

地面荷载下土层锚杆工作性能试验研究

郝建斌^{1, 2}, 门玉明², 汪班桥²

(1. 西安科技大学, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学, 陕西 西安 710054)

摘要: 通过室内模型试验, 模拟了土层锚杆在地面荷载作用下的工作条件, 分析了其工作性能, 得出了锚杆轴向应变的分布特征、同一锚杆轴向应变随地面荷载增加以及作用时间的变化特点、不同层锚杆轴向应变随地面荷载增加以及作用时间的变化特点。试验表明: 土层锚杆轴向应变由孔口向锚固端逐渐递减; 随着荷载的增加, 应变峰值先增大, 后减小; 在同级荷载作用下, 轴向应变水平也呈现出先增大后减小的趋势; 在地面荷载较小的情况下, 顶层锚杆起主导作用, 当达到极限后, 起抗滑作用的主要是中间和底层锚杆。

关键词: 地面荷载; 土层锚杆; 模型试验; 工作性能

中图分类号: TU476; U417

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2009)02-0247-03

作者简介: 郝建斌(1975-), 女, 山西武乡人, 博士, 讲师, 主要从事岩土工程方面研究。E-mail: dcdgx28@chd.edu.cn。

Working property of soil anchors under loads on ground surface

HAO Jian-bin^{1, 2}, MEN Yu-ming², WANG Ban-qiao²

(1. Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China; 2. Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: Through the model tests, the working property of anchors in clay under loads on ground surface is analyzed. Focus is placed on the axial strain, as well as its variation with loads and time. It is shown that with the increase of loads, the strain peak increases at first to the maximum, and then decreases gradually; under the same loading stage, the strain of anchor increases under a sustained load, and then decreases; under the small loads, the upper anchors play a main role before the limit load, the anti-sliding effects of the middle and lower anchors are significant.

Key words: ground load; soil anchor; model test; working property

0 引言

近二十多年来, 我国高等级公路的建设取得了巨大成就, 高等级公路里程迅速增加, 高等级公路建设逐渐由平原微丘区向山岭重丘区延伸发展, 随之而来的就是边坡治理工程。支挡工程可谓各种各样, 其重要性也不言而喻。在各种新型的支挡结构中, 锚索和锚杆技术以其受力可靠, 施工灵活, 对岩土体扰动小, 作业安全和见效快等突出优点受到了工程界的青睐, 在高等级公路边坡和隧道的不良地质加固中发挥了重要作用。许多学者对土层锚杆的应力传递特征进行了大量研究^[1-6], 但基本上都是研究施工过程中或锚杆试验过程中的应力传递特征。但在公路运营期间, 边坡处于不同的地面荷载作用下, 此时锚杆的受力与施工过程以及张拉过程中的受力有很大区别。对其受力机理不明了, 将不能给设计与施工提供合理的依据, 因此, 了解公路边坡土层锚杆受力机理对目前锚杆设计水平和减少工程事故及降低工程造价具有指导意义。笔者通过模型试验, 对不同水平地面荷载作用下土层

锚杆应力传递特征进行研究, 以模拟公路边坡中锚杆在车辆荷载作用下的应力特征。

1 模型试验

模型试验在 2 m×1.7 m×1.3 m (长×宽×高) 的模型箱内进行, 模型箱由角钢和高密板构成。试验介质采用现场采集的原状粉质黏土, 在模型箱内夯实而成, 模型土的物理力学指标见表 1。锚杆采用直径 8 mm 的铝管模拟。锚杆由上到下长度分别为 0.75, 0.90, 1.05, 1.10, 0.77 m。在锚杆的同一轴线上黏贴应变片, 滑面两侧应变片距滑面 2 cm, 此外均以 10 cm 间距布置。试验采用 BX120-3AA 型电阻应变片, 该型应变片电阻为 119.9±0.1Ω, 灵敏系数为 2.18, 量程为 -20000×10⁻⁶~20000×10⁻⁶。

首先在模型箱内夯实成人工边坡 (1:0.75), 然后在边坡上按设计长度挖孔径 30 mm 的孔, 插入贴有

基金项目: 陕西省交通厅科技项目 (04-10K)

收稿日期: 2008-04-18

应变片的铝管, 灌注石膏浆, 挂钢筋网, 砂浆抹面。养护 7 d 后固定, 进行加载试验。加载时在假定滑坡体坡顶放置一厚 50 mm 垫板, 通过反力架用千斤顶于垫板加载, 使坡体受均布荷载。试验采用 YZ-22 型转换箱配有 YJ-33 型静态电阻应变仪进行多点静态应变自动采集。模型尺寸见图 1, 2。

表 1 模型土的物理力学指标

Table 1 Parameters of model clay					
项目	干密度	黏聚力	摩擦角	塑性指数	液性指数
	$\rho/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	c/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	I_p	I_L
最大值	1.73	35	26.8	13.5	0.17
最小值	1.55	20	21.4	12.8	0.05
平均值	1.61	26	25.5	13.1	0.12

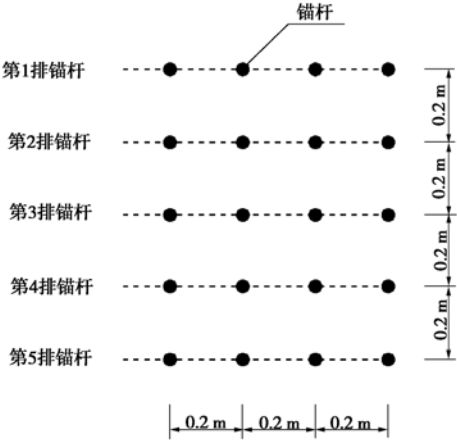


图 1 锚杆布置图
Fig. 1 Layout of anchors

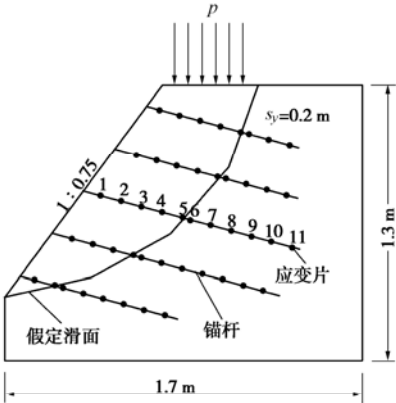


图 2 模型剖面图
Fig. 2 Section of model

2 试验结果分析

2.1 轴向应变分布

图 3 为第 5 排 3 锚杆在不同地面荷载下杆体的轴向应变分布曲线。可以看出, 锚杆轴向应变整体上呈由外到内递减的趋势。地面荷载从 1 MPa 增大到 3 MPa 的过程中, 随着荷载的增大, 轴向应变峰值从固

定段下端向上移动。但当荷载继续增大时, 锚杆应变整体降低。可见, 当锚杆在弹性范围内, 应变随荷载增大而增大; 荷载达到极限荷载后, 应变随荷载增大而降低, 此时坡体由极限平衡状态向失稳状态过渡。

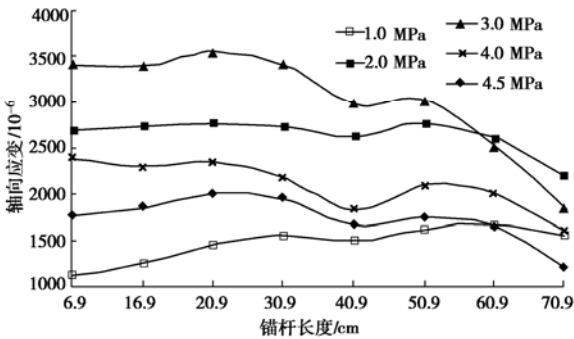


图 3 第 5 排锚杆轴向应变分布曲线
Fig. 3 Distribution curves of axial strain of an anchor in the fifth row

2.2 锚杆对荷载的敏感性

图 4 为第 3 排 3 锚杆部分测点轴向应变随荷载及作用时间的变化曲线。图中同一测点应变间的时间间隔分别为 30 min, 2 h30 min, 30 min, 30 min, 30 min, 5 min, 5 min, 5 min, 11 h15 min, 10 min, 10 min, 10 min, 10 min, 1 h20 min, 20 min, 30 min 和 10 h。从图 4 中可以看出, 随着荷载的变化, 各测点的应变变化形态是相似的。在相同地面荷载水平下, 轴向应变呈现出随着时间先增大后减小的趋势; 随着荷载的增加, 轴向应变峰值也是先增大后减小。在锚杆达到极限荷载前, 轴向应变随荷载增大而增大; 当达到极限荷载后, 轴向应变随荷载增大而减小。在试验过程中, 同样观测到, 在 3 MPa 后, 坡体有了明显下滑迹象, 开始向下滑移, 说明灌浆体与土层之间的黏结效应逐渐软化或脱开, 锚杆与土层间发生了相对滑移。

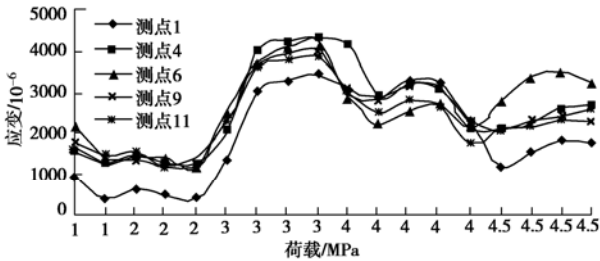


图 4 第 3 排 3 锚杆轴向应变与荷载及其作用时间的关系
Fig. 4 Relationship among axial strains and loads and working time

图 5 为第 1、第 3、第 5 排 3 锚杆锚固段下端测点轴向应变随荷载及作用时间的变化曲线。时间间隔同图 4。在 1 MPa 和 2 MPa 时, 第 1 排锚杆的轴向应变最大, 其次为第 3 排、第 5 排; 3, 4 和 4.5 MPa 时,

锚杆的轴向应变从大到小依次为: 第 5、第 3、第 1 排。可见, 当地面荷载较小时, 坡体处于稳定状态, 此时顶层锚杆所承受的荷载最大, 底层锚杆几乎不起太大作用; 当荷载达到极限荷载以后, 底层锚杆和中间锚杆起着重要的作用, 其中底层锚杆的作用尤为突出, 中间锚杆表现为极大的抗下滑能力, 而底层锚杆则表现为抗侧滑能力。

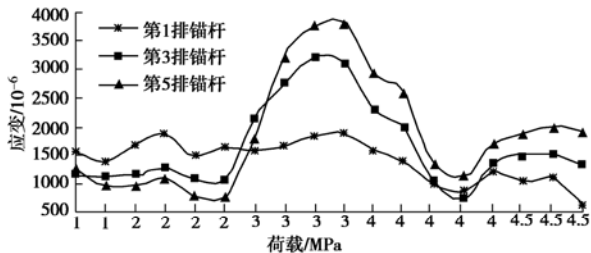


图 5 不同层锚杆轴向应变与荷载及其作用时间的关系

Fig. 5 Relationship among axial strains and loads and working time

3 结 论

(1) 土层锚杆轴向应变由孔口向锚固端逐渐递减, 随着荷载的增加, 应变峰值先增大, 后减小。

(2) 在同级荷载作用下, 轴向应变随荷载作用时间先增大后减小。

(3) 地面荷载较小, 边坡处于稳定状态时, 顶层锚杆起主导作用, 当达到极限后, 起抗滑作用的主要是中间和底层锚杆, 分别表现为抗侧滑力和抗下滑力。

参考文献:

- [1] 张志甲. 土层锚杆应力传递及变形分析[J]. 煤炭工程, 2006(5): 78 - 80. (ZHANG Zhi-jia. Reconstruction of chaotic time series for backfill deformation and prediction with neural network[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2006(5): 78 - 80. (in Chinese))
- [2] 张季如, 唐保付. 锚杆荷载传递机理分析的双曲函数模型[J]. 岩土工程学报, 2002, 24(2): 188 - 192. (ZHANG Ji-ru, TANG Bao-fu. Hyperbolic function model to analyze load transfer mechanism on bolts[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2002, 24(2): 188 - 192. (in Chinese))
- [3] 战玉宝. 锚固体应力分布的试验及数值模拟研究[D]. 泰安: 山东科技大学, 2005. (ZHAN Yu-bao. Experimental research and numerical simulation on stress distribution in anchorage body[D]. Tai'an: Shandong University of Science and Technology, 2005. (in Chinese))
- [4] 于 淼. 土层锚杆受力机理的现场试验研究[D]. 南宁: 广西大学, 2005. (YU Miao. Research of experiment about mechanics of soil anchor subjected to force on the spot[D]. Nanning: Guang'xi University, 2005. (in Chinese))
- [5] 李 峰. 土层锚杆应力传递特征及其预应力水平分析[J]. 中国煤田地质, 2000, 12(2): 39 - 41. (LI Feng. Stress transmit properties of soil anchor and its prestressing force level analyses[J]. Coal Geology of China, 2000, 12(2): 39 - 41. (in Chinese))
- [6] 尤春安. 锚固系统应力传递机理理论及应用研究[D]. 泰安: 山东科技大学, 2004. (YOU Chun-an. Theory and application study on stress-transfer mechanism of anchoring system[D]. Tai'an: Shandong University of Science and Technology, 2004. (in Chinese))