

钢盖梁桥墩在通城大道快速路中的应用

翟 东

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 为了适应“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念,桥梁工程大力发展全预制结构。上部结构有多年的预制经验和可供选择的方案;立柱近年来上海也有多个项目实践,较为成熟;而大体积盖梁目前没有一种普遍认可的预制方法,是桥梁全预制结构的一个难题。着重介绍了通城大道快速路桥梁工程中大体积盖梁预制的全新解决思路。从结构材料入手,改进了下部结构盖梁预制方法,补齐了全预制的短板,实现了桥梁结构的全预制,形成钢与混凝土复合结构桥墩,并从经济性、社会效益等方面进行了综合分析。

关键词: 预制;盖梁;经济性能;社会效益

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)07-0105-04

1 工程概况

通城大道快速路是杭州南站综合交通枢纽的快速疏散通道,也是保障 2022 年(改期至 2023 年)杭州亚运会高品质国际赛会的重要城市通道之一,同时其地面道路是萧山城区路网中南北向联系通道的组成部分,承担着集散沿线地块交通、为东西向交通干道分流的作用^[1]。

通城大道快速路呈南北走向,2017 年萧山区启动“22688”交通大会战以前,通城大道快速路止于机场高速立交,在立交匝道分合流处形成跳台。

通城大道快速路北起机场高速立交,南至 03 省道东复线,全长约 11.7 km,采用城市高架+地面辅道建设模式。根据分段定线结果,通城大道快速路全线路走向如下:快速路自机场高速立交起向南沿现状通惠北路线位,在现状沪昆铁路、杭甬高铁和杭长高铁形成的铁路走廊以北折向东南方向,沿现状铁路向南连接杭州南站,继续向南接入现状已建通城大道跨萧山铁路枢纽段高架,后沿商城南路线位继续延伸,跨越沪昆铁路后,接入 03 省道东复线新辟快速路线位。图 1 为通城大道快速路总体布置图。

全线高架有 2 段与现状城市主干路重合,即通惠北路和商城南路段,其他路段地面辅道均为新建。在“22688”交通大会战全面启动、一系列配套亚运会市政基础设施同步建设的情况下,萧山城区必将



图 1 通城大道快速路总体布置图

面临极大的交通压力,因此通城大道快速路施工期间的保通工作显得尤为重要。

为此,在方案设计之初,提出了全预制的的设计理念,以尽量减少施工对现状道路交通的影响,同时减少大规模建设对周边环境等方面的影响。

2 桥梁预制技术发展现状

我国桥梁建设近年来快速发展,取得了举世瞩目的成就。同时,伴随着我国城镇化和城市现代化的快速推进,能源配置与资源不足的矛盾日益突出,加强生态建设和环境保护的呼声越来越高。随着城市发展水平和人民生活水平的提高,人们对桥梁建设提出了新的更高要求。因此,城市高架桥梁的建设模式越来越受到政府及建设、设计、施工单位各方的重视。

为改进传统现场浇筑施工方法的不足,装配式桥梁应运而生。采用工厂预制、现场拼装的“装配式桥梁施工法”,将大部分的工作在构件预制工厂内完成,使结构设计标准化、构件生产工厂化、现场施工机械化、工程管理科学化。随着装配率的提升,现场施工作业变得很少,不仅可以在很大程度上避免对环境、交通的影响,也可以提高资源配置的合理性,有效减

收稿日期: 2023-03-27

作者简介: 翟东(1968—),男,硕士,高级工程师,主要从事市政工程设计技术、经济和管理工。

少施工对周边环境的影响,是提高市政建设水平和人们对美好生活向往的要求,也是“绿色建筑”和“建筑工业化”在桥梁工程中的具体体现^[2]。

上部结构的预制已经较为成熟,有多年的设计、施工经验,也有多种不同的选择方案,如空心板梁、T梁、小箱梁、节段预制箱梁、钢-混组合梁、钢箱梁等。

相对于上部结构,预制装配技术在下部结构的应用起步较晚,有关技术研究和应用较少。国内最早在下部结构中采用装配式技术的工程主要集中在跨海大桥上,装配式结构可有效减少海上工作量、海上作业时间,优化海上施工工序,提高施工质量和效率,确保施工安全。近年来,在上海等一些地方新建的城市高架桥中也开始逐步使用预制混凝土立柱、盖梁等。

立柱为受压为主的构件,有多个项目的成熟经验,目前设计人员有比较统一的处理方法,在此不再赘述。但是,对于受弯为主的大悬臂盖梁,各个设计院或是同一设计院不同设计人员的应对方式也不一样。

3 桥梁预制盖梁常用形式

为实现桥梁结构全预制,近年来不少工程对大体积盖梁采用了不同的设计、施工方法,可以简单归纳为以下几种。

3.1 整体预制盖梁

整体预制盖梁,顾名思义就是在工厂将盖梁一次性预制完成,运输至现场进行吊装施工(见图2)。常规的双向6车道盖梁整体重量约300 t,其运输困难,对沿线桥梁及地下管线等也是巨大的考验。吊装重量大,对吊装设备要求也较高,施工单位运输、吊装等成本将会显著增加。



图2 整体预制盖梁现场吊装

3.2 分层预制盖梁

分层预制盖梁是将盖梁分成2层,预制下层盖梁,下层盖梁吊装完成后,可作为上层盖梁的施工平台,上层盖梁现场绑扎钢筋、现浇混凝土,可大幅减轻预制重量。图3为分层预制盖梁施工现场。



图3 分层预制盖梁施工现场

3.3 预制盖梁外壳

预制盖梁外壳是在工厂预制盖梁的“外壳”(见图4),作为现场浇筑“内核”混凝土的模板用,现场绑扎内部钢筋、浇筑混凝土等。



图4 预制盖梁“外壳”

3.4 分段预制盖梁

分段预制盖梁是沿横桥向将盖梁分成两段或两段以上,采用现场绑扎钢筋、浇筑混凝土的湿法连接形成整体,或是采用在拼接面涂环氧胶、施加预应力的干接法形成整体(见图5)。



(a)湿接法



(b)干接法
图 5 分段预制盖梁

3.5 UHPC 空心盖梁

空心盖梁(见图 6)利用 UHPC 良好的力学性能,以 UHPC 为结构材料,将传统的 C50 实心混凝土盖梁替换为 UHPC 薄壁构件盖梁,在满足承受上部荷载和自重的前提下,最大限度减轻结构重量^[3]。

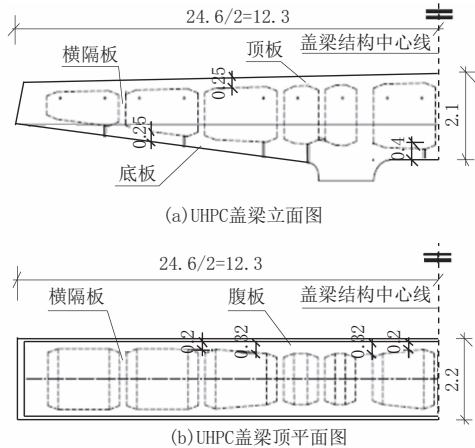


图 6 UHPC 空心盖梁(单位:m)

采用以上各种方法,最终实现了盖梁的预制,但仍存在各种不足之处。如:整体预制盖梁,吊装重量依旧偏大;分段预制现场湿接、预制盖梁外壳等方法增加了盖梁的现场接头,现浇工作量过大,与预制理念不符;分段预制,现场干接,拼接面受力性能和耐久性存在疑问;UHPC 空心盖梁采用新材料,缺乏理论及相应规范支持,造价过高;等等。

以上各种方案追求全预制,但也存在一系列悬而未决的问题。这种实现超大盖梁预制的方法并不可取,在不同设计院甚至同一设计院的不同设计人员中也未形成共识,因此无法大规模复制到类似工程。

4 通城大道快速路下部结构方案

4.1 桥梁快速施工需求分析

通城大道快速路三期工程与现状商城南路共线,共线段长约 1.4 km。商城南路为城市主干路,交通繁忙,沿线分布有众多商铺。萧山区虎山路初级中学(现更名为新桐初级中学)位于萧山城区东南,北靠拱秀路,东临商城南路,环境幽雅,周边交通便利,

学校成立以来,先后获得“杭州市教育系统校舍建设管理先进单位”“萧山区平安学校”“萧山区爱国卫生先进单位”等多项荣誉。商城南路沿线各单位对通城大道的建设表示支持,同时对于施工期间的交通压力、环境干扰等提出了担忧。

因此,该工程有较强的快速施工、文明施工及施工期间保通的需求,经多方案比选,建设单位最终决定上部结构采用钢-混组合梁。

4.2 下部结构方案选择

项目所在地无预制混凝土立柱、盖梁的施工经验,且下部结构立柱、盖梁预制对加工精度要求高,一般均需专门的预制工厂,且须定制加工模板、胎架等,一次性投入成本高,因此针对某一个项目力推预制混凝土下部结构并不合适。钢结构加工可在一般钢结构加工厂完成,无需另建新厂,钢结构工厂化制作加工精度高,加工质量检验严格,钢结构现场连接及焊接质量可控。

因此,该工程下部结构采用钢与混凝土复合结构桥墩方案(见图 7)。

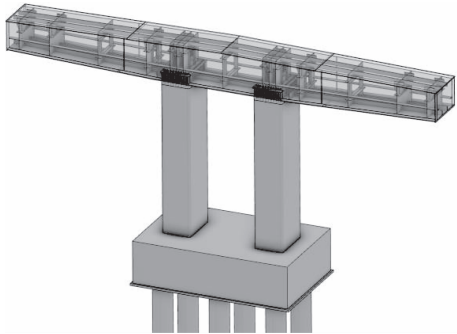


图 7 钢与混凝土复合结构桥墩钢盖梁

4.3 钢与混凝土复合结构桥墩综合效益分析

以通城大道快速路三期工程为基础,对钢与混凝土复合结构桥墩和现浇预应力混凝土盖梁的建安费进行详细对比分析,以便对其经济性有更进一步的认识。

以标准桥墩上部结构采用钢-混组合梁,标准跨径 40 m、桥宽 25 m 为例,分别设计现浇预应力混凝土盖梁和钢与混凝土复合结构桥墩。桥墩立面分别如图 8、图 9 所示。

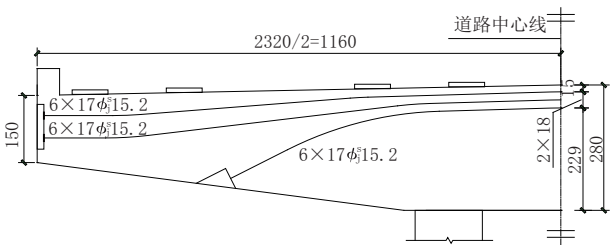


图 8 现浇预应力混凝土盖梁立面图(单位:cm)

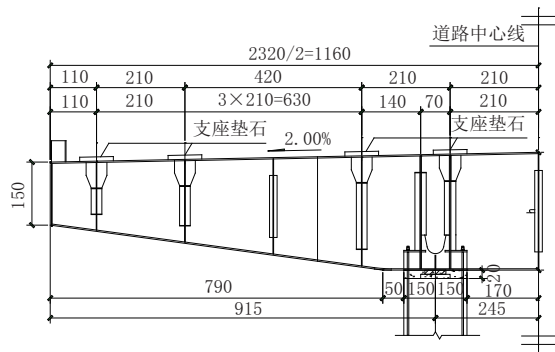


图 9 钢与混凝土复合结构桥墩立面图(单位:cm)
两种方案单个标准桥墩下部结构工程量详见表 1。

表 1 单个桥墩主要工程量汇总表

对比项	材料	构件	规格	数量
现浇预应力混凝土盖梁	混凝土	盖梁 /m ³	C50	137
		立柱 /m ³	C40	53
		承台 /m ³	C35	112
		桩基 /m ³	C30	475
	钢筋	盖梁 /kg	HRB400	16 934
		立柱 /kg	HRB400	24 539
		承台 /kg	HRB400	10 314
		桩基 /kg	HRB400	42 729
	预应力钢绞线 /kg		15.2	5 430
	钢材	盖梁 /kg	Q420qD	65 516
钢与混凝土复合结构桥墩	混凝土	立柱 /m ³	C40	53
		承台 /m ³	C35	108
		桩基 /m ³	C30	456
	钢筋	立柱 /kg	HRB400	16 657
		承台 /kg	HRB400	9 902
		桩基 /kg	HRB400	41 020

钢结构造价相对较高,为进一步减少钢结构用量,结合顶板受拉、底板受压的受力特点,可考虑在钢盖梁顶缘施加预应力(见图 10)、底缘采用钢-混凝土组合结构(见图 11),以改善钢结构受力,由此形成钢与混凝土复合结构桥墩,以达到减小板厚、节省钢材用量的目的。

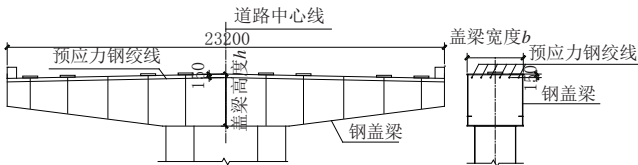


图 10 顶板施加预应力(单位:mm)

经过初步测算:在钢盖梁顶板施加预应力后,可改善结构受力,减小顶、底板厚度,增加 1 t 钢绞线约减少钢材用量 3.6 t;形成钢-混组合盖梁后,同样可有效减少钢材用量,底板填充 35 cm 厚混凝土,钢材

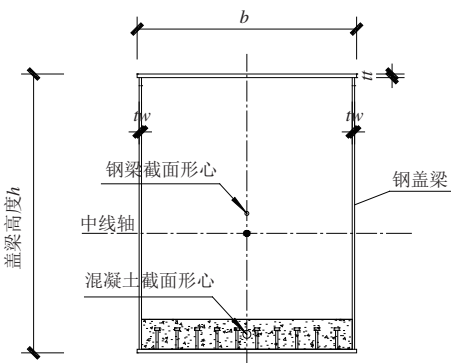


图 11 底板形成组合结构

用量可减少至 59 t。当然,顶板施加预应力会增加施工工序,底板填充混凝土会增加结构重量,因此,改进措施应结合具体工程实际特点进一步深化,本次设计暂未采用预应力及组合盖梁。

钢盖梁与混凝土立柱的连接是该工程的重点,利用立柱主筋伸入钢盖梁作为连接锚栓,同时为减小立柱受力,采用了“先铰后固”设计方案:在桥面铺装施工之前于墩顶设置临时板式支座,初拧局部锚栓,用来保证结构稳定,以释放大部分恒载弯矩,之后采用高性能混凝土浇筑接头,拧紧所有锚栓,形成固结。

在图 9 桥墩方案基础上,对全线建安费进行分析,共线段全长 1.54 km,共 40 个盖梁,其中单个标准预应力混凝土盖梁、钢盖梁建安费分别为 66.6 万元和 90.2 万元。两种方案建安费及优缺点对比见表 2。

表 2 两种方案建安费及优缺点对比表 单位:万元

构件	现浇预应力混凝土盖梁方案	钢与混凝土复合结构桥墩方案
上部结构	32 538	32 538
下部结构		
桩基	7 352	7 069
承台	1 170	1 125
立柱、盖梁	2 768	3 831
附属设施	2 558	2 558
合计	46 386	47 121
建安费对比	100%	101.59%
优缺点	1.建安费略低 2.无法实现全预制,现场工作量大 3.施工期间保通困难 4.须额外征迁临时用地	
	1.建安费略高 2.可实现全预制 3.施工期间交通组织较易 4.现场工作量大,对文明施工有利 5.无须额外征地	

通过以上经济性对比分析可得出以下结论:对单个盖梁而言,钢与混凝土复合结构桥墩相对混凝土下部结构来说,建安费增加较多,但因盖梁本身在

(下转第 114 页)

每1a目测检测1次。同时,应做到每5a1次重点测量钢板厚度、监测钢板的腐蚀速率,若超过允许值,应考虑相应的补救措施。

5 结 语

我国对免涂装耐候钢箱组合梁桥的建造研究起步晚,相关规范规定还不够成熟,尤其在针对钢板的温度湿度选型、免涂装耐候钢焊接材料、免涂装耐候钢高强螺栓、免涂装耐候钢桥通风防水、免涂装耐候钢箱组合桥面板设计、中小跨径免涂装耐候钢管养标准等方面都仍有待进一步研究。

李家沟大桥的设计中对上述问题在总结经验的情况下,对部分构造细节进行了创新性设计,对同类型的中小跨径免涂装耐候钢箱组合梁设计有一定的参考作用。免涂装耐候钢桥作为一种有鲜明特点的

桥型,需通过更多的试验和实例验证,在选材、设计、施工及维修养护等方面逐渐形成理论体系,从而推动中小跨径免涂装耐候钢箱组合梁建造的进一步发展和创新。

参考文献:

- [1] 翟晓亮,袁远.我国耐候钢桥发展及展望[J].钢结构,2019,34(11):69-74.
- [2] JTG D64—2015,公路钢结构桥梁设计规范[S].
- [3] AWS D1.5M/D1.5, Bridge Welding Code[S].
- [4] 车平,李军平,于强,王青峰.耐候桥梁钢及其焊缝耐腐蚀性评价研究[J].世界桥梁,2022,50(2):71-77.
- [5] 陶晓燕,史志强,韩继跃,戴润达,巩晓辉.耐候钢桥的高强度螺栓连接试验研究[J].钢结构,2018,33(1):105-108.
- [6] 贺君,刘玉擎,陈艾荣.耐候钢在桥梁工程中的运用[J].北京交通大学学报,2006(11):310-315.

~~~~~  
(上接第108页)

总的建安费中占比不大,因此总的建安费增加并不太大,约为1.59%。采用钢盖梁方案在节约工期、减少征地拆迁、减少对地面交通的影响、文明施工等方面具有较大优势,可以取得较好的社会效益。该工程钢与混凝土复合结构桥墩从结构材料方面入手,改进下部结构预制方法,实现了桥梁结构的全预制,可以作为预制结构一个新的解决思路。

## 5 结 语

本文介绍了桥梁预制中大体积盖梁预制存在的

问题,结合通城大道快速路提出了钢与混凝土复合结构钢盖梁方案,并进行了经济性和社会效益分析,可为类似工程参考。

### 参考文献:

- [1] 郭川.杭州市通城快速路总体方案设计[J].城市道桥与防洪,2020(7):10-12.
- [2] 卢永成,黄虹,吴东升.桥梁预制拼装技术[M].北京:中国交通出版社股份有限公司,2021.
- [3] 胡方健.UHPC薄壁盖梁设计、结构试验及施工技术研究[J].城市道桥与防洪,2022(6):163-166.