

基于有限元涵洞结构复核分析

任小飞

中工武大设计研究有限公司安徽分公司 安徽 合肥 230001

摘要: 本文对徐州市铜山区倪园水库放水涵洞结构进行复核分析,从而评价涵洞的安全性,本文采用二维有限元对其结构进行复核计算。采用有限元软件 ABAQUS 对其应力场进行分析计算;最终评价其结构安全性。

关键词: 涵洞; 有限元; 应力

1 前言

如今,随着有限元软件技术不断发展,逐步成熟,有限元软件将逐步替代常规的结构应力计算方法,传统的理论计算时,往往需要简化结构,这就会导致计算结果的准确性,如今利用有限元建立模型来计算分析结构其结构应力,可提高计算的精确性,更好的反应出结构的实际安全性能。

2 计算理论

有限元法是将连续体用网格划分为有限数目个单元体,这些单元体之间在节点处相互铰结,形成离散结构,用这些离散结构来代替原来的连续体结构,以分析应力和变形,将荷载移置作用于离散结构的节点上,成为节点荷载。应力—应变关系表示为:

$$[\sigma] = [D] \varepsilon$$

式中: $[D]$ 为弹性矩阵。由虚位移原理和应力—应变关系,可建立节点荷载和节点位移之间的关系,即

$$[K] \delta = [R]$$

式中: $[K]$, $[\delta]$, $[R]$ 分别为刚度矩阵,节点位移和节点荷载列阵。解方程可求得位移,进而可推出应变 $[\varepsilon]$ 和应力 $[\sigma]$ 的分布。

根据倪园水库放水涵洞的受力特点,将地基、底板、墙身作为一个整体,考虑它们之间的相互作用。各种结构离散成八节点六面体单元等

3 计算模型

根据涵洞的结构特征和受力特点,将涵洞和基座等一起建模,考虑它们之间的相互作用。各种结构离散成八节点六面体单元等参单元,单元之间通过有限个点连接起来。所考虑的荷载按有关规范进行处理。

涵洞为预应力混凝土结构,直径为 0.8m,管壁厚 0.1m,涵洞基座底高程 39.50m,涵洞顶填土高程为 46.70m。

本次计算出水池工程的地基在垂直水流方向取 7.80m,深度取至高程 32.0m。为了提高网格的划分质量,在不影响计算结果的前提下,对所建的模型做了一定的简化处理。由于考虑到了地基模型尺寸范围的选择,故对地基采用全约束。其中 CPS4R 单元总数为 703 个, CPS3 单元总数为 9 个。涵洞与地基二维有限元模型见图 1,涵洞二维有限元模型见

图 2。

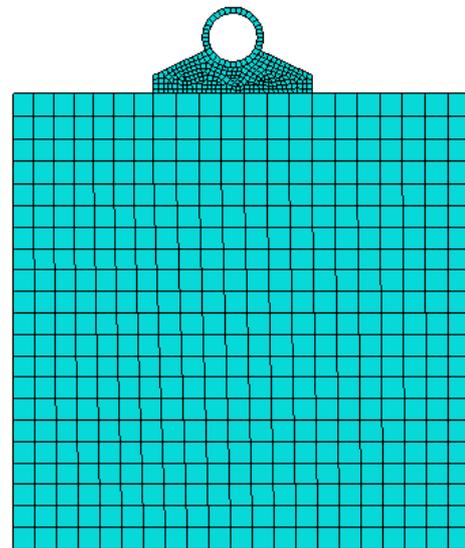


图 1 涵洞与地基整体二维有限元模型图

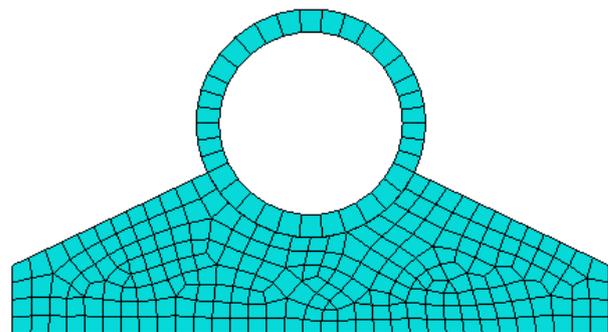


图 2 涵洞二维有限元模型图

4 材料性质和力学参数

涵洞结构采用线弹性材料模拟,土体为弹塑性材料,假定服从 Mohr-Coulomb 屈服准则,由于土体自重产生的变形已基本完成,故计算中不计入土体自重引起的应变。本次复核计算的材料强度值应选取原设计强度等级与检测结果中的较小值材料计算参数见表 1 及表 2。

表 1 结构材料计算参数表

部位	材料名	弹性模量	泊松比	容重
		MPa		kN/m ³
涵洞	混凝土	2.55 × 10 ⁴	0.167	25.0
基座	混凝土	2.55 × 10 ⁴	0.167	25.0

表 2 地基土材料计算参数表

名称	材料名	压缩模量	泊松比	备注
		MPa		
地基 1	壤土	8.0	0.25	不考虑地基土的自重
地基 2	石灰岩	7.5 × 10 ⁴	0.28	

5 基本荷载和计算工况

5.1 涵洞固定荷载

(1) 底板荷载

涵洞基座所受的荷载除地基反力外还有：自重。

(2) 回填土荷载

墙后水平土压力按主动土压力和垂直土重进行计算，其余按边荷载考虑。

(3) 水荷载

水荷载的加载工况见表 3。

表 3 复核计算水位组合表

计算情况	水位组合 (m)	涵洞内水位	备注
工况 1	46.54	0.00	闸门关闭
工况 2	46.54	40.6	闸门开启

5.2 计算结果分析

按照上述计算模型和参数，分别对涵洞的各种工况进行了空间有限元计算。求出了各种工况下涵洞结构在荷载作用下的各点应力。由此可对涵洞的稳定和强度安全性进行评价。

根据计算结果的应力云纹图进行分析，具体计算的各工况下的整体结构最大主拉应力云纹图见图 3 和图 4；最大主压应力云纹图见图 5 和图 6。

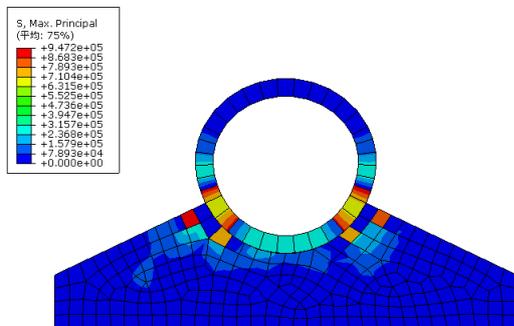


图 3 工况 1 最大主拉应力分布图 (Pa)

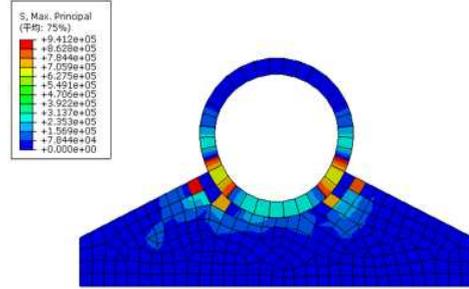


图 4 工况 2 最大主拉应力分布图 (Pa)

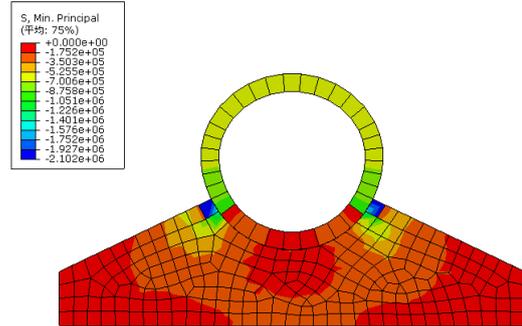


图 5 工况 1 最大主压应力分布图 (Pa)

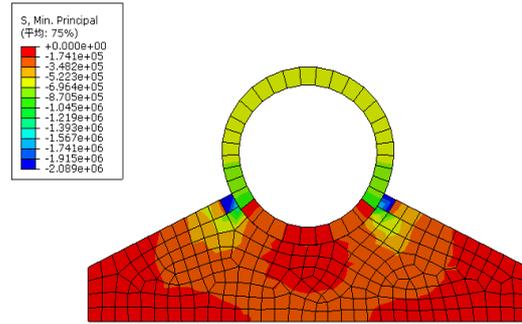


图 6 工况 2 最大主压应力分布图 (Pa)

由计算结果的应力云图可得，涵洞最大主拉应力计算成果见表 4；最大主压应力计算成果见表 5。

表 4 涵洞最大主拉应力计算成果表

计算工况	涵洞	基座
工况 1	0.95	0.94
工况 2	0.94	0.93

表 5 涵洞最大主压应力计算成果表

计算工况	涵洞	基座
工况 1	0.99	2.10
工况 2	0.98	2.09

由计算结果的应力云图及表 4、表 5 可知：在各工况下涵洞的最大主拉应力主要分布在基座与涵洞接触附近，最大值为 0.95MPa<math>< 1.10 \text{ MPa}</math>，最大主压应力主要分布在基座

与涵洞接触附近,最大值为 $0.0.99\text{MPa} < f_c = 9.60\text{MPa}$,因此涵洞混凝土抗拉强度和抗压强度均满足要求;在各工况下基座的 最大主拉应力 主要分布在涵洞与基座接触附近,最大值为 $0.94\text{MPa} < f_t = 1.10\text{MPa}$, 最大主压应力 主要分布在涵洞与基座接触附近,最大值为 $2.10\text{MPa} < f_c = 9.60\text{MPa}$,因此基座混凝土抗拉强度和抗压强度均满足要求。

6 结论

(1) 通过对倪园水库放水涵洞的应力分析,在各计算工况下放水涵洞强度和基座强度均满足要求。

(2) 采用 ABAQUS 有限元软件可较直观地反映涵洞结构各个位置的应力分布位置及应力大小;能更有效、合理的对涵洞结构的安全进行评价,更好的反映出结构的真实安全状态。

参考文献:

[1] 陈国荣.有限单元法原理及应用[M].北京科学出版社,2009.

[2] 朱伯芳.有限元原理及应用[M].北京:中国水利水电出版社,1998.

[3] 熊启钧.涵洞[M].北京:中国水利水电出版社,2006.

[4] 曹邱林,孟怡凯.桩基础泵站结构非线性有限元分析研究[J].水利与建筑工程学报,2011.

[5] 费康,张建伟.ABAQUS在岩土工程中的应用[M].北京:中国水利水电出版社,2010.

作者简介:任小飞(1988.09-),男,中级工程师,主要从事水工结构设计等工作。