

# 探析公路桥梁混凝土结构施工技术及优化策略

徐松

山东惠民腾达交通工程有限责任公司

**摘要：**经济新常态下，我国城市化建设进入到大跨步发展阶段，城市基础设施的建设力度得到增强。而公路桥梁作为城市基础设施建设的重要内容，其建设情况对于城市经济发展及居民的生活品质具有直接的影响。因此，如何进一步提升公路桥梁的建设品质是新时期背景下各地区推进城市化建设工作时重点关注的问题。考虑到公路桥梁的主体多为混凝土结构，本文先简要阐述了公路桥梁混凝土结构施工质量控制的必要性，在此基础上从配合比设计、材料质量控制、模板安装、钢筋施工、浇筑施工、养护施工几个环节，对公路桥梁混凝土结构施工技术进行分析，并对裂缝问题的防控措施进行探讨，旨在促进公路桥梁施工技术水平和建设品质的提升，为城市化建设提供更有力的支持。

**关键词：**公路桥梁；混凝土结构；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.070

新时期背景下，人们对于公路桥梁工程的建设质量提出了更高的要求，相关建筑单位在进行公路桥梁工程项目建设的过程中都在积极思考提升工程建设品质、保证工程施工质量的策略和方法。通过大量工程案例和施工经验的总结分析可以看出，混凝土结构施工质量不佳，频繁出现裂缝问题是影响公路桥梁建设质量的一个重要原因。由此可见，在进行公路桥梁建设的过程中，相关建筑企业有必要进一步提高对混凝土结构施工的重视度，积极探讨科学、规范的施工技术，明确有效防控混凝土结构裂缝问题的技术措施，全面加强混凝土结构施工的质量管控，这对于公路桥梁工程建设品质的提升具有积极的现实意义。

## 一、公路桥梁混凝土结构施工质量控制的必要性

作为重要的基础性设施，公路桥梁在城市经济发展和改善居民生活品质方面发展着至关重要的作用，因此，必须保证公路桥梁的建设品质，使其具备良好的结构稳定性和耐久性。混凝土是公路桥梁施工建设中最常

用的施工材料，在公路桥梁主体结构中往往包含众多的混凝土结构，其施工质量对于公路桥梁主体结构的可靠性具有决定性的影响。而混凝土材料具有热胀冷缩的特点，施工过程中容易受外界因素的影响而产生不同类型的裂缝问题，尤其是进行大体积混凝土结构施工时，上述问题更加明显。若公路桥梁混凝土结构因施工质量不佳而出现裂缝问题，轻则影响公路桥梁的耐久性，重则引发结构损坏、桥梁坍塌等严重问题，造成生命财产损失。由此可见，在公路桥梁工程施工建设过程中，必须全面掌握混凝土结构施工的技术要点，重视并做好施工质量控制工作，确保施工的规范性和科学性，以此最大限度保障混凝土结构的施工品质，避免裂缝问题的产生，保证公路桥梁的结构可靠性<sup>[1]</sup>。

## 二、公路桥梁混凝土结构施工技术分析

### （一）配合比设计

进行混凝土结构浇筑施工前，施工单位应结合现场勘探结果、图纸设计要求、实际施工需求等多方因素的考虑，对混凝土材料配比进行针对性地优化，并科学设计混凝土材料配合比，以此确保混凝土材料的理化性能和强度等级满足施工需求，能够达到施工质量标准。混凝土拌和站在制备混凝土材料的过程中，必须严格按照配合比对原材料进行精准称量，严禁擅自调整原材料用量。公路桥梁中包含许多大体积混凝土结构，针对这类结构，在制备其所用混凝土材料时，可采用混凝土原料双掺技术，即在综合考虑多方因素的基础上，以不改变混凝土强度等级为前提，对原材料组成作精细化调整，如改用低水化热水泥，适量掺加矿粉和粉煤灰，加入适量的缓凝成分等，以此减少水泥用量，减缓水泥的水化作用，一定程度上抑制放热反应，使大体积混凝土结构浇筑施工过程中材料内外部温得到均衡，削弱温度因素对混凝土结构的不良影响，确保混凝土结构的施工质量。实际施工过程中可参考下表（见表1）进行混凝土配合比设计<sup>[2]</sup>。

表1 公路桥梁工程混凝土配合比设计参考值

强度等级	坍落度/mm	水泥含量/kg	水含量/kg	中砂含量/kg	碎石含量/kg	粉煤灰含量/kg	减水剂含量/kg
C30	180~220	271	155	795	1054	106	3.78
C35	180~220	286	155	786	1042	111	3.97
C40	180~220	308	155	752	1038	120	4.28

### （二）材料质量控制

混凝土材料的理化性能对于结构施工质量具有决定性的影响，因此，在公路桥梁混凝土结构施工环节，需要做好混凝土材料质量控制工作，确保材料理化性能满

足设计要求和施工需求，以便获得最佳的施工质量。具体而言，可通过以下措施来控制混凝土的材料质量：

（1）严格按照相关规范标准中的要求对原材料规格、品质进行把控。如：细集料中粗砂的细度模数应控制在

3.7~3.1之间,中砂的细度模数应控制在3.0~2.3之间,细砂的细度模数应控制在2.2~1.6之间;粗集料中,严禁使用规格过大的石料和黄皮石。同时,砂的含泥量应 $\leq 3\%$ ,针片状颗粒总含量应 $\leq 10\%$ ,硫酸盐、云母等有害物质的总含量应 $\leq 2\%$ <sup>[3]</sup>;(2)做好混凝土进场质检工作。现阶段公路桥梁工程施工大多使用预拌商品混凝土,施工过程中,施工单位必须提前24h将混凝土需用量、设计强度、配合比、浇筑部位等信息告知商品混凝土站,提前1h通知其开盘,并与其商定混凝土配送时间、路线等事宜,以此保证混凝土送达现场时各项性能指标符合施工要求。混凝土送达现场后,施工单位应会同现场监理人员和生产单位代表开展进场质检工作。首先,检验混凝土配合比报告、运输单、原材料复试报告等文件资料,核对混凝土运输时间是否超限,然后按照相关规范指定的流程和方法,依次检验每车混凝土材料的坍落度并进行试块留置,检验混凝土的强度、耐久性和长期性能。确认送达混凝土材料各项性能符合施工要求后,方可允许进场使用。从而保证混凝土结构的施工质量<sup>[4]</sup>。

### (三) 模板安装施工

模板材质与安全情况也是影响公路桥梁混凝土结构施工质量的一个重要因素。因此,施工单位在进行混凝土结构施工时,必须重视模板施工环节的质量把控,具体技术要点包括:(1)合理选用模板。在选择模板时应重点关注模板的刚度、平整度和材料强度,以此保证模板安装后具有良好的稳定性、承载能力以及密封性,避免出现胀模、漏浆等现象,影响混凝土结构施工质量。同时,所用模板材料应表面平整、洁净,具有良好的吸水性和耐腐蚀性。针对复杂形状的混凝土结构,宜选用竹胶板<sup>[5]</sup>;(2)进行规范化安装施工。模板安装前先按施工图纸进行放线测量,在施工控制网格中找出浇筑构件的中心轴线,并进行定位标记。然后,根据模板组合安装方案在指定位置预埋固定配件。此后,以箱梁阴角模板为施工起点,按照配板图纸进行模板拼装。模板拼装前需彻底清除内表面污物,用砂轮机对表面进行除锈处理,然后均匀涂刷一层厚度超过8mm的脱模剂。拼装时,模板精准对位后应用54mm标准短款销钉和对拉螺栓进行固定。模板组整体拼装完毕前,对拉螺栓不宜扳拧过紧,以便模板进行微调。模板全部组装完毕后,调整各模板位置,使其精准对位,然后锁紧对螺栓,在每个模板背楞连接部位用“U字码”将两个搭接的模板加强筋进行连接固定,箱梁顶部墙柱模板,则通过顶部拉斜支撑的方法进行固定。完成模板加固作业后,认真检验模板的稳定性、密封性和垂直度,通过改变顶部斜拉支撑力的方式,使模板安装情况完全满足设计施工方案的质量要求<sup>[6]</sup>。

### (四) 钢筋施工

钢筋作为混凝土结构的“骨骼”,对结构的力学性能具有决定性的影响。因此,在公路桥梁混凝土结构施工过程中,必须保证钢筋施工的规范性和质量性,以此确保混凝土结构的力学性能达到设计要求。实际施工时应注重以下技术要点的把控:(1)加强钢筋的质量控制。一方面应做好钢筋进场质检和现场保管工作,确保现场钢筋的规格性能、外观质量符合相关规范标准中的要求;另一方面,在钢筋施工前,应核对所用钢筋的类型、规格是否与设计要求一致,确保钢筋施工质量<sup>[7]</sup>;

(2)钢筋加工环节,应先对钢筋进行调直处理,然后根据施工图纸利用切断机、无齿锯等工具将钢筋切割成所需的长度,切割时应保证切割面平整无毛刺。弯曲钢筋时,应使用弯曲机进行冷弯,且弯曲角度、半径等参数应满足设计说明和相关规范的要求;(3)钢筋搭接和安装环节,应严格按照《钢筋焊接及验收规程》JGJ18-2012、《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107-2016等技术规范中的要求,对搭接长度、搭接位置、绑扎方式、焊接方法、焊缝参数等技术要点进行控制,确保钢筋搭接和安装的质量;(4)钢筋笼制作完毕后,需进行细致的质量验收,确保钢筋布设间距、配筋率、焊缝质量、整体垂直度等参数符合设计要求和规范,在此基础上,对钢筋进行全面的防腐防锈处理;(5)在钢筋施工环节,还应按照施工图纸,在准确位置上进行预埋件安装施工。安装过程中,一方面应通过全站仪、经纬仪等精密仪器保证安装位置的精准性,另一方面应按照技术规范中的要求做好防腐防锈处理和防位移处理<sup>[8]</sup>。

### (五) 浇筑施工

振捣浇筑施工是公路桥梁工程混凝土结构施工的核心环节,其施工情况关乎于混凝土结构的安全性和耐久性。在进行此环节施工时,应注重以下技术要点的把握:(1)公路桥梁中,有些混凝土结构的受力筋与分布筋布置较为密集。在浇筑这类混凝土结构时,应采用“串筒溜管下料”的施工技术手段,来精准控制混凝土拌合料的下落走向,避免浇筑时混凝土材料冲击钢筋骨架或模板,影响结构施工质量。浇筑时,应合理控制串筒出料口与浇筑层之间的距离,使混凝土自由倾落高度 $\leq 1.5\text{m}$ ,同时,通过人工操控的方式,尽可能使出料口位置绕开钢筋密集区;(2)为防止浇筑过程中出现离析现象,可采用“每联2次”的浇筑方法,即先浇筑箱梁底板与腹板,后浇筑顶板。作业时,必须保证混凝土下料对称均匀,以免浇筑量不均引发模板偏移,影响结构施工质量;(3)在振捣作业时,通常采用插入式振捣棒进行振捣,施工过程应遵循“快插慢拔”的原则。振捣器水平移动距离不得超过其振捣作用半径的1.5倍,插入深度应探入下层混凝土5cm~10cm为宜。振捣过程中,振捣器不得触碰结构钢筋和模板,单点振捣时间应满足相关技术规范的要求<sup>[9]</sup>。

### （六）养护施工

在混凝土结构浇筑完毕后进行标准化养护，是保证结构施工质量和力学性能的重要技术措施。因此，施工单位必须重视混凝土养护施工，注重以下技术要点的把握：（1）定期进行洒水养护，使结构表面始终保持湿润状态，避免出现表面水分流失过快而出现干缩裂缝的情况。必要时，可向混凝土表面喷涂养护剂；（2）利用草垫、棉被等材料对混凝土结构表面进行覆盖养护，使结构表面与外部环境分隔，避免因日晒、降雨、高温等因素而发生异常固结现象，影响结构质量；（3）根据现场实际情况和混凝土结构特征，科学控制养护时间，通常以标准化养护14d为宜<sup>[10]</sup>。

### 三、公路桥梁混凝土结构施工裂缝控制措施

裂缝是公路桥梁混凝土结构施工最常见的质量问题。按照产生原因可细分为施工冷缝、温度裂缝、干缩裂缝三大类型。其中：施工冷缝的成因主要是分层浇筑时间控制不当，存在非连续施工的情况；温度裂缝产生的原因主要是施工温度控制不当，导致混凝土结构内外温差较大，在温度应力的作用下产生裂缝；干缩裂缝产生的原因主要是混凝土结构表面水分蒸发过快，导致表层材料体积收缩明显，当收缩应力超过材料抗拉强度后，便会产生裂缝。

针对上述问题成因的分析，在进行公路桥梁混凝土结构施工时，施工单位可通过以下技术措施来防控裂缝问题的发生，以此达到优化施工技术，提高施工质量的效果：（1）保证浇筑施工的连续性。在浇筑施工前，应合理规划浇筑施工区域，科学编制施工计划，与商品混凝土搅拌站协商好材料供给方案。然后，在现场配备足够数量的施工设备并全面检查机械设备的功能状态。同时，充分考虑设备故障、意外停电等突发情况，在此基础上制定科学的应急处理方案，配备现场发电设备。通过上述技术管理措施，为连续浇筑施工提供有力保障，避免施工冷缝产生<sup>[11]</sup>；（2）加强施工过程中的温度控制。进行混凝土结构（尤其是大体积混凝土结构）浇筑施工时，必须做好材料温度的实时监测工作，严格按照相关技术规范的要求，对各项温度参数进行把控，如：商品混凝土运抵现场时温度应在5℃~35℃之间，入模时温度不得超过30℃（冬季不得低于5℃）、内表温差不得超过25℃；入模后，混凝土最高温度不得超过50℃；浇筑完毕后材料降温速率不得超过2.0℃/d；浇筑及养护期间，结构表面混凝土温度与环境温度间的温差不得超过20℃；养护静停期间环境温度不得不低于5℃；养护用水温度与结构表面温度间的温差不得超过15℃等。施工过程中，可通过选用水化热相对较低的矿渣水泥、通过配合比优化设计降低水泥用量、适量掺入缓凝剂、在结构内部敷设冷却水管进行通水降温、科学进行保温养护等多项技术措施来强化施工温度的控制，

以此避免温度裂缝的产生<sup>[12]</sup>；（3）在混凝土结构浇筑完毕后，应及时对结构表面进行搓平处理，具体方法为：先用铝合金大杠按照设计标高将混凝土结构表面刮平，然后在混凝土初凝前利用铁滚筒进行滚压，最后用木抹子进行适当的打磨和碾压，以此完全封闭混凝土结构表面裂缝。完成搓平处理后立即进行覆膜养护。以此避免混凝土结构表面水分流失过快，产生干缩裂缝。

### 结语

综上所述，为更好地满足新时代背景下人们对公路桥梁建设品质的要求，相关施工单位在进行公路桥梁工程项目施工建设时，应深刻认识到混凝土结构施工的重要性以及施工质量控制的必要性，在此基础上明确配合比设计、材料质量控制、模板安装、钢筋施工、浇筑施工、养护施工等环节的技术要点并做好相应的技术管控工作，同时分析掌握常见裂缝问题的防控策略，以此确保公路桥梁混凝土结构施工的规范性和科学性，保证公路桥梁的建设品质。

### 参考文献

- [1] 安玉昆. 公路桥梁大体积混凝土常见裂缝及其控制工艺研究[J]. 交通世界, 2023, (23): 98-100.
- [2] 李东鹏. 桥梁工程大体积混凝土施工质量控制要点[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (22): 129-131.
- [3] 刘慧. 混凝土施工技术在桥梁工程中的应用分析[J]. 四川水泥, 2023, (06): 232-234.
- [4] 邓银华. 桥梁工程承台大体积混凝土施工技术及其裂缝控制措施分析[J]. 运输经理世界, 2023, (16): 118-120.
- [5] 王俊达, 鲁明星. 混凝土施工技术在道路桥梁工程施工中的应用[J]. 中国储运, 2023, (06): 168-169.
- [6] 朱斌, 张卫国, 邵文达. 桥梁大体积混凝土水化热控制[J]. 运输经理世界, 2023, (13): 107-109.
- [7] 郭宝瑞. 混凝土施工技术在道路桥梁工程施工中的应用标准[J]. 大众标准化, 2023, (07): 140-142.
- [8] 王磊, 辛崇升, 谭继兴等. 大跨度预应力混凝土桥梁施工控制技术[J]. 冶金管理, 2023, (07): 75-77.
- [9] 李进. 桥梁工程中预应力混凝土结构施工技术应用分析[J]. 四川水泥, 2023, (04): 224-226.
- [10] 刘美菊. 市政桥梁工程大体积混凝土施工质量控制研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(07): 121-123.
- [11] 葛延硕. 道路桥梁施工中混凝土原材料的质量控制[J]. 工程建设与设计, 2023, (06): 204-206.
- [12] 林安周. 市政道路与桥梁工程混凝土施工技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (06): 85-87.