

文章编号: 1674—8247(2018)03—0028—03

高烈度地震区强膨胀土路堑高边坡设计探讨

封志军 王毅敏 曾 锐 薛 元 刘 漫

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:西南山区铁路路基工程由于受高速铁路线性、站场位置等因素控制,不可避免会遇到边坡高度超常规情况。云桂铁路昆明南车站中强膨胀土路堑高边坡近 50 m,地质条件较差,岩土力学强度低,又处于高烈度地震区。针对该路堑高边坡,文章研究了桩板墙强支挡结构结合缓边坡、大平台、坡面框架锚杆的综合处理措施确保该高烈度地震区中强膨胀土路堑边坡长期稳定,可为同类工程提供技术参考。

关键词:中强膨胀土;路堑高边坡;桩板墙

中图分类号:U213.5 **文献标志码:**A

The Design for Strong Expansive Soil High Cutting Slope in High Intensity Earthquake Area

FENG Zhijun WANG Yimin ZENG Rui XUE Yuan LIU Man

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

28

Abstract: For the railway subgrade engineering in southwestern mountainous area, unconventional slope height cannot be avoided because of the controlling factors such as railwayline, station yard sites, etc. The strong expansive soil cut high slope of Kunming south station on Yun Gui railway is about 50 m, which is in high intensity seismic region with poor geological conditions and low soil mechanics intensity. So the combined treatment measures of strong retaining structure of slab-pile wall are combined with slow slope, large platform and slope frame anchor are studied to ensure long-term stability of strong expansive soil cut high slope in high-intensity earthquake zone has-expansion soil. It can provide technical reference for similar projects.

Key words: strong expansive soil; high cutting slope; pile-sheet wall

1 工程概况

云桂线昆明南站为枢纽内新建客运站,位于昆明呈贡新城,距新建的昆明市行政中心约 3 km、滇池约 7 km,距昆明站约 28 km(铁路里程)。昆明南站主要办理云桂、昆玉、渝昆、成昆、沪昆客运专线客车作业。车站北端衔接沪昆客运专线、渝昆、枢纽客车线及车底出入段线,南端衔接云桂、昆玉线,按 16 台 30 线(含正

线)规模设计。东南环线接入昆明南车站 DK 78 + 130 ~ JDK 0 + 875.75 右侧,长 462 m。该段以挖方形式通过,路堑中心最大开挖高度为 16.5 m,右侧挖方边坡高达 48.7 m。

2 工程地质条件

据地勘资料揭示,工点主要不良地质为第三系膨胀土(N_2),呈灰、灰绿、灰白、蓝灰、棕黄、灰黄、褐红

收稿日期:2017-04-01

作者简介:封志军(1979-),男,高级工程师,注册土木工程师(岩土)。

基金项目:铁道部科技研究开发计划(2010G016-B)

引文格式:封志军,王毅敏,曾 锐,等. 高烈度地震区强膨胀土路堑高边坡设计探讨[J]. 高速铁路技术,2018,9(3):28-30.

FENG Zhijun, WANG Yimin, ZENG Rui, et al. The Design for Strong Expansive Soil High Cutting Slope in High Intensity Earthquake Area[J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(3): 28-30.

色,硬塑状,局部呈半干硬状,略具成岩作用。勘察期间工点范围共取 323 组上第三系茨营组(N₂)黏土做膨胀性试验,结果如表 1 所示。

表 1 膨胀土物理力学指标

自由膨胀率 F_s /%	阳离子交换量 CEC(NH ₄ ⁺) / (mmol/kg)	蒙脱石 M /%	重度 γ / (kN/m ³)	粘聚力 C / kPa	内摩擦角 φ /(°)
24 ~ 105	116 ~ 537	4.8 ~ 50.3	19	42	12.6

本地区膨胀土大气影响深度为 5 m,大气影响急剧层深度为 2.25 m。地震动峰值加速度为 0.20 g。地震动反应谱特征周期 0.45 s。

3 设计需解决的问题

膨胀土具有吸水膨胀、失水收缩和反复胀缩变形、浸水力学强度衰减、干缩裂隙发育等特性,性质极不稳定^[1-4],膨胀土地区路基边坡位移、开裂、溜坍等病害屡有发生,且往往成群出现,危害性大^[5-7]。就本强膨胀土边坡而言,要重点解决以下几个问题:

(1)路堑高边坡达 48.7 m,膨胀土力学强度低,如

- 处理不到位,极易出现边坡变形、开裂、溜坍。
- (2)工点处于昆明南进站端,紧邻云南师范大学及东二环市政道路,景观要求高。
- (3)工点地震动峰值加速度为 0.20 g,属高烈度地震区。
- (4)该路堑边坡切断既有沟槽,需对既有排水系统进行系统调整,以防止大量表水排入路堑,冲毁边坡。
- (5)边坡顶部为地方混凝土搅拌厂,边坡工程不得影响该搅拌厂的生产。

4 设计方案稳定性分析

初步确定的整体加固方案为,于边坡坡脚设置 1 排路堑桩板墙,挂板高度 4 m,板顶以上分级刷坡,坡率 1:2,单节边坡高度 6 m,每级边坡之间设 5 m 宽平台,自下而上第三、四级平台之间设 10 m 宽大平台。自下而上第二、三级之间,第四、五级边坡平台之间增设预加固桩,如图 1 所示。

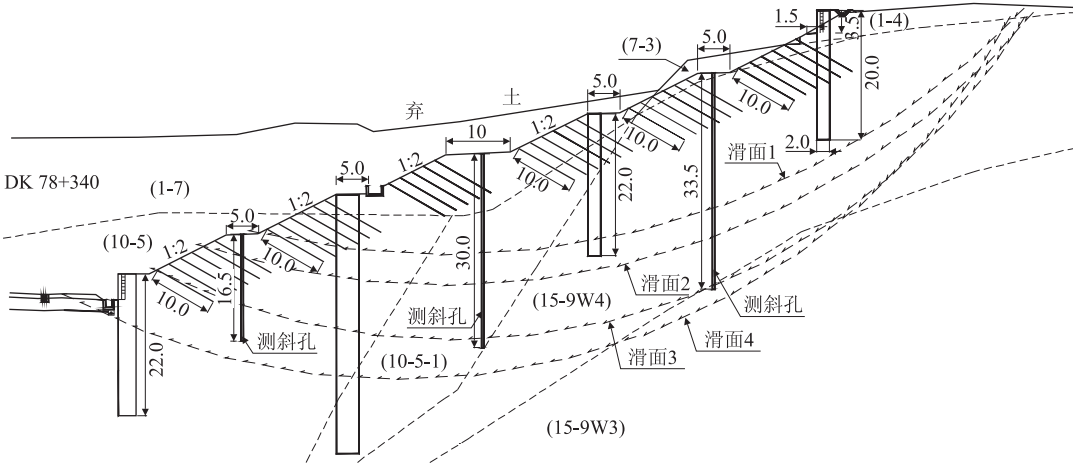


图 1 边坡滑面示意图(m)

对以上方案进行稳定性分析,结果如表 2 所示,开挖后未施作支挡的情况下,边坡稳定系数为 0.98,边坡处于不稳定~欠稳定状态;在设计安全系数 1.15 的情况下,设计水平推力为 440~1 900 kN/m,需在边坡中部设置 2 排抗滑桩来共同分担,同时防止越顶破坏^[8-11],计算滑面如图 1 所示。

表 2 设计方案稳定性分析结果一览表

滑面	安全系数 k	设计下滑力 $F(k=1.15, A_g=0.2g)$
1	1.15	0
2	1.13	440
3	1.1	957
4	0.98	1 900

5 工程加固防护措施

5.1 工程整体加固措施

- (1)整体加固方案如本文第 4 节所述。
- (2)坡面采用锚杆框架梁防护,节点间距 2 m,锚杆长 10 m。
- (3)为不影响既有地方水泥搅拌厂的正常运营,在搅拌站范围内的路堑顶设置桩板墙封顶,挂板高度 3 m。
- (4)于第二级边坡顶部平台处设置 1.2 m×2 m 钢筋混凝土沟,将工点小里程端自然沟槽表水顺路堑排出。

工点共设计锚固桩 174 根,最大边坡高度 48.7 m,工程措施代表性断面如图 1 所示。

5.2 细节工程处理措施

(1) 侧沟(边坡)平台设计应考虑竖向膨胀力的影响,其下部应设置 0.2~0.3 m 厚减胀层,如图 2 所示。具体结构包括面层、隔水层、减胀层 3 个部分,面层采用圬工封闭,厚 20~30 cm,隔水层由 1 层防水土工膜构成,下部减胀层采用 20 cm 二八或三七灰土,厚 20 cm。边坡平台宽度一般不小于 3 m。

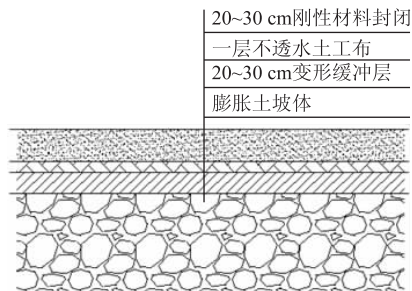


图2 平台缓冲层设置

(2) 侧沟平台应与侧沟一次性浇筑为整体。中、强膨胀土地段侧沟平台应采用钢筋混凝土板。

(3) 边坡平台应与边坡防护措施(锚杆框架梁、骨架护坡)基础或镶边设计为整体,并一次性浇筑。

6 边坡变形监测

6.1 监测点布置

根据工点情况,选取了 3 个断面进行变形监测,每个断面设置 3 处深层位移监测孔(测斜孔),以观测整个边坡变形发展规律,测斜孔断面上的布置如图 1 所示。

6.2 监测结果

选取代表性的两个测斜孔的位移监测资料进行说明,其中 3 号测斜孔位于自下而上第五级边坡顶部平台上,监测数据时间段为 2014 年 5 月至 2016 年 2 月,9 号测斜孔位于自下而上第一级边坡顶部平台上,监测数据时间段为 2015 年 9 月~2016 年 2 月。测斜孔位移监测曲线如图 3、图 4 所示。

数据显示,边坡开挖过程中,3 号孔最大变形量为 57 mm,位于孔口以下 10~12 m 处,且在 2015 年 10 月后变形趋于稳定。反映出整个边坡开挖工程中,下部边坡的开挖,对于上部边坡有较大的影响,边坡中部发生了较大的位移,因此,在边坡中部设置 2 排锚固桩尤为必要。9 号孔最大变形量为 11 mm,位于浅表层,且主要变形发生在表层 5 m 范围内,反映出,边坡浅表层

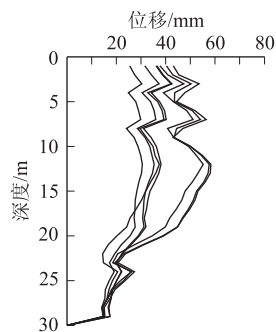


图3 3号测斜孔位移监测曲线

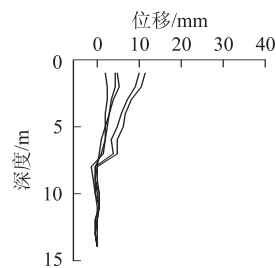


图4 9号测斜孔位移监测曲线

受大气影响有较大的变形,坡面采用框架锚杆防护是必要的。

7 总结

(1) 昆明南膨胀土路堑边坡高度大,强膨胀土力学性质差,边坡处于不稳定~欠稳定状态。

(2) 对于边坡较高的膨胀土路堑高边坡,可根据浅层或深层滑动检算结果,于路堑坡脚或边坡平台设置一排或多排预加固桩、挡土墙,边坡设置宽平台,坡面采用锚杆框架梁、截水骨架护坡防护。

(3) 侧沟平台或边坡平台应考虑竖向膨胀力影响,平台下设置防水层及减胀层,侧沟平台应与侧沟、边坡平台与边坡防护措施一次性整体浇筑。

(4) 工程于 2013 年底开始施工,于 2014 年底完工,至今无任何病害发生,整治效果良好。

参考文献:

- [1] 王叶娇. 降雨对膨胀土路堑边坡的稳定性影响分析[D]. 上海: 上海交通大学, 2013.
WANG Yejiao. Influence of Rainfall on Stability of Expansive Soil Slope[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2013.
- [2] 吕海波, 曾召田, 赵艳林. 干湿交替环境下膨胀土的累积损伤初探[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(6): 199-223.
LV Haibo, ZENG Zhaotian, ZHAO Yanlin. Preliminary Study on Accumulative Damage of Expansive Soil in Alternation of Wetting-drying Environment[J]. Journal of Natural Disasters, 2012, 21(6): 199-223.

(下转第 35 页)

- WANG Fei, ZHUO Yi. Analysis of Impact of Shield Tunneling on Displacement of Existed Bridge Foundation [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2011, 27(6): 14-20.
- [2] 嵇一, 张军, 宋顺忱. 软土地区基坑开挖对临近高铁影响数值仿真分析[J]. 铁道工程学报, 2014, 30(2): 41-47.
- ZHUO Yi, ZHANG Jun, SONG Shunchen. Numerical Simulation and Analysis of Influence of Foundation Pit Excavation on Adjacent High-speed Railway in Soft Soil Area [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2014, 30(2): 41-47.
- [3] JGJ 120-2012 建筑基坑支护技术规程[S].
- JGJ 120-2012 Technical Specification for Retaining and Protection of Building Foundation Excavations[S].
- [4] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- LIU Guobin, Wang Weidong. The Foundation Pit Engineering Handbook[M]. Beijing: Chinese Building Industry Press, 2013.
- [5] 朱瑞钧, 高谦, 齐干. 深基坑支护桩周边建筑物沉降分析[J]. 重庆建筑大学学报, 2006, 28(2): 52-55.
- ZHU Ruijun, GAO Qian, QI Gan. Settlement Analysis on Building near Retaining Pile of Deep Foundation Pit[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2006, 28(2): 52-55.
- [6] 刘玉洲. 相邻高铁桥梁的公路工程施工对其影响分析[J]. 高速铁路技术, 2017, 8(42): 72-75.
- LIU Yuzhou. Analysis on Influence of Highway Engineering Construction on Adjacent High-speed Railway Bridge[J]. High speed Railway Technology, 2017, 8(42): 72-75.
- [7] 费康, 张建伟. ABAQUS 在岩土工程中的应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- FEI Kang, ZHANG Jianwei. Applications of ABAQUS in Geotechnical Engineering[M]. Beijing: China Water Power Press, 2010.
- [8] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].
- TB 10621-2014 Code for Design of High Speed Railway[S].
- [9] 铁运[2012]83号, 高速铁路无砟轨道线路修理规则(试行)[S].
- Tie Yun[2012] No. 83, Repair Rule for Ballastless Track Line of High-speed Railway(Trial) [S].
- (编辑: 车晓娟 苏玲梅)

(上接第30页)

- [3] 唐朝生, 施斌. 干湿循环过程中膨胀土的胀缩变形特征[J]. 岩土工程学报, 2011, 33(9): 1376-1384.
- TANG Chaosheng, SHI Bin. Swelling and Shrinkage Behaviour of Expansive Soil During Wetting-drying Cycles [J]. Journal of Geotechnical Engineering, 2011, 33(9): 1376-1384.
- [4] 杨和平, 肖夺. 干湿循环效应对膨胀土抗剪强度的影响[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2005, 2(2): 1-6.
- YANG Heping, XIAO Duo. The Influence of Alternate Dry-wet Effect on the Strength Characteristic of Expansive Soils [J]. Journal of Changsha University of Science and Technology (Natural Science), 2005, 2(2): 1-6.
- [5] 刘龙武. 公路膨胀土路堑边坡的破坏特征及勘察技术研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2011.
- LIU Longwu. Study on Failure Characteristics and Investigation Technology of Highway Expansive Soil Cutting Slope[D]. Changsha: Changsha University of Science and Technology, 2011.
- [6] 长沙理工大学. 膨胀土地区公路修筑成套技术研究总报告[R]. 长沙: 长沙理工大学, 2007.
- Changsha University of Science and Technology. Road Construction Technology Research in Expansive Soil Area [R]. Changsha: Changsha University of Science and Technology, 2007.
- [7] 冯玉勇, 张永双, 曲永新, 等. 南昆铁路百色盆地膨胀土路堤病害机理研究[J]. 岩土工程学报, 2001, 23(4): 463-467.
- FENG Yuyong, ZHANG Yongshuang, QU Yongxin, et al. Mechanism of Embankment Defects Caused by Expansive Soils in Baise Basin, Nankun Railway [J]. Journal of Geotechnical Engineering, 2001, 23(4): 463-467.
- [8] TB 10001-2016 铁路路基设计规范[S].
- TB 10001-2016 Specification for Railway Subgrade Design[S].
- [9] TB 10035-2006 铁路特殊土路基设计规范[S].
- TB10035-2006 Code for Design on Special Subgrades of Railway [S].
- [10] 李海光, 周德培. 新型支挡结构设计工程实例[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- LI Haiguang, ZHOU Depei. Design and Engineering Practice about New Retaining Structure[M]. Beijing: China Communications Press, 2010.
- [11] TB 10025-2006 铁路路基支挡结构设计规范[S].
- TB 10025-2006 Code for Design on Retaining Structures of Railway Subgrade [S].
- (编辑: 赵立红 苏玲梅)