

# 水利工程中混凝土裂缝控制技术研究

张 瑾

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

**摘 要:** 水利工程中, 混凝土裂缝问题一直是影响工程质量和安全性的关键因素。本文旨在分析水利工程中混凝土裂缝产生的原因, 并探讨有效的控制技术, 以提高混凝土结构的耐久性和安全性。通过文献综述和实例分析, 本文提出了一系列针对性的裂缝控制措施, 旨在为水利工程施工提供参考。

**关键词:** 水利工程; 混凝土裂缝; 裂缝控制; 水化热; 温度应力

## 引言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分, 其施工质量和安全性直接关系到人民群众的生命财产安全。混凝土作为水利工程中广泛使用的建筑材料, 其裂缝问题一直是工程质量控制的重点和难点。因此, 研究水利工程中混凝土裂缝的控制技术, 对于提高工程质量、延长工程使用寿命具有重要意义。

### 1 水利工程中混凝土裂缝产生的原因

#### 1.1 温差引起的裂缝

混凝土作为一种复合材料, 在浇筑和硬化过程中, 水泥与水发生水化反应, 释放出大量的热能, 导致混凝土内部温度迅速升高。这一过程中, 混凝土内部的温度梯度显著, 特别是在大体积混凝土或浇筑速度较快的结构中, 内部温度可高达60℃至80℃甚至更高。而混凝土表面由于与外界环境直接接触, 散热较快, 温度相对较低。这种内外温差的存在, 使得混凝土内部产生压应力, 表面产生拉应力。当拉应力超过混凝土的早期抗拉强度时, 就会在混凝土表面或内部形成裂缝, 即所谓的“温度裂缝”。冬季施工时, 由于环境温度低, 混凝土表面散热更快, 加剧了内外温差, 使得温度裂缝的风险增加。相反, 在夏季高温时段, 虽然外界温度高, 但混凝土内部由于水化热的作用, 温度依然可能远高于外界, 同样会形成较大的温差, 导致裂缝的产生。此外, 日夜温差大的地区, 混凝土的温度应力变化也更为剧烈, 进一步增加了裂缝形成的可能性<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 收缩引起的裂缝

混凝土的收缩主要包括塑性收缩、化学收缩、干燥收缩和自收缩等几种类型。塑性收缩发生在混凝土浇筑后至初凝前, 由于混凝土表面的水分蒸发速度大于内部水分向表面的迁移速度, 导致表面失水较快, 产生塑性收缩应力, 当这种应力超过混凝土的塑性抗拉强度时, 就会在表面形成龟裂状的细小裂缝。化学收缩是由于水

泥水化过程中, 水泥浆体的体积减小而产生的收缩。这种收缩随着水化反应的进行而逐渐发展, 虽然其绝对值相对较小, 但在混凝土强度较低时, 也可能导致裂缝的产生<sup>[2]</sup>。干燥收缩是混凝土硬化后, 随着内部水分的蒸发, 体积逐渐减小的现象。这是混凝土收缩中最主要也是最常见的一种类型。干燥收缩裂缝通常出现在混凝土表面, 形态多样, 可以是平行线状、网状或是不规则状, 裂缝的宽度和深度不一, 严重时可能贯穿整个构件。自收缩则是由于混凝土内部未水化的水泥颗粒继续水化, 消耗了孔隙中的自由水, 导致混凝土体积减小而产生的收缩。自收缩裂缝通常较为细微, 但也会降低混凝土的耐久性和力学性能。

#### 1.3 沉陷引起的裂缝

地基作为混凝土结构的支撑基础, 其稳定性和承载力对混凝土结构的整体性能至关重要。当地基土壤存在不均匀性, 如土质软硬不均、存在软弱土层或空洞, 以及地基处理不当等情况时, 地基在荷载作用下会发生不均匀沉降。这种不均匀沉降会导致混凝土结构各部分受力不均, 产生附加应力, 当这些应力超过混凝土的抗拉或抗剪强度时, 就会在混凝土结构中出现沉陷裂缝。沉陷裂缝通常具有贯穿性, 即裂缝从混凝土表面一直延伸到内部, 甚至可能穿透整个结构层。裂缝的宽度和深度可能不一, 但通常都伴随着混凝土的错位或变形, 严重时可能导致结构失稳或破坏。此外, 沉陷裂缝还可能引发其他类型的裂缝, 如由于裂缝处的应力集中而产生的次生裂缝, 进一步加剧混凝土结构的损伤。

#### 1.4 钢筋锈蚀引起的裂缝

钢筋是混凝土结构中重要的受力元件, 其表面通常覆盖有一层混凝土保护层, 以防止钢筋与外界环境直接接触而锈蚀。然而, 在水利工程中, 由于混凝土结构长期处于水环境中, 或者受到氯化物、硫酸盐等侵蚀性介质的侵蚀, 混凝土保护层可能会逐渐破坏, 导致钢筋暴

露在外。一旦钢筋暴露,就会与空气中的氧气、水分以及氯化物、二氧化碳等腐蚀介质发生反应,导致钢筋锈蚀。钢筋锈蚀后,其体积会发生膨胀,产生锈胀力。这种锈胀力会作用于周围的混凝土,当锈胀力超过混凝土的抗拉强度时,就会在混凝土中产生裂缝。这些裂缝通常沿着钢筋的方向发展,呈现出网状或放射状,严重时可能导致混凝土保护层剥落,钢筋完全暴露,进一步加速钢筋的锈蚀和混凝土结构的破坏<sup>[9]</sup>。因此,在水利工程施工中,应严格控制混凝土的质量,确保保护层的厚度和密实度符合设计要求。同时,应采取有效的防腐措施,如使用耐腐蚀性能好的钢筋、在钢筋表面涂刷防腐涂料、在混凝土中加入阻锈剂等,以延长钢筋的使用寿命,减少钢筋锈蚀引起的裂缝产生。

### 1.5 原材料质量引起的裂缝

混凝土作为由多种原材料组成的复合材料,其性能和质量直接受到各原材料质量的影响。当原材料存在质量问题时,不仅会影响混凝土的力学性能,还可能导致混凝土裂缝的产生。

#### 1.5.1 水泥品种不当

水泥是混凝土中的主要胶凝材料,其品种和性能对混凝土的性能有着至关重要的影响。如果选用的水泥品种不当,如使用了快硬早强水泥或低热水泥等,可能会导致混凝土的水化热过高或过低,从而引起温度裂缝或收缩裂缝。此外,水泥的细度、安定性不良或存放时间过长导致的水泥结块等问题,也会影响混凝土的均匀性和稳定性,进而引发裂缝。

#### 1.5.2 骨料含泥量过高

骨料是混凝土中的主要组成部分,其质量和含量直接影响混凝土的强度和耐久性。如果骨料中含有过多的泥土、粉尘或其他杂质,会降低骨料的粘结力和强度,同时增加混凝土的用水量,导致混凝土拌合物的和易性变差,难以振捣密实。在混凝土硬化过程中,这些杂质还可能成为裂缝的起点,引发混凝土的开裂。

#### 1.5.3 外加剂性能不稳定

外加剂是混凝土中用于改善其性能的重要组成部分,如减水剂、缓凝剂、引气剂等。如果外加剂的性能不稳定,如掺量不准确、与水泥或其他原材料的相容性差等,可能会导致混凝土拌合物的性能发生波动,如流动性变差、凝结时间延长或缩短等。这些性能的变化都可能影响混凝土的浇筑和振捣质量,进而引发裂缝的产生。此外,原材料中的其他因素,如砂石的粒径分布不合理、含水量过高或过低、以及使用不合格的海水或含盐量高的水等,也可能对混凝土的性能产生不良影响,

导致裂缝的产生。

## 2 水利工程中混凝土裂缝的控制技术

### 2.1 优化混凝土配合比

优化混凝土配合比是确保混凝土质量和减少裂缝产生的核心环节。这不仅仅是一个简单的材料配比问题,而是一项涉及材料科学、结构力学和施工工艺等多方面的综合性技术。在降低水泥用量的同时,掺入适量的粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料,不仅可以有效替代部分水泥,减少水化热的产生,还能与水泥中的氢氧化钙发生二次水化反应,生成更加稳定且体积稳定的化合物,从而进一步降低混凝土内部的温度应力,减少温度裂缝的产生。此外,这些矿物掺合料还能细化混凝土的孔结构,提高混凝土的密实性和耐久性。砂率的合理调整对于混凝土的工作性和抗裂性能至关重要。砂率过高会导致混凝土拌合物过于干涩,难以浇筑和振捣;砂率过低则会使混凝土拌合物过于流动,容易产生离析和泌水现象。因此,必须根据混凝土的强度等级、使用环境和施工工艺等因素,通过试验确定最佳的砂率。水胶比是影响混凝土强度和抗裂性能的关键因素之一。降低水胶比可以显著提高混凝土的强度,但同时也会增加混凝土的收缩和徐变,因此需要在保证强度的前提下,通过合理调整外加剂的种类和掺量,以及采用高效减水剂等措施,来降低混凝土的水胶比,提高其抗裂性能。

### 2.2 控制混凝土温度

在混凝土施工过程中,温度控制是预防裂缝产生的关键环节。为了有效降低混凝土的入模温度和内部温度,需要采取一系列科学有效的控温措施。使用低温水拌制混凝土是一种简单而有效的控温方法。通过降低拌合水的温度,可以显著减少混凝土在搅拌过程中的温升,从而降低混凝土的入模温度。为了实现这一目标,可以采用地下水、冰水或经过冷却处理的水作为拌合水。对砂石进行冷水雾降温是另一种有效的控温方法。在砂石堆放场地设置冷水雾喷洒系统,通过喷洒冷水雾来降低砂石的温度,进而降低混凝土的温度。这种方法不仅简单易行,而且不会对砂石的质量产生不良影响。在混凝土内部埋设冷却水管是一种高效的控温方式。通过循环水带走混凝土内部的热量,可以迅速降低其温度,减少温度裂缝的产生。冷却水管的布置应根据混凝土的厚度和尺寸进行合理设计,以确保冷却效果均匀且有效。加强混凝土的保温、保湿养护是预防裂缝产生的必要措施。在混凝土浇筑完成后,应及时覆盖保湿材料,如塑料薄膜、草帘等,以保持混凝土表面的湿润状态,防止因水分蒸发过快而产生的干缩裂缝。同时,还

应根据气候条件制定合理的养护方案,如采用喷雾养护、洒水养护等方法,确保混凝土在硬化过程中处于稳定的温度环境中<sup>[4]</sup>。此外,还可以通过优化施工工艺、合理安排施工时间等措施来进一步控制混凝土的温度。例如,在夏季高温时段避免进行大体积混凝土的浇筑;在冬季寒冷时段采取保温措施,确保混凝土不受冻害等。

### 2.3 加强施工管理

在水利工程中,施工管理对于预防混凝土裂缝具有至关重要的作用。加强施工过程中的质量管理,不仅关系到工程的安全性和耐久性,更是减少裂缝产生、提升工程质量的关键。首先,模板的强度和刚度是确保混凝土结构形状和尺寸准确的重要保障。因此,在施工前必须对模板进行严格检查,确保其满足设计要求。模板的支撑系统应稳固可靠,避免在浇筑过程中因模板变形或移位而导致混凝土产生裂缝。同时,拆模时间的选择也至关重要。过早拆模可能导致混凝土强度不足,无法承受自身重量或外部荷载,从而产生裂缝。因此,必须根据混凝土的强度发展情况、气候条件以及结构特点等因素,合理确定拆模时间。在混凝土浇筑和振捣过程中,应严格控制施工工艺。浇筑时应分层进行,每层浇筑厚度不宜过大,以确保混凝土能够充分振捣密实。振捣时应采用合适的振捣设备和振捣方法,确保混凝土内部的气泡和孔隙被有效排除,提高混凝土的密实度和均匀性。同时,振捣时间应适中,过长或过短的振捣时间都可能影响混凝土的质量。此外,还应注意浇筑过程中的温度控制,避免混凝土因温度过高或过低而产生裂缝。

### 2.4 改进养护方法

混凝土养护是预防裂缝产生的重要环节。养护的好坏直接影响到混凝土的强度和耐久性。因此,必须加强对混凝土表面的抹压和保湿养护工作。在混凝土浇筑完成后,应及时对混凝土表面进行抹压处理,以消除表面浮浆和气泡,提高混凝土表面的密实度和光洁度。抹压时应均匀用力,避免对混凝土造成损伤<sup>[5]</sup>。同时,保湿养护也是必不可少的步骤。混凝土在硬化过程中需要保持一定的湿度,以避免因水分流失过快而产生干缩裂缝。因此,应根据气候条件制定合理的养护方案。在干燥或炎热天气下,应采用覆盖保湿材料、喷雾养护等方法,保持混凝土表面的湿润状态。在寒冷天气下,还应采取保温措施,防止混凝土因受冻而产生裂缝。养护期间还应定期对混凝土进行检查,及时发现并处理可能出

现的裂缝或缺陷。对于已经出现的裂缝,应根据裂缝的宽度、深度和位置等因素,采取合适的修补措施进行修复。同时,还应加强对养护人员的培训和管理,确保其能够熟练掌握养护技能并严格执行养护制度。

### 2.5 提高原材料质量

原材料的质量是确保混凝土质量的基础。因此,在水利工程中应严格控制原材料的质量。首先应选择质量上乘的水泥、骨料和外加剂。水泥应选择品质稳定、强度高等级的水泥;骨料应选择质地坚硬、级配合理、含泥量低的骨料;外加剂应选择性能稳定、与水泥相容性好的外加剂。在原材料的储存过程中也应加强管理。应确保原材料存放在干燥、通风、防雨的环境中,避免因储存不当而导致的原材料质量下降。对于易受潮或易变质的原材料,如水泥和外加剂,应采取密封保存或定期翻晒等措施确保其质量稳定。此外,还应对原材料进行严格的检验和试验。在原材料进场前应进行抽样检验,确保其符合施工要求。在施工过程中也应定期对原材料进行抽检,以确保其质量持续稳定。对于不合格的原材料应及时退场并更换合格的原材料,以确保混凝土的质量和安

### 结束语

水利工程中混凝土裂缝的控制是一个复杂而系统的工程。通过优化混凝土配合比、控制混凝土温度、加强施工管理、改进养护方法以及提高原材料质量等措施,可以有效降低混凝土裂缝的产生几率,提高水利工程的施工质量和安全性。未来,随着科学技术的不断进步和工程实践经验的积累,相信会有更多更有效的裂缝控制技术被研发出来,为水利工程的建设和发展提供有力保障。

### 参考文献

- [1]刘士明.水利工程中混凝土裂缝控制技术分析[J].河南水利与南水北调,2021,50(04):53-54.
- [2]夏显斌.水利工程施工中混凝土裂缝控制技术浅述[J].建筑技术开发,2020,47(22):58-59.
- [3]张彩霞.水利工程施工中混凝土裂缝控制技术探讨[J].农业科技与信息,2020(07):114-115.
- [4]冯是明,邹福华.水利工程施工混凝土裂缝防治技术刍议[J].黑龙江水利科技,2012(11):2.
- [5]李景春.水利施工中的混凝土裂缝控制措施探讨[J].水利技术监督,2016,24(2):3.