

水利工程大体积混凝土温控与裂缝防治技术

鲍生珍

中国水利水电第四工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i3.5298

[摘要] 水利工程是国家基础设施建设的重要组成部分,对于防洪、灌溉、发电、航运等方面具有不可替代的作用。在水利工程建设中,大体积混凝土的应用十分广泛,然而,由于大体积混凝土的特殊性,其温度控制和裂缝防治一直是工程建设的难点和挑战。大体积混凝土具有体积大、结构复杂、水泥用量多等特点,这些特点使得大体积混凝土在施工过程中容易产生较高的温度,导致混凝土内部产生温差应力,从而增加裂缝的风险。裂缝的产生不仅会影响混凝土的耐久性和使用寿命,还会对水利工程的整体安全性和稳定性造成潜在威胁。基于此,本文从水利工程中大体积混凝土裂缝产生的原因出发,分析了裂缝产生的危害,并详细分析了裂缝的防治措施,以期能够为水利工程大体积混凝土的温控与裂缝防治提供更加科学、合理的技术支持,推动水利工程建设的技术进步和创新。

[关键词] 水利工程; 大体积混凝土; 裂缝防治技术

中图分类号: TV331 **文献标识码:** A

Temperature control and crack prevention technology of mass concrete in hydraulic engineering

Shengzhen Bao

China Water Conservancy and Hydropower Fourth Engineering Bureau Co., Ltd

[Abstract] Water conservancy engineering is an important component of national infrastructure construction, and plays an irreplaceable role in flood control, irrigation, power generation, navigation, and other aspects. In water conservancy engineering construction, the application of large volume concrete is very extensive. However, due to the particularity of large volume concrete, temperature control and crack prevention have always been the difficulties and challenges of engineering construction. Large volume concrete has the characteristics of large volume, complex structure, and high cement consumption. These characteristics make it easy for large volume concrete to generate high temperatures during construction, leading to temperature difference stress inside the concrete and increasing the risk of cracks. The generation of cracks not only affects the durability and service life of concrete, but also poses a potential threat to the overall safety and stability of hydraulic engineering. Based on this, this article starts from the causes of cracks in large volume concrete in hydraulic engineering, analyzes the hazards of cracks, and provides a detailed analysis of crack prevention and control measures, in order to provide more scientific and reasonable technical support for temperature control and crack prevention of large volume concrete in hydraulic engineering, and promote technological progress and innovative development in hydraulic engineering construction.

[Key words] Water conservancy engineering; Large volume concrete; Crack prevention and control technology

引言

水利工程是国民经济和社会发展的基础设施,其质量和安全对于保障水资源合理利用、防治水旱灾害、促进经济社会可持续发展具有重要意义。在水利工程中,大体积混凝土是不可或缺的重要部分,作为常见的结构材料,广泛应用于水库大坝、水电站厂房、水闸等关键部位。然而,由于大体积混凝土结构的特殊性和复杂性,其在施工和使用过程中受到温度、湿度、外力等多种因素的影响,容易产生裂缝,不仅影响结构的整体性

和耐久性,还可能引发安全隐患。因此,对大体积混凝土进行温度控制和裂缝防治是水利工程建设中的关键技术问题。

1 水利工程中大体积混凝土裂缝产生的原因

1.1 收缩裂缝。在水利工程中,混凝土在浇筑和硬化过程中会产生收缩,这种收缩是由于混凝土内部水分的蒸发和水泥水化引起的,大体积混凝土由于体积大,内部水分蒸发和水泥水化产生的收缩应力也更大,当收缩应力超过混凝土的抗拉强度时,就会导致裂缝的产生(见图1)。此外,大体积混凝土在浇筑过程

中, 由于水泥水化热的大量释放, 如不及时排出, 就会导致混凝土内部温度升高。在成型以后, 因为水泥的水化作用, 体积会发生一定的膨胀, 这样就会导致混凝土内部的应力增加, 而外部温度相对较低, 形成内外温差, 从而产生温度应力, 当温度应力超过混凝土的抗拉强度时, 也会引发裂缝。



图1 某水利工程坝体混凝土裂缝示意图

1.2 温度应力裂缝。水利工程建设的混凝土在浇筑初期, 水泥水化产生大量的热量, 这些热量在混凝土内部不易散发, 导致内部温度急剧升高, 而外部温度相对较低。这种内外温差会导致混凝土产生温度应力, 进而引发裂缝。加之, 混凝土在硬化过程中, 受到环境温度变化的影响, 如昼夜温差、季节温差等, 导致混凝土产生温度应力, 从而产生裂缝。

1.3 施工工艺因素。水利工程建设的混凝土施工工艺也会影响裂缝的产生, 如果混凝土的搅拌和运输时间过长, 会导致水分过度蒸发, 使混凝土在浇筑后出现收缩裂缝; 如果模板的刚度不足, 或者在混凝土未达到足够强度时过早拆模, 都会导致混凝土产生裂缝; 不正确的振捣方式会导致混凝土分层离析, 表面浮浆, 使混凝土面层开裂。而且如果混凝土表面不及时进行多次抹面处理, 也会导致表面裂缝的产生; 混凝土浇筑后, 如果养护工作不到位, 如不及时覆盖、保湿等, 会导致混凝土表面水分迅速蒸发, 也会产生收缩裂缝。

1.4 材料因素。不同品种的水泥, 其水化热和水化速度都有所不同, 使用高水化热的水泥或水泥用量过大, 都会导致混凝土产生较大的温度应力和收缩应力, 从而增加裂缝的风险; 骨料的质量对混凝土的收缩性能有重要影响, 如果骨料中含泥量过大或级配不良, 都会导致混凝土收缩增大, 从而增加裂缝的风险; 在混凝土中加入外加剂可以改善其性能, 但如果使用不当或过量使用某些外加剂, 也可能导致混凝土产生裂缝。

2 水利工程中裂缝的危害

2.1 结构完整性和安全性的破坏。对于水利工程施工建设而言, 裂缝会导致混凝土结构的完整性受到破坏, 从而降低其承载

能力。裂缝的扩展可能引发混凝土内部的应力重分布, 导致应力集中, 进一步加剧结构的损伤。这种损伤累积可能导致结构的部分或整体失稳, 甚至发生破坏, 导致水利工程建设的质量和安受到影响。也会对人们的生命和财产安全构成严重威胁。

2.2 耐久性下降。裂缝为水和空气中的有害物质提供了进入结构内部的通道, 加速了混凝土的碳化、硫酸盐侵蚀等化学作用。这些化学作用会破坏混凝土的内部结构, 降低其强度和耐久性。同时, 水流和冻融循环也可能因裂缝而加剧, 进一步破坏混凝土的微观结构, 加速老化过程。

2.3 功能性受损。通常情况下, 在水利工程施工过程中, 裂缝的产生会影响到水利工程的正常功能, 可能导致水利工程出现渗漏问题, 严重影响工程的正常运行。例如, 在水库大坝中, 裂缝可能导致库水渗漏, 降低水库的蓄水能力, 严重时甚至可能导致大坝失事。在输水渠道中, 裂缝可能导致水流损失, 降低输水效率, 影响灌溉和供水。此外, 裂缝还可能引起不均匀沉降, 导致工程结构变形, 进一步影响使用功能。

2.4 维修成本增加。裂缝的修复需要投入大量的人力、物力和财力。修复过程可能涉及复杂的工程技术和设备, 增加了维修成本。同时, 裂缝的修复往往需要暂停工程的运行, 造成经济损失。此外, 由于裂缝的存在可能导致结构损伤不断累积, 需要定期进行监测和维护, 增加了长期的管理成本。

2.5 社会影响广泛。水利工程是关系国计民生的重要基础设施, 裂缝的出现可能引发社会关注和担忧。特别是在关键工程中, 如水库、大坝等, 裂缝问题可能引发公众对工程安全性的质疑, 影响社会稳定。同时, 裂缝问题也可能影响水利工程的社会声誉和公众信任度, 对水利工程的可持续发展造成负面影响。

3 水利工程大体积混凝土温控与裂缝防治措施

3.1 优化混凝土原材料选择和配比设计。在水利工程中, 进行大体积混凝土的温控与裂缝防治技术施工时, 混凝土原材料的选择至关重要。合适的原材料不仅可以保证混凝土的性能和稳定性, 还能有效降低温控难度, 减少裂缝产生的风险。混凝土的原材料主要包括水泥、骨料、掺合料等, 水泥是混凝土工程中最主要的组成材料, 所以在原材料的选择上一定要重视, 要优先选择低热或中热水泥, 以减少水泥水化过程中产生的热量, 降低混凝土内部温度的升高, 如硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥, 水泥强度等级不应低于32.5级; 在骨料的选择上, 要注意粗骨料要选用级配合理、粒形良好的, 以减少混凝土内部的空隙, 提高密度, 细骨料应选择细度模数适中、含泥量低的, 以提高混凝土的工作性和强度。以粗骨料为例, 粗骨料宜采用中、粗砂, 细度模数在2.3~2.8的中砂, 含泥量小于3%, 最大粒径不应超过35mm, 当采用碎石时, 碎石最大粒径不宜超过40mm; 掺合料可以选用粉煤灰、矿渣粉、硅粉等具有适当活性的, 可以替代部分水泥, 减少水化热的同时, 提高混凝土的抗裂性。需要注意的是使用粉煤灰时应注意其掺量不宜超过水泥用量的50%。在混凝土的调配中, 还需要添加适量的外加剂, 以改善混凝土的工作性能, 延缓水泥水化速度, 降低温度应力, 通常宜采用缓凝型减水剂^[1]。

混凝土配比设计是大体积混凝土施工的重要环节,合理的配比设计可以使混凝土温度控制效果更加理想。一般来讲,在满足工程设计要求和施工要求的前提下,可通过增加胶凝材料用量、提高水泥用量、减少粉煤灰掺量、采用缓凝剂、掺合料等方法,来降低水泥水化热。对于大体积混凝土来讲,优化原材料配比设计对控制温度非常重要^[2]。对于大体积混凝土来讲,还可以采用减小骨料粒径、掺加外加剂、降低水胶比等方法来降低水泥用量,如果采用上述方法仍不能满足设计要求时,则可采用在混凝土中掺加矿渣等掺合料的方法来降低混凝土的用水量^[3]。

3.2 优化施工工艺。在水利工程中,混凝土浇筑工艺的确定是保证大体积混凝土质量的关键,其基本原则是采用连续浇筑方法,以保证混凝土供应连续,减少水泥水化热的聚集,降低混凝土内部温度。要尽量缩短浇筑层厚度,一般宜采用分层或分段浇筑,每层厚度控制在300mm左右。每层浇筑时要及时将下层表面浮浆和石子清除干净,浇筑完后采用覆盖保温材料的办法防止水分散失和气温骤降而产生裂缝。分层浇筑时应从下层到上一层进行,从中间向两边推进,不能中断,分段施工时,应先浇筑底板、墙体和顶板。通常水平分层连续浇筑法比较适用于大体积混凝土施工中,其优点是能够减少温度裂缝的产生,缺点是施工速度较慢。除了要优化混凝土的浇筑之外,采用合适的振捣方法也很重要。要尽量使用机械振捣,可以避免人工振捣造成的质量问题,使用机械振捣时,要采用二次振捣工艺,即在大体积混凝土的各个部位分别振捣一次,振捣时要求做到均匀、密实、不漏振、不过振,振捣时间应视混凝土的强度而定。

3.3 控制内外温差。为避免混凝土内外温差过大,应选择合理的混凝土配合比,用水量应减少,水泥用量应减少,降低水泥水化热温升。降低混凝土入模温度^[4],一般可采用在浇筑时用冷水喷洒混凝土表面,待降温后再浇筑,也可以在混凝土中加入一定比例的冰或冰水来降低混凝土入模温度^[5]。避免在炎热天气浇筑大体积混凝土,因为高温下浇筑的混凝土其内部温度较高,容易产生温度应力而引起裂缝。对大体积混凝土进行分层分块施工,每层厚度控制在1m左右,

3.4 混凝土养护与拆模。混凝土浇筑完成后,应立即在其表面覆盖一层塑料薄膜,以保持混凝土的湿润状态,减少水分蒸发,防止混凝土表面出现干缩裂缝。同时,如果混凝土的表面出现干缩裂缝时,应在混凝土终凝后立即进行洒水养护,使其内部水分向外部蒸发。要定期在薄膜上进行浇水,确保混凝土持续处于湿润环境。同时,可以在工程内部埋设温度传感器,实时监测混凝土内部的温度变化,当内部温度过高时,通过喷淋水雾等方式进行降温,避免内外温差过大导致裂缝的产生。大体积混凝土的养护时间相较于普通混凝土要长得多,以大坝为例,其养护时间长达数月,要确保混凝土充分硬化,如此才能减少后期裂缝的风险。

模板拆除也很重要,首先,在时间选择上需合理,拆模时间

过早,混凝土强度不足,容易导致裂缝的产生;拆模时间过晚,则会影响施工进度。因此,根据混凝土的强度增长情况和温度监测数据,合理确定拆模时间,确保混凝土具有一定的强度后再进行拆模。拆模过程中,要采用逐步拆除的方式,避免一次性全部拆除导致的应力突变,从而减少裂缝的产生。先将模板两侧用脚踏撑开,然后再小心将模板拆除。拆模后要及对混凝土表面进行检查,发现裂缝及时进行处理,同时,要进行一段时间的保湿养护管理,防止表面产生干缩裂缝,冬季施工时应采取措施保证混凝土的强度不低于设计值的75%以上,并应采取防止冻害发生^[6]。

3.5 加强温度监测与控制。要经常检查混凝土的升温和降温速率,每隔1~2h测量一次,直至混凝土内部温度与环境温度基本一致为止。混凝土内部最高温度和内外温差的控制值应按规范要求确定。当混凝土内外温差大于25℃时,应对其进行降温处理,如降低浇筑温度、降低浇注速度、降低入模温度等,当内外温差小于20℃时,可不采取降温措施。降温措施应根据现场实际情况确定,可适当延长间歇期,但不宜超过14d^[7]。

4 总结

随着水利工程的不断推进和技术的不断进步,大体积混凝土温控与裂缝防治技术作为确保工程质量和安全的关键环节,其重要性和紧迫性日益凸显。在水利工程大体积混凝土的施工过程中,温控与裂缝防治技术的合理应用,不仅关系到工程的即时安全,更关乎其长远的使用寿命和社会经济效益。展望未来,水利工程大体积混凝土温控与裂缝防治技术的发展将更加注重混凝土材料性能、施工工艺的优化、工程监测和预警。要不断总结经验,积极探索创新,以更加科学、有效的方法应对温控和裂缝防治的挑战,为确保水利工程的安全、稳定和高效运行做出更大的贡献。

[参考文献]

- [1]康朴.水利工程水库大坝大体积混凝土温控养护技术研究[J].四川水利,2023,44(02):73-76.
- [2]方波青,王平,钟波.建筑工程大体积混凝土裂缝防治技术[J].四川水力发电,2021,40(06):38-40+46.
- [3]刘英.道路桥梁中大体积混凝土施工裂缝防治要点[J].交通世界,2021,(18):28-29+35.
- [4]张春霞.论水利工程大体积混凝土温度裂缝控制技术的运用[J].建材与装饰,2018,(25):292.
- [5]王晓.桥梁工程大体积混凝土裂缝问题分析及防治措施[J].居业,2022,(01):153-155.
- [6]徐伟.PPP路桥项目施工中大体积混凝土温度裂缝防治技术研究[J].中国新技术新产品,2020,(18):96-97.
- [7]李清林.路桥施工中大体积混凝土裂缝成因与防治措施[J].工程建设与设计,2019,(18):168-169.