

关于延长高速公路某泥岩路基深挖方边坡 稳定处治方案的研究比选

朱秀丽¹ 孙晓博¹ 甄宇²

1. 吉林省交通规划设计院 吉林长春 130000
2. 吉林省公路测设技术服务中心 吉林长春 130000

摘要: 在公路建设中常常会遇到各种不良土质,如泥岩、软弱土等,这类土对边坡稳定产生不利影响,特别是对高填深挖路基边坡。因此对这类边坡如何处治加固,保证路基边坡稳定性,是公路设计中需要重点研究分析的问题。本文根据延长高速公路某泥岩路基深挖方边坡实际地质情况和特点,采用三种不同处治方案进行研究比选,确定更适合本项目的边坡稳定处治方案。同时介绍了预应力锚索边坡稳定性计算参数取值方法和设计要点,以期总结经验并供同类工程借鉴和参考。

关键词: 泥岩路基; 边坡稳定; 处治方案; 锚索框架梁

Comparison and selection of stability treatment scheme for deep excavation of mudstone subgrade in Yanchang Expressway

Xiuli Zhu¹, Xiaobo Sun¹, Yu Zhen²

1. Jilin Province Transportation Planning and Design Institute, Changchun Jilin 130000
2. Jilin Province Highway testing and Installation Technical Service Center, Changchun Jilin 130000

Abstract: In the highway construction will often encounter all kinds of bad soil quality, such as mudstone, soft soil, etc., this kind of soil has an adverse impact on the slope stability, especially for the high filling depth excavation subgrade slope. Therefore, how to treat and strengthen this kind of slope and ensure the stability of subgrade slope is a problem that needs to be studied and analyzed in highway design. According to the actual geological conditions and characteristics of the deep excavated slope of a mudstone subgrade of Yanchang expressway, three different treatment schemes are used to study and determine the slope stability treatment scheme more suitable for this project. The calculation method and design points of prestressed anchor cable slope stability are introduced to summarize the experience and provide reference for similar projects.

Keywords: Mudstone subgrade; Slope stability; Place treatment plan; Anchor cable frame beam

一、项目概况

1. 地理位置

延长高速公路采用设计速度为100公里/小时的四车道高速公路标准,路基宽度为26米。其中某处深挖方路基位于吉林省桦甸市图们岭垭口,属于低山丘陵区,地势较高,路线近似垂直穿越图们岭垭口,路基最大垂直挖深33m,边坡高度42m。

2. 地质水文条件

场地内零星出露岩石露头,岩性为粉砂岩,呈全风化状态,可见残留结构,测量层理产状 $309^{\circ} \angle 53^{\circ}$,路线走向 55° ,边坡坡角 33° ,结构面组合有利于边坡稳定;钻探揭露山体表层分布1~5m厚的低液限黏土,下伏白垩系小南沟组地层,岩性组成以泥岩为主,夹约30%砂岩,为极软岩,无膨胀性。

坡体沟谷发育,局部有水塘,地下水位较高。钻探揭露,场区地下水主要为碎屑岩类孔隙水,稳定水位埋

深4.9 ~ 5.5m, 初见水位埋深15 ~ 17m。地下水主要赋存于砂岩中, 具微承压性。

3.地质勘查

根据勘察资料, 场地内主要地层分布如下:

①粉质粘土 (Q_4^{el+dl}): 黄褐色, 硬塑偏软, 稍湿, 干强度中等, 韧性中等, 切面稍光滑, 顶部0.3m为耕植土, 含植物根系。土、石等级Ⅱ级, 土、石类别普通土;

③₁全风化泥岩 (K_{1x}): 黄褐色, 灰褐色, 由粘土矿物构成, 结构基本破坏, 岩芯土柱状, 手可掰碎, 遇水易泥化, 土、石等级Ⅲ级, 土、石类别硬土;

③₂强风化泥岩 (K_{1x}): 灰褐色, 泥质结构, 碎裂状构造, 节理裂隙发育, 岩芯呈短柱状及少量碎块状, 土、石等级Ⅲ级, 土、石类别硬土;

③₃中风化泥岩 (K_{1x}): 灰褐色, 泥质结构, 节理裂隙较发育, 岩芯呈短柱状及少量碎块状, 由粘土矿物组成, 锤击声哑, 土、石等级Ⅳ级, 土、石类别软石。

表1 岩土力学计算参数表

层号	岩土名称	重度 γ (KN/m ³)	直接剪切		承载力 [f_{90}] (kPa)	基底摩擦系数 (μ)
			粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 ϕ (°)		
①	粉质粘土	20	23.6	8.9	160	0.30
③ ₁	全风化泥岩	20	34	13	260	0.30
③ ₂	强风化泥岩	21.3	56	17	350	0.40
③ ₃	中风化泥岩	23.5	80	20	450	0.50

4.边坡稳定性分析

采用理正岩土计算软件, 对此段挖方路堑边坡进行稳定性计算。边坡滑动安全系数为1.05, 小于《公路路基设计规范》JTG D30-2015中规范值1.3, 存在边坡失稳的危险, 需对边坡进行加固处治。(说明: 设计中计算工况分为正常工况和非正常工况, 本文为简化只介绍正常工况。)

二、边坡稳定处治方案比选

参照吉林省已建类似项目实例, 分别采用全锚索框架梁、部分锚索框架梁+方形抗滑桩、部分锚索框架梁+圆形抗滑桩3种方案, 对此段泥岩边坡进行加固处治方案比选。

1.全锚索框架梁方案

(1)设计参数选取

坡面信息: 边坡坡率1: 1.5, 边坡高度6m一级, 平台宽度2m。

粘结强度: 中风化泥岩150kPa, 强风化泥岩135kPa, 全风化泥岩100kPa, 粉质粘土80kPa。

筋带抗拉力: 预应力钢绞线选公称直径15.2mm, 根据边坡稳定需要取值。

锚固段周长: 钻孔直径15cm, 周长0.47m。

锚杆倾角: 宜15° ~ 25°, 根据计算统一取20°。

锚杆间距: 水平间距3m, 垂直间距2m。

锚固长度: 根据《公路路基设计规范》计算取12m。

(2)计算结果

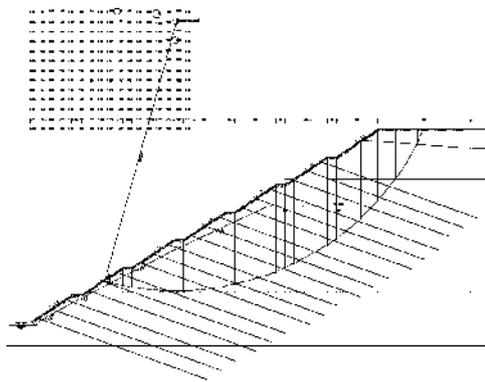


图1 预应力锚索边坡处治布置图

经计算, 筋带抗拉力350kN, 需设置18根39m长锚索, 加固后滑动安全系数为1.31。

2.部分锚索框架梁+方形抗滑桩方案

经计算不处理的边坡坡脚处的剩余下滑力为1648 (kN), 为避免滑坡体从桩顶剪出, 将抗滑桩设置在二级边坡平台上, 此处的剩余下滑力为2704 (kN)。剩余下滑力过大, 如直接设置抗滑桩, 则桩的尺寸、密度、强调等都将要求过高, 现采取在抗滑桩上部边坡设置部分锚索来减少抗滑桩处下滑力。

经试算, 在边坡上设置11根锚索后, 坡脚处的剩余下滑力为818 (kN), 二级边坡平台桩前剩余下滑力为1724 (kN)。而后在二级边坡平台上设置抗滑桩, 抗滑桩的计算结果为:

表2 方形抗滑桩方案

水平间距	桩宽	桩高	长度	面侧纵筋	背侧纵筋	截面配筋率	滑动安全系数	
							原边坡	加固后
m	m	m	m	mm ²	mm ²	%	1.05	1.3
6	2.3	2.3	18	10580	121836	2.5	1.05	1.3

3.部分锚索框架梁+圆形抗滑桩方案

考虑到本项目机械成孔条件, 将抗滑桩截面改为圆形, 则计算结果为:

表3 圆形抗滑桩方案

水平间距	桩径	长度	全部纵筋	截面配筋率	滑动安全系数	
					原边坡	加固后
m	m	m	mm ²	%	1.05	1.3
6	2.8	19	210088	3.42	1.05	1.3

4. 推荐方案

对此边坡而言, 为达到边坡稳定(滑动安全系数1.3), 全锚索框架梁方案需设置18根39m长锚索; 部分锚索框架梁+方形抗滑桩方案, 需设置11根30m长锚索+边长2.3m长18m抗滑桩, 抗滑桩的配筋率高度2.5~3.4%; 部分锚索框架梁+圆形抗滑桩方案, 需设置11根30m长锚索+直径2.8m长19m抗滑桩; 经上述对比分析, 设置抗滑桩方案对此泥岩边坡无论是从工程规模, 还是从施工难易程度与造价方面, 均没有明显的优势。因此, 针对本项目泥岩段深挖方边坡稳定处治方案推荐全锚索框架梁方案。

三、锚索框架梁方案设计

这段挖方边坡高度4m~42m, 根据边坡高度进行逐段加固优化设计计算。经计算, 边坡高度16m~42m的边坡, 采用350kN级全长无粘结单孔压力分散型预应力锚索框架梁加固处治; 边坡高度8m~16m的边坡, 采用非预应力锚杆框架梁加固处治; 边坡高度小于8m的边坡, 不需处理, 设置普通框架梁防护。

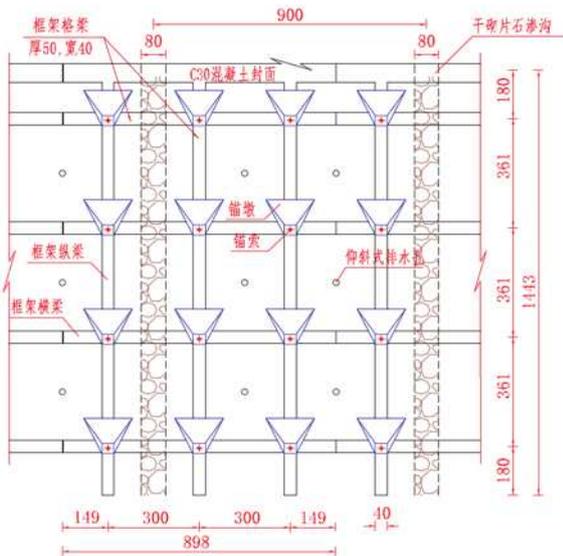


图2 预应力锚索框架梁布置图

框架梁采用C30现浇混凝土, 坡面尺寸水平向3m, 纵向3m, 厚0.5m, 宽0.4m。

锚索锁定荷载350kN级全长无粘结单孔压力分散型预应力锚索一孔采用6根直径15.2mm钢绞线, 钻孔直径15cm, 锚固段长度12m, 分3个单元锁定。

非预应力的锚杆采用2根直径32mm的HRB400钢筋, 钻孔直径13cm。

由于此段泥岩较破碎, 与锚索粘结强度低, 因此采用二次注浆, 第一次常压注浆, 第二次高压注浆, 注浆材料采用M40水泥浆。(见下图3)

四、排水和坡面绿化设计

泥岩遇水易泥化、强度降低, 影响边坡稳定, 因此对本段泥岩边坡进行了综合排水设计。根据地形对路侧汇水段坡顶设截水沟, 并通过急流槽引入边沟; 边坡平台均设置平台截水沟, 排除坡面汇水; 边沟下方设置纵向盲沟, 排除地下水; 同时在框架格梁之间设置干砌片石渗沟和仰斜式排水管, 排除层间水。干砌片石渗沟沿坡面水平方向每9m设置一道, 底部与碎石盲沟相接。仰斜式排水孔钻孔直径100mm, 采用直径80mm带孔隙钢管, 孔隙间距20cm, 孔径为1cm。施工时, 仰斜式排水管根据地下水赋存和埋藏情况, 适时调整管排水管的位置、高度、角度, 地下水丰富路段应当加密布置。

由于边坡开挖产生临空面后易导致边坡岩体进一步风化, 同时坡面雨水的渗入亦能引起边坡的破坏, 因此边坡坡面的及时绿化尤为重要。本项目的绿化方案为: 挖方边坡坡高小于16m时, 采用非预应力锚杆框架梁进行边坡加固, 框架梁内设置方格梁, 方格梁内普通型喷播并种植紫穗槐; 挖方边坡坡高大于16m时, 采用预应力锚索框架梁进行边坡加固, 边坡坡率为1:1.5时框架梁内设置普通型喷播并种植紫穗槐, 其余框架梁内设置加强型客土喷播。

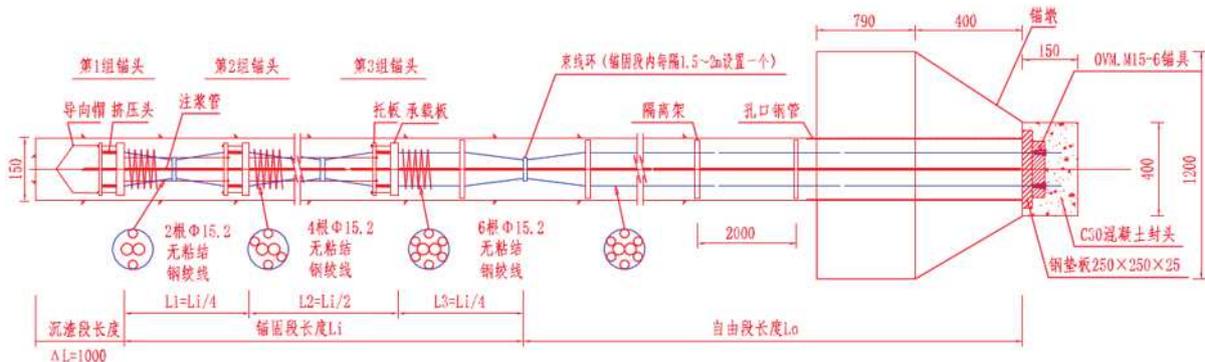


图3 全长无粘结单孔压力分散型预应力锚索结构图

五、结束语

综上所述,在延长高速公路设计阶段,针对某泥岩路基深挖方边坡稳定实际情况,采用了三种不同处治方案:全锚索框架梁、部分锚索框架梁+方形抗滑桩、部分锚索框架梁+圆形抗滑桩,经过计算比选分析后,确定更适合本项目的边坡稳定处治方案,即预应力锚索框架梁、非预应力锚杆框架梁边坡加固方案。本文介绍了预应力锚索边坡稳定性计算参数取值方法和设计要点,同时提出了泥岩路基综合排水设计和坡面绿化设计的方案,以期总结经验并供同类工程借鉴和参考。

参考文献:

- [1]倪文祥.岩土工程边坡治理中的预应力锚索技术应用[J].建筑技术与开发,2019,19:74-76.
- [2]李燕清.边坡加固技术与发展探讨[J].山西建筑,2020,(12)20-25
- [3]杨锡斌.预应力锚索框架梁施工质量控制要点[J].铁道工程学报,2007(S1):210-214
- [4]孙淑琴.预应力锚索框架梁防护技术在高边坡中的应用[J].工程技术研究,2019(19):35-38
- [5]刘菁钰.边坡稳定性分析的简化计算方法[J].公路工程,2021(15):47-49