

滑坡体力学特征对抗滑桩作用力分布规律的影响

于清杨 刘寒冰 王书娟

吉林大学交通学院(长春 130025)

【内容摘要】 抗滑桩工程由于其多方面的突出优点成为滑坡地质灾害治理中一种主要的方法,并在滑坡治理中起重要作用。本文提出采用有限元方法分析滑坡特性对抗滑桩作用力分布规律的影响,研究分析了滑坡体弹性模量、重度、抗拉强度对抗滑桩作用力分布规律的影响。得出滑体弹性模量增大,抗滑桩所受的滑坡推力和剩余抗滑力幅值增大;随着重度增大,滑坡推力和剩余抗滑力都增大;抗拉强度在一定范围对抗滑桩作用力分布规律有影响的结论。

【关键词】 抗滑桩 滑坡体特征 作用力 数值模拟

1 前言

随着我国城市、交通、矿山、环保等行业的高速发展,滑坡治理已成为一项越来越重要的工程。抗滑桩工程由于其多方面的突出优点成为滑坡地质灾害治理中一种主要的方法,并在滑坡治理中起重要作用。在抗滑桩设计中一个最基本、也是最首要的问题是确定抗滑桩在滑坡体推动下,桩身与周围岩土体(以下简称围岩)之间作用力的分布特征,即滑动面以上抗滑桩两侧滑坡推力与剩余抗滑力及滑动面以下抗滑桩锚固段受力的分布特征。它决定抗滑桩的造价,并对设计的安全性与合理性产生重大影响。目前,在抗滑桩设计中,对作用于抗滑桩上的力多采用类比法计算,经常导致设计的抗滑桩抗力不足或使设计趋于保守。对滑坡体物理力学特征对抗滑桩作用力的影响缺乏系统的研究,对其影响规律没有充分的认识,是当前设计的一大缺陷。针对这一问题,本文提出采用有限元方法分析滑坡特性对抗滑桩作用力分布规律的影响,研究分析了滑坡体弹性模量、重度、抗拉强度对抗滑桩作用力分布规律的影响。

2 研究方法及模型的建立

2.1 研究方法的确定

本次研究采用数值模拟的方法,充分利用数值模拟可反复进行能完全重现的特征,可在短期内对大量参数进行模拟分析,并且可对极限情况进行分

析研究,克服了实验分析方法的不足。数值模拟采用岩土体弹塑性有限元法,利用了现有的成熟岩土体有限元分析程序,使研究主要集中在关心的滑坡体特征对抗滑桩作用力分布规律的影响上,研究更加方便、准确。

2.2 地质模型

根据研究和计算程序的需要,必须首先确立分析用的地质模型,研究选取具有代表性的滑坡体结构作为研究的地质模型,其模型结构及参数如图1所示。经滑坡稳定性验算,该滑坡模型用抗滑桩治理后稳定、安全,不会发生抗滑桩跃顶滑坡和抗滑桩底部整体滑坡。滑坡治理工程完成后,经长期监测变形达到设计要求。因此所选模型能够模拟滑坡治理后稳定条件下的抗滑桩作用力特征。

2.3 有限元模型

在建立地质模型的基础上,依据研究目的和有限元网格剖分原则,对模型进行了有限元剖分。计算过程中主要考虑岩体的重力作用,未考虑构造应力,整个模型按理想弹塑性体的平面应变问题处理。模型中,假设各种材料均为各向同性的材料。计算模型中采用的位移边界条件为:左右边界为水平向约束,底边界为水平垂直两向约束,坡面为自由约束。有限元剖分时采用四结点四边形单元和三结点三角形单元,整个模型被离散为675个结点,710个单元。有限元模型如图2所示。

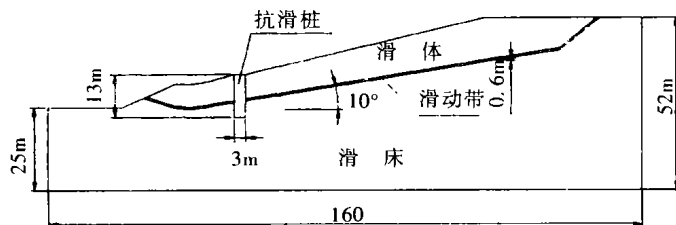


图 1 滑坡地质模型结构图

3 滑坡体特征对抗滑桩作用力分布规律影响研究

岩土体的物理力学参数对抗滑桩与围岩间作用力分布规律起着决定性作用, 参数的变化将直接改变作用力的分布规律。为了研究各参数对抗滑桩与围岩间作用力分布的影响规律, 应用前述的地质模型和有限元模型, 选用均质玄武岩作为基本计算模型。研究了滑坡体各物理力学参数的影响规律。分析时, 改变其中一个参数, 保持其它研究参数不变, 计算一组数值结果, 并将结果进行对比分析, 从中找

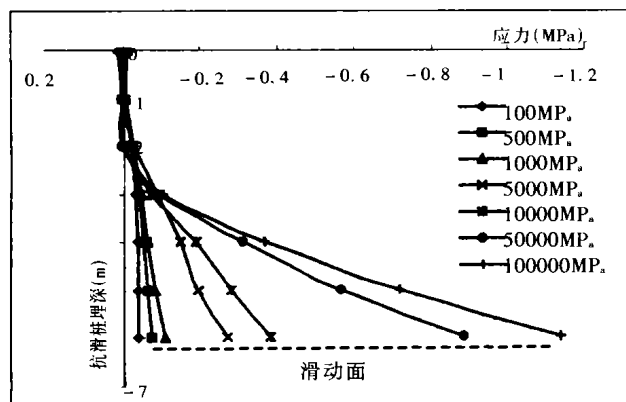


图 3 滑体弹性模量对滑坡推力的影响曲线

可以看出, 当滑体刚度增加时, 滑体弹性模量增大, 此时抗滑桩所受的滑坡推力和剩余抗滑力幅值增大。弹性模量在 1000MPa 以下时, 滑坡推力和剩余抗滑力基本呈三角形分布。当弹性模量继续增大时, 滑坡推力曲线由三角形变为非线性分布曲线, 且曲线斜率越来越大。滑坡推力合力作用点越来越靠近滑动面。可以看出, 岩体弹性模量增加时滑坡下滑, 由于滑体本身的变形量较小, 其下滑时的能量消耗较小, 因而作用于抗滑桩上的推力就较大。而岩体弹性模量较小时, 岩性较弱, 滑坡发生及滑动过程中, 由于滑体本身的变形, 消耗了一定的能量, 从而导致作用于抗滑桩上的作用力低。由滑坡推力曲线还可以看出, 当岩体的变形性处于中等时, 随岩体刚

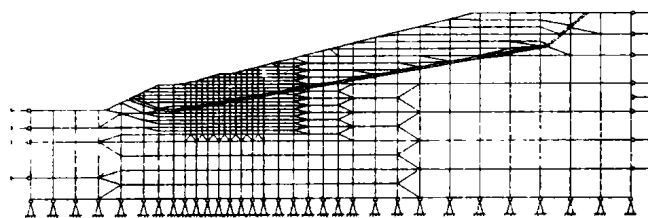


图 2 有限元分析模型图

出作用力的变化规律。

3.1 滑坡体弹性模量变化对滑坡推力和剩余抗滑力的影响

首先研究了滑坡体弹性模量变化对滑坡推力和剩余抗滑力分布的影响, 为了研究滑体弹性模量的影响规律, 在弹性模量变化范围内, 选用一组滑体弹性模量为: 100MPa、500MPa、1000MPa、5000MPa、10000MPa、50000MPa、100000MPa 来分析。做出不同弹性模量计算的结点应力与结点坐标的关系曲线如图 3、图 4 所示。

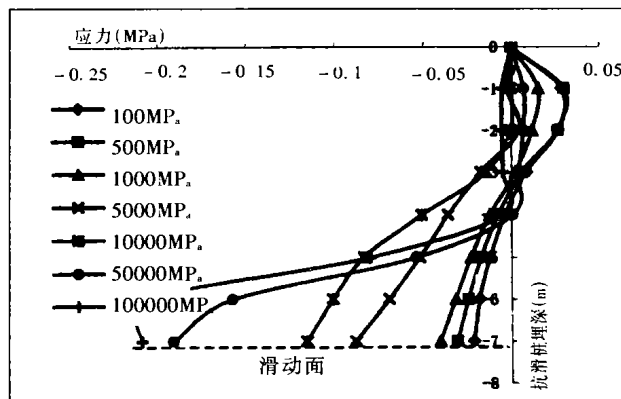


图 4 滑体弹性模量对剩余抗滑力的影响

度增加, 滑坡推力的增加显著。即当弹性模量在 1000 ~ 10000MPa 间变化时对滑坡推力的影响较大, 当小于或大于该范围时, 弹性模量对滑坡推力的影响较小。表明岩性较弱时, 如松散第四系或较弱饱和泥岩, 其刚度增强有限, 且其变形性均较大, 滑坡滑动时消耗能于滑体的变形。此时作用于抗滑桩上的推力是随岩性刚度增加, 推力值有所增加但变化不大。而当岩体极硬时, 如完整石英岩等, 由于滑体岩性刚度较大, 滑体本身的变形性能较小, 此时, 弹性模量的变化对滑坡推力的影响同样较小。当滑体岩性是位于以上两者之间的岩体时, 滑体岩性的变化对抗滑桩上作用力影响较大, 在抗滑桩或抗滑建筑物设计时应予考虑。

另一方面,由分析结果可以看出,滑坡推力及剩余滑坡推力的作用点位置与传统假设不符。传统假设多认为对松散第四系,推力合力作用点高度位于滑面上 $1/3$ 高处,而岩石滑坡则位于 $1/2$ 处。主要是依据第四系滑坡推力呈三角形分布,而岩石滑坡的滑坡推力则是矩形分布。由本项研究可以看出滑坡推力是非线性变化。若从工程实用的角度出发,可以均视为在滑体下部三分之二范围内的三角形分布,而其合力作用点位置在滑面以上约 $1/4$ 高处。剩余抗滑力的分布特征则与之相似。

3.2 滑坡体重度变化对滑坡推力和剩余抗滑力的影响

重度正是形成滑坡推力和剩余抗滑力的主要原因,为了研究它对滑坡推力和剩余抗滑力的影响规律,选取了一组重度值来研究,重度值取为: 0.01KN/m^3 、 0.015KN/m^3 、 0.02KN/m^3 、 0.025KN/m^3 、 0.028KN/m^3 、 0.03KN/m^3 、 0.035KN/m^3 。

可以看出,重度大时,滑坡推力和剩余抗滑力幅值大,滑坡推力曲线形状基本相似,力的作用位置基本不变。

3.3 滑坡体抗拉强度变化对滑坡推力和剩余抗滑力的影响

改变滑体抗拉强度来研究,分别为: 0MPa 、 0.05MPa 、 0.1MPa 、 0.5MPa 、 1MPa 、 5MPa 、 10MPa 七个抗拉强度,计算的结点应力与结点坐标关系曲线如图 7、图 8 所示。

从图中可以看出,随着抗拉强度增大,滑坡推力和剩余抗滑力的幅值都增大,但当抗拉强度增大到 0.5MPa 以后,继续增大抗拉强度,滑坡推力和剩余抗滑力将不再变化,表明当岩体的抗拉强度达到一定值后,不会再被拉力破坏。

4 结 论

本次研究应用弹塑性有限元方法,建立了抗滑

桩受力分析的典型地质模型和有限元分析模型,并应用模型就滑坡体物理力学特征对抗滑桩上作用力分布规律的影响进行了研究,根据研究主要得到了如下结论:

4.1 滑体弹性模量增大,抗滑桩所受的滑坡推力和剩余抗滑力幅值增大,且在较小值范围内时影响较小,较大值范围内时影响较大。

4.2 随着滑体重度增大,滑坡推力和剩余抗滑力都增大。

4.3 抗拉强度在一定值范围内变化时,滑坡推力和剩余抗滑力随抗拉强度增大而增大,到不能引起岩体拉裂值以后,滑坡推力和剩余抗滑力不再随抗拉强度变化而变化。

参 考 文 献

- 1 张清等译. 有限元在岩土力学中的应用. 北京:中国铁道出版社,1983 年 3 月
- 2 仵磊等. 岩土工程数值法. 长春:吉林大学出版社,1994
- 3 黄润秋等. 大型高边坡应力场数值模拟的理论与方法. 水文地质与工程地质,1990(2):17 ~ 21
- 4 巴斯,k. J. 著. 付子译. 工程分析中的有限元法. 北京:机械工业出版社,1991
- 5 潘别桐,黄润秋. 工程地质数值法. 北京:地质出版社,1994
- 6 高同玠. 在有软弱滑动带时滑坡推力、桩身应力、桩前抗力的整体分析计算法. 滑坡文集(第四集). 北京:中国铁道出版社,1984:138 ~ 141
- 7 徐良德. 抗滑桩桩前滑体出现塑性变形时抗力分布的初步探讨. 第四届土力学及基础工程学术会议论文选集. 北京:中国建筑工业出版社,1986 年 10 月:441 ~ 447

(收稿日期:2003. 09. 10)

The Effect of the Mechanics Feature of Landslide Body on Distribution Rule of Force Acting on Anti - sliding Pile

Abstract: Anti - sliding Pile is one of important methods that administer disaster of landslide because of its many advantages and plays an important role in administering landslide. This paper studies the effect of the feature of landslide body on distribution rule of force acting on anti - sliding pile by use of FEM, and studies the effect of elastic model, gravity and tensile strength. The conclusion, that force acting on anti - sliding pile increases with increase of elastic model, gravity, and the tensile strength affects the force under a certain value, is drawn.

Keywords: anti - slide pile, the feature of landslide body, acting force, mathematical simulation