

预应力锚索桩在治理滑坡应用中的几个力学问题

张世领 金世泽 李国祥 田世军 靳 猛

(铁道第一勘察设计院地路处)

摘 要 通过预应力锚索桩在三峡库区重庆市万州区黄泥包、康家坡滑坡治理中的应用, 提出了用预应力锚索桩治理滑坡所应注意的几个力学问题, 对类似工程预应力锚索桩的设计有指导意义, 并分析了这几个问题对预应力锚索桩在治滑效果方面的影响。

关键词 预应力锚索桩 计算模式 桩周岩土侧应力 锚索预应力 反向配筋

1 预应力锚索桩的工作机理

预应力锚索桩是抗滑桩和预应力锚索的有机结合, 它是通过在抗滑桩顶部施加强劲有力的预应力锚索, 锚索的另一端穿过滑坡体后锚固于滑床下稳定岩土内, 使桩—预应力锚索—锚固段桩周岩土组成一个联合受力体系 (见图 1)。用锚索拉力和抗滑桩桩身共同平衡滑坡推力, 彻底改变了一般抗滑桩大悬臂被动受力的机制, 改变了抗滑桩靠嵌固段地基抗力平衡滑坡推力的机理, 使一般抗滑桩由悬臂式受力状态变成了上下端均为铰支或上端铰支、下端类似弹性固结的简支梁式受力结构, 这样充分利用锚索抗拉强度高的特点和桩基嵌固抗滑效果好、支挡面积大的杠杆作用, 使抗滑桩的受力状态更加合理, 桩身内力变小, 大幅度地减小了桩的长度和截面, 同时控制桩顶位移在一较小范围内。

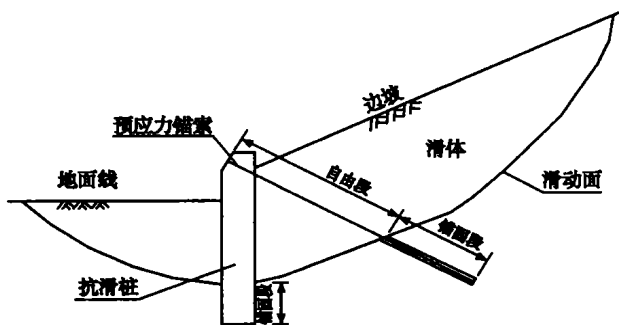


图1 预应力锚索抗滑桩结构示意图

一般抗滑桩为“被动型”受力, 它是桩体实施后, 在滑坡推力的作用下, 通过桩身的变形与位移来使桩体显示抗滑能力, 从而实现治滑的目的, 这

对保护滑体上既有建筑物十分不利。而预应力锚索桩为“主动型”抗滑结构, 它是通过锚索施加预应力后, 滑体受到反推力, 立即起到止滑的作用, 从而使滑坡体上的建筑物在较短的时间内、较小的变形条件下快速地稳定下来。

2 预应力锚索桩计算模式边界条件的选定

一般悬臂抗滑桩在设计理论上考虑桩底形成三种边界条件, 即自由端、铰支端和固定端, 但在实际工程中固定端很难形成, 因此, 无论弹性桩还是刚性桩在计算模式的边界条件上只有两种, 实际工程中, 除了极个别滑坡区滑床为坚硬的岩石外, 从工程质量与安全出发, 一般桩底条件均按自由端考虑来计算桩身内力。

预应力锚索桩锚索拉力及桩身内力的确定是根据位移变形协调原理, 将桩、锚固段桩周岩土及锚索系统作为一个统一的整体, 按横向变形地基系数法经计算而确定的, 其计算图式如图 2。

锚索抗滑桩进行内力计算时, 需考虑两种边界条件, 一种是两端均为铰支端, 另一种为上端铰支、下端弹性固结。但在实际工程中, 锚索桩很难形成上端铰支、下端类似弹性固结的受力状态, 原因一是桩基锚固段较短, 二是桩周岩体的强度与抗滑桩桩身刚度之比较小, 因此内力计算时, 此种边界条件未考虑。当滑床为坚硬的岩层, 桩的锚固段具有一定深度时, 桩的受力状态才近似于两端为铰支的梁, 可按弹性桩进行内力计算; 对于锚固端岩石较软且埋置深度相对较浅的锚索桩, 不可能形成两端铰支的受力状态, 进行内力计算时, 边界条件

按两端为自由端, 同时按刚性桩进行计算。

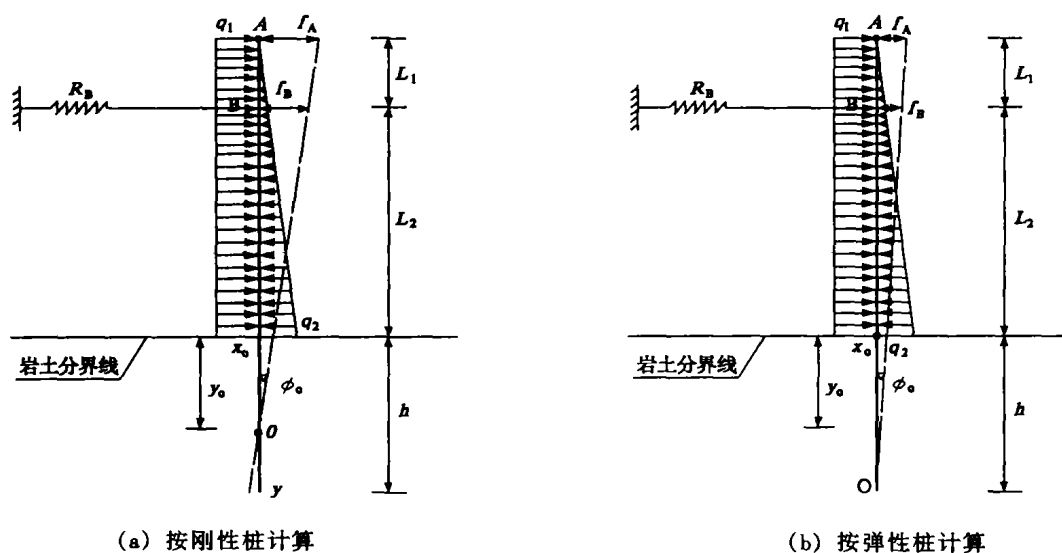


图 2 锚索抗滑桩计算图式

三峡库区重庆市万州区黄泥包、康家坡滑坡滑面以下的岩层一般为砂质泥岩和泥质砂岩的互层, 属软岩, 因此, 锚索桩设计计算时, 边界条件为自由端, 按刚性桩进行计算, 这样偏于安全。

3 预应力锚索桩锚固段桩周岩土侧应力的校验

普通悬臂抗滑桩设计计算时, 滑面以上未平衡的滑坡推力借桩传递而下作用于桩周岩土, 因而必须进行桩周岩土的侧应力验算。

同样锚索抗滑桩也不应忽视桩周岩土的侧应力验算, 但在看到的有关预应力锚索桩的文献中, 很少提到这一问题。笔者认为锚索桩中滑面以下的部分不应称锚固端, 而叫锚固段较为合适, 从黄泥包、康家坡两滑坡的锚索桩的工作过程中看出。(1) 施工期间锚索预应力的施加是有一定时间的, 抗滑桩施工好后, 将有一段时间由桩周土来抵抗滑坡推

力, 为保证桩周土的稳定, 不因侧应力过大而破坏, 因此, 要求桩体锚固段要有一定的宽度和深度, 见图 3 (a); (2) 锚索预应力施加后, 平衡了一部分滑坡推力, 桩体被动受力, 向滑坡体挤压, 从而降低了对下滑方向的地基抗力的要求, 桩周岩土的侧应力降低, 见图 3 (b), 但桩身仍承受部分滑坡推力, 要求锚固段要有一定深度和宽度; (3) 三峡水库建成正常投入运营, 由于库水位降落引起的动水压力及滑体浸水引起的浮托力, 再加上滑坡体上滨江路的修建, 上部荷载的作用使实际滑坡推力达到设计值。桩顶位移增大, 锚索拉力也将达到设计拉力, 致使锚固段侧应力增大, 见图 3 (c)。又由于三峡水库蓄水浸泡使桩前软岩变得更软 (岩石为砂质泥岩和泥质砂岩), 提供抗力降低, 所以锚索桩对侧应力有一定的要求, 也就是对桩的宽度和埋深有一定的要求。

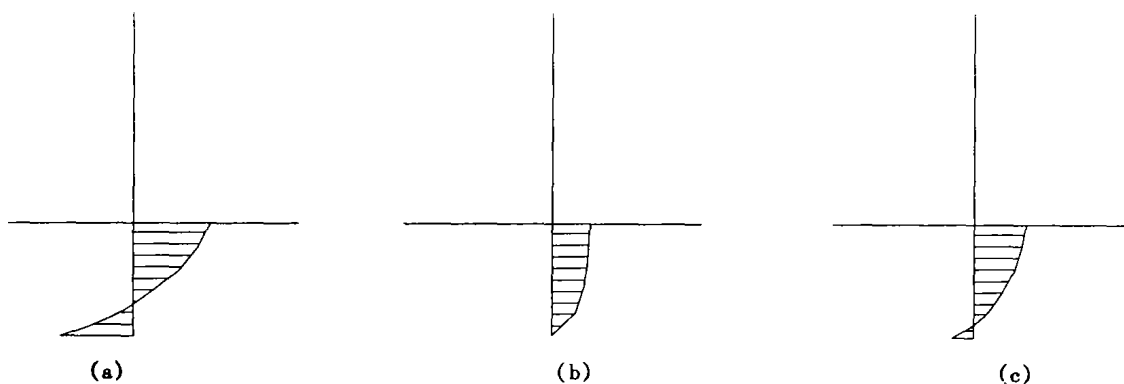


图 3 锚索桩从施工到正常工作时锚固段所受侧应力的变化

因此, 虽然锚索桩在施加了强有力的预应力后, 对桩周岩土侧应力要求降低, 可以减少桩的截面和埋深, 但也不能一味地减少桩的截面和埋深, 因为按照简支梁理论计算锚索桩时, 且底部锚固段为支承端, 为应力集中区, 需有一定的埋深和宽度来承受侧应力。若一味地减少桩的截面和埋深, 势必造成抗滑桩的刚度降低, 侧应力不够, 桩体承受不了桩后较大的被动土压力, 使桩成为大柔性桩, 导致桩顶位移增大, 使锚索拉力增加较大, 对抗滑结构不利, 甚至将锚索从孔中拔出, 造成抗滑结构失效。

4 预应力锚索桩锚索预应力值的确定

锚索桩上锚索预应力的计算与选择对抗滑工程的性能影响很大, 按锚索设计拉力施加, 使抗滑结构长期在大荷载下工作, 对其使用寿命不利, 预应力太小, 将出现类似于锚杆支挡结构的弊病, 施加的预应力应控制在使桩头变位处于弹性变形允许范围之内。

对于锚索桩上锚索预应力的确定应主要考虑滑坡的稳定状态和锚索的预应力损失, 通过计算确定, 根据有关文献, 在大多数情况下, 预应力按设计拉力的 75% ~ 80% 来施加。锚索桩上锚索的预应力损失也由钢绞线松弛、地层的压缩徐变和锚具楔滑三部分组成, 由于采用了低松弛钢绞线, 第一项预应力损失不大, 锚索设在抗滑桩上, 其后土层徐变不大, 预应力损失主要发生在锚具楔滑上, 因各束锚索的张拉时间不同, 先张拉的锚索预应力必然损失, 占其总损失的 10% 左右, 因此, 施工过

程中, 按 10% 超张拉以弥补预应力损失。

笔者从有关文献中搜集了一些工点锚索桩上锚索预应力的锁定值数据, 并将其汇成表。从表 1 中可以看出: 预应力锁定值位于 186 ~ 600 kN 之间, 锚索预应力占设计拉力的百分比为 30% ~ 76%。

预应力锚索设于抗滑桩上, 因抗滑桩属被动受力, 故桩上锚索属被动加力类型, 锁定值要小于设计值, 因随着滑坡推力的增大, 桩身内力在增大, 锚索的拉力也同时在增加, 这就要求在预应力锚索桩的锚索设计中一定要给锚索足够的安全储备, 以承受锚索在张拉后由于滑坡推力的增大而增加的拉力。

三峡水库正在兴建, 库区移民及地质灾害整治工程正在进行, 由于库区滑坡的整治必须在三峡水库一期蓄水 (135 m 水位) 之前完成, 现滑坡整治所施工的预应力锚索桩, 其最不利工况还没有达到, 滑坡推力还较小。三峡水库建成投入运营后, 库水位要上升到 175 m, 必然使部分滑坡体浸水, 导致滑带土抗剪强度指标 c 、 φ 值降低, 同时, 雨季时, 水库水位从 175 m 降至 145 m, 使滑体受动水压力以及由于部分滑体处于常水位 156 m 以下, 必然受水的浮托力, 再加上部分滑体上滨江路的修建, 这些因素都会使滑坡推力明显增大, 因此, 必然要求锚索桩上锚索的预应力明显小于设计值, 并要有一定的安全储备。

锚索桩上锚索的预应力按设计拉力的 50% 来施加, 考虑预应力损失 10% 在内, 其最后的预应力锁定值为 660 kN。

表 1 各工点锚索抗滑桩锚索预应力的锁定值

序号	工点名称	桩截面 / m ²	桩长 / m	锚索设计拉力 / kN	预应力锁定值 / kN	锚索预应力与设计拉力之比
1	南昆铁路八渡车站	(2.0 ~ 2.5) × (2.5 ~ 4.0)	最深 55	—	500.0	—
2	金鸡岩工业广场滑坡试验工程	1.8 × 2.0	7	—	600.0	—
3	梅剑线 K32 滑坡	2.0 × 2.5	25	上排 838.5 下排 855.0	450.0 400.0	0.54 0.47
4	株洲至六盘水增建二线某边坡加固	1.75 × 2.00	24	上排 630.0 下排 630.0	227.0 186.0	0.36 0.30
5	广大线锚索桩板墙试验工程	1.25 × 1.50	24	上排 770.4 下排 770.4	484.0 587.4	0.63 0.76

5 预应力锚索桩的反向配筋

锚索抗滑桩的反向受力主筋的配置一般是按所

计算的滑坡推力和锚索设计拉力共同作用在抗滑桩上, 根据计算所得反向最大弯矩来配制钢筋的。但在实际工程中, 滑坡推力是选用最不利荷载组合,

多年冻土区通风管路基试验研究

曹元平

(铁道第一勘察设计院地路处)

摘 要 介绍了青藏线北麓河、清水河通风管路基试验工程的概况,并通过一年多的试验研究,分析了通风管的降温及加筋作用。

关键词 试验段 通风管 多年冻土 裂缝 冻土上限

1 前言

美国曾在阿拉斯加一段公路上试验过通风管道路基,工作状态良好,但同时指出,在设置高度上要高出地面一定距离,以免水流进入后,影响降温性能,并导致一定的沉降变形。俄罗斯冻土科学家提出主动保护冻土原则并设计了一些工程措施,其中包括管道通风制冷系统,并对此进行了一段试验工程(Kondrotjev, 1996),在试验工程中,通风制冷管设置于路堤底部,横穿路基断面。

通风基础在我国东北和西北冻土地区是普遍应用的一种基础形式,包括架空通风和管道通风两种。前者系指天然地面与建筑物一层地板底面保持一定通风高度的下部结构,后者将建(构)筑物地板下用非冻胀性的砂砾料垫高,并在其中埋设通风管道,它可以利用冬季通风完成保持地基土冻结状态。在青藏高原风火山地区,曾在厚度为2.0 m左右的含土冰层及厚度为4.8 m的饱冰冻土之上,建造带有低填通风管冷基础的试验采暖房屋,经过多年观测,未发现明显的融化下沉,使用情况良好。

并考虑了一定安全系数,这样进行反向配筋不安全,故须选用另一种荷载组合,即应按施工期间实际的滑坡推力和锚索预应力共同作用来进行桩身内力计算,并据此进行反向配筋。

6 结论

(1) 锚固段为软质岩层的预应力锚索抗滑桩,选择两端支承条件为自由端的刚性桩,按变形协调原理及地基系数法进行内力计算是合适的,且是偏

架空通风基础在多年冻土房屋工程中被广泛使用,但填土通风路基在国内的公路、铁路还没有应用,在研究上也基本处于空白,因此,在青藏线北麓河、清水河两试验段中布置通风管路基试验段。从实体工程上考察和验证通风管路基实际工程效果及适用条件。

2 试验段的工程地质及工程措施

2.1 工程地质

北麓河通风路堤试验路段里程为DK1140+898~DK1141+300,全长402 m。地层主要为上第三系湖相沉积的泥岩、砂岩、页岩、泥灰岩及第四系全新统冲洪积层的黏土、粉砂、细砂、中砂、砾砂、角砾土、碎石土。含土冰层主要分布在冻土上限以下1~3 m范围内,厚度一般为1~2 m,最厚可达3 m。其冻土上限深度一般为2~3 m,较浅处为1.7 m。

清水河试验段里程为DK1025+100~+400、DK1026+265~+520。地层主要为第四系冲、洪积砂黏土、黏砂土、砾砂及风积细砂。该试验段中

于安全的;

(2) 预应力锚索桩上锚索预应力的施加要根据具体的滑坡工点及工程所处具体地质条件和环境条件确定,一般情况下按50%~70%施加是适宜的;

(3) 预应力锚索抗滑桩也必须进行桩周侧应力检算,锚固段的侧应力检算是不可忽视的;

(4) 预应力锚索桩反向受力主筋的配置必须按最不利荷载组合算出的最大弯距进行配筋。