

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2019.06.019

中马友谊大桥主桥承台钢吊箱施工阶段仿真分析

游新鹏, 罗英

(中交第二航务工程局有限公司, 湖北 武汉 430040)

摘要: 马尔代夫中马友谊大桥位于印度洋外海无遮掩环境, 主桥采用高桩承台基础, 墩位水深大, 桩基在水中自由长度大, 钢吊箱施工期在波流荷载作用下受力复杂, 无相关经验可借鉴。该文通过对钢吊箱施工阶段进行全面仿真分析, 选择了合理的施工工艺, 确保了施工过程结构安全。

关键词: 深水; 长周期涌浪; 钢吊箱; 施工阶段; 仿真分析

1 概述

中马友谊大桥位于马尔代夫北马累环礁, 跨越Gaadhoo Koa海峡, 连接环礁上马累岛、机场岛和胡鲁

马累岛3个相邻岛屿, 是马尔代夫最重要的岛屿连接线工程。主桥为六跨连续V形刚构叠合混合梁桥, 跨径布置为 $(100+180\times 2+140+100+60)$ m, 全长760 m, 总体布置如图1所示。两侧引桥均采用30 m跨I字梁。

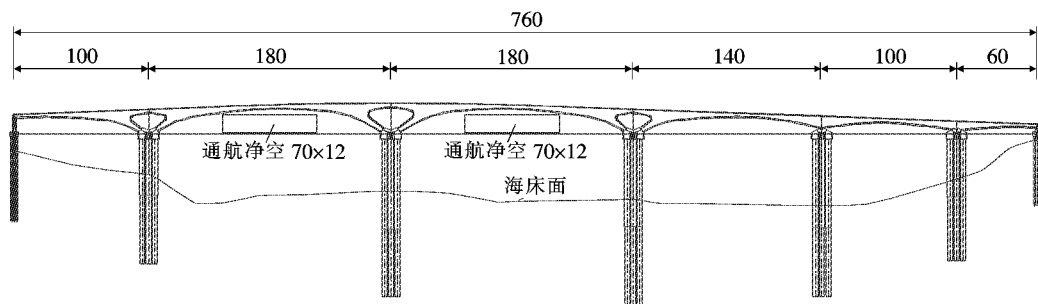


图1 桥型总体布置图(单位:m)

主桥所处深槽区水深较大, 最大墩位处达46 m。桥位实测平均流速为1.33 m/s, 两年一遇最大流速为3 m/s。工程水域为显著的长周期涌浪, 涌浪周期在14~20 s, 主桥位置两年一遇最大波高为2.39 m。

2 钢吊箱总体布置及施工方法

为减小基础的波流力, 桩基平面采用梅花形布置, 承台外形采用梭形。主墩承台采用钢吊箱施工, 承台底标高为-3 m。

主墩承台钢吊箱外形与承台外形保持一致为梭形, 采用单壁设计, 高8.3 m, 设置有两层钢管内支撑, 外围护筒位置采用专门的导向装置进行平面位置精确定位。每个护筒周围设置4根拉压杆用于钢吊箱临时

固定。钢吊箱总体平面及立面布置如图2所示。

钢吊箱总重320 t。钢吊箱底板采用起重船整体安装, 壁体采用分块吊装现场组拼, 安装横撑及拉压杆完成后, 采用连续千斤顶整体下放, 将拉压杆与护筒可靠连接后, 封堵底板与护筒之间的缝隙, 最后浇筑封底混凝土, 解除拉压杆完成体系转换后, 进行后续承台施工。

由于钢吊箱施工期存在多次体系转换, 且不同作业时机对应的潮位、流速、波高均不同, 封底混凝土浇筑完成形成强度后, 相当于在桩顶形成了一个刚性约束的排架体系, 在波流力作用下, 桩顶将出现负弯矩, 在负弯矩作用下, 封底混凝土受力不利, 存在较大的开裂风险。

因此采用了二次封底技术, 第一次封底形成类干施工环境, 完成护筒间的钢结构加固约束之后, 再浇筑

收稿日期: 2019-03-09

作者简介: 游新鹏, 男, 硕士, 教授级高工, E-mail: 13511427@qq.com

第二层封底混凝土,拉压杆与封底混凝土联合作用。该工序需进行施工阶段仿真分析。

3 全过程仿真分析模型

分析采用三维有限元分析软件 Midas/Civil 进行,结构离散如图 3 所示,整个模型包括节点 94 713

个,单元 39 882 个。钢吊箱壁体及钢底板采用板单元模拟,封底混凝土采用实体单元模拟,桩基、钢护筒加劲肋、拉压杆等采用梁单元模拟。桩基约束采用 m 法计算得到的等效弹簧约束,竖向固定约束。其余连接位置均采用弹性连接约束。

荷载主要包括:自重、桩基和钢吊箱的波浪与水流作用,静水压力、风荷载及施工荷载等。

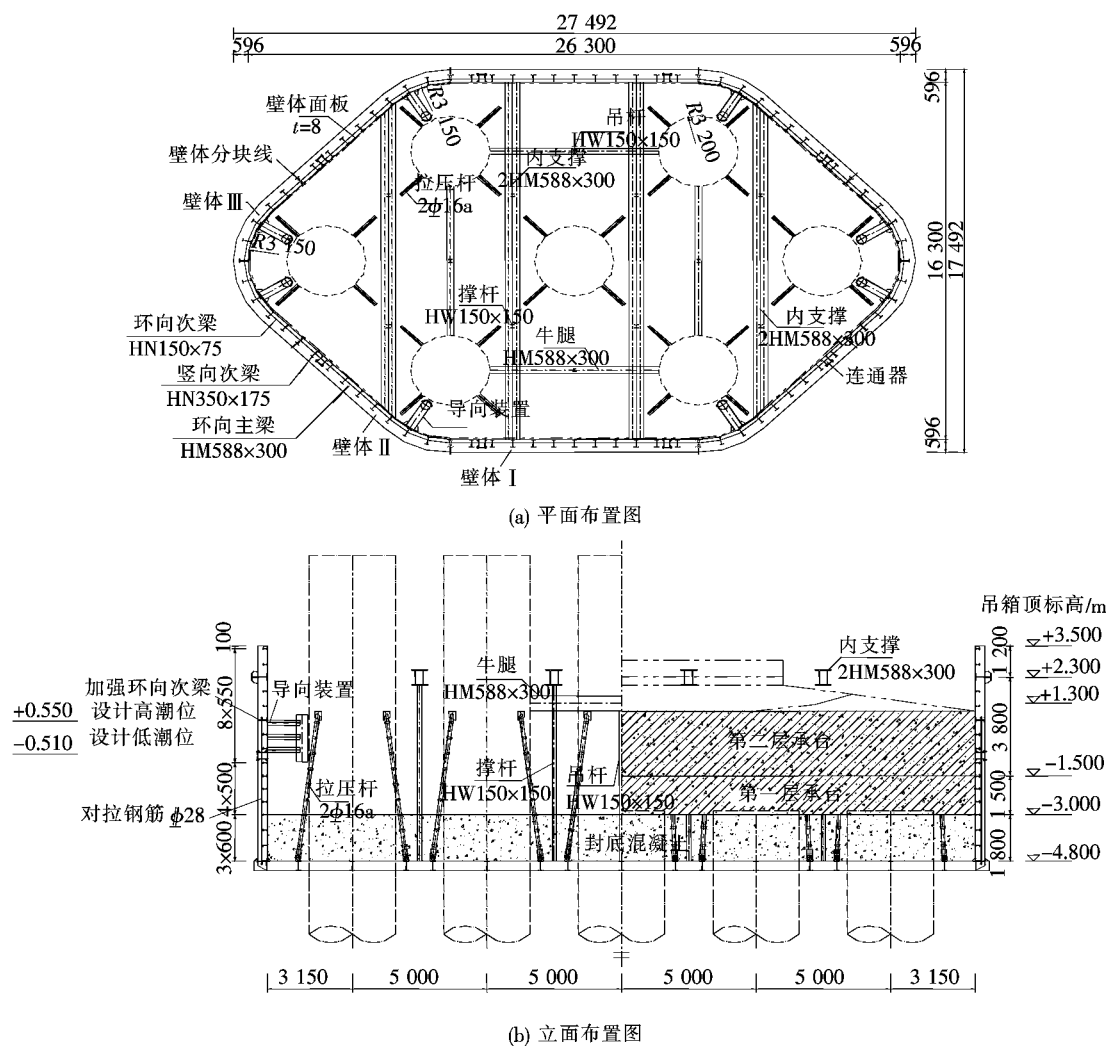


图 2 钢吊箱总体布置图(单位:mm)

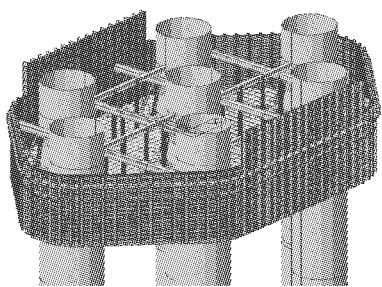


图 3 结构离散图

根据钢吊箱实际施工步骤,施工过程仿真分析考虑的施工阶段如表 1 所示。

4 计算结果及分析

根据仿真分析结果,壁体及底板的应力峰值包络图如图 4、5 所示。最大拉应力为 180 MPa,峰值位于背浪侧底板外围。最大压应力为 171 MPa,峰值位于桩间格子梁跨中。

表 1 施工阶段说明

编号	工况	竖向荷载
1	钢吊箱下放至设计标高	自重、波吸力
2	焊接拉压杆	自重、波吸力
3	下放千斤顶卸载,体系转换	自重、波吸力
4	浇筑水下一封底混凝土	自重、波吸力
5	一封混凝土等强	自重、波吸力
6	抽水	自重、浮托力
7	焊接护筒间钢平联、铺设钢筋	自重、浮托力
8	干浇二封混凝土	自重、波吸力
9	二封混凝土等强	自重、波吸力
10	割除拉压杆,完成体系转换	自重、波吸力
11	绑扎第一层承台钢筋	自重、波吸力
12	浇筑第一层承台混凝土	自重、波吸力

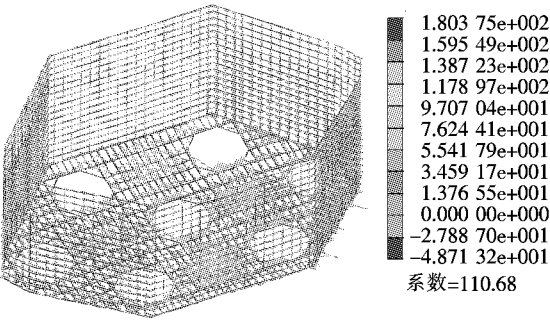


图 4 底板及壁体最大应力包络图(单位:MPa)

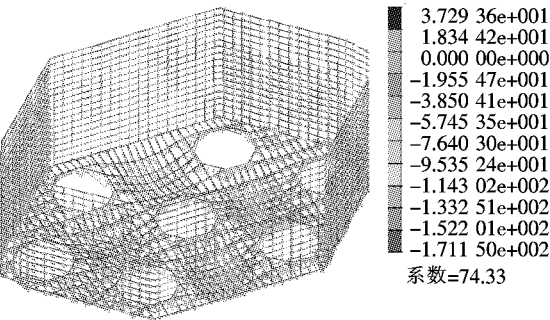


图 5 底板及壁体最小应力包络图(单位:MPa)

底板应力峰值包络图如图 6、7 所示,最大拉应力为 1.15 MPa,最大压应力为 1.19 MPa,均位于护筒与底板交界面。计算结果显示,该区域混凝土开裂风险很大,验证了二封措施的必要性。

36 根拉压杆施工阶段轴力发展曲线趋势展示如图 8 所示,最大轴力为 470 kN。部分拉压杆在抽水工况会出现压力,最大压力为 14 kN。

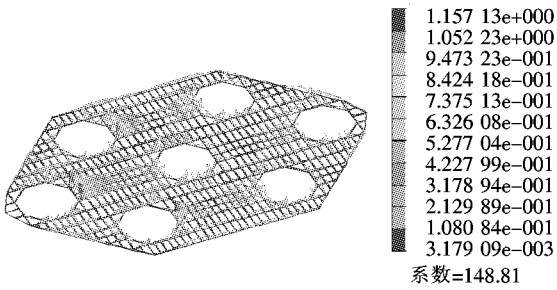


图 6 封底混凝土最大应力包络图(单位:MPa)

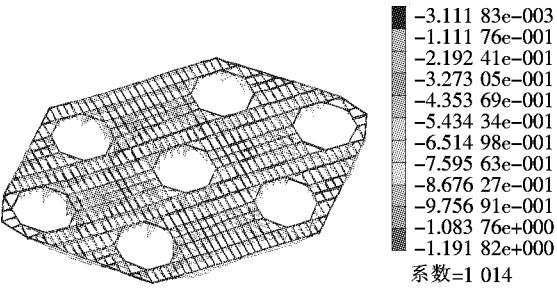


图 7 封底混凝土最小应力包络图(单位:MPa)

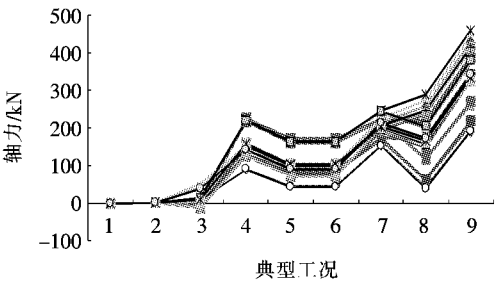


图 8 拉压杆轴力施工阶段发展(单位:kN)

5 现场实施情况

中马友谊大桥主桥钢吊箱施工已于 2017 年 8 月完成。钢吊箱施工经受了非窗口期的长周期强涌浪的考验。

一封完成后钢护筒与封底混凝土之间的渗水,通过采用集水沟进行集中排水。然后进行干施工条件下的二次封底,防水效果良好。

6 结论

(1) 采用二次封底工艺,钢吊箱主要钢结构,包括壁体、底板、拉压杆、内部撑梁,以及封底混凝土的受力满足规范要求,施工期结构安全。

(2) 在波浪及水流作用下,封底混凝土与钢护筒

某跨海大桥主墩承台防撞钢套箱设计与施工

张雪峰¹, 叶以挺², 吴刚², 李贝³, 汪建群³

(1.杭州都市高速公路有限公司, 浙江 杭州 310000; 2.浙江交工集团股份有限公司; 3.湖南科技大学 土木工程学院)

摘要: 某跨海大桥为双塔双索面钢箱梁斜拉桥, 位于浙江东北部沿海海域, 风大浪急、受潮位影响严重是大桥承台施工面临的难点。该文结合水文气象等条件, 针对性地设计了防撞钢套箱结构。防撞设施由内层防撞钢套箱和外层防撞钢套箱组合而成。内外钢套箱上部挂腿采用橡胶支座, 外层防撞钢套箱外表面设置拱形橡胶护舷。基于 MSC.Patran 分析表明: 该防撞设施能很好地消除船舶动能, 满足设计要求。基于合理的施工组织设计, 成功克服了承台施工难点, 施工精度满足规范要求; 采用合理的涂装方案和养护措施可保证防撞设施的耐久性。

关键词: 斜拉桥; 钢套箱; 防撞; 结构设计

1 工程概况

某双塔双索面钢箱梁斜拉桥, 桥跨布置为: (74+106+390+106+74) m, 索塔采用钻石形塔身。NT3号墩索塔承台基础为变径桩基, 钢护筒内径 3.2 m, 上部桩径 3.2 m, 钢护筒长度 40~49 m; 下部桩径 2.8 m, 钢护筒长度 70~76 m, 总桩长 111~119 m。通航孔桥 NT3 承台采用六边形整体式布置, 承台尺寸 41.66 m×28.0 m×6.0 m, 其顶面设计标高+6.0 m。承台顶部设置高度为 2 m 的塔座, 塔座顶面设计标高+8.0 m。NT3 承台基础如图 1 所示。

该跨海大桥位于浙江东北部沿海海域, 风大浪急、受潮位影响严重是大桥承台施工面临的难点。该文结

合水文气象等条件, 针对性地设计了防撞钢套箱结构, 并对该钢套箱的施工方法进行阐述。

2 水文气象概况

根据总体施工计划, 钢套箱计划于 2018 年 10 月开始下放。据岱山水文站提供资料, 10 月具有代表性的水位实测变化情况如表 1 所示。

参照岱山气象水文统计资料, 主要设计参数如下: 最大风速 44.7 m/s; 设计流速 2.36 m/s; 钢套箱下放、浇封底及浇承台工况: 波高 $H=1.0$ m, 周期 $T=7.5$ s; 抽水工况: 波高 $H=3.89$ m, 周期 $T=7.5$ s; 设计高潮位为+3.030 m、设计低潮位为-2.210 m。因此, 风大浪急、受潮位严重影响为承台施工所面临的难点。

交界面存在较大的拉应力, 一次封底只能起到初步的止水作用, 通过一封形成的初步干施工环境, 对桩顶进行加强连接后二封才能确保结构受力。

(3) 拉压杆在承担竖向荷载方面起到了重要作用, 但分布并不均匀, 不同位置的拉压杆轴力差别近两倍。

大型钢吊箱设计尤其是在施工过程中环境激励在不断变化的情况下, 结构受力与施工顺序和荷载条件

直接相关, 采用施工阶段全过程仿真分析对于正确方案的选择至关重要。

参考文献:

- [1] 张鸿, 张永涛. 苏通长江大桥北主墩超大型钢吊箱的设计与施工[J]. 公路, 2006(1).
- [2] 张鸿, 张永涛. 苏通大桥北主墩钻孔平台方案设计[J]. 公路, 2005(2).

收稿日期: 2019-09-26(修改稿)

基金项目: 湖南省科技厅资助项目(编号: 14JJ2094, 18A202)

作者简介: 张雪峰, 男, 高级工程师, E-mail: 2778691530@qq.com