,即有无伸缩调节器所得结果一致,似与实际情况不符。

7 结论

本文针对宜万线双流溪大桥上设有曲线及大坡道的情况,提出了采用常规制动与挠曲力叠加计算方法,分析了二种轨条布置方案的优缺点,并探讨了部分计算方法的合理性,建议在该桥建成通车后,进行桥上无缝线路的观测及测试,验证本文计算理论的合理性,并完善桥上无缝线路设计暂规。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部,新建铁路桥上无缝线路设计暂行规定[S].北京:2003.6.
- [2] 铁道部工程管理中心,高速铁路技术[M].北京:2003.8.
- [3] 广钟岩,高慧安.铁路无缝线路(第三版)[M].北京:中国铁道出版社,2001.
- [4] 王平、陈小平.桥上无缝线路钢轨断缝计算方法的研究[J].交通运输工程与信息学报.2004,6(2):47-52.

RESEARCH ON DESIGN METHOD OF WELDED TRACK ON CONTINUOUS BEAM BRIDGE WITH HEAVY GRADE AND CURVE

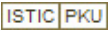
SUN Li

Track and Station Department of the Fourth Railway Survey and Design Institute

Abstract: This paper presents the calculation method for superposition of common braking and bending force on welded track on continuous beam bridge with long heavy grade and curve, explores the rationalities of partial calculation methods and parameters stipulated in 《Temporary Regulation for Design of Welded Track on Newly-built Railway Bridge》, based on the example of shuangliuxi Bridge.

Key words: heavy grade; curved beam; welded track on bridge; research

大坡道曲线连续桥上无缝线路设计方法研究

作者: [孙立](#)
作者单位: [铁道第四勘察设计院, 湖北, 武汉, 430063](#)
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2004 (4)
被引用次数: 3次

参考文献(4条)

1. [中华人民共和国铁道部](#) [新建铁路桥上无缝线路设计暂行规定](#) 2003
2. [铁道部工程管理中心](#) [高速铁路技术](#) 2003
3. [广钟岩;高慧安](#) [铁路无缝线路](#) 2001
4. [王平;陈小平](#) [桥上无缝线路钢轨断缝计算方法的研究](#)[期刊论文]-[交通运输工程与信息学报](#) 2004 (02)

引证文献(3条)

1. [王伟华;刘克飞;李培刚](#) [长大坡道桥上单元板式无砟轨道纵向力学特性分析](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2011 (2)
2. [刘文兵](#) [大跨度提篮拱桥上无缝线路设计关键技术研究](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2009 (6)
3. [李中华](#) [大跨度桥上无缝道岔群设计研究](#)[期刊论文]-[石家庄铁道学院学报](#) 2008 (4)

引用本文格式: [孙立](#) [大坡道曲线连续桥上无缝线路设计方法研究](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2004 (4)