

岩质边坡危岩最优锚固方案的确定

郭映忠

重庆建筑大学建筑工程学院 630045

TU457

(13)
87-93

摘要 运用赤平极射投影、块体理论和岩体力学的基本原理, 试探求一种可供边坡工程设计采用的确定岩质边坡危岩最优锚固方案(最优锚固方位、最小锚固力)的简易方法。最后, 试用该法对已竣工重庆大学高陡边坡危岩锚固工程进行了验证分析。

关键词 赤平极射投影, 块体理论, 危岩, 最优锚固方案

中图分类号 TU457

岩质边坡 岩体力学

在山区滨江城市中, 危岩和滑坡一样, 是一种城市建设急需综合治理的主要地质灾害。以往治理危岩的方案主要依据简易的危岩地质量测资料凭经验, 特别是施工经验而定, 缺乏理论上的升华和系统性。为解决这一问题, 本文试运用块体理论和岩体力学的某些基本原理作如下探讨。

1 破坏模式的运动学判释

在一个按最大允许设计坡角切坡的边坡开挖面上, 受结构面控制的岩块(楔体或裂隙锥)是否失稳, 产生滑动和倾倒需要做坡面岩块破坏模式的运动学判释。

1.1 优势结构面的确定

平面(楔体)滑动和倾倒的运动学判释主要依据优势结构面的产状和力学性质(C 、 Φ)和坡角。为此, 在边坡工程现场, 首先要作结构面统计, 进而找出优势结构面。表1中, 费希尔参数

$$K_f = \frac{N}{N - |R|} \quad (1)$$

表示优势结构面的离散度。 K_f 值愈大, 离散度愈小。例1 某边坡优势结构面统计

表1 优势结构面统计

优势面组数	样本序号	$ R $	L_k	M_k	N_k	$\delta_k / ^\circ$	$\beta_k / ^\circ$	K_f	产状
I	1~7	6.919 7	-0.059 1	0.980 4	0.187 7	10.82	93.45	87	N 3°W, SW < 79°
II	8~9	1.991 2	0.121 3	-0.984 0	0.130 7	7.50	-82.97	227	N 7°W, NE < 82°
III	10~15	5.879 6	-0.978 9	0.035 6	0.201 4	11.62	177.99	50	S 88°W, SW < 78°
IV	16~18	2.987 6	0.952 6	-0.128 8	0.275 7	16.00	-7.70	242	S 82°W, NE < 74°

收稿日期: 1997-01-20

郭映忠, 男, 1943年生, 教授

表 1 中, 平均结构面即优势结构面的方向余弦,

$$L_R = \sum L_i / |\bar{R}|, \quad M_R = \sum m_i / |\bar{R}|, \quad N_R = \sum n_i / |\bar{R}|$$

而 $|\bar{R}| = [(\sum L_i)^2 + (\sum m_i)^2 + (\sum n_i)^2]^{1/2}$, 式中 L_i, m_i, n_i 为第 i 条样本结构面的方向余弦;

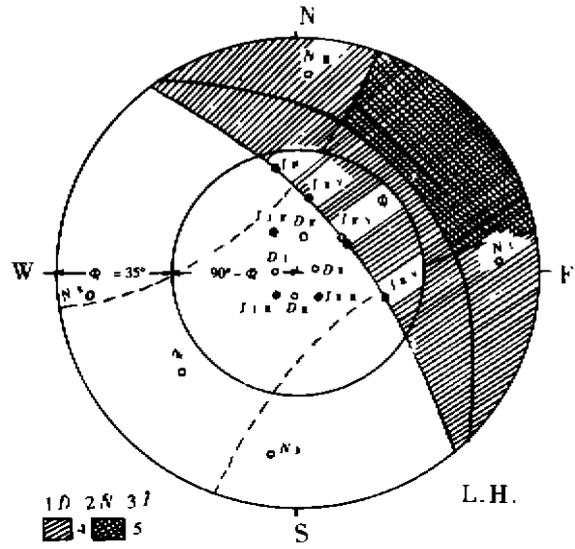
$\beta_R / ^\circ$ 为优势结构面法线的方位角, 自北逆时针旋转量得;

$\delta_i / ^\circ$ 为在 $\beta_R / ^\circ$ 方向, 法线自水平方向上仰的角度;

K_f 费希尔参数, 表优势结构面的离散程度。

1.2 破坏模式的运动学判释

据表 1 数据经平面(楔体)滑动和倾倒的运动学判释表明: 若给定优势结构面摩擦角 $\phi_i = 35^\circ$ 、粘聚力 $C = 0$, 上述五组优势结构面组合可能引起的破坏模式仅为滑动^[3]。(图 1)



1 优势结构面倾向矢量; 2 法线矢量; 3 交线矢量;
4 滑动落点(\hat{D} 、 \hat{I})区; 5 倾倒落点(\hat{N})区
图 1 平面(楔体)滑动和倾倒的运动学判定

2 关键块体的确定

2.1 几何确定

以上破坏模式仅据可能构成滑面或滑面交线的结构面产状和摩擦锥判定, 并未按周边被结构面切割呈单面或双面滑动的可移动块体, 即可移动节理锥 JP 考虑。

由块体理论(Block Theory)知, 块体可动的充分必要条件是:

$$\left. \begin{aligned} &JP \neq \Phi \\ &\text{且 } JP \cap EP = \Phi \\ &\text{或 } JP \subset SP \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

也就是说, 若裂隙锥 JP 完全包括在空间锥 SP 内, 则该裂隙锥在几何形态上就判属为可动块体。

例 2 层面裂隙和两组结构面发育, 产状分别为 (1) $N32^\circ E, NW < 75^\circ$ (2) $NS, E < 65^\circ$ 和 (3) 水平面。边坡走向为 $N45^\circ W$ 、倾向为 $N45^\circ E$, 最大安全设计坡角为 39° 。可移动块体分析表明 (图 2): 由三组不连续面切

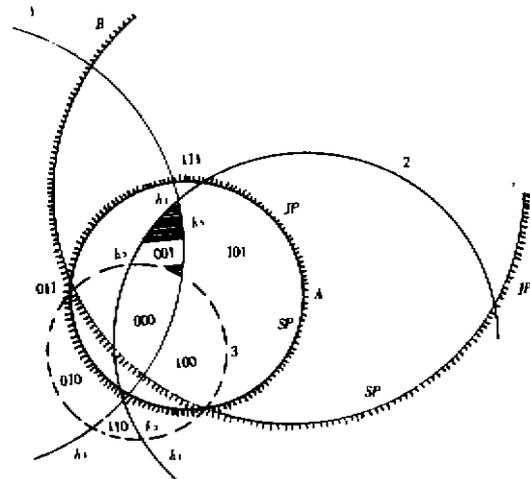


图 2 可移动块体的极射赤平投影确定

割的 8 个裂隙锥中,仅 001 裂隙锥为可移动块体。(图 3)

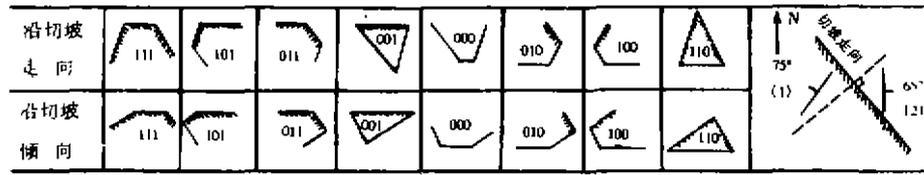


图 3 沿切坡走向和倾向的裂隙锥断面形状

2.2 实际确定

尽管按照几何形态已确定 001 块体可动,但不能说这就是在切坡面上实际存在的可动块体,还需要结合切坡面地质素描图作具体分析。

2.2.1 根据地质素描确定

由图 4a 知,实际存在的被不连续面贯通的可移动块体仅有编号为 mno 的 001 裂隙锥。

2.2.2 计算可移动块体体积

据图 4b、4c 和 4d,参照文献[1]可计算该移动块体体积和重量。

2.3 力学分析确定

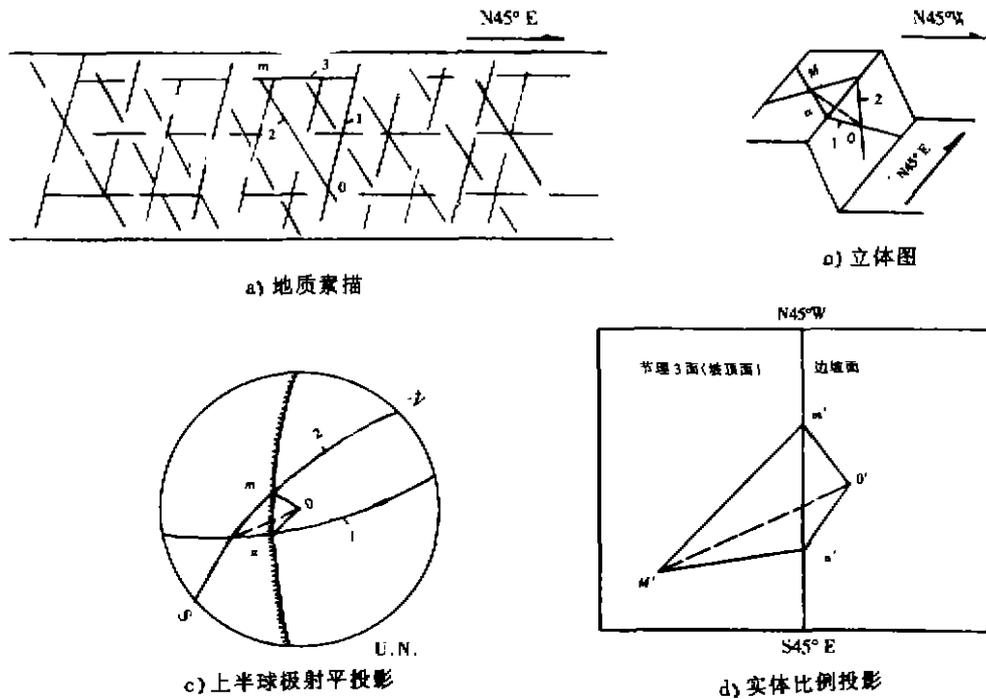


图 4 切坡坡面结构面地质素描和可移动块体实体比例投影

按式(3)求得该移动块体的安全系数 F_s 。只有 F_s 值小于 1,才能最后确定该可动块体

为关键块体,才为需要锚固的危岩。

$$F_s = \frac{\lg \Phi}{\lg \alpha} \quad (3)$$

式中 Φ 和 α 分以下两种情况取值:

- (1) 单滑面: Φ 为滑面摩擦角 Φ_1 (不考虑粘聚力 C) 或等效摩擦角 Φ' , α_1 为滑面倾角。
- (2) 双滑面: Φ 为组合内摩擦角 Φ_{1I} 或等效组合摩擦角 Φ'_{1I} , α_1 为双滑面交线倾角。

2.3.1 确定滑动方向

指确定滑面滑动方向和楔体滑动方向。

2.3.2 确定抗剪强度参数

指确定单滑面抗剪强度参数 Φ_1 或 Φ' , 和双滑面抗剪强度参数 Φ_{1I} 或 Φ'_{1I} 。

2.3.3 确定关键块体

如前所述,经几何确定,实际确定得到的可动块体是否为需锚固的关键块体,还需经过力学分析。据式(3)确定。

3 锚固方案的确定

3.1 参数确定

为使危岩锚固后,安全(稳定)系数 F_s 达到设计值,除已知滑面摩擦角 Φ_1 外,需据设计 F_s 值确定锚固所需滑面摩擦角 Φ (Φ' 、 Φ_{1I} 、 Φ'_{1I}) (图 5)。

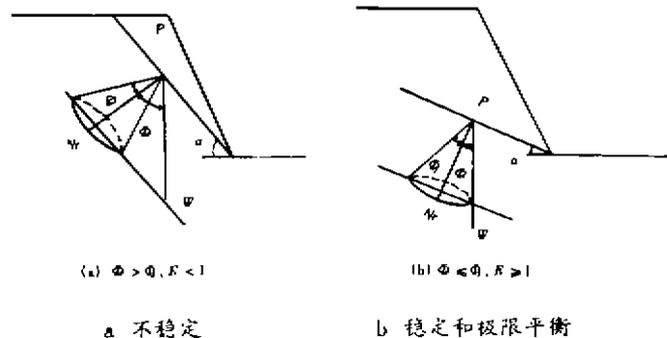


图 5 Φ 的定义

3.2 锚固力和锚固方案确定

通常,应考虑危岩自重 W 、水压力和水平地震力对危岩稳定性的影响。

现以仅考虑自重作用的单滑面锚固为例。

例 3 已知某切坡坡面有一关键块体(即危岩,重 400 t,可能的滑面产状为 N 30° W, NE < 50°, 内摩擦角 $\Phi_1 = 30^\circ$, 面积为 200 m²),为使该关键块体稳定, $F_s = 1$ 和 $F_s = 1.5$,问最小锚固力和最佳锚固方位为何值?

由图 6 知,相应于 $F_s = 1.5$ 的可锚固方位范围、最佳锚固方位需要的最小锚固力 (B) 和锚杆上仰角 (δ) 分别为 II、S60° W、137 t 和 20°; I、S60° W、194 t 和 29°。

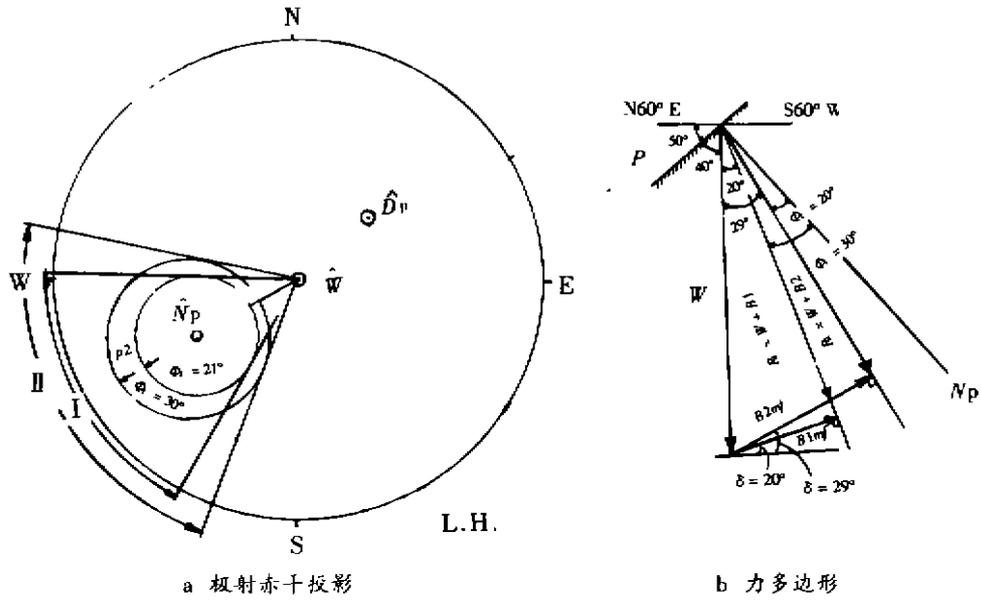


图 6 锚固方位和锚固力的极射赤平投影和力多边形

4 验证分析

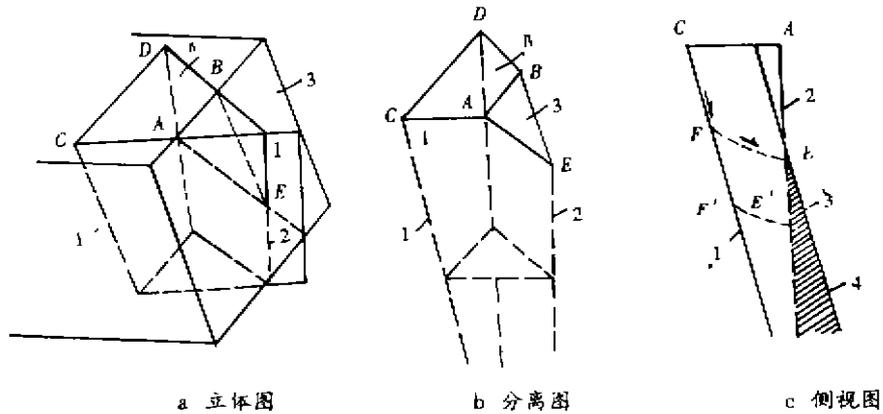
限于篇幅,以重庆大学高陡边坡危岩锚固工程为例,按上述各步,作如下简略分析。

4.1 破坏模式的运动学判释

如图 1 所示,破坏模式仅为滑动。其一沿第 V 组结构面即卸荷裂隙面滑动。其二沿 I、V 面交线或 II、V 面交线或 III、V 面交线或 IV、V 面交线滑动。

4.2 关键块体的确定

经几何判定,无可动块体。这与地质素描所反映出的根部未断的三棱柱形岩块是一致的(图 7)。但通过与该场地邻近边坡面危岩发展趋势的类比,在图 7c 所示切坡面与三棱柱外缘相交的交点 E 以上的临空部份,可能发育如 FE 面那样切割棱柱根部的结构面,使棱



1 卸荷裂隙(V)面; 2 外棱柱; 3 坡面; 4 岩墙

图 7 优势结构面切割形成的三棱柱块体

时,该法尚需进一步考虑岩体的变形问题,不能简单地视危岩为刚体。

参 考 文 献

- 1 孙玉科,古迅. 赤平极射投影在岩体工程地质力学中的应用. 北京:科学出版社,1980
- 2 Goodman R. E. and Genhua Shu, The Removability of blocks, Block Theory and its Application to Rock Engineering, New Jersey, Prentice - Hall, Inc, 1985: 98 - 111
- 3 Goodman R. E. Applications of Rock Mechanics to Rock Slope Engineering. Introduction to Rock Mechanics (Second editions). New York: John Wiley, 1989: 293 - 340

Determination of an Optimum Scheme for Bolting Unstable Rocks on a Rock Slope

Guo Yingzhong

(Faculty of Civil Engineering, Chongqing Jianzhu University, 630045)

Abstract Using basic principles of stereographic projection, block theory and rock mechanics, this paper tries to find a simple and easy method for determination of an optimum scheme for bolting unstable rocks on a rock slope in design of slope engineering. finally, examination and analysis is made of the completed project for bolting the unstable, high and steep rock slope on the campus of Chongqing University.

Key Words stereographic projection, block theory, unstable rock, bolt scheme

(编辑:袁江)