

基于正交试验法的堆载边坡稳定性分析

叶 子¹, 黄开生²

(1. 江西省上饶市科信水利水电勘察设计咨询有限公司, 江西 上饶 344000;
2. 浙江省宁波市鄞州区水利水电勘察设计院, 浙江 宁波 315192)

摘 要: 为了研究坡顶处堆载宽度、堆载范围与坡面的最小距离以及堆载大小对边坡稳定性的影响, 采用大型岩土有限元软件 GTS - NX 并结合正交试验设计方法, 对堆载边坡的稳定性进行敏感性分析。计算结果表明: 边坡的稳定性系数会随着坡顶堆载作用宽度的加宽、堆载范围与坡面最小距离的减小以及堆载荷载的增大进而减小; 以上三种因素通过极差分析, 其敏感性由大到小为: 均布堆载大小(q) > 堆载作用宽度(B) > 堆载作用范围距坡面的最小距离(d)。

关键词: 正交试验; 堆载边坡; 极差; 稳定性系数

中图分类号: P642.22

文献标识码: B

文章编号: 1004-4701(2017)04-0243-03

0 引言

滑坡现象在世界各地都是常见的灾害之一。我国特别是近几年的不断发展, 各种基础设施的不断扩建, 涉及交通工程、水利水电工程、市政工程及新能源开发工程等领域, 更是促进了边坡在堆载情况下诱发破坏现象的出现^[1,2,3]。交通工程建设中, 因开挖产生的土石料或工程中废弃的材料等直接堆放至坡顶或者坡体, 甚至某些地域出现在坡顶或者是坡体上修建建筑物、堆放废土或者是废弃矿渣等^[4], 这样在边坡上进行堆载活动会对其边坡的稳定性产生一定的影响, 更有甚者会带来毁灭性地质灾害^[5]。然而, 国内外众多学者对堆载边坡的研究主要局限于^[6]自然条件作用下的边坡, 或者是考虑工程背景下的滑坡机理以及成因分析, 而针对堆载边坡稳定性定量分析相对较少。因此, 笔者尝试着在正交试验法的基础上, 对堆载边坡变形破坏机理进行初步的探究。

目前, 众多有限元软件的不断发展与成熟, 在边坡稳定性分析领域采用数值模拟也越来越广泛, 其中包括 ABAQUS、FLAC、MIDAS - GTS、ADINA 及 GEO - STUDIO。计算采用大型通用岩土有限元分析软件 MIDAS/

GTS NX。GTS NX(New experience of Geo - Technical analysis System)是一款针对岩土领域研发的通用有限元分析软件, 不仅支持线性/非线性静力分析、线性/非线性动态分析、渗流和固结分析、边坡稳定分析、施工阶段分析等多种分析类型, 而且可以进行渗流 - 应力耦合、应力 - 边坡耦合、渗流 - 边坡耦合、非线性动力分析 - 边坡耦合分析。广泛运用于地铁隧道、边坡、基坑、桩基、水利工程、矿山工程等各种工程的建模分析。

1 边坡堆载数值分析

选取某堆载土质边坡为研究对象。该边坡的坡度为 20 度, 整体坡度高达 20 m, 坡体长度为 55 m, 堆载边坡尺寸大小如图 1 所示。采用 GTS - NX 对选取边坡进行二维网格划分, 选取尺寸为 1 m, 总共单元数为 4 065, 节点数为 4 221, 具体网格划分如图 1。

该边坡为均质土质边坡, 在本次数值模拟计算过程中使用的材料参数主要根据室内试验和工程类比法进行取值, 采用材料的本构模型为 Mohr - Coulomb 模型, 主要物理力学参数为: 重度为 19 kN/m³, 弹性模量为 12 000 kPa, 泊松比为 0.25, 内摩擦角为 25°, 粘聚力为 20 kPa。边界约束条件为两端控制水平方向位移, 底部

3 敏感性分析

根据《建筑边坡工程技术规范》中对边坡稳定性安全系数的规定,边坡稳定性系数大于 1 时,坡体处于稳定的状态;当边坡的稳定性系数等于 1 时,边坡处于临界状态;当边坡的稳定性系数小于 1 时,边坡已经破坏。而本次试验结果显示,所有实验在堆载作用下边坡保持稳定。当堆载作用的宽度越宽,边坡越容易失稳;当堆载距离坡面、边坡越近,边坡越容易失稳;当堆载荷载越大,边坡越容易破坏。

表 2 多因素敏感性分析

因素	B/m	d/m	q/kPa
K_1	5.763	5.209	6.154
K_2	5.326	5.466	5.444
K_3	5.268	5.683	4.759
R	0.495	0.474	1.395
敏感性	$q > B > d$		

针对于表 1 中的稳定性系数进一步整理分析,得到结果如表 2。结果显示对堆载边坡稳定性系数影响最大的是堆载荷载的大小,荷载在坡顶作用的宽度对堆载边坡的影响次之,最后才是荷载作用范围距离坡面的最小距离影响堆载边坡的稳定性系数;对于本次试验的最优方案为 $B=3\text{ m}$, $d=4\text{ m}$, $q=100\text{ kPa}$,即在此方案中堆载边坡的稳定性系数能够达到最大(堆载边坡稳定性最好,最不容易发生破坏)。

通过正交试验可知,荷载作用范围距离坡面的最小距离对堆载边坡稳定性系数的影响较小,进一步研究得出:荷载作用宽度保持不变,当均布荷载 $q=100\text{ kPa}$ 时,荷载作用宽度 $B=3\text{ m}$,荷载作用范围距离坡面的最小距离大于 8 m ,边坡稳定性系数基本保持在 2.10 左右;当均布荷载 $q=300\text{ kPa}$ 时,荷载作用宽度 $B=7\text{ m}$,荷载作用范围距离坡面的最小距离大于 10 m ,边坡稳

定性系数基本保持在 2.18 左右。即荷载作用宽度保持不变,在堆载边坡中均布荷载较小($100\text{ kPa} \sim 300\text{ kPa}$)时,荷载作用范围距离坡面的最小距离大于 10 m ,边坡的稳定性系数基本不受影响。

4 结 论

(1)堆载边坡的失稳与堆载的范围、与边坡的距离大小以及堆载的大小密切相关。堆载边坡中的坡顶堆载作用的宽度越宽、堆载距离坡面越近以及堆载荷载越大都不利于边坡的稳定。

(2)通过正交试验,分析影响堆载边坡稳定性系数的主要因素,得出由大到小影响堆载边坡稳定的结果为:均布堆载大小(q) > 堆载作用宽度(B) > 堆载作用范围与坡面的最小距离(d)。

(3)堆载边坡中均布荷载较小($100\text{ kPa} \sim 300\text{ kPa}$),荷载作用宽度小于 7 m 时,荷载作用范围距离坡面的最小距离超过 10 m ,边坡的稳定性系数将不受影响。

参考文献:

- [1] 张科,曹平,刘紫曜,等. 不同条件下三维边坡失稳规律的数值模拟[J]. 中国有色金属学报,2011,21(11):2490~2502.
- [2] 陕西省高速公路建设集团公司,陕西省公路勘察设计院,长安大学. 铜黄公路高边坡稳定性与治理对策研究[R],2002.
- [3] 张茂省,李同录. 黄土滑坡诱发因素及其形成机理研究[J]. 工程地质学报,2011,19(4):86~96.
- [4] 石建勋,刘新荣,廖绍波,等. 矿区排土场堆载对边坡稳定性影响的分析[J]. 采矿与安全工程学报,2011,28(2):258~262.
- [5] 黄敏,李夕兵,付玉华,等. 江西省永平铜矿西部排土场极限堆载高度确定[J]. 中国地质灾害与防治学报,2008,19(2):109~112.
- [6] 刘悦,黄强兵. 模拟堆载作用的黄土边坡土体变形机理试验[J]. 地球科学与环境学报,2007(2):77~81.
- [7] 王洪兵,姚磊华,文海. 基于 FLAC3D 进行堆载作用下边坡稳定分析[J]. 勘察科学技术,2012(4):5~10.
- [8] 方开泰,马长兴. 正交设计与均匀设计[M]. 北京:科学出版社,2001:1~17.

编辑:张绍付

(下转第 250 页)