

超高性能混凝土在嘉兴市快速路环线工程中的规模化应用

王忠飞¹, 刘晓奎²

[1. 上海公路桥梁(集团)有限公司, 上海市 200433; 2. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 嘉兴市快速路环线工程采用超高性能混凝土(UHPC)作为小箱梁和T梁的湿接缝,减少了现场焊接作业量;部分节点采用大跨径钢-UHPC连续组合梁方案,减轻了上部结构重量和基础规模,且钢-UHPC组合桥面结构可避免传统钢桥面的疲劳和开裂问题,有效加快现场施工速度,提高结构耐久性。UHPC在嘉兴市市区快速路环线工程中的规模化应用,将进一步推动预制拼装技术在城市桥梁工程中的应用和发展。

关键词: 超高性能混凝土;小箱梁;湿接缝;钢-UHPC组合梁;预制拼装

中图分类号: U444;TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)12-0347-04

Large-Scale Application of Ultra-High Performance Concrete in Jiaxing Urban Expressway Loop Project

WANG Zhongfei¹, LIU Xiaoluan²

[1. Shanghai Road and Bridge (Group) Co., Ltd., Shanghai 200433, China; 2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: The ultra-high performance concrete (UHPC) is used for the wet joint of the small box beam and T beam in the Jiaxing Urban Expressway Loop Project, which reduces the workload of welding on site. The scheme of long-span steel - UHPC continuous composite beam is adopted for the partial nodes, which reduces the superstructure weight and foundation scale. The steel - UHPC composite bridge deck structure can avoid the fatigue and cracking problems of traditional steel bridge deck, which effectively accelerates the on-site construction speed and improves the structural durability. The large-scale application of UHPC in the Jiaxing Urban Expressway Loop Project will further promote the application and development of prefabrication and assembly technology in the urban bridge engineering.

Keywords: ultra-high performance concrete (UHPC); small box beam; wet joint; steel-UHPC composite beam; prefabrication and assembly

0 引言

预制小箱梁目前在国内装配式桥梁工程中应用广泛,其截面抗扭强度和抗弯强度较大,跨径适用范围较大,采用工厂化预制、现场吊装,通过现浇湿接缝连接成整体,对变宽段桥面适应性较强^[1]。常规小箱梁湿接缝钢筋采用环形箍筋与预制梁外伸钢筋焊接连接,当工程线路较长时,现场焊接工作量巨大。

传统小箱梁湿接缝施工现场见图1。

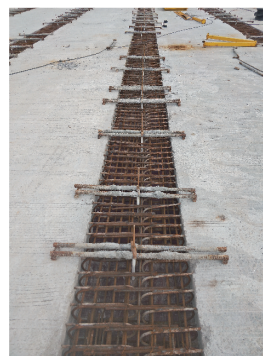


图1 传统小箱梁湿接缝施工现场

超高性能混凝土(UHPC)在国内桥梁工程中也获得广泛应用。UHPC黏结强度高、与钢筋之间的握裹性好,在免振捣的情况下能实现自密实,具有超高韧性和耐久性,特别适用于小箱梁湿接缝的快速化施工^[1-3]。钢-UHPC组合梁利用UHPC优异的抗拉性

收稿日期: 2024-04-10

作者简介: 王忠飞(1977—),女,学士,工程师,从事道路桥梁施工管理工作。

通信作者: 刘晓奎(1982—),男,博士,高级工程师,从事桥梁设计工作。电子邮箱: liuxiaoluan@smedi.com

能来减轻上部结构重量和基础规模,而钢-UHPC组合桥面板能显著提高正交异性钢桥面板的局部刚度,降低钢桥面板的轮载应力,避免普通钢桥面的疲劳开裂问题^[4]。UHPC还用于预制装配式桥梁下部结构的拼装连接,包括桥墩与盖梁、桥墩与承台的连接等,相比其他连接构造如预应力筋连接、承插式连接、插槽式连接、灌浆金属波纹管连接、灌浆套筒连接等,其施工更加便捷^[5]。

嘉兴市市区快速路环线工程在小箱梁和T梁湿接缝、钢-UHPC组合梁、组合桥面板和预制拼装桥墩设计施工中,充分发挥UHPC材料高强、高延性、早强、耐久和自流平等诸多优点,使预制拼装技术更加高效、可靠、节能、环保。

1 工程概况

嘉兴市市区快速路环线工程,全长约28.67 km,主线高架上部结构100%采用预制装配结构,标准跨采用预应力混凝土小箱梁,跨越较宽河道时采用钢-UHPC连续组合梁结构。标准段预制小箱梁横断面、钢-UHPC组合梁支点横断面见图2、图3。

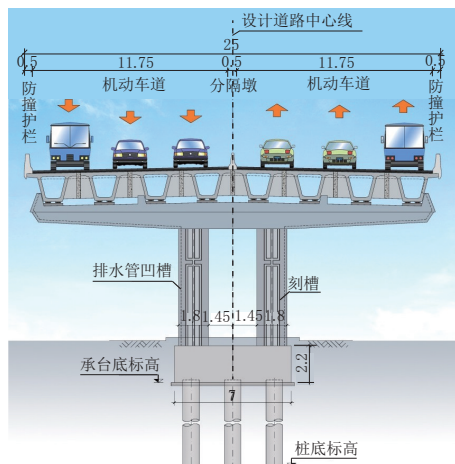


图2 标准段预制小箱梁横断面(单位:m)

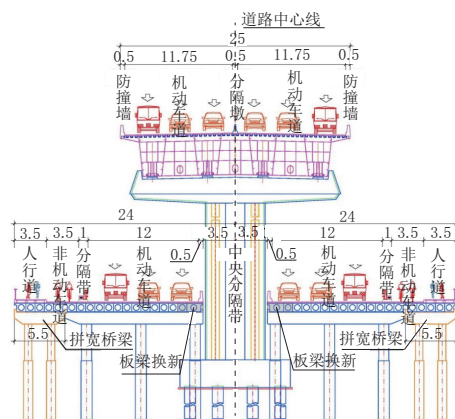


图3 钢-UHPC组合梁支点横断面(单位:m)

2 小箱梁UHPC湿接缝

2.1 结构布置

预制小箱梁采用结构简支、桥面板连续结构体系,标准跨径30 m,梁高1.7 m。小箱梁横桥向湿接缝和纵桥向T型接缝均采用UHPC进行连接(见图4)。接缝钢筋直接搭接连接,无需焊接,显著减少了现场作业量,加快了施工进度。

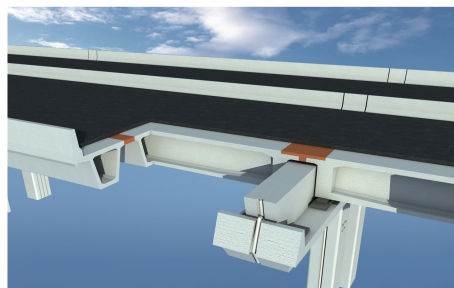


图4 UHPC接缝新型预制小箱梁结构

2.2 湿接缝构造

小箱梁纵桥向湿接缝是由预制小箱梁梁端桥面板外伸形成悬臂板,再由悬臂板的上部与端部预留现浇段形成T形接缝,然后现场浇筑UHPC将其连成整体构造而成。

小箱梁纵桥向湿接缝构造图见图5。

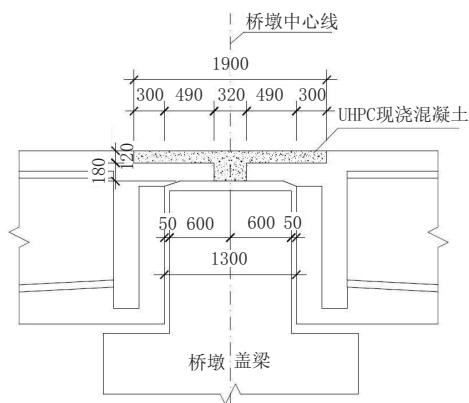


图5 小箱梁纵桥向湿接缝构造图(单位:mm)

小箱梁纵桥向湿接缝构造的优势主要体现在:

(1)高强早硬。28 d抗压强度可达到120 MPa;浇筑3 d后,其抗压强度可达80 MPa;浇筑1 d后,即可进行后续施工。

(2)对高架宽度适应能力强。UHPC湿接缝可用于不大于25 cm的窄接缝,与常规C50横向湿接缝宽度不大于40 cm的要求相比,UHPC湿接缝对高架桥变宽段适应能力更强。

(3)接缝钢筋无需焊接。UHPC与钢筋锚固性能好,接缝钢筋搭接连接,现场焊接作业量大量减少,节约施工工期(见图6)。



图6 小箱梁湿接缝 UHPC 施工

3 T 梁 UHPC 湿接缝

快速路高架地面辅道涉及众多地面老桥改建,结合老桥总体布置、结构形式和健康状况等,地面老桥改建方案主要有 3 种方式:拆除新建、老桥改建、老桥利用。

以长纤桥为例,老桥上部结构采用预应力 T 梁,跨径有 20、35 m 2 种,梁高分别为 1.3、2.0 m。其改建方案为老桥下部结构利用、上部结构部分 T 梁抽换,新建 T 梁与老桥 T 梁通过湿接缝预留钢筋连接,T 梁湿接缝采用 UHPC。因此无需振捣,现场作业量显著减少,施工便捷。

T 梁 UHPC 湿接缝构造和现场施工照片见图 7。

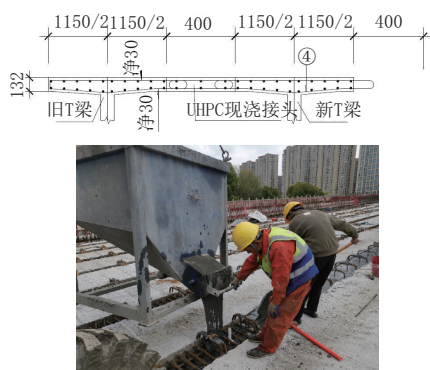


图7 T 梁 UHPC 湿接缝构造和现场施工照片(单位:mm)

4 钢-UHPC 组合梁

4.1 组合梁结构方案

嘉兴市快速路环线工程跨越京杭大运河时,涉及世界文化遗产保护,文保、水利和航道部门要求桥梁尽量 1 跨过河,结构造型简洁、朴素且施工便捷。通过对钢-UHPC 连续组合梁、悬臂浇筑预应力混凝土连续梁、悬臂浇筑波形钢腹板连续梁、系杆拱桥这 4 种方案,从经济性、施工方案、工期要求、抗震性能、景观要求等方面进行比选。结果表明,钢-UHPC 组合梁自重只有预应力混凝土连续梁的 1/3 左右,而两者单位面积造价相当,最终选择大跨径钢-UHPC

连续组合梁作为最终方案^[4]。

钢-UHPC 连续组合梁总体效果图见图 8。



图8 钢-UHPC 连续组合梁总体效果图

钢-UHPC 组合梁跨径布置为 65 m+95 m+65 m,采用变高箱形截面设计,支点梁高 5.8 m,跨中梁高 3.5 m,梁高按 2 次抛物线变化,支点横断面和跨中横断面见图 3 和图 9。

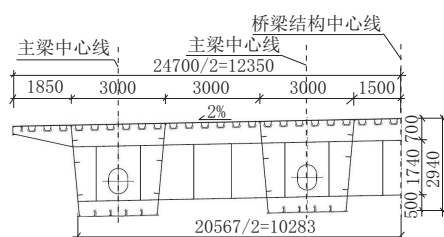


图9 钢-UHPC 连续组合梁跨中横断面(单位:mm)

UHPC 桥面板与钢梁顶板采用剪力钉连接,可以减轻上部结构重量和基础规模。钢梁采用工厂预制、现场拼装,现场焊缝少,施工速度快,主桥合龙后浇筑 UHPC 桥面板。该工程 UHPC 采用常温养护,其强度发展和致密性无需蒸汽养护,能大大加快施工进度。

4.2 组合桥面结构

该工程钢-UHPC 组合桥面板是在正交异性钢桥面上焊接剪力钉、铺设钢筋网、浇筑 6 cm UHPC 层形成钢-UHPC 组合桥面,再浇筑 40 mm 沥青铺装层(见图 10)。

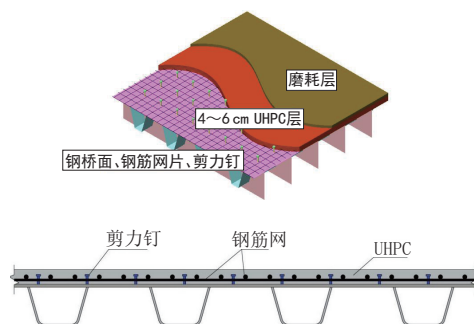


图10 钢-UHPC 组合桥面结构

钢-UHPC 组合桥面板由 12 mm 钢面板+160 mm (高度)U 肋+60 mm UHPC 层+40 mm 沥青铺装层组成,单位面积总重量为 404.6 kg/m²;传统正交异性钢桥面板由 20 mm 钢面板+270 mm (高度)U 肋+70 mm 桥面铺装组成,单位面积总重量为 403.7 kg/m²,两者基本一致。但是,钢-UHPC 组合桥面板可将传统钢

桥面的局部刚度提高30倍以上,桥面系构件的轮载应力降低50%以上,只有10 MPa左右,从而显著提高钢桥面的抗疲劳寿命^[6]。利用UHPC优异的抗拉性能并配置钢筋,中支点组合截面抗弯承载力和裂缝宽度均满足规范^[8]要求。

利用UHPC的超高强度、黏结性和抗渗性,沥青铺装层和钢桥面避免了直接接触,既提高了桥面刚度,减少了钢桥面和纵横肋应力,提高了钢桥面的抗疲劳寿命;又改善了沥青铺装层的工作条件,避免了普通钢桥面铺装开裂、车辙、拥包等病害^[7]。

5 下部结构预制拼装

快速路高架在部分交通敏感、受限区段采用UHPC连接预制墩柱方案。

采用UHPC作为立柱、盖梁及承台的接头材料,钢筋无需焊接,仅搭接连接,钢筋定位要求低,同时适用于束筋布置,施工快速(见图11)。预制墩柱与基础及预制盖梁之间需预留一定高度(预留高度需满足钢筋在UHPC中锚固长度要求,600 mm),构件安装定位后,通过灌注UHPC使立柱与基础及盖梁连为整体。

6 结 语

(1)嘉兴市市区快速路环线工程,采用UHPC作为小箱梁和T梁的湿接缝,使得现场钢筋焊接作业量大幅减少,有效加快了施工速度,减少了施工对环境和交通的影响。

(2)快速路高架在跨越京杭大运河时采用大跨径钢-UHPC连续组合梁方案,有效减轻了上部结构重量和基础规模,且钢-UHPC组合桥面板可避免传统钢桥面的疲劳和开裂问题,有效提高结构耐久性。高架桥梁部分区段采用UHPC连接桥墩和预制盖

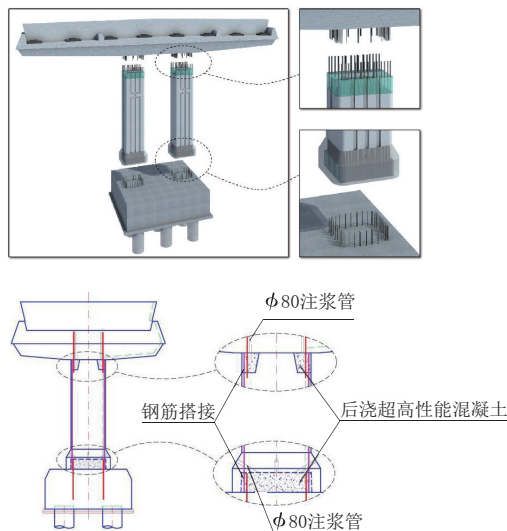


图11 UHPC墩柱连接方案

梁,钢筋定位方便,施工快捷。

(3)超高性能混凝土UHPC在嘉兴市市区快速路环线工程中的规模化应用,将进一步推动预制拼装技术在城市桥梁工程中的应用和发展。

参考文献:

- [1] 金增选.超高性能混凝土在宁波机场路南延工程中的规模化应用研究[J].城市道桥与防洪,2023(1):234-237.
- [2] 姜海西,沙丽新,管仲国.预制小箱梁桥新型桥面板接缝设计与工程应用[J].中国市政工程,2017(4):1-3.
- [3] 肖海波,史贤豪.预制小箱梁横向连接优化[J].城市道桥与防洪,2016(11):49-51.
- [4] 沈理斌,刘晓奎.钢-UHPC组合梁在大跨径桥梁中的设计与应用分析[J].城市道桥与防洪,2024(1):98-101.
- [5] 杨文武,蔡俊懿,柳欣荣,等.预制装配化桥梁技术发展及应用[J].广东公路交通,2019(5):67-73.
- [6] 刘晓奎,王青桥.UHPC-钢组合桥面板结构设计分析[J].城市道桥与防洪,2023(4):94-97.
- [7] 邵旭东,胡建华.钢-超高性能混凝土轻型组合桥梁结构[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [8] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].