

高墩大跨径连续刚构桥悬臂施工关键技术研究

刘毅 张运福

西南交通建设集团股份有限公司 云南 昆明 650000

摘要: 本文主要以某连续刚构大桥为背景,对高墩大跨径连续刚构桥悬臂施工关键技术进行研究。重点分析高墩大跨径连续刚构特点、施工关键技术、施工工序控制要点、施工工序、施工注意事项等,本文连续刚构桥悬臂施工关键技术研究可为同类桥梁的施工提供借鉴。

关键词: 高墩;大跨径;连续刚构桥;悬臂;施工关键技术

引言:高墩大跨径连续刚构桥的施工过程中,采用挂篮悬臂浇筑法:(1)高墩大跨径连续刚构桥悬臂施工的悬臂端梁段在浇筑过程中会受到挂篮自重、混凝土自身重量、温度变化等因素影响,在施工过程中要对这部分梁段进行精确测量;(2)高大跨径连续刚构桥悬臂浇筑法施工工艺复杂,其挂篮支架体系、悬臂施工、合拢段等均需要在施工过程中进行精确计算。

1 工程概况

某连续刚构大桥为跨越山谷而设,中心里程K90+780;单幅桥宽12米,主桥为预应力混凝土连续刚构,跨径布置83+150+150+83米,主桥总长466米,主桥最大墩高121米,最大跨径150米;箱梁顶板宽12m,箱梁底板宽6.5m,箱梁有18个节段,箱梁根部梁高9.5米,跨中梁高3米,腹板厚度分别0.7米和0.5米,底板厚度由中的0.32米按1.8次抛物线变化至根部的1.1米;悬臂采用挂篮对称悬浇,现浇阶段长3~4.5米,其中,箱梁1#到5#梁段长3m,6#到11#梁段长3.5m,12到18#梁段长4.5m,合拢段为19号节段长2.0m。

2 高墩大跨径连续刚构桥特点

2.1 跨越能力强

高墩大跨连续刚构桥是一种全新的桥梁结构,它将连续梁桥与连续刚构桥融合,有结构简洁、受力分布均衡、施工简易、安全可靠等优点,为桥梁建设提供了一种新的解决方案。高大跨径连续刚构桥的最大跨度可达300m。

2.2 结构受力合理

高墩大跨连续刚构桥的结构受力特点主要表现在以下几个方面:

2.2.1 其上部结构的箱梁在最大悬臂状态下,箱梁截面尺寸要比同类型的普通桥梁较大,其中悬臂施工段的梁段截面尺寸一般要比同类型桥梁较小;

2.2.2 混凝土浇筑及预应力张拉是高墩大跨连续刚构

桥施工中重要的环节,混凝土浇筑时需要从0#段到边跨合拢段进行分段浇筑,箱梁张拉预应力时也从0#段至边跨合拢段分段张拉;

2.2.3 高墩大跨连续刚构桥主梁中悬臂施工阶段,主梁的线形是影响桥梁结构内力及变形的重要因素,也是桥梁结构施工控制中的难点。

2.3 施工难度大

由于高墩、大跨径、高墩大跨的桥梁结构自身刚度较小,悬臂浇筑施工时,若没有有效施工控制,会导致悬臂端部出现裂缝。

2.3.1 施工监控体系不完善,施工技术与方法不科学。桥梁结构自身刚度较小,在悬臂浇筑时,会位移发生变化,若不能及时进行监控并调整模板系统的高度和位置,会导致悬臂端部出现裂缝。

2.3.2 施工人员缺乏相应的专业知识和技能。高墩大跨连续刚构桥结构受力较为复杂,在施工过程中需要使用专业的设备和工具,这些设备和工具在使用过程中对施工人员具有较高的要求,若不能保证设备和工具的准确性,就会对桥梁结构的整体性能造成影响。

3 高墩大跨径连续刚构桥悬臂施工关键技术

3.1 墩顶0号段施工

墩顶的施工需要从0号段开始,然后向两边推进,可以更好的保证其稳定性,施工过程中要对其进行有效的控制,0号段施工关键技术如下:

3.1.1 托架预埋及安装:

主墩0#块采用墩旁托架平台浇筑施工,托架下设计剪力槽,安装施工平台,托架牛腿上采用 $\Phi 32$ 精轧螺纹钢预拉锚固,克服水平力,每个托架采用4束JL32精轧螺纹钢加钢板预埋穿过墩身锚固,牛腿下采用2cm钢板预埋于墩身内,抗剪克服竖向力,横桥向上的I45分配梁,并在其上方搭设I20b型钢分配梁,承担箱梁底板的荷载。墩内分配梁之间设置4道横向连接系,两道位于支点

位置,主梁腹板底部分配梁之间通过在翼缘板上焊接贴板连接。

托架牛腿在地面焊接拼装成整体,验收合格后进行安装,最后搭设托架牛腿上分配梁。先安装施工平台,然后吊装托架牛腿,并临时固定好。待两侧牛腿安装好之后,将精轧螺纹钢筋预拉紧固,安装过程要求托架剪力键底部、侧面和后面采用钢板抄垫密实。精轧螺纹钢筋预留孔在施工墩身时预埋内径40mm的PVC管成孔,埋设时需焊接钢筋定位,以防止PVC管上浮。托架牛腿安装完成后根据测量结果对牛腿按设计图纸位置抄垫,并安装承重梁、分配梁,支架安装时严格控制承重梁、分配梁在托架、承重梁上的位置,相对误差不大于1cm。最后按设计图纸对牛腿进行横向连接,安装分配梁和模板系统^[1]。

3.1.2 托架预压

在托架安装完成之后,应使用沙袋预压,消除非弹性变形,并确认弹性变形是否与设计要求一致,确保托架的施工质量。压重最大静载为设计荷载1.2倍。荷载加载分级为0→1/4P→1/2P→P→1.05P→1.1P→1.2P(P为设计荷载)。

3.1.3 模板安装

(1) 安装底模

把底部的模具固定到支撑架的支架上,然后检查它的准确性。安装过程中,务必准确地测量和固定支架。注意,支架的边缘和中间的距离都需要低于1mm,支架的两端也需要垂直,避免出现裂缝。

(2) 内、外模安装

按设计图制作模板,模板制作完成进场前根据设计图进行验收,验收合格后方可使用。模板安装时使用塔吊安装。安装过程中要核对各位置的高程及位置坐标。内模在钢筋安装完成后进行安装,安装过程中应按要求设置支撑。

在外模上安装呈梅花形布置的附着式震动器,为保证混凝土的振捣密实,在内模腹板处及隔板上设置天窗,便于振捣方便以及观察混凝土的下料情况^[2]。

3.2 预应力管道安装

3.2.1 在安装之前,需要遵循设计图纸上的指示,确保每一条钢绞线的正确位置(曲率部分需要加密)。在施工过程中,需要将钢筋焊接在一起,呈现出井字状,然后将其与主框结构紧密结合,以确保波纹管的位移误差小于1cm。

3.2.2 为了确保孔道压浆的质量,波纹管的排气管被安装在弯曲的最高点,每个最高点都有一个,以便有效

地排出水分和空气。

3.2.3 在开始浇筑混凝土之前,必须先将塑料硬管插入直孔波纹管中,并将高压胶管插入曲线形波纹管中,这样既能够防止波纹管漏浆,又能确保它们的平整度。在浇筑混凝土的过程中,可以抽动或转动内衬管,防止漏浆后凝固。

3.2.4 混凝土浇筑

混凝土浇筑采用由下而上、由低向高、分层分段法进行。先浇筑底板、再浇筑腹板、最后浇筑顶板。在浇筑过程中,从底部开始,逐步向上浇筑,并且从外部向墩顶浇筑,每一层的厚度都要保持在30厘米以内。在混凝土浇筑过程中,应注意悬臂两端平衡重量。

3.3 挂篮制作

挂篮的制作采用集中加工,为了保证挂篮的质量,应注意以下几点:

3.3.1 在挂篮主桁架梁上布置销轴、拉杆,同时对挂篮的预埋件进行预埋。

3.3.2 在主桁架梁上布置横梁、纵梁,将其焊接成整体结构,并将主桁架梁进行焊接。

3.3.3 将挂篮主桁架、纵梁、横梁按照设计要求进行组装。

3.3.4 在底篮上布置工作平台支腿,在其底部设置地锚,并对底篮进行支撑。

3.3.5 在底篮腹板处设置横向锚固装置,通过螺栓与两侧主桁架连接,并将其与主纵梁、横梁进行连接。

3.3.6 在挂篮底部及两侧布置轨道,轨道铺设完成后对其进行焊接固定。并且,在挂篮底部和两侧的轨道上安装行走小车,通过移动小车将挂篮移动到指定位置。

3.3.7 在主梁下端的两侧布置轨道,轨道铺设完成后将其与主桁架及横梁焊接,并将轨道固定在挂篮底部及两侧的轨道上,再将锚固装置与底篮下端的轨道焊接。

3.3.8 在主梁中部布置工作平台支腿,将工作平台支腿与底篮上的支撑架焊接,并将主梁与两侧的工作平台支腿和锚固装置进行焊接。

3.3.9 在工作平台上布置锚固装置和行走小车,并将锚固装置、行走小车连接到挂篮上。

3.3.10 在挂篮主桁架及纵梁上布置行走小车,通过滑道将行走小车与主桁架和横梁进行连接,再将挂篮主桁架和纵梁与挂篮进行连接^[3]。

3.4 悬臂段施工

3.4.1 挂篮拼装

挂篮拼装严格按指导书及设计安装说明进行,首先,将挂篮主桁拼装并进行锚固;其次,安置中大梁和

前大梁；安置前后底大梁和底板；安置边滑梁和侧模；最后一步，进行挂篮预压；最后一步，进行内模系统、进行整体调试。

3.4.2 挂篮拼装主要工序步骤

(1) 行走轨道安装

在第一次安装过程中，只需要在每一侧的斜坡处安装一个菱形的支撑结构，并且要确定好它的位置。接下来，需要在斜坡的一侧安装3~4个钢垫枕，并且要确保它们的正面和侧面保持水平。最后，需要在斜坡的一侧安装一个固定的支撑结构，并且要拧好螺母。

(2) 菱形主桁架安装

为了使菱形主桁架能够顺利地完工，我们需要首先从墩台开始，然后把它们精准地吊起来。在这个过程中，我们需要特别留意每个支撑部分，以及它们之间的位置、方向。此外，我们还需要给每个支撑部分都加固好防止损坏。最终，我们会把整个框架组合起来，并把它们吊起来，然后按照规定的尺寸来安装。

(3) 横梁安装

在吊装横梁时，钢吊带、分配梁、分配梁以及精轧螺纹钢吊杆应当被精确地穿上足够的长度，并且拧紧螺母，同时，各连接销也应该穿上开口销，并且在安装过程中要特别注意左右方向，最后，在地面拼装完毕并经过严格检查之后，才能够完成整体起吊。

在吊装前横梁时，应确保吊杆孔与精轧螺纹钢吊杆孔完全对齐，以免因长度过大而无法安装。此外，应将各连接销穿上开口销，以确保整个起吊过程的顺利完成。前横梁与底篮连接的精轧螺纹钢吊杆为 $\Phi 32$ 共15根。

(注意：安装过程不能损伤精轧螺纹钢吊杆)。

(4) 挂篮底模安装

在现场或地面上，根据图纸精确安装底篮的前后托梁、普通纵梁和加固纵梁，并在其上安装上面板，然后进行面板焊接，在焊接过程中，要特别注意底板的边缘平整度。

在现场墩柱的支撑下，使用两台5t的电动卷扬机和一组滑轮组，将底篮从地面上吊起，距离地面大约170cm，然后将其放置在一个焊接平台上，待焊接完成后，再将其吊至设定的位置。在起吊之前，必须检查精轧螺纹钢和底篮吊耳的锚固情况，确保它们的位置正确，并且螺杆要紧，销子要穿上，起吊时要保持平稳和速度^[4]。

(5) 内模安装、预应力管道安装、浇筑混凝土

(6) 挂篮前移

挂篮的移动是悬臂浇筑施工过程中最关键的一步，关系到整个桥梁工程的质量，必须严格控制。为确保挂

篮移动过程中不变形，必须保证挂篮各部分在移动前均已紧固，移动后要恢复到原位，挂篮移动应从挂篮上开始，在挂篮就位后再进行下一步施工。

当一段梁段的施工结束时，应该卸载所有的悬挂件，并将其从梁架中分开。然后，应该卸载梁架的后部的悬挂件，并将其与梁架的其他部分相互联系。最终，应该将悬挂件的重量调节到与梁架的相同的水平，并将其与梁架的其他部分相互联系。

仔细地检查其锚定、悬挂和运输系统，如果发现任何存在缺陷，必须立即采取补救措施，确保质量符合标准后继续施工。

(7) 悬臂浇筑

每次浇筑完成后，立即进行测量，以确保箱梁顶面标高准确无误，要及时调整，确保桥梁的合拢精度。

控制好模板的标高，在浇筑过程中及时对模板进行调整，以保证墩身的垂直度；同时应严格控制好钢筋及模板的位置，不得出现错孔、漏筋等现象。在墩身施工完成后，应及时将模板拆除。

主桥在浇筑混凝土前，对挂篮及墩身进行预压，以消除挂篮挠度等非弹性变形对挂篮结构的影响。首先进行挂篮预压，预压荷载为梁体重量及挂篮自重两部分。

挂篮的设计应满足工程设计的要求，选择合理的设计方案。在满足施工要求的前提下，应考虑经济性，选择简单、方便、经济、合理的方案，同时还要考虑在混凝土浇筑时对挂篮造成的影响。根据悬臂施工过程中所采用的挂篮形式、荷载大小、结构形式等因素确定挂篮设计参数。^[5]设计时应考虑挂篮所承受的各种荷载，并依据荷载大小计算出挂篮各个构件的长度和重量，从而确定挂篮的构造形式和尺寸，保证挂篮受力合理。

挂篮的预拱度设置。本工程采用预压试验来确定挂篮的预拱度，对挂篮浇筑完成后的弹性变形值进行分析，将弹性变形值换算成设计值，作为该桥挂篮预拱度设置值。

4 结束语

总而言之，桥梁施工控制的目的是保证结构的安全、合理和可靠，施工中应采取一定的措施，使桥梁的悬臂施工顺利完成。期间支架系统应满足设计要求，保证结构有足够的强度和刚度。需要合理设置临时支座，减小结构体系转换产生的内力和变形，以及合理设置挂篮系统，确保结构体系转换过程中悬臂端不发生位移或变形。严格控制挂篮及悬臂端的变形，使悬臂施工过程中挂篮变形与结构内力处于受控状态。施工过程中对结构进行全面监测，分析结构的变形与内力，为保证桥梁

安全和合理合拢提供依据。本文可为同类桥梁的施工提供借鉴。

参考文献

[1]戴湘波.高墩大跨度连续刚构桥悬臂施工关键技术研究[J].运输经理世界,2023,(10):82-84.

[2]蒋泽晖.高墩大跨径连续刚构桥施工关键技术分析研究[J].江苏科技信息,2022,39(18):40-42.

[3]黄勤劳.高墩大跨径连续刚构桥悬灌法施工关键技术[J].铁道建筑技术,2020,(10):110-112+130.

[4]韩雪.高墩大跨径连续刚构桥施工关键技术研究[J].交通世界,2019,(23):101-103.

[5]姚洪帅.高墩大跨径连续刚构桥施工关键技术研究[J].交通世界,2016,(23):64-65.