

文章编号: 1000-7598-(2005)增刊-163-04

全长粘结锚杆在崩滑体治理工程中的应用

周青春¹, 余仁强², 袁卫兵²

(1.中国科学院武汉岩土力学研究所, 武汉 430071; 2.湖北省咸宁市建设委员会, 湖北 咸宁 437000)

摘 要: 崩滑体是三峡库区奉节、巫山、巴东等地较为普遍的地质现象, 具有厚度大、风化破碎等特征, 是三峡库区地质灾害治理的主要对象, 锚固是崩滑体治理的手段之一。本文通过分析崩滑体的地质特征及全长粘结锚杆的作用机理, 结合三峡库区一大型崩滑体治理工程, 说明采用全长粘结锚杆不仅增加了坡体的抗滑力, 而且通过锚杆的植入改善了坡体的结构性, 从而提高崩滑体的稳定性。

关 键 词: 崩滑体; 锚杆; 机理; 稳定性

中图分类号: TV 554⁺.13

文献标识码: A

Application of wholly grouted anchor in the landslide control of large-scale loose sediment

ZHOU Qing-chun¹, YU Ren-qiang², YUAN Wei-bing²

(1. Institute of Rock and Soil Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China;

2. Xianning Construction Committee, Hubei Province, Xianning 437000, China)

Abstract: Large-scale loose sediment is the main geological hazard which should be treated at Fengjie, Wushan and Badong counties in the Three Gorges Reservoir area. Ground anchorage is one of the treatment method. In this paper the geological property of large-scale loose sediment and the mechanism of wholly grouted anchor are studied. The application of wholly grouted anchor in the treatment of a large-scale loose sediment in the Three Gorges Reservoir area is presented to show that the grouted anchors not only increase the sliding friction of the slope body, but also improve the constructive property of the slope body by sewing the loose party of slope through the friction distributing along the whole bar. The results indicate that the sliding stability of large-scale loose sediment can be greatly improved by using wholly grouted anchor.

Key words: loose sediment; anchor; mechanism; stability

1 前 言

崩滑体为滑坡堆积体和崩塌堆积体的总称, 是三峡库区常见的地质现象, 广泛分布于巴东、巫山、奉节等地。堆积体的主要表象如下^[1]: (1) 出露地层基本上是三叠系巴东组; (2) 在堆积体同基岩之间不存在类似滑坡的、连续的主滑带, 而且下伏基岩也十分破碎, 同时还可看到基岩向坡外弯曲, 并伴有倾向河床的、断续的断裂面; (3) 堆积层具堆积序次。崩滑堆积体地质作用可以分为 4 个阶段: 能量积累阶段、断裂体形成阶段、回弹变形与卸荷破裂阶段和表生改造阶段。

崩滑体是由地质长期营造作用的结果, 在历史

上历经形成、滑移到相对稳定状态等阶段。因此, 在自然状态下崩滑体一般不会整体滑移造成巨大地质灾害。据统计^[2], 三峡库区 1 600 余个崩滑体中, 自然状态下基本稳定的占 80 % 以上。然而, 当稳定条件发生改变时, 其稳定性系数将下降, 可能导致局部或浅层滑动。在三峡库区, 由于蓄水及水库运行时的水位涨落, 加上大量移民建设场址靠近或本身就是崩滑体, 极易导致地质灾害的发生, 因此必须采取适当的工程措施加以治理。

地质灾害治理工程中, 锚固是一种常用的技术手段。锚固能较充分地调用和提高岩土体的自身强度和自稳能力, 大大缩小结构物体积和减轻结构物自重, 显著节约工程材料, 并有利于施工安全, 是

提高岩土工程稳定性和解决复杂的岩土工程问题最经济最有效的方法之一^[3]。锚固工程中锚杆根据其作用方式可以分为:主动作用的预应力锚杆和被动作用的非预应力锚杆,按受力范围可以分为全长粘结锚杆和端部锚固锚杆。一般来讲,预应力锚杆为端部锚杆,在滑坡治理中提供抗滑力,对防止边坡变形起主要作用;全长粘结性锚杆为非预应力锚杆,主要对松散坡体起箍束骨架作用、分担作用、应力传递与扩散作用,同时对坡面变形有约束作用。

2 全长粘结锚杆的作用机理

地质灾害治理采用的全长粘结锚杆为拉力型锚杆,岩土对锚杆的作用力可分为粘结力与摩擦力。粘结力与浆体及其接触的岩土层有关,而摩擦力不仅与浆体及其接触的岩土层有关,而且与杆体材料有关。全长粘结锚杆杆体材料一般采用螺纹钢,当杆体受拉时,若杆体与浆体间存在相对运动,浆体产生类似径向膨胀现象,其作用效果使浆体受到周围介质的径向压力增加,当浆体与介质间具有相对运动趋势时,锚杆受到的摩擦力增加^[4]。

岩体和锚固体间的粘结力与摩擦力统称剪力。全长粘结锚杆的剪力分布是锚杆设计中值得关注的问题。大量的试验证明,岩石中的全长粘结锚杆的受力范围较小,在 15~20 倍锚固体直径以外地带已没有锚固力分布,只有锚杆顶部周围的岩体出现破坏后,锚固力才会向深部延伸^[5]。文[6]采用半弹性空间的 Mindlin 解给出全长粘结式锚杆的剪力与轴力分布:

$$\tau(x) = \frac{P}{\pi a} \left(\frac{1}{2} t x \right) \exp \left(-\frac{1}{2} t x^2 \right) \quad (1)$$

$$N(x) = P \exp \left(-\frac{1}{2} t x^2 \right) \quad (2)$$

式中 $t = \frac{1}{(1+\mu)(3-2\mu)a^2} \left(\frac{E}{E_a} \right)$, a 为锚杆体半径;

E 为岩体弹性模量; E_a 为锚杆体弹性模量; μ 为岩体的泊松比。

式(1)反映了锚杆的剪力分布与岩土层的性质有关,即与岩体弹性模量 E 有关。与锚杆体的弹性模量 E_a 相比, E 值越小,锚杆所受的剪应力最大值就越小,剪应力分布范围就越大、越均匀;反之, E 值越大,即岩体越坚硬,弹模越大,则最大剪应力值就大,剪应力的作用范围越小、越集中。另外,式(1)显示锚杆的受力是在固定长度上逐步发挥的,当某一固定长度上的剪力发挥到极限时,锚固体的

受力就会向深部转移,但锚固能力并没有得到显著的提高。

摩擦力的大小与锚固体与岩土层的接触状况有关。非压力注浆的土层锚杆,锚固力主要来自粘结力,摩擦力很小。全长粘结岩石锚杆由于粘结力较高,当荷载处于较高的水平时,锚固体就出现径向膨胀,若径向应力水平上升到它的抗压强度时,会出现浆体破裂。这种破坏会随着杆体的变形向深部延伸,即摩擦力会向深部传递,摩擦力的这种“深部传递”与粘结力的“深部转移”不同,导致摩擦力的分布与粘结力的分布截然不同。

由于全长粘结锚杆的锚固力分布局部集中的特点,一些学者提出了锚杆的有效长度问题^[7,8]。对于预应力锚杆,考虑到经济效率等指标,有效长度是值得探讨的问题,但对于非预应力的全长粘结锚杆,锚杆的长度不仅提供锚固力,而且对破碎松散的岩土介质具有缝缀作用,其锚固深度应根据被加固体的地质特征确定。

3 全长粘结锚杆在崩滑体治理中的应用

由于崩滑体具有破碎、松散的特征,其整体性差,在荷载及几何边界条件发生改变的情况下可能发生滑坡。边坡治理的目的就是提高坡体的稳定性。采用全长粘结性锚杆是崩滑体治理中的常用方法,目前以锚杆挡墙、锚杆格构及锚杆喷射混凝土为崩滑体常用的锚固手段,其中锚杆格构和锚杆喷射混凝土最为常见。本文结合三峡库区一大型崩滑体以说明全长粘结性锚杆的应用。

重庆市巫山县四道沟一带为大型崩滑体,滑体后缘呈明显的圈椅状地形,后部为一平台,坡度约为 10° ,中部为坡度 $20^\circ \sim 50^\circ$ 的斜坡;前部被四道沟切割而三面临空。滑体组成物质为紫红色泥岩和泥灰岩块石及粉质粘土。在滑体上部有现代滑坡形成。根据数值计算分析^[9],库区蓄水前滑体处于稳定状态,当库水位达到 145 m 时滑体局部出现塑性破坏,虽然其安全储备不高,但整体稳定性尚好。当库水位达到 175 m 正常高程时,滑体塑性破坏区进一步加大,整体稳定性系数逐渐下降。当库水位从正常水位骤降时,滑体处于较不稳定状态;当库水位从正常水位骤降遇地震发生,且地震烈度达 VI 度以上时,滑体则整体处于失稳滑移状态。因该堆积体的前部为拟建码头及沿江公路,后部为住宅小区,其安危影响极大。在治理过程中,坡体采用大量的全长粘结性锚杆,坡面采用混凝土格构和喷射混凝土两种支护方式。

根据坡体的地质情况, 设计采用 6 m 和 12 m 全长粘结锚杆, 杆体为 $\phi 25$ mm II 级螺纹钢, 粘结介质为 M30 砂浆, 锚固体直径为 80 mm, 锚杆倾角为 25° , 注浆压力 0.15 MPa, 同时设计要求锚杆抗拔力达到 90 kN (长度为 6 m), 110 kN (长度为 12 m)。锚杆施工完成后, 对治理区锚杆进行抗拔试验, 图 1 为长度为 12 m 锚杆 3 种典型的抗拔试验 $S-Q$ 曲线。

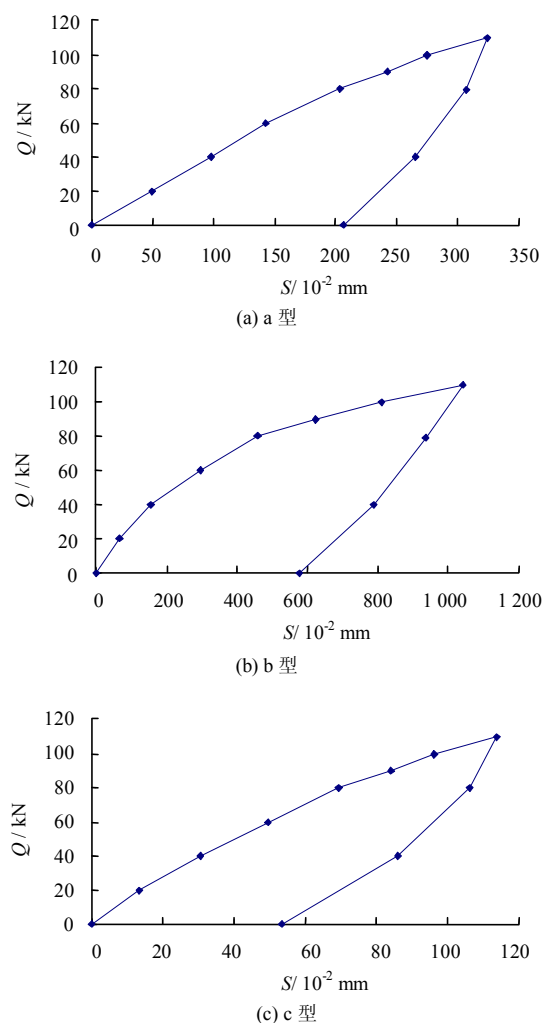


图 1 锚杆抗拔试验 $S-Q$ 曲线

Fig.1 $S-Q$ curves of anchor in pullout condition

由于试验设备的需要, 锚杆试验时预留自由段, 因此锚杆的变形有一部分为自由杆体的伸长。本试验自由杆体的伸长量为 0.56 mm, 以下分析锚杆的位移时均扣除该部分的变形。

类型 a 加载阶段荷载-位移为线性关系, 在试验最大荷载时锚杆位移量为 2.74 mm; 类型 b 加载阶段荷载-位移关系非线性较为明显, 在试验最大荷载时锚杆位移量为 10.44 mm; 类型 c 加载阶段荷载-位移曲线为线性关系, 在试验最大荷载时锚杆位移

量为 0.59 mm。由于岩石粘结型锚杆的荷载具有衰减快的特点, 注浆体与围岩间的相对位移 1~2 mm 足以发挥极限粘结力, 根据锚杆的位移量及变形荷载-位移特征, c 类型为岩石锚杆, a, b 类型为非岩石锚杆。

对于崩滑体这一特殊地质现象, 出现以上 3 种类型的锚杆荷载-位移曲线是一种正常现象。由于崩滑体具有松散、破碎的特征, 其组成物有块石及粘土, 而且分布极不均匀, 若锚杆处于碎石较为集中的土层中, 由于压力的作用, 浆体容易进入松散的碎石中, 形成土-碎石-水泥浆复合体, 相当于增大了锚杆直径, 使其抵抗变形能力增强, 类似于情况 a; 若锚杆处于碎石含量较少的土层中, 土层的剪力作用使锚杆在峰值荷载前容许较大的位移, 如情况 b; 当锚杆完全进入大型岩块中, 浆体与岩石间的胶结变形为弹性变形, 峰值荷载之前, 锚杆的抗拔力来源于锚固体的前端局部区域, 此时锚杆的位移为较小的量值, 如情况 c。

从坡体受力变形过程看来, 全长粘结锚杆是一种被动锚杆, 只有当坡体发生滑移时, 锚固体才能提供抗滑力。但是从另外的角度上讲, 全长粘结锚杆是一种主动支护方式。

崩滑体浅层松散结构难以保证自身稳定。当坡体植入一定密度的锚杆时, 杆体与坡体相互作用形成土锚复合体, 增加了坡体的刚度, 弥补了松散堆积体强度不足的弱点, 使土体自身的强度潜力得以发挥, 改变了坡体的受力变形性状, 使其稳定性大大提高。

图 1 中 3 种类型的锚杆位移差别大, 当坡体变形时, 由于变形的不协调, 容易导致部分锚杆提前失效, 从而引发支护失败。为协调锚杆的变形, 保证坡体的稳定, 通过钢筋混凝土格构或挂网喷射混凝土的方式, 使锚杆联成整体, 同时也增加了坡体的整体刚度。另外, 作为坡面防护的格构或喷射混凝土面层, 亦需要全长粘结锚杆对其进行固定。

4 结 语

崩滑体是三峡库区地质灾害治理的主要对象, 全长粘结锚杆在崩滑体锚固工程中有其独到的优势: 锚杆进入稳定的岩层, 通过粘结力和摩擦力, 为坡体提供抗滑力, 同时通过杆体和浆体的缝缀作用, 提高了松散体的强度和刚度, 改善了土体的结构, 使崩滑体的稳定性得以提高, 坡体抗滑性质由被动转为主动, 另外, 全长粘结锚杆为坡面防护系统提供锚固支撑, 使崩滑体的整体性得到提高。

参 考 文 献

- [1] 殷跃平, 张加桂, 陈宝荪, 等. 三峡库区巫山移民新城址松散堆积体成因机制研究[J]. 工程地质学, 2000, 8(3): 266—271.
- [2] 田一德, 汪小莲. 三峡水库库岸崩滑体处理问题初探[J]. 人民长江, 1999, 30(11): 6—7.
- [3] 程良奎. 岩土锚固的现状与发展[J]. 土木工程学报, 2001, 34(3): 8—12.
- [4] 荣冠, 朱焕春, 周创兵. 螺纹钢与圆钢锚杆工作机理对比试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(3): 469—475.
- [5] 伊克良, 徐华斌, 娄延春. 浅议全长粘结型岩石锚杆的锚固深度[J]. 有色金属设计, 2004, 31(3): 37—44.
- [6] 尤春安. 全长粘结式锚杆的受力分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2000, 19(3): 339—341.
- [7] 张乐文, 汪稔, 徐海滨, 等. 注浆锚杆在边坡加固工程中的应用及试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 21(增 1): 1 209—1 212.
- [8] 渠时勤, 黄中木. 锚杆锚固段合理设计长度分析[J]. 重庆交通学院学报, 2000, 19(3): 94—97.
- [9] 方云, 陈爱云, 张涛, 等. 四川巫山县四道沟滑坡稳定性分析评价[J]. 现代地质, 2002, 16(3): 327—330.