

水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施

刘园杰

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300250

摘要：水利施工中，混凝土裂缝的产生严重威胁工程质量和结构安全。本文深入剖析了沉降裂缝、温度裂缝、干缩裂缝及混凝土沉陷等裂缝的多元成因等，进而，从设计选材的源头控制、裂缝的精准修复技术、养护管理的精细化操作、配合比的科学调整及搅拌过程的严格控制等多个维度，提出了全面而具体的防治措施。这些措施旨在全方位提升水利工程施工质量，有效预防和控制混凝土裂缝，确保水利工程结构的安全与稳定。

关键词：水利施工；混凝土裂缝；产生的原因；及防治措施

引言：水利工程作为基础设施建设的重要组成部分，其施工质量直接关系到国家经济发展和人民生命财产安全。混凝土作为水利工程施工中的主要材料，其性能的稳定性和耐久性对工程质量具有决定性影响。然而，在实际施工过程中，混凝土裂缝问题时有发生，严重影响了工程的安全性和使用寿命。因此，深入研究混凝土裂缝的成因及防治措施，对于提高水利工程施工质量具有重要意义。

1 混凝土裂缝的概述

第一，从混凝土的价值维度来看，其施工工艺的简便性、成本效益的优越性以及卓越的抗拉强度，使得混凝土成为现代建筑施工领域不可或缺的基石材料。无论是大型基础设施还是民用建筑，混凝土都以其独特的优势，广泛而深入地应用于各类工程项目之中，极大地推动了建筑行业的进步与发展。第二，进一步深入混凝土的性质层面，我们可以发现其种类繁多，包括但不限于有机化学粉末混凝土、无机外加剂混凝土、重混凝土、洗砂混凝土、轻质混凝土以及普通混凝土等。在水利工程的特定施工环境下，粉煤灰硅酸盐水泥和火山岩浆硅酸盐水泥因其独特的性能优势而被广泛应用。这些特殊类型的混凝土不仅满足了水利工程对材料强度、耐久性和抗渗性的高要求，还通过采用低水灰比配比，有效提升了混凝土的密实度和整体性能。第三，在水利工程的混凝土施工过程中，裂缝问题却是一个不容忽视的挑战。裂缝的出现不仅会影响工程的美观性，更重要的是会削弱结构的承载能力和耐久性，甚至可能引发严重的安全事故。常见的混凝土裂缝类型包括塑性收缩裂缝、沉陷裂缝、温度裂缝、施工裂缝和收缩裂缝等。这些裂缝的形成往往与多种因素密切相关，如混凝土材料的质量、配合比设计、施工工艺、环境条件以及后期养护等^[1]。

2 水利工程施工中产生混凝土裂缝的原因

2.1 沉降裂缝

混凝土的沉降裂缝，与建筑物的承载能力、同一结构均均性和气候环境都有很大关联。随着气候变迁和环境因素，冻土的消融导致了地面沉降不平衡，混凝土结构也可能受到破坏，从而使得建筑物内部出现了沉降裂缝；如果出现了混凝土的基础，承载能力不足也会导致建筑整体并不发生平稳的下沉。沉降裂缝长度和沉降量之间并不具有正负相对关系。在工程中，沉降破裂的时间节点也是不具有特征的。由于土壤压实原因，这些沉降裂缝既可以出现在水利工程实施过程中，也可以出现在工程实施后期。沉陷裂缝的出现对水利有着重要的作用，严重威胁到水利的正常运转。

2.2 温度裂缝

由于温度的差异，砼构件上产生的混凝土裂纹等问题也会引起温度裂纹的产生。温度裂缝的形成分为混凝土构造裂缝造成的裂纹和房屋建成后环境温度造成的裂纹。在一般混凝土结构温度下形成的裂纹，主要是由于建筑构件的温度分布的非线性特点，就很容易形成高温应力，从而形成了高温裂纹。房屋建成后，房屋将接受该区域最大温差的压力。在此情况下，拉应力后将产生裂缝^[2]。

2.3 干缩裂缝

在一般状况下发生收缩裂纹，大多是因为未进行砼施工养护，砼施工完工后，要针对工程情况提高施工维护效率，在施工过程中条件不好，也比较易引起砼收缩，产生收缩裂纹。这些裂纹将对建筑物产生严重破坏。裂纹很大的，会造成建筑物构件变形。另外，在砼浇筑工程施工过程中，一旦砼不能充分凝结，就容易出现失水。这种现象有可能会导致水利工程的损坏，甚至导致建筑物因强风、高温等气候而收缩、断裂。

2.4 混凝土沉陷原因

在进行混凝土的施工中,结合地基土层对施工的影响,在地基较松软下,则容易出现混凝土沉陷问题,进而产生裂缝。具体而言,在未对地基结构进行裂缝处理下,便会在混凝土的浇筑后使地基受到浸水风险,当地基松软导致模板出现沉陷问题时,不利于提高浇筑的效果,在模板底部沉陷下使混凝土出现裂缝。同时,该问题常出现在冬季的混凝土施工中,在冻土层解冻下会影响模板的固定,进而出现裂缝问题。

3 水工混凝土裂缝的防治措施

3.1 裂缝预防的设计和选材措施

裂缝预防的设计和选材措施是确保混凝土施工质量、延长结构使用寿命的关键环节。第一,在设计阶段,除了精确计算并优化混凝土配合比外,还应充分考虑结构的受力特点、环境条件及使用要求,采用合理的结构形式和尺寸设计,以减少应力集中和温度梯度对混凝土的影响。例如,在设计中合理设置伸缩缝、沉降缝等,以释放结构内部的应力,避免裂缝的产生。第二,在选材方面,除了确保水泥、骨料等原材料的质量符合国家标准外,还应注重外加剂的选择与应用。高效减水剂的应用可以显著降低混凝土的水灰比,提高混凝土的密实度和强度,同时减少收缩变形,有利于裂缝的预防。缓凝剂则能延缓混凝土的凝结时间,为施工提供充足的时间进行振捣和抹面,减少因施工操作不当引起的裂缝。第三,对于特殊工程,如需要承受高应力、高温或高湿度等极端环境条件的结构,应特别关注混凝土的抗裂性和韧性。此时,适度增加纤维增强材料如钢纤维、聚丙烯纤维等,可以显著提高混凝土的抗拉强度、抗裂性和韧性,有效抵抗外部荷载和环境因素引起的开裂。同时,这些纤维材料还能改善混凝土的抗渗性、耐磨性和耐久性,提升整体结构的性能表现^[3]。

3.2 裂缝修复与加固技术

裂缝修复与加固技术作为保障建筑结构安全与延长使用寿命的重要手段,其应用不仅在于恢复混凝土结构的完整性,更在于提升结构的整体性能与耐久性。在表面修补方面,除了传统的聚合物修补材料 and 水泥基修补材料外,随着材料科学的进步,越来越多的高性能修补材料被研发出来,如环氧树脂、聚氨酯等,这些材料具有优异的粘结性、耐候性和抗渗性,能够更有效地封闭裂缝,防止水分、化学物质等有害物质的侵入,从而保护混凝土结构免受进一步损害。局部加固技术的应用,则是针对裂缝较为集中或结构局部受损较为严重的区域。碳纤维布、玻璃纤维布等复合材料以其高强度、轻

质、耐腐蚀等特性,成为加固混凝土结构的理想选择。这些材料通过特定的粘结剂粘贴于混凝土结构表面,形成一层高强度的增强层,不仅能够有效提升结构的承载能力,还能增强其抗震、抗冲击等性能,对裂缝的扩展起到有效的控制作用。对于大范围的裂缝或结构整体性能下降的情况,搭接加固与粘贴加固技术则展现出其独特的优势。这些技术通过增设钢筋、型钢等增强构件,或采用高性能的粘结材料将钢板、复合材料等加固层粘贴于混凝土结构表面,形成新的受力体系,从而显著提升结构的整体强度和刚度,有效控制裂缝的进一步发展和扩展,确保建筑结构的安全与稳定。

3.3 重视混凝土的合理养护

在完成混凝土的浇筑后,结合干缩变形裂缝对水利工程整体的影响,需要积极借助有效的养护工作,提高浇筑施工的质量,降低可能出现的裂缝概率。第一,需要在振捣施工后进行混凝土的表面保温工作,一般可以应用水冷法、保温材料覆盖法、真空气化法等进行温度的控制,预防裂缝。保温可降低混凝土表面的热扩散速度,进而使混凝土表层的温差控制在一定范围内,有助于防止表面裂纹的发生。同时,当热扩散的拉长后,砼抗拉强度和松弛效果都能够得到充分发挥,当总温差的拉应力低于砼的抗拉强度下,可以防止贯穿裂纹的发生;第二,根据水泥自身所存在的低流动性特征,在前期尚未有效凝固时还必须注意潮湿的情况,以避免干燥收缩裂纹或者塑性收缩裂纹的问题。通常保护方式为涂抹带有一定厚度的大麻袋片和草盒,以达到保湿和保温的功能;第三,混凝土的强度检测是养护工作结束前的重要步骤。应采用科学的检测方法,如回弹仪检测、钻芯取样等,准确评估混凝土的强度发展情况。在确认混凝土强度达到设计要求后,方可结束养护工作,并准备进行后续施工。这一过程中,还应注意养护时间的控制,既要避免过早结束养护导致混凝土性能未完全发挥,又要防止养护时间过长造成资源浪费。

3.4 采用合理的养护方法

浇筑过程中,应当在浇筑操作后做好对砼表层的保温养护工作,具体可选择保温覆盖、水冷法、真空气化法等,以进行质量控制,并尽量减少裂纹的出现。因为水泥稳定性较强,易于在早期出现塑性收缩裂纹、干燥收缩裂纹、高温开裂等,所以,需要做好早期保护。养护重点是保证适宜的气温和湿度要求。混凝土施工后,要涂抹规定厚度的草料、麻袋片以及胶膜,过高或过低的温度和较大的温度波动都会导致表面开裂。保温可降低水泥表层的热扩散,从而减少水泥表面的温度变化,

并避免表面开裂。随着热扩散的拉长，混凝土增强和松弛效果得以发挥，使混凝土的温差所产生的拉应力远低于一般砼的抗拉强度，以避免贯穿裂纹的形成。施工时间不久的水泥一直处在凝固、硬化状态中，因此水泥水化速率较快，而适当的潮湿环境也可以避免因混凝土的脱水而形成收缩裂纹。

3.5 配合比和搅拌控制

配合比与搅拌控制作为混凝土质量控制的关键环节，对于预防混凝土裂缝具有至关重要的作用。第一，配合比的设计直接关系到混凝土的强度、耐久性、工作性等多方面性能。不当的配合比不仅会导致混凝土强度不足，还会增加混凝土内部应力集中，进而诱发裂缝的产生。因此，施工人员必须严格遵循设计规范和工程要求，精确计算并调整水泥、水、骨料及外加剂等材料的比例，确保混凝土的性能达到最优状态。第二，在搅拌过程中，控制同样至关重要。搅拌的均匀性直接影响到混凝土的密实度和内部结构的稳定性。如果搅拌不充分，混凝土中将存在大量未充分分散的水泥颗粒和骨料，这些不均匀的颗粒在硬化过程中会产生应力集中，增加裂缝的风险。反之，过度搅拌则可能导致混凝土内部产生过多的气泡和空隙，同样会削弱混凝土的力学性能。因此，施工人员应熟练掌握搅拌工艺，合理控制搅拌时间和速度，确保混凝土搅拌均匀、无结块、无气泡。第三，搅拌过程中的温度控制也不容忽视。高温环境下搅拌混凝土，会加速水泥的水化反应，导致混凝土内部温度急剧升高，产生温度应力，进而引发裂缝。因此，在搅拌过程中应采取有效措施，如使用冷却水、遮阳棚等，降低搅拌环境温度，减少混凝土内部的温升。

3.6 控制混凝土的拌和过程

在控制混凝土的拌和过程中，除了上述提到的关键步骤外，还需进一步细化操作规范，以确保混凝土的质量与性能达到最优，从而更有效地预防因碱骨料反应等因素导致的裂缝问题。（1）对于拌和设备的选择与维护至关重要。应选用具备精确计量系统和高效搅拌能力的搅拌机，确保各种原材料的添加量准确无误，且搅拌均

匀。定期对搅拌设备进行维护保养，检查其密封性、搅拌叶片的磨损情况以及搅拌缸的清洁度，避免因设备故障导致的混凝土质量波动。（2）在拌和过程中，应严格控制拌和时间。过短的拌和时间可能导致混凝土混合不均匀，影响强度与耐久性；而过长的拌和时间则可能使混凝土产生离析现象，同样不利于其性能。因此，应根据具体的混凝土配方和搅拌机性能，合理设定拌和时间，并在实际操作中灵活调整。（3）对于添加剂的使用需格外谨慎。添加剂的种类、用量及加入方式均会对混凝土的性能产生显著影响。在添加前，应充分了解添加剂的性能特点，并严格按照试验得出的配合比进行添加，避免过量或不足导致的混凝土质量问题。（4）在混凝土运输过程中，也需采取相应措施防止混凝土性能劣化。如采用保温、保湿措施，减少运输过程中的温度波动和水分蒸发；控制运输时间，避免混凝土在运输过程中发生初凝或过度硬化；同时，还需确保运输车辆的清洁与密封性，防止杂质混入混凝土中影响其质量^[4]。

结束语

综上所述，水利施工中混凝土裂缝的防控是一项系统工程，需从设计、选材、施工、养护等多个环节入手，采取综合措施。通过科学合理的预防措施和及时有效的修复技术，可以显著降低混凝土裂缝的发生率，提高水利工程的整体质量。未来，随着施工技术的不断进步和材料科学的创新发展，我们有信心进一步克服混凝土裂缝问题，为水利工程的安全稳定运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]王跃.水工结构大体积混凝土裂缝成因与防治分析[J].居舍,2020(16):83-84.
- [2]宋成鑫.农业水利工程施工中混凝土裂缝的防治技术研究[J].科学技术创新,2020(10):78-79.
- [3]李伟.水利水电施工过程中砼裂缝防治探讨认识实践[J].科技风,2020(05):195-198
- [4]商福海.水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施[J].工程技术研究,2022,7(12):146-148.