

箱梁混凝土浇筑施工质量控制

易荣刚

重庆华兴工程咨询有限公司 重庆 400010

摘要: 大跨度箱梁在桥梁建设中广泛采用,是构成现浇梁体的重要元素。大跨度箱梁工程质量直接影响桥梁的视觉效果和使用寿命,因此,为保证桥梁的美观和耐久性,施工过程中必须强化质量管控。通过重庆市协同创新区六横线与御复路节点主线桥监理工作实践经验,分析研究了大跨度箱梁混凝土浇筑的相关工艺,探讨施工质量控制问题,旨在为相关从业者提供参考见解。

关键词: 箱梁;混凝土浇筑;施工质量控制

引言

大跨度箱梁混凝土技术在桥梁建设领域已广泛采纳,但鉴于各类桥梁设计的独特性、形态的复杂多样,加之施工规划与工艺技术的差异,该技术在实践运用中常常面临质量挑战。故此,采用大跨度箱梁混凝土技术作业时,需全面考量桥梁结构及施工工艺等多元因素,严格执行大跨度箱梁混凝土的施工规程,清晰识别技术应用中潜在的影响要素,并实施有力的防范策略,以确保桥梁建设的质量安全^[1]。

一、工程概括

重庆市协同创新区六横线与御复路节点主线桥全长162米,桥梁接御临河大桥,桥梁起点桩号K4+898.276,桥梁终点桩号K5+060.276,桥梁布置为(30.5+36+55+36)m一联变高变宽预应力混凝土连续箱梁。

主梁根据不同位置的宽度采用斜腹式单箱双室箱梁或单箱多室箱梁,按照左、右半幅分离设计,单幅桥宽13~18.5m,梁高H=2.0m(变高截面中支点梁高为3.2m)。箱梁主梁顶板厚25cm,底板厚25cm,腹板厚50cm,为增强支点处抗剪能力在支承附近5m范围内,腹板由50cm加宽至92cm,底板由25cm加厚至45cm。现浇箱梁区域与地下结构交叉较多,施工顺序按照“先地下后地上、先结构后管线”的原则,避免交叉施工防止地基扰动,确保桥梁结构施工安全。

采用盘扣式满堂支架施工,单幅盘扣支架约21000m³,单幅分两次浇筑,单幅设计钢筋约468t,设计采用C60高强混凝土,方量约2035m³。六横线上跨御复路立交桥梁变截面如图1所示:

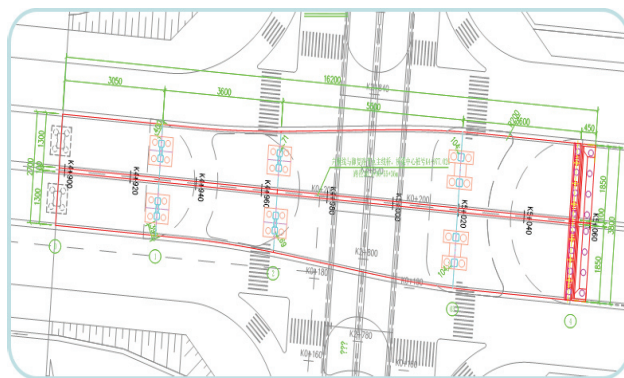


图1 六横线上跨御复路立交桥梁变截面

二、大跨度箱梁混凝土浇筑施工工艺

1. 混凝土配比

大跨度混凝土箱梁的高效运用离不开优质混凝土的保障,其配比设计是提升混凝土质量的关键环节。在配制混凝土过程中,常采用正交实验技术,该技术通过考虑各种原材料的独特性质,生成一系列混合比例,并通过比较不同的筛选指标来确定最佳的配比组合。在选定配比之后,必须进行严格的测试以确认该配比是否能够满足混凝土的性能要求。鉴于混凝土原料的复杂性,搅拌时氯离子的总含量不应超过胶凝材料总量的0.06%。考虑到高性能混凝土的高流动性和可能的体积变化,特别是体积收缩问题,需要对配比进行精细调整,以避免过度收缩,同时降低徐变效应的最终值。混凝土配比的调整和优化应当遵循行业规范和标准,以确保选择出最合适的配比^[2]。

涉及对水泥熟料各项组成成分的严格评估,以保证其符合标准。通常涉及选用适当的水泥、矿物混合物、集料和添加剂,同时确定水胶比和胶凝材料的使用量。

必须精确计量每种原料的分量，并且计算出每立方米混凝土中的总碱、氯离子和三氧化硫含量，以确保符合规范。在调整配比的过程中，根据坍落度、含气量和排水率设定基本比例。通过调整水胶比，改变胶凝材料、矿物混合物和添加剂的数量，同时适当调整砂率。为满足配比的需求，需要制作具有力学特性和抗裂性的样本，进行细致的养护并执行测试。在耐久性试验中，需要从一系列抗压强度合格且整体性能优良的配比中进行选择，可能需要进行分组试验。根据实验数据，最终可以确定最佳的配比。

2. 原材料控制

必须严谨监管大跨度混凝土箱梁材料的品质，保证所有原料满足施工规范。(1) 胶凝材料。选用Ⅱ级及以上的矿物掺合料，按相关标准要求抽样复验，复验合格方可应用。粉煤灰取代水泥的最大限量应通过试验确定，并且不得超过《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ146)的规定标准，使用普通硅酸盐水泥的钢筋混凝土最大限量为25%。(2) 水泥。预制箱梁所采用的水泥必须品质可靠，其性能需保持稳定，强度等级不得低于42.5。应首选低碱硅酸盐或低碱普通硅酸盐类型的水泥，并严格控制混合材料的种类。按照相关标准，对水泥实施详尽的抽样检测，测试内容包括强度、表面积、稳定性及凝结时间等关键指标^[3]。(3) 粉煤灰。粉煤灰在提升混凝土拌和物性能方面发挥重要作用，能改善其工作性，减少水分分离，防止分层现象。预制箱梁工程中，应选用Ⅰ级粉煤灰。对粉煤灰实施严格的抽样检测，选取10kg以上的样本，检测其细度、烧失量、需水量比、游离氧化钙、活性指数等参数。此外，还可借助经验观察粉煤灰的玻璃微珠含量、颜色差异以及铵盐含量。(4) 磨细矿渣粉。矿石粉末有助于进一步降低混凝土的水化热，从而防止早期裂缝的出现，增强混凝土的致密度和抗渗性能，因此，在使用前必须严格检查矿石粉末，确保其质量合格。在预制箱梁的生产中，同时掺入粉煤灰和矿石粉末，通过调整两者掺和比例，以充分发挥两种材料的综合效益，从而显著提升混凝土的工作性能^[4]。(5) 细骨料。细集料的细度模数应维持在2.6至3.2之间，优选Ⅱ区的中砂作为级配。对细集料的检测需全面，采用抽样检验的方法，严格按照规定项目进行。若检测结果中任一指标未达标，应再次取样进行第二次检测，若仍不满足条件，则不能用于施工。(6) 粗骨料。粗骨料的选择应确保其粒径范围在5至20mm之间。对于粗集料的检

测，务必严谨执行相关规定和标准，以确保全方位的品质检查，包括但不限于测定其压碎指数、含泥量、泥团含量以及颗粒级配等关键参数。(7) 外加剂。外加剂的使用旨在增强混凝土的性能，常采用的是聚羧酸系高效减水剂。检测此类减水剂时，需参照《混凝土外加剂》的准则，确保所有测试项目涵盖，并要求供应商提供质量证明文件。在检测外加剂时，还需评估与其他材料的相容性，根据测试结果适时调整掺和比例^[5]。原材料控制流程如图2所示：

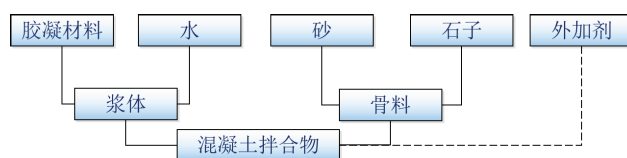


图2 原材料控制流程

3. 混凝土搅拌与振捣

在大跨度箱梁混凝土配制流程启动前，必须严谨地进行各类粒径集料的含水量测试，并依据测试数据将理论配比调整为施工实际比例。对于配料的精确度，设备需严格遵循标准规定，并通过专业计量部门的校准认证，确保其精准无误后方可投入使用。混凝土搅拌过程采用先进的强制式搅拌机，搅拌时间的设定需综合搅拌机的容量特性、混合方式以及掺合材料特性确定，确保搅拌充分，以确保混凝土的均匀性。为此，从源头检查，包括水泥、外加剂在内的所有原材料均达标，搅拌时间也准确无误，且水泥和外加剂的化学性质兼容良好，没有发现明显问题。

振捣腹板与底板相交处时，由腹板内及箱内底板八字处互相补充振捣，保证腹板与底板相接倒角处混凝土浇筑密实，振捣时要快插慢拔。采用 $\phi 50\text{mm}$ 振捣棒振捣时，间距不大于30厘米，采用 $\phi 30\text{mm}$ 振捣棒振捣时，不大于20厘米。振捣上层混凝土时振捣棒要插入下层5~10厘米；振捣底板时，为防止振捣棒碰撞底板，在棒上做标记，用以控制棒的插入深度。振捣棒插入深度与作业半径如图3所示：

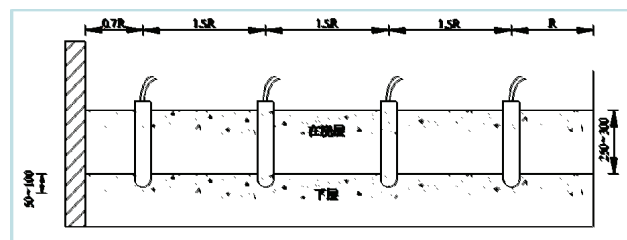


图3 振捣棒插入深度与作业半径

4. 混凝土运输

混凝土通常依赖搅拌运输车进行输送，在运输过程中需保持2~4转每分钟的搅拌速率。抵达工地后，应以正常速度再行搅拌随后卸货。首先是对混凝土的流动性进行检查，只有在满足条件后方可进行浇筑工作。若流动性未达标，则需进行第二次搅拌。若二次搅拌后的混凝土仍无法符合施工工艺的流动性需求，该批次混凝土则不宜使用。

5. 混凝土浇筑

在进行大跨度箱梁混凝土浇筑之前，需预先制定详尽的施工计划，该计划需详细阐述施工过程和技术流程，并在得到监理工程师的正式认可后方可执行。混凝土的浇筑应分段进行，分层的厚度会依据不同的振动方法而有所不同。确保充足的时间进行混凝土振捣，每个振动点的操作时间应维持在20至30秒之间，直至混凝土变得坚实，没有气泡冒出，表面平滑且有浆液溢出，但须避免过度振动，以免引起混凝土分离。混凝土的连续浇筑是必要的，若因施工条件或其他因素需分批进行，应明确施工接缝位置，箱梁的接缝应设置在剪应力和弯矩相对较低的区域。在浇筑下一层混凝土之前，接缝处需进行凿毛处理，当混凝土强度不低于2.5 MPa时，方可使用人工方式进行。凿毛后，应用清水彻底清洗施工接缝，以保证混凝土层间的粘结质量。在下层施工前，建议在接缝表面铺设一层与混凝土相同水泥配比和水灰比的砂浆，以增进层间的粘结效果。

6. 混凝土养护

在大跨度箱梁混凝土的养护过程中，关键在于保持适宜的温度和湿度条件，以平衡内外温差，提升混凝土的耐久性并防止开裂。水化热的影响需有效应对，强化养护措施，严防裂缝的产生。一旦梁体顶部混凝土浇筑完成并开始初凝，立即实施蓄水养护，防止表面水分过快蒸发，引发早期裂缝。尤其在高温条件下，对养护工作的细致程度更为重要。养护过程中，应由专人监控，利用自动喷淋系统调节混凝土芯部、表面及周围环境的温度，密切关注风速和湿度变化，确保供水温度与混凝土需求匹配，避免温差过大。目标是保持混凝土内部与表层、表层与环境间的温差不超过15℃。当梁体混凝土强度达到设计强度的80%，方可进行拆模操作，遵循拆模顺序，先端模后内模。拆模后，梁体混凝土需经历底板浸水、腹板和内腔自动喷淋以及顶板蓄水等多种养护方式，确保至少14天的养护期。

三、大跨度箱梁混凝土浇筑施工质量控制

1. 计算各施工阶段内力值

基于理论分析计算出各建设阶段的应力水平，但在实际施工中，由于各种因素的不确定性，导致大跨度桥梁形态和应力状态偏离设计规范，对施工安全、外观、稳定性和经济效益构成重大挑战。因此，需强化施工过程管理，确保桥梁竣工后的形态符合设计标准。预应力、温度波动、商用混凝土等材料的属性，在施工期间必须监测桥梁周围环境的温度、湿度及主要建材参数，并依据实测数据选择合适的计算参数。鉴于箱梁和两侧隔板区域钢筋密度高，预先制作稳定的钢筋骨架成为安装前的关键步骤，同时确保钢筋制作的质量达到高标准，与设定指标相匹配。接着，待隔板各部分焊接并通过检验，所有焊点均满足规范后，方可进行安装。

2. 严格施工质量和安全

为确保现浇混凝土工程的安全与质量，需强化施工现场的管控，保障施工设备及原材料的质量。针对混凝土预压，应依据实际工况来规划操作步骤。在施工前，应设定好地基两端的变形监测点距离，一旦发现变形趋于稳定，仍需持续观察一段时间。此外，需结合支架的弹性和非弹性特性来精确评估箱梁的上拱度变化。

3. 预应力张拉

在执行预应力张拉作业之前，需优先选用功能完备且适用的智能张拉装置，并确保处于良好维护状态，包括对设备的各项功能进行全面检查，以保证随时可投入张拉作业。只有当箱梁混凝土的强度达到设计强度的至少80%，且其弹性模量不低于混凝土28天弹性模量的80%时，方可进行张拉，以防止箱梁表面产生侧向弯曲。操作人员需严格按照张拉程序进行，并进行阶段性的操作。张拉前，应采用张拉力与理论伸长量的双重控制计算方法，若在张拉过程中发现任何异常现象，必须立即暂停，待排除安全隐患后方可继续进行施工。

4. 压浆

在灌浆之前，务必对管道进行全面的清洁工作。选取压浆设备时，应根据施工的具体要求挑选最适合的。压浆压力需严格控制，对于水平或曲线的管道，建议的压力值为0.5 MPa至0.7 MPa。灌浆的充分程度应保证浆体充满管道直至远端孔口溢出，并且排出的浆液流动性与规定一致。关闭注浆口后，应维持至少5分钟的恒压期，压力不应低于0.5 MPa。

结语

总而言之,大跨度混凝土箱梁建设要求精确的工序及高标准的质量管理,相关机构和工作人员需深刻理解每一步骤的关键点,预先做好充足的准备,包括对地基的妥善处理,掌握混凝土施工的核心技术,以及明确预应力钢束的张拉和压浆条件。在施工期间,应依据现场状况制定灵活的施工计划,并强化质量监控,以保证工程品质,进而确保大跨度混凝土箱梁现浇桥梁的美学效果和长期使用的耐久性。

参考文献

- [1]张洪林.预制箱梁混凝土浇筑施工技术总结[J].建设监理,2022(10):97-100.
- [2]王志军.支架现浇连续箱梁混凝土浇筑施工工艺[J].数码设计(上),2021,10(4):181-182.
- [3]袁子敬.现浇箱梁预应力混凝土连续浇筑施工技术[J].建材与装饰,2021,17(10):275-276.
- [4]赵乐乐.跨铁路桥梁工程箱梁混凝土浇筑及预应力施工[J].中小企业管理与科技,2020(21):184-185.
- [5]郑陆平.混凝土桥连续箱梁支架结构及浇筑施工技术分析[J].建材与装饰,2017(49):244-245.