

文章编号:1005—0523(2007)04—0033—03

鹰厦线 K290^{+795~905}段滑坡稳定性有限元分析

王江辉^{1,2}, 郑明新¹, 张卢明¹, 耿大新¹, 徐晓琴¹

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 中铁十二局, 山西 太原 030024)

摘要: 针对鹰厦线 K290^{+795~905}段路堑边坡建立稳定性分析模型, 并开展有限元数值计算. 通过分析坡体各段的受力情况, 得到各个单元的主应力及剪应力大小, 并结合极限平衡计算分析了坡体稳定性, 论证了降雨作用下容重、内摩擦角变化对坡体稳定性的影响, 探讨了设置抗滑桩前后及其在降雨作用下的抗滑工程效果.

关键词: 滑坡; 稳定性; 有限元; 抗滑桩工程效果
中图分类号: TU472, P642.2 **文献标识码:** A

1 前言

鹰厦铁路 K290^{+795~905}段右侧紧邻顺昌至建欧省道, 穿行于崇山峻岭之中, 地形起伏连绵, 山势陡峻, 地面坡度多在 30°~40°之间, 植被以杂草灌木为主. 铁路线路沿山区青州支流左岸, 自铁路路基下部通过, 线路走向与滑坡主轴线几乎垂直. 自 2005 年以来由于强降雨及坡体自身应力调整等作用, 在坡体中上部发现不同形状之裂缝多处, 其中主裂缝出现在距线路中心线 15.5 m 处, 并有滑动迹象.

2 坡体所在地质条件分析

2.1 地层岩性

该段地表覆盖层为砂粘土夹碎石, 层厚 1.0~6.0 m, 覆盖层以下为石炭系下统强风化至中风化变质砂岩、泥岩. 其中近邻线路路堑由于开挖清晰可见中风化—强风化的变质砂泥岩, 呈块石—碎石状. 地层从上而下以此为: (1) 砂粘土夹碎石, 红褐色—灰褐色, 呈土状, 厚 0~5.0 m. (2) 强风化砂岩、泥岩, 呈砂粘土夹碎块石, 硬塑—半干硬、中密状, 厚 7~10.0 m. 其中泥岩软弱层易于风化、泥化而形成潜在

滑动带. (3) 中风化砂岩、泥岩互层, 紫红、灰褐色, 层状构造. 岩层产状: 90°~95°∠20°~25°, 岩体节理裂隙发育.

2.2 地质构造

岩体节理裂隙统计表明, 该段可见 4 组节理. 其中以走向 NE18.2°一组最发育, 成为潜在滑坡的东侧边界, NW43.5°成为滑坡的西侧边界, 滑动面是沿着上述岩层层面的缓倾角 20°~25°的顺层挤压式滑坡. 具体见图 1.

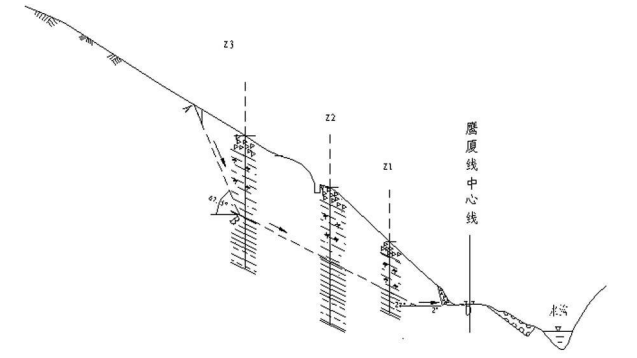


图 1 K290 处潜在滑坡纵断面图

3 坡体稳定性有限单元法分析

本文采用 Ansys 软件建立模型并划分单元, 然后编程序导出各个单元及节点的坐标值, 利用 FCEP2D 有限元程序进行计算分析.

3.1 计算模型的建立

K290 潜在滑坡发育于路堑地段, 由全风化、强风化、中等风化砂岩泥岩构成, 滑动带发育在主要发生砂岩、泥岩的软弱夹层中. 建模中考虑降水入渗造成全风化、强风化物质容重增大, 并软弱层强度降低. 将坡体纵断面作为平面应变问题研究, 共划分单元 498 个, 节点 530 个. 同时假设在抗滑段设置一个截面为 2 m×3 m 的抗滑桩, 分别计算设桩前后受力状况. 边界条件见图 2.

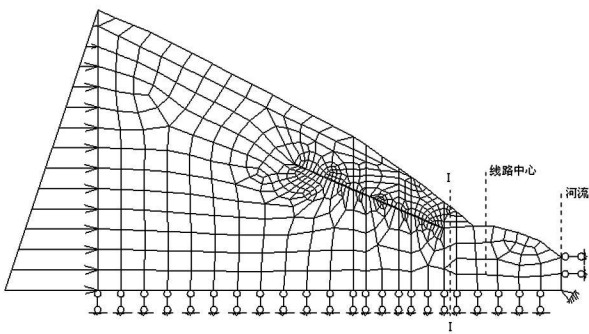


图 2 K290 有限元计算模型图

3.2 计算参数的确定

表 1 K290 边坡有限元计算参数一览表

材料种类	抗滑桩	碎石类土		强风化岩层		中风化岩层		软弱滑带	
		雨前	雨后	雨前	雨后	雨前	雨后	雨前	雨后
弹性模量 E(MPa)	90 000	12 000	12 000	30 000	25 000	70 000	60 000	2 500	1 500
泊松比 μ	0.18	0.23	0.25	0.21	0.22	0.2	0.2	0.3	0.32
初始粘聚力 C(MPa)	10	0.02	0.01	0.05	0.03	0.1	0.05	0.005	0.002
初始内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	63	36	30	43	40	53	51	21	15
残余粘聚力 C(MPa)	8	0.01	0.005	0.025	0.015	0.56	0.48	0.025	0.01
残余内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	60	28	24	33	28	42	40	10	8
容重 $\gamma(\text{MN}/\text{m}^3)$	0.026	0.018	0.022	0.020	0.23	0.022	0.24	0.018	0.021
单轴抗拉强度(MPa)	10	0.2	0.15	1.0	0.5	5	3	0	0

参数的选取根据室内土工试验确定; 同时考虑: ①降雨入渗引起土体容重增大, ②土体软化强度降低. 计算参数见表 1.

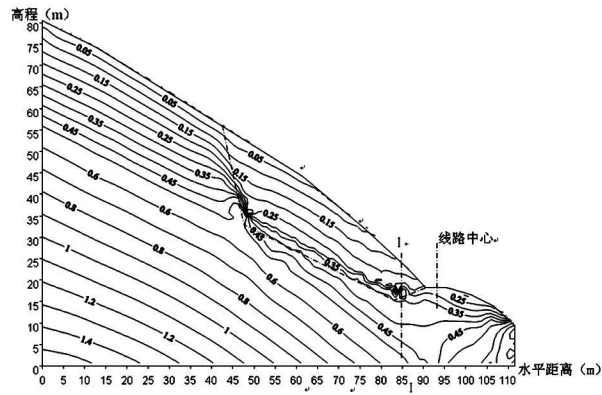


图 3 未设桩降雨前最大剪应力 $\tau_{\max}$ 等值线图(MPa)

3.3 计算成果分析

岩土体破坏主要由于拉剪造成, 故采用最大剪应力 $\tau_{\max} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$ 来表征, 计算结果见图 3 和图 4.

从图 3 和图 4 可以看出: 坡体最大剪应力主要集中于图中坐标为 (50, 45) 周围, 降雨入渗后应力集中更加明显, 同时应力也明显增大. 此处破坏将直接牵引着后面的土体往前滑动, 引起滑坡. 截面 I—I

处应力也比较集中, 需要在此处设置抗滑桩, 防止坡体往下滑动. 同时也可以看到坡脚处也出现应力集中, 需要对坡体进行防护才能够减小坡体的应力集中程度, 防止对铁路行车安全造成影响.

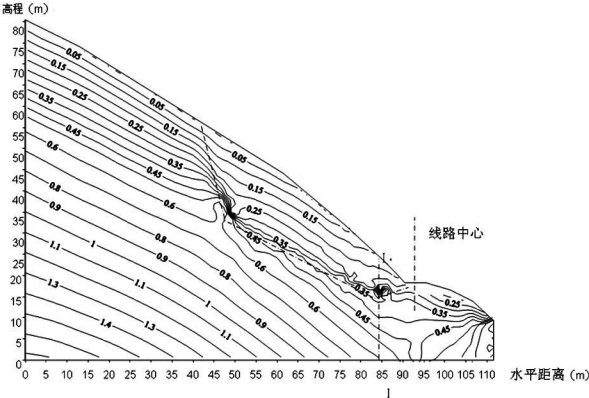


图 4 未设桩降雨后最大主应力 $\tau_{\max}$ 等值线图(MPa)

从图 5 可以看出: 设置抗滑桩后, 坡脚处的剪应力明显减小, 可见抗滑桩可有效的发挥其作用.

此外, 截取断面 I—I 数据分析抗滑桩处的应力, 作出图形如图 6 示. 从表中的数据, 可以清楚地看到, 设桩后桩处应力比未设桩时的应力集中大一倍以上, 从图 6 也可以直观的看到设桩后该处的应力增大了很多. 可以看出, 设置抗滑桩极为必要.

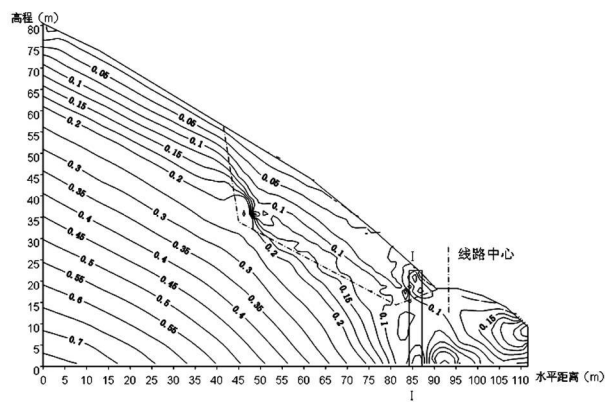


图5 设桩降雨后最大剪应力 $\tau_{\max}$ 等值线图(MPa)

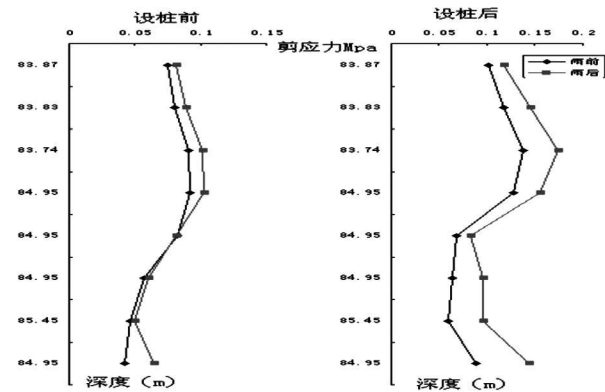


图6 截面I—I最大剪应力对比(MPa)

3.4 坡体稳定性的极限平衡法分析

除了有限元分析外,文中还采用瑞典圆弧法对坡体稳定性做了分析.计算表明,稳定性系数 $K_s=0.994\ 959<1$,该处坡体不稳定.有必要采取抗滑桩来治理滑坡.

还证明 K_s 随着 φ 和 c 值的减小而减小,随着 γ

值的增大而减小.特别是当降雨后, φ 和 c 值将减小,而 γ 值将增大,对边坡的稳定性影响非常大,一定要注意排水工程的合理设置.

4 结论

(1) 通过采用有限元法对鹰厦线K290潜在滑坡的稳定性分析,对比了降雨前后坡体的应力变化.特别是对参数 γ 、 φ 开展坡体稳定性敏感分析得到:降雨时 φ 值减小, γ 值增大,加上孔隙水压力的影响,使坡体的稳定系数减小.因此,在易滑地段一定要非常注意坡体的排水.瑞典圆弧法计算也证实了 γ 、 φ 对坡体稳定的影响很大.

(2) 本文采用Ansys软件进行建模型,进而通过编程提取模型数据,极大地方便了有限元分析模型的计算,大大节约了工作量.同时利用Surfer软件绘图可以更直观的了解坡体的受力情况、抗滑桩受力的合理性.计算表明当设置抗滑桩后,坡脚应力明显减小,证明抗滑桩确实有效.

参考文献:

[1] 郑明新,艾瑶.京九线膨胀岩土路基侧胀的数值分析[J].南昌大学学报,2000,22(4):127—129.
[2] 连镇营,韩国城,孔宪京.强度折减有限元法开挖边坡的稳定性[J].岩土工程学报,2001,23(4):407—411.
[3] Dawson E M,Roth W H,Drescher A.Slope stability analysis by strength reduction[J].Geotechnique,1999,49(6):835—840.
[4] 郑明新.滑坡防治工程效果的后评价方法研究[M].南京:河海大学出版社,2007.

Stability Analysis on the K290^{+795~905} Slope along Yingxia Railway by FEM

WANG Jiang-hui^{1,2},ZHENG Ming-xin¹,ZHANG Lou-ming,¹ GENG Da-xin¹,XU Xiao-qin¹

(1.School of Civil And architecture,East China Jiaotong University,Nanchang 330013 China;
2.China Railway No.12 Engineering Bureau,Taiyuan,030024,China)

Abstract: On the basis of in-situ survey, the FEM calculation model of K290^{+795~905} slope along Yingxia Railway is established. By the calculation, the stress, which includes the σ_{lmax} and τ_{max} , at every segment in slope is analyzed. Furthermore, combining to the limit equilibrium method, the stability effecting factors, such as unit volume weight γ , friction angle φ and cohesion c are discussed. At last, it is indicated that using anti-slide pile is very necessary and has good an effectiveness.

Key words: landslide; stability analysis; finite element method; the effectiveness of anti-slide pile