

驳岸滑坡的分析与治理

孟尔兵

(江苏三水建设工程有限公司, 江苏 泰州 225500)

摘 要: 结合某航道驳岸的滑坡情况, 分析滑动产生的成因和机理, 根据工程本身的各种现象, 研究可能出现的滑动情况, 排除了属于挡土墙本身的滑动问题, 而是属于土坡稳定的问题, 并根据实际情况, 找出处理方法。介绍了合理拟定滑动面以及确定滑带土残余抗剪强度的方法, 阐述了利用抗滑桩治理滑坡的设计方案。

关键词: 滑坡; 滑动面; 抗剪强度; 滑坡治理

中图分类号: U656

文献标识码: A

文章编号: 1671-0142(2004)03-0030-04

1、工程概况

某四级航道设计最高通航水位 $\nabla 7.0$, 设计最低通航水位 $\nabla 2.5$, 据此, 河底高程 $\nabla 0.0$, 设计的驳岸顶高程 $\nabla 7.5$, 底板顶高程 $\nabla 1.5$, 底板宽 4.7m, 厚 0.6m。驳岸设计断面见图 1(图中墙后灌注桩与回填煤渣为治理滑动方案)。

由于航道工程线长的特点, 地质钻孔孔距较大, 一般在 100m 左右, 对于地质变化较大的地段, 可能由于不能真实反映地质情况而导致设计的不合理使工程发生破坏的情况。介绍的工程实例为发生滑坡的航道驳岸长 55m。根据设计阶段该段驳岸两端地质钻孔资料反映, 该段护岸底板落在淤泥质亚粘土(凝聚力 $c = 11.7\text{KPa}$, 内摩擦角 $\varphi = 16.8^\circ$, 含水量 $w = 37.4\%$)上, 设计采用在驳岸底板范围内采用粉喷桩进行地基处理(面积置换率 30%, 水泥掺入比 12%)。

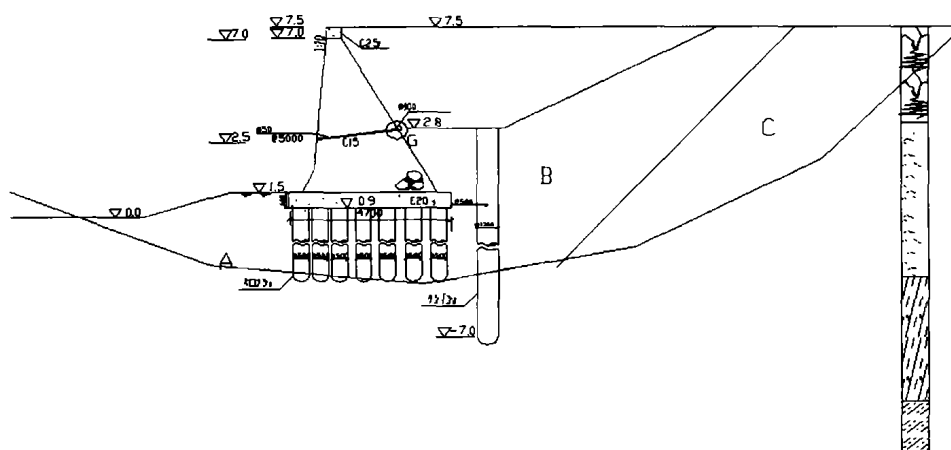


图1 驳岸滑坡的分析与治理示意图

该段航道驳岸后侧为一工厂, 驳岸后方约 25m 以外有厂方的一幢三层楼, 施工场地狭小, 施工条件较差。在驳岸基坑开挖过程中, 边坡(开挖边坡为 1:1.8)曾发生坍塌现象(离驳岸约 80m 处的水管发生断裂现象), 施工过程中打了一排木桩止滑。开挖至 $\nabla 1.5$, 采用粉喷桩进行地基处理, 然后挖至 $\nabla 0.6$, 铺 30cm 碎石垫层, 在此上浇筑底板砌筑墙身。驳岸砌筑完, 墙后土回填至 $\nabla 6.0$ 时, 发现墙体有位移现

作者简介: 孟尔兵(1966—), 男, 江苏姜堰人, 工程师。

象,发生滑移的驳岸共5块底板长计55m,位移3~12cm(其中滑移10cm以上的长34m),无前倾现象。出现滑移后,即停止墙后回填,并挖土至 $\nabla 4.0 \sim 4.5$,经观测,此时驳岸墙身没有进一步滑移,保持稳定状态。

2、工程地质

滑坡出现后,对该段驳岸所处的厂家进行了调查。经了解,该段驳岸座落在原钻探资料未曾反映的古冲沟地段(系一面积几十亩的大塘),该冲沟是厂方于50年代建厂时用杂填土填筑起来的,塘底淤泥未曾清除。同时进行了工程地质钻探(共计16孔),以摸清滑坡地段塘底位置、分布特点等实际地质情况。

根据补钻,沿驳岸纵向距底板后趾7.5m处的工程地质钻3孔处的横剖面图较为典型。揭示土层的土质如下:

第1层:杂填土,以黄色为主,主要由粉质粘土和碎砖石组成,夹大块石,软~可塑,稍湿~湿,较松散。天然容重 $\gamma = 18.9 \text{ kN/m}^3$,含水量 $w = 29.6\%$,孔隙比 $e = 0.863$,凝聚力 $C = 14 \text{ KPa}$,内摩擦角 $\varphi = 22^\circ$ 。该层厚0~3.3m,标贯N63.5为4~14击,厚2.1~5.0m。

第2层:粉土夹淤泥质土,顶部呈黄色,中下部呈青灰色,软~流塑,略呈簿层状,可见云母片,部分孔夹较多粉砂。天然容重 $\gamma = 18.3 \text{ kN/m}^3$,含水量 $w = 38\%$,孔隙比 $e = 1.045$,凝聚力 $C = 8 \text{ KPa}$,内摩擦角 $\varphi = 20^\circ$ 。该层厚0~3.3m,标贯N63.5为4~14击。

第3层:淤泥质粉质粘土夹泥炭质土,灰黑色、灰褐色,软~流塑,很湿。泥炭质土呈簿层状。偶见砂礓块及未完全腐烂的木块。天然容重 $\gamma = 15.1 \text{ kN/m}^3$,含水量 $w = 81.3\%$,孔隙比 $e = 2.072$,凝聚力 $C = 9 \text{ KPa}$,内摩擦角 $\varphi = 4^\circ$ 。该层厚0~6.4m,标贯N63.5为1~4击。

第4层:粉质粘土,灰黄色为主,顶部1.0m左右为灰绿色,可~硬塑,夹灰绿色泥块,含少量铁锰结核。天然容重 $\gamma = 20.3 \text{ kN/m}^3$,含水量 $w = 24.6\%$,孔隙比 $e = 0.681$,凝聚力 $C = 57 \text{ KPa}$,内摩擦角 $\varphi = 13^\circ$,标贯N63.5为12~30击。未钻穿该层。

3、滑坡成因及滑动面分析

3.1 成因分析

经过挡土墙本身抗滑稳定验算,挡土墙本身断面尺寸已经满足要求,即滑动并不是简单的挡土墙本身的抗滑安全问题,基底的粉喷桩处理属于复合地基处理方法,改善土体性质的同时,也增加了基底与土体的摩擦系数,所以滑动应该属于土坡的整体深层滑动。

根据钻探资料,该段驳岸下 $\nabla 2.1 \sim \nabla -3.3$ 处有一十分软弱的淤泥质粘土夹泥炭层的土壤(第3层),该层土的含水量和孔隙比最大值达到125.5%和3.092,并含有大量腐植质,地基承载力50KPa。该层土强度低,灵敏度高,受到扰动后极易变形,其与下卧层(第4层)的交界面为天然的滑裂面。由于第3层土有机质含量高,驳岸下地基处理的粉喷桩强度远未达到预期的强度(即阻滑体A段阻滑力达不到设计值),墙后回填不断增加主滑体B段的下滑力,当至 $\nabla 6.0$ 时滑动力大于阻滑力,即发生土坡整体滑动现象。

3.2 滑动面的确定

对于本工程,滑体应为包括驳岸在内至后方80m范围。考虑C段滑动面坡度很缓(约为 4°),驳岸发生滑移后C段上的建筑物没有明显变形,可认为施工采取木桩止滑后C段处于稳定状态,故C段土体不计入滑体内。墙前土体为软弱土层,忽略不计。因此滑体只计及驳岸A段(阻滑体)及后方B段(主滑体)范围。

滑动面的确定采用圆弧滑动稳定计算与根据地质资料分析相结合进行比较确定。经圆弧滑动稳定分析,驳岸位置处最不利滑动面在 $\nabla -1.0$ 。根据地质资料,线滑面以3、4层交界面作为滑动面。经对这两种滑动面的稳定安全系数的计算,折线滑动面的安全系数更小。故以软土与下卧层交界面位置(确

定为 $\gamma = 1.5$), 作为滑动面进行分析, 该处滑面坡角约为 20° 。驳岸部分为阻滑体, 该部分滑面为水平。折线滑动面据此确定。

3.3 滑动面抗剪强度分析

水平投影法中滑坡稳定系数的物理意义很明确^[1], 即折线滑动面的整体稳定安全系数 K 为滑坡所有抗滑力与所有滑动力在水平投影上之比值, 对本工程而言, 公式可简化如下:

$$K = \frac{N \cdot f + (N_1 \cdot \cos \alpha \cdot \tan \varphi + c \cdot L) \cdot \cos \alpha}{N_1 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + F_t}$$

式中: N_1 —主滑体重量

α —主滑体坡角

$N_1 \cdot \cos \alpha \cdot \tan \varphi + c \cdot L$ —滑动体沿滑动面的阻滑力

N —阻滑体重量

F_t —主滑体后方土体对其的土压力(工程中由于 C 段自身平衡, 故不计)

f —阻滑体下滑面的综合摩擦系数(由于粉喷桩强度远未达到预期的强度, 阻滑体下滑面的阻滑力不能按照原设计复合地基的抗剪强度, 故引进综合摩擦系数)。

为了有效采取治理措施, 合理确定滑动面的残余抗剪强度是前提条件。本例中, 可以根据施工中的回填土高程及相应的滑体状态, 利用极限平衡法来反算滑带体的残余抗剪强度。

当回填土高程至 $\nabla 6.0$, 滑体产生位移, 假定该状态整体滑动安全系数为 0.90, 此时主滑体下滑面的抗剪强度采用试验资料, 计算得主滑体重 1060kN/m, 产生的下滑力 342kN/m, 阻滑力 200 kN/m, 阻滑体重 544kN/m, 据此可得驳岸下滑面的综合摩擦系数为 0.198。

主滑体下滑带土的抗剪强度会随着土体蠕变而使强度降低。按照墙后回填土 $\nabla 4.3$ 滑体稳定, 假定此时安全系数为 1.05, 计算得主滑体重 606kN/m, 由此产生的下滑力 195kN/m, 阻滑体重 466kN/m, 产生的阻滑力 92kN/m, 据此确定主滑体滑面上的残余抗剪强度, 假定摩擦角不变, 推算得主滑体下滑面的凝聚力残余值 $c = 4.57\text{KPa}$ 。

4、驳岸滑坡治理方案

驳岸滑坡的治理方案除考虑工程地质情况、周围环境外, 还受施工工期、航道水位、航道通航要求等限制, 既不允许拆除驳岸后再进行地基处理, 也不可能在墙前增加抗滑体, 只能在墙后采取措施。

抗滑桩是一种整治边坡滑动, 提高边坡稳定性的有效措施。本工程软弱夹层滑面明确, 下卧层粘土可提供足够的锚固力, 故选用抗滑桩治理滑坡方案是合适的。沿底板后沿施打一排钻孔灌注桩, 既可增加抗滑力, 满足岸坡整体稳定, 又可减少驳岸墙后的土压力, 避免驳岸水平滑移, 是较为理想的方案。考虑钻孔灌注桩施工平台的需要, 将桩布置底板后方 2.5m 处(桩中心距底板后趾)。

要求设置抗滑桩整治滑坡后, 其整体稳定安全系数达到 1.15(最不利工况为设计最低通航水位时, 以下计算即为此工况)。当驳岸墙后回填至设计高程 $\nabla 7.5$ 时, 主滑体重 1621kN/m, 由此产生的滑动力 521kN/m, 阻滑力 229kN/m, 阻滑体重 580kN/m, 产生的阻滑力 115kN/m, 在稳定安全系数公式分子中加入桩的抗滑力, 计算要求桩的抗滑力为 327kN/m。由桩产生的抗滑力 F_p 按下式计算^[2]:

$$F_p = T \cdot \cos \beta / L$$

式中: $T = 0.5p \cdot t'$

$$t' = (8M_c / p) 1/2$$

T —桩的水平抗滑力

β —桩处滑动面与水平线的夹角

L —桩间距

t' —桩在滑动面以下的最小嵌固深度

M_c —桩的容许抗弯力矩

p —作用单位桩长上的力

选用直径 $\Phi 120\text{cm}$ 的灌注桩,计算得桩的 $M_c = 374\text{kN}\cdot\text{m}$,桩间距定为 1.7m ,根据下卧层土质,计算作用单位桩长上的力 $p = 446\text{kN}$,桩最小嵌固深度 $t' = 2.6\text{m}$,得每根桩产生的抗滑力 $F_p = 580\text{kN}$,即 341kN/m ,满足稳定需要。桩长按软土最深处 $\nabla - 3.3$ 考虑,并适当加长嵌固深度,确定桩底高程为 $\nabla - 7.0$ 。

由于该处粉喷桩远未达到设计强度,驳岸底板与地基间摩擦系数达不到原设计值。因此,治理方案除满足岸坡整体稳定外,驳岸由于受墙后水平力而发生水平滑移是另一个需考虑的问题。因此墙后回填选用了煤渣,减小对驳岸墙身的土压力,由其产生的滑动力亦较小,治理方案见滑坡治理方案示意图图1。

采用该治理方案,于1996年底施工结束,经观测,驳岸没有出现滑移和沉降现象,表明采用的方案是有效的,获得了成功。

5、结语

(1) 就本工程而言,采用的处理方案可能不是最经济的,但结合现场情况,对于缩短施工工期,彻底解决滑移问题,方案无疑是成功的。

(2) 驳岸出现滑移后,认真调查收集资料,分析原因,合理确定滑动面及其残余抗剪强度,为科学确定治理方案提供依据尤为重要。

参考文献:

- [1] 滑坡文集编委会主编,滑坡文集(第四集)[M].天津:中国铁道出版社,1984.
- [2] JTJ219-87 港口工程技术规范[S].

Analysis and Treatment of Landslide in Revetment

MENG Er-bing

(Jiangsu Shanshui Architectural Company Limit, Jiangsu Taizhou 225500, China)

Abstract: According to the landslide in revetment project, the cause of formation of landslide, the determination of reasonable slip surface and shear strength are analyzed. At the same time, the design scheme of landslide treatment is also analyzed.

Key words: Landslide; Slip Surface; Shear Strength; Slanslide Treatment

(责任编辑 施翔)