

文章编号:1005-0523(2003)02-0015-04

预应力锚索抗滑桩的受力模型试验

曾云华, 郑明新

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:通过室内预应力锚索抗滑桩的模型试验,以石英粉砂和细砂为模拟材料,得出几组试验数据,在此基础上,探讨抗滑桩在碎裂结构滑体中的受力状态与分布规律.

关键词:滑坡;预应力锚索抗滑桩;模型试验

中图分类号:TV223.34

文献标识码:A

1 前言

90年代以来,我国的滑坡治理工程技术取得了长足的进步,在预应力锚固技术、预应力锚索与抗滑桩相结合的防治技术、斜坡内部加固技术方面取得了突破性的进展.预应力锚索抗滑桩是在普通抗滑桩的基础上施加预应力锚索,受力形式类似于上端铰支和下端弹性固结的梁式受力结构,比普通抗滑桩的悬臂梁受力形式更加合理.虽然预应力锚索抗滑桩在实际工程中得到大量的应用,但是锚索抗滑桩的设计基本上是在经验与工程类比的基础上进行设计的.目前国内外对预应力锚索抗滑桩的受力分布规律、适用条件等系统的研究较少;因而研究预应力锚索抗滑桩的受力分布规律对工程设计具有重要的意义.

本文在预应力锚索抗滑桩模型试验的基础上,通过分析试验数据和对比相关资料,来探讨预应力锚索抗滑桩的受力分布规律.

2 试验模型设计

本试验模型如图1所示.由模型槽、滑体、滑床和模型抗滑桩组成.滑坡置于模型槽中,模型槽尺

寸为:宽0.4 m、长1.2 m、高1 m.在模型设计中,考虑以下几个因素:

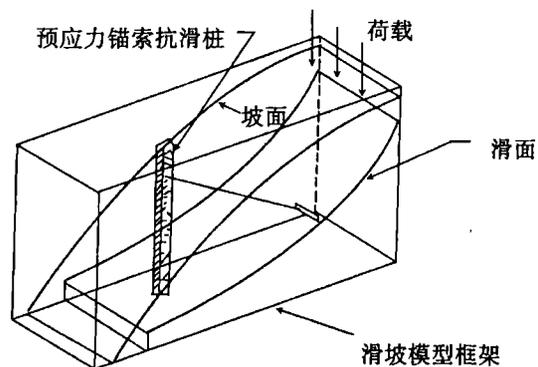


图1 滑坡模型概图

1) 相似要求

本模型试验选取川藏公路二郎山 K2730 I# 滑坡体作为原型滑体, I# 滑坡体主要由破碎的钙质泥岩所组成,控制性滑动面埋深 35 m,滑动带主要由泥化夹层、断层泥和碎裂带断续组成.主滑段滑带的力学参数为: $C = 10 \text{ kPa}$ 、 Φ 近似取 30° .

根据相似原理,模型试验需满足几何相似、物理相似、应力相似和荷载相似.滑体材料的模拟主要满足容重、弹性模量、抗压强度的相似,适当地兼顾变形模量、泊松比的相似.滑体的两侧采用玻璃

收稿日期:2002-06-21

作者简介:曾云华(1974-),男,江西宜丰人,华东交大在读研究生.

支护,这样便于观察滑体变形情况,类似于平面应变的试验条件要求;两侧的支挡对滑体施加侧向围压荷载,使其产生的应力与滑体所产生的水平侧向力等效.

根据试验条件和原型滑坡的规模,选用几何相似比: $c_l = l_p / l_m = 100$, l_p 为原型尺寸, l_m 为模型尺寸.

2) 试验材料

根据以上相似要求,选取试验材料如下:

滑体:本试验采用两种滑体材料,一种为石英粉、细砂、油按 5:5:1 的比例拌和作为滑体模拟材料,分层夯实形成滑体,石英粉加细砂为一种散体结构材料,另一种为纯细砂,最大粒径 3 mm;实测结果如表 1 所示,容重和 C 、 Φ 值基本上满足相似要求.

表 1 材料性质

材料	容重(g/cm^3)	C (kPa)	Φ (°)
石英粉	1.47	5	40
加细砂	1.36	0	35

滑床:采用 1:4 的水泥砂浆,其平均单轴抗压强度 1.6 MPa.

滑面:模型试验中最关键部位.在滑床上预先铺设塑料薄膜,用以模拟滑动面.滑坡体破坏时,将沿着这一接触面产生滑动.

模型抗滑桩:采用矩形木条作为抗滑桩,截面积为 $3 \times 4 \text{ cm}^2$;桩长的 1/3 埋设在滑床中.采用铜芯导线模拟预应力锚索,倾角为 20° ,一端锚固在滑床深处,另一端连结桩顶;由于预应力锚索抗滑桩的模拟主要在抗滑桩处,锚索提供斜向拉力.在低应力条件下,铜芯线能够满足变形要求.

将模拟滑体材料沿着滑面分层夯实,抗滑桩的前后两侧都和滑体材料密实接触;对抗滑桩嵌岩部分作如下处理:用含水量为 20% 的粘土胶结在混凝土滑床中,胶结深度为桩长的 1/3.

3) 荷载设计

加载点选在滑坡后缘,并设一加载平台,使用杠杆传力加载,杠杆的放大倍数为 4,试验采用分级加载.按总荷载的 1/5 ~ 1/6 量加载,作用滑体后缘的每级荷载量为 200 N.在每级荷载施加中,均要维持一定的时间之后,至桩结构受力和变形趋于稳定后才施加下一级荷载,直到滑体变形破坏为止.破坏的标准为:对于石英粉加细砂,产生整体位移变形,并且桩体所测土压力急剧变化,说明滑体与滑

面产生了较大的滑动;对于细砂无粘性的散体结构,滑体表面产生了大范围的流砂现象,表明已经破坏.

4) 测试项目

在模型抗滑桩的桩前与桩后共设置 21 个土压力盒,桩后 11 个、桩前 10 个,用来监测滑体对桩体的压力,如图 2 所示.桩顶设有百分表,测定桩顶的位移.滑面处理设有位移监测点,通过侧向玻璃可对滑体变形进行监测.

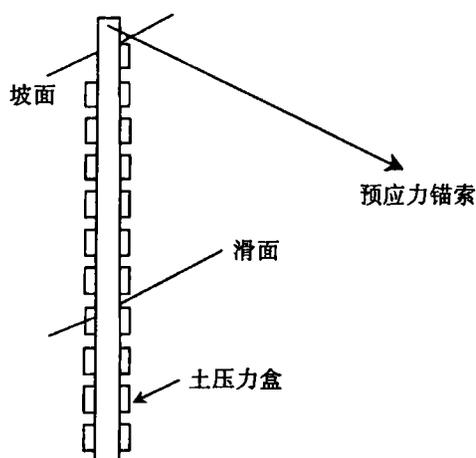


图 2 桩体上土压力盒分布示意图

3 试验内容

本试验安排如表 2 所示:

表 2 模型试验材料与滑面倾角

序号	模拟材料	滑面倾角(°)	备注
1	石英粉 加细砂	20	模型试验采用单桩,每个试验的其它条件基本相同,石英粉加细砂试验的荷载级数较多些
2	石英粉 加细砂	30	
3	细砂	20	
4	细砂	30	

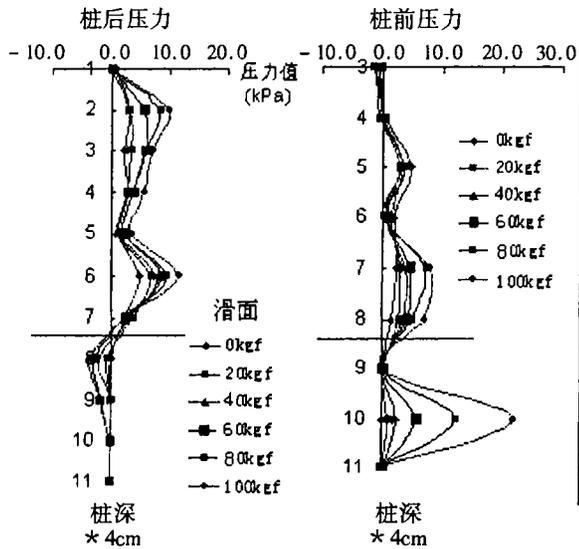
试验开始时,将模型材料分层夯实,滑体坡面角取材料的自然坡角,石英粉加细砂的坡角为 40° ,细砂为 35° .滑体形成后,将铜芯导线固定于桩顶第一个土压力盒以上,并施加一定的张拉力,张拉力的大小以抗滑桩相对于桩后位移量为准,大小经多次试验确定为 5 mm 左右,这样对滑体施加一定的预应力后,可测得桩体前后的压力变化.

在滑坡体后缘设一个受力平台,在平台上进行杠杆加载,直至后缘产生明显裂缝和抗滑桩处产生明显的倾覆,便终止试验.加荷的等级分别为 200 N

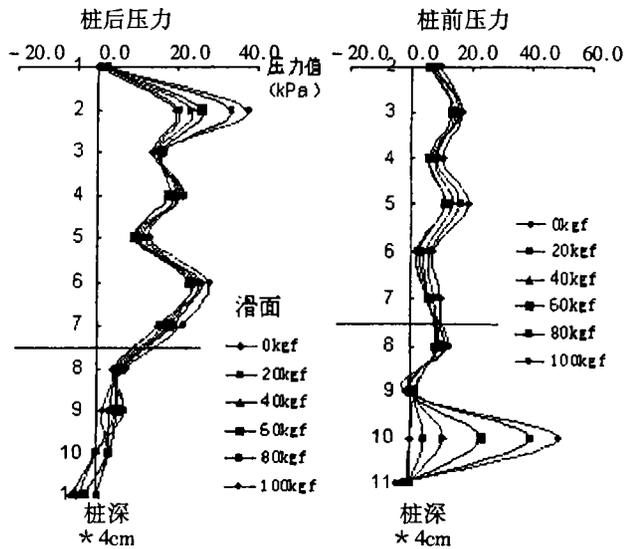
(初期)及100 N(破坏期)(由于电阻应变仪有数值飘移现象,测试时间不宜过长,加载的时间定为半小时).以上四个试验中,每个试验至少做两次,对比两次试验结果,取规律性强的一次.

4 试验数据及成果分析

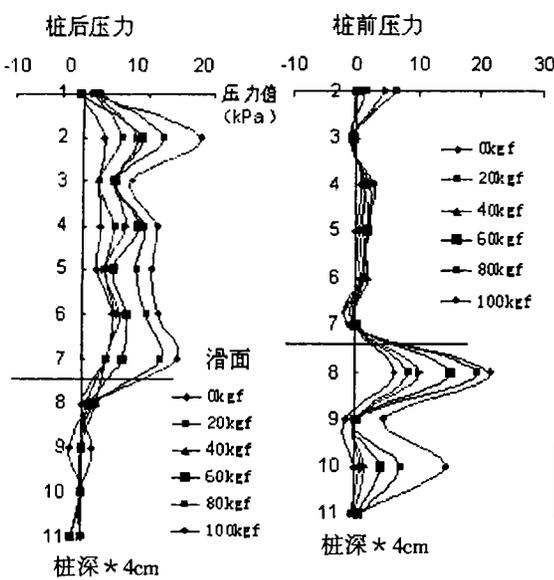
各次试验的数据作成图表如1号~4号图所示:



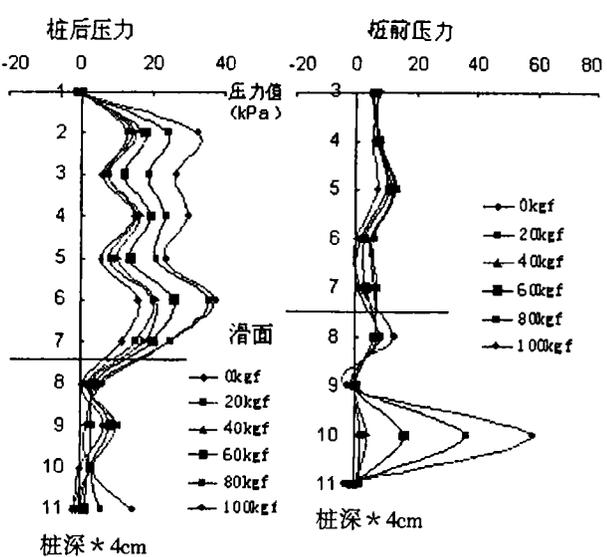
1号试验桩体压力分布图



2号试验桩体压力分布图



3号试验桩体压力分布图



4号试验桩体压力分布图

4.1 桩体受力分布

1号和2号试验为石英粉加细砂的试验结果,3号和4号试验为细砂的试验结果.通过对试验数据的分析,随着荷载的增大,桩后的滑坡推力逐渐增大,而桩前的推力则相反,有减小的趋势.滑床抗力的变化则比较复杂,在个别的地方应力比较集中,如1号~4号的桩前滑床抗力.由于试验条件和试验误差的影响,有些地方出现负值.

1) 桩后滑坡推力

由于对滑体的后缘加载,加载力可分解成水平方向滑坡推力和垂直于滑床方向的压力,实际传递到抗滑桩上的力只是其中一部分;随着荷载增大,滑坡推力逐渐向桩体集中,而且合力作用点有所下移.

由这4次试验的数据图可知,土压力盒的测量值大小有所起伏,但总体上桩后滑坡推力大致成矩

形分布,接近于实际工程中的碎裂结构情况,桩后所受压力则为梯形分布。

随着滑面倾角的增大,桩后滑坡推力明显增大许多;改变滑面倾角,等效于增大下滑推力。随着荷载增大,桩后推力增大;从中可以看出来倾角增大 5° ,滑坡推力增大了一倍。对于碎裂结构的滑坡体,滑面倾角是影响下滑推力的一个重要因素。随着下滑力的增大,在锚索处和滑面附近推力增大明显。

2) 桩前滑体抗力

比较1号~4号试验数据图,滑面倾角的变化实际上是下滑推力变化;随着荷载的增加,桩前滑体抗力变化不大,但有逐渐减小的趋势,最小值等于主动土压力。对于石英粉加细砂材料,桩前剩余抗力变化更明显,主要原因在于桩体位移对桩前岩土产生了塑性变形。抗力的分布形式也为矩形分布,但压力较小;滑坡防治设时,可以将桩前滑体抗力作为安全储备来对待。

3) 滑床抗力

如4号图所示:荷载较大时,桩后所受滑床抗力渐趋于零,桩底处出现较大的压力。桩前滑体抗力增大明显,压力分布更加集中。

4.2 桩顶位移

两种模拟材料的桩顶位移如图3所示:

在低荷载时,石英粉加细砂试验的桩顶位移小于细砂试验的桩顶位移值;当荷载大于40 kgf之后结果则相反。

4.3 锚索抗滑桩的内力特点

由于锚索抗滑桩桩顶的锚固作用,使得抗滑桩受力更加合理,桩体内出现多个反弯点,降低了抗滑桩上的最大弯矩值。

5 结论

根据以上的试验分析,对预应力锚索抗滑桩在

散体结构的滑坡体中的受力分布作推论。

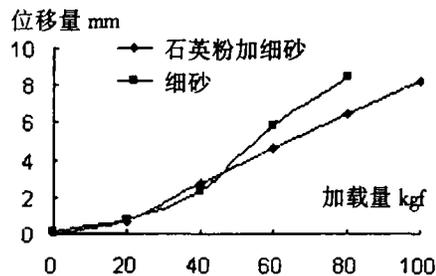


图3 桩顶位移图

1) 滑坡推力对抗滑桩的作用,大致呈矩形分布。桩前滑体抗力较小,作为抗滑力可以作安全储备来考虑。

由于锚索中的预应力作用,使桩前的一部分土体受压,该受压区的 C 、 ϕ 值增大,从而增大抗滑力。

2) 模拟材料为石英粉加细砂加油拌和制成,既可满足容重要求,在一定的压力作用下也可满足 C 、 ϕ 值要求,试验中采用的模拟材料经试验证明是实际可行的。

参考文献:

- [1] 曾德荣,李霖.抗滑桩锚索联合体系特性研究[J].重庆交通学院学报,2001,(6):78~82.
- [2] 徐良德,等.排架桩与双排单桩对比模型试验、滑体为松散介质时桩前滑体抗力的分布、抗滑桩模型试验,第二阶段报告——滑体为粘性土时桩前滑体抗力的分布[R].滑坡文集,(6,7):78~91,92~99.
- [3] 铁道部科学研究院西北分院滑坡室.滑坡的规律与防治[R].滑坡文集,(6):11~12.
- [4] 金培杰,王翔.川藏公路前龙段龙胆溪 1° 、 2° 滑坡的形成机制分析与工程治理措施[J].中国地质灾害与防治学报,2000,9(3):88~92.

Force Distribution Rule of Retaining Piles with Prestressing Cables

ZENG Yun-Hua, ZHENG Ming-xin

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University Nanchang 330013, China)

Abstract: By means of the model test of anti-slide piles with prestressing cables, quartz powder and fine sand are used as the material of model test, based on series of the test data, the force distribution rule of retaining piles with prestressing cables is discussed and analyzed.

Key words: landslide; anti-slide piles with prestressing cables; model test