

宿迁市迎宾大道二期快速化改造工程 桥梁预制拼装技术应用

赵晓龙¹, 白玲², 王硕³

[1. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司天津分公司, 天津市 300220; 2. 雄安雄商发展有限公司, 河北 雄安新区 071700; 3. 河北雄安预制构件科技有限公司, 河北 雄安新区 071700]

摘要: 以宿迁市迎宾大道二期快速化改造工程为例, 介绍了高烈度区城市桥梁快速化施工的预制拼装成套技术应用。科技创新因地制宜, 大大改进了传统的预制拼装技术, 开发了适合于高烈度区的快速施工、可靠耐久的连接技术, 节约了成本, 极大地提升了现场的施工效率; 多项新技术、新工艺的应用, 取得了良好的经济和社会效益。

关键词: 高烈度区; 预制拼装技术; 结构简支顶板连续小箱梁; 灌浆套筒连接; 灌浆波纹管连接

中图分类号: U442.5; U445.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0106-05

Application of Bridge Prefabrication and Assembly Technology in Rapid Reconstruction Project of Yingbin Avenue in Suqian City

ZHAO Xiaolong¹, BAI Ling², WANG Shuo³

[1. Tianjin Branch of Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Tianjin 300220, China; 2. Xiongan Xiongshang Development Co., Ltd., Xiongan New Area, Hebei 071700, China; 3. Hebei Xiongan Precast Component Technology Co., Ltd., Xiongan New Area 071700, China]

Abstract: Taking Suqian Yingbin Avenue Phase II Rapid Reconstruction Project as an example, the application of prefabricated assembly technology in the rapid construction of urban bridges in high-intensity areas is introduced. The technological innovation of the project is adapted to local conditions, which greatly improves the traditional prefabricated assembly technology, and develops the fast construction, reliable and durable connection technology suitable for high-intensity areas. The cost is saved and the on-site construction efficiency is greatly improved. The application of multiple new technologies and processes has achieved the good economic and social benefits.

Keywords: high intensity area; prefabricated assembly technology; continuous small-box girder with simple-supported roof structure; grouting sleeve connection; grouting bellows connection

0 引言

随着经济社会的发展劳动力价格飞涨, 文明施工对环境、交通的要求也日益提高。现代桥梁的建设已经由传统生产方式向预制拼装快速化施工进行转变, 更趋于标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理。发展桥梁预制拼装技术符合现今城市建设中绿色环保、安全高效、快速便捷、经济耐久、节约人力成本、降低工人劳动强度等高要求; 有利于促进桥梁工业化、数字化、智能化升级; 整合产业链、价值链和创新链; 实现高效益、高质量、低消耗、低排放

的新型桥梁工业化建造技术的发展^[1]。

1 工程概况

宿迁市迎宾大道二期快速化改造工程南起浦东路, 向北沿现状迎宾大道至合欢路, 路线总长约10.2 km, 主线双向6车道, 设计速度80 km/h, 采用城市快速路标准, 辅线设计速度50 km/h, 采用城市主干路标准。该工程新建1座主线高架桥及6对平行匝道、1座奥体路跨线桥, 对古黄河桥、运河文化桥的引桥部分进行改建, 对民便河桥进行拆除重建, 桥梁全长5.6 km, 桥梁面积为131 497 m²。该工程改造完成后将极大缓解宿迁市城区交通压力, 大大改善沿线交通出行环境, 对促进区域经济发展有重大意义。

收稿日期: 2024-05-09

作者简介: 赵晓龙(1981—), 男, 硕士, 正高级工程师, 从事桥梁设计工作。

2 预制拼装技术应用

该工程主线上部结构标准段采用30 m跨径结构简支顶板连续宽幅小箱梁结构,跨越主干路位置采用(35+50+35)m、(45+65+45)m大跨度连续组合梁结构,跨越古黄河节点处采用(60+90+60)m大跨度连续钢箱梁结构;下部结构除桩基、承台采用现浇构件外,其余桥梁构件均采用预制拼装技术施工,预制装配率达到了85.4%以上,为宿迁市首例采用预制装配式技术的试点项目,也是全国最高烈度区(8度0.3g)首例采用预制装配式技术的市政项目。

该工程采用预制拼装技术,贯彻绿色环保理念,相对于传统现浇工艺,预制拼装技术绿色环保,大大降低了对周边环境以及交通的影响;减少了现场劳动力,不仅节约了造价,还极大地提升了现场施工速度,项目从开工到全线竣工通车仅用15个月时间,创造了“宿迁速度”,经济和社会效益显著。

2.1 上部结构预制拼装技术应用

2.1.1 装配式小箱梁快速化施工体系

(1)宽幅小箱梁集约化设计技术应用

该工程标准段桥宽25.5 m,采用6片宽幅小箱梁(见图1),与传统的交通部小箱梁(见图2)相比顶/底板宽由2.4 m/1.0 m增大至3.87 m/1.5 m,而小箱梁的片数则由8片减少为6片,小箱梁预制片数减少了25%,极大的加快了小箱梁的预制及安装速度,节约了工期,减少了工程造价。

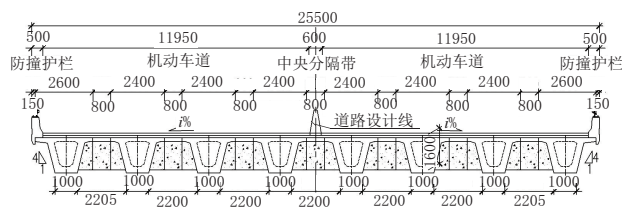


图1 25.5 m桥宽宽幅小箱梁需要6片布置(单位:mm)

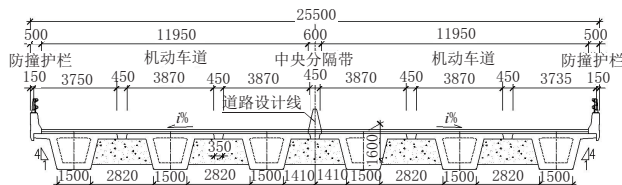


图2 25.5 m桥宽交通部小箱梁需要8片布置(单位:mm)

(2)结构简支、顶板连续小箱梁设计应用

传统的小箱梁结构可以分为简支变连续结构和简支结构(桥面连续)两种,该工程小箱梁采用结构简支、顶板连续结构设计体系(见图3、图4),相比于简支变连续小箱梁结构,不需要进行体系转换(不需

要做墩顶现浇段及张拉墩顶处负弯矩钢束),可以极大地缩短上部结构的施工时间;相比于简支小箱梁(桥面连续)结构,现浇顶板保证了结构的部分连续,可提供更好的行车舒适度、防水和耐久性,施工效率可以提高20%以上。

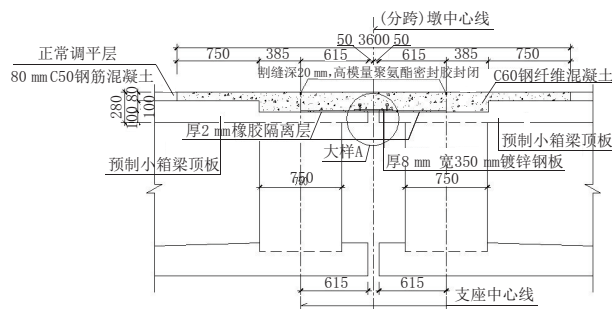


图3 结构简支顶板连续构造(单位:mm)

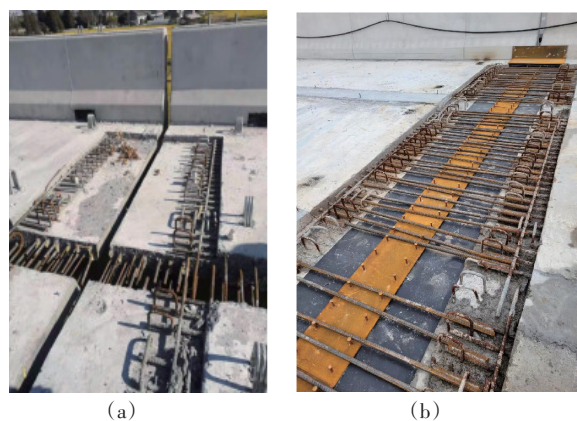


图4 现场施工照片

(3)35 cm缝宽横向湿接缝设计应用

传统的桥面板湿接缝连接一般采用钢筋焊接连接+现浇混凝土的方式(见图5),现场工作量非常大,焊接质量难以保证,施工速度慢,人力资源消耗巨大,并且湿接缝宽度大,现场混凝土浇筑量大。



图5 传统大湿接缝工艺施工照片

该工程小箱梁横向湿接缝设计采用35 cm缝宽+环形钢筋交错布置(不焊接)连接方式(见图6、图7)。此连接方式具有以下优势:安全耐久、经济合理、便于施工、钢筋不焊接、现场浇筑量小和工业化程度高,施工效率可以提高20%以上。

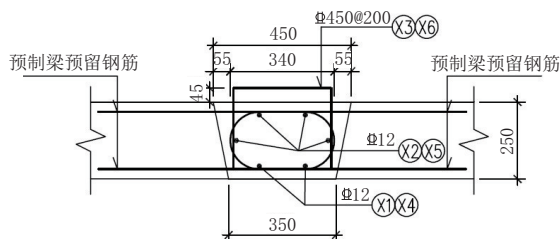


图6 横向35 cm缝宽+环形钢筋交错布置(不焊接)构造(单位:mm)



图7 横向35 cm缝宽+环形钢筋交错布置(不焊接)工艺

(4)小箱梁不设置跨中横隔板。

该工程为了方便施工,跨中不设置横隔板,减少施工步骤,加快施工速度。

(5)深埋锚施工工艺的设计应用

该工程小箱梁及盖梁等预应力结构张拉采用了深埋锚施工工艺,梁体可一次预制省略了二次封锚的施工步骤,保证了梁体预制尺寸的精度及美观,待应力钢筋张拉、孔道压浆完成后,只需对锚穴单独封堵即可,不占用制梁生产周期,加快了施工速度。深埋锚可预埋,也可以钢模成孔(见图8、图9)。



图8 深埋锚锚具

(6)护栏主筋在边梁预制时同步预埋的设计应用

护栏主筋在主梁预制时同步预埋(见图10),栏杆与梁体分开,梁体预制时提前预埋栏杆主筋,梁体



图9 深埋锚成孔后效果

架设完成后,现场浇筑防撞栏杆。这种做法不增加梁体重量,运输及吊装方便的同时,减少了现场焊接的工作量,外观线形宜控制。



图10 护栏主筋提前预埋

2.1.2 新型大跨连续钢-混组合结构设计

(1)大跨连续钢-混组合结构设计

该工程在跨越主干路位置采用(35+50+35)m、(45+65+45)m新型大跨连续钢-混组合结构(见图11)。此结构跨越能力强,用钢量低,安全、耐久、可靠、美观。

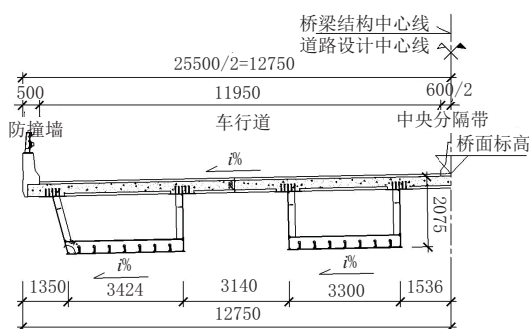


图11 25.5m桥宽标准组合梁断面(单位:mm)

(2)桥面板浇筑采用压型钢板设计

该工程桥面板在钢梁腹板中空部分采用压型钢板及压型钢盖板作为顶模浇筑桥面板混凝土,压型钢板厚1.5 mm,压型钢盖板厚0.5 mm,波谷处与钢梁翼缘等强焊接;与压型钢板盖板处采用铆钉连接。压型钢板材料采用Q345B,双面热镀锌,钢材用量仅为20 kg/m²。压型钢板设计不仅满足浇筑桥面板混凝土时的强度和刚度的要求,还能确保压型钢板与组合梁翼缘的连接密贴、可靠安全,确保桥面板混凝土浇筑时不漏浆(见图12)。



图12 压型钢板设计

2.1.3 (60+90+60)m大跨钢箱梁结构设计

古黄河老桥横向分4幅,中间两幅为机动车桥,两侧为人非桥。老桥跨径布置为22.5 m+3×30 m+22.5 m,采用变高度预应力混凝土连续梁。为了利用现状老桥节约投资,改建方案将现状老桥中间两幅机动车桥向两侧平移3.25 m,在中间预留空间施工主线桥的下部结构。新建桥梁采用60 m+90 m+60 m大跨连续钢箱梁,水中设置两个墩,主墩与现状桥墩对齐,紧贴河岸,边墩避开古黄河两岸景观步道。60 m+90 m+60 m大跨度连续钢箱梁,桥宽33.5 m,整幅布置,采用双主梁结构形式。边支点梁高1.6 m,中支点梁高4.5 m,跨中标准截面梁高2.5 m(见图13)。



图13 古黄河大跨钢箱梁施工照片

2.2 下部结构预制拼装技术应用

(1)大直径HRB500钢筋以及GTQ5Z-40套筒抗震设计应用

该工程设计中针对宿迁地区高震区^[2]的特点,抗震设计采用了减隔震设计体系,小箱梁结构支座采用铅芯隔震橡胶支座,大跨度连续组合梁及钢箱梁结构采用了摩擦摆式减隔震支座。

为了满足抗震设计的要求,以及预制标准化、模数化的要求,桩基以及预制立柱的抗震设计配筋均采用了大直径40 mm的HRB500钢筋进行设计。同时与大直径40 mm的HRB500钢筋对应的GTQ5Z-40预制立柱套筒也首次大面积设计应用,目前国内对应HRB400钢筋的套筒试验以及应用较多,与大直径

40 mm的HRB500钢筋对应的GTQ5Z-40套筒国内试验以及应用较少,该工程大面积的设计应用为高烈度区的桥梁预制拼装技术提供了一些参考和借鉴。

(2)承台连接设计

针对宿迁高烈度区的特点,立柱拼装节点承台位置采用开深20 cm的凹槽设计,以提高立柱与承台连接节点的抗震受力性能(见图14、图15)。

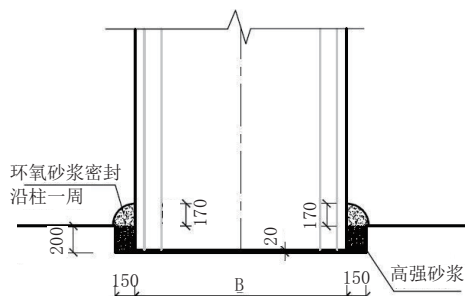


图14 立柱与承台开槽大样图(单位:mm)



图15 立柱与承台开槽施工照片

(3)预制立柱设计

该工程标准段立柱尺寸为1.6 m×2 m,立柱与盖梁采用灌浆波纹管连接^[3],立柱与承台采用灌浆套筒连接^[4]。立柱最大高度在10 m以内,可以一次性浇筑完成,减少了二次浇筑接缝漏浆等影响外形美观的情况,立柱自重可控制在100 t以内,方便现场整段吊装施工(见图16、图17)。现场无需进行大规模现浇混凝土作业,减少环境、噪声等污染。立柱现场施工平均每天预制2个。

(4)预制盖梁设计



图16 立柱与盖梁采用灌浆波纹管连接



图17 立柱与承台采用灌浆套筒连接

标准段盖梁采用双柱形式,为便于运输及安装,采用横向分段的方式,重量控制在150 t以内。盖梁采用横向分段预制,纵向钢筋露出,进行现场焊接,完成现浇段(见图18、图19)。盖梁现场施工平均每天预制2个。

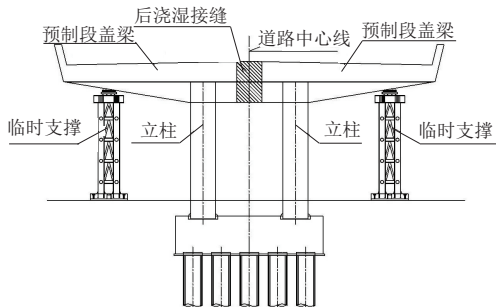


图18 主线标准双柱盖梁施工示意图



图19 主线标准双柱盖梁施工照片

(5)柱底后压浆技术的设计应用

该工程地质情况复杂,存在10~20 m较厚的液化土层。在液化土层较厚的位置桩基以及运河文化桥老桥拼桥位置桩基进行桩底后压浆,以减少桩侧负摩阻以及差异沉降,提高桩基的承载力和抵抗差异沉降变形的能力。

2.3 古黄河老桥节点改建顶升平移技术应用

该工程古黄河老桥横向分4幅,中间两幅为机动车桥,两侧为人非桥。老桥跨径布置为(22.5+3×30+22.5)m,采用变高度预应力混凝土连续梁。为了利用现状老桥节约投资,改建方案将现状老桥中间两幅机动车桥向两侧平移3.25 m,在中间预留空间施工主线桥的下部结构。古黄河老桥单幅桥梁重达4 700 t,在不断交的前提下采用PLC液压同步顶升平移控制系统及步履式千斤顶进行顶升平移。该技术安全可靠、精度高,节约了工程造价及工期,降低了对现状河道及周边生态环境的影响。

3 结 语

该工程坚持以人为本、绿色低碳、科技创新的设计理念,开发了适合于高烈度区的快速施工、可靠耐久的连接技术,节约了成本,极大地提升了现场的施工效率;多项新技术、新工艺的应用,取得了显著的经济和社会效益,以期同类城市桥梁的设计和施工提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 李洞明. 钢筋交叉搭接桥面板湿接缝轴拉试验研究[J]. 城市道桥与防洪, 2022(3): 64-68; 73.
- [2] 徐俊, 王明晔, 卢永成. 高震区城市高架桥梁的全预制拼装设计方案[J]. 城市道桥与防洪, 2017(12): 52-55; 77.
- [3] 屈宏雅, 肖伟, 李田田. 基于新型波纹管连接构造的预制拼装桥墩地震破坏机理的试验研究[J]. 地震工程与工程振动, 2020(5): 193-198.
- [4] 徐文靖, 马磊, 黄虹, 等. 套筒连接的预制拼装桥墩抗震性能研究[J]. 工程力学, 2020, 37(10): 93-104.

(上接第105页)

- [13] 吴大宏. 济青高速铁路(40 m+70 m+70 m+40 m)槽型连续梁设计研究[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(2): 53-56.
- [14] 李战胜. 石济客运专线预应力混凝土槽形梁设计研究[J]. 铁道标准设计, 2017, 61(7): 76-79.
- [15] 谢文涛. 带有横向预应力体系的预应力混凝土槽形梁力学性能

研究[D]. 南京: 东南大学, 2020.

- [16] 王文博. 铁路简支槽形梁结构设计动力仿真分析[J]. 铁道标准设计, 2015, 59(5): 97-99; 105.
- [17] 陈铭. 铁路预应力混凝土连续槽形梁研究[J]. 铁道标准设计, 2009(6): 39-41.