

文章编号: 1674—8247(2012)06—0005—05

明桥面钢桁梁桥上无缝线路空间有限元分析方法

江万红 姚 力 庞 玲

(中铁二院工程集团有限责任公司土木建筑设计研究一院, 成都 610031)

摘 要:明桥面钢桁梁具有较小的二期恒载,在我国铁路新线建设、既有线改造升级以及城市轨道交通中依然广泛存在。文章摒弃常规的桥上无缝线路分析方法,建立空间有限元分析模型,分析明桥面钢桁梁桥上无缝线路纵向力,对优化桥梁与轨道结构的系统设计具有重要参考意义。根据钢桁梁实际构造,建立一种以轨道、桥梁、支座、墩台、基础为整体结构的纵向附加力计算空间模型,计算了某引桥为混凝土桥跨、主跨为简支钢桁梁桥的纵向附加力。同时,通过对比分析研究了制动架设置以及纵梁断开对桥上无缝线路纵向附加力的影响。

关键词:钢桁梁桥;桥上无缝线路;纵向附加力;空间有限元

中图分类号:U488.21⁺1

文献标识码:A

Method of Space Finite Element Analysis on the Continuously-welded Rail on Steel Truss Bridge with Open Deck

JIANG Wan-hong YAO Li PANG Ling

(First Civil Construction Design & Research Institute, China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: The steel truss bridge with open deck, with less dead load, is still widespread in China's new railway lines, upgrading of the existing lines and urban rail transit. In the paper, conventional method is abandoned and space finite element model is established to analyze CWR longitudinal force on the open deck of steel truss bridge, which has reference significance for optimizing the system design of bridge and track structures. On the basis of the real structure of steel truss bridge, a spatial finite element model of additional longitudinal force's calculation is established with track, beam, support, pier & abutment, foundation as an integrated system. The additional longitudinal force of one bridge is calculated, whose approach is concrete span while main span is simply-supported steel truss. Meanwhile, the influence on the additional longitudinal force of CWR from braking bracket setting and longitudinal beam disconnecting is studied through contrast and analysis.

Key words: steel truss bridge; continuously-welded rail on bridge; additional longitudinal force; spatial finite element

1 引言

桥上无缝线路是跨区间无缝线路的关键技术。桥上无缝线路不同于普通铺设于路基上的无缝线路,除承受与路基地段无缝线路钢轨相同作用外,还将承受

额外的纵向附加力,包括伸缩力、断轨力与扰曲力等,计算这些附加力是检算轨道结构与桥梁墩台强度、稳定性的前提^[1]。我国对于混凝土简支梁桥、连续梁桥、刚构桥上无缝线路已取得丰富的理论成果与实际铺设经验,但对于明桥面钢桁梁桥上无缝线路的研究还远远不足,这些不足主要是由于计算模型较多采用平面有限元模型所致^[2]。首先,平面有限元模型不能

收稿日期:2012-04-20

作者简介:江万红(1982-),男,工程师。

考虑平纵联对桥上无缝线路的影响;其次,制动架没有按实际结构模拟,只是假设设置制动架断面纵梁位移与桁架下弦杆结点位移相等;再次,计算挠曲力时荷载施加在桁架下弦杆上,这与荷载实际传递路径钢轨→纵梁→横梁→主桁是有很大区别的^[3]。以上不足都可以通过建立空间分析模型得以改进,本文的分析模型就是根据既有研究成果建立的一种空间分析模型。

2 钢桁梁桥上无缝线路空间分析模型

桥上无缝线路结构非常复杂,经过简化将钢轨、轨下基础、桥梁、支座、墩台、基础视为整体结构,建立桥上无缝线路纵向附加力计算有限元模型^[4],如图1所示。模型中2片主桁、上下平纵联、制动架在实际空间位置按其实际截面尺寸用二力杆单元模拟;以纵横梁交点为结点运用梁单元对所有横梁在其实际位置进行离散;同样运用梁单元将纵梁在其实际位置进行离散,单元长度为0.5 m;在纵梁位置运用梁单元对钢轨进

行离散,单元长度也为0.5 m,这时模拟的轨距不再是1 435 mm,而变为两纵梁间距,当扣件滑移刚度小于桥枕平面弯曲刚度时,上述处理不会对分析结果的精度产生明显影响;钢轨结点与纵梁结点间采用非线性弹簧单元进行连接,用以模拟线路纵向阻力,其中明桥面钢桁梁桥上模拟的是扣件纵向阻力,且限定非线性弹簧的变位只能是钢轨单元轴向。当跨中纵梁断开时,在断开处建立2个重合的纵梁结点,同时允许二者有不同的转动位移与桥梁轴向位移。钢桁梁一般跨度较大,支座较多采用辊轴支座,辊轴支座高度也较大,这将影响挠曲力计算,模型中支座刚臂即为了模拟支座而设。至于钢桁梁横联、桥枕可不加考虑,同时假设轨下基础厚度为0。对于邻跨混凝土桥两轨线模型、桥墩以及支座模型可参照文献[5]进行建立,但此时两轨线间距为纵梁间距。模型具有很强通用性,能分析简支钢桁、连续钢桁以及钢桁与混凝土桥跨同时存在的各种桥型的桥上无缝线路。

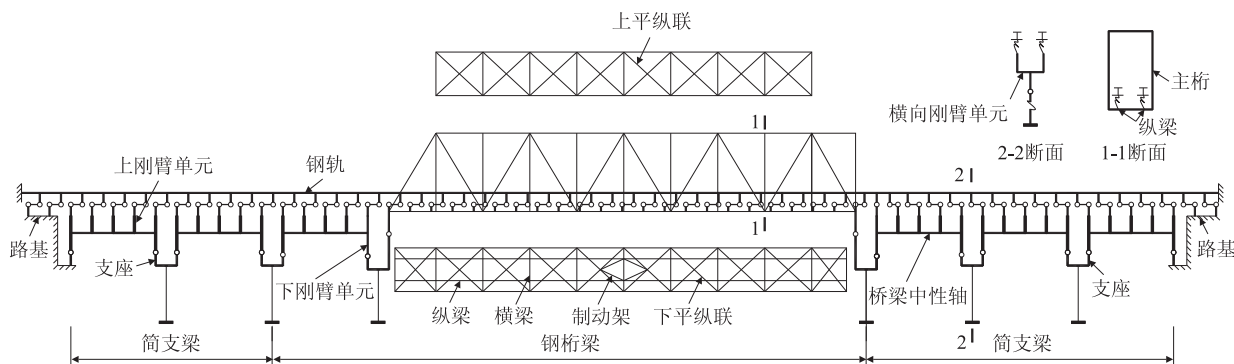


图1 钢桁梁桥上无缝线路纵向附加力计算空间有限元模型图

3 刚桁梁桥纵向附加力分析

这里以焦柳线某大桥为例。该桥位于单线直线线路上。桥跨布置从左至右为:3×32 m PC梁+80 m 钢桁梁+3×32 m PC梁,梁跨左端为固定支座,右端为活动支座,PC梁跨采用盆式橡胶支座,钢桁梁为明桥面、纵横梁体系,采用辊轴支座(图1)。桥上采用60 kg/m钢轨,PC梁跨计算伸缩力时,纵向阻力为每轨7 kN/m,计算挠曲力时,轨面无载采用每轨7 kN/m,轨面有载时,机车跨为每轨11 kN/m,车辆跨为每轨7 kN/m^[6];钢桁梁跨计算伸缩力时,纵向阻力为每轨5.31 kN/m,计算挠曲力时,轨面无载采用每轨5.31 kN/m,轨面有载时,机车跨为每轨8.15 kN/m,车辆跨为每轨5.31 kN/m^[7]。计算伸缩力时,PC梁温差为15℃,钢桁梁温差为25℃。针对钢桁梁,为了分

析平纵联、制动架设置以及纵梁断开对纵向附加力的影响,计算以下4种情况下的附加力:工况一,忽略平纵联、不设制动架、纵梁无断开;工况二,不设制动架、纵梁无断开;工况三,跨中设制动架、纵梁无断开;工况四,不设制动架、跨中纵梁断开(仅工况一忽略平纵联,其余工况均考虑平纵联)。

3.1 伸缩力计算

根据上述参数,计算了桥梁升温,钢桁梁分别处于工况一~工况四时的伸缩力。工况三的单股钢轨伸缩力如图2所示,此时的梁轨位移如图3所示;工况四单股钢轨伸缩力如图4所示,此时的梁轨位移如图5所示。工况一与工况二情况下的钢轨伸缩力与梁轨位移图形与工况三相同,只是峰值有所差别。图形坐标原点为桥梁左端桥台,位移向右为正,钢轨受力以拉为正。工况一~工况四计算结果如表1所示。

本文同时分析了单跨80 m钢桁在相同参数下,工况四条件下的伸缩力。此时,单股钢轨伸缩力如图6所示,相应的梁轨位移如图7所示。

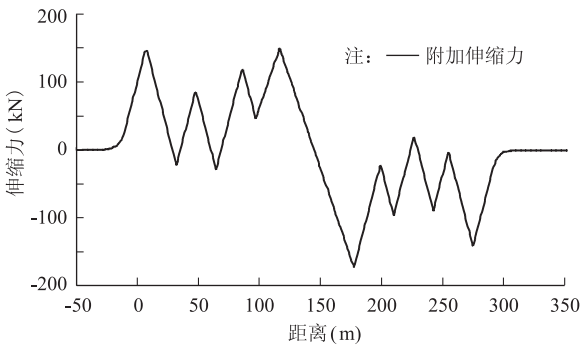


图2 工况三的单股钢轨伸缩力图

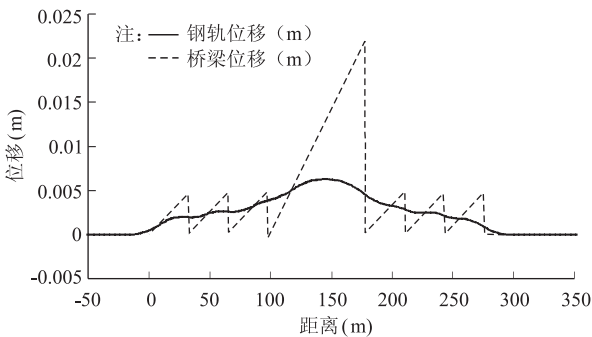


图3 工况三的梁轨位移图

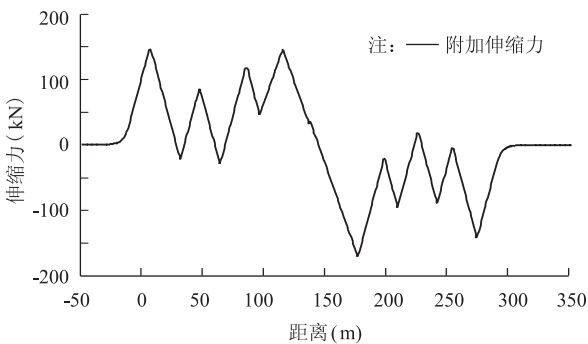


图4 工况四的单股钢轨伸缩力图

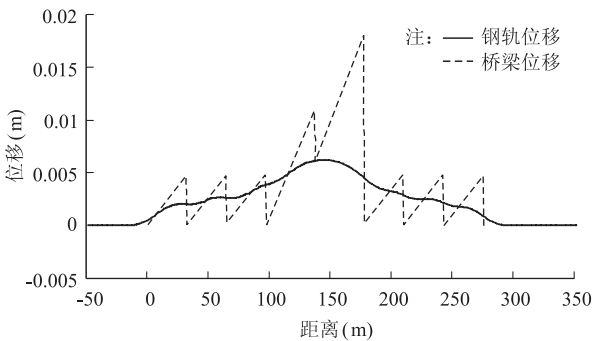


图5 工况四的梁轨位移图

表1 不同工况伸缩力计算结果比较表

工况	钢轨伸缩力 最小/最大 (kN/轨)	桁梁跨桥墩 附加伸缩力 (kN/轨)	纵梁位移 最小/最大 (mm)	最大轨 位移 (mm)
工况一	-159.8/141.1	178.6	-1.72/20.30	5.77
工况二	-163.3/143.1	189.3	-1.41/20.88	5.90
工况三	-173.1/149.6	221.6	-0.45/21.92	6.28
工况四	-171.1/145.5	219.8	-0.30/18.01	6.23

比较表1中工况一与工况二计算结果得知,平纵联在升温时变形,将对纵梁位移有所贡献,使得纵梁位移变大,从而使得伸缩力比忽略平纵联时较大,为提高计算分析精确性应将平纵联一起进行建模分析。比较表1中工况二与工况三计算结果得知,跨中设置制动架使得纵梁位移变大,伸缩力也变大,这是因为制动架设置增强了纵梁与主桁的联系,有效减小了横梁的平面内弯曲,使得梁轨相互作用增强。比较图3与图5得知,跨中纵梁是否断开,将导致纵梁位移的很大不同,同时从图5中看出,在两段伸缩纵梁上均存在梁轨位移相等点。比较表1中工况二与工况四得知,跨中纵梁断开由于有效减小了横梁平面内弯曲,相当于加强了纵梁与主桁联系,虽然纵梁位移减小,但是梁轨相互作用得到加强,使得伸缩力增大。

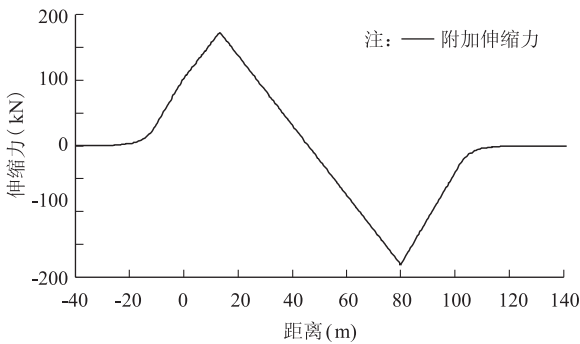


图6 单跨80 m简支钢桁在工况四的单股钢轨伸缩力图

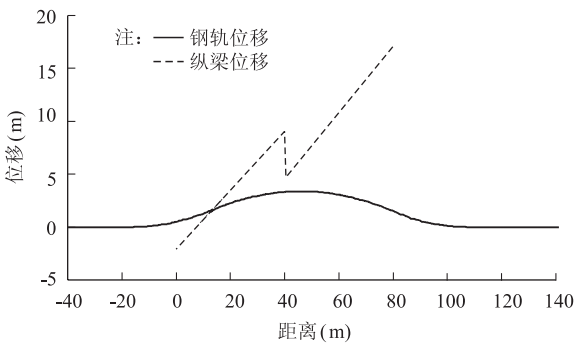


图7 单跨80 m简支钢桁在工况四的梁轨位移图

比较图 4 与图 6 得知,单跨简支钢桁的伸缩力要大很多,这说明在简支钢桁两侧布置一定量混凝土桥跨将有利于减小桥上无缝线路的纵向附加伸缩力。比较图 5 与图 7 得知,当钢桁跨中纵梁断开时,钢桁梁跨梁轨位移相等点的个数要视具体情况而定,可能是 1 个,也可能是 2 个。

3.2 挠曲力计算

在第四跨与第五跨加载,第四跨为机车荷载,第五跨为车辆荷载,工况二的单股钢轨挠曲力如图 8 所示,此时的梁轨位移如图 9 所示;工况三的单股钢轨挠曲力如图 10 所示,此时的梁轨位移如图 11 所示;工况四的单股钢轨挠曲力如图 12 所示,此时的梁轨位移如图 13 所示。工况二~工况四挠曲力计算结果如表 2 所示。

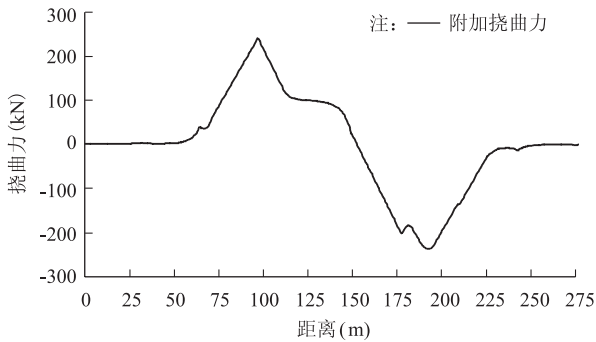


图 8 工况二的单股钢轨挠曲力图

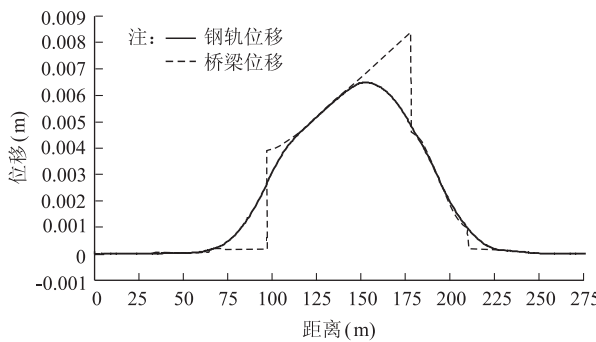


图 9 工况二的挠曲梁轨位移图

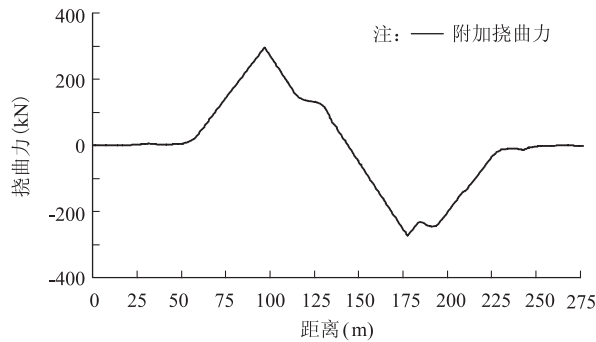


图 10 工况三的单股钢轨挠曲力图

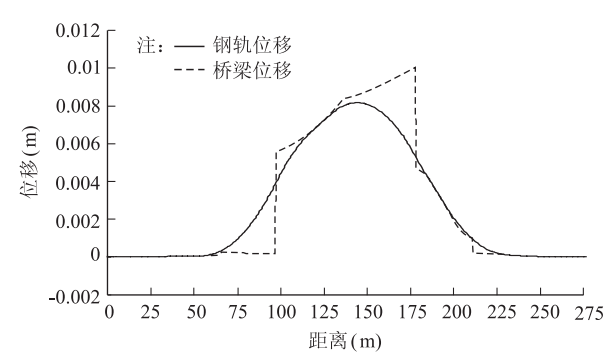


图 11 工况三的挠曲梁轨位移图

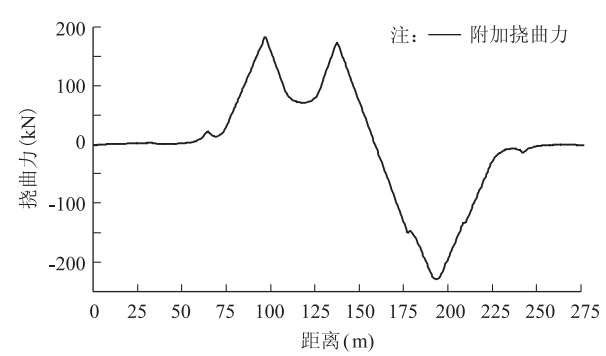


图 12 工况四的单股钢轨挠曲力图

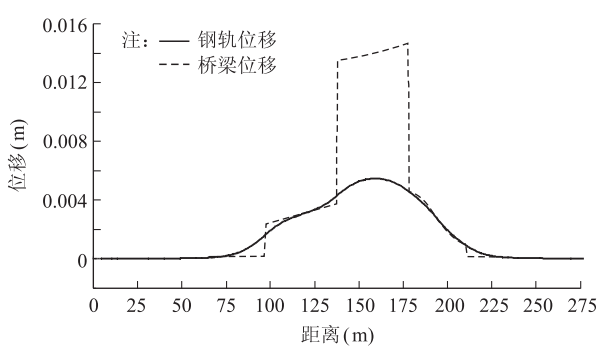


图 13 工况四的挠曲梁轨位移图

表 2 不同工况的挠曲力计算结果比较表

工况	钢轨挠曲力 最小/最大 (kN/轨)	桁梁跨桥墩 附加挠曲力 (kN/轨)	纵梁位移 最小/最大 (mm)	最大 轨位移 (mm)
工况二	-237.7/240.8	440.7	3.89/8.37	6.48
工况三	-273.7/296.5	566.2	5.60/10.02	8.16
工况四	-229.4/183.6	330.7	2.40/14.63	5.47

由图 9、图 11 以及图 13 得知,桁梁跨中结构形式不同时对应的纵梁纵向位移是截然不同的。跨中设置制动架时,纵梁纵向位移为一连续折线;当跨中纵梁断开时,为两不连续分段直线;而工况二则为一段连续直线。比较表 2 中工况二与工况三计算结果得知,跨中设置制动架将引起挠曲力以及纵梁位移增大,比较工

况二与工况四计算结果得知,跨中设置纵梁断开能减小挠曲力,但会导致伸缩纵梁纵向位移较大。

4 结论

本文建立了以轨道、桥梁、支座、墩台、基础为整体结构的纵向附加力计算空间有限元模型,通过对某大桥桥上无缝线路纵向附加力的计算分析得出结论:

(1)为准确分析平纵联、制动架设置和纵梁断开对桥上无缝线路的影响以及准确模拟钢桁梁桥的荷载传递,应建立空间模型进行分析;

(2)为减小桥上无缝线路纵向附加力,进行钢桁梁桥跨与混凝土桥跨的有理组合是很有意义的;

(3)桁梁跨中设置制动架能有效减小横梁平面内弯曲,但会引起纵向附加力变大;

(4)桁梁跨中设置纵梁断开同样可以有效减小横梁平面内弯曲,且挠曲力将有较大减小,但伸缩力将有所增加。在新线设计时,应综合并全面考虑桥式布置、制动架设置以及纵梁断开,使得桥梁与轨道均处于良好状态。

参考文献:

[1] 广钟岩,高慧安. 铁路无缝线路(第四版) [M]. 北京:中国铁道出版社,2005.
Guang Zhong-yan, Gao Hui-an. Railway Jointless Track [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2005.

[2] 卜一之. 高速铁路桥梁纵向力传递机理研究[D]. 成都:西南交通大学,1998.
Bu Yi-zhi. Research on transmission mechanism of bridge longitudinal force on high speed railway [D]. Chengdu: Doctoral Dissertation of Southwest Jiaotong University, 1998.

[3] 李富文,伏魁先,刘学信. 钢桥 [M]. 北京:中国铁道出版社,1992.
Li Fuwen, Fu Kuixian, Liu Xuexin. Steel Bridge [M]. Beijing: China Railway Publishing House,1992.

[4] 杨梦姣,邢建鑫. 轨结构与桥梁共同作用力学计算模型的研究[J]. 中国铁道科学,2001,22(3):57-62.
Yang Mengjiao, Xing Jianxin. Research on mechanics calculation model of combined action between track structure and bridge [J]. China Railway Science, 2001,22(3):57-62.

[5] 徐庆元. 高速铁路桥上无缝线路纵向附加力三维有限元静力与动力分析研究[D]. 湖南:中南大学,2005.
Xu Qingyuan. Research on longitudinal additional force of jointless track on high speed railway bridge with three dimension finite element static and dynamic analysis method [D]. Hunan: Central South University, 2005.

[6] 铁建函[2003]205号,新建铁路桥上无缝线路设计暂行规定[S].
Document Tie Jian She[2003]No. 205, Temporary regulation for design of jointless track on newly-built railway bridge [S].

[7] 杨艳丽. 钢桁梁桥上无缝线路附加力分析[J]. 铁路工程造价管理,2005(1):36-38.
Yang Yanli. Analysis of additional force of jointless track on steel truss bridge [J]. Railway Engineering Cost Management, 2005 (1): 36-38.