

# 大体积混凝土抗裂技术在水利工程施工中的应用

刘肖<sup>1</sup> 孙显程<sup>2</sup> 王小艳<sup>3</sup> 刘鑫<sup>4</sup>

1. 3. 徐州市水利工程运行管理中心 江苏 徐州 221000

2. 徐州市水利工程建设管理中心 江苏 徐州 221000

4. 徐州市铜山区水务工程有限公司 江苏 徐州 221000

**摘要:** 水利工程大体积混凝土施工易受裂缝问题困扰。本文深入剖析裂缝产生源于水泥水化热、内外温差及收缩变形等因素。进而详细阐述抗裂技术应用,包括优选中低热水泥、优质骨料与掺合料并严控含碱量的原材料策略;精心确定水胶比、砂率并合理使用外加剂的配合比设计;借助温度监测、冷却水管与表面保温保湿的温控手段;规范搅拌运输、浇筑及施工缝后浇带处理的工艺控制;重视早期与后期养护。

**关键词:** 大体积混凝土; 抗裂技术; 水利工程; 温控措施; 施工工艺; 养护方法

引言: 水利工程在国家建设中占据关键地位,大体积混凝土结构广泛应用。然而,其施工中裂缝问题突出,严重威胁工程质量与寿命。水泥水化热使内部温度骤升致内外温差过大,环境温度变化引发收缩变形等,均可能导致裂缝产生。因此,深入探究大体积混凝土抗裂技术在水利工程施工中的应用极为必要。

## 1 大体积混凝土裂缝产生的原因

### 1.1 水泥水化热

在水泥发生水化反应时,会释放出大量的热能,这一过程是导致大体积混凝土内部温度显著上升的关键因素。在大型混凝土结构体内,由于混凝土的导热性能相对较低,水泥水化过程中产生的热量难以迅速散出,进而使得混凝土内部温度迅速升高。相比之下,混凝土表面的热量散失则较为迅速,从而造成了内外部较大的温差。若这种温差引起的拉应力超出了混凝土的抗拉极限,便可能在混凝土的表面或内部形成裂缝。

### 1.2 内外温差

除了水泥水化热导致的内外温差外,外界环境温度的变化也会大体积混凝土产生影响。在施工过程中,如昼夜温差较大,白天混凝土表面温度升高,夜间温度降低,会使混凝土表面产生收缩变形。当这种收缩变形受到内部混凝土的约束时,就会产生拉应力,从而导致裂缝的产生。尤其是在春秋季节,昼夜温差有时可达20℃以上,对大体积混凝土的影响更为显著。

### 1.3 收缩变形

大体积混凝土的收缩变形包括塑性收缩、干燥收缩和自收缩等。塑性收缩主要发生在混凝土浇筑后的初期,由于混凝土表面水分蒸发过快,而内部水分补充不及时,导致混凝土表面失水干缩。干燥收缩则是在混

土硬化过程中,随着水分的不断散失,混凝土体积逐渐减小而产生的收缩。自收缩是由于水泥水化过程中消耗水分,使混凝土内部相对湿度降低而引起的收缩<sup>[1]</sup>。这些收缩变形如果受到约束,都会产生拉应力,当拉应力超过混凝土的抗拉极限时,就会引发裂缝。

## 2 大体积混凝土抗裂技术措施

### 2.1 原材料的选择与优化

#### 2.1.1 水泥的选择

在大体积混凝土施工中,水泥的选择至关重要。应优先选用中低热水泥品种,像矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥等,其水化热相对较低,可有效削减混凝土内部温升。以矿渣硅酸盐水泥为例,它的水化热比普通硅酸盐水泥低20%-30%,能显著降低混凝土因水化热产生裂缝的风险。同时需严格把控水泥的细度与强度等级,避免使用过细或强度等级过高的水泥,以防增加水化热。此外,水泥的含碱量也不容忽视,一般应控制在不超过0.6%,否则过高的含碱量会与骨料中的活性二氧化硅发生碱骨料反应,致使混凝土体积膨胀,进而产生裂缝。

#### 2.1.2 骨料的选择与控制

骨料作为混凝土的重要组成部分,对其抗裂性能影响显著。要选择质地坚硬、级配良好的骨料,粗骨料宜采用连续级配,如5-20mm、20-40mm两级配的碎石,这样能降低骨料间的空隙率,减少水泥用量,从而降低水化热,使混凝土更加密实。对于细骨料,宜选用细度模数在2.3-3.0之间的中粗砂,因其比表面积较小,可减少水泥浆用量,降低混凝土收缩。并且,必须严格控制骨料中的含泥量,粗骨料含泥量不应超1%,细骨料含泥量不应超3%,含泥量过高会加大混凝土的收缩变形,削弱混

凝土的强度与抗裂性。

### 2.1.3 掺合料的应用

粉煤灰是大体积混凝土中常用的掺合料,其具有火山灰水泥功能,可与水泥水化产物进行二次水化反应,形成凝胶体填补水泥结构缝隙,增加密实性和抗渗性。而且,粉煤灰的掺入可取代部分水泥,减少水泥用量,进而降低水化热,其掺量一般可根据工程实际控制在15%-30%。矿渣粉同样是优质掺合料,具有较高活性,能提升混凝土的后期强度与耐久性。将矿渣粉与粉煤灰复合使用,效果更为理想,可进一步优化混凝土性能,增强其抗裂能力,为大体积混凝土的抗裂提供有力保障。

## 2.2 配合比设计

### 2.2.1 水胶比的确定

水胶比在大体积混凝土配合比设计中占据重要地位。它是指混凝土中用水量与胶凝材料用量的质量比。在满足混凝土设计强度和工作性要求的基础上,尽可能降低水胶比至关重要。一般而言,水胶比宜控制在0.4-0.55之间。这是因为较低的水胶比能够有效减少混凝土中的游离水含量。当游离水减少时,混凝土在硬化过程中因水分蒸发而形成的孔隙也会相应减少,从而降低孔隙率。孔隙率的降低不仅使混凝土更加密实,进而提高其强度,还能够增强混凝土的抗渗性,使其能够更好地抵御外界水分和有害物质的侵入。

### 2.2.2 砂率的选择

砂率的合理选择对于大体积混凝土的性能同样具有重要影响。砂率是指混凝土中砂的质量占砂、石总质量的百分率。其取值需综合考虑骨料的级配、混凝土的工作性等多方面因素。通常情况下,砂率可控制在35%-45%之间。合适的砂率能够确保混凝土具有良好的和易性,使混凝土在搅拌、运输、浇筑等施工过程中保持均匀性和密实性<sup>[2]</sup>。当砂率过高时,骨料的总表面积增大,需要更多的水泥浆来包裹骨料,这不仅会增加水泥用量,还可能导致混凝土的收缩增大;而砂率过低时,混凝土的流动性会变差,容易出现离析、泌水等现象,影响混凝土的质量和施工性能。

### 2.2.3 外加剂的使用

为了进一步优化大体积混凝土的性能,外加剂的使用必不可少。减水剂作为常用的外加剂之一,能够在不增加用水量的前提下,显著提高混凝土的流动性。比如,高效减水剂的应用可使混凝土的坍落度增加10-20cm,大大改善了混凝土的施工性能,使其更易于浇筑和振捣。同时减水剂还能够减少水泥用量,一般可降低10%-15%左右,通过减少水泥的用量,不仅实现了混凝土

成本的降低,同时也降低了水化热,这有助于减缓混凝土内部的温度应力,进一步增强其抗裂能力。采用缓凝剂可以延长混凝土的凝结时长,有效控制水泥水化热释放的速率,从而减少混凝土内部温度的峰值上升。不同类型的缓凝剂其掺量有所不同,如葡萄糖酸钠缓凝剂的掺量一般可控制在0.05%-0.15%之间。通过合理控制缓凝剂的掺量,可以根据工程的具体要求和混凝土的凝结时间需求,使混凝土的水化热释放更加均匀,避免因水化热集中释放而导致混凝土内部温度过高,产生过大的温度应力,从而有效防止混凝土裂缝的产生。膨胀剂的应用则是从另一个角度提高大体积混凝土的抗裂性能。它能够使混凝土在硬化过程中产生一定的膨胀,从而补偿混凝土的收缩变形。常用的硫铝酸钙类膨胀剂,其掺量一般为8%-12%。

## 2.3 温控措施

### 2.3.1 混凝土内部温度监测

在大体积混凝土施工过程中,必须对混凝土内部温度进行实时监测。通过在混凝土结构内不同区域安置温度感应装置,如在混凝土核心、表层以及不同层次深度上安装传感器,便能精确监测并掌握混凝土内层温度的动态变化。监测频率应根据混凝土的浇筑时间和温度变化规律确定,一般在浇筑后的初期,每2-4小时监测一次,随着混凝土温度趋于稳定,可适当延长监测间隔时间。

### 2.3.2 冷却水管降温

冷却水管降温是大体积混凝土温控的有效手段之一。在混凝土浇筑前,预先在混凝土内部铺设冷却水管,一般采用直径为25-32mm的钢管。冷却水管呈蛇形或环形布置,管间距根据混凝土结构尺寸和降温要求确定,一般为1.0-1.5m。在混凝土浇筑后,通过向冷却水管内通入循环冷却水,带走混凝土内部的热量,降低混凝土的内部温度。比如,在某大型泵站的混凝土基础施工中,采用了冷却水管降温技术,使混凝土内部最高温度降低了20℃左右,有效控制了内外温差,防止了裂缝的产生。冷却水管的通水时间和流量应根据混凝土内部温度监测结果进行动态调整。在混凝土内部温度上升阶段,应加大通水流量,加快热量的散发;当混凝土内部温度趋于稳定且内外温差在允许范围内时,可逐渐减少通水流量直至停止通水。同时要注意冷却水管的密封和防堵塞,确保其正常运行。

### 2.3.3 表面保温与保湿

混凝土表面保温与保湿是防止表面裂缝产生的重要措施。在混凝土浇筑后,应及时对表面进行覆盖保温材料,如草帘、棉被、泡沫塑料板等。保温材料的厚度

应根据环境温度、混凝土内部温度和内外温差要求计算确定。一般在冬季施工时,保温材料厚度应适当增加。如,在北方寒冷地区的水利工程冬季施工中,混凝土表面覆盖的保温材料厚度可达10-15cm。保湿养护可以采用洒水、喷雾或覆盖塑料薄膜等方式<sup>[1]</sup>。保湿养护能够防止混凝土表面水分蒸发过快,减少塑性收缩和干燥收缩。在混凝土养护期间,应保持混凝土表面始终处于湿润状态,养护时间一般不少于14天,对于有抗渗要求的混凝土,养护时间应不少于28天。

## 2.4 施工工艺控制

### 2.4.1 混凝土的搅拌与运输

混凝土的搅拌应采用强制式搅拌机,确保混凝土的原材料充分搅拌均匀。搅拌时间应根据搅拌机的类型、混凝土的配合比和坍落度要求确定,一般不少于90秒。在搅拌过程中,要严格控制原材料的计量精度,特别是水泥、外加剂等用量,误差应控制在规定范围内。混凝土的运输应采用专用的混凝土搅拌运输车,确保混凝土在运输过程中的均匀性和和易性。运输时间应尽量缩短,防止混凝土坍落度损失过大。在夏季高温时,可采取在搅拌运输车罐体上覆盖隔热材料、向罐体喷水降温等措施,减少混凝土的温度升高;在冬季低温时,应对罐体进行保温,防止混凝土受冻。

### 2.4.2 混凝土的浇筑

混凝土的浇筑应采用分层、分段、间歇的方式进行。分层浇筑厚度一般根据混凝土的振捣能力和结构特点确定,一般不超过50cm。分段浇筑长度应根据混凝土的供应能力、浇筑速度和结构的伸缩缝设置等因素确定。间歇时间应根据混凝土的凝结时间和温控要求确定,一般不应超过混凝土的初凝时间。比如在大坝的混凝土浇筑中,采用了分层浇筑的方式,每层厚度为30-40cm,分段长度为10-15m,间歇时间控制在3-5小时之间,这样可以避免混凝土浇筑过程中出现冷缝,保证混凝土的整体性。在混凝土浇筑过程中,要加强振捣,确保混凝土的密实性。振捣应采用插入式振捣器、平板振捣器等相结合的方式,振捣时间以混凝土表面不再下沉、不再冒气泡、表面泛浆为准。同时避免振捣过度,防止混凝土离析。

### 2.4.3 施工缝与后浇带的处理

施工缝是大体积混凝土结构中的薄弱环节,应进行妥善处理。在施工缝处继续浇筑混凝土前,应将施工缝

表面的浮浆、松动石子等清理干净,并涂刷界面剂,以增强新旧混凝土之间的粘结力。对于有抗渗要求的施工缝,还应设置止水带,如橡胶止水带、钢板止水带等。后浇带的设置可以有效释放混凝土的收缩应力,减少裂缝的产生。后浇带的宽度一般为80-100cm,间距根据结构特点和混凝土的收缩变形量确定,一般为30-40m。在后浇带浇筑前,应将后浇带内的杂物清理干净,并对两侧混凝土进行凿毛处理,然后采用比原混凝土强度等级高一级的补偿收缩混凝土进行浇筑,浇筑时间一般在两侧混凝土浇筑后42-60天。

## 2.5 养护方法

(1) 早期养护:混凝土的早期养护尤为重要,在混凝土浇筑完毕后,应立即进行养护。在夏季高温时,可采用蓄水养护的方式,蓄水深度一般为5-10cm,这样可以利用水的比热容大的特点,吸收混凝土表面的热量,降低混凝土表面温度,同时起到保湿作用。在冬季低温时,应采用保温养护为主,如在混凝土表面覆盖保温材料后,再覆盖一层塑料薄膜,防止热量散失和水分蒸发。(2) 后期养护:混凝土的后期养护应持续进行,确保混凝土在硬化过程中始终处于良好的环境条件下。在养护期间,应定期检查混凝土表面的温度、湿度和养护材料的完整性,及时补充水分或更换养护材料。对于大体积混凝土结构,养护时间应足够长,一般不少于28天,对于有特殊要求的混凝土,养护时间应更长。

结束语:本文通过对裂缝产生原因的全面分析,针对性地实施原材料选择与优化、配合比设计、温控措施、施工工艺控制以及养护方法等一系列技术举措,能够有效降低裂缝出现的概率,确保水利工程大体积混凝土结构的质量与稳定性。在未来水利工程建设中,应持续关注抗裂技术的发展与创新,不断总结经验,进一步提高抗裂技术水平,为打造坚固耐用、安全可靠的水利工程设施不懈努力,从而更好地满足社会经济发展对水利工程的需求,保障水资源的合理开发与高效利用。

## 参考文献

- [1]张龙.大体积混凝土抗裂技术在水利工程施工中的应用[J].建筑工程技术与设计,2021(6):1492.
- [2]曹健,杨毅.大体积混凝土抗裂技术在水利工程施工中的应用[J].百科论坛电子杂志,2021(19):1715.
- [3]魏绍珍.大体积混凝土抗裂技术在水利工程施工中的应用[J].文渊(高中版),2020(4):2667-2668.