

超高性能混凝土配合比设计及搅拌工艺研究综述

夏国强

中国水利水电第十四工程局有限公司 云南 昆明 650000

摘要: 超高性能混凝土凭借其高强度、高耐久性和优异的施工性能,在土木工程领域具有显著的应用优势。其配合比设计和搅拌工艺是影响其性能的关键因素。在配合比设计中,精确控制原材料比例和种类至关重要;而在搅拌工艺中,选择适合的搅拌设备和优化搅拌参数是确保UHPC性能的重要步骤。另外,新型材料和绿色技术的应用为UHPC的未来发展提供了新方向。

关键词: 超高性能混凝土;配合比设计;搅拌工艺

1 超高性能混凝土概述

超高性能混凝土(Ultra-High Performance Concrete,简称UHPC)是当代建筑材料领域的一大革新。其以优异的力学性能和耐久性在土木工程界崭露头角,被誉为混凝土的“未来之星”。UHPC的独特之处在于其组成成分和制备工艺。它采用高强度、低水灰比的水泥基材料,通过精心筛选的细骨料和矿物掺合料进行配制。同时,掺入适量的纤维材料,如钢纤维、聚丙烯纤维等,以提高其抗裂性和韧性。这种精细的配合和独特的制备工艺,使得UHPC具有极高的抗压强度、抗拉强度和抗折强度,远超传统混凝土。除了优异的力学性能外,UHPC还具备出色的耐久性。它能够有效抵抗化学腐蚀、氯离子渗透和冻融破坏等环境因素的影响,保持长久的稳定性和可靠性。这使得UHPC在建筑结构、桥梁工程、隧道工程等领域具有广泛的应用前景^[1]。值得一提的是,UHPC的施工性能也非常出色。它的流动性好、自流平能力强,便于在复杂结构中进行浇筑和成形。同时,UHPC的硬化速度快,养护周期短,能够显著提高工程的施工效率。

2 超高性能混凝土的特点

2.1 高强度

通过采用高强度、低水灰比的水泥基材料,结合精心筛选的细骨料和矿物掺合料,UHPC的抗压强度远超传统混凝土。其抗压强度可达到150MPa以上,甚至高达200MPa以上,是普通混凝土的数倍之多。这种高强度使得UHPC在承受重载、大跨度结构时能够表现出优越的力学性能,显著提高建筑结构的承载能力和稳定性。在混凝土中掺入适量的纤维材料,如钢纤维、聚丙烯纤维等,可以有效提高混凝土的抗裂性和韧性。这些纤维能够在混凝土受到外力作用时产生阻裂作用,有效延缓裂缝的产生和扩展。因此,UHPC在承受拉力和剪力时能够

表现出更高的强度和韧性,使得其在桥梁、隧道、高层建筑等结构工程中具有广泛的应用前景。

2.2 高耐久性

通过采用高强度、低水灰比的水泥基材料和紧密堆积的细骨料,UHPC的孔隙率极低,能够有效阻止水分和有害物质的渗透。UHPC对于化学腐蚀的抵抗能力极强。由于其致密的内部结构,以及材料中可能加入的特种添加剂,UHPC能够抵御包括硫酸盐、氯离子等在内的多种化学腐蚀介质,确保在恶劣环境条件下的长期稳定性。在寒冷地区,混凝土的冻融循环是导致其劣化的主要因素之一。UHPC的低孔隙率和高密实性使得水分难以在其中积聚和膨胀,从而显著提高其抵抗冻融循环的能力,保证了其在寒冷地区的使用寿命。在一些需要承受高频摩擦和冲击的场合,如道路、桥梁的桥面铺装等,UHPC能够保持良好的表面状态和力学性能,减少了修补和维护的频率。

2.3 高工作性

首先,UHPC的流动性极好。由于采用了低水灰比和特殊的配合比设计,UHPC在搅拌后能够形成流动性极佳的浆体,易于在模板内进行浇筑和振捣,减少了施工难度。其次,UHPC的可塑性也很强。在浇筑过程中,UHPC能够轻易地被塑造成各种形状和尺寸的结构,满足复杂工程的需要。同时,由于其良好的自密实性和自流平能力,UHPC在浇筑后能够迅速填充模板内的空间,减少空洞和蜂窝等缺陷的产生^[2]。另外,UHPC还具有较好的可泵送性。对于高层建筑或需要远距离泵送的工程,UHPC的高工作性能够确保混凝土在泵送过程中保持良好的流动性,减少堵管等问题的发生。

3 超高性能混凝土搅拌工艺研究

3.1 超高性能混凝土搅拌工艺流程

超高性能混凝土(UHPC)因其出色的力学性能和

耐久性,成为现代工程建设的热门材料。而搅拌工艺作为UHPC制备过程中的关键环节,直接影响着混凝土的最终性能。(1)原材料准备:这是搅拌前的首要步骤。UHPC的原材料包括优质水泥、硅灰、细石英砂、高效减水剂、纤维增强材料等。这些原材料需要按照预定的配合比进行严格计量,确保配料准确性。(2)湿料投入与搅拌:在干料准备完成后,根据UHPC的特性,通常需要首先投入水泥、硅灰、石英砂等干料进行预拌,使其初步混合均匀。缓慢加入高效减水剂和适量的水,同时开启搅拌机进行搅拌。在搅拌过程中,需要严格控制加水 and 外加剂的顺序和速度,以确保混凝土的均匀性和工作性。(3)纤维增强材料的添加:对于含有钢纤维或聚丙烯纤维等增强材料的UHPC,需要在湿料搅拌至一定阶段后,将这些纤维材料均匀地投入到搅拌机中。由于纤维容易结团,因此在投料时需要特别注意分散均匀,避免纤维在混凝土中形成团块。(4)出料与检测:当搅拌达到预定的时间和均匀度后,将搅拌好的UHPC从搅拌机中排出,进行取样和性能检测。检测内容通常包括坍落度、流动度、抗压强度等关键指标,以评估搅拌工艺的效果和混凝土的性能。整个搅拌工艺流程需要精准控制各个环节,确保原材料的质量、配合比的准确性以及搅拌过程的均匀性,从而制备出性能优异的UHPC。

3.2 混凝土配合比设计与搅拌工艺的协调与优化

混凝土配合比设计与搅拌工艺是制备高性能混凝土的两个关键环节,二者需要相互协调与优化,以确保混凝土的性能达到设计要求。需要充分考虑原材料的性能和工程需求,通过试验和分析确定最佳的配合比。配合比设计不仅要满足混凝土的强度和耐久性要求,还需要考虑施工性和经济性。设计过程中需要充分考虑搅拌工艺对混凝土性能的影响,选择合适的搅拌设备和搅拌工艺参数。根据混凝土的特性和配合比设计的要求,选择合适的搅拌设备和搅拌工艺参数。搅拌设备应具有足够的搅拌能力和稳定性,以确保混凝土在搅拌过程中的均匀性和工作性。搅拌工艺参数如搅拌速度、搅拌时间、加水方式等也需要根据混凝土的特性进行优化,以获得最佳的搅拌效果^[3]。配合比设计与搅拌工艺之间的协调与优化是一个迭代的过程。在配合比设计完成后,需要通过搅拌试验来验证设计的合理性和可行性,并根据试验结果对配合比和搅拌工艺进行调整和优化。

3.3 不同搅拌工艺对超高性能混凝土性能的影响比较

为了深入了解这种影响并找到最优的搅拌工艺,需要对不同搅拌工艺下制备的UHPC进行性能比较。首先,可以通过对比不同搅拌工艺下UHPC的均匀性来评估搅拌工

艺的效果;观察混凝土中各组分的分散情况,是否存在明显的骨料团聚或纤维结团现象。同时,也可以通过对混凝土样品进行显微观察,评估其微观结构的均匀性。其次,比较不同搅拌工艺下UHPC的力学性能差异;通过制备相同配合比的UHPC试件,在相同的养护条件下进行抗压强度、抗拉强度等力学性能测试。对比分析不同搅拌工艺下试件的力学性能数据,可以了解搅拌工艺对UHPC强度的影响程度。还可以对UHPC的耐久性能进行比较。制备不同搅拌工艺下的UHPC试件,并分别进行冻融循环、碳化、氯离子侵蚀等耐久性能测试。通过对比分析试件在不同环境下的性能变化,评估搅拌工艺对UHPC耐久性的影响。通过对不同搅拌工艺下UHPC性能的比较和分析,可以找出最优的搅拌工艺方案。这对于提高UHPC的性能、降低成本和提高施工效率具有重要意义。

4 超高性能混凝土配合比设计与搅拌工艺的探索与创新

4.1 利用新型材料改良超高性能混凝土的性能

新型材料的加入不仅可以改善混凝土的工作性、强度和耐久性,还能满足特定工程需求,推动超高性能混凝土技术的创新和发展。(1)纳米材料的应用为超高性能混凝土性能的提升提供了新的思路。纳米材料由于其独特的纳米级粒径,可以显著提高混凝土内部的密实性和耐久性。通过将纳米材料如纳米硅灰、纳米碳酸钙等添加到混凝土中,可以有效提高混凝土的抗压强度、抗折强度和抗渗性。同时,纳米材料还能改善混凝土的工作性,提高施工效率。(2)纤维增强材料的使用也是改良超高性能混凝土性能的重要手段。纤维增强材料如钢纤维、聚丙烯纤维等可以提高混凝土的抗裂性和韧性,减少混凝土在受到外力作用时的裂缝产生和扩展。通过合理设计纤维的掺量和长度,可以实现混凝土性能的优化。(3)利用工业废渣等环保材料替代部分传统原材料,也是超高性能混凝土配合比设计的重要创新方向。工业废渣如矿渣、粉煤灰等具有丰富的潜在活性,通过合适的激活方法可以转化为优质的混凝土掺合料。这不仅能够降低混凝土的成本,还能实现资源的循环利用,具有显著的经济和环境效益。

4.2 采用先进的搅拌设备和工艺提高混凝土的均匀性和质量

通过采用先进的搅拌设备和工艺,可以显著提高混凝土的均匀性和质量,从而进一步发挥其优越的性能。现代搅拌设备如强制式搅拌机、行星式搅拌机等,以其独特的搅拌原理和高效的搅拌能力,能够确保混凝土在搅拌过程中得到充分混合和均匀分散。搅拌设备还应具

备精确的计量系统和自动化控制系统,以确保混凝土配合比的准确性和稳定性。在搅拌过程中,应根据混凝土的特性和工程需求,合理设置搅拌时间、搅拌速度和加水方式等参数。同时,对于特殊要求的混凝土,如含有纤维增强材料的超高性能混凝土,还应采用特殊的搅拌工艺,如分段搅拌、低速搅拌等,以确保纤维在混凝土中的均匀分布和有效作用。超高性能混凝土在搅拌过程中会产生大量的热量,如果不加以控制,可能导致混凝土的温度升高,从而影响其性能和质量。因此,在搅拌过程中应设置合适的冷却装置和温度监测系统,确保混凝土的温度始终保持在合适的范围内。

4.3 探索绿色环保的超高性能混凝土设计与搅拌工艺

在原材料的选择上,应优先选用环保、可再生的材料。如利用工业废渣、建筑垃圾等废弃物作为混凝土的掺合料,既能降低混凝土的成本,又能实现资源的循环利用。采用环保型的外加剂和纤维增强材料,也能有效减少混凝土对环境的影响。在搅拌过程中,应注重节能减排。通过优化搅拌工艺和设备参数,减少能源消耗和废水、废气的排放。加强搅拌设备的维护和保养,确保其高效、稳定运行,降低故障率和维修成本。在混凝土的使用过程中,也应注意环保和可持续性。通过合理的施工组织设计和施工方法,减少混凝土的浪费和损失。同时,加强废弃混凝土的回收和再利用,将其转化为再生资源,降低建筑垃圾的产生和处理成本。

5 超高性能混凝土配合比及搅拌工艺的应用前景

随着现代工程建设的不断推进,对建筑材料性能和施工效率的要求日益提高。在这一背景下,超高性能混凝土(UHPC)凭借其出色的力学性能和耐久性,正逐渐成为工程领域的首选材料。而配合比及搅拌工艺作为UHPC制备过程中的关键环节,其优化和应用前景尤为广阔。随着科技的发展和新材料的不断涌现,为UHPC的配合比设计提供了更多可能^[4]。通过精确控制原材料的比例和种类,可以实现UHPC性能的定制化,满足不同工程

对材料强度和耐久性的需求。同时,配合比设计的优化也可以降低材料浪费,提高工程的经济效益。先进的搅拌设备和技术可以确保UHPC在搅拌过程中的均匀性和工作性,提高混凝土的质量和性能。同时,通过优化搅拌参数和工艺流程,可以降低搅拌过程中的能耗和噪音,实现绿色施工。结合配合比及搅拌工艺的优化,UHPC在工程建设中的应用前景十分广阔。在高层建筑、大型桥梁、隧道等关键工程中,UHPC可以凭借其高强度和高耐久性,有效提高结构的安全性和耐久性;UHPC还可以应用于老旧结构的修复和加固,提高结构的承载能力和使用寿命;在水利工程、海洋工程等领域,UHPC的优异性能也可以发挥重要作用。

结束语

随着科技的不断进步和工艺的不断完善,UHPC的配合比设计与搅拌工艺将持续发展创新。新型材料和环保技术的应用将进一步提升UHPC的性能,并推动其在土木工程领域的广泛应用。作为建筑行业的重要发展方向之一,UHPC以其卓越的性能和广阔的应用前景,必将在未来建设中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]宋天威,左彦峰,姚越.超高性能混凝土配合比设计及搅拌工艺研究综述[J].混凝土世界,2023(10):86-90. DOI:10.3969/j.issn.1674-7011.2023.10.020.
- [2]王武锁,王欢,宋心,等.超细粉煤灰对混凝土水化热及物理力学性能的影响[J].混凝土世界.2023,(1). DOI:10.3969/j.issn.1674-7011.2023.01.010.
- [3]杜永超,徐海宾,雷余鹏,等.纳米SiO₂和CaCO₃对超高性能混凝土性能的影响[J].南阳理工学院学报.2023,15(2).DOI:10.16827/j.cnki.41-1404/z.2023.02.010.
- [4]杨成军,李锡松,尹武晓,等.超高性能混凝土在建筑领域的应用研究[J].混凝土与水泥制品.2022,(8). DOI:10.19761/j.1000-4637.2022.08.037.05.