

文章编号: 1674—8247(2022)02—0100—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2022.02.020

高陡边坡桥台锥坡垮塌病害成因及加固措施

田辉 龚建辉 朱曦

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:本文以成绵乐客运专线悦来乡大桥(DK 281+080.3处)0号桥台锥坡垮塌病害为工程对象,通过对锥坡稳定性及垮塌原因的分析,提出了雨季以混凝土填补空洞及大锚杆+喷锚网临时加固桥台锥坡、旱季以翼缘桩永久加固桥台锥坡的永临结合加固措施。结果表明,采用永临结合的加固措施能有效消除高陡桥台锥坡的安全隐患,保障高速铁路的正常运营。

关键词:高速铁路;高陡边坡;桥台锥坡;垮塌病害;加固措施

中图分类号:U213.1⁺3 文献标志码:A

Cause of Collapse and Reinforcement of Truncated Conical Slope of the Abutment on High and Steep Slopes

TIAN Hui GONG Jianhui ZHU Xi

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

Abstract: Taking the collapse disease of the truncated conical slope of No. 0 abutment of Yuelaixiang Bridge (at DK 281+080.3) on Chengdu-Mianyang-Leshan Passenger Dedicated Line as the engineering object, through the analysis of the stability of truncated conical slopes and the causes of collapse, this paper puts forward the measures of temporary reinforcement of truncated conical slopes of abutment with concrete in the rainy season, temporary reinforcement of truncated conical slopes of abutment with big bolt + shotcrete anchor net and permanent reinforcement of cone slope of abutment with flange pile in the dry season. The results show that the reinforcement measures combining permanent and temporary works can effectively eliminate the hidden dangers of the truncated conical slopes of abutments on high and steep slopes and ensure the normal operation of high-speed railways.

Key words: high-speed railway; high and steep slope; truncated conical slope of abutment; collapse disease; reinforcement measures

作为桥梁的附属工程,桥台锥坡的稳定性对工程安全影响很大,若锥体发生塌陷、溜坡等病害^[1],则可能造成桥台台身和耳背墙出现裂缝或发生断裂,进而影响桥台处路基的稳定性和高速铁路的正常服役功能,甚至引发重大安全事故。

在工程领域,桥台锥坡安全是广大工程技术人员

关注的热点之一,刘高喜^[2]等系统分析了锥坡土体的病害形式、土体病害的影响因素和土体的防护方法;李晓亮等^[3]通过分析山东济青高速公路工程的地理环境特点,探讨了桥台锥坡生态防护在济青高速公路工程中的适用性;于渊卓^[4]结合高速公路扩建工程桥涵基础施工案例,通过对钢板桩组合锚杆防护、双级钢板

收稿日期:2022-03-02

作者简介:田辉(1966-),男,工程师。

引文格式:田辉,龚建辉,朱曦.高陡边坡桥台锥坡垮塌病害成因及加固措施[J].高速铁路技术,2022,13(2):100-103.

TIAN Hui, GONG Jianhui, ZHU Xi. Cause of Collapse and Reinforcement of Truncated Conical Slope of the Abutment on High and Steep Slopes [J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(2):100-103.

桩防护、土钉支护、桩基础防护4种加固措施的比选,认为桩基础方案可彻底消除旧路基安全隐患;葛占钊^[5]探讨了变高围墙锥坡在单孔通道、小桥或桥下净宽受限时的应用,解决了挡土墙的受力问题,并兼顾了经济、美观。

本文以成绵乐客运专线悦来乡大桥0号桥台(DK 281+080.3)锥坡垮塌病害为工程对象,提出了一种有效加固桥台锥坡的措施。

1 高陡桥台锥坡垮塌病害成因分析

1.1 工程概况

成绵乐客运专线悦来乡大桥于2010年10月开工建设,2013年3月建设完成。桥址处地形起伏变化大,相对高差约50 m,自然横坡 $10^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。0号台(DK281+080.3)位于一山脊下方斜坡地带,地面横坡较陡。

施工图设计阶段,在桥头路基右侧设置重力式路堤挡土墙收坡,挡墙端部与桥台之间设置了端墙和锥坡封闭。受长时间强降雨影响,0号台锥坡挡墙垮塌,锥体及局部桥头连接处路基填土随桥台锥坡体一起沿陡坡面滑落,路基护肩下出现3.0 m左右的空洞,桥路分界处电缆检查井处于半悬空状态,如不及时处理,将会对高速铁路运营带来极大的安全隐患。

1.2 工程地质

段内上覆第四系全新统滑坡堆积、人工弃土、人工填土、坡洪积松软土、粉质黏土等,坡残积粉质黏土,下伏基岩为白垩系下统夹关组砂岩(成岩作用差)。

桥台锥坡范围内滑坡堆积体主要为第四系全新统粉质黏土,呈灰褐、灰黄色,软塑,土质不均,以粉质粘土为主,部分为强风化砂岩碎石、角砾等。人工弃土粉质黏土呈褐黄、棕黄色,软塑、松散状,土质不均,以粉质粘土为主,部分为块石、碎石、角砾、混凝土等。人工填土角砾土呈褐灰、灰黄色,中密。砂岩(成岩作用差)呈紫红、褐黄色,粉细粒结构,薄~中厚层状,主要矿物成分为长石、石英,成岩作用差,遇水岩质较软,部分手折可断,胶结性差,局部为泥质胶结,锤击声哑,易风化,局部夹有薄层泥岩。

1.3 地震参数及水文气象条件

桥区地震动峰值加速度为0.10 g,地震动反应谱特征周期为0.40 s。属亚热带湿润季风气候,四季分明,降雨丰沛,光照偏少,雨日多,湿度大。多年平均气温 17.1°C ,年平均降水量1384.8 mm,年均蒸发量617.1 mm,年均相对湿度81%。雨量多集中在6~

9月,占年降雨量的78.5%,以暴雨、大雨为主。

1.4 病害成因分析

0号桥台处地面横坡陡峻,斜坡分布较厚的施工弃土,锥体右侧挡墙基础置于软质岩强风化层上。2019年入汛以后,段内雨日及降雨量较常年偏多,长时间连续降雨致使挡墙基底软化,地基岩土力学指标降低,外侧抗力失效,右侧部分锥体及挡墙发生坍塌,锥体后方填土失去支撑,部分填土失稳坍塌,已成为小型滑坡。

2 桥台锥坡加固设计

病害发生时正值雨季,为避免病害进一步发展威胁高速铁路运营安全,先采用临时措施加固,再进行永久加固。

2.1 临时锚杆加固设计

临时加固措施包括:(1)路肩下漏空部分采用与路肩挡墙植筋后全空洞灌注C35混凝土封闭;(2)锥坡坡面不稳定部分采用大锚杆+喷锚网加固。

2.1.1 推力计算

按安全系数1.15进行计算,得出不稳定体的单位水平下滑推力为140 kN。

2.1.2 锚杆检算

采用“喷锚网”加固方案,锚杆下倾角(与水平面夹角)为 20° 。坡面自上而下共设置16排自钻式锚杆,锚杆水平和垂直间距均为1.1 m,水平方向左右交错布置。锚杆采用ZB38/26自钻式锚杆(锚杆外径38 mm,内径26 mm),杆体抗拉强度不小于180 kN。钻头直径为 $\phi 60$ mm,钻孔直径为 $\phi 65$ mm。锚杆锚入滑动面以下稳定地层中不小于4 m。

①锚杆杆体检算:

单根锚杆承受轴力 N_1 可按式(1)计算:

$$N_1 = FS_x S_y / \cos \beta \quad (1)$$

式中: F ——单根锚杆范围内的水平下滑推力(kN);

S_x, S_y ——锚杆之间的水平和垂直间距(m);

β ——锚杆与水平面的夹角(下倾角)($^{\circ}$)。

则有 $N_1 = 140 \times 1.1 \times 1.1 / \cos 20^{\circ} / 16 = 11.27 \text{ kN} < 180 \text{ kN}$ (杆体轴向抗拉强度设计值),杆体抗拉强度满足设计要求。

②锚杆锚固长度计算

锚杆锚固长度按式(2)和式(3)计算:

$$L_a = \frac{KN_1}{\pi D f_{tb}} \quad (2)$$

$$L_a = \frac{KN_1}{n \pi d \xi f_b} \quad (3)$$

式中: L_a ——锚固段长度;

K ——安全系数,取 2.5;

D ——锚固体直径(mm);

d ——锚杆直径(mm);

n ——钢筋根数;

f_{tb} ——注浆体与锚孔壁之间黏结强度设计值(MPa);设计值可按标准值的 0.8 倍采用;标准值可根据文献[6]附表 C.0.1 采用,取 0.05 MPa;

f_b ——砂浆与锚杆间的黏结强度设计值(MPa),根据文献[6]附表 C.0.2,取 2.7 MPa;

ξ ——采用两根或两根以上钢筋时,介面粘结强度降低系数,取 0.6~0.85。

由式(1)计算可得, $L_a = 2.5 \times 11.27 \times 1\,000/3.14/65/0.05/1\,000 = 2.21\text{ m} < 4\text{ m}$,满足设计要求。由式(2)计算可得, $L_a = 2.5 \times 11.27 \times 1\,000/1/3.14/38/2.7/1\,000 = 0.09\text{ m} < 4\text{ m}$,满足设计要求。因此,锚杆锚固段长度按规范[7]要求“土层锚杆的锚固段长度不应小于 4 m”设计。

2.1.3 加固措施

清理浮土后,先在路肩挡土墙上植筋,再采用 C35 混凝土填补路肩下漏空部分平整。

桥台锥坡及斜坡坡面临时加固平面如图 1 所示,采用喷锚网护坡和喷射混凝土护坡进行加固。护坡混凝土厚度均为 10 cm,分区对锥坡和斜坡坡面分两次喷射,混凝土中间夹一层镀锌机编钢丝网,镀锌钢丝抗拉强度不小于 380 N/mm^2 ,镀锌量不少于 110 g/m^2 。喷锚网护坡范围内设置自钻式锚杆,锚杆与水平面夹角(下倾角)均为 20° ,间距均为 1.1 m。A 区桥台锥坡范围内锚杆长 6 m,锚孔方向与线路平行,其余区域内锚杆方向与 A-A 轴平行,锚杆长度 7~12 m,锚杆及锚孔内采用 M35 水泥砂浆灌注。临时加固横断面如图 2 所示。

2.2 永久加固工程设计

待临时加固工程施工完成且达到设计要求后再永久加固工程。在挡墙端部设置翼缘桩,对墙背与桥台间空隙进行封闭。翼缘桩采用 $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ 的矩形截面,桩长 20.0 m,两侧设置整体面板翼缘,厚 0.5 m,采用 C35 混凝土与桩身一体浇筑。翼缘桩与线路呈 55° 夹角,桩身两侧翼缘分别与桥台和挡土墙相接,如图 3 所示。翼缘与桥台相接处设置 2 cm 宽的伸缩缝,采用沥青木板填塞。在与挡土墙相接处,采用植筋的方式预先在挡土墙端部植入两排 0.7 m 深 HRB400

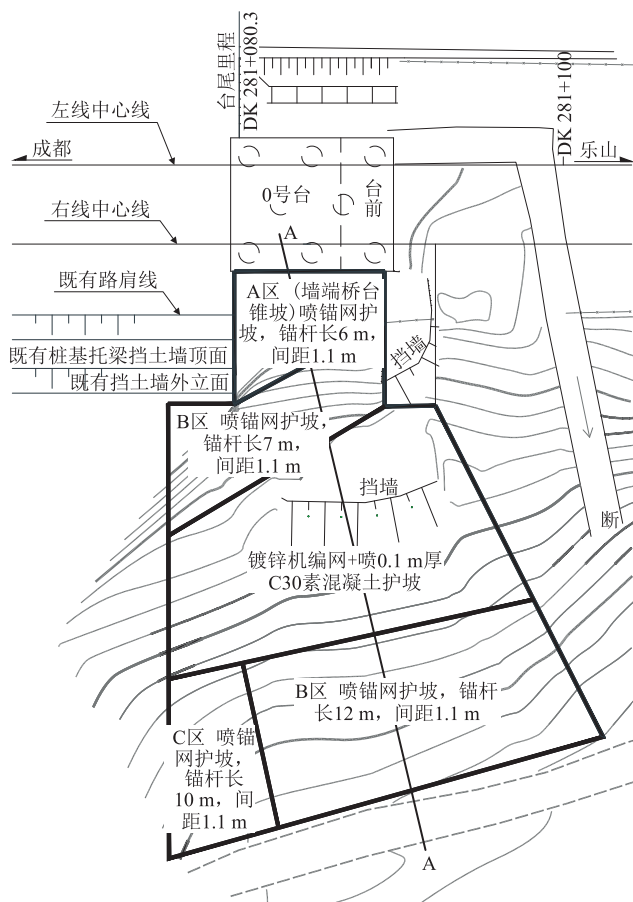


图1 临时加固平面示意图

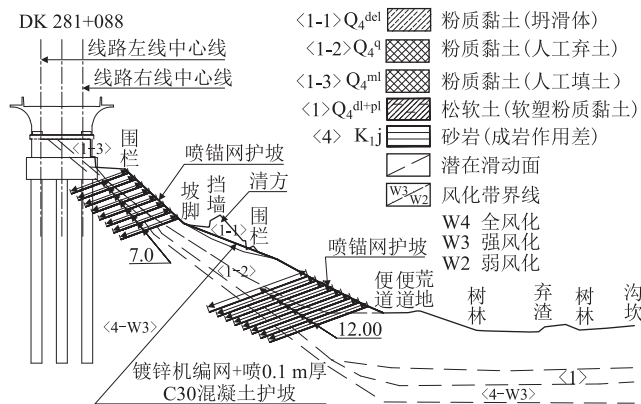


图2 临时加固断面图(m)

$\phi 25\text{ mm}$ 连接钢筋,将挡土墙与挡土板连成一体。连接钢筋长 1.4 m,竖向间距 0.5 m,挡墙钢筋植入段钻孔内采用 A 类锚固胶填充。翼缘高度、宽度可根据桥台尺寸、实际地形进行调整,翼缘桩不得与桥台冲突。永久加固断面如图 4 所示。

3 结束语

高陡边坡桥梁锥坡是桥路设计分界处的一个薄弱

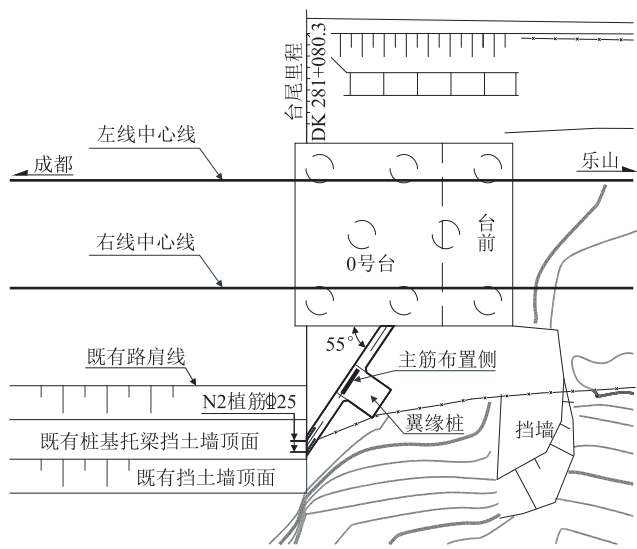


图 3 永久加固工程平面设计示意图

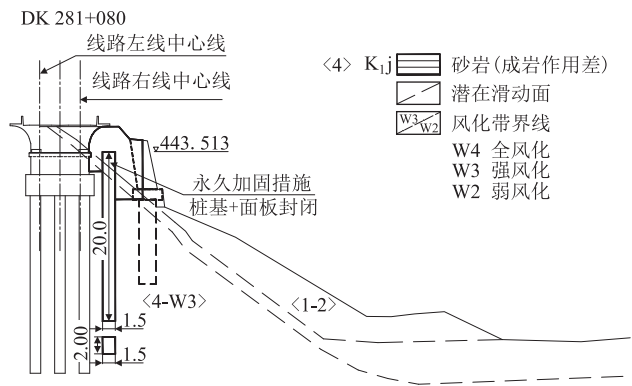


图 4 永久加固工程断面设计图(m)

环节,锥体在长期雨水浸泡下极易发生垮塌,对桥路分界处的路基造成极大的安全隐患。因此,高陡边坡桥台锥坡设计设置挡墙时,若未设置锚固桩,挡墙基础必须置于基岩面以下。

高陡边坡桥台锥坡,因降雨遭遇失稳威胁时,可在雨季以混凝土填补空洞及大锚杆+喷锚网的临时措施加固桥台,再于旱季以翼缘桩进行永久加固,这种永临

结合的加固措施能有效消除高陡桥台锥坡的安全隐患。

参考文献:

[1] 胡鹏. 高速公路桥台土质锥坡稳定性及综合防护研究[D]. 合肥:安徽建筑工业学院,2011.
HU Peng. Study on Stability and Comprehensive Protection of Freeway Bridge Soil Conical Slope[D]. Hefei: Anhui Institute of Architecture and Technology, 2011.

[2] 刘高喜,杨宇汀,任旭冉. 桥台锥坡土体病害及防护措施分析[J]. 创新科技,2013(5): 69.
LIU Gaoxi, YANG Yuding, REN Xuran. Analysis of Soil Damage and Protective Measures of the Truncated Conical Slopes of Abutment[J]. Science New Ground, 2013(5): 69.

[3] 李晓亮,王艳英,刘广波,等. 桥台锥坡生态防护设计及在济青高速公路工程中的适用性分析[J]. 公路交通科技(应用技术版),2018,14(5): 29-31.
LI Xiaoliang, WANG Yanying, LIU Guangbo, et al. The Ecological Protection Design of Truncated Conical Slopes of Abutment and Its Applicability Analysis in Jinan-Qingdao Expressway Project[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development (Application Technology), 2018, 14(5): 29-31.

[4] 于渊卓. 高速公路改扩建工程中桥(涵)台锥坡及基坑开挖防护方案浅析[J]. 公路,2012,57(2): 135-137.
YU Yuanzhuo. Analysis of Protection Scheme for Truncated Conical Slopes of Abutment and Foundation Pit Excavation of Bridge (Culvert) Abutment in Expressway Reconstruction and Extension Project[J]. Highway, 2012, 57(2): 135-137.

[5] 葛占钊. 变高围墙锥坡在桥梁中的应用[J]. 中外公路,2019,39(3): 135-138.
GE Zhanzhao. Application of Enclosure Conical Slope with Variable Height in Bridge Design[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2019, 39(3): 135-138.

[6] TB 10025-2019 铁路路基支挡结构设计规范[S].
TB 10025-2019 Code for Design Retaining Structure of Railway Subgrade[S].

[7] GB 50330-2013 建筑边坡工程技术规范[S].
GB 50330-2013 Technical Code for Building Slope Engineering[S].