

引水涵洞工程结构位移有限元分析研究 ——以扬州市跃进引涵为例

王 洁

(扬州大学 水利与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 以扬州市江都区跃进引涵工程为例, 采用三维有限元分析软件 ABAQUS 分析引涵结构在各荷载作用下所产生的位移。根据计算结果可知, 该引涵结构在各工况下的位移较小, 其整体稳定性较好, 工作性态安全。分析表明, 三维有限元分析能较直观、准确反映引涵工程的位移状况, 是解决复杂空间结构问题的有效方法。

关键词: 引涵隧洞; 有限元; 位移; 计算模型

中图分类号: TV314

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 07-0040-04

Study on finite element analysis of structural displacement of diversion culvert ——take Yuejin culvert in Yangzhou as an example

Wang Jie

(School of water resources and energy engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu)

Abstract: Taking Yuejin culvert project in Yangzhou as an example, the displacement of the culvert structure under different loads was analyzed by using the three-dimensional finite element analysis software ABAQUS. The calculation results showed small displacement, good overall stability and safety work behavior of the structure. The analysis results showed that the 3D finite element analysis was an effective method to solve the complex space structure problem, which could directly and accurately reflect the displacement of the culvert engineering.

Key words: culvert tunnel; finite element method; displacement; calculation model

1 工程概况

跃进引涵位于扬州市江都区滨江新城化市村境内跃进河入夹江口, 始建于 1979 年, 为 1.5 m×1.5 m 浆砌块石墙、混凝土盖板结构箱涵, 底板高程 0.0 m, 洞身长度 46 m, 设计流量 2.25 m³/s, 灌溉面积 1 万亩。跃进河是江都区滨江新城骨干引排河道, 跃进引涵是夹江的重要引排口门, 多年来为沿线化

市、新华、新港、金陵、长红等村灌溉、排涝、防洪发挥了重要作用。

2 计算模型

2.1 计算模型建立

根据跃进引涵工程的结构特征和受力特点, 将涵洞洞身、地基一起建模, 考虑它们之间的相互作

收稿日期: 2017-03-15

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD); 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(KYLX16_1397)

作者简介: 王洁(1993-), 女, 硕士研究生, 研究方向为水工结构工程安全评价与研究。

用。各种结构离散成四面体单元等参单元, 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。本文在计算过程中, 引水涵洞工程的地基在顺水流方向取 88.62 m, 垂直水流方向取 15 m, 深度取至高程▽ -18.6 m。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。由于考虑到地基模型的尺寸范围的选择, 故对地基采用全约束。跃进引水涵洞工程整体三维有限元模型见图 1, 其中单元总数为 195040 个, 节点总数为 40479 个。

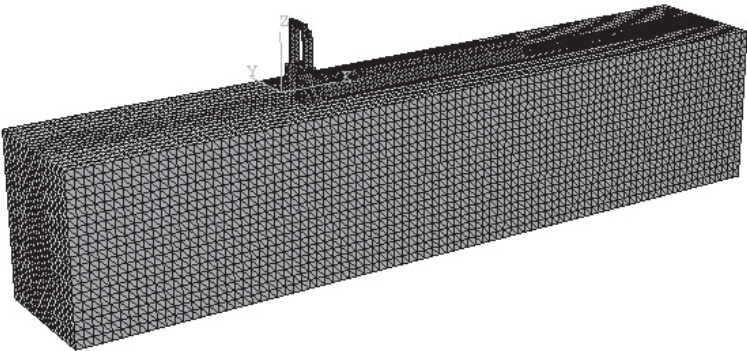


图 1 跃进引水涵洞工程与地基整体三维有限元模型图

2.2 材料性质和力学参数

跃进引水涵工程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、表 2。

2.3 基本荷载和计算工况

- (1) 固定荷载: 涵洞结构自重^[1]。
- (2) 水荷载: 对各水位同时考虑相应的扬压力^[2]。水荷载的加载工况见表 3。

(3) 地震荷载

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)^[3] 附录 A 和附录 D, 该工程所处场地的地震动峰值加速度为 0.15 g, 相当于地震基本烈度 7 度, 根据《水工建筑物抗震设计规范》(SL203-97)^[4], 需考虑地震荷载的影响。

3 计算结果分析

按照上述计算模型和参数, 对跃进引水涵洞洞身结构的各工况进行空间有限元计算, 求出各

种工况下洞身结构在荷载作用下的各点水平位移和沉降情况, 由此可对洞身的稳定安全性进行评价。

根据计算结果的位移云纹图进行分析, 具体计算的各工况下的整体结构竖向位移(沉降)云纹图, 见图 2、图 3、图 4、图 5。整体结构水平位移(顺水流方向)云纹图, 见图 6、图 7、图 8、图 9。

整体结构竖向位移(沉降)计算成果见表 4, 水平位移(顺水流方向)计算成果见表 5。

由计算结果的位移云纹图及表 4 可知: 各工况下各结构沉降位移较小。洞身结构最大沉降位移

表 1 结构材料计算参数

部位	材料名	弹性模量	泊松比	容重
		MPa		kN/m ³
底板	140# 混凝土	1.85 × 10 ⁴	0.167	25.0
边墩	80# 浆砌块石	8.0 × 10 ³	0.25	22.0
涵洞拱顶	200# 混凝土	2.20 × 10 ⁴	0.167	25.0

发生在反向水位期,沿铅直方向整个结构发生向下的位移,最大沉降量为 43.26 mm,最大沉降差为 22.72 mm,根据规范,地基最大沉降量不宜超过 150 mm^[5],故洞身地基沉降满足要求。

表 2 地基土材料计算参数

名称	材料名	压缩模量	泊松比	补充
		(MPa)		
地基土	粉砂	8.0	0.30	不考虑地基土的自重

表 3 复核计算水位组合

计算工况	水位组合 (m)		水位差 (m)	备注
	上游	下游		
正向水位	6.89	2.0	4.89	0.15g
反向水位	2.0	2.5	0.5	
正向地震	6.89	2.0	4.89	
反向地震	2.0	2.5	0.5	

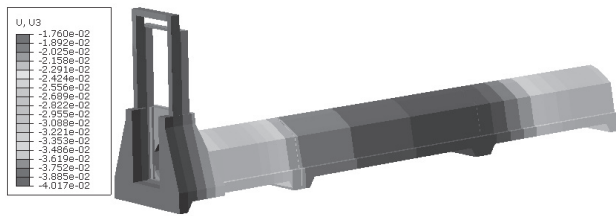


图 2 正向水位竖向位移 (沉降) 分布图 (cm)

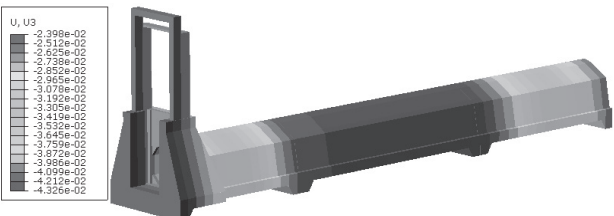


图 3 反向水位竖向位移 (沉降) 分布图 (cm)

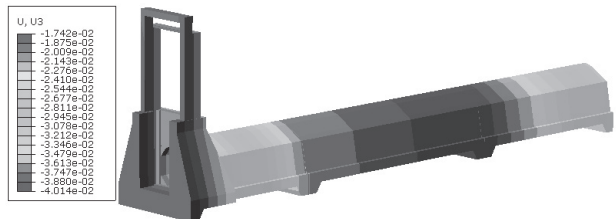


图 4 正向地震竖向位移 (沉降) 分布图 (cm)

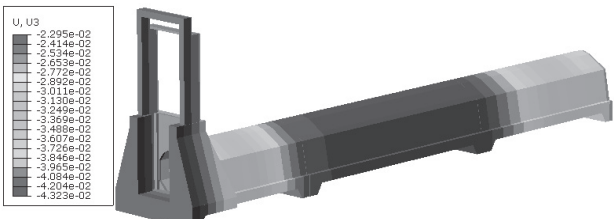


图 5 反向地震竖向位移 (沉降) 分布图 (cm)

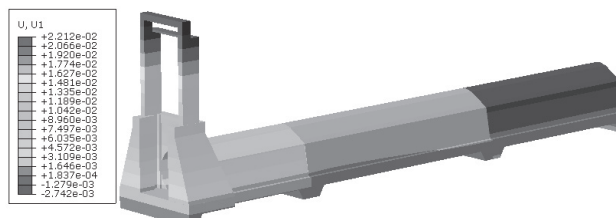


图 6 正向水位水平位移 (顺水流) 分布图 (cm)

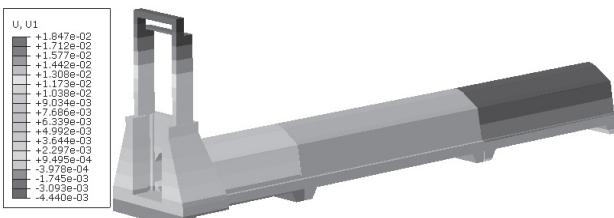


图 7 反向水位水平位移 (顺水流) 分布图 (cm)

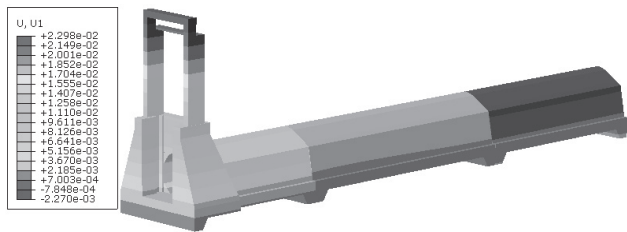


图 8 正向地震水平位移 (顺水流) 分布图 (cm)

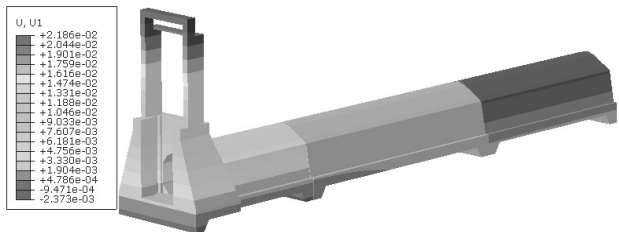


图 9 反向地震水平位移 (顺水流) 分布图 (cm)

表 4 整体结构竖向位移 (沉降) 计算成果

计算部位	竖向位移 (沉降) (mm)		
	最大值	最小值	沉降差
正向水位	40.17	17.60	22.57
反向水位	43.26	23.98	19.28
正向地震	40.14	17.42	22.72
反向地震	43.23	22.95	20.28

表 5 整体结构水平位移 (顺水流方向) 计算成果

计算工况	水平位移 (顺水流) (mm)
	站身
正向水位	22.12
反向水位	18.47
正向地震	22.98
反向地震	21.86

由表 5 可知: 各种工况荷载作用下, 整体结构在水平方向的位移都比较小。洞身顺水流向水平位移的最大值发生在正向地震期工况, 沿顺水流方向从上游向下游发生位移, 最大值为 U_{xmax} =22.98 mm, 整体结构的位移均较小, 故整体结构的稳定性较好。

4 结论

通过对跃进引涵结构的位移场分析, 在各计算工况下, 引涵结构沉降最大值不超过规范允许值, 结构在水平方向的位移都比较小, 不影响引涵的正常运行, 故引涵整体的稳定性较好。本文利用 ABAQUS 三维有限元计算跃进引涵结构, 能够直观可靠地得出结构位移场, 可为结构安全状态评价提供理论依据。

参考文献:

[1] 中华人民共和国电力工业部 . DL 5077-199, 水工建筑物荷载设计规范 [S] . 北京: 中国水利水电出版社, 1997 .

[2] 马永法, 陈平龙, 曹邱林 . 桩基础水闸闸室结构分析研究 [J] . 水利与建设工程学报, 2011, 9 (4) : 42-45 .

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会 . GB18305-2015, 中国地震动参数区划图 [S] . 北京: 中国标准出版社, 2015 .

[4] 中华人民共和国水利部 . SL 203-97, 水工建筑物抗震设计规范 [S] . 北京: 中国水利水电出版社, 1997 .

[5] 中华人民共和国水利部 . SL 265-2001, 水闸设计规范 [S] . 北京: 中国水利水电出版社, 2001 .

(责任编辑: 王宏伟)