

锚固桩组合抗滑墙治理滑坡

四川省地矿局南江水文地质工程地质队 陈六一

提 要 系统地分析了寸滩滑坡的成因,采用锚固桩组合抗滑墙的治理方案进行工程施工,取得了显著效果。

该方案在地质灾害的治理中,有一定的参考和实用价值。

滑坡是一种自然地质现象,也是一种地质灾害,给人类带来的危害,损失相当严重。1989年7月,四川省某地发生全国罕见的滑坡,直接经济损失达6000多万元。1990年四川省地矿局将滑坡治理“锚固桩组合抗滑墙治理滑坡工程施工技术的研究与应用”列为“七五”期间重点科研项目。我队以该项目为主攻目标,采用锚固施工技术治理滑坡获得成功,并找到了一条施工质量好、治滑效果显著、社会综合效益高的途径。该项目已通过部级鉴定。

一、寸滩滑坡的形成因素及治理工程的设计施工

根据地质勘察资料,重庆西南制药一厂寸滩滑坡为堆积层滑坡,滑坡位于长江一级支流入口东侧斜坡上,海拔高程216—260m,岩层节理发育。在该厂区内已具备有滑坡形成的基本要素(斜坡体,人类活动,地下水),其中人类活动和地下水侵蚀是造成该厂突发性滑坡的主要因素。该厂在厂区基建时人工弃土2万m³(5万t)的载荷骤然加到斜坡体上,又由于斜坡体内侧地下水的活动和侵蚀,斜坡体呈饱和流塑状态,致使该斜坡1990年发生滑坡,滑坡长120m,面积132.00m²,滑体厚7—12m,体积15万m³,滑坡毁坏原有27m高(地下7.9m)、8m厚、148m长的重力式挡土墙,推垮条石2502m³,并有继续向下滑动的趋势,经测量滑体前缘每d平均向外移动2—3cm,下沉5—7cm,严重影响到厂区内的设施和职工的生命财产安全,因此该厂要求立即对该滑坡进行整治。

寸滩滑坡治理工程设计并施工了 ϕ 1.2m竖桩17根,总进尺305m, ϕ 350mm、45°斜拉桩35根,总进尺770.85m,灌注砼407.93m³,地表桩身灌注砼240m³。地表桩高7m,竖桩两侧由斜拉桩连系梁墙体构成。地表以下竖、斜桩均嵌入滑面以下,稳定基岩7—10m,并要求单轴抗压 ≥ 10 MPa,并形成锚固段。

滑坡后,斜坡原有结构被破坏,岩土体结构松

散,孔内漏垮严重。滑体中夹大量块石,块径1—15m,分布规律差。施工难度大,又由于滑坡推力大,施工中桩体的位移、变形大。为确保该工程的施工质量,在施工时采用了分层钻进的方法。上部滑体部分用人工掘进,下部基岩用组合牙轮钻头全面钻进,斜孔采用 ϕ 350mm泥浆螺旋钻进,钻穿滑体,基岩用 ϕ 350mm环状取心钻具终孔。由于采用了分层钻进方法,钻进时均顺利通过滑体钻至设计深度。

在控制施工中桩体位移变形,保证施工质量方面采用削坡减载,多次定位布桩及间隔定点法均收到了好的技术效果。成功地解决了施工难度大以及动态条件下滑坡治理施工中的难题。

二、锚固桩的力学分析及结构选择

重力式挡土墙,传统抗滑桩,均属悬臂受力,主要靠地基抗力平衡强大的滑坡推力,抗滑力差,容易被滑坡强大推力重新推倒(图1左所示),造成人、财、物的重大损失,如寸滩滑坡原已修建的重力式挡墙被滑坡推倒,损失数十万元就是一例。又如合川滑沱电站滑坡亦采用传统抗滑桩治理,造成桩身位移、偏倒损失数十万元。

采用竖斜组合锚固桩治理滑坡,桩体能够形成一个联合受力体系(图1右所示),其中斜拉桩的拉力平衡了部分滑坡推力,使竖桩所受的剪力、弯矩大为减小,改变了桩的受力机制,从而形成一个稳定的治理滑坡体系如图2、图3所示。根据寸滩滑坡地层结

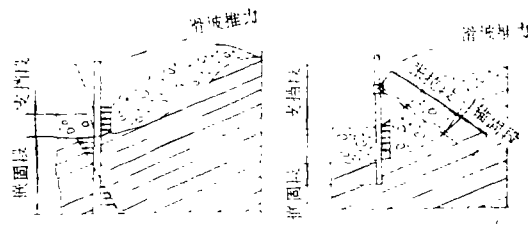


图1

左图—传统抗滑桩结构受力机制;

右图—锚固桩抗滑新型结构受力机制

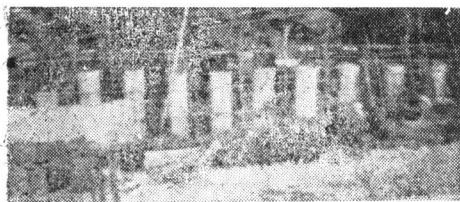


图2 施工中竖桩结构

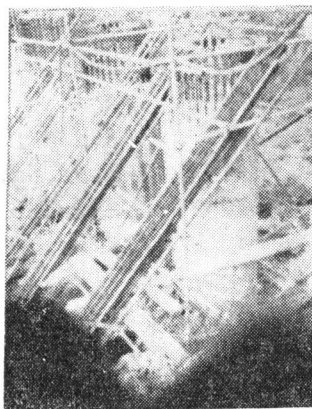


图3 施工中竖斜组合桩结构

构, 滑体下滑力大, 滑床基岩岩性较软, 决定采用竖斜组合抗滑结构治理该厂滑坡。

三、施工前的削坡减载及施工顺序确定

由于该滑坡是因人工弃土加载斜坡而引起的, 并且稳定性差, 施工治理过程中以及桩体打在初凝阶段未形成锚固力之前, 滑坡体都在不断位移。若按常规的施工方法按静态观点依次施工钻孔, 因第一个孔至最后一个孔的施工周期较长, 施工期间由于滑体及桩体变形, 就会导致接桩困难。因此在施工前采取削坡减载, 减少下滑力, 并用动态观点 (多次定位布桩及间隔定点法) 确定钻孔施工顺序, 从而提高了施工质量。

1. 削坡减载

根据滑坡推力计算公式:

$$E_n = KP_n \sin \alpha_n - P_n \cos \alpha_n \tan \varphi - l_n C + E_{n-1} \psi$$

$$P_n = \frac{l+B}{2} \cdot h \cdot \gamma$$

式中: E_n ——第 n 条块的迭加下滑力, 即在 $n+1$ 条块产生的支撑力, 作用于 n 与 $n+1$ 条块分界面的中心点 (kN/m); E_{n-1} ——第 $n-1$ 条块的剩余下滑力, 作用于 n 与 $n-1$ 条块分界面的中心点 (kN/m); K ——滑坡稳定系数取 1; P_n ——第 n 条块滑体产生的单宽重力 (kN/m); α_n ——第 n 条块滑体倾角, 度; C ——计算剖面上的平均内聚力 (kN/m); $\tan \varphi$ ——

计算剖面上的平均摩擦系数; l_n ——第 n 条块滑面长度 (m); φ_n ——第 n 条与 $n+1$ 条块间传递系数; l ——条块上宽 (m); B ——条块下宽 (m); h ——条块深度 (m); γ ——岩土密度 (t/m^3)。

由上式可以看出, 滑坡的下滑力随 h 减小而减小, 设滑坡极限平衡状态下的滑体厚度为 h_v , 则 $h-h_v$ 为极限削坡深度。

$$\text{因为 } h_v = \frac{3C}{\gamma \cos^2 \beta (\tan \beta - \tan \varphi)}$$

式中: h_v ——滑坡极限平衡状态下的滑体厚度 (m); γ ——岩土密度, 为 $1.9 t/m^3$; C ——滑体内聚力, 为 $6 kN/m^2$; φ ——滑体内摩擦角, 为 $6^\circ 30'$; β ——滑体结构面倾角, 为 $45^\circ + \varphi/2 = 48^\circ 15'$

$$\text{所以 } h_v = \frac{3C}{\gamma \cos^2 \beta (\tan \beta - \tan \varphi)} = 2.14 (m)$$

根据勘察资料, 滑体实际最大厚度 $h=12m$, 因此 $h-h_v=12-2.14=9.86m$, 计算结果表明 要保持滑体极限平衡状态削坡深度不能少于 $9.86m$ 。削坡深度如此之大, 显然单靠削坡难以满足滑坡稳定。我们在寸滩滑坡治理工程的实际施工中, 采用 T_N-120 推土机, 削坡深度为 $3m$, 减少了滑坡重力 $14250 kN$, 减少滑坡推力 $1950 kN/m$ 。在一定程度上增加了滑坡的稳定性。

2. 施工顺序的确定

为了减少施工中的滑体变形和控制施工期间的滑体位移, 除削坡减载外, 还要采用多次测量定位布桩及间隔定点法确定施工顺序。锚固桩的布置是根据剖面滑坡推力验算结果确定的, 将桩布置在位移、变形大的部位, 并多次测量、校核钻孔轴线。同时在施工成孔后灌注砼时, 加一定比例早强剂 (NNO), 使其在短期内凝固, 达到规定强度要求, 形成锚固力。再者为了控制施工期间的滑体位移, 采用了间隔定点确定桩位, 使整个滑体的位移及变形随施工进尺的增多而得到初步控制。

据勘察资料滑坡推力验算确定主要剪应力区, 选择该区域的钻孔先施工。

四、锚固桩的施工工艺及质量检测

1. 钻进成孔

竖桩 按设计先挖埋 $\phi 1300 mm$ 井口管 $1-1.5m$ 后, 用人工掘进揭穿滑体至基岩, 准确确定滑面位置。基岩部份换用 $\phi 1200mm$ 组合牙轮钻头钻至完整基岩 (单轴抗压 $\geq 10 MPa$) 即可终孔, 钻至设计深度后, 用 $3 PN$ 大离心泵清孔, 并测定沉渣厚度, 符合要求后下钢筋笼, 灌注砼成桩。

斜桩 开孔采用 $\phi 400\text{mm}$ 螺旋钻头无水钻进 2.5 m 后, 下入 $\phi 311\text{mm}$ 井口定向管, 以下换用 $\phi 350\text{mm}$, 螺旋泥浆钻头钻进, 钻至基岩一定深度后 (10—12 m), 用 $\phi 350\text{mm}$ 环状取心钻头钻至设计深度并清磨孔, 测沉渣厚度, 符合要求后下钢筋笼, 灌注砼成桩。

2. 钢筋笼的制作及下钢筋笼

钢筋笼的下料长度应根据原料长度、吊车提吊高度、运输方便等因素确定, 并尽量增长单节长度 (9 m 以内), 减少焊接次数, 根据滑坡面钢筋笼受力特点, 应加强滑面处钢筋强度, 鉴于本工程钢筋笼设计安全系数大, 因此在制作时未作加强处理。

下钢筋笼前先在钻孔下方下入 $\phi 42\text{mm}$ 钻杆 3 根, 每根长度 10 m 左右 (超过滑体厚度作导向), 以免在下钢筋笼时铲插孔壁, 为保证成桩后钢筋笼保护层厚度, 在靠近钻孔下方加钢筋笼扶正器, 使钢筋笼处于钻孔中心。

3. 灌注工艺

下好钢筋笼后, 再下入 $\phi 146\text{mm}$ 灌浆管, 并在管内下入小于内径 15 mm 的水泥球, 用铅丝悬挂井口, 灌入砼排出管内积水后, 剪断铅丝, 连续灌注成桩。灌注砼骨料粒径应控制在 3 mm 以下, 塌落度控制在 18—20 cm。

4. 施工质量检测

经过斜桩大型载荷拉拔试验和竖桩瞬时动态无损检测, 证明桩身质量良好, 符合设计要求, 锚固可靠。

五、滑坡治理效果

寸滩滑坡采用锚固组合抗滑墙治理后, 经验算, 滑坡的稳定系数为 1.3, 表明滑坡整体是稳定的, 从滑体前缘 1*、2* 竖桩和 1—1*、1—2*、2—1*、2—2* 斜拉桩主要剪应力集中区的情况看, 施工前, 滑体平均每天向外滑动 2—3 cm, 沉降值 4—7 cm, 地表排水沟错位 1.2 m, 施工后通过桩身观测未发现变形, 如图 4 所示。滑体前缘残留的原重力式挡墙亦未再发

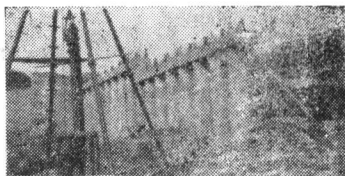


图 4 滑体前缘的锚固桩

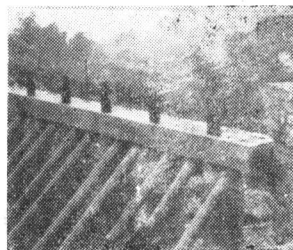


图 5 滑体前缘残留的重力式挡墙

生沉降、位移, 已处于稳定状态如图 5 所示。

由于该滑坡在治理时, 施工前采用了削坡减载, 加之施工中采用了多次定位布桩及间隔定点等综合措施, 大大提高了治理工程的可靠性, 工程完工后用经纬仪进行测量, 其最大轴线偏差仅 157 mm, 最小轴线偏差仅 57 mm, 均符合设计要求。测量结果表明寸滩滑坡治理是成功的。

经重庆西南制药一厂寸滩滑坡治理工程实践证明, 采用锚固桩组合抗滑墙与传统抗滑结构相比较, 具有结构合理、治理滑坡效果好、经济效益显著等优点, 如寸滩滑坡原采用重力式挡墙耗资 180 万元, 但没有起到抗滑作用, 被滑坡推倒。改用锚固桩组合抗滑墙治理仅耗资 110 万元, 节省投资 70 万元, 且抗滑效果好。

综上所述, 不难看出, 锚固桩组合抗滑墙既可节省原材料, 又可缩短施工周期, 治理效果好, 确是一种具有明显社会效益和经济效益的治理方法, 具有广阔的应用前景。

Treatment of Landslide with Combined Anchor Pile Anti-landslide Diaphragm

Chen Liuyi

Nanjiang Hydrogeological and Engineering Geological Brigade, Sichuan
Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources

Abstract This paper analyses systematically the cause of landslide in Cuntan and introduces the treatment project by using the combined anchor pile anti-landslide diaphragm and the remarkable result achieved. This treatment method has a certain value of reference and practice in treating geological calamity.