

暴雨诱发高填深挖路基边坡失稳分析

马莎, 胡金虎, 万腾飞

(华北水利水电学院, 郑州 450045)

摘要: 为研究暴雨诱发作用下高填深挖路基边坡稳定性问题, 分析了暴雨诱发碎石边坡失稳机理, 研究了暴雨和正常两种计算工况下边坡稳定性, 采用摩根斯坦-普赖斯分析方法, 分析了两种工况下高填深挖碎石边坡抗剪强度、抗剪能力和边坡安全系数的变化, 与正常工况相比, 暴雨作用下边坡土体的凝聚力和摩擦强度都显著降低, 安全系数显著降低, 因此, 暴雨导致边坡抗剪强度和抗剪能力明显降低, 使安全系数降低, 导致边坡失稳现象发生。为高填深挖路基边坡稳定性评价及防治措施提供依据。

关键词: 暴雨; 路基边坡; 失稳; 碎石土

中图分类号: P426.616; P642.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0235-03

Analysis on Instability of High Filling Digging Deeply Embankment Slope Resulted from Heavy Rain

MA Sha, HU Jin-hu, WAN Teng-fei

(North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China)

Abstract: To study the stability problem of high filling digging deeply embankment slope resulted from heavy rain, the instability mechanism of debris slope caused by heavy rain is analyzed. Under two calculation operating conditions, as is heavy rain and normal operating condition, the stability of slope is calculated. The Morgenstern-Price Method is adopted, and the change of the strength, ability of shear strength and safety factor of slope are analyzed. Compared with the calculated results under normal operating condition, under the heavy rain operating condition, the strength and ability of shear strength is much lowered, and the safety factor is much reduced. So heavy rain lowers obviously the strength and ability of shear strength and reduces the safety factor, so to result in the slope being collapsed. So it provides evidence for analysis deformations stability assessment and control of high filling digging deeply embankment.

Key words: heavy rain; side slope of roadbed; unstability; debris

近年来,我国大量修建高等级公路,大量的高填深挖路基的边坡稳定问题日渐突出,边坡体一旦失稳,将会对路上行驶的车辆造成威胁,危及到人民生命财产安全。降雨入渗条件下高填深挖路基的承载力不足,渗透性较大,变形较大,抗剪能力降低,是高等级公路全线施工能否安全实施的“瓶颈”部位,尤其在降雨甚至暴雨条件下,以局部的滑塌、地表变形为主要变形特征的高填深挖路基边坡在自重下发生滑移^[1-4],因此,研究暴雨条件下高填深挖路基的边坡稳定问题,通过分析高填深挖路基失稳机理,可以加大地质条件勘查力度,提高对降雨等诱发因素的关注意

度,尤其对于复杂地下地质环境进行高填深挖路基施工过程中,做到动态设计和施工,并制定卓有成效的应急防范措施,有效避免高填深挖路基在暴雨等其它因素综合作用下,造成设计、施工及管理运营措施不到位造成的工程灾害^[5-8],能为边坡变形体的稳定性评价及防治措施提供依据,具有重要的工程实践意义。

1 暴雨诱发高填深挖路基的边坡失稳机理

某西北地区工程设计起止路面高程为 625.463

收稿日期: 2010-6-18

资助项目: 河南省高等学校青年骨干教师资助项目(2009GGJS-063); 河南省教育厅资助项目(2008B560007); 华北水利水电学院高层次人才科研启动项目(200915)

作者简介: 马莎(1970-),女,河南潢川人,副教授,博士,主要研究方向为地下工程围岩变形分析。E-mail: masha@ncwu.edu.cn

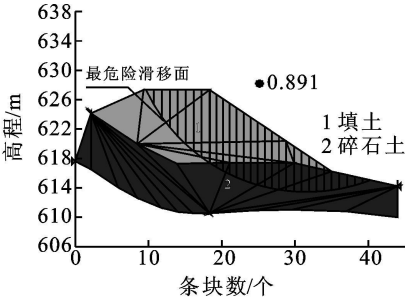
~ 630.612 m, 最大填方高 21.25 m, 一般填方高 11.04 m, 路基边坡由上覆填土、碎石土层和砂岩组成, 碎石土层主要由粉质黏土、碎石、块石不均匀混合组成的碎石土, 碎石含量约 50% ~ 60%, 成分以砂岩为主, 呈强风化状态, 但岩土界面较缓, 坡度 15° ~ 20°, 工程区内地表水类型为大气降水斜坡面流, 地表水冲刷作用大, 雨季时地表水沿斜坡汇入冲沟排泄, 流量受季节控制, 因此, 雨季洪水及暴雨, 将会诱发坡面滑坡变形体和整个斜坡失稳, 对路上行驶的车辆造成威胁, 危及到人民生命财产安全。

暴雨诱发边坡失稳, 主要影响因素为: 土体结构组成、降雨强度及持续时间、地下水变化以及温度变化等。由于天然碎石土有较多大孔隙, 这些大孔隙与碎石土的物质结构组成密切相关, 碎石含量越大, 级配越差, 碎石土中因细颗粒填充不足而形成的孔隙越多, 导致整个边界上接受外界水补给但仅有少部分土体能快速运移通过的现象^[1], 而降雨强度与这种现象的产生有密切关系, 降雨强度越大, 这种现象发生越明显; 而且由于暴雨作用, 在较短的时间内发生较大强度的降雨, 增加了边坡下滑重力, 同时, 减小了土体的抗剪能力, 增加了变形体的变形, 导致边坡失稳现象发生。

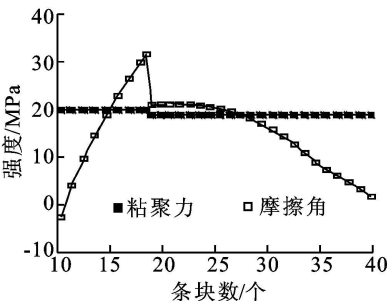
2 分析方法和模型建立

2.1 分析方法

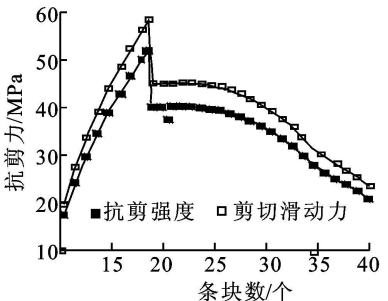
采用摩根斯坦-普赖斯法进行分析, 该方法理论



(a) 安全系数 F_s

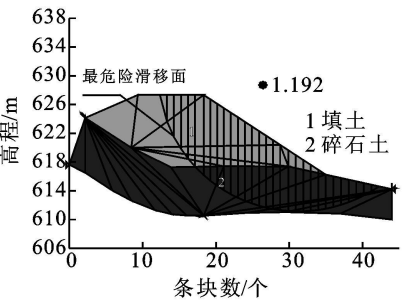


(b) 强度变化图

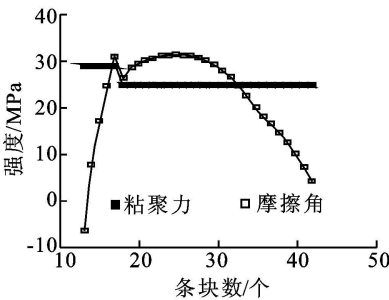


(c) 抗剪强度变化图

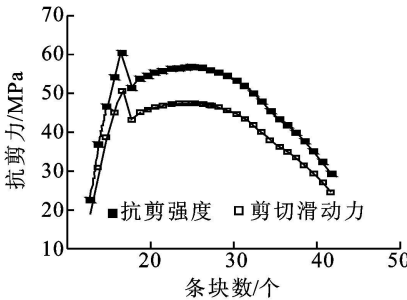
图 1 暴雨工况分析图



(a) 安全系数 F_s



(b) 强度变化图



(c) 抗剪强度变化图

图 2 正常工况分析图

上比较严密, 适用于任意形状的滑裂面, 全面满足力的平衡条件和力矩的平衡条件, 适用于滑面为折线形的边坡稳定性计算^[9]。根据岩土体物理力学性质资料、现场试验结果、具体工况等信息, 通过控制影响边坡体稳定性的各种因子, 考虑和分析各个因素对坡体稳定性的影响, 计算和分析边坡的稳定性, 找到最危险的滑动面, 得出安全系数。

2.2 分析工况

分析暴雨工况下高填深挖路基边坡的稳定性影响, 即水位的浸润线达到边坡表面, 边坡土体完全饱和和状态, 为了更好地分析暴雨对边坡稳定性的影响, 计算正常工况, 即边坡在正常水位时, 在自重作用下边坡稳定性分析, 将两种结果进行比较分析, 进而研究暴雨对高填深挖路基的边坡稳定问题。

2.3 模型建立

(1) 抓取 AutoCAD 中的关键点信息, 断面中的关键点信息在 AutoCAD 中已经反映, 采用 PLINE 线抓取断面上各点信息, 并在合适的位置定义 (0, 0) 坐标点, 然后新建一个 Section.dwg 文件, 将抓取后的断面按照定义后的坐标导入到该文件中, 最后采用 LIST 命令即可显示关键点信息;

(2) 将 AutoCAD 中的关键点信息导入到 Excel 中, 通过简单编程生成关键点的坐标, 生成文件 Key-Points.xls.;

(3) 将 Excel 中的坐标导入到 Geostudio 中生成关键点, 完成建模, 计算模型见图 1a(或图 2a)。

2.4 计算结果及分析

从上述分析结果表明, 图 1(a) 和图 2(a) 表明正常工况下边坡安全系数 $F_s=1.192$, 边坡保持稳定, 而暴雨工况下边坡安全系数为 0.891, 边坡滑坡失稳; 图 1(b) 和图 2(b) 表明暴雨工况下边坡凝聚力 c 和摩擦强度都显著降低, 如由凝聚力 c 正常工况下的 25~29 MPa 降低到暴雨饱和状态时的 20 MPa 左右; 图 1(c) 和图 2(c) 中的抗剪强度由大多数条块在 40 MPa 以上降低到 40 MPa 以下。暴雨工况下, 由于雨水作用, 一方面增加了边坡土体自重, 增加了边坡下滑的力; 另一方面, 降低了边坡土体的凝聚力和摩擦强度, 从而降低了边坡整体的抗剪能力, 因此, 对于高填深挖路基的边坡稳定问题, 在设计和施工过程中, 应该考虑依据暴雨工况对边坡进行加固和支护措施。

表 1 计算参数表

土层	重度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)		粘聚力/kPa		内摩擦角/($^{\circ}$)	
	天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和
填土	20.7	21.3	29	20	14.1	11.2
碎石土	18.6	19.0	25	19	9.6	7.2

3 结论

- (1) 暴雨是诱发高填深挖路基边坡失稳的主要因素, 结合 Autocad 和 Geostudio 建模, 采用摩根斯坦-普赖斯分析方法, 分析了暴雨和正常工况下碎石边坡的抗剪强度、抗剪能力和安全系数变化, 与正常工况相比, 暴雨工况下, 边坡土体的凝聚力和摩擦强度都显著降低, 安全系数降低明显;
- (2) 暴雨明显降低了边坡抗剪强度和抗剪能力,

使安全系数大大降低, 导致边坡失稳现象发生, 因此, 为保证高填深挖路基边坡的稳定和安全, 在设计和施工过程中, 依据暴雨工况对边坡进行加固和支护设计是必要的。

参考文献:

[1] 李玉锋, 马强, 李显平. 降雨诱发碎石土斜坡优先流机理研究[J]. 水电能源科学, 2009, 27(6): 562-565.

[2] Zhan L T, Ng C W W. Analytical analysis of rainfall infiltration mechanism in unsaturated soils[J]. International Journal of Geomechanics, 2004, 4(4): 273-284.

[3] Cai F, Ugai K. Numerical analysis of rainfall effects on slope stability[J]. International Journal of Geomechanics, 2004, 4(2): 69-78.

[4] 戚国庆. 降雨诱发滑坡机理及其评价方法研究: 非饱和土力学理论在降雨型滑坡研究中的应用[D]. 成都: 成都理工大学, 2004.

[5] Chen H, Lee C F, Law K T. Causative mechanisms of rainfall-induced fill slope failures[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2004, 130(6): 593-602.

[6] 魏宁, 茜平一, 傅旭东. 降雨和蒸发对土质边坡稳定性的影响[J]. 岩土力学, 2006, 27(5): 778-782.

[7] Schmertmann J H. Estimating slope stability reduction due to rain infiltration mounding[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2006, 132(9): 1219-1228.

[8] 张友谊. 不同降雨条件下峡口滑坡稳定性研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2007.

[9] 周小波. 极限平衡法边坡稳定性快速分析和土压力计算的 Z 理论[D]. 长沙: 中南大学, 2008.

(上接第 234 页)

参考文献:

[1] 张自杰, 林荣忱, 金儒霖. 排水工程(下册)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996: 37-40.

[2] 刘伟生. 环境影响评价技术导则与标准[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.

[3] 杨玲. 纂江干流江津段水环境容量研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009: 16-17.

[4] 王忠训, 曹华英, 孙娟, 等. 区域环评中北方河流水环境容量计算方法研究[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2009(19): 22-25.

[5] 国家环保总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB3838-2002, 全国地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.

[6] 曹玲玲, 邓云. 水电站建设对水环境容量影响研究[J]. 四川环境, 2010(2): 51-55.

[7] 吴波, 党志良. 汉丹江流域陕西段水环境容量研究[J]. 水科学与工程技术, 2009(1): 12-15.

[8] 陈丁江, 吕军, 金树权. 曹娥江上游水环境容量的估算和分配研究[J]. 农机化研究, 2007(9): 197-201.