

桥梁梁端抬枕装置垂向动力学特性分析

孔凡兵

(中铁第一勘察设计院,陕西 西安 710043)

摘要:随着铁路大跨度桥梁的数量的增加,实际工程中急需一种能够加强桥梁梁缝处轨道结构强度的部件,因此,中铁第一勘察设计院和中铁宝桥公司共同设计开发了桥梁梁端抬枕装置。基于 ANSYS 非线性瞬态动力分析原理,计算了抬枕装置在列车荷载作用下的竖向动力响应。计算结果表明,钢轨最大竖向位移为 1.54 mm,抬枕装置有效地控制了钢轨在梁缝处的竖向不平顺;伸缩缝处钢轨扣件最大压力和最大上拔力分别为 45.794 kN 和 5.135 kN,能够满足扣件强度要求;钢纵梁扣压件最大压力和最大上拔力分别为 11.247 kN 和 23.7 kN,能够满足扣件强度要求。

关键词:梁端抬枕装置;瞬态动力分析;动力响应;非线性;梁缝;大跨度桥梁

中图分类号:U213.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-0300(2009)03-0082-04

近年来,随着铁路行业设计标准的进一步提高和环保意识的增强,桥梁在铁路线路长度中所占的比例越来越高,其中大跨连续梁的数量也在迅速增加,这为轨道的设计带来了许多新的技术问题。在铺设无砟轨道的客运专线设计项目中,普遍存在大跨度连续梁梁端由于梁缝伸缩变化量过大,致使钢轨支承间距大于允许值的问题。以郑州至西安客运专线渭南二跨渭河桥 40+4-80+40 m 连续梁为例,跨梁缝的支承间距最大超过 1.2 m,接近正常扣件支承间距的 2 倍,如不在梁缝处采取必要措施,难以保证铁路运营行车的安全性^[1]。因此,设计开发了桥梁梁端抬枕装置。应用有限元软件 ANSYS 建立了桥梁梁端抬枕装置模型,对抬枕装置进行竖向非线性瞬态动力分析。

1 抬枕装置简介

抬枕装置(图1)由钢轨枕、钢纵梁、剪刀型置中连接件及各种扣压件组成,纵梁通过扣压件与梁缝两侧的轨枕连接,其中一侧固定在轨枕上,另外一侧扣压在轨枕上可沿纵向滑动;钢轨枕两端固定在纵梁上,通过扣件支撑钢轨;剪刀型置中连接件与梁缝两端轨枕连接并在中部与钢轨枕连接,使钢轨枕两侧轨枕间距始终保持一致。

2 抬枕装置动力学理论与模型

瞬态动力学分析是用于确定承受任意的随时间变化载荷结构的动力学响应的一种方法,可以用瞬态动力学分析确定结构在稳态载荷、瞬态载荷和简谐荷载的随意组合作用下的随时间变化的位移、应变、应力及力。瞬态动力学基本运动方程

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F(t)\} \quad (1)$$

式中, $[M]$ 为质量矩阵; $[C]$ 为阻尼矩阵; $[K]$ 为刚度矩阵; $\{\ddot{u}\}$ 为节点加速度向量; $\{\dot{u}\}$ 为节点速度向量; $\{u\}$ 为节点位移向量。

在任意给定的时间 t , 这些方程可以看作是一系列考虑了惯性力 ($[M]\{\ddot{u}\}$) 和阻尼力 ($[C]\{\dot{u}\}$) 的静力学平衡方程,采用 Newmark 时间积分方法在离散的时间点上求解这些方程^[2]。

收稿日期:2009-02-26

作者简介:孔凡兵 男 1981 年出生 助理工程师

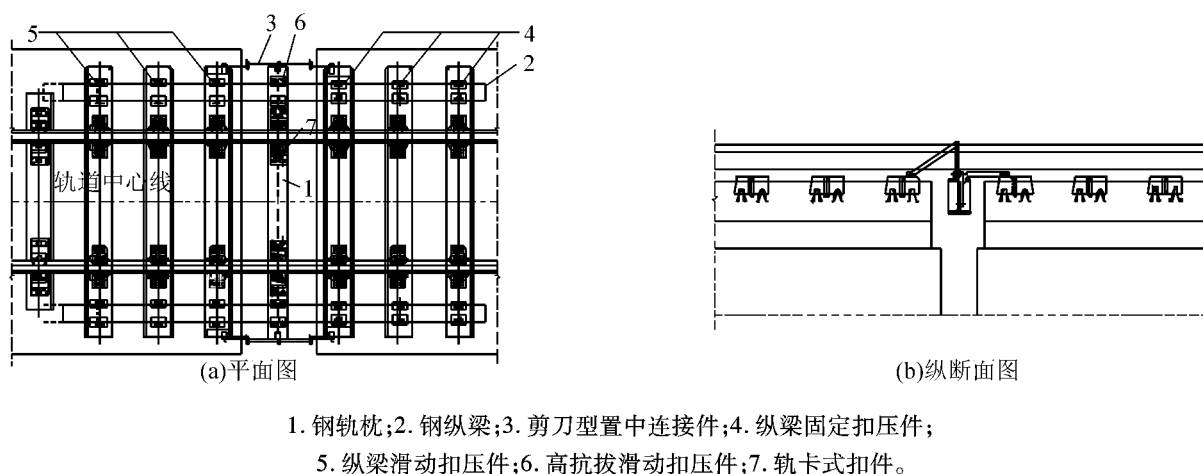


图1 桥梁梁端抬枕装置设计图

应用有限单元法计算桥上伸缩处设置抬枕装置在列车荷载作用下的动力力学行为,将抬枕处轨道结构进行简化,钢轨扣件采用线性 COMBIN14 弹簧单元模拟;钢纵梁扣件采用非线性 COMBIN39 弹簧单元模拟;钢轨、钢轨枕、钢纵梁均采用 BEAM188 梁单元模拟,模型结构如图2所示。

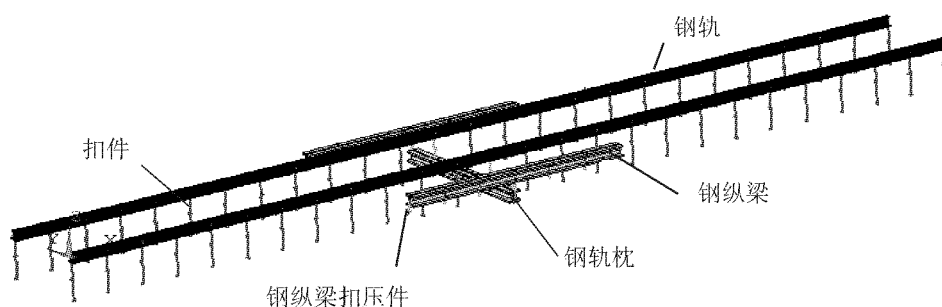


图2 模型结构示意

3 计算参数及计算条件

(1)参数。每延米钢轨质量 60.64 kg;钢轨弹性模量 2.059×10^{11} N/m²;钢轨泊松比 0.3;钢轨密度 7.83×10^3 N/m³;钢轨扣件节点静刚度 35 kN/mm;固定端钢纵梁扣压件刚度,受压刚度为 4.2×10^5 kN/mm,受拉区刚度为 54 kN/mm;活动端钢纵梁扣件压刚度,受压刚度 4.2×10^5 kN/mm,受拉区在变形 1 mm 以内刚度为 0 kN/mm,超过 1 mm 时刚度为 54 kN/mm。

(2)计算条件。取梁缝处最大支承间距 1 250 mm 进行计算,扣件间距 625 mm,车体轴重 17 t,取一节车四个轴重作为计算荷载,速度 350 km/h。采用完全瞬态动力分析方法^[3-5]进行求解计算。

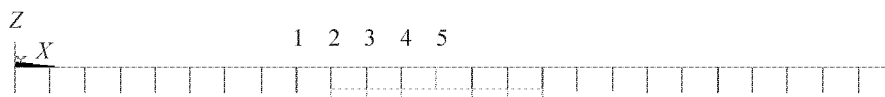


图3 模型分析关键点编号

4 计算结果及分析

分别取了轨道上5个关键点位进行了详细的分析,如图3所示。由图4可见,钢轨的最大位移为 -1.54 mm,未超过钢轨动态检查指标动位移限值^[6]。

由图 5 和图 6, 钢纵梁最大位移为 -0.549 mm , 钢轨枕在扣件处位移为 -0.962 mm , 变形量均较小。

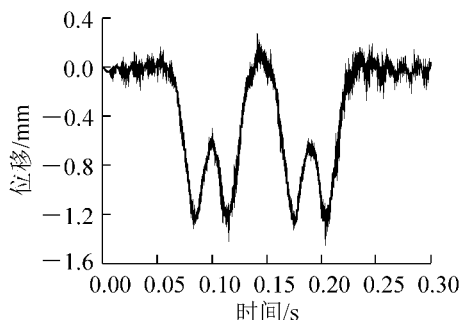


图 4 钢轨在 5 号点位的位移时程曲线

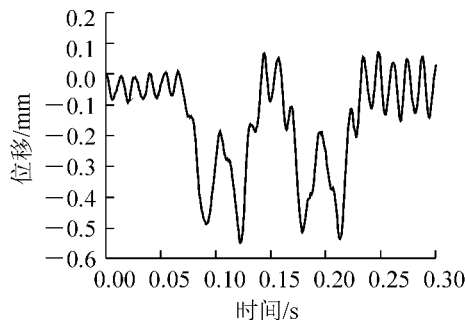


图 5 钢纵梁在 5 号点位的位移时程曲线

由图 7 可见, 3 号点位扣件最大下压力为: 40.490 kN , 最大上拔力为: -4.744 kN 。由图 8 可见, 4 号点位扣件最大下压力为: 45.794 kN , 最大上拔力为: -5.135 kN 。

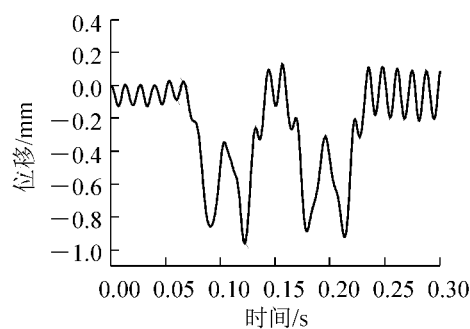


图 6 钢枕在扣件处的竖向位移

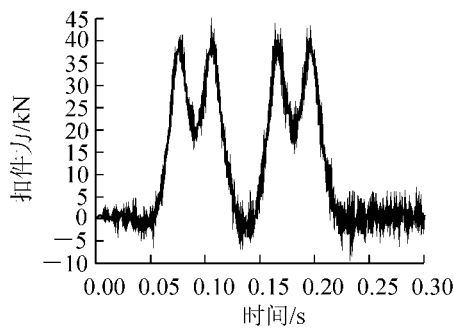


图 7 扣件在 3 号点位扣件力时程曲线

通过对上面分析结果对比可知, 扣件最大上拔力出现在 4 号点位置, 最大值为 5.135 kN ; 扣件最大下压力同样出现在 4 号点位置, 最大下压力为 45.794 kN 。由此可见, 比邻钢轨枕处的扣件力大于其它扣件力, 但仍在扣件强度范围之内。

由图 9 可见, 2 号点位件最大下压力为: 0.953 kN , 最大上拔力为: -1.013 kN 。由图 10 可见, 4 号点位扣件最大下压力为: 11.247 kN , 最大上拔力为: -1.883 kN 。由图 11 可见, 钢纵梁和钢枕之间扣压件最大下压力为: 3.614 kN , 上拔力为: -23.700 kN 。

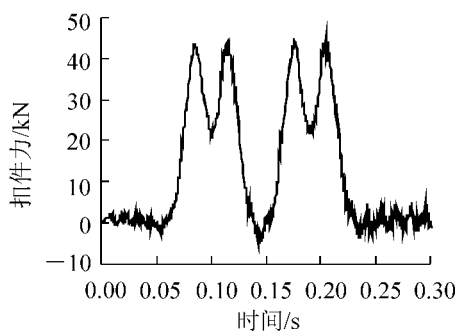


图 8 钢轨扣件在 4 号点位扣件力时程曲线

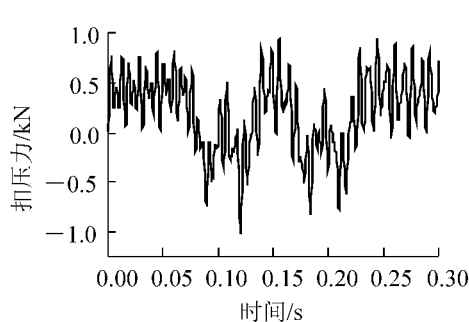


图 9 扣压件在 2 号点位扣压力时程曲线

对上面分析结果对比可知, 扣压件最大下压力为 11.247 kN , 出现在 4 号点位置; 扣压件最大上拔力为 23.7 kN , 出现在钢纵梁与钢轨枕之间, 由于此处扣件的上拔力较大, 所以在设计中采用高抗拔扣压件。

5 结论

(1) 抬枕装置在列车荷载以 350 km/h 的速度通过时, 抬枕处钢轨位移最大值是 1.54 mm , 未超过钢

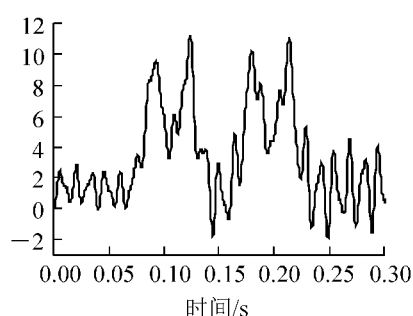


图10 扣压件在4号点位扣压力时程曲线

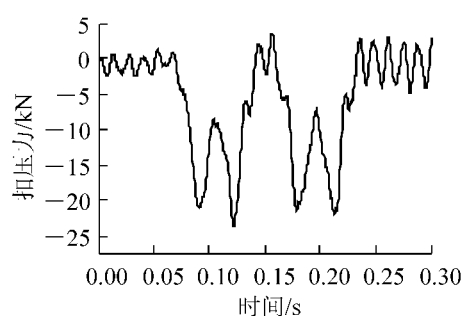


图11 钢纵梁和钢枕之间扣压件反力时程曲线

轨动位移限值,能够保证轨道的平顺性。

(2)抬枕装置处的钢轨扣件下压力和上拔力最大值分别为45.794 kN和-5.360 kN,都未超过WJ-7B型扣件节点压力允许值 $[F] = 100$ kN和单个弹条扣压力6 kN的限值^[7,8],满足扣件强度要求。

(3)列车荷载经过抬枕装置时,相当一部分荷载被轨道板上的钢轨扣件所承担,剩下一部分通过钢枕传递给钢纵梁,经过计算,钢纵梁上扣压件最大下压力和最大上拔力分别为11.247 kN和-23.700 kN,且最大上拔力产生在钢轨枕与钢纵梁之间的扣压件,所以,设计中采用高抗拔扣压件。

参 考 文 献

- [1]陈秀方. 轨道工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [2]周宁. ANSYS APDL 高级工程应用实例分析与二次开发[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007.
- [3]邢书珍. 铁道轨道振动理论的研究[J]. 中国铁道科学,1980,3(1):11-17.
- [4]曾庆元,郭向荣. 列车桥梁时变系统振动分析理论与应用[M]. 北京:中国铁道出版社,1999.
- [5]向俊,赫丹,曾庆元. 横向有限条与无砟轨道板段单元的车轨系统竖向震动分析法[J]. 铁道学报,2007,29(4):64-69.
- [6]铁道科学研究院. 客运专线铁路工程竣工验收动态检测指导意见[M]. 北京:中国铁道出版社,2008.
- [7]铁道部经济规划研究院. TB10082—2005 铁路轨道设计规范[S]. 北京:中国铁道出版社,2005.
- [8]铁道部科学研究院. 铁路行车安全译文集[C]. 北京:铁道部科学研究院机车车辆研究所,1998:159-166.

Vertical Dynamic Characteristic Analysis of Bridge Terminal Sleeper-supporting Apparatus

Kong Fanbing

(China Railway First Survey& Design Institute, Xi'an 710043, China)

Abstract: With the increment of railway long-span bridges, components capable of intensifying the stiffness of track structure beside the bridge seam is in urgent need in the actual projects. Therefore, China Railway First Survey and Design Institute Group Ltd, together with Baoji Bridge Company of China Railway, has designed and developed the bridge terminal sleeper-supporting apparatus. Based on the ANSYS nonlinear transient dynamic analysis principle, this paper calculates the vertical dynamic response of track structures equipped with terminal sleeper-supporting apparatus under vertical mobile load effects. Its result indicates that the maximum vertical displacement of the railroad rail is 1.54 mm which shows the sleeper-supporting apparatus can effectively control the vertical track irregularity of the railroad rail beside the bridge seam, and the maximum pressure and maximum upholding force of the railroad rail fastening beside the dilatation joint are 45.794 kN and 5.135 kN respectively while those of the steel longitudinal beam are 11.247 kN and 23.7 kN respectively, both of which meet the stiffness requirement of fastening.

Key words: terminal sleeper-supporting apparatus; transient dynamic analysis; dynamic response; nonlinearity; bridge seam; long span bridge