

抗滑桩长度对边坡稳定性影响研究

成峪磊

(湘潭大河西城市棚户区改造有限公司 工程部, 湖南 湘潭 411199)

摘要: 以金沙江特大桥丽江岸边坡为工程背景建立有限元模型, 分析抗滑桩长度对桥墩基坑大开挖边坡稳定性的影响。结果表明, 边坡上桥墩基坑的大开挖影响边坡的整体稳定性, 采用抗滑桩加固边坡能提高开挖边坡的稳定性; 抗滑桩长度增加能抑制开挖边坡的水平和竖向位移, 也能使边坡的水平应力分布更均匀; 锚杆应力随桩长增加而变大, 且在一定桩长范围内效果显著。

关键词: 公路; 抗滑桩; 桩长; 边坡稳定性; 受力; 变形

中图分类号: U418.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)05-0082-05

随着西部大开发的推进, 在西部陡坡、峡谷地带建造的高墩、大跨度桥梁越来越多。为保证高墩的安全, 在两侧边坡上大开挖基坑, 桥墩基坑的大开挖必定影响边坡的稳定。抗滑桩作为一种有效的支挡结构, 具有抗滑能力强、布置灵活、施工方便等特点, 在边坡防护工程中得到广泛应用。抗滑桩长度是影响开挖边坡稳定的关键因素之一。该文以金沙江特大桥丽江岸边坡为背景, 分析不同抗滑桩长度时桥墩基坑开挖后边坡稳定系数及位移、应力、锚杆应力的变化趋势。

1 工程概况

金沙江特大桥主跨 660 m, 跨越金沙江河谷, 位于虎跳镇下游约 6 km 处。为三跨悬索桥, 主塔采用高墩砼结构, 主塔基础采用大尺寸 16 m × 16 m 分离式嵌固桩, 采取整体开挖基坑、整体浇筑的施工方方案。为保证桥墩基坑与桥梁运营时边坡的安全, 在岸坡采用 4 根锚索桩加固, 共 8 根桩, 桩间采用土钉墙防护; 锚索桩顶以上岸坡采用锚索(杆)框架梁防护(见图 1)。

2 有限元模型

以该桥丽江岸边坡为例建立有限元模型, 分析

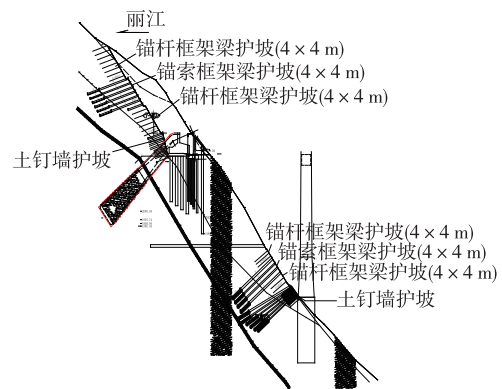


图 1 金沙江特大桥丽江岸坡加固方案

自然边坡、桥墩基坑开挖后边坡及采用抗滑桩加固后边坡的稳定性。模型参数见表 1~3。

3 不同抗滑桩长度下的边坡稳定性

3.1 边坡稳定系数

采用 Bishop 法、简化 Janbu 法和 Morgenstern

表 1 边坡稳定性分析有限元模型参数

材料名称	重度/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	粘聚力/ kPa	内摩擦角/ ($^{\circ}$)
未卸荷片理化玄武岩	29	633	26.8
弱卸荷片理化玄武岩	29	586	25.2
强卸荷片理化玄武岩	25	320	14.7

表 2 数值模型岩石层参数

材料编号	风化程度	天然密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	基底摩擦 系数	基本承载 力/kPa	变形模量/ GPa	泊松比	粘聚力/ kPa	内摩擦角/ ($^{\circ}$)
Ground-3	弱风化, 强卸荷	2.5	0.5	—	3.0	0.28	500	25.0
Ground-2	弱风化, 弱卸荷	2.9	0.5	1 292	4.2	0.26	759	29.5
Ground-1	弱风化, 未卸荷	2.9	0.5	1 395	6.4	0.23	820	31.4

表 3 数值模型材料参数

名称	单元类型	天然密度/(g·cm ⁻³)	弹性模量/GPa	泊松比	材料性质	初始张力/kN
抗滑桩	实体单元	2.5	32.5	0.2	弹性	—
上部锚杆	线单元	7.8	210.0	0.2	弹性	950
中部锚杆	线单元	7.8	210.0	0.2	弹性	1 100
下部锚杆	线单元	7.8	210.0	0.2	弹性	1 100
框架梁	梁单元	2.5	32.5	0.2	弹性	—
抗滑桩锚钉梁	梁单元	2.5	32.5	0.2	弹性	—
桥墩	实体单元	2.5	34.5	0.2	弹性	—
地锚	实体单元	2.5	32.5	0.2	弹性	—

—Price 法计算丽江岸天然边坡、桥墩基坑开挖后边坡的最危险滑动面和稳定系数,结果见图 2、表 4。

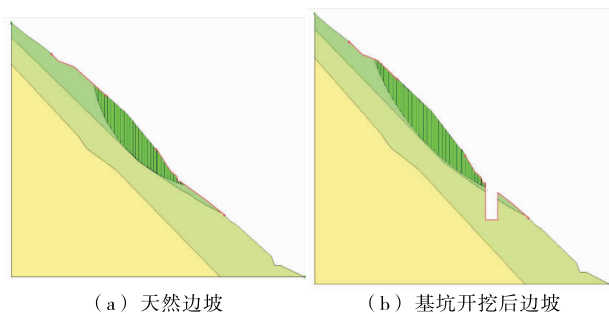


图 2 边坡的最危险滑动面

表 4 边坡稳定系数计算结果

计算方法	稳定系数	
	天然边坡	基坑开挖后边坡
Bishop 法	1.257	1.110
简化 Janbu 法	1.245	1.106
Morgenstern—Price 法	1.258	1.116

采用 Morgenstern—Price 法对不同抗滑桩长度下边坡的最危险滑动面和稳定系数进行分析,结果见图 3~5。由图 3~5 可知:1) 桥墩基坑开挖影响边坡的整体稳定性,受基坑开挖的影响,最危险滑动面贯穿桥墩开挖处,边坡的稳定系数减小。2) 抗

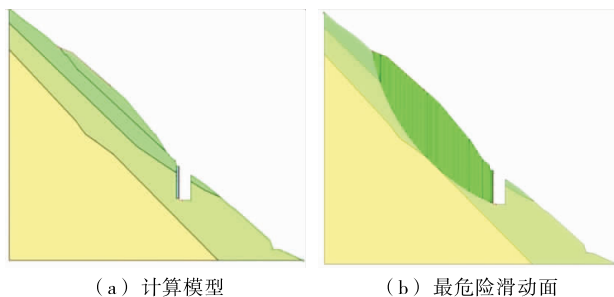


图 3 抗滑桩长度 46 m 下丽江岸开挖基坑边坡的最危险滑动面

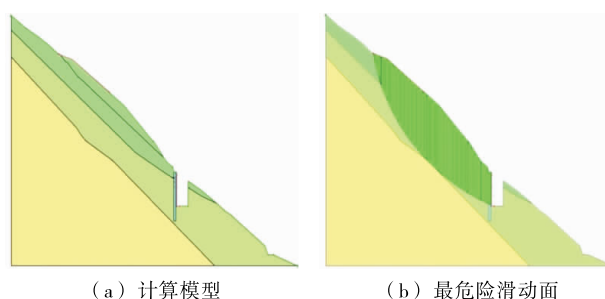


图 4 抗滑桩长度 77 m 下丽江岸开挖基坑边坡的最危险滑动面

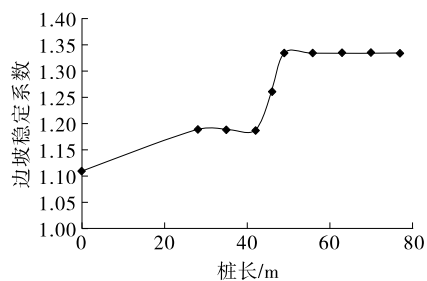


图 5 丽江岸开挖基坑边坡的稳定系数随抗滑桩长度的变化

滑桩能防止基坑开挖过程中边坡失稳,提高边坡的稳定性。抗滑桩长度较小(小于 35 m)时对边坡稳定性的影响不大,长度大于 46 m 时能提高边坡的稳定性,但长度超过 49 m 后对边坡稳定性的提高作用有限,说明抗滑桩长度有一定的合理范围。

3.2 边坡位移、应力及锚杆应力

考虑到极限平衡法分析边坡稳定性时只能得到边坡的稳定系数及挡土压力等,无法获得边坡变形特征,将极限平衡法和有限元数值模拟相结合,采取有限元强度折减获得边坡的变形特征。根据丽江岸边坡的尺寸,按平面应变问题建立有限元模型的几何模型(见图 6)。

3.2.1 不同抗滑桩长度下边坡水平、竖向位移

通过有限元数值模型分析 9 种抗滑桩长度对边

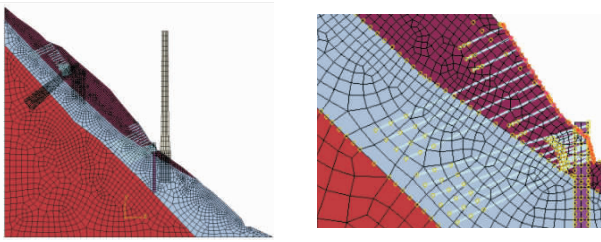


图6 金沙江特大桥丽江岸边坡数值模型网格划分

坡位移的影响,取其中3种长度与不设抗滑桩时的

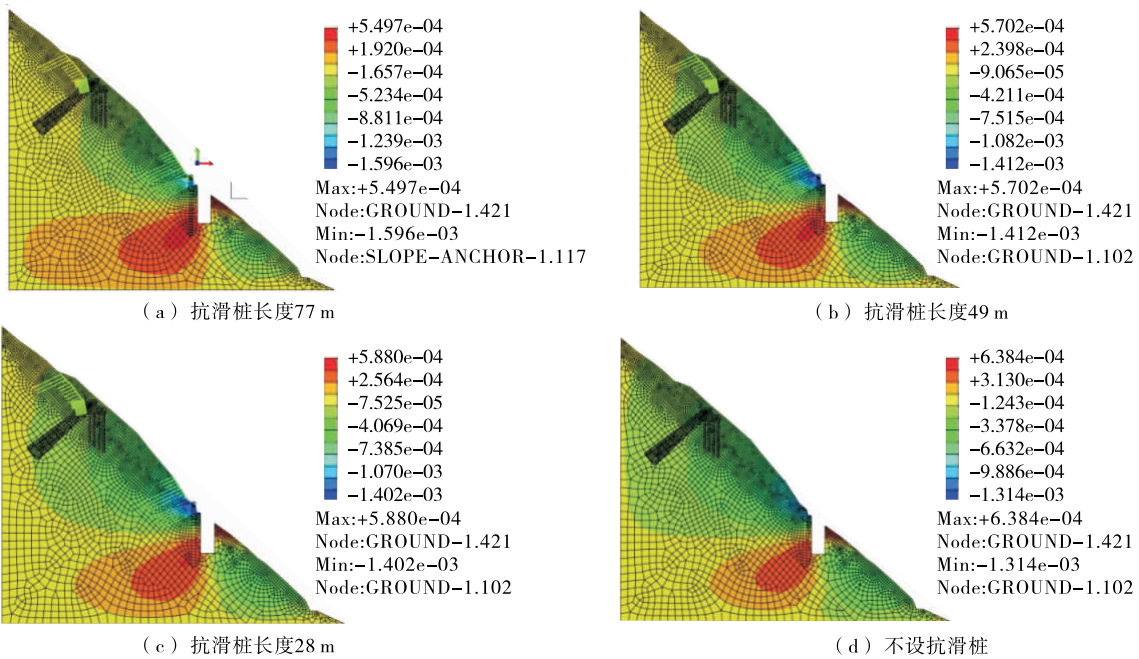


图7 金沙江特大桥丽江岸边坡桥墩基坑开挖导致的水平位移(单位:m)

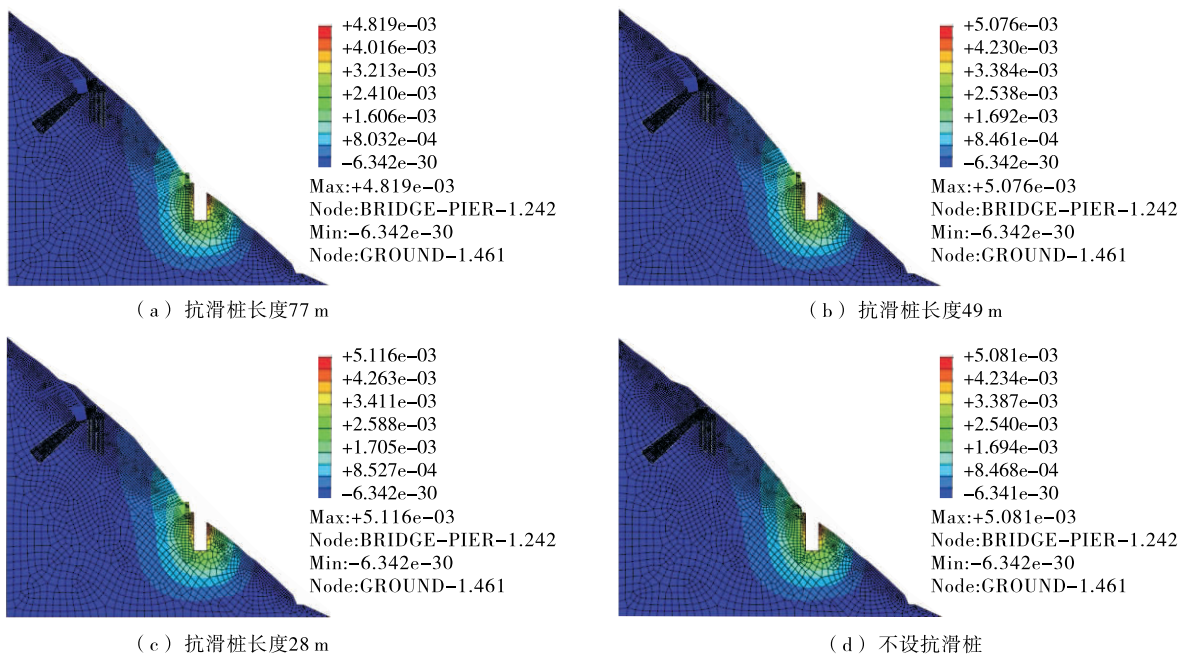


图8 金沙江特大桥丽江岸边坡桥墩基坑开挖导致的竖直位移(单位:m)

位移进行比较,结果见图7、图8。

由图7、图8可知:受桥墩基坑开挖的影响,不设置抗滑桩时边坡的水平、竖直位移最大值分别为0.063 8和0.581 cm,竖向位移明显大于水平位移;设置抗滑桩后,边坡位移随抗滑桩长度的增加而减小,但长度超过49 m后效果不太明显。

3.2.2 边坡水平、竖向应力

不同抗滑桩长度下边坡竖向、水平应力分析结果分别见图9和图10。

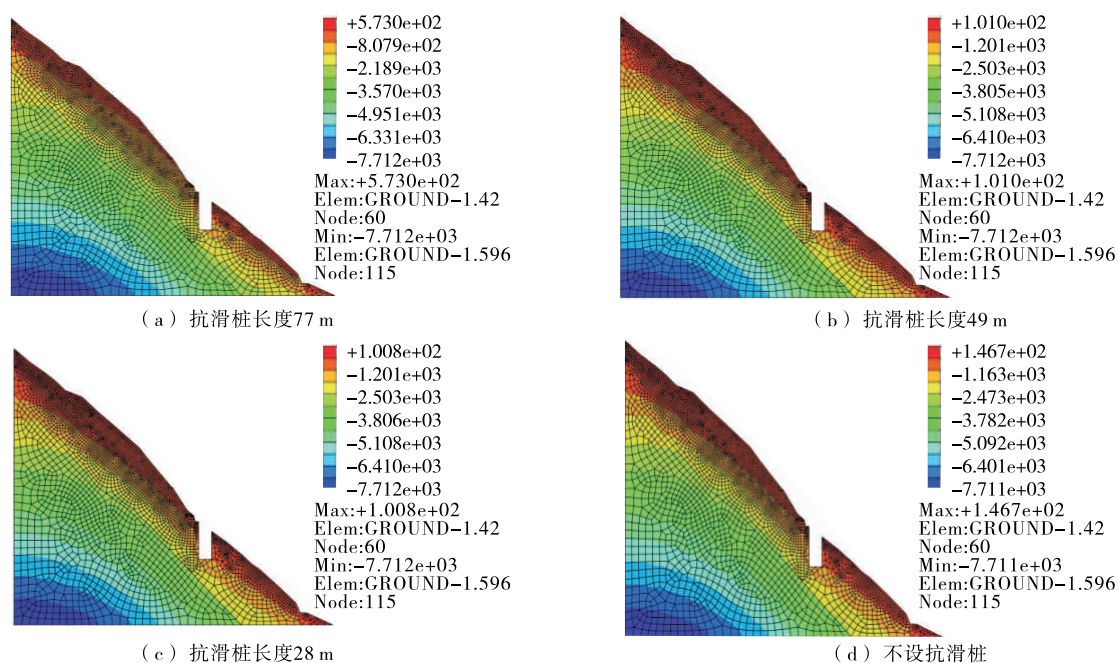


图9 金沙江特大桥丽江岸边坡桥墩基坑开挖竖向应力(单位: kPa)

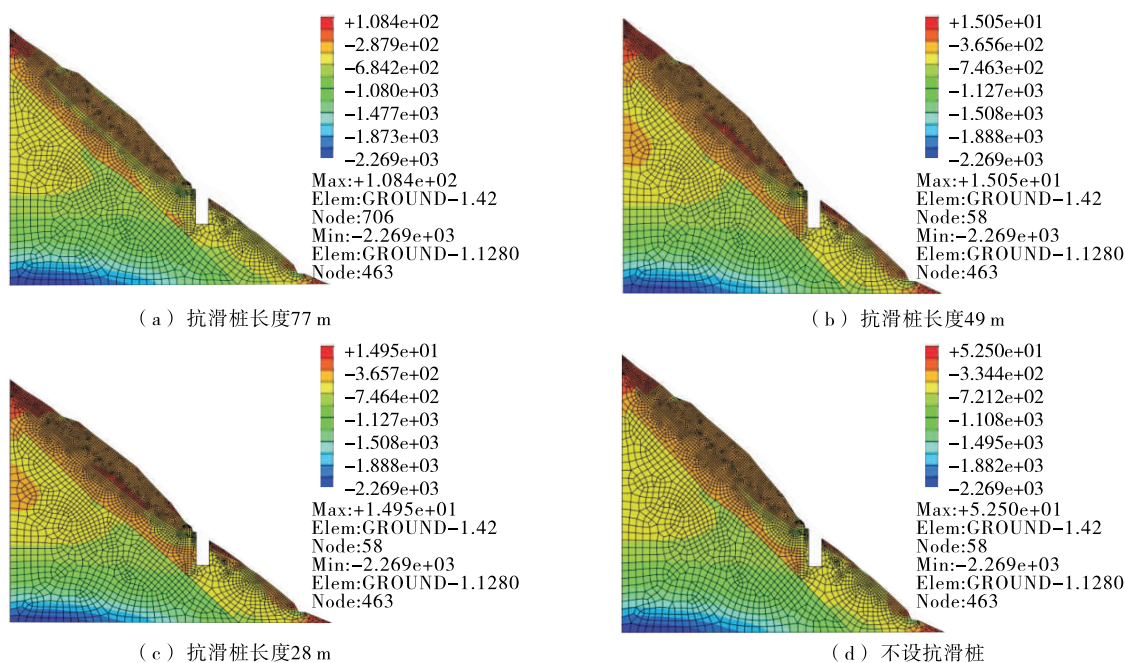


图10 金沙江特大桥丽江岸边坡桥墩基坑开挖水平应力(单位: kPa)

由图9、图10可知:抗滑桩长度对岸坡竖向应力分布的影响不明显,自重引起的基坑底部的最大竖向应力为1~2 MPa;但对岸坡水平应力分布的影响较显著,抗滑桩越长,坡内水平应力分布越均匀。

3.2.3 边坡锚杆拉力

不同抗滑桩长度下边坡锚杆应力分析结果见图11。由图11可知:抗滑桩长度对岸坡锚杆应力的影响较显著,抗滑桩越长,则锚杆内力越大,但长度超

过49 m后变化不明显。

4 结论

(1) 在合理长度范围内,抗滑桩可显著提高开挖边坡的稳定性。

(2) 抗滑桩长度对岸坡竖向应力分布的影响不明显,对水平应力分布的影响较显著,抗滑桩越长则坡内水平应力分布越均匀。

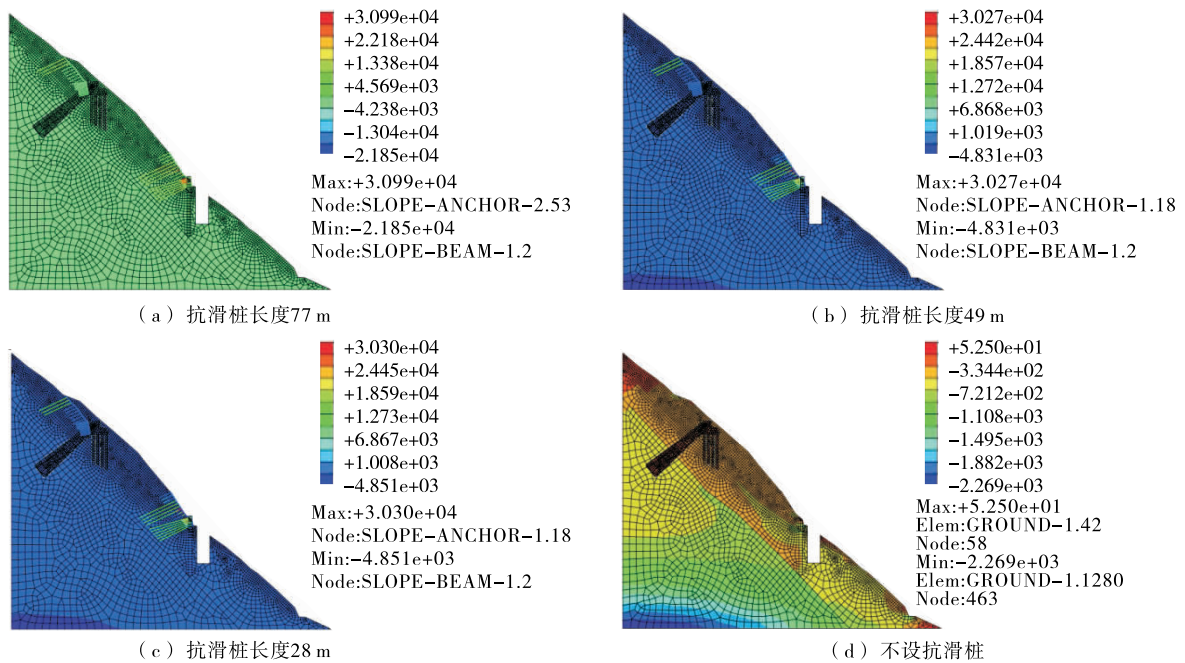


图 11 金沙江特大桥丽江岸边坡桥墩基坑开挖导致的锚杆应力(单位:kPa)

(3) 抗滑桩越长,边坡水平位移和竖向位移越小,抗滑桩能抑制边坡的水平 and 竖向位移。

(4) 抗滑桩长度对锚杆内力影响最大,抗滑桩越长,锚杆内力越大。

参考文献:

[1] GB/T 50218-2014, 工程岩体分类标准[S].

[2] GB 50330-2013, 建筑边坡工程技术规范[S].

[3] 肖国峰,冯光乐,陈从新,等.硬岩中倾顺层边坡变形特征和破坏机制分析[J].岩石力学与工程学报,2007,26(增刊2).

[4] 贾昊冉,黎志恒,伦国星,等.岩体结构对工程滑坡稳定性的影响分析[J].兰州大学学报:自然科学版,2015,51(6).

[5] 赖国泉,任庆钊,张俊德.甘肃兰州某黄土建筑高边坡失

稳原因及补强治理方案[J].中国地质灾害与防治学报,2017,28(1).

[6] 吴伟.露天边坡失稳原因分析及预防与治理[J].采矿技术,2011,11(5).

[7] 张季如.边坡开挖的有限元模拟和稳定性评价[J].岩石力学与工程学报,2002,21(6).

[8] 刘波,黄卫.基于极限平衡理论的边坡稳定性分析方法对比研究[J].工业建筑,2014,44(增刊).

[9] 王玉平,曾志强,潘树林.边坡稳定性分析方法综述[J].西华大学学报:自然科学版,2012,31(2).

[10] 李虎.跨越陡坡峡谷桥梁大体积基坑开挖边坡稳定性研究[D].湘潭:湖南科技大学,2017.

[11] 王聪聪,李江腾,廖峻,等.抗滑桩加固边坡稳定性分析及其优化[J].中南大学学报:自然科学版,2015,46(1).

收稿日期:2018-05-07

(上接第 81 页)

[9] 阙云,杨龙清,胡昌斌,等.多雨地区路基湿度季节变化特征的现场监测[J].公路,2010(12).

[10] 彭建岚.基于 TDR 原理的红粘土路基含水率监测方法[J].公路工程,2011,36(3).

[11] 潘宗俊,谢永利,文明勇,等.基于 TDR 技术的水分测量系统量测膨胀土含水量偏差分析[J].公路交通科技,2009,26(7).

[12] 谢琳,曾铃,史振宁.考虑路堤渗流场变化的最佳包边土厚度数值研究[J].公路与汽运,2017(4).

[13] 时雨.红土的湿化效应及路堤变形试验研究[D].南昌:南昌大学,2017.

[14] 王成皿,兰天,刘龙武.深层水毁防治技术在花岗岩残积土路基边坡中的应用研究[J].公路与汽运,2017(2).

[15] 王东明.多雨山区路基路面渗流特性及排水方案研究[D].广州:华南理工大学,2017.

[16] 谢世有.降雨条件下山区公路路基水分运移特性研究[D].广州:华南理工大学,2016.

收稿日期:2018-03-29