

高性能混凝土中矿粉的应用及机理研究

康红奎¹ 哈图²

1 内蒙古路桥集团有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010051

2 内蒙古自治区交通建设工程质量监督站, 内蒙古 呼和浩特 010051

[摘要] 文章阐述了高性能混凝土中矿粉的应用优势及其机理研究。矿粉的填充效应能够提高混凝土的致密性和强度, 而活性效应能够增强混凝土的反应活性和耐久性。此外, 矿粉的应用还具有环境友好性和施工效率的改善等优势。通过适当控制矿粉掺量、优化配合比例、控制水灰比和严格控制矿粉质量和粒度分布等应用措施, 可以实现高性能混凝土的优化设计和施工。这些研究成果对于提高混凝土性能、节约资源和促进可持续建筑具有重要意义。

[关键词] 高性能混凝土; 矿粉; 应用优势; 机理

DOI: 10.33142/aem.v5i8.9471

中图分类号: TU528.31

文献标识码: A

Research on the Application and Mechanism of Mineral Powder in High Performance Concrete

KANG Hongkui¹, HA Tu²

1 Inner Mongolia Road & Bridge Group Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010051, China

2 Inner Mongolia Traffic Construction Project Quality Supervision Station, Hohhot, Inner Mongolia, 010051, China

Abstract: The article elaborates on the application advantages and mechanism research of mineral powder in high-performance concrete. The filling effect of mineral powder can improve the compactness and strength of concrete, while the activity effect can enhance the reactivity and durability of concrete. In addition, the application of mineral powder also has advantages such as environmental friendliness and improved construction efficiency. The optimal design and construction of high-performance concrete can be achieved by properly controlling the amount of mineral powder, optimizing the mix proportion, controlling the water-cement ratio, and strictly controlling the quality and particle size distribution of mineral powder. These research results are of great significance for improving concrete performance, saving resources, and promoting sustainable construction.

Keywords: high performance concrete; mineral powder; application advantages; mechanism

高性能混凝土的应用在现代建筑和基础设施领域日益重要。矿粉作为一种重要的掺合料, 对于提升混凝土的性能和可持续性具有关键作用。文章旨在探讨高性能混凝土中矿粉的应用优势及其机理研究, 以期为工程实践和科学研究提供有益的参考和指导。

1 高性能混凝土中矿粉的应用优势

1.1 填充效应

高性能混凝土中添加矿粉能够通过其出色的填充效应改善混凝土的致密性、强度、抗渗性和施工性能。矿粉的细粒度和球形颗粒使其能够填补微观和宏观空隙, 提高混凝土的密实性和耐久性。

矿粉的细粒度使其能够填补混凝土中较小的空隙。与传统的水泥相比, 矿粉的颗粒尺寸更小, 能够进一步填充混凝土中的微观空隙。这样可以减少混凝土的孔隙率, 使其更加紧密, 提高整体的密实性。通过填补这些微小的空隙, 矿粉能够显著提高混凝土的抗渗性能, 减少水分的渗透, 从而提高混凝土结构的耐久性。其次, 矿粉的球形颗粒有助于填充混凝土中的较大空隙。混凝土中存在着不同

大小的空隙, 如砂粒之间的间隙或骨料颗粒之间的空隙。矿粉的球形颗粒能够填充这些较大的空隙, 填充效果更为显著。通过填充这些空隙, 矿粉能够增加混凝土的接触面积, 提高黏结力和内聚力, 从而提高混凝土的强度和抗裂性。

1.2 活性效应

高性能混凝土中添加矿粉的活性效应能够通过生成胶凝物和促进早期水化反应来提高混凝土的致密性、强度和耐久性。矿粉中的活性成分能够与水泥充分发挥协同效应, 使混凝土具有更优异的力学性能和抗渗性, 延长其使用寿命。

矿粉中的活性成分与水泥的水化反应能够生成胶凝物。矿粉中常含有硅酸盐和铝酸盐等化学物质, 这些物质在与水中的氢氧根离子反应时, 能够产生胶凝物, 填充混凝土的微观孔隙。这些胶凝物能够与水泥胶石反应形成较为致密的胶凝体结构, 提高混凝土的力学性能。通过活性成分的作用, 矿粉能够增强混凝土的黏结能力, 改善其抗拉强度、抗压强度和抗剪强度。其次, 矿粉中的细颗粒还能够促进混凝土的早期水化反应。由于矿粉的颗粒细小, 其比表面积较大, 能够提供更多的反应活性点。当矿粉与

水泥一起混合时,细颗粒能够更快地与水中的水化产物发生反应,形成胶凝物。这加速了混凝土的早期水化过程,使其在较短时间内获得较高的强度发展。这对于需要快速投入使用或提前拆模的工程项目非常有益^[1]。

1.3 环境友好性

高性能混凝土中添加矿粉具有降低碳排放和环境友好性的优势。矿粉的替代性和填充效应可以减少水泥的使用量、降低能源消耗,进而减少碳排放和资源消耗。同时,矿粉的可再生性也有助于促进混凝土行业的可持续发展,实现环境保护和资源循环利用的目标。

矿粉是一种非常重要的替代材料,可以部分或完全替代传统水泥的使用。相较于水泥的生产过程,矿粉的生产通常能够产生更少的二氧化碳排放。同时,利用矿粉作为替代材料减少了水泥的使用量,从而降低了对有限资源的需求。这有助于减少对天然石灰石和煤炭等原材料的开采,降低对环境的破坏。其次,矿粉在混凝土生产过程中也能够减少能源消耗。矿粉的细粒度和球形颗粒能够提高混凝土的流动性,降低混凝土的黏度,从而减少施工中所需的能量消耗。此外,矿粉的填充效应可以改善混凝土的致密性,减少了混凝土内部的孔隙数量,使得混凝土在固化过程中需要的水分量更少,进一步减少了能源消耗。

2 高性能混凝土中矿粉的分类

2.1 基础矿粉和活性矿粉

高性能混凝土中的矿粉根据其特性可分为基础矿粉和活性矿粉。基础矿粉主要起到填充效应,改善混凝土的致密性和流动性,提高抗渗性。而活性矿粉则通过与水泥水化反应形成胶凝物,提高混凝土的强度和耐久性。

基础矿粉主要是通过研磨普通水泥熟料或水泥熟料掺加少量活性剂而得到的矿粉。它在混凝土中主要起到填充效应,改善混凝土的致密性和流动性。基础矿粉的细粒度和球形颗粒有助于填补混凝土中的微观孔隙,减少孔隙率,提高混凝土的密实性。这样的填充效应可以显著提高混凝土的抗渗性能,降低水分渗透和溶质渗透的风险,从而提高混凝土结构的耐久性。此外,基础矿粉的填充效应还有助于改善混凝土的流动性,减少水泥用量和减水剂的使用,提高施工效率和节约成本。

活性矿粉是指经过激活处理的矿粉,具有较高的活性和胶凝能力。它可以与水泥水化反应,生成胶凝物,从而提高混凝土的强度和耐久性。活性矿粉中的活性成分与水泥的水化反应可以形成致密的胶凝体结构,填充混凝土的微观孔隙。这种胶凝体结构能够增强混凝土的黏结能力,提高混凝土的抗拉强度、抗压强度和抗剪强度。此外,活性矿粉的添加还能够促进混凝土的早期水化反应,加速混凝土的强度发展,缩短硬化时间。这对于需要快速投入使用或提前拆模的工程项目非常有益。

2.2 粉煤灰和硅灰

粉煤灰和硅灰作为高性能混凝土中的矿粉,在填充效

应和活性效应方面发挥着重要作用。粉煤灰通过填充效应改善混凝土的致密性和流动性,提高抗渗性和施工性能。硅灰通过活性效应形成硅酸盐胶凝物,提高混凝土的强度和耐久性,同时还具有较好的环境效益。

粉煤灰是一种常见的矿粉,由煤炭燃烧过程中生成的矿渣经过细磨而得。粉煤灰具有细粒度和球形颗粒的特点,能够填充混凝土中的空隙,提高混凝土的密实性和强度。通过填充效应,粉煤灰可以减少混凝土中的孔隙率,提高抗渗性和耐久性。此外,粉煤灰的球形颗粒有助于填补混凝土中的较大空隙,增加混凝土的接触面积,提高黏结力和内聚力。粉煤灰的添加还能改善混凝土的工作性能,减少水泥用量和减水剂的使用,提高施工效率和节约成本^[2]。

硅灰是由冶金工业中的硅酸盐矿石烧结而得的矿渣,其添加可以显著改善混凝土的性能。硅灰中富含二氧化硅,具有活性成分和细粒度的特点。硅灰的添加可以改善混凝土的工作性能和耐久性,提高抗渗性和抗硫酸盐侵蚀性。硅灰与水泥反应生成硅酸盐胶凝物,填充混凝土的微观孔隙,提高混凝土的致密性和强度。硅灰还能够吸附自由钙离子,减少水化产物的析出,改善混凝土的抗裂性和耐久性。

2.3 高活性粉体和微细矿粉

高性能混凝土中的矿粉可分为高活性粉体和微细矿粉。它们的应用通过填充效应和活性效应,提高混凝土的致密性、强度、耐久性和施工性能,这两种类型的矿粉在混凝土中的应用具有独特的特点和效果。

高活性粉体是一种新型矿粉,具有极高的细度和活性。这些矿粉经过特殊的加工技术处理,使其具有较高的反应活性。高活性粉体在混凝土中起到重要的填充效应和活性效应。首先,由于其极细的颗粒尺寸,高活性粉体能够填充混凝土中的微观孔隙,提高混凝土的致密性和强度。其次,高活性粉体具有高度的活性,能够与水泥水化反应,形成胶凝物,提高混凝土的力学性能和耐久性。由于其高活性的特点,高活性粉体在混凝土中的应用可以显著提高混凝土的早期强度发展和长期强度表现。微细矿粉指颗粒尺寸较小的矿粉,其细度远远高于常规矿粉。微细矿粉的细粒度使其具有更大的表面积,增加了其与水泥水化反应的接触面积,从而提高了混凝土的强度和耐久性。此外,微细矿粉的颗粒细小有助于填充混凝土中的微观孔隙,改善混凝土的致密性和抗渗性。通过填充效应和活性效应,微细矿粉能够显著改善混凝土的力学性能、耐久性和抗裂性。此外,微细矿粉的使用还可以提高混凝土的流动性,减少水泥用量和减水剂的使用,提高施工效率和节约成本^[3]。

3 高性能混凝土中矿粉的应用要点

3.1 适当控制矿粉掺量

适当控制矿粉的掺量是高性能混凝土中的重要应用措施。通过合理调整矿粉掺量,可以充分利用其填充效应和活性效应,提高混凝土的致密性、强度和耐久性。其具体的应用要点为以下几个部分:①适当控制矿粉的掺量可以提高混

凝土的致密性和强度。矿粉的填充效应能够填补混凝土中的孔隙,增加混凝土的密实性。当掺入适量的矿粉时,它能够填充更多的细小空隙,减少混凝土的孔隙率,提高混凝土的致密性。这进一步改善了混凝土的抗渗性和耐久性。此外,矿粉还能与水泥胶石反应,生成胶凝物,提高混凝土的强度。因此,在掺粉过程中,适当的矿粉掺量能够显著提高混凝土的力学性能^[4]。②控制矿粉的掺量还与混凝土的流动性和施工性能密切相关。过高的矿粉掺量会增加混凝土的黏稠性,导致混凝土的流动性下降,给施工带来困难。因此,在掺粉过程中需要根据具体工程要求平衡矿粉的填充效应和混凝土的流动性。通过合理控制矿粉的掺量,可以实现混凝土的流动性和施工性能的良好平衡,确保施工过程的顺利进行。

3.2 优化矿粉配合比例

优化矿粉配合比例是高性能混凝土中的重要应用措施。通过合理选择矿粉与水泥、骨料和其他掺合料的比例,可以最大程度地发挥矿粉的填充效应和活性效应,提高混凝土的致密性、强度和耐久性。其具体的应用要点为以下几个部分:①优化矿粉配合比例可以提高混凝土的致密性和强度。矿粉的细粒度和球形颗粒有助于填补混凝土中的微观孔隙,提高混凝土的密实性。通过在配合比中适当增加矿粉的比例,可以增加矿粉在混凝土中的填充效应,填补更多的孔隙,提高混凝土的致密性和强度。此外,优化矿粉配合比例还可以通过与水泥充分反应,生成胶凝物,进一步提高混凝土的强度和耐久性。②矿粉与水泥和其他掺合料的比例选择也影响混凝土的工作性能和耐久性。合理的配合比例可以平衡混凝土的流动性、坍落度和黏稠度,以满足具体工程要求。通过优化矿粉的配合比例,可以调整混凝土的流动性和施工性能,确保混凝土在施工过程中的顺利应用。此外,矿粉的添加还可以降低混凝土的温度升高,减少混凝土的收缩和开裂,提高混凝土的抗裂性能。

3.3 控制混凝土的水灰比

适当降低水灰比可以减少混凝土中的孔隙和渗透性,提高抗渗性和强度。同时,还能改善混凝土的强度发展,减少收缩和开裂,提高混凝土的耐久性和抗裂性能。其具体的应用要点为以下几个部分:①降低水灰比可以减少混凝土中的孔隙率。较高的水灰比会导致混凝土中使用更多的水分,造成混凝土中的孔隙增多。这些孔隙会影响混凝土的致密性和强度,降低其抗渗性和耐久性。通过控制水灰比并降低水的使用量,可以减少混凝土中的孔隙,提高混凝土的致密性,进而提高其抗渗性和强度。②控制水灰比还可以改善混凝土的强度发展。适当降低水灰比能够使混凝土中的水泥颗粒充分水化,形成更多的胶凝物。较低的水灰比能够使水泥中的水化产物得到更好的分散和填充,提高混凝土的内聚力和黏结力,增强混凝土的强度发展。因此,通过控制水灰比可以有效提高混凝土的强度和耐久性。③控制水灰比还有助于减少混凝土的收缩和开裂。高水灰比的混凝土在水化反应过程中会产生较多的水化

热,导致混凝土的收缩和开裂。通过降低水灰比,减少水的使用量,可以降低混凝土的温度升高和收缩变形,从而减少开裂的风险,提高混凝土的抗裂性能。

3.4 严格控制矿粉质量和粒度分布

通过确保矿粉的质量稳定和粒度合适,可以提高混凝土的一致性、可靠性和耐久性。同时,合适的粒度分布能够改善混凝土的致密性和流动性,提高施工性能和施工质量。其具体的应用要点为以下几个部分:①严格控制矿粉的质量可以保证混凝土的一致性和可靠性。矿粉应符合相关标准和规范的要求,如化学成分、物理性能和污染物含量等。质量稳定的矿粉可以提供可靠的填充效应和活性效应,确保混凝土的性能达到设计要求。此外,矿粉的质量也与混凝土的耐久性密切相关,合格的矿粉能够降低混凝土的渗透性和碱骨料反应等问题。②严格控制矿粉的粒度分布有助于提高混凝土的密性和流动性。矿粉的粒度分布应在适当的范围内,以确保矿粉在混凝土中具有有良好的填充效应。过细的矿粉会增加混凝土的黏稠性,影响施工性能;而过粗的矿粉则会降低矿粉的填充效应。通过粒度分析和筛分技术,可以控制矿粉的粒度分布,提供合适的填充效应,改善混凝土的致密性和流动性。③不同类型的矿粉具有不同的粒度特点和填充效应。粉煤灰等基础矿粉通常具有较宽的粒度分布,而高活性粉体和微细矿粉等则更加细小。在选择矿粉时,需要根据具体的工程需求和性能要求选择合适的矿粉类型和粒度分布。通过严格控制矿粉的粒度分布,可以实现矿粉在混凝土中的最佳填充效应和活性效应。

4 结语

高性能混凝土中矿粉的应用具有诸多优势和潜力,包括填充效应和活性效应的提升、环境友好性和施工效率的改善等。通过合理的应用措施,如控制矿粉掺量、优化配合比例、控制水灰比和严格控制矿粉质量和粒度分布,可以最大程度地发挥矿粉的优势,实现高性能混凝土的优化设计和施工。

【参考文献】

- [1]王祥胜,高方介,符浪.矿粉特性对混凝土性能的影响研究[J].广东建材,2023,39(5):2-5.
- [2]秦哲煊,周志刚,朱国军,等.粉煤灰-矿粉超细复合型矿物掺合料对混凝土耐久性能的影响[J].新型建筑材料,2023,50(6):66-69.
- [3]汪一格,任龙芳,荣国城,等.超细石灰石粉和矿粉复掺制备机制砂混凝土的研究[J].新型建筑材料,2023,50(5):21-24.
- [4]缪丹.不同掺量矿粉对水工混凝土影响分析[J].黑龙江水利科技,2023,51(1):17-20.

作者简介:康红奎(1988.10—),男,汉族,毕业学校:内蒙古工业大学,现工作单位:内蒙古路桥集团有限责任公司;哈图(1987.2—)男,汉族,毕业学校:内蒙古工业大学,现工作单位:内蒙古自治区交通建设工程质量监督站。