

CSMR 分级方法在边坡工程中的应用

何青峰¹, 赵法锁¹, 马旭彦², 李珂¹

(1. 长安大学 地质工程与测绘学院 陕西 西安 710054; 2. 西安方舟工程咨询有限责任公司, 陕西 西安 710075)

摘要: 对传统的 CSM R 分级方法中裂面特征和裂面间隙取值进行了改进, 更好地体现了边坡岩体的岩性对边坡稳定性的影响, 用该方法对 312 国道商一丹段 K132+700~K132+850 段岩质工程高边坡进行了定性评价。结果表明, 该岩质工程高边坡不稳定, 提出了以锚喷支护为主的主动支护方案。工程实例证实, 定性评价结果可靠。

关键词: 岩体力学; 边坡工程; 312 国道; CSM R 分级方法; 稳定性

中图分类号: TU45 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)02-0196-03

Application of CSMR Classification in Slope Engineering

HE Qing-feng¹, ZHAO Fa-suo¹, MA Xu-yan², LI Ke¹

(1. School of Geological Engineering and Surveying, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;
2. Xi'an Fangzhou Engineering Consulting Limited Company, Xi'an 710075, Shaanxi, China)

Abstract A quantitative analysis is used to research slope stability national road in China. This paper improves the parameter determination of fracture characteristic and departure of the conventional CSM R classification to describe how the nature of slope rock influences its stability. Using the improved CSM R classification to make qualitative research on slope stability of K132+700~K132+850 rock slope on national road in China 312. The result shows that this slope is not stable. It is suggested that the rock bolting and shotcrete should be adopted to prevent the slope. The engineering case proves that the qualitative evaluating result is reliable.

Key words: rock mechanics; slope engineering; 312 national road; CSM R classification; stability

0 引言

公路建设中常会出现大量的边坡, 如何对可能失稳的公路边坡进行稳定性评价是当前许多专家学者极为重视的问题^[1-2]。

当前从事边坡稳定性研究都采用定量分析方法, 忽视了定性分析在边坡工程中的应用, 在一定程度上增加了边坡病害的可能性。笔者认为, 在工程边坡稳定性研究中应该重视定性研究, 力争做到定性与定量相结合, 这样才能更大限度地降低乃至消除边坡病害。

1 工程概况

研究区是陕西境内秦岭南麓的 312 国道商州一丹凤段, 为陕西省“米”字型公路主骨架连接关中与商洛地区的重要组成部分。

1.1 地形地貌

该区整体属于构造侵蚀低山区, 由于受褶皱构造影响, 山脊主要呈北西—南东向展布。山体连绵起伏, 斜坡陡峭, 危岩陡壁发育。山脊线明显, 呈蛇形弯曲, 山脊、山坡特别是河谷均有基岩露头, 山坡一般 45°~55°。沟谷较窄, 谷坡较陡, 呈“V”或“U”字型, 地形高差起伏较大, 相对高差最大在 190 m,

收稿日期: 2006-06-28

基金项目: 科技部预研项目(2002CCC00200)

作者简介: 何青峰(1979), 男, 陕西商南人, 博士研究生, 从事工程地质与岩土工程研究, E-mail: hqfbest@163.com

两岸山坡较陡, 侧沟较发育。

1.2 地质构造

K132+700~K132+850 段岩质高边坡位于秦岭加里东褶皱带南部的太白—商县褶皱带。该褶皱带东西向条带状展布, 曾被认为是“秦岭地轴”的主体部分, 由一系列宽缓的次级正常背斜或单斜构成。

1.3 水文及工程地质特征

降雨是地下水的主要补给来源。该边坡区地形起伏较大, 大气降水很大一部分以地表径流的方式排泄到沟谷中汇集, 然后流入主河流中, 因此, 大气降水对该段岩质高边坡的稳定性影响较小。边坡岩性主要为砾岩、砂砾岩、卵砾岩(含漂石), 局部夹砂岩和泥岩(粘土岩)。岩石为褐红色, 碎屑结构, 中厚层状构造, 泥—钙质胶结较差。砾石、卵石和漂石成分主要为石英岩、片麻岩和角闪岩。

2 CSMR 分级方法

边坡岩体质量分级是宏观稳定性评价和经验设计的基础, 在工程边坡稳定性研究中具有广泛的应用前景。岩体质量分级在地下工程、地基(坝基)工程等领域的应用较为广泛。目前, 国内外常用的综合岩体质量分级方法有 Bieniawski Z T 的 RMR 法, Baton 的 Q 系统法, 中国的 BQ 法、水利水电围岩工程地质分类法、隧道围岩工程地质分类法等^[3]。

岩体质量分级体系(CSMR)是边坡岩体质量(RMR)系统的一种应用在执行国家八五科技攻关项目时, 由中国水利水电边坡工程登记小组于 1997 年发展起来的分类体系, 它是在 RMR 体系的基础上, 引入高度修正系数和结构面条件修正系数, 提出的一种边坡岩体质量评价方法^[4], 表达式为

$$S_{CSMR} = \xi S_{RMR} - \lambda(F_1 F_2 F_3) + F_4 \quad (1)$$

式中: S_{RMR} 为 Bieniawski 提出的岩体质量得分, 其取值见表 1; ξ 为高度修正系数, $\xi = 0.57 + 0.43(H_t/H)$, H 为边坡高度, $H_t = 80\text{m}$; λ 为结构面条件系数, 其值见表 2; F_1 为边坡中不连续面倾向与边坡倾向间关系调整值; F_2 为不连续面倾角大小调整值; F_3 为边坡中不连续面倾角与边坡倾角间关系调整值, 取值情况见表 3。 F_4 值取决于不连续面与边坡面走向的相近程度, 其值域为 1.00(当两者近于一致时)~0.15(当两者夹角大于 30°时, 破坏的可能性很小), 经验发现, F_4 还可由关系式 $F_4 = (1 - \sin A)^2$ 求得, 其中 A 指不连续面倾向与边坡倾向间的夹角大小。平面破坏模式中 F_2 由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)~0.15(不连续面小于 20°时)。经验表明, 还可由关系式 $F_2 = \tan^2 \beta_j$ 求得, 其中 β_j 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。

表 1 边坡岩体质量 RMR 分类因素及评分标准

Tab. 1 Classification RMR's Elements of Slope Rock Quality and Its Criterion

评分标准 ~	参 数				
岩石单轴抗压强度 / MPa	> 250	100 ~ 250	50 ~ 100	25 ~ 50	< 25
评分	13 ~ 15	10 ~ 13	5 ~ 10	2 ~ 5	0 ~ 2
岩石质量指标 / %	90 ~ 100	75 ~ 90	50 ~ 75	25 ~ 50	< 25
评分	18 ~ 20	15 ~ 18	10 ~ 15	5 ~ 10	0 ~ 5
裂面间距 / cm	> 200	60 ~ 200	20 ~ 60	6 ~ 20	< 6
评分	15 ~ 20	12 ~ 15	8 ~ 12	5 ~ 8	< 5
裂面特征	表面很粗, 不稍粗糙, 张开稍粗糙, 张开光滑或充填连续未张开, 度小于 1mm, 度小于 1mm, 填物厚度岩壁未风化, 岩壁微风化, 岩壁强风化, 小于 5mm 小于 5mm				
评分	25 ~ 28	22 ~ 28	15 ~ 22	8 ~ 25	< 8
地下水	干燥	湿润	潮湿	渗水—滴水	涌水
评分	11 ~ 15	8 ~ 11	5 ~ 8	0 ~ 5	0

表 2 结构面条件系数 λ

Tab. 2 Discontinuity Condition Factor λ

结构面条件系数	断层夹泥层	层面贯通裂隙	节理
λ	1.0	0.9 ~ 0.8	0.7

表 3 不连续面产状调整值

Tab. 3 Adjustment Rating of Discontinuity Attitude

产状条件	很有利	有利	一般	不利	很不利	
P						
T	$> 30^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 20^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 10^{\circ}$	$10^{\circ} \sim 5^{\circ}$	$0^{\circ} \sim 5^{\circ}$	
P/ T	F_1	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
P	$< 20^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 30^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	$35^{\circ} \sim 45^{\circ}$	$> 45^{\circ}$	
P	F_4	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: 产状调整值据文献[5~6], P 为平面破坏; T 为倾角破坏; β_s 为边坡倾角; β_j 为不连续面倾角

S_{RMR} 由表 1 中各参数值相加而获得, 再把它与 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 经式(1)组合起来即可求得 S_{CSMR} 。以 20 分为间隔, 划分 5 个级别, 即可得 CSMR 系统边坡岩体质量分级结果描述及评价(表 4)。

表 4 CSMR 分级描述

Tab. 4 Classification CSMR Discription					
级别	V	IV	III	II	I
S_{CSMR}	< 20	21~40	41~60	61~80	> 81
稳定性	很差	差	一般	好	很好
破坏形式	大型平面或者类似土体	节理构成平面或大楔体	一些小连续面构成平面或楔体	一些块体	无
加固	重新开挖	大力加固或者重新设计	系统加固	点状加固	不加固

注: 据文献 7-9]

计算时, 应首先对边坡进行区段划分, 在每一个区段内, 分别计算每一组不连续面对应的 S_{CSMR} , 把获得的 $S_{CSMRmin}$ 作为该段边坡的最终结果值。另外, 地下水状况应设为各区段最坏的可能情况进行计算。参照 SMR 法提出的各稳定级边坡加固措施, 根据最终的 S_{CSMR} 大小, 设计适宜的边坡或采取重新设计、重新开挖等工程措施来加固边坡(表 5)。

表 5 各稳定级边坡加固方法
Tab. 5 Slope Prevention Methods

级别	S_{CSMR}	加固方法
I	> 81	一般不加固
II	71~80	点状加固(有时不加固或开挖大脚沟), 设挡石栅
III	51~70	设脚沟和(或)网点锚固系统喷射混凝土锚固
IV	41~50	系统锚固, 加预应力长锚杆, 全面挂网喷射混凝土, 设坡角挡墙式混凝土挡墙, 且加脚沟
V	31~40	预应力长锚杆, 系统喷射混凝土, 设坡角砌石挡墙或混凝土挡墙, 做好排水
VI	21~30	系统加强喷射混凝土, 设坡角砌石挡墙或混凝土挡墙, 或重新设计、开挖, 做好深部排水
VII	11~20	重力式挡墙或预应力锚杆挡墙, 或重新设计、开挖

注: 通常在同一段边坡中, 需采用多种加固方式

3 实例

运用前面介绍的 CSMR 分级方法对 312 国道商丹段 K132+700~K132+850 段岩质工程高边坡(高 30 m)进行稳定性计算分析。

3.1 计算 ξ 的值

$$\xi=0.57+0.43(H_r/H)$$

式中: H_r 为 80 m; H 为岩质高边坡, $H=30$ m。将 H_r 、 H 值代入 ξ 式中, 其值为 1.72。

3.2 计算 S_{RMR} 值

依据表 1, S_{RMR} 可有 5 种因素影响其综合得分, 边坡岩体各影响因素(根据室内试验和实地资料所测)相应的得分情况如表 6。由表 6 可得

$$S_{RMR}=12+16+6+8+8=50$$

3.3 其他参数的选取

根据表 2, 结合实地观测裂隙的存在情况, 结构

面条件系数 $\lambda=0.9$, 参照表 3, 结合不连续面产状情况 $F_1=0.85$ 。相应可知 $F_2=1.0$, $F_3=50$, $F_4=0.85$ 。

表 6 S_{RMR} 值影响因素及得分情况

Tab. 6 S_{RMR} Value and its Influential Elements					
因素	岩石单轴抗压强度/MPa	岩石质量指标/%	裂面间距/cm	裂面特征	地下水
实测值	150	80	13~15	裂面光滑	湿润
得分	12	16	6	8	8

综上所述, 代入各值 $S_{CSMR}=48$ 。

从表 4、5 可以看出, 该段岩质高边坡不稳定, 需要加固防护。建议用系统锚固, 加预应力长锚杆, 全面挂网喷射混凝土, 设坡角混凝土挡墙, 且加脚沟。

4 结语

通过运用边坡稳定性分级体系 CSMR 法对 312 国道商丹段 K132+700~K132+850 段岩质高边坡稳定性进行了定性评价:

(1) 计算 S_{RMR} 时, 根据裂面特征和裂面间距对边坡稳定性的影响, 增加了这两项得分权重, 使计算更加切合工程实际。

(2) 对 $S_{CSMR}>70$ 的边坡采取了适当的加固措施, 防患于未然。

定性评价结果表明, 该岩质工程高边坡不稳定, 参考评价结果提出了以锚喷支护为主的主动支护方案。

参考文献:

[1] 何青峰. 312 国道 K132 段岩质高边坡稳定性研究与防护设计 [D]. 西安: 长安大学, 2005.

[2] 吕远强, 苏生瑞, 安光明. 云南思小高速公路白花山隧道围岩稳定性研究 [J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(2): 86-89.

[3] 蔡美峰. 岩石力学与工程 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.

[4] 孙东亚. 边坡稳定评价方法 RMR-SMR 体系及其修正 [J]. 岩石力学与工程学报, 1997, 16(4): 297-304.

[5] Romna M. SMR Classification [C] // Proc. 7th ISRM Congress. Prog. 1991, 955-960.

[6] Romana M. A Geomechanical Classification for Slopes: Slope Mass Rating [M]. Oxford: Oxford Pergamon Press, 1993.

[7] 陆峰, 孙东亚. 应用神经网络方法确定岩石边坡稳定系数 [J]. 水利学报, 2002, 33(4): 93-96.

[8] 杨天俊. 边坡岩体质量分类体系介绍 [J]. 西北水电, 2004, 17(2): 8-9.

[9] 王哲. 公路边坡岩体分级中坡高修正系数的改进 [J]. 工程地质学报, 2004, 12(2): 162-166.