

钢-混组合梁桥面铺装 UHPC 施工要点研究

苏凯¹, 杨媛媛², 程斌³, 何昌轩⁴, 许严²

[1.上海城投研究总院,上海市 200030;2.上海城投公路投资(集团)有限公司,上海市 200335;3.上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院,上海市 200240;4.上海市市政规划设计研究院,上海市 200031]

摘要: 现有研究表明:UHPC 可有效提升钢-混凝土组合梁负弯矩区桥面板抗拉能力,提高抗裂性能与刚度,但其工程应用研究较少,实践性成果不足。因此,以济阳路快速化改建工程项目为载体,将 UHPC 应用到钢-混凝土组合梁桥面板负弯矩区,归纳包括现场搅拌、浇筑和养护等环节在内的 UHPC 桥面铺装的施工技术要点,其应用效果良好,验证了相关理论研究成果的科学性与可靠性。

关键词: UHPC;钢-混组合梁;桥面铺装;济阳路;快速化改建;施工技术

中图分类号: U443.33

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)04-0167-03

0 引言

作为一种新型的结构型式,钢-混凝土组合梁兼具了钢结构和混凝土结构的优点,不仅减轻了结构的自重与截面尺寸,而且减少了钢材用量,增大结构刚度、稳定性和整体性。但是该结构由于上部混凝土桥面板受拉,下部钢梁受压,容易导致负弯矩区上部混凝土板开裂、钢主梁局部失稳、耐久性降低等问题。

因此,国内相关人员研究采用具有超高抗压强度、超高韧性、超长耐久性等特点的超高性能混凝土(Ultra-High Performance Concrete,简称 UHPC),代替传统普通混凝土,尝试控制负弯矩区混凝土面板所存在的问题。通过采用试验结合有限元分析的方式,理论研究结果表明 UHPC 可以提高负弯矩区桥面板抗拉能力^[1]、有效抑制桥面板开裂^[2]、显著提高抗裂性能与刚度^[3]、提高初裂应力^[4]等。为此,课题组在前述理论研究成果的基础上,以城市高架快速路工程为载体,应用、研究并分析了 UHPC 在钢-混凝土组合梁桥面板负弯矩区的施工技术要点及效果,为国内同行者在钢-混凝土组合梁桥面铺装领域推广应用 UHPC 提供参考与借鉴。

1 工程简介

该课题研究的载体为上海市重点建设项目—济

阳路(卢浦大桥—闵行区界)快速化改建工程,北起卢浦大桥,南至闵行区界,全长约 7.1 km,如图 1(a)所示,在主线高架跨越川杨河节点处的钢-混凝土组合梁桥面板负弯矩区应用 UHPC,如图 1(b)所示。



(a)工程位置

(b)浇筑区

图 1 UHPC 应用位置

东西两幅各两块,每块顺桥向长 30 m,如图 2 所示,单幅共 60 m,全桥 120 m;如图 3 所示,横桥向宽 11.25 m,浇筑厚度为 60 mm;单幅区浇筑方量为 44.1 m³,全桥浇筑方量为 88.2 m³。

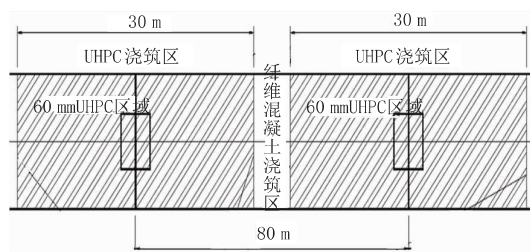


图 2 负弯矩区应用 UHPC 平面图

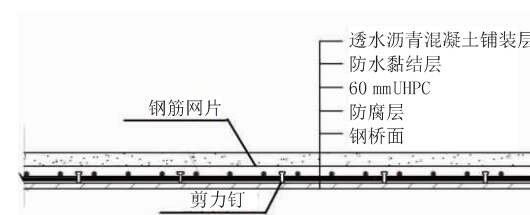


图 3 负弯矩区应用 UHPC 断面图

收稿日期: 2020-09-16

作者简介: 苏凯(1977—),男,博士,高级工程师,从事道路、机场、桥梁工程研究和建设管理工作。

2 施工要点

2.1 施工流程

UHPC 的施工工艺流程主要包括搅拌、浇筑和养护三个部分,如图 4 所示。

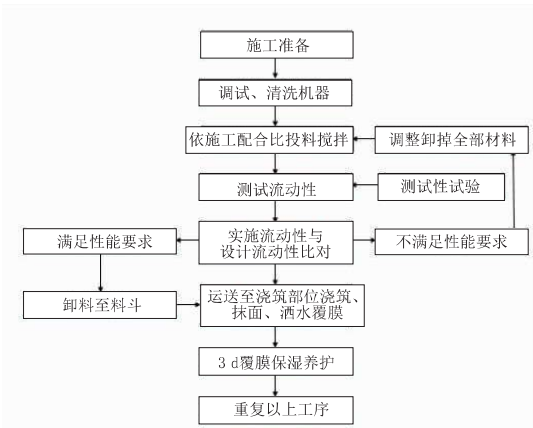


图 4 UHPC 施工流程图

2.2 施工材料与设备

(1)材料

该项目所使用的 UHPC 材料为某国产工厂预拌形成的干混料,按表 1 所列配比与钢纤维、水拌合。按照《超高性能混凝土预混料产品检验和试验规程》(T/CBMF96—2020/T/CCPA20—2020)进行 UHPC 拌合料质量验收,验收指标包括坍落度和扩展度。

表 1 UHPC 配合比

方量 / m ³	干混料	钢纤维 / kg	水 / kg
1	2185	195	192.3

(2)设备

施工设备主要包括强制式搅拌机、高频振捣棒、转运料斗、整平等,详见表 2。

表 2 施工设备表

序号	设备、工具	规格	备注
1	强制式搅拌机	JS1000	
2	汽车吊机	25 t、30 m	
3	整平机 / m	11.25	
4	转运料斗 / m ³	1	
5	空气压缩机及气枪		清理模具
6	混凝土坍落度、扩展度测试仪器		
7	养护膜、保温土工布		按面积计算
8	叉车	3T	2 台
9	覆膜机		1 台

2.3 高性能混凝土的搅拌

正式浇筑 UHPC 前,需要经过试拌合、指标验收、调整后拌合(或正式拌合)等施工步骤。

(1)试拌合

干混料投料前需用清水润湿搅拌机搅拌仓,排尽余水后投入预混料。预混料采用计量包装,人工配合叉车,吊起吨包袋,投入提升料斗,由提升料斗送入搅拌机搅拌仓,如图 5(a)所示,搅拌 1 min;然后加入钢纤维,如图 5(b)所示,干混合 5~8 min;之后再加水,如图 5(c)所示,湿混合 5~8 min。



图 5 初拌合过程

搅拌完成后,卸料至转运料斗中。拌合物放料之前,对拌合物取样观察状态,若拌合物流动性偏小,可补加外加剂用量并延长 1 min 搅拌时间,若仍无法调整至适合状态或拌合物流动性过大,出现离析,作废料处理。

(2)指标验证

如图 6(a)所示,进行放料,并开展坍落度和扩展度指标检测验证,当坍落度 ≥ 250 mm(见图 6(b)),扩展度 ≥ 650 mm 时(如图 6(c)所示),可进行拌合料浇筑。否则需要调整配合比,并按照初拌合施工流程重复进行拌合,直至拌合料坍落度和扩展度指标符合要求。与此同时,现场取样制作试块,开展拌合物的 28 d 抗压强度、抗折强度、弹性模量、抗拉强度等性能指标检测试验。经现场检测,第一盘试拌合料的坍落度和扩展度分别为 285 mm 和 725 mm,流动性与施工性符合要求,则按前述施工方案正常拌合 UHPC。



图 6 放料与检测

2.4 高性能混凝土的浇筑

在拌合料坍落度与扩展度指标验收合格的前提下,如图 7(a)所示,采用整平机开展浇筑施工。

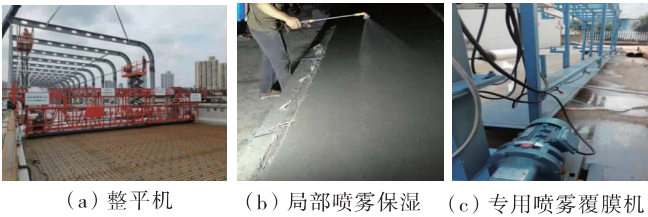


图 7 UHPC 浇筑施工

- (1)浇筑开始后,根据现场的搅拌量控制浇筑速度,确保连续浇筑,浇筑间隔不大于浇筑时 UHPC 表面的结皮时间(根据现场天气状况测算);
- (2)结合桥宽及搅拌效率,浇筑后应及时行驶整平机并及时收面、喷雾如图 7(b)所示、覆膜如图 7(c)所示,防止表面结皮,影响与防水黏结层的黏结质量效果;
- (3)专人收面已浇筑完成 UHPC 表面少量褶皱部位及整平机两端,紧接着喷雾覆膜养护。

以上各步骤紧密衔接不得等全部完成后再进行后续覆膜作业。

考虑该 UHPC 浇筑后在喷雾保湿的条件下表面约 30 min 内(具体时长当时天气条件确定)会产生结皮现象,故在整平完成后立即进行收面作业,特别是对局部褶皱起皮部位应进行带水收面。由于整平机作业后施工人员不能直接进入作业面开展收面、局部区域补料等工作,定制的覆膜机上带有操作平台,以保护 UHPC 表面,方便施工人员操作。鉴于该工程为夏季施工,高温、多雨、大风天气频现,因此,UHPC 施工时间窗口选择风力小于 6 级、无降水的早上和晚上进行。

2.5 UHPC 养护

浇筑过程中应边浇筑、边进行抹面收光和洒水覆膜养护作业,每个工序步骤应紧接进行。覆膜养护紧跟前一工序抹面和洒水养护,养护膜带水紧贴混凝土浇筑面,可更好的确保护养质量。

在施工完毕后,覆膜保湿养护 3 d,并封闭作业面。养护期间加强巡查,确保护养到位,由于天气炎热,水分蒸发速度快,故加强了补水频次。同时养护期间严禁人员、机械进入踩踏、碾压,避免在施工面堆放物件。3 d 养护完成后进入防水黏结层施工作业工序。

3 施工效果

待完成桥面 UHPC 养护后,揭去覆膜,经外观检查,未发现裂缝、气泡、纱线等外观质量问题,且 UHPC 试块的 28 d 各项指标均达到标准^[5]和设计要求。并开展防水黏结层和透水沥青混凝土施工,如图 8(a)、(b)所示。

表 3 见证取样 UHPC 的 28d 检测结果 单位:MPa		
检测项目	标准值	实测值
抗压强度	≥120	144.9
抗折强度	≥14	26.8
弹性模量	≥45 000	5 0000
抗拉强度	≥5	9.61



图 8 防水黏结层与透水沥青混凝土施工

4 结 语

本文以钢-混凝土叠合梁 UHPC 桥面铺装实体工程为研究载体,介绍包括搅拌、浇筑和养护等环节在内的 UHPC 施工技术要点,可知配合比设计与验证、指标检测、浇筑整平与喷雾保湿和覆膜养护间的衔接是做好 UHPC 施工质量控制的关键。

从应用结果来看(该课题对应的高架改建区段在 2020 年 9 月 30 日完工),项目服役至今近半年来,未出现任何病害及微细裂缝,证明相关理论研究成果的科学性。

参考文献:

[1] 张洪祥.钢-混组合连续梁桥负弯矩区的 UHPC 应用研究[D].重庆:重庆交通大学,2019.

[2] 刘新华,周聪,张建仁,等.钢-UHPC 组合梁负弯矩区受力性能试验[J].中国公路学报,2020,33(5):110-121.

[3] 张阳,党祺,穆程.UHPC 加固箱梁顶板受弯性能试验研究[J].湖南大学学报(自然科学版)2017,44(3):8-18.

[4] 李文超.钢混组合结构装配式 UHPC 桥面板接缝构造与力学性能研究[D].南京:东南大学,2018.

[5] T/CECS10107—2020,超高性能混凝土(UHPC)技术要求[S].