

水利工程混凝土施工技术及其质量控制要点研究

李耀宗 李志

菏泽市水利工程项目管理有限公司 山东菏泽 274000

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19679

[摘要] 水利工程是关系国计民生的重要基础设施,混凝土则是水利工程中应用最广、用量最大的核心建筑材料,无论是大坝、水闸、渡槽,还是堤防、泵站等结构,都离不开混凝土施工。混凝土施工质量直接决定了水利工程的结构安全、使用寿命和运行稳定性,一旦施工技术把控不到位、质量管控存在漏洞,很容易出现裂缝、强度不足、渗漏、蜂窝麻面等问题,轻则影响工程外观,重则威胁防洪、供水等核心功能。本文结合水利工程现场施工实际情况,梳理水利工程混凝土全流程施工技术,针对性提出全过程质量控制要点,为水利工程混凝土施工提供参考,保障工程建设质量达标。

[关键词] 水利工程; 混凝土施工; 施工技术; 质量控制

引言

近些年来,我国水利基础设施建设力度不断加大,水库除险加固、河道综合治理、灌区现代化改造、城乡防洪排涝等各类工程持续推进。混凝土作为水利工程中最常用的主体结构材料,应用场景也越来越复杂,相应对施工技术和工程质量的要求也在不断提高。和普通建筑混凝土相比,水利工程中的混凝土大多长期处于水下、潮湿或冻融交替的环境中,还要承受水流冲刷、土压力、温度变化等多种作用,因此在抗渗、抗冻、抗裂以及长期耐久性等方面,都有着更为严格的标准。在实际施工过程中,混凝土施工涉及原材料、配合比、搅拌、运输、浇筑、养护等十几个环节,整个流程环环相扣,任何一个环节出现疏忽,都可能引发一连串的质量问题。但从当前不少水利项目的实际情况来看,受施工环境复杂、人员技术水平不一、现场管理不够完善等因素影响,混凝土施工仍然存在不少常见通病,部分项目的质量管控也存在流于形式、落实不到位的情况。在这样的背景下,针对水利工程混凝土施工技术及其质量控制要点展开研究,总结实用、可行的管控方法,对提升工程建设质量、保障水利工程长期安全稳定运行,具有十分重要的现实意义。

1. 水利工程混凝土施工技术

1.1 原材料选用与质量控制

原材料可以说是混凝土质量的根本,水利工程因为使用环境特殊、结构安全性要求高,对原材料的把控自然要比一般建筑工程更加严格,每一种进场材料都要经过认真筛选和检测。水泥方面,优先选用中低热硅酸盐水泥,这种水泥水化热比较低,能有效降低大体积混凝土内部的温度,减少开裂的可能。水泥进场时,必须仔细核对出厂合格证和检测报

告,进场后还要按批次复检强度、安定性和凝结时间,受潮、结块或者超过保质期的水泥,一律不得使用。搅拌混凝土优先使用饮用水,如果采用天然水,必须先进行检测,工业废水、污水以及含有腐蚀性物质的水坚决不能使用。外加剂是改善混凝土工作性能的重要材料,水利工程中常用减水剂、引气剂、缓凝剂等,使用前一定要和水泥做适配试验,精确控制掺量。粉煤灰、矿渣粉等掺合料,能够降低水化热、改善混凝土和易性,进场前同样要检测活性指数、烧失量等关键指标。

1.2 混凝土配合比设计技术

配合比直接决定了混凝土的强度、抗渗、抗裂等性能,是混凝土质量控制的核心环节。水利工程的混凝土配合比不能直接套用标准,必须结合工程部位、使用环境和现场施工工艺专门设计。设计时要遵循强度达标、耐久可靠、工作性适宜、经济合理的原则,先根据设计强度算出配制强度,再确定水胶比、砂率、胶凝材料用量等关键数值。其中水胶比最为关键,普通水利混凝土水胶比不大于0.55,有抗渗、抗冻要求的混凝土不大于0.45,砂率控制在32%~36%,保证混凝土拌合物不离析、不泌水。配合比必须在试验室经过试配和调整,检测坍落度、强度、抗渗等指标,合格并报监理审批后,才能用于现场施工。施工过程中,如果骨料含水率、环境温度发生变化,要及时调整用水量,严禁现场随意加水。对于大体积混凝土,应采用双掺技术,同时掺入粉煤灰和减水剂,减少水泥用量,进一步降低水化热。

1.3 搅拌与运输施工技术

混凝土搅拌一般采用强制式搅拌机,所有材料都要精准计量,计量误差严格控制在规范范围内,其中水泥、掺合料、

外加剂的误差不超过1%，骨料和水的误差不超过2%。搅拌时间不少于90秒，保证拌合物均匀，没有结块、离析等现象。混凝土运输多采用专用搅拌罐车，运输过程中罐体保持低速转动，防止混凝土分分离析，同时严格控制运输时间，常温环境下不超过90分钟，高温季节不超过60分钟，避免坍落度损失过大。运输路线要提前规划，确保浇筑作业连续进行，运输途中严禁向罐内加水，到达现场后坍落度不满足要求的，一律退回处理，不得勉强使用。

1.4 模板与钢筋施工技术

模板相当于混凝土成型的模具，直接影响外观尺寸和成型质量，水利工程大多使用钢模板，要求表面平整、尺寸准确、支撑牢固，接缝严密不漏浆。模板安装前要涂刷脱模剂，拼接位置用密封胶条封堵，支撑体系要有足够的强度和刚度，防止浇筑时出现涨模、跑模。浇筑前，还要将模板内部的杂物、积水清理干净。

钢筋施工要严格按照设计图纸绑扎，钢筋的规格、间距、搭接长度都要符合规范要求，绑扎完成后放置足够的保护层垫块，确保钢筋位置准确，避免后期出现露筋问题。

1.5 混凝土浇筑与振捣技术

混凝土浇筑前，要先对基层进行湿润处理，并铺设2-3cm厚同配合比的水泥砂浆，保证新老混凝土结合紧密。浇筑时采取分层分段的方式，分层厚度控制在30-50cm，相邻两层的浇筑间隔不能超过初凝时间，防止出现冷缝。大体积混凝土宜采用薄层连续浇筑，减少水化热积聚。振捣是保证混凝土密实度的关键工序，现场多使用插入式振捣器，按照快插慢拔、均匀布点的要求操作，振捣至表面泛浆、无气泡排出即可，振捣间距不大于振捣半径的1.5倍，既要避免因漏振造成不密实，也要防止过振导致混凝土离析。振捣过程中，不能触碰模板和钢筋，以免造成模板变形、钢筋移位。水下混凝土采用导管法浇筑，施工中要严格控制导管埋深和提升速度，保证浇筑质量。

2. 水利工程混凝土施工常见质量问题及成因

2.1 混凝土裂缝问题普遍且危害大

在水利混凝土施工过程中，裂缝是最常见、也是影响最大的质量问题，常见的主要有表面收缩裂缝、温度裂缝，以及危害较大的贯穿裂缝等。出现裂缝的原因主要有这么几方面：一是大体积混凝土在施工时水化热控制不到位，结构内外温差过大，在温度应力作用下发生开裂；二是混凝土养护不及时、养护时长不够，表面水分蒸发过快，进而形成干缩

裂缝；三是配合比设计不合理，水胶比偏大、水泥用量过多，导致混凝土收缩变形过大；四是地基出现不均匀沉降，或是结构受力设计不合理，引发结构性裂缝。裂缝一旦产生，会直接破坏混凝土的整体性，不仅容易引发渗漏，还会造成内部钢筋锈蚀，大幅降低工程的耐久性和使用寿命。

2.2 蜂窝、麻面、孔洞等外观缺陷多发

蜂窝、麻面、孔洞是混凝土施工中很容易出现的外观质量问题。蜂窝指的是石子聚集、砂浆不足而形成的空隙，麻面是表面气泡过多、平整度差，孔洞则是振捣不到位形成的空心区域。造成这类缺陷的原因主要有：模板拼接不严密，浇筑过程中出现漏浆；振捣操作不规范，存在漏振或是振捣时间不足的情况，混凝土密实度达不到要求；配合比不合适，混凝土和易性差，石子比例过高、砂浆偏少；浇筑前基层清理不彻底，杂物混入混凝土中影响成型质量。这些问题不仅影响工程外观，还会降低结构的承载能力和抗渗性能。

2.3 混凝土强度达不到设计要求

混凝土强度无法满足设计要求，属于较为严重的质量隐患，出现这种问题的原因主要有五点：一是原材料质量不达标，比如水泥过期失效、砂石含泥量超标、掺合料质量不合格等；二是配合比设计不合理，或是现场施工人员随意加水、擅自改动配合比，造成水胶比失控；三是搅拌时间不足，混凝土拌和不均匀，再加上振捣不密实，影响后期强度；四是养护条件较差，混凝土早期受冻或是长时间暴晒，强度增长受到阻碍；五是试块制作、养护流程不规范，导致检测结果不能真实反映混凝土强度。

2.4 结构渗漏问题突出

水利工程长期处于水环境中，渗漏问题会直接影响工程的正常使用功能。渗漏大多出现在施工缝、变形缝，以及裂缝、蜂窝孔洞等薄弱位置，主要成因有：施工缝处理不规范，新旧混凝土结合不紧密；止水带安装位置偏移、出现破损；混凝土抗渗等级达不到设计要求，且振捣不密实；前期出现的裂缝、孔洞等缺陷没有及时处理修复。长期渗漏会加快工程结构老化，情况严重时甚至会导致工程无法正常运行。

2.5 施工过程管理不规范

除了技术问题，管理漏洞也是质量问题频发的重要原因。部分项目施工人员专业水平低，关键岗位无证上岗，质量意识薄弱；技术交底流于形式，操作人员不按规范施工；原材料进场复检不严格，不合格材料流入现场；施工过程缺乏旁站监督，违规操作不能及时纠正；质量验收走过场，缺陷处

理不彻底, 这些问题都会直接导致混凝土质量失控。

3. 水利工程混凝土施工质量控制要点

3.1 做好前期准备

想要从根本上避免混凝土出现质量问题, 前期的准备工作一定要做扎实。在正式施工前, 要先编制针对性强的施工方案, 把具体的施工工艺、质量标准、温度控制措施以及常见质量问题的预防方法都写清楚, 再对施工班组进行认真的技术交底, 让现场操作人员真正明白每一步该怎么做、要达到什么标准。原材料方面更要严格把关, 所有进场材料都要检查合格证明, 按要求进行复检, 不合格的材料坚决不能用, 并且要分类堆放、做好标记。同时提前完成混凝土配合比的设计和试配工作, 对搅拌、运输、振捣等机械设备进行检查调试, 确保设备运转正常。再把各项管理制度完善起来, 明确每个岗位的质量责任, 为后续施工打下牢固基础。

3.2 严控施工全过程

施工过程中的质量把控, 是整个质量管控工作的核心, 必须对每一道工序都盯紧抓实。搅拌时要严格按照审批后的配合比下料, 精准计量, 绝对不允许现场随意加水。运输过程要保证连续顺畅, 防止混凝土出现离析。浇筑和振捣要按照规范分层进行, 安排专人现场旁站监督, 施工缝、变形缝要按工艺认真处理, 止水设施安装位置必须准确。每个工作班都要检测混凝土坍落度, 按规定制作标准养护试块和同条件养护试块, 实时掌握强度发展情况。同时做好施工记录, 把浇筑时间、现场温度、浇筑方量、质量情况等内容如实记录下来, 保证资料真实可查。一旦发现模板变形、漏浆、振捣不到位等问题, 要立刻停工整改, 不留隐患。

3.3 事后质量控制

混凝土拆模之后, 要第一时间对外观质量进行全面检查, 把蜂窝、麻面、裂缝、露筋等问题详细记录下来, 根据缺陷的类型和严重程度分别处理。小面积的麻面、蜂窝, 可以把松散部分剔除干净后用水泥砂浆修补; 孔洞和较深的裂缝, 要凿到密实部位, 再用高一强度等级的混凝土或者灌浆材料处理; 贯穿性裂缝则要采用压力灌浆的方式封堵。按照规范要求完成回弹、钻芯、抗渗等检测项目, 验收合格后才能进入下一道工序。还要建立质量台账, 及时总结施工中出现的经验和教训, 优化后续施工工艺, 避免同样的缺陷反复出现。

3.4 人员与管理体系控制

人是保证施工质量最关键的因素, 必须加强对施工人员的培训, 提高他们的专业技能和质量意识, 重要岗位一定要

做到持证上岗。建立起施工单位自检、监理单位抽检、建设单位督查的三级质量管控体系, 把质量责任落实到具体个人, 执行相应的奖惩制度。定期开展质量检查, 对违规操作、质量不达标的班组和个人严肃处理, 让质量管控真正从“嘴上说说”变成“必须执行”的硬要求。同时加强和设计、监理等单位的沟通配合, 及时解决施工中遇到的技术难题, 形成多方共同抓质量的良好局面。

3.5 大体积混凝土专项质量控制

水利工程里的大体积混凝土很容易出现裂缝, 必须采取专门的质量控制措施。优先选用水化热较低的水泥, 适当增加粉煤灰掺量, 从材料上减少水化热产生。施工时采用薄层连续浇筑的方式, 延长浇筑时间, 避免热量过度集中。提前预埋测温设备, 实时监测混凝土内部和表面的温差, 一旦超出规范要求, 马上采取保温或者降温措施。同时适当延长养护时间, 做好表面的保温保湿工作, 从施工工艺上最大限度降低开裂风险。

结束语

混凝土施工是水利工程建设的核心工序, 其技术把控和质量管控贯穿工程建设全过程, 直接关系到水利工程的安全运行和使用寿命。水利工程混凝土施工环境复杂、要求严格, 只有熟练掌握原材料管控、配合比设计、浇筑振捣、温控养护等全流程施工技术, 才能保证施工规范性。在实际施工中, 要坚持技术可行、管理到位、质量优先的原则, 把理论规范和现场实际结合起来, 用通俗易懂、贴合一线的方式落实质量管控措施, 及时处理各类质量缺陷, 才能保证混凝土结构满足强度、耐久性、抗渗性要求, 充分发挥水利工程防洪、灌溉、供水等综合效益, 为我国水利事业高质量发展提供坚实保障。

[参考文献]

- [1] 袁邦陆. 水利工程施工中控制混凝土裂缝技术分析[J]. 价值工程, 2025, 44 (25): 81-84.
- [2] 桑田. 水利工程施工中的混凝土防渗墙施工技术[J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025 (24): 113-115.
- [3] 张炳辉. 水利工程混凝土施工质量隐患识别与应对措施探讨[J]. 低碳世界, 2025, 15 (08): 124-126.
- [4] 张燕娥. 水利工程中混凝土施工管理及其质量控制措施[J]. 中国水泥, 2025 (08): 95-97.
- [5] 杨阳. 水利工程混凝土施工技术及其设备质量控制对策分析[J]. 中国设备工程, 2024 (14): 229-231.