

文章编号:1673-9469(2009)02-0036-03

土石坝防渗墙位置和深度对渗流量的影响

李建华, 侍克斌, 王建祥

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:建在无限深透水地基上的土石坝坝基垂直防渗体位置和深度对渗流量的影响按现有的计算理论无法确定,本文根据边界元的特点和计算理论,建立适用于解决该问题的计算模型,编制相应的计算程序,并计算分析了防渗墙位置和深度对渗流量的影响,为今后的工程设计提供参考依据。

关键词:无限深透水地基;边界元法;垂直防渗体

中图分类号:TV223

文献标识码:A

The influence of the vertical cut-off wall's place and depth to seepage of the earth-rock dam

LI Jian-hua, SHI Ke-bin, WANG Jian-xiang

(Hydraulic and Civil Engineering College, Xin-jiang Agricultural University, Urumqi 830052, China.)

Abstract: According to the former formula and the experience, the influence to the seepage discharge and the seepage gradient when the cut-off wall's place be changed under the infinite deep pervious foundation were still not be clear. This paper makes use of the Boundary element character and the computational theory to obtain the formula model of solving this problem and to establishes the corresponding computational procedure. The influence of the place and depth of cut-off wall to the seepage was also analyzed. The results can provide the reference for the next engineering design.

Key words: infinite deep water pervious foundation; Boundary element method; vertical seepage control

目前,建在有限深透水地基上的土石坝坝基渗流控制原理及其措施的优化设计已日趋完善,无论是对水平防渗铺盖还是各种垂直防渗措施,在理论上都有比较精确的计算方法。但是对于建在无限深透水地基^[1]上的土石坝,到目前为止还没有提出一种有效的坝基渗流控制的计算理论。从现在的研究情况来看,对建在无限深透水地基上的土石坝坝基渗流控制措施的计算研究并不多见,而我国地质条件良好的坝址日趋减少,许多可开发的坝址都在无限深透水地基上,因此防渗措施的设计不能再简单的套用现有的有限深透水地基的防渗设计经验和方法。而目前在无限深透水地基上的土石坝渗流计算的研究领域中,已有用边界元法对渗流控制进行的初步研究,但由于采用手算,边界的划分存在一定的近似性,边界上部

分的单元较少,所以计算结果不精确^[2,3]。因此,对加设垂直防渗体时的渗流情况应用边界元法进行深入研究,具有重要的现实意义。本文根据边界元计算理论建立了无限深透水地基上的土石坝坝基垂直防渗体的渗流计算模型,并计算分析了防渗墙深度和位置对渗流量的影响,以期今后工程设计提供参考依据。

1 数学模型建立

1.1 渗流问题的基本方程^[4,5]

在渗流问题中的无源稳定渗流问题在数学上可归结为求解如图1所示的位势问题,基本方程为

收稿日期:2008-12-23

基金项目:新疆水利水电重点科学基金资助项目(xjzhdk-2002-10-05);新疆高校科研计划重点项目基金(xjedu2005109)

作者简介:李建华(1978-),男,新疆乌鲁木齐人,讲师,从事水利工程研究。

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 & \text{在 } \Omega \text{ 内} \\ u = \bar{u} & \text{在 } \Gamma_1 \text{ 上} \\ q = \bar{q} & \text{在 } \Gamma_2 \text{ 上} \end{cases} \quad (1)$$

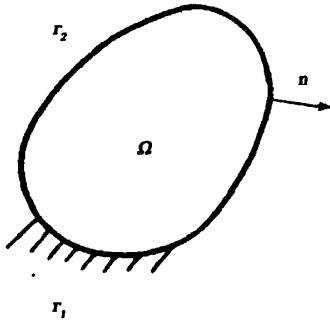


图1 位势图
Fig.1 Potential energy model

(1) 式中, \bar{u} 和 \bar{q} 为边界上的已知函数, 其中区域 Ω 和边界 Γ_1 、 Γ_2 如图1所示, 需求边界上 Γ_2 上的未知量 u 和 Γ_1 上的未知量 q , 此位势问题可用边界元法求解。本文在渗流分析时, 作以下几点假设:

- (1) 在渗流分析时, 把坝基简化为平面问题考虑。
- (2) 防渗墙和斜(心)墙均为不透水的防渗体材料。
- (3) 库水位作为渗透的唯一因数考虑。

1.2 边界的积分方程^[6-10]

利用边界元的基本原理此位势问题可用积分方程(2)表示。

$$\frac{1}{2} u^i + \int_{\Gamma} q * u d\Gamma = \int_{\Gamma} u * q d\Gamma \quad (2)$$

此边界积分方程式需要用离散化的数值解法求解, 把问题的边界 Γ 划分为若干常单元。

2.3 边界点积分方程的离散化

把积分方程离散成(3)式。

$$\frac{1}{2} u_i + \sum_{j=1}^n \left(\int_{\Gamma_j} q_{ij} * d\Gamma_j \right) u_j = \sum_{j=1}^n \left(\int_{\Gamma_j} u_{ij} * d\Gamma_j \right) q_j \quad (3)$$

i 点称为点源, j 点称为场点。 u^* 、 q^* 分别为 j 单元的基本解及其在外法向上的导数。令

$$\hat{H}_{ij} = \int_{\Gamma_j} q_{ij} * d\Gamma_j, G_{ij} = \int_{\Gamma_j} u_{ij} * d\Gamma_j,$$

$$\text{令: } H_{ij} = \hat{H}_{ij} + \frac{1}{2} \delta_{ij} \quad (4)$$

则有线性方程组

$$\sum_{j=1}^n H_{ij} u_j = \sum_{j=1}^n G_{ij} q_j \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

解此线性方程组即可求得边界上未知的 u 和 q 。本文算例采用常单元二维边界元程序计算, 如图2所示。

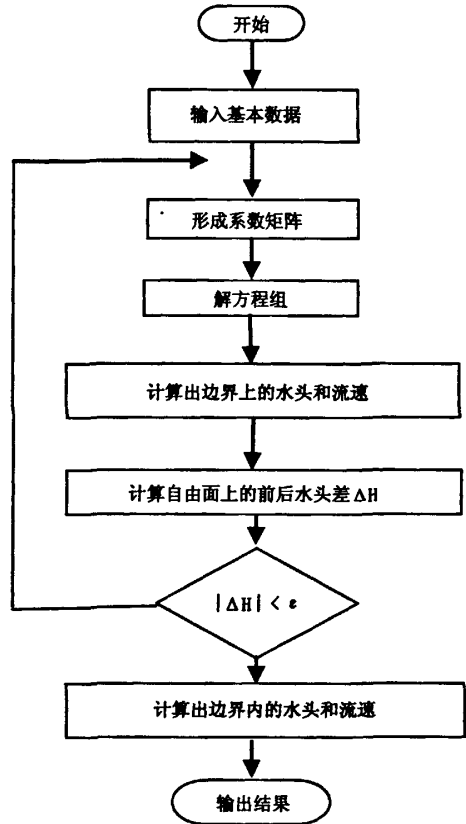


图2 常单元二维边界元程序计算框图
Fig.2 The two-dimensional boundary element calculational diagram of regular units

2 算例及分析

某水库是灌注式平原水库, 库容 $1.38 \times 10^8 \text{ m}^3$, 库区出露地层主要为第四系冲积物和风积物, 坝基地层主要为粉细砂透水层, 在设计中按无限深透水地基考虑。水库最大坝高 7.5m, 坝前最大水深 6.5m, 坝顶宽 5m, 迎水坡 1:2.5, 坝后 1:2, 经地质勘察坝基渗透系数为 1m/d, 允许渗透坡降 0.1。坝基防渗采用了两种方案, 如图3和图4所示。

通过程序计算出有效深度^[11]内的渗流量, 计算结果如下表1所示。

从以上计算结果可以看出, 两种方案都是随着防渗墙深度的增加渗流量逐渐变小并趋于常

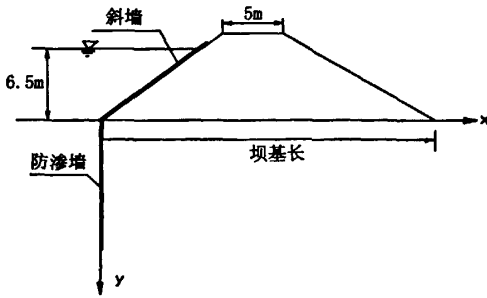


图3 防渗方案一

Fig.3 Scheme 1 of seepage control

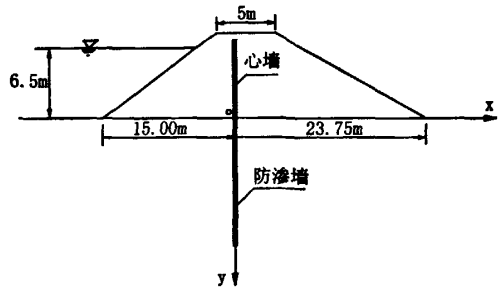


图4 防渗方案二

Fig.4 Scheme 2 of seepage control

表1 防渗墙深度不同时两种方案下渗流量的比较

Tabl.1 The comparison of seepage quantity under two schemes, when the cut-off wall's depth were different.

防渗墙深度(m)	方案一	方案二	防渗墙深度(m)	方案一	方案二
	单宽渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$	单宽渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$		单宽渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$	单宽渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$
10	17.176 2	20.322	90	11.848 2	17.092 8
20	15.205 2	19.376 4	100	11.735 4	16.97 4
30	13.966 2	18.595 2	110	11.628	16.808 4
40	13.184 4	18.146 4	120	11.525 4	16.731 6
50	12.684 6	17.858 4	130	11.430 6	16.659 6
60	12.357 6	17.578 8	140	11.349	16.572
70	12.137 4	17.380 8	150	11.281 2	16.546 8
80	11.977 2	17.234 4	160	11.232 6	16.510 8

数;在防渗墙深度相同的情况下,方案一在改变单宽流量上具有较明显的优势。所以,修建在无限深透水地基上的土石坝坝基上的垂直防渗墙位置越靠近上游坝基,防渗效果越好,但是对于具体的工程而言,由于工程地质条件复杂性和施工条件的限制,不可能全都采用防渗墙在坝基上游的最佳方案,但是可在满足地质和施工条件下,可把防渗墙位置尽量设置在靠坝基上游的位置。

3 结语

在无限深透水地基上土石坝坝基垂直防渗墙深度和位置设置的不同会导致坝基单宽流量的改变。防渗墙位置靠近坝基上游时坝基下的防渗效果会较好,在满足同样渗透要求的情况下,防渗墙越靠近上游需要的防渗墙的深度越小。这样,在实际的工程中我们可以综合地质、施工、造价、允许渗透坡降和渗流量等因素找到一个合适的设置防渗墙的位置,使其在满足渗流稳定的情况下,防渗效果更好,造价上更低,达到较好的综合经济效益。

参考文献:

[1] SL274-2001,碾压式土石坝设计规范[S].

[2] 白俊文,侍克斌.采用模糊优选理论优选土石坝透水坝基防渗类型[J].东北水利水电,2004,(10):4-5.
 [3] 袁莹,侍克斌.无限深透水地基上土石坝坝基长度对坝基渗流的影响[J].水利水电,2007,(1):34-35.
 [4] 张景秀.坝基防渗与灌浆技术[M].北京:中国水利水电出版社,1992.
 [5] 顾慰慈.渗流计算原理及应用[M].北京:中国建材工业出版社,2000.
 [6] 杨德全.坝基渗流的边界元分析[J].大坝与安全,2005,(6):23-25.
 [7] BREBBIA C A, TELLES J C F, WROBEL L C. Boundary element techniques: theory and applications in engineering[M]. Springer-verb, 1984.
 [8] 王元淳.边界元法基础[M].上海:上海交通大学出版社,1988.
 [9] 刘希云,赵润祥.流体力学中的有限元与边界元法[M].上海:上海交通大学出版社,1993.
 [10] 张有天,王镭,陈平.边界元方法在渗流问题上的应用[J].水力发电,1983,(10):18-19.
 [11] 毛昶熙.渗流计算分析与控制[M].北京:水利电力出版社,1990.

(责任编辑 刘存英)