DOI:10.11705/j.issn.1672-643X.2015.03.42

拱坝对近坝肩导流洞结构衬砌的影响研究

吴文博,李守义,吴晨

(西安理工大学 水利水电学院,陕西西安 710048)

摘 要:为了更加深入准确的研究靠近拱坝坝肩导流洞的真实受力情况,使导流洞在施工期安全运行,研究分析了 拱坝对靠近坝肩导流洞的影响。采用 Ansys 有限元分析法,建立拱坝和导流洞整体有限元模型,分析在自重,自重 加静水情况下拱坝对导流洞产生的附加应力,为隧洞衬砌配筋提供依据。计算结果表明:拱坝对导流洞靠近坝肩 部位产生的附加应力不容忽视,坝肩岩体灌浆对减小附加应力有一定作用。研究成果可为近拱坝坝肩导流洞的设 计和施工提供参考。

关键词: 拱坝; 拱坝坝肩; 导流洞; 附加应力; 坝肩岩体灌浆 中图分类号: TV642.42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-643X(2015)03-0202-03

Research on effect of arch dam to structure of diversion tunnel lining near arch dam abutment

WU Wenbo, LI Shouyi, WU Chen

(Faculty of Water Resources and Hydro-electric Engeering, Xian University of Technology, Xian 710048, China)

Abstract: In order to more deeply and accurately study the real stress situation of diversion tunnel near arch dam abutment so as to ensure the safe operation of diversion tunnel in construction period, this paper analyzed the impact of dam on the diversion tunnel near dam abutment. It used Ansys finite element analysis to establish the whole finite element model of arch dam and diversion tunnel, and analyzed the additional stress of arch dam produced by arch dam in the conditions of own weight and own weight plus hydrostatic situation, which can provide the basis for the reinforcement of tunnel. The results show that the additional stress of diversion tunnel generated near arch dam abutment can not be ignored. The rock body grouting of dam abutment has certain effect on reducing the additional stress. The results can provide reference for the design and construction of diversion tunnel near arch dam abutment.

Key words: arch dam; arch dam abutment; diversion tunnel; additional stress; rock body grouting of dam abutment

在水电站工程的建设中,导流隧洞工程一般属 于临时性水工建筑物,使用年限短,但在施工期对整 个水利工程起着重要的作用^[1]。重力坝和土石坝 对坝肩导流洞影响甚微,由于拱坝自身的受力和传 力特性,坝肩岩体受到拱坝传来的巨大推力,将对近 坝肩导流洞的安全运行产生很大影响^[2-4],目前针 对拱坝对近坝肩隧洞结构衬砌引起附加应力的研究 较少,已有的隧洞衬砌研究一般只考虑围岩压力,构 造应力,衬砌自重和静水压力等,继而施加边界条件 计算得到应力分布结果,并依此配筋^[5-7]。但靠近 拱坝坝肩的导流洞受到坝肩推力的影响不容忽视, 为了确保在施工期导流洞安全运行,在进行导流洞 衬砌计算时应充分考虑坝体附加应力的影响,调整 配筋和采取保护措施。

1 工程实例

1.1 工程概况

某拱坝水利枢纽工程导流洞位于右岸,洞身断 面为城门洞型,宽8m,高11.0m。进口处桩号 0-56.76,出口处桩号0+681.64。导流洞和拱坝 右坝肩最短垂直距离约为10.5m,桩号为0+ 264.69,近坝段洞室围岩为结晶灰岩,位于地下水位

收稿日期:2014-12-22; 修回日期:2015-01-13

作者简介:吴文博(1991-),男,陕西咸阳人,硕士研究生,主要从事水工结构分析及数值仿真研究。

以下,Ⅱ类围岩。由于导流洞距坝肩很近,坝体推力 对导流洞结构衬砌是否有影响,需要通过整体三维 有限元计算分析。

1.2 数值模拟

计算基本假定:

(1) 假定材料为均质弹性,各向同性的连续体, 不考虑钢筋和混凝土的应力重分布^[8];

(2)只考虑拱坝坝肩对导流洞产生的附加应 力,不考虑围岩自重,内水压力等荷载。

材料参数:

根据实验室及现场采样实测:水重度: γ_w =9.8 kN/m³,混凝土重度: γ_e = 24 kN/m³,混凝土泊松 比: μ_e =0.179,混凝土弹性模量 E_c = 20GPa,混凝 土线膨胀系数 α_e = 0.96 × 10⁻⁵/℃,岩石泊松比 μ_r =0.3,岩石弹性模量 E_r =15 GPa。

有限元计算模型:计算模型通过大型商业有限 元计算软件 Ansys 进行建模,计算中取拱坝整体及 左右坝肩山体(左右坝肩山体各取2倍坝高)建立 有限元模型,地基向河道上游取一倍坝高(145m), 向河道下游取2倍坝高(300 m),沿河床坝基面向 下取200 m。地基底面为三向约束,地基上、下游面 和左右面为法向约束^[9]。坝体上下游面按自由边 界处理,不考虑坝体横缝影响^[10]。

计算模型应用的坐标系为:水流方向为 X 轴方 向,向下游为正;高度方向为 Y 轴方向,向上为正; 垂直水流方向为 Z 轴方向,向右岸为正。



坐标系原点在拱冠梁剖面上游顶部,高程 646.00m。整体模型网格剖分采用8节点六面体单 元,单元总数220719个,节点总数228058个。计算 模型及坐标系如图1所示。





1.3 计算工况及荷载

工况1:施工完建,荷载只包括坝体自重。

工况2:正常运行,荷载包括坝体自重,正常水 位上下游静水压力,泥沙压力,温升^[11]。

计算中只考虑坝体对导流洞衬砌的附加应力, 所以荷载仅考虑坝体荷载。

2 计算结果分析

计算结果表明拱坝对导流洞衬砌靠近坝体段影 响较大,最大拉应力位于导流洞衬砌拱顶。选取局 部坐标系,分别对导流洞衬砌的沿洞轴线方向,顶拱 切向,侧墙竖直向,底板沿左右岸方向的应力进行分 析。工况1导流洞衬砌附加应力分布见图2(桩号 为0+257.13-0+284.29)。



图 2 工况 1 流洞衬砌附加应力分布(桩号:0+257.13-0+284.29)

工况1中导流洞轴线方向和顶拱切线方向附加 拉应力出现在导流洞拱顶靠近坝体侧,最大值分别 为0.74和1.07 MPa;导流洞底板垂直于洞轴线方 向附加拉应力出现在远离坝体侧底板与侧墙交接 处,最大值为0.7 MPa;导流洞侧墙竖直向附加拉应 力出现在远离坝体侧侧墙下部,最大值为0.2 MPa。

工况1中拱坝对导流洞位移影响较小,导流洞 衬砌拱顶向上游最大位移0.45 mm,向下游最大位 移0.3 mm;导流洞衬砌竖向向下最大位移5 mm,最 小位移 0.1 mm; 导流洞衬砌向右岸方向最大位移 0.5 mm, 左岸方向最大位移 0.4 mm。

工况2导流洞衬砌附加应力分布见图3(桩号为0+262.89-0+288.50)。工况2导流洞轴线方向附加 拉应力出现在顶拱靠坝体侧及与侧墙交接处,最大值 为1.03 MPa。导流洞顶拱切线方向附加拉应力出现在 拱顶远离坝体侧,最大值为1.31 MPa。导流洞底板垂 直于洞轴线方向和侧墙竖直向附加拉应力出现在底板 靠近坝体侧,最大值分别为1.2和1.19 MPa。





综合分析两种工况计算结果,可以得出拱坝坝 体对导流洞的附加应力不容忽视,特别是附加拉应 力。两种工况都对导流洞拱顶衬砌产生较大的附加 拉应力,工况1最大附加主拉应力为1.5 MPa,位于 洞身桩号0+210.192处衬砌拱顶;工况2最大附加 主拉应力达1.76 MPa,位于洞身桩号0+268.53处 衬砌拱顶中部位置,超出了混凝土强度要求。其中 施工期坝体自重为产生附加应力的主要荷载。在进 行导流洞衬砌配筋时应充分考虑附加应力。

工况2导流洞衬砌拱顶向下游最大位移3.5 mm,向下游最小位移0mm;导流洞衬砌竖向向下最 大位移4.0mm,竖向向上最大位移0.2mm;导流洞 衬砌向右岸方向最大位移2.0mm,左岸方向最大位 移1.0mm。

由于篇幅有限,作者最后采取了地基岩石灌浆 后弹性模量提高至18 GPa的参数进行了计算,通过 比较分析得出各个方向应力均有减小,最大减小0.2 MPa。因此可以考虑增加坝肩与导流洞之间岩体的 灌浆强度,增强岩体力学性能等工程措施。

3 结 语

本文采用 Ansys 软件,建立了拱坝和导流洞的 整体模型,考虑了施工期和运行期坝体荷载,分析计 算了拱坝对导流洞衬砌产生的附加应力,并提出了 相应的工程措施。

(1)靠近拱坝坝肩的导流洞受到拱坝的影响较 大,特别对衬砌顶部产生比较大的附加应力,应该在 常规配筋基础之上考虑附加应力,增大附加应力较 大部位的配筋。

(2)开挖导流洞会引起拱坝的"斜拱"效应,坝肩 下岩体承受推力将会增大,特别是在坝肩地形、地质 条件较差的情况下,防止坝肩岩体出现滑动,应该加 强坝肩与导流洞之间岩体的灌浆,提高其力学性能。

参考文献:

- [1] 王海军,张社荣,练继建.大型水电站导流洞围岩稳定分析[J].岩土工程学报,2006,28(7):869-873.
- [2] 刘 燕,张光科,孙杰荣. 坝肩隧洞洞径对拱坝变位及应力 影响研究[J]. 四川水力发电,2011,30(5):88-91+100.
- [3] 苏凯,伍鹤皋.水工隧洞钢筋混凝土衬砌非线性有限元 分析[J]. 岩土力学,2005,26(9):1485-1490.
- [4] 苏 凯,周 元,谢颖涵,等. 欠挖条件下导流隧洞衬砌结构 应力应变分析[J]. 水电能源科学,2012,32(5):73-76.
- [5] 刘 波,李 宁,郭晓刚.水工压力隧洞钢筋混凝土衬砌配 筋模型与方法探讨[J].西北农林科技大学学报(自然 科学版),2012,40(11):229-234.
- [6] 郝文化,叶裕明. ANSYS 土木工程应用实例[M]. 北京: 水利水电出版社,2005.
- [7] 李 权. ANSYS 在土木工程中的应用[M]. 北京:人民邮 电出版社,2005.
- [8] 燕荷叶. 混凝土拱坝应力分析的有限元方法探讨[J]. 水 电能源科学,2012,30(7):76-79.
- [9] 朱双林,常晓林. 拱坝坝体及孔口应力有限元仿真分析 [J].水科学与工程技术,2005(1):9-12.
- [10] 强晟,朱岳明,吴世勇,等. 锦屏一级高拱坝温度场和应 力场仿真分析[J]. 水电能源科学,2007,25(2):50-52.
- [11] 李 瓒,陈兴华,郑建波,等. 混凝土拱坝设计[M]. 北 京:中国电力出版社,2000.