

文章编号: 1000-7598-(2005)增刊-155-04

竖向预应力锚杆挡墙整治滑坡应用技术研究

杨广庆¹, 杜群乐², 张保俭¹

(1. 石家庄铁道学院, 土木工程分院, 河北 石家庄 050043; 2. 河北省交通厅公路管理局, 河北 石家庄 050021)

摘 要: 结合河北省太行山区阜长公路滑坡整治工程, 利用工程物探、地质钻探等综合勘察手段, 分析了某小型滑坡的发生发展机理, 明确了该滑坡属牵引-外扩式浅层碎石类滑坡。本着经济、技术可行的整治原则, 提出了采用竖向预应力锚杆挡墙整治滑坡技术措施。该方法利用锚固于地基中的锚杆对墙体施加的竖向预应力平衡滑坡体的下滑力, 以达到减少圪工, 降低工程造价的目的。并详细分析了竖向预应力锚杆挡墙的设计思路, 介绍了其施工工艺及技术要点。良好的整治效果表明了该方法的有效性, 可为同类工程地质灾害整治提供技术支持。

关 键 词: 竖向预应力锚杆挡墙; 滑坡机理; 工程整治; 设计; 施工

中图分类号: TU 476.72

文献标识码: A

Study on techniques of applying vertically prestressed anchor retaining wall to treat landslide

YANG Guang-qing¹, DU Qun-le², ZHANG Bao-jian¹

(1. School of Civil Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, Shijiazhuang 050043, China;

2. Bureau of Highway Management, Department of Communications of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: The occurrence and the development mechanism of one small landslide in the Fu-Chang road at the Taihang mountain is analysed with the comprehensive exploration methods such as engineering geophysical prospecting and geological prospecting etc.. It is brought forward that the small landslide is a shallow layer crushed stone slide with the type of drawing - enlarging outside. The vertical prestressed anchor retaining wall is applied for correcting the landslide with the economical and feasible correction principle. This method depends on the vertical prestressed force, pressed on the earth wall body which is made by the anchor in the foundation, to balance the sliding force of the slide mass. This method reaches the purpose of decreasing the masonry and the engineering price. The design thinking of the vertical prestressed anchor retaining wall is analyzed in detail; the construction technology and technique essentials is introduced. The efficiency of the method is indicated by its well correction result. This technique can offer reference for the similar geological disaster correction.

Key words: vertical prestressed anchor retaining wall; landslide mechanism; engineering correction; design; construction

1 引 言

山岭道路的修建, 破坏了山体边坡的稳定性。由于山体边坡失稳而导致的滑坡、崩塌、塌滑、剥落以及路基变形等地质灾害是诸多山岭区道路的通病。

阜长公路作为出入山西省和河北省的交通要道和晋煤外运的大通道之一, 在阜长公路印钞石至长城岭段, 直线距离仅 4 km, 其海拔高程由 950 m 增至 1 525 m, 高差达 575 m, 该区地貌特征为山坡

呈阶梯形, 坡度较陡, 多在 25° 以上; 山脊多呈尖顶状和圆顶状, 由山顶至坡脚高差多在 300 m 以上。该道路 11 km 路段范围内共计有滑坡达 11 处, 崩塌、剥落现象在道路旁侧的高陡边坡地段随处可见, 这些病害主要在雨季合并发生, 因而其危害程度也更为严重。仅 2000 年 8~10 月, 因滑坡、崩塌、剥落等地质灾害就导致中断行车 20 多天, 经济损失数百万元。这些地质灾害不仅影响了道路的畅通, 而且严重威胁着人民生命财产的安全。

本文以Ⅲ号小型滑坡为研究对象, 通过钻探、

物探结合地质调查等综合勘察手段研究了该地质灾害的发生、发展机理,提出了采用竖向预应力锚杆挡土墙整治技术,阐明了其设计思路和施工工艺及技术要点,取得了良好的工程整治效果。

2 滑坡类型及稳定性分析

该滑坡体在垂直方向上,自上而下可依次划分为 3 层:上部为黄土状砂性土和碎石土,中部为碎块状基岩(包括混合岩化黑云斜长片麻岩、辉绿岩、石英脉和花岗伟晶岩),下部为块状结构基岩。

2.1 滑坡机理

在通常情况下,如果山体不受破坏,其上又有植被覆盖,则碎石土尚能保持相对的稳定,不至于发生较大范围的滑坡。反之,如山坡因开挖而形成陡壁,致使陡壁之上的碎石土处于临空状态,因而失去支撑点,雨水的降临将会导致碎石土软化成塑性状态,使其摩擦角大大降低,从而产生沿古斜坡面的下滑。但这种下滑在其开始阶段并非表现为碎石土的整体下滑,而仅限于前缘部位,且滑动的范围也往往较小。随着前缘部位的滑动,致使其周边和后缘部位处于临空状态,从而产生失稳和下滑,形成叠加于先前滑坡体之上的新滑坡体,于是滑坡的范围得以扩大,滑坡体的体积也随之增加。后缘和周边部位的滑移,必将产生新的后缘和周边,滑坡体的范围和规模也会相应扩大(图 1),因此,本滑坡的形成和发展经历了一个由小到大的扩展过程。滑坡体的滑动是牵引扩展式的,即在前缘滑坡体的牵引下,引起后缘滑坡体的失稳而产生新的下滑,并在下滑过程中形成了一系列的拉张裂隙,该滑坡的滑移过程可概括如下:

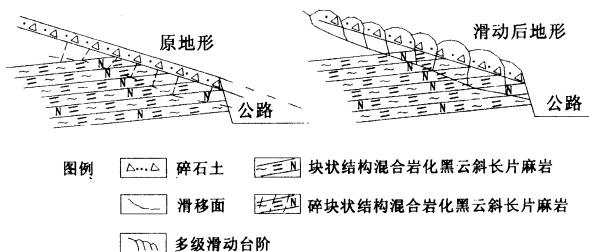


图 1 滑坡滑移机制示意图

Fig.1 Sketch of sliding mechanism of landslide

前缘下滑 → ①号后缘及周邊陡壁形成临空面 → ①号后缘及周邊消失 → ②号后缘及周邊形成 → ②号新后缘及新周边因下滑而消失 → ③号新后缘和新周边形成 → ③号新后缘和新周边因下滑而消失 →

④号新后缘和新周边的形成 → ……。

2.2 滑坡规模及稳定性

该滑坡属浅层碎石土型滑坡,其规模为小型,滑坡体体积约 $2\,210\text{ m}^3$ 。因其还在向外扩展中,预计体积还会有所增加。从地貌标志和地质标志两方面显示该滑坡属于不稳定性滑坡,并且该滑坡仍在扩展之中。

3 竖向预应力锚杆挡墙设计

竖向预应力锚杆挡土墙是将锚杆竖向锚固在地基中并砌筑于墙体内,通过张拉锚杆,利用其弹性回缩对墙身施加预应力,并以此来平衡滑坡体的下滑力,从而达到降低挡墙圬工重量,节省圬工降低造价之目的。

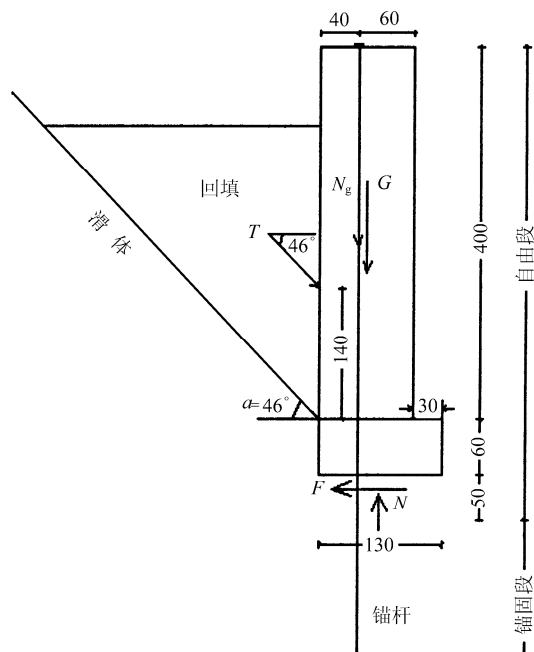


图 2 预应力锚杆挡墙受力图示(单位: cm)

Fig.2 Forcing diagram of retaining wall with prestressed anchors

3.1 滑体下滑推力计算

(1) 滑体下滑推力如图 2 所示,

$$T = KW \sin \alpha - W \cos \alpha \tan \phi - cl \quad (1)$$

式中 T 为滑体下滑推力 (kN); K 为安全系数,取 1.1; W 为滑体的重力 (kN); α 为滑坡面与水平面夹角; ϕ 为滑体内摩擦角。 c 为滑动面的凝聚力 (kPa); l 为上部滑坡体所在滑坡面的长度。

(2) 作用于挡土墙上的碎石土压力呈三角形分布,其合力沿滑动面方向作用于土体与挡土墙接触面上。

3.2 竖向预应力锚杆挡土墙设计计算

(1) 单根锚杆的有效预拉力计算

单根锚杆的有效预拉力为：

$$N_g = N_z - N_s \quad (2)$$

式中 N_z 为锚杆的控制张拉力 (kN); N_s 为锚杆预应力的各种损失值 (kN)。

(2) 挡土墙的自身重力为：

$$G = \gamma_{\text{墙}} V_{\text{墙}} = \gamma_{\text{墙}} S_{\text{墙}} L_z \quad (3)$$

(3) 进行单根锚杆有效预拉力验算, 并沿公路在挡墙部位布设一排锚杆, 其锚杆根数为 n , 则在下滑推力作用下, 挡墙基底摩擦力为：

$$F = Nf = (G + nN_g)f \quad (4)$$

(4) 求挡土墙同时满足抗滑稳定性和抗倾覆稳定性的要求, 使抗滑稳定系数 $K_c \geq 1.3$, 抗倾覆稳定系数 $K_s \geq 1.5$, 则可计算出所需的最少锚杆数: 由: $K_c \geq 1.3$, 确定 n_1 ; $K_s \geq 1.5$, 确定 n_2 。

根据设计要求, 取 $n = \max\{n_1, n_2\}$

(5) 锚杆的有效长度计算：

$$L_c \geq KP / \pi D \tau \quad (5)$$

式中 K 为考虑地层条件和工作条件的安全系数, 取 $K = 3.0$; P 为锚杆允许的最大抗拔力, 取 $P = 320 \text{ kN}$; D 为锚孔直径, 取 $D = 0.09 \text{ m}$; τ 为锚固段周边砂浆与孔壁的平均抗剪强度, 取 $\tau = 350 \text{ kPa}$ 。

(6) 根据以上验算结果进行取值设计, 则挡土墙可同时满足抗滑和抗倾覆稳定性的要求。继而可以布设锚杆、排水孔以及钢筋混凝土垫块等。

4 竖向预应力锚杆挡墙施工工艺

4.1 总体施工工序

钢筋混凝土锚杆挡土墙总体施工工艺流程见图 3。

4.2 竖向预应力锚杆浆砌片石挡墙施工要点

(1) 放样和挖基 基坑开挖前需首先清理坡面, 处理危石, 以保证施工安全。基坑开挖按施工段进行, 其深度和宽度不小于设计值, 且基坑底面必须平整。根据开挖情况, 确定基础尺寸、位置和钻孔位置。

(2) 锚杆加工和加固 锚杆采用 $\phi 32 \text{ mm}$ 热轧螺纹钢筋, 在现场依据设计长度加工制作, 杆体插入孔内深度不小于设计长度的 95%, 杆体中每隔 2~4 m 设置对中支架, 且杆体安装完毕后, 不得随意敲击, 杆体的接头应用对焊、坡口焊或搭接焊;

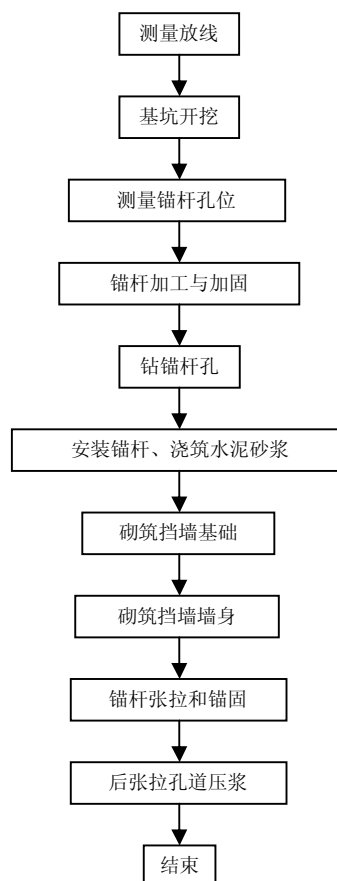


图 3 竖向预应力锚杆挡墙施工工艺

Fig.3 Flow chart of construction technology for a vertical prestressed anchor retaining wall

杆体自由段采用纯水泥浆进行防腐处理。

(3) 成孔 开孔直径为 90 mm, 宜采用风动冲击一次钻进成孔法。

(4) 注浆 注浆材料为水灰比为 0.4~0.5 的纯水泥浆, 其 28 d 强度应大于 20 MPa。浆液搅拌时间应大于 2 min, 边搅拌边使用, 待浆液初凝前用完, 为改善水泥浆硬化后的性能, 可加入适量的水泥外加剂, 以加速凝固和硬化。水泥浆用压力泵通过耐压胶管注入锚杆孔, 泵的压力控制在 0.1~1.0 MPa 之间, 注浆管距孔底 1.5 m, 注浆过程中宜采用边注浆边拔管的施工方法, 直至锚固段注满为止。

(5) 砌筑挡墙基础与挡墙墙身 砌筑挡墙基础前应将地基表面风化岩土和碎石清理干净, 然后用砂浆铺垫基础。基础做好后, 应及时回填夯实, 并做好顶面的排水和防渗设施。按设计图设置预留孔, 施工时注意避免撞伤锚杆, 不能让石屑、泥沙落入预留孔, 锚杆钢筋采用连接器接长。挡土墙以未风化片麻岩为石料, 要求其强度大于 40 MPa, 且应具有两个大致平行的面, 其中部厚度应不小于

200 mm, 边长不小于 400 mm, 填充料砂浆标号为 M12.5。墙背回填采用坡面岩土, 施工中应边砌边填, 使填土密实稳定。

(6) 锚杆张拉和锚固 预应力锚杆采用一次张拉法。当挡土墙施工完毕后, 且砂浆强度达到 80 % 以上的设计强度后, 进行张拉作业, 待张拉完成后, 锚头采用螺丝端杆锚具锁定。

(7) 后张拉孔道压浆 预应力筋张拉后, 孔道应及时压浆, 最迟不应晚于张拉后 72 h。

5 结 语

在高等级公路设计中, 采用有效、经济的方法

处理滑坡, 防止滑坡产生的各种病害, 具有重大的经济效益和社会效益。在一般滑坡的治理设计中, 采用抗滑挡土墙或抗滑桩设计的较多, 在实际中也因其施工简便而得到较多应用, 但是由于重力式挡墙圬工量大, 造价高, 以及墙体由于各种因素而产生破坏、滑动等, 对公路交通起到一些影响。采用锚杆挡墙一方面可利用锚杆预应力代替墙体重力抵抗滑坡体的下滑力, 另因该墙竖向锚杆固定、纵向采用锚梁, 使每段挡墙连成整体而增强了墙体的整体性, 对防止滑坡活动有很好的保障。该技术特别是在路堑开挖宽度或地基承载能力满足不了重力式挡墙要求条件下具有更为广泛的应用性。