

若羌河水库大坝渗流二维有限元数值模拟计算

李江成

新疆水利水电勘测设计研究院 新疆乌鲁木齐 830000

摘要: 渗流计算在水库大坝设计中是不可缺少的一个环节。根据渗流计算成果,进行大坝的渗透稳定性分析,对坝体防渗、反滤、大坝结构尺寸等相关设计提供基础依据;通过计算水库的渗漏量,确定出合理的兴利库容。本次通过工程实例,应用 midas GTS NX 有限元计算软件对若羌河水库沥青砼心墙坝进行渗流二维有限元数值模拟计算分析,利用其模型建立贴合实际的仿真性与计算成果的准确性,为合理的设计水库大坝提供充分的理论依据。

关键词: 大坝渗流; 二维有限元数值模拟计算; 若羌河水库

1 工程概况

若羌河水库工程距离若羌县约 40 公里,是若羌河上的控制性枢纽工程,其任务是:灌溉、防洪、工业供水及兼顾发电。若羌河水库工程为Ⅲ等中型,总库容为 1776 万 m³,控制灌溉面积 8.2 万亩。工程主要由拦河大坝、溢洪道(表孔)、泄洪兼导流洞、发电引水系统及电站厂房等建筑物组成。

该工程大坝采用碾压式沥青混凝土心墙坝,大坝顶宽 8m,最大坝高为 77.50m,坝长 231m。上游坝坡以围堰顶部为界,围堰顶部以上坝坡为 1:2.0,以下坝坡为 1:2.25,下游坝坡上设置三级“之”字型上坝道路,路面宽为 8.0m,下游坝坡设计为 1:1.8,下游综合坝坡约为 1:2.17。坝体填筑分区设计(上游→下游):砂砾料(上游围堰)、爆破料、砂砾料(坝体)、过渡料、沥青混凝土心墙、过渡料、砂砾料(坝体)、爆破料。心墙布置为直心墙的形式,采用碾压式沥青混凝土浇筑,心墙宽为 0.5m ~ 0.9m。

2 大坝渗流计算

2.1 渗流计算内容

坝体的浸润线确定、下游渗流出逸点位置确定、坝体及坝基流网图的绘制;计算大坝的渗流量;大坝下游坝基表面及坝体渗流出逸点的渗透比降的确定。

2.2 渗流计算工况

本次计算剖面选择坝体最大坝高标准横剖面,本次渗流计算包括以下水位组合情况:

- 工况①:正常蓄水位与下游相应的最低水位情况;
- 工况②:设计洪水位与下游相应的水位情况;
- 工况③:校核洪水位与下游相应的水位情况。

2.3 渗流计算原理和方法

本次渗流计算采用 midas GTS NX 有限元分析设计

软件对大坝渗流进行二维有限元数值模拟分析计算。

2.4 材料分区及参数

本次模拟碾压式沥青混凝土坝坝高 77.5m,坝身宽度约 280m,坝基边界深度取约为一倍坝高 80m,坝体上游侧边界取距离坝趾 50m,距离心墙 184m,下游边界取距离心墙 195m 处。模型的原点取在上游坝坡的坝趾处,Y 值随高程而定。模型模拟了坝下覆盖层、强风化岩、弱风化岩、微风化岩四个地质分层,模拟坝身结构包括:混凝土防浪墙、坝顶砂砾石、爆破料堆石坝体、砂砾石坝体、心墙过渡料、砂砾石围堰坝体、碾压式沥青混凝土心墙、心墙混凝土基座、固结灌浆、帷幕灌浆。模型材料分区及地质分区见图 1。

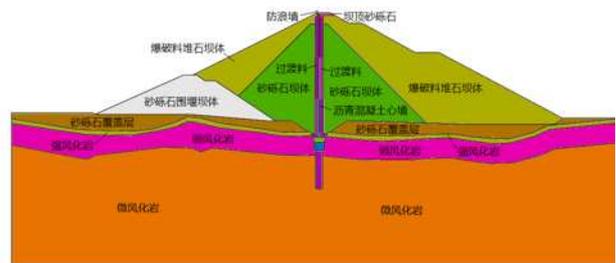


图 1 模型材料分区图

计算参数根据地质报告、以及已建相似工程类比选取,相关材料的渗透系数见下表。

表 1 各种材料的渗透参数表

材料名称	渗透系数 (m/s)	材料名称	渗透系数 (m/s)
混凝土防浪墙	1×10^{-8}	上下游爆破料堆石坝体	5×10^{-4}
碾压式沥青混凝土心墙	1×10^{-10}	上下游心墙过渡料	5×10^{-5}
心墙混凝土基座	1×10^{-8}	上游砂砾石围堰坝体	1×10^{-4}
固结灌浆	1×10^{-8}	上下游砂砾石覆盖层	1×10^{-4}
帷幕灌浆	1×10^{-8}	强风化岩	1×10^{-6}

坝顶砂砾石	1×10^{-4}	弱风化岩	1×10^{-7}
上下游砂砾石坝体	1×10^{-4}	微风化岩	1×10^{-7}

2.5 计算模型

本次计算建立有限元模型如下：模型单元网格剖分采用三角形+四边形混合单元，由微风化岩到沥青混凝土心墙逐步细化，坝下覆盖层、强风化岩、弱风化岩、微风化岩、坝顶砂砾石、上下游爆破料堆石坝体、上下游砂砾石坝体、上游砂砾石围堰坝体采用1m单元格，帷幕灌浆、固结灌浆、心墙混凝土基座、碾压式沥青混凝土心墙、上下游心墙过渡料、混凝土防浪墙细化为0.5m单元格。模型总计单元47483个，节点数47771个，材料14种。有限元网格图见图2~5。

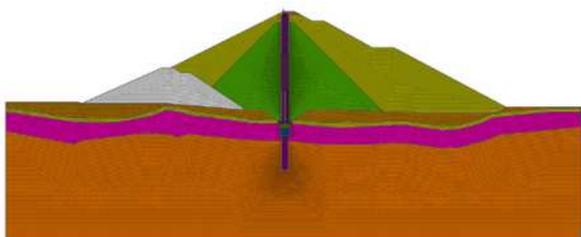


图2 模型有限元网格图

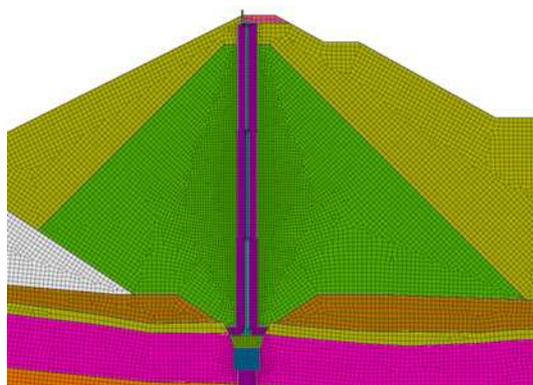


图3 心墙细部网格图

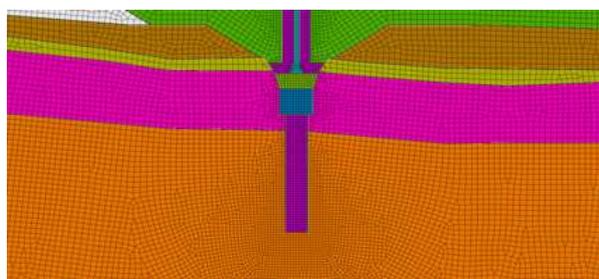


图4 帷幕灌浆细部网格图

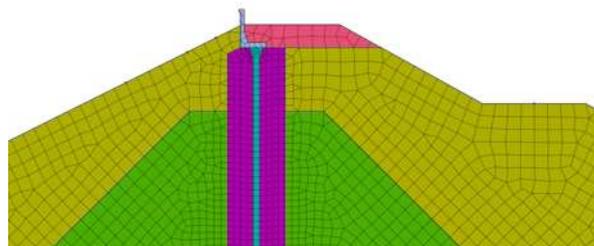


图5 坝顶细部网格图

3 计算成果与结论

3.1 渗流计算成果

针对上述模型利用midas GTX NX软件渗流分析模块进行计算分析，各工况计算成果如下。

表2 渗流计算结果表(稳态流)

工况	单宽渗流量(m^3/sm)	水力梯度(渗透比降)J		允许比降[J]
		坝体	坝基	
1 正常蓄水位	3.02×10^{-6}	0.0006	0.0006	0.1
2 设计洪水位	3.01×10^{-6}	0.0009	0.0003	
3 校核洪水位	2.86×10^{-6}	0.001	0.0001	

3.2 成果分析与结论

工况1：下游坝坡的渗透比降最大值为0.0006，下游坝基表面的渗透比降最大值为0.0006，均小于大坝堆石体渗透比降允许值0.1，故该工况坝体坝基是渗透稳定的；大坝最大单宽渗流量为 $3.02 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ ，估算水库渗漏损失每年约为2.2万 m^3 。

工况2：下游坝坡的渗透比降最大值为0.0009，下游坝基表面的渗透比降最大值为0.0003，均小于大坝堆石体渗透比降允许值0.1，故该工况坝体坝基是渗透稳定的；大坝最大单宽渗流量为 $3.01 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ ，估算水库渗漏损失每年约为2.19万 m^3 。

工况3：下游坝坡的渗透比降最大值为0.001，下游坝基表面的渗透比降最大值为0.0001，均小于大坝堆石体渗透比降允许值0.1，故该工况坝体坝基是渗透稳定的；大坝最大单宽渗流量为 $2.86 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ ，估算水库渗漏损失每年约为2.1万 m^3 。

4 结语

通过midas GTX NX有限元分析软件对若羌水库工程大坝进行了渗流二维有限元数值模拟计算，从计算结果可以看出，在计算的各工况下水库大坝渗透稳定，水库渗漏损失较小，大坝的防渗结构设计是基本合理的。

参考文献

- [1] 殷宗泽等. 土工原理 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [2] 毛昶熙. 渗流计算分析与控制 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003: 64-119.
- [3] 毛昶熙等. 渗流数值计算与程序应用 [M]. 北京: 河海大学出版社, 1999: 112-152.