

新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置试验研究

甘露

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200125]

摘要: 基于国家对防治交通干线环境噪声污染、大力倡导绿色交通的要求,同时考虑到现阶段各类伸缩装置的降噪功能和效果均有所欠缺,研发了一种新型的性能优良的降噪减振伸缩装置以减少公路、城市桥梁工程噪声对环境污染。对伸缩装置的常规整体性能、橡胶性能、所选用的高阻尼减振橡胶支座、伸缩装置的降噪以及减振性能均进行了相应的试验测试,测试结果表明伸缩装置具有良好的整体性能、耐久性以及减震降噪效果。

关键词: 桥梁工程;减震降噪;试验测试;伸缩装置;新型桥梁板式橡胶伸缩装置

中图分类号: U446

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0127-04

0 引言

桥梁伸缩装置是公路及城市桥梁的重要组成部分,主要用于适应桥梁的温度伸缩、混凝土及预应力混凝土桥梁的收缩和徐变以及桥梁上部结构在荷载作用下所引起的桥梁伸缩位移,从而保证车辆通行的安全性和舒适性。

目前国内桥梁伸缩装置主要有模数型、异型钢单缝型、梳齿板型、板式橡胶型等几种类型,都有各自的优点和不足之处^[1-4]。总体来讲,在公路、城市高架桥梁中,各类伸缩装置的降噪功能和效果或多或少有所欠缺,因此,有必要研发一种性能优良的降噪减振伸缩装置以减少桥梁噪声对环境的污染。

随着我国公路、城市高架道路建设的发展,国家对防治交通干线环境噪声污染、降低桥梁伸缩装置噪声也愈加重视,大力倡导绿色交通。在此背景下,研发了一种新型、安全有效的桥梁降噪减振橡胶伸缩装置应用于公路、城市高架桥梁。伸缩装置在上海嘉闵高架、上海中环线浦东段高架道路等工程建设中均有应用,使用期间伸缩装置功能正常,具有明显的降噪作用,且并未发现任何质量问题。

桥梁降噪减振橡胶伸缩装置的研究成果经由中国公路学会组织专家委员会进行科技成果鉴定,并由上海市建科委建设科技推广中心组织专家委员会进行新产品的评估鉴定,均认为该成果总体达到国际先进水平。并且根据研发成果编制的标准《公路桥

梁板式橡胶伸缩装置》(JT/T 1269—2019)已于2019年9月1日颁布实施。

1 伸缩装置创新设计

(1)装置由有多个标准节段和非标准节段组成,整体伸缩量分为80/120/160/200(mm)四个种类;

(2)伸缩装置采用边钢梁与支承抗拉钢板相结合,橡胶伸缩体与边钢梁热硫化形成本体,不用螺栓与钢构件固定,避免伸缩装置松动脱落,保障行车安全可靠(见图1);

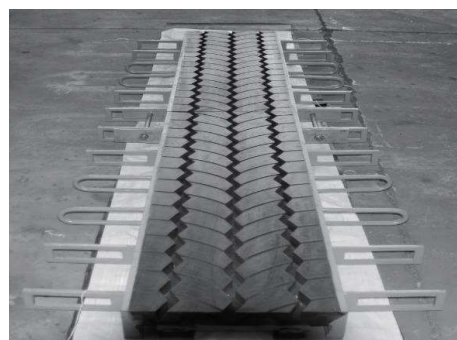


图1 新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置实样图

(3)橡胶伸缩体表面采用波形伸缩槽,其表面覆盖轮胎花纹的高强度橡胶耐磨层,从而提高耐久性,汽车轮胎着地面积始终与波形伸缩槽沿口呈斜交接触,不仅能充分降低轮胎冲击伸缩槽时产生的噪声,而且在伸缩量最大时也能保持伸缩槽变位均匀和伸缩装置平整(见图2、图3);

(4)在伸缩体支承钢板下设置高阻尼减振橡胶支座,增加了结构阻尼和吸能效果,有效吸收车辆轮胎的冲击动能,使梁端振动大幅减小,同时减小了轮胎冲击伸缩装置产生的振动噪声。

收稿日期:2020-12-04

作者简介:甘露(1989—),男,硕士,工程师,从事桥梁工程设计工作。

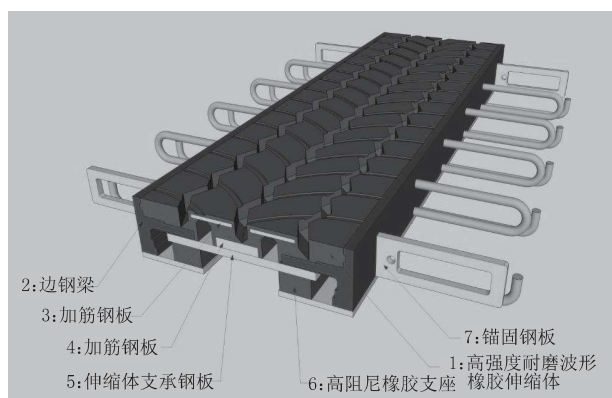
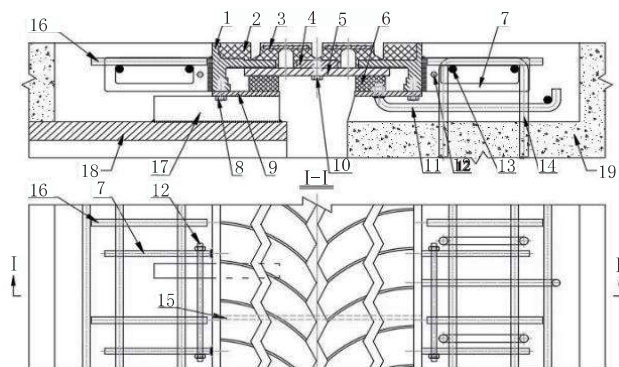
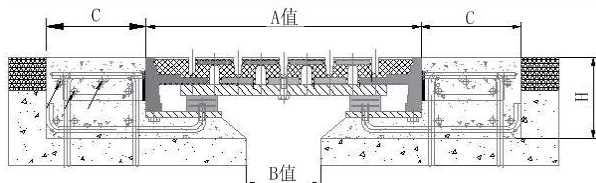


图2 新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置结构效果图



说明:

- 1—边纵钢梁;
2—橡胶伸缩体面层带轮胎
花纹高强度耐磨橡胶层;
3、4—加筋钢板;
5—支座顶板;
6—高阻尼减振橡胶支座;
7—锚固钢板;
8—高强度定位固定螺栓;
9—支座底钢板;
10—高强度定位固定螺栓;
11—锚固钢板;
12—节段接缝拉紧螺杆;
13—纵向分布钢筋;
14—预埋钢筋;
15—节段端部卡榫接缝;
16—分布筋;
17—支撑块;
18—钢梁;
19—混凝土梁;



附注:

1. 本图尺寸单位均以毫米计。
2. 气温与安装宽度对照表:

伸缩缝 规格	转角 r=4	正交位移量				顺桥向位移量				温度	50度	40度	30度	20度	10度	0度	-10度	-20度	H	C
		顺桥向	横桥向	顺桥向	横桥向	顺桥向	横桥向	顺桥向	横桥向											
JZS80	0.02	±40	±20	±55	±25	A值	355	367	379	391	403	415	425	435	180	200				
						B值	50	62	74	86	98	110	120	130						
JZS120	0.02	±60	±28	±80	±35	A值	430	447	464	481	498	515	532	550	185	215				
						B值	75	92	109	126	143	160	178	195						
JZS160	0.025	±80	±35	±110	±40	A值	570	596	620	644	666	688	710	730	190	230				
						B值	140	166	190	214	236	258	280	300						
JZS200	0.03	±100	±45	±130	±50	A值	714	743	772	800	829	856	885	914	200	250				
						B值	180	209	238	267	296	325	353	380						

注:转角指顺桥向转动,由橡胶体与支承件形成。

图3 新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置结构示意图

(单位:mm)

2 主要技术指标与性能

新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置性能主要技术指标符合企业标准 Q31/0108000058C001-2016《桥梁降噪减振橡胶伸缩装置》的要求,主要技术性能(见表1)包括:

能(见表1)包括:

表1 新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置主要技术指标

序号	项目	要求
1	拉伸压缩时最大水平摩阻力 /km	80 型不大于 50;120 型不大于 60;160 型不大于 65;200 型不大于 75
2	拉伸压缩时变位均匀性 /mm	每单元位移偏差 -3 ~ 3
3	横向错位 /(°)	横向倾斜角度不小于 3°
4	竖向错位 /%	相当顺桥向产生 5%坡度
5	纵向错位纵向 1.2 m 范围内两端相差	80 型不小于 40 mm;120 型不小于 60 mm;160 型不小于 80 mm;200 型不小于 100 mm
6	防水性能	注水 24 h 无渗漏
7	锚固性能	锚固件不脱落,钢构件不开裂,试样无重大裂纹和破损现象
8	高阻尼橡胶支座	达到 JT/T 842—2012 标准要求
9	噪声监测	达到降噪声 6 ~ 8 dB 的设计目标

(1)伸缩装置具有自由伸缩功能,整体伸缩量分为 80/120/160/200(mm);

(2)满足桥梁梁端的多向变位能力,纵、横向位移相等,竖向转动大于 0.03 rad;

(3)车辆通行时,能够充分降低伸缩槽和轮胎接触而产生的冲击噪声和摩擦噪声,实现降低噪声值 6 ~ 8 dB,且延长伸缩装置使用寿命;

(4)车辆通过时,车辆等荷载由减振支座传递,具有吸能效果,使梁端振动大幅减小,同时减小了轮胎冲击伸缩装置产生的振动噪声;

(5)防水性能优越,安装后不渗漏水;

(6)橡胶伸缩体与锚固钢板不采用螺栓连接,使用过程中不会产生松动现象,保证行车安全。

3 试验研究

对新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置进行了大量的试验测试,测试结果显示,伸缩装置各项性能良好,满足要求。

3.1 伸缩装置常规整体性能检测

根据 Q31/0108000058C001-2016《桥梁降噪减振橡胶伸缩装置》企业标准,委托交通运输部公路科学研究所公路工程检测中心对桥梁降噪减振橡胶伸缩装置的外观质量、尺寸偏差、横向错位、竖向错位、纵向错位、拉伸压缩时最大水平摩阻力、拉伸压缩时变位均匀性等进行检测(见表2),各项性能均符合标准要求。

3.2 伸缩装置伸缩体橡胶性能测试

伸缩装置伸缩体采用氯丁橡胶,橡胶材料性能委托上海橡胶制品研究所进行试验测试(见表3)。测

表 2 伸缩装置外观质量、尺寸偏差、拉伸、压缩时变位均匀性等性能检测结果

检测项目	标准及设计要求	检测结果
外观	外观应光洁、平整、无裂纹、结疤和毛刺	外观光洁、平整、无裂纹、结疤和毛刺
平面总宽度/mm	390±5	391,391
拉伸压缩时最大水平摩阻力/(kN·m ⁻¹)	80 型不大于 50	49.38
拉伸压缩 每单元时变位均匀性/mm 位移偏差	-3~3	-3
纵向错位	纵向 1.2 m 范围内两端相差:80 型不小于 40 mm	40
竖向错位	相当顺桥向产生 5%坡度	5.3%
横向错位	横向倾斜角度不小于 3°	3.3°
备注	样品长度 1.2 m	

试数据显示,橡胶体硬度、拉伸强度、伸长率等性能均符合要求。

表 3 伸缩体胶料性能试验测试结果

序号	试验项目名称	技术要求	试验结果	试验方法
1	国际硬度 /IRHD	60±5	57	GB/T 6031—1998
2	拉伸强度(1 型)/MPa	≥18	18.6	GB/T 528—2009
3	扯断伸长率 /%	≥550	608	GB/T 528—2009
4	压缩永久变形(室温×24 h×25%) /%	≤20	12	GB/T 7759—1996
5	耐臭氧老化(50 pphm,20%伸长,40℃×96 h)	无龟裂	0 级(无裂纹)	GB/T 7762—2003
6	热空气老化(70℃×96 h)	—	—	GB/T 3512—2001
6.1	硬度变化 /IRHD	-5~+10	+8	GB/T 6031—1998
6.2	拉伸强度变化 /%	±15	+7.0	GB/T 528—2009
6.3	拉断伸长率变化 /%	±20	-5.4	GB/T 528—2009
7	低温脆性(-40℃×3 min)/℃	通过	-40 无破坏	GB/T 1682—2014

3.3 伸缩装置表面高强度耐磨层橡胶材料性能测试

伸缩装置表面选用高耐磨性橡胶,以提高伸缩装置的耐久性。委托上海橡胶制品研究所检测中心对其表面高强度耐磨层橡胶材料进行性能试验(见表 4)。试验结果满足要求。

3.4 伸缩装置高阻尼橡胶支座性能测试

在伸缩装置伸缩体支承钢板下设置的高阻尼减振橡胶支座具有增加结构阻尼、吸收能量、降低梁端振动和噪声的作用。委托上海橡胶制品研究所检测中心和同济大学土木工程实验室分别对高阻尼橡胶支座材料性能及力学性能进行试验检测(见表 5)。检

表 4 伸缩体表面高强度耐磨层胶料性能检测结果

序号	试验项目名称	技术要求	试验结果	试验方法
1	国际硬度 /IRHD	63±5	63	GB/T 6031—1998
2	拉伸强度(1 型)/MPa	≥18	21.1	GB/T 528—2009
3	扯断伸长率 /%	≥550	604	GB/T 528—2009
4	压缩永久变形(室温×24 h×25%) /%	≤20	11.8	GB/T 7759—1996
5	耐臭氧老化(50 pphm,20%伸长,40℃×96 h)	无龟裂	0 级(无裂纹)	GB/T 7762—2003
6	热空气老化(70℃×96 h)	—	—	GB/T 3512—2001
6.1	硬度变化 /IRHD	-5~+10	+4	GB/T 6031—1998
6.2	拉伸强度变化 /%	±15	-0.5	GB/T 528—2009
6.3	拉断伸长率变化	±20	-15	GB/T 528—2009
7	低温脆性(-40℃×3 min)/℃	通过	-40 通过	GB/T 1682—2014
8	阿克隆磨耗量/(cm ³ /1.61 km)	≤0.8	0.65	GB/T 1689—2014

测结果为:高阻尼橡胶支座支承体的胶料性能符合企业标准要求,并且在桥梁降噪减振橡胶伸缩装置中发挥增加结构阻尼和吸能效果,起到减少梁端振动和降低噪声的作用^[5]。

表 5 高阻尼减振橡胶支座胶料检测结果

序号	试验项目名称	技术要求	试验结果	试验方法
1	国际硬度 /IRHD	60±5	62	GB/T 6031—1998
2	拉伸强度(1 型)/MPa	≥18	22.5	GB/T 528—2009
3	扯断伸长率 /%	≥650	690	GB/T 528—2009
4	压缩永久变形(室温×24 h×25%) /%	≤60	14	GB/T 7759—1996
5	热空气老化(70℃×96 h)后	—	—	GB/T 3512—2001
5.1	硬度变化 /IRHD	-5~+10	+6	GB/T 6031—1998
5.2	拉伸强度变化 /%	±15	-4.4	GB/T 528—2009
5.3	拉断伸长率变化	±20	-16	GB/T 528—2009
6	低温脆性(-40℃×3 min)/℃	通过	-40 通过	GB/T 1682—2014

3.5 伸缩装置降噪性能检测

委托上海环境监测中心在桥梁降噪减振橡胶伸缩装置应用现场,检测车辆经过该伸缩装置处的噪声值(见图 4)。并且与无伸缩装置的沥青路面和有齿板伸缩装置位置进行噪声对比(见表 6)。测试结果显示橡胶伸缩装置处噪声接近沥青路面,比的齿板伸缩缝降低噪声值约 8 dB,达到研发目标。

3.6 伸缩装置减振性能检测

委托 W&T 土木与环境顾问公司对传统的钢伸

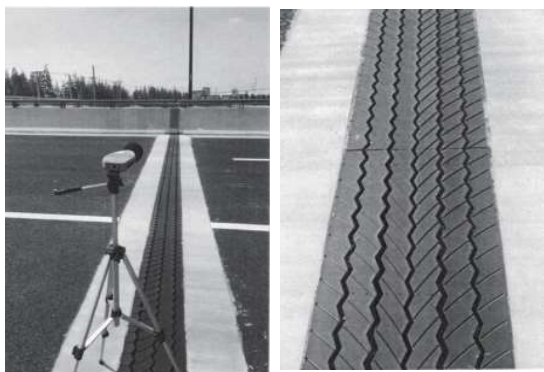


图4 新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置噪音检测现场照片

表6 新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置噪音检测数据表

代号	车速 / 类型	40 km/h	60 km/h	80 km/h
A	沥青路面	74.1	75.7	77.2
B	梳齿板式	81.4	82.7	86.3
C	降噪橡胶型式	71.6	74.9	78.1
C-B	降噪音值	-9.8	-7.8	-8.2

缩与新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置进行了振动测试(见图5)。测试结果显示“板式橡胶伸缩装置”振幅低于“钢伸缩缝”,减振效果明显。

4 结 论

通过对新型桥梁板式橡胶降噪减振伸缩装置的试验测试,表明:

(1)伸缩装置伸缩橡胶体及高性能耐磨层橡胶性能满足要求;

(2)伸缩装置所采用的高阻尼橡胶支座支承体的胶料性能符合企业标准要求,并且具有增加结构阻尼、吸收能量及减少梁端振动和降低噪声的作用;

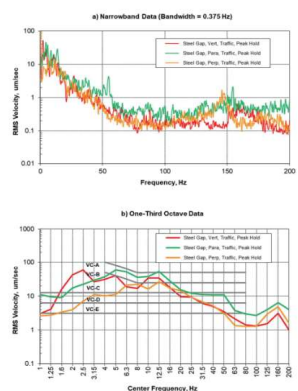
(上接第101页)

6 结 语

(1)采用杆系梁格模型进行整体受力框算,跨中、边支点等主要控制断面分析精度能满足设计要求。但对于墩梁固结区等特殊复杂节点进行空间实体有限元分析是必要的,需结合板壳模型的计算结果进行结构设计,保证结构安全性。

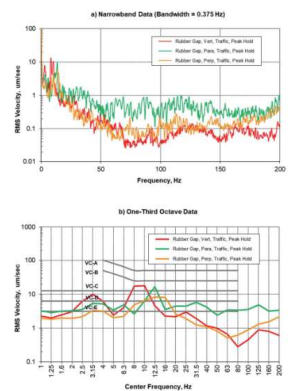
(2)双幅主梁间设置横梁对结构整体受力性能有一定提高,对纵梁竖向变形不一致效应有所改善,且考虑钢桥面使用的耐久性问题,建议设置横梁。多横梁方案与少横梁方案相比,效果相近,综合经济性、景观性等因素,可采用少横梁方案。

Figure 7. Traffic vibrations measured in three orthogonal directions (vertical, parallel, perpendicular) at a conventional steel gap, June 15, 2018.



钢伸缩装置

Figure 8. Traffic vibrations measured in three orthogonal directions (vertical, parallel, perpendicular) at a rubber-filled gap, June 15, 2018.



板式橡胶伸缩装置

图5 伸缩装置减振性能测试结果

(3)伸缩装置的外观质量、尺寸偏差、横向错位、竖向错位、纵向错位、拉伸压缩时最大水平摩阻力、拉伸压缩时变位均匀性等各项性能符合国家标准要求;

(4)伸缩装置降噪、减振效果明显。产生噪音情况与常规沥青路面相近,比常规齿板伸缩装置低8 dB。减振效果与型钢伸缩装置相比有大幅提升。

参考文献:

- [1] 赵煜,蒲广宁,贺栓海.基于外观调查的桥梁伸缩装置破损评价方法[J].公路交通科技,2013,24(11):61-65.
- [2] 辛荣亚,张启伟.桥梁旋转式伸缩装置的缝宽控制性能[J].公路交通科技,2013,30(5):53-57.
- [3] 王建波.公路桥梁伸缩装置模数式与梳齿板式之比较与选型研究[J].公路交通科技:应用技术版,2019(2):194-195.
- [4] 平树江,田芳,郭斌,等.大跨径3塔斜拉桥伸缩缝的设计与施工应用研究[J].公路交通科技:应用技术版,2012(1):159-162.
- [5] 吴延平,吴冬雁,谢旭,等.车辆通过钢箱梁桥伸缩缝的振动响应及减振[J].噪声与控制,2013(2):95-100.

(3)墩台固结体系主桥刚度大,但在活载及温度工况下主墩需承受较大水平荷载及弯矩,基础设计体量较大;而墩台分离体系可释放水平力,减小基础工程量,并且不会过多降低主桥刚度,采用埋入式支座密封保护罩可保证支座耐久性,故综合考虑推荐采用墩台分离体系。

参考文献:

- [1] 张亚东,张依睿.V形墩连续刚构桥结构设计与分析[J].南京工程学院学报(自然科学版),2017(15):29-33.
- [2] 中华人民共和国交通运输部.JTG D64—2015:公路钢结构桥梁设计规范[S].北京:人民交通出版社,2015.
- [3] 吴冲.现代钢桥[M].北京:人民交通出版社,2006.