

城市桥梁全预制装配设计与施工技术研究

刘 鑫

(上海浦东工程建设管理有限公司,上海市 201210)

摘 要: 随着对标准化、工业化、快速化的呼声不断增加,对施工期间交通组织的要求不断提高,促使需要对如何提高预制装配率进行进一步研究。回顾预制装配技术的发展过程,结合实际工程,总结城市桥梁常规的立柱和盖梁预制装配技术,提出大体积盖梁和承台预制装配的设计施工方案。

关键词: 城市桥梁;预制装配;快速施工;分片盖梁;预制承台

中图分类号: U442;U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0141-05

0 引 言

随着社会进步、经济发展和汽车的普及,许多城市现有交通设施已无法满足日益增长的交通流量需求。由于交通流量激增与现有道路通行能力不足的矛盾日益显著,所以城市道路快速化建设已经成为缓解城市通行压力的一种必然选择。在城市道路快速化建设中,采用高架桥梁的形式实现快速化可极大的节约稀缺的土地资源,多年来已经在许多城市的道路快速化建设中得到广泛应用。

然而传统的现浇施工方式,施工速度慢、占用场地多、施工期间将会加剧交通压力,同时对环境污染大,在城市新建和改建项目中已不再适用。近年来,国内许多城市已逐步探索、研究和应用预制装配技术,并逐渐形成了一套完整产业链。但目前较多的是实现了立柱和小体积盖梁的快速预制装配施工,对于承台预制和大体积盖梁的预制装配技术应用较少。

本文依托上海市某快速化施工桥梁工程,对常规的立柱和小体积盖梁预制装配技术进行总结,并对承台预制和大体量盖梁预制的设计与施工技术研究。

1 研究现状

预制装配技术最早起源于法国,法国 E.弗莱西奈在 1945—1948 年首先对预应力混凝土桥进行了预制装配施工,之后该技术在美国、欧洲以及日本等

国家都得到了大力发展和广泛应用^[1]。

我国于 20 世纪 60 年代开始进行预制装配技术的研究和应用,但发展初期,由于运输吊装设备较为落后,且当时对研究预制装配技术不具备迫切性,故发展较为缓慢,直到 90 年代,随着我国桥梁建设的飞速发展,尤其是在多座跨海大桥的建设中存在现浇施工无法解决的困难,促使了预制装配技术的发展和应^[2-4]。本世纪以来,依托于城市高架桥梁的大量建设、新材料新工艺的研发和运输吊装能力的不断提升,预制装配技术逐渐发展成为了城市内工程项目建设的主流。

上海是最早开展预制装配技术研究和运用的城市。迄今为止,上海市已经有一批桥梁工程应用了预制装配技术,如龙东大道(罗山路-G1501)改建工程、嘉闵高架路北二段、中环路内圈国定东路下匝道新建工程、S7 公路(S20-主线收费站)新建工程、S3 公路先期实施段新建工程等,均取得了良好的社会和经济效益。目前,预制装配技术使用越来越广泛,预制装配率越来越高。充分发挥了构件标准化、进度可控化、环境影响小的特性,提升了桥梁工程的施工工艺水准,提高了工程文明施工质量。

2 工程概况

上海市外环东段(龙东大道-华夏中路)交通功能提升工程位于上海市浦东新区唐镇,工程北起龙东大道,南至华夏中路,全长约 3.86 km。快速路主线均以高架桥梁的形式敷设,双向 8 车道规模,标准段采用整幅式断面,标准桥宽 34 m,部分区段采用分幅式断面,单幅桥宽 17 m,设计速度均为 80 km/h。桥梁标

收稿日期:2022-12-15

作者简介:刘鑫(1982—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁工程技术管理和研究工作。

准上部结构为小箱梁,标准下部结构为预应力混凝土大挑臂盖梁,双柱式桥墩,承台和群桩基础。

由于现状外环线为上海交通命脉,施工期间仍需保证双向8车道的交通规模,对施工场地,施工速度要求极高。故本工程施工采用了全预制装配技术,立柱、盖梁、上部结构均为预制装配。同时结合本工程的特点,对部分承台试点采用预制装配工艺,同时提出了大体积盖梁的分片式施工工艺。

3 装配式立柱设计与施工工艺

装配式立柱是目前在城市桥梁预制装配式施工中最为广泛运用的技术。

设计方面,其关键点主要在于立柱与承台、立柱与盖梁和分节立柱之间的连接方式^[5-6],常用的设计方案有灌浆套筒连接、灌浆波纹管连接和采用超高性能混凝土的承插式连接等,根据多个工程的实际施工经验,采用灌浆套筒的连接方式施工简便、施工质量稳定、连接可靠,从而应用最为广泛。

施工方面,目前上海地区各大预制厂由于预制设备高度的限制,单节最大立柱高度需控制在14 m以下,运输重量控制在125 t以下。施工中在立柱和承台、分节立柱之间以及立柱和盖梁之间设置2 cm砂浆垫层并放置调节垫块用以标高调节和接触面匹配。考虑到立柱底受力大,且立柱和承台的连接位置为隐蔽工程,故在立柱四周设置包脚混凝土以便提高该接缝的耐久性。对于套筒灌浆施工工艺,采用注浆管压浆,出浆管冒浆的方式,确保灌浆密实。

4 装配式盖梁设计与施工工艺

上海市道路大件运输能力限制单件预制构件的重量不得超过250 t,对于常规双向6车道及以下规模的高架桥梁和匝道桥梁的盖梁一般均能控制至250 t以下,从而实现整体运输和整体吊装。

然而,该工程标准段为双向8车道规模,桥宽34 m,同时存在较多的门架段,单个盖梁的重量均远超250 t,必须采用盖梁分段的模式,并在现场进行拼装。

常规分段盖梁可采用的方式有现场设置临时支架,盖梁分段架设后现浇湿接缝的方式(见图1)或盖梁悬臂段采用环氧树脂胶干拼的方式(见图2),但该工程施工期间需保证双向8车道规模,无现场设置临时支架的条件,同时由于该工程门架盖梁多,“干拼盖梁”又无法适用于门架,故急需研究一种既无需

设置临时支架,又可适用于门架盖梁的盖梁分段预制拼装技术。

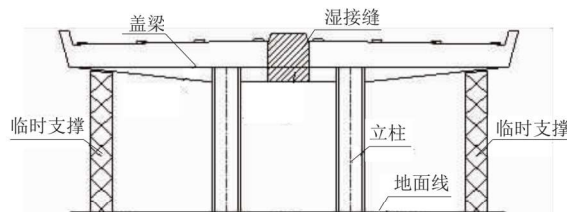


图1 常规分段式盖梁方案示意图

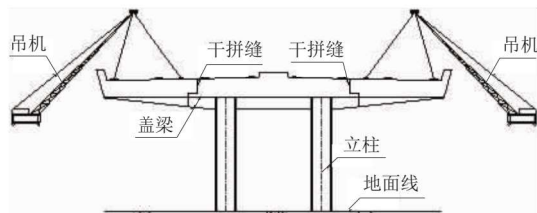


图2 常规干拼式盖梁方案示意图

基于以上难点,本工程研究采用了纵向分片盖梁的预制装配方案,即将盖梁顺桥向分为2部分,吊装后再现浇接缝。其优点是施工期间无需设置支架,不影响盖梁下的交通,同时又可应用于门架盖梁,实现了全部盖梁预制装配、快速施工的目的。该方案既解决了运输、吊装的问题,又保证了施工期间地面交通的双8通行。

以该工程标准34 m桥宽的大挑臂盖梁为例进行说明,该盖梁横桥向宽约33 m,顺桥向宽2.7 m,高2.8 m(见图3至图5),单个盖梁总重约520 t,远超运输能力极限,必须分段或分片进行运输吊装,设计考虑沿顺桥向将盖梁分为2片,每片宽度为1.1 m,两片之间设置50 cm宽后浇带。为便于现场施工操作,两片之间的连接采用在盖梁顶部和底部分别设置环形钢筋搭接不焊接的连接方式(见图5),同时在盖梁底部朝湿接缝方向设置小牛腿,充当现场湿接缝浇筑的底模。并且考虑到现场在湿接缝内定位和安装预应力钢束较为不便,精度控制难度较大,故将预应力钢束均设置于盖梁预制部分内(见图4)。

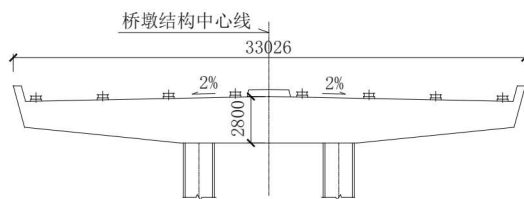


图3 标准整幅断面盖梁构造尺寸(单位:mm)

施工方面,首先在预制厂内进行2片盖梁的匹配预制,2片盖梁需安放在同一胎架上进行钢筋定位和绑扎,确保2片盖梁的环形钢筋交错等间距布置,同时预埋的灌浆套筒通过插筋定位模块进行精确定

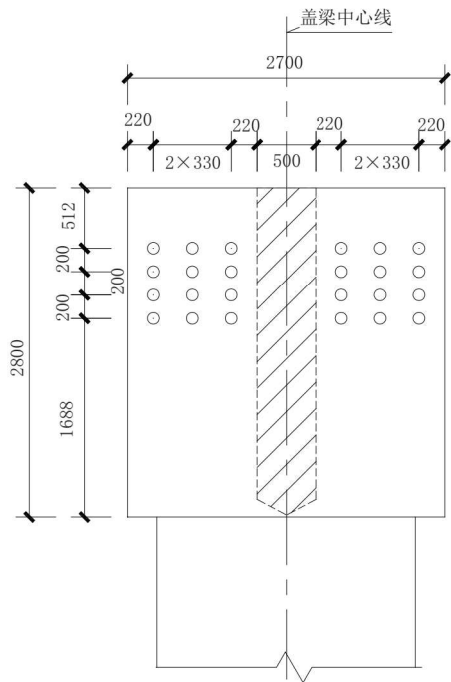


图 4 分片盖梁钢束布置构造图(单位:mm)

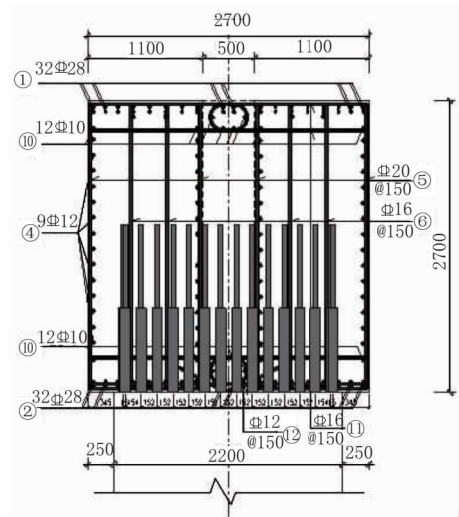


图 5 分片盖梁钢筋布置构造图(单位:mm)

位,确保与立柱顶伸出钢筋间距匹配。盖梁预制完成运输至现场后,通过履带吊双机抬吊的方式将 2 片盖梁先后吊装就位,现场在环形钢筋形成的搭接环内插入并绑扎核心混凝土加强钢筋,浇筑湿接缝混凝土完成盖梁施工。

5 装配式承台设计与施工工艺

为提高桥梁结构整体预制装配率,加快施工进度,保证施工质量,减小对交通和周边环境的影响,本工程对承台开展了预制装配的方案研究。

考虑到大体量承台预制运输难度较大,故拟对可采用整体运输吊装的主线分幅承台作为代表进行试点。

5.1 预制承台与桩基的连接

目前桩基和预制承台之间没有成熟的连接方式。考虑到桩基施工允许存在一定的偏差,故预制承台方案应具有一定的容错调整空间。设计考虑预制承台和桩基之间设置 150 mm 的空带,用于适应桩基施工的误差;同时挖空后的承台外壁厚不小于 350 mm(见图 6)。

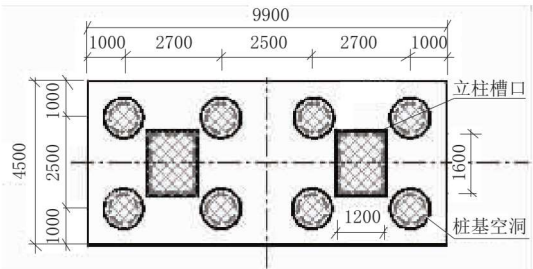


图 6 承台平面布置图(阴影部分为预留孔洞)(单位:mm)

连接方案一:桩基对承台的作用以竖向力为主,连接面的构造要充分考虑混凝土的抗冲切作用。承台内孔洞呈“下大上小”的形式,孔洞下部直径稍大,能适应桩基施工精度差的特点;上部直径稍小,承台内部形成的锥形体可有效提供承载能力,承台抗冲切性能更好。波纹管提高了混凝土连接的可靠性和侧面的抗剪能力。孔洞处设置加强的环形箍筋和主筋(见图 7)。

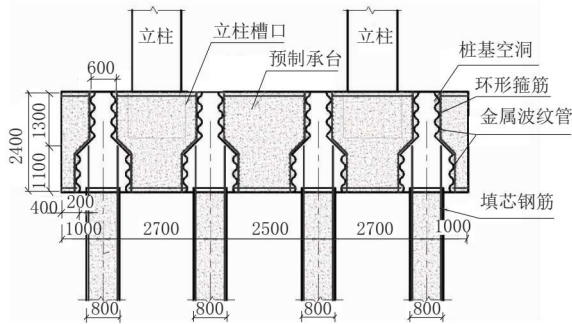


图 7 方案一立面示意(单位:mm)

该方案的优点是构造简单,不需要人工对孔洞内表面混凝土进行处理。

连接方案二:考虑桩基伸入承台一部分,伸入承台的桩基长度不小于 0.7D,承台内预留孔洞的形式与方案一基本相同。桩基填芯钢筋通过弯折满足锚固长度的要求,伸入承台的桩基外侧设置环形钢板作为剪力键(见图 8)。由于桩基伸入承台内部,连接处的受力性能与常规基础稍有差别。

经比较分析,考虑采用构造简单、受力性能与普通基础相同的连接形式,即采用钢筋连接,预留孔洞采用金属波纹管。

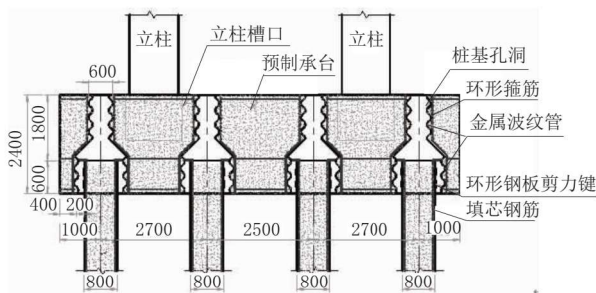


图 8 预制承台立面布置图(金属波纹管)(单位:mm)

5.2 承台运输和基坑施工

试点承台长 9 900 mm,宽 4 500 mm,高 2 400 mm,扣除预留桩基、立柱的混凝土后,预制构件总重约 210 t。承台的宽度稍大,但基本具备运输吊装条件。

承台上覆土厚 0.5~1.5 m,承台基坑深约 3~4 m,深基坑需要设置维护和支撑。传统现浇承台的基坑可采用斜撑、角撑和对撑杆,基坑的平面尺寸可控,基坑维护桩之间的杆件基本不影响钢筋绑扎、混凝土浇筑(见图 9)。

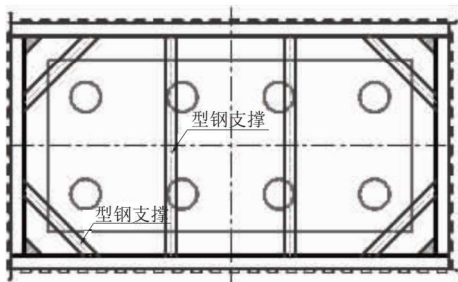


图 9 现浇承台基坑维护平面图

当采用预制承台,基坑维护钢板桩之间的型钢支撑杆会影响预制构件的安装。基坑支护钢围檩可采用刚度更大的方案或拉锚体系,以保证安装承台的需求(见图 10)。

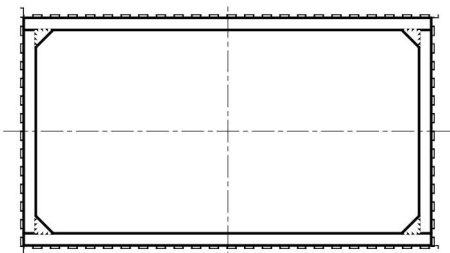


图 10 预制承台基坑维护平面图

5.3 预制承台施工顺序及工期分析

预制承台的施工步骤如下,其中预制部分的施工和桩基施工可以同步进行。

(1)在工厂内绑扎承台钢筋、浇筑预制部分的混凝土,进行混凝土养护。同时现场施工桩基础,浇筑桩基混凝土,并预留好钢筋,如图 11 所示。

(2)开挖承台基坑,平整基坑场地,浇筑承台底部混凝土垫层。基坑内角点处设置支撑和调平措施,

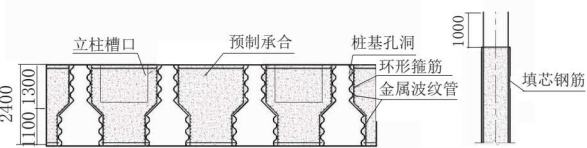


图 11 步骤一示意(单位:mm)

用于调整承台的水平精度,如图 12 所示。



图 12 步骤二示意

(3)吊装预制承台,将桩头钢筋插入预留的承台孔洞中,调整承台的位置、标高和水平精度,如图 13 所示。

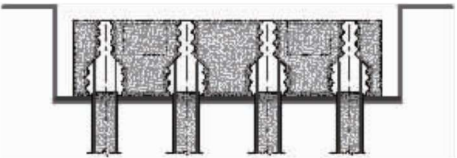


图 13 步骤三示意

(4)采用低收缩混凝土浇筑桩顶预留孔,进行混凝土养护,如图 14 所示。



图 14 步骤四示意

(5)安装预制立柱、预制盖梁并进行后续施工。以试点承台为例,比较分析现浇承台和预制承台施工工期的差别。

传统的现浇承台施工顺序及时间安排见表 1,完成单个现浇承台施工需要时间约 11 d。

表 1 现浇承台施工顺序及时间安排

顺序	施工内容	时间 /d
1	支撑维护及基坑开挖	2
2	浇筑素混凝土垫层,垫层混凝土养护	2
3	绑扎承台钢筋及预埋立柱钢筋套筒	3.5
4	浇筑承台混凝土	0.5
5	承台混凝土养护	3

预制承台的施工工期安排见表 2,总共花费时间约 8 d。

表 2 预制承台施工顺序及时间安排

顺序	施工内容	时间 /d
1	支撑维护及基坑开挖	2
2	浇筑素混凝土垫层,垫层混凝土养护	2
3	承台吊装调平及桩顶接头混凝土浇筑	1
4	桩顶接头混凝土养护	3

可见,预制承台花费的时间较现浇承台可以减少 3 d,时间进度可提前约 30%。预制构件在现场吊装、浇筑湿接缝可以在 1 d 内完成,现场工作量少,有效加快了施工速度,减小了施工对周边环境的影响。

6 结 语

本文回顾了预制装配技术的发展过程,并依托实际工程,对常规城市桥梁立柱和盖梁的预制装配技术进行总结,并提出了大体积盖梁和承台预制装配的设计施工方案,形成如下结论和建议供同类桥梁结构设计与施工参考:

(1)预制立柱和承台、盖梁以及分节立柱之间的连接宜采用灌浆套筒,并设置 2 cm 厚砂浆垫层,立柱底宜在四周设置一圈包脚混凝土以提高立柱底接缝的耐久性。

(2)超过整体运输吊装极限、同时对现场施工条件限制较大的大体积盖梁可采用顺向分片的方案,

该方案可适应大挑臂盖梁、门架盖梁等各种不同的盖梁形式。

(3)预制承台宜采用仅桩基主筋伸入承台的构造方案,且宜适用于开挖深度较浅,承台体量较小的情况。该情况下,预制承台可节省工期约 30%。

参考文献:

[1] 王芳,江忠贵,王建成,等.预制拼装桥墩在铁路桥梁中的应用[J].铁道建筑,2022,62(3):5-9.
[2] 李清洋,管涛,苗子臻,等.预制装配式技术在市政桥梁工程中的应用[J].施工技术(中英文)2022,51(2):66-69.
[3] 欧智菁,薛文浩,谢铭勤,等.装配式混凝土桥墩施工技术综述[J].中外公路,2020,40(1):96-101.
[4] 王志刚,余顺新,陈亚莉.桥梁快速建造技术[J].中外公路,2018,38(4):184-188.
[5] 曹明.预制拼装立柱施工技术关键控制要点研究[J].黑龙江科学,2022,13(8):76-78.
[6] 宋珪,程胜华.装配式桥梁预制立柱吊装与安装施工技术[J].福建建筑,2021(9):99-102.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com