

山口岩拱坝施工期 162.5 m 高程裂缝成因分析

章香保

(江西省南昌市水利规划设计院,江西 南昌 330009)

摘要:山口岩拱坝施工期间,162.5 m 高程层面出现大量裂缝,拱坝开裂将对结构安全带来危害.本文采用三维有限元仿真分析方法,对山口岩拱坝在不同工况下的温度场和应力场进行模拟计算,分析 162.5 m 高程层面裂缝产生的原因.结果表明:洪水漫顶、入仓温度过高、未通水冷却、未采取有效的仓面隔热措施这几个因素共同导致了裂缝的产生.

关键词:山口岩拱坝;施工期;裂缝成因

中图分类号:TV624.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2017)04-0246-05

1 工程概况

山口岩水利枢纽工程地处袁河上游江西省萍乡市芦溪县上埠镇境内,是一座以供水、防洪为主,兼顾发电、灌溉等综合利用的大(2)型水利枢纽工程.大坝采用碾压砼双曲拱坝,坝顶高程为 247.6 m(黄海高程,下同),坝基最低开挖底高程为 148.5 m,最大坝高 99.1 m,坝底最大宽度 30 m,坝顶宽度 5.0 m,坝顶长度为 268.2 m.

大坝从开工截止 2013 年 1 月 12 日共发生四次裂缝,具体情况如下:大坝浇筑至 152.5 m 高程时,于 2009 年 2 月在大坝右岸坝面发现 2 条裂缝;大坝浇筑至 162.5 m 高程时,发现 38 条裂缝;大坝浇筑至 180.5 m 高程时,发现 14 条裂缝;大坝浇筑至 231.6 m 高程时,发现 6 条裂缝;2012 年 5 月 12 日,监理、施工、设计人员大坝外观进行检查,共发现 17 条裂缝(其中上游面 12 条,下游面 5 条).本文对 162.5 m 高程裂缝成因进行分析.

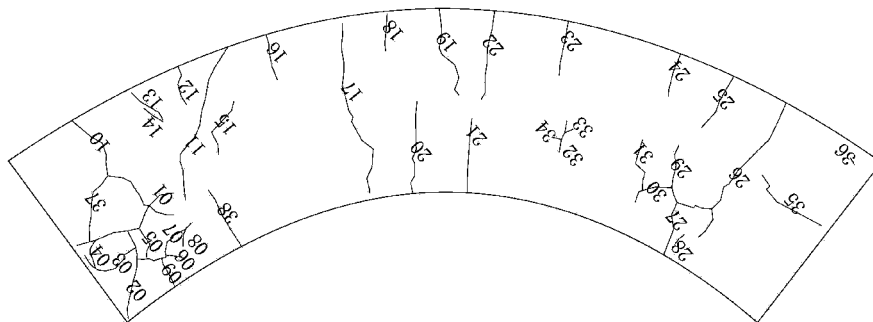


图1 山口岩拱坝 162.5 m 高程层面裂缝分布

2 基本理论

2.1 混凝土温度场

在混凝土坝施工期,由于水泥水化热的作用,混凝土

的温度将随时间变化.这个问题为具有内热源的热传导问题.在混凝土内部,即在区域 R 内,非稳定温度场 $T(x, y, z, t)$ 必须满足热传导方程^[1]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{\partial \theta}{\partial \tau} \quad (\forall (x, y, z) \in R)$$

收稿日期:2017-05-05

作者简介:章香保(1977-),男,大学本科,工程师.

$$R) \tag{1}$$

式中： a 为导温系数(m^2/h)； θ 为混凝土的绝热温升($^{\circ}C$)； τ 为混凝土龄期。

2.2 混凝土应力场

根据弹性徐变理论,用增量初应变方法计算施工期、运行期内由于变温等因素而引起的徐变应力变化规律^[2-3]。

$$\{\Delta\varepsilon_n\} = \{\Delta\varepsilon_n^e\} + \{\Delta\varepsilon_n^c\} + \{\Delta\varepsilon_n^{tc}\} + \{\Delta\varepsilon_n^T\} + \{\Delta\varepsilon_n^s\} + \{\varepsilon_n^0\} \tag{2}$$

式中： $\{\Delta\varepsilon_n^e\}$ 为弹性应变增量； $\{\Delta\varepsilon_n^c\}$ 为徐变应变增量； $\{\Delta\varepsilon_n^{tc}\}$ 为瞬态徐变应变增量； $\{\Delta\varepsilon_n^T\}$ 为温度应变增量； $\{\Delta\varepsilon_n^s\}$ 为干缩应变增量； $\{\varepsilon_n^0\}$ 为自生体积变形增量。

3 计算方法及方案

3.1 有限元模型

本文仿真分析采用三维有限元法。因本文分析的是施工期坝体裂缝产生的原因,地基的影响较小,故可以把地基认为是均质的。为简化建模的过程并能够应用于类似的课题,编制了应用拱坝体型参数进行自动生成有限元网格程序。坝体按照实际工程取为43个浇筑层并按实际的浇筑层厚进行网格剖分,地基按1.5倍坝高向坝体的上下游、左右岸及底部延伸,有限元网格结点数和单元数分别为13 090和10 048,对应的有限元模型见图2,其中坝体网格剖分见图3。

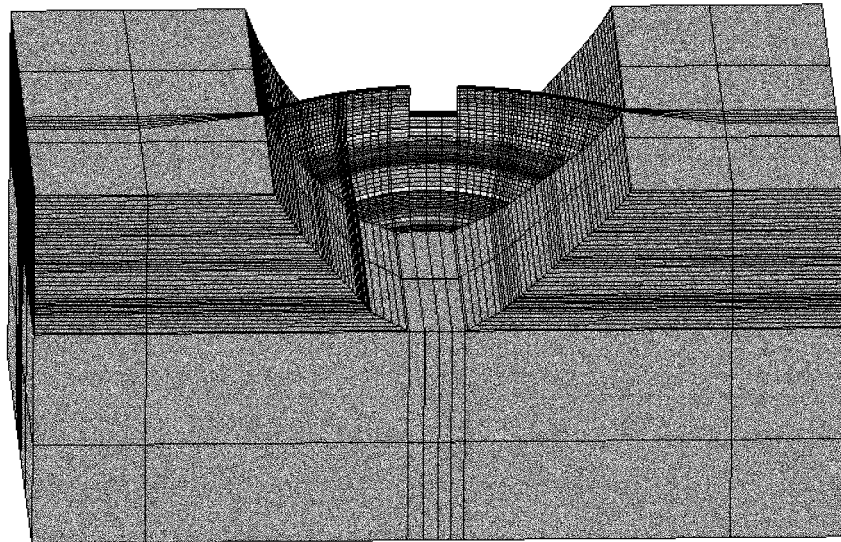


图2 有限元计算模型

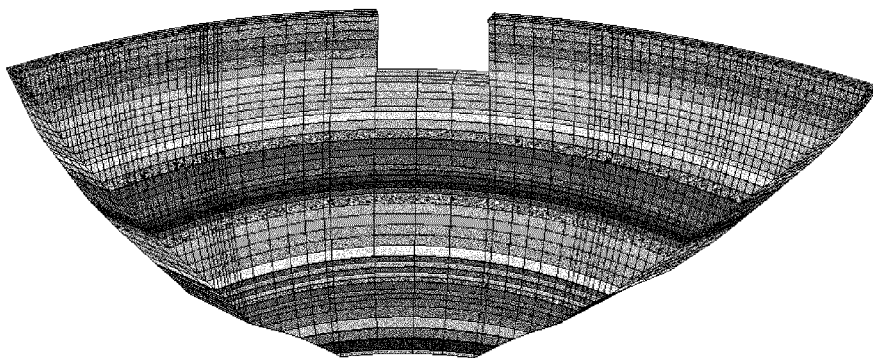


图3 坝体网格

3.2 计算参数

碾压混凝土热力学参数见表1。

表1 碾压混凝土热力学参数

参数	二级配碾压混凝土	三级配碾压混凝土
导热系数 /($10^{-3} \text{m}^2/\text{h}$)	5.012	5.061
导热系数 /($\text{kJ}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)	11.668	11.212
比热/($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)	0.958	0.905
线膨胀系数 /($10^{-6}/^\circ\text{C}$)	9.14	8.95
绝热温升/ $^\circ\text{C}$	$T = \frac{27.3t}{t + 2.183}$	$T = \frac{24.0t}{t + 1.171}$
弹性模量/GPa	$E_c = 3.332$ $\text{Ln}(t) + 11.431$	$E_c = 3.484$ $\text{Ln}(t) + 9.334$
泊松比	0.175	0.198

3.3 计算方案

根据施工过程和裂缝出现的时间,设计了5种计算工况^[4-5]:

工况1:实际情况,遇超标洪水以致洪水漫顶,入仓温度 28°C ,未采取通水冷却和有效的仓面隔热措施。

工况2:162.5 m 高程遇超标洪水时没有漫过坝顶。

工况3:162.5 m 高程混凝土入仓温度降低到 20°C 。

工况4:162.5 m 高程混凝土入仓温度降低到 20°C 并通 10°C 水冷却25天。

工况5:162.5 m 高程遇超标洪水时没有漫过坝顶,混凝土入仓温度降低到 20°C 并通 10°C 水冷却25天,同时采用聚乙烯泡沫板进行仓面隔热防止温度倒灌。

4 计算结果及分析

162.5 m 高程层面在各工况下出现应力最大时刻对应的等值线图见图4~图8。由图可知,162.5 m 高程裂缝成因为以下几个原因共同导致的:(1)洪水漫顶;(2)入仓温度过高;(3)未通水冷却;(4)表面未采取有效的仓面隔热措施以致温度倒灌。

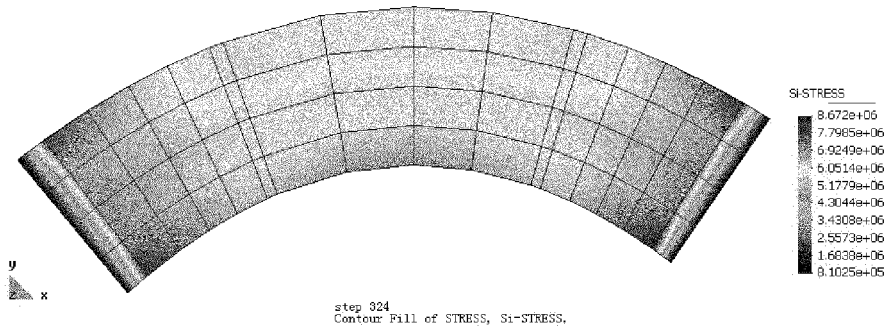


图4 工况1第一主应力云图

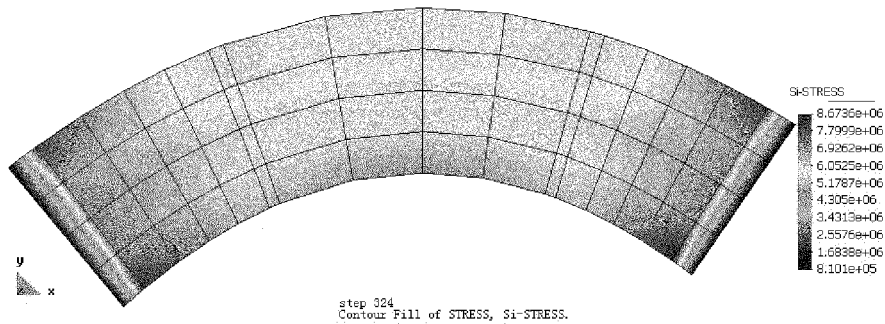


图5 工况2第一主应力云图

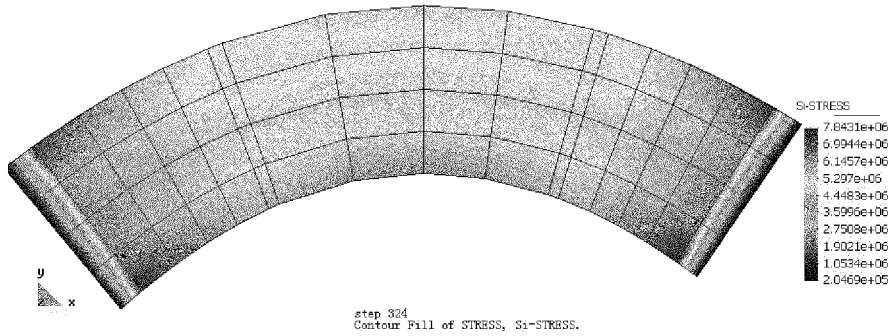


图 6 工况 3 第一主应力云图

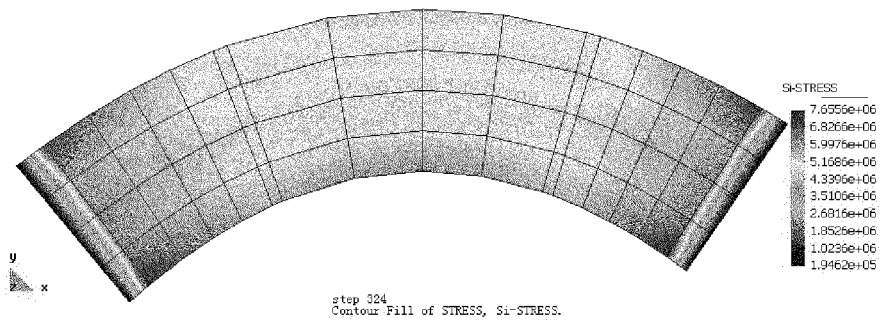


图 7 工况 4 第一主应力云图

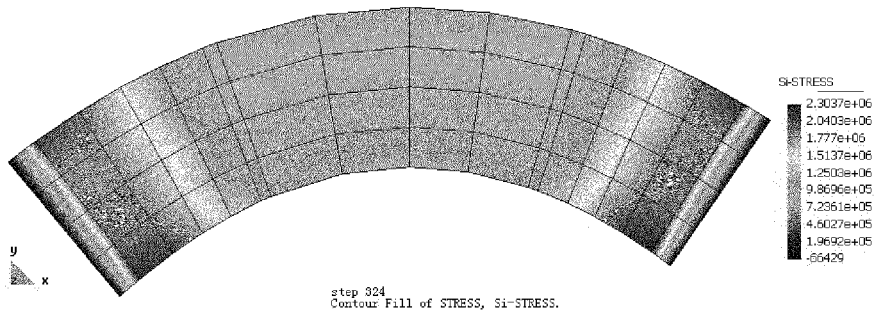


图 8 工况 5 第一主应力云图

5 结语

(1) 采用三维有限元仿真分析方法,对山口岩拱坝在不同工况下的温度场和应力场进行模拟计算,分析了 162.5 m 高程层面裂缝产生的原因。

(2) 对于碾压混凝土拱坝,要避免夏季施工产生裂缝,特别要做好通水冷却和保温隔热措施。

参考文献:

- [1] 朱伯芳. 大体积混凝土温度应力与温度控制[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [2] 朱优平, 李同春, 冯树荣, 等. 碾压混凝土坝施工期徐变温度应力场快速仿真技术[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2014, 36(3): 6~9.
- [3] 乔晨, 程井, 李同春. 沙沱碾压混凝土坝施工期温度应力仿真分析[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(2): 150~153.
- [4] 张国新, 刘有志, 刘毅, 等. 特高拱坝施工期裂缝成因分析与温控防裂措施讨论[J]. 水力发电学报, 2010(5): 45~45.
- [5] 李松辉, 王智阳, 杨莉英, 等. 高碾压混凝土坝裂缝成因及防治措施研究[J]. 水利水电技术, 2017, 48(1): 63~66.

编辑: 张绍付

Analysis on the causes of cracks in 162.5 m elevation during construction period of Shankouyan arch dam

ZHANG Xiangbao

(Water Resources Planning & Designing Institute of Nanchang City, Jiangxi Nanchang 330009, China)

Abstract: 162.5 m elevation appears a large number of cracks during construction period of Shankouyan arch dam, dam cracking will harm the structural safety. In this paper, the temperature field and stress field of Shankouyan arch dam under different working conditions are simulated using three-dimensional finite element simulation analysis method, the causes of cracks in 162.5 m elevation are analyzed. The results show that flood overtopping, high placing temperature, no water cooling, not taking effective warehouse insulation measures together leads to cracks.

Key words: Shankouyan arch dam; Construction period; Causes of cracks

翻译: 章香保

(上接第 245 页)

Stability analysis of stacked slope based on orthogonal test

YE Zi¹, HUANG Kaisheng²

(1. Shangrao Kexin Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Consulting Co. LTD of Jiangxi Province, Shangrao 344000, China; 2. Zhejiang Provincial Ningbo Yinzhou Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute, Ningbo 315192, China)

Abstract: In order to study the effect of the stacking width at the top of the slope, the minimum distance between the load range and the slope, and the effect of the size of the load on the slope stability, sensitivity analysis of stability of stacking slope was carried out by using large-scale finite element software GTS-NX combined with orthogonal test design method, the calculation results showed that the stability coefficient of the slope reduced with the width of the stack at the top of the slope widening, the minimum distance between the load range and the slope decreasing and loading load increasing, through the range analysis the three factors, its sensitivity from large to small were uniform heap size (q) > The width of the load (B) > The minimum distance from the slope to the load (d).

Key words: Orthogonal test; Stacking slope; Range analysis; Stability coefficient

翻译: 郭庆冰