

水工建筑物裂缝成因分析及防治研究

李晓东

吕梁水控水利工程监理有限公司 山西 吕梁 033000

摘要: 水工建筑物作为重要的水利工程设施,其安全性和稳定性直接关系到水库的运行效率和灾害防控能力。然而,在实际使用过程中,水工建筑物混凝土结构出现裂缝的问题屡见不鲜,严重威胁到工程的整体安全。本文详细分析了水工建筑物裂缝的成因,并提出了相应的防治措施,旨在为水工建筑物的设计和施工提供参考。

关键词: 水工建筑物;混凝土裂缝;成因分析;防治措施

引言

水工建筑物在社会经济的发展中有着重要的促进作用。然而,混凝土裂缝是水工建筑物中常见的问题之一,其出现不仅会降低水利建筑物的抗渗能力,影响水利建筑物的使用功能,而且会引起钢筋的锈蚀,降低材料的耐久性,影响水利建筑物的承载能力。因此,对水工建筑物裂缝的成因进行深入分析,并探讨有效的防治措施,具有极其重要的意义。

1 水工建筑物裂缝成因分析

1.1 温度裂缝

1.1.1 混凝土浇筑初期内外温差效应

在混凝土施工初期,由于水泥水化反应释放大量热能,混凝土内部温度迅速攀升,而外部表面则因直接接触空气,散热相对迅速,形成显著的内外温差。这种温差导致混凝土内部产生膨胀,而表面则相对收缩,进而在混凝土内部诱发拉应力。当此拉应力超出混凝土自身的抗拉极限时,便会导致裂缝的形成。尤其是在大体积混凝土结构中,这种温差效应更为显著,裂缝风险相应增加。

1.1.2 季节性温度变化影响

水工建筑物长期暴露于自然环境中,受季节更迭带来的温度变化影响显著。夏季高温时,混凝土表面受热膨胀,而内部温度变化相对滞后,形成表面拉应力;相反,在冬季低温条件下,混凝土表面迅速冷却收缩,而内部温度下降较慢,产生内部拉应力。这种因环境温度剧烈波动引起的周期性应力变化,是导致混凝土产生温度裂缝的重要原因。特别是在极端气候条件下,如快速降温或升温,裂缝形成的概率和严重程度均会显著上升。

1.2 荷载裂缝

1.2.1 结构设计缺陷导致的裂缝

在水利工程建筑结构的规划与设计阶段,若设计师未能准确评估或充分考虑实际荷载条件,包括静载(如

自重、设备重量等)和动载(如水流冲击、风载等),将导致结构体系的受力分析与实际情况存在偏差。当结构设计偏于保守,即安全系数设置过高时,虽能增强结构的安全性,但可能造成资源浪费;反之,若设计过于乐观,忽视了某些关键荷载因素,结构在服役期间就可能因无法承受实际荷载而产生过大变形,最终导致裂缝的形成^[1]。此外,结构布局不合理、构件尺寸偏小、配筋不当等设计上的疏忽,也是引发荷载裂缝的重要原因。

1.2.2 施工过程中的荷载管理不当

施工阶段是确保水工建筑物结构完整性的关键时期。若在此期间,对混凝土施工构件的荷载控制不当,如过早地施加过大荷载、未按照设计要求的施工顺序进行、或在下部结构尚未达到足够强度时就急于进行上部结构的施工,均可能导致结构局部或整体承受超出其承受能力的荷载,进而产生超载裂缝。此外,施工过程中的临时支撑设置不当、拆除过早或方法不当,也可能引起结构应力分布异常,诱发裂缝。

1.3 干缩裂缝

1.3.1 混凝土配合比中的水灰比不当

在混凝土搅拌过程中,水灰比(即水与水泥的比例)是控制混凝土工作性能和强度的关键参数。若水灰比过大,即掺入的水量过多,虽然能提高混凝土的和易性,便于施工,但也会显著增加混凝土的孔隙率和自由水含量。在混凝土硬化初期,这些多余的水分将逐渐蒸发,导致混凝土体积收缩。由于混凝土内部的收缩受到约束(如钢筋、相邻混凝土等),从而在混凝土表面或内部产生拉应力,当这些拉应力超过混凝土的抗拉强度时,干缩裂缝便随之形成。

1.3.2 养护措施不足或不当

混凝土浇筑完成后,适当的养护是确保混凝土性能稳定、减少干缩裂缝的关键环节。养护的主要目的是通过保持混凝土表面的湿润,减缓水分蒸发速率,使混

凝土内部的水分蒸发更加均匀，从而减少因水分蒸发不均导致的体积收缩和应力集中。若养护工作不到位，如未按时浇水、覆盖保湿材料不足或养护时间过短，将导致混凝土表面水分蒸发过快，内部水分向表面的迁移速度跟不上蒸发速度，进而在混凝土表面形成较大的拉应力，诱发干缩裂缝。此外，养护温度的控制也至关重要，过高或过低的养护温度都可能加速水分蒸发，增加干缩裂缝的风险。

1.4 其他裂缝类型及其成因

1.4.1 塑性裂缝

塑性裂缝通常发生在混凝土浇筑后不久，此时混凝土仍处于塑性状态，尚未完全硬化。这类裂缝的成因主要包括：一是混凝土初凝前受到扰动：如振捣过度、模板振动或过早拆除模板，导致混凝土表面出现不规则裂缝。二是表面失水过快：在干燥或风大的环境下，混凝土表面水分迅速蒸发，而内部水分向表面的迁移速度不足，导致表面形成干缩裂缝^[2]。三是混凝土泌水与分层：由于混凝土拌合物中颗粒分布不均，导致泌水和分层现象，进而在混凝土表面或内部形成裂缝。

1.4.2 沉陷裂缝

沉陷裂缝主要是由于地基土壤的不均匀沉降或模板支撑不稳固所引起的。具体成因包括：一是地基处理不当：如地基承载力不足、未进行必要的地基加固或地基存在软弱层等，导致建筑物在荷载作用下发生不均匀沉降。二是模板支撑系统不稳定：在混凝土浇筑过程中，若模板支撑系统强度不足或稳定性差，可能导致模板下沉或变形，进而在混凝土中留下沉陷裂缝。三是混凝土浇筑顺序不当：如未按照设计要求分层浇筑或浇筑速度过快，导致混凝土在自重作用下发生下沉和分层。

1.4.3 化学侵蚀裂缝

化学侵蚀裂缝是由于混凝土受到环境中某些化学物质的侵蚀而产生的。这些化学物质可能来自地下水、土壤或空气中的污染物，如硫酸盐、氯化物等。它们与混凝土中的某些成分发生反应，导致体积膨胀、强度降低或钢筋锈蚀，进而引发裂缝。

1.4.4 冻融循环裂缝

在寒冷地区，混凝土可能因冻融循环作用而产生裂缝。当混凝土内部的水分在低温下结冰时，体积会膨胀，对混凝土产生挤压应力；而当温度回升时，冰融化成水，体积减小，留下孔隙。这种反复的冻融循环会导致混凝土内部损伤和裂缝的形成。

2 水工建筑物裂缝防治措施

2.1 优化结构设计

在水利工程建筑结构设计精细化进程中，必须深刻理解并全面考虑各类荷载作用对结构安全性的影响。这要求设计师不仅要准确计算静载（如自重、设备重量、土压力等）和动载（如水流冲击、风载、地震力等），还要充分考虑荷载的长期效应和组合效应，确保结构设计的安全系数充足，避免在实际使用中因荷载过大而引发裂缝。为实现这一目标，设计师应采用先进的计算方法和软件工具进行结构分析，精确模拟实际工况，对结构受力状态进行动态监测和评估。同时，应重视结构的整体刚度和稳定性，通过合理布置梁、板、柱等承重构件，确保荷载传递路径的畅通无阻，减少应力集中现象。在结构细节设计上，应特别关注伸缩缝和沉降缝的设置。伸缩缝是为了适应结构因温度变化或湿度变化而产生的伸缩变形而设置的，其位置和宽度需根据结构形式、材料性能及环境条件综合确定。沉降缝则用于分隔不同沉降量的结构部分，以防止因不均匀沉降而导致的裂缝。这些缝隙的设置应充分考虑结构的整体布局、地基条件及施工顺序，确保其能有效吸收和分散变形能量，减少裂缝的产生^[3]。此外，设计师还应关注结构材料的选用和配合比设计，优先选用高性能、低收缩的混凝土材料，并通过调整水灰比、添加外加剂等方式优化混凝土的性能，降低其开裂风险。同时，应重视钢筋的配置和锚固，确保钢筋与混凝土的粘结牢固，共同承受荷载作用，提高结构的整体抗震性和耐久性。

2.2 控制原材料质量

在水工建筑物的施工过程中，混凝土原材料的质量直接关系到结构的强度、耐久性和裂缝控制能力。因此，从源头抓起，严格控制原材料的质量是预防裂缝的关键环节。对于水泥的选购，应优先考虑品质稳定、强度等级合适的水泥品种，确保其符合国家标准和工程设计要求。在进货时，应查验水泥的出厂合格证和检测报告，必要时进行抽样复检，以排除不合格产品。砂石作为混凝土的主要骨料，其质量同样至关重要。应选用质地坚硬、级配良好、含泥量低的砂石，避免使用风化岩、软质岩等劣质骨料。同时，应严格控制砂石的粒径分布和含水率，以确保混凝土拌合物的均匀性和稳定性。掺料的选择和使用也需谨慎。应根据工程特点和混凝土性能要求，合理选用粉煤灰、矿渣粉等掺合料，以改善混凝土的工作性能、降低水化热、提高抗裂性能。但掺量需经过试验确定，避免过量使用导致混凝土性能下降。在混凝土配合比的设计上，应综合考虑原材料的性能、施工条件及环境因素，通过试验确定最佳的水灰比、砂率等参数。水灰比过大易导致混凝土强度降低、

干缩性增大；而砂率过高则会影响混凝土的和易性和强度。因此，应通过科学的试验方法和严谨的数据分析，找到最佳的配合比方案，确保混凝土具有优良的工作性能、力学性能和耐久性能。此外，还应加强原材料的存储和管理，避免原材料受潮、污染或过期使用，从而影响混凝土的质量。

2.3 加强施工控制

施工控制是确保水工建筑物混凝土质量、预防裂缝产生的重要环节。在施工过程中，必须严格遵守施工规范，精细操作，以确保每一道工序的质量都达到设计要求。在混凝土搅拌阶段，应严格控制原材料的计量和投料顺序，确保混凝土拌合物的均匀性和稳定性。搅拌时间需根据混凝土的坍落度、和易性等指标进行调整，避免过长或过短的搅拌时间影响混凝土的性能。混凝土浇筑时，应合理安排浇筑顺序和速度，避免混凝土在浇筑过程中出现分层、泌水等现象。同时，应确保浇筑过程中混凝土的连续供应，避免出现施工冷缝。在浇筑高度较大的结构时，应采用分层浇筑的方法，每层浇筑厚度不宜过大，以确保混凝土的振捣密实。振捣是确保混凝土密实度的关键步骤。振捣时应遵循“快插慢拔、均匀振捣”的原则，确保混凝土内部的空隙得到有效排除，提高混凝土的密实度和强度。同时，应避免过度振捣导致混凝土出现离析现象。在施工工序的安排上，应充分考虑温度因素对施工质量的影响。高温时段施工易导致混凝土水分蒸发过快，增加干缩裂缝的风险；而低温时段施工则可能因混凝土内部水分结冰而导致冻融裂缝^[4]。因此，应合理安排施工时间，尽量避免在高温或低温时段进行混凝土浇筑施工。在必要时，可采取遮阳、洒水降温或覆盖保温等措施，以控制混凝土的温度变化，减少温度裂缝的产生。

2.4 加强养护工作

混凝土浇筑完成后的养护工作是预防干缩裂缝、确保混凝土强度和耐久性的关键步骤。养护工作的核心在于为混凝土提供一个适宜的温度和湿度环境，以促进其缓慢而均匀地固化。养护工作应紧随混凝土浇筑之后进

行，避免混凝土表面因水分蒸发过快而形成干缩裂缝。在初凝后，应立即覆盖混凝土表面，以减少水分蒸发。覆盖材料可选用湿布、塑料薄膜或专用养护布等，确保覆盖严密，不留空隙。同时，应根据环境温度和湿度条件，适时调整覆盖层的厚度和材质，以保持混凝土表面的湿润状态。除了覆盖保湿外，还可采用洒水养护的方法。在混凝土浇筑完成后的前几天内，应定期向混凝土表面洒水，以保持其湿润。洒水频率需根据气候条件、混凝土配合比及固化情况灵活调整，避免过度洒水导致混凝土内部水分过多，影响强度发展。在养护过程中，应定期观察混凝土的固化情况。通过观察混凝土表面的颜色变化、硬度及裂缝情况，可以判断其固化程度。若发现混凝土表面出现干缩裂缝或固化不良等现象，应及时采取措施进行修补或加强养护。此外，养护期间还应注意混凝土的温度控制。在寒冷季节，应采取保温措施，如搭设保温棚、覆盖保温材料等，以防止混凝土因受冻而产生冻融裂缝。在炎热季节，则应采取降温措施，如遮阳、洒水等，以降低混凝土表面的温度，减少干缩裂缝的产生。

结语

水工建筑物裂缝的成因复杂多样，包括温度裂缝、荷载裂缝、干缩裂缝等多种类型。为了有效防治裂缝的产生，需要从优化结构设计、控制原材料质量、加强施工控制、加强养护工作等多个方面入手。通过综合运用这些措施，可以有效减少水工建筑物裂缝的产生，提高水利工程的安全性和稳定性。

参考文献

- [1]方博.水工建筑物裂缝成因分析及防治研究[J].工程建设与设计,2024,(10):221-223.
- [2]谭思源.水工混凝土建筑物裂缝产生的原因及防治措施[J].水利科技与经济,2018,24(08):79.
- [3]邓葳.水工建筑物混凝土裂缝缺陷问题及修补工艺[J].珠江水运,2024,(04):46-48.
- [4]卢平辉.水工建筑物混凝土裂缝成因与预防处理[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(31):107-109.