

文章编号: 1674—8247(2018)04—0067—04

列车静载作用下双块式无砟轨道应力应变的影响分析

刘 轲

(中国铁路设计集团有限公司, 天津 300142)

摘 要:文章运用有限元软件,分别建立桥上和路基上双块式无砟轨道道床板的梁-板-板模型,模拟在桥上和路基两种工况静载作用下的应力应变影响情况。经过分析,得出以下结论:(1)双块式无砟轨道,无论是桥上还是路基上、荷载作用在板中还是板边,均对大垂向位移和横向弯矩、纵向弯矩中的正弯矩基本没有影响;(2)荷载作用在板边时,横向应力和纵向应力以及纵向弯矩中的负弯矩较荷载作用在板中时影响较大;(3)研究成果对双块式无砟轨道受力分析及优化设计有一定的借鉴作用。

关键词:双块式;无砟轨道;静载作用;应力;应变;影响分析

中图分类号:U213 **文献标志码:**A

Influence Analysis of Static Loads of the Train on the Stress-strain for the Double-block Track

LIU Ke

(China Railway Design Corporation, Tianjin 300142, China)

67

Abstract: By the finite element software, beam-slab-slab models of double-block ballastless track on bridge and subgrade are established separately to simulate the effect of stress and strain under static load on subgrade and bridge. The results are: (1) The double-block ballastless track, whether on the bridge or on the roadbed, there is no effect on the positive bending moment of the large vertical displacement, the transverse bending moment and the longitudinal bending moment, regardless of the load acting on the middle. (2) When the load is on the edge of the plate, the transverse stress and longitudinal stress and the negative bending moment in the longitudinal bending moment have a greater influence than the load acting on the plate. (3) The results of this study can be used for reference for the stress analysis and optimal design of double-block ballastless track.

Key words: double-block; ballastless track; static Loads; stress; strain; influence analysis

我国高速铁路运营里程已达 2.4×10^4 km, 占世界高速铁路运营里程的一半以上。高速铁路高速度、高密度的运营特点, 要求轨道结构必须具有高平顺、高稳定和少维修的技术特点, 因此无砟轨道得到广泛应用^[1-4]。双块式无砟轨道结构简单、传力明晰、对线路适应性好, 便于施工, 是高铁中常用的一种无砟轨道形式^[5]。双块式无砟轨道道床板为纵向连续的钢筋混

凝土结构, 现场浇注成型, 由钢轨、扣件、道床板和钢筋混凝土底座(桥上或隧道内)或支承层(路基上)等组成, 双块式轨枕埋入到现浇混凝土中形成道床板。除温度和列车动荷载的影响以外, 列车静载也是设计中需考虑的关键性因素^[6-9]。双块式无砟轨道承受列车荷载作用, 在列车的激励下, 对钢轨及无砟轨道产生影响。本文通过分别建立桥上和路基上双块式无砟轨道

收稿日期: 2018-01-22

作者简介: 刘轲(1984-), 男, 工程师。

引文格式: 刘轲. 列车静载作用下双块式无砟轨道应力应变的影响分析[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(4): 67-70.

LIU Ke. Influence Analysis of Static Loads of the Train on the Stress-strain for the Double-block Track[J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(4): 67-70.

道床板有限元模型,模拟在路基和桥上两种工况下静载作用下的应力应变的影响情况,从而对结果进行对比分析。

1 模型的建立

根据双块式无砟轨道的实际工况,选取三块道床板长度建立模型,每块道床板长度为 6 m,道床板之间有 20 mm 的伸缩缝^[10-11],最后选取中间的道床板为研究对象。

利用有限元软件 ANSYS,选用单元 BEAM188 模拟钢轨;选取单元 shell63 模拟道床板和底座板;再选用 COMBINE14 单元模拟扣件、道床板和底座板之间的连接以及底座板底的桥梁和路基支承作用。当利用 COMBINE14 单元模拟扣件作用时,为避免应力过于集中,采用分布式弹簧的方式模拟,即将钢轨上的一个节点与道床板上的轨下一定范围内的节点连接;当用 COMBINE14 单元模拟道床板和底座板连接时,根据实际工况,采用刚度很大的弹簧只进行垂向连接;当用 COMBINE14 单元模拟底座板底的支承情况时,将桥梁或路基的实际支承刚度换算为分布弹簧的刚度^[12-14]。

2 参数选取

建立的桥梁和路基上的无砟轨道有限元模型中所用到的具体参数如表 1 所示^[15-16]。

表 1 参数选取情况

结构部件	性能参数	数值
钢轨 (60 kg/m)	弹性模量/MPa	2.06×10^5
	密度/(kg/m ³)	7.80×10^3
	线膨胀系数/℃	1.18×10^{-5}
	泊松比	0.3
扣件 (WJ-8B)	间距/mm	600(620)
	竖向刚度/(kN/m)	50×10^3
道床板	长×宽×厚/mm	6 000×2 800×400
	弹性模量/MPa	3.25×10^4
	密度/(kg/m ³)	2.50×10^3
	线膨胀系数/℃	1.00×10^{-5}
桥上 (路基) 底座	泊松比	0.17
	长×宽×厚/mm	6 000×2 800(3 100)×300
	弹性模量/MPa	3.25×10^4
	密度/(kg/m ³)	2.50×10^3
基础	线膨胀系数/℃	1.00×10^{-5}
	泊松比	0.2
	路基支承刚度/(MPa/m)	76
	桥上支承刚度/(MPa/m)	1 000

注:两块道床板间由于伸缩缝的存在,扣件间距为 620 mm。

3 理论计算

分别对桥上和路基上的双块式无砟轨道施加静

载,静载分别施加在中间道床板的中间和中间道床板的第一组扣件上。

取轴重 30 t 的静载,再考虑动力系数(选动力系数为 3.0)的影响,最后得到单轴轮载大小为 420 kN。

3.1 桥上双块式无砟轨道静载计算

对桥上双块无砟轨道进行加载,选取中间道床板为研究对象,所得到的应力应变情况如表 2 所示。

表 2 桥上双块无砟轨道道床板计算结果

计算结果	荷载作用位置	
	板中	板边
最大垂向相对位移/mm	0.148	0.149
横向应力/MPa	0.510	0.622
纵向应力/MPa	0.976	1.010
最大横向弯矩/(kN·m)	正弯矩	9.270
	负弯矩	25.703
最大纵向弯矩/(kN·m)	正弯矩	6.442
	负弯矩	12.214

再提取相应的应力应变云图,如图 1~图 3 所示。

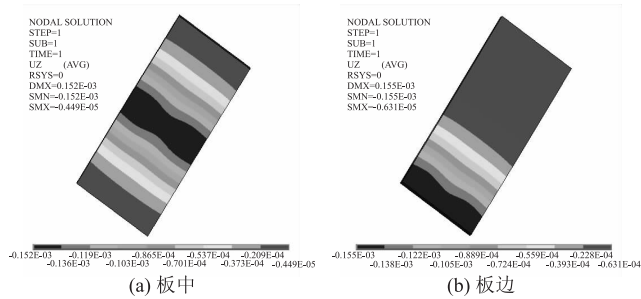


图 1 桥上双块无砟轨道道床板垂向位移云图

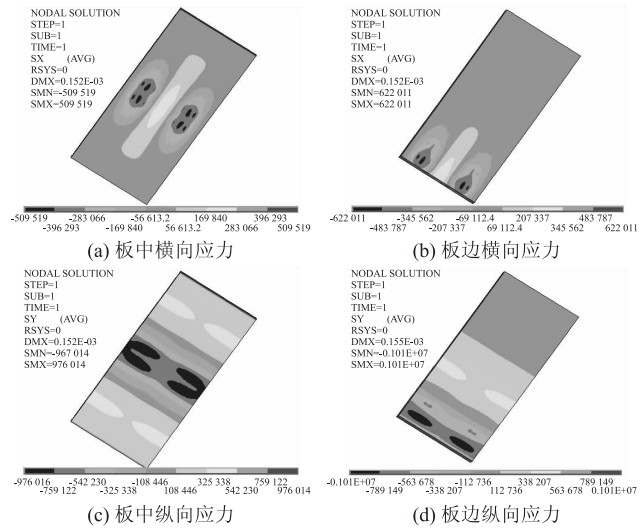


图 2 桥上双块无砟轨道道床板横纵向应力云图

由表 2 及图 1~图 3 可知,无论荷载作用在板中还是板边,双块式无砟轨道的最大垂向位移和横向弯矩都几乎相等;横向应力和纵向应力均为荷载作用在

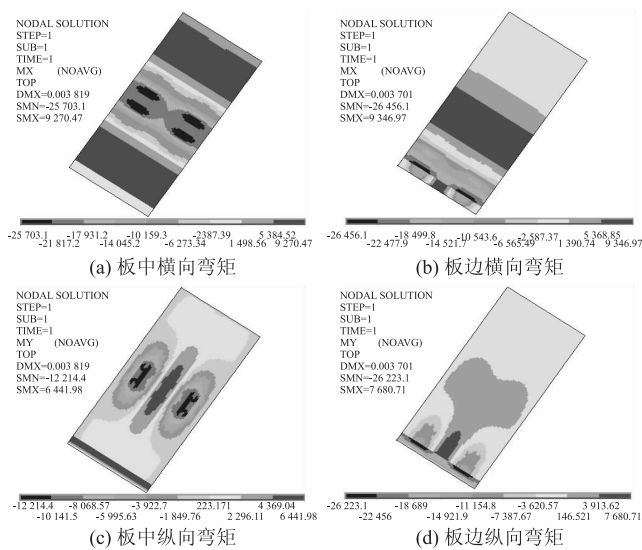


图 3 桥上双块无砟轨道道床板横纵向弯矩云图

板边时大些;纵向弯矩中的正弯矩二者几乎相等,但负弯矩则荷载作用在板边时是作用在板中的 2 倍多。

另外,再给出底座板的横纵向弯矩云图,如图 4 所示。

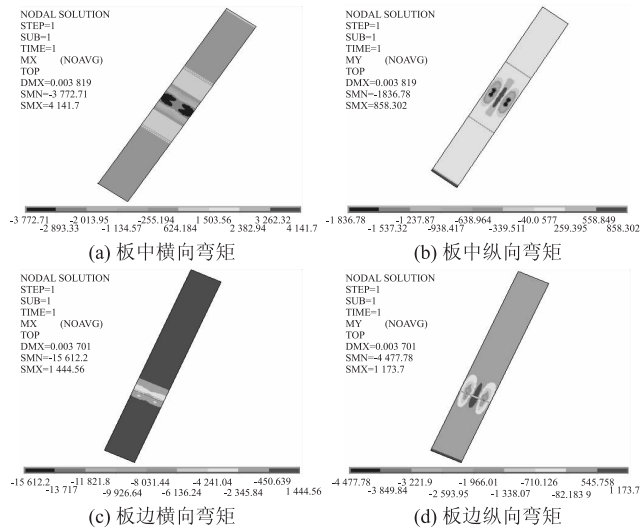


图 4 桥上双块式无砟轨道底座板弯矩云图

3.2 路基双块式无砟轨道静载计算

对路基双块无砟轨道进行加载,选取中间道床板为研究对象,所得到的应力应变情况如表 3 所示,并提取应力应变云图,如图 5 ~ 图 7 所示。

由表 3 中的数据及图 5 ~ 图 7 可知,无论荷载作用在板中还是板边,双块式无砟轨道的纵向应力和横向弯矩都几乎相等;最大垂向相对位移和横向应力均为荷载作用在板边时大些;当荷载作用在板边时,整块板均受负弯矩影响为 60.188 kN · m,大约是荷载作用在板中时的 3 倍。

计算结果		荷载作用位置	
		板中	板边
最大垂向相对位移/mm		0.705	0.919
横向应力/MPa		0.833	0.947
纵向应力/MPa		2.240	2.290
最大横向弯矩/(kN · m)	正弯矩	19.277	19.403
	负弯矩	59.084	60.386
最大纵向弯矩/(kN · m)	正弯矩	19.229	—
	负弯矩	20.949	60.188

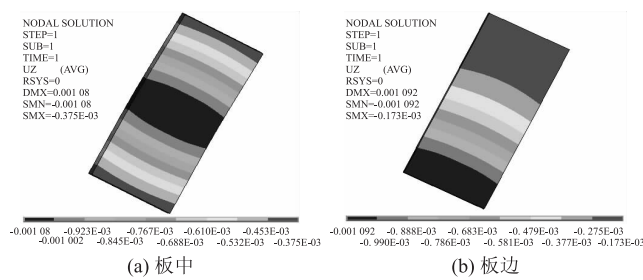


图 5 路基双块无砟轨道道床板垂向位移云图

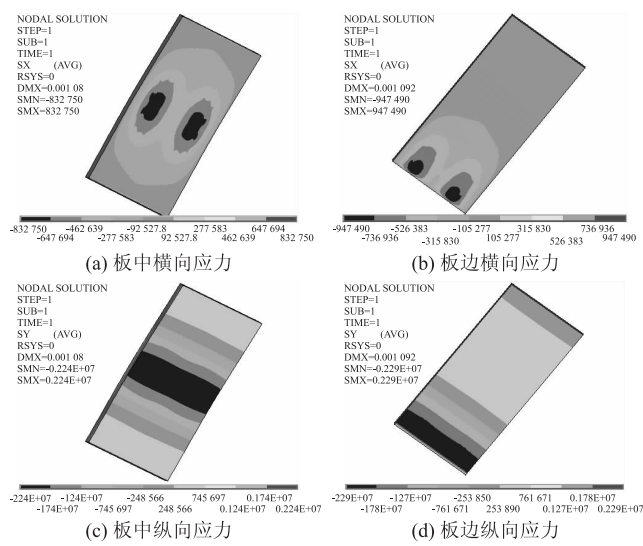


图 6 路基双块无砟轨道道床板横纵向应力云图

另外,再给出底座板的横纵向弯矩云图,如图 8 所示。

4 研究结论

- (1)在桥上,无论荷载作用在板中还是板边,双块式无砟轨道的最大垂向位移和横向弯矩都几乎相等;横向应力和纵向应力均为荷载作用在板边时大些;纵向弯矩中的正弯矩二者几乎相等,但负弯矩则荷载作用在板边时是作用在板中的 2 倍多。
- (2)在路基上,无论荷载作用在板中还是板边,双块式无砟轨道的纵向应力和横向弯矩都几乎相等;最

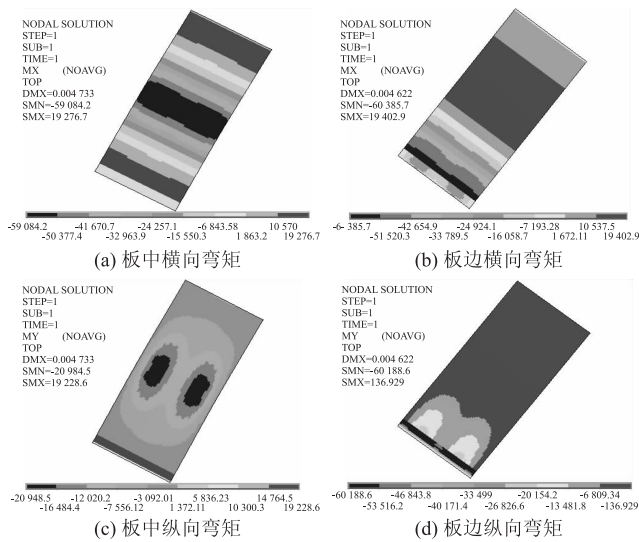


图 7 桥上双块无砟轨道道床板纵向弯矩云图

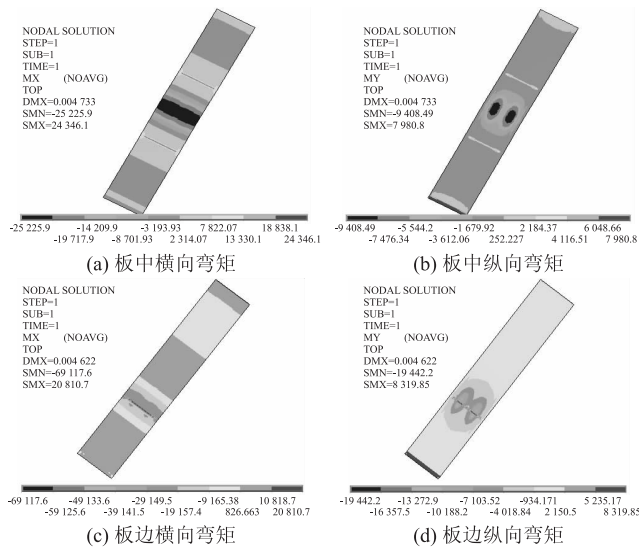


图 8 路基双块式无砟轨道底座板弯矩云图

大垂向相对位移和横向应力均为荷载作用在板边时大些;当荷载作用在板边时,整块板均受负弯矩影响,大约是荷载作用在板中时的 3 倍。

综上所述,可得出结论,双块式无砟轨道,无论是桥上还是路基上,荷载作用在板中还是板边对大垂向位移和横向弯矩、纵向弯矩中的正弯矩均基本没有影响。但荷载作用在板边时,横向应力和纵向应力以及纵向弯矩中的负弯矩较荷载作用在板中时影响较大。该研究成果对双块式无砟轨道受力分析及优化设计有一定的借鉴作用。

参考文献:

[1] 何华武. 无砟轨道技术[M]. 北京:中国铁道出版社,2006.
HE Huawu. Ballastless Track Technology [M]. Beijing: China

Railway Publishing House,2006.

[2] 董佳佳,刘学毅. 高速铁路特大桥上双块式轨道结构设计及施工质量控制[J]. 铁道标准设计,2016,60(12):22-26.

DONG Jiajia, LIU Xueyi. Structural Design and Construction Quality Control of Double-slab Track on High-speed Railway Major Bridge [J]. Railway Standard Design, 2016,60(12):22-26.

[3] 赵东田,孙晖. CRTS I 双块式无砟轨道综合整理技术[J]. 铁道标准设计,2009,53(11):28-30.

ZHAO Dongtian, SUN Hui. Technology for Comprehensive Trimming of CRTS I Double Block Ballastless Track [J]. Railway Standard Design,2009,53(11):28-30.

[4] 赵东田. 双块式无砟轨道施工质量控制技术及措施[J]. 铁道工程学报,2009,26(5):24-27.

ZHAO Dongtian. Quality Control Technology and Measure for Double-slab Ballastless Track [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2009,26(5):24-27.

[5] 杨荣山,段玉振,刘学毅. 双块式无砟轨道轨枕松动对轮轨系统动力性能影响研究[J]. 中国铁道科学,2014,35(5):13-18.

YANG Rongshan, DUAN Yuzhen, LIU Xueyi. Influence Induced by Sleeper Looseness of Bi-Block Slab Track on Dynamic Property of Wheel-Track System [J]. China Railway Science, 2014,35(5):13-18.

[6] 朱胜阳,蔡成标. 温度和列车动荷载作用下双块式无砟轨道道床板损伤特性研究[J]. 中国铁道科学,2012,33(1):6-12.

ZHU Shengyang, CAI Chengbiao. Research on the Damage Characteristics of Double-Block Ballastless Track Bed Slab under Temperature and Vehicle Dynamic Loads [J]. China Railway Science, 2012,33(1):6-12.

[7] 赵国堂. 高速铁路无砟轨道结构[M]. 北京:中国铁道出版社,2006.

ZHAO Guotang. High Speed Railway Ballastless Track Structure [M]. Beijing: China Railway Publishing House,2006.

[8] 高俊英. 扭曲不平顺对双块式无砟轨道动力特性的影响分析[J]. 铁道工程学报,2014,30(3):46-50.

GAO Junying. Effect Analysis of Torsion Irregularity on the Dynamic Characteristics of Double-block Track [J]. Journal of Railway Engineering Society,2014,30(3):46-50.

[9] 王伟华. 土路基上双块式无砟轨道垂向动力特性分析[D]. 成都:西南交通大学,2009.

WANG Weihua. Vertical Dynamic Analysis of Double-block Ballastless Track on Soil Subgrade[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University,2009.

[10] 徐锡江,姚力,张雷,等. 城际客运专线减振型双块式无砟轨道合理刚度分析[J]. 高速铁路技术,2013(S1):11-15.

XU Xijiang, YAO Li, Zhang Lei, et al. Analysis of Rationality Ridity of Vibration-absorbing Double-block Track of Intercity Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2013(S1):11-15.

[11] 王新敏. ANSYS 工程结构数值分析[M]. 北京:人民交通出版社,2007.

WANG Xinmin. ANSYS Engineering Structure Numerical Analysis [M]. Beijing: China Communications Press, 2007.

(下转第 98 页)

程,严格按照新工艺、新技术执行,加强环境保护、节约能源。通过大数据动态管理系统中的生产管理系统、自动喷淋系统、自动张拉系统和自动测温养护系统将梁场各工艺中所有数据进行归结、统计并进行分析,发现生产过程中的问题,及时对现场的生产进行指导,保证质量的同时可以做到追溯。现场生产过程中的全自动钢筋剪切弯曲机,支座板防空鼓装置和压浆封气罩的利用,针对各工艺进行技术革新,可更好地保证质量。

参考文献:

[1] TZ 203 – 2008 客货共线铁路桥涵工程施工技术指南[S].
TZ 203 – 2008 Technical Guide for Construction of Bridge and Culvert of Passenger and Cargo Common Line Railway [S].

[2] TB/T 3193 – 2016 铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器[S].
TB/T 3193 – 2016 Prestressed Tendons with Clip Type Anchorage, Fixture and Connector of Railway Engineering [S].

[3] TB 10424 – 2010 铁路混凝土工程施工质量验收标准[S].

TB 10424 – 2010 Acceptance Standard for Construction Quality of Railway Concrete Engineering [S].

[4] TB 10752 – 2010 高速铁路桥涵工程施工质量验收标准[S].
TB 10752 – 2010 Acceptance Standard for Construction Quality of High Speed Railway Bridge and Culvert [S].

[5] JGJ 107 – 2016 钢筋机械连接技术规程[S].
JGJ 107 – 2016 Technical Specification for Mechanical Connection of Steel Bar [S].

[6] TB 10005 – 2010 铁路混凝土结构耐久性设计规范[S].
TB 10005 – 2010 Design Specifications for Railway Concrete Structure Durability [S].

[7] TB/T 3192 – 2008 铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件[S].
TB/T 3192 – 2008 Technical Conditions for Railway Post Tensioning Prestressed Concrete Pipe Grouting [S].

[8] TB/T 3432 – 2016 高速铁路预制后张法预应力混凝土简支梁[S].
TB/T 3432 – 2016 Prefabricated Post Tensioned Prestressed Concrete Simply Supported Beam of High Speed Railway [S].

(编辑:车晓娟 苏玲梅)



(上接第 70 页)

[12] 郝文化,叶裕名,刘春山. ANSYS 土木工程应用实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
HAO Wenhua, YE Yuming, LIU Chunshan. ANSYS Application Examples for Civil Projects[M]. Beijing: China Waterpower Press, 2005.

[13] 杨新文,宫全美,周顺华,等. 高速列车作用下双块式无砟轨道与路基垂向耦合振动分析[J]. 铁道学报, 2014,36(8):75 – 83.
YANG Xinwen, GONG Quanmei, ZHOU Shunhua, et al. Analysis on Vertical of Coupled Double – block Ballastless Track and Subgrade System under High – speed Train Running. [J]. Journal of the China Railway Society, 2014,36(8):75 – 83.

[14] 孙立. 武广客运专线双块式无砟轨道设计[J]. 铁道标准设计, 2006(S1):155 – 158.
SUN Li. Design of Doule-block Ballastless Track of Wuhan –

Guangzhou Passenger Dedicated Line[J]. Railway Standard Design, 2006(S1):155 – 158.

[15] 崔国庆. 双块式无砟轨道合理刚度取值研究[J]. 铁道建筑,2009, 49(9):93 – 96.
CUI Guoqing. Research on Reasonable Stiffness Value of Double – block Ballastless Track [J]. Railway Engineering, 2009, 49 (9): 93 – 96.

[16] 赵坪锐,刘学毅,杨荣山,等. 双块式无砟轨道温度荷载取值方法的试验研究[J]. 铁道学报,2016,38(1):92 – 97.
ZHAO Pingrui, LIU Xueyi, YANG Rongshan, et al. Experimental Study of Temperature Load Determination Method of Bi-block Ballastless Track[J]. Journal of the China Railway Society, 2016, 38(1):92 – 97.

(编辑:赵立红 白雪)