

水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术分析

张 莉

宁夏水利水电工程局有限公司 宁夏 银川 750001

摘 要: 水利工程施工中, 混凝土裂缝的控制是确保工程质量与安全的关键环节。本文深入分析水利工程施工中混凝土裂缝的产生原因, 包括材料质量、施工工艺、温度变化及地基沉降等多方面因素。在此基础上, 探讨多种控制混凝土裂缝的技术措施, 如优化混凝土配比、加强温度管理、改进施工工艺及采用高性能材料等。通过实际案例, 验证这些技术措施的有效性和可行性, 为水利工程施工中混凝土裂缝的控制提供科学依据和技术支持。

关键词: 水利工程; 施工; 混凝土; 裂缝

引言: 水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分, 其施工质量直接关系到工程的安全性和稳定性。混凝土作为水利工程中的主要建筑材料, 其裂缝问题一直是施工中的难点和重点。混凝土裂缝的产生不仅影响工程的美观性, 更重要的是会降低工程的整体强度和耐久性, 对水利工程的安全运行构成严重威胁。因此研究水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术具有重要意义。

1 混凝土裂缝概述

混凝土裂缝是由于混凝土结构受到内外因素作用而产生的物理结构变化, 是混凝土结构物承载能力、耐久性及防水性降低的主要原因。裂缝可能出现在混凝土浇注过程或成型后的初凝前, 由于骨料下沉、泌水等原因, 导致混凝土沿钢筋表面产生顺筋裂缝, 天气炎热、蒸发量大、大风或混凝土本身水化热高等因素也可能导致裂缝产生。混凝土裂缝的类型多种多样, 包括温度裂缝、干缩裂缝、外力负荷裂缝等。温度裂缝是由于混凝土内外温度差异大而产生的无规则裂缝; 干缩裂缝则是在养护期间, 由于内外水分蒸发程度不同而产生的裂缝; 外力负荷裂缝则是因为混凝土局部受力过大, 导致受力不均衡而产生的裂缝。为了预防混凝土裂缝的产生, 可以采取一系列控制措施, 如合理配合混凝土原料、按规定进行振捣、适当养护、避免结构设计不合理等。对于已经产生的裂缝, 可以采取填充法、灌浆法、结构补强法、混凝土置换法、电化学防护法等处理方法进行修补。

2 水利工程施工中混凝土裂缝成因分析

2.1 沉陷裂缝

沉陷裂缝的产生与地基条件密切相关。当施工场地的地基土质松软、不均匀或回填土浸水、填充不实等情况发生时, 地基会出现不均匀沉降, 导致混凝土构件产生沉陷裂缝, 模板底部松动、支撑间隙过大或刚度不足

等原因也可能导致沉陷裂缝的产生。

2.2 温度裂缝

温度裂缝是由于混凝土内外温度差异过大而产生的^[1]。在施工过程中, 混凝土会产生大量的水化热, 导致内部温度急剧上升, 而表面温度则受环境温度影响较小。当内外温差超过混凝土的抗拉强度时, 就会产生温度裂缝。特别是在拆模前后, 混凝土表面的温度会迅速下降, 进一步加剧了温度裂缝的产生。

2.3 干缩裂缝

干缩裂缝是在混凝土养护期间, 由于内外水分蒸发程度不同而产生的。在养护过程中, 如果混凝土表面失水过快, 内部水分蒸发速度较慢, 就会产生内外湿度差异, 导致混凝土表面出现干缩变形, 进而产生干缩裂缝, 混凝土的配合比、水灰比以及养护条件等因素也会影响干缩裂缝的产生。

2.4 异常变形裂缝

异常变形裂缝主要是由于混凝土构件在受力过程中发生异常变形而产生的。在吊装和运输混凝土构件时, 如果吊点及支撑位置选择不当, 或者振动、冲击过大, 都会导致混凝土构件产生异常变形, 进而产生裂缝, 如果混凝土构件的受力设计不合理或控制不当, 也可能导致异常变形裂缝的产生。

3 水利工程施工中混凝土裂缝控制技术

3.1 施工材料质量控制

施工材料的质量是影响混凝土裂缝产生的重要因素之一。为了确保混凝土的质量, 必须从源头控制施工材料的品质。对于水泥的选择, 需要考虑到其强度、塑性、散热性等特点。水利工程中所采用的水泥通常是强度高、发热量低、含碱量低、初凝期较长的特制水泥。在选购水泥时, 要特别关注水泥的矿物含量, 硅酸二钙(C2S)和硅酸三钙(C3S)的总含量应大于或等于

80%，铝酸三钙（C3A）的含量应小于或等于5%，铁铝酸四钙（C4AF）的含量应小于或等于15%。这样的水泥配比能够降低混凝土内部应力，减少裂缝的产生。砂石骨料作为混凝土的重要组成部分，其选择也至关重要，优质的砂石骨料应具备膨胀系数低、弹性模量低的特点，从而提升混凝土的抗裂性能。在选择砂石骨料时，需要进行必要的检验，确保其满足相关标准。对于混凝土的掺和料和外加剂，也需要进行严格控制，常用的掺和料如粉煤灰，需要经过多次检验合格后方可使用。粉煤灰的细度、烧失量、含碱量、含硫量以及需水量等指标都应符合相关要求。在混凝土中加入适量的粉煤灰，可以加强混凝土的抗渗性和耐久性，减少收缩和胶凝材料的水化热，从而降低裂缝的产生。外加剂方面，常用的有高效减水剂和引气剂等，这些外加剂的使用能够降低混凝土所需的水量，减少胶凝材料的使用量，提高混凝土的工作效果和硬化后的性能，进而减少裂缝的产生^[2]。

3.2 混凝土配比管理

混凝土配比是影响混凝土质量的关键因素之一。为了确保混凝土的性能满足要求，需要合理设计混凝土的配合比。首先，需要进行原材料试验搅拌，采集原材料进行试拌，以确定最佳的配合比。在配合比设计中，要考虑到混凝土的强度、坍落度、抗渗性、耐久性等指标，并尽可能减少水泥用量，以降低混凝土内部温度应力。其次，需要控制混凝土的水灰比，水灰比过大或过小都会对混凝土的性能产生不利影响。过大的水灰比会导致混凝土强度降低，过小的水灰比则会使混凝土过于干燥，容易开裂。在配合比设计中，需要合理确定水灰比，确保混凝土的性能稳定。对于粗骨料和细骨料的级配也需要严格控制，合理的骨料级配能够提高混凝土的密实性和抗裂性能。在配合比设计中，需要根据具体情况选择合适的骨料级配，以满足工程的需要。在实际施工过程中，还需要对混凝土的搅拌时间进行严格控制。搅拌时间过长会导致混凝土严重液化，降低其稳固性；搅拌时间过短则不能使所有配料充分融合，降低其品质。

3.3 温度管理

温度管理是防止混凝土裂缝产生的重要手段之一。混凝土在施工过程中会因水泥水化反应产生大量热量，导致内部温度升高。如果内外温差过大，就会产生温度应力，进而引发裂缝。首先需要降低水泥的用量或选择水化热较低的水泥，以减少混凝土内部的热量产生。在搅拌前可以使用凉水对碎石进行冲洗，降低其温度，从而减少混凝土搅拌时释放的热量。在浇筑大体积混

凝土时，需要控制浇筑的厚度和速度，以减少混凝土内部温度应力。一般来说，浇筑厚度应控制在500mm以内，并根据混凝土的浇筑面积测量混凝土表面和内部温度，确保内外温差控制在25摄氏度以内。在浇筑完成后，还需要采取必要的保温措施，如覆盖塑料薄膜、麻袋、岩棉被等，以减少混凝土表面的热量散失，降低内外温差。在夏季施工时，对于长期裸露在外的混凝土，需要进行洒水养护，避免水分过度蒸发产生裂缝，在浇灌混凝土过程中，应避免在大风大雨中进行，以免影响施工质量。

3.4 施工工艺管理

施工工艺是影响混凝土裂缝产生的重要因素之一。因此，需要加强对施工工艺的管理和控制。在混凝土浇筑过程中，需要采用分层浇筑的方式，利用泵送混凝土，并全面振捣，以提高混凝土的密实性和抗裂性能。对于大体积混凝土，还需要在混凝土内部安装冷水管，以降低其内部温度，减少温度应力。在混凝土终凝之前，需要安排专业人员进行抹面和压光处理，使裂缝在这些处理下可以有效闭合，还需要加强对混凝土养护的管理和控制。养护是混凝土施工完成后的一项重要工作，其主要目的是使混凝土能够更好地硬化和凝结。在养护过程中，需要保持混凝土表面的湿润状态，避免水分过度蒸发导致裂缝产生。养护时间应根据具体情况确定，一般不少于7天^[3]。对于已经出现裂缝的混凝土，需要采取及时的修补措施。修补方法包括填充法、灌浆法、结构补强法等。在选择修补方法时，需要根据裂缝的宽度、深度、位置以及产生的原因等因素进行综合考虑，以确保修补效果。还需要加强对施工人员的培训和管理，施工人员应熟练掌握混凝土施工技术规范和操作要点，严格按照要求进行施工操作，还需要加强对施工质量的监督和检查，确保各项施工措施得到有效落实。

4 混凝土裂缝监测技术

4.1 传感器监测裂缝变化

通过安装裂缝传感器，可以实时监测裂缝的宽度、长度和深度等参数，为结构安全评估提供准确数据。裂缝传感器的类型多种多样，包括电阻应变片、位移传感器、光纤传感器等。电阻应变片通过测量裂缝两侧混凝土的应变变化来推算裂缝的宽度变化；位移传感器则通过测量裂缝两侧的相对位移来监测裂缝的扩展情况；光纤传感器则利用光的传输特性，通过测量光在裂缝中的散射或折射来检测裂缝的存在和变化。传感器监测裂缝变化具有实时监测、数据准确、可靠性高等优点。通过传感器网络，可以实现对结构整体裂缝状态的全面监

测,及时发现和处理潜在的安全隐患。在实际应用中,传感器监测裂缝变化需要注意传感器的选择和布置。传感器的选择应根据裂缝的特点和监测需求来确定,确保传感器能够准确反映裂缝的变化情况。传感器的布置则需要根据结构的特点和裂缝的分布情况进行,确保监测范围全面、无遗漏。

4.2 声波技术检测裂缝

声波在混凝土中的传播特性与混凝土的物理状态密切相关,通过测量声波在混凝土中的传播速度、衰减等参数,可以推断出混凝土内部的结构和裂缝情况。声波技术检测裂缝的原理是利用声波在介质中传播时遇到裂缝等缺陷会产生反射、散射等现象。通过测量声波的传播时间和路径,可以计算出裂缝的位置、大小和形状等参数。声波技术检测裂缝具有非破坏性、操作简便、适用范围广等优点。在实际应用中,声波技术检测裂缝通常包括发射声波、接收声波和数据处理三个步骤^[4]。发射声波可以通过超声波发生器或空气枪等设备来实现,接收声波则需要使用高灵敏度的声波接收器。数据处理则需要对接收到的声波信号进行滤波、放大和分析,以提取出与裂缝相关的信息。声波技术检测裂缝的精度和可靠性受到多种因素的影响,包括声波的传播路径、混凝土的物理状态、裂缝的类型和尺寸等,在进行声波检测时,需要对这些因素进行充分考虑和校正,以确保检测结果的准确性。

4.3 图像处理技术监测裂缝

通过采集混凝土表面的图像,并利用图像处理算法对图像进行分析和处理,可以实现对裂缝的自动识别、定位和测量。当混凝土表面出现裂缝时,裂缝区域的像素信息会发生变化,如灰度值、颜色等。通过提取这些变化信息,并应用图像处理算法进行特征提取和分类,可以实现对裂缝的自动识别。在实际应用中,图像处理技术监测裂缝通常包括图像采集、预处理、特征提取和裂缝识别四个步骤。图像采集可以通过数码相机或摄像机等设备来实现,预处理则需要对图像进行去噪、增强等处理以提高图像质量。特征提取则需要提取与裂缝相关的特征信息,如裂缝的边缘、形状等。裂缝识别则需要应用分类算法对提取的特征进行分类和识别,以确定

裂缝的存在和位置。通过图像处理技术,可以实现对混凝土表面裂缝的实时监测和快速识别,为结构维护和安全评估提供有力的支持。图像处理技术监测裂缝也受到一些限制,如图像采集的精度和稳定性、图像处理算法的复杂性和准确性等,在实际应用中需要综合考虑这些因素,以确保监测结果的准确性和可靠性。

4.4 裂缝修补技术

在监测到裂缝后,根据裂缝的宽度和严重程度,可以采取不同的修补措施。一般来说,对于宽度小于0.2mm的细微裂缝,可以采用表面封闭的方法,如涂抹环氧树脂等高分子材料来填充裂缝,防止水分和有害物质侵入。对于宽度在0.2mm至1.5mm之间的裂缝,可以采用注射修补法,将修补材料注入裂缝内部,达到强化和封闭的效果。而当裂缝宽度超过1.5mm时,通常需要进行更深入的修补,如开槽嵌补等,以确保裂缝得到彻底的处理和修复。在进行裂缝修补时,需要注意修补材料的选择和修补工艺的控制。修补材料应具有良好的粘结性、耐久性和抗渗性,以适应裂缝修补后的工作环境。修补工艺则需要严格控制操作过程和质量检查,确保修补效果达到预期的标准。

结束语

水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术分析是一项复杂而重要的工作。通过采用科学合理的混凝土配比、加强温度管理、优化施工工艺及采用高性能材料等措施,可以有效控制混凝土裂缝的产生和发展,提高水利工程的整体质量和安全性。未来,随着新材料、新工艺的不断涌现,将继续探索更加高效、环保的混凝土裂缝控制技术,为水利工程的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]孙先群,黄有胜.水利工程建设中混凝土裂缝的成因及预防措施[J].住宅与房地产,2020(36):114+120.
- [2]傅文忠.水利工程施工中混凝土裂缝的防治技术[J].黑龙江水利科技,2020,48(08):62-63+109.
- [3]陈婷.水利工程施工中的混凝土裂缝控制[J].黑龙江水利科技,2020,48(05):165-166+172.
- [4]王凤彬.水利工程施工中控制混凝土裂缝的技术[J].河南水利与南水北调,2020,49(07):53+67.