

3P-42.54

驷马山渠道IV[#]滑坡成因及稳定性分析

朱效福 王德信

闫超君^V

TV6P8.24

(河海大学土木工程学院 南京 210098) (安徽省驷马山工程管理处 和县 238251)

摘要 阐述驷马山引江渠道切岭段诱发裂隙硬粘土挖方边坡变形中的几个问题;分析了滑坡整治方案中减压井的排渗效果。深层排渗为主体的治理(或防治)方法,是抑制此类土质边坡滑动较为行之有效的方法。

关键词 渠道 滑坡 裂隙硬粘土 减压井

稳定性

安徽省驷马山灌区引江渠道,穿行于江淮丘陵地区,是发挥灌区抗旱、防洪及航运等工程效益的咽喉要道。引江渠道IV[#]滑坡(以下简称驷IV滑坡),位于切岭段左岸的迎水坡面,丘陵地貌的缓平坡处,坡高约23.0 m。1989年秋,在16.0 m高程坡脚处,27.0 m高程坡顶处(渠底高程4.0 m),分别出现了长约17 m,34 m弧状坡表裂缝。裂缝周围的植被枯死,缝宽约3~5 mm,坡脚防浪墙(高程10.0 m)倾斜,土体有下陷的迹象。1990年2月,发现经回填夯实处理过的坡顶裂缝,长度迅速扩展约120 m;坡面浆砌石排水沟拉裂,裂缝宽度也迅速增大,如图1所示。高出坡面约50 mm的部分测压管管中

的运行,表明这种工程方案造价低,施工方便,效果明显。目前该工程处于稳定状态。

1 地质构造及物理力学性质

1.1 地质构造简述

切岭段土体为三套地层^[1]:

a. 第四纪全新统(Q_4)。它以棕、黄、褐色重粉质壤土为主,土体中以垂直为主的微细裂隙较发育,并有少量近似直立的较大裂隙,见图2。

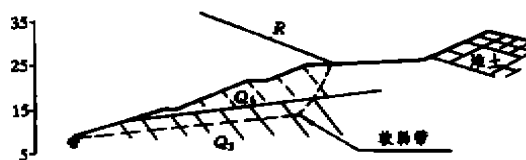


图2 土层构造图

b. 第四纪上更新统(Q_3)。它以黄、棕黄色粉质粘土为主,网状裂隙发育,裂隙面上多附有油腻状、光滑的次生灰白色粘土,部分层含有不连续的灰白色高岭土薄层,厚1~5 mm,裂隙密集带处,渗水量大,减压井开挖时,此层土易成片塌落。

c. 第三系上新统(N_2)。它为灰白色、或灰白色钙质结核状粘土,该层土体密实、坚硬、渗透性极差。

1.2 土的物理力学性质

土的物理力学性质综合如表1所示。

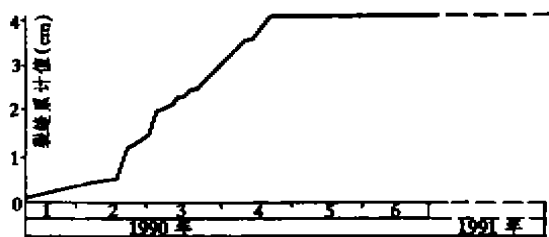


图1 驷IV滑坡裂缝变化量~时间过程线

水从管口溢出,渠坡病害情况十分危急。为保证滁河流域安全渡汛,依据试验资料及该地区坡体其它蠕变段的有关经验资料,决定采用以排水为主体的综合治理方法——群井减压排渗、单水平孔自流排水。经过5年来

表1 土的物理力学性质综合表

土 类	取 样 深 度	含水量 (%)	湿容重 (g/cm ³)	干容重 (g/cm ³)	液 限 (%)	塑 限 (%)	粉 立 0.05~0.005	粘 粘 <0.005	残余强度	
									C _r (kPa)	$\varphi_r(^{\circ})$
粉质壤土	3.3	22.2	2.05	1.68	35.2	19.6	28.3	26.0	14.0	20
粉质粘土	8.9	30.4	1.90	1.64	51.7	29.3	41.8	50.2	12.7	7

2 坡体水运动

2.1 堆土区供水

渠道开挖部分土堆积在渠顶附近,高出渠顶平台约7m,人工堆积土层土质松散,孔隙率大。农民多年在此垦种,促使这层土体对气候变化的敏感性强,降水时渗透量大,成为人造的天然地下“潜水”水库,在水头作用下,长期向坡体给水。

2.2 构造供水

由水文地质调查得知,渠道开挖前,此渠段是丘陵区天然潜水排泄口,河滩处潜水排泄丰富。渠道形成后,各种水体沿着新老构造路径仍向此变形坡段排泄。构造供水是滑坡段的主要外来水。(这一事实,被后来的排渗效果分析及施工中现象所证实。)

坡体内存在着大量的裂隙,形成了坡体中水体运行的各向异性。降水时,坡表水易透过坡面扰动层或土体中的上层滞水,大量沿裂缝(隙)下渗,补给中层土中的脉状水,使雨期地下水位迅速抬高。粘土的天然排渗条件差,坡体中的水,只能靠大气蒸发而缓慢下降。

3 滑坡成因分析

该段裂隙硬粘土挖方渠坡变形是多因素长期侵蚀的结果,主要有以下几个因素^[2]。

3.1 土层特性

粘土的主要矿物成份为蒙脱石,它比其它土质具有更强的亲水性、吸附性、胀缩性及塑性;具有较高的液限和较低的塑限。含水量增加时,土体强烈吸水,膨胀、软化;而失水时,土体收缩较快,易产生收缩裂隙,并能产生较大裂缝。土层中存在着原生裂隙,风化裂隙及卸荷裂隙等。裂隙面有过水痕迹,存

在着风化晕,裂隙面一般较光滑,被较弱的次生粘土充填。裂隙破坏了土体的原有结构,形成了裂隙性粘土物理力学性质的各向异性。这些“再造”裂隙,在外界因素的作用下,成为软弱物质的富集场所,是物理化学反应剧烈作用带。当软弱场所中一部分的土体强度因衰减而产生剪切破坏时,把应力释放给周围的土体,周围土体在外加的因素作用下,也会因外载过大而发生屈服,从而发展成为土体软弱带。

3.2 水的作用

3.2.1 浸湿土体降低强度

此段变形的土体,其主要矿物成份是蒙脱石;含水量的大小和自然排渗环境,自然影响蒙脱土的形成和发展。土体长期在水的浸湿下,蒙脱土发育就快,土体力学性质向劣化方向发展,从而引起土体变形。这种现象,与切岭段病害边坡变化的季节性特点相吻合,坡体地下水活动强烈的坡段,干湿效应明显,网状裂隙发育强,次生粘土发育快,坡体变形就快。

3.2.2 坡体水活动助长裂隙发展

粘性土的渗透系数很小,可视其为不透水层。坡体中的裂缝水,形成较大的裂缝静水压力或孔隙压力差,对土体起“劈裂”作用,一般说来,促使裂缝沿等高线方向展开。坡体水消失后,裂隙粘土失水收缩,易产生收缩裂隙。收缩裂缝会在风化营力作用下,向纵深方向发展。工程运行中发现,对于膨胀土来讲,收缩性裂隙对工程产生的危害性比膨胀性更大。如此长期循环,使土体越加“破碎”,从而引起土体整体强度衰减。

3.3 卸荷影响

渠坡形成后,因卸荷会产生应力向临空面方向释放,不但促使原生裂隙发展,改变土

体原有的应力状态,而且会产生卸荷裂隙,扰动了土体的结构,为各种外因的侵入创造了条件。

3.4 气候因素影响

裂隙硬粘土对气候变化极为敏感,随气候变化会迅速发生水热反应。气候引起的风化作用,会促使裂隙更加发育;裂隙形成后,发生的氧化还原作用,生成光滑油腻状的白色次生粘土,充填在裂隙中。贯通裂隙的形成,加速了渗水的淋滤、溶蚀作用,使土中的钙质淋滤成离子状态,随坡体内水的运动而流失,使土体失去支架而引起强度衰减。

3.5 堆土区的影响

渠顶平台附近的堆弃土对斜坡来讲,是非常有害的因素,它增加了对斜坡的重力作用。松散堆弃土是一个大的“蓄水池”,长期向坡体供水,增加渠坡土体下滑力。

影响坡体稳定的上述五个主要因素,相互影响,交错作用。随着时间的推移,土体强度逐渐衰减。表2反应了该地区黄色粘土不同时期的力学性质的变化情况,从中可发现,坡体 Q_0 、 Q_3 的覆盖层土体的 C 、 φ 值都有所下降。粘土矿物成份的形成历史是产生渠坡变形的主要内因,水则是一个重要的侵蚀外因。

表2 黄色粘土力学性质的变化情况

试验时间	三轴慢剪	
	$C(\text{kPa})$	φ°
渠道开挖前	30.4	25
坡体开成10年后	14.7	19
坡体开成18年后	12.7	7

4 深层排渗治理方案

减压井联合水平孔为主体深层排渗系统的综合治理方案,主要是布置群井,截住坡外来水,阻止坡体外的潜水长期侵蚀、软化土体;迅速排除浅层土体内的坡面渗水,抑制中深层土干湿循环的反复作用。为确保变形坡体稳定,降低工程造价,减压井间距的合理布置非常重要。从坡体现场抽水试验知,减压井汇水范围和排渗大小,除与减压井在坡体

上位置有关外,还与裂缝发育程度,裂缝贯穿情况有着密切的关系。综合众多因素后,确定了群井沿渠道方向的间距为10~15m,并化为若干排渗组,用水平孔单孔自流排水,如图3所示。

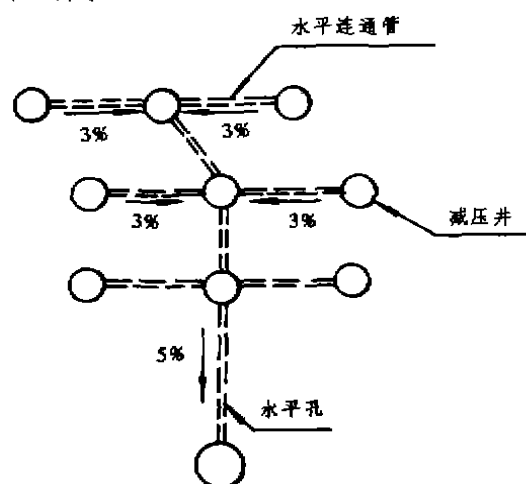


图3 渠IV滑坡群井排渗组典型图

5 排渗效果及稳定性分析

经排渗处理后,坡体变形被迅速抑制,坡脚湿迹得以改善(见图4),安全地渡过了1990年汛期,并经受了1991年滁河流域百年罕见洪水的考验。

5.1 测压管水位变化

工程治理前期,坡面地下水位埋深最高值0.0~0.5m,土体长期处于高水头作用下。工程处理后,地下水位明显下降,正常运行期间坡腰水位下降值3.0~5.0m,(见表3),达到了处理方案设计要求。降雨期,地下水位的升幅很小,而且水在土体中滞留的时间缩短,因此,减小了坡体的下滑力,减弱了土体的风化和干湿作用强度,改善了土体的水环境,为软弱带土体固结,坡体再稳定创造了良机。

表3 地下水位埋深特征值(单位:m)

测压管号	工程处理前	工程处理后	水位降值
206	0.95	2.34	1.39
207	2.6	干枯	—
208	0.27	5.86	5.59
209	0.82	4.59	3.77
210	0.19	1.68	1.49

注:表中特征值由人工定时测得。

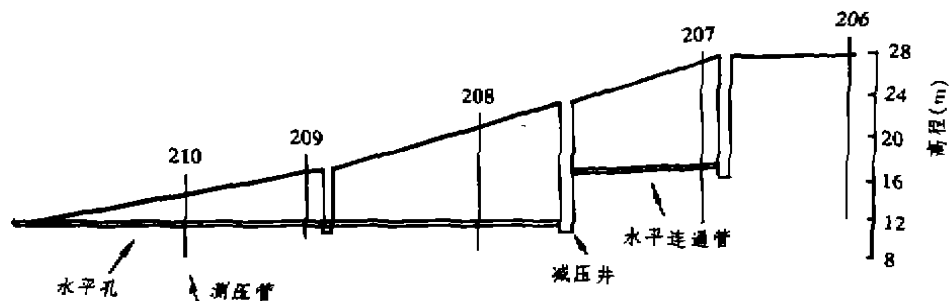


图4 边坡治理断面结构图

5.2 各层减压竖井排渗效果

为了解减压竖井排渗效果,以及坡体内外地下水运动情况,1990年7月的一次降雨后,对系统排水量与降水关系进行量测,其结果如图5所示。从图5中看出,减压井排渗

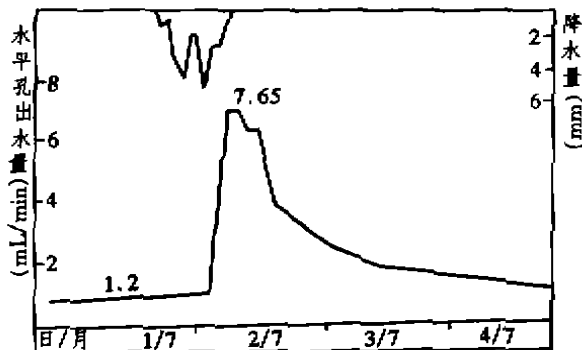


图5 降水—水平孔排水典型过程线

系统能够迅速排除渗入坡体中的地下水。从测压管反应资料来看,比治理前同等强度降雨历时下的地下水位升幅值小,特别是坡腰处水位恢复较快。1992年6月17日,雨后第二天,对各层减压井排渗情况进行了观测,其结果见表4(该组排渗系统位于滑坡主轴处)。

表4 3#水平孔组排渗量观测表

减压井位置	坡顶排渗系统	坡腰排渗系统
观测值	0.64	0.15
相对排渗量(%)	81	19

从观察减压井渗水出逸点可看到,截排减压井渗水出逸点在中上部,水较清,主要来自坡外来水;而坡腰中减压井排渗出逸点

在中上部,且雨后有浑蚀现象出现,主要为坡体入渗水体。

5.3 稳定性分析

驷IV滑坡的滑坡后壁发育较完好,而坡腰缓倾软弱带没有完全形成;工程处理后,土体固结条件得到了改善,变形迅速得以抑制。根据上述特点,在稳定性计算时,采用下述方法来计算确定滑动面及参数选取:①以变形坡体后壁裂缝为约束条件,找出相应的最小安全系数最危险的滑弧位置;②把坡腰处软弱带与由①确定的滑弧相连,形成组合型坡体计算滑动面;③用残余强度进行稳定性计算时,考虑到排渗治理后,因固结效应作用,软弱带土体力学性质有所改善,根据驷马山切岭段多处滑坡工点的治理经验,认为 φ 值有5%的增长。通过以上分析,用简布普遍条分法进行计算,其结果见图6。用这种方法进行计算分析,得出治理后坡体是稳定的,与实际工程效果相吻合。

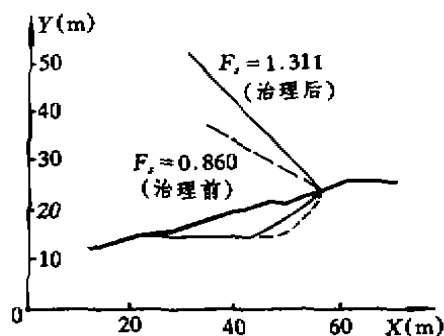


图6 稳定性计算及相应 F_s 值

(下转第54页)