

广州某边坡滑塌原因分析

李 川, 杨光华

(广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510610)

摘 要: 该文通过对广州某边坡发生 3 次滑塌的原因进行分析, 提出了边坡工程在设计施工方面应注意的一些经验教训。

关键词: 圆弧滑动安全系数; 炭质页岩; 锚头连接部位

中图分类号: TU753.8 文献标识码: B 文章编号: 1008-0112(2008)08-0088-02

1 概述

广州某边坡工程曾在 1 年多的时间内发生 3 次滑塌。该边坡支护采用锚杆加格梁系统, 第 1 次局部滑塌发生在边坡支护系统施工过程中, 在对局部滑塌部分进行喷锚加固处理后, 边坡支护工程得以继续进行并施工完毕。但 1 个月后, 边坡中间部位再次发生局部滑塌, 边坡格梁被拉断, 滑塌范围宽约 20m。工程甲方于是对边坡进行全面加固处理, 滑塌处采用喷锚支护, 原格梁支护系统的格室也用喷砼覆盖裸露的土层。经加固处理后, 边坡放置了 1 年, 但在 2008 年 5 月经强降雨侵蚀后, 边坡再次出现裂缝并随后出现滑塌。

2 边坡的地质及支护情况

该边坡工程位于花都区迎宾大道, 边坡高约为 4.0~11.0m、长约 120m、坡度约为 50°~60°。边坡的支护采用锚杆加格梁系统, 锚杆为 B25mm 钢筋锚杆, 长度为 12~15m, 间距为 @2.5m × 2.5m。

边坡场地地貌单元属丘陵坡地, 岩土层自上而下划分为坡积层、残积层及石炭系基岩等 3 大类。

坡积层土性为粉质粘土, 浅黄色、褐黄色, 可~硬塑, 粘性较好, 分布边坡顶部, 岩土力学参数参考取值为: 容重 $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$, 粘聚力 $c = 18 \text{ kPa}$, 内摩擦角 $\phi = 16^\circ$; 锚固体与土体粘结强度特征值 $f_{tb} = 30 \text{ kPa}$ 。

残积层土性为粉质粘土, 为石炭系页岩风化残积土, 呈浅黄色、褐黄色、灰色等色, 稍湿, 可~硬塑, 分布于边坡中层。岩土力学参数参考取值为: 容重 $\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$, 粘聚力 $c = 25 \text{ kPa}$, 内摩擦角 $\phi = 18^\circ$; 锚固体与土体粘结强度特征值 $f_{tb} = 40 \text{ kPa}$ 。

石炭系强风化层基岩岩性为炭质页岩, 呈灰黑色,

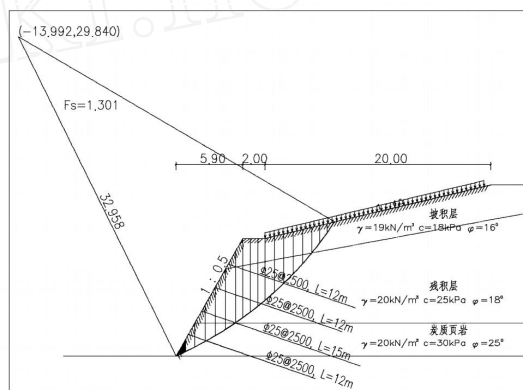


图 1 边坡正常状态下的稳定计算结果

褐黄色, 岩石风化强烈, 岩芯呈半岩半土状, 岩质软, 强度低, 分布于边坡底部。岩土力学参数参考取值为: 容重 $\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$, 粘聚力 $c = 30 \text{ kPa}$, 内摩擦角 $\phi = 25^\circ$; 锚固体与土体粘结强度特征值 $f_{tb} = 60 \text{ kPa}$ 。

在这样的地质情况及支护体系下, 边坡本应该是安全的。以边坡中最危险的一个剖面为例进行分析, 采用 Bishop 的极限平衡分析计算方法对剖面的整体稳定性进行计算分析, 验算其最小安全系数是否达到《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2002)要求的 1.30。经验算, 该剖面的最小圆弧滑动安全系数为 $F_s = 1.301 \geq 1.300$ (见图 1), 满足规范要求。

那么, 究竟是什么原因使得边坡在 1 年多的时间内一而再、再而三地发生滑塌呢? 下面我们试图对边坡的 3 次滑塌的原因进行分析。

3 边坡坍塌的原因分析

3.1 第 1 次滑塌原因分析

边坡第 1 次滑塌发生在施工期间, 边坡处于土方开挖

收稿日期: 2008-09-01

作者简介: 李川 (1973-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事水利水电岩土工程的研究。

到底,但支护结构未施工。我们选取发生滑塌部位附近的剖面,用上述稳定分析方法对边坡进行验算,经验算,边坡在已开挖到底但未支护的情况下其安全系数为 $F_s = 1.093$ (见图 2),此时边坡处于临界状态,再加上边坡土体完全暴露,2~3月份的降雨使边坡土质变软(边坡的残积层及炭质页岩层均有遇水变软特性),使边坡变得不稳定,从而发生滑塌。其实,边坡在支护施工时如能采取边开挖边支护自上往下的施工方法,也许这次滑塌可以避免。

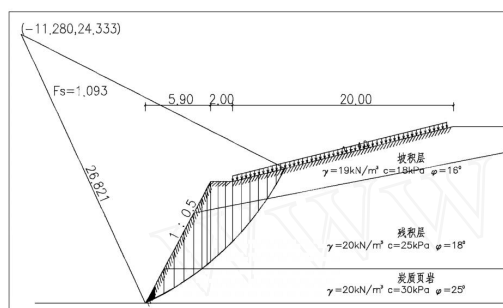


图 2 边坡开挖到底后未支护时的稳定计算结果

3.2 第 2 次滑塌原因分析

边坡第 2 次滑塌发生在支护结构完工后,边坡工程状况如下:此时支护结构虽然已经完成,但由于格梁格室内土体完全暴露,4~5 月份为多雨时节,在雨水浸泡下,土体变软,土压力增大,致使边坡变得不稳定;同时,格梁强度没达到设计要求,也是支护结构的一个薄弱环节;另外,根据现场人员描述,滑塌时,格梁拉断而锚杆未被拔出,则有可能使锚杆和格梁的连接质量有问题。所有这些不利因素都有可能致使格梁护不住下滑的土体而被拉断,边坡发生滑塌。用上述稳定分析方法对土体遇水变软时的边坡进行验算,当土体遇水变软后,各层土的特性发生变化,其岩土力学参数按以下考虑:坡积土 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $c = 12 \text{ kPa}$, $\phi = 15^\circ$;残积土 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, $c = 17 \text{ kPa}$, $\phi = 17^\circ$;强风化炭质页岩 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, $c = 24 \text{ kPa}$, $\phi = 25^\circ$ 。此时,其稳定安全系数为 $F_s = 1.076$ (见图 3),边坡处于临界状态,任何的不利因素都有可能引发边坡滑塌。而事实上,边坡这次滑塌后的坡形与计算出的最小安全系数滑裂面基本一致,正好说明了我们对其滑塌分析的正确性。

3.3 第 3 次滑塌原因分析

第 3 次滑塌发生在边坡支护系统完成后 1 年。经过上 2 次滑塌,边坡也已做了加固处理,原格梁支护系统的格室也用喷砼覆盖裸露的土层。然而,边坡坡脚未能硬化,坡脚排水沟未能及时施工,2008 年 5 月份又逢百年一遇大雨,边坡坡脚岩土层遇水泡软,致使边坡出

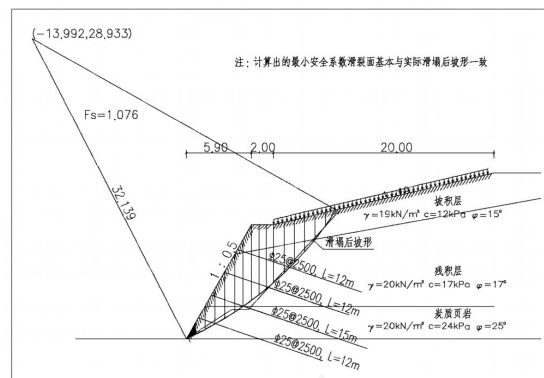


图 3 边坡土层遇水变软后的稳定计算结果
现再次滑塌。

在这次滑塌中,强降雨致使边坡坡脚岩土层遭受浸泡变软是一个原因,同时,支护结构的缺陷也是边坡滑塌的一个重要因素。虽然,从滑塌前的锚杆抗拔力检验结果看,锚杆抗拔力符合设计要求,但是,从边坡滑塌后的情形看,垮塌的格梁未能将锚杆拉出,这说明了边坡锚杆的抗拔力没问题,而是锚杆锚头与格梁的连接强度不足。当坡底土体经雨水浸泡变软后,格梁在自身重量作用下发生沉降,由于锚杆锚头与格梁的连接抗拉强度不足,从而使格梁与锚杆锚头脱节,引起锚杆失效,边坡支护系统未能发挥应有作用,边坡失稳。事后查证设计文件及竣工文件,结果表明锚杆锚头与格梁的连接过于简单化,锚头钢筋与格梁主筋的焊接长度过短,导致抗拉强度不足。该连接部位的强度不足在滑塌之前确未能引起各方的重视,这也是引发边坡滑塌的因素之一。

4 结语

从边坡的这几次滑塌事故中,我们可以得出以下一些借鉴:①边坡施工时应尽量避免开挖到底后再进行支护结构施工的工序,应尽量采用自上往下边削坡边施工支护结构的工序;②炭质页岩这类岩层在雨水浸泡下变软的程度应引起边坡设计人员的足够重视,如有条件,应通过室内三轴试验确定其在遇水条件下软化后的岩土力学参数,以便在边坡设计中更准确地把握边坡的岩土特性;③在边坡设计中,一些细节问题的忽略(例如本例中的锚头连接部位)往往可能引发大的事故,对于这些问题,设计施工人员在设计施工过程中都应慎之又慎,才能避免事故的发生。

参考文献:

- [1] GB50330 - 2002. 建筑边坡工程技术规范 [S].
- [2] CECS22: 2005. 岩土锚杆(索)技术规程 [S].
- [3] 林宗元. 岩土工程试验监测手册 [M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1994.