

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.01.019

抗滑桩加固高边坡受力特征影响因素分析

张桂芹

(山东智行咨询勘察设计院, 山东 德州 253000)

摘要: 抗滑桩是一种常见的高边坡支挡措施,为研究影响抗滑桩的受力性能的主要因素,基于 ABAQUS 数值模拟研究了桩径、桩体嵌固段长度和桩位对桩内力分布影响。结果表明:(1)桩身弯矩和剪力与桩径呈正相关关系且抗滑桩能够显著提高边坡的稳定性,增大桩的直径更有利于边坡的稳定性;(2)抗滑桩的嵌固段深度对桩的内力分布也会产生影响。具体来看,嵌固段越长,桩身内力越大,但增大嵌固段长度可以有效减小桩顶位移;(3)桩布设位置对于桩身的内力影响表现为桩位越靠近坡趾,桩的内力以及桩顶位移越小。因此在抗滑桩设计时,要综合考虑桩的受力和桩的位移。研究结果为高边坡工程治理提供了有益的参考。

关键词: 抗滑桩设计;桩径;嵌固段;数值模拟

中图分类号: U416.1*4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)01-0081-04

0 引言

滑坡作为一种全球性的重大地质灾害常造成巨大的社会影响。抗滑桩是滑坡治理手段中最为有效和合理的手段之一。抗滑桩在滑坡灾害治理中,桩体的截面尺寸、截面形式以及布桩位置是决定抗滑桩安全可靠的主要影响因素。因此如何对抗滑桩进行合理设计也是国内外学者研究的重点与难点。马辉和廖小平^[1]基于理论推导,研究并提出了两种新型抗滑桩结构的受力特征,采用工程实例验证了结论的可行性,研究成果可为相似工程提供经验借鉴。王茂琿等^[2]基于 FLAC3D 手段研究了梯形抗滑桩截面侧角的土拱效应,提出了合理的桩截面侧角的取值范围,并进一步采用工程实例验证了梯形抗滑桩的合理布置形式。汪浩等^[3]采用有限元方法,研究了锚拉抗滑桩的受力性能,并给出了桩身截面尺寸对桩体的受力影响,保证了抗滑桩加固边坡的有效性。杜兆萌和肖世国^[4]采用理论解析的手段研究了加固膨胀土边坡的单排抗滑桩受力性能。结果表明,考虑土体的膨胀力时,桩身剪力计算值会显著增大,且剪力与膨胀力呈正比;反之,如果不考虑膨胀力剪力约降低 80%~90%。彭瑜等^[5]基于室内物理模型试验研究了梯形断面竖向预应力锚索抗滑桩的受力性能。结果表明,其他条件不变的情况下,梯形抗滑桩的受力性能和破坏形态均优于矩形抗滑桩。赵军等^[6]基于强度

折减法研究了多排抗滑桩在大型滑坡治理中的受力特征。结果表明,对于滑面较长和下滑力较大的滑坡治理中,多排抗滑桩加固效果明显比单排桩更优,多排桩可大大改善桩的受力性能,确保边坡稳定。李家平等^[7]基于瑞典法和 Bishop 法分析抗滑桩加固边坡效果。提出了治理所需的最小抗滑力的计算方法,并在此基础上给出了抗滑桩的合理设计模型。王旋等^[8]基于物理模型试验研究了滑坡-抗滑桩位移场变化特征。结果表明,降雨和库水位波动是影响水库滑坡位移场变化的 2 个主要因素。刁海珠^[9]基于 FLAC3D 研究了桩位、桩长对于抗滑桩的加固效果。结果表明,桩位越靠近边坡中部,加固效果最好,此外,在一定范围内,边坡的稳定性随桩长的增大而提高。

本基于数值模拟研究了抗滑桩应用于边坡治理中桩的受力性能,考虑了桩径、桩嵌固端长度和桩位 3 个关键因素对桩身内力分布影响。本文的研究可为类似工程提供参考。

1 工程概况

随着区域经济社会快速发展及城镇化水平的不断提高,省际间的经济交流与合作将更加密切,现状路网结构已不能满足因经济快速发展而大幅增长的交通量的需求。目前 G240 河北省境内全线已贯穿通车,山东省境内无高等级道路与之连接,已成为省际路网中的“断头路”。为此,开展 G240 保台线武城县鲁冀界至杨官屯段改建工程。项目全长为 24.150 km,包括新建段长 16.269 km,加铺罩面段长 5.376 km,

收稿日期: 2023-01-10

作者简介: 张桂芹(1980—),女,学士,高级工程师,从事交通工程设计工作。

路面改造段长 2.505 km; 四车道路段路面宽 22 m, 路基宽 24.5、25.5 m, 六车道路段路面宽 30 m, 路基宽 32.5 m; 全线路基土方 948.025 km³; 地下排水设施 6.84 km (单侧); 沥青路面 627.431 km²; 中桥 173.28 m/4 座, 小桥 163.64 m/6 座; 涵洞 64 道 (新建 56 道、拆除重建 3 道、接长利用 2 道、原涵利用 3 道); 利用分离立交 1 处, 平面交叉 17 处, 停车区 1 处; 监控设施 9 套, 非现场执法设备 1 套, 交调设施 3 套。施工中路段高边坡受强降雨影响, 发现边坡后缘出现多条拉张裂缝, 并呈扩展趋势, 采用抗滑桩进行处理。

2 模型建立及分析方法

2.1 模型建立与网格划分

基于 ABAQUS 数值模拟建立计算模型, 采用平面应变进行简化。模型边界为: 左右两侧约束水平方向位移, 底部为固定约束, 顶部为自由边界。其中边坡总宽度为 82 m, 左侧高度为 24 m, 右侧高度为 47 m, 坡度为 1 : 1.35。模型见图 1。

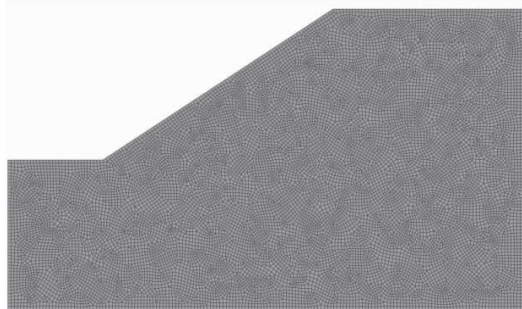


图 1 滑坡数值模型图

2.2 计算参数选取

边坡主要由碎石土土构成, 滑坡土体及抗滑桩的物理力学参数见表 1。抗滑桩与土体的接触为: 法向采用硬接触, 切向采用罚函数, 切向摩擦系数设为 0.40。

表 1 岩土体物理力学参数

岩土体	重度 / (kN·m ⁻³)	弹性模量 / MPa	泊松比	内聚力 / kPa	内摩擦角 / (°)
土体	19.5	40	0.2	16	25
抗滑桩	24	30 000	0.15	—	—

3 计算结果与分析

3.1 桩径的影响

图 2 汇总得到了桩径分别为 1.0 m、1.5 m、2.0 m 和 2.5 m 情况下, 桩身弯矩随桩长变化规律。结果表明, 在保持桩长不变的情况下, 桩身弯矩随桩长先增大后减小。在桩长 15 m 的时候, 桩身弯矩达到最大

值。当桩径为 2.5 m 时, 最大弯矩为 17 000 kN·m。但当桩径较小时, 桩身出现多个反弯点。

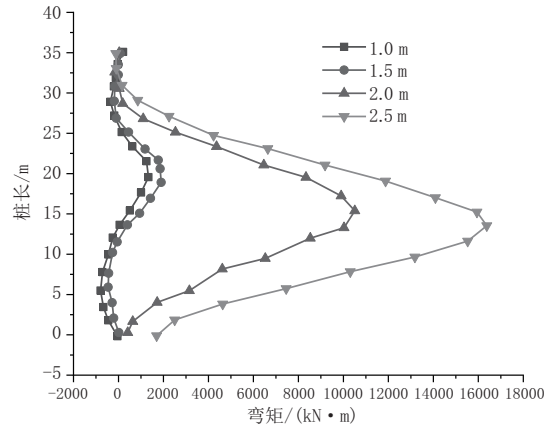


图 2 不同桩径下桩身弯矩随桩长变化

图 3 为不同桩径下桩身剪力随桩长变化, 建剪力的变化规律与弯矩变化基本一致, 随桩径增大, 反弯点个数减少。图 4 为抗滑桩布置后, 边坡的稳定系数变化规律, 结果表明, 随着桩径的增大, 边坡的稳定系数逐渐增大, 但稳定系数增大的速率逐渐趋于平缓, 最终趋于 1.0。因此增大抗滑桩直径对于边坡的加固效果是有利的。

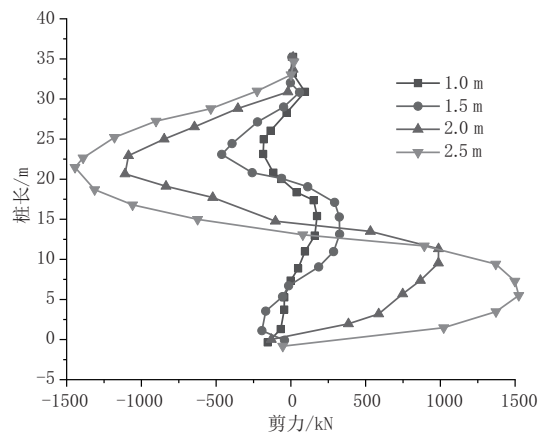


图 3 不同桩径下桩身剪力随桩长变化

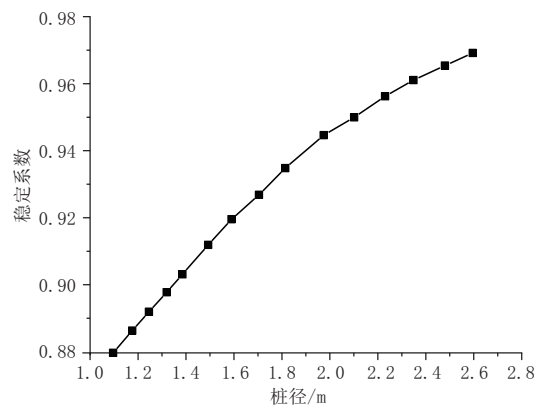


图 4 不同桩径下桩身边坡稳定系数

3.2 嵌固层深度的影响

为了进一步研究嵌固段深度对抗滑桩加固效果

的影响,本文以桩径为2.0 m为例,计算了嵌固段深度分别为3 m、6 m和8 m时,抗滑桩桩身弯矩、剪力以及桩身位移的分布规律。

图5和图6为不同嵌固段下桩身弯矩和剪力随桩长变化。结果表明,桩身弯矩以及剪力在嵌固段为8 m时处于最大值,3 m时处于次大,而当抗滑桩嵌固段深度为6 m时,桩身弯矩、剪力以及位移均为最小。弯矩最大值为11 000 kN·m,剪力最大值为1 200 kN。从该角度来看,嵌固段深度取6 m较为合理。

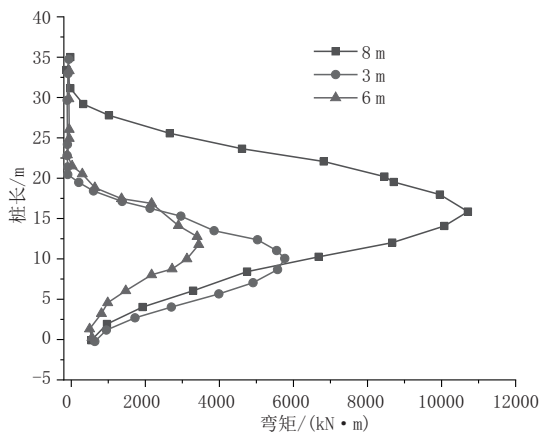


图5 不同嵌固段下桩身弯矩随桩长变化

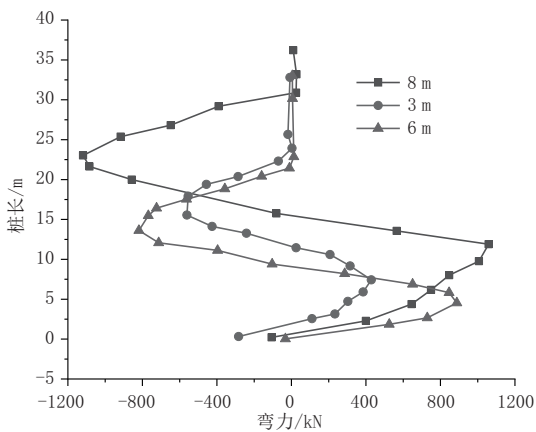


图6 不同嵌固段下桩身剪力随桩长变化

图7为桩身位移随桩长变化规律。当嵌固段为8 m时,桩顶处的位移为1.6 mm、嵌固段为3 m时,桩顶处位移为0.8 mm,嵌固段为6 m时,桩顶位移为0.4。整体来看,桩顶位移都较小,抗滑桩治理效果显著。

3.3 桩位的影响

为研究抗滑桩桩位对桩身的内力分布影响,本文分别计算了抗滑桩距坡趾水平距离与总体水平投影长度之比分别为0.2、0.5和0.8的工况下,桩的内力随桩长变化规律。

图9为不同桩位下桩身弯矩随桩长变化规律。结果表明,不同Q值下,弯矩随桩长的变化趋势基本

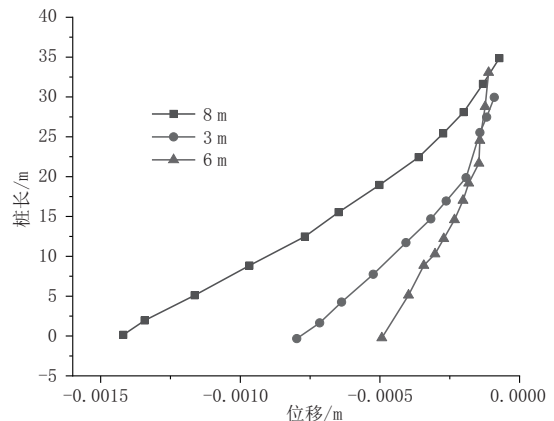


图7 不同嵌固段下桩身位移随桩长变化

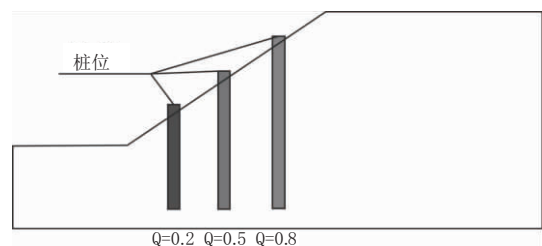


图8 桩位布置图

一致,均呈先增大后减小的趋势。其中当Q=0.8时弯矩最大,其最大值为1 100 kN·m。Q=0.2时弯矩最小,其最小值为5 000 kN·m。

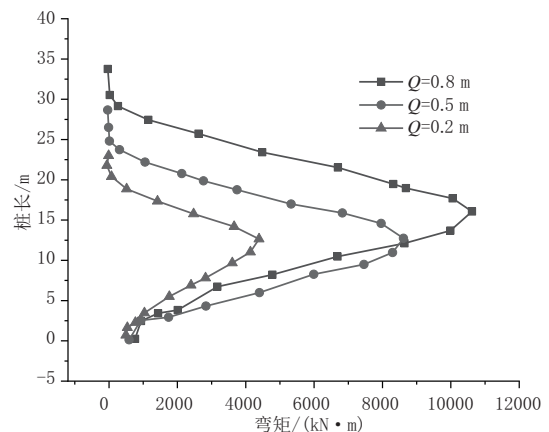


图9 不同桩位下桩身弯矩随桩长变化

图10为不同桩位下桩身剪力随桩长变化规律。结果表明,不同Q值下,剪力随桩长的变化趋势基本一致。不同的Q值对剪力的影响比对弯矩的影响更小。也表现出Q值的越大对剪力的影响越明显。

图11为桩的水平位移随桩长的变化趋势。结果表明,Q=0.8 m时,桩顶处产生最大位移,其值为1.5 mm,Q=0.2时,桩顶产生最小值,其值为0.5 mm。

总之当Q值较大时,对应的桩较长,刚度较小,因此在土压力以及滑坡推力的作用下产生较大的桩身内力和位移。因此,短桩相对长桩而言,其受力性能更优。

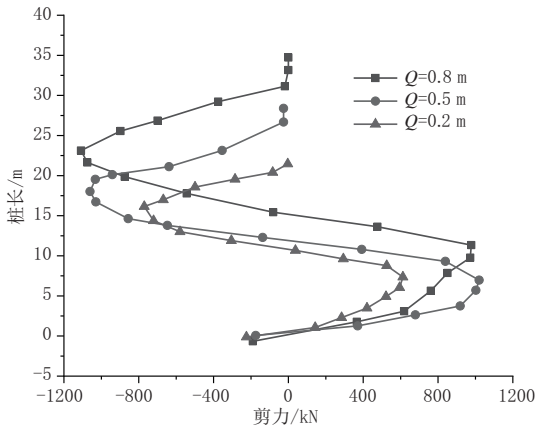


图 10 不同桩位下桩身剪力随桩长变化

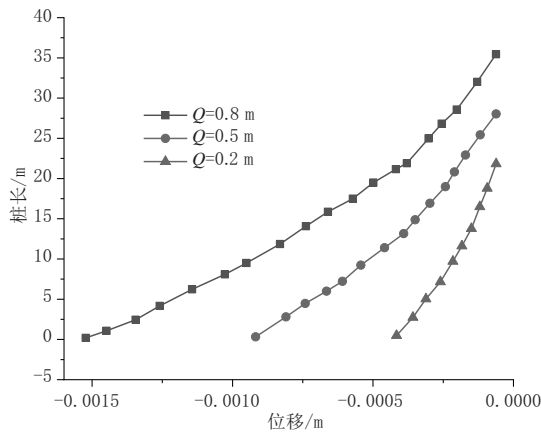


图 11 不同桩位下桩身位移随桩长变化

4 结 语

该文采用数值模拟手段讨论了抗滑桩在加固边坡时,桩身的内力分布,得到以下结论:

(1)桩身弯矩和剪力与桩径呈正相关关系;抗滑

桩能够显著提高边坡的稳定性。此外增大桩的直径更有利于边坡的稳定性。

(2)抗滑桩的嵌固段深度对桩的内力分布也会产生影响。具体来看,桩身弯矩以及剪力在嵌固段为 8 m 时处于最大值,3 m 时次之,嵌固段深度为 6 m 时最小,但增大嵌固段长度可以减小桩顶位移。

(3)桩位对于桩身的内力影响表现在,桩位越靠近坡趾,桩体的内力以及桩顶位移越小。因此在实际抗滑桩设计时,要综合考虑桩的内力分布和桩顶位移。

参考文献:

- [1] 马辉,廖小平.抗滑桩结构的力学分析和应用研究[J].中国地质灾害与防治学报,1996(1):34-38.
- [2] 王茂琿,苏培东,马云长,等.梯形抗滑桩截面侧角对土拱效应的影响[J].科学技术与工程,2020,20(15):6165-6173.
- [3] 汪浩,李微哲,李亚平.锚拉抗滑桩有限元计算及截面形状研究[J].平顶山工学院学报,2009,18(2):51-53.
- [4] 杜兆萌,肖世国.加固膨胀土边坡的单排抗滑桩受力性能分析[J].铁道建筑,2020,60(2):95-100.
- [5] 彭瑜,陈洪凯,赵春红.梯形断面竖向预应力锚索抗滑桩模型试验研究[J].四川建筑科学研究,2018,44(6):63-68.
- [6] 赵军,刘静德,梁志荣.多排抗滑桩在大型滑坡治理中的工程应用研究[J].建筑科学,2020,36(S1):156-161.
- [7] 李家平,赖允瑾,李永盛,等.利用抗滑桩加固临水岸坡的边坡稳定性分析[J].水利水电工程学报,2005(2):53-58.
- [8] 王旋,胡新丽,周昌,等.基于物理模型试验的滑坡-抗滑桩位移场变化特征[J].地质科技通报,2020,39(4):103-108.
- [9] 刁海珠.抗滑桩加固参数对边坡稳定性影响的数值计算[J].安徽建筑,2022,29(5):144-145.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com