

岩质山体崩塌的岩土工程设计与治理

向 铭,王新民

(安徽省核工业勘查技术总院,安徽 芜湖 241000)

摘 要:根据山体岩石易产生崩塌的原因及岩石的结构特点,通过理论分析和研究计算,阐述了岩石边坡加固治理设计方案,为锚杆加固岩石边坡设计提供了简便易行的方法,并就应用卸、锚、喷技术进行综合治理,给出了工程计算实例。

关键词:岩体崩塌;削方卸载;锚固;喷射砼

岩质山体崩塌是危害人民生命和财产安全的严重地质灾害之一,已越来越引起国家及有关部门的重视,对其进行有效防治,对保护人民的生命财产安全,保障经济建设的顺利进行,有着十分重要的意义。

1 工程概况

大官山(又称海军山),位于安徽省芜湖市新芜区,属市中心地带。周围居民密集,民房距山体近在咫尺。每逢雨季岩石崩塌现象时有发生。

根据地质调查及岩土工程勘察证实,大官山山体由中酸性次火山岩组成,岩石节理裂隙发育且具较强绿泥石化和褐铁矿化,20 世纪 50 年代,该区为采石场,使原本就破碎的山体将安全角(坡角)采空,形成近似直立的陡壁,其坡高 28~30m,岩体边坡值 1:0.15,由于岩石长期裸露,遭风化剥蚀,使得岩石松散。由于 115°/75°、165°/70°两组裂隙构造与大官山东侧陡坡走向与倾向近似一致或小角度斜交,极易产生崩塌。该山顶没有系统有序的排水体系,地表水长期沿裂隙渗透,以及植被的根系沿裂隙生长,促使裂隙扩大,岩石受到含氧的地下水长期侵蚀、风化,如遇阴雨、大风、暴雪或震动时,滑动面抗剪强度下降,故近几年每逢雨季山体崩塌岩石现象时有发生。受有关部门委托,我们承接了该山体崩塌的岩土治理工作。

2 治理方案设计

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-94)规定,坡高在 15~30m 的岩体边坡值在(1:0.50)~(1:0.75),而大官山山体的东北侧坡高在 28~30m,其边坡值仅为 1:0.15。且由于岩石裂隙发育,在边坡中存在有一簇甚至多簇滑裂面,处于不自稳状态,在综合外力作用下特别是在强降雨的情况下,地表水的浸透,滑动面抗剪强度下降,岩体有变形、滑移的趋势。针对大官山岩石裂

6 结束语

从上述工程实例,说明应用水泥搅拌桩结合微型 CFG 桩处理建筑软土地基在技术上是可行的,经济上是合理的,具有广阔的应用前景,特别是在 9~12 层楼的建筑地基处理中值得推广。

隙十分发育、走向和倾向与坡度基本一致、坡陡、离民房近的实际情况,参照有关规范及有关资料,我们拟订的治理设计方案为:

2.1 排除险石,削方卸载

根据区域调查及岩土工程勘察资料,大官山山体岩石裂隙发育地段主要在山顶下 10m 左右范围,为了消除隐患,必须排除上部险石削方减载,增加边坡比,提高稳定性。

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-94)当岩体边坡的主要结构面走向平行于坡面、结构面,倾角小于坡角且大于其内摩擦角时,易产生平面破坏,稳定系数可按下列公式计算:

$$F_s = [CA + (W \cos \beta - \mu - V \sin \beta) \tan \varphi] / (W \sin \beta + V \cos \beta) \quad (1)$$

$$A = (H - Z) \text{CSC} \beta \quad (2)$$

$$\mu = \gamma_w ZW(H - Z) \text{CSC} \beta / 2 \quad (3)$$

$$V = \gamma_w Z_w \quad (4)$$

$$W = \gamma H^2 \{ [1 - (Z/H)^2] \cot \beta - \cot \alpha \} / 2 \quad (5)$$

式中: γ_w ——水的重度, kN/m^3 ;

γ ——岩体的重度, kN/m^3 ;

α ——坡角, $(^\circ)$;

β ——结构面倾角, $(^\circ)$;

φ ——结构面摩擦角, $(^\circ)$;

W ——滑体所受的重力, kN 。

因大官山东侧两组裂隙其走向、倾角与陡坡走向、倾角近似一致,稳定系数经计算为 $F_s < 1.0$, 小于规范建议的 $F_s = 1.00 \sim 1.05$, 故必须进行上部削方、排险石、卸载。

2.2 锚固锚杆设计

2.2.1 锚杆抗力计算

根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GBJ86-85)水泥砂浆锚杆的抗力可按下列公式计算:

参考文献:

- [1] 江正荣. 地基与基础施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [2] 林宗元. 岩土工程治理手册[M]. 沈阳: 科学出版社, 1993.
- [3] 软土地基深层搅拌加固技术规程(JB-91)[S].

$$K \cdot G_1 \leq fG_2 + nA_s f_{sv} + CA \quad (6)$$

式中: G_1 、 G_2 ——不稳定岩块平行作用于滑动面和垂直作用于滑动面上的分力, N;

A_s ——单根水泥砂浆锚杆钢筋的截面积, cm^2 ;

n ——锚杆根数;

A ——岩石滑动面的面积, cm^2 ;

C ——岩石滑动面上的粘结力, N/cm^2 ;

f_{sv} ——水泥砂浆锚杆钢筋设计抗剪强度, N/cm^2 ;

f ——岩石滑动面摩擦系数;

K ——安全系数;取 2。

根据此式计算(计算过程略)出锚杆的截面积为 $\geq \phi 25$ II 级螺纹钢及根据岩石的裂隙状况锚杆的间距为 0.6~2.0m。

2.2.2 锚杆结构设计

根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GBJ86—85), 锚杆的极限锚固力用下式计算

$$P = \pi L_a d g_s \quad (7)$$

式中: P ——锚杆极限锚固力;

L_a ——锚杆锚固段长度;

d ——锚杆锚固直径;

g_s ——锚固体表面与围岩间的粘结强度。

考虑到工程的安全性, 令锚杆设计锚固力 $N_t = P/K$, K 为安全系数, 取 $K \geq 2$ 。

由上述两式可解出:

$$L_a = k N_t / \pi d g_s \quad (8)$$

锚杆总长度为:

$$L = L_a + L_b + L_c \quad (9)$$

式中: L_b ——穿过裂隙面进入岩体长度;

L_c ——锚头段长度。

本工程中 L_b 为超过裂隙面 $\geq 1.0\text{m}$ 。

2.3 喷射混凝土支护设计

为加固和提高裸露岩体的稳固性, 封闭薄弱岩体的表面, 使其避免继续受风化、潮解和剥落, 对山体裸露岩面进行了喷射混凝土防护。

对局部不稳定岩体, 锚喷混凝土支护的抗力可按下式计算:

$$K_s G \leq 0.75 f_{ct} h u_r \quad (10)$$

式中: G ——不稳定岩块体重量, N;

f_{ct} ——喷射混凝土设计抗拉强度, N/cm^2 ;

h ——喷射混凝土厚度, cm;

u_r ——不稳定岩体出露面的周边长度, cm;

K_s ——安全系数取 2.5。

根据对大官山岩体的地质调查及岩土工程勘察, 结合上式, 计算出(计算过程略)喷射砼的设计强度为 C_{30} (抗拉强度为 1.4), 砼厚度 $\geq 8\text{cm}$ 。

为检查喷射混凝土的质量, 喷射混凝土施工应达到的平均抗压强度应按下式计算:

$$f'_{oc} = f_{oc} + S \quad (11)$$

式中: f'_{oc} ——施工阶段喷射混凝土试块应达到的平均抗压强度, MPa;

f_{oc} ——设计的喷射混凝土抗压强度, MPa;

S ——标准差, MPa。

2.4 排水体系设计

为防止山顶雨水渗入岩体及边坡, 根据芜湖市的历年降雨情况, 设计在距东北侧山顶 1.0m 处砌筑断面为 $30\text{cm} \times 40\text{cm}$ 明沟, 对山顶的地表水有组织的排放到山下。

2.5 拦石墙设计

因山体距民房较近, 最近处仅 4.7m, 为防止闲杂人员进入山体陡坡下及防止意外险石崩塌, 在山体与民房间砌筑拦石墙, 根据区域地质调查资料及山体岩石风化情况, 在山体及居民房间砌筑一高 1.60m、底宽 1.50m、上宽 0.40m 的拦石墙。

3 工程治理实例

(1) 排除险石、削方卸载施工。大官山局部崩塌治理正值 1999 年 4 月份, 为了防止山体岩石在降雨的情况下, 崩塌伤人, 排除险石时采取了搭架防护, 排除险石的施工方法, 搭架采用 $\phi 50$ 钢管搭设, 用锚杆固定于山体。另加钢丝绳拉牢, 架子上设尼龙绳及竹篱笆双层防护, 以防排下的险石伤人, 砸坏民房。排险石采用人工, 机械排除, 吊篮运送, 陡坡上树木砍除, 仅东侧上部 10m, 排除险石 2456m^3 , 砍伐陡岩上树木 626 棵。

(2) 锚固注浆。锚杆锚固在距山脚 3m 以上实施, 锚杆采用 7655 型风动凿岩机成孔, 钎头直径为 $\phi 42\text{mm}$, 孔深超过锚杆长度 50mm。锚杆杆材为 $\phi 25\text{mm}$ II 级螺纹钢, 倾角 15° , 长度以超过裂隙面 $\geq 1.0\text{m}$ 为宜, 根据岩体裂隙发育情况锚杆间距按 0.6~2.0m 菱形布置, 本工程施工锚杆 1286 根。锚杆粘结材料为 $R \geq 300^\#$ 水泥砂浆, 水灰比为 0.4, 灰砂比为 1:1.2, 采用高压软管由底向外排气注浆。注浆压力控制在 0.5~0.7MPa。

(3) 喷射混凝土支护: 喷射混凝土采用 500 升强制搅拌机及风动喷射机, 砼配比为水泥: 砂石 = 1:4, 砂率 50%, 水灰比为 0.45, 普硅 425 $^\#$ 水泥, 粗砂。喷浆前先用高压风水冲洗岩面, 并在岩面上埋设控制喷射砼厚度等的标志, 喷射顺序按自下而上进行, 喷头与受喷面应近似垂直, 且保持 0.6~1.0m 的距离, 喷射砼的回弹率不应大于 15%, 本工程计喷射砼 200 余立方米。

(4) 山顶排水体系改造: 山顶排水用片石设计在距东北侧山顶 1.0m 处砌筑断面为 $30\text{cm} \times 40\text{cm}$ 明沟, 实施有序排水下山, 防止雨水进入东北侧岩石裂隙中。

(5) 砌筑拦石墙设立警戒线: 在山脚的东北侧, 用片石砌筑高 1.60m 的拦石墙, 在山体与民房间形成一道屏障, 防止有零星险石砸坏民房。禁止闲杂人员进入山体下的危险区。

4 工程治理效果

该工程经治理后, 经受了 1999、2001 年两次强降水的考验, 未发现岩石崩塌现象, 受到了各级领导及周围居民的一致好评, 芜湖市组织有关方面专家对该工程的验收结论为: “大官山治理设计方案十分合理, 是芜湖市第一个成功的实例, 大官山山体局部崩塌的工程治理经验可为今后各类似工程提供借鉴。”实践证明, 良好的设计方案, 不仅是设计合理, 治理效果好, 且经济效益明显, 该工程最终造价比原有关部门预算节约 60%, 施工单位也取得了明显的经济效益和社会效益。