

水利施工中的混凝土裂缝控制与处理

李振新

中国水利水电第十六工程局有限公司 福建 福州 350000

摘要：混凝土裂缝的形成，通常是由内外多种因素共同作用的结果，这不仅会损害混凝土结构的完整性，还会降低其承载能力、耐久性以及防水性能。在水利工程的建设中，混凝土作为核心材料的应用极为普遍，故对混凝土裂缝进行有效控制，对于保证工程质量而言尤为关键。因此，本文将对水利施工中的混凝土裂缝控制与处理措施进行分析。

关键词：水利施工；混凝土裂缝；控制与处理

前言：混凝土裂缝虽然是一个普遍存在的现象，但通过深入研究和综合应用多种控制技术，依然有可能最大限度地降低其对水利工程质量和安全带来的影响。对裂缝生成机理的认识、材料选择的精密度，以及施工与养护过程的严格管理，将共同构成防范和处理混凝土裂缝的有效方式。

1 水利施工中的混凝土裂缝成因

1.1 配比设计因素

在水利工程中，混凝土裂缝的产生，往往与配比或设计的不当直接相关，这主要是因为混凝土制备阶段，材料的选择或其比例配置不合理，如不适宜的水泥用量或含沙量过高等问题。这些状况直接影响混凝土的抗拉强度，进一步在其表面或内部引发裂缝。对于配比设计问题，可以将其划分为以下几个具体方面：首先，当混凝土的含沙量偏高时，它在干燥凝固的过程中容易出现显著的收缩，这种收缩易引起应力裂缝^[1]。其次，选用的骨料如果粒径过小，同样会使得干缩率上升，从而促使裂缝形成。另外，不恰当地添加过多的外加剂也会影响混凝土的干缩率，进而导致裂缝的产生。最后，选择不合适的水泥类型，比如过多使用干缩率较高的矿渣硅酸盐水泥，同样增加裂缝出现的可能。

1.2 温度因素

温度变化对混凝土结构的完整性具有显著影响，这一点在施工和养护过程中应得到充分重视。根本上讲，水泥在水化过程中产生的热量是导致混凝土干缩和裂缝生成的主要原因。这种现象尤其在水工大体积混凝土工程中更为常见，因为在热量释放不畅和养护措施不足的状况下，温度裂缝容易频发（图1）。在混凝土浇筑之初，它处于一种可塑性流动状态，此时的水泥水化反应释放出大量热能使得混凝土体积暂时膨胀。当水泥达到最高温度且混凝土基本凝固后，随着温度的下降，混凝土

开始收缩，此时便有可能出现裂缝。为减缓甚至避免这一过程，采取恰当的洒水养护措施是非常有效的。通过这一措施可以平衡水泥水化热的影响，控制混凝土内外部的温差差异，从而减少裂缝的产生。

尽管如此，一些水利工程在实际施工过程中仍然存在养护不足的问题。例如，未能指派责任人专门负责养护任务，养护频率低于标准或持续时间不够长等，这些因素均可能导致混凝土结构出现裂缝^[2]。值得关注的是，一旦出现轻微裂缝且未及时发现得到有效养护，这些裂缝可能会逐渐扩大，终形成较大的裂缝，增加重修甚至重建的风险。



图1 某水利项目混凝土裂缝

2 水利施工中的混凝土裂缝控制措施

2.1 科学进行配比设计

水利工程施工的前期准备中，混凝土的配比和设计环节尤其关键，因为它直接关联到后期施工中混凝土裂缝的控制。为有效避免由配比、设计不当引起的裂缝问题，施工团队需要着重考虑以下几个核心要素：确保混凝土的含沙量适宜、进行精确的骨料粒径管理、慎选添加剂类型以及使用低干缩率的水泥种类。为精确界定混凝土配比设计方案，采取试块试验是一个科学的方法。

通过准备不同配比的混凝土试块,比如变化含沙量、骨料大小及添加剂用量等,然后在统一的养护条件下进行养护和观察,通过破坏性试验来考察各试块在承受力、养护效果等方面的表现(表1)。这种方法有助于筛选出在实际应用中能够表现最佳,有助于减少裂缝产生的混凝土配比和设计方案。

选择硅酸盐水泥是因为它的干缩性相对较低,这可以直接减少水利工程施工过程中混凝土裂缝的发生。技术团队应当通过这样的实验和试验,探索出一个既经济又实用,同时能够有效控制裂缝问题的混凝土配比设计方案。这一过程中,监测混凝土的干缩过程以及最终的破坏强度对于评估各种试块配比的有效性至关重要。通过上述实践和研究,达成的最佳方案将为水利工程施工提供稳定的质量基础,尤其是在裂缝控制上^[3]。妥善的混凝土配比和精心的设计,加之细致的施工养护,共同作用于减少裂缝,保障结构的完整性和持久性,对于提高工程质量和延长工程寿命具有不可忽视的重要性。

表1 试块制备参数表

序号	数量个(个)	标准
1	3-9	调整含沙量,骨料粒径、添加剂用量不变
2	3-9	含沙量、骨料粒径不变,调整添加剂用量
3	3-9	含沙量、添加剂用量不变,调整骨料粒径

2.2 温度控制

控制混凝土温度裂缝主要依赖于综合性的施工养护策略。混凝土在硬化过程中由于水泥与水的化学反应,不可避免地会产生水化热。为确保混凝土的结构完整性及其后期性能,施工过程中必须干预这一过程,加入适当的技术手段,以确立和执行养护的基准标准,同时结合多元化的养护技术。在制定技术标准方面,应优先考虑使用具备良好通风和遮阳属性的材料,例如稻草,以覆盖混凝土表面,特别是对于混凝土板这样的构件,在其固化阶段可以单独放置于通风条件良好的区域,并用干稻草或纤维网布进行覆盖,这不仅避免强烈日照直射的问题,同时也保障通风条件,随后进行适当的洒水养护。对于水利工程中的大型混凝土构件,通过模具养护的方式来维持其形状,同样需在整个固化过程中执行洒水养护,保证混凝土表面的充分湿润,尤其是在环境温度较高或水分蒸发快的情况下,缩短洒水养护的间隔至大约1.5小时一次,直至混凝土达到预定的干固强度。

对于涉及重要性较高的大型水利工程混凝土结构,养护期需相应延长,如在架模后的三天内,洒水间隔可

调整为每四小时一次,持续执行5至7天的养护,直到混凝土完全硬化。进一步地,结合多种养护技术将显著提升对裂缝控制的能力。在通常的洒水和遮阳养护基础上,还可以采用蒸汽养护作为补充。该方法尤其适合于水利工程预制件的养护,按照静停、升温、恒温、降温四个阶段进行。混凝土在环境温度保持在5℃以上时灌注,6小时后开始升温,以每小时不超过10℃的速度升温,内部温度控制在不超过60℃至65℃之间,最终根据混凝土配比、预期脱模强度和条件确定恒温养护的具体时间。在固化后逐步降温,每小时降低温度不超过10℃。

在可能的条件下,应采用低热或中热类型的水泥(种)进行混凝土制备,如矿渣水泥、抗硫酸盐水泥或粉煤灰水泥^[4]。在混凝土中加入粉煤灰或减水剂,以及利用长期(如90天、180天)强度减少水泥的用量和水化所产生的温度。另外,预埋冷却水管于混凝土基础内,并通入循环冷水以帮助导出水化热,对于厚重且骨料含量较低的大体积混凝土,还可以添加最多20%的块石进行吸热处理,有效减少和控制裂缝的产生。

2.3 环境控制

场地条件如温差、风力和空气湿度对水利工程混凝土结构的影响不容忽视,因为它们都可能成为引发裂缝的外部因素。应用技术性手段来降低这些场地因素的不良影响,是控制工作的主旨。对于温度差异的控制,关键在于通过稻草覆盖、定期洒水等基本养护措施,构建一个适宜的温度环境。这样可以有效平衡混凝土内外的温差,避免表面产生拉裂和内部出现蜂窝等质量问题。至于风力的管理,则因其具有一定的不可预测性,故主要通过优化施工计划来减少其影响。避免在风力较强的季节施工,并选择风力较小的时间段进行建设活动。比如,在春季和秋季,我国多数地区风力较强,可适时规避。对于规模不大或需用到预制构件的工程,可以考虑在车间等保护环境下预制混凝土结构,之后再运往现场进行安装与施工。同时,现场制备的混凝土也需置于通风良好的区域,以便于其养护。空气湿度对混凝土质量同样至关重要,其客观性要求施工单位采取适当措施,比如利用洒水养护增加环境湿度,满足水泥水化和干缩过程的需求。

3 水利施工中的混凝土裂缝处理技术要点

3.1 表面修补技术

在混凝土出现微小裂缝,而且这些裂缝对建筑结构整体性影响不大的情形下,表面修补技术是一种可行的处理手段,旨在阻止裂缝的进一步扩散。这类修补常

采用的做法包括在裂缝表层施涂环氧树脂或水泥糊,并可能再覆盖一层保护性涂料,诸如油漆或沥青。表面修补可以根据维修的目的细分为表面补强和表面涂抹两大类。对于那些裂缝较宽的情况,表面补强法较为适用。若裂缝周围存在渗水问题但又难以定位渗水源,或出现裂缝变形且钢筋暴露的疑虑时,此时采用表面补强法更为妥当。作为补强材料,可选用土工布或选择其他依据实际施工环境确定的补贴材料。当遇到裂缝较小,且可以确认混凝土内部的钢筋无暴露风险,裂缝本身也不会引起渗水,以及没有进一步变形的可能时,表面涂抹法便可投入使用。该方法通过在裂缝表面涂抹合适的材料,有效避免裂缝扩展,确保结构稳定性。

3.2 嵌缝封堵技术

在水利水电工程中,灌浆技术被广泛应用于裂缝的封堵与修补过程,特别是当遇到裂缝较宽且可能影响结构安全或需要增强混凝土的防渗能力时。这一技术的关键在于选择恰当的压力设备,以适宜的压力将胶结材料注入裂缝中。材料在一段时间内风干后,便能与混凝土紧密结合,形成坚固的整体,从而有效封堵裂缝并增强结构的稳定性及防水能力^[5]。灌浆过程需精心计划与执行,务必在施工前精选胶结材料,并根据裂缝的宽度和深度设定合理的注浆压力。此操作旨在确保材料能够充分渗透裂缝内部,达到最佳封堵效果。灌浆硬化后,不仅能够阻断水流,还能提升结构部件之间的凝聚力,避免未来裂缝的进一步扩展。

灌浆技术不仅修复已有的裂缝,更为结构提供一层额外的保护层,增强抗裂和防渗的能力。因而在水利水电工程的建设与维修过程中,其作为一种有效的加固手段,能够显著提升工程质量和延长使用寿命。此技术的应用不限于新建工程,对于老旧设施的维护和加固也同样重要。

3.3 仿生自愈合技术

混凝土结构以其高强度和耐久性被广泛应用于各类建筑和工程中,但其固有的脆性也使其面临着变形和裂缝等挑战。为克服这些挑战,科技界引入仿生自愈合技术,一种模仿生物自愈能力的创新方法,目的是使混凝土在产生裂缝后能自我修复。这种自愈合技术的研究和应用,极大地推动工程质量的提升。这项技术背后的原理受到生物界自愈现象的启发,旨在混凝土出现细微裂缝时,通过预先添加到混凝土中的特殊材料,如液芯纤

维和粘合剂胶囊,来激发自愈反应。当裂缝形成时,这些材料会被激活,释放出能够促进裂缝闭合的物质,如此便实现裂缝的自我修补。

尽管自愈合技术为工程建设带来创新的解决方案,但在实际应用过程中仍存在一些局限性。例如,自愈过程受到外界环境因素,如温度和湿度,以及裂缝大小的影响较大。此外,胶囊式自愈合的效果受限于胶囊自身的体秘和材料的特性,它们的实际应用还需在施工过程中克服技术复杂性带来的挑战。该技术目前主要适用于较小裂缝的修复,对于较大的裂缝,其修复能力仍显不足。因此,尽管自愈合技术在理论和初步应用上展现巨大潜力,它在广泛实施前还需进一步的研究与改进,以提高其自愈速度、扩大应用范围,并降低对环境条件的依赖。这还包括优化材料配方和增强自愈合材料与混凝土之间的黏结力,以达到更佳的修复效果。未来,随着技术的成熟和优化,自愈合技术有望在保证建筑和工程结构安全性和延长服务寿命方面发挥更加关键的作用。

结语:确保水利工程中混凝土结构免受裂缝的破坏不仅对提高施工质量与整体效益至关重要,而且有助于降低工程安全风险。裂缝的形成原因多样,涉及不当的配比或设计、不充分的养护、现场环境的干扰、施工技术的缺陷以及动态加载的影响等方面。为有效管控这些因素,技术应用需针对具体情况进行调整和优化。实践中,特别需要强调对混凝土配比的精心设计,通过控制引起裂缝的温度变化,同时兼顾现场的特定条件和施工技术的适当运用,以及对动态加载的有效管理,这些措施共同作用,旨在维护水利工程的混凝土结构质量。通过这样的综合控制方法,可以显著提升工程项目的整体效益与安全标准。

参考文献

- [1]陈国林,周宜.水利工程施工中混凝土裂缝控制措施探讨[J].治淮,2024,(04):53-54.
- [2]周秋露.水利工程施工中混凝土裂缝控制策略探讨[J].工程技术研究,2024,9(01):103-105.
- [3]肖兵.解析水利水电工程施工中混凝土裂缝处理技术[J].长江技术经济,2022,6(S1):83-85.
- [4]张东峰.水利工程施工中如何对混凝土裂缝进行有效控制[J].建筑与预算,2022,(02):46-48.
- [5]余方方,朱宏松.水利工程施工中混凝土裂缝控制技术分析[J].治淮,2022,(02):41-42.