

基于 ANSYS 的永-临结合的钢围堰力学特性分析及工程优化

雷鸣

上海国铁工程建设管理有限公司 上海 200070

DOI:10.32629/ems.v8i3.18685

[摘要] 为研究桃夭门大桥 5 号主塔基础所用双壁钢围堰结构在施工过程中的力学行为, 针对钢围堰结构, 采用 ANSYS 有限元软件建立了数值模型, 通过数值计算与力学分析, 验证了围堰在静水压力、流水压力及施工荷载下的安全性, 识别出了薄弱环节并提出了优化措施。

[关键词] ANSYS; 钢围堰; 力学特性; 工程优化

引言

在海洋环境中施工大、长桥梁的深水基础时, 施工平台受荷情况复杂, 此时应选用钢围堰结构作为施工平台。钢围堰因其刚度大、整体性好、加工运输拼装方便等优点, 成为深水基础施工平台的首选^[1]。然而, 在桥梁建设中与钢围堰相关的安全事故时有发生, 威胁着人们生命财产安全。为确保钢围堰的施工安全, 有必要掌握其力学行为^[2]。既有研究多聚焦于临时性钢围堰的力学行为, 而对永-临结合的钢围堰的力学性能研究不足^[3]。本文研究对象兼具施工期挡水与运营期防撞功能, 以有限元软件 ANSYS 为工具, 对永-临结合的钢围堰关键施工阶段的受力特征进行仿真分析, 以保证双壁钢围堰在施工阶段的结构安全, 相关研究为类似跨海工程提供参考。

1 工程概况

1.1 工程简介

桃夭门公铁两用大桥为甬舟铁路及甬舟高速公路复线跨越桃夭门水道的共用跨海桥梁, 连接册子岛和富翅岛。与既有桃夭门公路大桥平行, 净距 25m。主桥采用主跨 666m 混合梁斜拉桥, 中跨为钢箱梁, 边跨为砼箱梁; 钢混结构段设置在边跨侧距辅助墩 14m 处。

主墩基础采用 20 根 $\phi 3.5\text{m}$ 钻孔桩, 承台形状为带圆弧倒角的八边形。承台施工用的挡水围堰兼做永久性防撞设施。围堰采用按承台轮廓进行设计的八边形双壁钢围堰, 封底混

凝土厚度 2m。承台施工期间高水位+3.34m, 低水位-2.22m。

1.2 围堰结构

围堰采用钢箱结构, 箱内设竖、横向隔板及纵、横向加劲肋。分段设计, 各分段之间采用不锈钢螺栓连接, 围堰尺寸 $54.0 \times 32.0 \times 11.6\text{m}$, 如图 1 所示。围堰顶标高+6.60m, 围堰底标高-5.00m。钢围堰总重 1673t, 其中钢结构重量 1638t, 钢筋重量 35t。封底混凝土厚 2m, 封底底标高-4.50m。

围堰顶板、底板、内外壁板及水平隔板竖隔板板厚 10mm, 水平肋采用 $T252 \times 120 \times 10 \times 10\text{mm}$, 竖肋采用 $\angle 140 \times 90 \times 10\text{mm}$, 加强竖肋采用 $T300 \times 150 \times 16\text{mm}$ 。

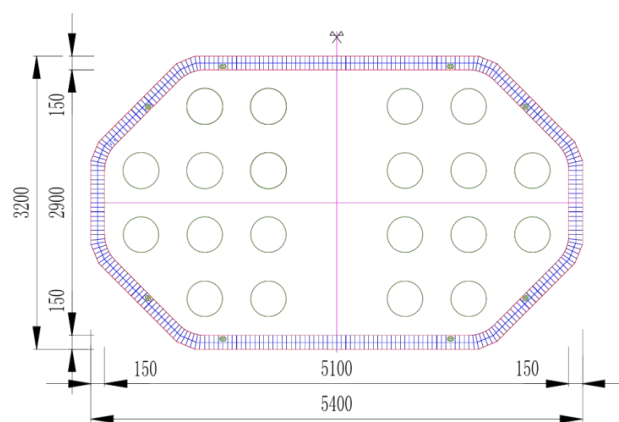


图 1 钢围堰平面图 (单位: cm)

围堰内支撑采用 $\phi 820 \times 12\text{mm}$ 钢管, 共设置 5 根, Q235B 材质; 与围堰壁板通过法兰螺栓连接, 法兰螺栓采用 10.9 级 M24 高强承压型螺栓连接。内支撑围堰下放前安装完毕, 承台混凝土浇筑完成达设计强度后拆除。围堰钢结构

度的关系就可以获得每个单元的反应,如单元结点位移、应力分布和结点力等力学参数。

3 钢围堰力学模型

3.1 有限元模型

用 ANSYS 软件建立计算模型,其中壁板、纵横隔板采用板单元模拟,L型加筋肋采用梁单元模拟,因内撑钢管截面较大,钢管用梁单元模拟时钢管端部结点施加约束方程,使截面圆范围内壁板与钢管端部结点位移相等。因最危险工况是在混凝土封底抽水后,所以本有限元模型不包含围堰底部的钢结构部分。

有限元网格尺寸影响计算结果精度,网格尺寸越小,精度越高,但计算工作量越大。考虑到计算精度与计算准确性的平衡,通过试算本模型主要构件的有限元网格在 0.4-0.5m 范围内,将围堰结构用有限元离散后网格如图 2 所示。

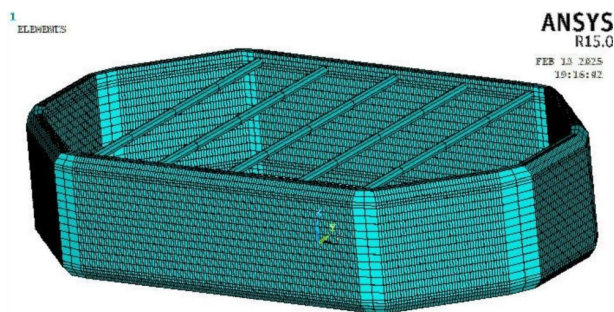


图 2 围堰有限元网格

3.2 计算荷载

施工过程中,最不利工况为围堰封底且抽干水后,潮水最高,水流速度为最高流速 3.17m/s 时。此阶段围堰底部抗沉浮系统、封底混凝土内的抗剪钢筋与桩身已有效连接,围堰自重能充分传递至桩身,所以计算过程中不再考虑围堰自重。因此最不利工况时,围堰所受荷载由静水压力和流水压力两部分组成。

(1) 静水压力

水压力对围堰外壁的作用沿水深方向线性分布,水压力方向垂直与围堰壁板面,大小为:

$$p = \gamma \cdot h \quad (10)$$

其中: γ 为水的重度,取 10kN/m³, h 为水头高度,即水面至计算点的距离,单位: m。

(2) 动水压力

作用于围堰的动水压力参考《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)中流水对桥墩压力的计算方法,具体公式为:

$$F_w = KA \frac{\gamma V^2}{2g} \quad (11)$$

其中: F_w 为流水压力; V 同式 (1); V 为流水速度,本文根据水文报告取 3.17 m/s; A 为阻水面积; K 为围堰形状系数,因围堰各边尺寸较大,按矩形形状考虑,因此本文取 1.3。

4 结果分析与讨论

采用 ANSYS 有限元软件对双壁钢围堰的受力特征进行仿真分析,结论如下:

1) 在施工阶段中,钢围堰的变形和最大应力均小于容许值,结构刚度和强度满足要求。

2) 永临结合围堰设计需重点关注内壁板支撑区域,钢支撑处的内壁板存在应力集中现象,建议在此处设置 16mm 厚,直径 1.6m 的垫板以降低应力峰值,并建议支撑间距不超过 4m。

3) 外壁板最大压应力位于壁板高度 45% (距底 4.93m),与梯形水压力分布下的简支梁理论吻合。

[参考文献]

[1] 王秀丽,舒丽红. 韩江特大桥双壁钢围堰结构有限元分析[J]. 铁道建筑, 2011 (7): 14- 16

[2] 樊士广. 钢圆筒围堰变形及应力试验研究[D]. 天津: 天津大学, 2015.

[3] 秦大燕, 罗小斌. 双壁钢围堰结构优化设计[J]. 桥隧工程, 2016 (7): 12- 16.