

桥梁梳齿板式伸缩缝设计及施工控制要点

杨志杰

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 20092]

摘要: 区别于其他桥梁主体结构及附属设施,自桥梁上部结构建设起始至运营过程,受温度等因素影响,桥梁的伸缩变形即为一个动态变化过程。合理、健康的桥梁伸缩状态,需对桥梁伸缩量及伸缩缝安装宽度、主梁固定约束布置、主梁缝宽、产品选型、产品调试与现场安装、伸缩缝排水、过渡带混凝土防裂等方面进行综合性控制。然而,作为桥梁附属设施且又多为项目建设的收尾工序,伸缩缝相关内容往往不被设计、施工所重视。实际工程中简单通过厂供伸缩装置来实现桥梁伸缩性能控制的情况并不鲜见,而运营阶段,伸缩缝往往又是病害最频繁、养护负担最重的功能部件。基于此,以桥梁常用梳齿板式伸缩缝为例,对桥梁伸缩缝在设计及施工过程中的控制要点进行探讨,以点代面,以期同类工程提供一定参考。

关键词: 桥梁;伸缩性能;设计及施工控制

中图分类号: U443.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)02-0295-04

Control Essentials for Design and Construction of Bridge Comb Plate Expansion Joint

YANG Zhijie

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 20092, China]

Abstract: Different from other main structures and ancillary facilities of the bridge, affected by temperature and other factors, the expansion and deformation of the bridge is a dynamic change process from the construction of bridge superstructure to the operation process. For the reasonable and healthy bridge expansion state, it is necessary to comprehensively control the bridge expansion and expansion joint installation width, the fixed constraint arrangement of the main beam, the width of the main beam joint, the product selection, the product commissioning and on-site installation, the expansion joint drainage, the transition zone concrete crack prevention and other aspects. However, as a bridge auxiliary facility and the final process of project construction, the expansion joints are often not paid attention in design and construction. In practical engineering, it is not uncommon to control the expansions of bridges simply by means of factory supply expansion devices. During the operation phase, the expansion joints are often the functional parts with the most frequent diseases and the heaviest maintenance burden. On this basis, taking the commonly used bridge comb plate expansion joint as an example, the control essentials in the design and construction process of bridge expansion joint are discussed, which provides some reference for similar projects.

Keywords: bridge; expansion performance; design and construction control

0 引言

伸缩缝作为桥梁附属设施的重要组成部分之一,是工作环境最严苛的桥梁功能构件。伸缩缝除适应梁体变形外,还需承受雨水与污染物侵蚀、车辆高频碾压等作用^[1],伸缩缝常见病害含伸缩缝顶死、张开尺寸过大、止水功能缺陷、过渡带混凝土破损等。当伸缩缝病害发生,车辆局部冲击效应也会随之增强,病害发展会进入恶性循环^[2]。据相关统计,

在城市桥梁中,桥梁伸缩缝是运营中病害率占比最高(约16%)^[3]、养护费用占比最大(超20%)^[3-4]的功能部件,良好的伸缩设计及施工控制,是提高桥梁高品质工作性能的良好保证。

本文主要以桥梁常用梳齿板式伸缩缝为例,从伸缩缝的伸缩量计算、选型、安装宽度计算与实施控制、齿板长度、梁缝宽度控制、主梁固定约束布置等方面,对桥面伸缩设计与施工的要点进行总结。结果表明,良好的桥梁伸缩性能,既需要设计中全面考虑伸缩要素,合理设定安装宽度与梁缝宽度,又需要在施工中对以上因素进行严格控制,并根据实际安装条件进行科学调整。以期本文为同类工程提供一定参考。

收稿日期: 2024-05-28

作者简介: 杨志杰(1989—),男,硕士,高级工程师,从事城市桥梁设计工作。

1 桥梁伸缩设计要点

1.1 桥梁伸缩量与伸缩缝安装宽度

1.1.1 计算要点

桥梁伸缩主要与温度、混凝土收缩与徐变、支座

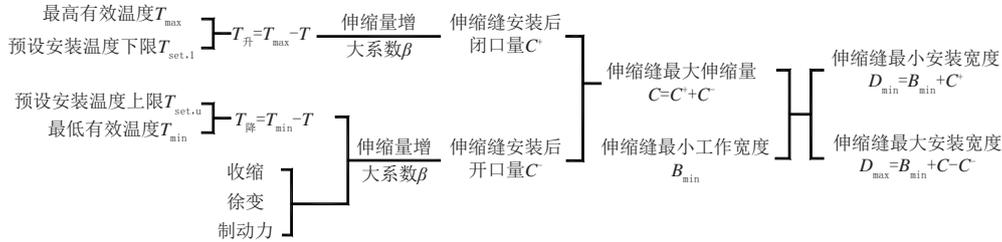


图1 桥梁伸缩计算流程图

设计中根据计算所得伸缩量,选择确定伸缩缝型号,即伸缩装置量程C,并据此进一步计算得到伸缩缝的最大和最小安装宽度。伸缩缝实际安装中超出该范围,就会造成缩缝顶死或缝口张开过大情况的出现。关于梳齿板式伸缩缝的最大和最小安装宽度与伸缩缝量程、伸缩缝最小工作宽度的关系,图示化表达如图2所示。

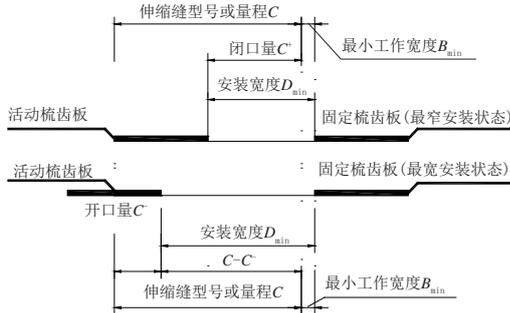


图2 梳齿板式伸缩缝安装宽度计算简图

对于梳齿板式伸缩缝最小工作宽度 B_{min} ,应满足《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》(JT/T 327—2016)^[6]第6.2.3条相关规定。

1.1.2 计算实例

某桥梁标准结构上部为30 m标准跨预制小箱梁,桥面为双向6车道桥面,下部为倒T盖梁(双缝),桥梁标准联为4跨一联,故每道伸缩缝对应结构伸缩长度为60 m。根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)^[7]第4.3.12条确定结构线膨胀系数、最高与最低有效温度。其中预设安装温度为10~20℃,具体计算如表1所列。

对梳齿板式伸缩缝,在预设的安装温度和允许安装宽度范围内,可取小值进行安装,这不仅利于齿板受力,也可减小纵向齿端间隙从而降低跳车。在实际工程中,伸缩缝可在厂内对应某允许预设安装温度范围调节固定,如果现场安装温度符合

剪切变形等因素有关,根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)^[5]第8.8.2条相关规定,程序化表达伸缩缝伸缩量计算流程如图1所示。

表1 伸缩量及安装宽度计算实例

影响因素	伸缩缝型号	数值
温度	伸缩长度/m	60
	混凝土材料线膨胀系数 α_c	0.000 01
	当地最高有效气温 $T_{max}/^{\circ}C$	34
	当地最低有效气温 $T_{min}/^{\circ}C$	-3
	预设安装温度上限 $T_{set,u}/^{\circ}C$	20
	预设安装温度下限 $T_{set,l}/^{\circ}C$	10
	升温 $T_{max} - T_{set,l}/^{\circ}C$	24
	降温 $T_{set,u} - T_{min}/^{\circ}C$	23
	温升引起的梁体伸长量 $\Delta l_t^+ / mm$	14
	温升引起的梁体缩短量 $\Delta l_t^- / mm$	14
混凝土收缩	混凝土收缩应变 ϵ_{cs}	0.000 08
	混凝土收缩引起的梁体缩短量 $\Delta l_s^- / mm$	5
混凝土徐变	混凝土弹性模量 E_c / MPa	34 500
	混凝土平均预压应力/MPa	7
制动力	徐变系数 φ	0.8
	混凝土徐变引起的梁体缩短量 $\Delta l_c^- / mm$	10
	单个支座汽车制动力标准值 F_k / N	64 350
	支座橡胶层总厚度 t_r / mm	60
	支座橡胶剪切模量 G_r / MPa	1
伸缩缝选型	制动力引起的伸缩缝闭口量 $\Delta l_b^+ / mm$	16
	制动力引起的伸缩缝开口量 $\Delta l_b^- / mm$	16
伸缩缝选型	伸缩装置伸缩量增大系数 β	1.4
	伸缩装置安装后闭口量 C^+ / mm	43
	伸缩装置安装后开口量 C^- / mm	62
	伸缩量 $C^+ + C^- / mm$	105
安装宽度	伸缩缝选型 C	120
	伸缩缝最小工作宽度 B_{min} / mm	15
	伸缩缝最小安装宽度 $D_{min} = B_{min} + C^+ / mm$	58
	伸缩缝最大安装宽度 $D_{max} = B_{min} + C^- - C / mm$	73

该范围,则可直接安装,免除现场调节的繁琐及误差;若现场超出了允许的安装温度范围,则应另行

计算,及时调整,以保证伸缩缝安装后良好的受力状态。

1.2 伸缩缝类型选择及相关设计要点

1.2.1 梁缝宽度

梁缝宽度一方面需满足梁体自身伸缩的功能要求,另一方面,梁缝宽度设计不当也会对伸缩缝的设计造成影响,具体而言:

(1)梁缝宽度不宜过小,以防止在升温、支座纵向变形等效应下梁端顶死,同时又可以在设计中保证有足够梁缝空间,对梳齿板式伸缩缝而言,可实现伸缩缝排水导管的安装,当梁端压缩时可避免排水管被挤裂;

(2)梁缝宽度不宜过大,以防止超过伸缩缝基座最大净距,导致伸缩缝无法按照预期宽度进行安装的情况,实际施工中当梁缝宽度过大已影响伸缩的正常安装时,可通过增大伸缩缝型号或增长产品梳齿长度的方式解决,不得通过增大伸缩缝安装宽度的方式来适应梁缝宽度。此外,需要注意的是,梁缝过大会导致梳齿板受力跨度增大,不利于梳齿板的受力和锚固。

结合图3伸缩缝,具体量化对梁缝宽度的要求,对应某一安装温度有:

伸缩闭口量 C^+ + 伸缩缝排水管外径 E_3 < 梁缝宽 E_2 < 伸缩缝基座内净距 E_1 。

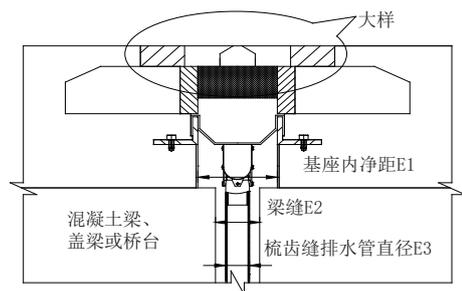
实际工程设计中,应按以上原则控制排水管直径、梁缝宽。在伸缩缝产品加工与安装中,应对伸缩缝基座内净距 E_1 进行合理控制。

1.2.2 伸缩缝安装槽及防裂

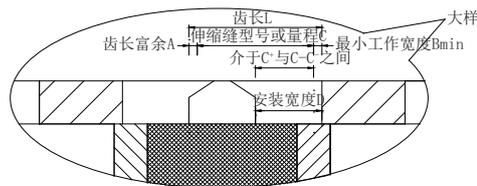
伸缩缝安装槽起到提供安装空间、锚固伸缩缝、与桥面铺装顺接等作用。本区域是桥面刚度突变点,承受车辆高频冲击,受力集中,易开裂。据相关研究,随安装槽深度、宽度等构造尺寸的增大,安装槽局部受力会得到改善,但仍需要合理控制尺寸,以避免安装槽尺寸过大对主体结构如桥面板造成影响^[8]。此外伸缩缝锚固钢筋应与主体结构可靠连接,槽口混凝土采用防裂性能较好的钢纤维混凝土,并配置表面防裂钢筋予以加强。根据现有工程运营情况,过渡带内混凝土在纵、横桥向均有可能出现开裂状况,如图4所示。

1.3 主梁固定约束布置对伸缩性能的影响

对于连续体系桥梁结构,主梁固定约束(或固定墩)的布置,对于桥梁伸缩长度、方向等会产生直接影响,进而影响伸缩缝运营的健康状态。桥梁设计



(a)梳齿板式伸缩缝梁缝相关宽度断面



(b)梳齿板式伸缩缝齿板相关宽度断面

图3 梳齿板式伸缩缝断面



图4 某梳齿板伸缩缝安装槽开裂病害

中,除一般固定约束需居中均匀布置,弧线梁是靠弧线内侧布置等,这样以控制伸缩联长、变形方向的原则外,尚应注意如下状况。

(1)当主线桥梁分流立交匝道桥梁时,应同时注意分流点前后,相邻联主线桥与主线桥、相邻联主线桥与匝道桥固定约束间距的合理控制,尤其立交工程与主线工程分属不同项目建设,或同一项目在不同阶段建设时。

(2)当桥梁采用双幅布置且宽跨比较大时,桥梁横向变形与纵向变形相当,此时固定约束应靠分幅中心线位置布置,避免图5所示靠外侧布置时,横向变形过大造成梁体挤压。

(3)新、老桥拼宽时,除在横向考虑上述双幅桥固定支座靠内侧布置外,纵向也应调查老桥固定墩位置,保证新老桥固定墩齐平或尽可能不出现过大的顺桥向偏离,避免如图6中偏离过大导致新老桥桥面伸缩错动过大,从而对伸缩缝、拼缝产生不利影响。

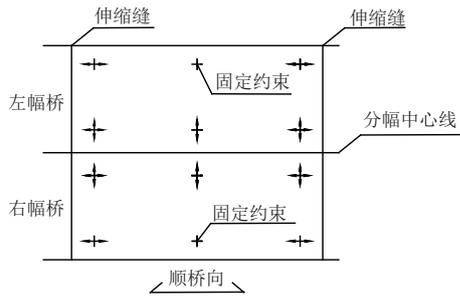


图5 外侧布置固定约束布置的不利情况

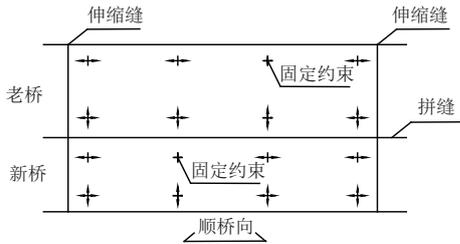


图6 拼宽桥固定约束布置的不利情况

2 桥梁伸缩施工控制要点

2.1 产品选购

伸缩缝产品选购应在充分理解设计图纸的基础上进行。产品除应满足《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》(JT/T 327—2016)的基本要求外,应注意产品与设计预埋件筋、安装槽口尺寸等的匹配性。需尤其注意的是,对于梳齿板式伸缩缝,最小齿长对伸缩缝性能影响较大。为便于表达,对梳齿板式伸缩缝各构造长度进行参数化定义如下图7。

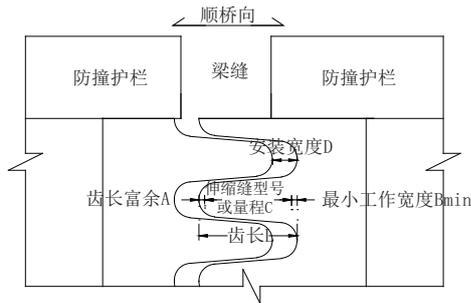


图7 梳齿板伸缩缝各构造长度示例

由图7可知,梳齿板最小齿长 $L=$ 伸缩缝最小工作宽度 $B_{min}+$ 伸缩缝量程 $C+$ 齿长富余 A ,其中 A 应不小于最大拉伸量时搭接长度的要求^[9],即10 mm。

2.2 现场实施

由于伸缩缝施工多处于项目末期,工期紧张,需尤其注意现场控制,除相关规范要求外,在如下方面应予注意。

(1)锚固筋应注意预埋至主体结构,避免锚固于铺装层的情况,该类情使用过程在高频车辆冲击下,极易造成锚固区混凝土的松动。同时,施工中应注

意锚固筋的保护,避免被桥面运料车碾压、安装槽反切割破坏。

(2)反向切割开槽过程中,注意桥面平整度的控制,必要时局部铺装可考虑重铺以调平,槽口与混凝土铺临界层截面应注意凿毛处理。

(3)伸缩缝安装应严格按照设计要求或相关规范要求准确计算安装宽度,厂家发货需明确安装宽度;若现场出现梁缝过宽,影响伸缩缝安装时,应采取补救措施,如前1.2.2节所述通过增大伸缩缝型号(若为梳齿板伸缩缝还可考虑增长梳齿长度)的方式解决。

3 结语

桥梁伸缩设计与现场实施,需基于结构基本伸缩需求,合理布置上部结构固定约束,对梁缝、伸缩缝型号与安装宽度进行科学计算和合理选择。同时伸缩缝与梁缝又相互影响,需要基于各自实施情况、环境状况、产品特点进行精细化设定。作为桥梁病害的主要发生点,无论设计还是施工,应充分重视桥梁伸缩区的设计与施工控制。

(1)伸缩缝选型,即量程 C 值计算时要考虑全面准确,伸缩缝安装在宽度上、下限计算时应注意考虑最小工作宽度,计算后要合理选择安装宽度,建议向最小安装宽度靠近。

(2)伸缩缝类型选择,应综合考虑,因地制宜,厂商对伸缩缝齿长的深化设计要考虑全面,应保证一定富余。

(3)梁缝宽度需与伸缩闭口量、伸缩排水管规格、伸缩缝基座净距等综合考虑,施工中严格控制。

(4)在立交桥梁与主线分流位置、宽跨比较大的桥梁结构、拼宽桥梁结构应注意主梁固定约束布置对桥梁伸缩状态的影响。

(5)实际工程中,伸缩缝可在厂内对应某允许预设安装温度范围调节固定,如果现场安装温度符合该范围,则可直接安装,免除现场调节的繁琐及误差。

(6)伸缩缝安装时若发现梁缝宽度过大,影响伸缩缝的正常安装时,建议通过增大伸缩缝型号(若为梳齿板伸缩缝还可考虑增长梳齿长度)的方式解决,尽可能避免通过增大伸缩缝安装宽度的方式来适应梁缝宽度。

参考文献:

[1] 洪冬明,伍衡山,李子龙.市政公路与桥梁连接处及伸缩缝设计探讨[J].城市建筑,2019,2(16):129-130