

下浦水闸三维有限元分析

高瑞强¹, 胡 威²

- (1. 广东省水利电力规划勘测设计研究院, 广东 广州 510635;
2. 华南农业大学 水利与土木工程学院, 广东 广州 510642)

摘 要: 利用有限元软件 ADINA 对加固后的下浦水闸进行三维有限元结构计算, 通过分析加固后水闸不同工况下的位移与应力, 对加固方案的可靠性进行了评价, 同时对结构配筋需加强部位提出建议。

关键词: 水闸; 有限元分析; 加固; 应力; 位移

中图分类号: TV66 **文献标志码:** B **文章编号:** 1008-0112(2014)08-0013-03

水闸加固^[1]过程中采取的一些工程措施, 利用传统的计算方法模拟效果不理想, 采用有限元分析法^[2]建立三维有限元模型, 能够较为准确地反映加固后水闸结构各部位的工作状态。本文利用有限元软件 ADINA^[3]对加固后的下浦水闸闸室结构进行三维有限元计算, 分析加固后水闸的位移及应力, 从而优化工程设计以及为相关加固设计积累经验。

1 工程概况

下浦水闸于 20 世纪 70 年代建成, 共有 18 孔, 每孔净宽为 5.0 m, 共宽为 119 m, 闸室底板长为 16.0 m。水闸底板为 800 mm 厚贝灰三合土连续底板, 表面铺设 200 mm 厚块石, 闸墩和翼墙均为浆砌石结构, 80 年代进行改建并配套为桥闸, 保留原水下结构部分, 闸室底板铺钢筋混凝土进行加固。至今水闸主体属正常运行, 但不符合《水闸安全鉴定规定》(SL214-98)的相关标准, 经鉴定属三类闸, 因此须进行改建达标加固。

加固方案: 凿除所有勾缝, 预埋锚筋, 墩外面浇 100 mm 厚的钢筋混凝土, 同时嵌入闸底板 120 mm 深。护面混凝土的钢筋和原底板的钢筋进行焊接, 并使护面和底板交接处加浇一钢筋砼托角, 尺寸为 300 mm × 300 mm。每孔在闸墩之间的顶部浇筑 3 根钢筋砼连续梁(闸墩上游、中游、下游各 1 根)以增强闸室的整体性。

2 计算模型与工况

2.1 计算模型

将加固后的闸室结构作为计算对象, 考虑闸墩、底板与地基之间的相互作用, 建立整体空间模型对结构进行有限元分析。水闸的底板和闸室采用线弹性模型, 混凝土的弹性模量为 25.5 GPa, 泊松比为 0.167, 容重为 25 kN/m³; 浆砌石的弹性模量为 8.0 GPa, 泊松比为 0.23, 容重为 23 kN/m³。地基采用线弹性模型, 各土层的弹性模量 E 可以根据公式(1)求得, 中粗砂的弹性模量为 25.0 MPa, 泊松比为 0.22; 粉质粘土的弹性模量为 1.6 MPa, 泊松比为 0.30。

$$E = E_s \left(1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu} \right) \quad (1)$$

式中 E_s 为压缩模量; μ 为泊松比。

计算时, 闸顶以上的工作桥、排架、公路桥等作为荷载直接作用在闸顶上。因模型中未模拟闸门, 故将作用在闸门上的水压力直接作用在门槽上。

计算模型的地基范围取为: 在水平向, 地基从闸墩的边缘向上、下游分别延伸 15.0 m, 左右各延伸 6.0 m; 垂直向, 地基从底板开始向下延伸 15.0 m。地基底部加三向固定约束, 地基的垂直侧面加法向链杆约束。坐标系选择为: O 点设在模型的中间位置, Y 轴沿顺河流方向水平指向上游, X 轴垂直河流方向水平, Z 轴垂直指向上方。有限元分析中, 所有实体单元采用六面体单元模拟, 水闸结构共离散为 38 800 个单元, 地基共离散为 62 300 个单元, 如图 1 所示。

收稿日期: 2014-05-06; 修回日期: 2014-06-30

作者简介: 高瑞强(1980), 男, 硕士, 工程师, 主要从事水工结构方面的设计与研究。

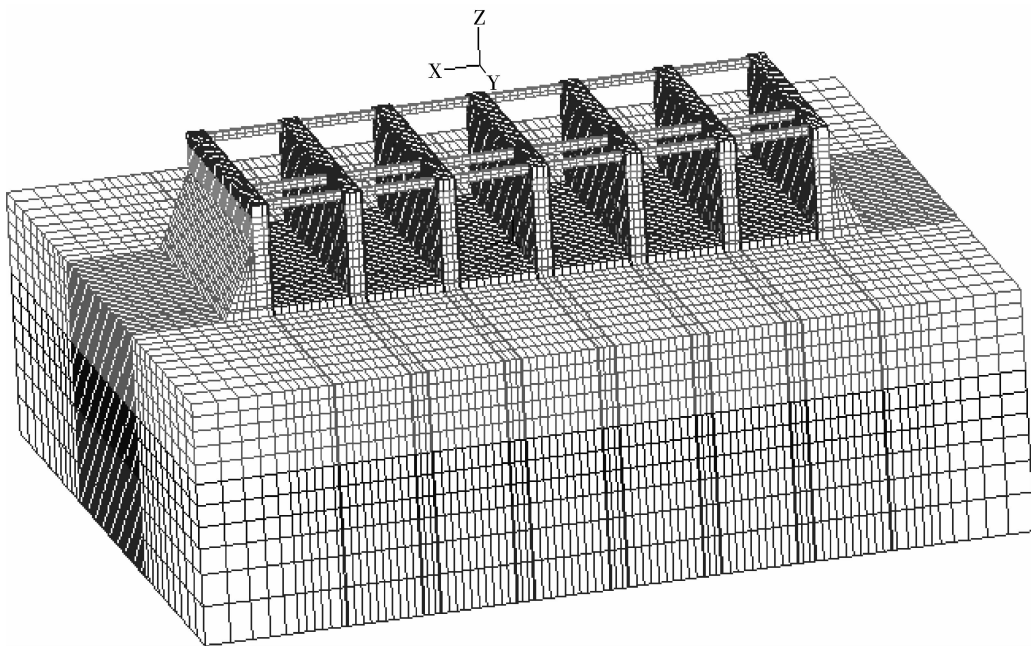


图1 水闸空间有限元网格示意

2.2 计算工况

水闸上作用有如下几种荷载:结构自重、闸门工作荷载、正常挡水位水压力、校核洪水位水压力、交通桥车辆荷载等。把这些荷载按水闸设计规范^[4]组合成3种工况:

工况1(完建期)自重+车辆荷载;

工况2(正常挡水期)自重+闸门工作荷载+正常挡水位水压力+车辆荷载;

工况3(校核洪水位)自重+闸门工作荷载+校核洪水位水压力+车辆荷载。

3 计算结果分析

3.1 位移

因此闸已建成多年,地基已沉降稳定,故位移计算只给出在上部荷载作用下的不均匀沉降值。完建期,不均匀沉降为1.21 cm,闸室结构最大沉降量位于下游中墩处,最大为3.8 cm。正常挡水期,不均匀沉降为2.55 cm,由于桥梁及车辆荷载的作用下游中部的沉降量最大,靠近两侧和上游的沉降量较小。校核洪水位,在扬压力的作用下结构的沉降较正常挡水期有所不同,上游沉降变大,下游沉降变小,不均匀沉降为3.08 cm。

3.2 应力

结构应力是水闸加固的控制因素,图2~图4给出水闸在几种不同工况下的最大主拉应力云图。

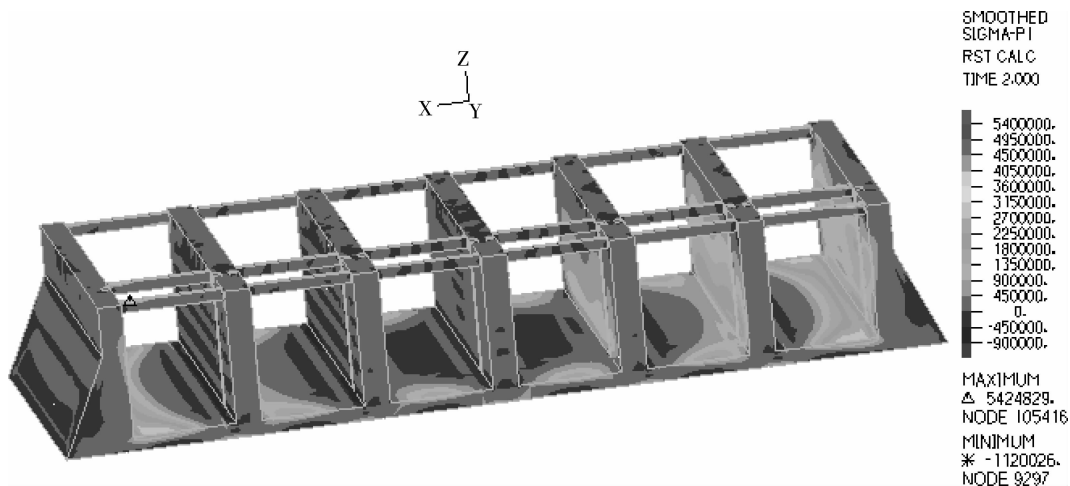


图2 完建期最大拉应力云图示意

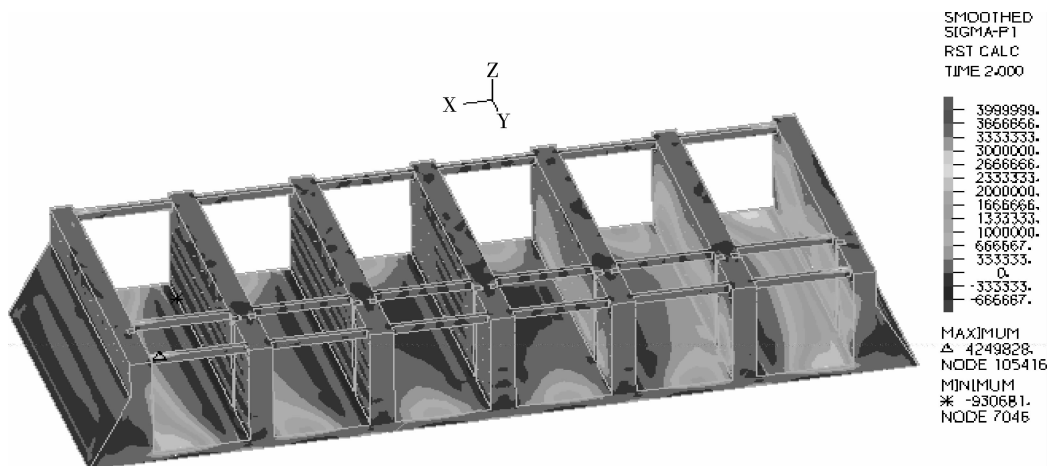


图3 正常设计水位最大拉应力云图示意

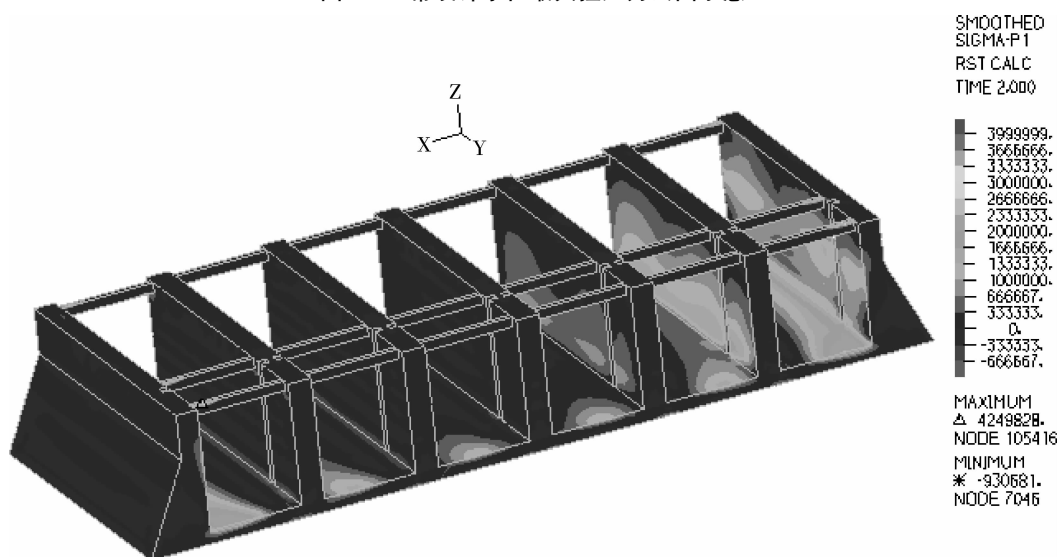


图4 校核洪水水位最大拉应力云图示意

完建期工况：闸室所受的主要荷载是结构自重，闸墩在自重荷载的作用下处于受压状态，底部压应力最大，为3.6 MPa。由于地基反力的存在，底板的上、下游边缘拉应力较大，为1.1 MPa。

正常设计水位工况：最大拉应力主要集中在3个部位，新加联系梁上、边墩内墙靠近底板处、每孔闸室底板的上下游边缘处。联系梁上的拉应力较大主要是因为梁两端的闸墩变形有差异导致，其值为2.3~2.5 MPa。边墩内墙靠近底板处和底板上下游边缘处的拉应力相对联系梁上的要小，在1.3~1.6 MPa。最大压应力主要集中在2个部位：一是联系梁上；二是闸墩与底板交接处，尤其靠近上下游更明显。联系梁上的压应力也是因为梁两端的闸墩变形有差异导致的，最大有7.5 MPa，闸墩与底板交接处的压应力在3.8 MPa左右。这些部位都应该配一定的钢筋，给予加强。

校核洪水水位工况：闸墩的最大主拉应力位于边墩内侧工作闸门处靠近底板部分，其值为0.65 MPa，最大主压应力位于边墩内侧靠近底板处，其值为4.02 MPa。闸底板大部分均存在拉应力，每孔闸底板的中部靠近上、下游两侧的主拉应力都是比较大的部位，为1.2 MPa，这些部位应该配置一定的钢筋加强。

4 结语

将有限元的计算原理及计算方法应用于工程实践，利用有限元软件ADINA建立了下浦水闸加固后的三维有限元^[5]模型，计算了3种不同工况下的位移和应力。通过对加固水闸位移和应力的分析，得出以下结论：①在闸墩顶部加设的联系梁使闸室的整体性增强，不均匀沉降减小；②闸墩顶部加设的联系梁由于两侧闸墩变形不一致，导致梁上拉、压应力都较大，须配置一定量的钢筋加强；③加固后的水闸整体性增强，地

(下转第27页)

位,实时调整限位装置的松紧程度,确保桩垂直、紧靠下沉,待桩身进入土层一定深度后,开始用高频振动。沉桩过程中,测量人员应适时观测板桩贯入度,施工人员应注意观察桩身桩顶情况,发现问题及时停止。

3 结论

U形预应力混凝土板桩相比于传统的挡土护坡材料如重力式挡墙等,其板桩具有挡土截面大、受力性能优、性价比高等优点^[4],在降低造价的同时还能缩短工期,同时对地基适应能力较强,混凝土板桩具有成桩墙后整体美观、工程耐久性好、质量可靠、施工速度快、不截流、不受汛期影响的优点,由于采用的合理的受力结构,节省了大量的材料,且材料耐腐蚀

性好,不用维护。

参考文献:

- [1] 杨末丽. U形预应力混凝土板桩在海洋护岸工程中的应用及探索研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2012(6): 25-29.
- [2] 潘少云, 陆建君. “U”形板桩在佛山市禅城区丰收涌升级改造中的应用[J]. 广东水利水电, 2013(8): 28-31.
- [3] 徐斌, 范柯杰, 郭洪林. U形预应力混凝土板桩在钱塘江堤防工程中的应用[J]. 水利建设与管理, 2013(8): 16-18.
- [4] 张后禅. U形预应力混凝土板桩[J]. 中国水利, 2010(21): 67.

(本文责任编辑 王瑞兰)

Application of U-shaped Concrete Pile to Hydraulic Conservancy Project

ZHANG Aoxue

(HuaYu Hydra-engineering Survey and Design Co. Ltd. Of Huizhou, Huizhou 516003, China)

Abstract: Compared with traditional retaining wall, U-shaped prestressed concrete sheet piles are with obvious advantages in retaining sections, mechanical characteristics, and easy-construction. The construction process of prestressed concrete U-shaped sheet piles has been discussed in this paper, which can provide reference for similar future projects

Key words: U-shaped prestressed concrete sheet pile; retaining wall; sinking pile

(上接第15页)

基反力对底板的作用更明显,须在加固底板内配置一定量的钢筋加强;④通过分析不同工况下的位移、应力得知,下浦水闸加固方案合理、可行。

参考文献:

- [1] 和桂玲, 贾乃波, 张启海. 水闸除险加固工程设计[M]. 北京: 水利水电出版社, 2008.
- [2] 王勖成, 邵敏. 有限单元法基本原理和数值分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997: 186-192.

- [3] K. J. Bathe. ADINA Theory and Modeling Guide[M]. ADINA R & D, Inc. USA, 2008.
- [4] SL265-2001 水闸设计规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [5] 王庆, 郭德发. 水闸地基整体结构有限元分析[J]. 中国水运, 2009, 9(2): 149-151.

(本文责任编辑 马克俊)

Three-Dimensional Finite Element Analysis on Xiapu Sluice

GAO Ruiqiang¹, HU Wei²

(1. Guangdong Hydropower Planning & Design Institute, Guangzhou 510635, China;

2. College of Water Conservancy and Civil Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Applying with ADINA finite element software, reinforced Xiapu sluice is under the three-dimensional finite element structural calculations. After the analysis on the displacement and stress of the reinforcement sluice under different conditions, the reliability of the program is evaluated, and the structure of the site recommendations need to strengthen is pointed out.

Key words: sluice; finite element analysis; reinforcement; stress; displacement