

基于 ANSYS 的引水工程冰期冰盖数值模拟研究

蔡玲玲

(江苏省江都水利工程管理处万福闸管理所, 江苏 扬州 225200)

【摘要】 本文以冰力学的模型为研究课题,通过数值模拟的方法研究长距离引水工程,探究如何提高冬季冰期引水的安全性和效率、效益。选取了冰盖稳定性试验过程中模型参数,对模型的网格进行合理的划分,通过 fluent 数值模拟的方法研究了不同冰厚时的冰盖等效应力情况。

【关键词】 长距离; 输水工程; 冰盖; 数值模拟

中图分类号: TV13

文献标识码: A

文章编号: 2096-0131(2017)02-0068-04

Research on ice-age ice sheet numerical simulation of ANSYS-based water diversion project

CAI Lingling

(Jiangsu Jiangu Water Conservancy Project Management Office Wanfuzha Management Office, Yangzhou 225200, China)

Abstract: In the paper, ice mechanics model is regarded as a research topic. Long-distance water diversion project is studied through the method of numerical simulation, thereby exploring how to improve the safety, efficiency and benefits of ice-age winter diversion in winter. Model parameters in ice sheet stability test process are selected for dividing the model grid rationally. Ice sheet equivalent stress condition during different ice thicknesses is studied through the method of fluent numerical simulation.

Key words: long distance; water diversion project; ice sheet; numerical simulation

我国北部寒冷地区的水域容易结冰,因此北方地区的各种水中构筑物,在结冰期遭受着冰的威胁,南水北调工程也不例外^[1-4]。这些水中的构筑物主要有水库建筑、水运码头、输水管线上的水坝、沟渠、桥梁以及水电站等。在冬季,冰的问题干扰着这些过水建筑物,严重时会对建筑物、构筑物造成破坏^[5-7]。在当前我国经济高速发展的时代背景下,各类引水工程、水运线路工程、水利工程等建设取得了较大的发展,工程数量也

日渐增多。所以,涉及水的各种建筑物、构筑物的成功运营关系到我国水利事业的发展,尤其是我国重点水利项目——南水北调工程,提高效率和安全性也是当前有关技术、研究人员关注的热门方向。水利项目前期涉及的关键在于能够精准地确定建筑物(或构筑物)上的冰荷载^[8-10]。因此,本文以冰力学的模型为研究课题,通过实验研究南水北调工程中的引水工程,探究如何提高冬季冰期引水的安全性和效率、效益。

1 冰盖稳定性计算程序简介

冰盖稳定性需要借助 CAE 仿真工具 Ansys 进行计算,采用 Ansys 程序进行计算。作为能够分析设计并提高性能的工具,该程序功能多样、效率高并能够降低成本。该程序运行简单,无论是从个人计算机还是工作站乃至大型电脑,大多数电脑和系统都能够运行该程序。因此能够保证无论是何种领域、哪种项目,其用户都能够在该程序上进行模拟。

关于冰盖稳定性,Ansys 进行求解的思路为:第一,按照建筑物或者构筑物的实际情况,构建模拟数字工程模型;第二,给模型所涉及的实常数组、材料以及单元等进行参数设置,以便能够准确反映模型所代表实物的大小、外形等其他典型特征;第三,模型的每一个部分的实常数组、材料以及单元都要进行参数设置;第四,将模型划出合适的网格,划分以没有畸形元、精确性高为原则;第五,计算结果;第六,处理已经得到的初步成果,用图表、数据等形式表达出来。

2 冰盖稳定性试验及模型参数选取

本研究实验在低温结冰的水池中进行,水池长 20m,宽 5m。本研究的研究对象包括水渠的构筑物,因此本次冰盖稳定性实验也受到水渠边缘的影响。实验应该尽量减小偏差,增加精确度,Ansys 程序基本完全模拟工程项目的实况,按照渠道的大小以 1:1 的比例构建模型。进行冰盖的稳定程度测试时,在结冰处增加荷载,当渠道内壁在荷载的压力下损坏后,冰盖本身仍然处于平整的状态,模拟结果如图 1 所示。在用 Ansys 程序构建模型来模拟时,不能选取冰盖全部,而是只选择冰盖的 1/2 端的臂梁施加荷载,荷载必须均匀施加,最后模拟数字模型进行计算。

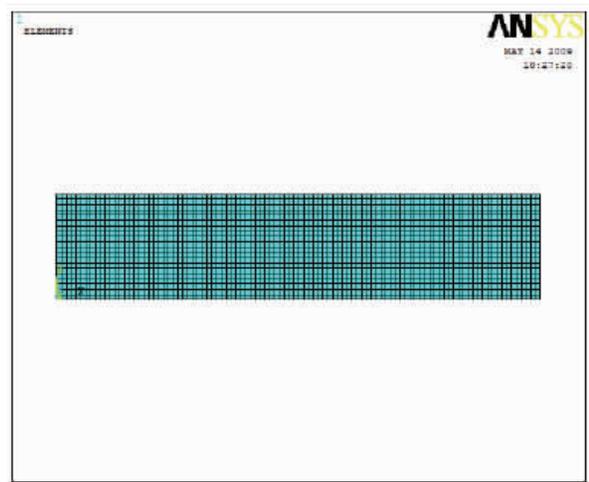
实验测得一组数据,其中冰的厚度应该根据结果选择 7 个,实验数据见表 1。冰盖长达 10m,宽达 2m,弹性为 2 个模量,泊松比 μ 为 0.3,冰盖的极限抗压强度见表 1。

表 1 冰盖稳定性模型试验参数

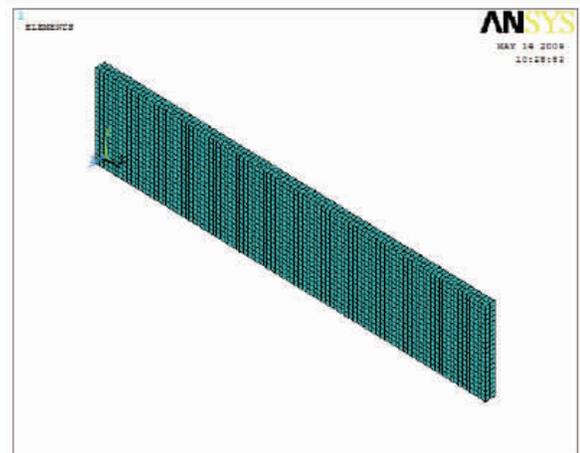
冰厚/m	0.06	0.09	0.15	0.17	0.18	0.23	0.27
抗压强度/kPa	26.8	28.5	30.2	32.8	33.2	38.6	39.2

3 冰盖模型网格划分

将模型划出合适的网格,划分以没有畸形元、精确性高为原则。冰盖的模型分割如图 1 所示,模型可放大其中某部分进行详细观测。



(a)



(b)

图 1 冰盖模型总体网格划分

4 冰盖数学模型计算

增加荷载时,会在冰盖上产生向上的力,最后会使水渠内壁发生断裂损坏,所以此时对模型所施加的均匀荷载可以认为是冰盖达到临界状态时的最大荷载,也就是渠道模型的最大抗压度。根据模型的模拟结

果,可得知除内壁外,其他局部都不会到这种状态。图2~图7为当冰的厚度为0.06m、0.09m、0.15m、0.18m、0.23m、0.27m时,冰盖模型节点的等效应力图。

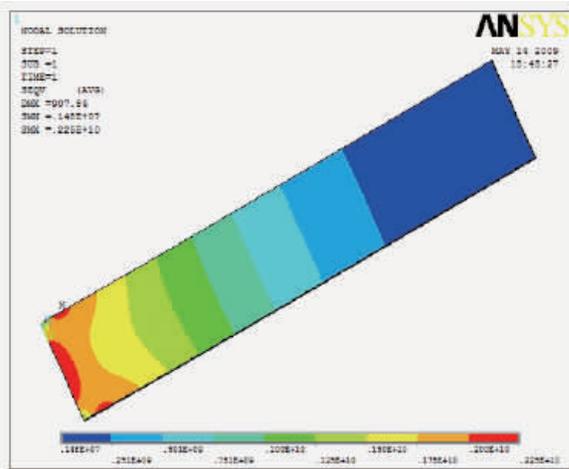


图2 $h = 0.06\text{m}$ 时冰盖等效应力图

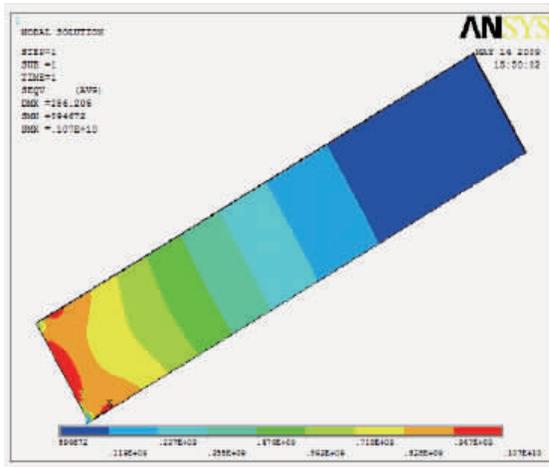


图3 $h = 0.09\text{m}$ 时冰盖等效应力图

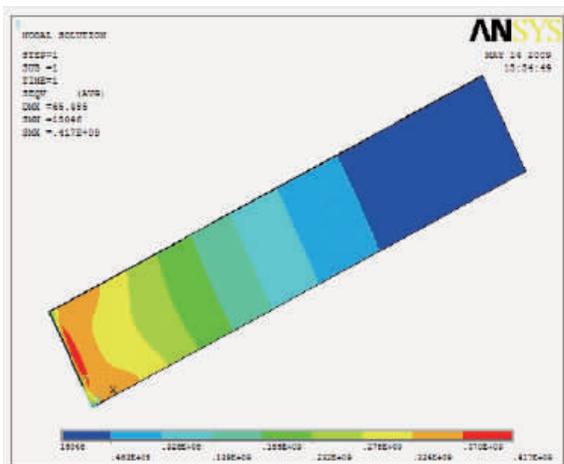


图4 $h = 0.15\text{m}$ 时冰盖等效应力图

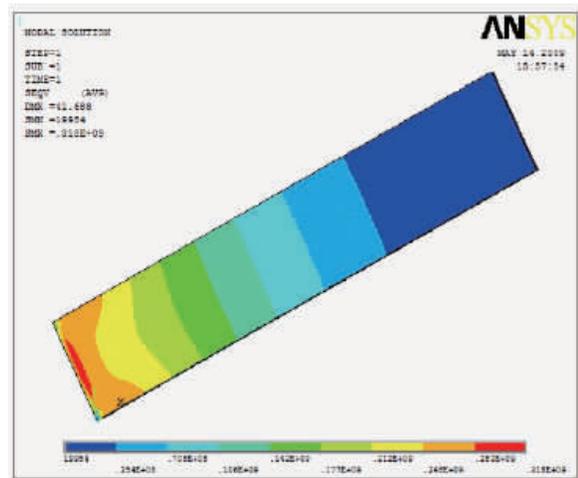


图5 $h = 0.18\text{m}$ 时冰盖等效应力图

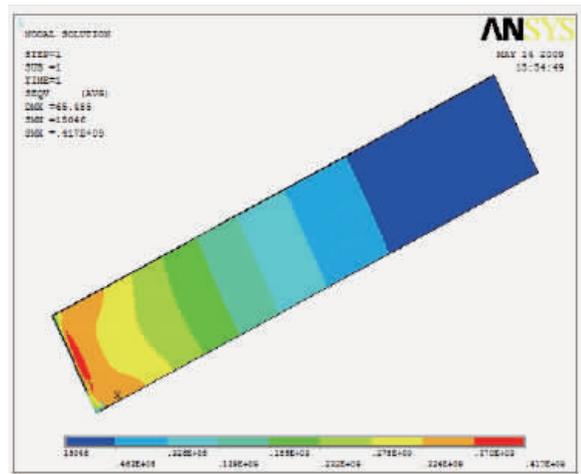


图6 $h = 0.23\text{m}$ 时冰盖等效应力图

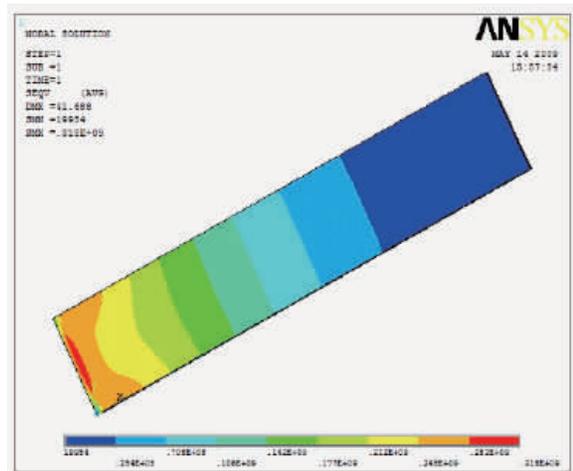


图7 $h = 0.27\text{m}$ 时冰盖等效应力图

图8为冰盖模型节点等效应力局部放大图。

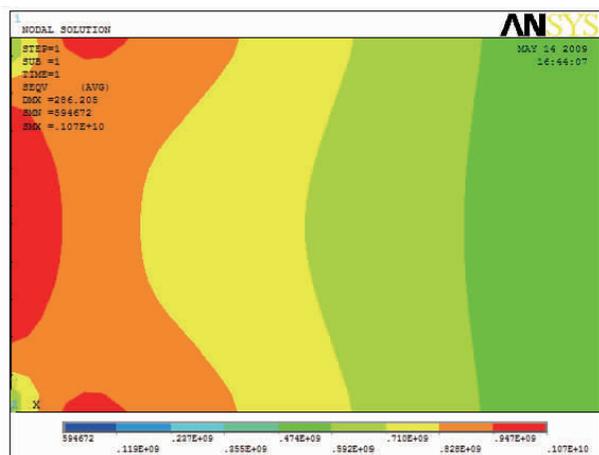


图8 冰盖模型节点等效应力局部放大

利用 Ansys 程序可以计算水渠内壁荷载的大小,同时可以得出多组数据进行比较分析。本次实验选择了3组数据,分别为厚度0.06m、厚度0.18m和厚度0.27m,水渠内壁的荷载大小的测算结果见表2。

5 计算数据分析

当水渠内壁在荷载重压下达到断裂损坏状态时,极限状态下测得的荷载数据见表2。

表2 冰盖在渠道边壁处的冰力数据总表

冰厚/m	极限冰荷载/kN	试验极限冰力/kN	冰力影响系数 α
0.06	4.3094	3.216	1.33998
0.09	6.7203	5.130	1.31000
0.15	5.4331	4.530	1.19937
0.17	6.7470	5.576	1.21000
0.18	7.1696	5.976	1.19974
0.23	12.2241	8.878	1.37690
0.27	14.7306	10.58	1.39231

因为冰盖并不是理想的可塑性材料,在实验中却将其当作该类型材料进行测算,因此得到的结果比预想的要大。除此之外,施加荷载的过程中忽略了损坏也会引起非同时损坏效应,也会导致模拟结果比实验测算的要大。但是因为实验测算冰的力度干扰系数和 Ansys 程序所模拟的干扰系数不存在较大差值,可以认为最后计算的冰力不存在错误,基本正确。

当然,上述结果也说明 Ansys 程序的模拟存在偏差,主要原因如下:

第一,在 Ansys 程序进行测算时产生偏差。所划

分的单元格做不到无限小。

第二,实验结果存在的偏差。实验进行时,因为研究员以及其他干扰因子影响,尤其是从实验初始一直到最后,水池温度增加,导致冰的硬度和厚度发生改变,过程中冰的硬度会减小,结冰的过程中,冰盖整体较大,局部冰的厚度并不能毫无偏差,因此也会产生偏差。

最后,通过模拟分析和实验测算,表明采用弹塑性有限元方法来应对冰盖的稳定度能够满足基本要求。

6 结论

综上所述,本文开始利用了有限元方法以及相关的一些原理和基础知识进行计算解题,并引入了 Ansys 程序,利用数字模型对冰盖的稳定性进行模拟分析,然后将模拟数据进行详细的说明,包括如何对模型的参数进行复制、分割单元网络、计算数字模型等各个流程。最后分析所得到的模拟及测算数据,比较分别在冰的7种不同厚度为0.06m、0.09m、0.15m、0.18m、0.23m、0.27m时,冰盖模型节点的等效应力,得出冰的力度影响系数,并分析了偏差产生的两个主要原因。

参考文献

- [1] 王大伟,江勇.引黄济青工程冰期输水运行研究[J].水利水电工程设计,1996(2):5-58.
- [2] 程玉慧,蒋礼平.关于引黄济津保证冰期输水安全的一个问题[J].海河水利,1982(1):17-24.
- [3] 刘之平,陈文学,吴一红.南水北调中线工程输水方式及冰害防治研究[J].中国水利,2008(21):60-62.
- [4] 范北林,张细兵,蔺秋生.南水北调中线工程冰期输水冰情及措施研究[J].南水北调与水利科技,2008,6(1):66-69.
- [5] 孙肇初,汪德胜,汪肇兴,等.冰塞厚度分布计算模型初步探讨[J].水利学报,1989(1):54-60.
- [6] 可素娟,等.万家寨水库凌情特点及初始封河期调度方案研究[J].冰川冻土,2002,24(2):209-213.
- [7] 严增才,吴新玲.南水北调中线工程冰期输水原型观测与冰情分析[J].河北水利,2008(4):28-29.
- [8] 李志军,杨宇,彭旭明,等.黑龙江红旗泡水库冰生长过程现场观测数据的剖析[J].西安理工大学学报,2009,25(3):270-274.
- [9] 白世录,张立忠.试论冰水力学模型的相似率[J].泥沙研究,1997,3(9).
- [10] 谢永刚.黑龙江胜利水库冰盖生效规律[J].冰川冻土,1992,14(2):168-173.