

自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩施工关键技术

兰 勇

(上海公路投资建设发展有限公司,上海市 200335)

摘要: 随着我国装配式行业的发展,便于山区和城市市区等复杂工况下施工的多节段预制拼装桥墩凭借其节段小、重量轻、便于运输和吊装等特点而逐渐被重视。将自锚式预应力连接与传统的灌浆套筒连接组合使用的多节段预制拼装桥墩,可在灌浆套筒连接预制拼装桥墩的基础上进一步提高墩柱承载力,从而大大减小墩柱截面尺寸,促使其更适用于下设辅道的城市立交区等用地面积受限的复杂工况。结合沪嘉高速—嘉闵高架联络线新建工程中的实际应用,系统地介绍了自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩从后场预制到现场施工的全过程控制要点和关键技术,以期为后续类似工艺施工提供参考和借鉴。

关键词: 自锚式预应力;灌浆套筒;多节段;预制拼装;轻型化

中图分类号: U443.22

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0206-05

Key Technology for Construction of Multi-segment Prefabricated Pier Connected by Self-anchored Prestressed - Grouting Sleeve

LAN Yong

(Shanghai Highway Investment Construction and Development Co., Ltd., Shanghai 200335, China)

Abstract: With the development of the fabrication industry in China, the multi-segment prefabricated pier convenient for complex construction in mountainous areas and urban areas has been paid more and more attention due to its characteristics of small segment, light weight, easy transportation and hoisting. Based on the combination of the self-anchored prestressed connection and the traditional grouting sleeve connection, the bearing capacity of multi-segment prefabricated piers can be further improved so as to greatly reduce the section size of the pier column, and make it more suitable for the complex working conditions such as the limited land area of the urban interchange area with auxiliary roads. Combined with the actual application in the new project of Hujia Expressway - Jiaming Viaduct Link, the key control points and key technologies of the whole process from prefabrication to on-site construction of multi-segment prefabricated piers connected by self-anchored prestressed - grouting sleeves are systematically introduced, which provides reference for subsequent similar process construction.

Keywords: self-anchored prestressed; grouting sleeve; multiple segments; prefabricated assembly; lightweight

0 引言

随着我国社会经济的持续进步和基建行业的不断发展,预制拼装桥墩凭借着工厂标准化生产、现场快速化施工、质量好、效率高、污染小、适应性强、绿色低碳等特点而逐渐被普及应用^[1-5]。当前,预制拼装桥墩多为灌浆套筒连接^[6-10],但受限于灌浆套简单层布设的结构特点,对于立交区等荷载要求高、墩柱

高度高的特殊工况,往往需要增大墩柱截面以满足其承载力要求^[11-13],从而导致墩柱单位高度重量大、运输吊装难等问题。在此背景下,多节段预制拼装桥墩更显现出其优势^[14-16]。

自锚式预应力是指在承台预埋锚具、墩身预留预应力孔道、墩柱架设完成后进行穿束张拉的一种新型预应力施加方式。将自锚式预应力与灌浆套筒组合使用,通过施加预应力,可在提高墩柱承载力的同时减小其截面积^[17-19],进一步增大多节段预制拼装桥墩的适用性。另外,灌浆套筒可实现不同墩柱节段纵筋的可靠连接,在保证纵筋锚固长度足够的

收稿日期: 2024-12-25

作者简介: 兰勇(1974—),男,本科,高级工程师,从事交通项目建设管理工作。

条件下,其抗震性能与现浇桥墩性能较为接近;而仅采用预应力连接的墩柱内部普通钢筋在接缝处不连续,剪切强度较弱,抗震性能与采用灌浆套筒连接的桥墩差异较大^[20-23]。相关研究表明,预应力连接方式可在抵抗水平荷载时通过摩擦和局部损伤实现耗能,具有一定的自复位能力,震后残余位移较小,但震中水平位移大、震中预应力损失等问题依然有待改进^[24-30]。因此将自锚式预应力与灌浆套筒结合运用,可弥补各自的不足并充分发挥其优势。

本文结合沪嘉高速—嘉闵高架联络线新建工程自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩的实际施工过程,对自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩关键施工技术和控制要点进行总结归纳。

1 工程概况

沪嘉高速—嘉闵高架联络线新建工程西起嘉闵高架,以高架形式跨越德园路、古漪园路,东至沪嘉高速,长约1 km。全线按照双向6车道规模布置,设置嘉闵高架立交、沪嘉高速立交2座Y形互通立交。项目建成后将衔接嘉闵高架和沪嘉高速,有利于疏解中央商务区与市中心交通,完善西北区域骨干路网,均衡路网交通流量,实现嘉定新城与中央商务区的快速联通。

该项目立交区域最大墩柱高度28.2 m,地面设置辅道。为减少墩柱占地面积,方案采用自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩。

2 自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩结构设计

该项目沪嘉立交节点因上跨地铁11号线和沪嘉高速,墩柱高度总体较高,且由于匝道上方设置有全封闭声屏障,荷载等级高。为在减少占地面积的前提下提高墩柱承载力,该立交节点共设计采用25根自锚式预应力-灌浆套筒连接预制拼装桥墩,墩高11.3~28.2 m,截面尺寸共4种规格:2.5 m×2.2 m、2.5 m×2.5 m、3.0 m×2.2 m、3.2 m×2.5 m。单根立柱配备4组自锚式预应力钢束,单组预应力钢束规格为15- $\phi_{15.2}$ 。图1为3.2 m×2.5 m截面立柱预应力筋布置图。

自锚式预应力体系主要包括承台预埋固定端锚具、墩身预应力孔道、墩顶自锁式张拉端锚具以及自锁式挤压锁体,如图2所示。

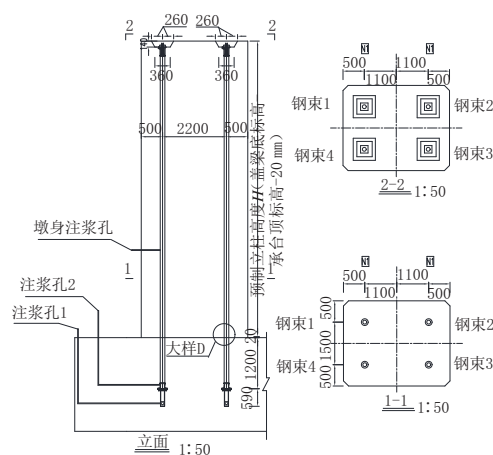


图1 3.2 m×2.5 m截面立柱预应力筋布置图

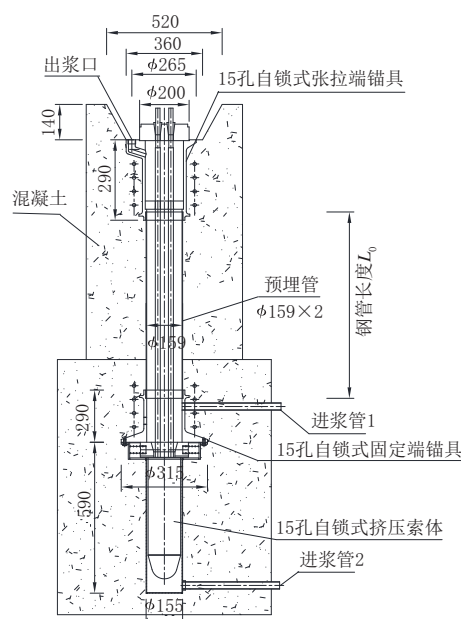


图2 自锚式预应力体系构造图

3 自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩施工关键技术

自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩关键施工工艺包括:(1)承台施工,包括固定端锚具埋设和墩身插筋模块埋设;(2)墩身节段预制,包括预应力钢绞线穿束用孔道成孔钢管埋设、灌浆套筒埋设和节段吊点埋设;(3)墩身节段吊装和灌浆套筒压浆;(4)自锚式预应力钢束穿束;(5)自锚式预应力钢束张拉、预应力孔道灌浆。

关键工序施工流程图见图3。

3.1 承台施工

承台施工时,须准确埋设预应力钢束固定端锚具及桥墩主筋对应的承台插筋。承台底层钢筋笼绑扎前,由于固定端锚具与墩底之间有一定间距,需测量放样锚具平面位置并安装固定托架(见图4);承台

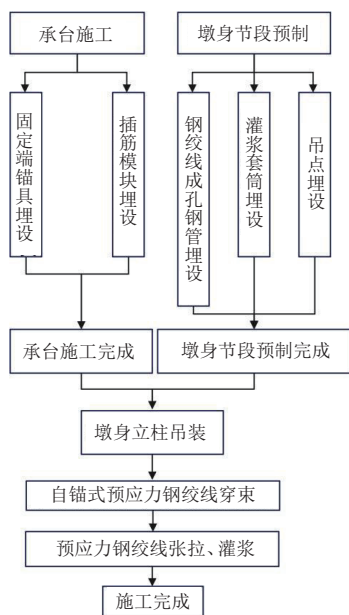


图3 关键工序施工流程图

上层钢筋笼绑扎前,需置入预绑扎完成的插筋模块。承台钢筋笼绑扎完成后,吊装固定端锚具。此阶段,为确保承台固定端锚具、插筋模块与墩身节段预应力孔道、灌浆套筒位置匹配,需采用定型化立柱插筋定位板对上述关键构件进行定位,且该定位板须与墩身钢筋笼绑扎时采用的定位板相一致。此阶段,同步安装固定端锚具注浆管和出浆管,且需做好保护工作,避免杂物进入导致堵管。承台钢筋笼绑扎完成后的现场照片见图5。承台钢筋笼绑扎完成后进行混凝土浇筑和养护,完成承台施工。



图4 固定端锚具固定托架现场照片

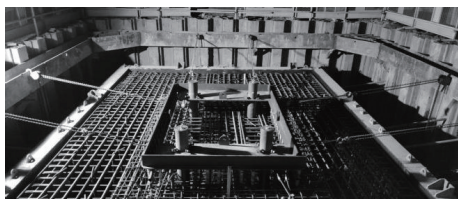


图5 承台钢筋笼绑扎完成后的现场照片

3.2 桥墩节段预制

桥墩预制加工时,可根据现场运输条件和吊装能力将其分为若干个节段。墩身节段钢筋笼绑扎时,需采用与承台施工时相一致的定型化立柱插筋

定位板对墩身主筋、灌浆套筒和预应力筋预埋孔道钢管进行定位,其底模需按照灌浆套筒和预埋孔道钢管进行同步改造。墩柱节段浇筑完成后的现场照片如图6所示。

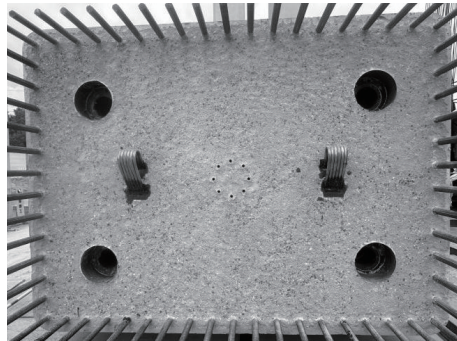


图6 墩身节段浇筑完成后的现场照片

3.3 桥墩节段吊装

以该项目SW19立柱为例,其截面 $3.0\text{ m}\times 2.2\text{ m}$ 、高 27.46 m ;根据现场 400 t 履带吊吊机选型,墩身分 $8.55\text{ m}+6.55\text{ m}+6.55\text{ m}+5.81\text{ m}$ 共4个节段,单个节段最重 147 t 。具体吊装顺序如下。

(1)采用定型化检验工具检查承台预埋固定端锚具自锁情况,确保其自锁功能正常,并将外露承台钢管长度修整至 20 cm ,以匹配立柱对应位置处预留的插槽深度。同步开展承台表面湿接缝位置凿毛清理、插筋表面除锈清理。

(2)底节立柱试吊装。首先通过湿接缝金属垫片来调节立柱垂直度;然后通过交叉 90° 设置的2台全站仪来确定立柱垂直度。

(3)拼接面砂浆垫层施工。砂浆垫层应选用高强无收缩砂浆,且浇筑饱满。同步安装固定端锚具外露承台钢管阻浆环(见图7),以确保砂浆垫层坐浆料无法进入固定端锚具。



图7 阻浆环示意图

立柱试吊、底接缝坐浆完成后,进行底节立柱正式吊装。立柱吊装应配备专业化吊架,以确保吊点受力合理、结构姿态正确。底节立柱吊装完成后,进行立柱平面位置和垂直度复测,确保结构安装精度;

待湿接缝坐浆料初凝后,进行灌浆套筒灌浆施工,灌浆前需注水冲洗,正式注浆时应缓慢匀速,确保单个套筒灌浆时间有25~30 s,同时确保结束时出浆孔冒浓浆、浆液高度不下降;同步制作灌浆料试块,待灌浆料强度达到《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》、《预制拼装桥梁技术标准》等要求后,进行一二节立柱接缝环氧树脂胶刷涂,环氧树脂胶刷涂需满布、均匀。

第2节立柱吊装完成后,需对其标高、垂直度进行复测;待环氧树脂胶形成强度后,进行灌浆套筒灌浆施工;如此循环往复,完成所有节段立柱吊装。

节段立柱吊装现场照片见图8。



图8 节段立柱吊装现场照片

3.4 自锚式预应力钢束吊装

3.4.1 吊装准备

(1)预应力钢束拆封后,对墩柱使用编号、钢绞线根数、下料长度、导向头完整性等进行检查和验收,确认无误后方可使用;(2)在钢绞线顶部安装紧固吊点,并设置限位器防止钢绞线滑脱;(3)安装柱顶张拉操作平台,并进行预压试验,确保操作平台的承载力和稳定性满足要求。

3.4.2 预应力钢束穿束

预应力钢束采用汽车吊进行穿束,钢束入孔后应缓慢下放,在距离承台固定端锚具约2 m高度位置时,加快下放速度,促使钢束导向头顺利进入固定端锚具并完成自锁。

钢绞线穿束现场照片见图9。

3.4.3 预应力钢束张拉及灌浆

预应力钢束张拉应采取对角线张拉、分阶段张拉的张拉控制措施,避免墩柱截面产生偏心受压的不利荷载工况。该项目采用的钢绞线抗拉强度标准值为1 860 MPa、张拉控制应力为1 300 MPa。钢绞线分级张拉制度为:0→初应力(10%控制应力、读数



图9 钢绞线穿束现场照片

量、测伸长值)→50%控制应力(读数、测伸长值)→100%控制应力(读数、测伸长值,持荷5 min)→锚固→卸荷。钢绞线张拉顺序为:先行张拉1、3束钢绞线,再张拉2、4束钢绞线。

3.4.4 灌浆封锚

预应力钢束张拉完成后,进行灌浆封锚。灌浆应采取由下往上的注浆顺序,首先利用注浆孔1对固定端锚具进行注浆,随后依次通过注浆孔2和若干墩身注浆孔进行注浆,直至钢绞线张拉端灌浆料外溢,灌浆完成。

注浆孔示意图见图10。

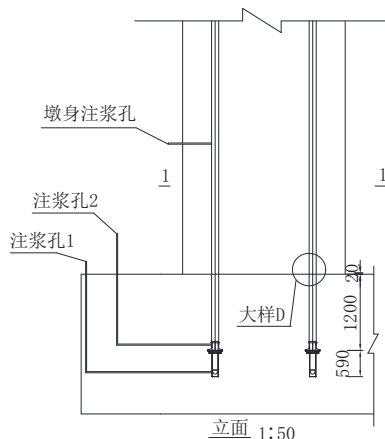


图10 注浆孔示意图

4 结 语

(1)自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩,在具备传统预制拼装桥墩后场标准化预制、现场快速化拼装、构件质量高、环境污染小的基础上,通过后张拉自锚式预应力体系施加预应力,可进一步提高墩柱的承载力,实现在总体荷载不变的工况下减小截面尺寸或者在截面尺寸不变的前提下提高墩柱承载力,大大提高了预制拼装桥墩在运输、吊装等施工工况受限及在立交区等地面辅道复杂、墩柱可占用面积受限等复杂工况下的适用性。

(2)通过应用自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩,在充分发挥预制拼装桥墩快速化

施工优势的基础上,成功解决了立交区高架对墩柱承载力要求高、地面辅道对墩柱尺寸限制高的难题。结合实际工程应用,详细介绍了自锚式预应力-灌浆套筒连接多节段预制拼装桥墩的关键施工工艺,可为后续类似工程提供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 孙策. 城市桥梁预制装配化绿色建造技术应用与发展[J]. 世界桥梁, 2021, 49(1): 39-44.
- [2] 郑鑫. 桥梁下部结构施工中节段预制拼装技术的混凝土无损检测研究[J]. 工程建设与设计, 2024, 532(14): 218-220.
- [3] 罗璇. 桥梁下部结构预制拼装工艺经济效益及社会效益分析[J]. 建筑科技, 2024, 8(7): 74-76.
- [4] 徐华生. 装配式桥梁下部结构预制拼装施工工艺研究[J]. 工程与建设, 2024, 38(3): 596-600.
- [5] 傅健鑫, 李长春, 李鑫, 等. 节段预制拼装混凝土盖梁胶接缝抗剪性能试验[J]. 福建建设科技, 2024, 196(3): 84-87.
- [6] 齐新, 卢永成, 周海峰, 等. 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.
- [7] 刘灵. 预制拼装式桥梁灌浆套筒灌浆饱满度对连接件强度影响分析[J]. 价值工程, 2024, 43(15): 141-143.
- [8] 王树强, 秦灿, 李胜才, 等. 灌浆缺陷对装配式混凝土柱抗震性能影响研究[J]. 建筑技术, 2024, 55(16): 1974-1978.
- [9] 张立平, 鄢然, 李磊, 等. 预制柱连接采用宽口径灌浆套筒的增强型节点及其施工方法, CN118517105A[P]. 2024-08-20.
- [10] 蒋征, 左志坚, 龚伶妃, 等. 套筒灌浆缺陷下装配式钢筋混凝土柱抗震承载力可靠度研究[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(15): 76-81.
- [11] 王学琛. 预应力混凝土桥墩受力性能分析[J]. 工程技术研究, 2024, 9(4): 18-20.
- [12] 吕乃芝, 欧湘萍, 李俊辉, 等. 全预制快速桥墩施工工艺[J]. 工程与建设, 2018, 32(4): 622-625.
- [13] 李建华, 俞章宽, 张喜山, 等. 预制拼装桥墩的连接构造分类及其适用性研究[J]. 现代交通技术, 2019, 16(2): 26-30.
- [14] 闫畅, 刘朵, 张建东. 预制拼装桥墩连接构造的研究进展及工程应用[C]//2019年泛长三角公路发展论坛论文集. 南京: 江苏省综合交通运输学会公路分会, 2019: 148-157.
- [15] 吴俊葶. 预制节段拼装混凝土桥墩综述[J]. 科技风, 2018, 351(19): 105.
- [16] 项贻强, 竺盛, 赵阳. 快速施工桥梁的研究进展[J]. 中国公路学报, 2018, 31(12): 1-27.
- [17] 贾俊峰, 王召辉, 许坤, 等. 预张预应力-承插式预制桥墩抗震试验数值仿真[J]. 振动与冲击, 2024, 43(2): 254-263.
- [18] 郭建强, 邓向振, 庞明锐, 等. 宁句城轨预应力预制桥墩抗震性能试验研究[J]. 结构工程师, 2023, 39(2): 116-126.
- [19] 乔宁. 采用混合配筋的预应力节段拼装双柱桥墩地震损伤评估研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2023.
- [20] 闫兴非, 段洪亮, 王志强, 等. 预应力筋类型对节段拼装桥墩抗震性能的影响[J]. 中国市政工程, 2019, 206(5): 8-12; 99.
- [21] 邱红胜, 张春霆, 马力, 等. 耗能改进型预制拼装桥墩抗震性能研究[J]. 工程与建设, 2019, 33(1): 86-91.
- [22] 秦明霞, 张于晔, 翟勇, 等. 预应力筋布置对节段拼装桥墩抗震性能的影响[J]. 地震工程与工程振动, 2018, 38(4): 158-163.
- [23] 郭益明. 预制节段拼装桥墩抗震性能研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2018.
- [24] HEWES J T, PRIESTLEY M J N. Seismic design and performance of precast concrete segmental bridge columns [R]. Sacramento: California Department of Transportation Division of Engineering Services, 2002.
- [25] 葛继平. 节段拼装桥墩抗震性能试验研究与理论分析[D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [26] 赵宁. 预制节段拼装空心混凝土桥墩拟静力试验和分析研究[D]. 上海: 同济大学, 2009.
- [27] 王志强, 卫张震, 魏红一, 等. 预制拼装联接件形式对桥墩抗震性能的影响[J]. 中国公路学报, 2017, 30(5): 74-80.
- [28] PRIESTLEY M J N, TAO J R. Seismic response of precast prestressed concrete frames with partially debonded tendons[J]. PCI Journal, 1993, 38(1): 58-69.
- [29] 高婧, 葛继平, 林铁良. 干接缝节段拼装桥墩拟静力试验研究[J]. 振动与冲击, 2011, 30(4): 211-216.
- [30] 魏红一, 肖纬, 王志强, 等. 采用套筒连接的预制桥墩抗震性能试验研究[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2016, 44(7): 1010-1016.

《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

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

