

某滑坡工程的稳定性评价与治理方案

靳成军

(山西地质勘查局 217 地质队, 山西大同 037008)

摘要: 阐述某村庄受临边滑坡的威胁, 对该滑坡进行勘察, 形成原因分析稳定性综合评价, 提出治理方案。

关键词: 滑坡; 稳定性评价; 治理措施

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

文章编号: 1672-7428 (2009) S1-0373-04

1 工程概况

某村庄受临边滑坡的威胁, 滑坡体距村庄房屋约 5m, 滑坡体纵向约 65m, 横向宽约为 45m, 面积约 2925m², 体积约 14000m³, 为一中型土质滑坡。滑坡外观形态呈“簸箕状”, 滑坡后壁陡直, 陡壁高约 2m, 长约 30m, 前缘地形变缓, 陡壁下为滑体下滑拉裂形成的后缘谷地及多条地表拉张裂缝, 裂缝带走向 NW300°, 宽约 5-30cm, 落距 10-40cm, 中部平台后缘处有一下陷土体, 下陷深度约 0.5m 东西两侧有两条近平行的裂缝, 走向近南北, 宽度 5-20cm, 落距 10-50cm 不等, 周围土体发生错动; 已经威胁到村庄的安全, 必须立即治理。

2 滑坡体工程地质条件

2.1 滑坡体岩土结构特征

通过对滑坡体进行工程地质勘察, 滑体物

质成分均为上更新统碎石土或土夹石, 夹多层软塑-可塑状粉质粘土, 土体挤压破碎现象明显; 滑带上部物质成分为碎石土或土夹石, 下部物质成分碎石土中粉质粘土夹层; 滑体物质成分主要为 Q3 碎石土或土夹石及 Q2 硬塑状粉质粘土。

2.2 滑坡岩土物理力学性质

由于滑体及滑带土无法采取原状样, 本次工作对滑体土的常规物理力学指标根据经验数据确定, 滑带土的常规物理力学指标根据图的经验数据和反算结果确定。

滑体土: 天然密度 19.0kN/m, 饱和密度 22.0kN/m

滑带土: $c = 12\text{kPa}$, $\phi = 8.5$

滑体土根据土工试验结果统计, 其物理力学指标见表 1。

表 1 滑床土物理力学性质指标统计表

岩土名称			粉质粘土					
统计项目			样本数	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数
天然含水量	w	%	8	36.6	22	28.28	4.32	0.15
重度	G_s		8	2.74	2.71	2.73	0.01	0.00
天然密度	ρ	g/cm	8	2	1.84	1.94	0.05	0.03
干密度	ρ_d	g/cm ³	8	1.62	1.35	1.52	0.09	0.06
饱和度	S_r	%	8	98.7	89	95.38	2.71	0.03
孔隙比	e_0		8	1.034	0.67	0.81	0.11	0.14
液限	w_L	%	8	46.5	32.2	40.21	4.98	0.12
塑限	w_P	%	8	28.8	20.7	25.21	2.78	0.11
塑性指数	IP		8	17.7	11.4	15.00	2.20	0.15
液性指数	IL		8	0.75	-0.03	0.21	0.25	1.19
内聚力	c	kPa	8	34.4	12.2	18.85	6.51	0.35
内摩擦角	ϕ	°	8	100.8	25	56.28	27.20	0.48

收稿日期: 2009-08-30

作者简介: 靳成军 (1972-), 男, 山西大同人, 山西省地勘局 217 队副队长、工程师, 水工环专业, 山西省大同市工农路 79 号, 13934125380。

根据以上滑床上物理力学参数, 确定其地基承载力标准值为 200kPa。

3 滑坡形成机制分析

3.1 地形条件

滑坡所在地为低山区, 切割强烈, 沟谷多呈“V”形, 基岩外露, 山地斜坡地带多分布一些规格不等的黄土梁、崩, 滑坡体位于黄土梁和沟谷之间的斜坡地带, 坡体走向近东西, 相对高差约 22m。

3.2 地层岩性

滑坡体地层主要为上更新统马兰黄土、碎石土(土夹石)、中更新统粉质粘土、桑干群(Ar)片麻岩。碎石土渗透性好, 渗水性滑体强度降低, 即增加了滑坡体的载荷, 又给滑坡创造了条件, 这是滑坡形成的内在因素。

3.3 地下水条件

滑坡区地下水有松散层孔隙水和基岩裂隙水两种, 补给来源均为大气降水。松散层孔隙水分布具有季节性, 在雨季相对丰富, 大气降水通过松散层孔隙垂直下渗, 由于下伏粉质粘土-粘土层具有隔水作用, 形成上层滞水, 导致上部岩土层强度降低, 增大了原有边坡土体的重力, 这是引起边坡变形导致滑坡的主要外部因素。基岩裂隙水主要储存于桑干群片麻岩的节理、裂隙中, 上部强风化岩层节理裂隙较发育, 接受补给条件有利, 富水性相对较好; 下部微风化岩层则富水性较差, 总体上看勘察区基岩裂隙水贫乏。

4 滑坡稳定性评价

4.1 宏观变形与定性评价

现场调查表明, 滑坡体所反应的宏观变形迹象已很明显, 主要是由于降雨水造成的。坡体后缘错台裂缝不断扩展和下挫, 前缘土体有被推出顺坡滑

落的现象, 均反应了该滑坡目前处于不稳定状态对滑坡体下村民造成直接威胁。

4.2 滑坡稳定性计算

(1) 计算方法

稳定系数的计算公式如下:

$$K_i = \frac{\sum ((W_i(\cos\alpha_i - A\sin\alpha_i) - N_{wi} - R_{Di})\tan\phi_i + (C_iL_i))}{\sum (W_i(\sin\alpha_i + A\cos\alpha_i) + T_{Di})} \quad (1)$$

式中: 孔隙水压力 $N_{wi} = \gamma_w h_{iw} L_i \cos\alpha_i$, 即近似等于浸润面以下土体的面积 $h_{iw} L_i \cos\alpha_i$, 乘以水的容量 γ_w ; 渗透压力产生的平行滑面分力

$$T_{Di} = \gamma_w h_{iw} l_i \sin\beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i) \quad (2)$$

渗透压力产生的垂直滑面分力

$$R_{Di} = \gamma_w h_{iw} l_i \sin\beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i) \quad (3)$$

式中: W_i ——第 i 条块的重力 (kN/m);

C_i ——第 i 条块内聚力 (kPa);

ϕ_i ——第 i 条块内摩擦角 ($^\circ$);

L_i ——第 i 条块滑面长度 (m)

α_i ——第 i 条块滑面倾角 ($^\circ$);

β_i ——第 i 条块地下水流向 ($^\circ$);

A ——地震加速度 (单位: 重力加速度 g);

K_i ——稳定系数。

滑坡推力的计算采用传递系数法, 由理正岩土计算软件完成。

(2) 参数选取

选取滑坡主剖面计算稳定性, 计算分块见图 1。

根据《滑坡防治工程勘察规范》(DZ/T 0218-2006) 知, 进行滑坡稳定性计算一般要提供滑坡土体的重度, 滑动面的内聚力和内摩擦角。该滑坡为砂类土(或土夹石)滑坡, 滑体土土质不均匀含有大量粘性土及粘性土夹层, 其稳定性主要取

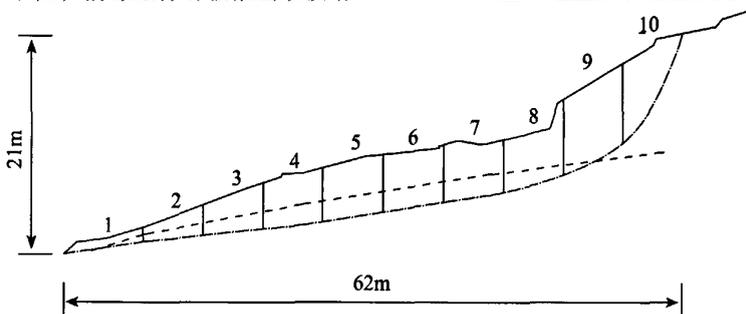


图 1 计算分块图

决于粘性土性质及地下水活动情况及滑面强度。由于采取原状土样困难,天然状态下滑体土的重度参考经验数据取 19.0 kN/m^3 ; 饱水状态下滑体土的重度取 22 kN/m^3 。

滑面强度参数取值采用经验数据类比及反算相结合的方法确定,给定粘聚力 c 或内摩擦角,反求另一值。采用如下公式进行反算:

$$\phi = \arctan \frac{F \sum W_i \sin \alpha_i - CL}{\sum W_i \cos \alpha_i}$$

由于该滑体目前处于蠕动挤压状态,天然状态下稳定系数应在 $1.00 - 1.05$ 之间,根据土的经验数据给定滑动面的抗剪强度 c 值为 12 kPa ,反算滑动面的值。在 $1.00 - 1.05$ 之间给不同的稳定系数反算,反算结果如表 2。

表 2 滑动面参数反算结果表

给定滑动面抗剪强度 $c = 12 \text{ kPa}$						
稳定系数 k	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05
反算结果 ϕ°	8.1	8.3	8.4	8.6	8.8	9.0

根据反算结果及经验,滑动面强度参数取值如下: $c = 12 \text{ kPa}$, $\phi = 8.5^\circ$ 。

(3) 计算结果

① 稳定系数计算

本次计算地下水位以下滑体取饱和重度,不考虑渗透压力影响。运用公式 (1) 分别计算工况 2 (自重 + 地下水)、工况 3 (自重 + 暴雨 + 地下水)、工况 4 (自重 + 地震 + 地下水) 条件下滑坡稳定性,计算结果见表 3、表 4 和表 5。

表 3 滑坡稳定系数计算表 (工况 2)

块号	滑块重力 $W_i / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	滑面长 L_i / m	滑面倾角 $\alpha_i / (^\circ)$	粘聚力 C_i / kPa	内摩擦角 $\Phi_i / (^\circ)$	孔隙水压力 $N_{mi} / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	抗滑力 $R_i / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	下滑力 $T_i / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	稳定系数 F_s
1	143.2	14.0	9	12	8.5	15	114.8	22.4	1.02
2	263.14	8.7	6	12	8.5	55.7	102.7	27.5	
3	447.55	6.6	6	12	8.5	85.2	125.6	46.8	
4	593.85	5.9	6	12	8.5	109.9	143.6	62.0	
5	662.24	5.8	9	12	8.5	120	152.8	103.5	
6	654.45	5.7	9	12	8.5	120	151.6	102.3	
7	641.37	5.5	9	12	8.5	118.2	150.0	100.3	
8	635.19	5.4	15	12	8.5	86.2	153.0	164.3	
9	875.73	5.3	27	12	8.5	15.9	194.3	397.4	
10	472.91	5.2	60	12	8.5	0	179.3	409.4	

表 4 滑坡稳定系数计算表 (工况 3)

块号	滑块重力 $W_i / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	滑面长 L_i / m	滑面倾角 $\alpha_i / (^\circ)$	粘聚力 C_i / kPa	内摩擦角 $\Phi_i / (^\circ)$	孔隙水压力 $N_{mi} / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	抗滑力 $R_i / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	下滑力 $T_i / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$	稳定系数 F_s
1	143.2	14.0	9	12	8.5	15	114.5	36.5	0.75
2	263.14	8.7	6	12	8.5	55.7	102.3	53.7	
3	447.55	6.6	6	12	8.5	85.2	124.9	91.3	
4	593.85	5.9	6	12	8.5	109.9	142.7	121.1	
5	662.24	5.8	9	12	8.5	120	151.2	169.0	
6	654.45	5.7	9	12	8.5	120	150.1	167.0	
7	641.37	5.5	9	12	8.5	118.2	148.5	163.6	
8	635.19	5.4	15	12	8.5	86.2	150.5	225.7	
9	875.73	5.3	27	12	8.5	15.9	188.4	475.4	
10	472.91	5.2	60	12	8.5	0	173.2	433.1	

表 5 滑坡稳定系数计算表 (工况 4)

块号	滑块重量 $W_i/$ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	滑面长 $L_i/$ m	滑面倾 角 $\alpha_i/(\circ)$	粘聚力 C_i/kPa	内摩擦 角 $\Phi_i/(\circ)$	孔隙水压力 $N_{wi}/$ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	抗滑力 $R_i/$ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	下滑力 $T_i/$ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	稳定系数 F_s
1	143.2	14.0	9	12	8.5	15	108.8	25.1	
2	263.14	8.7	6	12	8.5	55.7	95.0	29.8	
3	447.55	6.6	6	12	8.5	85.2	111.3	51.0	
4	593.85	5.9	6	12	8.5	109.9	124.3	67.9	
5	662.24	5.8	9	12	8.5	120	130.8	113.4	
6	654.45	5.7	9	12	8.5	120	130.1	112.0	0.77
7	641.37	5.5	9	12	8.5	118.2	128.9	109.7	
8	635.19	5.4	15	12	8.5	86.2	128.2	182.5	
9	875.73	5.3	27	12	8.5	15.9	146.0	457.6	
10	472.91	5.2	60	12	8.5	0	147.7	474.1	

②滑坡推力计算:

根据受灾对象、受灾程度、施工难度和工程投资等因素,划分本滑坡为 III 级防治工程,滑坡推力计算在工况 2 情况下安全系数取 1.15,在工况 3 和工况 4 情况下安全系数取 1.05,经理正岩土软件计算结果见表 6。

表 6 滑坡推力计算表 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)

状态条件	安全系数	
	1.15	1.05
工况 2	241.6	
工况 3		345.1
工况 4		205.1

4.3 稳定性综合评价

表 6 中的计算结果表明:该滑坡整体稳定系数在天然状况下为 1.02,地震状态下为 0.75,饱和状况下为 0.77,稳定性差。在暴雨、连续降雨或地震等不利因素作用下极可能发生再次滑动,从而危及滑坡下村民生命财产安全。

5 滑坡治理方案

由于该滑坡所在的斜坡已经发生明显的蠕滑错动,因此应按技术可行、经济合理、不留后患的原则,选取以支挡和削方为主、截水防渗为辅的综合治理方案。对于支挡工程的位置,尽可能利用滑体抗滑段的抗滑力,以减少支挡结构的荷载。另外滑坡左侧区域(面向滑坡)虽未滑动,但据野外露头观测及 K3 钻孔揭露,该区域地层结构和滑坡区地层结构相似,且坡度相对更陡,定性分析亦为不

稳定区域,建议此区域同时治理。

5.1 支挡措施

现场变形迹象和稳定性计算均表明,该滑坡处于临界极限平衡状态,在降水或地震作用下,随时都有可能滑塌下来,对滑坡前缘的村民生命财产造成直接的威胁,因此应及时采取措施进行治理。由滑坡剖面图可以看出,滑坡前缘地形相对较陡,若完全清除现有滑坡体,将可能导致其后缘坡体失去支撑而下滑,因此建议在滑坡前缘及西侧区域采用挡土墙等工程支挡措施。

5.2 刷方减载措施

坡体后缘地形陡 (53°),且由于前期滑动形成高约 2m 陡壁,建议在滑坡后缘、滑坡右侧较陡区域进行放坡削方,减小滑坡下滑推力。

5.3 截排水措施

坡体后缘和中部降雨入渗是加剧该滑坡活动的触发因素。因此,在滑坡坡面上设置排水设施,具体位置可根据地形和已有自然冲沟设置。在滑坡后缘设

置截水沟,防止地面水流入滑坡体内。坡体埋设供水管道应采取防渗漏措施。

5.4 平整坡面措施

用粘性土回填滑坡中部形成的拉张裂缝、凹陷坑,并夯实,以

利于地表水排泄顺畅及防止地表水大量渗入坡体。

参考文献:

- [1] GB50330-2002,建筑边坡工程技术规范[S].
- [2] GB50021-2001,岩土工程勘察规范[S].