

框架预应力锚索在滑坡加固中的现场试验研究^{*}

杨雪莲¹, 周永江¹, 何思明²

(1. 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院, 四川 成都 610041;

2. 中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要: 针对现阶段预应力锚索框架在滑坡加固中存在的问题, 通过选取试验工点, 对预应力锚索框架梁下土压力、框架内力及预应力损失情况进行了现场试验研究, 揭示了内力分布规律, 为预应力锚索加固滑坡的合理设计提供了依据。

关键词: 框架预应力锚索; 滑坡加固; 试验研究

中图分类号: P642.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2009)02-0037-04

0 前言

框架预应力锚索加固技术是一种新型的滑坡整治技术, 该技术具有造价低廉、施工速度快、效果显著、适用面广等特点而广受国内外岩土工程界关注, 并已在工程实践中得到广泛使用。然而, 这一新技术的理论研究特别是作用机制研究还远远不能满足工程实践的需要, 大量的理论问题还没有得到解决。现行的设计方法还缺乏基础理论体系的支撑, 设计人员主要还是采用半经验半理论的方法, 不同的设计人员由于认识上、经验上的偏差, 计算结果相差悬殊, 没有统一的设计理论作指导, 容易造成不必要的浪费或是安全性得不到保障^[1-4]。具体体现在以下方面:

(1) 框架护面—预应力锚索—地基相互作用机理认识不清, 特别是框架护面墙的内力分析和变形计算没有进行理论上的系统分析^[1-4]。

(2) 预应力锚索的预应力损失及锚索在边坡加固防护中的作用机理缺乏系统的研究。

基于以上原因, 使这类岩土工程设计缺乏一定的理论依据, 并造成设计的盲目性。本文通过对国道318线K2794滑坡加固采用的框架预应力锚索进行现场试验, 分析了框架梁中内力分布情况以及锚索预应力损失情况, 为预应力锚索加固滑坡的合理设计提供了必要的参考。

1 滑坡工程概况

国道318线二康路K2794滑坡位于泸定县新城区南西翼。该滑坡属于滑移—拉裂型岩土质混合滑坡, 滑坡前缘主要由高阶地冲洪积卵石、粉质粘土、粘土夹碎块石及碎石土组成, 后缘部分含有大的块石。滑坡平面形态呈横卧舌状, 后缘坡度稍缓, 有一小平台, 坡度 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$; 中部凸出, 坡度较陡, 平均坡度 $20^{\circ} \sim 35^{\circ}$; 前缘部分滑坡已解体, 坡度很陡, 平均约 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。滑坡体北侧中部一带较厚, 深度达28 m, 平均厚度13 m。滑坡前缘宽150 m, 后缘宽110 m, 纵长150 m, 分布面积 1.95 万 m^2 , 规模约 25 万 m^3 。

由于该滑坡坡面极不平顺, 且滑坡前缘临空, 高出路基约30 m, 因此在滑坡处治设计时采用了以框架预应力锚索加固为主加部分清方的方案。

2 现场监测方案

为了解框架锚索加固滑坡在不同工作阶段荷载传递机制, 有必要对预应力锚索框架土压力分布、钢筋应力分布、预应力损失等进行长期监测。通过定期观测, 了解在施工阶段和工作阶段预应力锚索框架土压力分布特点、与变形坡体相互作用规律以及预应力锚索框架内力分布规律^[5]。

^{*} 收稿日期: 2008-12-12

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目(2008CB425802); 国家自然科学基金项目(40872181、40572158); 交通部西部科技项目(2008-318-792-85)

作者简介: 杨雪莲(1975-), 女, 重庆人, 硕士, 主要从事岩土工程设计、科研工作. E-mail: 75xuelian@163.com

3.2 预应力锚索框架梁弯矩分布

假定钢筋应力-应变关系服从理想弹性材料应力-应变关系, 混凝土为非均匀受压应力-应变关系。于是可根据现场测出的钢筋和混凝土的应变值换算成应力值。由于构件采用双筋设计, 就有 $x < 2a$ (其中, x 为极限状态法设计中等效矩形的受压区高度, a 为受压区边缘到钢筋中心的距离), 按等效矩形应力分布图计算, 可用下式求截面弯矩值:

$$M = \sigma_s A_s (h_0 - a), \quad (1)$$

式中: σ_s 为钢筋的应力; A_s 为受拉钢筋截面积; h_0 为受拉钢筋中心到受压区边缘的距离。受拉钢筋为 $6\Phi 16$, 相应的截面积为 12.066 mm^2 , $h_0 = 550 \text{ mm}$, $a = 50 \text{ mm}$ 。

根据公式(1)及实测钢筋应力以及相关参数进行计算, 得到了框架梁的实测弯矩图(图6~图9)。

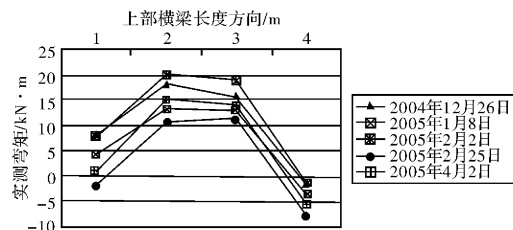


图6 框格上部横梁实测弯矩图

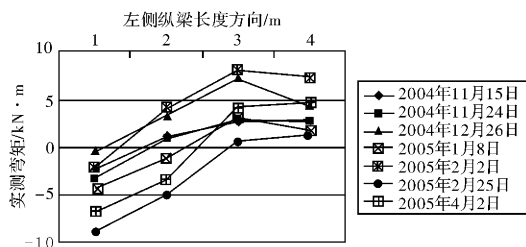


图7 框格左侧纵梁实测弯矩图

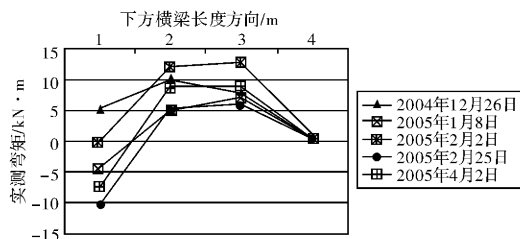


图8 框格下方横梁实测弯矩图

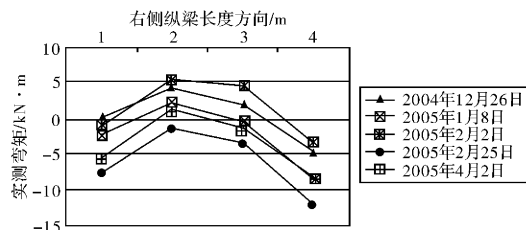


图9 框格右侧纵梁实测弯矩图

从框架梁内力监测结果得出以下结论:

(1) 框架梁上既有正弯矩也有负弯矩分布, 因此框架梁应按双面配筋。

(2) 从弯矩图可以看出, 对于框架梁的上下横梁, 其最大弯矩一般出现在梁的跨中, 而节点处一般为负弯矩, 成抛物线型分布。

(3) 框架梁的左右纵向梁的最大弯矩出现在框架梁的节点位置处。

3.3 预应力锚索内力分布

对 MK1 框架单元格上 4 个锚索内力测点监测共进行了 10 次, 历时近 1 年时间, 各监测点锚索内力随时间变化规律大体一致, 如图 10。

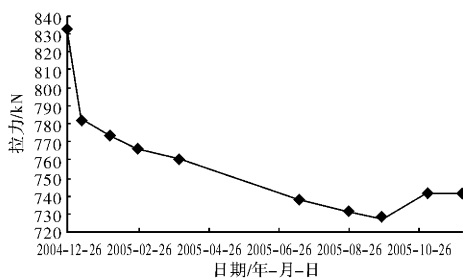


图10 MK1 框格锚索预应力监测结果图

从 MK1 框架预应力锚索监测结果看, 预应力损失为 10% ~ 33%, 损失较大, 损失主要集中在张拉锁定后近半年时间, 尤其是前期减小较多, 变化较大, 其后, 随着时间的增长, 锚索的预应力损失越来越小, 锚索内力趋于稳定, 这与其它试验结果相同。

MK2 框架单元格上 4 个监测点锚索内力随时间变化规律如图 11。

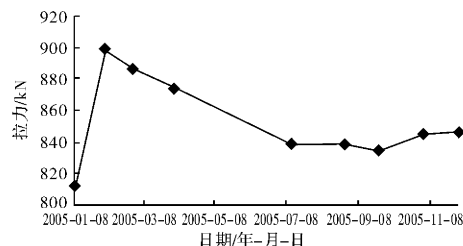


图11 MK2 框格锚索内力监测结果图

从监测结果看, 第 2 次测量数据较第 1 次有提高, 其原因是在第一次数据测量后, 又进行过二次张拉。从数据可以看出: 第二次张拉后 10 个月, 4 根锚索预应力损失体现了类似于 MK1 框架锚索预应力损失的规律, 本框格的 4 根锚索预应力损失很小, 仅为 3% ~ 5%, 其变化较为平稳。这与锚索前期进行了二次张拉有关。

4 结论

通过锚索框架内力的现场测试,可以得出如下几点结论。

(1) 预应力锚索框架上下横梁的土压力分布不相同,其中下横梁土压力分布相对较为均匀,呈马鞍型分布,表现为两头大,中间小的特点;而上横梁土压力更为不均匀,大致呈正弦函数分布。

(2) 框架梁的左右纵向梁的土压力分布相同,表现为梁的节点位置处土压力较大,梁的中部土压力相对较小。与框架下部横梁的土压力分布规律相同。

(3) 框架护面墙的横梁与纵梁可以按照相同的计算模式进行设计。

(4) 当梁的长度达到一定值时,会产生负弯矩,而且随着梁长度的增加,负弯矩相应增大,因此,在实际工作中框架梁应按双面配筋设计以确保安全。

(5) 从弯矩图可以看出,对于框架梁的上下横梁,其最大弯矩一般出现在梁的跨中,而节点处一般为负弯矩,成抛物线型分布。

(6) 框架梁的左右纵向梁的最大弯矩出现在框架梁的节点位置处。

(7) 选择合适的时间对锚索进行超张拉和补偿张拉:首先应在锚索安装初期对锚索进行超张拉,并相应地持荷一段时间,如此反复张拉2次,可减少预应力损失30%~50%,超张拉荷载控制在5%~10%。在锚索工后管理阶段,尤其是在锚索

竣工后,应在锚索短期荷载作用下预应力损失完成后,选择合适的时间对锚索进行补充张拉。从本次监测的资料情况看,可选择在第一次后50 d内进行补偿张拉。

(8) 从监测结果看,预应力损失与锚索张拉锁定荷载成正比,张拉锁定荷载越大,预应力损失也越大,因此,在设计上尽量选用合适吨位的锚索。尽量避免采用大吨位的锚索,可以采用多孔、小吨位锚索代替。

(9) 对于大型滑坡或重要构筑物,应在锚索正常使用期间进行长期监测,以及时准确地掌握锚索内力的变化情况,利于选择合适的时间对锚索进行补偿张拉,以保证锚索的正常使用和运行。

参考文献:

- [1] 何思明,杨雪莲,周永江. 预应力锚索地梁与地基共同作用分析[J]. 岩土力学, 2006, 27(1): 83-88.
- [2] 夏雄,周德培. 预应力锚索地梁在加固边坡中的应用实例[J]. 岩土力学, 2002, 23(2): 242-245.
- [3] 杨明,胡厚田,卢今才,等. 路堑土质边坡加固中预应力锚索框架内力计算[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(9): 1383-1386.
- [4] 周永江,何思明,杨雪莲. 预应力锚索的预应力损失机理研究[J]. 岩土力学, 2006, 27(8), 1353-1356.
- [5] 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院. 国道318线二郎山至康定公路改建工程K2794+860~K2795+010滑坡监测报告[R]. 2006.
- [6] 水利部水利水电规划设计总院. 预应力锚固技术[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2001.

A Test on Frame Prestressed Anchor in Landslide Reinforcement

Yang Xuelian¹, Zhou Yongjiang¹ and He Siming²

(1. Sichuan Province Communications Department Highway Planning Survey, Design and Research institution, ChengDu 610041, China; 2. ChengDu Research Institute of Environment and Disaster in Mountainous Regions of Chinese Academy Science, Chengdu 610041, China)

Abstract: According to the present problems of frame prestressed anchor in landslide reinforcement, a test of earth pressure, frame internal force and prestress losses was carried out at the selected site with frame beam and prestressed anchor. It reveals the distribution law of internal force on frame and provides a reference for reasonable design of slopes reinforcement with frame prestressed anchor.

Key words: frame prestressed anchor; landslide reinforcement; test