

功效系数法在确定岩体优势面中的应用

徐 佳,张 勤,吴继敏

(河海大学土木工程学院,江苏 南京 210098)

摘要 根据岩石优势结构面确定的特点,提出了一种既可以考虑结构面数量优势又可以考虑结构面质量优势的确定岩体优势面的新方法:改进功效系数法.总结出了结构面评价的 6 组重要优势指标,并对改进功效系数法中的各个指标评价档次的选择进行了讨论.实例验证结果表明,新方法是合理有效的.

关键词 改进功效系数法 岩体 优势结构面 优势指标

中图分类号 :TU452 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2008)04-0538-04

岩体中含有大量的结构面,而这些结构面的空间几何分布特征和物理力学性质对岩体工程的稳定性具有重要影响^[1-2].结构面空间分布的不规则性和不确定性,也使得岩体和可以均质假设的土体有着本质的区别^[3-4].边坡真正优势面的确定,对研究边坡的破坏类型和变形机制有着重要的意义.

岩体结构面的主要确定方法有节理玫瑰图法、赤平极射投影图法和在赤平投影图基础上作实体比例投影法等^[5].节理玫瑰图能够简明形象地表示出节理统计结果,反映出测区的主要节理方向.赤平极射投影图以及在赤平投影图^[6]基础上所作的实体比例投影,可以显示出主要的不连续面、可能存在问题的地段和大致的边界条件,为稳定性分析计算提供依据.但是,这些方法只考虑了结构面的数量优势而忽略了结构面的质量优势.这会导致危险滑动面确定及稳定性分析计算产生较大误差,不能反映岩体的真实性状.

Hock 等^[7]提出的优势面统计方法能很好地把大量分散的观测结构面集中到复合图解中的一个圆点周围.罗国煜等^[8-9]认为,这种方法也存在与上述方法一样的缺陷,即只考虑结构面的数量优势而忽略了结构面的质量优势,工程应用中会出现与实际情况不相符的结论.为克服这一缺陷,罗国煜等^[8-9]提出了两类优势面确定方法.这种方法既考虑了结构面的数量优势又考虑了结构面的质量优势.采用这种方法,则可以根据优势指标,用系统分析方法来量化地确定优势面.但是,这种方法的具体使用过程比较复杂,此方法只适宜在边坡详细评价阶段使用^[10].

本文根据岩石优势结构面确定的特点,对功效系数法^[11]进行了改进,并应用改进后的功效系数法对锦屏水电站岩质高边坡的优势面进行了确定.

1 功效系数法的改进

功效系数法又叫功效函数法.该方法首先根据多目标规划原理,把所要考核的各项指标按多档次标准,通过功效函数转化为可以度量的评价分数,然后根据评价对象进行总体评分,最后依据得分来判断优劣.由于该方法是一种商业评估方法,全部参数必需是定量指标,而实际评价过程中岩体结构面的部分参数指标只能定性描述,因此本文对该方法进行了改进.改进后的主要评价步骤如下:

- 设置标准值的档次.将各项指标的评价档次设为优(A)、良(B)、中(C)、差(D)4 档.各指标 k 的满意值记为 $x_{k\max}$,不允许值记为 $x_{k\min}$.将指标实际值按最大值与最小值之间的差 4 等分(每份为 $\frac{x_{k\max} - x_{k\min}}{4}$,记为 $\bar{x}_a$).
- 根据评价指标给下列 5 个标准值赋予 5 个标准系数:(a) $x_k = x_{k\max}$,归为优秀档,该档标准值 x_{k1} 为

$x_{k\max}$,标准系数 $\lambda_{k1} = 1$;(b) $x_k \in [x_{k\max} - x_a, x_{k\max}]$,归为优良档,该档标准值 x_{k1} 为 $x_{k\max} - x_a$,标准系数 $\lambda_{k2} = 0.75$;(c) $x_{k1} \in [x_{k\max} - 2x_a, x_{k\max} - x_a]$,归为良好档,该档标准值 x_{k1} 为 $x_{k\max} - 2x_a$,标准系数 $\lambda_{k3} = 0.5$;(d) $x_k \in [x_{k\max} - 3x_a, x_{k\max} - 2x_a]$ 归为一般档,该档标准值 x_{k1} 为 $x_{k\max} - 3x_a$,标准系数 $\lambda_{k4} = 0.25$;(e) $x_k \in [x_{k\min}, x_{k\max} - 3x_a]$,归为差档,该档标准值为 $x_{k\min}$,标准系数 $\lambda_{k5} = 0$.

c. 按以下方法给每个指标计分 :(a) 上档基础分 = 指标权数 $\times$ 上档标准系数 ;(b) 本档基础分 = 指标权数 $\times$ 本档标准系数 ;(c) 调整分 = (实际值 - 本档标准值) / (上档标准值 - 本档标准值) $\times$ (上档基础分 - 本档基础分) ;(d) 单项指标得分 = 本档基础分 + 调整分.

d. 计算总得分 $D, D = \sum$ 单项指标得分.

2 改进功效系数法的应用

2.1 指标体系的构造

评价一组岩体结构面要考虑到其数量优势和质量优势 2 个方面的指标. 岩体的数量优势指标主要包括结构面数量和结构面延伸长度 2 个指标, 结构面的质量优势指标主要包括结构面中构造断裂的新老程度、结构面的性质 (如软弱夹层填充物) 和结构面的方位优势等指标. 按照全面准确的原则选取以下 6 组指标构成指标评价体系.

a. 时间优势指标 P_T . 结构面形成的时间在很大程度上决定着结构面的性质, 不同时代形成的结构面有着不同的工程地质性质, 本文按形成的时间将结构面由新到老划分为如下几个层次 : 活动断裂 (0.25 分)、新断裂 (0.5 分)、老断裂 (0.75 分) 及层面 (1 分) 所形成的结构面.

b. 性质优势指标 P_Q . 结构面的性质是判断优势结构面的重要标志. 对于结构面性质优势指标, 为了简便起见, 采用能够充分体现结构面力学性质的内摩擦角 φ 来表示.

c. 规模优势指标 P_N . 该指标反映了结构面数量的多少, 是常规方法判断优势结构面的重要指标之一.

d. 产状优势指标 P_O . 若结构面能够与临空面和其他结构面构成可以变形移动的分块体, 则此结构面具有优势, 可选取结构面的倾向或倾角作为产状优势指标.

e. 地下水作用优势指标 P_W . 地下水对结构面性质的影响很大, 可使岩体软化, 加快风化速度并降低岩石力学强度. 地下水作用优势指标取用结构面的含水量, 无详细水文地质资料时可按下列方法取值 : 富水取 0.25 分, 微湿取 0.5, 潮湿取 0.75 分, 无水取 1 分.

f. 填充物优势指标 P_M . 岩体中往往会充填一些松散物质, 这些填充物会对结构面的力学强度产生很大影响, 影响的大小主要决定于填充物的厚度, 因此填充物优势指标应根据填充物厚度或结构面倾角和填充物内摩擦角来确定.

以上 6 项优势指标基本上能概括和反映岩体的真实性状, 能够满足综合评价的要求.

2.2 满意值和不允许值的确定

满意值应尽量采用该指标所能达到的最高标准值. 由于地质问题比较复杂, 有些指标的最高标准值不容易确定, 因此也可以取此指标的最高水平值. 例如, 可以取与坡向成较大角度并且不容易和其他结构面构成分离块体的倾角作为产状优势指标的满意值. 不允许值可以按该指标的最低水平来确定. 例如, 可以取坡向或坡脚的角度作为产状优势指标的不允许值. 应当注意的是, 满意值和不允许值在各组结构面比较中应具有稳定性.

2.3 指标权数的确定

指标权数 p_i 可根据专家经验并结合个人对岩体影响因素大小的认识和所研究岩体问题的侧重点不同自行选取, 但应注意权重分配的归一化 $\sum p_i = 1$.

2.4 方法的实现步骤

a. 收集所需的结构面资料.

b. 通过室内试验获得结构面的力学参数.

c. 对资料进行分类整理, 利用简单图解法进行结构面分组.

d. 根据改进功效系数法的计算流程 (图 1) 编制改进功效系数法的计算机程序, 并利用该程序进行计算

比较.

3 工程实例分析

利用四川锦屏水电站岩质高边坡进行实例分析,以使为改进功效系数法在岩体优势面确定中的应用提供依据.

3.1 工程概况

锦屏一级水电站位于四川省凉山彝族自治州和木里县境内的雅砻江干流上.电站以发电为主,兼有防洪和拦沙等功用.水库正常蓄水位 1 880 m,总库容 77.6 亿 m³,电站装机容量 3 600 MW.锦屏一级水电站所在工程区岩体在开挖过程中将形成一系列高陡边坡.由于大部分控制性结构面的走向几乎平行于河道,又属中、陡倾角,边坡稳定问题十分突出.

3.2 岩体结构面参数满意值和不允许值的选取

根据 1 号和 2 号尾水洞的区域地质勘察结果以及平硐 PD07,PD37,PD51 和钻孔 ZK321 相关结构面的调查结果进行了近 1 000 条结构面的统计分析,并建立了相应的统计模型,得出了尾水洞区域间的优势结构面各参数的分布.

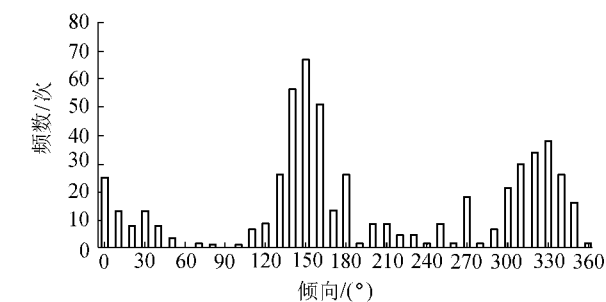


图2 节理频率直方图
Fig.2 Histogram of pole frequency

优势指标 P_Q 的满意值和不允许值,以现场勘察的 1 000 多条节理的 40% 作为规模优势指标 P_N 的不允许值,分别选取结构面与坡脚所构成的安全和最危险角度作为产状优势指标 P_O 的满意值和不允许值,选取勘察范围内最大的填充物厚度作为填充物优势指标 P_M 的不允许值,如表 1 所示.

计算中的权重取为 1.

3.3 计算结果分析

结构面组优势指标得分计算结果如表 2 所示.

由表 2 可知,第 1 组和第 2 组结构面的性质较好,而数量不占优势的 第 3 组结构面的性质较差,是控制岩体稳定的优势结构面组.这与普通作图法所得结果差别很大.其主要原因是第 3 组结构面的物理力学性质最差,而普通作图法并不能考虑到结构面的物理力学性质.表 2 结果更符合实际情况.

表1 结构面指标参数

Table 1 Index parameters of the structural plane						
指 标	P_T	$P_Q/(^{\circ})$	$P_N/\text{条}$	$P_O/(^{\circ})$	P_W	P_M/mm
满意值	层面	70.0	0	90	干燥	0
不允许值	活动断裂	30.0	400	30	富水	4
第 1 组	层面	53.5	175	45 ~ 49	潮湿	0
第 2 组	老断裂	46.9	175	76 ~ 78	潮湿	0
第 3 组	老断裂	35.0	89	44 ~ 51	富水	1

表2 结构面组优势指标得分

Table 2 Scores of preferred indexes of the structural plane							
结构面 组别	优势指标得分						总得分
	P_T	P_Q	P_N	P_O	P_W	P_M	
第 1 组	1.00	0.57	0.65	0.30	0.75	1.00	4.27
第 2 组	0.75	0.39	0.65	0.79	0.75	1.00	4.33
第 3 组	0.75	0.10	0.77	0.33	0.25	0.75	2.95

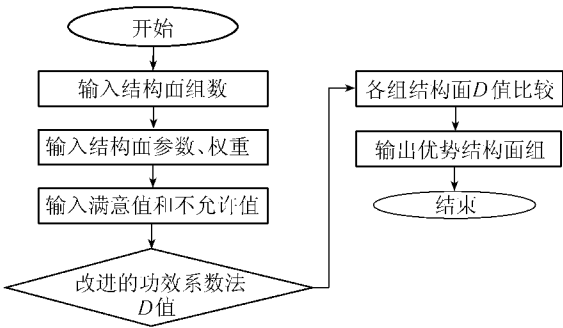


图1 改进功效系数法的计算流程
Fig.1 Flow chart of the improved efficacy coefficient method

4 结 语

本文采用的改进功效系数法,既考虑了结构面的数量优势又考虑了结构面的质量优势.但是,在应用该方法时应注意以下问题:(a)确定权数时,综合运用德尔菲法^[12]、AHP 法^[13]和主成分分析法等,不能主观臆断;(b)慎重地选择指标,构造合理的指标体系;(c)满意值与不允许值的确定要做到科学合理;(d)也可以将该方法与其他方法结合使用,以作进一步的比较分析.

参考文献:

[1] 孟国涛,徐卫亚,郑文棠,等.岩质高边坡开挖变形的三维离散单元法分析[J].河海大学学报:自然科学版,2007,35(4):393-397.

[2] 王保田,严应征.三维裂隙单元法基本假设及控制方程[J].河海大学学报:自然科学版,2000,28(6):87-89.

[3] 陈宗基.地下巷道长期稳定性的力学问题[J].岩石力学与工程,1982,1(1):1-20.

[4] GOODMAN R E. Introducation to rock mechanics [M]. New York :New York Press,1989.

[5] 谷德振,王思敬.岩体稳定性评价的工程地质力学原理[M].北京:文物出版社,1982.

[6] 王思敬.赤平极射投影方法及其在岩体工程中的应用.岩体工程地质力学问题(一)[M].北京:科学出版社,1976.

[7] HOCK E,BRAY J W. Rock slop engineering[M].2nd ed.London :Unwin Brothers Limited,1977.

[8] 罗国煜,王培清,陈华生,等.岩坡优势结构面分析理论与方法[M].北京:地质出版社,1992.

[9] 罗国煜,吴浩.工程勘察中的新构造——优势面分析原理[M].北京:地质出版社,1991.

[10] 罗国煜,阎长虹.岩坡系统分析与可靠性评价[J].地质学报,1994,26(2):51-56.

[11] 周莉,黄河清,蒲勇健.基于功效系数法的经营者业绩评价研究[J].软科学,2006,20(1):40-44.

[12] 刘学毅.德尔菲法在交叉学科研究评价中的运用[J].西南交通大学学报:社会科学版,2007,18(2):21-25.

[13] 滕继东,任兴伟,刘永林.基于 AHP 法的地质灾害影响因素权重的确定[J].中国水运:理论版,2007,5(4):128-131.

Application of efficacy coefficient method to determination
of rock preferred structural plane

XU Jia, ZHANG Qin, WU Ji-min

(College of Civil Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the characteristics of rock structural planes, a new method to determine the preferred structural plane of rock, the improved efficacy coefficient method, is presented. The method considers not only the quantity predominance but also the quality predominance. Six groups of preferred indexes for evaluating the structural plane are summarized, and the process of classifying the indexes of the improved efficacy coefficient method is discussed. An application example shows that the method is reasonable and effective.

Key words: improved efficacy coefficient method; rock; preferred structural plane; preferred index