

桥梁新型防风沙支座系统性能与可靠性评估

谈志鸿

(深圳市市政设计研究院有限公司, 广东 深圳 518029)

摘要:为研究新型支座系统防风沙效果,通过试验模拟对新型球型支座系统防风沙性能和可靠性进行研究与分析,并与传统支座系统进行对比。分析结果表明,新型支座系统具有很好的防风沙特征,在试验模拟年限为5a的情况下,新型的支座系统弹性围板表面磨损程度比传统的支座明显小很多,新型支座系统结构内部风沙侵袭率基本为0,而且在严寒和风沙的条件下运作新型支座预计使用年可以延长至37a。因此,在沙尘暴频发区域桥梁新型球型支座系统的使用前景是比较广阔的。

关键词:新型支座系统;桥梁设计;防风沙性能;可靠性评估

中图分类号:U446.1

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2023)12-0228-03

0 引言

传统的支座体系主要是由锚固长板、防尘盖、平面抗磨钢板、冠衬片、上抗磨钢板、下锚固长板等所构成,其中防尘盖并不是完全封闭的状态,所以在大风或夹杂沙石的天气环境下,风沙十分容易进入支座中心结构,因此若防尘盖是由橡胶材料所组成,长时间在风沙的侵蚀下很容易磨损老化,减少支座使用年限。本文所介绍的新型支座系统主要由丝杠板、平面和球面防磨钢板、球冠衬片、转动块、弹性围板、下锚固长度片和调平枪机等组成。本文基于模拟试验并与风沙气候特征相结合,在新型桥梁支座的周围安置完全密封性聚氨酯建筑围栏,确保桥梁支座在使用中始终保持封闭状态。同时,该支座的滑动板侧面和下方钢板为一体化设计,能够阻挡风沙堆积,避免支座的摩擦性能降低,由此改善了支座的受力特征。试验对新型支座性能以及可靠性进行了验证。

1 工程概况

某双塔斜拉大桥设计采用双塔5跨,桥梁总长为508m,其中主跨长度为268m(在3#墩和4#墩之间)。该斜拉大桥设计在桥的两端边跨处修建辅助墩,分别为2#墩、5#墩;在斜拉桥的端部修建过渡墩,分别为1#墩、6#墩。该桥梁的索塔建筑结构采

用分离式独柱钢筋混凝土设计,主墩(3#墩和4#墩)上均分别设有单向加双向2个球型钢支座。图1为桥梁平面示意图。

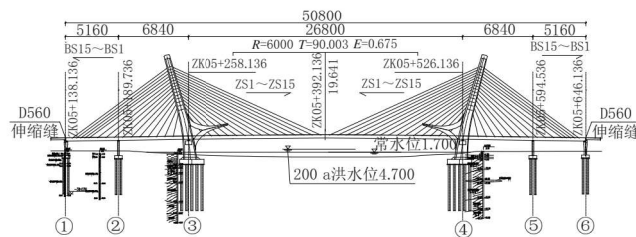


图1 某桥梁布置示意图(单位:cm)

2 试验研究

2.1 试验设计

以具有防风沙性能的新型球型桥梁支座作为此次试验的主体(该球型桥梁支座为3000kN桥梁新型球型支座),试验设计参照《桥梁球形支座》(GB/T 17955—2009)。由于目前相关规范对桥梁球型支座防风沙性能试验并没有详细规定,因此,本文通过验证新型球型桥梁支座防风沙性能良好设计试验方案^[1]。该模拟试验包含强力风力系统,下沙速度及沙粒存储量均能控制的落沙、防护、沙尘回收等系统(见图2),并使用气流携沙喷射手段来模拟桥梁新型球型支座在风沙环境下的运行状态^[2]。风力装置为强力鼓风机,送风角度可按照试验要求进行灵活调节;落沙仪器装置由存储沙盒、支架、漏沙导管、漏砂槽等基本结构组成。该模拟试验通过调整漏沙导管来调节沙尘含量^[3]。

2.2 选取试验设备

本文试验中所选用的仪器及设备主要有:(1)强

收稿日期:2023-03-25

作者简介:谈志鸿(1990—),男,硕士,工程师,主要从事桥梁结构设计工作。

力通风管,能够提供风气压超过 390 Pa、空气流速超过 38 200 m³/h;(2)喇叭口管,大口径为 0.95 m、小口径则为 0.58 m;(3)风速仪,风速范围一般在 0.5~45 m/s;(4)沙箱,体积为 30 L;(5)试验承台,尺寸为 550 mm×500 mm×700 mm;(6)防护室,尺寸为 2.0 m×1.0 m×1.5 m;(7)沙粒回收箱,尺寸为 600 mm×500 mm×350 mm;(8)粗糙度仪,分辨率为 0.01 μm;(9)电子秤称重精度达到 0.000 1 g 的分析天平,称重不小于 0.1 kg。

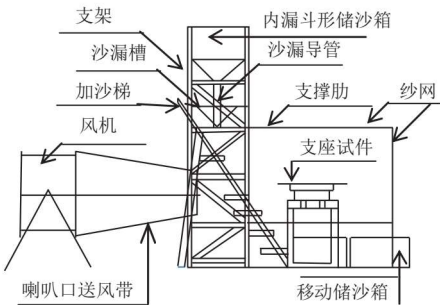


图 2 风沙试验装置简图

2.3 模拟试验

2.3.1 风速模拟

根据以往的研究成果可知,在该双塔斜拉桥所在地区的弱风力等级下风速平均为 20 m/s,强风力等级下风速最高能够为 30 m/s。本次模拟试验主要是对新型球型支座最强防风沙性能进行试验^[4],采取强风力等级下的最快风速 30 m/s。

2.3.2 沙尘模拟

风沙强度一般通过沙尘暴浓度衡量得到;沙尘暴含量是指在每次沙尘暴时间中沙尘含量的最大值,主要通过天空中总悬浮颗粒物的含量来对沙尘暴浓度进行大小划分,总悬浮颗粒物在每小时中的含量为 1.0~2.0 mg/m³、2.0~5.0 mg/m³、5.0~9.0 mg/m³ 和 9.0 mg/m³ 时,沙尘等级划分为浮尘、扬沙、沙尘暴和强沙尘暴。

本次试验主要是通过控制下沙率来模拟工程所在地域沙尘浓度。沙尘浓度的计算公式如下:

$$S=M/Q \tag{1}$$

式中: S 为带有沙气流试验环境下的沙尘浓度; M 为下沙量,下沙量大小的控制是由沙箱底部的流量控制阀调节控制的,通过改变下沙量的大小进而控制风沙中沙尘浓度。此次模拟试验的下沙量控制在 20 g/min; Q 为流体流量,此次模拟试验中表示为输沙率。

风沙侵蚀强度的大小主要是由风沙中沙粒粒径的参数决定的。无特殊情况下,不同粒径的沙粒重量不同,距地面高度越大的位置,风沙中所含的粗粒大

直径沙粒含量相对较少,反之细沙小直径沙粒较多。沙粒在风的作用力下的运动方式主要有 3 种:一种是跃动,一般情况下沙粒直径在 99~499 μm 范围内,风速达到 5m/s 以上时,沙粒主要是以此种方式运动;第二种是蠕动,沙粒粒径在 499~999 μm 范围内,沙粒重量大,风力作用不能将其带到空中,沙粒只能在距离地面很近的位置进行蠕移;第三种是悬移,99 μm 以下粒径的沙粒在风力的作用下很容易被带到空中,以悬浮的方式在空中移动,并能够远距离位移。根据相关部门提供的数据,某双塔斜拉大桥区域风沙侵蚀主要是小粒径沙粒,因此本次模拟试验选取该桥梁支座高度 8 m 范围内的沙粒粒径分布情况为试验条件,其中,粒径小于 99 μm 的沙粒占 97.42%,粒径在 99~499 μm 范围内的沙粒占 1.46%,粒径大于 499 μm 的沙粒占 1.12%。

2.3.3 时间模拟

根据该桥梁工程所在区域已有风沙日数研究结果可知,该区域平均每年受风沙侵害天数为 38.7 d,每天风沙侵蚀时间平均为 130 min,以此算出该桥梁所在区域风沙侵蚀总持续时间为 83.85 h/a。风沙侵蚀模拟试验按照 5 a 的周期计算,试验时长应为 14.25 h/d,试验总时间为一个月。

2.4 可靠性评估

通过上述模拟试验,可确定风沙是根据粒径的大小进行分布的。为了进一步确定新型支座系统防风沙性能的可靠性水平,一般情况下需要计算一些评价指标。下文给出了常用的可靠性评价特征量和估算值。传统支座防风沙性能函数 $f(t)$ 以及新型支座防风沙性能函数 $\lambda(t)$ 分别为式(2)、式(3):

$$f(t)=\frac{1.562t^{0.562\ 1}}{1\ 011.724\ 2^{1.562\ 1}}\exp\left(-\frac{t^{1.562\ 1}}{1\ 011.724\ 2^{1.562\ 1}}\right) \tag{2}$$

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{1-F(t)}=\frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}=\frac{1.562t^{0.562\ 1}}{1\ 011.724\ 2^{1.562\ 1}} \tag{3}$$

其特征函数曲线如图 3 所示。

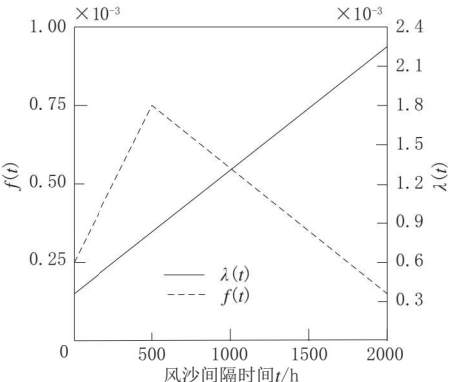


图 3 可靠性特征函数曲线

由图 3 可以看出:传统支座的防风沙性能随风沙间隔时间的增加呈下降趋势,再与疲劳理论相结合可知,该使用传统支座的桥梁会受到一定破坏;新型支座的防风沙性能随风沙间隔时间的增加而加强,说明新型支座具有较好的防风沙性能。

3 结果与分析

3.1 球型支座腐蚀性能

通过目测法对传统支座和新型支座进行外观观察,并采用测量工具对两种支座的结构尺寸进行测量。检测结果显示,支座的外观状态和结构尺寸都无明显改变。由此可以说明,风沙侵蚀对支座的外观和结构是没有影响的。

高精度仪器测量,采用粗糙度测试仪对这两种经过风沙侵蚀的支座围板表面粗糙度进行粗糙度检测,检测详细数据见表 1。从模拟试验数据测量结果得出,传统支座围板经风沙侵蚀后表面粗糙的最大受损深度为 2.31 μm ,而新型球型支座围板的最大受损深度为 1.75 μm 。结合模拟公式计算,传统支座表面最大磨损值大于 1 μm 和 2 μm 时,使用年限分别为 25 a 和 30 a;结合新型支座围板的最大表面受损计算公式计算,最大表面受损值大于 1 μm 和 2 μm 时,使用年限分别是 30 a 和 37 a。

表 1 两种支座弹性围板表面磨损测量结果 单位: μm

测点	试验时间									
	1 a		2 a		3 a		4 a		5 a	
	Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	Q_1	Q_2	Q_1	Q_2
1	1.44	1.29	1.44	1.62	1.44	1.56	1.44	1.37	1.44	1.34
2	1.14	1.08	1.05	1.39	0.88	1.37	1.14	1.24	2.31	1.27
3	0.86	1.08	0.84	1.28	0.88	1.27	0.89	1.27	0.89	1.47
4	0.70	1.28	0.91	1.55	1.09	1.55	1.29	1.39	1.52	1.18
5	1.28	1.25	1.26	1.63	0.95	1.62	0.64	1.54	0.64	1.71
6	1.32	1.31	1.19	1.68	1.36	1.67	1.71	1.57	2.12	1.66
7	1.36	1.32	1.14	1.73	1.47	1.75	1.53	1.59	1.59	1.39

注: Q_1 表示传统支座围板经风沙侵蚀后的表面粗糙程度, Q_2 表示新型球型支座围板经风沙侵蚀后的表面粗糙程度。

3.2 摩擦系数及支座失效试验

当完成模拟风沙入侵试验以后,根据规范《桥梁球形支座》(GB/T 17955—2009)(以下简称规范)规定的桥梁球型支座摩擦参数值来对支座进行失效试验测试。根据模拟试验结果可知:当模拟时间为 3 a 时,传统支座及新型支座的摩擦参数值分别为 0.032 和 0.000 7;当模拟时间为 5 a 时,传统支座和新型支座的摩擦参数分别为 0.052 和 0.007。根据规范要求,传统支座与新型支座在常温及严寒的环境条件下运行,支座的摩擦参数分别应该在 0.03 和 0.05 之内。模拟试验的结果显示:传统的支座在模拟时间为 3 a 时,摩擦参数为 0.032,该支座在常温条件下已经失效;在模拟时间为 5 a 时,摩擦参数为 0.052,该支座在严寒的环境条件下也失效。但是,新型支座的摩擦参数值一直没有变化,并且符合规范参数值。

4 结 论

综上所述,通过模拟试验和可靠性评估可知:

- (1)新型支座在模拟试验时间为 5 a 的情况下,新型支座围挡磨损最大值为 1.72 μm ,与传统支座相比,新型支座的抗腐蚀能力良好。
- (2)新型支座的防风沙特征及密封性能也良好。支座内部结构没有发现风沙的侵袭痕迹,良好的密封性最大程度地减少了风沙对支座内部结构构件的损坏与侵蚀,从而延长了支座的使用年限,增强了使用过程中的稳定性。
- (3)新型钢支座摩擦参数的检测结果也完全符合规范要求,证明新型支座在常温及严寒条件下都达到了设计的性能要求,不会出现因外部环境影响而导致失效的情况。

参考文献:

[1] 李迪,朱伟庆.曲线梁桥减震榀结构设计及减震性能分析[J].湘潭大学学报(自然科学版),2022,44(5):62-68.
[2] 贾云帆,徐艳.采用新型高分子材料的球钢支座摩擦副性能比较和测试方案设计[J].结构工程师,2021,37(4):25-32.
[3] 郑晓龙,陈列,颜永逸等.桥梁测力支座监测系统设计与工程应用[J].高速铁路技术,2021,12(1):50-53.
[4] 包善发,陈老伍,蔡岳.桥梁支座设计中单元计算模型的开发与实例验证[J].公路工程,2021,46(3):54-61.