



高桩码头横梁装配式一体化施工技术

鲁 军¹, 陆 敏²

(1. 中交第三航务工程局有限公司江苏分公司, 江苏 连云港 222042;

2. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 受传统高桩码头现浇横梁存在水上作业施工安全隐患多、施工质量受施工队伍水平及海上风浪影响大、施工效率低等影响, 对大体积横梁装配式模板及钢筋笼一体化关键施工技术进行研究, 采用 TEKLA 软件建模、制作, 钢筋笼在专业预制场制作、运输至现场起吊安装工艺。结果表明, 横梁装配式一体化技术能有效节约工程施工造价、提升横梁整体质量、缩短工期、提高作业安全性。

关键词: 高桩码头; 装配式; 横梁; 一体化

中图分类号: U 656.1+13

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)05-0133-04

Integrated construction technology of prefabricated high-piled wharf beam

LU Jun¹, LU Min²

(1. Jiangsu Branch of CCCC Third Harbor Engineering Co., Ltd., Lianyungang 222042, China;

2. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Because the cast-in-place beams of the traditional high-piled wharf have many hidden dangers in the construction of water operations, the construction quality is greatly affected by the level of the construction team and the offshore wind and waves, and the construction efficiency is low, the paper studies the key construction technology of the integration of large-volume beam-assembled formwork and steel cages, proposes to model and produce the template by TEKLA software, produce the steel cages in a professional prefabricated yard, and transport them to hoist on site. The results show that the integrated technology of prefabricated beam can save the construction cost, improve the overall quality of the beam, effectively shorten the project construction period, and improve the operation safety.

Keywords: high-piled wharf; prefabricated; beam; integrated

近些年, 装配式高桩码头结构的概念再次兴起, 装配式桩帽、横梁结构开始逐步推广, 上部结构预制构件在桩位处预留孔洞、二次现浇连接的节点受力较大, 装配式结构与桩基间的灌浆节点抗震性、耐久性、结构整体性能的研究尚未完全成熟^[1]。目前, 对装配式码头施工内容的研究仍然较少, 大多以小模块装配化施工如装配化夹桩结构、装配化操作平台、装配化加固措施等的研究为主, 标准化、模块化、装配化不足^[2-3]。本文将横梁模板和钢筋笼整体预制拼装后现场吊装, 通过现浇混

凝土与桩基连接, 大幅节省水工搭设模板和绑扎钢筋笼的时间, 充分利用现浇结构的可靠性, 发挥与装配式结构同样的工程效果, 达到节省施工成本、提升施工质量、提高施工效率和施工安全的目的。

1 工程概况

某港区规划的海上专用消防通道工程长 1.9 km、宽 11.5 m, 采用高桩梁板式结构, 排架间距 10 m, 每榀排架布置 2 根 $\phi 1\ 200$ mm 大管桩(直桩), 上部结构为现浇横梁+预制空心板叠合面层结构, 共

收稿日期: 2022-11-15

作者简介: 鲁军(1986—), 男, 高级工程师, 从事港口与航道工程施工。

计 185 个排架,上部结构异型构件少、标准化程度较高,为装配化施工创造了有利条件。

常规水上现浇横梁施工普遍存在施工速度慢、施工危险性高、施工质量难以控制等问题,考虑到本工程上部结构标准化程度高的有利条件,横梁拟采用装配化模板及钢筋笼一体化施工^[4-5]。但是该技术在水工结构的应用案例较少,缺乏施工经验,尚有以下难点亟待解决:

1) 一体化模板构件整体质量大,结构平面为矩形,易变形,起吊安装难度大;底模、侧模系统需要对分块数量、快速拼拆模、接缝止浆、限位措施等统筹考虑。

2) 一体化模板集约了装配式护栏、走道,标准化程度高,安全保障性好,有效解决了传统水工现浇作业临边防护差的安全通病。

3) 一体化钢筋整体绑扎尺寸要求严格,须采用自动化精加工设备放样切割,胎架工装定位绑扎;入模时保持平、稳、缓,防止碰撞,以免影响实体线型。

2 一体化模板

2.1 构成系统

2.1.1 模板系统

装配化的模板由底模、侧模构成。特点为:

1) 底模板由底纵梁、分配梁和底模钢板等组成,其中 HM400×300 (高×翼宽,如无特殊说明本文的尺寸单位均为 mm) 底纵梁为模板主要受力构件,支撑在桩基抱箍上, HN350×175 分配梁顶部与底纵梁顶部齐平、600 mm 等间距布置在底纵梁中间,顶部铺设厚 6 mm 底模钢板。底模整体沿底纵梁方向分为 4 块进行拼装,考虑打桩偏位影响,桩基安装孔预留大小为 $\phi 1\ 500$ mm。底模整体吊装,分体拆除^[6]。2) 侧模板由 [12.6 竖肋、[10 横肋、12 mm 扁钢加筋条、D30 精轧螺纹钢顶拉杆及厚 6 mm 侧模钢板组成,其中端部 2 块侧模单独拆分,侧面模板单面拆分为 3 块,共计 6 块,底部通过 M20 螺栓与底模板进行固定,顶部采用顶拉杆固定。

2.1.2 安全防护系统

为方便施工,提高施工期安全,装配化模板四周布置厚 4 mm 花纹钢板走道平台及 DN32 护栏,走道平台安装在底模纵梁上,护栏安装在走道平台上,按装配化施工要求,走道平台及护栏均和底模板分块制作,尺寸与底模板相适应^[7]。

2.1.3 吊装系统

装配化模板结构质量及尺度较大,不可直接吊运安装,顶部设置一套刚度较大的型钢吊具,确保吊运安装过程中模板及钢筋笼结构变形协调统一,到位后方便细部调整。装配式一体化模板见图 1。

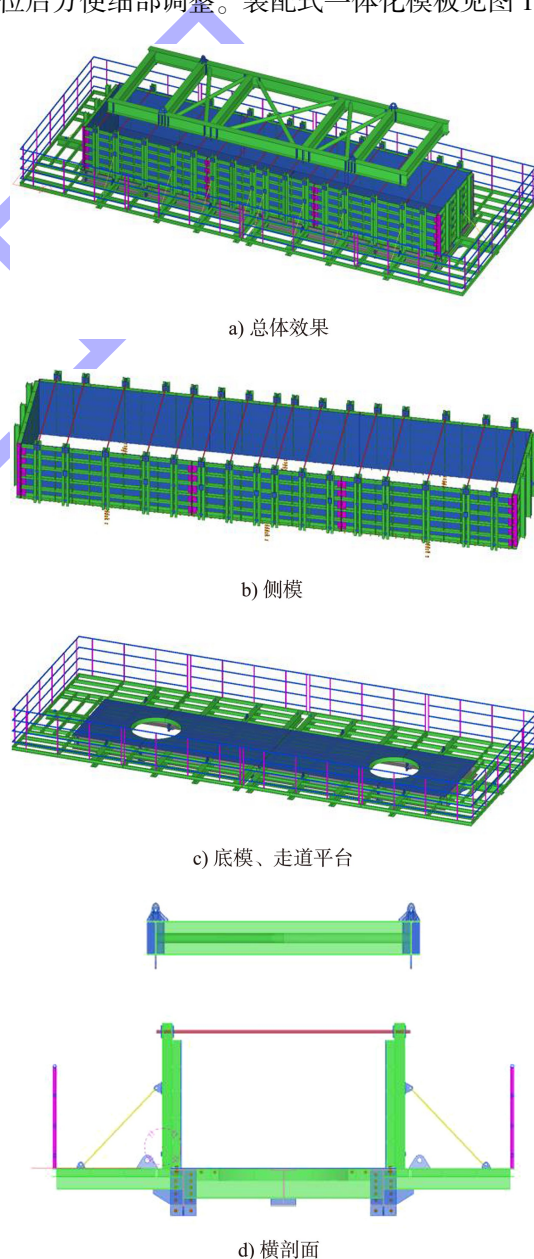


图 1 装配式一体化模板

2.2 节点连接

2.2.1 底模板分块之间的连接

分块底模板在底纵梁端部焊接连接板,板上开孔以便螺栓安装,底模板采用对接的方式,在底纵梁处用螺栓连接固定,每根底纵梁连接螺栓不少于12个。底模钢板对接缝应打磨整平,避免对接缝咬合错位。

2.2.2 走道平台及护栏与底模板的连接

走道平台分块应和底模板相互协调,直接焊接在底模板侧边的底纵梁和分配梁上,护栏安装在走道平台外边缘,可直接焊接,也可采用活动栏杆,方便拆卸。

2.2.3 侧模板与底模板之间的连接

侧模板竖肋底部与底模板底纵梁上翼缘均打穿孔,利用螺栓连接;端部侧模与分配梁利用螺栓连接。侧模板底面粘贴宽50 mm、厚4 mm橡胶条,确保侧模板与底纵梁翼缘板连接后不漏浆。

2.2.4 侧模板分块之间的连接

侧模板竖向拼缝采用活动锁扣连接,顶部利用顶拉杆对拉连接。

2.3 受力分析

2.3.1 荷载

1) 现浇横梁自身重力:消防通道下横梁长11.5 m、宽2.4 m、高1.5 m,自身重力约1 035 kN。

2) 装配式模板自身重力:根据各构件尺寸,模板自身重力约150 kN。

3) 施工活载:走道平台考虑3 kPa施工活载,分布宽度按2 m考虑。

2.3.2 桩基钢抱箍受力

自身重力荷载分项系数取1.3,活载分项系数取1.4,钢抱箍施工期结构的重要性系数取0.9,本工程单樁排架共2根桩,根据计算,单个钢抱箍的竖向承载力不应小于362.1 kN。钢抱箍受力的计算公式为:

$$F = [\sigma] t / r \cdot \mu B \pi D / K \quad (1)$$

式中: $[\sigma]$ 为螺栓设计允许应力,为75.5 MPa; t 为钢抱箍钢带厚度,取12 mm; r 为大管桩半径,取600 mm; μ 为摩擦系数,取0.35; B 为钢抱箍高

度,取420 mm; D 为大管桩直径,取1 200 mm; K 为荷载安全系数,取1.2。经计算 $F = 697.3$ kN (> 362.1 kN),故钢抱箍满足要求。

2.3.3 底纵梁计算

底模板布置3根底纵梁,中间底纵梁遇桩断开,实际受力底纵梁应为2根,底纵梁受力可简化为线荷载作用下的简支梁计算,其中线荷载 q 为120 kN/m,支座间距为7.5 m,见图2。

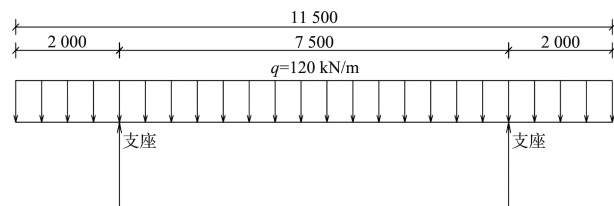
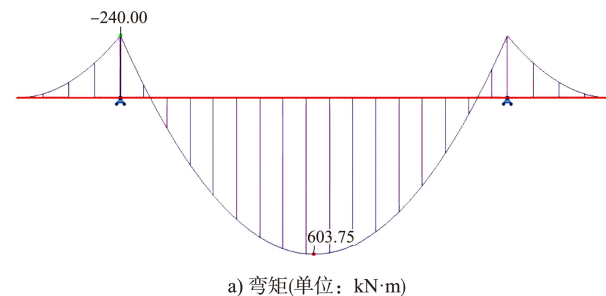
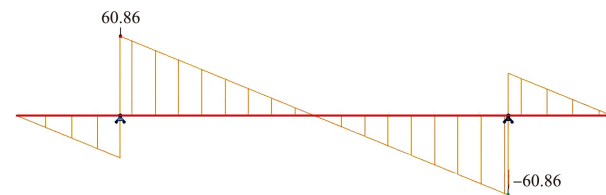


图2 底纵梁荷载计算(单位: mm)

弯矩、剪力、挠度采用ROBOT软件建模计算,结果见图3。由图3a)可以看出,最大正弯矩为603.75 kN·m,最大负弯矩为-240.00 kN·m。经计算,弯矩产生的应力 $\sigma = 236.7$ MPa (< 310 MPa),满足《水运工程钢结构设计规范》^[8]对Q345型钢的要求;由图3b)可看出,最大剪应力为60.86 MPa (< 215 MPa),满足《水运工程钢结构设计规范》的要求;由图3c)可知,最大挠度为12 mm,位于跨中位置,挠度允许值为15 mm,故挠度满足要求。综上,采用HM440×300型钢作为底纵梁可满足受力要求。



a) 弯矩(单位: kN·m)



b) 剪应力(单位: MPa)

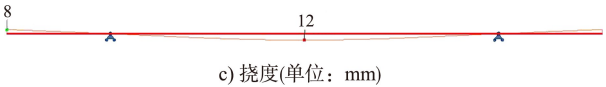


图 3 底纵梁计算结果

2.4 主要构件规格

一体化模板的整体底模、整体侧模及附属设施的主要材料和构件规格见表 1。

表 1 模板主要材料和构件规格

部位	细部名称	规格
整体底模	底纵梁	HM440×300×11×18(高×宽×腹板厚×翼板厚),3 道
	横向分配梁	HN350×175×7×11
	纵梁连接板	厚 20
	纵梁连接螺栓	M20,10.9S 级
	底钢板	厚 6
整体侧模	竖肋	12.6#槽钢
	横肋	10#槽钢
	加筋条	扁钢 12×100(厚×宽)
	顶拉杆	D30 精轧螺纹钢
	底部连接螺栓	M20,8.8S 级
附属设施	侧模面板	厚 6
	防护围栏	DN32 焊管
附属设施	走道平台	HM244×175;10#槽钢;厚 4 花纹钢板

2.5 抱箍系统

钢抱箍直径为 1 200 mm、A3 钢材质、厚度 12 mm、高度 420 mm，夹板、加劲板为厚 12 mm 钢板，连接板选用厚 20 mm 钢板，螺栓选用 M30 高强螺栓。采用双层钢抱箍，根据计算结果可满足施工要求。钢抱箍结构见图 4。

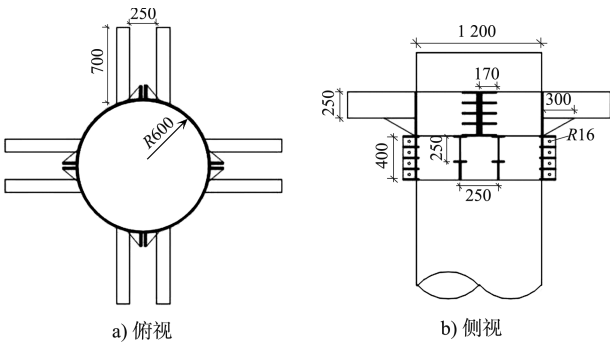


图 4 钢抱箍结构 (单位: mm)

3 一体化钢筋笼

钢筋加工采用自动化流水线施工，同比例定型胎架焊接钢筋骨架，在骨架胎模上按施工图纸进行

钢筋编号，在专业预制厂按图进行钢筋笼整绑。

钢筋笼起吊前应验收合格。直接吊进拼装好的模板中，钢筋笼与模板之间用预制块体进行隔离定位，确保钢筋保护层满足规范要求，测量定位满足要求后，采用合适的固定措施将钢筋笼与模板结构进行固定，防止吊运过程中出现偏移。一体化钢筋笼见图 5。

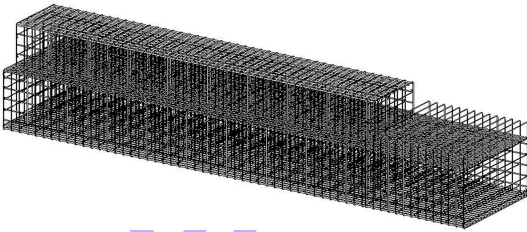


图 5 一体化钢筋笼

4 实施效果

装配化模板及钢筋一体化施工技术传统的施工方式相比技术优势明显：

1) 加快进度。装配化横梁侧模、底模周转效率分别为 2.5、5.0 d/横梁，传统横梁侧模、底模周转效率分别为 4.0、8.0 d/横梁，横梁模板周转效率、单梁制作时间提升明显，有效缩短了施工工期。

2) 提升实体质量及耐久性。钢筋笼整体尺寸、间距、层距精度高，混凝土保护层平均合格率大于 90%，有效保障了横梁在海水环境下的使用寿命，提升整体质量水平。

3) 提高安全防护标准化水平。与整体底模同步安装的走道平台及防护围栏标准化程度高、防护性能好，大幅提高了海上临边作业安全性。

4) 节约船机资源，经济效益显著。通过采用整体底模、整体侧模、钢筋笼整体吊装，施工船舶吊装次数、使用数量、时间均显著减少。经测算，船机租赁费由 150 万元/月降至 95 万元/月，共节约工程造价 370 万元。

5 结语

1) 本文针对上部结构标准化程度较高的横梁结构提出了一种装配化模板及钢筋笼一体化施工

(下转第 142 页)