

Analysis of the Treatment Technology of Corrosion Cracks in Reinforced Concrete Structures

Xiang Guo

Zhongye Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract

With economic development, construction engineering has experienced rapid growth. Reinforced concrete (RC) has become widely adopted in modern construction projects due to its versatile material sources, cost-effectiveness, high compressive strength, adaptability in formwork and dimensions, excellent fire resistance, resistance to weathering, simple curing process, and low maintenance costs. However, during service, RC structures may develop corrosion cracks caused by environmental factors and load effects, which can reduce structural load-bearing capacity and shorten service life. Based on practical engineering experience, this paper explores the significance and application of corrosion crack treatment technologies for RC structures, aiming to provide valuable references for industry professionals.

Keywords

Reinforced concrete structure; Corrosion crack; Treatment technology

钢筋混凝土结构腐蚀裂缝处理技术分析

郭翔

中冶京诚工程技术有限公司, 中国 · 北京 100176

摘 要

随着经济发展, 建筑工程的发展越来越迅速, 而钢筋混凝土由于取材广泛, 价格较低, 且具有较高的抗压强度, 浇筑形状、尺寸多变, 材料的耐火性较好, 不易被风化, 养护简单、费用低, 而被广泛应用于现代建设工程中。钢筋混凝土结构在服役过程中, 由于环境介质、荷载作用等因素影响而产生腐蚀裂缝, 会减弱结构的承载能力, 缩短结构的使用寿命。基于此, 本文结合实际工程经验, 对钢筋混凝土结构腐蚀裂缝处理技术应用意义及实际应用展开探讨与分析, 以期同行业工作者提供一些参考。

关键词

钢筋混凝土结构; 腐蚀裂缝; 处理技术

1 引言

近年来, 人们对住房数量和品质的要求不断提高, 建筑行业蓬勃发展。但在行业高速发展的同时, 工程质量问题接连不断, 钢筋混凝土裂缝是最常见的问题之一。腐蚀裂缝作为典型病害, 大多由氯盐侵蚀、碳化作用、冻融循环等造成, 逐渐破坏钢筋与混凝土的协同工作性能, 引起结构安全隐患。因此, 如何依靠有效的技术手段中断腐蚀链条、修复钢筋混凝土结构功能, 成为建筑行业高质量发展进程中迫切需要解决的关键问题。

2 钢筋混凝土结构腐蚀裂缝处理技术应用意义

2.1 保障结构承载安全

钢筋混凝土结构的承载能力需要依靠钢筋和混凝土的共同受力, 一旦出现腐蚀裂缝就会打破这种平衡。裂缝成为水及腐蚀介质渗入的通道, 钢筋锈蚀膨胀, 裂缝变大, 混凝土被挤压, 出现混凝土剥落, 钢筋截面减少的现象, 使结构抗拉、抗压能力减弱。处理技术可以封闭裂缝、修复腐蚀部位, 阻止介质不断侵入, 恢复钢筋和混凝土的协同工作状态, 防止结构承载能力下降造成的坍塌、变形等安全事故^[1]。

2.2 延长结构服役寿命

钢筋混凝土结构设计使用年限一般为 50 ~ 100 年, 腐蚀裂缝是影响使用寿命的主要因素。未处理的腐蚀裂缝会形成一个由裂缝扩大、腐蚀加剧和性能衰减组成的恶性循环, 部分构筑物由于腐蚀病害提前 20 年进入大修或者拆除阶段。合理地使用和处理技术可以切断腐蚀链条, 修复结构损伤处, 保持结构基本性能的稳定。

【作者简介】郭翔(1986—), 男, 河北沧州献县人, 本科, 工程师, 从事混凝土结构研究。

2.3 降低工程综合成本

腐蚀裂缝的处理费用和病害发展程度成正比，早期轻微裂缝的处理费用只有后期大修费用的十分之一。如果不进行初期裂缝的治理，当病害发展到一定程度时，就要花费大量的资金去对结构进行加固、更换构件，严重时还会造成构筑物报废重建，还会产生停工损失、交通管制费用等附加费用^[1]。及时运用处理技术可以将病害控制在初期，减少以后维修所需要花费的成本，增加结构的寿命，从而提高工程的投资回报率。

3 钢筋混凝土结构腐蚀裂缝处理技术应用

3.1 钢筋混凝土结构表面处理

表面处理是腐蚀裂缝处理的基础工序，主要作用是去除表面附着物和腐蚀产物，为后续处理创造干净的界面，同时封闭表层细小裂缝，阻断介质渗透。此项技术适用于宽度小于等于 0.2mm 的细小裂缝以及网状裂纹，使用时应根据裂缝的性质和使用环境来选用工艺。首先进行表面清理，运用角磨机、钢丝刷清除裂缝两侧的浮灰、油污、疏松混凝土和钢筋锈蚀产物，清理范围应延伸到裂缝边缘 30mm 以外，必要时用高压水枪冲洗，保证界面没有杂质残留。锈蚀钢筋应打磨至金属光泽，并保证锈蚀层厚度不应大于 0.5mm，防止残留腐蚀介质继续破坏^[3]。

清理完毕后进行封闭处理，根据环境要求选择合适的材料。室内干燥环境可采用改性环氧树脂封闭胶，涂刷厚度控制在 1.5mm ~ 2mm，保证胶液充分渗透裂缝；潮湿环境或者露天结构优先采用聚氨酯防水涂料，单组分施工特性适合复杂工况，每公斤可涂刷 2 ~ 3 平米，这类材料具备良好的耐候性。化工、沿海等腐蚀环境需要涂刷环氧玻璃鳞片涂料，该材料耐酸碱、耐盐雾性能好，涂刷后能形成致密的防护层，阻止氯盐、酸雨等介质的侵蚀。表面处理应控制施工温度，适宜温度范围为 5℃ -35℃，避开雨雪、大风天气，保证材料粘结牢固，封闭效果达到要求^[4]。

3.2 填充与灌浆

填充和灌浆技术可以用于宽度在 0.1mm 至 5mm 之间的静止裂缝、贯穿裂缝，其主要作用就是通过压力，将修补材料压入裂缝内，达到对裂缝的填充以及加固的作用。根据裂缝宽度、深度选择材料、工艺，保证材料流动性、粘结强度、结构匹配。裂缝宽度 0.1mm ~ 1.5mm 时采用注射法，用低黏度改性环氧树脂灌缝胶，高渗透性可深入裂缝细微缝隙，28 天抗拉强度不小于 30MPa，钢筋握裹强度不小于 13MPa。施工时每隔 20cm 至 30cm 处设一个注浆嘴，选用封缝膏封住裂缝表面，用低压注射将胶液注入，直到相邻注浆嘴有胶液溢出为止，静置 24 小时后拆除注浆嘴并处理表面^[5]。

裂缝宽度大于 1.5mm 或者为贯穿裂缝时，采用压力注浆法，选用 HL-40A 结构加固灌浆料，该材料含高强度

泥和复合外加剂，初始流动度可达 260mm 以上，30 分钟流动度保持 230mm 以上，可以充分填充裂缝腔^[6]。其 1 天抗压强度 $\geq 22\text{MPa}$ ，3 天抗压强度 $\geq 40\text{MPa}$ ，28 天抗压强度 $\geq 70\text{MPa}$ ，有微膨胀性，竖向膨胀率 24 小时不小于 0.02%，可补偿收缩防止二次裂缝。注浆压力控制在 0.3MPa 到 0.8MPa 之间，施工温度为 0℃ 到 40℃，灌浆料用量为 2100kg/m^3 ，灌浆完成后养护 7 天以上，保证材料充分固化。

3.3 结构加固

结构加固技术用于裂缝导致的结构承载力下降、钢筋锈蚀严重的场合，主要是通过附加结构来提高构件的受力性能，使结构的承载能力得到恢复^[7]。常用的加固技术有碳纤维布加固和粘钢加固，应根据结构类型和病害程度来选择。碳纤维布加固具有质轻高强、施工方便的优点，选用冀研 TJS- I 级碳纤维布，其抗拉强度达到 3532MPa，受拉弹性模量为 $2.46 \times 10^5\text{MPa}$ ，单层厚度为 0.15mm 至 0.2mm，粘贴后基本不增加构件的截面自重。施工时先打磨混凝土表面至平整，涂刷底胶增强粘结力，再铺贴碳纤维布并涂刷浸渍胶，保证布材和混凝土紧密贴合，搭接长度不小于 100mm。

粘钢加固主要用来加固荷载较大的梁、柱构件，采用 5mm ~ 10mm 厚钢板，与混凝土的粘结强度不小于 2.5MPa，通过焊接、螺栓固定在结构上，使构件抗压、抗弯能力得到提高。对于腐蚀严重的钢筋混凝土柱，可以采用外包钢加固，将钢板包在柱体上并灌水泥基灌浆料，灌浆料 28 天抗压强度不低于 60MPa，保证钢板和柱体共同受力^[8]。此外，加固后构件承载力应经检测验证，满足设计要求后方可投入使用。

3.4 钢筋混凝土结构修复

结构修复技术主要针对由裂缝引起的混凝土剥落、钢筋锈蚀、构件损坏等病害，核心是恢复构件原有的形态和性能，分为局部修复和整体修复两种^[9]。局部修复适合于病害范围较小的构件，剔除疏松、腐蚀的混凝土，剔除深度不小于 20mm，暴露出锈蚀钢筋并打磨除锈，更换截面损耗大于 10% 的钢筋，新钢筋直径不小于原钢筋规格，运用绑扎或焊接方式与原有钢筋连接。修复部位用聚合物修补砂浆填充，聚合物修补砂浆抗压强度 $\geq 45\text{MPa}$ ，28 天抗折强度 $\geq 10\text{MPa}$ ，拉伸粘结强度浸水后不小于 1.5MPa，具有抗冻、抗渗性能，适用于各种环境。

整体修复大多用于病害范围较广，具有多处构件损坏的建筑。首先应全面做好鉴定工作，确定修复的范围及方案。对贯穿裂缝造成的楼板、墙体漏水，采用高压注浆与防水卷材复合修复。注浆材料选用 CGM-300 灌浆料，初始流动度大于等于 290mm，28 天抗压强度大于等于 60MPa。注浆完成后铺上防水卷材，形成双重防护。修复后需要养护 14 天以上，环境温度低于 5℃ 时要采取保温措施，使修复材料与原有结构融合紧密。修复过的构件应实施承载力检测，性能合格后方可投入使用。

4 钢筋混凝土结构腐蚀裂缝处理技术应用策略

4.1 结合裂缝特征，适配处理技术

对裂缝的类型、宽度、深度以及原因做准确地判定，防止因为技术选择错误而造成修复无效。细微表面裂缝采用表面封闭法，选用适合环境的涂料和胶液；中等宽度裂缝采用注射法灌浆，保证材料渗透；宽裂缝和贯穿裂缝采用压力注浆和结构加固相结合的方法，提高修复强度。同时需要区分静止裂缝和活动裂缝，活动裂缝先消除成因，选用柔性材料完成修补；尚在发展的裂缝待稳定后再处理。诊断时可以使用裂缝宽度仪、超声波检测仪来获得裂缝参数，为技术的选择提供依据^[10]。

4.2 严控材料质量，规范施工流程

材料质量直接关系到修复效果，选用符合现行规范的产品，在进场前检查其性能指标及检测报告。灌浆料、灌缝胶应符合《地面用水泥自流平砂浆》(JC/T985-2005)、《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》(GB50728)等标准，碳纤维布、钢板等加固材料必须具备质量合格证。施工时严格按照工艺要求进行，控制清理范围、材料用量、注浆压力等主要参数，防止因操作不当造成二次病害。施工完成后按规范进行养护、检测，通过外观检查、强度检测来验证修复效果，不合格部位及时返工处理，保证每道工序达标。

4.3 强化后期监测，动态管控状态

裂缝修复后需建立长期监测机制，及时了解结构状况，防止病害再次出现。采用裂缝宽度仪定期检测，每季度检测一次，主要检测荷载变化、环境侵蚀后裂缝的变化情况，记录裂缝宽度、长度的变化数据。对沿海、化工等腐蚀环境中结构，增加监测频次，每年进行一次钢筋锈蚀检测和混凝土碳化深度检测。建立监测档案，根据历史数据预判结构性能变化趋势，提前采取防护措施，形成修复、监测、维护的闭环管控，延长结构的服役寿命。

5 结语

现代建筑工程中以混凝土与钢筋混合形成的复合体结构为主，这种结构的腐蚀耐久性状态受到化学性质、混凝土自身损坏等影响。在时间推移下构使用年限大打折扣，对钢筋混凝土结构腐蚀耐久性产生直接影响。实践中，应结合裂缝特征来选取技术、严格控制施工质量、加强后期检测，以提高处理效果和结构稳定性，在保证技术适应性的基础上，兼顾经济性，为建筑工程质量提供保障。

参考文献

- [1] 代积业. 钢筋混凝土结构裂缝预防及修补技术分析 [J]. 产品可靠性报告, 2025, (07): 173-174.
- [2] 邓仰建. 基于钢筋混凝土结构裂缝的形成机理与控制方法 [J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24 (09): 181-183.
- [3] 申云龙, 李忠辉, 王法雁, 等. 钢筋混凝土结构裂缝成因及质量控制措施 [J]. 工程建设与设计, 2024, (20): 136-138.
- [4] 张焘. 浅谈混凝土结构裂缝的检测判断与治理 [J]. 居业, 2024, (03): 233-235.
- [5] 黄强, 王毅, 张友, 等. 浅析钢筋混凝土结构裂缝成因及处理方法 [J]. 建筑安全, 2023, 38 (11): 30-34.
- [6] 陈华鹏, 刘昌雨, 江钰, 等. 钢筋混凝土结构锈蚀开裂模型研究 [J]. 铁道学报, 2023, 45 (10): 180-188.
- [7] 毛文发. 钢筋混凝土结构裂缝的成因及控制研究 [J]. 散装水泥, 2023, (04): 123-125.
- [8] 秦春春. 钢筋混凝土结构裂缝检测与分析研究 [J]. 中华建设, 2023, (02): 152-154.
- [9] 常伟. 锈蚀作用下钢筋混凝土裂缝宽度电腐蚀试验研究 [J]. 四川水泥, 2021, (11): 23-24.
- [10] 黄福卿. 房屋建筑中钢筋混凝土结构裂缝控制 [J]. 江西建材, 2021, (06): 134-135.