

陕西旬阳党家坝滑坡特征及防治设计

郭翔, 蔡莹

(辽宁省第一水文地质工程地质大队 辽宁 锦州 121000)

摘要: 随着工程建设活动逐渐向山体发展, 在强降雨等恶劣气候条件下, 因工程建设活动而诱发的滑坡类地质灾害频发, 如何预防和治理此类灾害成为工程建设活动的首要问题^[1]。本文中采用资料收集、地面测绘、勘探、钻探、槽探及土工试验等手段进行勘察, 查明旬阳县党家坝滑坡的分布、总体发育特征、成因及影响因素, 定量评价滑坡稳定程度, 预测其发展趋势, 在滑坡稳定性分析评价基础上, 提供经济合理技术可行的滑坡整治方案。本文的技术成果可供类似地区工程治理时作为参考。

关键词: 滑坡; 成因分析; 治理设计; 党家坝

文章编号: 1003-8035(2013)01-0025-08

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

0 引言

党家坝廉租房滑坡位于旬阳县新城党家坝, 振旬路南侧的坡体上。该滑坡是由党家坝廉租房工程施工开挖形成人工边坡后, 诱发老滑坡重新活动, 形成宽约80m、长约105m、厚6~10m的小型滑坡。滑体上有3~4条贯通的弧形裂缝, 裂缝宽度2~5cm, 局部大于10cm, 直接威胁坡体上叁路10kV高压线、两条通讯光缆及一条电视光缆的安全, 也严重影响坡体下部党家坝廉租房建设工程的施工和安全。

1 滑坡区地质环境

1.1 地形地貌

旬阳县位于秦巴山地, 汉江河谷自西向东横贯中部, 将县境内天然分割为南北两大自然区。地势南北高、中部低, 南北向地形剖面呈“V”形, 海拔185.0~2358.4m。地貌特征以中山为主, 兼有低山、丘陵谷地, 境内重峦叠嶂、沟壑密布。

滑坡区位于旬阳县新城党家坝, 振旬路南侧, 受人工开挖影响, 坡体前缘为人工边坡, 坡度 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。坡体前部地形相对较陡, 坡度 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$; 后部地形相对要缓一点, 坡度 $14^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 。坡体前缘边坡开挖引起坡体滑动后, 在坡脚用填土反压, 形成台阶。

滑坡体前缘地貌单元属于旬河右岸一级阶地后缘, 上覆全新统残坡积物, 地形呈缓坡型, 向河流方向倾斜; 滑坡体中部和后部物质则位于旬河右岸二级阶地之上。

党家坝廉租房滑坡是发育在老滑坡体上, 由工程施工开挖形成人工边坡后, 诱发老滑坡局部活动形成

的小型滑坡。新滑体高程275~316m, 高差约41m; 滑坡长约105m、前缘宽约80m, 平面面积约7000m²。

1.2 岩土类型及特征

旬阳县出露地层由老至新分别为: 寒武-奥陶系(C-O)、志留系(S)、泥盆系(D)、石炭系(C)、第四系(Q), 其中第四系零星分布于旬河、吕河、蜀河等河流下游。

据工程地质测绘, 现场钻探和探井揭露, 场区的地层岩性主要有第四系全新统人工堆积粉质粘土(Q_4^{ml})、滑坡堆积粉质粘土(Q_4^{del})、坡残积粉质粘土(Q_4^{el+dl})、冲洪积粉土(Q_4^{al+pl})和冲积卵石(Q_4^{al}), 中更新统冲洪积粉土(Q_3^{al+pl})和冲积卵石(Q_3^{al})以及志留系强风化千枚岩(S)。具体地层见图1。

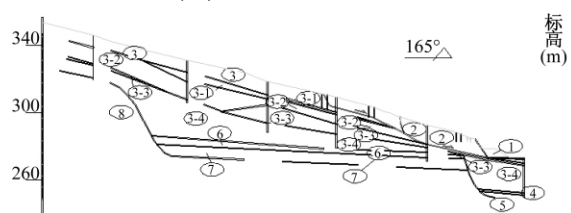


图1 工程地质剖面图

Fig. 1 Engineering geological profile

各地层分别描述如下:

①人工堆积粉质粘土(Q_4^{ml}): 黄褐色, 稍湿, 含有钙质结核, 粒径为2~5mm。为边坡开挖弃土和反压

收稿日期: 2012-09-10; 修订日期: 2012-12-10

作者简介: 郭翔(1987—), 男, 重庆市人, 大学本科, 助理工程师, 地质工程专业, 主要从事地质灾害防治与地质勘测方面的研究工作。

E-mail: guoxiangzhuzhu@163.com

于坡脚的填土,分布于场区北部的开挖区和坡脚,层底埋深 1.2~5.0 m,层厚 1.2~5.0 m。

②滑坡堆积粉质粘土(Q_4^{del}):黄褐色,稍湿,硬塑-坚硬,夹有粘土层,含有少量钙质结核,粒径为 2~5 mm。该土层主要分布在勘察区北部的滑体上,层底埋深 4.0~10.5 m,层厚 4.0~10.5 m。

③坡残积粉质粘土(Q_4^{dl+el}):黄褐色,稍湿,硬塑-坚硬,局部可塑,含有少量 2~5 cm 钙质结核。该层层底埋深 5.6~9.1 m,厚 5.6~9.1 m,主要分布于新滑体两侧和以上部位。

③-1 坡残积粘土(Q_4^{dl+el}):黄褐色,稍湿-湿,硬塑-坚硬,含有少量 2~5 cm 钙质结核。该层不连续,呈透镜状,层底埋深 7.4~10.7 m,厚 1.6~3.3 m。

③-2 坡残积粉质粘土(Q_4^{dl+el}):黄褐色,稍湿-湿,硬塑-坚硬,局部可塑,含有少量 2~5 cm 钙质结核。该层层底埋深 9.8~23.7 m,厚 3.8~14.8 m。

③-3 坡残积粘土(Q_4^{dl+el}):黄褐色,稍湿-湿,硬塑-坚硬,含有少量 2~5 cm 钙质结核。该层不连续,呈透镜状,层底埋深 4.8~24.6 m,厚 1.0~10.6 m。

③-4 坡残积粉质粘土(Q_4^{dl+el}):黄褐色,稍湿-湿,硬塑-坚硬,局部可塑(可塑状粉质粘土主要分布在坡体前部),含有少量 2~5 cm 钙质结核。部分钻孔未揭露至该层层底,层底最大揭露深度 10.5~41.5 m,最大揭露层厚 2.9~19.3 m。

④冲洪积粉土(Q_4^{al+pl}):浅黄色,稍湿-湿,含有少量 2~5 cm 钙质结核。只在 ZK9 和 ZK20 钻孔中揭露,该层层底埋深 22.5~22.6 m,层厚 1.5~1.8 m,主要分布于坡体前缘的下部。该层夹有粉砂,稍密。

⑤冲积卵砾石(Q_4^{al}):杂色,密实,矿物成分以石英、长石为主。该层钻孔未穿透,最大揭露层底深度 25.1 m,最大揭露厚度 2.6 m,主要分布于坡体前缘的下部。

⑥冲洪积粉土(Q_3^{al+pl}):浅黄色,稍湿-湿,含有少量 2~5 cm 钙质结核。该层只在 ZK7、ZK13 和 ZK18 钻孔中揭露,层底埋深 19.4~23.9 m,层厚 2.3~5.3 m,主要分布于坡体前缘的下部。该层夹有粉砂,稍密-密实。

⑦冲积卵砾石(Q_3^{al}):杂色,密实,矿物成分以石英、长石为主。该层钻孔未穿透,最大揭露层底深度 27.3 m,最大揭露厚度 3.4 m。

⑧强风化千枚岩(S):灰色,湿,强度较低,岩体破碎,含少量黄铁矿。只在 ZK2 和 ZK15 钻孔中揭

露,揭露层底深度分别为 26.7 m 和 15.6 m,揭露厚度分别为 1.2 m 和 4.1 m。

1.3 地质构造

旬阳县位于秦岭纬向构造带南秦岭印支褶皱带白水江-白河褶皱束北缘、山柞旬沉积盆地东南缘,境内主要出露古生界浅变质碎屑岩和碳酸盐岩沉积构造。大羊山复向斜、旬阳复背斜、南羊山断层、大岭-蜀河断层构成了境区的主干构造骨架。构造线呈近东西向展布,岩石具变形强而变质弱的特点。境内无岩浆活动。

1.4 水文地质条件

根据地下水的赋存条件和含水介质特征,将边坝区及附近的地下水划分为 2 种基本类型:松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。

1.4.1 松散岩类孔隙水

主要分布于旬河漫滩及山坡覆盖的残破积土层,以潜水为主,含水层主要为第四系砂、卵石层。残破积层一般土层较薄、土质疏松,存水条件较差,主要为下伏基岩顶板附近的孔隙水和上层滞水,但降雨极易入渗,使土体迅速饱和,土体抗剪强度下降,当下伏基岩相对隔水时,沿基岩形成下降泉,并在土体与基岩接触面处形成滑动面。地下水的补给以降水为主,以渗水点向沟谷排泄,一般水量很小。

1.4.2 基岩裂隙水

分布在大部分地区,含水层主要为风化壳及构造裂隙带,径流较慢,以下降泉或渗水点的形式向沟谷排泄。以接受大气降水补给为主,侧向径流补给次之,遇到长时间降水时,水量剧增,排泄点增多,直接影响斜坡的稳定。

勘察区的主要岩层是志留系的千枚岩,此类岩层经多次构造运动,构造、裂隙较为发育,且多为碎屑或岩脉充填,故富水性较弱,属层状基岩裂隙含水岩类,对边坡稳定性影响较小。

1.5 设计地震动参数

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)和《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2001),旬阳县抗震设防烈度为 VI 度,设计基本地震加速度值为 0.05g,地震动反应频谱特征周期为 0.35 s,设计地震分组为第一组^[1-2]。

2 滑坡特征

滑坡平面形态呈倒舌形,滑体后缘边界呈舌尖形

状。滑体剖面形态总体呈外凸型(图2),前缘为人工边坡,坡度 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$;滑体中部地形相对较陡,坡度 $17^{\circ} \sim 20^{\circ}$;后部地形相对要缓一点,坡度 $13^{\circ} \sim 16^{\circ}$ 。坡体前缘坡脚用填土反压,形成台阶。

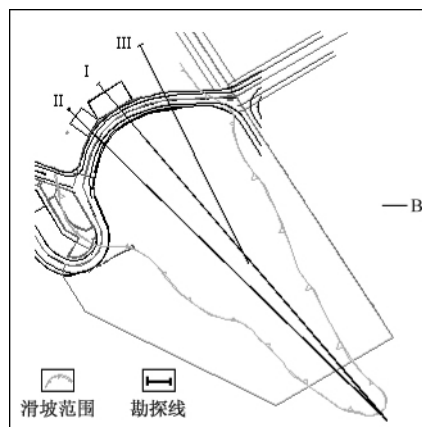


图2 工程地质平面布置图

Fig. 2 Engineering geological plane layout

经对滑坡测绘、勘探分析认为,该滑坡是发育在老滑坡堆积体上的新滑坡,每逢较大降雨时,老滑体上都要发生浅表层滑坡或滑溜现象。新滑坡是由工程施工开挖并在坡体下部形成人工边坡后诱发产生,出现3~4条贯通的弧形裂缝,裂缝宽度2~5cm,局

部大于10cm,形成宽约80m、长约105m、厚6~10m的滑坡,总体滑向 321° ,体积约 $6 \times 10^4 \text{ m}^3$,滑体物质为粉质粘土,因而,该滑坡属于小型堆积层滑坡。

滑坡直接威胁坡体上叁路10kV高压线、两条通讯光缆及一条电视光缆的安全,也严重影响坡体下部党家坝廉租房建设工程的施工和安全。

2.1 滑体特征

滑体物质主要由粉质粘土(③、③-2)和粘土(③-1)组成,其中滑体上部和后部均为粉质粘土(③),滑体前部的下部为粘土(③-1)和粉质粘土(③-2)。

2.2 滑面(带)特征

滑坡的滑面(带)埋深4.0~10.5m,前部埋深大,后部埋深相对要浅一些。滑面主要受第一层滞水(③-1粘土层之上)和第二层滞水段(③-3粘土层之上)控制,其中,滑坡前部的滑面受第二层滞水段控制,滑坡后部的滑面受第一层滞水段控制。滑带土呈可塑状,局部硬塑。根据探井揭露,滑带土呈硬塑时,微裂隙发育,有向坡下方向滑动痕迹,并在TJ6、TJ8和TJ19中可见到浅层滞水从裂隙中渗出;滑带土呈可塑状时,由于滑体活动变形较慢,滑面不明显^[3]。

滑体和滑带土的抗剪强度指标统计列于表1。

表1 滑体和滑带土抗剪强度指标统计表

Table 1 Landslide and landslide shear strength index statistics

名称	试验类型	频数	粘聚力范围 值 C (kPa)	内摩擦角范围 值 Φ ($^{\circ}$)	平均粘聚力 C (kPa)	平均内摩擦角 Φ ($^{\circ}$)	标准粘聚力 C (kPa)	标准内摩擦角 Φ ($^{\circ}$)
滑体	天然快剪	14	29~97	15.4~22.2	62.0	19.2	52.7	18.0
	饱水快剪	10	29~46	11.6~19.5	37.5	16.5	34	15.2
滑带土	天然快剪	4	30~42	14.5~19.3	38.0	17.1	30	14.8
	饱水快剪	6	13~21	7.4~14.3	16.3	11.3	14	9.3

3 滑坡成因分析及稳定性评价

3.1 滑坡成因

该滑坡发育在老滑坡堆积体上,每逢较大降雨时,老滑体上都要发生浅表层滑坡或滑溜现象。党家坝廉租房滑坡则是由于工程施工开挖并在坡体下部形成人工边坡后诱发产生的。根据工程地质测绘和勘探结果,新滑坡的变形活动具有牵引式活动特点,并呈现三级牵引活动。首先,在坡体下部开挖边坡,坡体抗滑段的抗滑力减小,开挖形成的人工边坡在侧向卸荷后,应力重新调整,坡脚应力集中;当其应力超过土体强度时,人工边坡发生破坏,因而形成第一级

变形破坏区,其变形破坏范围仅局限于坡体前缘的人工边坡附近。然后,坡体前缘发生破坏后,应力松弛,老滑体的抗滑力进一步减小,第一级破坏区上部坡体的下滑力超过抗滑力并发生活动变形和地表开裂,形成新滑体中部的裂缝和第二级变形破坏区。随着第二级变形破坏区的形成,坡体活动变形继续向坡体上部方向扩展,形成新滑体的后缘裂缝和第三级变形破坏区。当坡体活动变形发展至第三级时,由于在坡脚进行反压等临时治理措施,坡体处于极限状态,因而没有继续向上扩展。

在坡体的活动变形与破坏过程中,坡体的地层结构与地下水控制了滑体结构。坡体中存在多层粘土

层 粘土层具有相对隔水作用 ,因而形成多层滞水。滞水带内的土层呈可塑状 ,强度较低 ,是滑坡活动的控制结构面(带) 。滑坡的滑面主要受第一层滞水 (③ -1 粘土层之上) 和第二层滞水段(③ -3 粘土层之上) 控制 ,其中 ,滑坡前部的滑面受第二层滞水段控制 ,滑坡后部的滑面受第一层滞水段控制。

3.2 滑坡稳定性评价

3.2.1 定性分析评价

鉴于在坡脚采取反压等临时治理措施后 ,滑体活动变形减小 ,并没有向上继续发展 ,坡体处于极限状态。由于坡脚的反压措施没有考虑排水因素 ,致使坡脚附近地下水汇集 ,土体强度降低 ,对滑体的整体稳定造成了不利影响。在坡脚反压 ,滑体活动变形稳定一段时间之后 ,滑体活动重新加剧 ,裂缝变宽。因此 ,需对滑坡进行永久性加固治理 ,特别要考虑地下浅层滞水的排水措施。当处理措施不当 ,或后期的工程施工继续向深部或坡内开挖时 ,滑体可能将继续发生活动 ,并可能向坡体上部继续扩展 ,形成第四级变形破坏区或更多级破坏区 ,严重时还可能造成滑坡的整体滑移破坏 ,造成人员伤亡和财产损失。

3.2.2 定量分析评价

影响滑坡稳定性的因素有坡形、岩土特性、地下水、地表水及人类活动等 ,根据滑坡体、滑带土的岩土力学参数 ,利用 Geo-slope 商业软件 ,采用 Morgenstern-Price 法^[4]对党家坝廉租房滑坡 3 条纵剖面 1-1'~ 3-3'纵剖面的滑面和潜在滑面进行了 3 种工况的稳定性系数计算。计算所用参数 通过室内试验参数和反算参数综合确定 ,具体参数见表 2。计算采用天然状态和考虑降雨条件浅层饱水 2 种工况。对各剖面的计算结果见表 3。

表 2 各土层及滑面稳定性计算参数表

Table 2 The soil and surface stability calculation parameters

层号	天然重度 γ (kN/m ³)	天然粘聚力 C (kPa)	天然内摩擦角 Φ (°)	重度 γ (kN/m ³)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 Φ (°)
②	18.7	52.7	18.0	19.7	34.0	15.2
③	18.8	38.0	14.7	19.8	22.8	11.5
③1	18.8	45.0	15.6	18.8	26.2	10.1
③2	18.3	45.0	17.8	18.3	24.7	13.0
③3	18.7	56.7	22.2	18.7	26.0	17.9
③4	18.7	61.5	16.5	18.7	20.0	13.0
滑带		38.0	17.1		20.3	14.8

表 3 稳定性计算结果表

Table 3 The stability calculation result

计算剖面	天然状态	饱水状态
1-1'	1.054	0.982
2-2'	1.040	0.952
3-3'	1.085	0.986

从表 3 可知 ,目前该滑坡处于临界状态 ,饱水后处于不稳定状态。因此 ,需要对滑坡进行治理。

4 滑坡防治工程设计

4.1 防治工程等级

本次涉及范围内的边坡前缘切坡高度约 12m ,影响高度 50m ,长度约 100m ,而且坡面多处出现张拉裂缝 ,侧部裂缝已有贯通趋势。靠近前缘的三根电线杆已经发生明显变位 ,电线已经拉直蹦紧; 高压铁塔底座部位出现斜向贯通穿越裂缝 ,若边坡失稳后果极为严重 ,故按《建筑边坡工程技术规范》(GB50330 - 2002) ,边坡防治工程等级为 I 级。

4.2 计算剖面的确定

根据工程地质剖面 1-1'、2-2'、3-3' ,对滑坡进行了现状坡形不采取工程措施和考虑支挡措施后的稳定性计算。计算剖面具体位置见图 2。剩余下滑力和抗滑桩设计均在综合滑动面上进行计算和设计。

4.3 参数与设计标准的确定

设计使用年限按安全营运年限不低于 50 年标准设计。I 级边坡设计最小安全系数标准按表 4。根据其它部门提供的资料 ,并考虑了岩土材料的弱化因素 ,计算结果见表 5。

表 4 工程区边(滑)坡安全系数控制标准

Table 4 The project area edge (sliding) safety factor of slope control standard

自重荷载	自重 + 强降雨荷载	自重 + 地震荷载	自重 + 强降雨 + 地震荷载
1.30	1.10	1.05	1.05

表 5 稳定性计算结果表

Table 5 The stability calculation result

工况	剖面	自然	自然 + 地震	饱水	饱水 + 地震
治理前	1-1'	1.054		0.982	
	2-2'	1.040		0.952	
	3-3'	1.085		0.986	
治理后	1-1'	1.33	1.241	1.151	1.061
	2-2'	1.297	1.239	1.132	1.054
	3-3'	1.312	1.245	1.189	1.090

4.4 剩余下滑力计算

将潜在滑动土体竖直分成若干土条,把土条当成刚体,按每个分条力的平衡和(或)力矩平衡条件计

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (R_i \prod_{j=1}^{n-1} \Psi_j) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} (T_i \prod_{j=1}^{n-1} \Psi_j) + T_n}$$

$$\Psi_j = \cos(\theta_i - \theta_{i+1}) - \sin(\theta_i - \theta_{i+1}) \tan \varphi_{i+1}$$

$$\prod_{j=1}^{n-1} \Psi_j = \Psi_i \cdot \Psi_{i+1} \cdot \Psi_{i+2} \cdots \Psi_{n-1}$$

$$R_i = N_i \tan \varphi_i + C_i L_i$$

算滑体的安全系数,具体采用《岩土工程勘察规范》(GB50021-94)推荐的推力传递系数法。图3为边坡稳定系数计算方法示意图。

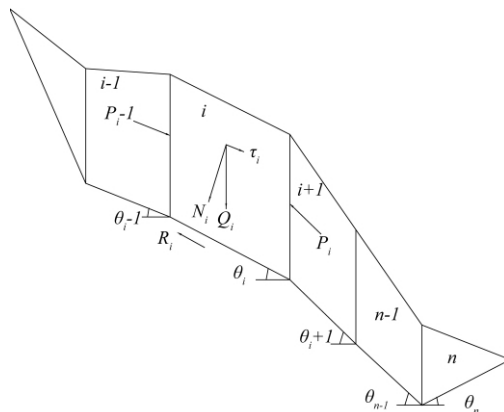


图3 边坡稳定系数计算方法图

Fig. 3 Diagram of slope stability coefficient calculation method

式中: F_s ——稳定系数;

θ_i ——下滑带第 i 条滑面的坡角大小;

Q_i ——第 i 块段滑体所受的重力(kN/m);

R_i ——作用于第 i 块段的抗滑力(kN/m);

N_i ——第 i 块段滑动面的法向分力(kN/m),考虑浸润面下条块的水压力时, N_i 改写为 $N_i - u_i$, L_i 为滑动面处的孔隙压力;

C_i ——第 i 块段土的粘聚力(kPa);

L_i ——第 i 块段滑动面长度(m);

T_i ——作用于第 i 块滑动面上的滑动分力(kN/m),出现与滑动方向相反的滑动分力时, T_i 应取负值;

ψ_i ——第 i 块段的剩余下滑动力传递至 $i+1$ 块段时的传递系数($j=i$);

φ_i ——第 i 块段土的内摩擦角($^\circ$)。

该方法适用于任意形状的滑动面,它假定条间力的合力与上一土条底面相平行,根据力的平衡条件,逐条向下推求,直至最后一条土条的推力为0。该方法是工程中常用的方法之一。

4.5 分项防治工程设计

4.5.1 抗滑桩设计

图3为党家坝滑坡的三个剖面1-1'、2-2'和3-3'在设计工况下极限平衡法的条块划分图,布置抗滑桩处滑体厚度与剩余下滑推力见表6。

表6 布置抗滑桩处滑体厚度与剩余下滑推力

Table 6 The arrangement of anti slide pile sliding body thickness and residual downslope thrust

高程 (m)	下滑力 (kN)	水平下滑 力(kN)	滑体厚 (m)	下滑力 (kN)	水平下滑 力(kN)	滑体 厚(m)	下滑力 (kN)	水平下滑 力(kN)	滑体厚 (m)
292	359.0	328.0	11.0	302.2	289.0	11.0	266.8	257.0	11.0

滑面以上桩体按悬臂梁进行计算,抗滑桩设计采用K法。地基抗力系数 $K = 300 \text{ MN/m}^3$ 。在高程292m附近滑坡体上设置一排抗滑桩,滑体厚度为11m,设计桩长20m,桩间距6m,桩截面为 $1.3 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$,其中锚固段长9m。

在纵向地质剖面1-1'、2-2'和3-3'上,抗滑桩布置处每延米的水平推力在此统一按300kN进行设计。抗滑桩分别采用剩余下滑推力和桩后库仑土压力设计,取其中较大者作为桩后载荷。

采用理正软件进行设计计算,由库仑土压力设计得到的抗滑桩弯矩及剪力见图4。

基于弯矩及剪力分布,按矩形截面受弯构件双向不对称配筋进行结构设计。配筋计算依据《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002)执行。抗滑桩材料参数为混凝土等级:C30,混凝土轴心抗压强度: $R_a = 14.3 \text{ N/mm}^2 = 14300 \text{ kN/m}^2$,混凝土轴心抗拉强度: $R_a = 1.43 \text{ N/mm}^2 = 1430 \text{ kN/m}^2$,混凝土弹性模量: $E = 3.0 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$,钢筋等级:主筋HRB325、箍筋

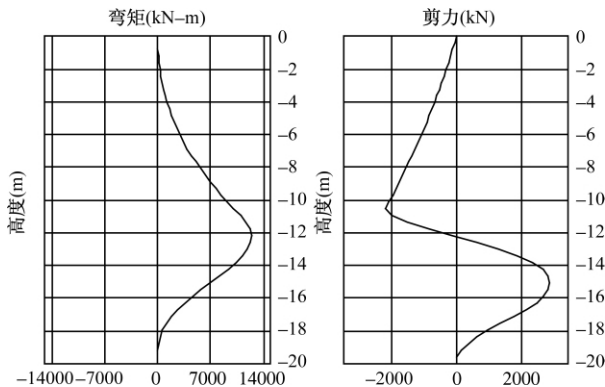


图4 抗滑桩弯矩及剪力图

Fig. 4 The anti-slide pile bending moment and shear force diagram

HPB235 钢筋类型: 主筋 $\Phi 32$, 箍筋 $\Phi 14, \Phi 12$ 钢筋抗拉强度: $R_g = 310 \text{ kN/m}^2 = 310000 \text{ N/m}^2$ 。

4.5.2 重力式挡土墙工程设计

挡土墙依据墙后库仑土压力大小设计, 挡土墙型式采用重力式浆砌片石挡土墙, 作用在挡土墙上的荷载力系及其组合主要有墙背承受由填料自重产生的侧压力、墙身自重的重力、墙顶上的有效荷载、基底法向反力、摩擦力及水压力和浮力等。重力式挡土墙按以下三个方面进行设计: ①抗滑移稳定性; ②抗倾覆稳定性; ③基底应力及偏心验算;

(1) 墙身材料和要求

①墙身各项材料强度如下: 石料采用 Mu40 砌筑砂浆标号采用 M10。②选用岩块、粗粒土等渗水土作为墙背填料。③基础埋置深度在冲刷线以下 1.5m。④每隔 15m 设置一个伸缩缝, 缝宽为 2cm, 缝内沿墙内、外、顶三边填塞沥青麻筋或沥青木板, 塞入深度为 30cm。

(2) 挡土墙设计要求

①不产生墙身沿基底的滑移破坏(滑动系数 $K_s \geq 1.3$); ②不产生墙身绕墙趾倾覆(倾覆稳定系数 $K_t \geq 1.6$); ③不出现因基底过度的不均匀沉降而引起墙身倾斜(作用于基底的合力的偏心距, 土质地基 $e \leq 1/6B$, 岩质地基 $e \leq 1/4B$, B 为挡土墙基底宽度); ④地基不出现过大的沉降(基底最大压力应小于地基的容许承载力 $\leq 500 \text{ kPa}$); ⑤墙身截面不产生开裂、破坏(墙身截面上的压应力, 及剪应力, 拉应力应小于材料相应容许值, 作用于截面上的合力偏心距 $e_1 \leq 0.3 B_1$, B_1 为挡土墙基底截面的宽度)。

(3) 挡土墙的主动土压力采用库伦理论计算 F_a

$$= 0.5 \rho H^2 K_a$$

$$K_a =$$

$$\frac{\cos^2(\varphi - \alpha - \eta)}{\cos(\eta) \cos^2(\alpha + \delta + \eta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta - \eta)}{\cos(\alpha + \delta + \eta) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2}$$

式中: ρ ——墙后填土的重度 (kN/m^3);

φ ——填土内摩擦角 ($^\circ$);

η ——地震角 ($^\circ$), VI 度设防 $\eta = 0$;

δ ——墙背与填土之间摩擦角 ($^\circ$);

β ——墙后边坡角 ($^\circ$);

α ——挡土墙墙背与铅垂线的夹角 ($^\circ$);

对党家坝滑体前缘切坡脚采用重力式挡墙支护, 墙高 3m, 顶宽 1m, 底宽 2.2m, 面坡倾斜坡度为 1:0.3, 埋入地下 1m, 具体尺寸和计算参数见计算书。挡土墙全长 107m。埋入 1m 的目的是保护坡脚和增强抗滑性能, 防止桩前坡体沿一级坡脚处发生滑移破坏, 增强前缘放坡部位抗滑移能力。

墙后主动土压力计算结果作为挡墙设计荷载。

根据主动土压力、墙重, 计算得其抗滑安全系数为 $1.357 > 1.3$, 抗倾覆安全系数为 $3.946 > 1.6$, 墙基础最大压应力 $60.38 \text{ kPa} < 200 \text{ kPa}$, 墙与地面平行处截面拉应力小于 0, 满足设计要求。

4.5.3 截排水设计

党家坝滑坡排水布置是在坡面裂缝区外沿坡体周界设置一条截水沟^[5], 利用地形高差形成自然截排, 长度 149m, 用来截排滑体外降雨形成的地表水流, 地表排水工程的设计降雨标准 20a 一遇。在滑坡坡脚挡土墙外, 设置一排排水沟, 保证沟底坡度不小于 1.0%。

地表排水流量按下面公式计算

$$Q = q\psi F$$

式中: Q ——设计地表水流量 (L/s);

q ——设计暴雨强度 ($\text{L/s} \cdot \text{ha}$), 一般取 $246 \text{ L/s} \cdot \text{ha}$

ψ ——径流系数, 可以取 0.7;

F ——承雨面积 (ha), 也称汇水面积;

D_u ——排水沟堵塞系数, 根据《设计要求》要求推荐取 1.5;

其中暴雨强度 q , 旬阳地区的经验公式为:

$$q = \frac{1108(1 + 0.73 \lg p)}{t^{0.626}}$$

式中: q ——设计暴雨强度 ($\text{L/s} \cdot \text{ha}$);

t ——降雨历时(min);

p ——设计暴雨重现期(a) 选用 20a 一遇;

设计降雨历时 t 可按下列公式计算:

$$t = t_1 + mt_2; t_1 = \frac{L_1}{60V_1}; t_2 = \frac{L_2}{60V_2}$$

式中: t_1 ——地面汇水时间(min) t_1 与汇流面积大小, 地形坡度陡缓, 土壤干湿程度, 以及地面覆盖有关。一般取 $V_1 = 0.15 \sim 0.6 \text{ m/s}$ 范围内取值 此次取 0.4 m/s ;

L_1 ——坡面长度(m);

t_2 ——雨水流行时间(min);

L_2 ——计算沟渠长度(m);

V_2 ——沟渠内水流流速(m/s) 取 0.5 m/s ;

m ——折减系数 明渠折减系数 $m = 1.2$ 。

计算汇流面积乘以堵塞系数 1.5 相当于安全系数为 1.5, 从而计算得到过水断面放大 1.5 倍。

(2) 排水沟水力设计

明渠均匀流计算基本公式为

$$Q = WC \sqrt{Ri}$$

式中: Q ——过流量(m^3/s);

R ——水力半径(m);

i ——水力坡降;

W ——过流断面面积(m^2);

C ——流速系数(m/s) 采用满宁公式计算,

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

式中: n ——渠道糙率 对浆砌石渠道 取 $n = 0.025$ 。

排水沟采用梯形断面, 其面积和水力半径分别为:

$$W = (b + mh) h$$

式中: b ——断面底宽(m);

n ——断面高(m);

m ——边坡系数;

β ——断面侧面角度($^\circ$)

L ——断面湿周;

$$L = b + 2h \sqrt{1 + m^2}$$

采用浆砌石作为渠道筑材料, 对中等岩石的块石砌体, 平均水流深度小于 2m 的渠道, 其最大允许流速 $6 \sim 8 \text{ m/s}$ 据此在本工程设计中渠道设计标准采用 4 m/s 。

综合以上, 计算确定的截、排水沟截面尺寸为 $0.6 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$ 。

坡面已经出现裂缝的地段, 要用灰土做灌缝和密

封处理。严格防止雨水通过裂缝进入坡体。

5 结论与建议

5.1 认识与结论

(1) 党家坝廉租房滑坡是发育在老滑坡体上的新滑坡, 滑坡的活动主要是由于坡脚的工程施工和开挖诱发了老滑坡的局部活动。

(2) 新滑坡体长约 105m、前缘宽约 80m, 厚 $6 \sim 10 \text{ m}$, 总体滑向 321° , 体积约 $6 \times 10^4 \text{ m}^3$, 属于小型堆积层滑坡。

(3) 场区内有多层局部滞水, 水量不大, 没有形成统一的潜水面。浅层滞水段埋深在 $3 \sim 4 \text{ m}$ 、 $7 \sim 10 \text{ m}$ 和 $15 \sim 20 \text{ m}$ 。在干湿交替条件下, 地下水对混凝土结构和钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性, 但对钢结构具弱腐蚀性。

(4) 旬阳县抗震设防烈度为 VI 度, 设计基本地震加速度值为 $0.05g$, 地震动反应频谱特征周期为 0.35 s , 设计地震分组为第一组。

(5) 滑体物质主要由粉质粘土(③、③-2) 和粘土(③-1) 组成; 滑面主要受第一层滞水(③-1 粘土层之上) 和第二层滞水段(③-3 粘土层之上) 控制, 其中, 滑坡前部的滑面受第二层滞水段控制, 滑坡后部的滑面受第一层滞水段控制。

(6) 新滑坡的变形活动具有牵引式活动特点, 并呈现三级牵引活动。

(7) 党家坝廉租房滑坡目前处于临界状态, 在强降雨条件下将处于不稳定状态, 因此, 需对该滑坡进行治理。由于坡脚的反压措施没有考虑排水因素, 致使坡脚附近地下水汇集, 对滑体的整体稳定造成了不利影响。当处理措施不当, 或后期的工程施工继续向深部或坡内开挖时, 滑体可能将继续发生活动, 并可能向坡体上部继续扩展, 严重时还可能造成滑坡的整体滑移破坏。

5.2 建议

(1) 做好坡面现有裂缝的处理, 采用封土夯实措施, 严防雨水入渗。

(2) 根据汇水条件, 在坡面采取一定截排水措施。

(3) 建议在 290 ~ 293 等高线之间的相对平缓地段设计一排抗滑桩, 桩前电力设施可采取具体问题具体分析, 分别采取一定临时加固措施; 桩后地段, 是次一级滑动情况, 可采取一定挡土措施进行加固处理。

(4) 及时落实和加强滑坡的监测措施,在滑坡治理施工之前,对滑坡采取临时预防措施,如夯实裂缝,截排地下水,坡脚填土反压(反压段要主要排水,避免地下水在坡脚汇集)等。

参考文献:

- [1] 周巍,王硕,彭阳义.深圳市罗湖区莲塘径肚滑坡发育特征与成因分析以及防治对策[J].工程勘察,2011,11:29-34.
ZHOU Wei, WANG Shuo, PENG Yangyi. Shenzhen city Luohu District Liantang trail belly. Characteristics of landslides and cause analysis and prevention countermeasures[J]. Engineering, 2011, 11:29-34.
- [2] 方玉树.建筑边坡岩体分类及其应用合理性研究[J].中国地质灾害与防治学报,2011,22(4):89-95.
FANG Yushu. Construction of slope rock mass classification and its application research on the rationality [J]. Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2011, 22(4): 89-95.
- [3] 工程地质手册编委会.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
Engineering geological manual editorial board. Engineering geological manual (Fourth Edition) [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2007.
- [4] 陈仲颐,周景星,王洪瑾.土力学[M].北京:清华大学出版社,1994.
CHEN Zhongyi, ZHOU Jingxing, WANG Hongjin. Soil mechanics [M]. Beijing: Qinghua University Press, 1994.
- [5] 地基处理手册编委会.地基处理手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
Foundation treatment manual editorial board. Foundation treatment manual (Second Edition) [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2000.

Evaluation and treatment of Dangjiaba landslide in Xunyang Shaanxi province

GUO Xiang, QI Ying

(Liaoning Province, The First Battalion of Hydrogeology and Engineering Geology, Liaoning Jinzhou 121000, China)

Abstract: As the engineering construction is increasing conducted on the mountain massif, geologic hazards, like landslides, as induced by engineering construction activities, occur frequently in severe weather conditions such as hard rains, and thus how to control such hazards has become a main problem to city construction. Using data collection, ground mapping, exploration and drilling, trough Ethan and soil test, find out XunYangXian landslide the distribution, the overall developmental characteristics, cause and influence factors of landslide stability degree the quantitative evaluation, forecasts the trend of its development, in landslide stability analysis based on evaluation, provide reasonable economy technology feasible landslide-treating scheme. This study can be useful for the control of landslides in similar areas.

Key words: landslide; evaluation; governance dam design; Dangjiaba