

锈蚀钢筋的性能及其对混凝土粘结力的影响鉴定

吝代代

陕西财经职业技术学院, 中国·陕西 咸阳 712099

摘要: 在现代建筑工程中, 钢筋混凝土结构因其优异的力学性能和广泛的应用性, 已成为建筑领域的核心材料之一。然而, 随着时间的推移, 特别是在复杂多变的环境条件下, 混凝土中的钢筋容易受到各种因素的侵蚀, 其中钢筋锈蚀是一个尤为突出的问题。钢筋锈蚀不仅影响钢筋本身的物理和化学性能, 还显著降低了其与混凝土的粘结力, 进而对混凝土结构的整体性能和耐久性产生深远影响。论文旨在探讨锈蚀钢筋的性能及其对混凝土粘结力的影响, 以期对混凝土结构的设计和耐久性评估提供更为全面和科学的依据。

关键词: 锈蚀钢筋; 性能; 混凝土粘结力; 影响

Identification of the Performance of Corroded Steel Bars and Their Impact on the Bond Strength of Concrete

Daidai Lin

Shaanxi Technical College of Finance & Economics, Xianyang, Shaanxi, 712099, China

Abstract: In modern construction engineering, reinforced concrete structures have become one of the core materials in the field of architecture due to their excellent mechanical properties and wide applicability. However, with the passage of time, especially under complex and changing environmental conditions, the steel bars in concrete are easily corroded by various factors, among which steel bar corrosion is a particularly prominent problem. Corrosion of steel bars not only affects the physical and chemical properties of the steel bars themselves, but also significantly reduces their bond strength with concrete, thereby having a profound impact on the overall performance and durability of concrete structures. This paper aims to explore the performance of corroded steel bars and their impact on the bond strength of concrete, in order to provide a more comprehensive and scientific basis for the design and durability evaluation of concrete structures.

Keywords: corroded steel bars; performance; concrete bonding strength; influence

0 前言

在建筑工程领域, 钢筋混凝土结构作为现代建筑的核心骨架, 其安全性和耐久性直接关系到人民生命财产的安全以及社会的稳定发展。然而, 随着时间的推移和环境的侵蚀, 钢筋锈蚀问题逐渐显现, 成为影响钢筋混凝土结构性能的重要因素之一。钢筋锈蚀不仅会导致钢筋截面减小、承载力下降, 更会引起钢筋与混凝土之间粘结力的显著退化, 从而对整个结构的稳定性和耐久性构成严重威胁。因此, 锈蚀钢筋性能及其对混凝土粘结力影响的重要性, 无疑是建筑工程领域一个不容忽视的课题。它不仅仅关乎单一材料性质的探讨, 更是涉及整个结构体系安全性与耐久性的核心议题。深入探究锈蚀钢筋的性能及其对混凝土粘结力的影响, 对于提升结构安全性、延长使用寿命、降低维护成本具有极其重要的意义^[1]。

1 锈蚀钢筋的性能分析

1.1 锈蚀机理

水分子作为导电介质, 为电子的流动搭建了桥梁; 氧气, 则作为阴极反应的催化剂, 促使了腐蚀反应的加速进行。而

氯离子, 以其强大的穿透力, 轻易地突破了混凝土保护层的防线, 直接作用于钢筋表面, 加剧了锈蚀的进程。在这些因素的共同作用下, 钢筋表面开始形成一层层的锈蚀产物。

1.2 锈蚀钢筋的物理性能变化

原本规整的圆柱体, 在锈蚀的作用下变得凹凸不平, 锈斑、锈坑随处可见。这种形状的不规则性不仅影响了钢筋的美观, 更对其力学性能产生了深远的影响。在受力时, 这些锈坑和锈斑容易成为应力集中的区域, 导致钢筋更容易发生断裂或失效。锈蚀带来了钢筋重量的变化。锈蚀过程中, 钢筋本身的金属元素被氧化并流失, 其实际质量是在不断减少的。随着锈蚀的深入, 钢筋的屈服强度、抗拉强度等关键指标均呈现出明显的下降趋势。锈蚀还可能导致钢筋的延伸率降低, 使其在受力过程中更容易发生脆性断裂。

1.3 锈蚀钢筋的化学性能变化

原本纯净的钢铁, 在锈蚀的侵蚀下, 其表面逐渐覆盖了一层复杂的锈蚀产物。这些产物, 主要由铁的氧化物、氢氧化物以及可能存在的盐类组成, 它们的存在不仅改变了钢筋的外观颜色, 更在化学层面上对钢筋产生了深远的影响。随着锈蚀的深入, 钢筋中的铁元素不断被氧化, 释放出电子

并参与到电化学腐蚀的循环中。锈蚀还可能导致钢筋表面保护膜的破坏, 这层保护膜可能变得疏松、多孔甚至完全脱落, 从而失去了对钢筋的保护作用。一旦保护膜被破坏, 钢筋将更容易受到周围环境的侵蚀, 加速其锈蚀进程^[2]。

2 锈蚀钢筋对混凝土粘结力的影响

2.1 粘结力组成

①化学胶着力: 当混凝土中的水泥胶体与钢筋表面接触时, 会发生一系列的化学反应, 形成一层牢固的化学吸附层。这层吸附层如同粘合剂一般, 将钢筋与混凝土紧紧粘在一起。②摩擦力: 当钢筋与混凝土受到外力作用时, 它们之间会产生相对运动的趋势。此时, 混凝土因收缩对钢筋产生的握裹作用, 以及钢筋与混凝土接触面上的粗糙度, 共同构成了摩擦力。在锈蚀钢筋的情况下, 钢筋表面的锈蚀产物可能会增加其粗糙度, 从而在一定程度上提高摩擦力。③机械咬合力: 对于带肋钢筋而言, 其表面的肋纹能够与混凝土形成机械咬合作用。在锈蚀初期, 锈蚀产物可能填充在肋纹之间, 增加机械咬合作用; 但随着锈蚀的加剧, 肋纹的高度和形状可能发生变化, 导致机械咬合力下降。

2.2 锈蚀对粘结力的影响机制

2.2.1 锈蚀初期的微弱增强效应

在锈蚀的初期阶段, 钢筋表面会生成一层疏松的锈蚀产物。这些产物虽然质地松散, 但由于其体积相较于未锈蚀的钢筋有所增大, 因此会在一定程度上填充钢筋与混凝土之间的微小缝隙。这种填充作用会暂时性地增强钢筋与混凝土之间的握裹力, 使得粘结力在初期阶段表现出微弱的增强效应。然而, 这种增强效应是短暂的, 且随着锈蚀的加剧会逐渐消失。

2.2.2 锈蚀产物的体积膨胀与压力作用

当钢筋开始锈蚀时, 其表面会逐渐覆盖上一层由铁的氧化物、氢氧化物等组成的锈蚀产物。这些产物, 与原始的金属铁相比, 具有更大的体积。这种体积的增大, 并非简单的数量叠加, 而是伴随着复杂的化学反应和物质重组。随着锈蚀的深入, 锈蚀产物的体积不断膨胀, 逐渐侵占了原本属于钢筋与混凝土之间的接触空间。锈蚀产物的膨胀, 会对周围的混凝土产生巨大的环向拉应力。当这种拉应力超过混凝土的抗拉强度时, 就会在钢筋与混凝土的界面处产生细微的裂缝。

2.2.3 钢筋表面特性的变化

钢筋在锈蚀过程中, 其表面会逐渐生成一层由铁的氧化物、氢氧化物等组成的锈蚀产物。这些产物以疏松、多孔的形态附着在钢筋表面, 占据了原本钢筋与混凝土之间的接触空间。随着锈蚀的深入, 钢筋表面的平整度会发生显著变化, 不仅影响了钢筋与混凝土之间的接触面积和接触质量, 还可能导致在受力过程中产生应力集中现象, 进一步削弱粘结力。对于带肋钢筋而言, 锈蚀产物可能填充在肋纹之间, 甚至完全覆盖肋纹, 使得肋纹的高度和形状发生变化。这种

破坏作用将直接导致机械咬合力的下降。

2.2.4 混凝土性能的变化

锈蚀过程中产生的酸性物质和离子可能渗透到混凝土中, 与混凝土中的碱性物质发生反应, 导致混凝土的 pH 值降低, 进而破坏其内部的水化产物结构。这种化学反应会削弱混凝土的强度, 使其变得更加脆弱和易碎。锈蚀产物的体积膨胀会对周围的混凝土产生压力, 导致混凝土内部出现微裂缝和孔隙。这些微裂缝和孔隙会成为水分、氧气等有害物质的通道, 进一步加速混凝土的劣化过程。混凝土随着锈蚀的加剧和混凝土性能的持续退化, 还会导致结构的整体耐久性逐渐降低^[3]。

3 影响因素分析

3.1 环境因素

高湿度环境会加速钢筋表面的电化学腐蚀过程, 使得钢筋更易受到锈蚀的侵袭。水分作为电化学腐蚀的介质, 其存在会促进腐蚀产物的生成和体积膨胀, 进而对混凝土产生压力, 导致裂缝产生和粘结力下降; 在氧气存在的情况下, 钢筋表面的铁原子会与氧和水反应, 生成铁的氧化物, 即锈蚀产物。随着锈蚀产物的不断生成和体积膨胀, 混凝土与钢筋之间的粘结力将逐渐减弱; 某些环境中存在着侵蚀性介质, 如氯离子、硫酸盐等。这些介质能够穿透混凝土保护层, 直接作用于钢筋表面, 加速其锈蚀过程; 在高温环境下, 钢筋与混凝土之间的化学反应会加速进行, 导致锈蚀产物生成速度加快。

3.2 材料因素

钢筋的材质直接决定了其抗锈蚀能力和与混凝土的粘结性能。高质量的钢筋具有更好的耐腐蚀性和更高的机械强度, 能够更好地抵抗锈蚀的侵袭并保持与混凝土的稳定粘结; 混凝土中的水泥浆体是粘结力的主要来源之一, 其性能的好坏直接关系到粘结力的强弱; 混凝土的水灰比也是影响粘结力的重要因素。水灰比过大, 会导致混凝土内部孔隙增多, 降低其密实度和强度。而水灰比过小, 则会影响混凝土的工作性能和耐久性; 在混凝土中掺入适量的掺合料和外加剂也可以提高其与钢筋的粘结性能。例如, 掺入适量的粉煤灰、矿渣粉等掺合料可以改善混凝土的工作性能和耐久性。

3.3 结构因素

构件的形状和尺寸会直接影响其内部的应力分布和粘结力的传递。例如, 在钢筋混凝土梁中, 如果梁的截面尺寸过小或形状不合理, 就会导致混凝土内部的应力集中, 使得钢筋与混凝土之间的粘结力更容易受到破坏; 钢筋的布置方式对粘结力有着重要影响。合理的钢筋布置可以优化混凝土的受力性能, 提高结构的整体稳定性; 混凝土保护层厚度对粘结力的影响不可忽视。保护层过薄会使得钢筋容易受到外界环境的侵蚀而加速锈蚀; 而保护层过厚则可能降低结构的经济性^[4]。

4 针对锈蚀问题, 提出有效的防护措施和加固方法

4.1 防护措施

选用耐腐蚀性能强的钢筋, 如不锈钢钢筋或经过特殊防锈处理的钢筋。使用高质量的水泥、骨料和掺合料, 配制出性能优良的混凝土, 以提高其密实度和抗渗性。对钢筋进行彻底的除锈处理, 可采用喷砂除锈、酸洗除锈等方法, 确保钢筋表面干净无锈。在钢筋表面涂刷防锈漆或环氧涂层, 形成一层保护膜, 隔绝水分和氧气。合理设计构件的形状和尺寸, 避免应力集中和裂缝的产生。严格控制混凝土的水灰比和拌合物质量, 确保混凝土的密实度和强度。此外, 在潮湿、多雨或腐蚀性强的环境中, 采取防水、防潮和防腐措施, 如设置防水层等。还需要定期检查和维护结构, 及时发现并处理锈蚀问题。

4.2 加固方法

碳纤维加固法: 适用于外观完好、钢筋锈蚀较少、混凝土保护层尚未开裂的轻度锈蚀构件。将碳纤维布粘贴于处理好的混凝土表面, 通过特定的粘结剂使其与混凝土紧密结合, 形成复合结构, 从而提高结构的整体强度和耐久性; 粘钢加固法: 适用于需要显著提高承载力和刚度的结构构件。在结构构件表面粘贴钢板, 通过粘结剂将钢板与混凝土紧密连接在一起, 共同承担荷载作用^[5]。

5 展望锈蚀钢筋与混凝土粘结性能研究的应用前景

5.1 延长结构使用寿命

未来, 将采取更加精准和高效的措施来对抗锈蚀带来的挑战。通过研发和应用新型抗锈蚀材料、引入智能监测系统等手段, 可以显著降低钢筋锈蚀速率, 从而保持混凝土与钢筋之间良好的粘结状态。锈蚀钢筋与混凝土粘结性能研究还将促进结构加固技术的革新。当结构出现锈蚀导致的性能退化时, 能够依据研究成果, 采用更加科学合理的加固方案, 如碳纤维增强、粘钢加固等, 来恢复或提升结构的承载能力。

5.2 推动绿色建筑发展

通过深入探究锈蚀钢筋与混凝土的粘结性能, 能够开发出更加耐久、抗锈蚀的建筑材料。这些材料不仅能够有效减少因锈蚀导致的结构损伤和维修成本, 还能在全生命周期内降低对环境的负面影响, 符合绿色建筑的核心要求。随着智能监测技术在锈蚀钢筋与混凝土粘结性能研究中的应用, 能够实现对建筑结构的实时监测和预警。这种智能化的管理方式, 不仅能够及时发现并处理锈蚀问题, 避免结构安全隐患的累积, 还能够为绿色建筑的运维管理提供重要数据支持。

5.3 促进技术创新与产业升级

面对材料耐久性的挑战, 直接推动了新型抗锈蚀材料的研发与应用。这些新材料不仅在防腐性能上取得了显著突破, 还往往兼顾了环保、可回收等绿色属性, 为建筑行业的可持续发展开辟了新路径。工程师们开始更加注重结构的长期性能预测与维护策略的制定, 这促使他们不断探索新的设计理念与方法, 如采用更加合理的钢筋布置等。这些创新设计不仅提高了结构的安全性和耐久性, 也为建筑行业的产业升级注入了新的活力^[6]。

6 结语

论文研究发现, 随着钢筋锈蚀程度的加深, 其有效截面积逐渐减小, 屈服强度和极限强度均呈现下降趋势, 这直接导致了钢筋承载能力的降低。锈蚀还显著削弱了钢筋与混凝土之间的粘结力, 使得两者之间的协同工作能力受到严重影响。这种粘结力的退化不仅降低了结构的整体刚度, 还可能引发钢筋与混凝土的剥离现象, 对结构的安全性构成重大威胁。为了应对这一挑战, 必须采取多种可能的解决方案。未来, 随着科学技术的不断进步和研究的持续深入, 相信锈蚀钢筋与混凝土粘结性能的问题将得到更加全面和有效的解决。期待更多的学者和工程师能够加入这一领域的研究中来, 共同推动钢筋混凝土结构耐久性研究的发展, 为构建更加安全、可靠、可持续的建筑工程贡献力量。

参考文献:

- [1] 屈建民, 谭玮, 王云洋, 等. 锈蚀钢筋的性能及其对混凝土粘结力的影响鉴定[J]. 建材技术与应用, 2023(6):36-40.
- [2] 庄彬彬, 萧超雄, 刘强, 等. 不同掺合料混凝土与锈蚀钢筋间粘结-滑移力学性能试验研究[J]. 硅酸盐通报, 2022, 41(8):2767-2773.
- [3] 刘廷滨, 黄滔, 欧嘉祥, 等. 基于ANN和XGB算法的锈蚀钢筋混凝土高温粘结强度预测方法[J]. 工程力学, 2024, 41(Z1):300-309.
- [4] 黄晋, 卢微然, 殷成龙, 等. 锈蚀对钢筋与混凝土之间粘结性能影响研究综述[J]. 材料导报, 2024, 38(Z1):220-231.
- [5] 金浏, 张晓旺, 郭莉, 等. 加载速率对锈蚀钢筋与混凝土粘结性能的影响[J]. 材料导报, 2024, 38(8):150-158.
- [6] 张福祥. 锈蚀钢筋的性能及其对混凝土粘结力影响分析[J]. 新材料·新装饰, 2024, 6(16):12-14.

作者简介: 吝代代(1989-), 女, 中国陕西西安人, 硕士, 讲师, 从事材料耐久性研究。

基金项目: 陕西省教育厅 2023 年度科学研究计划(一般专项)《复盐作用下隧道衬砌混凝土中钢筋锈蚀行为研究》(项目编号: 23JK0298)。