

公路桥梁施工中的混凝土质量控制技术

杨剑波

云南交投集团云岭建设有限公司 云南 昆明 650000

摘要：公路桥梁作为交通基础设施的核心构成，其质量关乎交通运输的安全与效率。在路桥工程领域，混凝土作为核心施工材料，其品质直接关乎桥体结构的承载性能、抗老化特性及运行稳定性。本文深入剖析公路桥梁施工中混凝土质量控制的重要性，并从原材料选取、配合比设计、搅拌与运输、浇筑与振捣、养护等关键环节，全面阐述混凝土质量控制技术，旨在为公路桥梁施工提供精准、全面的混凝土质量控制指引，提升公路桥梁建设质量。

关键词：公路桥梁施工；混凝土质量；控制技术

引言

公路桥梁是交通运输网络的关键节点，承担着繁重的车辆和行人通行任务。随着交通流量的持续攀升和车辆荷载的不断增大，对公路桥梁的质量要求愈发严苛。混凝土凭借其高强度、良好耐久性和强可塑性等优势，成为公路桥梁建设中最常用的建筑材料。然而，混凝土质量存在波动大、易受环境因素干扰等问题。因此，强化公路桥梁施工中混凝土的质量控制，是保障桥梁工程质量的核心环节。唯有严格把控混凝土质量，才能确保公路桥梁在使用过程中具备优良性能和较长使用寿命，降低后期维修与加固成本，保障交通运输的安全畅通。

1 公路桥梁施工中混凝土质量控制的重要性

1.1 确保桥梁结构安全

公路桥梁在服役阶段需抵御交通载荷、风力影响及地震效应构成的复合外力。混凝土质量直接影响桥梁结构的承载能力。例如，若混凝土强度不足，在车辆荷载反复作用下，桥梁结构可能出现过度变形、开裂甚至倒塌等严重事故。据统计，因混凝土质量问题导致的桥梁结构安全事故占比高达[X]%，严重威胁人民群众的生命财产安全。因此，严格控制混凝土质量是确保桥梁结构安全的首要前提。

1.2 提高桥梁耐久性

公路桥梁多处于露天环境，长期遭受大气、水、化学物质等多种因素的侵蚀。优质的混凝土具备良好的抗渗性、抗冻性、抗腐蚀性等耐久性能，能有效抵御外界环境侵蚀，延长桥梁使用寿命。以抗渗性为例，抗渗等级达到P8的混凝土，在标准试验条件下，可承受0.8MPa的水压而不渗水，能有效防止水分和有害物质侵入混凝土内部，保护钢筋免受锈蚀^[1]。相反，质量不合格的混凝土易受侵蚀，导致钢筋锈蚀、混凝土剥落等问题，降低桥梁耐久性，增加后期维修和加固成本。

1.3 保证施工进度和质量

混凝土施工是公路桥梁施工的关键环节，其质量直接影响后续工序的开展和整个工程的质量。若混凝土质量出现问题，如强度不达标、浇筑不密实等，需进行返工处理。这不仅会延误施工进度，还会增加工程成本。据相关研究表明，因混凝土质量问题导致的返工，平均会使施工周期延长[X]天，工程成本增加[X]%。因此，加强混凝土质量控制，能确保施工顺利进行，提高工程质量。

1.4 降低全生命周期成本

从桥梁的全生命周期来看，前期混凝土质量控制对降低后期维护、加固和更换成本具有重要意义。优质的混凝土可减少桥梁使用过程中的病害发生，延长维修周期，降低维修费用。例如，采用高性能混凝土建造的桥梁，其全生命周期成本可比普通混凝土桥梁降低[X]%。相反，质量差的混凝土会导致桥梁频繁出现病害，需投入大量人力、物力和财力进行维修和加固，增加全生命周期成本。

2 公路桥梁施工中混凝土质量控制技术

2.1 原材料质量控制技术

(1) 水泥：选用质量稳定、信誉良好的水泥生产厂家的产品。进场时应检查水泥的品种、强度等级、出厂日期等，并按规定进行抽样检验。检验项目包括水泥的安定性、强度、凝结时间等。只有检验合格的水泥才能用于混凝土施工。例如，对水泥的强度检验，应按标准方法制作和养护水泥胶砂试件，在规定龄期（3d和28d）测定其抗压强度和抗折强度。

(2) 骨料：对骨料进行严格的质量检验，控制骨料的粒径、级配、含泥量、有害物质含量等指标。粗骨料的粒径应符合设计要求和施工规范的规定，细骨料的细度模数应适中。对于含泥量超标的骨料，应进行清洗处理。例如，采用水洗法清洗骨料时，应控制水的流量和

冲洗时间,确保骨料表面的泥土和杂质被清洗干净。

(3)外加剂:根据混凝土的性能要求和施工条件,选择合适的外加剂品种和掺量。外加剂应具有质量证明文件,并进行进场检验,检验项目包括外加剂的减水率、泌水率比、抗压强度比等。使用外加剂时,应严格按照产品说明书的要求进行掺加。例如,在掺加减水剂时,应先将减水剂溶解成一定浓度的溶液,再均匀地加入到混凝土搅拌机中。

(4)水:用于搅拌混凝土的水应符合饮用水标准,不得使用污水、工业废水等。对水质有疑问时,应进行水质检验。检验项目包括水的pH值、氯离子含量、硫酸盐含量等。

2.2 配合比设计质量控制技术

(1)根据工程要求和原材料性能进行配合比设计:结合公路桥梁的设计强度等级、耐久性要求、施工工艺等因素,通过试验确定合理的配合比。在配合比设计过程中,应充分考虑水泥的品种、强度等级、骨料的级配和含泥量、外加剂的种类和掺量等因素^[2]。例如,对于有抗渗要求的混凝土,应适当降低水灰比,增加水泥用量和掺加适量的引气剂。

(2)进行配合比试验验证:依据预先设计好的配合比例开展试配工作,制作出混凝土试件,随后对其开展强度、耐久性等性能试验。根据试验结果,对配合比进行调整和优化,确保混凝土的各项性能指标满足设计要求。例如,通过调整水灰比和砂率,使混凝土的坍落度和强度达到最佳状态。

(3)严格控制水灰比:水灰比是影响混凝土强度和耐久性的重要因素,应严格按照配合比设计要求控制水灰比。在施工过程中,应准确计量各组成材料的用量,避免随意加水。例如,采用电子计量设备对原材料进行计量,计量误差应控制在以下范围内:水泥、掺合料 $\pm 1\%$,粗、细骨料 $\pm 2\%$,水、外加剂 $\pm 1\%$ 。

2.3 搅拌与运输质量控制技术

(1)搅拌:选用合适的搅拌设备,确保搅拌能力满足施工要求。严格按照配合比设计要求计量各组成材料的用量,计量误差应符合规范要求。控制搅拌时间,一般搅拌时间不应少于规定的最短搅拌时间,确保混凝土各组成材料充分混合均匀。例如,采用双卧轴强制式搅拌机搅拌混凝土时,搅拌时间可根据混凝土的坍落度和搅拌机容量确定,一般为60-90s。

(2)运输:挑选适配的运输设备,像混凝土搅拌运输车这类,保障运输时混凝土不会出现离析、泌水等情况。运输时间应尽量缩短,在高温或低温环境下,应采

取相应的保温或隔热措施。在运输过程中,应保持运输工具的密封性,防止混凝土水分蒸发。例如,在夏季高温天气运输混凝土时,可采用湿布覆盖搅拌罐的方法,降低混凝土的温度。

2.4 浇筑与振捣质量控制技术

(1)浇筑:制定合理的浇筑方案,根据桥梁结构的特点和施工条件,确定浇筑顺序、浇筑高度和浇筑速度。浇筑时应连续进行,避免出现冷缝。对于大体积混凝土浇筑,应采取分层浇筑、分层振捣的方法,控制每层浇筑厚度。例如,大体积混凝土分层浇筑时,每层浇筑厚度不宜超过300mm。

(2)振捣:选用合适的振捣设备,如插入式振捣棒、平板振捣器等。振捣时应快插慢拔,振捣棒插入深度应达到下一层混凝土表面以下一定距离,确保上下层混凝土结合良好。振捣时间应根据混凝土的坍落度和振捣效果确定,通常以混凝土表面不再沉降、没有气泡逸出、表面出现浆液为佳。避免振捣棒碰撞模板、钢筋和预埋件^[3]。例如,使用插入式振捣棒振捣混凝土时,振捣棒与模板的距离不应小于振捣棒作用半径的0.5倍。

2.5 养护质量控制技术

(1)制定养护方案:根据混凝土的性能要求和环境条件,制定合理的养护方案。养护方法包括自然养护、蒸汽养护等,对于一般混凝土结构,通常采用自然养护方法。

(2)控制养护时间和温湿度:混凝土浇筑完成后,应及时进行养护。养护时长要结合水泥种类、混凝土强度级别以及环境状况等因素确定。通常,用普通硅酸盐水泥配制的混凝土,养护时间不得少于7天;掺了缓凝型外加剂或有抗渗需求的混凝土,养护时间不少于14天。养护时,要让混凝土表面保持湿润,可采用覆盖塑料薄膜、草帘等方法进行保湿养护。在高温或低温环境下,应采取相应的降温或保温措施,控制养护温度。例如,在冬季低温环境下养护混凝土时,可采用暖棚法、蒸汽养护法等方法,确保混凝土不受冻。

2.6 环境因素控制技术

(1)高温环境下的质量控制:在高温环境下施工时,应采取降低混凝土的入模温度,如对骨料进行遮阳防晒、加水冷却等。缩短混凝土的运输时间,加快浇筑速度,避免混凝土在运输和浇筑过程中水分蒸发过快。浇筑结束之后,需马上开展覆盖养护,避免混凝土表面水分散失。例如,在夏季高温天气施工时,可将骨料堆放在阴凉处,并在骨料堆上喷水降温。

(2)低温环境下的质量控制:在低温环境下施工

时,应采取保温办法,比如给原材料加热、对混凝土搅拌站及运输工具做保温处理等,保证混凝土入模温度不低于5℃。浇筑完成后,应及时采用保温材料进行覆盖养护,防止混凝土受冻。对于重要结构,可采用蒸汽养护等方法提高混凝土的早期强度^[4]。例如,在冬季施工时,可采用热水搅拌混凝土,并对搅拌站和运输车进行保温处理。

(3)大风天气下的质量控制:在大风天气施工时,应采取防风措施,如设置挡风屏障等,减少混凝土表面水分蒸发。加强对混凝土表面的养护,增加养护次数,确保混凝土表面湿润。

3 公路桥梁施工中混凝土质量检测与评定

3.1 质量检测内容

(1)强度检测:强度是混凝土的重要性能指标,通常采用立方体试件抗压强度试验来检测混凝土的强度。在施工过程中,需依制作混凝土试件,于标准养护环境养至规定龄期,再开展抗压强度试验。例如,每100m³同配合比的混凝土,取样不得少于一次;当一次连续浇筑超过1000m³时,每200m³取样不得少于一次。

(2)耐久性检测:耐久性检测包括抗渗性、抗冻性、抗腐蚀性等指标的检测。根据工程要求和环境条件,选择相应的检测项目进行检测。例如,对于处于潮湿环境或有侵蚀性介质环境中的桥梁结构,应进行抗渗性和抗腐蚀性检测。抗渗性检测可采用渗水高度法或逐级加压法,抗冻性检测可采用慢冻法或快冻法。

(3)外观质量检测:外观质量检测的核心在于评估混凝土表面平整度及缺陷情况,重点关注裂缝、蜂窝、麻面等瑕疵的存在性。针对检测不达标的区域,需立即启动修复流程。具体而言,当表面裂缝宽度小于0.2mm时,推荐采用表面封闭技术进行修补;若裂缝宽度超过0.2mm,则建议实施压力注浆工艺进行处理。

3.2 质量评定方法

(1)根据检测结果进行评定:按照相关标准和规范的要求,对混凝土的质量检测结果进行评定。对于强度

检测,应将试件的抗压强度值与设计强度等级进行比较,评定混凝土的强度是否合格。例如,当混凝土试件的抗压强度平均值不低于设计强度等级值,且其最小值不低于设计强度等级值的95%时,可判定混凝土强度合格。对于耐久性检测和外观质量检测,应根据相应的评定标准进行评定。

(2)综合评定:综合考虑混凝土的强度、耐久性、外观质量等检测结果,对混凝土的整体质量进行综合评定。需确保所有检测项目均满足标准,方可确认混凝土质量达标。

结语

公路桥梁工程中的混凝土品质管控属于系统性工程,涵盖材料选型、配比优化、拌合运输、浇筑振实及后期养护等多道工序。影响混凝土质量的因素众多,包括原材料质量、配合比设计、施工工艺、环境因素等。为确保公路桥梁施工中混凝土的质量,必须采取全面、有效的质量控制技术,加强对各个环节的管理和监控。通过严格的质量检测和评定,及时发现和处理混凝土质量存在的问题,保证混凝土的质量符合设计要求和相关标准规范。只有这样,才能建设出质量可靠、耐久性好的公路桥梁,为交通运输事业的发展提供坚实保障。同时,随着科技的不断进步和施工技术的持续创新,应积极探索和应用新的混凝土质量控制技术和方法,不断提升公路桥梁施工的质量水平。

参考文献

- [1]卓成.高速公路桥梁施工中混凝土质量控制[J].运输经理世界,2024,(33):58-60.
- [2]王沛然.现浇混凝土公路桥梁施工质量控制措施[J].交通世界,2022,(26):135-137.
- [3]倪凯男,饶健.公路桥梁施工中混凝土质量要求与控制方法[J].交通世界,2022,(11):110-111+114.
- [4]刘雄礼.浅析公路桥梁桩基施工技术及混凝土的质量控制[J].汽车周刊,2025,(04):217-219.