

公路桥梁工程中连续刚构挂篮悬浇段施工技术研究

高腾飞

中交路桥华北工程有限公司 北京 100000

摘要: 公路桥梁是现代交通基础设施中非常重要的一部分,公路桥梁设计和施工技术对桥梁安全性,耐久性和使用寿命都有着直接影响。连续刚构桥梁由于具有结构稳定,跨越能力大和适应性强的特点而被广泛用于大跨度桥梁工程。挂篮悬浇施工技术是连续刚构桥梁施工的一项重点技术,能有效地解决大跨度桥梁在施工过程中存在的技术难点,保证工程质量与施工安全。但由于桥梁跨度越来越大,施工环境越来越复杂,使得传统挂篮悬浇施工技术遇到了新的难题与瓶颈。所以对连续刚构挂篮悬浇段施工技术进行研究与优化,具有一定的理论价值与现实意义。本研究旨在系统分析和研究连续刚构桥梁挂篮悬浇段施工中的关键技术,希望为我国桥梁工程的发展提供技术支持和理论依据。

关键词: 公路桥梁工程;连续刚构挂篮悬浇段;施工技术

引言

连续刚构桥梁由若干个连续梁段所构成,施工工艺较为复杂,且对施工工艺及技术要求很高。挂篮悬浇施工法为当前连续刚构桥梁的一种主要施工方法,其工艺是利用桥墩间挂篮分段浇筑,逐段前移,直到完成合龙。挂篮悬浇施工技术具有能够在桥梁上部结构尚未全部建成前就提前施工一部分路段,以加快工程施工进度等优点。但在实际的施工中,挂篮悬浇技术仍面临着诸多挑战,原因在于其跨度较大,混凝土浇筑质量难以把控,受力情况较为复杂。如怎样确保挂篮稳定,怎样有效地控制桥梁线形及应力分布,怎样预防混凝土裂缝出现等等,这些均为工程技术人员的难题。在现代工程建设规模不断扩大、要求越来越高的今天,深入研究挂篮悬浇施工技术,尤其是在复杂施工环境中进行优化与创新就显得格外有必要。

一、连续刚构桥梁及挂篮悬浇施工技术概述

1. 连续刚构桥梁的结构特点

连续刚构桥梁作为公路桥梁工程应用较为广泛的结构形式之一,其受力性能好,跨越能力显著,特别适合大跨度桥梁施工。这种桥梁类型一般都是混凝土或者钢混的组合构造,由连续梁和墩柱的刚性联接而成整体的受力体系。连续刚构桥梁结构上呈现出明显的连续性与整体性,跨中区域以正弯矩为主。与一般简支梁桥相比较,连续刚构桥梁因取消梁端铰接而在跨中及墩顶区域能较好的分散及传递荷载,该设计减小结构变形、增强

桥梁稳定性及抗震性能。一般来说,连续刚构桥梁的跨度可以在40米到120米之间,这取决于具体的工程需求和地质条件,较大的跨度可以减少桥墩的数量,从而节约工程成本。它的结构特点还有墩梁固结设计使桥梁能较好地满足地基沉降或者温度变化引起的形变,并有效减小桥墩基础不均匀沉降的影响。同时连续刚构桥梁抗压、抗拉能力通过高强度预应力混凝土的应用得到显著提高,并进一步保证了连续刚构桥梁在复杂载荷作用下的安全性与耐久性。该桥梁形式能较好地承受风荷载,车载冲击及地震作用等外在因素产生的动荷载作用,并对变化多端的自然及交通环境具有较强的适应性,因此,它在桥梁建设上适用性广、结构性能优。

2. 挂篮悬浇施工技术的基本原理

挂篮悬浇技术的基本原则是桥墩间采用特制的临时支撑设备挂篮,对桥梁上部结构分段浇筑并逐段前移至该桥合龙。挂篮做为自承重悬吊装置可实现桥梁两边同步施工,并通过靠自身重量及构造形状来维持稳定,以免扰动下部通行。挂篮悬浇施工一般是从桥墩的顶端开始,向外进行分段对称浇筑,每个浇筑段的长度通常在3米到5米之间,这样的分段长度可以有效地控制混凝土的收缩和徐变,从而减少桥梁的内力和变形。在施工过程中,挂篮需要进行多次纵移(仅限于空载状态)、横移以及竖向调整,以确保各浇筑段落的线形与施工质量符合设计要求。通过滑移轨道与液压系统的巧妙配置,挂篮能够在不承载混凝土及钢筋重量的情况下顺畅移动,从而实现精确的分段施工。为了保证挂篮安全稳定地施

工, 必须准确地分析挂篮受力, 一般采用建立有限元模型模拟挂篮在各种工况下的受力及变形, 以保证挂篮各个关键节点受力处于设计容许范围。由于挂篮悬浇涉及高空作业, 并依赖悬臂式浇筑方法, 因此, 随着施工进度的推进, 结构的受力状态会持续变化, 这对施工的准确性及安全性提出了严格要求。尤其对于多跨连续桥梁而言, 挂篮在施工中需承受混凝土重量、钢筋及模板重量、施工荷载以及风荷载等多种复杂载荷的作用, 同时, 它还需确保横向与纵向的稳定性, 而桥梁自身的重量则不由挂篮来承担。为此, 采用精确测量设备对挂篮悬浇过程进行实时监控与控制, 主要采用激光测距, GPS定位及倾斜传感器, 为保证挂篮悬浇段线形及几何尺寸准确。该技术的运用可以有效地处理多种复杂的地质及环境条件, 从而达到大跨度桥梁高效安全施工的目的。

3. 挂篮悬浇施工技术的优点与适用范围

挂篮悬浇施工工艺最大的优点是灵活经济, 不需要大范围支架就可以完成分段浇筑桥梁, 有效减少了对河道、交通、植被等下部环境的干扰, 特别适合跨越河流、深谷、道路以及城市的高密度区域。挂篮悬浇的施工自平衡设计使得挂篮可以承受本身以及浇筑混凝土部分的自重, 以墩柱结构为中心对称浇筑, 该对称施工方式可以降低不平衡荷载导致倾覆的风险, 增加结构稳定性以及施工安全性。由于挂篮能够逐段前进而无需依靠临时支撑, 从而降低传统支架施工所造成高空作业的风险及材料消耗, 并降低施工成本。挂篮悬浇的应用使施工期混凝土分段能按设计要求准确控制, 对桥梁线形控制及结构内力优化有着重要的意义, 尤其对于大跨径桥梁, 可有效地降低其徐变与收缩影响。此外, 这项技术展现出了出色的适应能力, 能够灵活地应对各种复杂的地形和恶劣的气候状况, 如陡峭的悬崖、高耸的桥梁和风大水深的独特环境, 为施工团队提供了更为丰富的技术选项。在各种跨度和形态的桥梁建设项目中, 挂篮悬浇的施工方法可以有效地应用于跨度介于40米到120米的连续梁桥和连续刚构桥, 它还适用于曲线桥、坡道桥、高墩桥梁等桥梁施工, 显示出它对现代桥梁工程具有广泛的适用性与技术优势。

二、连续刚构挂篮悬浇段施工技术关键点

1. 挂篮设计与选型

挂篮设计及选型作为各类工程中连续刚构挂篮悬浇段的关键一环, 设计是否合理直接关系到整个施工期的安全及效益。挂篮设计要考虑到桥梁跨度、梁体截面形式, 施工荷载和挂篮自重, 还要对悬臂长度、施工周期

和操作便捷性要求进行全面分析。设计时挂篮种类通常有桁架式、斜拉式、型钢式及混合式4种, 视桥梁具体施工情况而定。

在选择挂篮时, 承载能力及稳定性非常关键, 需综合考虑梁体结构特点及施工期各种工况力学特性。挂篮在最大悬臂时承载能力须满足最大荷载, 一般要求其设计安全系数不得小于2.5, 以便处理施工时可能发生的过载。挂篮支撑系统刚度要好, 抗变形能力强, 常用桁架或混合结构以保证悬浇时不会产生明显挠曲和变形。在设计挂篮行走系统时, 我们必须考虑到纵向和横向定位的准确性以及移位操作的简便性。常规的设计方法通常允许误差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内, 以确保桥梁施工的线形和几何形状。

另外, 挂篮选型还需要结合场地施工环境优化, 例如河流、山地或者城市环境等, 都需要考虑到对应挂篮拆装转运的便捷性。特殊环境中可优先采用模块化或者轻量化挂篮来降低施工难度, 减小对周边环境的影响。所以, 挂篮在设计 and 选择时, 需要从技术、经济和安全几个方面考虑, 以保证挂篮符合施工要求, 并且能够有效地控制工程成本。

2. 施工工艺与流程

挂篮悬浇段施工技术及工艺的核心是对施工过程中各个阶段几何形态及应力状态进行准确把控, 从而保证结构稳定安全。施工开始之前需要对挂篮准确定位及安装, 以保证挂篮重量及结构承载能力符合设计参数, 例如主梁偏心距保持在 3mm 范围内, 水平位移误差不能大于 2mm 等。悬浇段钢筋绑扎, 预应力管道布置及模板安装过程均需严格执行设计图纸, 各个环节均需高精度操作, 以保证混凝土浇筑后截面形态符合设计。混凝土浇筑时宜采取分层和对称, 防止因混凝土自重或者施工荷载不均匀而引起结构变形, 并将浇筑速度保持在 $2\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, 保证混凝土密实度和强度。悬浇段张拉顺序和张拉力控制也是重点, 一定要严格按照设计要求执行, 张拉力偏差要在设计值 $\pm 2\%$ 之内, 为了确保桥梁结构承载工况应力分布的合理性。在施工期间, 还要对结构变形进行连续监测, 尤其是跨中挠度、悬臂端上拱度等, 并通过全站仪或者高精度激光测量仪进行实时监测, 保证其在容许误差之内, 以达到悬浇段高效性和安全性。

3. 施工质量控制措施

施工质量控制是挂篮悬浇段的关键, 它需贯穿施工全过程, 涵盖了选材、施工工艺、现场管理诸多方面, 才能保证结构耐久性与安全性。在质量控制中, 首先要

注重是挂篮进场验收,要进行全面的结构探伤检测,包括对所有主要受力焊缝进行超声波或磁粉探伤,确保焊缝质量无误,同时检查关键部件的外观,确保无变形、裂纹等缺陷,所有检测结果需详细记录并存档。紧接着,进行拼装预压荷载试验,模拟实际施工荷载,以检验挂篮的承载能力、变形情况及安全性能。试验过程中,需采用分级加载方式,逐步增加至不小于实际最大梁段重量的1.1倍,同时密切观测挂篮的挠度和后锚点位移,记录并分析数据,为后续施工提供准确依据。其次就是材料进场检验,特别是混凝土强度等级、配合比等,都要严格执行设计要求,并采用定期试块取样、标准养护试验等方法,保证了混凝土强度满足设计标准且误差在 $\pm 5\%$ 内。

施工期间,模板安装的精度控制至关重要,因为模板的变形和漏浆会直接影响混凝土的外观质量以及结构尺寸。为确保模板安装的准确性,应采用高精度的测量设备,例如全站仪,对模板的几何形态实施实时监控。然而,测量只能确保安装过程中的质量达到标准,对于由结构缺陷引起的变形则无法完全保障。在控制过程中,模板轴线和标高的偏差必须严格限定在允许的误差范围内,特别是轴线偏差应小于2mm。混凝土浇筑工艺控制也是重点,需要在施工现场保持恒温以及湿度,防止混凝土因为温差过大而出现开裂,并且需要保证振捣致密,避免在内部出现蜂窝以及气泡等。悬浇段在施工过程中预应力张拉过程亦为质量控制之关键,其张拉力之大小与次序直接影响结构之应力状态与承载能力,应严格遵守设计规范,并用张拉力监测数据对施工质量进行了验算,张拉力偏差宜保持在 ± 1 范围内。另外,在施工过程中质量监控及验收程序一定要严格按照要求执行,现场管理人员需要经常检查测量,并在每个工序结束时都要检查结构尺寸、对其应力状态及外观质量做了详细的记录,根据监测数据对施工方案做适时调整,保证了最终结构施工质量满足设计预期。

4. 安全施工管理

安全施工管理是挂篮悬浇段工程施工的重中之重,需要从充分的风险识别,严谨的施工规范,连续的安全监控以及应急预案等方面进行有效落实,才能确保施工安全。挂篮悬浇作业以高空作业为主要特征,其安全管理首要涉及到挂篮设备选择、行走及日常巡检等工作,挂篮承载能力及稳固性等直接关系到作业人员安全,挂篮必须进行静载、动载试验后才能装载,以保证挂篮能承受1.5倍于设计荷载。

现场施工管理要严格高空作业操作规范,操作人员

须有安全带,防坠器和其他防护装备,安全带挂点应布置在牢固可靠高地上,并定期检查和保养装备。另外,对于高空作业过程中可能发生物体坠落的危险,在施工区域要布置安全网、警戒线等,必要时增加兜底全包围防护措施,同时要安排人员现场监视,以保证非作业人员不会进入危险区域。考虑到挂篮悬浇的特殊性,应全面防范混凝土浇筑时可能发生的模板变形,滑移和振捣设备失效等潜在危险,制定了周密的应急处置措施,一旦发现模板滑移立即停止施工并调整加固。

在夜晚施工中,照明设施一定要充足,没有阴影死角,确保作业区可视性强,避免视线不佳造成安全事故。在建设过程中需要制定一套完整的应急预案,其中应对高空坠落,物体打击和设备故障等突发事件过程,并在现场成立应急救援小组,经常进行应急演练以保证突发事件出现时能快速反应,降低事故带来的危害与损失。通过实施上述措施,保证了挂篮悬浇段在整个施工过程中处于安全可控性,保证了人员及结构安全。

结束语

总的来说,挂篮悬浇施工技术对于大跨度桥梁建设有着重要应用价值,前景广阔。在研究过程中通过分析挂篮设计、施工工艺、质量控制及安全管理等关键环节,确定影响施工质量与安全的关键要素,提出相应优化措施。这些技术与管理手段的高效实施不仅可以促进施工精度与效率的提高,而且可以显著减少工程风险,保障桥梁结构安全性与耐久性。该研究对今后同类项目的设计及施工起到有益的借鉴及指导作用,并进一步促进挂篮悬浇技术在该领域的开发及应用。

参考文献

- [1] 曾献勇.公路桥梁工程中连续刚构挂篮悬浇段施工技术研讨[J].中国科技期刊数据库工业A, 2022(11): 3.
- [2] 吴昌瑞.公路桥梁工程中连续刚构挂篮悬浇段施工技术研究[J].黑龙江交通科技, 2021, 44(10): 2.
- [3] 吴昌瑞.公路桥梁工程中连续刚构挂篮悬浇段施工技术研究[J].黑龙江交通科技, 2021, 44(10): 248-249.
- [4] 王应喜.浅谈公路桥梁施工中挂篮悬浇施工技术[J].黑龙江交通科技, 2016, 39(4): 2.
- [5] 叶明怀.公路桥梁施工中挂篮悬浇施工技术探析要求[J].城市建设理论研究:电子版, 2017(6): 2.
- [6] 李盼.桥梁工程中连续刚构挂篮悬浇段的施工技术[J].建材发展导向(下), 2021, 019(003): 264-265.