

水工结构工程裂缝成因及防治

赵振钧

广西玉林水利电力勘测设计研究院 广西 玉林 537000

摘要: 水工结构工程作为水利基础设施的核心组成部分,其安全与稳定关乎国计民生。然而,在实际工程中,裂缝问题一直是困扰工程师的难题。裂缝的出现不仅影响结构的美观性,更重要的是可能降低结构的承载能力,加速材料的老化,甚至引发渗漏等严重问题。因此,深入研究水工结构工程裂缝的成因,并提出有效的防治措施,对于保障水利工程的安全运行具有重要意义。

关键词: 水工; 结构工程; 裂缝成因; 防治

引言: 水工结构工程中的裂缝问题一直是工程界关注的重点。裂缝不仅影响结构的外观,更可能损害其整体性和稳定性,对水利工程的安全运行构成威胁。本文深入探讨了水工结构工程裂缝的主要成因,包括混凝土收缩、温度变化、钢筋锈蚀等多方面因素,并提出了针对性的防治措施。通过合理的材料选择、合理控制温度及混凝土建设中的裂缝管理等,可有效减少和控制裂缝的产生,确保水工结构的安全与稳定。以期为相关领域提供参考与借鉴。

1 水工结构工程的概述

水工结构工程是水利工程一级学科下的二级学科,主要研究水利水电工程在勘测、设计、施工及运行管理等方面存在的直接关系水电工程安全、进度及投资等重大科技问题。其研究领域包括但不限于高坝设计理论与方法、高坝筑坝技术、高陡边坡加固物理仿真、水工结构监测新技术(特别是光纤监测及CT技术)、水工结构地基的动力相互作用与地基地震波输入研究、坝体与库水的动态耦合研究、坝体强度的地震破坏机理研究、材料的多轴向性能、高性能混凝土、坝址地震的随机性与坝体抗震可靠性研究,以及水工结构抗震分析等。水工结构工程学科在我国同类学科中建立最早、培养学生最多,现已取得硕士、博士学位授予权,并拥有博士后流动站^[1]。此外,水工结构工程还涉及到许多实际的水利工程设施,如冷却塔、取水建(构)筑物和水泵房、输水管、排水管、沟和渠道、水处理建(构)筑物、水力除灰管、沟和灰水回收管、贮灰场等。总之,水工结构工程是一门涉及水利水电工程多个方面的综合性学科,对于保障水利工程的正常运行和推动水利工程领域的技术进步具有重要意义。

2 水工结构工程的裂缝成因

2.1 混凝土收缩

混凝土收缩是在混凝土硬化过程中一个常见的物理现象。首先,要明确的是,混凝土是由水、水泥、骨料等多种材料混合而成的复合材料。在混凝土硬化的初期,水泥与水发生化学反应,生成水化产物,这个过程称为水化反应。水化反应会消耗大量的水分,并且释放出热量。随着水化反应的进行,混凝土逐渐硬化并获得强度。然而,在这个过程中,由于水分的蒸发和水化反应消耗的水分,混凝土体积会逐渐收缩。如果这种收缩受到外部或内部约束的限制,比如钢筋的约束、相邻混凝土的约束等,混凝土就会产生拉应力。当这个拉应力超过混凝土的抗拉强度时,混凝土就会出现裂缝。这种裂缝通常出现在结构的变截面处,因为这些地方更容易产生应力集中。同时,裂缝往往与受力钢筋平行,因为钢筋的约束作用会限制混凝土的收缩,从而在钢筋周围产生较大的拉应力。

2.2 温度变化

大体积混凝土在硬化过程中的温度变化是一个十分复杂且关键的问题。由于混凝土是由水泥、骨料、水等多种材料混合而成的复合材料,在水泥与水发生化学反应时,会产生大量的水化热。这些热量在混凝土内部积聚,导致混凝土内部温度显著升高。然而,混凝土的表面由于与外界环境接触,其温度受到环境温度的影响,往往比内部温度低。当内外温差过大时,由于热胀冷缩的原理,混凝土内部会产生温度应力。如果这种温度应力超过混凝土的抗拉强度,就会导致混凝土开裂。此外,在冬季施工时,由于环境温度较低,如果采取的防寒保温措施不力,混凝土表面的温度会迅速下降,而内部温度由于水化热的作用仍然较高。这种内外温差同样会产生温度应力,导致混凝土开裂。而且,低温还会影响水泥的水化反应速度,进而影响混凝土的硬化速度和强度发展,增加了开裂的风险。

2.3 钢筋锈蚀

钢筋锈蚀确实是混凝土结构中一个常见且严重的问题，这主要源于混凝土与钢筋之间的相互作用和环境因素的影响。混凝土，作为一种碱性材料，其高碱性环境能够为钢筋提供一层致密的钝化膜，从而有效地保护钢筋免受锈蚀的侵害。然而，当混凝土结构遭受到外部环境中的氯离子侵入、二氧化碳引起的碳化等不利影响时，其内部的碱性环境可能遭到破坏，导致钢筋表面的钝化膜逐渐失去保护作用。一旦钝化膜失效，钢筋便开始与水和氧气发生化学反应，即锈蚀过程。锈蚀产物的体积远大于原钢筋的体积，因此，随着锈蚀程度的加深，钢筋的体积不断膨胀，对周围的混凝土产生巨大的挤压力^[2]。当这种挤压力超过混凝土的抗拉强度时，混凝土便会在钢筋附近产生裂缝。这些裂缝不仅损害了混凝土结构的整体性和美观性，更重要的是降低了结构的承载能力和耐久性。随着裂缝的扩展和锈蚀的加剧，结构的破坏风险逐渐增大。

2.4 碱骨料反应

我们必须深入了解碱骨料反应的具体过程和其背后的化学机制。在混凝土中，水泥中的碱金属离子，主要是钠离子和钾离子，是反应的关键组成部分。这些离子在混凝土拌合水的作用下变得高度活跃，寻找与它们能够发生反应的物质。骨料，作为混凝土的主要组成部分，可能含有某些能与碱金属离子反应的活性物质，如硅酸盐矿物。当这些活性物质与碱金属离子接触时，它们之间的化学反应就开始了。这种反应会生成一种被称为碱硅酸凝胶的吸水性物质。随着时间的推移，这种凝胶物质不断增多，并开始吸收周围的水分，导致体积膨胀。这种膨胀是在混凝土内部发生的，因此它会对周围的混凝土产生巨大的内应力。当这种应力超过混凝土的承受能力时，混凝土就会出现裂缝。这些裂缝不仅影响了混凝土结构的外观，更重要的是，它们削弱了结构的整体性和耐久性。由于碱骨料反应是一个长期的过程，这些裂缝可能会随着时间的推移而逐渐扩大，最终导致结构的严重破坏。

3 水工结构工程裂缝的防治方法

3.1 材料的选取和管理

水工结构工程裂缝防治的首要环节是材料的选取和管理。首先，在材料选取上，应优先选择品质稳定、性能优良的材料。对于混凝土的主要成分，如水泥、骨料、砂等，都应按照工程要求进行严格筛选。例如，水泥应选用低热水泥，以减少水化热引起的温度裂缝风险；骨料应选用粒径适中、级配良好的材料，以提高混

凝土的密实性和抗裂性。同时，对于混凝土外加剂的选择也至关重要。适当的外加剂可以改善混凝土的和易性、减少收缩，从而降低裂缝产生的可能性。例如，使用减水剂可以降低混凝土的水灰比，提高强度；使用膨胀剂可以补偿混凝土的收缩，减少收缩裂缝。在材料管理上，应建立严格的材料进场检验制度。所有进场的材料都必须经过检验合格后方可使用。对于不合格的材料，应坚决予以退货，避免其进入施工现场。最后，材料的储存和保管也不容忽视。应确保材料在储存过程中不受潮、不污染，保持其性能的稳定。对于易受潮的材料，如水泥、外加剂等，应采取防潮措施；对于骨料等散装材料，应进行遮盖，防止污染和混入杂质。通过严格的材料选取和管理，可以为水工结构工程裂缝的防治奠定坚实的基础。

3.2 合理控制温度

合理控制温度对于防治水工结构工程裂缝具有至关重要的作用。在水工结构工程施工过程中，温度的变化会极大地影响混凝土的凝固和硬化过程，直接关系到结构的整体性能和稳定性。因此，我们必须高度重视温度控制这一关键环节。为了有效降低混凝土的温度，我们可以在拌合过程中加入适量的冰块或冷水。同时，在选择浇筑时间时，我们应尽量避开高温时段，以减少混凝土表面水分的蒸发速度，防止干缩裂缝的出现。对于大体积混凝土的浇筑，分层浇筑是一种非常有效的控制温度的方法。通过分层浇筑，我们可以更好地控制每层混凝土的厚度和浇筑速度，从而降低其内部温度^[3]。此外，设置冷却水管也是一种常用的降温措施，它能够通过循环水将混凝土内部的热量带走。在施工过程中，合理布置测温点也是至关重要的。通过实时监测混凝土内部的温度变化，我们可以及时发现问题并采取相应的措施进行调整。最后，加强对混凝土的养护也是防治裂缝的重要措施。在混凝土浇筑完成后，我们应及时进行保湿养护，并根据气温的变化情况调整养护时间和方式，以确保混凝土能够在适宜的温度下充分硬化，达到设计要求的强度。

3.3 科学分布散热与测温设施

科学分布散热与测温设施在水工结构工程中占据着举足轻重的地位。混凝土作为工程主体材料，在浇筑和硬化过程中会产生显著的水化热，若不及时有效地进行散热处理，混凝土内部温度将持续攀升，进而诱发温度应力，大大增加裂缝产生的风险。因此，合理布置散热设施成为防止这类裂缝出现的关键一环。同时，为了精确监测混凝土内部温度的动态变化，以便及时调整温控

措施,测温设施的设置同样至关重要。这些设施能够实时捕捉温度数据,为工程人员提供决策依据,确保温控工作有的放矢。在实施散热与测温设施时,应充分考虑工程实际情况,确保设施分布均匀、合理。散热设施如冷却水管等应有效嵌入混凝土内部,形成高效的散热网络;测温设施则应精准布点,全面反映混凝土温度场分布。最后,通过科学分布散热与测温设施,我们不仅能够实现对混凝土温度的有效控制,降低裂缝发生概率,还能显著提升水工结构工程的整体质量与安全性能。这一举措对于保障水利工程的长期稳定运行、延长工程使用寿命具有深远意义,体现了现代水利工程对精细化、科学化管理的不懈追求。

3.4 混凝土收缩裂缝的防治

混凝土收缩裂缝作为水工结构工程中的常见问题,其防治工作尤为重要。这类裂缝的出现主要是由于混凝土在硬化过程中失水收缩所引起的,因此,我们需要从多个方面来防止其发生。在材料选取方面,我们应优先选择那些干缩性较小的水泥种类,例如硅酸盐水泥。同时,通过严格控制水灰比,可以有效减少混凝土中的多余水分,从而降低其收缩率。此外,添加适量的减水剂、膨胀剂等外加剂也是改善混凝土和易性和抗裂性的有效手段。在配合比设计方面,我们应根据具体工程要求和实际情况进行优化设计。通过试验确定最佳的砂率、骨料级配等参数,以提高混凝土的密实性和抗裂性能。在施工过程中,我们应加强对混凝土的振捣和养护工作。振捣应均匀、密实,以消除混凝土内部的空洞和蜂窝等缺陷。养护工作则应及时、充分,保持混凝土表面的湿润状态,防止水分过快蒸发而引发干缩裂缝。最后,尽管我们采取了各种预防措施,但收缩裂缝仍有可能出现。对于已经出现的裂缝,我们可以采取表面封闭、灌浆修补等处理方法。表面封闭可以使用环氧树脂等涂料进行涂刷,而灌浆修补则可以利用水泥浆或化学浆液进行压力灌浆填充裂缝。这些修补措施可以有效地封闭裂缝,防止其进一步扩展和恶化。

3.5 混凝土建设中的裂缝管理

我们必须清晰地认识到混凝土收缩裂缝的成因,这种裂缝主要是由于混凝土在硬化阶段失水收缩而产生的。这种收缩是混凝土固有的特性,无法完全避免,但

我们可以通过一系列预防措施来最大限度地减少其影响。在材料选取方面,选择干缩性较小的水泥种类是至关重要的。这样的水泥在硬化过程中产生的收缩应力较小,从而降低了裂缝出现的概率。同时,我们还需要严格控制水灰比,减少混凝土中的多余水分,还能提高混凝土的密实性和强度。除了材料选取,配合比设计也是预防收缩裂缝的关键环节。我们需要通过试验和优化来确定最佳的砂率、骨料级配等参数。这些参数对于提高混凝土的密实性和抗裂性至关重要,能够有效抵抗收缩应力的产生^[4]。在施工过程中,对混凝土的振捣和养护同样不容忽视。振捣应确保混凝土均匀密实,避免出现内部空洞和蜂窝等缺陷;而养护则要及时充分,以保持混凝土表面的持续湿润,防止水分过早蒸发而导致干缩裂缝的产生。最后,尽管我们采取了各种预防措施,但收缩裂缝仍有可能出现。这时,我们需要采取适当的修补措施来封闭裂缝,防止其进一步扩展。常用的修补方法包括表面封闭和灌浆修补等,它们可以有效地恢复混凝土结构的整体性和耐久性,确保工程的长期安全运行。

结语:综上所述,水工结构工程裂缝的成因复杂多样,但通过科学合理的防治措施可以有效地减少和控制裂缝的产生。在实际工程中,我们应从材料选取、配合比设计、施工养护等方面着手,采取综合性的防治措施。通过这些措施的实施,我们可以有效地提高水工结构工程的安全性和耐久性,为水利工程的长期稳定运行提供有力保障。在未来的水利工程建设中,我们应继续加强对水工结构裂缝问题的研究和探索,不断完善和优化防治措施,为推动我国水利事业的持续发展做出积极贡献。

参考文献

- [1]许翔.水工结构工程裂缝成因及防治[J].绿色环保建材,2019(4):214-215.
- [2]许健民.桥梁工程中混凝土裂缝控制与防止措施研究[J].工程技术研究,2019,4(6):74-75.
- [3]王伟.浅谈水工隧洞施工裂缝预防及加固措施[J].科技创新导报,2019,16(22):23-24.
- [4]齐文军.道路桥梁施工中裂缝的成因与防治措施[J].工程技术研究,2020,5(4):188-189.