

无配筋超高延性混凝土性能及在建筑施工中运用研究

——以第十届中国花卉博览会花博园场馆为例

Research on Properties of Unreinforced Ultra-high Ductility Concrete and Its Application in Building Construction

—Taking the 10th China Flower Expo as an Example

包胜东

Shengdong Bao

上海建工集团股份有限公司 中国·上海 200000

Shanghai Construction Engineering Group Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

摘要: 现阶段, 工程建设的过程中对混凝土的性能有了更高的要求, 超高延性混凝土具有韧性高、耐久性强以及抗裂性能良好等特点, 因而在建筑工程中可以进行广泛的应用。在抗震要求高、耐腐蚀性能强等建筑要求中具有更高的经济价值和社会价值。因此, 论文从超高延性混凝土含义入手, 深入分析了超高延性混凝土的材料特性与施工方法, 就超高延性混凝土性能进行展开分析, 以第十届中国花卉博览会花博园场馆为例, 对无配筋超高延性混凝土在建筑施工中应用进一步探究, 旨在为提高建筑质量和建筑水平提供参考依据。

Abstract: At this stage, there are higher requirements for the performance of concrete in the process of engineering construction. Ultra-high ductility concrete has the characteristics of high toughness, strong durability and good crack resistance, so it can be widely used in construction projects. It has higher economic and social value in building requirements such as high seismic requirements and strong corrosion resistance. Therefore, starting with the meaning of ultra-high ductility concrete, this paper deeply analyzes the material characteristics and construction methods of ultra-high ductility concrete, analyzes the performance of ultra-high ductility concrete, and further explores the application of unreinforced ultra-high ductility concrete in building construction by taking the flower expo venue of the 10th China Flower Expo as an example, the purpose is to provide reference basis for improving building quality and building level.

关键词: 超高延性混凝土; 混凝土; 建筑施工

Keywords: ultra-high ductility concrete; concrete; building construction

DOI: 10.12346/etr.v4i5.5616

1 引言

超高延性混凝土能够实现快速施工的目的, 将其与3D打印模板打印等新型工艺有效融合, 有助于提升模板的快速施工。因此, 应重视超高延性混凝土在建筑施工中的应用, 促进建筑行业的健康、可持续发展。

2 超高延性混凝土含义

2.1 材料特性

超高延性混凝土由骨料、外加剂、胶凝材料以及掺合料共同构成。将纤维和料粉进行充分的搅拌, 进而最大程度地

提高混凝土的强度和韧性。具有高抗裂性以及耐损伤力, 相较于普通的混凝土, 其变形能力比普通混凝土多200倍。通常情况下, 混凝土的结构性能劣化速度受到水、二氧化碳以及氯离子等因素影响。当混凝土出现裂缝后, 如果未能对有害物质进行有效控制阻止有害物质入侵, 则容易造成混凝土结构受损, 降低建筑的功能性。将纤维加入混凝土中能够有效阻止有害裂缝的扩大, 避免混凝土发生开裂问题, 进一步降低温度的裂缝程度, 最大程度提升混凝土的抗冻、抗碳化以及耐磨能力, 有助于提升混凝土的弯曲强度, 当混凝土发生压破时能够表现出裂而不破的特性。相较于普通的混凝土

【作者简介】包胜东(1983-), 男, 中国上海人, 助理工程师、一级建造师, 从事工程技术研究。

土, 超高延性混凝土能够有效转变抗拉强度、韧性差等问题, 同时能够进一步提升抗疲劳性能、抗变形能力以及抗收缩变形能力。在实际的施工过程中不需要进行使用面的钻孔和绑扎钢筋, 从而防止对建筑造成整体性的破坏问题, 提升建筑主体结构的使用耐性和冲击损伤力。合理配置资源的基础上, 有效节约资源, 提升建筑的科学性和合理性。

2.2 施工方法

施工方式主要分为四个方面: 第一, 基层材料的有效处理。将墙面的装饰进行有效清除, 将水平缝与竖向的灰缝清理干净, 去除浮灰。第二, 现场配置。对水的用量进行有效控制, 将纤维和料粉依据比例进行充分搅拌, 使其处于均匀, 当无任何聚团时停止搅拌。第三, 施工, 将墙面润湿, 等到墙面润湿后并无明显的水痕后进行涂抹压制, 若设计的涂抹厚度较厚的情况下, 可依据实际进行分层的涂抹。第四, 养护。当抹面施工完成后, 需要在超高延性混凝土终凝后进行有效的保湿和养护, 确保养护时间大于 7 天^[1]。

3 超高延性混凝土性能分析

不同地区的超高延性混凝土性能与耐久性并不相同, 通过实际的研究得出, 超高延性混凝土拥有较为明显的应变硬化特点, 应变甚至可以超过几个百分点。例如, 在进行高强度的混凝土当中其断裂能力相较于普通的纤维强度材料要高出多倍。除此之外, 拥有较强的细化裂缝宽度的能力, 在结构强度、延性、变形能力以及破坏承载力等方面表现良好。为确保超高延性混凝土的技术能够得到广泛应用, 相关产业链能够得到高质量的整合, 进一步提升科研的管理效率, 实现技术的应用与转化, 将超高延性混凝土专用纤维逐渐国产化, 同时无论是砌体材料的准备还是加固构件, 都进行了深入的研究与调研, 使得砌体剪力墙的连梁、底部加热塑性钢板、梁柱结构点以及转换柱式大梁全部应用的是高延性新型混凝土材料。除此之外, 在超高延性混凝土加固结构以及钢结构构件等方面均获得了较大的技术性突破。通常情况下, 钢筋混凝土材料容易发生墙体变形适应力不足以及具有脆性等特点, 极易发生钢筋混凝土中连梁、剪力墙以及框架柱等结构出现剪切面的破坏问题, 使得墙体结构受损, 导致墙体发生倒塌等现象。因此, 针对上述问题进行了深入的研究, 深入发掘延性钢筋剪切面破坏机理、非线性应力分析、受延性剪力承载力以及延性破坏机理的原因, 从而有效提升超高延性钢筋混凝土在建筑工程中的广泛应用。

4 无配筋超高延性混凝土在建筑施工中的应用实例分析

此次项目名称为第十届中国花卉博览会花博园场馆, 主要包括世纪场馆、复兴场馆以及竹藤场馆三个场馆。

4.1 工程概况

第十届中国花卉博览会花博园场馆中世纪场馆、复兴场馆以及竹藤场馆三个场馆的开工时间 2019 年 12 月, 竣工时

间为 2021 年 4 月。本次项目项目规模为: 复兴馆的建设地址位于花卉博览会花博园的主展区内, 具体位置在大花核心的中心主轴线靠近北区的位置。复兴馆是一个单层的中型展览馆, 其建筑面积为 36366m²。其中, 分为地上三层、地下一层, 地下室占地面积为 874m², 并深埋于地下 5.15m。场馆的屋顶屋面高度在 10m 至 16m 之间, 局部为 12m 至 18m 之间。场馆的上部采用钢框架结构。世纪馆的建设地址位于花卉博览会花博园的主展区内, 具体位置在大花核心的中心主轴线靠近南区的位置, 世纪馆的总用地面积为 50635m², 而建筑面积为 11794m²。包括地上一层, 无地下室。建筑总体为连续的曲面混凝土壳结构, 建筑的最高点距离地面有 15m 高, 整体建筑形式为钻孔灌注桩和条形基础构成。竹藤管的总用地面积为 10000m², 建筑总面积为 400m²。包括地下一层和地下半层, 地上为剪力墙结构, 地下最高处距离地面有 14.5m 高。基础形式以天然基础为主, 地下室的外墙则采用的是天然条形基础。第十届中国花卉博览会花博园场馆的世纪场馆、复兴场馆以及竹藤场馆三个场馆的总造价为 5 亿元。

4.2 工程难点

在本次项目工程中, 存在施工难点主要在于: 三个场馆中的竹藤馆是一个半地下的景观小品式建筑, 该场馆的用地面积为 10000m², 建筑面积为 400m², 建筑的总高度为 16m。建筑的顶部所采用的是仿竹藤编织的方式, 呈现出空间曲面不锈钢的网格结构。该场馆的主要功能区是为花博会承担相应的展示功能, 同时, 竹藤管也是中国竹藤协会的特定展馆, 因而展示意义也更重。为达到环保等艺术效果, 建筑师采用的是空间曲面混凝土结构, 将空间壳体芯模当作喷射混凝土模板层, 充分发挥其保温作用。需要在空间曲面造型的基础上利用 3D 打印技术进行具体的芯模施工。以 3D 打印模板的特性为基础, 对喷射混凝土以及无配筋超高延性混凝土当作主体结构墙体材料的可行性和有效性进一步进行了探索^[2]。

4.3 解决方案

本次工程中, 采用了超高延性混凝土材料。超高延性混凝土材料在实际的应用前进行了充分的论证和模拟试验的同时进行了多次的局部样板负载试验, 依据得出的试验数据进行充分的验证后, 得出无配筋超高延性混凝土材料具有较高的可行性, 且超高延性混凝土材料的技术简单, 风险较低。超高延性混凝土材料不会对社会造成任何负面影响。除此之外, 无配筋超高延性混凝土材料在应用前已做好充分的论证工作, 确保投入成本符合实际的要求。无配筋超高延性混凝土材料能够最大程度节省资源和施工工序, 更能满足绿色节能的现代化要求, 提高了现场的施工效率和施工质量。

在进行超高延性混凝土材料的选择中, 主要从以下几个方面入手: 第一, 降低混凝土材料的开裂风险。在施工过程中, 喷射混凝土作业面积为 410m², 由于面积较大, 因而容易提高开裂的风险性。超高延性混凝土材料的有效应用则能

够尽量减少工程开裂的风险。第二,节省材料、降低厚度的同时提高建筑的轻薄感。无配筋超高延性混凝土材料无论是性能还是应用效果都远远的超过了普通的C25混凝土。因此,超高延性混凝土材料的有效应用能够降低建筑结构的厚度,达到节省材料的目的。通过仔细的测量与技术,当厚度减轻一半后,超高延性混凝土材料费用和150mm厚度的C25普通喷射混凝土基本相同。第三,实现无配建造。超高延性混凝土材料具有较高的无筋建造能力,在应用过程中,能够最大程度简化工艺、提高施工质量和施工水平,成为新的技术类型。

3D打印拼装在进行架子搭设和高度控制方面具有较高的难度,在该项目中主要依据模型分为五个等分,并选取了五个标高点,架体根据五个标高点进行搭设,当搭设完成后,为保证架体的安全和稳定,在满足施工标准的基础上,进行了模板封顶高度的校准工作。无配筋超高延性混凝土在进行配比的过程中,依据现场的实际温度进行了适当的调整,其厚度主要是依据预先的固定角码进行有效的控制。在施工现场采用的是多机械搅拌,将喷射样板进行提前试验,确保能够进行多层喷射,保证在实际操作中混凝土不会下滑。通过试验能够得出有效的配合比和喷射厚度。网格的布置需要依据角码厚度进行合理的控制。该场馆主要是应用了喷射混凝土以及3D打印模板的新型数字建造施工工艺。为确保异形拱形的结构能够成型,利用3D打印模板打印技术和喷射混凝土相结合的工艺,提高异形拱形结构的精确性。作为高精度、高质量的3D打印模板打印技术,具有重量轻等优势,能够实现模板的高效、快速搭建,使得主体结构能够和装饰一体化,提高工艺的精细化水平。除此之外,3D打印模板打印技术在完成相应的模板功能后,能够将其保留下来进行主体内室的装饰和造型,提高资源的利用效率的同时,满足绿色环保等要求^[3]。

4.4 结果分析

在进行竹藤馆的施工过程中,本次项目的设计和展厅结构均得到了各方的认可,为后期的类似项目提供了大量的经验和支撑,对提高企业经济效益和知名度有着积极的作用。同时超高延性混凝土的有效应用,对建筑的发展起到了积极的促进作用。3D打印模板打印技术的拼装难点主要是架子的合理搭设与高度的有效控制,因此,无配筋超高延性混凝土在建筑的实际应用中仍面临一定的困难和问题,所以,需要不断提高技术水平,保证施工质量满足施工要求^[4]。

5 超高延性混凝土应用

5.1 抗震应用

由于中国各地区的经济和社会条件并不相同,现阶段部分地区的抗震工程仍与国家标准设计要求的钢筋砌体结构不相符。因此,为进一步提升不同砌体建筑结构的抗震性能,首先应对不同砌体墙面进行抗震结构的加固分析工作,明确技术方案,其技术加固通常包括植筋、外包型钢、外贴钢板、深层裂缝灌浆加固以及混凝土砂浆面层抗震加固

等。上述加固技术能够有效提高建筑构件的抗震性能,但同时,也存在一定的弊端,即受到工程造价、环境、材料以及具体施工工艺的影响,效果一般。因此,可以采用超高延性混凝土加固建筑的方式,其优势较为明显,不仅施工方面,且构造保护措施相对简单,能够最大程度上缩短工期,对环境等要求较低,同时能够确保工程施工质量符合标准,符合建筑施工需求。除此之外,超高延性混凝土还能够有效地应用到文物的保护与修缮中,能够使其发挥较高的力学性能,改变以往建筑整体抗震能力差、抗震破坏能力低等问题。对现有的砌体结构整体性进行重新整合,提高抗震能力,避免砌体结构受到较大的地震损害引发较大的倒塌和破坏问题,减少因地震带来的建筑修复与维护成本。

5.2 大型建筑结构加固

超高延性混凝土的优势在于能够有效地将水泥优势特点进行融合,进而不断提高自身的韧性与耐腐蚀性。现阶段,超高延性混凝土广泛应用于连梁加固以及大型的工程建筑结构中,达到良好的效果。其中,大型建筑主要包括高层建筑墙连梁修复、大坝、桥面以及地下隧道的结构修复。利用拟静态应力分析的方式对以往的高延性混凝土建筑面层墙体加固试验,得出超高延性混凝土墙体面层加固能够最大程度降低堆砌墙的开裂程度,避免遭到应力的破坏,有效提升面层墙体的抗延伸性与墙体的耗能处理,提高原有砖石堆砌与墙体的面层脆性与抗破坏性。所以,超高延性混凝土的加固方式对砖墙两侧的加固具有较高的经济价值和社会价值。除此之外,超高延性混凝土能够有效地应用于伸缩缝、混凝土裂缝的铺装、钢结构桥面裂缝铺装等施工中,有助于提升建筑施工的修复能力,延长建筑的使用寿命,提升建筑耐久能力^[5]。

6 结论

总而言之,经济的高质量发展、建筑行业的现代化水平也不断提升,建筑行业的健康发展对其质量有了更高的要求。为最大程度满足建筑工程的施工要求,进一步提升国家经济发展质量水平,需要提高对超高延性混凝土的重视程度。使其能够广泛地应用到建筑工程建设过程中,科学、合理的改善工程质量。促进行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 罗霞,韦建刚,韩金鹏,等.高强钢管超高性能混凝土短柱偏压性能试验研究[J].建筑结构学报,2021,42(S2):271-277.
- [2] 刘沐宇,邱傲,张强.预应力轻质超高性能混凝土(LUHPC)梁抗弯性能试验[J].武汉理工大学学报,2021,43(9):13-19.
- [3] 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.
- [4] 张信龙,陈勇,刘庆东,等.配筋方钢管混凝土短柱受压试验和承载力计算[J].混凝土,2020(12):11-14+20.
- [5] 陈贵华.中山某楼盘无梁楼盖坍塌的原因及优化策略分析[J].住宅与房地产,2019(12):159+178.