

# 水利工程施工混凝土裂缝成因分析及控制措施

刘向仁

广东水电二局股份有限公司

**摘要:** 水利工程施工中混凝土裂缝属于常见问题, 裂缝较轻的情况下可不做处理, 较重的情况下需要进行控制与修补。因混凝土属于混合材料, 其各原材料质量、原材料配比、施工温度以及施工顺序等都有可能对混凝土施工出现裂缝问题, 而具体的裂缝控制措施需要依据形成原因而定。裂缝出现初期可能是无害的, 但是随着时间的不断推移, 裂缝愈演愈烈, 最终会破坏混凝土结构, 降低混凝土结构质量。为此, 施工单位需要加强防范, 了解各种裂缝类型以及预防、控制措施等。

**关键词:** 水利工程; 混凝土裂缝; 裂缝成因; 裂缝治理

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.10.232

## 引言

混凝土裂缝是现代水利工程的一项典型的质量问题, 其具有成因复杂、裂缝种类多的特征, 若材料选型、配合比设计、工艺操作等环节处理不规范, 均可能出现混凝土裂缝。为此, 施工人员需重视混凝土裂缝问题, 采取行之有效的裂缝控制技术, 最大限度地降低混凝土裂缝发生的风险, 保证现场施工活动有序开展。

### 一、水利工程施工中常见的混凝土裂缝类型

#### 1. 温度裂缝

温度裂缝的出现与混凝土施工温度关系密切, 该问题一般出现在施工后期, 常出现在大体积混凝土的施工过程中, 具体出现的位置可能是在混凝土表面或深层处, 裂缝走向无固定规律, 常见的裂缝走向为纵横交错。当混凝土内、外温度相差较大时, 便会出现混凝土裂缝问题。在混凝土浇筑施工结束后的硬化期间, 混凝土中的原材料水泥容易出现水化热反应, 致使混凝土内部温度升高, 进而与混凝土表面温度形成较大温差, 此为温度裂缝产生的直接原因。与此同时, 当出现不均匀降温现象时, 混凝土温度的急剧改变会使其出现较大的拉应力, 进而容易出现温度裂缝。

#### 2. 干缩裂缝

干缩裂缝属于水利工程混凝土施工的常见类型, 裂缝细而浅, 在混凝土表面多为网状及平行线状。该裂缝现象的产生会降低混凝土的抗渗性能, 容易导致外界水源渗透至混凝土内部, 进而对混凝土内部的钢筋结构产生腐蚀性, 降低钢筋混凝土结构的施工质量, 破坏其承载力与耐久性等。受外界多种因素的影响, 例如, 混凝土表面水分的散失速度快于其内部水分的散失速度, 因内外水分相差较大, 进而容易在混凝土表面出现变形

问题, 久而久之, 便会演变成干缩裂缝, 破坏混凝土的整体性, 降低混凝土施工质量。此外, 干缩裂缝的大小与混凝土质量以各原材料的配比有关。

#### 3. 沉陷裂缝

相比于温度裂缝及干缩裂缝, 沉陷裂缝的现象较为明显, 其会对混凝土施工结构的安全性产生较大影响。该裂缝一般为深进式或贯穿式, 对于混凝土结构的破坏性较大, 当裂缝较小时, 裂缝一般垂直于地面或与地面呈 $30\sim 45^\circ$ 夹角, 如果未进行修补, 随着时间的推移, 裂缝会逐渐变大; 当裂缝较大时, 混凝土结构可能会出现错位现象, 此时裂缝的宽度及深度都比较大, 且二者之间成正比关系。沉陷裂缝产生的主要原因是水利工程施工地基土质的不均匀, 施工过程中, 混凝土结构因长时间受挤压易出现沉陷裂缝。此外, 如果施工区域地土与回填土未被完全压实, 也易出现沉陷裂缝。在冬季, 低气温环境下易出现冻土, 冻土具有一定的强度, 而冻土化冻时会对混凝土结构产生不良影响, 容易出现沉陷裂缝。

#### 4. 荷载裂缝

荷载裂缝产生的主要原因是混凝土结构设计缺乏合理性, 具体表现介绍如下: 其一, 结构模型的计算缺乏合理性, 部分计算数据缺失, 施工模型的构建缺乏科学性。其二, 结构设计的受力分析与工程实际的受力分析存在较大偏差, 与此同时, 混凝土结构的荷载缺失或偏小。其三, 混凝土结构施工中, 施工人员内力以及配筋的计算存在错误, 计算结果存在较大误差, 进而导致混凝土结构施工的安全系数偏低。其四, 在可行性结构的设计工作中, 设计人员忽视了施工问题, 设计截面不足的同时, 部分施工结构的处理缺乏科学性, 加之钢筋设

置数量有误,进而会对混凝土钢筋结构施工刚度产生不良影响。另外,各预制结构安装不当、施工操作不合理以及相关施工流程顺序不对等都会出现荷载裂缝。

### 二、水利工程施工混凝土裂缝成因

#### 1. 不均匀沉降

在混凝土现浇期间,基础结构或模板支撑体系的承载能力较差,所承受上部施工荷载超出极限承载能力,出现基础结构不均匀沉降、模板晃动失稳、支撑架坍塌等情况,最终导致混凝土结构开裂。以基础结构不均匀沉降为例,工程现场天然地基的土质较软,没有提前进行硬化处理,在基础结构上部堆放过量材料、停放重型机械设备,基础结构在受压期间产生沉降量,各部位沉降量存在明显差异,出现不均匀沉降、局部沉降现象,导致上部混凝土结构出现裂缝,包括纵向裂缝、倒八字形裂缝、斜裂缝和八字形裂缝。

#### 2. 施工温度

水利工程施工中,混凝土施工温度的控制是其裂缝问题出现的主要原因之一,在实际施工中,混凝土的配料水泥易出现水化热反应,该反应的产生会增加混凝土内部温度,致使混凝土因内外温度不一致而出现膨胀现象,进而容易引发裂缝问题。此外,施工过程中温度控制不合理,也会导致混凝土出现裂缝问题。混凝土施工温度的控制易受诸多因素的影响,其中外界因素的影响较难控制,其需要施工人员提前做好控温措施,同时还需要尽可能阻止水泥原材料出现水化热反应。如果施工环境较为特殊,例如,在高海拔地区或冬季,环境气温较低的情况下会对混凝土内部温度产生一定影响,此时,混凝土表面容易出现渗透现象,长此以往,便容易出现裂缝问题。如果环境温度特别低,混凝土的体积会因上冻而膨胀,在混凝土表面未发生变形的情况下,内部结构的膨胀会对外产生挤压力形成裂缝。

#### 3. 施工材料

混凝土是由多种原材料混合而成的,各原材料质量以及配比等对于混凝土施工质量具有重要影响,也是其裂缝问题产生的原因之一。一方面,低质量原材料的使用会降低混凝土质量。混凝土是由水泥、砂石、水及外加剂等材料组成,每一种原材料的质量都会影响混凝土的配比质量,以水泥为例,并非越细的水泥越适合混凝土工程的施工,水泥越细,其表面积越大、需水量越多、强度越高,且水化热反应越明显。为此,采购人员

在采购水泥时需要依据水利工程施工相关要求合理选择水泥型号及品种。另一方面,混凝土施工要求不同,其各种原材料的配比参数不同,加入时间及加入顺序略有差异。部分施工人员因缺少配比经验,又或者是日常施工缺乏严谨性,进而使混凝土各原材料的配比存在不规范现象,降低混凝土质量。

#### 4. 温度影响

温度裂缝主要出现在采取大体积混凝土工艺的水利工程中,此项工艺有表面系数小、内部温升快的特性,在混凝土施工期间,如果入模温度超标,或混凝土内表温差超过 $20^{\circ}\text{C}$ ,将会在结构内部产生超出抵抗能力的温度应力,最终在应力作用下出现结构开裂现象。此外,如果水利工程现场气温偏低或偏高,同样有可能出现温度裂缝。以某水利工程为例,在夏季施工期间,由于现场环境气温偏高,在太阳光持续照射下,混凝土表面温度变化程度高达 $30\sim 60^{\circ}\text{C}$ ,混凝土结构出现温度变形现象,形成裂缝。

### 三、水利工程施工中混凝土裂缝的防治策略

#### 1. 控制施工条件

建筑施工要求不同,混凝土结构的施工特点也会不同,施工人员需要认真对待技术交底工作,确保混凝土各原材料采购量充足,避免各原材料出现质量问题。在实际的施工过程中,针对混凝土结构的施工,施工人员需要合理控制施工温度,还需要保证施工期间电力供应充足,无断电现象。与此同时,还需要保证各机械设备运行正常。如果需要进行混凝土的运输工作,运输人员需要保证车辆行驶平稳,避免混凝土在运输的过程中出现离席现象。混凝土浇筑前期,各项准备工作需要保质完成,而混凝土的浇筑需要科学控温,尽可能一次性浇筑成功,避免出现中断问题,降低混凝土施工质量,为日后裂缝的产生留下隐患。

#### 2. 优化材料性能

为强化混凝土材料性能质量,避免使用劣质材料而提高混凝土开裂率、加剧裂缝危害程度,在水利工程施工期间,施工人员要加大材料质控力度,具体采取原材料选型、配合比优化、性能检验三项措施。(1)原材料选型。在采取大体积混凝土工艺的情况下,选用低水化热水泥材料,包括中热硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥等,要求水泥比表面积在 $400\text{m}^2/\text{kg}$ 以下,水泥强度在 $42.5\text{MPa}$ 以下。选用粉煤灰作为矿物掺合料,等级控制

在Ⅰ级或Ⅱ级，也可选用粒化高炉矿渣粉作为矿物掺合料，比表面积保持在 $400\sim 450\text{m}^2/\text{kg}$ 。选用连续级配碎石作为粗集料，要求粗集料满足质地坚固、粒性级配良好、吸水率低等条件，禁止选用碱活性骨料作为粗集料。确定原材料选型方案后，对原材料进行预处理，筛除枯枝树叶、腐殖土等杂质，检测含泥量与含水量是否达标，必要时对集料进行水洗处理。此外，也可额外掺加纤维材料，如钢化玻璃纤维，纤维体起到补强作用，有利于改善混凝土内部结构状态、降低开裂率。

(2) 配合比优化。综合分析工程现场条件、混凝土强度等级、混凝土结构建设标准等因素，制订配合比方案，按照方案内容制备少量混凝土，对材料性能进行检测，如果性能不达标，则调整方案内容，直至确定各项原材料的最佳用量值。正常情况下，将混凝土水胶比控制在0.5以下，砂率控制在 $35\%\sim 42\%$ ，拌和水用量控制在 $175\text{kg}/\text{m}^3$ 以下，粉煤灰等矿物掺合料的复掺比例不得超过胶凝材料总量的60%。(3) 性能检验。在混凝土制备完毕后，立即转运入场投入使用，混凝土浇筑前，重复检查材料性能，如果性能不达标或出现混凝土离析、散白等情况，废弃不合格材料，重新制备一批混凝土材料。以坍落度为例，在满足水利工程施工要求的前提下，将混凝土浇筑时的坍落度控制在160mm以下。

### 3. 严格控制施工温度

严格控制施工温度是控制混凝土裂缝问题的有效方式。首先，使用干硬性混凝土，减少水泥材料使用量，尤其是在炎热的夏季，在混凝土搅拌施工中可以通过添加冷水或冰块的方式降低混凝土搅拌温度。与此同时，夏季环境气温较高，在混凝土施工完成之后，施工人员需要在其表面洒水进行养护，防止其因表面水分蒸发较快而出现温度裂缝或干缩裂缝。其次，针对大体积混凝土的浇筑施工，施工人员需要科学控制浇筑厚度，最佳浇筑厚度应控制在500mm左右。另外，混凝土浇筑施工期间施工人员需要将混凝土内、外温差控制在 $25^\circ\text{C}$ 左右，避免温差较大出现温度裂缝。最后，拆模时间不宜过早，冬季需要进行保温养护处理，先覆盖一层塑料薄膜，随后覆盖麻袋锯末中层，厚度90mm左右，最后覆盖岩棉被，厚度100mm左右。

### 4. 优化裂缝修补措施

因混凝土裂缝问题较为常见，所以施工人员需要对裂缝修补技术以及相关修补要求有所掌握。无论是何种

裂缝问题，常用的修补方式为表面修补法，裂缝较轻可不做处理，裂缝较为严重的情况下可以使用环氧水泥进行修补，如果此时混凝土强度偏低，或出现混凝土脱落的现象，施工人员需要优先将疏松部分剔除，随后再使用高强度水泥砂浆进行填补。具体的施工流程是先剔除疏松混凝土，再将裂缝周边混凝土表面凿毛，具体需要沿着裂缝向内凿出宽度在150~200mm的凹槽，随后使用高压水与钢丝刷将凹槽浸湿并洗刷干净，再使用1:2的水泥砂浆反复涂抹，涂抹厚度控制在15mm左右，最后需要使用1:25的水泥砂浆及水泥净浆完成防水层的施工。

### 5. 加强后期养护施工

混凝土裂缝的产生与混凝土后期的养护质量关系密切，且养护施工是混凝土施工质量的重要保障。养护施工的主要目的是让混凝土尽快适应温湿环境，避免因其内部温差较大而影响混凝土施工质量，导致混凝土出现裂缝病害。混凝土施工完成之后，施工人员需要使用塑料薄膜将混凝土表面进行覆盖，以此减缓混凝土内部水分的蒸发速度，防止混凝土内部水泥材料发生水化热反应。如若外部环境温度较高，施工人员需要定期向混凝土表面洒水，以此控制其内外温度差，防止其出现裂缝问题。常规情况下，混凝土的养护时间为14d，养护期间禁止人员以及车辆等进入养护现场，破坏混凝土的养护效果。另外，如若是不宜使用洒水法进行养护的大面积混凝土，施工人员可以使用喷涂薄膜养生液法进行养护。

### 结束语

水利工程属于基础性工程，其建设需要混凝土施工，且混凝土的施工质量具有重要影响。为此，建设企业以及施工单位等需要加强对混凝土施工质量的管控，尽可能降低混凝土出现裂缝的概率。当前，常见的混凝土施工裂缝主要包括沉降裂缝、荷载裂缝、温度裂缝以及塑性收缩裂缝等，需要施工人员合理选择配置材料、科学控制拌和质量，并在强化施工过程控制的同时，加大施工监管力度，注重后期养护施工工作的开展。

### 参考文献

- [1] 赵士召. 探析水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术[J]. 水上安全, 2023(2): 181-183.
- [2] 海卫华. 水利工程施工中混凝土裂缝的防治技术研究[J]. 工程与建设, 2022, 36(4): 1124-1125