

重力式码头计算机辅助设计研究

朱其志

(河海大学港口航道及海岸工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 就重力式码头计算机辅助设计及其程序使用的环境进行了探讨,提出了单元设计思想,将码头墙身划分为若干个单元,由计算机完成码头的稳定性计算,程序设计中考虑了码头结构断面的优化.最后给出了计算实例.用 FORTRAN 语言编写的程序能够运用在类似 windows 的窗口中,采用人机对话方式进行数据的输入、修改和断面图绘制等,具有界面友好、使用方便等特点.

关键词 重力式码头 计算机辅助设计 界面

中图分类号 :U651 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2000)05-0076-04

重力式码头具有抗冻和抗冰性能好、坚固耐久、可承受较大码头地面荷载、对码头地面超载和装卸工艺变化适应性强、施工比较简单、施工经验比较成熟等特点,因而在我国得到广泛应用.然而,目前重力式码头的设计较少采用电算化,即以手算为主.这主要是由于影响码头设计的因素比较多,如水位的变化、码头墙身宽度、卸荷板长度、顶面荷载的变化、码头前趾的大小、土层情况和材料密度等,使得程序设计困难,尤其是码头墙后土压力的多变性更增加了程序设计的难度.因此,对重力式码头计算机辅助设计的研究有着十分重要的意义.它不仅可以使设计省时省力,还可通过断面优化使码头设计更趋经济合理,从而提高重力式码头的设计水平.

1 基本公式

虽然重力式码头的墙身结构比较复杂,但总可以视为是由若干个多边形构成的.因此,在重力式码头计算程序设计中,将码头墙身划分成若干个单元,根据各单元的信息,由计算机进行稳定性计算和墙身断面的优化.

用四边形单元离散码头墙身,每个单元由四边形的四个顶点(结点)坐标确定.设单元的四個顶点在结构结点的编号中按逆时针方向依次为 k, l, m, n ,如图 1 所示,从而可写出单元面积 S 和形心横坐标 X_C 的计算公式,如式(3)和式(4)所示,进而可求得单元重力及其产生的稳定力矩.

$S_1 = | (Y_k - Y_l) \times (X_n - X_l) - (X_k - X_l) \times (Y_n - Y_l) | / 2$ (1)

$S_2 = | (Y_m - Y_l) \times (X_n - X_l) - (X_m - X_l) \times (Y_n - Y_l) | / 2$ (2)

$S = S_1 + S_2$ (3)

$X_C = \frac{(X_k + X_l + X_n) \times S_1 + (X_l + X_m + X_n) \times S_2}{3S}$ (4)

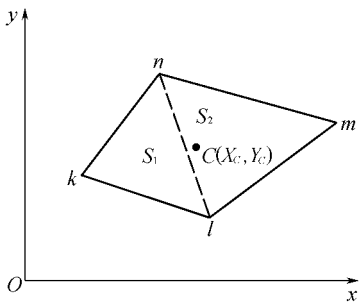


图 1 单元及其结点编号

Fig.1 Elements and node ordination

式中: (X_i, Y_i) ——四边形单元的结点坐标, $i = k, l, m, n$; S_1, S_2 ——四边形单元的两部分面积; S ——四边形单元的面积; X_C ——四边形单元形心的横坐标.

《重力式码头设计与施工规范》(JTJ290—98)规定,重力式码头的设计及验算采用以分项系数表达的极限状态设计法.为了程序结果的简单明了和表述上的方便,这里把规范给出的计算公式仍表示成类似于安全系数的形式.例如,把沿墙底面、墙身各水平缝的抗滑稳定性验算公式表示成

$$K_S = \frac{\gamma_G G + \gamma_E E_V + \gamma_E E_{qV}}{\gamma_0 \gamma_d (\gamma_E E_H + \gamma_{PW} P_W + \gamma_E E_{qH} + \Psi \gamma_{PR} P_{RH})} f \tag{5}$$

把对墙底面和墙身各水平缝及齿缝计算面前趾的抗倾稳定性验算公式表示成

$$K_0 = \frac{\gamma_G M_G + \gamma_E M_{EV} + \gamma_E M_{EqV}}{\gamma_0 \gamma_d (\gamma_E M_{EH} + \gamma_{PW} M_{PW} + \gamma_E M_{EqH} + \Psi \gamma_{PR} M_{PR})} \tag{6}$$

把基床承载力验算公式表示成

$$K_d = \frac{\sigma_r}{\gamma_0 \gamma_\sigma \sigma_{\max}} \tag{7}$$

式中： K_S ——抗滑稳定性系数； K_0 ——抗倾稳定性系数； K_d ——基床承载力系数；其它符号的意义参阅文献[1]。

进行如上处理后,当 K_S, K_0 和 K_d 的计算值大于或等于 1 时,结构满足稳定性要求;反之,则结构稳定性不满足要求,必须修改结构断面重新计算。

2 程序设计

2.1 墙身自重力及稳定力矩

为了便于计算机处理,程序设计中墙身单元的编号从墙底面开始自下而上依次编号,并且保证各计算面以上单元的编号连续。这样,计算机就能根据输入的信息很容易地算出各计算面以上墙身自重力及其对计算面前趾产生的稳定力矩。

2.2 土压力处理

墙背的形状对墙后土压力作用有一定影响,在程序设计中考虑墙背分段垂直的情况。计算土压力时,先不考虑墙背的分段,计算墙身在顶面分布荷载作用下的土压力分布,再加以修正,并根据墙背分段情况用梯形离散土压力分布图。由计算面位置判断并计算各水平缝处的土压力强度,进而计算各水平缝间土压力的水平分力、竖向分力及其对计算面前趾的倾覆力矩、稳定力矩。

2.3 优化设计

影响码头稳定性的因素比较多,由计算机自动调整码头尺寸并使其收敛到既安全可靠又经济合理的码头断面是非常困难的。可行的方法是在初步设计的基础上,通过对控制影响因素的调整来达到优化的目的。影响重力式码头稳定性的控制因素主要包括:码头墙身底部前趾的大小、墙身的宽度、卸荷板的长度和位置等。而且在工程实际中,根据规范初步设计采用的前趾大小在一定范围内可以认为是一定值(在设置初参数时加以确定或修改),因此仅考虑对后两个因素的调整。在程序设计时,按照方便施工和墙背分段垂直的原则通过调整有关单元墙背侧结点的横坐标加以实现。通过修正,使得 K_S, K_0 和 K_d 值既大于(或等于)1,又不至于大得很多而造成浪费。

2.4 程序设计

重力式码头结构稳定性分析程序的流程如图 2 所示,按此框图编写了计算机应用程序。该程序适用于地面水平、墙身材料分块均匀、墙后填料和地基分层均质的重力式结构的稳定性分析。程序设计中考虑了四种工况:(a)设计低水位,地面荷载从码头墙背开始布置;(b)设计低水位,地面荷载从码头前沿开始布置;(c)设计高水位,地面荷载从码头墙背开始布置;(d)设计高水位,地面荷载从码头前沿开始布置。计算程序可以求出每种工况下的以下参数:(a)沿墙身各水平缝的抗滑稳定性系数 K_S ;(b)对墙身各水平缝前趾的抗倾稳定性系数 K_0 ;(c)沿基床底面的抗滑稳定性系数 K_S ;(d)墙底合力作用位置和墙底实际受力情况;(e)基底应力分布;(f)地基应力分布;(g)基床承载力系数 K_d 。

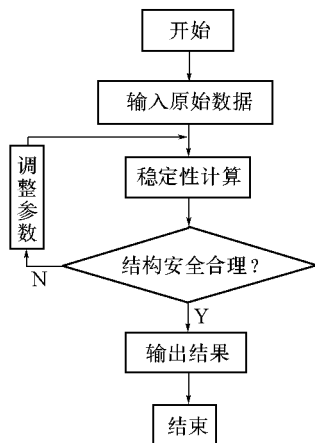


图 2 程序设计框图

3 界面设计^[2]

程序及界面设计不仅要求计算正确、功能齐全,而且要求使用简

Fig.2 Block diagram of program design

便、可操作性强,包括程序的阅读、数据的输入和修改以及结果的输出.本文在重力式码头计算程序的设计中,对应用环境和界面也进行了研究和探讨.

a. 用现有的软件开发工具 Delphi 语言设计了类似 windows 的操作界面,可以自成体系,单独运行,所有任务能通过菜单选择实现.内容包括数据输入、数据和计算结果浏览、程序使用及界面操作帮助等.使得在 DOS 下用 FORTRAN 77设计的重力式码头稳定性分析程序的运行环境比在 DOS 中通过命令在不同的界面中进行数据输入、程序运行和结果的浏览有了很大的改善.

b. 在设计输入窗口时,用汉字给出了数据输入说明,为程序使用提供了方便.当完成所有的数据输入或修改后,计算机将自动按所需的格式生成数据文件,也可以用直接建立或修改数据文件的方法进行数据的输入和修改.

c. 采用 OLE 技术实现应用界面与常用绘图工具 AutoCAD 的连接和数据的传输,并且在程序使用界面向 CAD 切换的过程中,自动生成码头墙身结构断面图,使用者可在此基础上进行细部的修改.

4 计 算 实 例

4.1 基本资料

某港煤码头为带卸荷板的混凝土方块结构,有关尺寸见文献[3]. 码头面可能的堆货荷载为 20 kPa,码头所受的水平系缆力为 8.45 kN/m,作用点的高程为 4.95 m,码头墙身透水性好,不考虑剩余水压力的作用.摩擦系数 f 的取值:混凝土与混凝土为 0.55,混凝土与抛石基床为 0.6,抛石基床与地基为 0.4.

4.2 有关计算参数的确定

根据计算资料确定的有关参数如下:抛石与混凝土墙背间的摩擦角 $\delta = 45^\circ$;基床允许承载力 $[\delta] = 600 \text{ kPa}$;地基允许承载力 $[\delta] = 230 \text{ kPa}$. 其它有关参数见表 1.

表 1 材料容重及内摩擦角 φ

Table 1 Unit weight and φ of material

材料名称	$\gamma / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	$\gamma' / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	$\varphi / (^\circ)$
混凝土	23.5	13.5	
中 沙	18.0	9.5	32
抛 石	18.0	11.0	45

4.3 计算结果

取墙底面前趾点(结点 1)为坐标系原点建立坐标系,根据以上资料和墙身单元划分、单元编号及结点编号(图 3)建立数据文件.墙身水平缝编号从卸荷板底水平缝向下依次编号,卸荷板底水平缝编号为 1,墙底水平缝编号为 7.建立数据文件后,计算结果如表 2 所示.

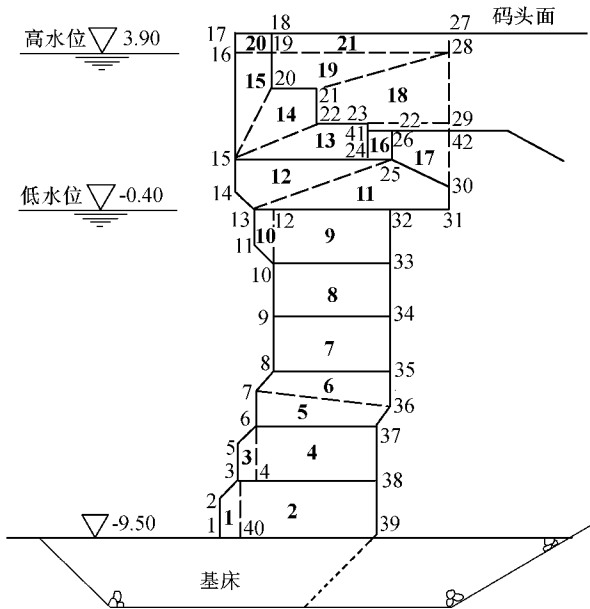


图 3 墙身断面单元和结点编号

Fig.3 Elements and node ordination of the quay-wall cross-section

表 2 码头结构稳定性计算结果

Table 2 Calculated stability of the quay-wall structure

项 目	水平缝编号	设计低水位		设计高水位	
		墙顶无荷载	墙顶有荷载	墙顶无荷载	墙顶有荷载
沿墙身各水平缝抗滑 稳定性系数 K_S	1	3.022	3.634	2.386	3.146(3.146)
	2	3.329	3.926	2.785	3.522(3.523)
	3	3.166	3.679	2.757	3.389(3.389)
	4	2.601	2.982	2.366	2.839(2.839)
	5	2.199	2.490	2.067	2.428(2.428)
	6	1.925	2.155	1.850	2.135(2.135)
	7	1.882	2.085	1.844	2.093(2.093)
对墙身各水平缝前趾点 抗倾稳定性系数 K_0	1	3.824	4.655	2.879	3.836(3.836)
	2	2.065	2.479	1.689	2.178(2.178)
	3	1.635	1.931	1.407	1.761(1.761)
	4	1.338	1.555	1.199	1.461(1.461)
	5	1.407	1.609	1.300	1.546(1.545)
	6	1.401	1.584	1.326	1.549(1.550)
	7	1.357	1.518	1.313	1.509(1.510)
墙底实际受力宽度/m		4.30	4.30	4.30	4.30(4.30)
沿基床底面抗滑稳定性系数 K_S		1.463	1.598	1.486	1.652(1.652)
基床承载力系数 K_d		1.489	1.567	1.779	1.891(1.892)
基床应力/kPa	最大值	403	383	337	317(317)
	最小值	90	164	55	129(129)
地基应力/kPa	最大值	231	220	198	186(186)
	最小值	69	107	50	89(89)

注 括号内的数值为手工计算数值.

以上计算结果表明码头是安全的,但墙身抗倾、抗滑能力和基床承载力均有很大富余,控制条件是地基承载力.可考虑采用轻型结构(如空心块体)、减小墙身宽度等措施以达到既安全又经济的目的.

5 结 语

- a. 用单元结点思想处理码头墙身,可由计算机完成重力式码头的稳定性计算和断面图绘制.利用计算机运算快速的优点,在短时间内通过数据调整实现码头断面的优化设计,从而提高重力式码头的设计水平.
- b. 文中给出的程序运用于计算实例,并通过手算校核,表明程序是正确的.
- c. 类似于 windows 的友好操作界面,提高了程序使用的可视化程度,为程序的使用提供了方便.

参考文献：

[1] JTJ 290—98,重力式码头设计与施工规范[s].

[2] 刘海涛. 学用 Delphi4.0[M]. 北京: 清华大学出版社,1999.

[3] 陈万佳. 港口水工建筑物[M]. 北京: 人民交通出版社,1995. 61 ~ 76.

Study on CAD of the Gravity Quay-wall

ZHU Qi-zhi

(College of Harbor, Waterway and Coastal Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract Based on further research of the computer aided design (CAD) of gravity quay-wall, put forward is the idea that the quay-wall be divided into the several quadrilateral elements, so that a program can be designed for stability calculation. The optimization of the quay-wall structure is also considered in the program design, and an engineering example is given. In addition, the platform for the use of the program is studied, in which the program designed in FORTRAN can be used in the windows similar to windows and the way of man-computer conversation is used in the input or modification of data and the drawing of the cross-section of the quay-wall. The program is convenient to use and the interface is friendly.

Key words gravity quay-wall ; computer aided design(CAD) ; interface