

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.11.015

多雨山区深路堑锚索框架梁防护设计分析

朱荣卡

(深圳华粤城市建设工程设计有限公司粤西分公司,广东 茂名 525000)

摘要: 粤北某山区一级公路改扩建工程所在场所主要位于山地丘陵地貌上,路线局部分布有平原、台地地貌。工程难点位于原公路路线一处越岭展线,西侧为较为陡峭的岩质边坡,东侧为典型坡度较缓的岩土二元结构边坡,改扩建方案沿着东侧进行扩建,边坡防护方案采用预应力锚索+框架梁主动加固防护。通过结合该工程实例,采用简单实用的简化毕肖普法进行边坡稳定分析,得出设计方案满足路基边坡防护设计要求。

关键词: 预应力锚索;岩土二元结构;简化毕肖普法

中图分类号: U416.1+3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0058-03

0 引言

近年来,公路工程乃至城市市政道路工程建设范围出现了新的变化。由于城市扩张越来越快,开发程度愈来愈高,用地越来越紧张,使得道路建设向更为复杂的地形区延伸。

本文通过粤北某山区公路改扩建工程的实例经验,针对多雨山区道路设计尤其是深路堑边坡防护采用锚索加固时,通过设计计算乃至具体方案设计论证,避免类似气候环境采用锚索加固措施失效导致边坡失稳事故的发生。

1 工程概况

粤北某山区一级公路改扩建工程为双向六车道,横断面为:3.75 m(人行道)+5 m(非机动车道)+2 m(侧绿化带)+11.75 m(车行道)+5 m(中央绿化带)+11.75 m(车行道)+2 m(侧绿化带)+5 m(非机动车道)+3.75 m(人行道)=50 m,由于原公路路线一处越岭展线,西侧为较为陡峭的岩质边坡,东侧为典型坡度较缓的岩土二元结构边坡,改扩建方案沿着东侧进行扩建,为了节省工程造价,该处节点对工程断面有所压缩调整。

该处现状如下:拟建公路从山体坡脚通过,坡底最低标高 122~138 m,坡顶最高标高为 197.51 m,山体最大自然坡角约 45°,山体植被发育,生长桉树及各种灌木、蕨类植物。

经调查该区域气候如下:属中亚热带季风型气候,区内气候温和,雨量充沛,大气降水渗入为地下水的主要补给来源,经调查区内暴雨期内山洪爆发经常发生,对边坡影响较大。

该节点平面见图 1。

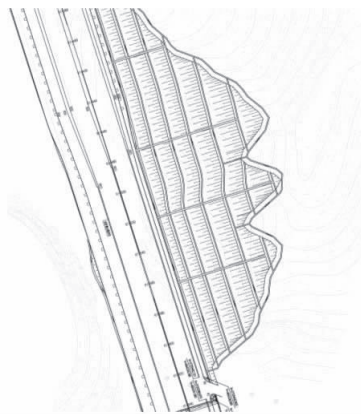


图 1 节点平面布置图

2 边坡稳定分析

2.1 选用公式及理论

参考公路设计习惯以及《公路路基设计规范》,本文采用圆弧滑动面边坡稳定计算,其中简化毕肖普法作为公路部门推荐方法。参考相关文献,该方法是比较简单实用,适合作为工程设计人员使用的方法。

简化毕肖普法公式如下:

$$K = \frac{\sum (Cb + Wtg\phi) \frac{1}{m_\theta}}{\sum W \sin\theta}$$
$$m_\theta = \cos\theta + \frac{\cos\theta tg\phi}{K}$$

式中:K 为整个滑体剩余下滑力计算的安全系数;b

收稿日期:2023-01-31

作者简介:朱荣卡(1991—),男,本科,工程师,从事道路设计工作。

为单个土条的宽度, m ; W 为条块重力, kN , 浸润线以上取重度, 以下取饱和重度; θ 为条块的重力线与通过此条块底面中点半径之间的夹角, $^\circ$; C 、 φ 为土的抗剪强度指标, 采用总应力法时, 取总应力指标, 采用有效应力法时, 取有效应力指标。

2.2 边坡等级、计算工况以及安全系数取值

根据初步放坡方案高度测算, 该项目按岩质边坡已经超过 30 m , 坡脚下为一级公路, 南侧坡脚下接公路大桥, 路线纵坡 4% , 南低北高, 破坏后果非常严重, 所以边坡安全等级为一级。

根据《公路路基设计规范》(JTG 30—2015), 路堑边坡稳定安全系数见表 1。

表 1 路堑边坡稳定安全系数控制表

| 分析工况 | 路堑边坡稳定安全系数 | |
|---------|------------|-----------|
| | 高速公路、一级公路 | 二级及二级以下公路 |
| 正常工况 | 1.2~1.3 | 1.15~1.25 |
| 非正常工况 I | 1.1~1.2 | 1.05~1.15 |

其中正常工况: 边坡处于天然状态下工况

非正常工况 I: 边坡处于暴雨或者连续降雨状态下的工况。

根据《公路工程抗震规范》(JTG B02) 由于该地区基本地震动峰值加速度为 $0.05g$, 对应原地震基本烈度为 VI 度, 总体处于建筑抗震一般地段。所以非正常工况 II——边坡处于地震等荷载作用状态下的工况不需要验算。

综上所述, 结合工点边坡安全等级, 该工点安全系数取值如下:

正常工况安全稳定系数须在 1.3 以上;

非正常工况 I 安全稳定系数须在 1.2 以上。

2.3 工点地质条件、土层揭露以及物理力学性质

该工点地质剖面见图 2。

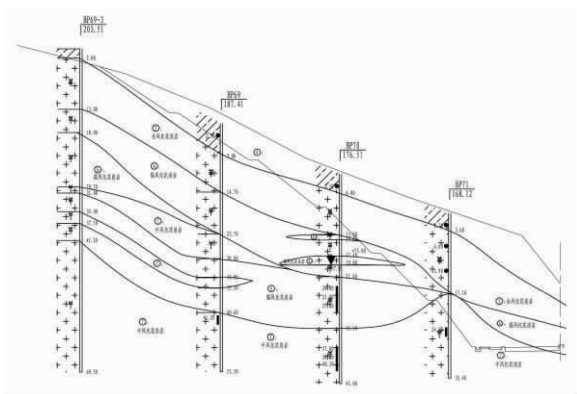


图 2 地质剖面图

土层揭露如下:

(1) 残积(Qel)4-1-1 砂质黏性土: 灰褐色, 硬塑, 主要由粉黏粒组成;

(2) 燕山期(γ)花岗岩

5-1 全风化花岗岩: 浅灰黄色, 结构基本破坏, 呈砂土状;

6-1 强风化花岗岩: 黄褐色, 结构大部分已破坏, 岩芯呈砂土状, 局部夹强风化岩块。

6-1-1 强风化花岗岩: 灰黄色, 裂隙发育, 岩芯呈块状, 局部夹半岩半土状。

7-1 中风化花岗岩: 灰色, 岩体裂隙发育, 岩芯块状为主, 岩质硬, 声较脆。

根据地质勘探资料该位置深路堑工点说明显示, 该处地基土层物理力学性质指标见表 2。

表 2 地勘土体参数表

| 层序号 | 岩土名称 | 岩土层天然重度 $\gamma / (kN \cdot m^{-3})$ | 黏聚力 C / kPa | 内摩擦角 $\varphi / (^\circ)$ | 承载力基本容许值 f_{a0} / kPa | 土(岩)体与锚固体黏结强度 $[f_{a0}] / kPa$ |
|-------|--------|--------------------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 4-1-1 | 砂质黏性土 | 19.5 | 18 | 20 | 200 | 55 |
| 5-1 | 全风化花岗岩 | 19.6 | 26 | 24 | 350 | 75 |
| 6-1 | 强风化花岗岩 | 20.0 | 26 | 30 | 450 | 110 |
| 6-1-1 | 强风化花岗岩 | 22.0 | 30 | 30 | 600 | 500 |
| 7-1 | 中风化花岗岩 | 24 | 130 | 35 | 2500 | 800 |

2.4 放坡方案以及初步计算结果

该节点放坡方案如下: 每隔 10 m 一级, 其中第一级放坡坡率采用 $1 : 0.75$; 第二、三级放坡坡率采用 $1 : 1$; 第四级放坡坡率采用 $1 : 1.25$; 第五、六级放坡坡率采用 $1 : 1.5$, 见图 3。

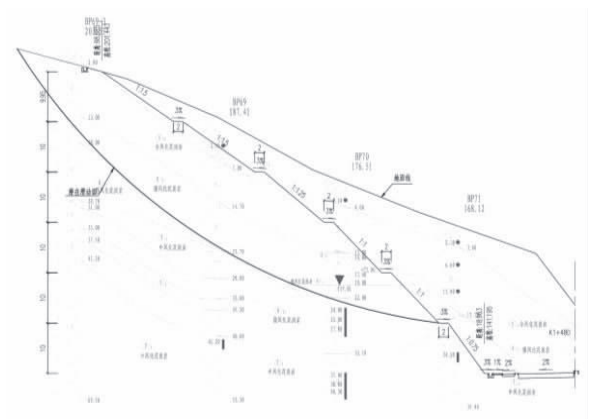


图 3 路基横断面设计图(一)

经采用简化毕肖普法计算, 岩土计算参数见表 3。

表3 岩土参数取值表

| 岩土名称 | 状态 | 重度 / ($kN \cdot m^{-3}$) | 黏聚力 / kPa | 内摩擦角 / ($^{\circ}$) |
|--------------|-----|-------------------------------|--------------|--------------------------|
| 4-1-1 砂质黏性土 | 硬塑 | 19.5(20.5) | 18(13) | 20(17) |
| 5-1 全风化花岗岩 | 坚硬 | 19.6(20.2) | 26(21) | 24(20.4) |
| 6-1 强风化花岗岩 | 砂土状 | 20(21) | 26(21) | 30(25.5) |
| 6-1-1 强风化花岗岩 | 碎块状 | 22(22.5) | 30(27) | 30(27) |
| 7-1 中风化花岗岩 | 柱状 | 24(24) | 130(130) | 35(35) |

注:括号内为非正常工况 I 参数取值。

计算结果如下:

正常工况下,滑动安全系数 = 1.27;

非正常工况 I 下,滑动安全系数 = 1.085;

以上取值根据该山区环境下进行了充分考量,根据计算结果未能满足设计要求。同时针对该地质剖面,类似于顺层滑动,需要对边坡进行加固设计。

2.4 采用加固方案计算结果

根据上述计算滑动面位置,本工程提出采用预应力锚索 + 框架梁进行主动加固的设计方案,其中加固方案如下:

第三、四、五级加固:采用预应力锚索 + 框架梁防护,其中采用 $\phi 150$ 锚索,长 25 m,主筋 $6 \times \phi 15.2$,锚固段 8 m,设计抗拔力 600 kN,倾角为 25° ,见图 4。

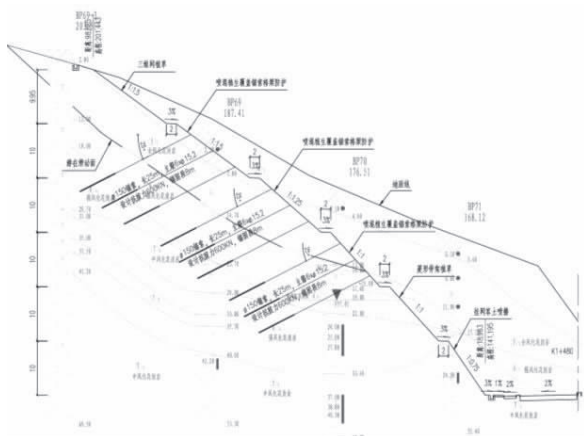


图4 路基横断面设计图(二)

采用简化毕肖普法计算,采用上述岩土参数,经过加固处理以及泄水措施后,调整了 6-1 强风化层内摩擦角为 27° (非正常工况 I),计算结果如下:

正常工况下,滑动安全系数 = 1.415;

非正常工况 I 下,滑动安全系数 = 1.219;

满足设计要求。

2.5 工程方案应用

通过以上计算结果,深路堑采用预应力锚索框

架梁防护可以满足设计要求,从而得出可行工程方案。实际应用中应注意以下几点:

(1)在多雨山区环境中,如何模拟暴雨工况使得计算更满足实际要求。本工程主要计算指标粘聚力 C 以及内摩擦角 φ 采用直接快剪的方式,计算采用总应力法进行计算,天然状态下,土层含水率为 $18\% \sim 32\%$,为了模拟暴雨工况,根据工程经验,对关键土层的主要计算指标粘聚力 C 以及内摩擦角 φ 进行折减,一般情况下内摩擦角 φ 折减 10% ,本工程考虑多雨山区,山洪时常爆发,根据气候环境对最不利土层内摩擦角 φ 折减 15% 。

(2)在多雨山区环境中,采用预应力锚索的同时,对锚索的防腐进行加强考虑,由于地表水下渗比其他环境中更为厉害,所以本工程采用无粘结钢绞线预应力锚索,由原来的拉力集中型锚索改为应力分散型锚索,有效避免在这种环境中由于腐蚀失效的情况。

(3)在多雨山区环境中,增强排水设施设计,如在重要程度较高的路段,增大截水沟尺寸,增大路堑坡脚排水边沟尺寸,增大急流槽尺寸等等,使得减少瞬时冲刷对锚索加固防护的影响。

3 总结分析

(1)在类似地质剖面岩土二相边坡设计计算,特别需要注意的问题是,设计当中不能仅仅采用圆弧法进行计算,还应根据类似土层分布采用折线法进行设计验算复核,避免由于雨水下渗沿着土层分界进行滑动。计算结果两种方法当中取最不利作为计算结果。

(2)在多雨山区环境中类似的地质剖面进行加固设计,尤其采用预应力锚索 + 框架梁进行防护设计时,需要重点关注的关键技术是预应力锚索失效问题以及施工质量控制,设计既要考虑采用类似于无粘结后张预应力法,又要考虑施工质量问题,详细质量控制指标进行说明。同时增强泄水管布置以及路基排水设计,使得路基边坡设计更加安全。

(3)在多雨山区环境中,结合设计计算,本工程设计采用无粘结钢绞线预应力锚索 + 框架梁主动加固防护,通过以上边坡稳定分析,本工程设计方案基本满足路基边坡防护设计要求,达到设计预期效果。

参考文献:

[1] 张鲁渝.一个用于边坡稳定分析的通用条分法[J].岩石力学与工程

