

异形钢单缝式和模数式伸缩缝损伤等级 划分及养护对策

刘朵¹,黄青松²,江流声³,张建东^{1,3}

(1. 苏交科集团股份有限公司,江苏 南京 211112;2. 江苏宿淮盐高速公路管理有限公司;3. 南京工业大学)

摘要:通过调研某省高速公路桥梁伸缩缝的使用情况,针对量大面广的异形钢单缝式伸缩缝和模数式伸缩缝,分析了其常见的损伤类别及其产生的原因;并考虑高速公路的养护环境特点,从一线养护人员的可操作性和便捷性出发,对混凝土破损、橡胶条损坏、缝隙宽度异常、支撑系统损伤、位移控制系统失效和中梁型钢变形或断裂等典型病害,对其损伤程度进行了等级划分,规定了相应的量化评价指标,并提出了对应的养护措施和维修方法。

关键词:伸缩缝;病害;损伤等级;量化指标;养护对策

伸缩缝在桥梁结构中直接承受车轮荷载的反复冲击作用,长期暴露在空气中,使用环境比较恶劣,是桥梁结构最易遭到破坏而又最难修补的部位,不仅给车辆的行驶安全带来了一定的隐患,同时还会影响到桥梁本身的结构安全性和使用寿命。目前中国尚没有专门针对公路桥梁伸缩缝养护的行业规范或技术标准,仅在JTG H11—2004《公路桥涵养护规范》中对伸缩缝的病害进行了定性描述。因此,对桥梁伸缩缝损伤程度的判断受个人主观因素的影响较为严重。而科学合理的、具有可操作性的养护对策应基于对结构损伤的正确评估,并结合现场的养护条件而确定。

该文通过调研某省高速公路桥梁伸缩缝的使用情况,针对异形钢单缝式伸缩缝和模数式伸缩缝,分析其常见的损伤类别及产生的原因,并考虑高速公路的养护环境特点,从一线养护人员的角度出发对伸缩缝的

损伤等级进行划分,提出相应的养护对策,为高速公路桥梁伸缩缝更加科学、高效的养护工作奠定基础。

1 常见损伤类别及成因分析

调研了某省高速公路桥梁管理系统中的23 430条伸缩缝,其中异形钢单缝式伸缩缝和模数式伸缩缝(图1、2)占比超过了80%(表1),是目前最常使用的伸缩缝类型。

在调研的23 430条伸缩缝中,出现损伤的伸缩缝共计13 118条,损伤率达到了56%。以伸缩缝构件系统为单位将高速公路伸缩缝损伤分为混凝土破损、橡胶条破损和型钢变形或断裂3种,当然也存在部分数据未标明或记录不清的病害,统一归为不明病害类型,具体统计数据如表2所示。

参考文献:

- [1] GB 5049G—2009 大体积混凝土施工规范[S].
- [2] 刘宁,刘光庭.大体积混凝土结构随机温度徐变应力计算方法研究[J].力学学报,1997(2).
- [3] 刘继,周勇军,杨勃,等.连续刚构桥承台水化热有限元分析与控制[J].中外公路,2017(4).
- [4] 袁军峰,张建东,刘朵,等.大跨连续箱梁桥0#块高强混凝土水化热及温控措施分析[J].中外公路,2019(5).
- [5] 孙金,冯小青,唐焱,等.高温沥青摊铺时钢—混叠合梁桥温度场有限元分析[J].中外公路,2018(3).

- [6] 盛焰正,刘国坤,赵海军.单箱多室混凝土箱梁结构的温度场预测[J].中外公路,2018(4).
- [7] 朱伯芳.混凝土绝热温升的新计算模型与反分析[J].水利发电,2003(4).
- [8] 龚剑,李宏伟.大体积混凝土施工中的裂缝控制[J].施工技术,2012(6).
- [9] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].
- [10] GB 50496—2009 大体积混凝土施工规范[S].
- [11] JTS 202—1—2010 水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程[S].

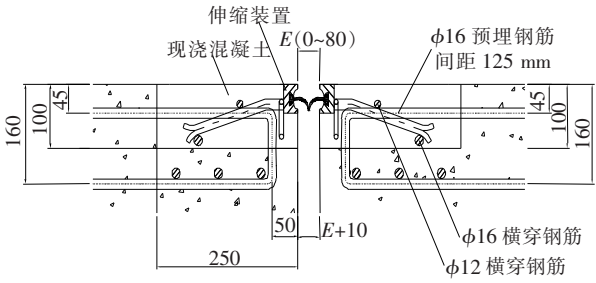


图 1 异形钢单缝式伸缩装置(C型)(单位:除钢筋为 mm 外,其余:cm)

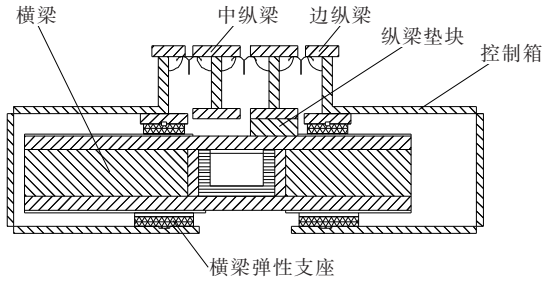


图 2 多缝模数式伸缩装置(J-75 型)

表 1 某省高速公路伸缩缝的使用情况

伸缩缝类别	数量/条	比例/%
异形钢单缝式	12 274	52
模数式	7 324	32
橡胶式	975	4
其他*	2 857	12

注: * 表示因系统录入不规范而无法判断其类别。

表 2 某省高速公路伸缩缝损伤分布情况

病害种类	数量/处	比例/%
混凝土破损	6 429	49
橡胶条损坏	4 389	33
型钢变形或断裂	772	6
不明病害类型	1 528	12

由表 2 可知:混凝土破损、橡胶条损坏、型钢变形或断裂是目前伸缩缝常见的三大损伤类型。此外,针对模数式伸缩缝,尚存在型钢间距不均匀、位移控制系统失效、支承系统失效等特有的损伤类型。

1.1 异形钢单缝式伸缩缝

针对异形钢单缝式伸缩缝常见的损伤情况进行了成因分析,结果如下:

(1) 桥台与路基之间发生沉降或混凝土养护不到位、塌落度较大,均会引起伸缩缝安装槽区后浇带混

土开裂或裂缝。

(2) 旧混凝土接触面未凿毛或有灰尘未清理干净,引起新旧混凝土之间开裂。

(3) 伸缩缝异形钢下脱空,导致伸缩缝型钢和混凝土破坏。

(4) 由于尖锐物破坏而造成伸缩缝的橡胶条损伤。

1.2 模数式伸缩缝

模数式伸缩缝是目前应用最为广泛的伸缩结构,除了包含异形钢单缝式伸缩缝的常见损伤外,还有一些其他特有的损伤类型,具体如下:

(1) 伸缩缝位移箱底部脱空,容易造成结构变形从而引起伸缩缝破坏。

(2) 伸缩缝的位移箱内有混凝土进入,容易影响伸缩缝的正常伸缩功能,从而造成结构损伤。

(3) 伸缩缝的位移控制弹性元件损坏,包括:①位移量超过弹簧正常位移范围;②弹簧自身力学性能不满足要求;③伸缩缝组装精度差;④连接螺栓松动、冲击加大,从而破坏弹簧。

(4) 中梁型钢断裂是目前高速公路桥梁伸缩缝中最普遍的损伤,产生的原因主要有:①中梁与支撑横梁之间采用焊接时,焊接质量不满足要求;②中梁与支撑横梁之间采用螺栓连接时,连接螺栓松动或脱落,导致中梁型钢冲击较大,产生疲劳断裂;③位移箱底部脱空,在车辆的频繁冲击作用下箱体底部变形,导致支撑横梁和中梁下沉,引起型钢断裂;④位移箱内的弹性支承元件脱落,导致支撑横梁和中梁下沉,使得型钢断裂;⑤中梁型钢采用焊接接长时,接头位置焊接强度不足或接头所处的位置不合理导致型钢对接处焊缝疲劳破坏;⑥中梁型钢自身的材质存在缺陷,应力集中产生疲劳破坏。

2 损伤等级划分及养护对策

高速公路桥梁伸缩缝损伤等级划分是伸缩缝养护工作的基础,而及时到位的养护工作是延长伸缩缝使用寿命和保证桥梁伸缩缝正常运营的重要措施。因此,为了延长伸缩缝的使用寿命,针对量大面广的异形钢单缝式伸缩缝和模数式伸缩缝,从一线人员的可操作性及便捷性出发,通过大量伸缩缝病害现状调研、有限元分析,并结合多家单位伸缩缝养护经验,对病害损伤等级进行划分,并根据划分的损伤等级提出具体的养护维修措施。

2.1 异形钢单缝式伸缩缝

异形钢单缝式伸缩缝主要有混凝土破损、橡胶条损坏和缝宽异常 3 种损伤类型。为了更有效地进行养护维修,将这 3 种病害的损伤等级分别分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ 3 个等级,并对其损伤程度进行了相关描述,明确了相应的检测指标,在此基础上提出养护措施和具体维修方法。

(1) 后浇带混凝土。通过跟踪大量伸缩缝槽区后浇带混凝土的病害,统计分析病害特点及发展规律,并结合病害对行车安全的影响,明确了后浇带混凝土损伤等级的划分方法及养护措施,详见表 3。

表 3 后浇带混凝土损伤等级划分及养护措施

损伤等级	损伤程度描述		检测指标	养护措施	维修方法
Ⅰ	混凝土细微开裂		少量分散的顺桥向裂缝	重点观测	暂不做处理,记录并重点观测
Ⅱ	混凝土局部开裂	大量分散的顺桥向裂缝、非贯穿性的横桥向裂缝		维修	在雨季、雪季来临前进行封缝、灌浆。以封闭为主,采用环氧类封闭胶表面封闭处理;裂缝宽度 5 mm 以上时,可以采用灌密封胶(改性环氧类)压力灌注
Ⅲ	混凝土多处严重开裂,裂缝宽度较大	① 混凝土已明显破损、碎裂、钢筋外露或已出现分离的块状混凝土;② 拼宽部位出现集中、连续的顺桥向裂缝,间距 20 cm 以下,区域长度 50 cm 以上;③ 某段区域内出现间隔性顺桥向裂缝和贯穿的横桥向裂缝,或网状裂缝		更换	用切割机沿破损、开裂的混凝土,外延 50~100 cm 进行切割放样;用空压机凿除放样后损裂的混凝土至原始桥梁的台背或梁背,清理干净杂物后,浇筑高强度水泥混凝土或高强环氧混凝土

表 4 防水密封橡胶条损伤等级划分及养护措施

损伤等级	损伤程度描述	检测指标	养护措施	维修方法
Ⅰ	垃圾、尘土堆积,未影响伸缩功能	尘土、垃圾堆积过多	维修	安排人工,对密封条的积尘进行清理
Ⅱ	垃圾堆积并影响伸缩功能,少量破损	橡胶条局部破损	维修	对局部渗水的密封条,采取截断后硫化处理
Ⅲ	橡胶止水带多处老化开裂,撕破,漏水	橡胶条破损	更换	安排人工,采用专用工装将老化、开裂的密封条从伸缩缝型钢的型腔中取出,清理干净型钢型腔内的异物,对型钢型腔进行防腐处理后,更换新的密封条

2.2 模数式伸缩缝

由于结构构造上的相似性,异形钢单缝式所存在的后浇带混凝土和防水密封橡胶条的病害损伤,模数式伸缩缝也同样存在。除此之外,模数式伸缩缝还有其独有的病害类型,主要包括支撑系统损伤,位移控制系统失效和型钢断裂等。为了更加有效地养护和维修,将模数式伸缩缝的损伤进行等级划分,并提出相应

(2) 密封橡胶条。防水密封橡胶条出现损伤后极易产生渗水引起伸缩缝内部构件锈蚀,从而导致伸缩缝失效。其损伤等级划分方法及养护措施详见表 4。

(3) 缝隙宽度。伸缩缝的缝宽是为了适应在外部荷载作用下桥梁结构的伸缩变形而通过计算得到的。如果在伸缩缝设计选型时伸缩量计算不准确,或在施工时未按照设计要求预留混凝土后浇带宽度,均容易导致伸缩缝缝隙宽度过大或过小,缝隙过大会导致橡胶条撕裂,引起构件锈蚀;缝隙过小或抵死,会导致混凝土破损甚至伸缩功能失效,更为严重的会引起梁体受损。其损伤等级划分方法及养护措施见表 5。

的养护维修对策。

(1) 支撑系统。模数式伸缩缝支撑系统包含承压支座和压紧支座,使得中梁与横梁相连接。支承系统出现损伤,严重时会导致中梁出现较大的弯曲变形甚至断裂,同时对行车安全的影响是最直接,也是最恶劣的。其损伤等级划分方法及养护措施见表 6。

(2) 位移控制系统。模数式伸缩缝主要通过剪切

弹簧进行位移控制,剪切弹簧通过机械铰链和压紧弹簧进行连接,一旦模数式伸缩缝位移系统出现损伤,容易引起剪切弹簧变形过大,机械铰链脱落等,位移控制系统失效,即引起伸缩缝伸缩功能失效,导致整条伸缩缝失去伸缩功能。其损伤等级划分方法及养护措施见表 7。

表 5 缝隙宽度异常等级划分及养护措施

损伤等级	损伤程度描述	检测指标	养护措施	维修更换方法
I	缝隙宽度偏小或偏大	10 mm≤缝隙宽度<40 mm 或 60 mm<缝隙宽度≤70 mm	重点观测	记录并重点观测
II	缝隙宽度较小或较大,高低不平	缝隙宽度>70 mm 或缝隙宽度<10 mm 高差≤2 mm	维修	用空压机凿除半边伸缩缝槽口内的混凝土并取出此半边伸缩缝装置,根据现场作业施工时的温度,计算出伸缩装置安装所需的间隙,以另半边没有凿取的伸缩装置为基准点,按计算后伸缩装置所需间隙重新安装并注意控制好两侧型钢在同一水平面上,完成混凝土的浇筑与养护
III	型钢间距过小或过大,伸缩功能失效,高低不平明显过大,跳车	① 夏季高温季节,缝隙间距>80 mm,且橡胶止水带已处于临近紧绷状态; ② 冬季低温季节型钢已接近抵紧状态,或因伸缩缝抵紧而发生墩台背墙开裂	更换	用空压机凿取出损坏的伸缩装置,根据施工时的温度,计算好伸缩缝间隙,安装新的伸缩装置

表 6 支撑系统损伤等级划分及养护措施

损伤等级	损伤程度描述	检测指标	养护措施	维修更换方法
I	承压支座和压紧支座轻微变形,中梁型钢之间凹凸不平	凹凸不平高差<1 mm; 承压支座和压紧支座变形量<10%	重点观测	记录并重点观测
II	承压支座和压紧支座变形较大,中梁型钢之间凹凸不平,出现高差	凹凸不平高差<2 mm; 承压支座和压紧支座变形量<30%	维修	拆除密封条,于出现型钢低侧一方伸缩缝的位移箱位置,用专业工装对位移箱内滑动支承下方,增加专用垫片,至中梁型钢将达到平整,安装好密封条即可
III	承压支座和压紧支座变形过大或压坏,横梁支承吊架固定螺栓松动或脱落。中梁型钢之间大面积凹凸不平,出现明显高差	凹凸不平高差>2 mm; 承压支座和压紧支座变形量>30%	更换	拆除密封条,采用专业工装设备,对损坏的承压支座或压紧支座进行更换,对于横梁吊架脱焊的,用高强焊条进行饱和焊接;对于螺栓脱落的重新归位,并将密封条安装好即可

(3) 中梁型钢。模数式伸缩缝相比于异形钢单缝式伸缩缝,在两根边梁之间添加一个或多个根中梁,来满足较大跨径桥梁的伸缩量。引起中梁病害的原因很多,位移控制系统、支撑系统出现病害都会导致中梁出现弯曲,甚至断裂。而中梁病害是模数式伸缩缝最为严重也是最典型的病害。因此通过中梁的检测可以反映出模数式伸缩缝其他系统的健康情况。中梁的损伤等级划分及养护维修对策见表 8。

3 结 论

通过调研某省高速公路伸缩缝的使用情况,分析

表 7 位移控制系统损伤等级划分及养护措施

损伤等级	损伤程度描述	检测指标	养护措施	维修更换方法
I	压缩弹簧或剪切弹簧变形偏大	设计值 $10\% < \text{压缩变形} \leq \text{设计值}$ 20% ; $\text{剪切变形角} \leq 10^\circ$	重点观测	记录并重点观测
II	压缩弹簧或剪切弹簧变形较大	$\text{压缩变形} > \text{设计值}$ 20% ; $10^\circ < \text{剪切变形角} \leq 25^\circ$	更换	用专业工装设备,更换掉控制位移箱内变形的压缩弹簧或剪切弹簧
III	多处压缩弹簧或剪切弹簧变形过大,开裂,连接件脱落。机械铰链不灵活,位移控制功能失效	$\text{剪切变形角} > 25^\circ$;机械铰链损坏 > 2 个位移控制功能失效		用专业工装设备,更换掉控制位移箱内变形损坏的压缩弹簧、剪切弹簧或机械铰链,使位移控制功能恢复

表 8 中梁型钢损伤等级划分及养护措施

损伤等级	损伤程度描述	检测指标	养护措施	维修更换方法
I	中梁型钢出现弯曲变形	直线弯曲度 $> 5 \text{ mm/m}$	维修	病害记录并重点追踪观察
II	中梁开裂未断开	中梁开裂但未断开	维修	对于开裂的中间梁,采用专业工装设备,将中间梁校平后,采用倒角焊接,同时中梁两侧绑焊两块同材质的型材,并于对接处下方加焊托板
III	中梁型钢对接焊缝脱焊,或中梁型钢断裂、掉落	脱焊,断裂或掉落	更换	仔细检查弯曲变形的中间梁及控制位移箱,若是滑动支承脱落导致中间梁变形、断裂的,则需归位或更换脱落的支座,使弯曲变形的中间梁趋于正常;并用专业工装,重新更换全新优质材质的中梁型钢

伸缩缝常见的损伤类别及其产生的原因,并考虑高速公路的养护环境特点,从一线养护人员的角度出发,并通过大量伸缩缝病害现状调研、有限元分析,结合多家单位伸缩缝养护经验,对伸缩缝的损伤等级进行了划分,并提出了相应的养护对策,主要结论如下:

(1) 目前,高速公路桥梁普遍采用的伸缩缝种类为异形钢单缝式和模数式两种类型;而混凝土破损、橡胶条损坏和异形钢变形或断裂是常见的损伤类别,对其产生的原因进行了分析。

(2) 针对异形钢单缝式伸缩缝的混凝土破损、橡胶条损坏和缝隙宽度异常,模数式伸缩缝的支撑系统损伤、位移控制系统失效和中梁型钢变形或断裂等典型病害,对其损伤程度进行了等级划分,规定了相应的量化评价指标,并提出了对应的养护措施和维修方法,为管养人员的养护决策提供参考。

参考文献:

[1] 李婷. 高速公路桥梁伸缩缝快速更换关键技术[D]. 重庆交通大学硕士学位论文,2012.

[2] 赵健. 高速公路桥梁伸缩缝病害的成因及防治[J]. 公路交通科技(应用技术版),2007(12).

[3] 张海涛. 高速公路桥梁伸缩缝病害原因分析和快速维修更换工艺[J]. 交通运输研究,2012(2).

[4] 庄军生,彭泽友,等. 公路桥梁伸缩装置[M]. 北京:人民交通出版社,2015.

[5] JTG H11—2004 公路桥涵养护规范[S].

[6] 刘朵. 在役桥梁伸缩缝养护与更换技术研究[R],2018.

[7] 何伟南. 桥梁伸缩装置破坏原因分析与应用研究[J]. 交通科技,2010(s2).

[8] 方园,杜滨,袁波,等. 边梁底部脱空对模数式伸缩装置的影响分析[J]. 中外公路,2017(1).