

水工混凝土结构耐久性设计策略分析

王亚东

长江勘测规划设计研究有限责任公司, 中国·湖北 武汉 430010

摘要: 水工混凝土是水利水电工程中不可或缺的一环, 其耐久性对整体工程的安全与使用年限有很大影响。为了保证在不同外界条件下的功能性和完整性, 混凝土结构耐久性设计是一个重要的问题。在工程设计中, 既要兼顾材料的选用与配合, 又要注重结构的细部设计、施工技术和维修保养管理。因此, 论文对水工混凝土结构耐久性设计策略进行了分析, 以期采用合理的设计手段来改善水工混凝土的长期使用寿命。

关键词: 水工混凝土; 结构耐久性; 设计策略

Analysis of Durability Design Strategies for Hydraulic Concrete Structures

Yadong Wang

Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract: Hydraulic concrete is an indispensable part of water conservancy and hydropower engineering, and its durability has a great impact on the safety and service life of the overall project. In order to ensure functionality and integrity under different external conditions, durability design of concrete structures is an important issue. In engineering design, it is important to consider both the selection and coordination of materials, as well as the detailed design, construction techniques, and maintenance management of the structure. Therefore, this paper analyzes the durability design strategy of hydraulic concrete structures, in order to adopt reasonable design methods to improve the long-term service life of hydraulic concrete.

Keywords: hydraulic concrete; structural durability; design strategy

0 前言

在水利水电工程中, 为了保证工程的长期、平稳运营, 水工混凝土的结构耐久性问题尤为重要, 由于其处于复杂的水文地质环境中, 面临冲蚀、冻融和化学侵蚀等诸多问题。为此, 研究水工混凝土结构的耐久性设计对策, 是防止或减轻这种负面效应的关键。论文将探讨水工混凝土结构耐久性设计的关键因素, 分析如何通过合理的设计策略来延长结构的服务寿命, 并确保水利工程的可持续性和安全性。

1 影响水工混凝土结构耐久性的主要因素

1.1 原材料质量

原材料质量直接关系到水工混凝土结构的耐久性。混凝土是一种包括水泥和细集料在内各种物质的混合物。目前市面上使用的水泥品种较多, 而各种品种的水泥其成分及性质差别较大, 直接关系到混凝土的耐久性。例如, 水泥水化热高, 骨料含泥量超标, 用水中氯、碱含量超标, 或者水胶比偏高, 均会对混凝土结构的耐久性产生不良影响。因此, 确保原材料的优质是提高水工混凝土结构耐久性的重要前提。通过优化设计指标, 如控制水胶比、选择适宜的水泥和骨料、合理使用矿物掺合料和高效减水剂, 可以有效提升混凝土的耐久性^[1]。

1.2 构造设计问题

构造设计问题也是影响水工混凝土结构耐久性的重要

因素。设计时, 如果未根据其使用条件及建筑使用年限等因素, 未针对水泥、骨料、外加剂等方面的特殊需求, 或缺乏对构件构造及几何尺寸的最优控制, 导致混凝土产生应力集中, 就会降低其耐久性。另外, 对于非荷载条件下的混凝土体积收缩问题, 在进行水工混凝土结构设计时, 往往忽略了其在非荷载下的体积收缩, 从而造成了较大的破坏。

1.3 施工质量问题

施工质量问题是影响水工混凝土结构耐久性的重要因素之一。在建筑工程中, 若配合不好, 水泥的配比不均衡, 特别是用水量太大, 则会造成混凝土浇筑后的密实度不够, 易出现开裂。这种类型的混凝土在遭遇渗水、冻融等不利条件时, 将对其施工品质产生不利影响。同时, 由于人员自身素质也是一个重要的方面, 如果没有足够的专业知识, 就会在工程施工中出现一些问题, 进而降低工程的使用寿命。

1.4 工作环境问题

温度、湿度、冻融循环、碳化和钢筋腐蚀等环境会对混凝土结构耐久性产生重要的影响。由于水、热等因素的共同作用, 使得水泥、集料等材料发生收缩膨胀, 在其内部形成非均匀拉伸应力, 从而引起混凝土致密化, 导致结构疏松、开裂等问题。在此过程中, 由于冻融循环, 混凝土孔隙中的水被冻结并形成应力, 温度升高时又化成水, 会对混凝土的结构造成破坏, 引起表层剥离、内裂, 从而使其强度(如抗压、回弹)下降^[2]。

2 水工混凝土结构耐久性设计策略

2.1 原材料质量控制

为了保证水工混凝土结构的耐久性,必须对原材料进行严格的质量控制。首先,对骨料、掺合料等原料要严格按照工作环境及工程要求进行严格的选择,以确保产品的品质。由于原材料好坏对混凝土使用寿命有很大的影响,所以选用好的材料是改善其结构耐久性的前提。在选用原材料的时候,不仅要对其强度、载荷等重要参数进行测试,而且要注意化学组成、干燥收缩等特征。通过对所用材料的理化性能进行测试,可以保证其符合耐久性的需要,从而防止由于材料品质差而引起的耐久性降低。其次,为了提高混凝土结构的耐久性,对其进行合理配比设计也起到了一定的作用。合理的原材料配比可以保证其在浇筑完成后具备优良的物理机械特性,是保证混凝土长期稳定与安全的关键。为了使混凝土具有最好的工作特性,在进行混合料配制时,必须充分考虑水泥、砂子、石子、掺合料等材料的类型、配比及掺入量。然后,为避免碱-集料反应及钢筋腐蚀等问题,还需加强对混凝土中碱、氯离子浓度的控制。因此,只要加强对原材料的质量控制,对混凝土进行科学的配比,就能提高其耐久性。这既包含了对材料理化性能的检验,也包含了对混凝土浇筑时的开裂、加强筋防护等方面的控制。

2.2 混凝土结构设计优化

在水工混凝土结构耐久性设计中,混凝土结构设计优化是提升结构性能的关键策略。第一,要根据水利水电工程的具体条件,如基础承载力、荷载分配等,对其进行体型及框架的设计。这种设计方案保证了混凝土在真实工况下的稳定性与耐久性。通过进行科学的设计框架,可以使其更好发挥应有的作用。这包括设计合理的钢筋厚度,以增强结构的耐久性。加强筋的合理布置直接影响着结构的承载能力,同时对防止裂缝扩展和提高混凝土耐久性具有十分重要的意义。第二,考虑到混凝土的特殊特点,沉降缝和伸缩缝的布置具有一定的科学意义。通过对节点位置的适当布置,可以有效缓解温度变化和荷载作用下所造成的内应力,减少裂纹的发生,进而提升混凝土的耐久性。因此,在对混凝土结构进行合理的设计时,应充分考虑受力状态,以保证其在不同载荷下的工作能力及耐久性。因此,在结构设计的最优方案中,包含了结构尺度、框架结构、钢筋布置和结构节点的设定等内容。通过以上研究,可有效提高水工混凝土的耐久性,并保障水利水电工程的长效稳定性^[3]。

2.3 施工工艺提升

施工工艺提升是水工混凝土结构耐久性设计的关键环节。首先,改进施工工艺可以明显提升工程的质量,这就需要施工人员具有一定的资格和丰富的工作经历。经过专业培训及资格鉴定,保证工程队伍符合高水准的工作要求,提高工程品质。在工程开始之前,详细调查了解水利工程周边的环境状况和交通状况,为制定科学的混凝土结构提供依据。

这一步骤能够为混凝土的设计提供必要的现场数据支持,确保设计方案能够适应实际的施工环境和条件。其次,在保证工艺技术标准化的前提下,确保施工技艺的规范性,对提高混凝土结构的耐久性至关重要。标准化的施工工艺可以降低工程中的误差与重复,提升工程的工作效率,并降低工程的环保问题。然后,科技创新也是提高施工工艺的一个重要手段。随着数字化时代的到来,BIM技术的应用越来越多,以3D建模为基础,以虚拟的方式进行设计、施工和运营,极大提高了工程的可视化与模拟水平。BIM技术能使设计人员提前发现工程中可能出现的问题,并对其进行优化,从而降低工程实践中出现的误差和重复劳动。同时,对施工过程进行优化也是必不可少的。通过对已有的工程进行过程分析,识别生产过程中存在的“瓶颈”与“浪费”,采用精益建造和持续改进等技术手段,降低“冗余”,加快施工进度。此外,在生产过程中,原料、设备革新也是提高生产效率的一个主要途径。因此,大力发展绿色建材,如再生混凝土、高耐久性建材等,既可降低对生态的冲击,又可减少长期运行所需的维修费用。在设备层面,通过引进无人机巡检、机器人焊接等智能、自动设备,降低人工劳动,提高施工精度和效率。

2.4 混凝土配合比控制

在保证混凝土长期使用寿命的前提下,对其进行合理的配合比控制是一个重要步骤。首先,要考虑到混凝土的使用年限、周围自然环境和结构类型等,应对其配合比进行适当的选择。这主要是为了保证混凝土理化性能符合耐久性的需要,选用适当的骨料、水泥和掺合料等。水胶比和水泥用量是影响混凝土耐久性的重要因素,必须满足标准性要求。适当的水胶比能增加混凝土的密实性,降低渗水,进而达到提高抗冻性、抗渗性的目的。通过对水泥掺入量的合理调控,保证其稳定、耐久,防止过量掺入水泥引起的裂缝。其次,对混凝土的输送、浇筑等工序也应加以重视。由于运输状况、浇筑方式等因素都会对其耐久性造成一定的影响,所以要结合工程的具体情况,对其进行适当的调节,从而保证混凝土在施工中具有良好的流动性^[4]。最后,坍落度作为评价混凝土耐久性的一个主要参数,适宜的坍落度能有效减小其收缩。通过对坍落度的控制,可以减小裂纹,改善混凝土的均匀性,加强其耐久性。因此,混凝土配合比控制是水工混凝土结构耐久性设计中的一个重要方面。通过对混凝土进行科学的配合比设计,能够有效改善混凝土的密实性、抗渗性和抗冻性,降低开裂率,进而改善其耐久性。

2.5 混凝土保护层厚度控制

对混凝土保护层的厚度进行合理控制是保证其耐久性的关键。保护层具有防止外部腐蚀、提高结构使用年限的功能。在安装垫块时,要求垫块具有与主体相同的强度及耐久性,以保证其在整体中起到作用。为了确保混凝土保护层的均匀、连续,对垫块的形状、大小也有一些规定。对保护层

厚度进行科学的分析与计算,是改善混凝土结构耐久性的重要手段。在确定保护层厚度时,应充分考虑其使用环境、使用寿命和多种腐蚀因子。例如,在强腐蚀的环境下,为了提高附加的保护,可以提高保护层的厚度。此外,保护层厚度还会对其收缩、徐变起到一定的作用,故应准确进行合理的厚度设计,以减小其收缩、减少开裂的风险。在工程实践中,有时会遇到保护层与设计不符的现象。这种情况下,应通过改变垫块的位置、增加保护层厚度等方法对其进行适当的处理。采取上述措施,可以保证混凝土结构耐久性不受保护层厚度的影响。

2.6 混凝土浇筑质量控制

在水工混凝土结构耐久性设计策略中,混凝土浇筑质量控制是确保结构长期性能和稳定性的关键环节。首先,在混凝土浇筑之前,必须做好细部工作,如在混凝土表面铺设一层足够厚的水泥浆,以保证基层的平整与黏结,以降低空洞、开裂的风险。其次,当工作性能不好时,也不能直接往表层掺水,这样就会使水泥的水胶比发生变化,从而对水泥砂浆的最后强度及耐久性产生不利影响。而采用振捣等方法对其工作性能进行改进,可以保证混凝土较好的流动性及塑性,使其易于浇筑成型。另外,为了避免因水累积而引起的混凝土强度不均匀、耐久性能降低,施工中应注意的问题之一就是将其排除^[5]。最后,对混凝土进行合理的养护管理也是十分必要的,因为养护不当,会对其使用性质产生不利影响。已有研究表明,过量使用阻聚剂不会对混凝土的 pH 值造成明显影响,但是会对其凝固过程造成一定影响,特别是当阻聚剂超过 10 倍时,混凝土的凝固时间将增加到 38 天。因此,为了保证混凝土的及时凝结,必须适当地控制其用量。

2.7 后期维护与检测

水工混凝土结构的后期维护与检测是确保其耐久性的重要环节。在结构使用完毕后,应由有关单位对其进行经常性的检验,并加以合理的监管。在此期间,根据实测资料,对混凝土的使用年限进行评价,特别是对施工现场进行检测,使之能够及早地进行预防。周期性监测与安全性评价是

科学评价混凝土耐久性的基础,可以有效预测与防治工程中可能出现的问题。在施工过程中,若发现有碳化、剥落等缺陷,必须及时加以治理。环境因素、材料老化、工程质量等因素都会导致混凝土出现裂缝,通过对混凝土进行养护维修,可以有效避免裂缝的扩大,提高混凝土的使用年限。例如,采用高性能混凝土,能够减小漏水通道,堵住孔洞,增强结构的抗震性能。另外,在工程中增设防护手段,完善水工混凝土的结构体系,对改善结构的耐久性具有重要意义。为了防止外部环境渗透到混凝土中,对钢筋产生锈蚀,设计者必须结合具体的工程条件进行合理选择。同时,结构的浇筑方式应采用整体浇筑,确保结构位置不会对混凝土结构的耐久性造成破坏。工作人员需要不断提高自身的设计理念、专业知识,并加强技能方面的学习,以保证水工设计的有效性、合理性以及科学性。

3 结语

总之,论文从材料选择、结构设计、施工工艺及后期养护等多方面考虑,对水工混凝土结构进行了长期耐久性的研究。通过本项目研究,可以有效降低结构在使用期间的损坏与劣化程度,进而提高其使用寿命。混凝土结构的耐久性是水利水电工程可持续发展的关键。因此,通过对其进行进一步的研究,可以为中国今后的水利建设,提供更为安全、耐用的新型混凝土施工材料。

参考文献:

- [1] 张昆.水工混凝土结构耐久性影响因素分析及控制[J].绿色环保建材,2020(4):14+16.
- [2] 冯卓.水工混凝土结构耐久性影响因素分析及控制[J].河南水利与南水北调,2020,49(1):50-51.
- [3] 孟庆巍.基于水利枢纽工程水工混凝土结构耐久性评价[J].黑龙江水利科技,2019,47(8):153-157.
- [4] 张文清.水工混凝土结构耐久性影响因素及控制措施[J].水利技术监督,2017,25(6):129-131.
- [5] 王栋蕾,段琼.水工结构混凝土耐久性设计要点探讨[J].四川水泥,2015(8):37.