

减压沉井在滑坡治理工程中的应用

高加成

(岳阳师范学院建工系地基加固技术所, 湖南岳阳 414000)

摘要: 对罗家塘滑坡的成因类型、影响因素及形成模式等进行了详细的分析, 并对滑坡稳定性进行了认真的验算, 论证了降低承压水头对治理滑坡所起到的关键性作用, 在此基础上, 设计了抽水降压与沉井支挡相结合的综合治理方案, 介绍了减压沉井的结构特点和排布方法, 指出了施工过程中应注意的问题。

关键词: 沉井支挡; 抽水降压固结; 综合治理滑坡。

中图分类号: P642.22; TU861 文献标识码: A

1990-05, 罗家塘河段堤岸发生了滑坡, 滑坡宽 84.0 m, 轴线长 58.0 m, 平面面积 3 400 m², 顶部壁高 7.0 m, 滑舌挤入河床 18.5 m(河床宽 30.0 m), 滑动土方 6.82 万 m³。大量的土体挤入河道, 对汛期防洪泄流产生了极大的障碍, 并危及到上游四个乡镇及长岭炼油厂等大型企业的安全。对此, 采用了沉井支挡和抽水降压等综合治理措施, 保证了堤岸的稳定和河道的畅通。

1 工程概况

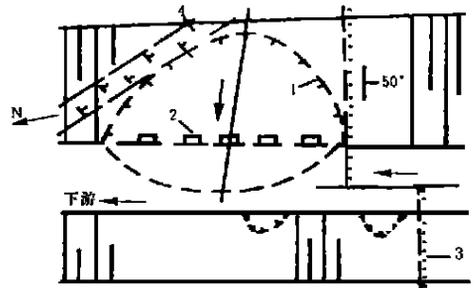
1.1 工程地质条件

滑坡位于路口断陷盆地北侧边缘, 属丘陵山前坳岗状地貌形态。场内地层有呈角度不整合接触的震旦系砂岩和灰岩、第四系残积土层及冲洪积土层。场内构造发育, 河道两侧砂岩被断层切割, 错距 30.5 m, 并有长石斑岩岩脉侵入, 滑坡恰巧发生在不整合面与断层交叉部位的灰岩一侧(见图 1)

场内地下水有两种赋存形式: 一种是存在于含砂砾粘土层中的孔隙潜水, 由田间灌溉水和降水微弱渗入补给, 于半坡以泉或渗出面的形式排泄; 另一种是赋存于灰岩中的岩溶承压水, 顶板为残积土层, 其参与该区地下水循环, 补给源丰富, 承压水头为 7.4m。

1.2 土层结构

滑动体由冲洪积粘土层 I 和含砂砾粘土层 II、以及残积粘土层 III 和高岭土化层 IV 组成。I 层土厚 3.3 m, 结构较密实, 硬塑状, 滑动后结构松散, 垂直裂隙发育; II 层土厚 7.2 m, 结构密实, 有一定的透水能力, 含潜水, 滑动后仍有泉水排泄; III 层土厚 8.3 m, 结构较密实, 可塑~硬塑状, 具较好的隔水能力; IV 层土厚 0.6 m~0.8 m, 结构松散, 手捏呈粉末状, 滑腻, 可塑状。



1. 滑坡及边界(landslide and its boundary)
2. 沉井(open-end caisson)
3. 隐伏地层界线(line of concealed layer)
4. 斑岩岩脉(porphyry vein)

图 1 滑坡工程地质平面图

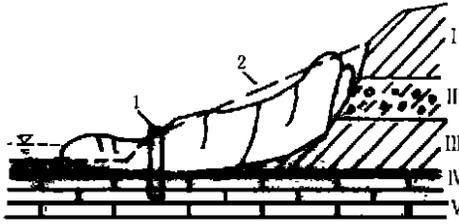
Fig. 1 Engineering-geological plan of the landslide

收稿日期: 1999-06-03; 返回日期: 1999-11-08

作者简介: 高加成(1963-), 男(汉族), 湖南安乡人, 1984年毕业于华东地质学院水文地质工程地质系, 学士学位, 工程师。主要从事工业与民用建筑、水利水电及道路桥梁等方面的岩土工程地质勘察、软土地基处理设计和病危建筑物加固等工作。

滑动带处于 III 层土底部和 IV 层土上部, 厚 0.4 m ~ 0.8 m, 在滑体后部, 由于切割牵引作用较强, 剪切破坏厚度达 3.8 m, 滑动带内土层均被剪成 3 cm ~ 5 cm 厚的薄层, 剪切面为软塑 ~ 流塑状的泥糊状粘土, 不排水抗剪强度 $c_u = 10.0 \text{ kPa}$, 剪切面间的薄层状粘土呈软塑 ~ 可塑状, 岩芯断面有明显的扭曲痕迹。

滑床为灰岩风化层 V, 溶隙发育, 含承压水, 是场内稳固地层(见图 2)



1. 支挡沉井(retaining open-end caisson)
2. 治理后岸坡(the slope harassed)

图 2 滑坡综合整治图

Fig. 2 Comprehensive harnessing of the landslide

2 滑坡成因分析及形成模式探讨

2.1 成因分析

1. 地质—水文地质条件 因构造和岩浆活动而破碎的岩层在强烈的风化淋失作用下, 形成了现在的残积土层, 其中有一层埋藏较深, 夹于两相对硬层之间的高岭土化层(IV), 随着扰动的加强和地下水的不断浸入, 力学性质逐渐降低。又由于岩溶承压水的顶托作用, 不仅减少了滑体对滑床的垂直压力, 而且浸润了滑动面, 减少了摩擦阻力, 加速了滑体的滑动。

2 人类工程活动 场内最高点标高为 48.7 m,

河道改造后, 河床达到了 26.0 m, 形成了高差为 22.7 m 的临空面, 破坏了土体的天然平衡体系, 改变了地下水的流向和性态, 从而诱发了土体的滑动。

3 水文气象条件 由于土体滑动后结构松散, 垂直张裂隙发育, 水流极易渗入到滑动带, 导致其在汛期和雨季的急剧滑动。

2.2 形成模式

滑坡的形成为一诱发牵引切割导致整体滑动的变形破坏过程, 可分为三个阶段:

(1) 极限平衡阶段: 改造前土体中任一点处于相对稳定状态。当河道改造后, 坡脚处土体中的被动压力平衡体系破坏, 土体的稳定靠抗剪强度维持, 由于水的影响, 土体 $c、\varphi$ 值逐渐降低, 当 $\tau_f = \tau$ 时, 土体达到极限平衡状态。

(2) 局部破坏阶段: 随着水体的不断浸入, 土体结构及工程性能发生恶化, 土体的抗剪强度难以抵抗剪应力的作用, 局部被剪切破坏并向下滑移, 同时上部土体受到牵引拉张, 产生了竖向裂隙。

(3) 整体牵引滑动阶段: 竖向裂隙产生, 水体更易渗入, 破坏范围不断增大, 又导致竖向裂缝的进一步扩张, 如此恶性循环便产生了整体滑动。

3 滑坡稳定性评价

简化后的滑动带为一折线状的滑动面, 故用折线法验算其稳定性^[1,2]。根据室内不排水反复直剪试验结果, 滑动面上泥糊状粘土的内摩擦角近似为零, 粘聚力 $c = 10.0 \text{ kPa}$ 。根据场地实际情况和地区经验, 同时考虑到忽略滑动面泥糊状粘土的内摩擦角的影响, 故取安全稳定系数 $K = 1.05$, 则下滑体的剩余下滑力和抗滑体的抗滑力分别按下式计算:

下滑部分第 i 段沿滑动面的剩余下滑力 T_i

$$T_i = W_i \cdot \sin \alpha_i + T_{i-1} \cdot \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - c \cdot L_i \quad (1)$$

抗滑部份第 j 段沿滑动面的抗滑力 T'_j

$$T'_j = W_j \cdot \sin \alpha_j + T'_{j-1} \cdot \cos(\alpha_{j-1} - \alpha_j) + c \cdot L_j \quad (2)$$

式中 $W_{i,j}$ 为任一计算段内土体的重量, 潜水位以内的土层按浮重度计算, 抗滑段内的土体受到下部承压水的顶托作用, 故应扣除其扬压力; $\alpha_{i,j}$ 为任一段滑动面与水平面所夹的锐角。由(1)、(2)两式算得交

界面上沿水平方向的分量为 $T = 890.0 \text{ kN/m}$, $T' = 658.0 \text{ kN/m}$, 则滑坡稳定系数 $K = \text{抗滑力 } T' / \text{下滑力 } T = 0.74 < 1.05$ 。故滑坡在当前状态下是不稳定的, 若要使其稳定, 必须增加抗滑力, 使 $\Delta T' \geq 227.0 \text{ kN/m}$, 或减少下滑力, 使 $\Delta T \geq 204.0 \text{ kN/m}$, 或者增大滑动面土的综合内聚力, 使 $c \geq 24.0 \text{ kPa}$ 。

若不考虑承压水的顶托作用, 则按上述公式可得 $K = 0.95$, 只需增加抗滑力 $\Delta T' \geq 89.5 \text{ kN/m}$, 滑坡便可稳定, 可见, 降低承压水头对治理滑坡起着关键性的作用。

4 滑坡的综合治理

1988—03 该地段便产生了圆弧状滑动裂痕, 并立即采取了挖排水沟、削坡减载及挡土墙固基护坡等整治措施, 其在抑制滑坡扩展方面起了不少作用, 但仍未达到根治的目的。对治理后的滑坡要求其稳定, 同时不减少河道的泄洪能力, 尽可能地不毁或少毁农田, 故综合治理措施主要针对抗滑力不足, 承压水头过高, 土层竖向牵引裂隙发育、结构松散、降水易渗入等方面进行。

1. 沉井支挡 在削坡减载会毁坏大片农田和已有水利设施的情况下, 采用了沉井支挡的抗滑措施, 沉井设置在原坡脚处的抗滑段内, 沿轴线左右对称布置了 5 口(见图 1), 中心间距分别为 10.0 m 和 12.0 m , 中间 3 口沉井尺寸为 $6.0 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$, 壁厚 1.0 m , 两边 2 口沉井尺寸为 $5.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$, 壁厚 0.8 m , 沉井内置横隔墙一道, 厚 0.6 m , 井壁结构为 $\Phi 20 @ 166 \text{ mm}$ 的双道式钢筋笼, 浇灌 C20 混凝土, 沉井长 $7.0 \text{ m} \sim 8.0 \text{ m}$, 分两节浇灌下沉, 穿过滑动带, 并嵌入风化岩 $2.0 \text{ m} \sim 2.5 \text{ m}$, 不封底, 井内灌碎石或砂砾石^[3~5]。沉井施工顺序应慎重选择, 经比较后, 决定先施工 2 号和 4 号两口沉井, 井内挖除的土体反压于主滑轴线附近的抗滑体上, 待其灌满碎石并封井后, 再施工 1、3、5 号(左、中、右)沉井。

2. 设置抽水降压井 选择左、中、右三口沉井为抽水降压井, 其目的一是抽取地下水, 降低承压水头, 减少其对滑体的浮托力, 并促使滑动带土体固结; 二是代替原有机埠, 起到抗旱作用。成井过程如下: 沉井到底后, 用碎石填满一室, 另一室内铺 2.5 m 厚的砂砾石, 吊放内径 $\Phi 700 \text{ mm}$ 的预制混凝土涵管至井口, 周围回填碎石, 然后安放离心水泵(见图 3), 并利用水位自控装置, 将承压水头控制在 3.0 m 左右, 稳定抽水量为 $9.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ^[6]。此时, 滑坡稳定系数 $K = 0.87$, 需由沉井承担的抗滑力 $\Delta T' = 146.5 \text{ kN/m}$ 。抽水降压井成井的关键在于井底反滤层的设置, 为防止岩(土)层裂隙中泥沙的抽出或砂粒被吸入离心泵而损坏设备, 应先铺粗砂, 后铺砾石, 且抽水早期宜逐步增大抽水量, 切勿突然猛抽猛降, 以免引起滑体的突然下滑。

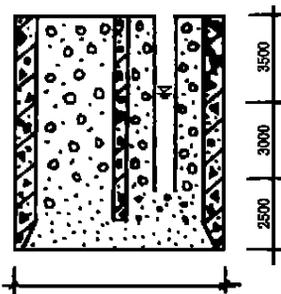


图 3 抽水降压井结构图

Fig. 3 Structure of open-end caisson for drawing water to reduce pressure

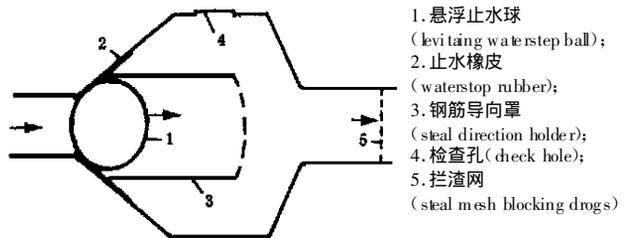


图 4 单向溢水装置示意图

Fig. 4 Diagram showing the device of one-dimensional water overflow

3. 坡面整治及绿化 待沉井达到强度后, 逐段清除河床上的滑舌土体, 并及时用碎石回填至河床标高, 做好块石护坡。同时对坡岸进行了适量的削坡及整平夯实, 设置了地表排水沟和植被绿化林。

次年冬季, 对滑动带土体采样试验, 测得其摩擦角 $\varphi = 2.5^\circ$, 粘聚力, $c = 18.0 \text{ kPa}$ 。此时的滑坡稳定系

数 $K = 0.96$, 需由沉井承担的抗滑力为 103.5 kN/m , 小于沉井抗滑力设计值 146.5 kN/m , 满足了抗滑稳定性要求, 于是, 将抽水降压井改为单向自溢排水井(见图 4), 不仅将承压水头控制在 5.5 m 以下, 而且也防止了汛期河水的倒灌, 并便于旱季安装抽水设备, 满足了生产的要求, 取得了较好的综合整治效果。

参考文献:

- [1] 《工程地质手册》编委会. 工程地质手册(第三版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993. 585~600.
- [2] 华南理工大学等四院校. 地基及基础(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995. 371~377.
- [3] 殷万寿. 水下地基与基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1994. 220~237.
- [4] 铁道部第三勘测设计院主编. 桥梁地基和基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1991. 372~437.
- [5] 建筑结构设计手册丛书编委会. 简明建筑结构设计手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992. 158~233.
- [6] 杨成田. 专门水文地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1981. 76~95.

THE APPLICATION OF RELIEF OPEN-END CAISSON TO LANDSLIDE CONTROL

GAO Jia-cheng

(Department of Architectural, Yueyang Normal University, Yueyang Hunan 414000 PRC)

Abstract: The rickles on limestone with critical section formed after people's digging is likely to lose its stability and makes landslide. Whereas the hold out against and soak under the confined water can intensify the destruction of the soil and make the slide widespread. We can apply the relief open-end caisson to the reduction of the confined water pressure and the increase of its anti-slide to harness this kind of landslide. In this article, the author first analyses the cause types, effect elements and the forming modes of landslide around Luo Jiatang area, carefully checks and computes its stability and verifies the key functions of reducing the confined water pressure on harnessing landslide. then designs the comprehensive harnessing measures by means of the combination of drawing water and open-end caisson retaining, introduces the structure and arrangement of relief open-end caisson and points out some problems during construction.

Key words: open-end caisson retaining; draw a water to reduce pressure; comprehensive harnessing of landslide