

基于有限元对旧桁架进行受力及加固分析

范如谷

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610081)

摘要:以巴基斯坦苏勒曼奇拦河坝修复改造工程中旧桁架改造为例,介绍了如何运用有限元对旧桁架进行建模,如何确定边界条件和受力情况,如何加载并进行有限元计算,如何对有限元计算结果进行分析校核,如何确定桁架中需要进行加固的杆件和连接件。

关键词:有限元;建模;计算;旧桁架;加固;苏勒曼奇拦河坝

中图分类号:

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)06-0027-03

1 概述

巴基斯坦苏勒曼奇拦河坝修复改造工程是对现有拦河坝进行修复改造。其大坝及金属结构均为上世纪20年代制作,在此基础上进行拦河坝的改造升级,尤其需要特别注意的是对金属结构部分的改造升级。

苏勒曼奇拦河坝修复改造工程中的闸门、闸门埋件、启闭机均为全新设计制作;但桁架仍采用原来的旧桁架,由于其使用时间长,需要特别注意旧桁架的腐蚀情况,因此,必须对其进行计算校核。笔者采用有限元软件对桁架进行了计算分析。

2 有限元模型的建立

苏勒曼奇工程中,闸墩、闸门、平衡重、桁架和启闭机(包括驱动装置、传动轴及卷筒装置等)典型结构形式见图1。桁架安装在闸墩上,启闭机安装在桁架上。启闭机驱动装置通过传动轴驱动卷筒装置,卷筒装置通过钢丝绳与闸门和平衡重相连,驱动闸门及平衡重在门槽中升降实现闸门的开启和关闭以控制水的流量。

这种形式的布置,其所有的力(包括闸门自重、开启闸门所需要克服的阻力、平衡重自重等)通过钢丝绳传递到卷筒装置上,最后全部作用在桁架上。因此,对桁架的强度及稳定性校核计算就显得尤为关键。

使用有限元软件对桁架进行建模,首先需要确定桁架的具体尺寸。由于其为旧桁架,年代久远,原来的图纸资料不完善,很多尺寸需要现场测

收稿日期:2016-10-28

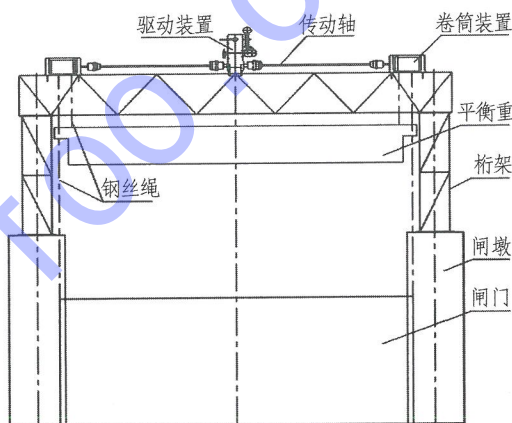


图1 闸墩、闸门、桁架和启闭机的典型结构形式图
量确定;其次,对于桁架中每个杆件的截面尺寸也需要现场测量确定。进行旧桁架的校核计算,必须做好前期的准备工作,其中包括对桁架尺寸及桁架杆件截面尺寸的测量。

确定好桁架尺寸及杆件截面后开始建模。桁架多采用梁单元和桁架单元,而梁单元和桁架单元大致可以按照下述受力情况进行分类:受弯杆件按梁单元建模;仅受拉或受压杆件按桁架单元建模。

建模时,充分考虑了桁架各杆件和连接件长时间以来的腐蚀情况,适当减少了杆件截面尺寸。所建立的有限元模型见图2。X方向为下游指向上游方向,Y方向为左岸指向右岸方向,Z方向为垂直向上方向。

3 计算载荷的确定

桁架模型建好后,开始确定边界条件和受力情况。该桁架立柱的最下端是固定在闸墩上的,

为全约束。

该桁架受力情况较为复杂。桁架受到的力大致包括以下几种:启闭机自重、人在桁架上行走产生的力、启闭力(包括闸门自重和开启闸门所需要克服的阻力)、平衡重自重、风载荷、地震载荷等。

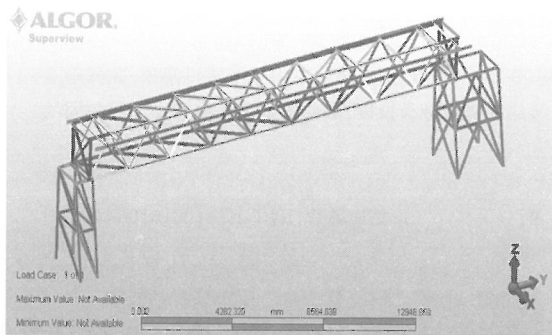


图2 桁架有限元模型图

根据闸门启闭情况,可以将其分为四种最不利的载荷组合工况:

工况一:闸门在下极限时,启闭力约等于闸门自重加开启闸门所需要克服的阻力,此时启闭力大,风从下游吹向上游,风载荷作用在启闭机、桁架、平衡重上;

工况二:闸门在上极限时,启闭力约等于闸门自重,风从下游吹向上游,风载荷作用在启闭机、桁架、闸门上。由于闸门处于上极限,整个闸门面均承受风载荷,此时风载荷大;

工况三:闸门在下极限时,启闭力约等于闸门自重加开启闸门所需要克服的阻力,此时,启闭力大,地震载荷从下游指向上游;

工况四:闸门在上极限时,启闭力约等于闸门自重,风从下游吹向上游,地震载荷从下游指向上游。由于闸门处于上极限,整体重心高,此时地震载荷大。

最后,根据各个力的作用位置和大小加载力。

4 计算结果

加载好力和约束条件后,即可进行有限元计算。按上述四种工况分别进行有限元计算,对比其应力和变形结果,得出在工况一载荷组合作用下,桁架应力和变形均为最大,桁架应力分布情况见图3,桁架变形情况见图4。

通过有限元计算结果可以看出:桁架主梁上游侧靠近桁架立柱处的应力值最大,因此,对这两

处需要进行校核,判断其是否需要进行加固处理(包括杆件及连接件加固及更换)。而桁架的最大变形为9.14 mm,跨度为20 066 mm,变形约为1/2 195,远小于合同要求,满足使用要求,不需要再加强其刚度。

桁架进行局部加固后,在工况一载荷组合作用下,再次进行有限元计算,其桁架应力分布情况见图5。

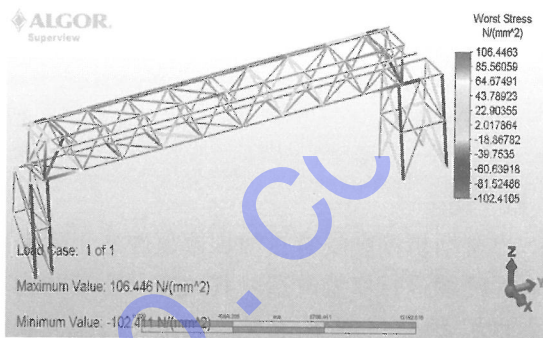


图3 工况一载荷组合作用下桁架应力分布图

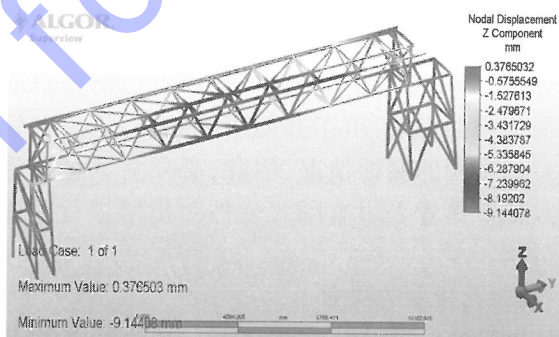


图4 工况一载荷组合作用下桁架变形图

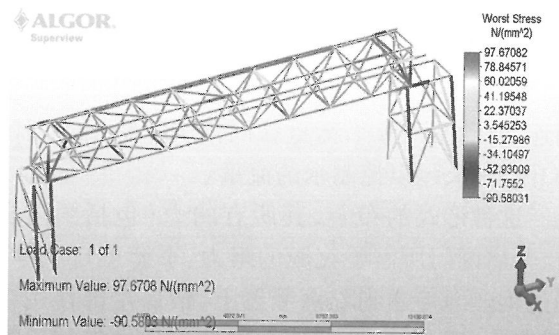


图5 工况一载荷组合作用下加固后桁架应力分布图

通过有限元计算结果可以看出,经过局部加固桁架,有效地减小了桁架的局部应力。

5 计算结果的分析与校核

采用有限元软件计算出结果后,其中一些受

弯杆件可以直接用有限元计算出来的最大应力值与规范给出的许用应力值相比较,对于小于规范给出的许用应力值则不需要进行加固,大于则进行加固,然后再进行计算比较。针对一些受压杆件,还需进行稳定性校核,将采用有限元计算出来的最大应力值与规范计算出来的许用应力值进行比较,对于小于规范计算出来的许用应力值则不需要进行加固,大于则进行加固,然后再进行计算分析与比较。

笔者通过两个典型的桁架杆件加固计算详细说明桁架的加固计算过程。

(1) 桁架受弯杆件的比较与计算。

桁架主梁上游侧靠近桁架立柱处下部横梁有限元计算出来的最大应力值为 106.4 MPa(图 2),此件为受弯杆件,通过标准(水工建筑闸门及压力钢管技术规范)查出其许用压应力为 118 MPa,满足使用要求。

(2) 桁架受压杆件的校核与计算。

桁架主梁上游侧靠近桁架立柱处斜撑有限元计算出来的最大应力值为 102.4 MPa(图 2),为压应力。因该斜撑为受压杆件,需进行压杆稳定性校核。该斜撑长度为 1 966.86 mm,其惯性半径为 36.75 mm,通过标准(水工建筑闸门及压力钢管技术规范)计算出其许用压应力为 93.5 MPa,小于有限元计算出来的最大应力值 102.4 MPa,因此,该斜撑需进行加固。该斜撑与桁架其它杆件为铆钉连接,一端为 9 颗直径为 22.225 mm 的铆钉,其许用剪切应力为 42.62 MPa,远小于有限元计算出来的最大应力值,需更换为高强

螺栓。

斜撑加固后,有限元计算出来的最大应力值为 90.58 MPa(图 3),为压应力。斜撑长度为 1 966.86 mm,其加固后的惯性半径为 39.17 mm,通过标准(水工建筑闸门及压力钢管技术规范)计算出其加固后的许用压应力为 95.9 MPa,大于有限元计算出来的最大应力值 90.58 MPa,满足使用要求。连接处改用 9 颗 M22-10.9S 的高强螺栓,高强螺栓预拉力为 190 kN,摩擦因数为 0.3,摩擦面为 2 个面,计算出其许用摩擦力为 821 kN,大于此处最大轴心力 776 kN(最大轴心力 = 最大应力值 × 截面积(8 569.7 mm²)),满足使用要求。

桁架其余杆件的计算可按以上两种方法进行。

6 结 语

通过有限元计算,可以快速地分析出桁架中各处的受力情况,然后根据受力情况进行局部加固。相对于传统手工计算来说,桁架的有限元计算大大提高了计算的效率和准确性,缩短了计算周期。

笔者介绍了如何使用有限元对桁架进行建模、加载以及计算结果分析,如何进行旧桁架的加固等,希望对遇到同样情况需要进行桁架加固计算的同行起到参考作用。

作者简介:

范如谷(1982-),男,四川金堂人,处长,工程师,学士,从事水工金属结构及启闭起重设备制造设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 21 页)

-20#柴油,预防油料结冰并做好机械的防冻保暖工作。在施工间歇期,对发动机、散热器、蓄电池及电子器件进行包裹、覆盖保温;对停放较长时间的工程机械,每周不少于 2 次启动,以消除冻结现象;在作业过程中短暂休息时,应选择向阳、避风处停机。

4 结 语

在果多水电站坝肩开挖施工过程中,通过多种防寒抗冻施工方法的成功运用,取得了良好的效果,实现了按期向混凝土施工转序的进度节点

目标。同时积累了在冬季高原高寒冷环境下如何提高人员和机械效率的宝贵经验,可为今后类似工程提供借鉴。

作者简介:

姚必全(1981-),男,四川广安人,果多项目部总质检师,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

刘昕鑫(1987-),男,四川成都人,果多项目部工程技术部主任,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

汪明(1986-),男,重庆云阳人,果多项目部质安部副主任,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与质量安全管理工

(责任编辑:李燕辉)