

# 土木工程中超高性能混凝土施工工艺及质量控制要点

尤开明

河北冶金建设集团有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i4.8843

**[摘要]** 超高性能混凝土(UHPC)属于土木工程领域的一种新型高性能材料,它拥有优异的力学性能、耐久性以及抗裂性,因此被大量应用到工程中。施工质量直接影响工程结构安全、耐久、使用寿命,工艺精细化、质量控制系统化是保证性能发挥的关键。本文主要对土木工程中超高性能混凝土施工工艺及质量控制要点进行分析,以供参考。

**[关键词]** 土木工程;超高性能混凝土;施工;质量控制

## Construction Techniques and Key Quality Control Points for Ultra-High Performance Concrete in Civil Engineering

You Kaiming,

Hebei Metallurgical Construction Group Co., Ltd.

**[Abstract]** Ultra-high performance concrete (UHPC) is a novel high-performance material in civil engineering, renowned for its excellent mechanical properties, durability, and crack resistance, making it widely adopted in construction projects. Construction quality directly impacts the structural safety, durability, and service life of projects; refined construction techniques and systematic quality control are crucial for ensuring optimal performance. This paper analyzes the construction techniques and key quality control points for ultra-high performance concrete in civil engineering for reference purposes.

**[Key words]** Civil Engineering; Ultra-high Performance Concrete; Construction; Quality Control

### 引言

随着土木工程向着大跨度、轻量化、高耐久性方向发展。超高性能混凝土(UHPC)是一种新型水泥基复合材料,采用优化的原材料级配、加入活性掺合料和纤维增强体,使力学性能和耐久性能得到大幅度提高,是解决工程结构耐久性差、承载能力低等问题的主要材料。因此对UHPC施工工艺要点进行深入的研究,建立科学完善的质量控制体系,对推进UHPC技术标准化的应用、保证工程质量、降低工程风险有重大的理论意义和实践价值。

### 1 施工前期准备

施工前期准备是保障UHPC施工质量的基础。原材料选择应该符合“高纯度、高性能、高适配性”原则。胶凝材料应选用性能稳定的硅酸盐水泥,配合高活性矿物掺合料来提高体系的密实度和反应活性;矿物掺合料应具有较高的比表面积和活性指数,保证其填充效应和火山灰效应的充分发挥;骨料应使用级配良好的细骨料,控制颗粒粒径和含泥量,防止杂质影响界面粘结性能;纤维为增强体,应选用与基体相容性好、抗拉

强度高的纤维,控制纤维的形状、长径比及分散性;外加剂应根据施工要求选择减水剂、缓凝剂等,保证与其它原材料的协同适配,调节拌合物的工作性能。所有原材料进场前要进行严格的检验,保证其符合有关标准的要求,储存时要做好防潮、防晒、防污染工作,防止性能降低。

配合比设计属于UHPC施工的重要技术环节,要按照性能目标和施工工况来准确地进行优化。设计时要兼顾力学性能、工作性能和耐久性能三者之间的协调,经由改变水胶比、胶凝材料用量、骨料级配、纤维掺量以及外加剂种类和掺量来达成拌合物流动性、黏聚性和保水性的匹配。配合比要经过实验室试验来确定各个组分的比例对于性能的影响规律,并且根据现场施工环境的温度、湿度变化做出相应的调整,保证拌合物的工作性能可以满足搅拌、运输、浇筑等施工环节的要求。除此之外还要考虑到工程应用场合的特殊性,对海洋环境、高温高湿环境、低温环境等特殊工况的配合比进行调整,以提高材料的针对性性能。

施工设备的准备要符合UHPC精细化施工要求。搅拌设备

应采用强制式搅拌机, 保证搅拌均匀性及效率, 设备应具有准确的计量系统, 保证原材料投料精度; 运输设备密封性好, 防止拌合物离析、泌水、水分蒸发, 根据运输距离和环境温度合理选择运输方式和时间; 浇筑设备根据工程结构特点选择, 保证浇筑过程连续、均匀; 养护设备满足温度、湿度控制要求, 蒸汽养护设备、保湿养护膜等。所有设备在使用前均要进行调试、校准, 保证运行平稳可靠, 并且要有备用设备以备不时之需。

## 2 超高性能混凝土施工工艺核心环节

### 2.1 搅拌与运输工艺

搅拌前要对设备进行清理, 防止残留的杂质影响拌合物的质量。搅拌顺序要科学合理, 一般先将胶凝材料、骨料等干料放入搅拌机中干拌, 保证混合均匀后加入水和外加剂, 最后加入纤维搅拌, 防止纤维结团。搅拌时间要严格控制, 既要保证纤维充分分散、各组份均匀混合, 又要防止过度搅拌造成拌合物温度升高、工作性能降低。搅拌时要随时观察拌合物状态, 用视觉观察和简单的试验来判断拌合物的流动性、黏聚性和保水性, 发现离析、泌水、流动性不够等问题要及时调整外加剂掺量或搅拌参数。

运输工艺要保证拌合物在运输过程中工作性能稳定, 不能出现离析、泌水、初凝等现象。运输设备应使用密封式罐车, 运输前将罐体内壁清理干净并洒水湿润, 减小拌合物与罐体的粘结。运输时要控制行驶速度, 防止急加速、急刹车造成拌合物剧烈晃动, 按运输距离合理安排路线, 缩短运输时间, 保证拌合物初凝前浇筑完毕。运输距离远或者环境温度高时需要保温、保湿或者拌合物中适量加入缓凝剂来推迟初凝时间。运输到施工现场后, 再次观察拌合物状态, 工作性能满足要求方可卸料, 出现离析等问题时, 应进行二次搅拌, 但不得随意加水调整。

### 2.2 浇筑与成型工艺

浇筑工艺的关键在于保证拌合物均匀地填充到模板里, 不能有空洞、蜂窝、麻面等缺陷。浇筑前要对模板进行检查, 保证模板尺寸准确、支撑牢固、接缝严密, 模板内壁涂刷脱模剂, 利于脱模。同时要清除模板内所有杂物、灰尘、积水, 保证浇筑环境清洁。浇筑过程需遵循“连续、均匀、分层”的原则。根据工程结构高度和厚度合理划分浇筑层, 每层浇筑厚度应根据拌合物的流动性及振捣方式来确定, 防止浇筑过厚造成振捣不密实。在浇筑过程中, 针对大体积结构采用分层浇筑结合冷却水管技术, 将内部温升控制在 35℃ 以内, 防止温度裂缝产生。浇筑顺序应根据结构特点确定, 一般从低处向高处、从一端向另一端连续进行, 防止出现施工冷缝。对复杂结构或者密集配筋处应选用合适的浇筑方法, 保证拌合物能顺利填满, 必要时

可辅以振捣, 但振捣力度及时间要加以控制, 防止因过振造成纤维上浮或拌合物离析。

成型工艺要根据工程结构类型和性能要求来确定。预制构件可采用振动台振捣、真空辅助成型等方式提高构件密实度和表面质量; 现场浇筑结构可用插入式振捣器、平板振捣器等进行振捣, 保证振捣均匀, 无死角。成型时应及时清除构件表面的浮浆和气泡, 对于表面平整度有要求的构件, 应进行抹光。浇筑完毕后, 在构件表面覆盖保湿材料, 避免水分过快蒸发, 为以后的养护创造条件。

### 2.3 养护工艺

养护工艺是决定 UHPC 强度发展和耐久性的重要环节, 主要控制养护温度、湿度, 使胶凝材料充分水化, 提高基体密实度、界面粘结性能。

养护方式要根据工程需求和环境条件来选择, 常用的有标准养护、蒸汽养护、保湿养护等。标准养护适合于强度发展速度要求不高的构件, 控制养护环境温度和湿度恒定, 保证水化过程平稳进行; 蒸汽养护适合于需要快速提高强度的预制构件, 通过控制升温速率、恒温温度和时间、降温速率来加快胶凝材料水化, 缩短养护周期, 但是要防止升温过快或者恒温温度过高造成构件产生裂缝; 保湿养护是最基本的养护方式, 用覆盖保湿膜、土工布等材料保持构件表面湿润, 防止水分蒸发, 适用于各种构件的早期养护。

养护时间要依照强度发展规律和环境状况来定。早期养护十分重要, 浇筑完成后应立即进行覆盖保湿, 防止表面失水产生收缩裂缝, 早期养护时间一般不少于 7 天; 对采用蒸汽养护的构件, 恒温养护时间应按强度目标来定; 整体养护时间要保证构件达到设计强度要求, 一般不少于 28 天。养护期间要定时检测环境温度、湿度以及构件强度的发展状况, 按照检测结果来调整养护措施, 保证养护效果。

特殊环境下养护要采取相应的措施。高温干燥环境要重视保湿和降温, 延长养护时间; 低温环境要采取保温措施, 防止构件受冻, 必要时采用加热养护, 但是要控制温度梯度, 防止裂缝产生; 海洋环境或者腐蚀性环境下, 养护完成后要及时做表面防护处理, 提高构件的抗侵蚀能力。

### 3.4 钢筋连接和锚固技术

高强高性能混凝土结构中钢筋连接、锚固技术应用的好坏直接影响到混凝土结构的受力情况。由于高强高性能混凝土对钢筋与混凝土之间协同工作的要求比较高, 所以必须严格控制钢筋连接、锚固的质量。直径大于 22mm 的钢筋用机械连接法, 即直螺纹套筒连接。该种连接技术有连接强度大、施工速度快的优点。套筒的材质要符合有关规范的要求, 其抗拉强度不得小于钢筋母材的抗拉强度。直径不大于 22mm 的钢筋抗拉强度

不小于钢筋母材的抗拉强度。电弧焊的焊缝长度、焊缝厚度要符合设计要求,焊缝表面应平整光滑,不得有裂纹、气孔等缺陷。钢筋的锚固长度属于影响结构质量及性能的重要因素之一。施工过程中要保证钢筋的锚固长度符合设计要求,保证钢筋和混凝土之间稳定的粘结和协同工作。

### 3 超高性能混凝土质量控制要点

#### 3.1 事前预防控制

事前预防控制要创建完善的质量管理体系,明晰各个部门及岗位的质量责任,制订详细的施工质量管理体系和操作规程。加强原材料质量控制,实行严格的进场检验制度,对每一批次原材料的性能指标进行检测,不合格原材料不得投入使用。另外建立原材料台账,对进场的原材料的供应商、进场时间、检验结果、使用部位等进行登记,实行可追溯管理。储存过程中加强管理,定时查看原材料状况,防止出现受潮、污染或者性能下降等情况。做好技术交底工作,在施工前向施工人员详细说明施工工艺、质量要求、安全注意事项等,保证施工人员了解操作要点。对重要环节、特殊工况实行专项技术培训,提高施工人员的技术水平和质量意识。

#### 3.2 事中过程控制

事中过程控制是质量控制的核心。

原材料计量控制为关键,搅拌时应严格按照配合比准确称量各个组分的原材料,用自动化计量设备保证计量误差在允许范围内。安排专人负责计量监督,定期对计量设备进行校准,防止由于计量偏差造成拌合物性能的波动。

拌合物质量控制要实时监测工作性能,搅拌时通过观察拌合物的流动性、黏聚性、保水性等指标来判断是否合格。出现异常时及时分析原因并调整,例如改变外加剂掺量、搅拌时间等。按照规定制作试块,做强度、耐久性试验,检验拌合物性能。

浇筑过程控制要保证浇筑连续、均匀,防止出现施工冷缝。安排专人对浇筑速度、浇筑厚度进行监测,控制振捣质量,防止漏振、过振。对复杂的结构或者重要的部位加强现场指导和监督,保证施工操作符合规范的要求。浇筑时遇有雨天或气温过高情况的应采取相应措施,用防雨布覆盖或加强保湿降温。模板和支撑系统控制要在浇筑过程中随时检查,保证模板无变形、移位,支撑系统牢固可靠。发现质量问题立即停止浇筑,采取加固措施后再进行施工。

#### 3.3 事后验收与保障控制

事后验收和保障控制属于质量控制的收尾环节,其目的是保证工程质量达到要求,给后续使用提供保障。

构件成型后要及时进行外观质量检查,检查表面有无裂缝、蜂窝、麻面、露筋等缺陷,对发现的缺陷及时分析原因,

采取相应的处理措施。对裂缝等严重缺陷要组织专家评审,制定修复方案,保证修复后性能达标。强度和耐久性检测应符合规范要求,养护到期后对试块做强度试验,结合现场检测方法,如回弹法、超声回弹综合法等,对构件实体强度进行评价。对耐久性要求高的工程还要做抗氯离子渗透、抗冻融等性能检测,保证满足设计要求。

建立质量追溯体系,对施工全过程的质量数据进行记录,即原材料检验结果、配合比调整记录、施工过程监测数据、验收检测结果等全部纳入质量档案之中。如果后续出现质量问题,可以通过追溯体系找到问题的原因并加以解决。做好后续使用和维护指导工作,给使用单位提供构件维护说明书,说明维护周期、维护方法和注意事项。指导使用单位对构件定期检查、保养,及时发现并消除隐患,提高构件使用寿命。

### 结束语

超高性能混凝土(UHPC)施工工艺及质量控制是保证超高性能混凝土(UHPC)超高性能的关键,也是决定土木工程结构安全、耐久和使用寿命的重要因素。UHPC施工技术具有精细化、系统化的特征,从原材料选择、配合比设计、设备准备、施工操作、养护验收等各个环节都要加以控制,并根据工程实际情况和环境条件及时调整。随着材料科学以及施工技术的不断发展,UHPC施工工艺会向着智能化、标准化的方向前进,不断深化施工技术的研究,加强质量管理,使UHPC在土木工程中得到更广泛的使用,为我国基础设施建设高质量发展提供强有力的支撑。

### [参考文献]

- [1]侯霖.超高性能混凝土护栏耐久性及施工工艺研究[J].交通世界,2025,(35):83-85+89.
- [2]彭永祥.UHPC超高性能混凝土施工技术在旧、新桥拼接施工中的应用[J].交通世界,2021,(22):48-49+51.
- [3]裴陶园,崔志广,王建平.超高性能混凝土(UHPC)新型材料幕墙施工技术[J].云南水力发电,2025,41(10):22-24+37.
- [4]蔡天成.超高性能混凝土在装配式建筑节点连接中的施工工艺优化[J].建筑机械,2025,(10):119-123.
- [5]赵鹏,张勇,何利,等.超高性能混凝土(UHPC)幕墙施工工艺研究[J].城市建筑,2025,22(18):182-185.
- [6]王锁,李绍龙,谢钦建.钢-超高性能混凝土组合梁在高速公路跨线桥梁中的设计与应用研究[J].工程建设与设计,2025,(15):77-79.
- [7]刘荆泉,郭玉才,王绳武.超高性能混凝土在旧桥改建加固施工中的应用研究[J].工程机械与维修,2025,(08):49-51.
- [8]史华伟.超高性能混凝土(UHPC)在桥梁全预制拼装施工中的应用[J].建筑技术开发,2021,48(18):101-103.