

文章编号: 1005-0523(2010)03-0044-03

# 彭湖高速公路高填路堤稳定性敏感分析

吴志青<sup>1</sup>, 谢丽辉<sup>2,3</sup>, 左威<sup>2</sup>, 邓天棋<sup>2</sup>

(1. 江西省赣粤高速公路工程有限公司, 江西 南昌 330000; 2. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013;  
3. 中铁二局集团有限公司, 四川 成都 610000)

**摘要:**以彭湖高速公路 K26+150 高填路堤为研究对象, 通过对现场调研并采样开展室内土的物理性质试验、击实实验和直剪试验。在不同压实度情况下取得粘聚力  $c$ 、内摩擦角  $\varphi$  值的基础上, 采用极限平衡法分析不同粘聚力  $c$ 、内摩擦角  $\varphi$ 、容重  $\gamma$ 、坡高  $H$  和坡比  $m$  情况下高路堤的稳定性, 并探讨了各种强度参数与边坡稳定性的敏感性关系。初步表明内摩擦角  $\varphi$  和坡比  $m$  对路堤边坡稳定性影响更为敏感。

**关键词:**彭湖高速公路; 高路堤; 强度参数; 稳定性敏感性分析

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

## 1 彭湖高速公路沿线工程地质条件

### 1.1 K26+150 路段地形地貌特征

彭湖高速公路位于赣江与长江交汇地带的鄱阳湖冲洪积平原, 发育有厚度不等的软土, 呈现明显的层状结构, 常夹淤泥、细粉砂等透镜体。地层结构复杂, 地基强度小并且变化大。由于沿线软土具有高含水量、高液限、低强度、高压缩性、低透水性等特点, 加之该路段填土高度 7.0~10.0 m 占相当比例, 最大填土高度超过 14.0 m。为了能具体分析彭湖高速公路路堤稳定性, 本文以 K26+150 高填方路堤为研究对象进行分析(填高达 9.06 m), 该路堤地基 2.0 m 深度内土体呈棕黄色粉质粘土, 处于塑性状态<sup>[1]</sup>。高填方路堤断面见图 1。

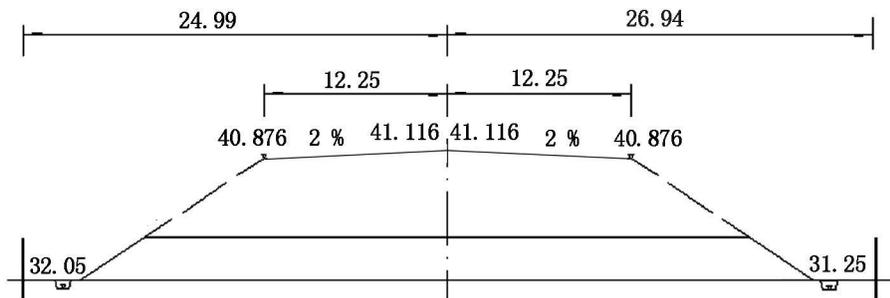


图 1 K26+150 高路堤断面图(单位:m)

### 1.2 研究段水文条件特征

地下水受降水控制明显, 雨季水量增大, 水位上升, 旱季水量减少, 水位下降。一般在山间谷地及滨湖地段, 地表水及地下水相对较丰富, 随季节变化影响较大, 丘陵区及岗丘区地下水相对较贫乏。水位埋深滨湖地带小于 2.0 m, 丘陵岗丘区一般大于 2.0 m。水文条件对高路堤稳定性影响很大, 地下水的富集一方面增大坡体下滑力, 另一方面引起孔隙水压力上升, 降低软弱层的抗剪强度, 导致潜在滑动面的抗滑力减小。

收稿日期: 2010-03-16

作者简介: 吴志青(1974-), 男, 工程师, 研究方向为道路工程的设计与施工。

## 2 软土强度参数试验

针对 K26+150 高路堤分析,通过现场勘察取得原状土样。取样过程中为避免水分蒸发,用密封塑料袋包裹,将土运回实验室。结合路基特征及正交试验规则<sup>[2-3]</sup>,开展了密度、含水率、击实试验和直剪试验,得到了不同压实度下的  $c$  和  $\varphi$  值,见表 1。

表 1 直剪试验结果一览表

不同压实度 $\lambda$	粘聚力 $c/\text{kPa}$	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	容重 $\gamma/\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$
0.85	14.76	25.37	16.42
0.90	20.29	27.74	16.50
0.93	25.28	28.07	16.55
0.95	28.96	30.29	16.71

## 3 高路堤稳定性敏感分析

以下采用理正软件进行分析,参考已有路堤稳定性分析方法<sup>[4-6]</sup>,针对不同压实度工况下出现的不同强度参数,分析稳定系数  $F_s$  的变化关系图,探讨稳定系数  $F_s$  与各种参数的敏感性关系。

### 3.1 参数的选取

参数取值主要依据室内试验结果综合选取,见表 1。

### 3.2 各个因素作用下高路堤稳定性的敏感性分析

#### 3.2.1 粘聚力对路堤边坡稳定性的影响分析

当地基土为砂粘土,路堤填高为 9.626 m,坡比为 1:1.5,汽车荷载设为 15.39 kPa,而内粘聚力分别为 14.76, 20.29, 25.28, 28.96 kPa 时,对应的路堤边坡稳定系数  $F_s$  为 1.616, 1.718, 1.791, 1.861, 见图 2。

从图 2 可以看出:

(1)  $F_s$ - $c$  关系随着粘聚力  $c$  的增加,稳定系数  $F_s$  也增大,当粘聚力  $c$  从 14.76 kPa 上升到 28.96 kPa 时,稳定系数  $F_s$  从 1.616 上升到 1.861。即随着土体粘聚力  $c$  的增大,边坡土体的抗剪强度有所增大,抗滑力也随之增大。

(2) 从曲线的总体来看,当粘聚力增大至一定程度时,边坡稳定系数  $F_s$  增大趋近于稳定。

#### 3.2.2 内摩擦角对路堤边坡稳定性的影响分析

当地基土为砂粘土,路堤填高为 9.626 m,坡比为 1:1.5,汽车荷载设为 15.39 kPa,内摩擦角  $\varphi$  分别为 25.39°, 27.74°, 28.07°, 30.29°, 而对应路堤边坡稳定系数  $F_s$  变化为 1.616, 1.718, 1.791, 1.861, 可以看出:  $F_s$ - $\varphi$  关系为随着内摩擦角  $\varphi$  的增大,土体抗剪强度有所增大,抗滑力随之增大,稳定系数  $F_s$  也随之增大。当内摩擦角  $\varphi$  从 25.37° 上升到 30.29° 时,稳定系数  $F_s$  从 1.616 上升到 1.861。

#### 3.2.3 容重对路堤边坡稳定性的影响分析

参数取值为:地基土为砂粘土,厚度为 9 m,路堤坡高为 9.626 m,坡比为 1:1.5,汽车荷载设为 15.39 kPa,容重  $\gamma$  分别为 14.46, 16.50, 16.55, 16.67  $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$  时,路堤边坡稳定系数  $F_s$  对应为 1.616, 1.718, 1.791, 1.861。  $F_s$ - $\gamma$  关系图见图 3。

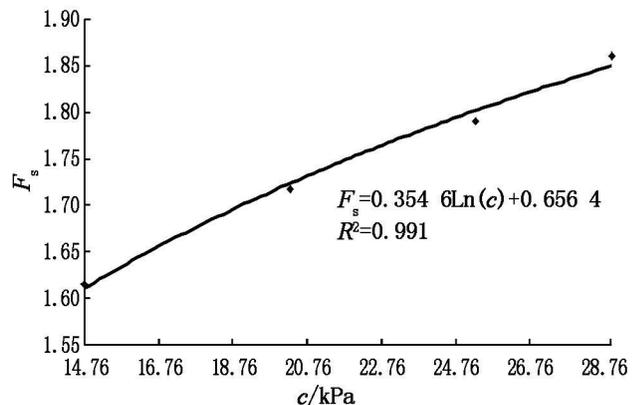


图 2 边坡稳定性分析  $F_s$ - $c$  关系图

从图3可以看出： $F_s-\gamma$ 的关系：随着 $\gamma$ 的增大，稳定系数 $F_s$ 逐渐增大。当容重 $\gamma$ 从 $16.462$ 上升到 $16.671\text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$ 时，稳定系数 $F_s$ 从 $1.616$ 上升到 $1.861$ ，但 $\gamma$ 大至一定程度时稳定性不增反有下降趋势。目前在施工过程中需要通过压实、排水等方法来增加土体的容重，从而使我们尽可能将容重控制在一个合理的范围，这与文献[7]中的结论较为一致。

### 3.2.4 坡高对路堤边坡稳定性的影响分析

以下坡高采用一变值，土体其他力学参数依据试验所得。为了具有可比性，力学参数取压实度为 $0.93$ 、坡比为 $1:1.5$ 。通过计算得到当坡高分别为 $8.0, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0\text{ m}$ 时， $F_s$ 对应为 $1.829, 1.672, 1.589, 1.545, 1.534$ 。 $F_s-H$ 的关系图见图4。

从图4可以看出：

(1)  $F_s-H$ 关系曲线为抛物线，随着坡高 $H$ 的增大，稳定系数 $F_s$ 逐步减小，说明路堤边坡稳定性越来越差。当坡高 $H$ 从 $8.0\text{ m}$ 增大到 $12.0\text{ m}$ 时，稳定系数 $F_s$ 从 $1.829$ 降到 $1.534$ 。

(2) 坡高从 $8.0\text{ m}$ 增大到 $11.0\text{ m}$ 的过程中，稳定系数变化比较快，说明坡高控制在 $8.0\text{ m}$ 以下较为适宜。

### 3.2.5 坡比对路堤边坡稳定性的影响分析

当坡高设为 $10.0\text{ m}$ ，在不同坡比情况下与路堤边坡稳定系数 $F_s$ 的关系，见图5。

从图5可以看出： $F_s-m$ 的关系曲线为抛物线，随着坡比的减小，稳定系数 $F_s$ 也逐渐增大，路堤越稳定。随着坡比从 $1:0.25$ 变化到 $1:2.00$ ，稳定系数也从 $1.534$ 增大到 $1.829$ 。就曲线特征而言，坡比对路堤边坡稳定性很敏感。

## 4 主要结论

(1) 通过室内土工试验得到土在不同压实度下的强度参数。表明在不同压实度下具有不同的内摩擦角和粘聚力值，总体上随着压实度的增大，粘聚力和内摩擦角都在不断增大。就粉粘土填料而言，似乎内摩擦角变化较为明显。

(2) 通过对粘聚力 $c$ 、内摩擦角 $\varphi$ 、容重 $\gamma$ 、坡高 $H$ 和坡比 $m$ 与路堤边坡稳定性的敏感分析表明，就粉粘土填料而言，内摩擦角 $\varphi$ 和坡比 $m$ 对边坡稳定系数影响较为敏感。

(下转第57页)

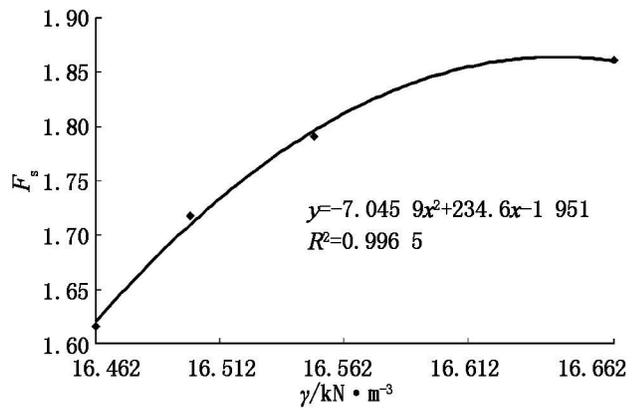


图3 边坡稳定性分析  $F_s-\gamma$  关系图

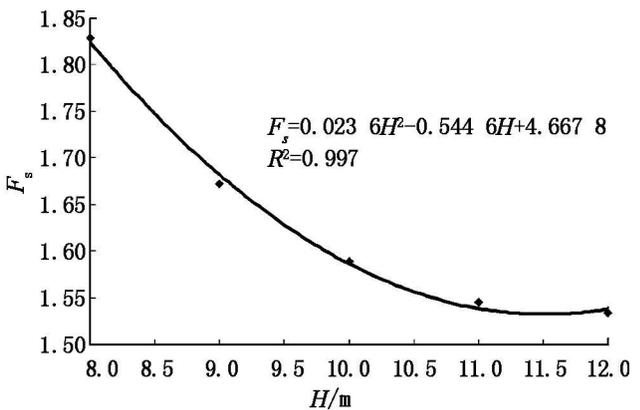


图4 边坡稳定性分析  $F_s-H$  关系图

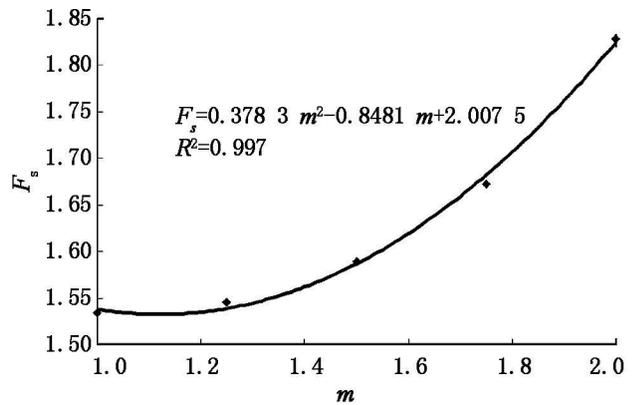


图5 边坡稳定性分析  $F_s-m$  关系图

## A Research on Multi-threading Technology and Its Application in Statistics of Tumor Image Feature

Gan Lan, Zheng Peng, Gaojie, Wang Xuehu, Yu Zhongping

(School of Information Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** The paper analyzes the bottleneck module of the cancer diagnostic medical image analysis software, which influences the running speed, and reforms the bottleneck module by employing the multi-threading technology. Then it compares the running speed, thread efficiency and statistical errors run on different threads with different number and their relationship among the numbers of threads. Finally, the proportion of the various indicators is discussed, and a reform program for multi-threading technology is given without affecting diagnosis results.

**Key words:** image feature; statistics; multi-threading; multi-processor; efficiency; proportion; error rate

(责任编辑 王建华)

(上接第46页)

### 参考文献:

- [1] 郑明新, 马国正, 赵升, 等. 彭湖高速公路路基施工沉降观测与变形规律研究阶段报告[R]. 南昌: 华东交通大学, 2009.
- [2] 蒋金平, 郑明新. 合六高速公路膨胀土工程特性试验研究[J]. 华东交通大学学报, 2008, 25(1): 7-11.
- [3] 郑明新. 滑坡防治工程效果的后评价方法研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 2007.
- [4] 向科, 罗凤. 分层铺设土工栅格高填方路堤的稳定性验算[J]. 铁道勘察, 2005, 31(2): 47-49.
- [5] 陈建峰, 石振明, 孙红. 加筋路堤稳定性综合分析方法[J]. 岩土力学, 2004, 25(2): 433-436.
- [6] 陈祖煜. 土质边坡稳定分析—原理、方法、程序[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [7] 赵春生, 李安玉. 高速公路高填路堤软土地基处理及高填路堤施工技术[J]. 四川水利发电, 2009, 28(6): 14-17.

## Stability Sensitive Analysis of High Embankment along Penghu Highway

Wu Zhiqing<sup>1</sup>, Xie Lihui<sup>2,3</sup>, Zuo Wei<sup>2</sup>, Deng Tianqi<sup>2</sup>

(1. Jiangxi Ganyue Expressway Corporation, Nanchang, 330000 China; 2. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang, 330013 China; 3. China Railway No. 2 Engineering Group Co. Ltd., Chengdu, 610000, China)

**Abstract:** The physical nature of the indoor soil, compact test and direct shear test are carried out by means of on-the-spot investigation adopting high embankment along Penghu highway as the researching object. Based on  $c$ ,  $\varphi$  values achieved in different degree of compaction, limit equilibrium method is used to analyze stability of high embankment under different cohesion  $c$ , friction angle  $\varphi$ , bulk density  $\gamma$ , slope height  $H$  and the slope ratio  $m$ . The sensitive relationship between various strength parameters and slope stability is also discussed. The preliminary result shows that effect of the internal friction angle  $\varphi$  on the slope stability is more sensitive than slope ratio  $m$ .

**Key words:** Penghu highway; high embankment; strength parameters; stability sensitive analysis

(责任编辑 刘棉玲)