

某岩石高边坡支护结构变形破坏分析及治理措施

陈星星

(广州市设计院集团有限公司, 广东 广州 510620)

摘要: 随着国家工程建设的快速发展, 越来越多工程项目处于山区, 进而出现大量高边坡, 高边坡的安全、稳定对项目的安全运行至关重要; 通过对某高边坡支护结构变形破坏的原因进行分析, 根据分析结果, 采取针对性的治理措施。

关键词: 高边坡; 边坡支护; 变形破坏; 治理措施

中图分类号: TU753.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0158—03

1 工程概况

某高边坡第一段 B 区, 坡顶标高 81.0m, 坡脚标高 21.0, 坡高 60m, 坡长 142m, 原设计采用分级放坡 + 上部坡面格构锚杆 + 下部坡面喷锚网 + 坡脚桩锚 + 坡顶底截排水沟的支护措施。

边坡于 2012 年 2 月开始施工, 2013 年 6 月开始施工坡脚抗滑桩, 在桩身四排锚索均未施工的情况下, 2013 年 8 月初开始开挖桩前岩体, 2013 年 12 月底开挖到底, 2014 年 2 月 10 日局部坡脚抗滑桩被剪切破坏, 急需对其采取针对性的综合性治理。

2 工程地质条件

2.1 地形地貌

地质构造属单斜构造, 西北高, 东南低, 高程 80.99m ~ 50.38m, 高差约 30.61m, 平均坡度 22°。

2.2 地质构造

南京—湖熟断裂带东北侧即为宁镇弧形褶皱隆起带, 西南侧为宁芜凹陷盆地, 断裂褶皱被中生界覆盖, 地表不明显。拟建场地位于宁芜凹陷盆地北侧。

2.3 地层岩性

场地的主要地层有: 人工填积 (Q^{ml}) 层、第四系上更新统冲积 (Q_3^{al}) 层、第四系坡积 + 残积 (Q^{dl+el}) 层、白垩系上统浦口组 (K_{2p}) 岩层等。

人工填积 (Q^{ml}) 层: 杂填土 (地层编号①1): 杂色, 主要由碎块石等夹杂少量粘性土等组成, 堆积时间 5 ~ 10 年。

素填土 (地层编号①2): 黄褐 ~ 灰褐色, 由粉质粘土夹碎块石、卵石等堆填而成, 堆积时间 3 ~ 6 年。

第四系上更新统冲积 (Q_3^{al}) 层: 粉质黏土 (地层编号②1): 黄灰色, 含铁锰氧化物, 呈湿的、可塑状态。

卵石夹砂 (地层编号②2): 主要由卵石、砾石夹细砂组成, 呈稍湿、中密 ~ 密实状态。

粉质粘土 (地层编号③): 黄褐色, 含氧化铁结核及灰白色高岭土斑点等, 呈湿的、可塑 ~ 硬塑状态。

白垩系上统浦口组 (K_{2p}) 岩层: 强风化泥质粉砂岩 (地层编号⑥1): 紫红 ~ 砖红色, 泥质胶结, 遇水软化。中风化泥质粉砂岩 (地层编号⑥2): 紫红 ~ 砖红色, 泥质胶结, 中厚层状构造, 遇水软化。饱和单轴抗压强度标准值 5.88MPa, 属软岩, 较完整 ~ 完整, 岩层产状为 $143^\circ \angle 29^\circ$ 。

2.4 水文地质条件

场地内地下水类型以潜水为主, 在开挖出露的基岩中以基岩裂隙水为主。

3 本次变形特征及原因分析

3.1 边坡支护原设计方案

原设计采用分级放坡 + 上部坡面格构锚杆 + 下部坡面喷锚网 + 坡脚桩锚 + 坡顶底截排水沟的支护措施。

3.2 变形特征

2013 年 6 月开始施工坡脚抗滑桩, 在桩身四排锚索均未施工的情况下, 2013 年 8 月初开始开挖桩前岩体, 并于 2013 年 12 月底开挖到底, 2014 年 2 月 10 日 BZ25 ~ BZ39 抗滑桩根部剪切破坏, 见图 1、图 2; 同时 2013 年 8 月坡体变形突然增大, 坡面多处开裂。



图 1 桩身剪切裂缝



图 2 BZ31# 桩身剪切裂缝

边坡主要位移监测点布置见图 3。

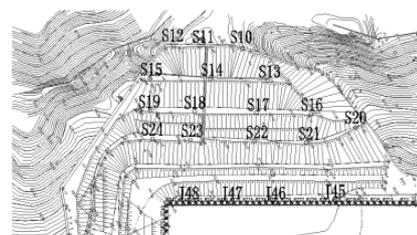


图 3 边坡位移监测点布置图

选取 J43 ~ J48 冠梁和 S10 ~ S24 坡体水平位移监测数据，分别绘制位移时程曲线，见图 4、图 5。

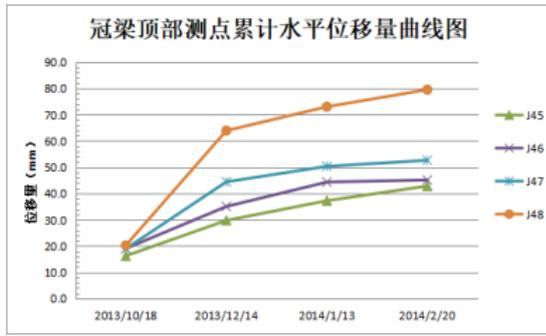


图 4 冠梁顶部测点累计位移曲线图

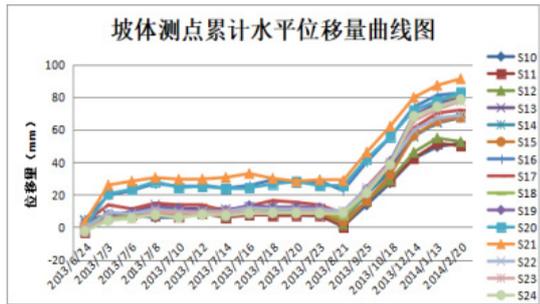


图 5 坡体测点累计位移曲线图

由图 4、图 5 可以看出，在坡脚岩体开挖期（2013 年 8 月 ~ 2013 年 12 月），整体位移时程曲线的曲率大。

边坡的坡体和冠梁累计水平位移持续快速增长，边坡处于加速蠕变阶段。

3.3 原因分析

（1）地层岩性：坡脚岩体为中风化泥质粉砂岩，泥质胶结，遇水软化、岩石饱和单轴抗压强度标准值 5.88MPa，属软岩。

（2）岩体结构：岩层产状 $143 \angle 29^\circ$ ，发育有两组相互垂直的节理，其中第一组节理产状 $275 \angle 88^\circ$ ，第二组节理产状 $5 \angle 58^\circ$ ，均属硬性结构面；但坡脚岩体局部夹薄层泥岩，产状为 $125 \angle 15^\circ$ 。



图 6 桩身剪断处薄层泥岩

对其进行赤平投影，结果见图 7。

根据赤平投影定性分析，结合坡体结构特征和抗滑桩变形破坏特征，该边坡的变形破坏模式是沿着薄层泥

岩夹层面 C' 产生平面滑动。

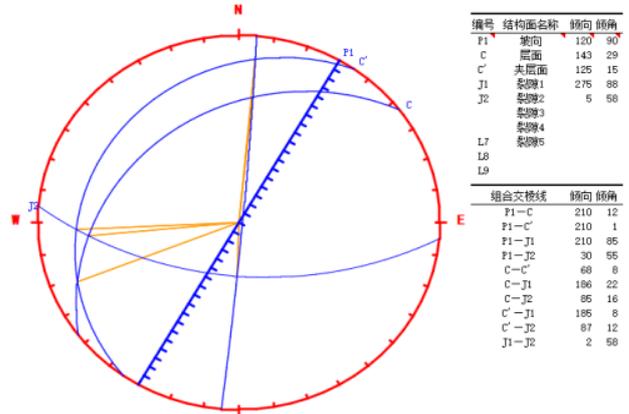


图 7 边坡赤平投影分析结果图

水的作用：选取 SW1 ~ SW3 地下水位数据绘制地下水水位变化曲线图，见图 8。

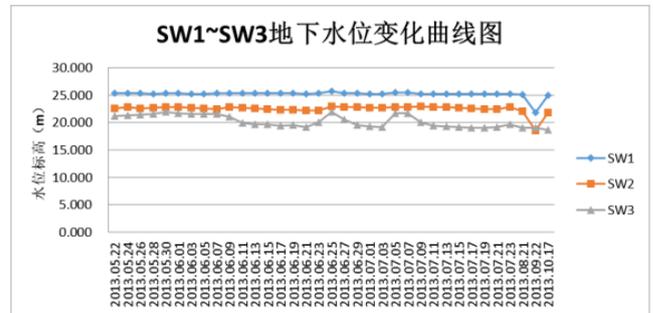


图 8 SW1 ~ SW3 地下水位变化曲线图

由图 8 可以看出，地下水位处于 20~25m 之间。坡脚以上 4 米内岩体长期处于地下水中。

工程活动：一次开挖到底，岩体快速卸荷，应力失衡。

综上，中风化泥质粉砂岩所夹薄层泥岩，在地下水的长期作用下，岩体软化和泥化作用明显，再加上地下水对结构面的润滑作用，进一步恶化结构面的抗剪能力；在坡脚岩体开挖卸荷和桩身锚索均未施工的情况下，坡脚失去有效支撑，坡体沿着该软弱结构面，加速蠕变，急需对边坡进行加固治理，防止出现滑面贯通，边坡失稳。

4 治理措施

4.1 应急方案

（1）坡脚反压：反压平台宽度 17m，反压高度 14m。

由图 9、图 10 可以看出，在坡脚反压后，冠梁和坡体变形趋于稳定。

（2）完善坡体排水体系：对现有截排沟进行修复和完善，防止降雨冲刷和入渗坡体。

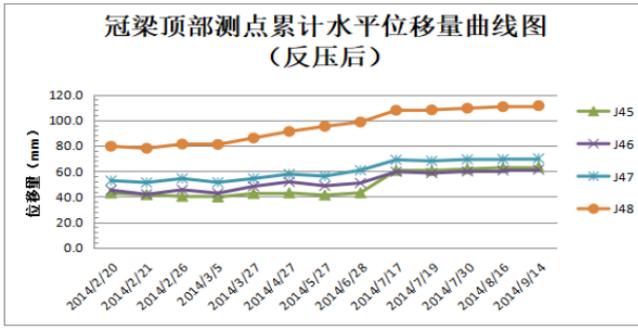


图9 冠梁顶部测点累计位移曲线图(坡前反压后)

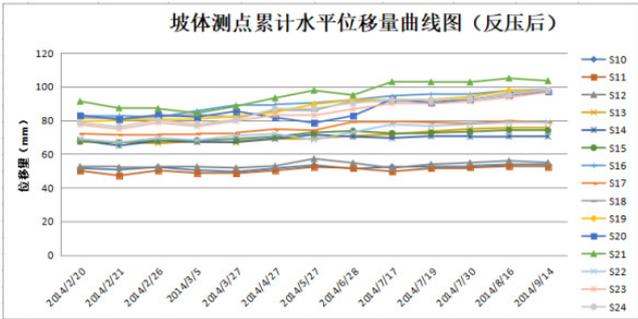


图10 坡体测点累计位移曲线图(坡前反压后)

4.2 稳定性计算

4.2.1 软弱结构面强度指标

本次软弱结构面参数的选取,根据试验测试成果,同时结合桩身被剪断所需剪力,进行反演分析。分析结果见表1。

表1 软弱结构面参数表

软弱结构面 抗剪强度	天然状态		饱和状态	
	黏聚力 (kN/m ²)	内摩擦角 (°)	黏聚力 (kN/m ²)	内摩擦角 (°)
	16.0	9.6	14.0	9.1

4.2.2 稳定性分析

在考虑桩前反压土体的被动土压力的情况下,抗滑稳定性计算结果见表2。

表2 抗滑稳定系数计算结果表

工况	抗滑稳定系数	抗滑稳定设计安全系数	安全状态
设计工况(基本荷载)	1.12	1.3	基本稳定
校核工况(基本荷载+降雨荷载)	0.99	1.25	不稳定

设计工况和校核工况的抗滑稳定系数均小于相关规范的要求,需对该边坡进行治理。

4.3 治理措施

(1) 抗滑桩+锚索:在断桩正后方平台(标高43m),施工一排抗滑桩+锚索,抗滑桩直径1.5m,间距3.0m,长度25m;冠梁上布置一排锚索,长度38m,间距2.5m。

(2) 锚索:第一段B区反压区以外的抗滑桩,按原设计施工锚索。

(3) 坡脚挡土墙:坡脚悬臂式挡土墙,高度5m。

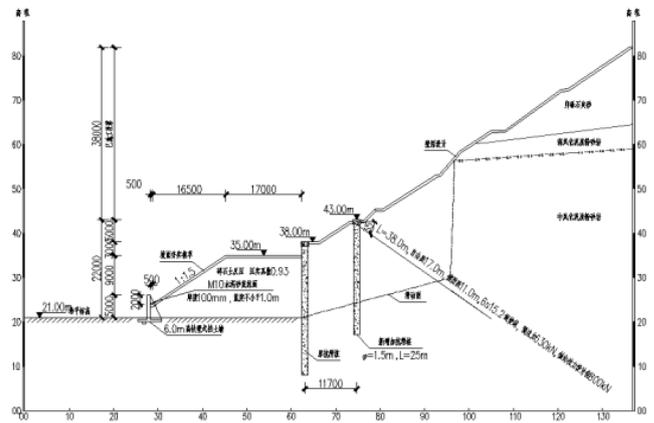


图11 支护剖面图

通过上述治理措施,设计工况和校核工况的抗滑稳定系数分别达到1.59、1.26,均满足规范要求。

5 结论及建议

(1) BZ25 ~ BZ39 抗滑桩剪断处中风化泥质粉砂岩所夹薄层泥岩,在地下水的长期作用下,岩体软化和泥化作用明显,为软弱结构面,再加上地下水对结构面的润滑作用,进一步恶化结构面的抗剪能力;在坡脚岩体开挖卸荷和桩身锚索未施工的情况下,坡脚失去有效支撑,坡体沿着该软弱结构面,加速蠕变。

(2) 在采用坡脚反压的应急措施后,整体位移时程曲线的曲率较小,冠梁和坡体变形趋于稳定。

(3) 在考虑桩前反压土体的被动土压力的情况下,对其进行抗滑稳定系数计算,结果显示设计工况和校核工况的抗滑稳定系数均小于相关规范的要求,需对该边坡进行治理。

(4) 在采用桩锚+坡脚反压+坡面绿化+坡脚护脚墙+完善坡体排水体系的支护措施后,设计工况和校核工况的抗滑稳定系数分别达到1.59、1.26,均满足规范要求。

参考文献:

- [1] 滑坡防治设计规范(GB/T 38509-2020) [S]. 中国标准出版社, 2020.
- [2] 建筑边坡工程技术规范(GB 50330-2013) [S]. 中国建筑工业出版社, 2014.
- [3] 编委会. 工程地质手册(第五版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [4] 张卓元、王士天、王兰生、黄润秋、徐强、陶连金. 工程地质分析原理 [M]. 北京: 地质出版社, 2016.