

Research on the Causes and Control Strategies of Concrete Cracks

Wuyilang Zhang Xiaohua Wu*

1. Rugao Water Conservancy Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226500, China
2. Rugao Municipal Water Conservancy Hub Management Center, Nantong, Jiangsu, 226500, China

Abstract

Concrete cracking is one of the common problems in construction engineering, which seriously affects the safety and durability of structures. This article combines specific engineering examples to systematically analyze the causes of concrete cracks from five dimensions: design, materials, mix proportion, construction and maintenance, and use. Targeted control measures such as design optimization, material selection, mix proportion adjustment, and construction management are proposed. Research has shown that through the coordinated implementation of multiple links and the implementation of comprehensive control strategies, the occurrence rate of concrete cracks can be effectively reduced, providing reliable references for the prevention and control of concrete cracks in engineering practice and having important significance for ensuring engineering quality.

Keywords

concrete cracks; Cause analysis; Control measures; engineering application

混凝土裂缝成因与控制策略研究

张武一郎 吴小华*

1. 如皋市水利建筑安装工程有限公司, 中国·江苏 南通 226500
2. 如皋市水利枢纽管理中心, 中国·江苏 南通 226500

摘 要

混凝土裂缝是建筑工程中常见的问题之一, 这一现象的产生严重影响结构的安全性与耐久性。本文结合具体工程实例, 从设计、材料、配合比、施工养护及使用五个维度, 系统地分析混凝土裂缝的成因, 针对性地提出设计优化、材料优选、配合比调整、施工管控等一系列控制措施。研究表明, 通过多环节协同落实以及综合控制策略的实施, 可有效降低混凝土裂缝的发生率, 为工程实践中混凝土裂缝的防治提供可靠参考, 对保障工程质量具有重要意义。

关键词

混凝土裂缝; 成因分析; 控制措施; 工程应用

1 引言

在建筑工程中, 混凝土因抗压强度高、可塑性强、成本较低而广泛应用, 但其裂缝问题普遍存在, 据统计, 多数混凝土结构在施工或服役初期会出现不同程度裂缝。这些裂缝不仅破坏外观, 还削弱结构密实性, 使水分、腐蚀性介质侵入, 加速钢筋锈蚀与混凝土劣化, 降低结构承载能力和耐久性, 缩短工程寿命。如皋多座涵闸除险加固工程中, 裂缝问题尤为突出。涵闸作为水利关键构筑物, 长期受水压力、

温度变化、地基沉降等作用, 裂缝易引发渗漏、结构损坏。本文结合该工程实际, 梳理裂缝成因并提出控制策略, 为同类工程提供支撑与指导。

2 混凝土裂缝成因分析

混凝土裂缝是设计、材料、配合比、施工养护及使用等因素共同作用的结果, 不同成因导致的裂缝在形态、分布及危害程度上存在差异, 明确具体成因是采取有效控制措施的前提。

2.1 设计原因

混凝土结构裂缝多源于设计疏漏, 结合如皋涵闸工程案例, 核心成因如下:

应力集中: 构件尺寸突变、转角无过渡致局部应力集中, 超混凝土抗拉强度引发裂缝, 如闸室构件因断面过渡不合理出现该类裂缝;

【作者简介】张武一郎(1988-), 男, 中国江苏南通人, 本科, 工程师, 从事工程施工、工程技术管理等水利相关工作研究。

【通讯作者】吴小华(1978-), 男, 江苏南通人, 汉族, 本科, 工程师, 从事水利工程生产运行管理方面的研究。

预应力不当：预应力位置偏心、应力值失衡破坏内部平衡，涵闸启闭机房预应力梁因设计偏心，施工后出现纵向裂缝；

构造钢筋不合理：构造钢筋不足或过粗，降低对混凝土收缩的约束，涵闸部分墙板因钢筋不足，表面现细小收缩裂缝；

收缩变形考虑不足：混凝土硬化收缩时，未设伸缩缝、后浇带，约束产生内应力超抗拉强度致裂；

混凝土等级过高：盲目选高等级增水泥用量，提升水化热与收缩量，增加裂缝风险。

2.2 材料原因

原材料质量直接影响混凝土性能，材料问题会显著增加裂缝概率，结合如皋涵闸案例进行分析，总结原因如下：

集料含泥量与级配问题：集料含泥量高吸附水分、级配不良(如间断级配)增空隙，均需更多水泥浆，加收缩诱裂，涵闸初期部分集料含泥量超标致表面收缩裂缝；

骨料粒径与形态影响：骨料粒径小、比表面积大，或针片状含量高，会增水泥用量、降密实性，加大收缩与裂缝可能；

外加剂与掺和料不当：外加剂类型/掺量错、掺和料质量/掺量不合理，影响混凝土稳定性，如某批次因外加剂掺量高现异常收缩裂缝；

水泥品种与等级影响：矿渣硅酸盐水泥收缩大于普通硅酸盐水泥，涵闸用前者的构件裂缝率更高；水泥等级高、细度细，或混凝土强度等级高，水化热大、脆性强，更易开裂。

2.3 混凝土配合比设计原因

混凝土配合比不合理会直接降低抗裂性，其中存在的重要问题如下：

水泥选用不当：未依工程特点选水泥，如大体积混凝土用快硬高等级水泥，易因水化热高引发温度裂缝；

水灰比过大：降低密实性与强度，增收缩量，且施工中部分班组擅自调大，致质量下降开裂；单方水泥/用水量高：前者水化热与收缩大，后者降强度增干燥收缩，均提裂缝概率；砂率与和易性失衡：砂率不当、水灰比不合理，致混凝土离析、泌水，增收缩引发裂缝；

膨胀剂掺量错：过少难补偿收缩，过多致混凝土膨胀过大，产生膨胀裂缝。

2.4 施工及现场养护原因

施工过程与现场养护是裂缝产生的关键环节，操作不当或养护缺失会直接诱发裂缝，问题总结如下：

振捣质量不佳：振捣棒插入不当、漏振、过振或抽撤过快，影响混凝土密实性与均匀性。漏振致局部密实度不足、强度降低，过振使集料下沉、水泥浆上浮形成分层，均易引发裂缝，涵闸部分构件因振捣不规范出现蜂窝、麻面及伴随裂缝；恶劣环境下浇筑：高空浇筑时风速大、烈日暴晒，加速表面水分蒸发，造成内外收缩不均，产生表面收缩裂缝；大体积混凝土未二次抹面：浇筑后表面因水分蒸发产生塑性收缩，未二次抹面无法消除早期微裂缝，后续易扩展为宏

观裂缝；温度控制不到位：大体积混凝土水化热计算不准、降温及保温措施不足，致内部温度过高或内外温差过大，产生温度应力，超抗拉强度时引发深度甚至贯穿性裂缝，涵闸部分大体积混凝土底板因此出现多条温度裂缝；养护措施缺失：浇筑后未及时覆盖、浇水养护，导致早期脱水、表面水分快速散失，产生收缩裂缝；养护时间不足也会影响强度与抗裂性能；模板拆除不当：拆模过早(强度未达标)，构件无法承受荷载易生拆模裂缝；拆模顺序、操作不合理，致构件受力不均引发裂缝；预应力张拉不当：现场超张、张拉位置偏心，使构件内部应力分布不均，超抗拉强度引发张拉裂缝。

2.5 使用原因(外界因素)

混凝土结构服役期受外界因素影响易生裂缝，结合案例总结如下：

基础不均匀沉降：地质差异、地基处理不当致基础沉降不均，构件产生附加应力超抗拉强度，多为斜向/竖向贯通裂缝，如皋部分涵闸因长期使用基础沉降，闸室构件出现此类裂缝；使用荷载超负：实际荷载超设计值，构件内力增大，如涵闸启闭设备长期超载，承重构件出现弯曲裂缝；野蛮装修改造：拆承重墙、凿洞等破坏受力体系，局部应力集中引发裂缝，危及结构安全；周围环境侵蚀：长期处于酸、碱、盐环境，介质侵入与水泥石反应，致强度降、体积变，水利涵闸因水质腐蚀易生侵蚀裂缝；意外事件影响：火灾高温使混凝土脱水、强度降，产生温度裂缝；轻度地震致构件受冲击，产生振动裂缝，均影响结构安全。

3 混凝土裂缝控制措施

针对上述裂缝成因，需从设计、材料选择与配合比设计、现场操作等多环节入手，采取综合控制措施，降低裂缝发生率，保障混凝土结构质量。

3.1 设计方面控制措施

设计是预防混凝土裂缝的源头，需通过优化方案提高结构抗裂性能：

避免应力集中，优化结构断面：设计尽量规避断面突变，无法避免时增设加强筋、设过渡圆弧。如皋涵闸后续对闸室构件突变部位加加强筋，大幅降低应力集中裂缝率；

推广补偿收缩混凝土技术：掺膨胀剂以膨胀效应补偿收缩，减少收缩裂缝，需依工程特点选膨胀剂类型与掺量，实践抗裂效果显著；

重视构造钢筋配置：充分发挥构造钢筋抗裂作用，尤其楼面、墙板等薄壁构件，按尺寸、受力与收缩特性选合适直径和数量，增强收缩约束；

优化混凝土强度等级与龄期：大体积混凝土用 60 天龄期强度设计，可比 28 天龄期少单方用灰量，降水化热与收缩；同时掺有效掺和料，改善性能提抗裂力。

3.2 材料选择和混凝土配合比设计方面控制措施

原材料质量与配合比设计直接决定混凝土性能，需严格把控：

合理选择水泥：依结构要求、环境及施工条件选水泥，避免用早期强度高、水化热大的品种。如大体积混凝土宜用低热矿渣硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥以降水温化热；对早期强度要求低的构件，可选粉煤灰水泥减少收缩。

优选集料：选级配优良的砂、石，严控含泥量达标。粗集料用连续级配，细集料用中砂，提升混凝土密实性、减少收缩。如皋涵闸后续施工选用此类集料，裂缝发生率显著降低。

科学选用外加剂与掺和料：二者可改善混凝土性能，掺和料能降水泥用量、减水化热，外加剂可优化和易性、调凝结时间、提抗裂性。设计配合比时，需按工程需求选类型，通过试验定最佳掺量。

精准控制膨胀剂掺量：补偿收缩混凝土中，需考量膨胀剂品种与掺量的膨胀效果，经大量试验确定最佳值，确保有效补偿收缩且不因膨胀过大生裂缝。

动态调整配合比：设计人员深入现场，结合浇捣工艺、操作水平、构件截面选合适坍落度；依砂、石质量变化及时调施工配合比，保证混凝土性能稳定，同时协助做好养护，助力强度发展与抗裂性能提升。

3.3 现场操作方面控制措施

现场施工操作是控制混凝土裂缝的关键，需规范流程、强化质量管控：

规范混凝土浇捣：浇捣时振捣棒应快插慢拔，根据混凝土坍落度掌握振捣时间，避免过振或漏振。提倡采用二次振捣、二次抹面技术，二次振捣可排除内部水分和气泡，提高密实性；二次抹面可消除表面早期微裂缝，减少收缩裂缝。如皋涵闸工程后续施工中，全面推行该技术，混凝土表面裂缝明显减少。

加强混凝土养护：混凝土早期养护对预防裂缝至关重要。浇筑完成后，应及时采取覆盖、浇水等养护措施，保证混凝土早期少产生收缩。养护时间根据混凝土类型和环境条件确定，一般为14-28天；大体积混凝土有条件时宜采用蓄水或流水养护，通过水的热传导作用控制内外温差，减少温度裂缝。

做好温度控制：厚大体积混凝土施工前，需准确计算水泥水化热，制定合理温度控制方案。施工中可采取埋设散热孔、通水排热等降温措施，避免水化热高峰集中，降低内部最高温度；浇捣成型后，及时采取蓄水、覆盖薄膜、湿麻袋等保温措施，防止内外温差过大引发温度裂缝。

避开恶劣天气浇筑：避免在雨中或大风中浇灌混凝土。雨天浇筑会增加用水量，降低混凝土强度；大风天气会加速表面水分蒸发，产生收缩裂缝。若遇恶劣天气，应暂停浇筑，待天气好转后继续，并对已浇筑混凝土做好防护。

及时回填地下结构：地下结构混凝土强度达设计要求后，尽早进行回填土施工。回填土可对混凝土结构起到约束作用，减少收缩变形，有利于减少裂缝产生。

控制夏季浇筑温度：夏季气温高，混凝土入模温度和

内部温度易升高，增加温度裂缝风险。施工中应控制浇捣温度，采用低温入模、低温养护措施，必要时用冰块降低骨料、拌合水温度，从而降低入模温度，减少温度裂缝。

4 工程实践应用效果

以如皋境内某涵闸除险加固工程为例，该工程初期施工因未重视混凝土裂缝控制，部分闸室底板、闸墩等构件出现不同程度收缩裂缝和温度裂缝，影响工程质量与结构安全。针对这一问题，工程团队结合前文裂缝成因分析与控制措施，对后续施工进行全面优化：

设计上，闸室构件断面突变部位增设加强筋，混凝土强度以60天龄期值为设计依据，大体积混凝土推广补偿收缩混凝土技术。材料选择上，选用级配优良、含泥量达标的集料，优先用普通硅酸盐水泥，掺适量粉煤灰掺和料与缓凝型外加剂。配合比设计中，优化水灰比与单方水泥用量，通过试验确定膨胀剂最佳掺量。现场操作时，规范振捣工艺，推行二次振捣与二次抹面，加强早期养护，大体积混凝土埋设冷却水管并覆盖保温控温。实施后，涵闸后续施工的混凝土构件裂缝发生率大幅降低，仅出现少量宽度 $< 0.1\text{mm}$ 的表面微裂缝，且后期养护可自行闭合。工程完工运行监测显示，无新裂缝产生，结构性能稳定，满足设计与使用要求，印证了针对性综合控制措施能有效解决混凝土裂缝问题、保障工程质量。

5 结语

随着建筑行业发展与技术创新，混凝土裂缝控制技术将不断进步。未来可从三方面深入研究与实践：一是加强自修复混凝土、纤维增强混凝土等新型抗裂混凝土材料的研发与应用，通过提升材料性能从根本上提高混凝土抗裂能力；二是引入智能化监测技术，在混凝土结构中植入传感器，实时监测内部温度、应力、应变等参数，及时预警裂缝风险，实现动态控制与管理；三是推动建筑信息模型（BIM）技术在混凝土裂缝控制中的应用，通过BIM模型模拟优化混凝土浇筑、养护等施工过程，提前发现潜在裂缝风险，制定更科学合理的施工方案。通过持续技术创新与实践探索，混凝土裂缝问题将得到更有效解决，为建筑工程质量提升和行业可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] GB 50496-2018, 大体积混凝土施工规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2018.
- [2] 王立杰，混凝土施工中裂缝成因及控制措施研究[J].城市开发，2025 (08) : 141-143
- [3] 李世昌，翟伟，陈东，陈秋香，田晓阳，超长环形混凝土结构温度控制对混凝土裂缝影响的分析[J].建筑技术，2022 ,53 (07) : 861-864.
- [4] 张鲁妹，农田水利工程混凝土裂缝原因及处理措施分析[J].农业开发与装备，2021 (06): 85-86.