

水工结构工程裂缝机理及防治探讨

何怀民

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 本文聚焦水工结构工程裂缝问题。首先对裂缝进行分类, 阐述其危害, 包括影响结构外观、引发渗漏、降低承载能力等。接着从材料特性、温度变化、荷载作用三方面剖析裂缝产生机理, 如混凝土收缩、温度应力、荷载应力集中等。还探讨了施工质量、环境因素、结构设计对裂缝产生的影响。最后提出防治措施, 设计阶段优化配合比、结构形式与配筋; 施工阶段把控原材料、浇筑与养护; 运行维护阶段加强监测, 针对不同裂缝采取处理措施并管控运行环境。通过多环节防控, 降低裂缝产生几率, 保障水工结构安全稳定运行。

关键词: 水工结构工程; 裂缝机理; 防治措施

引言: 水工结构工程作为水利工程的关键组成部分, 在防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着不可替代的作用。然而, 裂缝问题一直是困扰水工结构安全与耐久性的重要因素。裂缝的出现不仅影响工程的外观质量, 更会降低结构的承载能力, 引发渗漏等病害, 严重时甚至威胁到整个水利工程的安全运行。深入探究水工结构工程裂缝的分类、危害、产生机理以及影响因素, 并制定科学有效的防治措施, 对于保障水工结构的安全稳定、延长工程使用寿命、提高水利工程的综合效益具有重要的现实意义。

1 水工结构工程裂缝的分类及危害

水工结构工程中, 裂缝依据不同划分标准可归为多种类型。结合工程实际状况, 按产生原因可将其明确划分为结构性裂缝与非结构性裂缝两大类, 且这两类裂缝对结构产生的危害程度有着显著区别。(1) 结构性裂缝的产生主要源于结构所承受的外力荷载超出了材料自身的承载极限, 或是结构设计存在不合理之处。这类裂缝具有显著的扩展性, 危害程度极高。其形态多表现为贯穿结构截面, 会直接对结构的承载能力造成削弱。若未能及时对其进行处理, 在持续荷载的作用下, 裂缝会不断延伸、加宽, 最终极有可能引发结构变形、坍塌等严重事故, 对工程安全构成极大威胁。(2) 非结构性裂缝主要由温度变化、收缩变形、材料老化等非荷载因素引发。这类裂缝多为表面或局部裂缝, 在初期阶段, 对结构的承载能力影响相对较小。然而, 随着环境侵蚀的不断加剧, 裂缝会逐渐发展, 破坏结构的整体性, 为渗漏水提供通道。渗漏水会进一步引发混凝土碳化、钢筋锈蚀等问题, 降低材料的力学性能。(3) 裂缝带来的危害呈现出明显的递进性。在初期, 主要表现为结构外观的破损, 影响工程的观感质量; 随后会引发渗漏水问题, 导

致混凝土碳化、钢筋锈蚀, 使材料的力学性能下降; 到了后期, 裂缝持续扩展, 会使结构刚度降低、承载能力不足, 进而引发结构整体失稳, 严重影响水利工程的正常供水、防洪、发电等功能的发挥, 造成不可估量的经济损失^[1]。

2 水工结构工程裂缝产生的机理分析

2.1 材料自身特性引发的裂缝机理

混凝土作为水工结构的关键核心材料, 其自身物理学特性是引发裂缝产生的内在根源。(1) 混凝土是由水泥、骨料、水以及外加剂等多种组分混合搅拌而成, 在凝结硬化这一复杂过程中, 不可避免地会发生体积收缩现象。一旦这种收缩受到外部或内部约束的限制, 混凝土内部就会产生拉应力。当该拉应力超出混凝土自身的抗拉强度时, 裂缝便会随之产生。(2) 水泥在水化反应过程中会释放出大量的热量, 致使混凝土内部温度迅速升高。而混凝土表面温度受外界环境影响, 降温速度相对较快, 如此一来, 混凝土内外便形成了较大的温差, 进而引发温度应力。这种温度应力会进一步加剧收缩裂缝的产生与发展。(3) 若混凝土原材料质量存在问题, 例如骨料级配不合理、含泥量过高, 水泥强度等级不达标、安定性差, 或者外加剂掺量不恰当, 都会降低混凝土的抗拉强度、抗裂性能以及耐久性, 使得结构在服役期间更容易出现裂缝^[2]。

2.2 温度变化引发的裂缝机理

温度变化堪称水工结构裂缝产生的主要诱因之一。(1) 水工结构通常长期直接暴露于自然环境之中, 不可避免地受到昼夜温差、季节交替以及水泥水化热等多重因素的共同影响, 导致温度出现剧烈波动。(2) 混凝土具有较小的导热系数, 在温度发生变化时, 其内部与表面、上部与下部之间极易形成较为显著的温差。这种温

差会使得混凝土各部位的体积变形无法保持一致。当这种变形受到结构自身约束,或者来自外部的约束(例如地基、相邻构件等)限制时,便会在结构内部产生温度拉应力。(3)由于混凝土的抗拉强度远远低于其抗压强度,一旦温度拉应力超出混凝土所能承受的抗拉极限,温度裂缝就会随之产生。温度裂缝的形态大多呈现不规则状,常见于结构表面,部分裂缝会沿着温度梯度的方向延伸发展,在情况严重时,甚至会贯穿整个结构,对水工结构的安全性和稳定性构成严重威胁。

2.3 荷载作用引发的裂缝机理

荷载作用在水工结构裂缝成因中占据核心地位,是引发结构性裂缝的关键因素。水工结构在实际运行过程中,需承受水压力、自重、地震力、泥沙压力等多种荷载的共同作用。(1)当各类荷载施加于结构上时,结构内部必然会产生相应的应力分布。一旦局部出现应力集中现象,或者总应力超出材料自身的承载能力,裂缝便会随之产生。水压力作为水工结构面临的最主要荷载,在长期持续作用下,会使结构产生弯曲应力与剪切应力。在结构的薄弱部位,例如截面发生突变处、孔洞周边等,这些应力容易集中,进而形成裂缝。(2)自重荷载若分布不均匀,或者在施工过程中临时荷载过大,会导致结构局部受力超出标准范围,引发裂缝。地震力等动荷载则会使结构产生剧烈振动,这种振动可能引发贯通性裂缝,对结构造成毁灭性的破坏。此外,荷载长期反复作用还会致使结构材料出现疲劳现象,降低材料的力学性能,加速裂缝的产生与扩展进程。

3 影响水工结构裂缝产生的其他因素

3.1 施工质量影响

施工质量方面的操作不当,是引发水工结构裂缝的重要外在诱因。(1)在混凝土浇筑环节,若振捣工作未能做到密实,混凝土内部就会遗留孔隙、蜂窝等缺陷。这些缺陷会破坏结构的整体性,降低其抗拉强度,成为裂缝产生的潜在隐患。(2)浇筑顺序若缺乏合理性,或者分层厚度设置过大,会使混凝土上下层的凝结时间出现较大差异,进而产生层间裂缝。混凝土养护若不及时,或者养护措施未能落实到位,混凝土表面的水分会快速蒸发,收缩变形加剧,最终引发表面裂缝。(3)钢筋绑扎若不规范,保护层厚度出现不足或过大的情况,都会影响钢筋与混凝土之间的协同工作性能,导致局部应力集中,从而引发裂缝,对水工结构的安全性和稳定性造成不利影响^[3]。

3.2 环境因素影响

水工结构长期处于复杂多变的环境之中,这是导致

裂缝产生与扩展加剧的关键因素。(1)在干湿交替的环境下,混凝土会不断地进行吸水和失水过程,进而引发体积的反复膨胀与收缩。这种持续的体积变化会使混凝土内部产生应力,加速已有裂缝的扩展,甚至催生新的裂缝。(2)处于冻融循环环境时,混凝土内部的水分在结冰时会发生体积膨胀,对混凝土内部结构产生强大的挤压作用。随着冻融次数的增加,这种破坏不断累积,使得裂缝不断加宽、延伸,严重削弱混凝土的性能。(3)地下水中的盐分、酸性物质等具有侵蚀性,它们会侵入混凝土内部,与水泥水化产物发生化学反应,导致混凝土腐蚀、强度降低,进而间接引发裂缝。此外,大风、暴雨等极端天气会造成结构表面温度急剧变化和水分快速蒸发,增大裂缝产生的可能性。

3.3 结构设计影响

结构设计若存在不合理之处,会为水工结构裂缝的产生埋下先天性的隐患。(1)在结构截面尺寸设计方面,若尺寸设计不足,在承受荷载时,应力会在局部区域过度集中,使得该部位的受力超出材料的承载能力,进而引发裂缝。(2)结构形式设计不合理也是重要因素。例如刚度发生突变,或者必要的构造措施缺失,会破坏结构内部应力的正常分布,导致应力在某些区域异常积聚,最终产生裂缝。(3)配筋设计同样关键。若钢筋数量不足、布置不合理,就无法有效约束混凝土的变形,也不能承担结构内部产生的拉应力。当拉应力超过混凝土抗拉强度时,裂缝便会随之出现。此外,设计过程中若未充分考虑水工结构的工作特性,对温度变化、渗漏水等因素预估不充分,也会使结构在服役过程中难以适应实际工况,从而更容易出现裂缝。

4 水工结构工程裂缝的防治措施

4.1 设计阶段防治措施

设计阶段作为防控水工结构裂缝的关键基础环节,必须紧密结合工程实际情况,全方位优化设计方案,切实增强结构的抗裂能力。(1)在混凝土配合比设计方面,应优先选用水化热低、安定性良好的水泥,精心搭配骨料级配,适量掺入粉煤灰、矿渣粉等优质掺合料以及高效缓凝剂。通过这样的方式,有效降低水泥用量,减少水化热的产生,进而提升混凝土的抗裂性、耐久性以及工作性能。(2)结构形式设计上,要尽量避免出现刚度突变和截面突变的情况。针对结构薄弱部位,像孔洞周边、转角处等,需增设加强筋、暗梁等构造措施,以此分散应力集中现象,提高局部承载能力。(3)配筋方案的确定也至关重要,要保证钢筋数量充足且布置均匀,严格把控钢筋保护层厚度,确保钢筋与混凝土能够协同工

作,有效约束混凝土的收缩变形,承担内部拉应力。此外,设计过程中还需充分考虑温度变化、干湿交替等环境因素,科学合理地预留伸缩缝、沉降缝,最大程度减少约束应力对结构造成的不良影响^[4]。

4.2 施工阶段防治措施

施工阶段对于水工结构裂缝的防控至关重要,必须严格把控施工质量,规范各项施工操作,从根源上降低裂缝产生的可能性。(1)要强化原材料的质量管控。对水泥、骨料、外加剂等各类原材料展开严格检验,仔细核查其各项指标是否符合设计要求,坚决杜绝不合格材料进入施工现场,保证原材料质量可靠。(2)优化混凝土浇筑工艺是关键。合理控制浇筑顺序与分层厚度,分层振捣时要确保密实,防止出现漏振或过振的情况,以此保障混凝土的密实度。同时,严格控制混凝土入模温度,在高温季节,可对骨料洒水降温,并采用低温水进行搅拌;低温季节则需采取保温措施,尽可能减少温度波动对混凝土性能的影响。(3)混凝土养护工作也不容忽视。浇筑完成后,应及时覆盖保湿材料,依据环境温度灵活调整养护时间,确保混凝土在凝结硬化过程中水分充足,有效减少收缩变形。在高温、干燥环境下,要适当延长养护时间;低温环境下则需采取保温养护措施,防止混凝土受冻开裂。此外,还需规范钢筋绑扎、模板安装等工序操作,保证钢筋位置精准、模板安装牢固,避免因工序操作不当而引发裂缝。

4.3 运行维护阶段防治措施

运行维护阶段是保障水工结构安全、防止裂缝持续扩展的重要时期,需着重加强结构监测与养护工作。(1)要构建一套完善的裂缝监测体系,定期对水工结构展开全面且细致的排查。尤其要重点关注结构薄弱部位、伸缩缝周边以及渗漏水区域,详细记录裂缝的位置、长度、宽度、深度等关键参数,并通过分析这些数据来把握裂缝的发展趋势。(2)针对不同类型和程度的裂缝,需采取具有针对性的处理措施。对于表面细小裂缝,可采用表

面封闭法,涂抹环氧树脂砂浆、聚合物水泥浆等材料,将裂缝封闭,阻止水分侵入。对于深度较浅、宽度较小的裂缝,压力灌浆法是合适的选择,注入水泥浆、环氧树脂浆液等,填充裂缝,恢复结构的整体性。对于宽度较大、贯穿性强的严重裂缝,要结合结构受力情况,采用加固处理与灌浆相结合的方式,如增设加固筋、外包混凝土等,提升结构承载能力后再进行灌浆封闭。(3)还需加强水工结构运行环境的管控,定期清理结构表面的污垢、青苔,减少环境侵蚀;合理控制水位变化,避免水位骤升骤降导致结构应力突变,进而加剧裂缝扩展^[5]。

结束语

水工结构工程裂缝的防治是一项系统而复杂的工作,贯穿于工程的设计、施工和运行维护的全生命周期。从设计阶段的精心规划,到施工阶段的严格把控,再到运行维护阶段的持续监测与及时处理,每一个环节都至关重要。只有充分认识到裂缝产生的机理和影响因素,采取针对性强、科学合理的防治措施,才能有效降低裂缝产生的几率,控制裂缝的发展。未来,随着材料科学、结构力学等学科的不断发展和新技术的不断涌现,我们应持续探索更加高效、环保、经济的裂缝防治方法,不断提升水工结构工程的质量和安全性,为水利事业的可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]池付伟.水工涵闸混凝土结构裂缝成因及预防措施浅析[J].陕西水利,2021(10):268-268.
- [2]梁永涛.水工结构工程裂缝成因及防治探讨[J].建筑工程技术与设计,2021(33):1865-1866.
- [3]张东峰.水利工程施工中如何对混凝土裂缝进行有效控制[J].建筑与预算,2022(02):46-48.
- [4]范贵峰.水工混凝土裂缝防治措施简述[J].山西水利科技,2022(04):21-22.
- [5]杨虎.水利工程混凝土裂缝成因及防治措施浅析[J].陕西水利,2021(06):239-240.