

水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施

顾文瀚

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘要：水利工程中混凝土裂缝严重威胁工程安全与耐久性。本文剖析裂缝产生原因，涵盖材料特性、施工工艺、环境因素及设计缺陷等方面，明确温度裂缝、干缩裂缝等常见类型及其危害。针对裂缝成因，从优化材料配合比、规范施工工艺、完善设计方案等维度提出预防措施，并依据裂缝特征给出表面处理、灌浆及结构补强等处理手段。研究成果为水利施工中混凝土裂缝防控提供科学依据，助力提升水利工程质量与安全性能，保障工程长期稳定运行。

关键词：水利施工；混凝土裂缝；产生的原因；防治措施

引言：在水利基础设施建设快速发展的当下，混凝土以其优异性能成为水利工程的核心材料。但混凝土裂缝问题却频繁出现，严重影响工程结构稳定性与使用寿命。温度变化、材料选择不当、施工操作不规范等因素相互交织，致使裂缝成因复杂多样。深入研究混凝土裂缝产生的原因及防治措施，对保障水利工程安全运行、降低维护成本、提升水资源利用效率具有重要的现实意义，也是推动水利工程建设高质量发展亟待解决的关键课题。

1 水利施工中混凝土裂缝的类型及危害

在水利工程建设里，混凝土裂缝的产生对工程的质量与安全构成了严峻挑战。依据形成原因和外观形态，常见的裂缝类型主要有以下几种，每种类型的裂缝都会给水利工程带来不同程度的损害。（1）温度裂缝。在混凝土硬化期间，水泥水化会释放出大量热能，使得内部温度迅速上升，而其表面散热速度较快，进而形成显著的内外温差。一旦温差所产生的温度应力超出混凝土的抗拉强度，裂缝便会显现。像大坝这类大型水利设施，温度裂缝可能会贯穿整个坝体，极大地削弱大坝的抗剪和抗拉能力，降低其抵抗洪水冲击的性能。（2）干缩裂缝。混凝土中的水分不断蒸发，水泥石逐渐硬化，体积也随之变小。要是养护工作不及时或者周围环境湿度较低，混凝土表面的收缩速度会比内部更快，由此产生拉应力，进而引发裂缝。此类裂缝一般较浅，不过会降低混凝土的密实程度，让水、空气以及有害化学物质更易侵入混凝土内部，加速钢筋的锈蚀，影响水利工程的持久使用性。（3）沉降裂缝。这是由地基不均匀沉降或者混凝土浇筑后尚未充分硬化就承受过大荷载所导致的。在水利施工中，若地基处理不符合标准，不同位置的沉降量存在差异，会给上部的混凝土结构带来额外的应

力，最终引发裂缝。这种裂缝通常较为宽大，会破坏结构的完整性，严重情况下可能导致结构倒塌。（4）其他裂缝。碱骨料反应会致使混凝土膨胀开裂，而冻融循环会使混凝土内部孔隙里的水反复经历冻胀与融缩过程，逐渐破坏混凝土结构^[1]。

2 水利施工中混凝土裂缝产生的原因

2.1 混凝土材料特性引发的裂缝

2.1.1 水泥特性的影响

水泥是混凝土产生水化反应的关键成分，其品种和强度等级直接影响水化热的释放。普通硅酸盐水泥在水化过程中会释放大量热量，对于大坝、水闸等大体积混凝土结构，若水泥选择不当，内部温度可在浇筑后的1到3天内急剧升高，与表面温差可达30至50℃。巨大的温差致使混凝土内部膨胀、表面收缩，进而产生温度应力，当应力超过混凝土抗拉强度时，便会形成贯穿性或表面温度裂缝。水泥的细度也不容忽视，过细的水泥颗粒虽能提高早期强度，但会加速水化反应，增大收缩变形，增加裂缝风险。

2.1.2 骨料质量的影响

骨料在混凝土中占比高达60%-80%，其级配和含泥量对混凝土收缩性能影响显著。级配不良的骨料，空隙率大，需更多水泥浆填充，导致水泥用量增加，水化热和收缩值随之增大。含泥量超标的骨料，会吸附水泥浆中的水分，降低混凝土的流动性和强度，同时黏土颗粒的膨胀收缩特性，易在混凝土内部产生微裂缝，并逐步扩展成宏观裂缝。

2.1.3 外加剂使用不当

外加剂能有效改善混凝土性能，但使用不当则会适得其反。减水剂掺量过高，会导致混凝土凝结时间过长，在凝结前因水分过度蒸发产生干缩裂缝；早强剂使

用过量,会使混凝土早期强度增长过快,内部结构发育不充分,后期易出现收缩裂缝。部分外加剂与水泥的适应性差,会引发异常凝结现象,造成混凝土开裂。

2.2 施工工艺缺陷导致的裂缝

2.2.1 浇筑工艺不合理

混凝土浇筑过程中,振捣不密实会使混凝土内部存在蜂窝、孔洞等缺陷,降低结构整体性,在外部荷载或温度变化作用下,这些薄弱部位易引发裂缝。分层浇筑高度过大、间隔时间过长,会导致上下层混凝土结合不良,形成施工冷缝。例如,某渠道衬砌工程因分层浇筑高度达1.5米,远超规范要求的0.3至0.5米,浇筑后出现大量竖向裂缝。

2.2.2 养护措施不到位

养护是保证混凝土强度增长和防止裂缝产生的关键环节。保湿养护不足,混凝土表面水分快速蒸发,收缩变形加剧,当收缩应力超过抗拉强度时,就会出现干缩裂缝。在高温干燥环境下,若混凝土浇筑后未及时覆盖洒水养护,数小时内即可出现表面裂缝。养护时间过短,混凝土强度未充分发展,过早承受荷载或拆模,也会导致裂缝产生。冬季施工时,若未采取有效的保温养护措施,混凝土受冻,内部孔隙水结冰膨胀,会破坏混凝土结构,引发冻胀裂缝。

2.2.3 模板拆除不当

模板拆除过早,混凝土强度尚未达到设计要求,无法承受自身重量和施工荷载,易发生变形开裂。不同类型的混凝土结构,其拆模强度要求不同,如悬臂构件需混凝土强度达到100%设计强度方可拆模,若提前拆除,极易导致裂缝甚至坍塌事故。模板拆除过程中,若操作不当,对混凝土表面造成撞击或刮擦,也会形成裂缝^[2]。

2.3 环境因素诱发的裂缝

2.3.1 温度变化的影响

温度变化是水利工程中混凝土产生裂缝的重要诱因。在夏季高温时段,混凝土浇筑后内部温度迅速升高,而夜间气温骤降,导致混凝土表面温度急剧下降,形成较大的内外温差。这种温差反复作用,会在混凝土内部产生疲劳应力,加速裂缝的扩展。寒潮突袭时,气温短时间内大幅下降,混凝土表面迅速收缩,内部因降温滞后产生拉应力,从而引发温度裂缝。昼夜温差大的地区,混凝土长期处于热胀冷缩的循环中,也会降低其耐久性,促使裂缝产生。

2.3.2 湿度变化的影响

湿度变化主要通过干缩作用引发混凝土裂缝。在干燥环境中,混凝土中的水分不断向外界蒸发,水泥石逐

渐硬化收缩。由于混凝土表面水分蒸发速度快于内部,表面收缩受到内部约束,产生拉应力,当拉应力超过混凝土抗拉强度时,就会出现干缩裂缝。这种裂缝在薄壁结构如渡槽、排水管道中尤为常见,严重时会导致结构渗漏,影响正常使用功能。

2.3.3 冻融循环的破坏

在寒冷地区,水利工程中的混凝土长期受到冻融循环作用。当混凝土内部孔隙中的水结冰时,体积膨胀约9%,对周围混凝土产生膨胀压力;融化时,体积收缩,形成空隙。经过多次冻融循环,这些空隙逐渐扩大、连通,导致混凝土剥落、强度降低,最终产生裂缝甚至结构破坏。例如东北地区的一些小型水库,因未采取有效的抗冻措施,经过几个冬季的冻融循环后,坝体混凝土出现大量裂缝和剥落现象。

2.4 设计因素造成的裂缝隐患

2.4.1 结构设计不合理

结构设计时,若截面突变、转角处未设置倒角,会导致应力集中。在外部荷载或温度变化作用下,应力集中部位的混凝土首先开裂,并向周围扩展。配筋不足或布置不合理,也无法有效抑制混凝土的收缩和温度变形,易引发裂缝。如水闸底板在闸墩与底板交接处,因未设置过渡段和加强配筋,运行后出现多条放射状裂缝。

2.4.2 伸缩缝和沉降缝设置不当

伸缩缝和沉降缝是防止混凝土因温度变化和地基沉降产生裂缝的重要构造措施。若伸缩缝间距过大,混凝土在温度变化时无法自由伸缩,会产生温度应力导致裂缝;沉降缝设置位置不合理或缝宽不足,当地基不均匀沉降时,混凝土结构会受到附加应力作用,引发沉降裂缝。

2.4.3 环境因素考虑不足

设计阶段若对当地气候、地质条件等环境因素考虑不充分,也会埋下裂缝隐患。在严寒地区,未考虑冻融循环影响,未采取抗冻设计;在高湿度地区,未重视混凝土的防潮、防腐蚀设计,都会导致混凝土在使用过程中出现裂缝^[3]。对地下水位变化、土壤腐蚀性等因素估计不足,也可能造成基础混凝土开裂。

3 水利施工中混凝土裂缝防治措施

3.1 混凝土裂缝预防措施

3.1.1 优化混凝土材料与配合比设计

在水泥选择上,优先选用水化热低的水泥品种,如中热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥,用于大体积混凝土施工,以减少内部温升。严格控制水泥细度,避免因水化过快导致收缩增大。对于骨料,要确保其级配良好,通过合理搭配不同粒径的骨料,降低空隙率,减少

水泥浆用量。控制骨料含泥量不超过规范要求,避免黏土颗粒对混凝土性能的不良影响。在配合比设计方面,精准控制水胶比至关重要。水胶比过大,会增加混凝土的收缩和泌水率,降低强度;水胶比过小,则影响混凝土的和易性。应根据工程实际需求,通过试验确定最优水胶比。此外,合理掺加优质掺合料,如粉煤灰、矿渣粉等,可降低水泥水化热,改善混凝土工作性能,提高抗裂性。科学使用外加剂,严格控制减水剂、早强剂等掺量,确保与水泥具有良好的适应性,避免因外加剂使用不当引发裂缝。

3.1.2 规范施工工艺

混凝土浇筑过程中,要严格控制分层浇筑厚度和速度,一般分层厚度不宜超过0.3到0.5米,浇筑速度应根据混凝土的初凝时间和振捣能力合理确定,确保上下层混凝土在初凝前充分结合,避免出现冷缝。振捣时,采用合适的振捣方式和振捣时间,以混凝土表面不再显著下沉、不再出现气泡、表面泛浆为准,防止过振或漏振导致混凝土不密实或离析。养护环节是预防裂缝的关键。混凝土浇筑完成后,应及时采取保湿养护措施。对于平面结构,可采用覆盖塑料薄膜、土工布并洒水养护的方式;对于立面结构,可喷涂养护剂进行养护。养护时间根据混凝土强度增长情况和环境条件确定,一般不少于7至14天。在冬季施工时,需做好保温养护,可采用覆盖保温棉被、搭设暖棚等措施,防止混凝土受冻。严格控制模板拆除时间,根据混凝土同条件养护试块强度,达到设计要求强度后方可拆除,避免过早拆模导致混凝土结构受损。

3.1.3 完善设计方案

在结构设计阶段,避免截面突变,在转角处设置倒角,减少应力集中现象。合理进行配筋设计,根据结构受力特点和裂缝控制要求,适当增加构造钢筋,提高混凝土的抗裂能力。对于大体积混凝土结构,可采用“抗放结合”的原则,设置后浇带或膨胀加强带,释放混凝土收缩应力。伸缩缝和沉降缝的设置需严格遵循规范要求。根据工程所在地的温度变化范围,合理确定伸缩缝间距,一般不宜超过20至30米,并确保缝宽足够,使混凝土能够自由伸缩。针对地基条件复杂的工程,科学设置沉降缝,将建筑物划分为若干个独立的单元,避免因地基不均匀沉降导致混凝土开裂。设计时充分考虑当地的气候、地质等环境因素,在严寒地区加强混凝土的抗冻设计,在高湿度或腐蚀性环境中,采取有效的防腐蚀措施,提高混凝土的耐久性。

3.2 混凝土裂缝处理措施

3.2.1 表面处理法

对于宽度较小且深度较浅的表面裂缝,可采用表面处理法。首先对裂缝表面进行清理,去除灰尘、油污等杂质,然后涂抹环氧树脂胶、聚合物水泥砂浆等修补材料,封闭裂缝,防止水分和有害介质侵入。对于面积较大的细微裂缝,可采用表面喷浆的方式,在混凝土表面喷射一层3-5mm厚的水泥砂浆,增强混凝土表面的抗渗性和耐久性。

3.2.2 灌浆处理法

对于宽度较大或贯通性裂缝,可采用灌浆处理法。水泥灌浆适用于对强度要求较高的裂缝修复,将水泥浆通过压力灌注到裂缝中,填充裂缝并与混凝土粘结,恢复结构的整体性。化学灌浆则适用于处理细微裂缝和活性裂缝,常用的化学灌浆材料有环氧树脂、聚氨酯等,这些材料具有良好的渗透性和粘结性,能够有效封堵裂缝,防止渗漏。

3.2.3 结构补强法

当裂缝对结构安全产生较大影响时,需采用结构补强法。粘贴钢板是在混凝土表面粘贴钢板,通过结构胶将钢板与混凝土粘结在一起,共同承受荷载,提高结构的承载能力。碳纤维加固则是将碳纤维布或碳纤维板粘贴在混凝土表面,利用碳纤维的高强度特性,增强结构的抗拉、抗剪性能^[4]。还可采用增设支撑、加大截面等方法,对受损结构进行补强加固,确保水利工程的安全运行。

结束语:本研究全面梳理了水利施工中混凝土裂缝的类型、成因,并针对性提出防治措施。通过优化材料与施工工艺、完善设计方案,可有效预防裂缝产生;运用多种处理手段,能对已出现裂缝进行修复加固。但随着水利工程向大型化、复杂化发展,新的裂缝问题可能涌现。未来需进一步加强新材料、新技术研究,结合智能监测手段,实现混凝土裂缝的精准防控,为水利工程建设可持续发展提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]苗瑞俊.水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(12):044-047.
- [2]刘文志.水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(4):0036-0039.
- [3]杨绪辉.水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施[J].工程建设与设计,2020(16):175-176.
- [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.