

水利工程施工中混凝土裂缝控制技术研究

武玉凤

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450000

DOI : 10.12238/jpm.v6i3.7816

[摘要] 本文探讨了混凝土裂缝的形成原因,分析了水利工程中常见的裂缝类型,并提出了相应的裂缝控制技术。通过优化设计、合理配料、加强施工工艺以及有效地养护措施,能够有效减少混凝土裂缝的发生,保证水利工程的长期安全与稳定。

[关键词] 水利工程施工; 混凝土; 裂缝控制技术

Research on Concrete Crack Control Technology in Water Conservancy Engineering Construction

Wu Yufeng

China Water Resources and Hydropower 11th Engineering Bureau Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000

[Abstract] This article explores the causes of concrete cracks, analyzes common types of cracks in hydraulic engineering, and proposes corresponding crack control techniques. By optimizing design, rational batching, strengthening construction technology, and implementing effective maintenance measures, the occurrence of concrete cracks can be effectively reduced, ensuring the long-term safety and stability of hydraulic engineering.

[Key words] water conservancy engineering construction; concrete; Crack control technology

混凝土裂缝在水利工程中普遍存在,对于工程结构的安全性和使用寿命有着严重的影响。裂缝的形成与环境因素、施工工艺、材料性能等多种因素密切相关。如何有效控制裂缝,成为当前水利工程施工中亟待解决的技术难题。本文将深入分析混凝土裂缝的控制技术,旨在提高水利工程施工质量和工程使用性能。

1. 水利工程施工中混凝土裂缝的类型与成因

1.1 混凝土裂缝的分类

1.1.1 结构裂缝

结构裂缝即对混凝土结构力学性能和承载力产生影响的裂缝,其可能会引起结构失效、强度降低、耐久性差等问题,见图1。所以,结构裂缝是比较严重的裂缝类型,一旦发生要及时诊断并处理^[1-2]。常见的结构裂缝包括拉裂缝、剪切裂缝、弯曲裂缝,拉裂缝在外部荷载作用的影响下,混凝土在拉伸区域遭受过大的应力而导致的破裂;剪切裂缝是混凝土受到剪切力的作用后产生的裂缝,一般表现为斜裂缝;弯曲裂缝在混凝土结构承受弯矩时,弯曲会导致应力分布不均匀,从而产生裂缝。



图1 结构裂缝

1.1.2 非结构裂缝

非结构裂缝对混凝土本身的结构安全没有明显的影响,且不会降低结构的承载力,但会对混凝土的耐久性、防水性以及外观造成影响。非结构裂缝一般发生于暴露在外的混凝土表面或由于温度变化、湿度波动等引起的干缩、膨胀等物理现象。常见的非结构裂缝包括收缩裂缝、温度裂缝、表面裂缝,收缩裂缝是混凝土在硬化的过程中,由于水分蒸发导致体积收缩,进而形成裂缝;温度裂缝在温度变化的情况下发生膨胀或收缩而产生的裂缝;表面裂缝是在干湿交替或温度差异的情况下导致的混凝土裂缝,对结构的影响非常小。

1.1.3 裂缝的宽度

根据裂缝的宽度可分为微裂缝、细裂缝以及大裂缝,微裂缝小于0.2mm,细裂缝在0.2mm~1mm之间,大裂缝大于1mm。

1.2 混凝土裂缝的常见成因

1.2.1 材料原因

水泥中含有较高的有害物质,例如含水量过高或化学成分不合理,此时会导致混凝土的强度不足,进而引起裂缝。砂石的粒径、含泥量以及级配不合格会对混凝土的密实性与粘结性能造成影响,从而引起裂缝,例如粗骨料的粒形不规则、含泥量过多或细砂过多都会影响混凝土的结构稳定性。混凝土配合比的选择对性能有着直接的影响,如果水灰比过高,则混凝土的强度和耐久性将会下降,在施工过程中或固化后很容易形成裂缝。另外,配合比不合理还会增加混凝土的收缩性,增加裂缝的风险。

1.2.2 施工原因

在施工的过程中,如果混凝土浇筑、振捣不充分,将会导致混凝土内部存在气泡、空隙等现象,从而影响结构的强度。尤其是在大体积混凝土施工时,如果浇筑工艺不合理或振捣不均匀,很容易产生裂缝。混凝土在固化的过程中会产生水化热,如果环境温度差异比较大,将会导致混凝土表面与内部的温差过大,从而引起温度裂缝。在冬天施工时,温度控制不当会加重这一问题。养护是保证混凝土强度与耐久性的关键,如果养护不当,可能会导致混凝土出现干缩裂缝,影响结构稳定性^[3]。

1.2.3 设计原因

如果混凝土结构的厚度、配筋不足、裂缝控制措施设计不合理,都有可能在使用产生裂缝,例如在设计的过程中,没有充分考虑温差变化和结构变形,发生裂缝的几率将会很高。另外,在设计的过程中,如果没有充分考虑实际荷载的变化,混凝土长时间处于超负荷状态,则将会导致裂缝出现。荷载变化引起的裂缝通常发生在关键部位,例如基础、支撑墙等部位。

2. 水利工程中混凝土裂缝的影响

2.1 对工程质量的影响

混凝土中的裂缝会增加结构内部的空间或通道,减少混凝土的有效承载面积。在在受力较大的部位,例如坝体、承重墙等等,一旦出现裂缝,将会导致混凝土的抗压强度降低,使其

无法有效抵抗外部荷载,增加结构失效的风险。混凝土裂缝的发生是因为外界有害物质进入混凝土内部而引起的,例如水分、氯离子、二氧化碳等,这些物质会与混凝土中的水泥成分发生化学反应,引起钢筋锈蚀、混凝土碱-骨料反应等现象,从而降低混凝土的耐久性,缩短使用寿命。

混凝土中的裂缝会为水分提供渗透通道,水在裂缝处容易渗透进入混凝土内部,导致水泥基体被腐蚀或劣化。在水库大坝、引水渠等水利工程中,一旦出现裂缝,将会导致水体泄漏,严重时将会危及整个工程的功能。混凝土的防渗性能对于工程的安全性和经济性有着直接的影响,如果存在裂缝,会导致水流通过缝隙渗透到结构内部,不仅会导致水流浪费,还会对周围土壤或基岩造成不良影响,甚至会导致结构沉降、变形。

2.2 对工程使用寿命的影响

早期产生的裂缝如果没有及时修复或加固,随着时间的推移,在外部荷载、温度变化、湿度波动等因素的影响下,裂缝会逐渐扩大。裂缝的扩大不仅会降低混凝土的强度,还会降低耐久性,例如钢筋锈蚀、混凝土碳化、冻融破坏等等。裂缝在初期可能看起来并不严重,但随着环境因素的影响,当水分进入裂缝后,可能导致进一步加剧膨胀、腐蚀等现象。这种二次损害会加速混凝土性能的降低,从而影响到工程的长期安全与耐久性。

3. 水利工程施工中裂缝控制技术

3.1 材料选择与配合比优化

水泥是混凝土的重要组成部分,其种类和质量对于混凝土的抗裂性能具有重要的作用。在水利工程中,一般会选择具有低水化热、抗硫酸盐侵蚀及抗渗透性能优良的水泥^[4]。例如掺有粉煤灰或矿渣的复合水泥,其能降低水化热,减少因温差引起的温度裂缝。骨料的质量也会对混凝土的裂缝控制造成影响,粗骨料和细骨料的颗粒形状、粒径、级配以及洁净度都会影响混凝土的密实性和抗裂能力。骨料应选择坚硬、粒径分布均匀的砂石,清洗干净后去除泥土等杂质,避免对混凝土强度和耐久性的负面影响。水灰比是决定混凝土强度和耐久性的的重要因素,如果水灰比过高,会导致混凝土的密实性下降,容易产生裂缝。一般情况下,水灰比应控制在0.4到0.5之间,这种配比可以很好的保证混凝土的抗裂性能。

3.2 施工工艺控制

在大体积混凝土施工中,分层浇筑可以很好的避免温差裂缝。分层浇筑可以减少混凝土内部的温差,以防因温度应力过大而导致裂缝。每层浇筑厚度应根据施工环境和混凝土的性能要求来决定,一般不应过厚。振捣可以有效去除混凝土中的气泡,保证混凝土的密实性,减少空隙和蜂窝现象的发生。在振捣时应控制好节奏,避免过度振捣或振捣不足,保证混凝土达到所需的密实度。混凝土在浇筑后会发生水化,在这一过程中会释放热量,温差过大会导致混凝土内部产生温度应力,从而引发裂缝。为了控制温度差,在浇筑时应避免在高温环境下施工,采取遮阳、洒水等措施降温。在寒冷天气条件下施工时,建议使用温控设备加热混凝土,防止冻结。混凝土浇筑后应采

取妥善的湿养护措施, 保证混凝土的水化反应能够正常进行。一般会采取洒水法、覆盖法或养护膜法进行养护, 保持混凝土表面湿润, 防止表面水分蒸发过快。对于体积比较大的混凝土, 在养护期间, 应定期检查温度, 避免内部温差过大。

3.3 结构与裂缝控制

配筋的合理性是控制裂缝的重要环节, 在水利工程中, 尤其是坝体等承重构件中, 必须按照受力情况合理布置钢筋。钢筋可以有效抵抗混凝土的拉伸力, 防止应力集中引起的裂缝。对于拉伸和弯曲的部位, 应增设足够的钢筋。钢筋的间距应根据工程的实际情况合理安排, 以避免应力过大而导致混凝土开裂。钢筋的最小间距应符合规范要求, 避免过密或过稀。为防止因混凝土温缩、干裂等原因产生的裂缝, 还应合理设置施工缝与变形缝, 尤其是在大体积混凝土工程中。变形缝应设置在容易发生裂缝的部位, 避免裂缝扩展到关键的承重部位。另外, 在设计时, 还应充分考虑水利工程的外部荷载与环境温差的影响, 合理安排缝的设置, 以减少因荷载与温差应力产生的裂缝^[5]。

3.4 裂缝修复与加固技术

灌浆修复是一种常见的裂缝修复技术, 通常适用于裂缝比较细小的情况。通过灌注水泥浆、环氧树脂或其他灌浆材料, 可以有效填充裂缝, 恢复混凝土的水密性和强度。灌浆材料应具有良好的流动性和粘结性, 以保证灌浆后的效果。对于结构性裂缝, 可以采用加固措施进行修复。常见的加固方式包括钢筋加固、碳纤维布加固以及粘贴钢板等。这些加固方法可以提高混凝土结构的抗裂性和承载能力, 适用于坝体、桥梁等重要水利工程的修复。对于表面的轻微裂缝, 可以通过涂抹防水涂料、修补砂浆等表面修复方法达到防渗的效果, 防止水分进一步渗透到混凝土内部, 避免造成更大的损伤。

3.5 监测与预警技术

使用裂缝监测仪器, 例如裂缝宽度计、应变计等, 实时监测裂缝的变化情况。定期检查裂缝的宽度和深度, 并对数据进行分析, 判断裂缝是否存在扩展趋势, 及时采取相应的修复或加固措施。根据现代信息技术, 建立裂缝预警系统, 实时采集裂缝监测数据, 建立数据模型, 预测裂缝的发展趋势为工程管理者提供决策支持, 及时采取防控措施。

4. 未来研究方向与展望

4.1 新材料的应用

高性能混凝土逐渐在水利工程中展开广泛的应用, 其强度高、耐久性好、抗渗性强、抗冻性好。通过材料配比、使用外加剂, 可以有效减少因施工、温差或水化反应引起的裂缝。例如使用高强度、低水灰比的混凝土, 再结合纤维增强技术, 可以明显提升混凝土的裂缝控制能力。纳米材料和复合材料在混凝土中的应用为裂缝控制提供了新的路径, 纳米材料的微观效应可以填补混凝土中的微小孔隙, 改善其密实性和抗裂性能。复合材料还能提高混凝土的强度、韧性以及耐久性。

4.2 智能监控技术

无人机技术为水利工程裂缝检测提供了新的思路, 无人

通过搭载高清摄像头、激光雷达等传感设备, 可以进行大范围的结构监测。科学、合理地规划飞行路径, 能够对混凝土结构进行全面的扫描, 及时发现裂缝的细微变化, 并通过数据分析及时反馈给工程人员^[6-7]。结合图像识别和人工智能技术, 无人机能够快速、准确地识别出裂缝的位置、大小和发展趋势。传感器技术可使裂缝监测更加精确, 在混凝土结构中安装应变传感器、温度传感器、湿度传感器等实时监测结构的受力变化、温湿度变化等关键参数, 从而为裂缝的形成和发展提供预警信息。远程监测技术的发展使得混凝土裂缝的监测不再局限于人工, 通过远程数据采集和传输就能实时掌握裂缝的变化情况。

4.3 环境适应性与可持续发展

传统的混凝土施工方法会消耗大量资源, 产生的废料较多, 且涉及大量的二氧化碳排放。在未来, 施工方法应重视资源的循环利用和废弃物的减量化, 例如利用工业废料作为混凝土的补充材料, 可以降低生产成本, 降低对环境的污染, 促进绿色施工的发展。此外, 在施工的过程中, 还应采用节能减排的技术, 例如利用低碳水泥、高效能源设备等, 减少施工过程中能源消耗, 进一步降低碳排放。节能减排是现代水利工程建设的重要目标, 混凝土是水利工程的主要材料, 其生产和使用会产生大量的能耗和碳排放。在未来, 水利工程施工应采用节能减排和绿色施工技术。例如, 采用低碳混凝土、提高材料的循环利用率以及应用绿色建筑材料, 以减少能源消耗和污染排放。

结束语:

混凝土裂缝控制是水利工程质量管理的关键环节, 合理的施工工艺和科学的技术措施可以有效降低裂缝的发生率。在未来, 随着新材料和新技术的发展, 混凝土裂缝控制方法将更加完善, 水利工程的质量将得到更好地保障。

[参考文献]

- [1]张川, 薛永芳, 杨耀斌.鄂北地区水资源配置工程暗涵钢筋混凝土裂缝控制技术研究与应用 [J].水利水电快报, 2020, 41(11): 48-52.
- [2]吴照龙.建筑工程混凝土施工裂缝控制技术及其最佳实践探讨 [J].佛山陶瓷, 2024, 34(10): 162-164.
- [3]牛振国.超长体积混凝土结构整体浇筑及裂缝控制技术研究与应 [J].江西建材, 2024, (09): 368-373.
- [4]李宝玉.建筑土木工程的混凝土楼板裂缝控制技术应用探讨 [J].建材发展导向, 2024, 22(14): 82-84.
- [5]郭建坤.大体积混凝土施工及裂缝控制技术研究——以上海浦东新区某项目为例 [J].江苏建筑, 2024, (03): 72-75+95.
- [6]朱涛.基于跳仓法施工的大面积泵闸大体积混凝土裂缝控制技术研究及应用 [J].珠江水运, 2024, (01): 146-150.
- [7]张飞, 杨曼青.超厚混凝土浇筑及温度裂缝控制技术研究与分析——以徐州质子重离子医院项目为例 [J].江苏建筑, 2023, (05): 59-63+118.