

某水电站厂房后边坡稳定性研究和加固处理

翁新海,张红纲

(浙江省水利水电勘测设计院,浙江 杭州 310002)

摘要:根据已有的地质资料和开挖剖面,运用岩体结构概率模型原理和方法,对某水电站厂房后边坡稳定性进行研究,模拟出岩体结构模型,从而建立地质模型,利用二维非线性有限元分析法,分析边坡的位移和应力变化情况;通过计算得出边坡的破坏概率和安全系数,提出了边坡处理加固方案。

关键词:边坡稳定;水电站;蒙特卡洛原理;非线性有限元

中图分类号:TV731

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2001)07-0077-02

某水电站坝型为混凝土拱坝,坝高60m,装机容量2万kW。边坡已按设计要求开挖完毕,边坡高50m。如果对边坡再进行削坡处理,边坡将高达150m,因此不能进行削坡。一级马道后缘裂缝张开10~20cm,该边坡是否稳定,直接关系到电厂的安全运行。

1 工程地质条件

地层为侏罗系上统晶屑玻屑凝灰岩和角砾集块岩。一级马道后缘有一走向与边坡走向一致的辉绿岩脉,宽1~2m,地表裸露部分已风化成泥。断层有:① F_1 走向 $N60^\circ E$, $NW\angle 57^\circ$,宽1~3cm,局部地段宽20cm,由压碎岩、角砾岩和断层泥组成;② F_2 走向 $N18^\circ E$, $SE\angle 47^\circ$,宽15~20m,局部地段宽50cm,由压碎岩、角砾岩和断层泥及绿色的蚀变片状岩组成。缓倾角的裂隙有:① L_1 走向 EW , $S\angle 20^\circ \sim 30^\circ$,宽5~15cm;② L_2 走向 EW , $S\angle 15^\circ \sim 30^\circ$,宽5~10cm;③ L_3 走向 EW , $S\angle 20^\circ \sim 30^\circ$,宽5~10cm,三组裂隙均由蚀变片状岩、压碎岩和次生泥组成。其它主要节理: $N40^\circ \sim 60^\circ E$, $NW\angle 73^\circ$,宽1~3cm,由铁锰质充填。

2 岩体的结构特点和岩块物理力学性质

边坡岩体经构造应力作用和结构面切割,岩体形成规模不等、各向异性的构造结构面,使得原岩解体,形成了特定的结构,这种特定的结构决定了岩体的强度和变形性质。据谷德振教授对结构面的划分,边坡上的结构面均属IV级结构面。

岩块为角砾集块岩,容重 26.3 kN/m^3 ,吸水率为1%,饱水率1.5%,单轴抗压强度120MPa,弹性模量

2.2万MPa。结构面抗剪强度见表1。

表1 结构面抗剪强度

结构面名称	抗剪断		抗剪	
	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$	粘聚力 c/MPa	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$	粘聚力 c/MPa
L_1	15	0.055	13	0.03
L_2	15	0.056	13	0.03
L_3	16	0.052	14	0.033
F_1	13	0.04	10	0.02
F_2	13	0.03	10	0.02

3 结构面网络模拟和建立地质模型

据野外实测的各种面的几何特征,建立概率模型,运用蒙特卡洛(Monte-Carlo)模拟原理和方法,模拟出边坡结构面网络图像(图1和图2),求得表征IV级结构面的结构参数,为边坡岩体的工程性质、边坡岩体的地质结构模型提供依据。

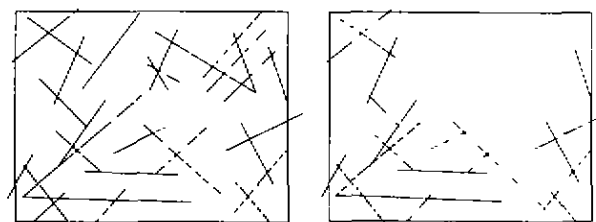


图1 边坡结构面剖面网络 图2 边坡结构面连通图

蒙特卡洛原理是利用计算机模拟出的概率密度函数,来推求服从这些分布规律的结构面网络形式。

根据边坡的地质条件,选取一条代表性剖面,底部和边坡内部为固定边坡界;辉绿岩脉作为单独单元进行细分,共划分单元430个。将相应的地质内容投影到剖面上。

4 边坡岩体应力和位移的有限元分析

有限元分析采用二维非线性有限元分析法,其主要原理如下:对于每一级荷载的增量或附加荷载,首先按线弹性分析,求得单元应力增量 $\{\Delta\sigma_i\}_j$ 和 $\{\Delta\varepsilon_i\}_j$, i 为荷载增量次数, j 为迭代次数,求得各单元当前的应力值:

$$\{\Delta\sigma_i\}_j = \{\Delta\sigma_i\}_{j-1} + \{\Delta\sigma_i\}_j$$

并按相应的塑性条件($F(\{\sigma\}, h) = 0$)判断各单元是否屈服($F \geq 0$?),对于屈服单元,修正其应力增量,并计算出初应力 $\{\Delta\sigma_0\}_j$ 。

在 $\{\Delta F_0\}$ 作用下重复上述步骤,直至所有单元收敛至要求的精度,再施加下一级荷载增量,至全部荷载增量计算完成为止。

有限元分析得出边坡的水平位移曲线如图3所示,边坡拉应力见图4。

从图3可看出位移值在坡顶最小,在坡脚最大。在马道前缘和坡脚处为拉应力集中区,此处岩体极易产生变形破坏。

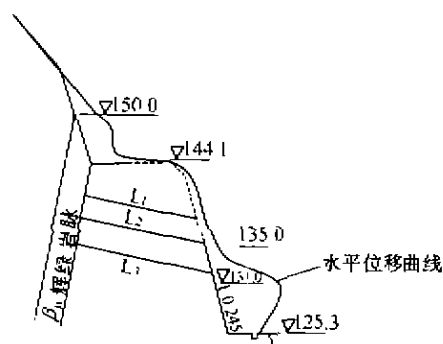


图3 边坡的水平位移线

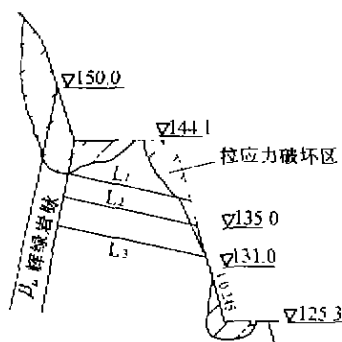


图4 边坡拉应力

5 破坏概率计算

破坏概率计算原理是:稳定系数 $K = g(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n)$, 其中 x_i 是通过测量或试验得到的具有某种分布的随机变量, 所以 K 值也为随机变量, $P_f(K < 1) = \int_0^1 f(k)dk$, P_f 为破坏概率。据有关资

料, c 和 φ 值服从正态分布, 因此安全系数也服从正态分布。最危险滑动面见图5。当 $K = 1.1$ 时边坡破坏概率见表2。

表2 边坡的破坏概率

最危险滑动面编号	破坏概率/%	平均安全系数
滑动面1	97	0.7
滑动面2	95	0.8
滑动面3	60	0.79
滑动面4	26	1.24

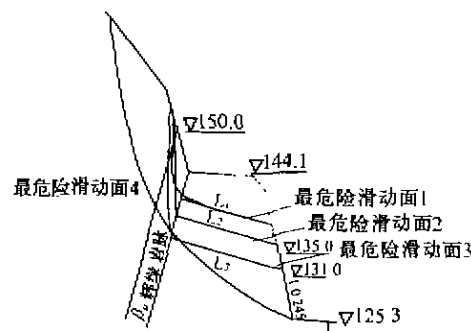


图5 边坡最危险滑动面示意图

6 边坡稳定评价及加固处理

根据上述计算, 滑动面1~3都不稳定, 破坏概率较高。为了保证电厂的安全运用, 需要对边坡进行加固处理。

对马道前缘处按1:0.845, 采取小规模削坡处理, 削坡后用锚索和锚杆进行加固, 锚索深入岩脉以内10~15m。见图6。边坡表面采用喷混凝土处理。该电站已运行1年, 经观测边坡未产生位移, 说明边坡加固效果较好。

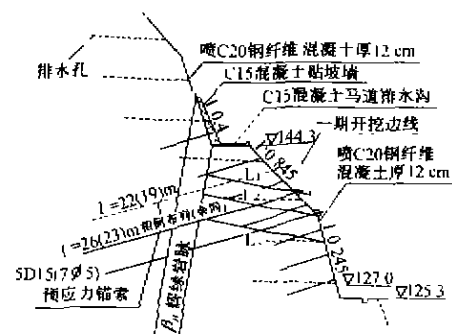


图6 边坡加固处理

7 结论

采用结构面网络模拟, 得出整个边坡结构面空间网络形态, 为有限元地质模型建立提供必要依据。有限元分析得出, 马道前缘和脚处水平位移较大, 拉应力也集中, 极易产生破坏。通过破坏概率的计算, 得出边坡不稳定的结论, 须对其进行加固处理。喷混凝土、锚索和锚杆相结合处理方式, 对加固边坡效果较好。

(收稿日期: 2001-06-02 编辑: 熊水斌)