

某大坝溢流坝上游裂缝危害性分析

武维毓

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

DOI:10.32629/hwr.v4i9.3341

[摘要] 某水电站溢流坝因水平施工缝处理不当,在冬季内外温差大产生的温度荷载作用下施工缝张开,后向下游侧扩展,通过有限元软件ANSYS对裂缝进行了危害性分析,发现裂缝端部应力超标,存在进一步扩展的可能性。大坝观测资料显示渗漏量增大,需采取必要的处理措施,防患于未然。

[关键词] 溢流坝裂缝; 有限单元法; 危害性分析

中图分类号: TV544 文献标识码: A

水电站泄水建筑物出现产生裂缝的现象较为常见,裂缝规模不大一般不至于影响大坝结构安全,但敏感部位的裂缝可能改变结构局部应力分布,破坏整体性,存在进一步扩展恶化的可能性。

本文以某水电站溢流坝上游坝面裂缝为例,通过有限元数值计算方法,进行了裂缝危害性分析,可为相似工程提供参考。

1 工程概况

某水电站位于我国东北地区,主坝为混凝土重力坝,坝顶高程206.0m,最大坝高53.0m,坝顶宽度为8.9m。坝地质条件良好,统计多年坝址区气温情况,最高气温为36.0°C,最低气温为-37.8°C,多年平均气温6.9°C,年气温变幅在65°C左右。每年负温历时较长,约6个月,昼夜温差大。

2 裂缝概况

经水下电视观测,大坝溢流坝段上游坝面水位变动区以下存在多条纵向、横向裂缝。大坝廊道内可见多处渗水裂缝,伴有白色析出物,钻设观测孔进行孔内电视检查,发现部分横向裂缝延伸至上游坝面。经核对,贯穿性裂缝基本与水平施工缝重合。

3 裂缝危害性分析

根据坝体现状裂缝情况,通过有限元计算方法分析裂缝对坝体结构的影响。

3.1 计算方法及理论。应用ANSYS有限元分析软件,选择15°典型坝段作为分析对象,该坝段属于河床较高坝段,裂缝长度、深度相对较大,具有较强的典型意义。

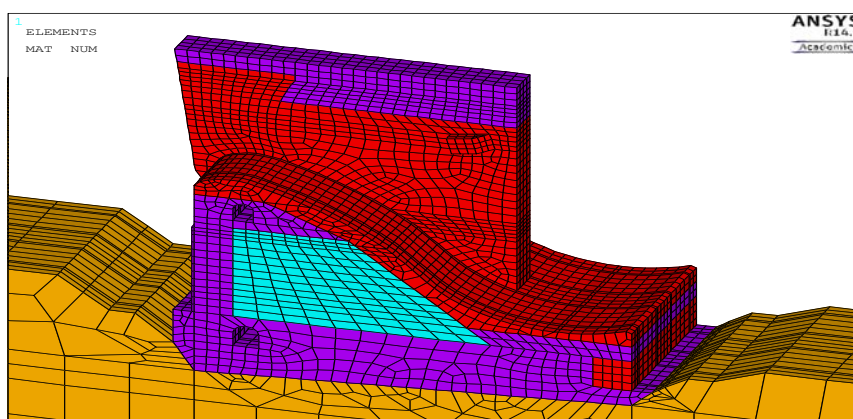


图1 15°典型坝段模型及网格划分示意图

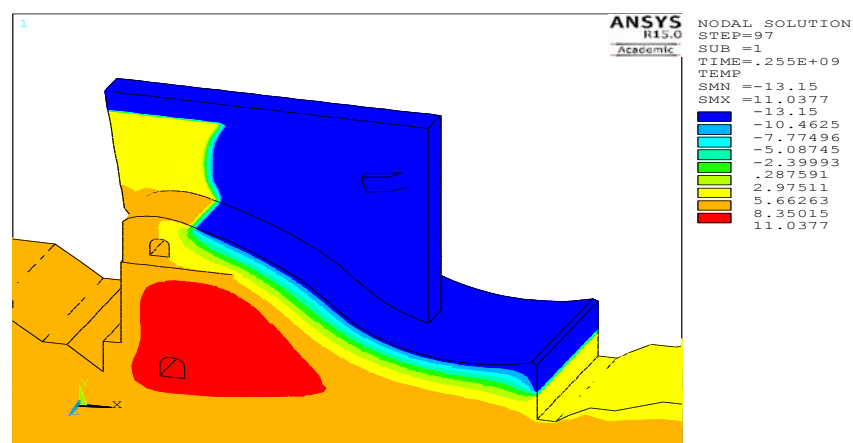


图2 15°坝段冬季(1月)温度场

坝体、坝基假定为理想弹塑性材料,塑性阶段应力应变规律通过Drucker-Prager屈服准则进行判定。

3.2 计算模型、参数、荷载及工况。选取15°典型坝段坝体及坝基岩体建立三维有限元模型,基岩模型沿上下游方向及

竖直向下均延伸1.5倍坝高,并规定: X轴为水平方向,向下游为正; Y轴为竖直方向,向上为正; Z轴为坝轴线方向,向右岸为正。典型坝段底部三向约束,左右侧法向约束。模型及网格划分情况见图1。

计算采用的参数根据混凝土芯样试

验结果及规范选取。计算荷载包括: 坝体自重、淤沙压力、静水压力、扬压力、冰压力和温度荷载。

计算考虑2种工况: ①无裂缝工况; ②坝体有裂缝, 裂缝深度9m, 最大张开量3mm; 建模时裂缝上表面高程180.500m, 下表面高程180.497m; 裂缝自闸墩上游表面向下游侧水平延伸, 缝宽逐渐减小至零。

3.3 计算成果分析。(1)瞬态温度场。根据瞬态热分析原理, 不同时刻的瞬态温度场将对结构产生不同的温度应力。冬季温度梯度最大, 因此, 选择1月份进行计算。1月份坝体内部最高温度10.44℃, 外界温度为-13.15℃, 内外温差23.59℃。工况2考虑坝体裂缝作用时, 由于上游水温浸入缝中, 使得缝附近温度在2.98℃~8.35℃之间, 对应温度场见图2。(2)位移情况。有缝工况下, 15#溢流坝段坝体总位移最大值1.25cm, X方向位移为1.22cm, 位于闸墩上游顶部, Y方向位移为0.82cm, 位于闸墩下游顶部。与无缝工况相比, 总位移增加了0.15cm, X方向位移增加了0.13cm, Y方向位移变化较小, 仅增加了0.03cm。(3)裂缝附近坝体局部应力情况。第一主应力情况: 有缝工况下, 坝体上、下游表面应力变化较无缝工况变化不大, 但由于缝的作用, 使坝体内部产生了拉应力, 缝上游端拉应力为0.30MPa, 距上游端7m缝周围拉应力最大, 值为1.80MPa, 缝下游端拉应力为0.60MPa。分别在裂缝附近选取闸墩中间、堰中2个典型截面展示其应力分布情况, 见图3、图4。

第三主应力情况: 有缝工况下, 最大压应力值为3.85MPa, 位于闸墩弧门附近, 坝体内部压应力较无缝工况略有增加, 缝端压应力为2.50MPa。可见, 坝体第三主应力不高。从有限元计算结果可以看出, 在温度荷载作用下, 坝体上游面出现拉应力, 拉应力超过了1.2MPa。根据坝体钻孔取芯试验成果, 坝体混凝土抗拉强度值为2.21MPa, 根据规范规定, 反算坝体水平施工缝抗拉强度 $f_t = (2.21 / 1.5) \times 0.8 = 1.18 \text{MPa}$ 。经查阅设计及施工资料, 设计阶段溢流坝段设珍珠岩保温层, 在大坝运行过程中大部分保护层受损或脱落, 保温性能降低; 工程施工期间坝体

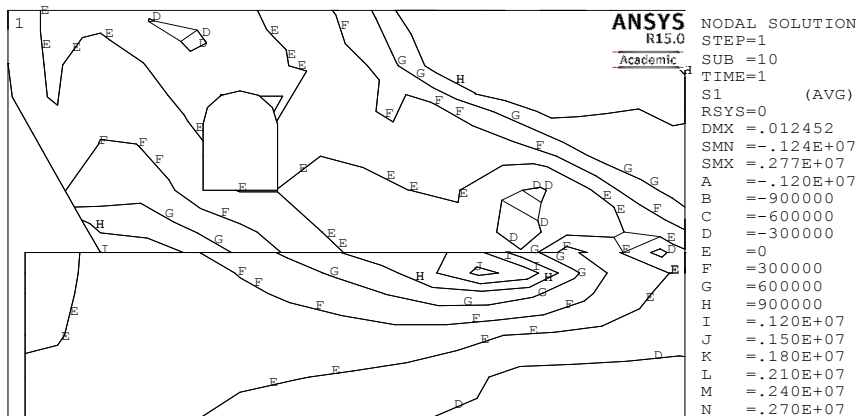


图3 工况2 闸墩中间截面第一主应力等值线图

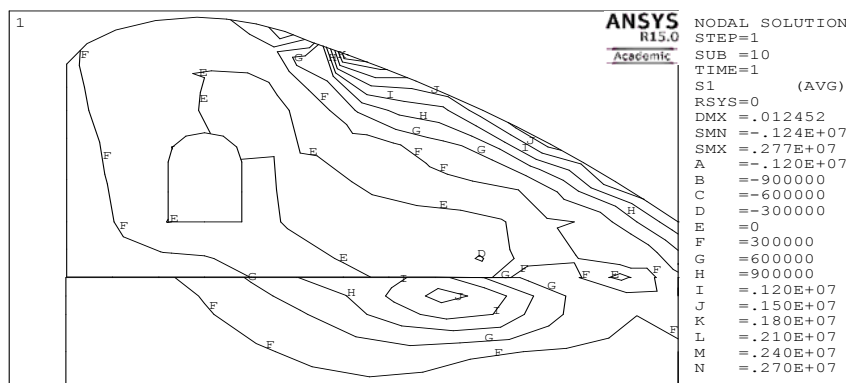


图4 工况2 堰中截面第一主应力等值线图

水平施工缝处理及混凝土浇筑质量控制情况不高; 在坝体拉应力作用下, 超出水平施工缝抗拉强度, 坝体出现了上游水平裂缝。

从目前掌握坝体裂缝情况及计算结果可知, 目前状态(裂缝开展深度为9m)水平裂缝端部应力超标, 裂缝存在进一步开展的可能。

4 大坝实测资料分析

大坝运行观测资料显示, 坝体渗漏量有逐年增大的趋势; 15#坝段坝体上抬明显, 冬季坝体上抬绝对值大于相邻坝段夏季上抬绝对值, 且15#坝段上抬幅度自2006年后有逐步增加趋势, 目前夏季最大上抬观测值7.2mm, 大于同期相邻坝段约6mm(16#坝段同期上抬1.2mm), 所以15#坝段裂缝对坝体变形的影响须引起高度重视, 采取必要的处理措施, 改善裂缝端部应力状态, 限制裂缝进一步开展, 防患于未然。

5 结论

本工程溢流坝上游裂缝属于典型水平施工缝处理不当, 在温度荷载作用下张开, 在水力劈裂作用下有所发展的实

例。通过选取典型溢流坝段典型裂缝建立有限元模型进行计算, 发现坝体上游面存在较大拉应力, 裂缝端部应力超标, 裂缝存在进一步开展的可能。大坝运行观测资料显示渗漏量有逐年增大趋势, 15#坝段呈小幅上抬趋势, 需引起重视, 采取必要的工程处理措施。

本文的研究思路和分析方法可为相似工程提供参考。

[参考文献]

[1]方坤河. 碾压混凝土材料、结构与性能[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004: 2.
 [2]朱伯芳. 大体积混凝土温度应力与温度控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999: 622-632.
 [3]郑安兴. 基于XFEM的重力坝裂纹开展数值分析研究[D]. 昆明理工大学硕士学位论文, 2010.
 [4]朱伯芳. 《混凝土重力坝设计规范》DL5108—1999中几个问题的商榷[J]. 水利水电技术, 2005(03): 23-27.
 [5]韩素芳, 耿维恕. 钢筋混凝土结构裂缝控制指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.