

微型组合抗滑桩在青海西久公路某滑坡防治中的应用

郭 辉

(中煤科工集团西安研究院有限公司,陕西 西安 710077)

摘 要:使用微型组合抗滑桩结合其它工程措施治理滑坡是目前滑坡治理领域的一个新趋势,因其施工便利、压力注浆提高滑坡自身稳定性显著以及治理费用较低等优点,目前已大量应用于工程实践。以青海省西久公路某滑坡为例,在分析滑坡存在浅层和深层2个滑动带的基础上,提出采用微型组合抗滑桩结合锚拉式框架梁加固并使用仰斜排水孔的综合治理措施,通过治理后的稳定性验算和雨季暴雨的考验,证明了微型组合抗滑桩的综合措施的可行性和有效性。

关键词:滑坡防治;微型组合抗滑桩;桩-土(岩)效应;压力注浆

中图分类号:P642.3;U418.5⁺5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)05-0046-04

Application of Micro Combined Anti-slide Pile for Highway Landslide Control in Qinghai/GUO Hui (Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710077, China)

Abstract: It is a new trend to control landslide by using anti-sliding composite structure of micro-piles combined with other engineering measures, which has been largely applied in engineering practice for its convenient, low cost and high landslide stability being obviously increased by pressure grouting. Taking a landslide case of Xining-Jiuzhi highway as an example and based on the analysis on 2 existing slip zones of shallow layer and deep layer, a comprehensive landslide treatment measure is put forward: micro combined anti-sliding pile is applied with anchor frame beam consolidation and inclined drain holes. By the stability computation and rainfall test in rainy season, the feasibility and effectiveness of the comprehensive treatment measure by micro combined anti-sliding pile are proved.

Key words: landslide control; micro combined anti-slide piles; pile-soil (rock) effect; pressure grouting

0 引言

微型桩(micropile),又称树根桩(root piles)或小桩(minipile),一般是指桩径在70~300 mm,长径比大于30,采用钻孔、强配筋和压力注浆工艺施工的灌注桩。微型桩是由意大利的Lizzi在20世纪50年代提出的,最初的目的是为了加固历史性的建筑物基础,20世纪80年代以后迅速发展,其应用范围不再局限于传统的地基加固和基础纠偏,还被越来越多地应用到边坡加固和滑坡治理工程中^[1~3],国内外学者在这些方面做了相关的理论及试验研究^[4~7],都验证了微型桩用于滑坡及边坡防治工程的可行性和有效性。

微型组合抗滑桩是将多根微型桩按照一定的排布形式组合起来用于滑坡及边坡治理的抗滑结构。已有工程经验及理论研究表明,与传统大型抗滑桩相比,微型组合抗滑桩具有场地适应性强、对滑体扰动小、施工速度快等优点,并能充分展现其改良滑带土以及与地质体有效组合去适应不良工程地质环境的优势,现已逐渐在滑坡防治中得到了广泛应用,并

取得了较好的效果。

本文以青海省西久公路某滑坡为例,介绍微型组合抗滑桩结合其它措施治理滑坡的防治效果,理论研究和实际应用均表明,综合方案发挥了良好的加固作用。

1 工程概况

1.1 滑坡的空间形态及基本成因

青海省西久公路某滑坡为砾岩顺层滑坡,岩性为紫红色砾岩夹砂岩,节理构造发育、岩体较破碎、岩块强度较高。浅层发育次级滑坡,滑坡体为上覆第四系松散覆盖层。滑坡后缘距离公路中线约95 m,前缘位于公路下方,距离公路中线约35 m,滑坡长约130 m,沿线路宽约90 m。浅层滑体深度5 m左右,深层深为10 m,深层滑体体积约为 $10.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,浅层滑体体积约为 $2.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

该滑坡与坡面走向基本平行,坡度 $50^\circ \sim 80^\circ$,公路线路从山坡中部通过,上下坡面植被主要为高山草甸,开挖面岩石裸露。

收稿日期:2014-02-13;修回日期:2014-05-04

作者简介:郭辉(1985-),男(汉族),山西临汾人,中煤科工集团西安研究院有限公司助理工程师,地质工程专业,硕士,主要从事煤层气定向钻井技术研究工作,陕西省西安市高新区锦业一路82号,guohui@cctegxian.com。

2007 年 8 月路基开挖时,引起老滑坡局部复活。加之该地区 6~8 月份雨季经常出现暴雨,坡体雨水排泄不畅,沿节理裂隙入渗到滑面,产生静水压力并且软化结构面,是滑坡滑动的另一诱因。

1.2 滑坡稳定性分析

滑坡稳定性分析计算采用传递系数法,考虑到一般、暴雨及地震 3 种工况进行计算。根据《滑坡防治工程勘查规范》(DZ/T 0218-2006)以及相关技术规范,滑坡稳定安全系数取 1.15,在地震+暴雨工况下安全系数取 1.05;综合考虑滑坡体在未来条件下的营运状况,稳定性计算取值及结果见表 1。

表 1 滑坡稳定性验算结果表							
位置	工况	c /kPa	φ /(°)	剩余下滑力 /(kN·m ⁻¹)	稳定系 数 F_s	安全 系数	稳定性 评价
浅层	一般条件			192.3	1.02	1.15	欠稳定
	暴雨条件	10	29.3	261.4	0.96	1.15	不稳定
	地震+暴雨			327.9	0.88	1.05	不稳定
深层	一般条件			395.5	1.20	1.15	稳定
	暴雨条件	10.5	29.5	450.3	1.10	1.15	基本稳定
	地震+暴雨			502.3	0.99	1.05	不稳定

2 治理方案

由于滑坡体主要为顺层破碎砾岩,岩质坚硬,且在公路上档地形较陡,故不宜采用刷方减载和大量开挖的大型抗滑桩。考虑到施工工期和现场地形条件限制,提出坡脚采用微型组合抗滑桩结合锚拉式框架梁加固并使用仰斜排水孔的综合治理措施,具体的滑坡治理工程措施如图 1 所示。

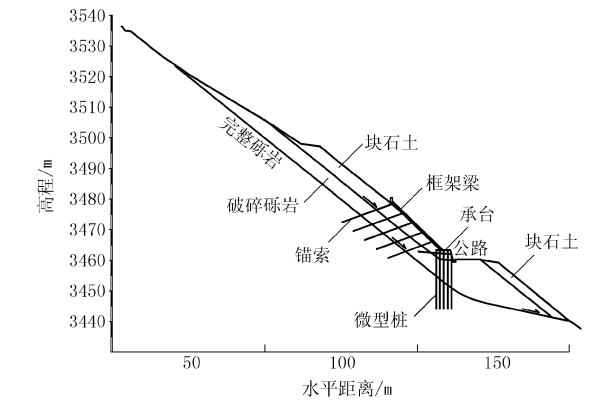


图 1 滑坡治理工程措施示意图

2.1 微型组合抗滑桩

微型桩的布设形式如图 2 所示,靠山侧坡脚处设置一排微型组合抗滑桩,桩长 17 m,每 15 根微型桩为一组。每根微型桩由 3×Ø25 mm 螺纹钢组成,桩间距 650 m×750 mm,桩径 150 mm,每组微型抗滑桩桩顶以承台联系,承台尺寸为 3 m×2 m,承台

间距 4 m,共 32 组,承台之间由 300 mm 厚 C25 砼挡土板连接。

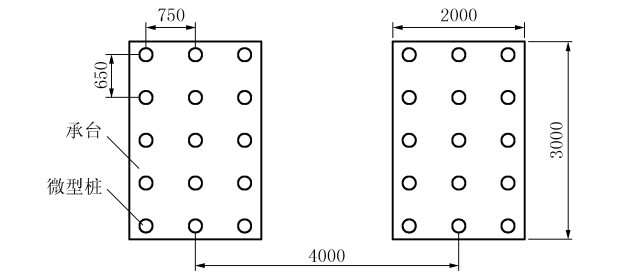


图 2 微型组合抗滑桩布置示意图

2.2 锚索框架梁

承台之上设置锚索框架梁,框架梁节点处设置一根锚索,锚索为 7×Ø15.24 mm 的预应力锚索,长度为 17 m,锚固段长度为 8 m。

2.3 仰斜排水孔

坡脚设一排 Ø110 mm 仰斜排水孔,孔深为 10 m。

3 治理方案分析

该滑坡治理中采用了多种加固措施,设置在岩土体上的加固结构与滑坡岩土体共同构成了一个复杂的抗滑体系。为了简化起见,本文只分析微型组合抗滑桩对滑坡的加固效果及其加固原理。

3.1 压力注浆

通过微型桩钻孔进行压力注浆能够有效地改善滑体及滑动面岩土体物理力学性质。该滑坡为砾岩顺层滑坡,岩体破碎,节理发育。当进行压力注浆时,浆液在压力水头作用下通过渗透、充填、挤压、粘聚等形式进入岩体节理裂隙和滑坡滑面,包裹裂隙充填物并与之发生胶结作用,形成新的具有更高强度的胶结体,增强了裂隙介质的强度和刚度;同时浆液与节理裂隙上、下盘岩体以及滑床与滑体岩体发生胶结作用,增加了破碎岩体的完整性,从而提高了滑体岩体的整体强度以及滑面的抗滑力。与此同时,进入节理裂隙以及滑面的浆液与裂隙水发生水化反应,也进一步阻塞了地表水入渗的通道。

压力注浆对岩土体的改性效果可以通过粘聚力 c 和内摩擦角 φ 的变化值反映出来,张友葩等^[8]人研究了注浆对岩土体 c 、 φ 值改变程度,设注浆对岩土体粘聚力和内摩擦角的提高值分别为 Δc 和 $\Delta \varphi$,则由计算得出:

$$\Delta c = [\eta / (1 + \eta)] (c_g - c_s) k_c \tag{1}$$

$$\Delta \varphi = [\eta / (1 + \eta)] (\varphi_g - \varphi_s) k_\varphi \tag{2}$$

式中: η ——浆液注入率,即注入浆液与岩体体积之比; c_g, c_s ——分别为注浆体和岩土体的粘聚力; φ_g, φ_s ——分别为注浆体和岩土体的内摩擦角; k_c, k_φ ——分别为岩土体与浆液相互作用而引起粘聚力和内摩擦角变化的系数,可由室内试验或现场测试获得。

由此可计算出注浆后土体的实际屈服函数,并可计算出岩土体的屈服包络线(如图3所示)。图3可以反映出,岩土体介质经过注浆作用后,其粘聚力和内摩擦角都会有不同程度的提高,其中粘聚力的提高幅度较大。在注浆过程中,浆液可以通过渗透、压密、劈裂以及与岩土体的相互作用,改善岩土体的性能,较大幅度地提高岩土体的自稳定能力。

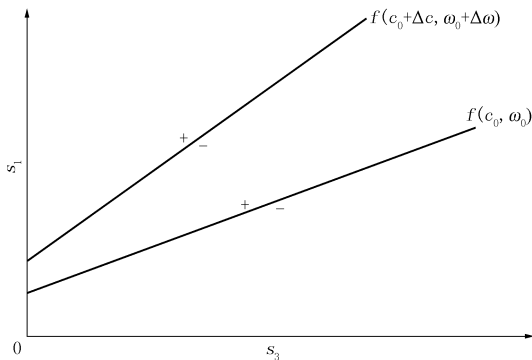


图3 Mohr-Coulomb 屈服准则

此外,施工过程中使用良好的注浆工艺是保证注浆效果的关键,本工程严格按照如下步骤施工:钻孔—清孔—下钢筋笼—封孔—注浆。

3.2 微型组合抗滑桩桩土效应分析

冯君等^[6]将常用的微型桩布置结构分为如下3类:独立微型桩体系,平面刚架微型桩体系,空间刚架微型桩体系。现有研究表明,空间刚架微型桩体系对复杂地质条件下的滑坡治理效果更好。该滑坡治理方案中采用了微型桩横纵按3 m×5 m布置的空间桁架微型桩体系,桩顶采用矩形承台连接为一体。同时考虑,组合桩注入浆液将桩体与桩周岩土体连接为一体,从而形成一种桩与桩间被加固岩土体的复合型结构,这种复合型结构对滑坡的加固效果远大于微型桩之间简单的叠加,在承受水平荷载时,桩与岩土体共同作用抵抗剪切和弯曲,每根桩的性能和同样条件下的独立单桩的性质是不一样的,这就是桩-土(岩)效应。

这种考虑注浆连接效应的空间刚架微型桩体系对滑坡的治理效果是很显著的,但是由于目前对这种综合体系作用机理及作用效果的定量研究开展缓

慢,常采用等效截面法进行工程设计,无法最大限度地发挥这种综合体系的作用,造成不同程度的浪费。因此,微型组合抗滑桩治理滑坡的理论研究亟待迅速开展,以便为设计提供参考依据。

3.3 抗剪稳定性验算

本文按滑面抗剪条件对滑坡治理后的稳定性进行验算^[9],微型桩仅有钢筋提供的抗滑力可按式(3)计算:

$$F_1 = n[\tau]A \quad (3)$$

式中: n ——微型桩的数量; $[\tau]$ ——微型桩钢筋抗剪强度,普通钢材的抗拉强度为300 MPa,其对应的抗剪强度根据有关理论可取120 MPa; A ——钢筋的截面积(3×Ø25 mm钢筋的截面积为1473 mm²)。

对于由15根微型桩组成的组合抗滑桩,即可由式(3)得出 $F_1 = 2651$ kN。组合桩间距为4 m,分布在每米上的抗剪力为663 kN,可以满足该滑坡治理需求。

4 施工技术

本工程的施工顺序为:微型组合抗滑桩→锚索→框架梁→仰斜排水孔。当微型桩完成大部分工程量后可以并行其余的工程措施。

先采用跳排方法施工坡脚的微型组合抗滑桩。施工工艺为钻进取土成孔→清孔捞渣→下钢筋笼→下注浆管并进行注浆→孔口溢出浓浆后可填土(边投边振捣)→填土至孔成桩结束,施工应由中间向两侧展开。微型桩施工还应注意以下施工技术要求:

(1)微型桩桩位测放应准确,偏差不得超过±10 cm。考虑沉渣的影响,钻孔实际深度大于设计深度0.3 m。

(2)微型桩采用干钻成孔,禁止水钻成孔,成孔直径≤150 mm。

(3)微型桩孔内注灰砂比为1:1(水灰比为0.4~0.5)水泥砂浆,注浆体强度≤20 MPa。

(4)注浆采用从孔底到孔口返浆式注浆,压力不低于0.4~0.7 MPa,以确保孔内浆液饱满。并注意二次补浆回灌。

(5)微型桩深度按进入基岩下不小于6 m为宜,每段微型桩施工中,至少按2~3孔取心或出渣,对地层变化、软弱带及基岩面深度作现场编录,以验证设计微型桩深度能否达到要求,并及时对设计进行调整。

(6)建议选择经验丰富的技术员,在施工中做

好地质编录等工作。

(7) 15根微型桩为一组合抗滑桩,其顶部做C25钢筋混凝土承台。承台尺寸 $3\text{ m} \times 2\text{ m}$,微型桩顶部嵌入承台长度不小于承台厚度的80%。

5 治理效果

本工程竣工后已经历了2个雨季的考验,经过后期监测表明,滑坡稳定性良好,达到了预期的治理效果,说明本工程采取的治理方案是可行的和有效的。

6 结语

(1) 本工程实践表明,与传统大型抗滑桩相比,微型桩施工便利、治理滑坡效果明显且经济效益显著。良好的治理效果主要取决于压力注浆带来的岩土体自身稳定性的提高和微型组合抗滑桩钢架结构结合桩间土形成的桩土体系。

(2) 目前微型桩的理论研究已远滞后于工程应用,致使设计中无规范参考,使用等效截面法设计无法最大限度地发挥微型桩体系的作用,同时造成材料的浪费。因此,微型桩治理滑坡的理论研究亟待

迅速开展,以便为设计提供参考依据。

参考文献:

- [1] 刘卫民,赵冬,蔡庆娥,等.微型桩挡墙在滑坡治理工程中的应用[J].岩土工程界,2007,10(2):54-56.
- [2] 朱宝龙,胡厚田,张玉芳,等.钢管压力注浆型抗滑挡墙在京珠高速公路K108滑坡治理中的应用[J].岩石力学与工程学报,2006,25(2):399-406.
- [3] KEVIN W CARGILL, STEPHE L DIMINO, etc. Tied-back micropile walls in landslide repair[C]. Deep Foundations Institute Annual Conference on Deep Foundations, Washington DC: [s. n.], 2006.
- [4] 龚健,陈仁朋,陈云敏,等.微型桩原型水平荷载试验研究[J].岩石力学与工程学报,2004,23(20):3541-3546.
- [5] ANDREW Z BOECKMANN. Load transfer in micropiles for slope stabilization from test of large-scale physical models[Z]. Columbia: University of Missouri-Columbia, 2006.
- [6] 冯君,周德培,江南,等.微型桩体系加固顺层岩质边坡的内力计算模式[J].岩石力学与工程学报,2006,25(2):284-288.
- [7] 陈喜昌,石胜伟.小口径钻孔组合桩的理论研究与应用前景[J].中国地质灾害与防治学报,2002,13(3):82-85.
- [8] 张友葩,吴顺川,方祖烈.土体注浆后的性能分析[J].北京科技大学学报,2004,26(3):240-243.
- [9] 蒋楚生,周德培.微型桩抗滑复合结构设计理论探讨[J].铁道工程学报,2009,(2):39-42.

(上接第45页)

4 结论与建议

(1) 气举反循环钻速存在最优值,并非越大越好,钻速过大将导致进入内管岩屑增多, γ_2 增大反循环压力差降低,严重时甚至出现循环终止(堵塞)等现象。

(2) 风压是制约气举反循环钻进深度的先决条件,与钻速没有直接关系。

(3) 钻速与混合器沉没深度及沉没比有一定相关性,钻速随混合器沉没深度及沉没比的增大而升高。

(4) 相同条件下增大风量可获得较高的钻进效

率。

(5) 气举反循环钻进速度受风量、碎岩量、混合器埋深、扬程等多种复杂因素影响,本文仅仅只是对风压、风量、沉没比等因素作初步探讨,其他复杂因素有待进一步研究;受试验条件限制,现场收集数据较少,建议今后多进行相关试验,综合分析以提高结论的说服力。

参考文献:

- [1] 武汉地质学院,等.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1981.
- [2] 翁家杰.井巷特殊施工[M].北京:煤炭工业出版社,1991.
- [3] 张永成.钻井施工手册[M].北京:煤炭工业出版社,2010.
- [4] DZ/T 0148-94,水文水井地质钻探规程[S].
- [5] 编写组.钻井手册(甲方)[M].北京:石油工业出版社,1990.

华东首个干热岩调查项目野外工作完成

《中国矿业报》消息(2014-5-21) 由鲁北地质工程勘察院承担的山东省利津县干热岩调查项目近日通过野外施工验收审查,并获优秀级。

据了解,此为华东地区首个干热岩调查项目。项目组通过开展利津县干热岩资源潜力评价、综合地球物理勘探及

钻探关键技术研究等工作,逐步查明该区内干热岩资源的分布状况,圈定勘探靶区,钻获高温岩体,并初步建立干热岩勘探技术方法研究,为今后开展干热岩资源研究、开发、利用提供试验基地。