

Experimental Study on Durability Performance of Iron Tailings Concrete

Huilin Chen

Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056038, China

Abstract

The continuous progress of China's steel industry has led to a large-scale accumulation of iron ore tailings. These tailings not only consume a large area of land resources during storage, but also easily cause dust to fly, posing a significant threat to the environment in nearby areas. An empirical study was conducted on the durability characteristics of using discarded iron ore tailings sand from Anshan Iron and Steel Enterprise to replace natural river sand as concrete fine aggregate. Nowadays, this material has been partially replaced in construction practice. At present, with the gradual development of national construction, most regions rarely use natural sand as fine aggregate in the production of concrete, because natural sand is a local resource that is not renewable in the short term and is not conducive to long-distance transportation.

Keywords

iron tailings sand; concrete durability performance; experimental study

铁尾矿砂混凝土耐久性能的试验研究

陈荟林

河北工程大学, 中国 · 河北 邯郸 056038

摘要

中国钢铁行业的持续进步导致了大规模的铁矿石尾矿积累。这些尾矿在存储时不止消耗了大面积土地资源, 还容易引发灰尘飞扬, 给附近地区的环境带来重大威胁。对鞍山钢铁企业处理后的铁矿废弃尾矿砂取代天然河沙作为混凝土细集料的应用情况进行了持久性特性的实证研究, 如今该材料已在建筑实践中实施了局部替代。目前随着国家建筑的逐渐发展, 大多数的地区在生产混凝土时很少使用天然砂作为细骨料, 因为天然砂为地方性资源, 短时间内不可再生, 也不利于长距离的运输。

关键词

铁尾矿砂; 混凝土耐久性能; 试验研究

1 引言

论文对使用铁矿尾砂替代天然砂制备混凝土可能遭遇的耐用性问题进行了实验性探究, 旨在为工程应用提供科学依据。若是混凝土制造场所坐落于天然砂资源缺乏的区域, 诸如西方区域(包括云南、贵州等地), 则须借助跨区域搬运手段以取得天然砂, 进而造成混凝土基础材料开支持续上升。采过程中, 从矿石提取有效成分后遗留下来的是一种被称为尾矿砂的副产品, 这是一种粉末状固体废料, 其颗粒大小通常不超过 4.75mm。这些废弃物主要堆积于专门的尾矿仓, 构成了矿业工艺中固体废物的一个重要部分。

2 尾矿砂的优点

如今, 在中国制作干混砂浆的过程中, 主要选用的是

【作者简介】陈荟林(1998-), 女, 中国四川达州人, 在读硕士, 从事基于机器学习的绿色混凝土耐久性研究。

天然来源的河沙。这类沙子拥有细腻的外观, 几乎都是球形, 制作砂浆时只需要很少的粘结材料以及较少的搅拌用水, 粒度分布均匀的河沙显然是最适宜的干混砂浆骨料选择。可是, 中国很多地区因长期无序挖掘河沙, 造成众多河流的沙源几近枯竭, 这种做法严重打破了生态环境的平衡, 为此国家规定严禁河床挖沙。鉴于此情此景, 建筑用干混砂浆产业迫切需要探索出河沙之外的新型砂石来源。此外, 利用尾矿砂替代传统的河沙作为干混砂浆的原材料, 只需在配合比例适宜且严格限制其含石粉量及 MB 值的情况下, 采用尾矿砂制备干混砂浆技术上是绝对行得通的。通过这种替代, 不但能够缓解尾矿砂造成的环境污染和土地占用问题, 还能有效提升资源的使用效率。将尾矿砂用于生产常规干混砂浆, 开辟了固体废料综合利用的新方式, 并且是一种应对天然砂短缺的有效策略, 这也契合了推进循环经济发展和构建资源节约型社会的根本策略。

3 混凝土结构的耐久性和高性能混凝土的质量控制

3.1 混凝土材料

在操控混凝土基础材料方面：①务必保障工程施工期间原材料质地的恒久性和信赖度，选用市场声誉佳的提供商，以减少原材料品质所面临的风险。购置用于生产混凝土的基础材料时，须进行周密的品质审查，并严格禁止将不达标的物料投入混凝土生产厂家以及施工场所。②对本工程混凝土的使用和建设进行详细监督管理。在工程运行过程中，及时发现并解决问题，确保混凝土建设的稳定性和有效性。

3.2 监督管理混凝土原材料配合比

混凝土调配阶段，任一材料若出现缺陷，均可能对混凝土的功效及质态产生负面影响，故而在融合材料的过程中，应明确辨别各原材料的混合比例与实用参数。控制混凝土中的水分比例以确保其科学配比，防止混凝土固化过程中出现无法避免的气孔，这可能会对混凝土的整体硬度及承载力造成不良影响。

3.3 对混凝土质量进行监督管理

要确保混凝土的品质，需遵循对应的检验批次作业流程及技术手段。遵照中国有关建筑标准，利用相似制作流程、同一时间段和统一指标的原料，方可适用于工地上的混凝土铺设。在对混凝土进行测试时，将主要关注其承载力、耐寒性以及抗压试验。须从同批次混凝土中抽取三个不同规格的测试样本，并对比各个样本的差异。不同容量的混凝土在承受力度及其他性能指数方面也将显示出变动。所以，在质量检测阶段，必须将混凝土整理成符合各类体积与重量国标的样本，以确保混凝土品质的合格性。

3.4 水胶比优化

在制备混凝土时，根据使用要求适量补充水分和黏合剂是不可或缺的。随着浆体含量的提升，混凝土的流动性同样提高。然而，其硬度和抗压能力却因浆料比例的上升而下降。实际工程操作和研究表明，当浆料体积达到 25% 时，混凝土的流动度显著上升，尽管这在施工时可能不易实现，并在使用及保养时存在一定难度。若浆料体积占到 40%，混凝土则表现出较优的成型能力和广泛的适用性，并在建筑工程中展现出合适的强度水平。

3.4.1 最佳砂率

当所选砂率的用量和比重在 0.28~0.35 级混凝土在路堤养护过程中质量良好，在施工中有良好的应用效果。

3.4.2 粉煤灰材料

采购过程中，应优先考虑选择市场口碑良好的粉煤灰供应商，这样有助于减少原材料品质上的潜在风险。采购混凝土施工所需的基础材料必须经过严格的品质审查，一律不允许劣质材料进入工地。优质粉煤灰需确保其燃烧残损率不超过 8.0%，粒度需控制在 30% 以下，这样才能确保在建筑工程中发挥出优异的性能表现。

3.4.3 渣粉材料

矿物微粒应源自水淬法处理矿渣后经研磨而得。其进入建筑工地的途径，需确保所用原料在生产流程、时效、规范等方面均保持一致性。各相关供给商均应出示各自粉煤灰品质的验收凭证。施工方须在监督人员的监视下，对采集的样品进行监控及审查，以期确认矿粉产品在投用于基建（如混凝土）时具备优良品质和适宜功能。混凝土发生泄水现象的根本原因在于其内部的孔隙结构相互贯通，形成了能够渗透的路径。在保持混凝土的配比、振捣试验方式和养生环境一致的前提下，妥善地加入铁尾矿粉至混凝土可充当填充材料。细小的尾矿粒子堵塞了水流的渗透路径，阻止了水分进一步向混凝土内部渗漏，因此增强了混凝土的防渗能力。当铁矿石废石砂在混凝土中的掺和比例超出一定界限，粗细集料的配比失去均衡，不仅无法有效地填补粗集料的间隔，而且还会增加混凝土的孔隙度，为水分的扩散创造了路径，从而导致混凝土的防渗透能力降低。

4 试验方法研究进展

4.1 抗渗性

铁尾矿砂混凝土的抗渗性研究是深入探讨其耐久性的重要环节，因为抗渗性决定了混凝土结构在长期服役过程中抵抗水和有害离子渗透的能力，这对于预防钢筋锈蚀、化学侵蚀和冻融破坏至关重要。铁尾矿砂的引入改变了混凝土的孔隙结构和孔径分布，其颗粒的不规则形状和表面粗糙度有助于提高混凝土的密实性，从而降低毛细孔的连通性，减少水分的渗透路径。此外，铁尾矿砂中的活性成分，如硅酸盐矿物，可能与水泥水化产物发生二次反应，形成额外的胶凝材料，进一步增强混凝土的抗渗性。然而，铁尾矿砂中若含有较多的云母类矿物，因其片状结构可能对混凝土的抗渗性产生不利影响。为了准确评估铁尾矿砂混凝土的抗渗性能，研究人员采用了一系列标准化的试验方法，如压力水渗透试验、非稳态氯离子扩散试验等，通过测定渗透系数或扩散系数来量化混凝土的抗渗性能。

4.2 抗冻性

铁尾矿砂混凝土的抗冻性研究是确保其在冻融环境下结构完整性和延长使用寿命的关键，这一性能的研究涉及对混凝土在经历重复冻融循环后的体积稳定性、内部损伤和力学性能退化的深入分析。铁尾矿砂的物理特性，如颗粒形状、粒径分布和表面粗糙度，对混凝土的孔结构和孔隙率产生显著影响，这些因素直接关联到混凝土的抗冻性能。由于铁尾矿砂可能导致混凝土内部孔隙更加细小和均匀，从而降低水分在孔隙中的膨胀力，这有助于提高混凝土的抗冻性。同时，铁尾矿砂中的某些活性成分可能会与水泥水化产物发生反应，生成的胶凝材料可能增强混凝土的密实度，进一步改善其抗冻性能。然而，铁尾矿砂的化学稳定性也至关重要，不稳定的化学成分在冻融环境下可能导致混凝土结构的劣化。

为了系统评估铁尾矿砂混凝土的抗冻性,研究人员采用冻融循环试验,监测混凝土在经历一定次数的冻融循环后的质量损失、动弹性模量和强度变化,以及微观结构的损伤情况。

5 改善铁尾矿砂混凝土耐久性的技术措施

5.1 优化铁尾矿砂的处理工艺

物理方法包括筛分、分级和水洗等,可以去除铁尾矿砂中的多余杂质,如泥土、细小颗粒和有害的细粉,同时调整其粒径分布,以满足混凝土细骨料的标准要求。化学处理则涉及使用不同的化学添加剂,如水泥、石灰或硫酸盐等,以稳定铁尾矿砂中的活性成分,减少其对混凝土耐久性的潜在负面影响。此外,热处理或蒸汽处理可以提高铁尾矿砂的坚固性,减少在混凝土中因物理磨损导致的性能退化^[1]。

5.2 调整混凝土配合比

调整铁尾矿砂混凝土的配合比是为了优化其工作性、力学性能和耐久性,这需要综合考虑铁尾矿砂的物理和化学特性及预期的工程应用环境。首先,根据铁尾矿砂的粒径分布和颗粒形状,调整砂率以确保混凝土具有适宜的工作性和流动性;其次,考虑到铁尾矿砂可能带来的额外需水量,通过调整水胶比来控制混凝土的硬化过程和最终强度,利用矿物掺合料如粉煤灰和矿渣粉来替代部分水泥,以提高混凝土的抗化学侵蚀能力和后期强度发展,同时需添加适量的化学外加剂,如减水剂和引气剂,以改善混凝土的可加工性和耐久性;最后,根据铁尾矿砂混凝土的预期用途,如抗冻性或抗渗性要求,进行特定的配合比设计,以达到所需的性能标准。

5.3 添加矿物掺合料和化学外加剂

在铁尾矿砂混凝土中添加矿物掺合料和化学外加剂是为了提高混凝土的综合性能,包括工作性、强度、耐久性以及长期稳定性。矿物掺合料如粉煤灰和矿渣粉因其潜在的活性和微晶填充效应,可以替代部分水泥,减少水化热,提高混凝土的致密性和抗化学侵蚀能力。粉煤灰能够改善混凝土的流变性能,减少水泥用量,从而降低成本并提高抗硫酸盐侵蚀和抗氯离子渗透的能力。矿渣粉则因其潜在的水硬活性,可以提高混凝土的后期强度和抗硫酸盐侵蚀性能。化学外加剂的添加旨在改善混凝土的施工性能和耐久性,如减水剂可以减少混凝土的需水量,提高强度和耐久性;引气剂能够引入微小气泡,提高混凝土的抗冻性;缓凝剂可以延长混凝土的工作时间,便于施工操作^[2]。

5.4 耐久性测试方法的标准化

尾矿砂混凝土的耐久性测试方法标准化研究是确保工程应用中材料性能准确评估的关键环节,它涉及对耐久性测试方法的系统化和规范化,以提高测试结果的可靠性和普适性。这种研究不仅包括对现有测试程序的审查和改进,还涉及创新性测试技术的开发,目的是更真实地模拟混凝土在多种复杂环境条件下的性能表现。标准化测试内容广泛,涵盖了从基本的抗渗性能到更复杂的抗化学侵蚀性能等多个方

面。例如,抗渗性测试通过测量混凝土样品在压力水作用下的渗透深度或渗透系数来评估其防水性能;抗冻融循环测试则通过模拟冬季冻融环境,评估混凝土在反复冻融作用下的体积稳定性和强度退化情况;抗氯离子渗透测试通过测定氯离子扩散系数来评估混凝土抵抗氯离子渗透的能力,这对海洋或沿海环境中的混凝土结构尤为重要;抗化学侵蚀测试则通过将混凝土暴露于硫酸盐或其他化学物质中,来评估其耐腐蚀性能。此外,铁尾矿砂混凝土的耐久性测试还应包括对耐久性影响因素的系统研究,如铁尾矿砂的物理化学特性、矿物组成、颗粒形貌,以及与水泥基材料的相互作用等。这些因素都可能对混凝土的微观结构和宏观性能产生显著影响。为了实现测试方法的标准化,研究人员需要制定严格的样品制备和测试操作程序,确立统一的环境和测试条件,以及客观的评价标准和数据报告格式。同时,还需要对测试方法的适用性、准确性、重复性和经济性进行全面评估,确保所开发的测试方法既能够反映混凝土的真实耐久性能,又能够在工业界得到有效实施^[3]。

5.5 长期性能评估

铁尾矿砂混凝土的长期性能评估研究是确保其在实际工程应用中可靠性的关键环节,这一研究涵盖了对混凝土在长期使用过程中力学性能退化、耐久性变化以及可能出现的损伤机理的深入分析。考虑到混凝土结构通常需要服役数十年,因此,评估铁尾矿砂混凝土在不同环境因素作用下,如温度变化、湿度循环、化学侵蚀和机械应力等,的性能演变对于预测其使用寿命和制定合理的维护策略至关重要。研究中可能采用加速老化试验来模拟混凝土在实际环境中的老化过程,通过监测混凝土的动弹性模量、质量损失、裂缝发展、氯离子渗透性等指标的变化,来评估其抗冻性、抗渗性、抗化学侵蚀性和力学强度等性能的退化情况。此外,结合微观测试技术如扫描电子显微镜(SEM)和压汞法,可以揭示铁尾矿砂混凝土内部结构的变化,如孔隙结构的演变和水化产物的形态,从而更全面地理解其耐久性机制。

6 结语

铁尾矿砂混凝土在耐久性能方面具有潜力,但需要针对其特点进行系统研究和优化。未来的研究应进一步探索铁尾矿砂混凝土的微观结构与耐久性能之间的关系,以及铁尾矿砂与其他工业废料协同使用的效果。同时,应加强铁尾矿砂混凝土在不同环境条件下的长期性能评估,为工程应用提供更加全面的数据支持。

参考文献

- [1] 刘文燕,张友来,李绍纯,等.铁尾矿砂对机制砂混凝土性能的影响研究[J].混凝土与水泥制品,2020(12):89-91.
- [2] 王苗苗,李峥.铁尾矿砂混凝土耐久性能的试验研究[J].混凝土世界,2021(4):68-70.
- [3] 王雪,张少峰,鲍文博,等.铁尾矿砂混凝土耐久性能的试验研究[J].混凝土,2020(4):93-97.