

公路桥梁工程伸缩缝施工的质量控制

姚欣志

新疆北方建设集团有限公司 新疆 奎屯 833200

摘要: 伸缩缝是公路桥梁的重要组成部分,其施工质量直接影响桥面的行车舒适性、结构耐久性和桥梁整体服役性能。本文从伸缩缝的功能定位与常见病害出发,系统分析了模数式伸缩缝、梳齿板式伸缩缝和橡胶式伸缩缝等主要类型的结构特点与适用条件。在此基础上,围绕施工准备、切槽开槽、预埋件检查与修整、伸缩装置安装就位、焊接固定、模板支设与混凝土浇筑、养护及成品保护等关键工序,深入论述了各环节的质量控制要点与技术标准。研究表明,伸缩缝施工质量的关键在于安装标高与平整度的精准控制、焊接质量的可靠保证以及混凝土后浇带的密实成型,必须通过全过程、多指标的严格管控才能确保伸缩缝长期使用性能。

关键词: 公路桥梁; 伸缩缝; 施工质量; 安装精度; 混凝土后浇带

引言

公路桥梁伸缩缝设置于梁端与桥台之间以及连续梁的跨间分割位置,其功能是适应桥梁结构因温度变化、混凝土收缩徐变及车辆荷载作用而产生的纵向伸缩变形,同时保证桥面铺装的连续性和行车平稳性。虽为附属构件,却承受车轮反复冲击、温变与腐蚀,且需满足大位移要求,使用条件严苛。工程实践表明,伸缩缝是桥梁最易损部位之一,早期损坏易致跳车、噪音、安全隐患,并引发桥面水渗入梁端与支座,加速主体结构劣化^[1]。其施工工序复杂、精度高、质量波动大,涉及切槽、焊接、模板、浇筑等多工种交叉作业,任一环节疏漏均可能造成整体缺陷。加之施工常处工程尾声,受工期紧、作业面受限影响,质量易被忽视。而毫米级安装精度与粗放现场条件矛盾突出,质量控制难度大。随着设计标准与行车速度提升,对伸缩缝平整度、耐久性及防水性要求更高,亟需从施工工艺与质量管理两方面系统优化。

1 伸缩缝的类型与结构特征

1.1 模数式伸缩缝

模数式伸缩缝是目前我国公路桥梁中应用最为广泛的伸缩装置,其基本构造由型钢(边梁和中梁)、橡胶密封带和弹性支撑元件组成。中梁通过支承横梁和弹性元件传递伸缩位移,橡胶密封带嵌于型钢之间起到防水和防尘作用。模数式伸缩缝的位移量由中梁数量决定,可实现从 80mm 到 1200mm 甚至更大的伸缩量范围,适应各类跨径桥梁的需求。其受力机理为:车辆荷载通过

边梁传至锚固区混凝土,再分散至梁体;温度位移则通过橡胶带的压缩变形和弹性元件的协调来实现。该类伸缩缝的施工关键在于型钢的精准定位、焊接质量以及后浇混凝土与型钢的紧密结合。

1.2 梳齿板式伸缩缝

梳齿板式伸缩缝由一对相互交错排列的梳形钢板构成,两梳齿板分别锚固于梁端和桥台,伸缩时梳齿在纵向相对滑动,以释放变形。该类伸缩缝的突出优点是行车平顺性好,梳齿板表面连续,几乎没有缝隙感,适用于高速行车和重载交通路段。其位移量通常为 40~200mm,主要适应于中等跨径桥梁^[2]。梳齿板缝的施工重点在于锚固螺栓的精确定位、梳齿板的安装高度和水平度控制,以及滑动面的润滑防锈处理。由于梳齿板外露,对防腐涂装质量要求较高,且需定期清理齿间杂物,维护工作量相对较大。

1.3 橡胶式伸缩缝

橡胶式伸缩缝以橡胶为主体材料,依靠橡胶的弹性变形来适应梁体伸缩,主要包括纯橡胶式(板式或带式)和橡胶-钢板组合式。纯橡胶式伸缩缝位移量较小(一般不超过 50mm),多用于中小桥和人行桥,具有结构简单、造价低、施工便捷的优点,但在重载交通下耐久性不足。橡胶-钢板组合式则在橡胶体内夹设钢板,提高了承载能力,位移量可达 80~100mm。该类伸缩缝的施工质量控制侧重于橡胶体的定位与固定,确保其与两侧混凝土的密贴,避免因安装不当造成橡胶体扭曲或局部应力集中而提前老化开裂。

1.4 各类伸缩缝的选型原则

伸缩缝的选型需综合考虑桥梁的伸缩量需求、荷载等级、行车速度、施工条件和养护能力等因素。通常,伸缩量小于 80mm 时可选橡胶式或小型模数式;80~240mm 为模数式或梳齿板式的常用范围;大于 240mm 时宜选用多模数式伸缩缝。高等级公路和重载交通路段应优先选用模数式或梳齿板式,确保耐久性和平整度。选型确定后,施工质量控制的重点和难点也随之明确,但无论哪种类型,安装精度、锚固可靠性和防水密封性都是共性的质量核心。

2 伸缩缝施工的关键工序与质量控制

2.1 施工准备与界面处理

施工准备阶段的质量控制包括技术准备和现场准备两个方面。技术准备要求施工人员详细阅读设计图纸和产品安装说明书,明确伸缩缝的型号、位移量、预埋件位置和安装标高,并编制专项施工方案。现场准备则包括槽口清理和预埋件检查。槽口切割应在桥面铺装完成后进行,切缝线形应顺直,切缝宽度应满足伸缩缝安装所需的作业空间(一般比伸缩缝总宽度宽出 5~10cm)。切缝深度应切至现浇混凝土层底部,避免损伤梁体。开槽后应彻底清理槽内的松散混凝土、浮浆和杂物,对槽壁进行凿毛处理,并用高压空气或水冲洗干净,确保界面无油污和灰尘。界面处理质量直接影响后浇混凝土与旧混凝土的结合强度,若处理不当,后浇带将成为薄弱界面,在使用中率先开裂。

2.2 预埋件检查与修整

伸缩缝的锚固系统依赖于梁体施工时预埋的钢筋、锚固板和螺栓。然而,在实际施工中,预埋件往往存在偏位、松动或损坏的情况。因此,在伸缩装置安装前,必须逐件检查预埋件的位置、数量、规格和埋置深度,并与设计图纸核对。对于偏位不大于 5cm 的预埋钢筋,可采用弯折调整的方式纠偏,但弯折角度不宜过大,以防止钢筋损伤;对于偏位过大或缺失的预埋件,应采用植筋方式补设,植筋深度和锚固胶的品种、用量须满足设计要求。预埋螺栓套管的清理和修复同样重要——套管被水泥浆堵塞时应清孔,螺纹损伤时应用丝锥修复。预埋件检查修整完毕后,应进行隐蔽工程验收,形成书面记录,确认合格后方可进入下一工序。

2.3 伸缩装置的运输、存放与就位

伸缩装置在出厂时已组装成整体或分节段,运输过

程中应避免碰撞变形和橡胶密封带受损。存放时应平置在干燥通风处,下方垫木方,严禁堆放重物。安装就位是伸缩缝施工的核心工序,直接影响伸缩缝的平面位置、纵向坡度和横向平整度。就位前应在槽口两侧重新测量并标注安装控制线,包括伸缩缝中心线、边线和高程基准点。采用吊车或人工将伸缩装置吊放入槽,初步定位后,采用多台千斤顶或专用顶升装置调整其高程和水平位置。安装标高的控制原则是:伸缩缝顶面应与桥面铺装层顶面平齐或略低 1~2mm(确保行车不产生冲击),且整个缝长范围内的顶面高差应小于 2mm。纵向直线度偏差不应大于 3mm/10m。就位过程中应反复测量校核,确认无误后方可进入焊接固定工序。

2.4 焊接固定与锚固质量

焊接是将伸缩装置与梁体预埋件连接形成整体受力的关键手段。焊接质量必须从焊条选择、焊接参数和制作工艺三个层面加以控制。焊条型号应与母材相匹配(如型钢为 Q345 时,采用 E50 系列焊条),且应保持干燥。焊接顺序应从中间向两端对称进行,以减少焊接变形和残余应力。焊缝应饱满、无夹渣、无气孔、无咬边,焊缝高度不低于母材厚度^[3]。对于重要焊缝,应按设计要求进行探伤检验(磁粉或超声波)。焊接时应用水准仪持续监测伸缩缝顶面标高,防止焊接热变形引起高程超差。此外,焊接作业时应采取保护措施(如覆盖石棉布),防止焊渣飞溅烧伤橡胶。焊接完成后应及时清除焊渣并涂刷防锈漆,对焊接区域的氧化皮进行打磨处理。

2.5 模板支设与后浇混凝土浇筑

伸缩缝后浇混凝土是固定伸缩装置并传递荷载的重要组成部分,其浇筑质量直接影响伸缩缝的锚固可靠性和耐久性。模板支设应牢固严密,防止浇筑过程中漏浆污染缝内空间。模板与型钢之间的缝隙应采用泡沫条或橡胶条封堵,避免混凝土浆液流入伸缩缝内部空间影响伸缩功能。后浇混凝土应选用补偿收缩混凝土或钢纤维混凝土,其强度等级不低于桥面混凝土且不小于 C50。混凝土的坍落度应控制在较小范围(70~90mm),避免泌水和收缩过大。浇筑前应充分湿润槽壁但不积水,涂刷界面剂增强新老结合。浇筑时应分层均匀下料,采用插入式振捣棒仔细振捣,尤其注意型钢底部和锚固区域的振捣密实,防止出现蜂窝和空洞。混凝土顶面应分两次收面——第一次在浇筑后抹平至伸缩装置顶面齐平,第二次在初凝前再次抹压消除收缩裂缝并压实表面。浇

筑过程中严禁踩踏或碰撞伸缩装置。

2.6 养护与成品保护

后浇混凝土的养护是保证其强度和耐久性的必要工序。养护应在混凝土终凝后立即开始,采用覆盖土工布或塑料薄膜并洒水保湿的方式,养护期不少于7天。对于掺加膨胀剂的补偿收缩混凝土,养护期宜延长至14天,以保证膨胀效应的充分发展。养护期间应在伸缩缝两侧设置围挡或警示标识,严禁车辆通行和人员踩踏。同时应检查橡胶密封带是否因混凝土浇筑或振捣而发生位移、扭曲或堵塞,如有异常应及时调整清理^[4]。待混凝土强度达到设计强度的80%以上后方可开放交通。在开放交通之前,应对伸缩缝表面进行最终清理,清除残留的砂浆和杂物,检查密封带的完整性和嵌卡牢固度。

3 施工质量的验收标准与通病防治

3.1 质量验收的主控项目与一般项目

伸缩缝施工质量的验收应按照主控项目和一般项目分类进行。主控项目包括:伸缩装置的型号、规格和材料性能必须符合设计要求;安装位置(纵向偏位、横向偏位和顶面标高)必须满足设计及规范允许偏差;焊接连接的强度和焊缝质量应达到规定等级;后浇混凝土的强度和密实性应通过试件检验和现场观察判定。一般项目包括:缝面平整度、顺直度、密封带安装质量、预埋件防腐涂装和外观质量等。验收时应以设计图纸和国家现行规范(如JTGF80/1《公路工程质量检验评定标准》)为依据,实测实量并填写检验记录。对于主控项目不合格的,必须返工处理,不得让步接收。

3.2 常见施工质量缺陷及其成因

伸缩缝施工中最常见的质量缺陷包括:桥面跳车——根源在于伸缩缝安装标高控制不严,顶面与桥面存在高度差(无论正差或负差),车轮通过时产生冲击;缝两侧混凝土破损开裂——多为后浇混凝土强度不足、振捣不密实或养护不到位所致,也可能是切槽深度不足导致新旧混凝土结合薄弱;伸缩缝渗水——密封带安装不到位或破损,或密封带与型钢之间嵌卡不紧密,导致桥面水沿缝隙渗入梁端;焊接断裂——焊缝不饱满或存在焊接缺陷,在车辆冲击荷载的反复作用下焊缝疲劳开裂。这些缺陷的共性是均可通过严格的施工过程控制加以避免,而一旦出现则维修困难、成本高昂。

3.3 质量缺陷的预防与纠正措施

针对上述质量缺陷,预防措施应贯穿施工全过程。安装标高控制应采用“多点测量、逐点调整”的方法,使用精密水准仪在伸缩缝全长不少于5个断面进行高程复核,每个断面不少于3个测点,确保顶面标高偏差在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。后浇混凝土配合比设计时应进行收缩试验,优选膨胀剂掺量以补偿收缩,浇筑时严格控制坍落度和振捣工艺,型钢底部位置可辅助采用小型振捣棒或插捣工具确保密实。橡胶密封带的安装应在气温适中的时段进行,避免因温度变化导致密封带过紧或过松。焊接作业实行持证上岗制度,每道焊缝标注焊工代号,建立质量可追溯体系。对已出现的缺陷,应及时分析原因并采取针对性措施——如局部凹陷可采用环氧砂浆修补抹平,焊缝开裂需清除原焊缝后重新施焊,密封带损坏则应更换同型号产品。

4 结语

公路桥梁伸缩缝施工质量的控制是一项涉及材料、工艺、检测和管理多个维度的系统性工作。本文从伸缩缝类型特征出发,梳理了施工准备、安装就位、焊接固定、混凝土浇筑和养护等关键工序的质量控制要点,分析了常见质量缺陷的成因与防治措施。研究表明,伸缩缝施工质量的优劣集中体现在“三个度”上:平整度(行车舒适性的直接表征)、密实度(锚固可靠性和耐久性的基础)和精确度(安装位置和缝隙宽度的实现程度)。这三个度的实现,依赖于施工人员的技术水平、现场管理的精细程度以及质量检验的严格程度。随着桥梁建设向大跨径、高等级方向发展,伸缩缝的施工精度和耐久性要求将进一步提升,应用自动化安装设备和智能化检测手段将是未来质量管控的重要发展方向。

参考文献

- [1] 周永军,王宗林,武建民.公路桥梁模数式伸缩缝病害机理与防治[J].公路交通科技,2023,40(4):78-86.
- [2] 李德建,罗旗帜,徐凯.梳齿板式伸缩缝安装精度控制技术[J].桥梁建设,2022,52(3):112-118.
- [3] 刘建勋,陈国强,王浩.伸缩缝后浇混凝土收缩补偿技术研究[J].建筑材料学报,2024,27(2):312-319.
- [4] 徐岳,王亚君,刘来君.伸缩缝施工质量对桥梁行车舒适性的影响分析[J].振动与冲击,2023,42(11):234-241.