

灌浆套筒-预应力组合连接装配式高墩 设计思考及实践

王瑞龙^{1,2}, 黄 扬¹

[1. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092; 2. 上海市市政工程设计有限公司, 上海市 200438]

摘要: 为适应建筑的工业化发展和推广, 桥梁预制装配技术在市政工程中得到了广泛的应用。灌浆套筒连接由于其传力机制明确, 且连接构造简单, 在桥梁下部结构的预制装配式连接中应用较多。在城市大型立交枢纽中, 桥梁高度较高, 常规的套筒连接装配式桥墩由于立柱尺寸和配筋受限, 实际应用较困难。针对灌浆套筒-预应力组合连接装配式桥墩进行研究, 结果表明: 该连接形式通过施加预应力, 可减小立柱尺寸, 有效提高立柱的承载力; 采用的带有自锁功能的钢绞线锚具, 锚固性能可靠、施工工艺简单、质量易保证、成本较低; 立柱节段间采用钢筋套筒连接及对砂浆垫层进行坐浆, 可使施工快速、立柱不需匹配预制、受力可靠。灌浆套筒-预应力组合连接构造的设计经验可为日后同类装配式高墩的工程应用提供参考。

关键词: 装配式高墩; 灌浆套筒; 预应力; 自锁; 连接构造

中图分类号: U443.22

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)04-0118-04

Design Thinking and Practice of Grouting Sleeve-Prestressed Composite Connecting Fabricated High Pier

WANG Ruilong^{1,2}, HUANG Yang¹

[1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Municipal Engineering Design Co., Ltd., Shanghai 200438, China]

Abstract: In order to adapt to the development and promotion of construction industrialization, the bridge prefabrication and assembly technology have been widely applied in municipal engineering. The grouting sleeve connection is widely used in prefabricated and assembled connections of bridge substructures due to its clear force transmission mechanism and simple connection structure. In large urban interchange hubs, the bridge height is relatively high, and the conventional sleeve connected prefabricated bridge piers are difficult to apply due to limited column size and reinforcement. The grouting sleeve-prestressed composite connecting fabricated pier is studied. The results show that this connection form can reduce the size of the column and effectively improve the bearing capacity of the column by applying prestress. The steel strand anchor with self-locking function has the characteristics of reliable anchoring performance, simple construction process, easy quality assurance and low cost. The column segments are connected by reinforced sleeve and the mortar cushion is starched, which can make the construction quick, the columns not need to be matched prefabricated and the stress reliable. The design experience of grouting sleeve-prestressed composite connecting structure can provide the reference for the engineering application of similar prefabricated high piers.

Keywords: fabricated high pier; grouting sleeve; prestress; self-locking; connection structure

0 引言

近年来,为适应建筑工业化的发展和推广,桥梁预制装配技术在市政工程中得到了广泛的应用。灌浆套筒连接由于其传力机制明确,连接构造简单,在桥梁下部结构的预制装配式连接中应用较多,其特

点为:施工快速,钢筋定位精度要求高,但仅适用于单筋连接(配筋率受限),抗震性能低于现浇桥墩^[1]。

在大型城市中,由于用地受限且交通流量大,三层及三层以上的立交枢纽屡见不鲜。这种情况下,桥梁高度通常在25 m以上,为满足静力受力需要,若采用常规的灌浆套筒连接,立柱尺寸比常规桥墩需增加很多,导致两方面影响:(1)立柱尺寸相对桥宽较大,上下部尺寸不协调;(2)立柱混凝土用量较大,且由于吊重限制,立柱需分节较多,会增加施工复杂性。

收稿日期: 2024-09-20

作者简介: 王瑞龙(1988—),男,博士,高级工程师,从事桥梁设计和研究工作。

因此,本文针对立交高墩处采用灌浆套筒连接存在的问题,对其施加预应力进行研究,研究成果可为同类工程提供参考。

1 工程概况

本文选取上海浦东机场国际机场 T3 航站楼 S32 公路立交改建工程中的某典型匝道桥进行分析。该桥宽 9.5 m,跨径 30 m,主梁结构形式为预制简支变连续小箱梁,梁高 1.6 m,共计有 3 片小箱梁,小箱梁底宽 1.2 m,下设一个板式橡胶支座,边支点和中支点处的支座型号分别为 GBZJ 450×600×110 和 GBZJ 600×750×130;下部结构为单柱墩,桥墩尺寸为 3.0 m×2.0 m。立柱配筋为 HRB400 钢筋,长边方向配制 16 根 D40,短边方向配制 12 根 D40,共计 56 根钢筋;主梁、盖梁、立柱均采用 C50 混凝土;上部结构铺装层为 80 mm C50 混凝土铺装+防水层+100 mm 沥青混凝土。立柱标准横断面如图 1 所示,立柱套筒区配筋如图 2 所示。根据环评报告,匝道位置需设置 3 m 高声屏障,这点在计算中需要附加考虑。

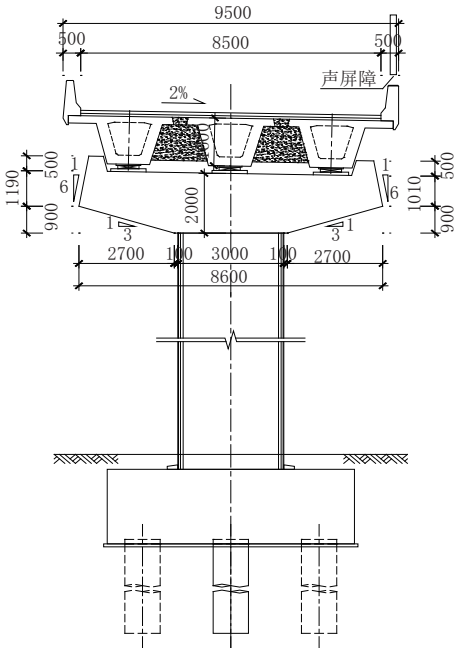


图 1 标准横断面(单位:mm)

2 立柱尺寸与连接方式研究

本文选取桥面高度 30 m 为例进行对立柱的计算分析,汽车荷载等级为城-A 级。立柱底荷载的计算结果如表 1 所列。其中,灌浆套筒连接装配式桥墩按照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)^[2]和《预制拼装桥梁技术标准》(DG/TJ 08-2160—2021)^[4]中的规定进行验算。

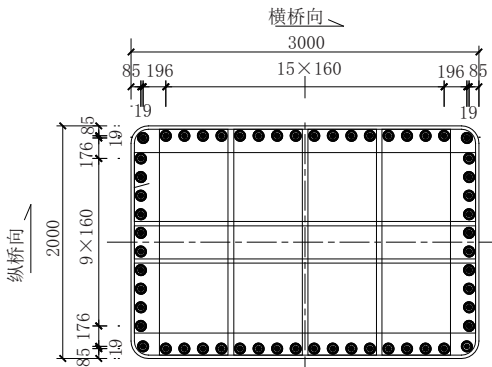


图 2 立柱套筒区配筋(单位:mm)

灌浆套筒+预应力连接装配式桥墩的受力计算按照以下原则考虑:(1)在承载力极限状态组合下,按预应力效应的一般进行承载力验算;(2)在正常使用极限状态组合下,按 A 类预应力混凝土构件进行验算,即准永久组合不出现拉应力,频遇组合拉应力不超过(对该工程为-1.855 MPa)。

表 1 立柱底荷载计算结果

类型	顺桥向		横桥向	
	基本组合	频遇组合	基本组合	频遇组合
轴力/kN	10 983	11 472	10 983	11 939
弯矩/(kN·m)	12 980	9 575	24 884	8 856

由表 1 可知,由于声屏障导致横桥向百年风荷载较大,应基于横桥向百年风荷载基本组合控制立柱设计。

不同立柱尺寸及连接方式的验算结果如表 2 所列。从表中可看出,应基于横桥向承载力的验算结果控制立柱设计。由于采用灌浆套筒立柱的配筋受限,当立柱尺寸采用 3.0 m×2.0 m 时,承载力不满足规范要求,此时应通过立柱配置束筋采用现浇或增大立柱截面尺寸来满足要求。为采用预制装配技术,并有效控制截面尺寸,此时采用灌浆套筒-预应力组合连接方式是一个较好的选择。

3 预应力施加方式研究

对于灌浆套筒-预应力组合连接装配式桥墩,常用的预应力施加方式有精轧螺纹钢筋连接和钢绞线连接 2 种形式。

(1)精轧螺纹钢筋连接

精轧螺纹钢筋需提前预埋在承台,预制立柱吊装安装时需穿入精轧螺纹钢,在预制立柱顶面进行接长或者锚固。该连接构造中精轧螺纹钢筋需预埋和分段接长锚固,强度较低、成本高,在港珠澳大桥^[4]、上海军工路快速路等工程中得到应用。

表2 不同立柱尺寸及连接方式验算结果

类型	立柱尺寸(横桥向×顺桥向)			
	3.0 m×2.0 m	3.0 m×2.0 m	3.0 m×2.0 m	3.5 m×2.0 m
连接方式	灌浆套筒	现浇	灌浆套筒+预应力	灌浆套筒
配筋形式	16根D40(横)	25根D32(横)	16根D40(横)	19根D40(横)
	12根D40(顺)	30根D32(顺)	12根D40(顺)	12根D40(顺)
配束形式	—	—	12根15.2-12	—
承载力/(kN·m)	38 206(横)	38 206(横)	38 206(横)	38 206(横)
	36 200(顺)	36 200(顺)	36 200(顺)	36 200(顺)
承载力安全系数	0.71(横)	1.09(横)	1.19(横)	1.02(横)
	1.10(顺)	1.10(顺)	1.43(顺)	1.30(顺)
裂缝/mm	不需验算裂缝	不需验算裂缝	不需验算裂缝	不需验算裂缝

(2)预应力钢绞线连接

预应力钢绞线的连接方式经过了几个方案的发展,包括二次灌浆预应力锚固体系和U形预应力锚固体系。前者的索体结构较复杂,穿索后需二次灌浆,且二次灌浆工艺不好控制;后者穿索困难,且需两端张拉锚固。

本文采用了带有自锁功能的钢绞线锚具^[5],如图3所示。该连接方案在预制立柱内预埋金属波纹管

管,在承台内部预埋自锁式锚具,墩柱节段拼装到位后,钢绞线穿过各节段的预埋波纹管,具有滑块复位结构的固定端锚具和具有锥面导向的索体锚头进入保护罩内,实现固定端锚具的自锁,之后进行张拉和灌浆封锚。该连接构造的锚固性能可靠、施工工艺简单、质量易保证、成本较低,在宁波舟山港主通道、上海G1503浦东段、深圳北环立交等工程中均得到应用。

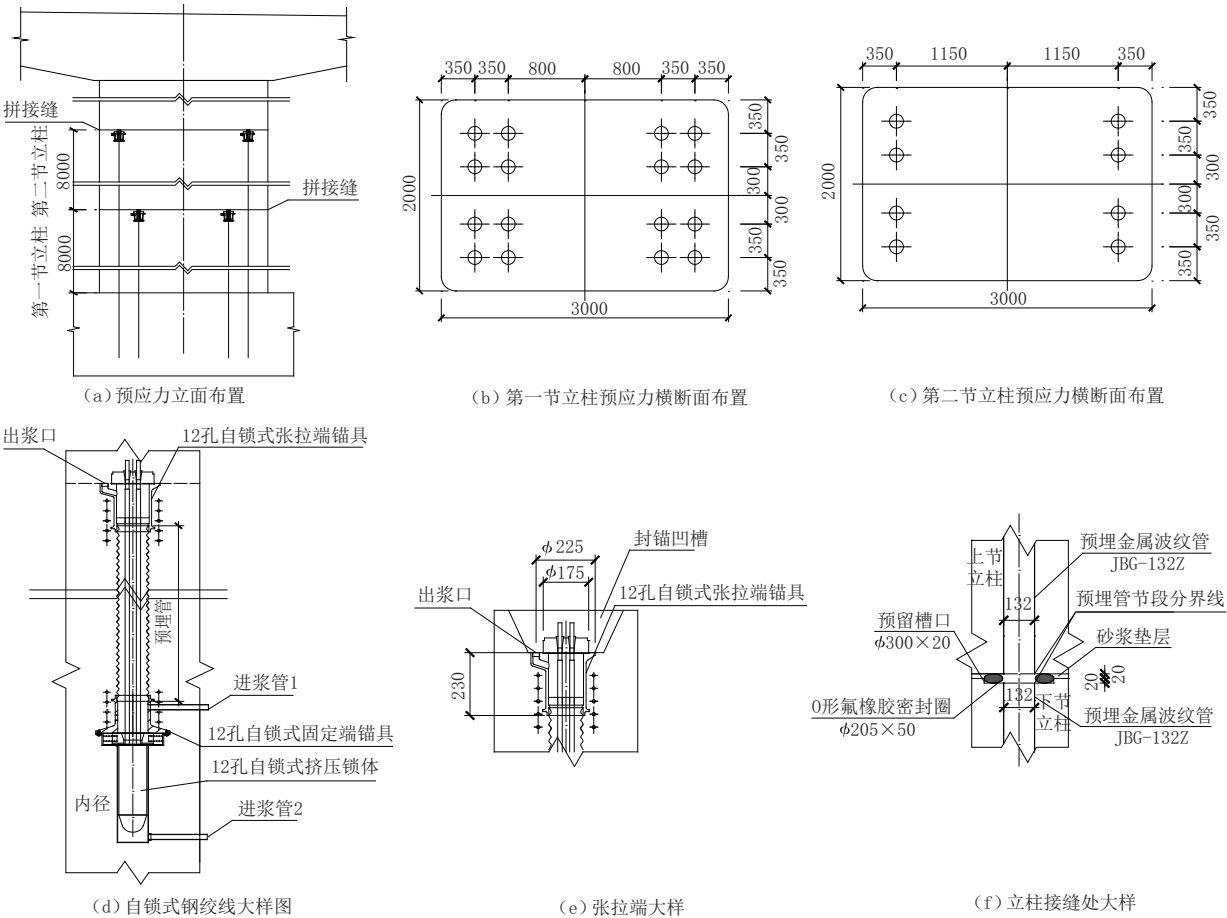


图3 立柱预应力施加方式(单位:mm)

4 节段连接构造研究

对于灌浆套筒-预应力组合连接装配式桥墩,立

柱节段间的连接构造可分为以下2种形式。

(1)湿接缝

该构造通过搭接或焊接两个构件端部预留外伸

钢筋,架设模板,灌入混凝土,待达到一定强度后拆除模板和临时支撑。然而,该连接构造中湿接缝的存在会增加施工时间和现场钢筋搭接与浇注的作业量,其施工工期较长。

(2)胶接缝

通过在接缝处涂抹环氧树脂等黏结材料实现连接;但采用胶接缝立柱需匹配预制,且耐久性较差。

本文综合考虑到以上两种连接构造的优缺点,采用立柱节段间钢筋套筒连接的形式、立柱间采用 20 mm 砂浆垫层进行坐浆,可使得该连接构造施工快速、立柱不需匹配预制,且受力可靠,见图 4。

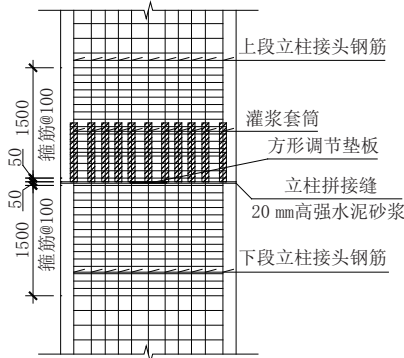


图 4 立柱节段间的连接构造(单位:mm)

5 结 语

在城市大型立交枢纽中,桥梁的高度较高,常规的套筒连接装配式桥墩由于其立柱尺寸和配筋受限,实际应用较困难。在此情况下,本文采用灌浆套筒-预应力组合连接装配式桥墩,并针对该连接方式进行了研究,得出主要结论如下:

(1)灌浆套筒-预应力组合连接形式通过施加预应力,可减小立柱尺寸,有效提高立柱的承载力;

(2)连接形式采用带有自锁功能的钢绞线锚具,该预应力施加方式锚固性能可靠、施工工艺简单、质量易保证、成本较低;

(3)立柱节段间采用钢筋套筒连接、立柱间采用 20 mm 砂浆垫层进行坐浆,可使该连接构造施工快速、立柱不需匹配预制、受力可靠。

参考文献:

[1] 王瑞龙,马磊,黄虹.灌浆套筒连接装配式桥墩建设思考及对策研究[J].中国市政工程,2021(4):63-65.
[2] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
[3] DG/TJ 08-2160—2021,预制拼装桥梁技术标准[S].
[4] 方明山.港珠澳大桥非通航孔桥下部预制墩台设计关键技术[J].中外公路,2015(1):112-117.
[5] 苏强,吴东明.桥墩拼装工法用新型预应力锚固体系的开发与应用[J].城市道桥与防洪,2019(4):93-96.

《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:roadfloodbridge@163.com

