

某深隧泵房结构振动有限元数值分析

熊永华¹, 陈昆鹏¹, 王少杰²

(1.武汉市市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 4300151; 2.武汉大学, 湖北 武汉 430072)

摘要:以武汉市某污水处理厂深隧泵房为研究对象, 基于 ANSYS 有限元数值分析软件, 建立几何模型及材料模型, 选用合适的泵房约束, 并进行网格划分, 对其楼层结构进行模态分析, 计算出其固有频率和振型, 根据计算结果提供相应的修改建议, 并对改进后的深隧泵房结构进行模态分析。结果显示, 改进后的泵房振动频率远离水泵主频, 不易产生共振。

关键词:深隧泵房; 有限元; 模态分析; 振动频率; 共振

中图分类号: TU991.35

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)09-0209-03

0 引言

随着我国工业建筑厂房数量增多, 将大型机械布置到楼层上, 其经济性效果显著, 已经成为一个必然趋势。设备搁置与楼板之上, 设备振动会引起结构楼板随之振动, 若设备振动频率与楼层结构振动频率相似将会引起楼层结构的共振, 甚至会导致结构的损坏。在工业建筑中, 如何减振、避振已经成为设计中的一个难题, 要解决振动的问题, 可以对结构进行动力测试, 掌握结构自身的振动频率、阻尼特性等特征, 采取合适的结构布置方案, 使结构振动频率远离设备振动频率, 从而达到减振隔振的目的^[1]。

本文以武汉市某污水处理厂深隧为研究对象(见图1), 基于 ANSYS 有限元数值分析软件建立有限元数值模型进行模态分析, 得出深隧泵房固有频率及振型, 根据模态分析的结果提出合理的深隧泵房加固方案以减少振动的影响。

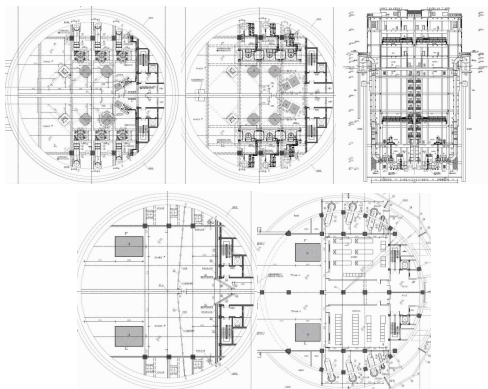


图1 深隧泵房典型平面及剖面图

收稿日期: 2021-03-19

作者简介: 熊永华(1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事市政结构设计工作。

1 深隧泵房有限元分析

1.1 泵房模型和材料

本研究对象的混凝土强度等级为 C35, 弹模为 3.15×10^4 MPa, 密度为 25 t/m^3 , 泊松比取为 0.2。研究^[1]显示当承受动力荷载时, 结构的动弹模会随动力大小发生改变, 在动应力值较小时, 混凝土的动弹模与静弹模基本接近, 随着动应力的增大动弹模会随之增大, 并在动应力达到一定值时趋于稳定, 一般动弹模是静弹模的 1.05 倍。本工程案例中混凝土的动弹模取等于静弹模。深隧泵房设计图纸见图 1。

根据设计图, 建立深隧泵房的总体模型见图 2。模型通过三维建模软件根据设计图纸建立了地面以下的结构。深隧泵房地下部分类似桶状结构, 分为 6 层, 泵房最外层为地下连续墙, 最下两层分别放置了蜗壳、电机, 中间三层放置吊车, 上层为泵房电缆层及工作活动区。

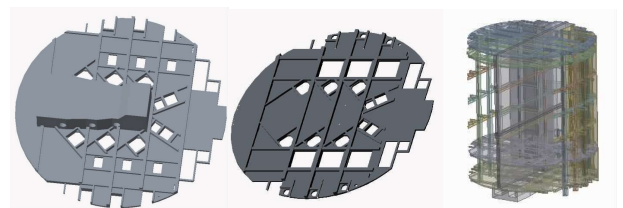


图2 泵房有限元几何模型

1.2 管道网格划分

模型网格划分情况如下, 总节点数为 776 847, 总单元数为 352 272, 网格质量合格。管道有限元网格划分见图 3。

1.3 泵房约束

泵房结构的约束情况示意见图 4。将各层板、梁

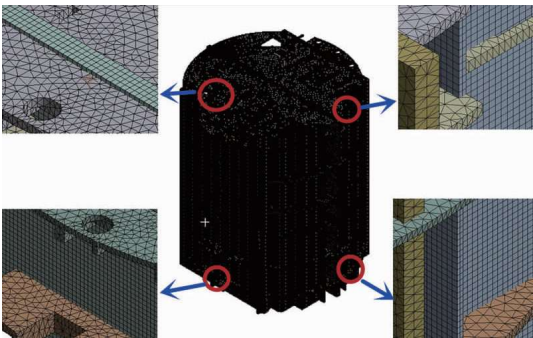


图3 深邃泵房总体网格划分

柱与地下连续墙连接处设置为固定约束。泵房墙壁外侧与土层接触采用水平弹簧单元模拟,弹簧刚度根据本工程地勘报告提供的基床系数确定,取深度加权值 10 000 kN/m²。

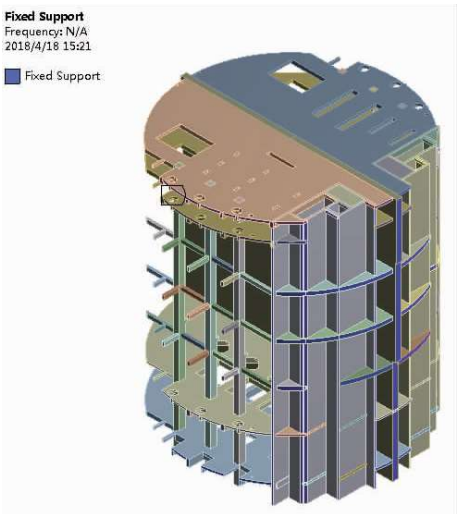


图4 泵房总体约束设置

1.4 泵房模态分析结果

泵房模态分析结果见图5。模态分析包括结构的自振频率计算和振型计算,借助振型图确定结构构件自振频率分布。

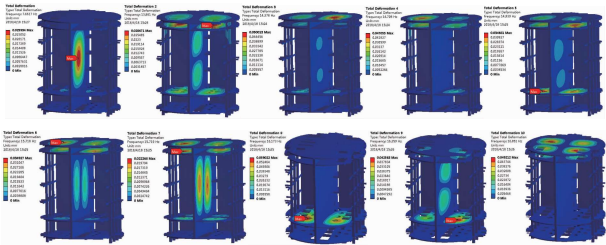


图5 泵房前10阶模态

泵房前10阶振型图及振型说明见图5及表1。水泵从启动至正产工作频率范围为 0~8.25 Hz,由模态分析结果可知,水泵工作主频(8.25 Hz)在1阶频率和2阶频率之间。为避免共振的发生,泵房结构自振频率需避开水泵的主频(8.25 Hz)。根据泵房前10阶模态的振型图可得出:随机振动产生振幅较大的部位是泵房中心墙,相对标高 11.50 m 层、相对

表1 前10阶模态振型说明

阶数	频率/Hz	振型说明
1	7.661 7	中间墙中心部位左右振动,振动方向为水平方向
2	13.881	相对标高 46.30 m、42.50 m、11.50 m 层振幅较大,振动方向为垂直方向
3	14.378	相对标高 46.30 m 层振幅较大,振动方向为垂直方向
4	14.708	与3阶模态以中轴线对称
5	14.939	相对标高 46.30 m、42.50 m、11.50 m 层以中轴线为分界线分成左右两振动区域,相对标高 11.50 m 层振幅最大
6	15.718	相对标高 46.30 m、42.50 m 层和中间墙以中轴线为分界线分成左右两振动区域,中间墙振幅较低,其余各区域振幅基本相同
7	15.719	相对标高 46.30 m、42.50 m 层和中间墙以中轴线为分界线分成左右两振动区域,各区域振幅基本相同
8	16.173	相对标高 11.50 m 层以中轴线为分界线分成左右两振动区域,各区域形心处振幅较大
9	16.359	相对标高 11.50 m 层以中轴线为分界线分成左右两振动区域,各区域形心处振幅较大。中间墙分成上下两振动区域,形心处振幅较大
10	16.851	相对标高 46.30 m、42.50 m 层分成四振动区域,相对标高 46.30 m 层振幅较大

标高 42.50 m、相对标高 46.30 m 层。前10阶模态振型分析结果显示:易产生振动变形的位置为各层板的中心处、层板被梁或墙分成两区域后两个半圆的形心处,这些地方振动振幅较大的区域。

综上分析,可考虑在相对标高 27.00 m 与 34.75 m 层处增加梁以提高固有频率到泵的主频以上,减少共振影响。

1.5 增加梁后泵房模态分析结果

图6所示为在相对标高 27.00 m 与 34.75 m 层处每层增加四道轴向截面为 900 mm × 1 600 mm 的梁后的厂房三维模型,其余层板等尺寸不变。

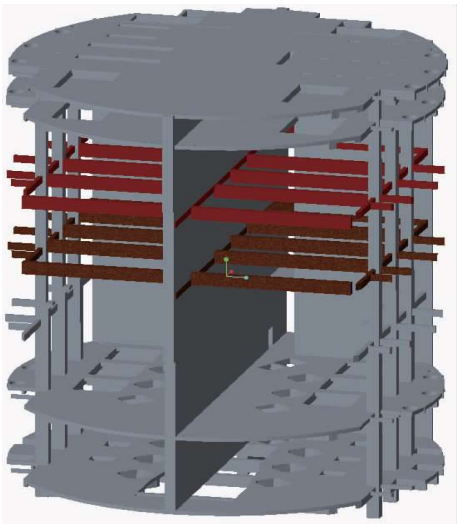


图6 增加梁后的深邃泵房模型

图 7 为厂房模态分析结果,表 2 为前 4 阶模态振型说明。表 3 为增加梁的尺寸与厂方固有频率关系。

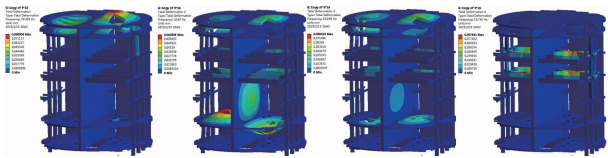


图 7 前 4 阶模态振型

表 2 前 4 阶模态振型说明

阶数	频率 /Hz	振型说明
1	10.389	主要在相对标高 46.30 m 和 42.40 m 层垂直方向振动
2	10.69	在各层均有分布,其中相对标高 11.50 m 层振幅较大,振动方向为垂直
3	10.698	在各层均有分布,其中相对标高 46.30 m 层振幅较大,方向为垂直
4	10.736	在新增横梁处振幅较大,振动方向为水平

由模态分析结果可知:各阶模态频率与振幅差别不大,增加梁后的泵房 1 阶频率高于泵的主频 25%以上,不易和泵产生共振影响。

表 3 梁截面尺寸与厂方固有频率关系

序号	增加梁截面尺寸 /mm	一阶固有频率 /Hz	与泵主频差值
1	不增加梁	7.66	-7.15%
2	600 × 1300	8.76	6.18%
3	800 × 1500	10.01	21.3%
4	900 × 1600	10.389	25.9%

注:水泵工作主频为 8.25 Hz。

2 结 论

(1)基于 ANSYS 有限元数值分析软件建立了深邃泵房有限元数值分析模型,从而进行模态分析,结果显示,最容易产生振动变形的部位是各层板的中心处、层板被梁或墙分成两区域后两个半圆的形心处,这些地方属于振幅较大的区域。

(2)增加梁后的泵房 1 阶频率高于泵的主频 25%以上,不易和泵产生共振影响。通过结构有效布置可减少振动和变形,对于解决泵房振动问题是有效的。

参考文献:

[1] 刘忠昌.水电站厂房结构精确建模和机墩振动特性研究[D].辽宁大连:大连理工大学,2017.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com