

《装配式桥梁设计与施工》标准图集桥墩部分 编制简介

黄巍峰

[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: 在我国各等级道路的桥梁中,有很大比例为中小跨径桥梁,其下部结构多采用盖梁桥墩。下部结构传统采用现场浇筑法施工,需搭设模板支架,工期长,对交通和环境影响大。随着工业化发展,机械设备、施工精度、运输、吊装能力得到提升,近年来桥墩的预制拼装技术得以推广应用,显著提升了施工效率,增强了施工安全性与质量管控水平。相关行业主管部门组织完成了《装配式桥梁设计与施工》标准图集的编制。着重介绍了图集的编制过程、计算方法、构造设计和适用范围等。

关键词: 桥墩;预制装配;预制拼装;构造设计;标准图集

中图分类号: U443.22; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)11-0155-05

Introduction to Compilation of Bridge Pier Section in Standard Drawing Set of Design and Construction of Prefabricated Bridges

HUANG Weifeng

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: In the bridges of various grades of roads in China, small-span and medium-span bridges account for a large proportion, and the bent cap piers are commonly adopted for the substructures. The traditional substructures are constructed by the cast-in-place method, and it is necessary to set up the formwork supports, which takes a long time and has a significant impact on traffic and the environment. With the advancements in industrialization, the mechanical equipment, construction precision, transportation and hoisting capabilities have been enhanced. In recent years, the prefabricated and assembled pier technology has been promoted and applied, which has significantly improved the construction efficiency, and enhanced the construction safety and quality control levels. The relevant industry authorities have organized and completed the compilation of the standard drawing set for *Design and Construction of Prefabricated Bridges*. The compilation process, calculation methods, construction design and application scope of the drawing set are emphatically introduced.

Keywords: pier; prefabrication; assembly; structural design; standard drawing set

0 引言

在我国各等级道路的桥梁中,有很大比例为中小跨径桥梁^[1]。中小跨径桥梁上部结构常用装配式预制空心板、小箱梁结构;下部结构多采用盖梁桥墩。

下部结构传统采用现场浇筑法施工,需搭设模板支架,施工工期长,对地面交通和环境影响大。随着工业化发展,机械设备、施工精度、运输、吊装能力得到大力提升。近些年来,下部结构墩柱盖梁的预

制拼装得以推广应用,该技术作为装配式混凝土构件产业化应用的重要创新模式,正在推动我国建筑行业向工业化建造方式转型升级^[2]。

预制拼装是指将桥梁结构划分为小的部件进行预制,运输到现场拼装成整体的桥梁。预制拼装工艺在桥梁上部结构的应用已相对成熟,形成了较为完善的技术体系。而随着盖梁立柱预制拼装技术的推广应用,桥梁的预制化率获得了质的飞跃,有效降低了支架搭设对既有交通的影响,显著提升了施工效率,同时增强了工程安全性与质量管控水平^[3]。

目前国内的桥梁通用图集,多为针对上部结构,交通部及上海、广东等地都曾颁布空心板、小箱梁的标准设计图集,但下部结构并无图集可供参考。随

收稿日期: 2025-04-25

作者简介: 黄巍峰(1980—),男,本科,高级工程师,从事桥梁设计工作。

着桥梁预制装配技术的发展,结合新技术、新工艺编制相关图集指导设计、施工也更具迫切性。

1 编制原则

《装配式桥梁设计与施工》^[4]标准设计图集严格按照住房和城乡建设部建质函【2017】255号“关于印发《2017年国家建筑标准设计编制计划》”的通知进行编制。作为国家建筑标准设计,其内容应符合国家现行的方针、政策、法律、法规。

本标准设计编制遵循“先进性、普遍性、代表性、规范性、操作性”的原则,适用于全国新建、改建桥梁。其内容与我国桥梁行业发展技术水平相适应,以促进我国桥梁新技术的发展,以便有效地控制桥梁预制拼装技术的有序应用,从而保证建设工程质量。

2 适用范围

(1)本标准设计适用于新建、改建高架桥梁的预制装配式简支小箱梁桥墩。由于各地区地质情况区别较大,常用的桩基类型、桩径不尽相同。承台、桩基未纳入本图集。

(2)适用桥梁跨度为30 m,桥宽为9、12.75、18、25 m。当桥梁宽度、跨度超出图集范围,或采用不同的结构形式,不能直接套用本标准图,需另行计算复核后方可使用。

(3)桥墩构件连接包括灌浆套筒、灌浆波纹管及超高性能混凝土3种形式。预制立柱高度上限设为13 m,超过13 m时,需对吊装能力和结构受力进行复核算^[5]。

3 主要技术标准

- (1)汽车荷载等级:城—A级;
- (2)设计速度:80 km/h;
- (3)设计使用年限:100 a;
- (4)设计基准期:100 a;
- (5)抗震设防烈度:7度,地震动峰值加速度 $0.1g$,场地类别IV;
- (6)设计基本风速 $U_{10}=32.8$ m/s。

4 编制过程

4.1 技术资料收集

本次编制主要收集的资料有:既有小箱梁设计通用图集、现行桥梁设计施工规范、近年来装配式桥

梁典型工程设计资料、装配式小箱梁桥预制及施工安装技术资料、预制构件连接节点有关标准及研究资料。

编制单位已进行了灌浆波纹管钢筋拉拔^[6]、灌浆套筒连接、桥墩UHPC连接等多项相关科研实验(见图1、图2)。本图集的编制,充分总结并利用了现有科研成果。



图1 桥墩UHPC连接试验



图2 桥墩灌浆套筒连接试验

4.2 调研情况

图集编制之初,编制组奔赴各预制装配桥梁项目现场(见表1)及构件预制厂,对工艺、材料、设备等进行了充分调研(见图3、图4)。

表1 装配式桥梁典型工程调研

序号	项目名称
1	中环路国定东路下匝道新建工程
2	上海市S7公路新建工程
3	军工路快速路新建工程
4	上海两港大道中段工程

下部结构的连接方式目前较常见的有灌浆套筒连接、灌浆金属波纹管连接、超高性能混凝土(UHPC)连接等,均已有相关工程的应用案例。对于盖梁预应力钢束,端部锚固采用深埋锚,既方便施工又能保证外观质量。



图3 预制立柱



图4 预制盖梁

4.3 征求编制意见

我国小箱梁结构常用跨径为 30 m, 结构性能、经济性及景观等方面的综合性能较好, 在城市(公路)高架桥梁中得到广泛使用。而目前尚无对应下部结构标准设计图集。工程参建各方迫切需要适应工业化建造需求的标准设计图集, 以促进施工工艺以及配套模具、运输设备、吊装设备等标准化, 降低建造成本。

送审稿编制完成后, 组织进行评审会。共收到评审意见 66 条, 编制单位逐一进行回复并修改完善图集。

5 桥墩结构设计

本图集桥墩适用于 2 车道、3 车道、4 车道及 6 车道的简支小箱梁桥。横断面布置见图 5。

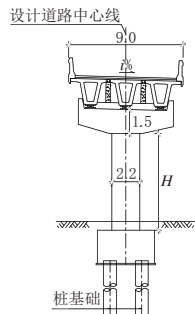


图5 桥梁横断面示意图(2车道)(单位:m)

2 车道高架桥宽 9 m, 采用独柱墩(见图 6); 3 车道高架桥宽 12.75 m, 采用独柱墩; 4 车道高架桥宽 18 m, 采用双柱墩; 6 车道高架桥宽 25 m, 采用双柱墩。

盖梁、立柱采用矩形断面。构造尺寸见表 2。

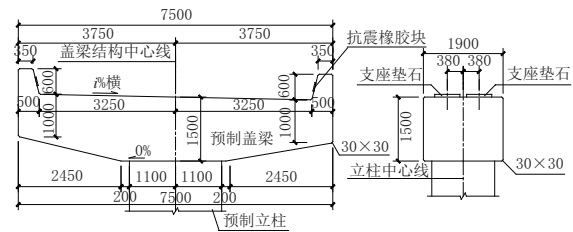


图6 桥宽 9m 桥墩构造图(单位:mm)

表 2 桥墩构件参数表(立柱高度按 13 m 计)

桥宽/ m	盖梁度/ m	盖梁 断面/m	立柱 断面/m	盖梁 重量/t	立柱 重量/t
9.0	7.5	1.9×1.5	单柱 2.2×1.5	52	112
12.75	11.25	1.9×1.7	单柱 2.6×1.5	87	132
18.0	16.5	1.9×2.1	双柱 1.8×1.5	159	91
25.0	23.5	1.9×2.5	双柱 2.2×1.5	263	112

本图集立柱与承台、盖梁间的连接含以下三种形式。

灌浆套筒连接形式(见图 7), 即盖梁、立柱底分别预埋灌浆套筒, 承台顶及立柱顶伸出钢筋, 立柱套入承台钢筋、盖梁套入承台钢筋完成连接^[7]。拼装构件间设 2 cm 厚高强砂浆垫层调平并连接。构件就位后进行套筒灌浆。

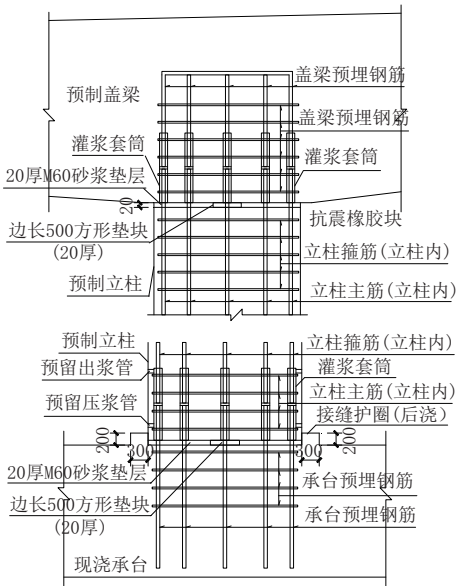


图7 灌浆套筒连接大样图(单位:mm)

灌浆波纹管连接形式(见图 8), 即承台、盖梁分别预埋波纹管, 在立柱的两端伸出钢筋, 施工时立柱钢筋伸入承台, 盖梁套入立柱顶钢筋完成连接^[8]。拼装构件间设 2 cm 厚高强砂浆垫层调平并连接。构件就位后进行波纹管灌浆。

超高性能混凝土(UHPC)连接形式(见图 9), 在拼装构件间预留后浇带, 待构件吊装就位并临时固定后浇筑超高性能混凝土进行连接^[9]。

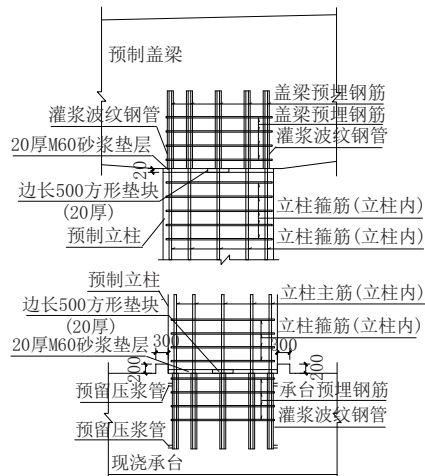


图8 灌浆波纹管连接大样图(单位:mm)

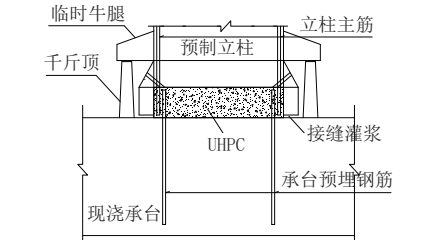


图9 超高性能混凝土(UHPC)连接大样图

6 桥墩结构计算

6.1 计算原则

- (1)结构按持久状况、短暂状况、偶然状况和地震状况进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计,相关作用组合按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60采用。
- (2)盖梁按A类预应力混凝土构件设计。
- (3)钢筋混凝土构件最大裂缝宽度限值为0.2 mm。
- (4)上部结构相邻伸缩缝间的最大联长按120 m取用。
- (5)构件运输及安装等施工阶段,验算混凝土强度按90%强度设计值,运输、安装时动力系数取1.2或0.85^[10]。

6.2 计算结果

- (1)盖梁承载能力极限状态验算
- 按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362)要求进行抗弯承载能力及斜截面抗剪承载能力验算。桥宽9 m 盖梁弯矩、剪力图见图10、图11。

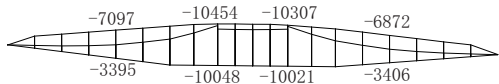


图10 抗弯承载能力图(单位:kN.m)

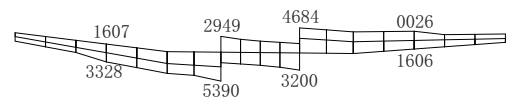


图11 抗剪承载能力图(单位:kN)

经验算,所有盖梁的正截面抗弯承载能力及斜截面抗剪承载能力均满足规范要求。计算结果见表3。

表3 盖梁正截面抗弯强度、斜截面抗剪强度验算结果汇总表

车道	桥宽/m	$\gamma_0 M_d / (kN \cdot m)$	$M_R / (kN \cdot m)$	$\gamma_0 Q_d / kN$	Q_R / kN	结论
2	9.0	10 048	10 454	5 390	6 173	满足
3	12.75	20 680	20 802	7 532	8 320	满足
4	18.0	26 143	38 012	8 268	10 180	满足
6	25.0	52 596	62 629	11 070	13 032	满足

(2)盖梁正常使用抗裂验算及持久状况应力验算

按照部分预应力A类构件进行计算。桥宽9 m 盖梁应力图见图12至图16。

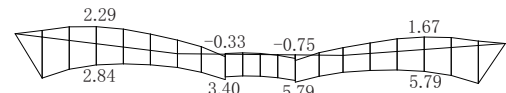


图12 频遇组合正应力图(单位:MPa)

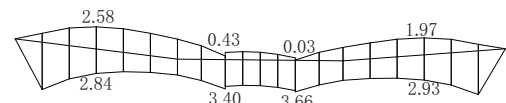


图13 准永久组合正应力图(单位:MPa)

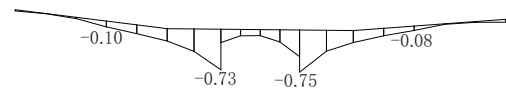


图14 频遇组合主应力图(单位:MPa)

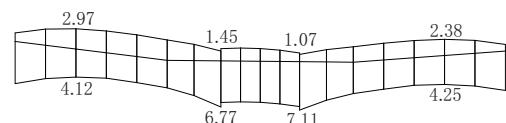


图15 标准组合正应力图(单位:MPa)

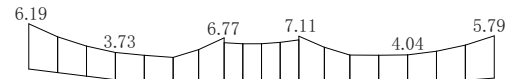


图16 标准组合主应力图(单位:MPa)

经验算,所有盖梁的正常使用抗裂及持久状况应力均满足规范要求。计算结果见表4。

表4 盖梁正常使用抗裂验算结果汇总表

车道	桥宽/m	$\sigma_{sl}-\sigma_{pc} / MPa$	$\sigma_{lt}-\sigma_{pc} / MPa$	σ_{tp} / MPa	结论
2	9	-0.33	0.03	-0.75	满足
3	12.75	0.92	2.01	-0.84	满足
4	18	0.1	1.06	-0.65	满足
6	25	0.18	1.09	-0.71	满足

(3)立柱验算

预制立柱高度上限设为13 m,经验算,立柱的承

载力及裂缝宽度均满足规范要求。计算结果见表 5。

表 5 立柱验算结果汇总表

车道	桥宽/m	$\gamma_0 M_d /$ (kN·m)	$M_R /$ (kN·m)	$\gamma_0 N_d /$ kN	$N_R /$ kN	结论
2	9.0	19 798	31 556	12 255	20 520	满足
3	12.75	25 781	38 033	16 997	25 411	满足
4	18.0	15 096	28 624	106 55	20 203	满足
6	25.0	18 020	38 594	13 797	29 550	满足

7 桥墩施工要点

(1) 预制构件钢筋笼应在专用胎架上制作加工成型。

(2) 混凝土浇筑前,应对钢筋笼、灌浆套筒、灌浆锚固波纹管及立柱主筋进行复测;预制完成后,应及时检查灌浆套筒或波纹钢管内腔是否干净通畅,并对构件空间尺寸、灌浆套筒、灌浆波纹管及立柱主筋位置进行复测^[11]。

(3) 构件拼接面应按施工缝要求进行粗糙化处理。

(4) 构件预制精度要求^[12-13]见表 6。

表 6 构件预制精度要求表

项目	构件 长宽/mm	构件 高度/mm	套筒波纹管 位置/mm	主筋 位置/mm	主筋预留 长度/mm
精度 要求	±3	-3~0	2	2	-2~0

(5) 立柱外伸主筋应采取临时固定措施,避免其在起吊运输安装过程中偏位;桥墩的现场拼接应在风力较小时进行,应设置临时支撑措施,在构件准确定位并得到可靠支撑后,方可解除起重吊钩。

(6) 构件拼装精度要求见表 7。

表 7 构件拼装精度要求表

项目	倾斜度	节段间 错台/mm	轴线 偏位/mm	顶面 高程/mm	相邻墩柱 间距/mm
精度 要求	0.1%且不 大于 6 mm	2	3	±3	±5

8 结 语

本标准设计图集吸纳当前国内外相关科研成果及工程实践经验,体现桥梁工业化建造发展水平,满足现行规范要求。填补了国内相关图集的空白。

图集体现工业化建造的要求。在构造上,根据钢模板使用特点、钢筋自动加工要求优化设计。在图纸内容上,对安装流程、公差匹配要求等予以详细规定。

图集对下部结构标准化设计、工厂化制造、装配化施工、信息化管理水平的提高及推广应用起到积极的作用,促进提升工业化建造水平。

参考文献:

[1] 交通运输部.2023 年公路水路交通运输行业发展统计公报[Z]. 2024-06-18.

[2] 曾祥春.城市高架桥梁结构选型研究和分析[J].城市道桥与防洪, 2019(11):42-45.

[3] 徐桂平.全预制化趋势下城市高架桥梁工程施工质量管理思考[J].上海建设科技,2015(3):81-84.

[4] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.装配式桥梁设计与施工[Z].2024.

[5] 卢永成.城市桥梁预制拼装技术应用[J].上海公路,2023(3):46-51.

[6] 沈维芳.新型灌浆波纹管锚固连接性能试验研究与应用[C]//第二十六届华东六省一市土木建筑工程技术交流会议论文集.杭州:浙江省土木建筑学会,2020.

[7] 卢永成.公路桥梁预制拼装技术与实践[C]//第二十六届华东六省一市土木建筑工程技术交流会议论文集.杭州:浙江省土木建筑学会,2020.

[8] 沈维芳.上海中环线国定东路下匝道预制拼装桥梁技术[J].城市道桥与防洪,2017(9):68-73.

[9] 齐新.桥墩预制装配连接技术特点与应用[J].城市道桥与防洪, 2020(8):89-93.

[10] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁设计规范[S].

[11] 卢永成.桥梁预制拼装技术[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.

[12] CJJ/T 111—2023,节段预制混凝土桥梁技术标准[S].

[13] DG/TJ 08-2160—2021,预制拼装桥梁技术标准[S].