

文章编号: 1005-0523(2005)01-0044-05

江西某厂工程灾害发生机理及防治对策

刘显沐¹, 吴克海²

(1. 江西省地矿局, 江西 九江 332000; 2. 江西省高速公路管理局, 江西 南昌 330000)

摘要:江西某厂填筑地基时, 未清理处于填土与基础之间的淤泥, 导致工程灾害发生。作者研究表明, 由于排水通道不畅, 位于基础与填土间的淤泥质粉质粘土固结作用缓慢, 在地下水渗流及地表水浸泡下发生水化作用, 外荷载增加及频繁的涨退水是导致不稳定边坡产生工程灾害的诱发因素。治理方法研究表明, 利用低压注浆法固化滑动面及增加地基抗剪能力是防治工程灾害较好方法, 结合其它方法, 低压注浆法可以根治滑坡。施工结果经试用表明达到预期目的。本文提供的理论及施工方法, 可以在类似工程中应用, 这点已在西部某工程中得到证实。

关 键 词:工程灾害; 发生机理; 防治对策

中图分类号: TM392.3

文献标识码: A

江西某化学厂始建于 2002 年初, 是江西较大的外资企业。本文所涉及的电厂化学处理区及污水处理区是 2002 年初在大湖边填湖兴建而成。2003 年 6—8 月份, 准备兴建货运码头的污水处理区与化学处理区交界处, 填筑边坡发生向东(湖中)滑坡, 导致污水处理池裂开及货运码头栈桥桩基断裂(图 1)。

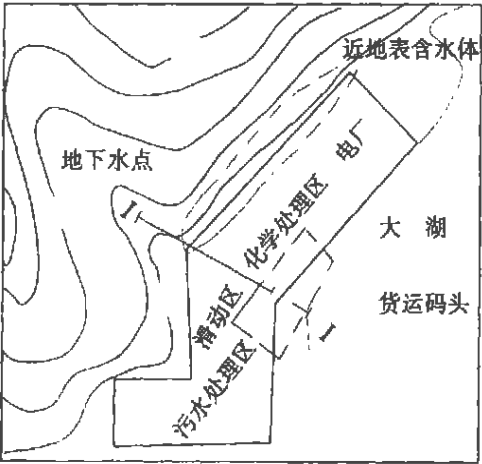


图 1 工程灾害位置示意图(1:1万)

1 工程灾害发生机理

1.1 滑坡前勘察成果

2002 年末, 在对电厂、化学区、污水处理区场地进行勘察时, 发现以下对场地稳定十分不利的因素(1)、(3)、(5)。

1) 填方时(4), 未对处于基岩界面上或粉质粘土层上的淤泥质粉质粘土进行清理, 淤泥质粉质粘土未固结, 成为填土层与基岩层之间天然滑动面。

研究区内各土层分布见图 2。

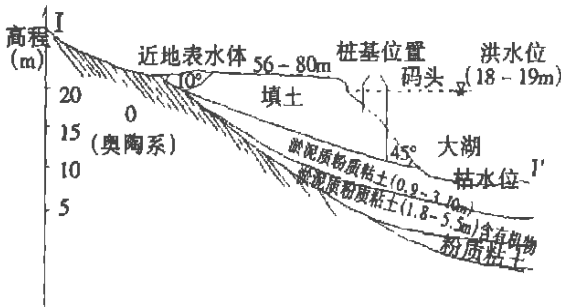


图 2 研究区地(土)层垂直关系示意图

收稿日期: 2004-04-12

作者简介: 刘显沐(1962—), 男, 江西九江市人, 高级工程师, 研究方向: 主要从事地质找矿和岩土工程施工。

2) 基岩为奥陶系砂岩、页岩,产状与坡向一致,走向 45°±,倾向 SE,倾角 25°~45°,许多地段坡面即为岩层面.

3) 化学处理区、污水处理区后期挖孔桩证明有地下水存在,且填筑施工时,电厂及化学处理区西侧山坡侧填有砂、卵石,地表水下渗形成近地表水体(≈1 000 m³),其缓慢沿基岩界面下渗. 大湖洪水

水位 19~21 m,枯水季节约 10 m 左右,且由于大湖流域面积大,来水复杂及长江水倒灌,洪水季节涨退频率高.

以上三点,在地基与基岩之间形成滑动面,地基产生滑动.

由于建设方未能重视以上勘察成果,及早开展防范措施,导致工程灾害的发生.

表 1 各土层物理力学参数统计表

序号	土层名称	样数	w	γ	γd	G _s	e	Sr	W _L	W _p	I _p	I _L	α ₁₋₂	E _{s1-2}	C	φ
1	填土(粉质粘土)	59	23.71	19.97	16.13	2.72	0.683	93.95	31.76	19.12	12.40	0.36	0.31	5.72	39—50	15—16
2	淤泥质粉质粘土	6	41.17	18.3	13.1	2.7	1.11	99	37.7	28.83	13.9	1.25	0.66	3.44	7—10	9—10
3	淤泥质粉质粘土	4	38.25	18.0	13.0	2.71	1.08	96	42.73	26.68	16.05	0.72	0.52	3.76	20	15
4	粉质粘土	6	27.03	19.8	15.6	2.7	0.73	100	36.27	23.45	12.82	0.28	0.22	7.69	44.17	21.62

注:2 组为含水量大地段样品(填筑后).3 为填筑前淤泥质粉质粘土.4 为压实段或无水段样品.2、3、4 为同一层位.

1.2 滑坡后勘察成果

2003 年 6—7 月间,化学处理区与污水处理区交界处发生滑坡,30 根 φ1.2 m 栈桥桩基发生断裂,桩顶位移(方向东)3—4 m,污水处理区的水池发生断裂.

为了更好地查明滑坡机理,分别于 2003 年 7 月、2003 年 12 月施工钻孔,通过采样分析表明(2):

1) 丰水期及含水量大的地段,淤泥质粉质粘土含水量增加,含水量达 41.17%,较填筑前(表 1、第三组样)增加 2.75%,与压实过程逆向.

2) 丰水期及含水量大的地段,淤泥质粉质粘土的力学性质普遍变差,C、φ 值约为填筑前的一半,约为无水地段(表 1、第四组样)的 $\frac{1}{3}$.

1.3 滑坡机理分析

为了很好分析滑坡机理,对研究区的土层的力学性质及斜坡稳定性开展研究工作,并进行了相关的模拟试验.

1) 淤泥质粉质粘土固结作用缓慢,且在水的作用下产生水化作用

(1)研究区土层结构特殊,对处于滑动面上的淤泥质粉质粘土固结作用不利.滑动面上的淤泥质粉质粘土呈浅灰、灰褐色,饱和,呈流塑状或软塑状,细腻滑感,发生固结排水时,所排之水要么流向湖中,要么沿滑动面上升至地面,排水不畅,而且由于排水距离大,速度很慢,计算表明($U_t=1-\frac{8}{\pi^2}\sum_{m=1.3}^{\infty}\frac{1}{m^2}\exp(-\frac{m^2\pi^2}{4}T_v)$), $T_v=\frac{C_v\times t^{[6]}}{H}$,当排水距离 H=15 m 时(相当于洪水水位及近地表水位),其固结级数收敛速度(二者首项比)是 H=3 m 时(相当于枯

水位)1.56×10⁻¹⁹ 倍时.2002—2004 年统计资料表明场地附近大湖水位分布状况是 H=15 m(120 天)、11—15 m(200 天)、10—11 m(40 天),也亦是淤泥质粉质粘土发生固结时 H=6—15m,固结作用极为缓慢.这种分析已为钻孔取样所证实.

(2)水的作用不但影响固结速度,而且一定条件下产生水化作用

a、近地表水及地下水渗流地段

由于地下水及近地表水下渗,淤泥质粉质粘土沿坡向产生较大的水头差(水位高程—湖水高程),形成了 $\gamma_w\times i$ 的动水压力,淤泥质粉质粘土中某一时刻,水量保持动态平衡,固结方程 $\frac{\partial u}{\partial t}=C_v\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}=0$,孔隙水压力 $u=\text{constant}=(\gamma-\gamma_w)H$,不随时间变化而减小,固结作用不发生.当水头压力变大时,淤泥质粉质粘土 u 增大,水化作用发生,土的力学性质变差.

b、湖水的浸泡导致水化作用的发生.钻孔注水试验结果也证明此点.

将填土及淤泥质土(表 1、第三组样),在水头差 9—10 m 的水浸泡下,实测二者渗透系数为 0.5×10⁻⁶cm/sec、6×10⁻⁶cm/sec,48 小时内含水量分别增加 2.8%、1.9%,说明淤泥质粉质粘土在湖水的浸泡下,由于其孔隙比大,渗透系数大,水化速度也较大.

c、洪水季节时有地下水下渗段,地下水或近地表水与湖水是沟通的,除已有淤泥质粉质粘土发生水化作用,填土底部水化作用也有缓慢发生(2003 年 7 月电厂挖孔桩中,填土底部发现 W=38.9%,C=19 kPa,φ=16°样品),滑动面附近土的力学性质变差.

总之淤泥质粉质粘土层由于固结排水通道不畅,原始孔隙比大,排水距离大,无水地段固结速度慢,在有水渗流地段及湖水浸泡下产生水化作用,导致淤泥质粉质粘土力学性质变差,形成力学软弱面。

2) 场地局部地段填土斜坡稳定性差

(1)填土坡迎水面坡角太大,没有护坡,填土斜坡不稳定

根据极限平衡理论(7)可得 10 m 高坡角为 45° 时的相关参数(图 2)

$$C_{\max} = \frac{\gamma h}{2} \sin^2 \left(\frac{\beta - \phi}{2} \right) / (\sin \beta \cos \varphi) = 0.214 \text{ MPa} (>0.05 \text{ MPa})$$

$$h = 2C \sin \beta \cos \varphi / [\gamma \sin^2 \left(\frac{\beta - \phi}{2} \right)] = 2.3 \text{ m} (<10 \text{ m})$$

$$h_{90^\circ} = 2C \cos \varphi / [\gamma \sin^2 (45^\circ - \frac{\phi}{2})] = 0.8 \text{ m}$$

现场挖坡试验 48 小时内 $h=5 \text{ m}$, $h_{90^\circ}=2.0 \text{ m}$,虽然比计算值要大,但仍说明 10 m 高填土坡在坡角为 45° 时,不采用其它手段(护坡等)治理,在填土中出现滑坡是必然的。

(2)填土与基床间的淤泥质粘土形成软弱面导致斜坡不稳

取坡长 1 m 斜坡,以填土为一整体计算,淤泥质土为滑面(图 2),重力 $W=64 \text{ MN}$,下滑力 $T=11.13 \text{ MN}$,滑动面上平均下滑为 $\tau=0.16 \text{ MPa}$ ($\tau_{\max}=0.348 \text{ MPa}$, $\tau_{\min}=0$),摩擦力 $F=12.06 \text{ MN}$ ($\mu=0.15-0.25$,实测)。表面上看 $T \leq F$,斜坡不可能产生滑动,这也是原设计及填土施工单位事故发生后辩解不需清淤的道理之一。但在滑动带上,当 $\tau > C$ 时,淤泥质粉质粘土发生破坏,斜坡沿淤泥质粉质粘土层滑动。滑动带内侧约 8—20 m 填土较薄段未发生滑动及钻孔取样淤泥质粉质粘土样品产生剪切破坏证据说明了此点。

(3)填筑场地后,后期施工的构筑物型式不同,改变了斜坡力学性状,导致部分地段斜坡产生滑坡,部分地段斜坡趋于稳定。

化学处理区及电厂建设时,厂房长轴平行于湖岸,施工时采用桩基础,桩的间距小 1.8—3.5 m,且含筋量高 80 kg/m^3 ,桩径 $\varphi=60-80 \text{ cm}$,客观上起到抗滑桩作用,而且斜坡坡角 $20^\circ-25^\circ$,所以尽管存在滑动面,但未产生滑坡。

污水处理区与化学处理区交界处,为了水池施工需要仅施工 3—4 m 碎石桩,水池加载加快了斜坡

滑动。从时间上看,冬天不易产生滑动,原因是填土及暴露于湖中淤泥质土失去水份成硬塑状,地下水渗流速度较快,坡脚产生固结作用。夏天洪水来时,可以提供 0.04 MPa 的水平推力,水化作用发育不完全,斜坡较稳,当水化作用达到一定程度,且失去水压时,斜坡发生滑动,特别是洪水频繁涨落及突然退水时,斜坡最易产生滑动。

淤泥质粉质粘土清基不干净,提供了滑动面,水化作用导致滑动面及填土力学性质变差,外荷载及地表水涨落作用诱发不稳定斜坡产生滑动。

2 防治对策

发生工程灾害时,处于坡顶的化学处理区、电厂、污水处理区建设已全面展开,开挖清淤这种简单易行办法不可能开展,但建设方采纳了专家部分意见:1) 加深桩基础,入岩 2—3 m。2) 增加桩数,改 $\varphi=1.2 \text{ m}$ 成 $\varphi=0.6-0.8 \text{ m}$,加大含筋量。所以电厂及化学处理区厂房、烟囱等目前安然无恙。为了彻底根除工程灾害,开展工程灾害防治方法研究。

1) 防水、疏水方法研究

(1)利用高密度激电寻找出地下水点,查明其受构造控制,流量约 15—20 吨/天,施工机井一口,抽水至地表沟渠中。

(2)近地表水体最深为 6 m,宽 0—10 m,由砂、砾组成,全部换填成隔水性好的粘土,上铺 10 cm 厚砼作为人行道及车库,沿西部山坡边施工地表排水沟,切断地表水下渗通道。

2) 固化滑动面提高滑动面及地基抗剪能力

斜坡治理方法很多,本次采用增加地基抗力方法开展试验工作,锚固等方法因成本高、地质条件不适用,未开展实验工作。

2003 年 7—12 月配合电厂、化学处理区桩基础施工开展三种方法试验。

1) 高压旋喷:按 0.8 m、1.0 m、1.5 m、2.0 m 间距布置首排孔,以以上孔距为排距布置第二排孔,共施工 10 孔,深至基岩下 3.0 m,采用工序:表层硬物清理→作业平整→测放孔位→引孔施工→旋喷钻孔就位→喷口处理→制浆、喷浆→冲填封孔。28 天后,孔间四个三角形中心取样及注水实验查明了影响半径约 0.8—1.0 m,孔距大于 0.8 m 间距透水率较大。成本高 280 元/m。

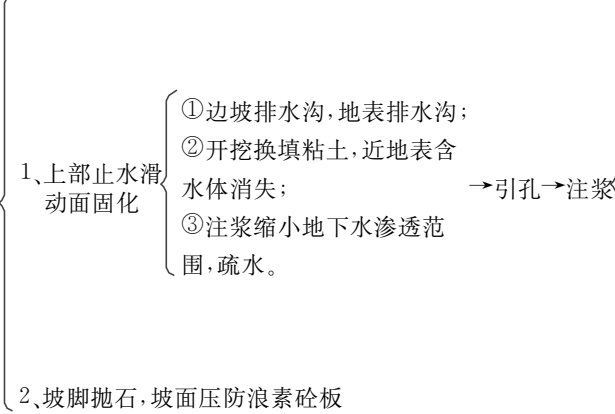
2) 粉喷:孔距同旋喷。时间为洪水期,采用工序:表层硬物清理→作业平整→测放孔位→引孔施

工→粉喷桩基就位→喷口处理→粉喷→冲填封孔. 28 天后,孔间四个三角形中心采样及压水试验表明影响半径 0.6—0.8 m,且只在淤泥质粉质粘土段成柱状.

3) 低压注浆

前期按旋喷方法布孔.工序简单:放孔→XY—100 就位,引导孔施工→制浆→初注、复注→封孔移位.取样及注水试验表明,淤泥质粉质粘土处影响半径 2.0—2.3 m,填土处 1.5—2.0 m,形成自基岩至设定标高的混凝土柱.后期按 3.0 m 排距施工 5 孔,取样及压水试验结果同前期试验.

与以上两方法对比有明显优点:①由于注浆时间较长,压密及渗透注浆均有之,土层的密实度提高大,孔隙度大大减少;②注浆压力采用不冒浆或浆量—压力图上拐点压力作为注浆压力,对土层损



[7] 工程地质手册[S].《工程地质手册》编写委员会,北京: 中国建筑工业出版社,1992.

[8] 青海省西宁市某出口Ⅱ标段固结灌浆施工总结报告.

Genesis and Protecting-Controlling Method of Engineering
Accident in a Factory in Jiangxi Province

LIU Xian-mu¹, WU Ke-ha²

(1. Bureau of Geology and Mineral Resources of JiangXi Province, Jiujiang 332000; 2. Jiangxi High-way Maragement Bureau, Nanchang 330000, China)

Abstract: The silt between basis and covered layer was not cleared away every inch in the building of civilian field of a factory of JiangXi and it had resulted in engineering accident. Writer's study have testified that the solidification of silt between basis and covered layer developed slowly because passageway of drainage was not clear and that hydration of the silt occurred because leakage of ground water along the sliding band and immersion of the lake water, increassing of load and frequent ascending and descending of the lake water level were the inducement of engineering accident of unstable slope. Study of control method of slip testified that low-pressure-inject-slurry was suitable for protecting-controlling of slip and it could solid sliding band and increase capacity against shearing force to control slip with other methods through-out. Probation of the engineering testifies that the result is expected gaol. The method of theory and engineering might be applied to protecting and controlling of the similar engineering accident and it is certified by the engineering further in the westchina in August, 2003.

Key words: engineering accident; producing mechanism; measure

(上接第 39 页)

参考文献:

[1] (美)麦克莱伦 (McClellan, J. H), 等. 数字信号处理引论 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[2] (美) Gary W. Johnson, Richard Jennings z 著. 武嘉澍, 陆劲 昆译. LabVIEW 图形编程 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.

[3] 练松良. 轨道动力学 [M]. 上海: 上海同济大学出版社, 2003.

[4] 王午生. 铁道线路工程 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.

Test-automation for Railway Traffic Based on Virtual Instruments

YU Er-zhong¹, LUO Jin-wen¹, JIANG Zhen²

(1. Tongji University; Shanghai, 200331; 2. Qingdao Institute of Environment; Qindao 266071, China)

Abstract: A method to develop virtual instrument software based on LabVIEW is introduced. By this method, new test-ing and controlling system, mainly signaled computer being core, replaces traditional analyzing and recording instru-ments, thus experiment instruments can be utilized repeatedly and test for railway traffic is automatic.

Key words: virtual instruments, test, automation, railway traffic