

边坡岩体质量分类的 SMR 法及其应用实例

黄昌乾

(中航勘察设计研究院,北京 100086) (中国兵器工业勘察设计研究院,北京 100053)

范建军

丁恩保

(中国科学院地质研究所,北京 100029)

【摘要】 为评价边坡稳定性,详细、系统地介绍了边坡岩体质量评价分类的 SMR 方法,且给出了它的一个应用实例,实践证明,该法可行性、简便性好,值得推广。并根据工程实践,总结了该法的工作程序及其不足之处。

【关键词】 边坡岩体质量评价 不连续面边坡破坏模式

【Abstract】 A SMR method of slope rock mass quality evaluation, classification and a practical example are introduced in this paper, it is proved that the method is practical simply used, meanwhile the process and insufficiency of the method is pointed out.

【key words】 slope rock mass quality evaluation discontinuous surface model of slope failures

0 前言

边坡岩体质量分类与评价早已成为国内外有关学者的一个研究热点。边坡岩体质量分类最终目的是为了进行边坡岩体稳定性分析,其依据是岩体的结构特征。由于岩体结构分类能充分地反映本身地质特征,因而岩体质量评价能有效地用于岩体的稳定性分析。按照 Bieniawski Z·T· 的说法⁽¹⁾,岩体质量分类有以下几个方面的意义:

- (1)找出岩体特性的最重要影响因素;
- (2)把一定区域的岩体分成数段,各段内的岩体有相似的特征;

- (3)为认识各等级的岩体提供一个基础;
- (4)可把在一处遇到的岩体特征和工程经验与另一处的岩体相对照;
- (5)为工程设计提供一种定量数据并具有一定的指导作用;
- (6)为工程师与地质工作者间的交流提供一个基础。

把边坡岩体质量与稳定性有机地结合起来,继而根据岩体质量,提出比较合理的工程加固方案、措施,是当前岩质边坡工程地质研究的一个方向。目前,边坡岩体质量分类的方法有许多种,这里介绍其中之一——SMR

作者简介:黄昌乾:男 25 岁,助理工程师。1997 年 7 月毕业于中国科学院地质研究所,获硕士学位,主要从事水文地质、工程地质、岩土工程勘察设计与施工工作。

的误差相对较小,用 CU 指标计算 p_a 的误差较小(尤其是 A_r 较大时)。因此在某些条件下有必要考虑选用非三轴压缩指标。

4 结 语

室内三轴和现场主、被动极限平衡下的总应力强度指标均可用 c' 、 ϕ' 、 A_r 、 A_t 、 A_o 、 k_o 等

指标表达出来。现场破坏时的强度指标 c_u 、 c_{cu} 、 ϕ_{cu} 一般与室内三轴压缩指标有明显差异,水土合算法计算土压力时,室内指标的应用有时会引起显著误差。

收稿日期:1997-09-09

方法,即边坡岩体质量评分(Slope Mass Rating)。它是由西班牙学者ROMANA M.于1985年提出。

1 SMR方法介绍

在美国学者 Bieniawski Z·T·于1973年提出的RMR(Rock Mass Rating)的基础上,ROMANA M.据自己和同行们的工程实践经验,引进不连续面一边坡面产状关系、边坡破坏模式、边坡开挖方法等几个参数,提出了用于边坡的岩体质量评价方法—SMR方

法。十多年来,许多人已把该方法应用于诸如自然边坡,铁路、公路路堑边坡,水电边坡,采料场边坡等的研究中。在此过程中,该方法又不断地得到完善和发展,日趋成熟。经过时间与实践的检验,证明了该法的可行性与应用的简便。SMR分值的数学表达式为:

$$SMR = RMR - (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4 \quad (1)$$

其中RMR就是 Bieniawski Z·T·提出的岩体质量得分,其取值情况如下表所示:

表1 Bieniawski Z. T.的RMR值(1979年)

参 数		分 值 范 围							
1	未扰动岩体材料强度 /MPa	点荷载强度指标	>10	10~4	4~2	2~1	在此范围内应进行单轴压缩试验		
		单轴抗压强度	>250	250~100	100~50	50~25	25~5	5~1	<1
	分 值	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD/%	100~90	90~75	75~50	50~25	<25			
	分 值	20	17	13	8	3			
3	不连续面间距/cm	>200	200~60	60~20	20~6	<6			
	分 值	20	15	10	8	5			
4	不连续面特征	表面很粗糙	稍粗糙	稍粗糙	光滑或充填物	软弱充填物厚度>5mm或			
		不连续未张开岩壁未风化	张开度<1mm岩壁微风化	张开度<1mm岩壁强风化	厚度<5mm或张开度为1~5mm;连续	张开度>5mm连续			
		分 值	30	25	20	10	0		
5	不连续面中地下水	干燥	潮	湿	滴	流			
	分 值	15	10	7	4	0			

注:若没有取到岩芯,而知道体积节理数 J_v 时,可由 $RQD = 115 - 3.3 \times J_v$ 求得RQD的值。

为了消除表1中同一参数的各个取值间隔之间的分值的突变,对于单轴抗压强度、RQD、不连续面间距等三个参数可分别由图1、图2、图3经插值获得它们各自的分值。

此外,对于表1中“不连续面特征”这一项有更详细的取分说明,如表2所示:

式(1)中的 F_1 指边坡中不连续面倾向与边坡倾向间关系调整值; F_2 指不连续面倾角大小调整值; F_3 指不连续面与坡面倾角间关系调整值。它们的取值情况如表3所示:

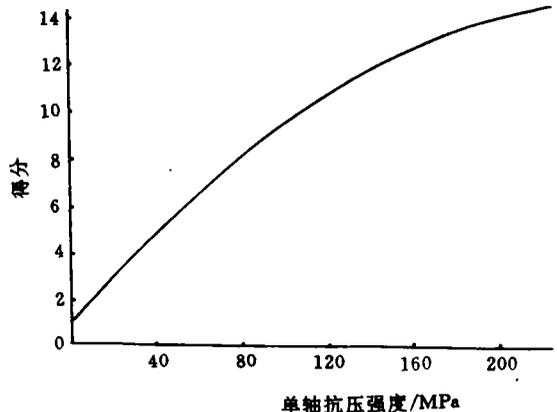


图1 未扰动岩石材料强度—得分关系曲线

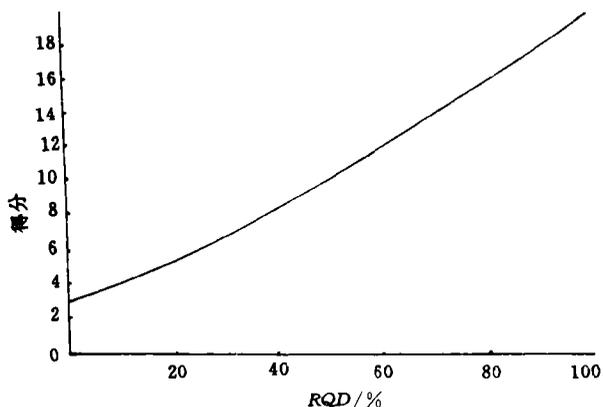


图 2 RQD—得分关系曲线

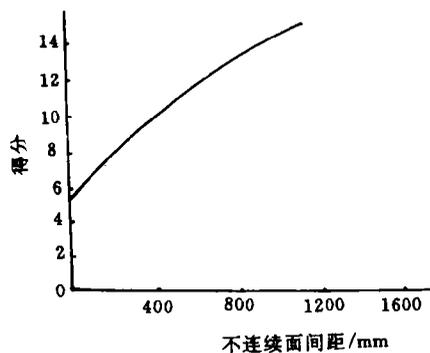


图 3 不连续面间距—得分关系曲线

表 2 不连续面特征分类指导

参 数	得 分				
不连续面长度(持续性/连续性) m	<1	1~3	3~10	10~20	>20
	6	4	2	1	0
张开度(间隙) mm	无	<0.1	0.1~1.0	1~5	>5
	6	5	4	1	0
粗糙度	很粗糙	粗糙	稍粗糙	平滑	镜面
	6	5	3	1	0
充填物厚度 mm	无	硬质充填		软质充填	
		<5	>5	<5	>5
	6	4	2	2	0
风 化	未风化	微风化	弱风化	强风化	全风化
	6	6	6	1	0

注:有些特征是相互抵触的。如:若有充填物存在,就不再讨论粗糙度,因为它的影响将被充填物的影响所掩盖。在这类情况下,请直接使用表 1。

表 3 不连续面产状调整值

条 件		很有利	有 利	一 般	不 利	很不利
P	$ \alpha_j - \alpha_s $	$>30^\circ$	$30^\circ \sim 20^\circ$	$20^\circ \sim 10^\circ$	$10^\circ \sim 5^\circ$	$<5^\circ$
T	$ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ $					
P/T	F_1	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
P	$ \beta_j $	$<20^\circ$	$20^\circ \sim 30^\circ$	$30^\circ \sim 35^\circ$	$35^\circ \sim 45^\circ$	$>45^\circ$
P	F_2	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
T	F_2	1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	$>10^\circ$	$10^\circ \sim 0^\circ$	0°	$0^\circ \sim (-10^\circ)$	$<-10^\circ$
T	$\beta_j + \beta_s$	$<110^\circ$	$110^\circ \sim 120^\circ$	$>120^\circ$		
P/T	F_3	0	6	25	50	60



注: P:平面破坏 T:倾倒破坏
 α_s :边坡倾向 α_j :不连续面倾向
 β_s :边坡倾角 β_j :不连续面倾角

由表3可见： F_1 的值取决于不连续面与边坡面的走向的相近程度。它的值域为1.00(当二者近于一致时)到0.15(当二者夹角大于 30° 时,破坏的可能性很小)。经验发现, F_1 还可由关系式 $F_1=(1-\sin A)^2$ 求得。其中的A指不连续面倾向与边坡倾向间的夹角大小。

F_2 由平面破坏模式F的不连续面倾角大小确定。其值由1.00(当不连续面倾角大于 45° 时)变化到0.15(当不连续面倾角小于 20° 时)。经验表明 F_2 还可以由关系式 $F_2=\tan^2\beta_i$ 求得。其中 β_i 指不连续面倾角值。若为

倾倒破坏模式,则 F_2 的值始终为1.0。

F_3 反映了不连续面倾角与边坡面倾角间的关系。当发生平面破坏时, F_3 就是指不连续面在边坡面上完全出露的可能性。在自然界中一般不会存在“不利”和“很不利”的倾倒模式破坏。

为了消除表3中的 F_1, F_2, F_3 的各个取值间隔间分值的急剧变化,可以分别由图4,图5,图6和图7经插值而获得它们的值。

式(1)中的 F_4 是通过工程实践经验获得的边坡开挖方法调整参数。它的取值情况如表4所示。

表4 边坡开挖方法调整值

开挖方法	自然边坡	预裂爆破	光面爆破	一般方式或机械开挖	欠缺爆破
F_4	+15	+10	+8	0	-8

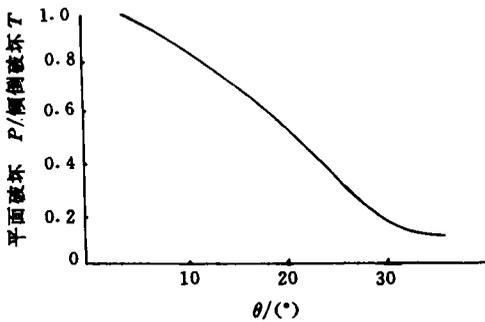


图4 不连续面一边坡产状组合修正参数 F_1

$$\theta = |\alpha_j - \alpha_n|/P \text{ 或 } |\alpha_j - \alpha_n - 180^\circ|/T$$

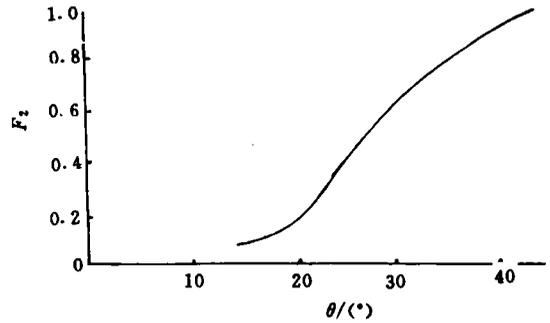


图5 不连续面一边坡产状组合修正参数 F_2

$$\theta = |\beta_i|$$

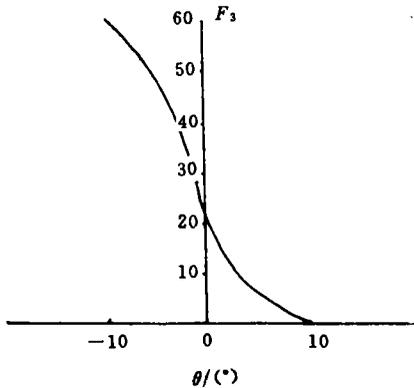


图6 不连续面一边坡产状组合修正系数 F_3

$$\theta = \beta_j - \beta_s$$

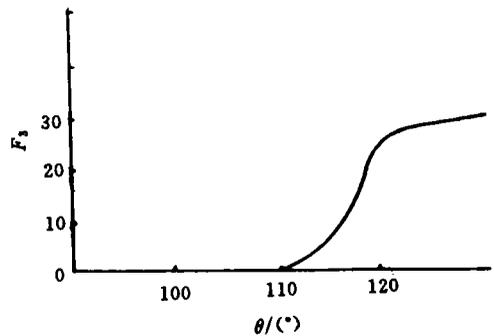


图7 不连续面一边坡产状组合修正系数 F_3

$$\theta = \beta_j + \beta_s$$

RMR的值由表1中各参数得分值相加而获得。再把它与 F_1, F_2, F_3 和 F_4 经式(1)组

合起来即得到SMR的值。其最大值为100,最小值为0,以20分为间隔,划分5个级别,即得到如表5所示的SMR值。

表 5 SMR 分级描述表

级 别	V	IV	III	I	I
SMR	0~20	21~40	41~60	61~80	81~100
稳定性	很坏	坏	一般	好	很好
破坏形式	大型平面或类似土体	节理构成平面或大楔体	一些不连续面构成平面或楔体	一些块体	无
加固	重新开挖	大力加固或重新设计	系统加固	点状加固	不需

注:更详细的分级表参见表 6。

实践中发现,边坡的实际状况通常要比 SMR 法计算出的结果好一些,平均要好 5~10 个 SMR 分值。此外还发现,当 SMR 的值小于 20 时,边坡很快会发生破坏。到目前为止,还没有见到有 SMR 值低于 10 的稳定边坡。实际上,这类边坡是不可能构造成的。

上述过程中,把楔体破坏视为与平面破坏相同,未给予特殊考虑。

在实际工作中,应首先对边坡进行区段划分。在每一个区段内,再分别针对每一组不连续面,计算其对应的 SMR 值。把获得的最小的 SMR 值作为该段边坡的最终 SMR 值。对于象泥灰岩、粘土页岩等的半成岩岩体,应分别针对新鲜的和风化的两种情况,进行两次 SMR 值计算。在实际工作中,地下水状况应设为最坏的可能情况进行计算。对于断层带,剪切带等岩体完整性较差处,应单独进行评价。

由于该方法采用多因素综合评分,且计算方法简单,因而,近年来,已被广泛地应用到诸如公路、铁路、水电、矿山等岩质边坡的稳定性研究中,尤其是在边坡的稳定性初步研究中确有优势。ROMANA M. 还给出了经验的加固形式和参数^[3]。根据最终的 SMR 值的大小有针对性地采用混凝土挡墙、系统锚固、喷射混凝土、点状锚固,设计适宜的边沟或重新设计,重新开挖等工程措施,来加固边坡。参见表 6。

表 6 各稳定级边坡加固方法

级别	SMR	加 固 方 法
I _a	91~100	不需要
I _b	81~90	一般不需要
II _a	71~80	点状锚固(有时不需要,或开挖大脚沟),设挡石栅
II _b	61~70	设脚沟或挡石栅,网点锚固或系统锚固
III _a	51~60	设脚沟和(或)网点锚固或系统喷射混凝土锚固
III _b	41~50	系统锚固,加预应力长锚杆,全面挂网喷射混凝土;设坡脚挡墙式混凝土齿墙,且加脚沟
IV _a	31~40	预应力长锚杆,系统喷射混凝土;设坡脚砌石挡墙和(或)混凝土墙,或重建,做好深部排水
IV _b	21~30	系统的加强喷射混凝土,设坡脚砌石挡墙或(和)混凝土墙,或重新设计,开挖,做好深部排水
V _a	11~20	重力式挡墙或预应力锚杆挡墙,或重新设计,开挖

附注:通常在同一段边坡中,采用多种加固方式。“重新设计,开挖”一般不用于 SMR 值大于 30 的边坡中,因其工作量太大。可代之以削坡减载,排水等。

2 SMR 法分类过程

首先,根据研究区的地质构造与岩体结构特征,沿走向把边坡分成若干个区段。各区段一般以较大的构造不连续面为界。同一区段内,岩石类型、不连续面发育特征、岩石强度、RQD 等应大致相同。

其次,通过工程地质勘察及现场测量等

获取每一区段内的进行 SMR 计算所需的参数。在此基础上,可以进一步进行区段划分。然后根据表 1,结合图 1~3 计算 RMR 的值。再根据表 3 结合图 4~7,分别针对每一组优势不连续面,同时考虑其破坏模式,求得 F_1 , F_2 , F_3 的值,再根据表 4 加进边坡开挖方式调整参数 F_4 的值,即可获得针对每一组不连续面每一种破坏模式的 SMR 值。再次,据表 5 进行边坡岩体质量分级。最后,在上述基础上,可根据 ROMANA M. 推荐的加固方法(见表 6),结合工程实际,进行边坡的加固方案设计。

3 SMR 法应用实例

SMR 法最初就是由 ROMANA M. 在西班牙的公路边坡研究中提出来的。十多年来,它经受了许许多多工程实践的检验。在此过程中,它又得到了进一步发展和完善。1995 年,我们先后把该法用于三峡永久船闸南坡 200~230m 高程的花岗岩边坡及京珠高速公路小塘—甘塘段 K33+600~700 段灰岩路堑边坡的稳定性分析中,经与其它分析方法所得到的结果对比,结果比较一致,证明了该方法的可行性与简便实用性。下面对京珠高速公路小塘——甘塘段 K33+600~700 段灰岩路堑边坡实例作简单介绍。

3.1 工程概况

该段线路初步设计为:全部为挖方路堑,其中左线路堑边坡较高,最大高度达 47.5m;左线边坡走向,即路线走向为自西北向东南由 112° 变化到 106° ,坡角为 70° 。

3.2 地形地貌

该路段位于一倾向南西的山坡上,边坡平均走向 118° 。自然边坡角 $23^\circ\sim 33^\circ$,由坡脚向坡顶逐渐变陡。在 760~790 的高程处,坡度达 56° (路基设计高程为 618.03~623.40m)。山坡上植被发育,地形很完整,自然坡呈稳定状态。

3.3 工程地质条件

3.3.1 地层岩性

该段出露地层为石炭系下统内阶孟公坳组中厚层隐晶质~细晶质灰岩,微风化。其单轴抗压强度平均为 80MPa;RQD 值平均为 81%。

3.3.2 地质构造及岩体结构类型

该段内发育的优势不连续面有两组,一组为层面,产状为 $135^\circ\sim 150^\circ/\text{sw} \angle 70^\circ\sim 86^\circ$,岩层厚度为 35cm~60cm;另一组是产状为 $58^\circ\sim 63^\circ/\text{SE} \angle 61^\circ\sim 82^\circ$ 的节理,间距一般为 2m 左右,局部密度可达 8 条/m。二者均呈闭合状态。

岩体结构多为层状结构。在山体顶部,层面产状近直立,地形陡峻,因卸荷和倾倒,层面张开。

3.3.3 地应力和地下水

该段为缓一陡坡地形,右侧开挖边坡深度仅数米,邻近钻孔中未见饼状岩芯等高地应力现象。

据调查,地表水多沿垂直岩溶下渗,路基在地下水位以上。

3.3.4 地震

该区地震基本烈度低于 VI 度,边坡稳定分析可不考虑地震作用。

3.4 评价

由于该段范围内无大的构造带,岩体结构、构造等发育状况比较相似。故仅根据路堑边坡产状,把边坡沿走向平均分为 10 个区段,每段长为 10m。逐段对前述所需各参数进行统计,据此编程计算得到路堑边坡岩体质量评价结果,如表 7、表 8 所示。

由表 7、表 8 可见:

(1)针对层面计算出的 SMR 值,在区段 2、3、7 内,依平面滑动模式计算时比针对节理计算出的 SMR 值高。这说明在该区段内节理对边坡的不利影响要比层面强烈些。而在第 2、3 区段及第 7 区段局部节理密度实际上也是最大的。

(2)按倾倒模式计算时,各区段的 SMR 值均在 72 分以上,根据 ROMANA M. 的经

表 7 岩体质量分类表

优势不连续面——层面

区段	RMR	破坏方式	F_1	F_2	F_3	F_4	SMR	岩体质量分类
1	63~64	P	0.43	1	-22~-2	8	71.86~81.46	$I_a \sim I_b$
	63~64	T	0.15	1	-25	8	74.75~75.75	I_a
2	64	P	0.38	1	-22~-2	8	72.76~75.30	I_a
	64	T	0.15	1	-25	8	75.75	I_a
3	63	P	0.30	1	-22~-7	8	73.10~78.60	I_a
	63	T	0.15	1	-25	8	74.75	I_a
4	63~64	P	0.24	1	-22~-2	8	71.48~74.30	I_a
	63~64	T	0.15	1	-25	8	74.75~75.75	I_a
5	65	P	0.18	1	-9~0	8	73.00~74.62	I_a
	65	T	0.15	1	-25	8	76.75	I_a
6	64~65	P	0.15	1	-38~-4	8	72.60~78.70	I_a
	64~65	T	0.15	1	-25	8	72.30~77.70	I_a
7	64	P	0.15	1	-38~-2	8	72.30~77.70	I_a
	64	T	0.15	1	-25	8	75.75	I_a
8	65	P	0.15	1	-2~-1	8	73.15~73.30	I_a
	65	T	0.15	1	-25	8	76.75	I_a
9	64~65	P	0.15	1	-3.5~-2	8	72.30~73.53	I_a
	64~65	T	0.15	1	-25	8	75.75~76.75	I_a
10	64	P	0.15	1	-2~0	8	72.00~72.30	I_a
	64	T	0.15	1	-25	8	75.75	I_a

表 8 岩体质量分类表

优势不连续面二——节理

区段	RMR	破坏方式	F_1	F_2	F_3	F_4	SMR	岩体质量分类
1	63~64	P	0.15	1	-44~-14	8	73.10~78.60	I_a
	63~64	T	0.15	1	-25	8	74.75~75.75	I_a
2	64	P	0.15	1	-17~-3	8	72.45~74.55	I_a
	64	T	0.15	1	-25	8	75.75	I_a
3	63	P	0.15	1	-1~0	8	71.00~71.15	I_a
	63	T	0.15	1	-25	8	74.75	I_a
4	63~64	P	0.15	1	-43~-9	8	72.35~78.45	I_a
	63~64	T	0.15	1	-25	8	74.75~75.75	I_a
5	65	P	0.15	1	-55~-38	8	78.70~81.25	$I_a \sim I_b$
	65	T	0.15	1	-25	8	76.75	I_a
6	64~65	P	0.15	1	-59~-13	8	73.95~81.25	$I_a \sim I_b$
	64~65	T	0.15	1	-25	8	75.75~76.75	I_a
7	64	P	0.15	1	-13~-3	8	72.45~73.95	I_a
	64	T	0.15	1	-25	8	75.75	I_a
8	65	P	0.15	1	-22~-9	8	74.35~76.30	I_a
	65	T	0.15	1	-25	8	76.75	I_a
9	64~65	P	0.15	1	-37~-13	8	73.95~78.55	I_a
	64~65	T	0.15	1	-25	8	75.75~76.75	I_a
10	64	P	0.15	1	-52~-33	8	76.95~79.80	I_a
	64	T	0.15	1	-25	8	75.75	I_a

验结论,边坡是不会发生倾倒破坏的。

(3)评价结果显示,边坡岩体质量较好,绝大多数为 I_a 级岩体,有些地段可达 I_b 级。

因而,从总体上说,初步设计的边坡是稳定的,只需在施工过程中,针对一些不稳定的楔形体加以点状锚固即可。

4 结论与探讨

本文在国内第一次详细、系统地介绍了边坡岩体质量评价的 SMR 方法,并在工程实践中加以应用。得到的结论比较切合实际,同时体会到了该法的可行性与简便性,是值得加以进一步研究和推广应用的边坡岩体质量

量评价方法。

作者在应用 SMR 方法的过程中,也发现了它的一些不完善的地方。比如:它没有考虑到地应力、边坡高度等因素。此外,只考虑了平面滑动及倾倒破坏两种破坏模式,把楔形体的破坏视为平面破坏方式进行评价等等。这些显然是不够全面,也不尽符合实际的。

在此之前,人们一般把 SMR 法用于已开挖成形的边坡的岩体质量评价中。而我们这次是在边坡成形之前,据自然边坡上的工程地质勘察成果,按照初步设计的边坡产状

(下转第 15 页)

表 1 贵阳延安中路某工程红粘土边坡稳定性计算一览表

评价方法		计算公式	坡高允许极限值 H/m		稳定系数	
			$h=10.80m \quad \beta=80^\circ \quad \gamma=18.1kN/m^3$			
			$C=45kPa \quad \varphi=5.4^\circ$	$C=32kPa \quad \varphi=4^\circ$	K	K'
Taylor 法		$N_s = \frac{\gamma H}{C}$	12.06	7.96	1.12	0.74
计算法	公式法	$H = \frac{2c \sin \beta \cos \varphi}{\gamma \sin^2 (\frac{\beta - \varphi}{2})}$	13.28	9.16	1.23	0.85
	圆弧法	$K = \frac{\gamma \tan \varphi \sum s + CL}{\gamma \sum T}$	总抗滑力: 761.28kN 总下滑力: 688.34kN	总抗滑力: 543.53kN 总下滑力: 688.34kN	1.11	0.79

稳定安全。但经大口径支护桩和土钉墙处理后,在施工期间,经受住了夏季暴晒和春季雨汛,均未出现异常。

相反,在基坑西侧南角,由于未进行边坡治理,在当年雨季到来时,边坡立即垮塌造成路面阻断和上、下水管道断裂;另外,在基坑东面北角,相邻建筑场地的施工单位,在未进行边坡支护治理之前,盲目开挖坡角,致使9m的红粘土边坡仅维持不到二天便骤然垮塌,引起相邻建筑房屋地基开裂,危及住户安全,后经抗滑桩,预应力锚杆支护处理后才稳定下来,不但增加了工程造价,且延误工期近一年时间。

因此,从贵阳地区高层建筑中红粘土边坡稳定性的评价和治理中,我们认识到:

1. 评价基坑边坡稳定性时,抗剪指标的取用极为关键。不能仅仅局限于室内土工试验指标的测试结果,在考虑到周围地质因素,

特别是地表水、地下水影响时,应将经试验统计出来的标准值降低使用(参考值为0.70~0.80)。

2. 治理边坡时,稳定系数或安全系数的允许值,应根据周围环境因素及施工周期的要求,分取不同值。例如,当有临近建筑物、边坡直立、施工周期较长时,可取 $K=2.0 \sim 2.5$;当没有临近建筑物、边坡相对较缓、工期不长时,可取 $K=1.3 \sim 1.5$ 。

3. 严格执行施工程序,合理支配边坡支护方案的实施与深基坑开挖的进度,禁止盲目开挖基坑后补作边坡支护的逆施工法。

高层建筑中深基坑边坡的稳定性评价与治理,是一个衡量勘察水平、设计能力、施工质量的综合性的岩土工程技术问题,在今后的工作中,我们将进一步探索、总结和提高,使岩土工程上升到一个新的技术水平。

收稿日期:1997—3—24

(上接第13页)

进行的SMR法岩体质量分类评价,而得到的结论又很切合已经知道的实际情况。说明该法也适用于这种研究。这是我们的一种尝试,其可行性、可靠性还待进一步研究。

本文在编写过程中得到常士骠教授的热情指导,在此深表感谢。

参 考 文 献

1 Bienlawski Z. T. Engineering Rock Mass Classification, Interscience Publication, Wiley, New York, 1993

2 Bienlawski Z. T. The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications. Proc. 4th int. cong. on rock mech. 1979. vol. 1, 55~95

3 Romana M. SMR Classification. Proc. 6th int. symp. on landslide. 1992. 955~960

4 Romana M. Practice of SMR classification for slope appraisal. Proc. 5th int. symp. on landslide. 1998, vol. 2, 1227~1231

5 Romana M. SMR Classification Proc. 6th int symp. on landslides, 1992, vol. 1, 955~960

收稿日期:1996—09—20