

水利水电施工中混凝土裂缝控制对策新探

邢天一¹ 沙焯海²

1. 徐州市水利工程建设监理中心有限公司 江苏邳州 221000

2. 徐州市正泰水利建筑工程检测有限公司 江苏邳州 221300

摘要: 本次研究的目的是为了探究水利水电工程混凝土裂缝防治关键技术及对策。通过对常见混凝土裂缝类型及形成原因进行分析, 确定温度变化, 湿度波动和地基沉降对裂缝的影响程度, 有针对性的提出控制裂缝的有效方法。研究方法主要包括典型工程裂缝控制实例分析和施工过程中存在问题的解决方法, 并提出优化施工工艺和合理选用混凝土材料及外加剂等对策。通过将智能监测技术及大数据分析运用到裂缝检测及控制中, 以提高裂缝检测的准确性。研究表明: 科学裂缝控制措施可显著增强混凝土结构安全性和耐久性。在今后自愈混凝土和智能化监测技术不断发展的过程中, 裂缝控制技术会变得更准确和更有效。

关键词: 水利水电工程; 混凝土裂缝; 裂缝控制; 施工技术

一、混凝土裂缝的形成机理

(一) 水利水电工程中混凝土裂缝的常见类型

水利水电工程混凝土裂缝对结构的安全性和耐久性有重要影响。裂缝种类繁多, 常见有塑性裂缝、收缩裂缝、温度裂缝、沉降裂缝及施工缝裂缝等。塑性裂缝一般发生于混凝土还未完全固化的情况下, 受到外界负荷或者不均匀湿度的作用, 使其表面开裂。混凝土的收缩裂缝主要是由于在硬化过程中水分的蒸发和体积的收缩引起的, 特别是在干燥的环境中这种现象更为突出^[1]。温度裂缝多是由混凝土浇筑时温度相差较大, 造成内外温差而产生体积变化而产生, 普遍存在于大体积混凝土结构中。沉降裂缝是由于基础或者地基的不均匀沉降引起的混凝土结构由于应力集中而形成的^[2]。施工过程中的裂缝问题与施工技术和施工管理密切相关, 特别是在多次施工中如果接缝处理不当, 裂缝出现的风险会相对增加。这些裂缝类型既影响混凝土结构外观又会影响其承载力及耐久性, 所以水利水电工程裂缝控制非常重要。

(二) 裂缝的形成原因分析

混凝土裂缝成因复杂多变, 归纳起来有内部因素与外部环境因素两大类。从内部因素来看, 水泥质量不过关、混凝土配合比不合理和添加剂的不当使用是最重要的诱因。水泥活性不足或者掺合料选择不当都将影响混凝土凝结和硬化进程并引起裂缝。混凝土配合比设计不合适, 特别是水胶比偏大或者骨料粒径不均匀等往往会诱发收缩裂缝或者沉降裂缝^[3]。外部环境因素主要有温

度的变化, 湿度的波动和施工现场条件。温度变化是造成混凝土开裂的共同外在因素, 特别是大体积混凝土浇筑时温差大容易造成热膨胀收缩不均匀, 继而开裂。湿度波动还会对混凝土水分蒸发速度产生显著影响, 特别是干燥环境下混凝土易出现收缩裂缝。在施工中不恰当的操作如维护不及时, 振捣不匀或者对施工缝处理不好等也都可能加重裂缝产生。另外地基沉降不均或者结构设计不尽合理也会造成混凝土结构应力集中而诱发裂缝。

(三) 外界环境对混凝土裂缝的影响

外界环境对于混凝土裂缝产生有明显的影 响, 表现为温度、湿度、风速等气候因素和地基条件改变。温度变化是引起混凝土开裂的主要外在因素, 特别是大体积混凝土在施工过程中其内外温差大, 混凝土经历了一个热膨胀-收缩的过程。若温度相差太大, 不能及时温控处理易出现温度裂缝^[4]。另外季节性气候变化会给混凝土硬化过程带来负面影响, 气温突然升高或者降低都会诱发表面裂纹。湿度波动对混凝土体积变化也有相同影响, 尤其是干燥气候下混凝土表面水分蒸发速度过快, 可引起表面收缩裂缝^[5]。风速过高会加快水分蒸发也使混凝土表面迅速干缩并容易产生裂缝。地基条件又是一个不容忽视的外在因素, 地基沉降不均或者土壤膨胀性改变, 都可能使混凝土结构出现局部不均匀受力而产生沉降裂缝或者拉伸裂缝。地震、沉降等自然灾害会使混凝土结构发生急剧变形或者加剧裂缝。所以在进行混凝土施工时, 一定要充分考虑到外界环境因素的影响, 采

取合适的防护措施以及技术手段,减少环境对于裂缝的不利影响。

二、混凝土材料与配比对裂缝控制的影响

(一) 水泥、砂、石料的选择与配比

水泥、砂、石料等材料的选用及配合比,对混凝土性能及裂缝控制有直接的影响。水泥作为混凝土主要胶结材料之一,水泥质量关系到混凝土强度、耐久性以及抗裂性能。优质水泥要有合适的早期强度和长期强度以及在各种环境情况下的稳定性。砂粒大小、颗粒形态、含泥量等因素对混凝土工作性,结构强度等亦有一定影响。细砂对混凝土和易性影响大于粗砂,含泥量过多会对水泥结合效果造成影响,从而引起裂缝。石料选择要综合考虑石料粒径分布、形状及强度。合适的骨料粒径可以加强混凝土密实度和降低裂缝出现的危险。太大或者太小石料粒径都会使混凝土中出现不均一空隙结构而提高裂缝出现机率。另外骨料强度和耐久性也是混凝土抗裂性的重要保证,特别是长期荷载或者极端环境作用下骨料劣化会使混凝土强度降低并诱发裂缝。合理配合比设计要考虑水泥,砂和石料等材料选用,并通过优化水胶比和加入适量外加剂来促进混凝土整体性能改善。不合理的配比或者不恰当的选材都可能使混凝土在硬化时出现收缩,沉降等应力集中现象,并最终诱发裂缝。所以合理地选材和准确地配合比是确保混凝土质量和控制裂缝产生的根本。

(二) 添加剂与外加剂的应用

对混凝土裂缝进行控制时,合理使用添加剂和外加剂能够显著提高混凝土性能并减少裂缝产生风险。添加剂一般是指在水泥生产中添加的材料,例如矿物掺合料等,这些材料可以改善混凝土的强度,耐久性和抗裂性能。常用矿物掺合料主要有粉煤灰,矿渣微粉以及硅灰,这几种掺合料在改善混凝土微观结构的同时也有效地降低了水化热进而减小了温差导致的开裂。外加剂是一种在混凝土搅拌过程中添加的化学成分,其种类非常多样,包括但不限于减水剂、缓凝剂和引气剂等。减水剂的应用可减小水胶比、提高混凝土密实度、抗渗透性以提高抗裂能力。当在高温条件下使用缓凝剂时,它可以有效地延长混凝土的凝固过程,从而避免因施工温度过高而产生的裂痕。引气剂可将微小气泡导入混凝土,提高混凝土抗冻性和抗渗性,尤其适合寒冷地区水利水电工程使用。合理地选择添加剂和外加剂,不但可以改善混凝土物理化学性质,而且可以有效地控制收缩裂缝和温度

裂缝这两种常见裂缝类型。但添加剂及外加剂的选择必须依据特定的工程环境及使用要求准确设计才能保证它们对混凝土性能起到强化作用而又不会造成不利影响。

(三) 混凝土性能的检测与优化

对混凝土性能进行测试和优化,对于保证裂缝的控制效果至关重要。通过科学地检测混凝土性能,能够有效地识别出可能存在的质量问题并及时地采取优化措施以减少裂缝产生。混凝土主要特性有强度、耐久性、工作性、抗裂性。强度测试作为混凝土质量最核心的指标,常用抗压强度和抗折强度测试。抗渗透性还是评价混凝土耐久性好坏的一个重要参量,对其进行渗透性测试可判断其在潮湿环境中的寿命。为使混凝土的性能达到最优,往往会采取各种技术手段。如使用细粒度骨料、高效减水剂等提高混凝土工作性、增强混凝土施工性、密实性、降低空隙率、预防裂缝产生等。合理调节水胶比、采用高性能水泥可显著改善混凝土抗裂性、减少收缩和温度变化导致裂缝风险。使用外加剂,例如引气剂和膨胀剂,可以在某种程度上提高混凝土的抗裂性能,特别是在极端的环境条件下。实际施工过程中定期开展混凝土现场检测和质量控制工作,根据结果实时调整混凝土配比和施工工艺,可有效改善混凝土整体性能和防止裂缝出现。对其进行系统化性能检测和优化可以保证水利水电工程混凝土结构长期运行安全稳定。

三、工程案例分析与对策优化

(一) 典型工程裂缝控制案例分析

典型工程的裂缝控制实例,为实际工作提供重要经验与技术依据。某大型水利水电工程因混凝土浇筑时温度变化大而产生显著的温度裂缝。通过对裂缝产生原因的分析,找出了在施工期不能及时控制温度,造成混凝土内、表面温度差过大。为了解决这一难题,施工单位多措并举进行控制:混凝土浇筑之前通过准确计算施工温度和制定合理浇筑顺序来降低温差对混凝土的影响;施工时利用冷却管道及温控设备维持混凝土内部温度平衡,有效地避免温度裂缝继续开展。另一实例是某水库大坝基础施工,工程有地基不均匀沉降危险,导致混凝土结构沉降开裂。项目组经详细地质勘察及沉降分析后,确定地基加固处理措施为:使用膨胀水泥及低水胶比来增强混凝土抗压强度及耐久性。施工期也采用分段浇筑、合理安排施工缝位置等措施降低沉降裂缝发生率。最后工程对混凝土裂缝控制效果显著,保证大坝长期平稳运行。这些典型实例说明,采用科学分析、合理技术手段

可以有效地防治混凝土裂缝、保证水利水电工程结构安全及耐久性。

(二) 施工过程中问题的解决方案

水利水电工程施工中混凝土裂缝的产生常常和很多因素相互交织。为了有效地解决在施工过程中所遭遇到的裂缝问题就需要采用科学的应对措施和技术手段。混凝土浇筑阶段由于温度差异而导致的裂缝就是其中一个普遍存在的问题。为了解决这一难题,可以采取控制浇筑速率,采用低水化热水泥和合理安排浇筑顺序等措施降低混凝土内部的温度差。浇筑期间要加强温控监测并采用冷却管道或者冰块掺入来降低混凝土升温速度以保证温差处于可控制范围以预防温度裂缝。地基沉降不均匀导致的沉降裂缝是另一个普遍存在的问题。解决这类问题有效方法有地基加固,使用膨胀水泥,优化混凝土配比等,以加强地基稳定。另外通过分段浇筑和合理设计施工缝来避免应力集中是预防沉降裂缝产生的一种有效方法。施工缝中如果处理不好,裂缝常常会变成弱点。对此要对施工缝位置及数量进行严格把控,对接缝位置进行合理的安排,同时运用先进防水材料及工艺,保证施工缝密封性以及结构一体化。通过采取温控措施,地基加固和优化施工缝设计相结合的措施,可有效地解决施工期开裂问题,保证混凝土结构长期稳定安全。

(三) 未来水利水电工程裂缝控制技术的前景

在水利水电工程不断扩张和施工技术不断提高的背景下,混凝土裂缝控制技术出现了新趋势。今后,裂缝控制技术会趋于更精准化、智能化、高效化的方向发展。高性能材料的开发和发展,给裂缝控制带来了更加宽广的发展空间。比如说,超高性能混凝土(UHPC)和自愈合混凝土的使用,可以显著增强混凝土的抗裂能力和持久性。自愈合混凝土引入微胶囊或者自愈合材料可以在开裂后对裂缝进行自动修复,从而有效地延长结构使用寿命。施工中采用智能化监测系统将是今后控制裂缝的一个重要途径。利用布设传感器和物联网技术对混凝土温度,湿度和应力等关键参数进行实时监测,可实现在施工期间裂缝开展情况提前报警,并适时调整施工工艺以降低裂缝发生率。另外建立在大数据和人工智能基础上的分析技术会对裂缝控制进行更准确地决策支持,并通过施工过程,材料选择和施工方案等方面进行优化

来达到裂缝控制最优设计。今后裂缝控制技术将更关注生态和可持续性、研发绿色环保裂缝修复材料、降低施工期环境效应。另外在施工技术不断革新以及裂缝控制理念不断更新的情况下,水利水电工程结构的安全性以及耐久性也会得到更加有效地保证。

结论

混凝土裂缝控制作为水利水电工程建设的一项关键技术,对结构安全性和耐久性有着直接影响。通过深入分析裂缝形成的原因,理清裂缝类型,成因和外界环境影响,并揭示施工期温度变化,湿度波动和地基沉降对裂缝的影响。裂缝控制措施既取决于合理的施工技术又要对混凝土材料进行优化选择和配合比,尤其要对水泥,砂和石料进行选择以及对外加剂进行应用,通过改善混凝土工作性,抗裂性和耐久性实现裂缝控制。另外施工监测技术及裂缝检测手段等的运用也为工程质量管理提供可靠保证。通过智能监测和大数据分析可以实时了解混凝土运行情况,发现裂缝隐患并提前采取预防裂缝扩展措施。在今后自愈合混凝土,高性能材料以及智能化监测技术等方面的不断发展下,水利水电工程裂缝控制技术也会变得更加准确与有效,并提供更有力的保证。整体来看裂缝控制技术不断革新以及实践经验不断累积,会给水利水电工程带来更多安全耐用的结构设计以及施工方案,促进工程技术进步以及可持续发展。对裂缝进行有效控制,不仅促进混凝土结构长期稳定运行,而且为工程项目顺利开展打下坚实的基础。

参考文献

- [1] 张大海. 水利施工过程中混凝土裂缝措施控制技术探讨[J]. 水泥, 2025, (07): 146-149.
- [2] 马伟. 水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术思考[J]. 水上安全, 2025, (11): 161-163.
- [3] 孙久社. 水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术研究[J]. 四川建材, 2025, 51(06): 150-152+155.
- [4] 周艳艳, 孙震国. 水利工程混凝土施工技术及其裂缝控制研究[J]. 水上安全, 2025, (04): 196-198.
- [5] 颜晓晓, 李永波. 水利工程施工中控制混凝土裂缝技术分析[J]. 水上安全, 2025, (02): 139-141.