

水利工程建筑施工裂缝原因及有效预防措施

贾云飞

河南省水利第一工程局集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要：水利工程建筑施工裂缝成因复杂，本文从材料、施工工艺、环境及操作四方面剖析裂缝产生根源。材料因素涵盖性能缺陷、配合比失衡等；施工工艺涉及模板、浇筑、振捣等环节缺陷；环境因素包含温湿度变化、地质条件等；操作因素涉及流程不规范、失误等。针对成因提出预防措施，包括材料质量把控、施工工艺优化、环境应对策略及操作管控强化，并阐述施工全过程及不同类型建筑物裂缝预防重点，为水利工程裂缝防控提供参考。

关键词：水利工程；施工裂缝；产生原因；预防措施

引言：水利工程作为重要基础设施，其建筑质量关乎民生与经济发展。裂缝是水利工程建筑施工常见病害，不仅影响结构外观，更会降低结构强度、耐久性与抗渗性，威胁工程安全运行。裂缝产生受多种因素综合影响，涉及材料选用、施工工艺执行、环境条件变化及施工操作规范等多个层面。深入分析裂缝产生原因，制定针对性预防措施，对提高水利工程建筑质量、保障工程长期稳定运行具有重要意义。

1 水利工程建筑施工裂缝的主要产生原因

1.1 材料因素

水利工程建筑中，材料性能对裂缝产生有着关键影响。部分原材料自身存在性能缺陷，像水泥若安定性不达标，在硬化过程中体积会不稳定变化，进而引发混凝土内部应力失衡，最终导致裂缝出现^[1]。骨料若含泥量过高，会削弱骨料与水泥浆体间的粘结力，降低混凝土整体强度，增加裂缝产生几率。材料配合比不合理也是重要诱因。水泥用量过多，混凝土收缩变形增大；水灰比过大，混凝土密实度降低，抗渗性与抗裂性变差；砂率不当，会影响混凝土和易性，导致浇筑困难，易形成孔隙与裂缝。材料存储与保管不当同样不可忽视。水泥受潮结块后，活性降低，影响混凝土强度发展；外加剂若保存不善，性能可能改变，无法发挥预期作用，甚至对混凝土产生不良影响。材料加工工艺不规范也会埋下裂缝隐患。混凝土搅拌不充分，各组分分布不均匀，局部性能差异大；搅拌时间过长，会使混凝土离析，降低匀质性，增加裂缝风险。

1.2 施工工艺因素

模板施工工艺缺陷易引发裂缝。模板刚度不足，在混凝土浇筑与振捣压力下会变形，使混凝土构件尺寸偏差，内部产生附加应力，导致裂缝产生。模板拼缝不严密，漏浆会使混凝土表面出现蜂窝麻面，降低结构强度

与耐久性。混凝土浇筑工艺不规范影响显著。浇筑高度过大，骨料易分离，混凝土匀质性变差；浇筑速度过快，模板承受侧压力增大，可能变形，同时混凝土内部气泡难以排出，形成孔隙与裂缝。振捣作业至关重要，不到位会使混凝土密实度不足，存在孔隙与软弱部位；过度振捣则会使骨料下沉，水泥浆上浮，造成混凝土分层离析，降低抗裂性能。养护工艺不合理直接影响混凝土强度发展与抗裂性。养护时间不足，混凝土水分蒸发过快，干缩变形大；养护温度不当，过高会加速水分蒸发，过低会延缓水泥水化，均易导致裂缝产生。工序衔接不当也会引发问题。如拆模过早，混凝土强度未达要求，无法承受自重与外力，易产生裂缝；后续工序施工过早，对已成型混凝土造成扰动，也会破坏其结构完整性。

1.3 环境因素

温度变化对水利工程建筑裂缝影响明显。日夜温差大时，混凝土表面与内部收缩不同步，产生温度应力，当应力超过混凝土抗拉强度时，就会出现裂缝。寒潮袭击会使混凝土表面温度骤降，产生较大温度梯度，引发裂缝。湿度波动也不容忽视。干燥环境加速混凝土水分蒸发，引起干缩裂缝；潮湿环境若排水不畅，会使混凝土长期处于饱和状态，降低抗渗性与耐久性，同时可能引发钢筋锈蚀膨胀，导致保护层开裂。风雨、冻融等自然环境作用会破坏混凝土表面结构。风雨冲刷会使混凝土表面水泥浆流失，骨料外露；冻融循环会使混凝土内部孔隙水结冰膨胀，产生应力，反复作用导致混凝土剥落、开裂。地质条件影响基础稳定性。软弱地基会产生不均匀沉降，使上部结构承受附加应力，引发裂缝；地下水位变化会改变土体应力状态，影响基础与混凝土结构稳定性，导致裂缝产生^[2]。

1.4 施工操作因素

操作流程不标准是常见问题。施工人员未按规定流

程操作,如混凝土浇筑前未对模板湿润,会影响混凝土与模板间粘结;振捣顺序混乱,会使混凝土振捣不均匀,留下质量隐患。施工人员操作失误也时有发生。如振捣棒插入深度与间距控制不当,影响振捣效果;浇筑过程中随意加水,改变混凝土水灰比,降低强度与抗裂性。关键工序操作管控不足危害较大。对混凝土浇筑、振捣、养护等关键工序,若缺乏有效监督与管理,施工人员可能敷衍了事,导致混凝土质量不达标,增加裂缝产生风险。

2 水利工程建筑施工裂缝的材料及施工工艺预防措施

2.1 材料环节预防措施

原材料质量把控需贯穿采购、检验、使用全流程。水泥进场前应核查强度等级与凝结时间,避免使用安定性不合格产品;骨料需严格检测粒径分布与含泥量,杜绝风化颗粒混入;外加剂应通过适配性试验确定最佳掺量,防止与水泥发生不良反应。材料配合比优化需结合工程特性,通过正交试验确定水胶比临界值,掺入适量粉煤灰或矿渣粉改善工作性能,添加纤维材料增强抗裂能力。材料存储与保管应建立分区管理制度,水泥库房保持干燥通风,骨料堆场设置排水坡度,外加剂分类存放并标注有效期。材料加工工艺标准化需明确搅拌参数,采用二次投料法提升混合均匀性,控制搅拌时间避免离析,运输过程保持罐体低速旋转防止沉淀。

2.2 施工工艺预防措施

模板施工质量控制需关注刚度与平整度,选用符合强度要求的板材,接缝处采用双面胶带密封防止漏浆,支撑体系通过计算确定间距与加固方式。混凝土浇筑工艺优化应分层分段推进,每层厚度控制在30cm以内,采用斜面分层法减少泌水通道,布料机移动轨迹需避开钢筋密集区。振捣作业规范化需确定振点间距与插入深度,快插慢拔保证气泡排出,避免碰撞模板与预埋件,对钢筋密集区采用附着式振捣器辅助。养护工艺完善需制定差异化方案,大体积混凝土采用蓄水养护保持表面湿润,薄壁结构覆盖塑料薄膜减少水分蒸发,养护时间根据强度增长曲线确定^[3]。工序衔接管控应建立交接验收制度,拆模前检测同条件试块强度,表面处理与防水层施工间隔时间需满足技术要求,隐蔽工程验收通过后方可进行下道工序。

3 水利工程建筑施工裂缝的环境及操作预防措施

3.1 环境因素应对措施

温度变化应对需结合工程特性制定差异化策略。高温环境下,混凝土浇筑前对骨料进行喷淋降温,拌合水中添加碎冰降低初始温度,浇筑后立即覆盖土工布并持续洒水养护,避免表面水分快速蒸发引发塑性收缩裂缝;

低温施工时,采用热水拌合提升混凝土入模温度,模板外侧包裹保温棉被减少热量散失,掺入早强型外加剂加速强度增长,延长拆模时间防止冻胀破坏。湿度波动控制应建立动态监测机制,干燥地区配置自动喷雾系统维持养护湿度,潮湿环境加强模板密封性防止水分渗入,养护期间保持湿度稳定在90%以上,避免干湿交替导致体积变化不均。自然环境影响防控需针对具体风险采取防护,大风天气设置防风围挡减少水分蒸发速率,降雨前覆盖防水薄膜防止雨水冲刷表面浆体,冻融循环区域选用抗冻等级F300以上的混凝土材料,优化结构配筋增强抗裂性能。地质条件适配需开展专项勘察,软土地基采用换填级配碎石或水泥搅拌桩加固,岩溶发育区通过注浆填充溶洞消除不均匀沉降隐患,边坡工程设置截水沟与排水盲管降低水压力影响,基础施工时预留沉降观测点定期监测变形数据。

3.2 施工操作管控措施

操作流程标准化制定需融合技术规范与工程经验,编制可视化作业指导书明确各环节参数控制范围,设置关键质量控制点并制定检验标准,通过三级交底制度确保操作人员理解执行要点。施工人员操作培训应分层分类实施,技术负责人讲解工艺原理与质量通病防治方法,班组长现场示范规范操作动作,新入职人员需通过实操考核方可独立作业,定期组织技能竞赛强化质量意识。操作过程监督需建立“班组自检+质检员专检+监理抽检”三级检查机制,班组每日开展工序自查并记录关键数据,质检员对模板安装、混凝土浇筑等关键环节进行全过程旁站监督,监理单位通过平行检验验证施工质量,对违规操作立即叫停整改并追溯责任主体。通过信息化手段提升管控效能,在关键工序部位设置智能传感器实时监测温度、湿度等参数,利用BIM模型进行三维可视化交底,通过移动终端上传质量检查记录,实现施工过程可追溯、质量责任可认定。

4 水利工程建筑施工全过程及不同类型建筑物裂缝预防

4.1 施工全过程预防管控

4.1.1 施工前期预防规划与方案设计

施工前期需开展系统性预防规划,结合工程地质条件、气候特征及结构形式,制定针对性裂缝防控方案^[4]。设计阶段应优化结构布局,避免应力集中区域,合理设置伸缩缝与沉降缝,对大体积混凝土结构进行温度应力计算,确定抗裂钢筋配置参数。材料选型需通过适配性试验,验证水泥品种、外加剂掺量与骨料级配的相容性,建立材料性能数据库为施工提供依据。施工组织设计应明

明确关键工序质量控制要点,制定温度控制、养护周期等专项措施,编制裂缝防控应急预案,预留处理时间与资源。

4.1.2 施工过程实时监测与动态调整

建立全流程监测体系,对混凝土浇筑温度、养护湿度、结构变形等参数实施动态跟踪。大体积混凝土内部埋设温度传感器,实时传输数据至监控平台,当内外温差超过25℃时自动触发预警,指导采取循环水管降温或表面保温措施。结构变形监测采用全站仪与测缝计组合方式,定期记录裂缝发展情况,对宽度超过0.2mm的裂缝立即标记并分析成因。根据监测结果动态调整施工参数,高温时段调整浇筑时间至早晚低温区间,雨季加强排水系统维护,发现异常沉降时暂停施工并启动地基加固方案。

4.1.3 施工后期收尾排查与养护巩固

施工后期开展全面裂缝排查,采用人工巡检与无人机航拍相结合方式,对隐蔽部位进行重点检查,建立裂缝位置、宽度及走向台账。对活动性裂缝进行压力灌浆处理,选用环氧树脂或水泥基材料填充密实,非结构性裂缝采用表面封闭法处理。养护工作需持续至结构达到设计强度,挡水建筑物养护期不少于90天,期间保持表面湿润并控制湿度梯度。交付使用前组织专项验收,核查裂缝处理记录与监测数据,对存在质量隐患的部位责令返工整改。

4.2 不同类型水利工程建筑裂缝预防重点

4.2.1 挡水建筑物裂缝预防

重力坝等挡水结构需重点控制基础约束应力,通过预冷骨料、分层浇筑等措施降低混凝土水化热,基础约束区混凝土强度等级较上部降低5MPa以减少温度梯度。土石坝防渗体施工时严格控制含水量,采用振动凸块碾压实,接缝面涂抹沥青玛蹄脂增强整体性,面板混凝土添加聚丙烯纤维提升抗裂性能。

4.2.2 输水建筑物裂缝预防

输水隧洞衬砌混凝土需优化配合比设计,掺入粉煤灰与减水剂改善工作性能,采用带模养护方式保持湿度稳定。倒虹吸管身段设置滑动支座释放温度应力,管道

接口采用橡胶止水带密封,冬季施工时包裹保温棉被防止冻胀破坏。

4.2.3 泄水建筑物裂缝预防

溢洪道等泄水结构需强化抗冲磨设计,表面铺设抗冲磨混凝土或安装耐磨钢板,溢流面设置横向排水孔降低扬压力^[5]。消力池底板采用预应力锚索加固,分块浇筑时设置键槽与止水带,空蚀区域增设抗气蚀涂层。

4.2.4 基础建筑物裂缝预防

深基础施工时采用跳仓法浇筑减少收缩应力,桩基施工控制沉渣厚度与垂直度,避免不均匀沉降引发上部结构开裂。地基处理区域设置沉降观测点,定期分析变形数据,对差异沉降超过规范要求的部位进行注浆加固。

结束语

水利工程建筑施工裂缝防控是一项系统工程,需从材料、施工工艺、环境及操作等多维度综合施策。通过严格把控材料质量、优化施工工艺、积极应对环境变化及强化施工操作管控,可有效降低裂缝产生几率。同时,结合工程特点,针对不同类型建筑物制定专项裂缝预防方案,加强施工全过程监测与动态调整,能够进一步提升裂缝防控效果。只有全面落实各项预防措施,才能切实保障水利工程建筑质量,为水利事业发展筑牢根基。

参考文献

- [1] 聂宇晨,于普.水利工程施工中水工建筑物混凝土结构裂缝成因及预防措施浅析[J].建筑工程技术与设计,2021(13):1769.
- [2] 房广云.水利工程施工混凝土裂缝的产生原因及防治措施[J].水上安全,2023(13):188-190.
- [3] 张安国.水利工程建筑施工裂缝原因及预防措施研究[J].现代装饰,2025(21):238-240.
- [4] 袁邦陆.水利工程施工中控制混凝土裂缝技术分析[J].价值工程,2025,44(25):81-84.
- [5] 颜艳平.关于水利工程建筑施工裂缝原因及预防措施分析[J].百科论坛电子杂志,2021(13):2123.