

酸性环境下建筑混凝土力学与耐久性能分析

张新成

中国能源建设集团天津电力建设有限公司, 天津 300000

[摘要]在现代建筑工程中,混凝土作为主要建筑材料之一,在不同环境条件下承受着多种力学和化学作用。然而,特定环境条件下的混凝土性能变化可能对结构的安全性和可靠性产生重大影响,酸性环境便是其中之一。基于此,文章深入分析酸性环境下建筑混凝土的力学与耐久性能,在力学性能方面,发现酸性环境引起混凝土抗压强度和抗折强度的降低,同时导致弹性模量和变形特性的显著变化;在耐久性能方面,酸性环境对混凝土的抗渗性能和抗冻融性能造成不可忽视的影响,主要体现在孔隙结构的演变和水化产物的溶解。并进一步研究讨论了混凝土改性与酸性环境适应性,为建筑工程中酸性环境下混凝土的设计、施工与维护提供了理论依据。

[关键词]酸性环境;混凝土力学;耐久性能

DOI: 10.33142/aem.v6i1.10720

中图分类号: TQ178

文献标识码: A

Analysis of Mechanics and Durability Performance of Building Concrete in Acidic Environment

ZHANG Xincheng

China Energy Engineering Group Tianjin Electric Power Construction Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract: In modern construction engineering, concrete, as one of the main building materials, undergoes various mechanical and chemical reactions under different environmental conditions. However, changes in the performance of concrete under specific environmental conditions may have a significant impact on the safety and reliability of structures, and acidic environment are one of them. Based on this, the article deeply analyzes the mechanical and durability performance of building concrete in acidic environment. In terms of mechanical properties, it is found that acidic environment cause a decrease in compressive and flexural strength of concrete, while also leading to significant changes in elastic modulus and deformation characteristics; In terms of durability, acidic environment have an undeniable impact on the impermeability and freeze-thaw resistance of concrete, mainly reflected in the evolution of pore structure and the dissolution of hydration products. Further research and discussion were conducted on the adaptability of concrete modification to acidic environment, providing a theoretical basis for the design, construction, and maintenance of concrete in acidic environment in construction projects.

Keywords: acidic environment; concrete mechanics; durability performance

引言

在现代建筑工程中,混凝土作为主要建筑材料之一,在不同环境条件下承受着多种力学和化学作用。酸性环境指的是含有酸性物质的介质,如酸雨、工业废气排放和化学废物等,这些物质可能对建筑混凝土产生腐蚀作用,导致其力学性能和耐久性能下降,这对混凝土结构提出了更高的要求。因此,提高混凝土在酸性环境中的适应性具有重要的工程意义。

酸性环境对建筑混凝土的影响是一个复杂的过程,它涉及多种化学、物理和结构层面的相互作用。在酸性环境中,混凝土的基本成分—水泥石与骨料,可能会受到酸性物质的侵蚀,导致水化产物溶解、孔隙结构改变和化学反应的发生,这种腐蚀可能会引起混凝土内部微观结构的破坏,从而影响其整体的力学性能和耐久性能^[1]。基于此,本文通过探讨酸性环境对混凝土力学性能以及耐久性能的影响,并就提高混凝土在此类环境下的适应性进行讨论,为建筑领域提供指导性意见和策略,以确保在酸性环境下

建筑混凝土的安全、可靠及长期使用。

1 酸性环境对混凝土力学性能的影响

1.1 抗压强度的变化

在酸性环境中,混凝土的抗压强度受到多方面因素的影响,主要包括水泥基体的溶解和骨料表面的腐蚀。一方面,酸性介质中的氢离子与混凝土中的水泥基体发生化学反应,导致水化产物(如钙矾石)的溶解,使混凝土内部微观结构发生破坏,减弱了水泥基体的强度,从而降低了整体的抗压强度。另一方面,酸性环境对混凝土中的骨料表面产生腐蚀作用,破坏了骨料与水泥基体的结合,进一步降低了抗压强度。因此,酸性环境引起的抗压强度的变化是混凝土整体力学性能下降的主要原因之一。

1.2 抗折强度的变化

酸性环境对混凝土抗折强度的影响主要表现在两个方面:水泥基体中水化产物的溶解和骨料的腐蚀。酸性介质中的化学反应使水泥基体中的水化产物溶解,减少了混凝土的内聚力,从而导致抗折强度的降低。与此同时,酸

性环境引起的骨料表面的腐蚀会导致混凝土内部微裂纹的扩展,使抗折性能进一步下降。因此,酸性环境不仅降低了混凝土的抗压强度,同时影响了其抗折性能,这对于结构的整体稳定性产生显著的负面影响。

1.3 弹性模量和变形特性的变化

酸性环境对混凝土的弹性模量和变形特性产生显著的影响,主要体现在水化产物的溶解和孔隙结构的演变两个方面。其一,酸性介质导致水泥基体中水化产物的溶解,降低了混凝土的内聚力,使其更易发生变形。其二,酸性环境引起混凝土内部孔隙结构的演变,增加了混凝土的孔隙率,降低了其抗变形能力。以上两方面的影响共同导致混凝土在酸性环境下的弹性模量降低,变形特性发生显著变化,可能表现为更大的变形和较低的弹性模量。因此,在酸性环境中,对混凝土弹性模量和变形特性的深入研究对于结构设计和性能评估至关重要^[2]。

1.4 影响机理的深入分析

水化产物的溶解:酸性环境中,水泥基体中的水化产物溶解是混凝土性能下降的主要原因,使混凝土内部微观结构受损,减弱了水泥基体的强度,从而影响了混凝土的整体力学性能。

骨料腐蚀:酸性介质对骨料的腐蚀降低了骨料与水泥基体的结合力,导致混凝土的整体强度下降。尤其在高压条件下,骨料的腐蚀可能引发混凝土的裂缝,降低了其抗折强度。

孔隙结构的演变:酸性环境导致混凝土内部孔隙结构的演变,增加了混凝土的孔隙率,这种孔隙结构的演变不仅影响了混凝土的力学性能,还加剧了混凝土对外部环境的敏感性,降低了其抗变形能力。

数值模拟的验证与分析:利用数值模拟方法对酸性环境下混凝土力学性能的影响进行验证和分析是深入理解影响机理的有效途径。通过建立基于化学反应、溶解动力学和力学响应的数值模型,模拟混凝土在酸性环境中的变化过程,这有助于更全面、定量地理解酸性环境对混凝土力学性能的影响机理。

2 酸性环境对混凝土耐久性的影响

2.1 抗渗性能的降低

在酸性环境下,混凝土的抗渗性能显著降低,主要是由于酸性介质引起混凝土内部孔隙结构的演变和水泥基体中水化产物的溶解。首先,酸性环境导致水泥基体中的水化产物溶解,使混凝土孔隙结构发生变化,孔隙率增加,这种孔隙结构的变化使得酸性介质更容易渗透到混凝土内部,从而降低了混凝土的抗渗性。其次,酸性环境引起骨料表面的腐蚀,破坏了骨料与水泥基体的结合,增加了混凝土内部的渗透通道;这两个方面的影响共同导致酸性环境下混凝土的抗渗性能下降,增加了混凝土结构受到侵蚀和破坏的风险^[3]。

2.2 抗冻融性能的下降

酸性环境对混凝土抗冻融性能的影响主要体现在两个方面:水化产物的溶解和孔隙结构的演变。第一,酸性介质导致水泥基体中水化产物的溶解,降低了混凝土的内聚力,使其在冻融循环中更容易发生裂缝,这种裂缝不仅降低了混凝土的整体强度,还为水分和酸性物质的渗透提供了通道,加速了冻融过程中的物质侵蚀。第二,酸性环境导致混凝土内部孔隙结构的演变,增加了混凝土的孔隙率。在冻融循环中,这些孔隙可能被冰的形成填充,加剧了混凝土的膨胀和收缩,进而导致裂缝的形成。因此,酸性环境下混凝土抗冻融性能的下降不仅是由于水化产物的溶解,还与孔隙结构的演变密切相关。

2.3 影响机理的深入分析

(1) **水化产物的溶解:**酸性环境中,水泥基体中的水化产物溶解是导致混凝土抗渗性能和抗冻融性能下降的根本原因之一,这种溶解使混凝土内部微观结构疏松化,增加了渗透通道,降低了混凝土的整体抵抗性。

(2) **孔隙结构的演变:**酸性介质引起混凝土内部孔隙结构的演变,增加了混凝土的孔隙率。这使得混凝土在冻融循环中更容易受到物理性和化学性的侵蚀,降低了其抗冻融性能。

(3) **数值模拟的验证与分析:**利用数值模拟方法对酸性环境下混凝土耐久性能的影响进行验证和分析是理解机理的关键途径。通过建立基于物理、化学和力学响应的数值模型,模拟酸性环境下混凝土内部过程的变化,预测混凝土在不同环境条件下的耐久性能,这有助于更准确地评估酸性环境对混凝土耐久性的影响,为工程实践提供指导。

3 混凝土改性及酸性环境适应性

3.1 添加防护性材料

混凝土在酸性环境中容易受到侵蚀,影响其力学性能和耐久性。为了提高混凝土在这样的环境下的适应性,添加防护性材料是一种常见而有效的改性方法。

首先,引入硅酸盐类材料。硅酸盐类材料通过与水泥基体发生化学反应,形成硬质凝胶,填充混凝土内部的微观孔隙,提高了混凝土的致密性,不仅能够降低酸性物质的渗透速率,还能够有效防止酸性侵蚀对混凝土结构的侵害,延长其使用寿命^[4]。其次,添加聚合物。聚合物具有良好的耐酸性和附着性,可以形成一层保护膜,覆盖在混凝土表面,保护膜能够减缓酸性物质对混凝土的侵蚀,同时提高混凝土的弹性模量和抗折性能,使混凝土更加抵抗酸性侵蚀,还提高了结构的整体强度和韧性。最后,选择耐酸性更好的骨料。采用玄武岩等抗酸性较强的骨料,可以有效降低混凝土在酸性环境中的溶蚀速率,从而减缓混凝土结构的老化过程。骨料的优化选择有助于提高混凝土整体的稳定性和耐久性。总的来说,硅酸盐类材料、聚合物以及抗酸性更好的骨料等的引入,能够有效地增强混凝土

土的耐酸性,降低酸性侵蚀对结构的影响,从而确保混凝土在恶劣环境中的稳定性和长期可靠性,在实际工程中,合理选择这些防护性材料,并结合工程需求,将为混凝土在酸性环境中的性能提升提供有力支持。

3.2 表面涂层技术的应用

表面涂层技术是一种有效的混凝土改性手段,特别适用于提高混凝土在酸性环境中的适应性。通过施加具有耐酸性的涂层,可以形成一层保护膜,减缓混凝土与酸性物质的接触,从而提高其抗酸性和耐久性。第一,采用聚合物涂层。聚合物涂层具有出色的耐酸性和附着性,能够牢固附着在混凝土表面形成保护层,这层涂层能有效隔离酸性物质,防止其侵蚀混凝土内部结构。同时,聚合物涂层还具有较好的耐磨性和耐候性,增加了混凝土表面的抗损耗性能,延长了结构的寿命。第二,涂层硅酸盐。硅酸盐涂层能够在混凝土表面发生化学反应,形成硬质凝胶,填充孔隙,提高混凝土的密实性,这不仅阻碍了酸性物质的渗透,还改善了混凝土的抗压强度和抗折性能。第三,应用氟碳树脂等特殊涂层。氟碳树脂具有卓越的耐酸碱性、耐高温性和耐候性,能够形成一层致密的、不透水的涂层。它可以有效隔离了酸性物质的侵蚀,还提高了混凝土表面的抗腐蚀性能,适用于恶劣的酸性环境条件下。总之,表面涂层技术是一种非常实用的混凝土改性手段,尤其在酸性环境下具有独特的优势,采用聚合物、硅酸盐、氟碳树脂等材料进行表面涂层,能够形成一道有效的防护屏障,提高混凝土的抗酸性和耐久性。

3.3 混凝土配方的优化

混凝土配方的优化是改善混凝土在酸性环境中适应性的关键措施。通过合理选择水泥种类、掺合料比例以及骨料类型,可以有效提高混凝土的抗酸性和耐久性。其一,选择合适的水泥。采用硅酸盐水泥、耐酸水泥等抗酸性较好的水泥种类,可以减缓酸性物质对水泥基体的侵蚀。此外,通过优化水泥的用量和配比,可以调整混凝土的强度和致密性,提高其整体耐酸性。其二,引入掺合料。硅灰、矿渣等掺合料具有良好的活性和硬化性能,可以填充混凝土内部微观孔隙,减缓酸性物质的渗透,这些掺合料的使用不仅有助于提高混凝土的抗渗性,还能够改善其抗酸性,增加混凝土的整体稳定性。其三,选择优化的骨料^[5]。在酸性环境中,传统的骨料可能受到腐蚀,影响混凝土的性能。因此,选择抗酸性更好的骨料,如玄武岩、不锈钢纤维等,有助于提高混凝土的整体耐酸性。此外,控制骨料的粒度分布,使得混凝土内部孔隙结构更为致密,也是提高其抗酸性的有效途径。

在工程实践中,根据具体的酸性环境条件和工程要求,选择抗酸性更好的水泥、引入活性掺合料以及优化骨料选

择和配比,可以显著提高混凝土的抗酸性和耐久性,为结构的长期稳定性提供可靠的基础。

3.4 高性能混凝土的应用

高性能混凝土以其卓越的抗渗性、强度和耐久性而脱颖而出,特别适用于在酸性环境下要求更高性能的工程。首先,高性能混凝土在抗渗性方面较好,其密实的微观结构和低孔隙率使其更难被酸性物质渗透,从而减缓了混凝土内部的化学侵蚀过程,使高性能混凝土在酸性环境中能够更好地保护混凝土内部结构,延长了结构的寿命。其次,高性能混凝土具有较好的抗压强度和抗折强度。在酸性环境中,高性能混凝土通过提高其抗压和抗折强度,能够更好地应对各种问题,使得高性能混凝土在承受酸性环境下的荷载和应力时表现更为突出。最后,高性能混凝土通常采用高性能的骨料,如高性能骨料、纳米材料等,以进一步提高其抗酸性,这些特殊的骨料具有较好的抗腐蚀性性能,有助于保护混凝土结构不受酸性物质的侵蚀。高性能混凝土在酸性环境中的应用展现了显著的优势,在工程实践中,通过合理设计高性能混凝土的配方,可以更好地满足对耐酸性、耐久性和结构强度的全面要求,确保结构在酸性环境中的可靠性和长期稳定性。

4 结束语

在酸性环境下提高混凝土的适应性是一项复杂而重要的工程挑战。通过添加防护性材料、应用表面涂层技术、混凝土配方的优化以及引入高性能混凝土,可以有效改善混凝土在这样的恶劣环境中的性能。在实际工程应用中,综合考虑材料的可获得性、成本、施工难度等因素,选择合适的技术和方法,将有助于确保混凝土结构在酸性环境中的长期稳定性和可靠性,通过对混凝土性能的多层次改进,可以为各类工程提供更加持久和可靠的基础设施。

【参考文献】

- [1]冯琢.酸性环境下建筑混凝土力学与耐久性能分析[J].当代化工,2023,52(1):28-31.
 - [2]王涛,李长吉,张学治.机制砂替代天然河砂在实际应用中的性能分析[J].河北环境工程学院学报,2021,31(5):24-27.
 - [3]苏鑫.纳米二氧化硅和纳米碳酸钙减胶剂改性混凝土性能研究[D].广东:广州大学,2022.
 - [4]魏柱.多雨冰雪条件下水泥混凝土桥面沥青铺装结构分析[D].长沙:长沙理工大学,2018.
 - [5]沈长越,李晓林.胶粒混凝土力学性能与耐久性性能分析[J].东北水利水电,2017,35(8):39-41.
- 作者简介:张新成(1989.4—),男,单位名称:中国能源建设集团天津电力建设有限公司;毕业学校和专业:河北大学(工程力学)。