

肇庆市景丰联围赤顶堤段滑坡抢险处理

袁志明

(广东省肇庆市水利水电勘测设计院 广东 肇庆 526040)

摘要 分析了肇庆市景丰联围广利围赤顶处(桩号 29+145~29+245)2001 年 1 月 30 日滑坡成因,提出了堤轴线向内移的抢险处理方案,并详细介绍了该方案的工程设计情况,包括堤轴线布置、堤型、堤基处理、土堤填筑标准、堤身断面设计、堤身稳定计算及滑坡缺口处理等。处理结果表明,设计方案是合理的,达到了预期效果。

关键词 滑坡 堤防 堤轴线 西江

中图分类号:TV871.1

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2004)07-0080-02

景丰联围位于广东省肇庆市西江中下游左岸,联围西起三榕峡出口的桂林头,止于四会市大沙镇的陶冶口接绥江分流口的飞鹅岭。干堤全长 60.809 km,景丰联围广利段全长 14 km,位于景丰联围统一桩号 16+545~30+545,其中赤顶险段位于景丰联围统一桩号 28+995~29+345 处,该段迎流顶冲,深槽迫岸及岸坡陡企,根据 2000 年 12 月 14 日进行的堤脚河床测量计算得其堤外脚 1.0 m 高程以下堤坡坡度约为 1:1(现堤外坡 1.0 m 高程以上堤坡坡度为 1:2.2(实测)。堤内坡坡度 1:2.5,坡脚为宽阔的砂地,本次滑坡位于该险段内的景丰联围统一桩号 29+145~29+245 处。

2001 年 1 月 30 日 20 时 30 分,位于景丰联围广利围(桩号 29+145~29+245)处发生滑坡,自堤顶内侧滑向西江,最大塌深 12.4 m。该堤段原有堤顶高程 12.80 m,塌滑堤长 100 m,滑坡两侧堤顶拉裂长度范围为 30 m,且向滑坡段倾斜,滑弧线最大处始于背水坡二级戗堤上 2.8 m 处,高程为 11.80 m。塌滑时外江水位为 0.8 m,塌滑未造成人员伤亡事故。

1 滑坡成因分析

根据水利专家及工程技术人员的讨论和初步分析,认为该堤段处于西江左岸主流,多年来已形成深槽逼岸,加上这两年西江长期处于中低水位,堤外坡脚迎流顶冲严重,加剧了堤外坡脚的河床下切。根据广利围管理处 2000 年 12 月 14 日进行的堤脚河床测量成果,发现其堤外坡脚 1.0 m 高程以下岸坡约为 1:1。2001 年 2 月 5 日在滑坡断面戗台处钻探

的工程地质资料表明,在 0~ -3.50 m 堤围内有一层淤泥层,其内摩擦角为 5° ,含水量为 60%,堤基抗滑动能力相对较差。此外,2001 年 1 月 25~30 日间断降雨,广利站累积降雨量为 105 mm,增加了堤坝土体的含水量,堤坝土体已经饱和,堤坝自身的重量增大,土体间的摩擦力减小,一定程度上增加了该堤段的滑坡可能性。

对该堤段滑坡前的原状情况,采用《水利水电工程 PC-1500 程序集》中的《K-1 土石坝边坡稳定分析程序》进行迎水坡边坡稳定验算,其计算成果如下:最危险滑弧的滑弧深度 $D_0 = 44.50$ m,最危险滑弧的圆心坐标 $X_0 = 30.00$, $Y_0 = -12.00$,最小安全系数 $A_0 = 0.962$ 。

从计算可知,该堤段在枯水位 0.8 m 时,堤围迎水坡的最小安全系数 $A_0 = 0.962$,小于允许安全数 $[K] = 1.25$,堤围边坡未能达到抗滑稳定要求,所以造成了本次堤围滑坡。

2 抢险措施

2.1 抢险方案

滑坡抢险处理主要有两个方案:①在滑坡堤段处原位复堤加固,复堤加固长度约 150 m,在迎水坡采用打 $\varnothing 1\,000$ mm 的混凝土灌注桩抗滑护岸,桩外侧抛石护岸防冲;②该滑坡堤段堤轴线(桩号 29+205 处)向内移 51 m,另筑新堤,新建堤段中轴线为 345 m,使原来迎流顶冲的弯曲处凸堤段连接平顺,降低迎水坡受冲刷程度,堤外坡加设适当的防护措施以达到促淤保堤的目的。

经过反复研究,最后认为方案二较为合理可行,鉴于当时汛期临近,必须对抢险方案二进行优化,尽量缩短新建堤线长度,减少工程土方量,以确保抢险工程能够在汛期之前完成,保证景丰联围安全度汛。

2.2 抢险工程设计

2.2.1 堤轴线布置

赤顶滑坡段长 100m,位于景丰联围统一桩号 29 + 145 ~ 29 + 245 处,根据原堤段的平面图,位于桩号 29 + 000 ~ 29 + 421 堤段,堤轴线为外凸形状。为确保新建堤段稳定安全,堤轴线的布置按两个原则确定:①根据 GB50286-98《堤防工程设计规范》第 4.1.2 条规定,新建堤线力求平顺,各堤段平缓连接,不得采用折线或急弯;②力求新建堤线最短,同时又要确保新建土堤与原滑坡段土堤之间有一定安全距离以保证新建堤段的安全。

根据此原则,经多种堤线方案综合分析比较,确定新建堤轴线与旧堤轴线上游交接点为景丰联围统一桩号 29 + 055 处,新建堤轴线与旧堤轴线下游交接点为景丰联围统一桩号 29 + 421 处,设计新建堤桩号 29 + 205 处轴线距离原滑坡段堤内坡坡脚 31m,距离旧堤轴线 51m。

2.2.2 堤型选择

该处的原上下游堤段为均质土堤,根据因地制宜、就地取材的原则,新建堤段采用土堤。

2.2.3 堤基处理

由于新建土堤位置原为宽阔的平坦地,表层位于高程 6.21 ~ 4.00m(珠基)范围内为砂质层,以下第二层为黏土层,根据 GB50286-98 第 5.3.1 条规定,并以减少堤基开挖量为原则,设计采用黏土防渗,将新建堤上游的砂层全部清挖后回填黏土。截水槽布置在新建堤轴线的迎水侧,采用倒梯形型式,底宽 4m,深入黏土层 1m。利用沙金煌公式 $J = \frac{42d_3}{\sqrt{K/n^3}}$ 计算得中细砂层堤基发生管涌破坏的允许渗透沉降 $[J] = 0.143$,经渗透计算得新建堤基逸出点最大渗透坡降 $J = 0.128 (< 0.143)$ 故不会发生渗透破坏。

2.2.4 土堤填筑标准

由于景丰联围属 II 级堤防工程,本次属抢险工程,考虑工程处料场土质情况,新建土堤土料主要采

用仓岗料场的黏土,土堤填筑压实度大于 0.92。

2.2.5 堤身断面设计

由于该堤段的原有堤面高程为 12.80m,本次抢险设计新建堤段按原堤标准复堤,填筑到原堤顶高程,堤面设计高程 12.80m,堤顶宽 6m,堤顶结构采用泥结石堤面,堤外坡坡度为 1:3.0,堤内坡坡度为 1:2.5,在高程为 9.0m 处设置一道 2.0m 宽的戗台。迎水坡铺设土工膜,用以防止水流对回填土的冲刷、掏空,土工膜表面铺设边长为 350mm 的 C15 混凝土正六边形预制块。考虑到新填筑土堤的预留沉降量,要求实际施工时,新筑土堤的堤面高程为 13.20m。

对于新旧土堤的结合面,必须先清除原旧堤围表面的草皮和表土,采用刺墙式连接,设计每 1.0m 高为一级,每级刺墙深为 2.0m,宽 3.0m。具体设计详见图 1。

2.2.6 堤身稳定计算

对新堤桩号 0 + 145 处进行稳定计算,选择最不利工况(外坡水位从汛期水位 11.85m 骤降到 8.85m,内坡无水位时进行计算)。采用《水利水电工程 PC-1500 程序集》中的《K-1 土石坝边坡稳定分析程序》进行迎水坡稳定验算,按优选法计算,成果如下:最危险滑弧的滑弧深度 $D_0 = 17.00m$;最危险滑弧的圆心坐标 $X_0 = 12.00, Y_0 = -5.00$,最小安全系数 $A_0 = 2.578$ 。

由于最小安全系数 A_0 大于允许安全系数 $[K] = 1.20$,所以所设计的堤身断面满足抗滑稳定要求。

2.2.7 滑坡缺口处理

考虑现滑坡形成的松散土体尚未稳定,需要对滑坡缺口采取削坡减荷,由于赤顶险段洪水警戒水位为 8.0m,故在旧堤戗台 9.0m 削成一平台,既可作为临时围堰,又可作为施工道路。在滑坡前沿进行抛石护岸,先沉砂固结滑坡松散土体以稳定滑坡体,再抛石护岸。结合永久工程措施,在桩号 29 + 145, 29 + 225 及 29 + 340 处布置 3 条短丁坝,丁坝长度分别为 23m, 46m 和 32m。

由于汛前施工期较短,在滑坡前沿加阻滑桩尚不具备条件,滑坡形成的松散土体尚未稳定,要先抛砂固结滑坡松散土体,以稳定滑坡体,再抛石做出一

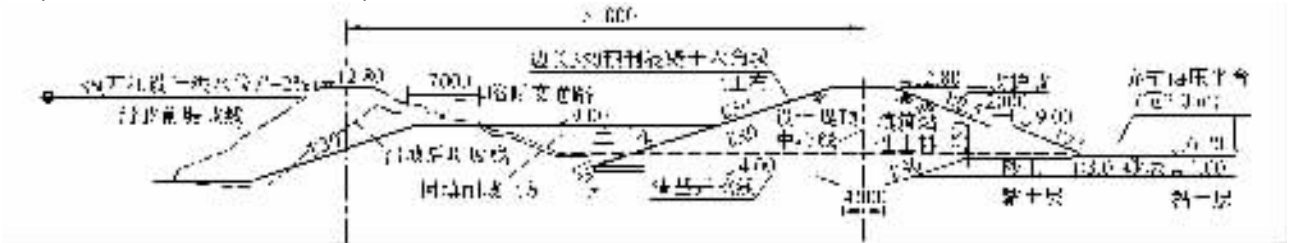


图 1 桩号 29 + 205 设计断面图 (下转第 104 页)

构模型研究中的一个重点. 沈珠江^[20]所提出的损伤力学模型和广义吸力模型, 以及近年来所倡导的岩土破坏力学理论, 即是在这方面的一些初步尝试. 要建立比较完善的结构性模型, 还需要做大量的工作.

参考文献：

[1] 弗雷德伦德 D G, 拉哈尔佐 H. 非饱和土土力学[M]. 陈仲颐译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.

[2] Karube D. Yield functions of unsaturated soil[A]. Publications Committee of the XII ICSMFE, 12nd ICSMFE[C]. Rio De Janeiro, 1989. 615 ~ 618.

[3] Alonso E E, Gens A, Josa A. A constitutive model for partially saturated soil[J]. Geotechnique, 1990, 40(3) : 405 ~ 430.

[4] 陈正汉, 周海清, Fredlund D G. 非饱和土的非线形模型及其应用[J]. 岩土工程学报, 1999, 21(5) : 603 ~ 608.

[5] 沈珠江. 结构性粘土的非线性损伤力学模型[J]. 岩土工程学报, 1993, 15(3) : 21 ~ 28.

[6] 沈珠江. 广义吸力和非饱和土的统一变形理论[J]. 岩土工程学报, 1996, 18(2) : 1 ~ 9.

[7] Toll D G. A framework for unsaturated soil behaviour[J]. Geotechnique, 1990, 40(1) : 31 ~ 44.

[8] Wheeler S J, Sivakumar V. An elastic-plastic critical state framework for unsaturated soils[J]. Geotechnique, 1995, 45(1) : 35 ~ 53.

[9] Sivakumar V, Wheeler S J. Influence of compaction procedure on the mechanical behaviour of an unsaturated compacted clay. Part 1: Wetting and isotropic compression[J]. Geotechnique, 2000, 50(4) : 359 ~ 368.

[10] Wheeler S J, Sivakumar V. Influence of compaction procedure

on the mechanical behaviour of an unsaturated compacted clay. Part 2: shearing and constitutive modeling[J]. Geotechnique, 2000, 50(4) : 369 ~ 376.

[11] Gens A, Alonso E E. A framework for the behaviour of unsaturated expansive clays[J]. Can Geotech J, 1992, 29 : 1013 ~ 1032.

[12] Alonso E E, Gens A, Yuk Gehling W Y. Elastoplastic model for unsaturated expansive soils[A]. Smith I M. Proc 3rd European Conf on Numerical Methods in Geotechnical Engineering [C]. Manchester, 1994. 11 ~ 18.

[13] Alonso E E, Vaunat J, Gens A. Modelling the mechanical behaviour of expansive clays[J]. Engineering Geology, 1999, 54 : 173 ~ 183.

[14] 徐永福. 膨胀土弹塑性本构理论的初步研究[J]. 河海大学学报, 1997, 25(4) : 97 ~ 99.

[15] 缪林昌. 非饱和膨胀土的变形与强度特性研究[D]. 南京: 河海大学, 1999.

[16] 卢再华, 王权民, 陈正汉. 非饱和膨胀土本构模型的试验研究及分析[J]. 地下空间, 2001, 21(5) : 379 ~ 385.

[17] 卢再华, 陈正汉, 曹继东. 原状膨胀土的强度变形特性及其本构模型研究[J]. 岩土力学, 2001, 22(3) : 339 ~ 342.

[18] 卢再华, 陈正汉. 非饱和原状膨胀土的弹塑性损伤本构模型研究[J]. 岩土工程学报, 2003, 25(4) : 422 ~ 426.

[19] Hideo Komine, Nobuhide Ogata. Experimental study on swelling characteristics of compacted bentonite[J]. Can Geotech J, 1994, 31 : 478 ~ 490.

[20] 沈珠江. 岩土破坏力学: 理想脆弹塑性模型[J]. 岩土工程学报, 2003, 25(3) : 253 ~ 257.

(收稿日期 2004-04-25 编辑 高建群)

(上接第 81 页) 施工平台, 根据施工洪水计算, 施工洪水位为 3.5 m, 施工平台高程为 4.0 m, 需抛砂石 18 000 m³, 需时 14 d; 共有 38 条桩, 以冲击钻造孔, 5 台冲击钻同时开工, 在 3 m 高的抛石上钻桩极其困难, 需时 40 d, 间隔 7 d, 再浇筑承台梁混凝土 160 m³, 需时 7 d, 总工时已 68 d, 未计检测时间, 因此在滑坡前沿加阻滑桩时间不够. 同时松散土体不能承受堆填近 3 m 高的抛石和 5 台冲击钻机, 故不在滑坡前沿加阻滑桩, 而进行抛石护岸, 结合布置 3 条短丁坝, 以达到防护堤岸的目的.

3 结 论

景丰联围赤顶堤段经过几年的运行及洪水考验, 没有出现新的滑坡问题及迹象, 丁坝处已经促淤达一定高度, 可保护岸坡不被冲刷, 不造成深槽迫岸、河床下切等问题, 可见, 景丰联围赤顶段滑坡的处理措施是合理的. 由于该堤段处于河流的凸岸, 堤岸长期受西江水流的冲刷, 仍然存在不稳定的因素,

要想根治隐患, 就必须对该河段的堤围稳定及流态进行水工模型试验, 以找到影响堤围安全运行的根本原因, 从而有针对地进行堤岸整治, 使堤防工程达到长治久安的目的.

参考文献：

[1] SD133-84 水闸设计规范[S].
(收稿日期 2004-03-10 编辑 熊水斌)

