

公路边坡稳定性评价及治理

金卫星

朱云鹤

(镇江市润通交通工程监理咨询有限公司 镇江 212005) (南京紫金地基工程技术研究有限公司 南京 210016)

韦 杰 羊 晔 刘富洲 吕亚琴

(江苏省建筑设计研究院 南京 210029)

摘 要 滑坡是公路建设中常见的地质灾害,对公路工程的安全施工及运营有严重影响。本文以某公路工程边坡治理为背景,结合实际工程地质特征,分析了影响边坡稳定的各种因素,采用弹塑性理论与极限平衡理论相结合的方法,借助数值模拟,对边坡的稳定性进行评价,并针对潜在的滑坡提出综合治理措施。工程实践证明:用此方法进行边坡治理效果良好,其工程经验可供其它类似的公路边坡治理借鉴。

关键词 公路 边坡 有限元法 稳定性

0 引言

在一定的地形地质条件下,随着外界条件的变化(在各种自然或人为因素——如坡面植被破坏、长期受水浸润、坡脚开挖等作用),坡体原有的力学平衡条件也相应发生变化,当边坡土体或岩体中某点的剪应力值超过抗剪强度时,该点即处于剪切屈服状态。若屈服点连成一片并形成范围较大的屈服区域时,土体即有可能沿某一屈服面发生整体滑动破坏^{[1][4]}。临近山区修筑公路不可避免扰动边坡岩土,破坏坡体的自然平衡状态,如不加以治理或加固措施不当,易引起滑坡。因此须对容易发生滑坡的地带进行深入调查,查明情况,判断边坡的稳定性,按照“防治结合、以防为主”的原则,及早及时地治理,以防后患。

1 工程概况

某公路边坡所在丘陵的相对高程约 20 m, 坡度较陡, 一般在 30°左右。本区雨量充沛, 气候湿润, 斜坡植被发育良好, 山坡至坡顶均为土层覆盖。受雨水及山体地形的影响, 山体表面裂缝较多, 小规模土滑到处可见, 大多以浅层、蠕动变形为主。由于坡顶已有建筑, 因此以前已对边坡进行了抗滑桩(部分地段加锚杆)加固, 但由于设计的不合理和边坡排水设施的不完善, 2003 年该地区普降罕遇暴雨, 受此作

用诱发,部分区域发生多处滑坡,并有进一步发展的趋势,对公路的安全运营和坡顶建筑物的安全产生直接威胁。

该区地质区域属于宁镇山脉北部隆起向西延伸的尾端,基岩为中生代的陆相沉积物,根据地质调查,现场钻探、坑探及室内岩土试验成果,坡体钻探区域内有较厚的第四系覆盖层分布,根据其工程地质条件自上而下可分为以下 8 个工程地质岩层:

(1)素填土层,可塑,土质较差,厚0.8~4.5 m。

(2)粉质粘土层,可塑,无地震反应,光滑,干强度高,韧性中等偏高,局部缺失,最厚7.0 m。

(3) 粉质粘土层, 可塑, 无地震反应, 稍有光滑, 干剪强度高, 韧性中等, 局部缺失, 层厚 5.2 ~ 7.0 m。

(4) 粉质粘土层, 硬塑, 无地震反应, 光滑, 干强度高, 韧性高, 层厚 2.7~11.3 m, 层面埋深 0.8~14.5 m。

(5) 粉质粘土夹卵砾石层, 可塑, 稍密, 层厚 0.2~2.5 m, 层面埋深 3.7~25.6 m。

(6) 全风化泥岩、粉砂岩层, 层厚 2.0~2.7 m, 层面埋深 5.4~27.0 m。

(7) 强风化泥岩、粉砂岩层, 层厚 1.2 ~ 3.3 m, 层面埋深 7.6 ~ 29.0 m。

(8) 中风化泥岩、粉砂岩层, 揭露最大厚度

2.2~3.5 m,层面埋深 8.8~31.0 m。

边坡为第四系土层覆盖,土质松软,抗剪强度较低,如果不及时治理,在雨水冲刷、地下水渗流及土坡重力的耦合作用下,坡体极有可能发生大规模的滑坡。

2 边坡稳定性计算与评价

2.1 边坡影响因素与分析

边坡自下而上为全风化泥岩、卵砾石层、粉质粘土层、素填土层基本成层分布,岩土体的强度由下往上逐渐变小。由于表层土性较差的第四系松散堆积和填土层厚达到 20 m 以上,同时此处边坡虽然不高但较陡,表层土体抗剪强度较低,边坡难以保持自稳,在重力作用下极有可能发生滑坡。坡顶的建筑荷载加上公路建设中对坡脚的开挖,进一步恶化了土体中的应力场,虽然当时对边坡曾作了一定的处理,但原有的边坡支护方式、参数不甚合理,且支挡结构中排水系统没有设置或设置不当,造成了工程地质条件恶化,降低了安全系数。在雨季,由于地表雨水的冲刷及下渗,不仅增加了滑体荷载,降低了土体的抗剪强度,而且增加了孔隙水的渗流力,从而诱发土体滑坡。

2.2 边坡稳定性分析

理论上研究边坡稳定性问题有两种不同的途径^{[2][3]},一种是利用弹塑性理论分析土体的应力应变状态,另一种是假设土体沿着一定的滑移面的滑动作极限平衡分析。前者可将复杂的弹塑性应力应变关系纳入到变形和稳定计算中,并给出数值解。后者则通过对潜在滑移面的搜索,找出最小安全系数及对应的滑移面。为了定量地揭示和模拟边坡的破坏、变形和失稳前后的过程和机制,本文拟将二者有机的结合起来,通过数值模拟计算边坡土体中的应力场,分析土体的变形,并结合边坡滑移面安全系数的计算,分析土体中潜在的滑移面,评价边坡的整体稳定性。

边坡的有限元模型边界上部取至地表,采用自由边界,下部取至坡顶下 45 m,竖向约束,水平向自由,水平向取 85.0 m,两侧边界水平向约束,垂直向自由,坡顶建筑物简化为 20 kPa 的均布荷载,计算网格如图 1 所示。模型采用八结点等参单元,计算时土体及原有的抗滑桩(挖孔灌注桩)均采用莫尔模型,采用的计算参数如表 1 所示。

2.3 计算结果及分析

由计算分析可知,坡面、坡顶及坡脚的挡墙处均出现拉应力,挡墙处产生了较大的应力集中,坡脚出

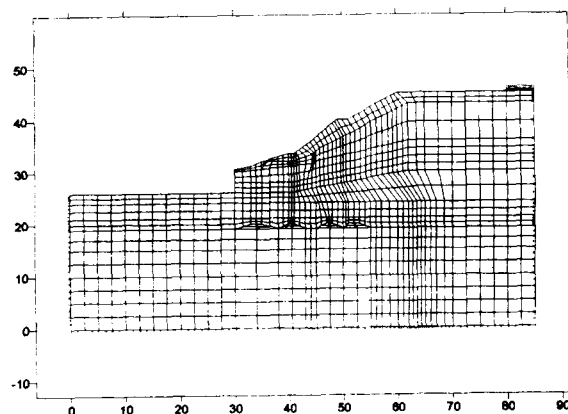


图 1 计算网格

表 1 FEM 模型中所用的材料计算参数

特性 序号	材料名称	弹性模量 E/MPa	泊松比 ν	重度 γ/ kN·m ⁻³	凝聚力 C/kPa	内摩擦系数 tan φ
1	素填土	30	0.45	19.0	10	0.18
2	粉质粘土 可塑	35	0.42	19.5	15	0.35
3	粉质粘土 可塑	40	0.40	20	20	0.35
4	粉质粘土 硬塑	50	0.40	21	20	0.4
5	挖孔灌注桩	25 000	0.25	25.5	2 000	1.3

现较大的塑性区。土体中最大剪应力方向基本同坡向一致,土体有发生剪切破坏的可能,如图 2 所示。坡体表面土层均有明显的下滑趋势,坡体各潜在滑移面的安全系数如图 3 所示,可以看出,坡体的安全系数偏低,特别是坡体表层,尚不足 1,有些区域甚至在 0.2 左右,有滑坡倾向。

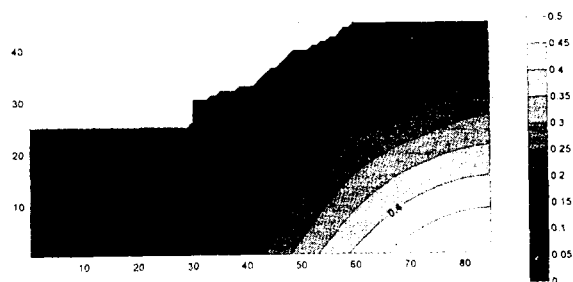


图 2 坡体剪应力等值线图

3 边坡加固方案

边坡自下而上为全风化泥岩、卵砾石层、粉质粘土层、素填土层基本成层分布,岩土体的强度逐渐变小,越容易变形,土层性质变差,应力容易释放,这样一种山体结构对于山体中应力分布与水平较为协调,有利于边坡的整体稳定性。岩土体中没

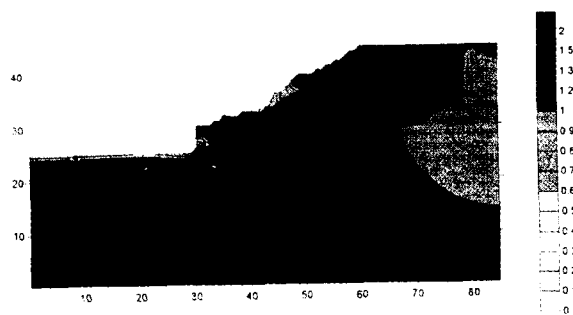


图3 坡体潜在滑移面的安全系数图

有发现性质很差,不利于边坡稳定性的软弱夹层。各层之间分界面或分布不均或性质差异不大且近水平状,不会构成滑面的主体。从上述计算分析可知,坡体表层土体稳定性较差,有发生浅层滑坡的危险,坡脚处应力较大,容易发生坍塌,坡顶建筑底层土体有发生深层滑移的危险。基于以上分析,制定如下加固措施:

(1) 滑坡前缘通过清理后,采用支挡措施,坡面切削平整,后缘适当减载。如果不能减载,则应加固支挡措施,并加固滑坡土体。

(2) 排水系统的设置,包括(含滑体范围以外)设置排水沟,防止地面水渗入滑坡体内,在滑坡整治过程中,布置一定数量的坡体排水设施。

(3) 挡土系统:在滑坡体中部原有挖孔桩间加一排锚杆抗滑桩,坡体前缘原板墙处改设扶壁式挡墙;

(上接第 15 页)成,铺筑时向待拼接方向超宽 10 cm,然后切缝到拼接位置。

3.8.3 上面层拼接方法

上面层用三台摊铺机成梯队摊铺,纵向错开 4~5 m,除桥头调坡段外,按设计高程控制。三台摊铺均以悬浮式找平梁控制压实厚度,内侧摊铺机两侧按纵坡仪控制,外侧以中间机铺筑面为基准,内侧在路缘石内拉钢丝以设计高程控制基准面。

下层沥青面层施工时,采取运输车辆四周用棉被保温,能有效减少混合料温度损失,经测定,车辆四周温度在 30 min 后少损失 22℃。为使不同搅和楼生产的混合料指标差异对面层的影响降到最小,采取搅和楼与摊铺机相对应的方法。在温度较低时,采取跟进碾压的方法,尽可能使沥青料在温度较高时得到碾压成型。

4 结语

4.1 新路面标高既要满足线型指标,又要满足老路标高及新老路面各结构层次的匹配程度,往往需

采用格构式土钉支护以加固滑坡体。

(4) 排水系统:在滑坡体后缘外约 10m 处设置一道截水沟,坡面上冠梁处设一道排水沟。排水沟原则上沿等高线设置,均向两侧排水至截水沟,截水沟通往两侧的集水井,最终排至道路排水系统。

(5) 恢复滑坡处植被,减轻雨水对坡体的冲刷作用。

(6) 加固后加强对滑坡体的安全监测。

一年后观测结果表明,现有坡体已经稳定,土体中无继续变形趋势。

4 结论

在雨水冲刷、地下水渗流及土坡重力的耦合作用下,坡体有发生大规模滑坡的危险,但主要以表层土滑为主,坡脚处应力较大,容易发生坍塌,坡顶建筑底层土体有发生深层滑移的危险,受地质、地形及气候条件的制约,宜采用排水、加固相结合的综合治理措施。

参考文献

- [1] 罗国煜, 李生林. 工程地质学基础 [M]. 南京大学出版社, 1991
- [2] 钱家欢, 殷宗泽主编. 土工原理与计算 [M]. 中国水利水电出版社, 2000
- [3] 晏鄂川, 唐辉明, 何森. 路堑边坡工程的动态仿真分析 [J]. 岩土力学, 2004 (2). 246~250, 254
- [4] 宋冰泉, 武雄, 何满潮. 高速公路边坡加固设计方法研究 [J]. 地基处理, 2003 (3). P49~52

要反复调整多次才能满足要求。施工时,老路面各结构层次铣刨厚度尽量与新路结构层搭配合理,各结构层厚度的选择范围要遵循以强补弱的原则。

4.2 从老路肩路床加固的施工中可以看出,老路肩路床灰土质量较差,在路基拼接施工时可考虑将老路肩路床部分作台阶挖除,这样可不对老路肩路床进行加固,能节省部分费用。

参考文献

- [1] 江苏沪宁高速公路扩建工程指挥部: 沪宁高速公路扩建工程路面施工指导意见(试行). 2004
- [2] JTJ034-2000. 公路路面基层施工技术规范. 北京: 人民交通出版社
- [3] JTJ032-94. 公路沥青路面施工技术规范. 北京: 人民交通出版社
- [4] JTJ036-98. 公路改性沥青路面施工技术规范. 北京: 人民交通出版社
- [5] GB50092-96. 沥青路面施工及验收规范. 北京: 人民交通出版社