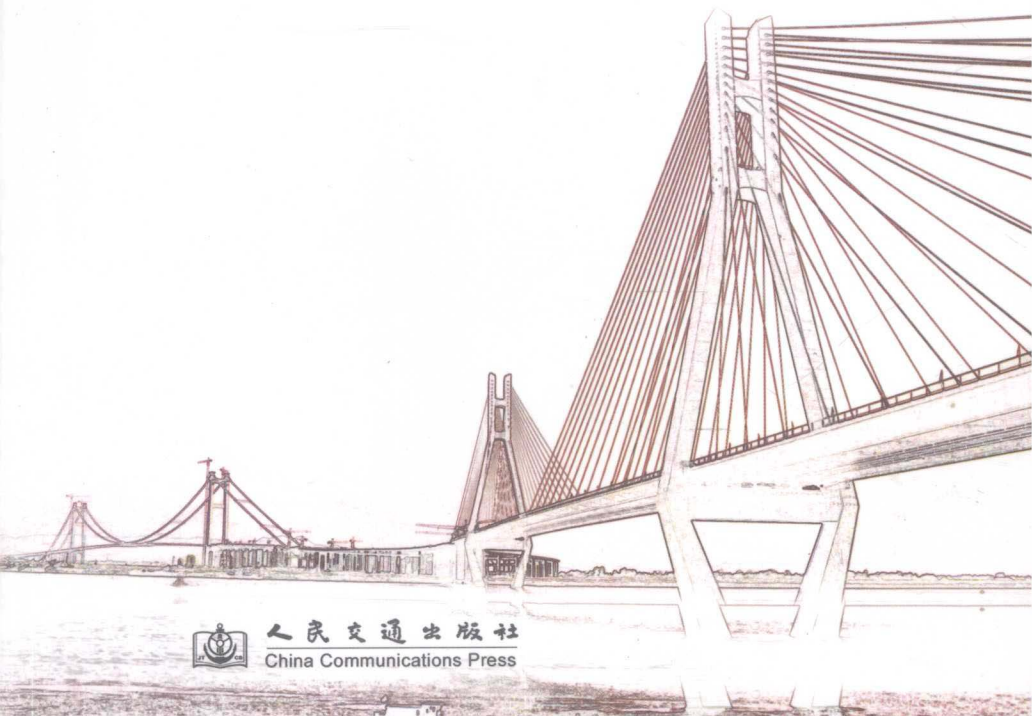


现代
XIANDAI

桥梁伸缩装置

QIAOLIANG SHENSUO ZHUANGZHI

赵衡平 编著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 简 介

现代桥梁伸缩装置

赵衡平 编著

人民交通出版社

内 容 简 介

系统、重点地介绍了现代桥梁伸缩装置在国内外的使用和发展,分析了它们的构造和特点,探讨了伸缩装置承重结构的设计和计算,提出了伸缩装置的结构细节和零部件的设计。扼要介绍了作者选用伸缩装置的点滴经验。

本书可供从事桥梁结构设计、研究的工程技术人员;从事桥梁伸缩装置研究、制造的工程技术人员;大专院校有关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代桥梁伸缩装置/赵衡平编著. —北京:人民交通出版社,2008. 6

ISBN 978-7-114-07166-9

I. 现… II. 赵… III. 公路桥—桥面—伸缩缝 IV. U448.143.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 071487 号

书 名:现代桥梁伸缩装置

著 作 者:赵衡平

责任编辑:张征宇

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京密东印刷有限公司

开 本:850×1168 1/32

印 张:4.5

字 数:115 千

版 次:2008 年 7 月 第 1 版

印 次:2008 年 7 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07166-9

印 数:0001-2000 册

定 价:12.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言 QIANYAN

作者一直从事桥梁设计和研究工作。1965年,为满足四川攀枝花市3002钢拱桥的建设需求,完成了高强度螺栓的研制和批量生产;1968年,主持完成尼泊尔马迪河大桥的设计;1978年,主持完成盆式橡胶支座的研究工作,并将盆式橡胶支座首先应用在国内桥梁(唐山滦河大桥)上;1982年,将100~2 000t系列PZ(GPZ)盆式橡胶支座的科研设计成果转化商品;1978~1985年,主持交通部1979年重点科技项目《预应力高强精轧螺纹粗钢筋及其后张锚固工艺研究》,完成了一种预应力施工体系的研究;1986年,主持完成浙江湖州南浔大桥的设计;1996年,主持完成80mm伸缩量浅埋单缝伸缩装置的设计;2000年,主持完成国家经贸委重点技术创新项目《跨座式单轨交通轨道梁承拉盆式橡胶支座》研究,并用于重庆单轨一期交通;2001年,主持完成国家经贸委重点技术创新项目《超大位移量桥梁伸缩装置》开发,并用于重庆大佛寺长江大桥1 120mm位移量伸缩装置、重庆马鞍石嘉陵江大桥720mm位移量伸缩装置和重庆马桑溪长江大桥480mm位移量伸缩装置的设计、总装和桥梁安装。1985年,《预应力高强精轧螺纹粗钢筋施工体系》获得国家科技进步三等奖;1988年,《GPZ盆式橡胶支座》获得交通部科技进步三等奖;1998年,《伸缩缝专用型



钢及浅埋伸缩装置》的研制获得农业部科技进步一等奖。

桥梁伸缩装置是桥梁结构的一个重要组成部分,汽车直接高速行驶在其顶面,伸缩装置在动态荷载下的可靠性是最重要的,安全是第一位;其次要保证桥梁在3个方向的位移自由;还要有优良的运营性能(跳车的状况、制动的快慢、噪声的高低、水密封好坏)。因此,伸缩装置设计的优劣、选用是否恰当、制造的好坏、安装水平高低,都直接影响伸缩装置的品质。

随着桥梁建设事业的迅速发展,各种桥型大跨径桥梁不断涌现,对桥梁伸缩装置的要求不断提高,需要开发和研制与之相适应的各种新型伸缩装置。本书以作者已发表和尚未发表的17篇有关现代桥梁伸缩装置的论文和文章为基础,总结了作者自20世纪90年代以来对现代桥梁伸缩装置的研究成果和设计、选用、制造及安装经验,重点介绍如下内容:

探讨了模数式伸缩装置承重结构的设计和计算原则,采用第七届国际桥梁和结构工程协会大会上确认的伸缩装置必须满足的4个条件——位移、承载、防振、防水作为设计原则;比较了多个国外规范的设计规定,重点提出了伸缩装置的寿命年限和设计计算中的具体问题——采用的静力和疲劳荷载、荷载布置、竖向挠度、设计方法、材料使用及容许应力。

介绍了单缝及模数80mm的由来,论述了公路桥梁单缝伸缩装置的不同形式,提出了单缝伸缩装置设计原则、采用的车辆荷载、计算图式、计算项目和构造要求。介绍了作者对斜桥中车行道伸缩装置与人行道伸缩装置、防撞护栏伸缩装置、中央隔离带伸缩装置相

接的构造处理方法。对模数伸缩装置专用异型钢的4种制造方法和国产专用异型钢进行了详细的分析比较,根据作者多年的设计、制造和检测经验,从材料、承载能力、密封和抗腐蚀的角度提出了专用异型钢的技术要求和截面设计原则。

明确了压缩和剪切控制弹簧的材质及简捷有效的进场检验方法,重点介绍了作者提出的压缩和剪切控制弹簧疲劳试验方法,即压缩和剪切控制弹簧寿命的试验方法及部分试验成果。

详细分析和论述了不同纵坡、不同斜交角和不同半径的坡桥、斜桥和弯桥对所设置的不同形式伸缩装置的影响及程度,并对伸缩装置在坡桥、斜桥和弯桥设计中的选用提出了个人意见。

论述了主梁和伸缩装置在温度引起的伸缩量计算中的不同之处,提出了伸缩装置温度伸缩量计算中主梁伸缩零点的概念和如何确定主梁伸缩零点的方法;建议以很容易查到的“历年极端气温平均值”替代“历年极端日平均气温”分位值。

介绍了聚合物混凝土单缝伸缩装置的特点,在公路桥梁中使用的国外4种聚合物混凝土单缝伸缩装置的规格、构造、性能和安装特点,还介绍了作者主持研究的一种聚合物混凝土单缝伸缩装置,优良的抗压、抗拉、抗折和握裹强度,耐水、耐盐水和耐油性能试验结果,证明了研制的聚合物混凝土单缝具有优良的性能,高强度、抗冲击、初凝和强度增长快,耐腐蚀和防水性好。

国外动荷载试验成果和国内外工程实践证明了弹



性边梁和弹性锚固优良组合的单缝的动力强度,比传统的刚性边梁和刚性锚固动力安全度大 1.8;静载试验成果证明了弹性型钢和弹性锚固组合的单缝在使用荷载下的优良性能,论述了不同刚性、弹性的型钢和锚固组合的单缝伸缩装置的静载安全度,充分证明弹性边梁和弹性锚固是伸缩装置的发展方向。

简述了我国公路桥梁伸缩装置的发展历史,重点介绍了伸缩装置的设计、制造、检验、使用和管理现状,提出了加强伸缩装置产品管理的建议。

就交通行业标准《公路桥梁伸缩装置》(JT/T 327—2004)至今不能完整实施,提出了个人对此行业标准一些问题的意见,如桥梁伸缩装置整体性能检验一些项目不符规范和实际,异型钢和位移控制弹簧材料要求中的错误、试验方法和检验项目的缺失等与大家共同探讨。

通过对我国 9 座特大型桥梁所使用的国内外大位移量伸缩装置进行现场调查和测量,并对数据进行统计分析和比较后得出结论,即进口产品并不如期望的那么好,国内产品亦不如想像的那么差,二者可以一比,也说明国产大位移量伸缩装置产品逐渐成熟,其研发、设计、制造和安装已赶上和超过国外同类产品,但还存在着一些问题,如产品标准、检验设备和试验方法等。

作者希望本书能对我国桥梁伸缩装置技术的发展和推广应用起到积极的促进作用。

赵衡平

2008. 2 于北京

目 录 MULU

第一章 综述	1
第一节 伸缩装置概念	1
第二节 现代桥梁伸缩装置分类	1
第三节 我国伸缩装置产品分析	2
第四节 温度伸缩量计算	9
第五节 弯、坡、斜桥对伸缩装置的影响	16
第六节 现代桥梁伸缩装置的设计原则	20
第七节 现代桥梁伸缩装置的寿命	21
第二章 模数式伸缩装置	23
第一节 模数的确定	23
第二节 模数式伸缩装置分类和构造	24
第三节 专用异型钢	32
第四节 位移控制弹簧	40
第五节 橡胶密封带	48
第六节 承重结构的设计计算	52
第七节 我国部分大位移量伸缩装置的初步调查	58
第三章 单缝伸缩装置	74
第一节 单缝概念	74
第二节 单缝的设计计算	75
第三节 弹性单缝的优势	78
第四节 斜交单缝的构造处理	87



第四章 聚合物混凝土伸缩装置	95
第一节 概述	95
第二节 JS 聚合物混凝土伸缩装置的研制	96
第三节 国外一些聚合物混凝土伸缩装置介绍	101
第五章 弹塑体伸缩装置	108
第一节 概述	108
第二节 性能及构造比较	109
第三节 施工及表面平整度	113
第四节 寿命	115
第五节 病害	116
第六节 在高等级公路中的应用	117
第六章 JT/T 327—2004 行业标准一些问题的探讨	118
附录 全国主要城市气温资料	126
参考文献	136

第一章 综 述

第一节 伸缩装置概念

依据国家标准《道路工程术语标准》(GBJ 124—88)和交通行业标准《公路工程名词术语》(JTJ 002—87):伸缩装置是“为使车辆平稳通过桥面并满足桥面变形的需要,在桥面伸缩接缝处设置的各种装置的总称”。伸缩装置是桥梁的一个重要组成部件,也是桥梁的一种产品。在汉语中伸缩装置和伸缩缝的概念不同,伸缩缝是“为适应材料胀缩变形对结构的影响,而在结构的两端设置的间隙”,是桥梁主梁间的预留空隙。但英语“expansion joint”一词既可为伸缩装置亦可为伸缩缝,说明了伸缩装置和伸缩缝的密切关系。

第二节 现代桥梁伸缩装置分类

20 世纪 90 年代后研制并成功使用的伸缩装置可谓现代桥梁伸缩装置,在我国有如下几类:

1. 模数式伸缩装置

伸缩装置中边梁与中梁、中梁与中梁的最大间隙为 80mm,相应最小间隙为 0,或最大间隙与最小间隙差为 80mm 的,都称为模数式伸缩装置。它包括承重系统、位移传动系统、锚固系统和密封系统。

2. 异型钢单缝伸缩装置

《公路桥梁伸缩装置》(JT/T 327—2004)行业标准将模数式



伸缩装置中最小伸缩量 80mm 的形式分离出来单成一种,称为异型钢单缝伸缩装置。它只有一对异型钢边梁,没有位移传动系统。

3. 梳齿板式伸缩装置

现代梳齿板式伸缩装置是在旧式梳齿板伸缩装置上进行改进加设了水密封系统而形成的。

4. 聚合物混凝土伸缩装置

聚合物混凝土伸缩装置和普通混凝土单缝伸缩装置的区别是不采用水泥、也不是用环氧树脂作黏结料,而采用“聚合物(树脂)”作黏结料,配以集料和其他材料所取得的聚合物(树脂)混合物,与异型钢及锚筋、橡胶密封带组成的单缝伸缩装置。它适合桥面铺装较薄、安装槽深度小于 70mm、桥面无预埋锚筋的单缝,尤其非常适合更换橡胶式伸缩装置。

5. 弹塑体伸缩装置

弹塑体伸缩装置是在桥梁设置伸缩缝位置的一定宽度范围,用一种特殊的“黏结料”和石料的混合料替换桥面铺装层,依靠这种混合料的弹塑性适应桥梁所产生的位移,承受车轮荷载和防止水的渗漏。

第三节 我国伸缩装置产品分析

一、概述

改革开放前,我国公路桥梁伸缩装置产品沿用老式的 U 形铁皮缝、盖板式钢缝和梳齿板式钢缝,伸缩量在 30~300mm 间,这些产品简单、漏水、易损坏、跳车严重。

从 20 世纪 70 年代始,我国市政设计、研究单位推出参照国外 50 年代中期研制的橡胶式伸缩装置,公路桥梁也随之推广使用。由于该伸缩装置的承重、位移和密封件均为橡胶件,故制造企业为

生产板式橡胶支座的橡胶厂。推出单位在引进时忽视了橡胶式伸缩装置的国外使用状况和破损率,如日本道路协会在 1965 年对名神高速公路、京叶公路和环行 7 号公路调查报告中的数据^[1]表明:橡胶式伸缩装置的破损率有的高达 86%,大大高于其他伸缩装置。而我国的使用状况也同样令人忧心,有的安装通车不久就损坏,好一点能使用一年左右,2004 年在修订旧《公路桥梁橡胶伸缩装置》(JT/T 327—1997)时不得不规定‘橡胶伸缩装置不宜用于高速公路、一级公路上的桥梁工程’,目前橡胶伸缩装置基本已停产。

20 世纪 80 年代中期,德国毛勒(MAURER)公司在中国推出梁格式模数伸缩装置,其中包括伸缩量 80mm、埋置深度 300mm 的单缝,取得较大的成功,在 90 年代中期前基本占领了我国公路桥梁市场,取得很好的经济效益。它的销售模式由直接销售产品,经过在一些省建立合资企业,最终转变为独资建厂。美国万宝(Watson Bowman)公司由代理改为直接在中国独资建厂。瑞士马格巴(mageba)公司、美国布朗(D. S. BROWN)公司和英国布罗福斯(BRITFLEX)公司在中国均有代理,制造或销售他们的伸缩装置产品。

国内对伸缩装置的研究始于 20 世纪 80 年代末,有列入交通部科研计划的,由中交公路规划设计院和西安自力化学工业公司、长安大学联合研制的 J-75 模数式伸缩装置。其异型钢采用钢板焊接,位移传动机构采用国外已淘汰的杠杆式机械传动,无法与毛勒公司的整体异型钢和弹性元件为主的位移传动机构竞争,很快退出市场。20 世纪 90 年代,交通部新津筑路机械厂从德国毛勒公司引进梁格式模数伸缩装置整套技术,虽然两家的合作短暂并分手,但对推动梁格式伸缩装置的国产化有很大的推动作用。铁道科学研究院仿照德国毛勒公司的旋转梁模数式伸缩装置推出 XF 伸缩装置,由于加工难度大、使用性能难以保证,推广受到限制。中交公路规划设计院还推出 GQF-MZL 伸缩装置,但由于轧



后热弯工艺不过关、异型钢不规则、位移传动机构仍采用国外已淘汰的铰链式机械传动,推广也受到限制。还有成都市新津新筑路桥机械有限公司与赵衡平高工合作研制的 ZL 伸缩装置,最大伸缩量为 1 120mm,已成功用于重庆大佛寺长江大桥,运营性能优于国外产品。西安自力化学工业公司推出“TST”产品,一些厂家引入美国“WF”和“MATRIX”产品的弹塑体伸缩装置,其伸缩量均在 50mm 以下,终因施工难度大、寿命短,逐渐退出市场。2000 年后,铁道部大桥局设计院对梳齿板缝进行改进,增加水密封设施后推出了新型梳齿板式伸缩装置。

时至今日,在我国公路桥梁中应用的大位移量伸缩装置基本是国外产品,最大伸缩量已达 2 640mm。国产大位移量伸缩装置数量屈指可数,最大伸缩量为 1 120mm;而伸缩量 80mm 的单缝和 160mm 的双缝,国内产品基本占领市场,去年的销售收入约为 4 亿元。

20 世纪 90 年代以来,在此领域有两个事件值得一提。一是中交公路规划设计院推出的埋置在桥面铺装中的 Em、Fm、Fd、Cd 浅埋单缝,相对毛勒公司埋深 300mm 的单缝,它因具有埋深浅、不需要在主梁上预留安装槽,施工简便和弹性锚固等优势而得到迅速推广使用;二是伸缩装置专用异型钢的制造工艺,即轧后热弯成型(四川新路桥机械有限公司)和整体轧制、机加工型腔(成都新津新筑路桥机械有限公司),这两种制造方法取得成功,取代了公差大、废品率高和难以保证疲劳性能的热挤压成型和分体热轧焊接成型的制造方法,对伸缩装置国产化和提高其性能提供了有力保证。

二、产品设计状况

从 20 世纪 90 年代开始,国内以中交公路规划设计院、铁道科学研究院为首的设计、科研所在吸收国外先进技术设计研制国产伸缩装置时,按照新产品的研发程序,由具有设计研究资质的单

位经过方案、设计、试验、试用和鉴定等过程后,通过技术成果转让,由生产制造厂家推出产品。

2000 年以来,市场发展很快,生产制造厂家羽翼渐丰,对于伸缩量 80mm 及以下的单缝,认为技术含量不高,加工制造难度不大,厂家无论有无设计能力、设计资质,都纷纷推出并冠以厂标的单缝,导致公路桥梁市场单缝的型号高达 40 种以上,使桥梁设计人员难以区别和选择。一些产品没有计算、没有试验、没有权威检验机构的检测,就直接在高等级公路上使用,留下一些隐患和病害。

桥梁伸缩装置产品的设计方法,目前仍以静载设计为主并配以疲劳验算,这和国外的动载疲劳设计有很大的差距。

我国目前尚无专门的公路桥梁伸缩装置产品设计规范,对其承重系统、位移传动系统和锚固系统进行原则控制。现行的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ D62—2004)(8.6 桥梁伸缩装置一节)仅从桥梁结构出发,对一般要求、伸缩量和安装宽度三方面做了规定。而 2004 年修订后的《公路桥梁伸缩装置》(JT/T 327—2004)是在原《公路桥梁橡胶伸缩装置》的基础上增加梳齿板和模数式伸缩装置的一些内容,但它是一个产品制造规定,以一句话‘伸缩装置的结构设计,应按照(JTG D60—2004)和(JTJ 025—86)的规定和要求进行计算和验算,确保结构各部件安全、可靠、耐久。’概括了产品的设计,太原则而且漏洞很大。

在 2003 年修订后的《公路工程技术标准》(JTJ B01—2003)和 2004 年修订后的《公路桥涵设计通用规范》(JTJ D60—2004)对作用在伸缩装置上的冲击力和疲劳荷载作了提高,但事过 3 年多还仍然沿用旧规范的荷载规定,不能不令人感叹!这对伸缩装置包括进口的伸缩装置产品是降低了设计和使用要求,增加了产品风险。



三、产品制造状况

我国伸缩装置生产厂家过滥,估计有近百家,大多为板式橡胶支座和橡胶式伸缩装置的生产厂家,技术人员、生产能力和加工设备相差悬殊,产品良莠不齐。生产所依据的设计图纸来路各异,故制造工艺和方法大不相同。例如:弹性锚固的栓钉与异型钢的焊接工艺,正规图纸要求采用螺柱焊方可确保 T 形焊接构件和焊缝质量,而有的厂家自出图纸、自定工艺、采用手工焊条焊,有的甚至将栓钉直径减到 12mm,有的围焊不透而且栓钉咬肉严重,用于桥梁工程不断出现焊缝被剪断的事故;又如应该采用气体保护焊的角焊缝被改为手工焊条焊,造成重要焊缝的质量隐患;梁格式模数伸缩装置的位移控制弹簧对产品运营质量影响很大,基本属于外购件,但一些生产厂家进场不检验,造成近 20%~40%的不合格件装在产品上,这样的梁格式模数伸缩装置产品质量难以保证。

总之,公路桥梁伸缩装置的制造状况不容乐观,尤其是大位移量伸缩装置的制造更令人担忧,需要投入更多的人才、资金、设备,优化制造和总装工艺,方可和国外产品一争高低。

四、产品检验状况

国产伸缩装置的检验,即权威检测机构的检验,目前流于形式。因为按照行业标准《公路桥梁伸缩装置》(JT/T 327—2004)的规定,以伸缩量 80mm 的异型钢单缝为例:出厂检验仅做密封橡胶带的尺寸偏差测定,还有密封橡胶带和钢件的外观质量检查;型式检验仅作防水性能检验,且没有给出试验方法。在单缝组装完成并进行表面处理,权威检测机构已无法按照出厂检验项目对钢件的外观质量进行检验,而表面处理的检验项目(JT/T 327—2004)标准却没有纳入出厂和型式检验中,更没有对单缝使用中经常出现病害的相应项目,如焊缝强度列入检验项目内。对

于多缝即模数式伸缩装置,《公路桥梁伸缩装置》(JT/T 327—2004)标准虽在型式检验中列有6个项目的静态检测,但没有列出相应的检验设备要求和标准试验方法,导致权威检测机构无章可循而无法检测。

五、产品使用状况

国产伸缩装置产品在公路桥梁运营中常见的病害有:

(1)异型钢断裂。分析原因有:轧制异型钢的钢坯多是小钢厂供应的,即是个别厂家有时会买到大钢厂的坯料,也是端头料,杂质及有害元素含量有可能超标,易成为疲劳源;二是异型钢接长没有通过计算保证接长断面的力学特性,并布置于受载最大处;三是异型钢的计算跨径过大,强度和刚度不足,变形过大而导致冲击过大;四是汽车超载严重,大于异型钢的安全系数。

(2)焊缝断裂。表现在异型钢和锚固件焊缝的断裂,异型钢和横梁焊缝的断裂,原因如上所述。

(3)组装超差、中梁下沉。究其根本原因为组装工艺不合理,组装参数不对。

(4)安装槽混凝土出现质量隐患有:异型钢背和混凝土出现裂缝;新老混凝土间出现裂缝;位移箱下混凝土出现蜂窝狗洞;安装槽混凝土破碎或表面开裂。原因有:混凝土强度等级不够,坍落度大、振捣不足、挡板支护变形等。

(5)伸缩装置安装顶面超差,车辆驶过跳车严重。分析原因有:伸缩装置制造完成后顶面超差;在桥梁安装中伸缩装置顶面和混凝土顶面超过《公路工程质量检验评定标准》(JTJ F80/1—2004)的规定。

(6)多缝运营中型钢间隙不均匀,它反映出设计、制造和总装中诸多问题,应视具体问题作探索。

(7)预埋螺栓螺母松脱,梳齿板上翘。



国外大位移量伸缩装置产品在使用中也有一些问题,主要集中在运营中型钢间隙不均匀、跳车,个别的位移传动机构失效,如重庆黄花园大桥的 8 缝和江阴长江大桥的 20 缝均不得不进行了伸缩装置的更新换缝。部分国内外大位移量伸缩装置的运营情况请参阅第二章第七节。

六、产品管理状况

伸缩装置产品的管理现状如下:

(1) 行业没有统一的管理模式,虽然各省、市、自治区都有自己的产品入围办法,但标准不一,各行其是,容易让一些质量有问题的企业钻空子,使伸缩装置产品的质量还是难以控制,使用中出现质量问题。

(2) 伸缩装置产品的标准规范欠缺太多,使行业质量监督抽查难以有效进行,无法规范企业生产和产品质量,净化产品市场。

(3) 伸缩装置产品设计市场混乱,对桥梁的这个重要部件肆意突破设计资质的限制,谁想设计就设计,谁想推出就推出,一无计算书、二无整套图纸,三不遵照新产品的推出程序,不负责任地放在高等级公路桥梁上做试验。

(4) 承担行业质量监督抽查的权威检测机构的试验设备仪器不足,无法有效、全面地实施。

七、加强伸缩缝产品管理的建议

(1) 对伸缩装置产品实施认证,通过‘型式试验、质量体系评定、工厂生产条件检查、获证后监督’完成对产品全过程的审查监督,对产品生产的全过程进行有效控制,经认证机构确认并通过颁发认证证书及认证标志,建立和完善伸缩装置产品的准入制度,扶优淘劣,将近百家产品制造企业控制在 20~30 家。同时建立对产品质量连续不合格的企业勒令退出和新企业晋入的机制。