

大跨度桥梁深水钻孔平台分析

李俊松

(四川智通路桥工程技术有限公司,四川成都 61000)

【摘 要】 文章以渠江特大桥主墩钻孔平台为例,介绍大跨度桥梁深水基础钻孔平台的结构构造和施工工艺,并对钻孔平台的结构安全性进行检算,其计算结果表明结构强度与稳定性能够满足使用要求,实践证明在整个施工过程中钻孔平台使用良好,为类似工程施工提供了借鉴。

【关键词】 大跨度桥梁; 钻孔平台; 设计检算

【中图分类号】 U441⁺. 4

【文献标志码】 A

1 概述

渠江特大桥位于广安市岳池县中和镇与罗渡镇之间,是巴中至广安高速公路跨越渠江的一座特大桥。其主桥跨径组成 85 m + 160 m + 85 m 连续刚构桥。其中 4[#]、5[#]主墩在水中,水中桩基共 24 根,平均水深约 17.5 m。该桥河床底为砂岩,考虑施工工期、钢管打插难易程度等因素,桩基础施工采用钢护筒支撑钻孔平台的施工方案。采用振动锤辅助钢护筒下沉至岩层,并在河床底部下放矮沉箱、浇筑板筏,再对钢护筒进行整体连接并在其上搭设钻孔平台(图 1)。

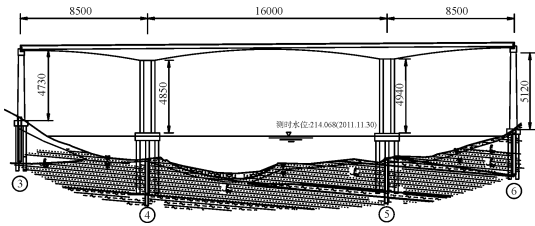


图 1 渠江特大桥桥型布置

2 钻孔平台结构构造

钻孔平台由钢护筒、纵横平联系、斜撑等部分组成。钢护筒为钻孔平台的主要受力结构。钢护筒设计直径应比钻孔灌注桩的直径大 20 ~ 30 cm。纵横向联系包括钢管桩间的联系、护筒间的联系以及钢管桩与护筒间的联系。横向联系起着保证钻孔平台横向稳定性。本桥桩基直径为 2 500 mm。施工平台采用桩基 $\phi 2\ 700 \times 22$ mm 钢管桩,钢护筒分为顶端段、标准段、刃脚段分别进行加工。采用 2[32B 槽钢作横纵平联连接所有钢护筒,再用[16 作斜撑,然后在钢护筒的牛腿上布设钻孔平台(图 2、图 3)。

3 钻孔平台施工工艺要点

(1) 每根护筒安装顺序:刃脚段护筒吊运—各标准段护筒吊运及拼装—顶端段护筒吊运及拼装—护筒拼装完成后整体下放—护筒位置调整及锁定—进入护筒横撑及牛腿焊接。

(2) 护筒的导向架:护筒下放时的导向通过在操作平台上的 I45B 工字钢进行确定。限位上横杆采用 I25B 工字钢,

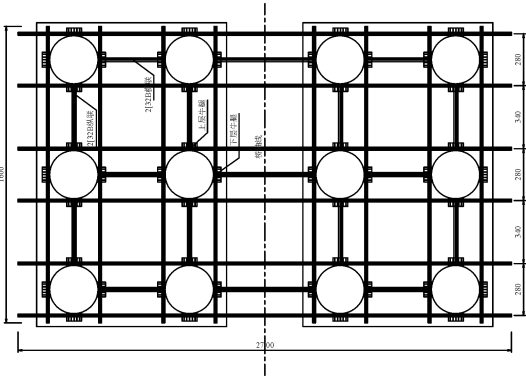


图 2 钻孔平台平面尺寸

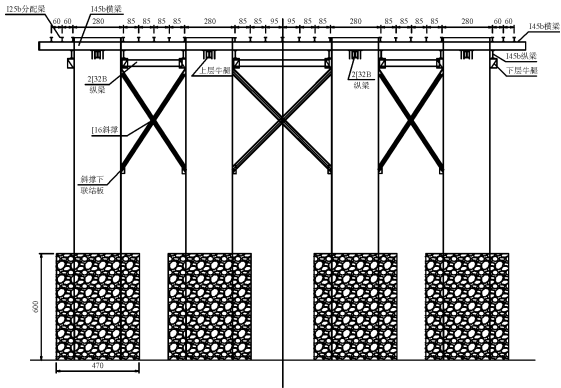


图 3 钻孔平台剖面尺寸(横桥向)

设置于操作平台主梁顶面。

(3) 钢护筒在定位完成后需进行振动下沉。采用 VM4500 型振动锤,其最大激振力为 870 kN,机身重量 12 t。在钢护筒位置确定后,在护筒顶安装夹具及振动锤,夹紧护筒后,放松吊点开始振动。

(4) 钢护筒横向平联设计为 2[32B 槽钢,两端均焊接于同一横轴线上的相邻纵牛腿上肋板上,两槽钢背向设置,以

【定稿日期】2019-09-30

【作者简介】李俊松(1979~),男,本科,工程师,主要从事道路与桥梁工程技术的施工应用与试验检测。

便焊接。

(5)钢护筒联接系统施工完毕、钢沉箱下放后依次进行平台纵向主梁、横向主梁、分配梁的安装,纵、横向主梁均为I45B工字钢,分配梁为I25B工字钢,均由运输船运输到位,使用龙门吊进行安装。

(6)给横向主梁安装到位后,在钢平台四角拉设下拉缆,下拉缆的锚碇同导向船锚碇,锚绳同边锚锚绳。拉缆收锚采用5 t手拉葫芦。

4 钻孔平台有限元模型建立及结果分析

4.1 整体模型

根据平台尺寸,采用有限元计算软件 Midas Civil 建立的钻孔平台有限元模型如图4所示。

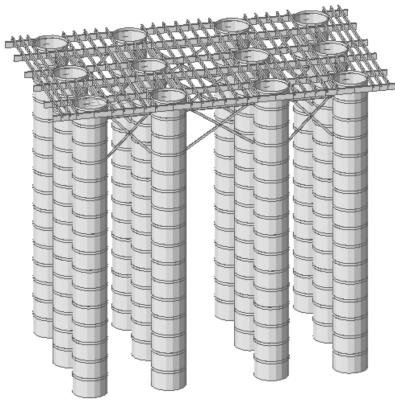


图4 钻孔平台有限元计算模型

钢护筒直径2.7 m,采用厚度为22 mm钢板卷制而成,加强箍厚度为12 mm,与钢护筒焊接在一起,护筒间纵横连接系采用2根型号32B槽钢,护筒间斜撑采用2根型号16A槽钢,平台分配梁采用I25B工字钢,平台纵、横梁采用I45B工字钢,并与护筒上的牛腿支架连接在一起。

4.2 约束及边界条件

实际工程中钻孔平台各钢构件之间均采用焊接,故在建立 Midas 有限元模型时将这些构件间的连接均处理为刚性连接,包括钢管桩和横梁间的连接、横梁和纵向分配梁间的连接、托架连接以及钢管桩之间的连接等。

平台结构中的钢管桩、钢护筒和河床地基土之间的相互作用很复杂,考虑到本工程主要分析的是平台上部结构的力学性能,故此处采用假想嵌固点的方法,在河床泥底面以下一定深度处认为平台桩完全嵌固,在 Midas 有限元模型中将钢护筒底部的边界条件设置为固接。

4.3 钻孔平台静力

(1)垂直荷载

计算荷载主要包括平台各构件自重和钻孔机荷载,拟选用正循环冲击钻机,每台钻机占用面积约15 m²中,钻孔支架重10 t,冲锤重约8 t。考虑钻机中心距桩中心距离3.5 m

(2)动力压力

承重钢管最大吃水深度为315 mm,按下式计算吊箱所受的水流冲击力:

$$F = K(\gamma V^2/2g)A \text{ (kN)}$$

(3)风荷载

钢管露出水面高度按400 mm计,桥面系折算高度按100 mm计。

$$F_{wh} = k_0 k_1 k_3 W_d A_{wh}$$

考虑最不利荷载作用:来流水压力、风荷载、自重以及平台上钻机重。

4.4 钻孔平台静力分析

(1)钢护筒应力结果

钢护筒应力结果如图5所示。

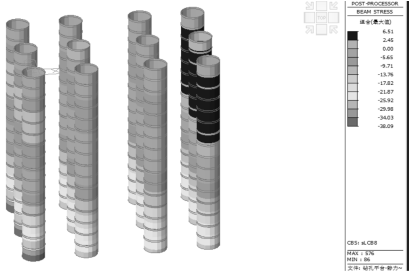


图5 钢护筒正应力

从上图可以看出,钢护筒斜撑的最大的最大值发生在下游侧最后一排钢护筒底端处,最大值38.09 MPa < 215 MPa;钢护筒轴应力均较小,应力值均满足要求。

(2)纵向分配梁的应力结果

从图6中可看出平台分配梁最大正应力36.35 MPa < 215 MPa,从图7可看出最大剪应力6.6 MPa < 125 MPa,故平台纵向分配梁的正应力和剪应力均满足要求。



图6 纵向分配梁的正应力

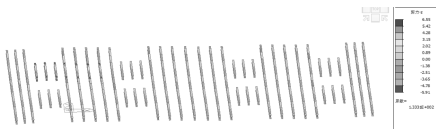


图7 纵向分配梁的剪应力

(3)钢护筒斜撑应力结果

从图8可以看出,钢护筒斜撑的最大正应力值73.58 MPa < 215 MPa;最大轴应力值64.59 MPa < 190 MPa 从分析可知钢护筒斜撑的应力分布主要受水平方向作用力影响较大,依据计算结果可知构件应力值均满足要求。

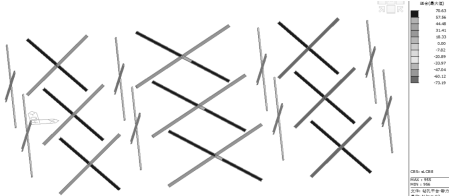


图8 纵向分配梁的剪应力

(4)钢护筒变形结果

钢护筒的变形如图9所示,从图中可知其最大变形为管

径方向的9.59 mm,而已知钢护筒的厚度为22 mm,该最大变形不超过钢护筒壁厚,可知,其对钢护筒形状影响很小,可以忽略不计,故满足使用要求。

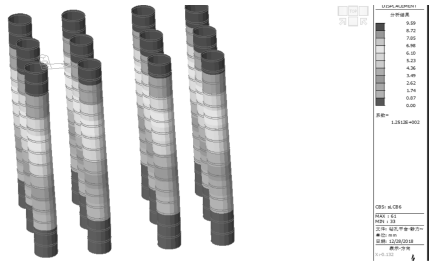


图9 钢护筒变形

5 钻孔平台有稳定性分析

本文运用大型有限元分析软件 MIDAS 计算了多种荷载工况下不同模式的施工平台的稳定系数及失稳模态。最后选取两种最不利工况下结构的稳定性进行分析,即:考虑最不利荷载作用:来流水压力、风荷载、自重以及平台上钻机重,分类两种荷载工况进行分析。荷载工况一:上述最不得荷载组合,其中钻机位于上河流上游侧;荷载工况二:上述最不得荷载组合,其中钻机位于河流下游侧。

(1) 钻孔平台稳定性分析结果

钻孔平台第一阶失稳模态分别如图 10、图 11 所示。

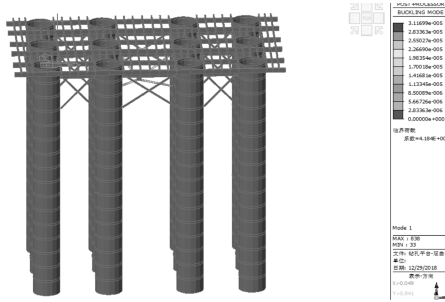


图 10 第一阶失稳模态(工况一)

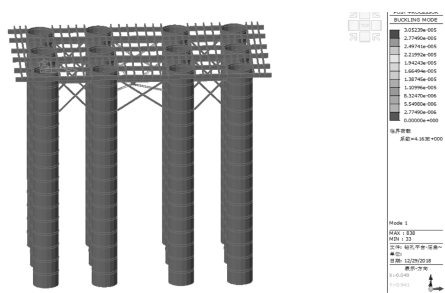


图 11 第一阶失稳模态(工况二)

从以上失稳模态分析可知,钢护筒平台结构体系的第一阶失稳系数为 4.18,与结构的整体稳定性较好,由图中可知前五阶失稳主要均是发生护筒间的横向连接系构件失稳,说明此连接系相对平台整体的刚度相对较弱,这与前述的平台静力分析与动力特性分析结果较吻合。两种荷载工况下平台结构的失稳模态相同,失稳系数差异不大,说明了平台上钻机作用位置对平台失稳影响不太明显。

(2) 钢丝绳 + 地锚对平台稳定性的影响

为了进一步分析增加钢丝绳 + 地锚对平台稳定性的影响,分别分析对应工况下增加钢丝绳 + 地锚后平台结构的失稳模态,两种最不利工况下的结构失稳模态图如图 12、图 13 所示。

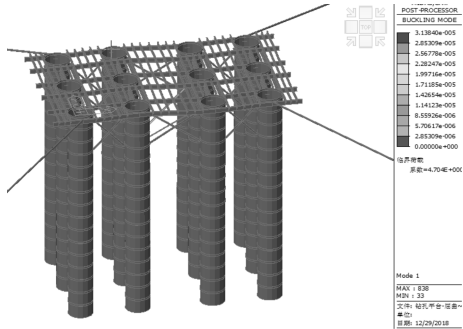


图 12 第一阶失稳模态(工况一)

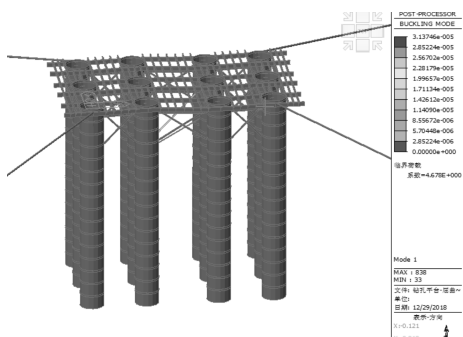


图 13 第一阶失稳模态(工况二)

从增加钢丝绳 + 地锚后平台失稳模态分析可知,钢护筒平台结构体系的第一阶失稳系数为 4.7,较原来平台系统有明显提高,说明增加钢丝绳 + 地锚可以在一定程度上提高平台的稳定性。由图中可知前五阶失稳仍然主要均是发生护筒间的横向连接系构件失稳,说明此连接系相对平台整体的刚度相对较弱,这与前述的平台静力分析与动力特性分析结果较吻合。两种荷载工况下平台结构的失稳模态相同,失稳系数差异不大,说明了平台上钻机作用位置对平台失稳影响不太明显。

6 结论

根据平台结构的实际构件以及连接方式,利用 MIDAS 软件对钢护筒平台建立有限元模型,并进行多种荷载工况下的静力分析,动力分析以及稳定性分析可知:

(1) 简单介绍了大跨度桥梁深水桩基础施工桩孔平台的结构构造和施工工艺要点。

(2) 通过有限元计算得到钻孔平台各构件的静力分析结果,计算结果表明,该平台结构在采用指定冲击钻进行施工时,平台的各构件承载能力可以满足要求,平台的变形在允许范围之内,平台结构具有一定的安全储备。

(3) 通过对钻孔平台结构的稳定性分析可知,体系的第一阶失稳系数为 4.18,与结构的整体稳定性较好,前五阶失稳主要均是发生护筒间的横向连接系构件失稳,说明此连接系相对平台整体的刚度相对较弱,从增加钢丝绳 + 地锚后平

(下转第 261 页)

储水用,利用潜水泵将隧洞内水抽排至新增竖井集水井,最后抽至洞口经净化处理后排放。衬砌段的水主要为衬砌施工时施工用水。在二衬仰拱施工段前方挖一个临时集水坑,同样通过潜水泵将洞内水泵送到新增竖井集水井,集水井的水经净化后再从洞口排出。

小里程到大里程开挖路线为2%下坡,在左右正线隧道中间设置250 mm×150 mm排水沟排除隧道内积水。左线隧道在施工横通道范围设置2 m×2 m集水井,右线隧道在3号横通道范围内设置2 m×2 m集水井,再由隧洞内集水井集中抽排到新增竖井集水井内。

3.6 机械设备的保养和维护

机械设备在长期使用了一段时间后,难免会出现某些零部件损坏或卡壳等现象,如若不及时维护,不仅会极大地缩短机械设备的使用寿命,延缓工程进度,而且还可能会造成对施工人员的安全隐患。因此,在设备工作期间对其定期维护。虽然对设备进行周期性保养会花费一些费用,但从整个长远经济利益来看,这不但能极大地延长机械设备的使用寿命,机械设备的高效、安全工作还能保证工程顺利按期甚至提前完成。机械设备的保养和维护要从以下方面着手^[5]:

(1)预先备足机械零部件。对一些容易损坏的、在国内专卖店很难购买到的部件,在做出项目费用筹划后,根据实际需要合理地从国外购买,并放置于阴凉干燥处储备。

(2)与生产厂家多进行沟通交流。明确每种机械设备达到疲劳前的最长运转周期,在这个周期内对机械设备进行1~2次维护保养,减少因长期过度使用造成设备维修费用的增加,有效降低成本,提高工程经济效益。

(3)建立完善的设备维护体系。设备操作人员每天要在机械设备台班表上如实记录机器的运转情况,如“设备正常”或“出现故障”,出现故障时需详细说明具体原因,并在当天及时告知维护人员,落实施工责任制。

4 结论

(1)青秀山站暗挖隧道采用非爆破开挖法机械设备联合作业技术先进,有效控制了隧道开挖超欠挖,降低材料消耗与缩短施工循环时间,提高了施工效率,封闭快,较传统单一机械设备作业施工功效高,经与传统设备施工功效的对比,

在作业效率上提高39%,节约工期4个月。施工期内,每月可增加产值200余万,施工期累计增加利润434万,取得了较好的经济效益、技术效益和社会效益。

采用本工法减少了对围岩的扰动,降低了隧道施工安全隐患,设计预留沉降量为150 mm,采用本工法进行开挖施工,施工过程中从未发生变形预警,经监控量测数据反馈,最终沉降量为14.6 mm,大大降低了施工成本及施工过程安全隐患。全隧开挖施工开始至完成,未发生安全事故。

(2)结合三台阶法的特点,出碴、运碴机械都以此工法为前提进行了合理的选型,CAT313挖机及柳工50E装载机各一台配合碴土的水平运输,30 t、45 t龙门吊与电动抓斗负责挖土方的垂直运输。实践证明,整个碴土运输体系不仅使施工有条不紊地进行,还最大化节约了资源与施工成本,为本工程创造出良好的经济效益。

(3)在降水条件下,本车站暗挖隧道范围内围岩V级,所以隧道的初期支护尤为重要,超前小导管的打设采用Y-26型风钻,从隧道的现场支护情况与隧道收敛数据可以得知Ali-va-285混凝土湿喷机施工速度快、喷射混凝土附着着力较好、密实度较高、机械化程度高、作业范围大和回弹率低的优点。

(4)依据最小风速、洞内最多人员所需的风量以及稀释内燃机排放的废气所需的风量的条件计算出隧道所需风量和通风阻力,并根据本工程特点,竖井通风采用压入式通风,在隧道施工期间,左右线各配一台型号为SFD-I-NO15轴流式风机。在施工期间隧道内的通风效果保持良好。

参 考 文 献

[1] 刘金良,晁庚奇,王敏. 东秦岭隧道平导快速施工机械设备配套模式[J]. 铁道工程学报, 2003(1): 90-93.
[2] 张丕界. 长大隧道机械化施工设备配套技术[J]. 隧道建设, 2006, 26(1): 39-43.
[3] 庄泽亮,袁霏龙,刘晓敏. 西沱岭隧道施工机械设备配套选型与计算[J]. 公路, 2018(7): 338-343.
[4] 许先亮,樊燕燕. 关角隧道施工机械选型与配套[J]. 筑路机械与施工机械化, 2015(1): 89-94.
[5] 郭涛. 论隧道施工机械设备的维护及保养[J]. 中国城市经济, 2011(30): 278.

(上接第257页) 台失稳模态分析可知,钢护筒平台结构体系的第一阶失稳系数为4.7,较原来平台系统有明显提高,说明增加钢丝绳+地锚可以在一定程度上提高平台的稳定性。

参 考 文 献

[1] 于长海,大直径钻孔灌注桩施工技术 & 桩底注浆研究[D]. 长

安大学,2009.
[2] 肖俭,谢建花,宁艳玲. 钢护筒平台在水上钻孔平台施工中的运用[J]. 公路,2011(7): 122-128
[3] 吴乾坤,深海区小型钻孔平台设计与应用[J]. 世界桥梁,2010(4): 19-22.
[4] 郭眼敬,深水桩基施工平台的研究与实践[J]. 西部探矿工程, 2002,26(6): 122-123.