

现浇箱梁施工关键技术研究

晏远路

中交二航局第二工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12925

[摘要] 本文以泉州百崎通道桥梁工程为背景,系统研究了现浇箱梁施工的关键技术及实践应用。针对复杂地质与跨海环境,提出了基于分层浇筑的施工工艺,结合后场集中拌合、对称泵送及智能养护技术,有效解决了大跨度箱梁混凝土浇筑的质量控制难题。通过对比分析国内外现浇箱梁支架体系,优化了水中钢管桩与陆地盘扣支架的组合方案,并引入预压分级监测技术,显著提升了支架体系的稳定性和安全性。工程实践表明,该方案成功克服了振捣不密实、变形控制难等问题,为类似工程提供了理论支撑和技术参考。

[关键词] 现浇箱梁; 分层浇筑; 盘扣支架; 智能养护; 预压监测

中图分类号: TV738 **文献标识码:** A

Research on the key technology of cast-in-place box girder construction

Yuanlu Yan

CCCC Second Second Engineering Co., LTD.

[Abstract] In the background, this paper systematically studies the key technology and practical application of cast-in-place box girder construction. Aiming at the complex geology and cross-sea environment, the construction technology based on layered pouring, combined with the backfield centralized mixing, symmetrical pumping and intelligent maintenance technology, effectively solves the quality control problem of concrete pouring of large-span box girder. Through the comparison and analysis of the cast-in-place box girder support system at home and abroad, the combination scheme of water steel pipe pile and land plate buckle bracket is optimized, and the pre-pressure grading monitoring technology is introduced, which significantly improves the stability and safety of the support system. The engineering practice shows that the scheme has successfully overcome the problems such as uncompaction and difficult deformation control, and provides theoretical support and technical reference for similar projects.

[Key words] cast-in-place box girder; layered pouring; buckle bracket; intelligent maintenance; prepressure monitoring

引言

现浇箱梁作为大跨度桥梁的主要结构形式,其施工质量直接影响桥梁的耐久性与安全性(Smith et al., 2020)。近年来,国内外学者针对现浇箱梁的施工工艺开展了大量研究,如Huang等(2019)提出基于BIM的浇筑路径优化方法,有效降低了冷缝风险;国内学者张克锋(2017)通过对比门式支架与盘扣支架的受力特性,验证了后者在复杂地形中的适用性。然而,在跨海桥梁工程中,如何平衡高盐雾环境下的混凝土耐久性与支架体系的稳定性仍存在技术空白。本文依托泉州百崎通道工程,通过理论分析与工程实践,提出了一套适用于跨海环境的现浇箱梁综合施工方案。

1 工程概况

1.1 项目背景

泉州百崎通道起于台商投资区百东大道与洛沙大道交叉口,起点桩号为YK2+091.914,道路沿规划百东大道向西延伸,上跨现状海湾大道,与海湾大道间设百崎互通衔接;主桥上跨洛阳江下游海域,在滨海街与丰海路交叉口处主线转向向南,与滨海街、丰海路之间设东海互通式立交,连接后落地顺接丰海路,终于丰海路与府东路交叉口,终点桩号YK5+510.078,路线全长3.416km,包含主桥、引桥及互通立交,本合同段施工现浇箱梁分布于6座桥梁,总长7.323km。工程面临跨海施工、高盐雾腐蚀及潮汐影响等挑战,箱梁设计采用C50海工混凝土,最大跨径50m,梁高1.8m~3.0m,梁宽13.25~25.5m。部分桥跨布置及参数1所示)。

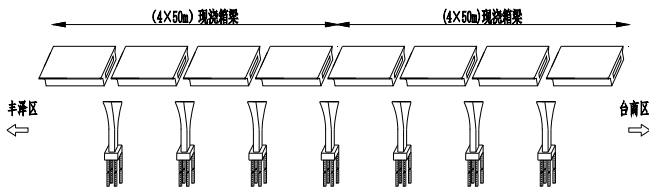


图1 部分现浇箱梁跨距布置图

1.2 技术难点

(1) 环境复杂性: 海域潮汐导致水中支架基础施工难度大。
(2) 结构特殊性: 箱梁截面渐变段(腹板厚0.5~0.8 m)易引发应力集中。
(3) 质量控制: 高盐雾环境对混凝土养护提出更高要求。

2 施工关键技术

2.1 分层浇筑工艺

混凝土因一次性浇筑过多或不均匀而出现裂缝、冷缝等质量缺陷,保证了混凝土浇筑的质量和整体性基于Midas civil数值模拟,提出“两次浇筑”方案:首次浇筑底板与腹板至顶板下缘,二次浇筑顶板及悬臂^[1]。

分层厚度严格控制在30~50cm,结合高频振捣器与插入式振捣棒,确保混凝土密实度达98%以上。理论依据:

$$\Delta h = \frac{Q}{A \cdot v}$$

式中, Δh 为分层厚度, Q 为浇筑速率, A 为截面面积, v 为振捣有效半径。

2.2 支架体系设计

(1) 水中支架: 采用 $\phi 630 \times 10\text{mm}$ 钢管桩基础, 基于Midas civil模拟确定桩长35~55m, 入土深度 $\geq 15\text{m}$ 。

(2) 陆地支架: 陆地少支架基础采用扩大基础, 扩大基础后场集中预制, 然后运至现场进行安装; 满堂盘扣支架基础利用既有道路, 局部道路未硬化位置采用10cm厚C25混凝土硬化选用Q355承插盘扣支架(图2)。

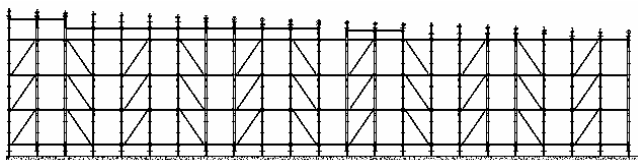


图2 现浇箱梁满堂盘扣支架设计图

(3) 变形控制: 预压荷载均为设计值的120%(JGJ 166-2016); 通过三级预压(60%、100%、120%)实时监测沉降, 弹性变形量 $\leq 2\text{mm}$, 非弹性变形量 $\leq 1\text{mm}$ 。

2.3 智能养护系统

研发基于物联网的自动喷淋系统, 通过温湿度传感器实时调控喷淋频率, 确保混凝土表面湿度 $\geq 90\%$, 抗氯离子渗透性提高30%(ASTM C1202)。

3 施工方案

现浇箱梁根据所处环境不同, 分为水中支架及陆地支架, 水中支架采用钢管支架, 陆地支架分为钢管支架和满堂支架, 现浇箱梁施工方案如下。

3.1 基础施工

水中少支架基础, 我们选用打入式钢管桩基础。这种基础形式能够有效适应复杂的水下环境, 为上部结构提供可靠支撑。在施工时, 我们调用履带吊与振动锤协同作业。履带吊凭借其强大的起吊能力, 将钢管桩精准吊运至指定位置, 而振动锤则通过高频振动, 使钢管桩顺利插入河床土层。

陆地少支架基础则采用扩大基础形式, 这种基础具有较好的承载能力, 适用于陆地相对稳定的地质条件。扩大基础采用后场集中预制的方式, 在预制场地, 严格按照设计标准, 利用专业的模具和施工工艺, 确保每一个扩大基础构件的尺寸精度和强度要求。预制完成后, 通过运输车辆将这些构件运至现场, 采用专业的吊装设备进行安装。

满堂盘扣支架基础的搭建充分利用既有道路, 以提高施工效率并降低成本。对于局部道路未硬化的位置, 为确保支架基础的承载能力, 采用1C25混凝土进行硬化处理。当现场空间条件允许且浇筑位置较为集中时, 采用臂架泵进行浇筑, 臂架泵能够实现高效、精准的混凝土输送, 大大提高浇筑速度; 而在一些地形复杂、臂架泵难以施展的区域, 则采用自卸车配合溜槽的方式, 自卸车将混凝土运输至现场, 通过溜槽将混凝土均匀地输送至浇筑部位, 确保基础混凝土浇筑的质量和连续性^[2]。

3.2 支架施工

3.2.1 钢管立柱施工

钢管立柱选用规格为 $630 \times 10\text{mm}$ 的优质钢管作为原材料。在加工过程中, 运用先进的数控切割设备和焊接工艺, 确保钢管的切割尺寸精确无误, 焊接部位牢固可靠。

钢管立柱的接长方式主要有对接坡口焊接和法兰连接两种。对接坡口焊接时, 在焊接前对钢管的对接坡口进行打磨处理, 去除表面的铁锈、油污等杂质, 以保证焊接质量。在安装法兰盘时, 确保其平整度和垂直度, 螺栓的拧紧力矩按照设计要求进行控制, 保证连接的紧密性和可靠性。为了调整贝雷片顶部的标高, 在其顶部设置顶托。顶托采用优质钢材制作, 具有足够的承载能力和调节精度。

3.2.2 满堂支架施工

满堂支架选用承插型盘扣式钢管支架, 这种支架具有结构稳定、装拆方便、承载能力强等优点。其材质选用Q355钢, 该钢材具有良好的综合力学性能, 能够满足工程的强度和稳定性要求。支架立杆采用A60.3/48.3 $\times$ 3.2mm钢管, 水平杆、竖向斜杆及水平斜杆均采用 $\phi 48 \times 2.5\text{mm}$ 钢管。

在搭建满堂支架时, 首先根据设计图纸进行现场放线, 确定支架的位置和范围。然后按照先立杆、后水平杆、再斜杆的顺序进行搭建。立杆的垂直度和间距严格按照设计要求进行控制, 确保支架的整体稳定性。在立杆底部设置底座, 调整底座的高度使立杆处于水平状态。水平杆按照设计步距进行安装, 确保每一层水平杆都处于同一水平面上。竖向斜杆和水平斜杆根据支架的受力情况和规范要求进行合理布置, 增强支架的抗侧力能力和整体刚度。

3.2.3 主、纵横梁施工

主横梁根据工程的实际受力情况和跨度要求,采取不同型号的组型钢。在选择组型钢时,通过结构计算和分析,确定合理的型钢型号和组合方式,以满足主横梁的承载能力和刚度要求。

主纵梁采用321型贝雷梁,在安装贝雷梁之前,对其进行检查和验收,确保贝雷梁的质量符合要求。贝雷梁通过专用的连接件进行组装,形成连续的梁体结构。在安装过程中,根据设计要求设置预拱度,以抵消梁体在荷载作用下产生的变形。

卸荷装置采用顶托卸荷,顶托设置在主横梁和主纵梁的交接处。顶托的作用是在支架拆除时,能够均匀地释放梁体的荷载,避免梁体突然受力产生过大的变形或损伤。

3.2.4 支架预压

采用预制块作为预压材料,预制块的重量和尺寸根据预压荷载的要求进行定制。预制块具有重量稳定、便于搬运和堆放等优点。

支架采用预制块分三级进行预压。在预压过程中,对支架的沉降、位移等数据进行实时监测,绘制变形曲线,分析支架的受力和变形特性。根据预压结果,对支架的弹性变形和非弹性变形进行计算和分析,为后续的施工提供准确的数据支持,支架最大沉降量19mm,满足规范要求。

3.3 模板施工

3.3.1 底模施工

底模选用15mm厚的竹胶板,竹胶板具有强度高、韧性好、表面光滑、防水性能优良等特点。这使得它在承受混凝土浇筑时的压力和侧压力时,能够保持良好的结构性能,同时其光滑的表面能有效减少混凝土与模板之间的摩擦力,便于脱模,且能保证混凝土表面的平整度和光洁度。下方背衬采用100×100mm的方木,方木材质通常选用质地坚硬、纹理顺直的木材,如松木或杉木。这种规格的方木具有较强的抗压和抗弯能力,能够为竹胶板提供可靠的支撑,均匀分散混凝土传来的荷载。

横向布设I12.6型钢,具有良好的抗弯和抗剪性能。在布置时,根据底模的跨度和受力情况,合理确定型钢的间距,以确保能有效支撑上方的竹胶板和方木,将荷载传递至下方的支撑体系。

在翼缘板下方,搭设盘扣支架。盘扣支架具有结构稳定、装拆方便、承载能力强等优点。根据翼缘板的结构特点和荷载分布,科学设计支架的立杆间距、水平杆步距以及斜杆的布置方式。在立杆底部设置可调底座,方便调整支架的高度,使其与底模的设计标高相匹配;顶部设置顶托,用于承载横向的I12.6型钢,顶托的调节范围应满足施工过程中的微调需求^[3]。

3.3.2 侧模施工

侧模采用15mm竹胶板,其作用与底模竹胶板类似,主要用于形成混凝土结构的侧面形状,并承受混凝土浇筑时的侧压力。内层和外层均采用100×100mm方木,内层方木紧贴竹胶板,起到直接支撑竹胶板的作用,防止竹胶板在侧压力作用下发生变形。外层方木则进一步加强整个侧模结构的刚度,通过与内层方木相

互配合,形成一个稳固的受力体系。两层方木之间通过铁钉或螺栓进行连接,确保连接紧密,共同承担侧压力。

背楞采用I12.6型钢,I12.6型钢沿着侧模的高度方向布置。背楞型钢通过连接件与外层方木牢固连接,将侧模所承受的混凝土侧压力传递至更广泛的支撑体系上。在安装背楞型钢时,要确保其垂直度和水平度,保证整个侧模体系的稳定性。

3.4 钢筋及预应力筋施工

钢筋加工时,依据设计图纸,精准操作数控钢筋切断机、弯曲机等设备,将钢筋原料按照不同规格与形状要求进行加工,抵达现场后,起重设备凭借其强大的吊运能力,将钢筋吊运至工作面。现场的施工人员相互配合,依据设计的钢筋布置图,对钢筋进行人工安装,将其精准定位并牢固绑扎,确保钢筋骨架的稳定性与整体性。

3.5 混凝土施工

箱梁混凝土浇筑时,考虑到结构的复杂性与施工难度,一般需分两次浇筑成型,以此保障混凝土的浇筑质量与结构的整体性。浇筑过程严格遵循分段、分层的原则,分段是根据箱梁的长度与结构特点,合理划分浇筑区域,避免因一次性浇筑范围过大而产生施工冷缝;分层则是将混凝土按照一定厚度逐层浇筑,每层厚度控制在30厘米左右,这样既能使混凝土充分振捣密实,又能防止下层混凝土初凝前上层混凝土无法及时覆盖,确保各层混凝土之间紧密结合,形成一个整体。

混凝土浇筑完成后,养护工作至关重要。采用自动喷淋养护或水管洒水养护方式,自动喷淋养护通过智能化控制系统,根据环境温度与湿度自动调节喷淋时间与水量,确保混凝土表面始终保持湿润状态。

4 总结

在箱梁施工过程中,通过精心策划和严格执行,取得了显著成果。钢管桩与盘扣支架的组合方案兼顾经济性与安全性;采用分层的浇筑方式,有效地避免了混凝土因一次性浇筑过多或不均匀而出现裂缝、冷缝等质量缺陷,保证了混凝土浇筑的质量和整体性;智能养护系统显著提高海工混凝土耐久性。为后续的工程施工提供了宝贵的经验和借鉴,也为箱梁最终达到优良的使用性能奠定了坚实的基础。

[参考文献]

[1]张克锋.高墩现浇梁支架方案合理选用[J].河南建材,2017(4):129-130.

[2]张航,龚子荣,雷倩.某现浇桥梁门式型钢支架方案对比研究[J].山西建筑,2017,43(26):147-148.

[3]李先发.高墩现浇梁支架方案的合理选用[J].建筑技术开发,2021,48(21):3-4.

作者简介:

晏远路(1987--),男,汉族,重庆市渝北区人,大学本科,一级建造师,研究方向路桥施工。