

水工结构工程裂缝成因及防治探讨

李佳庆

吉林省水利水电勘测设计研究院

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6104

[摘要] 水工结构工程中的裂缝问题是混凝土施工中的常见现象,主要由混凝土的水化热、建材失水收缩、碳化收缩以及直接作用等因素引起。这些裂缝不仅影响工程的美观,还可能严重威胁结构的安全性和耐久性。本文分析水工结构工程裂缝的特征及其产生的主要原因,包括混凝土的水化热、建材的失水收缩和碳化收缩等。针对这些原因提出相应的防治措施,如加强施工材料质量控制、做好温差裂缝防治施工环节管理、强化荷载应力防治策略、作业用水精细化管理以及重视后期养护工作。综合应用这些防治和治理措施显著降低水工结构工程中裂缝的发生率,保障工程的质量和安全。

[关键词] 水工结构工程; 裂缝成因; 防治措施

中图分类号: TU759 **文献标识码:** A

Discussion on the causes and prevention of cracks in hydraulic structure engineering

Jiaqing Li

Jilin Province Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute

[Abstract] Cracks in hydraulic structural engineering are common phenomena in mass concrete construction, which are mainly caused by hydration heat of concrete, dehydration shrinkage of building materials, carbonation shrinkage and direct action. These cracks not only affect the aesthetics of the project, but also may seriously threaten the safety and durability of the structure. This paper analyzes the characteristics and main causes of cracks in hydraulic structure engineering, including hydration heat of concrete, dehydration shrinkage and carbonation shrinkage of building materials. In view of these reasons, the corresponding prevention measures are put forward, such as strengthening the quality control of construction materials, doing a good job in the construction link management of temperature difference cracks prevention, strengthening the load stress prevention strategy, fine management of working water and paying attention to the later maintenance work. The comprehensive application of these prevention and treatment measures can significantly reduce the occurrence rate of cracks in hydraulic structure engineering and ensure the quality and safety of the project.

[Key words] hydraulic structural engineering; Causes of cracks; Prevention and control measures

引言

水工结构工程是水利工程的重要组成部分,水工结构工程安全性和稳定性直接关系到整个工程的质量和效益。在实际施工过程中裂缝问题一直是困扰工程人员的难题之一。裂缝的出现影响工程的外观质量,最主要的问题是长时期情况下裂缝会对工程的结构安全性和耐久性产生严重影响。因此对水工结构工程裂缝的成因及防治措施进行深入探讨显得尤为重要。

1 水工结构工程裂缝的特征

水工结构工程中的裂缝多出现于大体积混凝土施工阶段。大体积混凝土构造复杂,原材料多样,众多因素都会对其构造和性能产生影响。混凝土属于脆性材料,抗拉能力极差,甚至达不到抗压能力的10%。在水工结构工程中混凝土的使用量相当可观。

一旦浇筑完成,混凝土会因水化热效应而导致其内部温度迅速攀升。如果钢筋的使用量未能达到规定标准,那么混凝土的承载能力将会受到削弱。大体积混凝土与外界环境的接触面积较大,从而在混凝土内部产生额外的拉应力,进一步加剧了裂缝产生的风险。

2 水工结构项目施工过程中裂缝产生的关键因素

2.1 混凝土的水化热导致裂缝产生

混凝土在遇水后会发生水化反应并释放热量,这是混凝土裂缝产生的重要原因之一。当混凝土体积较小时浇筑过程中产生的热量能够快速散发到周围环境中。然在水工结构的大体积混凝土施工中情况则截然不同。由于大体积混凝土本身是热的不良导体,且体积庞大,水化热产生的热量难以迅速散发,大量

热量在混凝土内部积聚。这使得混凝土内部温度急剧升高,在高温状态下混凝土的弹性模量较小,变形能力较弱,内部变形应力也相对较小,一般不会达到应力极限。但随着时间推移,混凝土持续散热,温度逐渐下降,此时混凝土的弹性模量增大,变形能力增强,内部应力可能会达到甚至超过应力极限,从而导致混凝土出现裂缝。

2.2 建材失水收缩

水泥材料在使用过程中会出现温度与湿度的改变,水泥中的水分会随着湿度和温度的改变而发生变化,当水分散失时就会导致水泥石收缩。这种失水收缩现象会在水泥石内部产生应力,当应力超过一定限度时裂缝就会随之产生。失水收缩是水工结构混凝土裂缝产生的常见因素之一,在施工过程中需要密切关注水泥的湿度和温度变化,采取相应措施来减少失水收缩的影响。

2.3 建材的碳化收缩现象解析

当地下存在碳酸地下水时地下水环境会直接促使建筑材料发生碳化收缩。这类似于热胀冷缩的原理,当混凝土所承受的拉力强度无法抵御碳化收缩所带来的应力时,混凝土表面就会出现裂缝。碳化收缩是一个不可逆的过程,一旦混凝土被置于高浓度的二氧化碳环境中,开裂的风险就会显著增加。在水工结构施工过程中必须充分考虑到环境因素对建材碳化收缩的影响,并采取切实可行的防护措施来预防这一问题的发生。

3 水工结构工程裂缝的预防措施

3.1 加强施工材料质量控制

在水工结构工程裂缝防治中施工材料的质量管控是关键一环。科学选择施工材料种类和优化混凝土配比,能够有效降低裂缝出现的几率,将混凝土裂缝控制在可接受范围内。混凝土主要由水泥、集料、水等材料组成,对这些材料的选择和分析至关重要。砂石材料的含泥量必须严格控制,因为含泥量过高会降低混凝土的强度和耐久性。如在某大型水利枢纽工程中由于对砂石材料含泥量控制不当,导致混凝土强度不达标,出现了多处裂缝,严重影响工程进度和质量。在选材时要确保砂石材料的性能符合要求,强度达到施工标准。

在水工结构工程施工中材料的选择与应用对混凝土质量起着关键作用。为有效降低混凝土裂缝产生的风险,应优先选用大粒径砂砾,避免使用小粒径砂砾。小粒径砂砾在混凝土中会导致内部热量过高,增加裂缝出现的可能性。选择小收缩系数的材料,能够有效减轻混凝土内部应力,从而减少裂缝的产生。在某水库大坝建设中采用小收缩系数材料后,混凝土内部应力得到有效控制,裂缝明显减少。施工人员可根据工程实际需求,科学添加适量添加剂来提高混凝土结构强度。添加剂的种类和用量需严格把控,以确保达到最佳效果。以某桥梁工程为例,适量添加减水剂后,混凝土强度不仅显著提高,工作性能也得到明显改善。

3.2 做好温差裂缝防治施工环节管理

温度是导致水工结构工程裂缝的重要因素之一,在施工阶段,温差裂缝问题最为普遍,这与施工现场的环境密切相关。

3.2.1 骨料降温

搭设凉棚的方式避免阳光直射骨料表面,减少骨料吸收的热量,也可采用洒水的方法,将16℃左右的自来水喷洒在骨料表面,实现降温。在某水利工程中搭设凉棚和洒水的方式对骨料进行降温,有效降低混凝土的出机口温度,减少了温差裂缝的产生。

3.2.2 添加冰块降温

在混凝土还未浇筑前将直径为3厘米的小冰块巧妙地掺入混凝土原料中,通过搅拌让冰块与混凝土完美融合。冰块的添加量可不是随意的,它得根据混凝土的出机口温度来灵活调整。在混凝土施工过程中温控环节是比较重要的。以出机口温度18℃为例,每立方米混凝土需添加约120克冰块,这样的操作能有效降低混凝土温度,避免因温度过高导致裂缝。添加冰块后搅拌时间需适当延长,同时放慢混凝土浇筑速度,确保冰块充分融化,均匀散热,从而有效规避温差裂缝的产生。

3.2.3 散热与测温设施的科学配置

说到散热,得选那种规格为 $\Phi 48 \times 1.4$ mm的钢管来做散热管,而且得把它和钢筋绑得紧紧的。承台的厚度不同,散热管网的布局也有所变化。比如4米厚的承台,就得竖直方向设两层散热管网,每层的水平和垂直距离都保持在1米左右。3.5米厚的承台也是这样设两层,不过顶层和底层的管网得离承台的顶面和底面各1.25米。进水口还得高出承台顶面30厘米。

测温设施也很重要,能实时了解混凝土结构里面的温度,给养护工作提供数据支持。测表面温度时,就在水工结构工程的对角线、纵横轴线上放几个温度应变片,然后查看温度显示屏上的数据。

3.2.4 水流降温法

还可利用水流来给混凝土降温,在基坑的上下部分都放上塑料水桶,然后用塑料管把它们连起来,利用连通器的原理让水流通起来。基坑上部的水桶也得这样连。在上部水桶里放个进水管,管道通过分水阀和分管相连,再在水桶里放个2.2千瓦的潜水泵,调整水泵和阀门来控制水流速度,让水循环起来降温。单个散热管的冷却水流速得保持在每小时1.2立方米到1.5立方米之间,进水口的温差不能超过6℃。通水的时间得根据温度检测结果来定,一般得12天。等结构里面的最高温度和外面的温度差满足要求了,也就是外面的温度和环境温度的温差低于20%的时候,就停止通水了。出水口那儿还得放个流量调整水阀和流量测量设施。

3.3 强化荷载应力的预防措施

在水工结构工程建设中为有效强化混凝土结构强度,规避裂缝问题的产生,首要任务是选用优质材料。C60高强度水泥是理想之选,其高强度特性能够显著提升混凝土结构的承载能力,从根本上增强结构的稳定性。同时科学合理地选择骨料规格也至关重要,不同粒径的骨料搭配得当,能够提高混凝土材料的密实度,进而改善其整体性能。

对于水工结构的薄弱部位,加筋处理是增强结构强度的关

键手段。在加筋作业时要严格把控钢筋的分布情况,确保其均匀分布在结构中使钢筋能够充分发挥增强结构抗拉性能的作用。合理确定钢筋的直径和间距,根据结构的受力特点和设计要求,选择最为适宜的参数,从而有效提升薄弱部位的承载能力,降低裂缝出现的风险。当模板拆除后立即对混凝土结构进行遮盖和保温处理,这能有效抵御外界高温和大风天气的不良影响,避免因温度骤变和风力侵蚀导致混凝土表面出现裂缝。

3.4 作业用水精细化管理

加强作业用水管理是降低水工结构裂缝问题发生率的重要举措。在材料选择阶段严格控制材料的含水量在20%以下,这有助于确保混凝土在搅拌和施工过程中的稳定性,避免因水分过多导致的材料性能下降和裂缝产生。施工完成后的养护阶段,摒弃大水漫灌的传统方式,因为这种粗放的养护方式极易对混凝土表面造成损坏,引发裂缝。精细化的作业用水管理,不仅能够减少裂缝问题,还能极大地提高水资源利用效率,符合可持续发展的理念,避免水资源的浪费,降低工程成本。

3.5 重视后期养护工作

后期养护在水工结构工程裂缝防治中占据着核心地位。施工人员需要从内部和外部两个维度着手,全面提升养护效果。在内部,提高隔热层性能,减少内部温度变化对结构的影响,降低因温度应力导致的裂缝风险。在外部表面养护方面,采用覆盖草垫或棉被的方式,减缓热量散失速度,使混凝土结构内外温度尽可能保持均衡,有效防止因温度差异过大而产生裂缝。定期在水工结构工程表面喷洒水分,能够延缓水分蒸发速度,保持混凝土的湿度,有助于混凝土的强度增长和结构稳定,进一步降低裂缝出现的可能性。

4 水工结构工程裂缝的治理措施

在水工结构工程中裂缝的有效治理对于保障结构安全与耐久性至关重要。填充技术和化学灌浆技术是两种常用且各具特点的裂缝治理方法。填充技术是一种常用的混凝土裂缝修复方法,在各类水工结构裂缝修复中应用广泛。填充技术操作流程简便,只需将混凝土修补材料填充至裂缝内部即可,成本相对较低,且修复效果良好,能有效恢复混凝土结构的部分性能。填充技术在处理大深度裂缝时存在明显的局限性,修补后的效果难以达到预期,无法彻底解决裂缝问题,可能导致结构耐久性下降等隐患。为了提升填充技术的应用效能,科学合理地选择修复材料就成为至关重要的环节。常见的修复材料种类繁多。在采用填充技术对裂缝进行修补的过程中必须严格遵守既定的施工步骤。利用专业的工具对裂缝的两侧进行精细的预处理,将裂缝的形状修整为V型或U型的凹槽形式。这些凹槽的宽度应当被精确地控制在2厘米至10厘米的范围内,并且其深度需要达到裂缝的最底

部。对裂缝逐渐变窄的部分,其宽度应当维持在1.5厘米至5厘米的区间内。在施工过程中如果遇到钢筋,那么就必须对钢筋的质量进行全面的检验,仔细检查其表面是否存在锈蚀或者破损的迹象。一旦发现钢筋有任何的缺陷,就需要先对其进行修补和必要的防腐处理,然后再利用粘合材料对裂缝进行修补。

在裂缝修补过程中化学灌浆技术是一种极具优势的方法,适用于大深度裂缝的处理。化学灌浆技术所使用的填充材料主要包括水泥和高分子聚合物。在施工过程中借助专业设备,将精心调配的灌浆材料精准地注入裂缝内部。专业设备的运用确保灌浆材料能够均匀、准确地抵达裂缝的各个部位,避免遗漏和不均匀填充的问题。注入完成后紧接着进行后续的压实作业。通过压实,使灌浆材料与裂缝壁紧密贴合,进一步增强了填充的密实度。为充分发挥化学灌浆技术的优势,需根据裂缝的实际特征,如裂缝深度、宽度、走向以及结构受力情况等,合理选择灌浆方法及灌浆材料。

在实施化学灌浆技术时同样需要重视裂缝的预处理工作。在开凿完成后应对裂缝表面进行彻底清洁,确保灌浆材料能够与裂缝壁充分接触。利用专业灌浆设备进行作业时,灌浆时间应保持在3分钟以上,以保证灌浆材料能够充分填充裂缝。

5 结语

水工结构工程中的裂缝问题是一个复杂且多因素影响的现象,其防治和治理需要综合考虑材料、施工工艺和环境等多方面因素。本文对裂缝成因的深入分析,提出针对性的防治措施和治理技术,为水工结构工程的设计和施工提供科学依据和实践指导。在实际工程中施工人员应严格按照规范操作,加强材料质量控制,优化施工工艺,做好温差和荷载应力的管理,以及重视后期养护工作。裂缝治理技术的合理应用也是确保工程质量和安全的关键。综合运用这些措施和技术有效减少裂缝的产生和扩展,延长水工结构的使用寿命,保障工程的安全运行。

[参考文献]

- [1]李鑫,吴楠,魏经明,等.火力发电厂水工结构工程裂缝的成因及防治[J].电站系统工程,2022,38(06):75-76.
- [2]许翔.水工结构工程裂缝成因及防治[J].绿色环保建材,2019,(04):214-215.
- [3]李旭,赵悦.浅谈水工结构工程裂缝成因及防治[J].中国新技术新产品,2017,(03):91.

作者简介:

李佳庆(1989--),男,汉族,吉林省长春市人,硕士研究生、高级工程师、吉林省水利水电勘测设计研究院,从事水利水电工程设计。