 DOI: https://doi.org/10.36956/edc.v2i7.152

Application of AutoBank Software in the Design of Flood Prevention Embankment

Yang Zhang

Hebei Research Institute of Investigation and Design Of Water Conservancy And Hydropower, TianJin, 300250, China

Abstract

As the main form of dam engineering, earth-rock dam is widely used in flood dike, reservoir and other hydraulic projects. Its seepage stability and anti-sliding stability are the key issues that must be considered in engineering safety design. Based on the AutoBank software of the hydraulic structure finite element analysis system compiled by the Institute of Engineering Mechanics of Hohai University of China, this paper analyzes the seepage and anti-sliding stability of a flood prevention embankment project, the seepage and anti-sliding stability analysis of a flood prevention embankment project is carried out, and the infiltration line and seepage gradient of the flood prevention embankment under various working conditions required by the specification, and the safety factor of the stability of the dike body under each working condition are obtained, so as to analyze the seepage stability and stability of the flood prevention embankment. The results show that the safety factor of the flood prevention embankment meets the requirements of the specification under various working conditions, which can provide design reference for similar projects.

Keywords

flood prevention embankment; AutoBank software; seepage flow; anti-sliding stability

基于 AutoBank 软件在防洪堤设计中的应用

张杨

河北省水利水电勘测设计研究院，中国·天津 300250

摘　要

土石坝作为坝体的主要形式，在堤防、水库等工程中广泛应用，其渗流稳定和抗滑稳定是工程安全设计必须考虑的关键问题。论文基于中国河海大学工程力学研究所编写的水工结构有限元分析系统 AutoBank 软件，对某防洪堤工程进行渗流及抗滑稳定分析，得到防洪堤在各工况下的浸润线及渗流比降，及各工况下堤身稳定的安全系数，从而分析防洪堤渗流稳定和抗滑稳定是否达到设计要求。计算结果表明：该防洪堤在各种工况下安全系数均满足规范要求，可为类似工程提供设计借鉴和参考。

关键词

防洪堤；AutoBank 软件；渗流；抗滑稳定

1 引言

渗流稳定及边坡抗滑稳定是堤防工程设计与安全稳定要考虑的关键问题 [1,2]。论文结合某土质防洪堤，采用现场实测的土壤参数作为计算条件，利用中国河海大学工程力学研究所编写的水工结构有限元分析系统 AutoBank 软件，对该防洪堤工程进行渗流及稳定分析，得到防洪堤在各工况下的浸润线及渗流比降，以及各工况下堤身稳定的安全系数。计算结果表明本防洪堤在各种工况下渗透比降和安全系数均满足规范要求，可为类似工程提供一定的设计借鉴。

2 工程概况

本次计算以某防洪堤为实际工程为例。该防洪堤为均质土坝，堤顶高程 13.08m，堤顶宽度 16m，迎水坡、背水坡坡比均为 1:4。防洪堤级别为 1 级，防洪标准为 200a 一遇洪水位为 10.44m，10 年一遇洪水位 9.2m，正常蓄水位为 7.0m，背水侧截渗沟高水位 5.5m，10 年一遇洪水位 9.2m。

防洪堤堤基各土层及堤身通过 AutoCAD 软件建立计算模型，如图 1 所示。

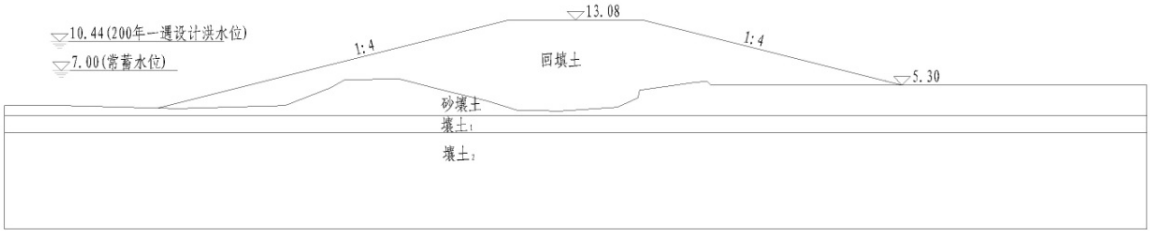

图 1 防洪堤结构计算断面图

3 渗流计算原理与计算参数选取

3.1 渗流分析计算原理

一般认为坝体的渗流为无压稳定渗流存在浸润面，水位骤降工况视为非稳定渗流。在坝体渗流稳定分析时渗流流速和比降符合达西定律。坝体非稳定渗流计算方程 [3]：

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(k_z\frac{\partial h}{\partial z}\right)=S_v\frac{\partial h}{\partial z} \quad (1)$$

边界条件为以下三种情况：

透水边界时 $h=h_0$；不透水边界时 $\frac{\partial h}{\partial n}=0$；浸润线边界 $h=z$。

式（1）中：h_0 为边界水头；n 为边界的外法向量；z 为浸润线的几何坐标。

3.2 计算参数选取

计算参数取值主要依据工程现场实测地质报告，计算采用平均值。堤身、堤基材料参数如表 1 所示。

表 1 堤身、堤基计算参数取值

土层	重度 (kN·m-3)	渗透系数 (cm·s-1)	粘聚力 c (kPa)	内摩擦角 ϕ (°)
堤身回填土	19.8	1.1×10-5	13.3	23.0
堤基砂壤土	19.1	1.6×10-4	10.6	21.0
堤基壤土 1	19.7	9.5×10-5	16.0	20.0
堤基壤土 2	20.2	2.9×10-5	16.0	19.0

4 渗透比降分析

4.1 计算工况

根据规范要求和实际运行情况分析，对防洪堤进行以下工况计算。

4.1.1 工况一

（1）稳定渗流计算，临水侧为 200a 一遇设计水位 10.44m，背水侧水位取地面高程时，复核渗流比降。

（2）稳定渗流计算，临水侧为 200a 一遇设计水位 10.44m，背水侧水位截渗沟高水位 5.5m 时，复核渗流比降。

4.1.2 工况二

（1）非稳定渗流计算，临水侧由 200a 年一遇设计水位 10.44m 降至 10a 一遇洪水位 9.2m，背水侧水位取地面高程时，对临水侧堤坡稳定产生不利的影响，复核渗流比降。

（2）非稳定渗流计算，临水侧由 200a 一遇设计水位 10.44m 降至 10a 一遇洪水位 9.2m，背水侧水位截渗沟高水位 5.5m 时，对临水侧堤坡稳定产生不利的影响，复核渗流比降。

4.2 渗透比降计算结果分析

渗流比降计算结果如表 2 所示。

图 2 和图 3 分别为稳定渗流工况比降计算结果简图和非稳定渗流工况下骤降渗流比降计算结果简图。

表 2 渗流比降计算成果表

桩号	工况一		工况二		岩性	允许比降
	设计洪水 + 地面高程	设计洪水 + 截渗沟高水位	骤降 + 地面高程	骤降 + 截渗沟高水位		
11+760	0.12	0.08	0.10	0.07	砂壤土	0.30

 DOI: https://doi.org/10.36956/edc.v2i7.152

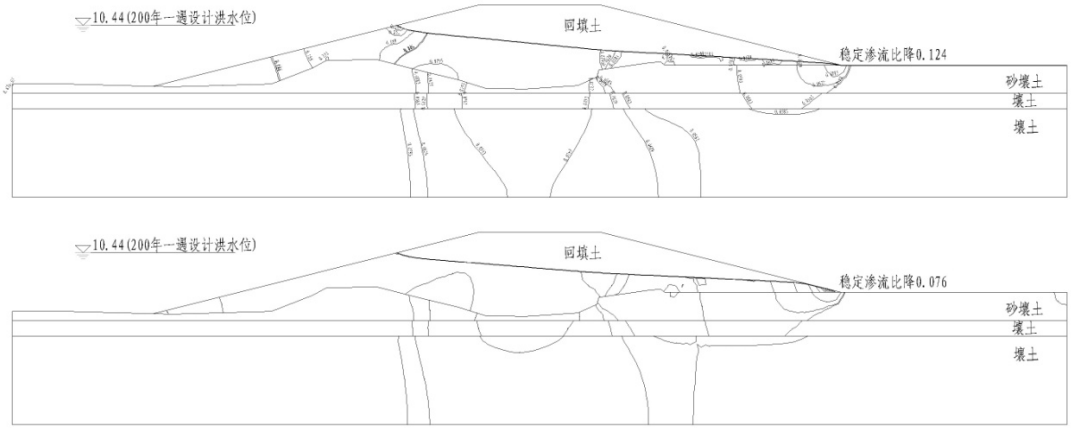

图 2 稳定渗流比降计算简图

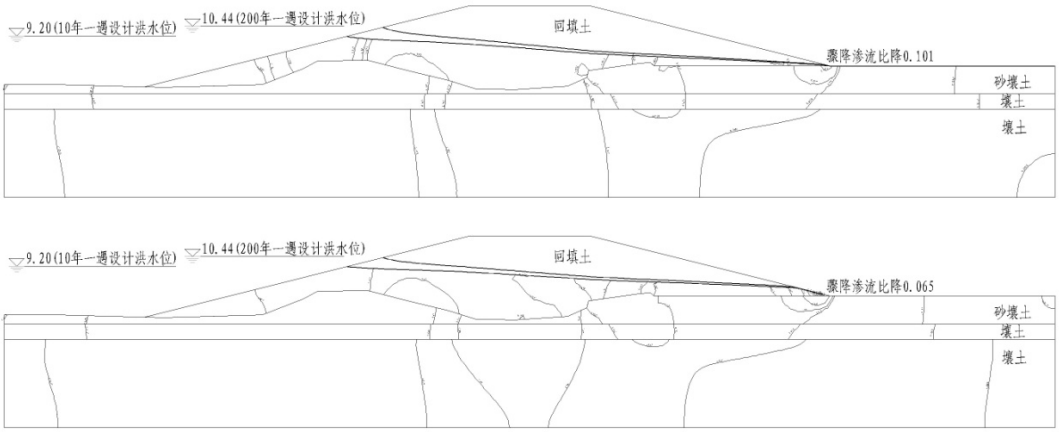

图 3 骤降渗流比降计算简图

根据上文分析可知，在工况一稳定渗流计算下，临水侧为 200a 一遇设计水位 10.44m，背水侧水位取地面高程时，渗流比降为 0.12；在背水侧水位截渗沟高水位 5.5m 时，渗流比降为 0.08；在非稳定渗流工况二的情况下，渗流比降分别为 0.1 和 0.07。通过渗流比降计算结果可得，该防洪堤在各种工况下渗透比降均小于规范允许坡降，表明该防洪堤抗渗稳定符合规范要求，设计基本合理。

5 抗滑稳定分析

5.1 计算工况

正常工况Ⅰ：迎水侧设计洪水位 10.44m，背水侧正常蓄水位 5.5m，计算堤防背水侧边坡稳定；(有效应力法）。

正常工况Ⅱ：迎水侧设计洪水位骤降期(10.44~9.2m,156h)，计算堤防迎水坡稳定；（总应力法）。

非常工况Ⅰ：施工期，堤内外无水，计算堤防迎水坡、背水坡稳定；（总应力法）。

非常工况Ⅱ：常蓄水位 7m 时遇地震，考虑 8 度设防，设计峰值加速度为 0.2g，计算堤防迎水坡、背水坡稳定。（有效应力法）。

稳定计算时考虑堤顶均布荷载 10kN。

5.2 抗滑稳定计算成果

表 3 和图 4 分别为堤身边坡稳定计算成果表和堤身稳定计算结果简图。

表 3 堤身边坡稳定计算成果表

桩号	正常工况Ⅰ	正常工况Ⅱ	非常工况Ⅰ		非常工况Ⅱ	
	背水坡	迎水坡	迎水坡	背水坡	迎水坡	背水坡
11+760	1.96	2.27	2.42	2.53	1.60	1.61

 DOI: https://doi.org/10.36956/edc.v2i7.152

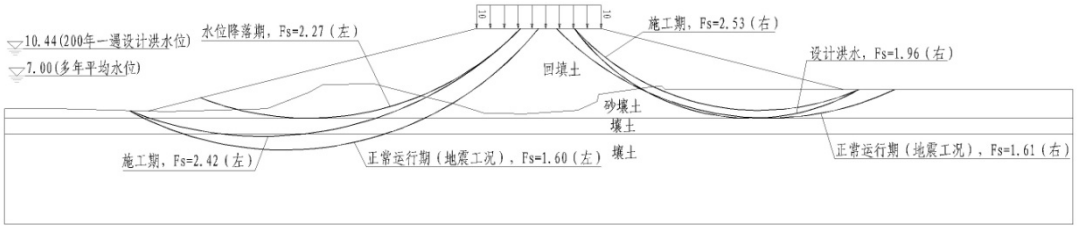

图 4 堤身稳定计算结果简图

根据上述计算参数和工况设置条件得到的计算结果表明，该防洪堤在正常运行期工况 I 和工况 II 背水坡和迎水坡的抗滑稳定安全系数分别为 1.96 和 2.27，均大于规范规定的安全系数，且有较大的富裕；在非常工况 I 下，防洪堤的迎水坡和背水坡的抗滑稳定安全系数分别为 2.42 和 2.53，安全系数分别高于规范允许最小安全系数的 1.86 倍和 1.95 倍，表明在施工期，堤内外均无水的条件下，边坡安全系数有很大的安全裕度；在非常工况 II 下，考虑地震工况时，该防洪堤的迎水坡和背水坡的安全系数分别为 1.60 和 1.61，均大于规范允许最小安全系数。综合上述稳定分析结果表明，防洪堤在各种工况下安全系数均满足规范要求，防洪堤边坡工程是稳定的，因此本防洪堤设计合理 [4]。

6 结语

论文应用 AutoBank 软件计算，结合工程实例，分析渗流比降和边坡稳定情况，给设计人员在堤防设计过程中，提供了重要参考和指导，对不满足规范参数的部位及时采取相应措施，从而确定合理的设计方案，有效地提高了工程的安全性。

参考文献

[1] 梅强 , 李春雷 , 柯贤金 .Autobank7 在河道堤防渗流稳定分析中的应用 [J]. 水利科技与经济 ,2016(12):100-102.

[2] 杜易杰 , 张丹汝 , 李龙 . 基于 AutoBank 软件对堤防渗流稳定的计算应用 [J]. 水利科技与经济 ,2014(12):155-157+160.

[3] 毛昶熙 . 渗流计算分析与控制 [M]. 北京 : 中国水利水电出版社 ,2003.

[4] 中华人民共和国水利部 .GB50286-2013 堤防工程设计规范 [S].2013.