

文章编号: 1674—8247(2020)03—0071—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.03.015

高陡不稳定路堑边坡加固技术探讨

龚建辉

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:高陡边坡岩土体的失稳对铁路安全运营影响极大,亟需研究一种合理的高陡不稳定路堑边坡的加固措施。本文结合川藏铁路拉萨至林芝段的建设,提出了一种综合运用矩形桩、钻孔桩(圆桩)、纵梁及横梁的新型框架结构,并以该结构加固雅鲁藏布江沿岸某高陡不稳定边坡路堑,结果表明新型框架结构不仅能有效解决侧边坡覆盖层稳定性控制问题,还能消除高陡危岩落石的砸打威胁。研究成果可为川藏铁路雅安至林芝高陡自然边坡的加固设计提供参考。

关键词:铁路;高陡自然边坡;路堑;加固技术

中图分类号:U213.1+3 **文献标志码:**A

Discussion on Reinforcement Technology of High and Steep Unstable Cutting Slope

GONG Jianhui

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

Abstract: The instability of rock and soil mass of high and steep slope has a great influence on the safe operation of railway, so it is urgent to study a reasonable reinforcement measure for high and steep unstable cutting slope. Combine with the construction of Lhasa-Nyingchi section of Sichuan-Tibet railway, this paper presents a new type of frame structure with rectangular piles, bored piles (round pile), longitudinal beams and cross beams to reinforce a high and steep unstable slope cutting along the Yarlung Zangbo River. The results show that the new frame structure can not only effectively solve the stability control problem of the side slope overburden, but also eliminate the threat from high and steep rock falling rocks, and can also provide reference for the reinforcement design of the high and steep natural slopes in Ya'an-Nyingchi section of Sichuan-Tibet railway.

Key words: railway; high and steep natural slope; cutting; reinforcement technology

高陡边坡岩土体的失稳对铁路安全运营影响极大,因此,随着高速铁路建设,人们越来越关注高陡不稳定路堑边坡的加固问题。

目前,针对高陡边坡的稳定性,多位专家学者开展了系列研究并取得了一定成果。如杨杰等人^[1]从坝

体领域归纳了高陡边坡研究方向亟需解决的4个关键问题,即时变监控方法、高精度数值仿真、智能优化反分析和边坡对坝体影响的理论计算方法,认为应进一步开展高陡边坡与坝体间相互影响机制及加固措施研究;罗光财等人^[2]采取传统极限平衡法与有限元强度

收稿日期:2019-11-04

作者简介:龚建辉(1979-),男,高级工程师。

引文格式:龚建辉.高陡不稳定路堑边坡加固技术探讨[J].高速铁路技术,2020,11(2):71-74.

GONG Jianhui. Discussion on Reinforcement Technology of High and Steep Unstable Cutting Slope [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(2): 71-74.

折减相结合的手段评估了高陡边坡稳定性,认为降雨等因素对边坡稳定性影响显著,极限平衡法与有限元强度折减相结合的手段适用于高陡边坡的安全性评估;段旭等人^[3]通过微型群桩支护高边坡的物理模型试验,研究了微型群桩在高陡边坡支护中的受力变形状态,认为钢管微型群桩对高陡边坡的支护效果较好,但处理深度不足,地形较陡时施工难度大。

在铁路工程建设过程中,不可避免地铺设大量路基^[4]。铁路路基工程应同时满足承载力、稳定性及变形控制等要求^[5],上述三者中任一因素不能满足要求均会危及铁路运营安全,特别是高边坡失稳,对铁路安全影响极大。如成昆铁路2019年8月发生高位崩塌,造成重大安全事故,导致成昆铁路长时间断道,严重危及旅客安全和正常出行。因此,铁路边坡加固,尤其是高陡不稳定路堑边坡的有效加固事关重大。本文对川藏铁路拉萨至林芝段DK 401+840~DK 402+036段高陡不稳定路堑边坡的加固问题进行探讨,成果可为川藏铁路雅安至林芝段建设提供参考。

1 工程概况

川藏铁路拉萨至林芝段(以下简称“拉林铁路”)位于青藏高原东南部,属冈底斯山与念青唐古拉山、喜马拉雅山之间的藏南谷地。拉林铁路沿线受雅鲁藏布江及其支流切割控制,山高谷深,峰峦叠嶂排列,沟谷纵横狭窄,气候极端恶劣,山脉呈东西向纵贯延展,谷岭相间,地势起伏跌宕。

拉林铁路DK 401+840~DK 402+036段路基紧邻S306省道,长196 m,线路以半填半挖路基形式通过。该段地貌属高山宽谷区,路基工程从雅鲁藏布江左岸陡峻山坡坡麓地带通过。段内自然边坡为“陡-缓”单面坡地形结构,坡度为35°~50°,局部可达65°,线路标高2 942 m,坡顶标高3 575 m,线路至坡顶最大高差达633 m,属于典型的单面高陡边坡。线路左侧边坡坡体浅表层岩体强烈风化,节理裂隙极其发育,岩体整体呈碎块状结构,对工程施工已形成极大的安全隐患。

1.1 地质岩性

该段路基左侧自然坡面范围内覆盖层主要为第四系全新统坡残积层粗角砾土,下伏基岩为雅鲁藏布江缝合带之郎县混杂岩组砂质板岩夹板岩。右侧地表为第四系上更新统冲积层的粉、细砂。

左侧自然边坡范围内粗角砾土为稍密状,呈灰色、

稍湿,粒径20~60 mm,颗粒约占总质量50%~60%。岩质成份以弱风化片麻岩为主,呈棱角状~次棱角状,空隙以粉土充填,其厚度为2~6 m,局部厚度较大。板岩呈灰黑色,残余变晶结构,板状构造,矿物成分多为黏土矿物,岩质软,岩芯呈短柱状、碎块状。右侧粉、细砂呈黄褐色,潮湿~饱和,粉细砂约占80%,夹粗圆砾10%,余为中砂等。岩(土)体基本工程力学指标如表1所示。

表1 岩(土)体基本工程力学指标表

岩土类别	$\gamma/(\text{kN}/\text{m}^3)$	$\phi/(^{\circ})$
稍密粉、细砂	19	25
中密粉、细砂	20	32
粉、细砂	21	38
粗角砾	21	37
强风化板岩	22	37
弱风化板岩	24	55

1.2 水文特征及地震动参数

DK 401+840~DK 402+036段地表水主要为沟水,沟中雨季有流水,枯水季节沟中无水,由降雨、融雪补给,主要通过地表径流排泄至雅江。地下水按赋存条件分为第三系及第四系孔隙潜水和基岩裂隙水,第三系、第四系孔隙水主要赋存于第三系更新统冲积及第四系全新统冲积砂层、粗角砾土层中,透水性强、渗透系数大,孔隙水主要来源为大气降水及地表水补给,通过地下孔隙径流排至雅鲁藏布江。基岩孔隙水主要分布于砂质板岩夹板岩中,其水量大小受主要岩层分布面积及裂隙率大小控制。总体来看,由于受到雅鲁藏布江河谷深切作用,地下水埋深大,基岩裂隙水赋存属于中等至强富水性,主要接受大气降水及雅鲁藏布江河流入渗补给。

根据文献[6]可判定,区域地震动峰值加速度为0.30 g,地震动反应谱特征周期值为0.6 s,场地范围内覆盖土类型为中软土及中硬土,综合判别场地类别为Ⅲ类。

1.3 不良地质

受区域构造及浅表生改造作用影响,左侧边坡坡体浅表层岩体风化强烈,节理裂隙发育,岩体整体呈碎块状结构。在标高3 200 m附近,裸露岩体危岩落石现象明显,受降雨影响,边坡山体多处已发生小规模掉块、坍塌现象。基于地形地貌、坡体浅表层岩体特征和线路工程的实际情况,该段路基工程左侧边坡高差大,浅表层岩体结构破碎,为确保施工和运营期间的安全,应对其左侧边坡危岩落石采取一定的防护

措施。

2 加固设计

2.1 方案比选

针对 DK 401 + 840 ~ DK 402 + 036 段的路基加固比选了 3 种方案。(1)左侧设置路堑桩板墙,右侧设置路肩桩板墙,堑顶设置被动网(方案 I);(2)采用明洞通过,明洞靠山侧设置抗滑桩,外侧设置路肩桩板墙,洞顶覆土(方案 II);(3)采用棚洞,左侧设置路堑桩板墙,右侧设置路肩桩板墙,桩顶设置横纵梁并覆土(方案 III)。3 种方案代表性断面(DK 401 + 860 断面)如图 1 ~ 图 3 所示,优缺点对照如表 2 所示。

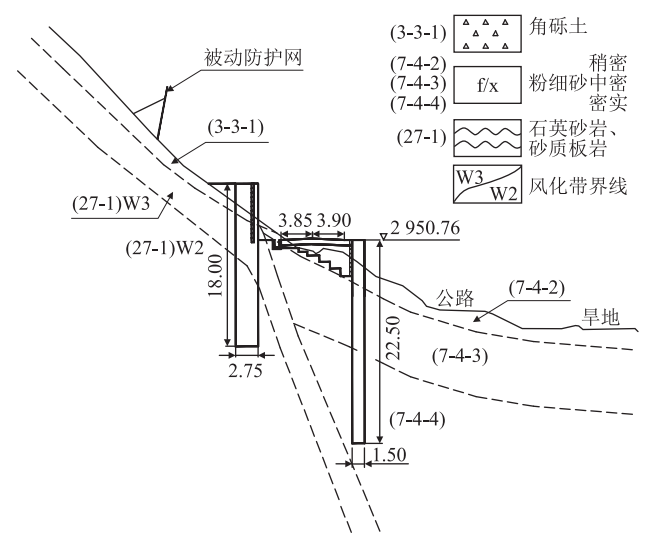


图 1 方案 I 代表性断面图(m)

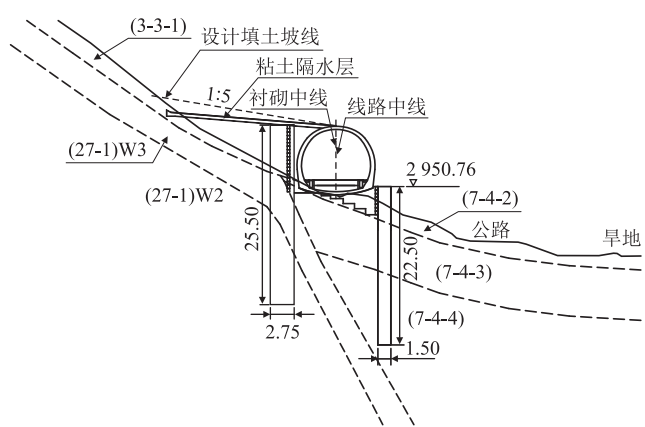


图 2 方案 II 代表性断面(m)

经综合对比,本次设计采用方案 III 对 DK 401 + 840 ~ DK 402 + 036 段路基进行加固。

2.2 线路左侧工程措施

线路左侧靠山侧设置路堑桩板墙,防止左侧自然

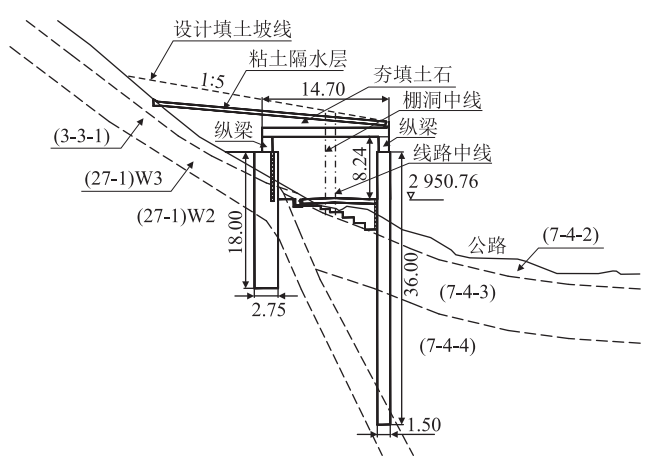


图 3 方案 III 代表性断面(m)

表 2 方案优缺点对照表

方案名称	优点	缺点
方案 I	造价低	(1)无法彻底解决危岩落石问题;(2)自然边坡受降雨影响存在失稳风险;(3)路基存在被掩埋的风险
方案 II	明洞危岩落石防护力强	(1)明洞存在偏压,对基底承载力要求更高;(2)施工需要模板台车,施工工期长,造价高;(3)施工期间对危岩落石无法有效防护
方案 III	能有效解决危岩落石、自然边坡失稳问题,且实施方便,造价适中	施工期间对危岩落石无法有效防护

边坡覆盖层溜滑。桩间距 6 ~ 6.12 m,桩截面采用 1.75 m × 2.5 m ~ 2 m × 3 m 的矩形截面,桩长 15 ~ 24 m,桩顶设置预埋件。

2.3 线路右侧工程措施

线路右侧设置路肩桩板墙,对路堤进行支挡的同时,也可作为上部结构的支撑。路肩桩板墙桩桩长 16 ~ 36 m。路肩以下部分采用钻机成孔,钻孔直径 1.5 m,路肩以上立模浇注为截面 1.5 m × 1.5 m 的方桩。钻孔桩施工过程中,遇松散 - 稍密砂层时,采用钢护筒跟进。桩顶设置预埋件。

2.4 线路上方棚洞措施

于路堑左右两侧桩板墙桩顶设置纵梁,纵梁高 2.0 m,宽 1.2 m,纵梁连接路基左右两侧桩顶预埋件。纵梁顶设置横梁,横梁长 14.7 m,宽 1.2 m,高 4.55 m,横纵梁及路基两侧桩板墙形成棚洞,顶部铺设 EVA 防水板和洞顶回填粘土隔水层进行防水处理。棚洞洞顶中心回填土厚 1.5 m(含 0.5 m 粘土隔水层),靠山侧设计回填土坡度 1:5。纵梁、横梁均采用

C35 钢筋混凝土灌注。

3 结论

雅鲁藏布江沿岸山高谷深,山体受地质构造及昼夜温差等内外动力作用,岩体极易风化剥落形成落石;且山体侧面往往上部呈“高陡”特征,自然坡面表面覆盖层的内摩擦角常小于山体坡度,稳定性差。因此,该地区的工程一方面可能面临侧边坡覆盖层稳定性控制问题,同时也极易遭受高陡危岩落石的砸打威胁。

鉴于该地区地表主要为砂土,人工挖孔桩容易塌空变形,本文通过创新设计,提出了一种综合运用矩形桩、钻孔桩(圆桩)、纵梁及横梁的框架结构,以解决上述两大难题,该结构具有以下优点:

(1)通过纵梁及横梁将前后桩体连接成整体,形成框架结构,大幅度提高了结构的整体刚度,纵梁及横梁可将上部荷载传递至前后桩基,实现荷载的有效分散。

(2)该结构与隧道或明洞方案相比在经济、采光及通风等方面均具有一定的优势。明洞本身不能抵抗滑坡体的下滑力,仍需在明洞靠山侧设置多排抗滑桩作为支护措施。本文提出的框架结构兼有明洞和抗滑功能,采光效果好,更为经济合理。因此,无论是在结构受力方面,还是在工程造价方面,框架结构都是较佳的处理方案。

(3)解决了传统危岩落石处理难题。新型框架结构通过在结构顶部铺设 EVA 防水板和洞顶回填粘土隔水层,棚洞洞顶回填土层并在靠山侧设计坡度 1:5 的回填土,使顶部结构不仅起到防水的作用,还可避免靠山侧危岩落石直接击中线路,快速将危岩落石引至

低洼处。

本文结合川藏铁路拉萨至林芝段建设,以实际工程案例验证了新型框架结构的可行性,结果表明,该结构能有效加固高陡边坡路基,成果可为川藏铁路雅安至林芝高陡边坡加固设计提供参考。

参考文献:

- [1] 杨杰,马春辉,程琳,等.高陡边坡变形及其对坝体安全稳定影响研究进展[J].岩土力学,2019,40(6):2341-2353.
YANG Jie, MA Chunhui, CHENG Lin, et al. Research Advances in the Deformation of High-steep Slopes and Its Influence on Dam Safety [J]. Rock and Soil Mechanics, 2019, 40(6): 2341-2353.
- [2] 罗光财,陈森权,危春华,等.强降雨下软弱高陡边坡安全性评估方法研究[J].土工基础,2018,32(5):532-535.
LUO Guangcai, CHEN Miaoquan, WEI Chunhua, et al. Stability Evaluation of Weak Slopes under Heavy Precipitation [J]. Soil Engineering and Foundation, 2018, 32(5): 532-535.
- [3] 段旭,高洁,门玉明,等.微型群桩预支护高陡边坡模型试验研究[J].防灾减灾工程学报,2018,38(2):244-250.
DUAN Xu, GAO Jie, MEN Yuming, et al. Study on Model Test of High and Steep Slope Pre-supported by Micro Pile Group [J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2018, 38(2): 244-250.
- [4] 龚建辉,孙晓.川藏铁路隧道洞口高陡自然边坡加固技术[J].四川建筑,2019,39(3):78-80.
GONG Jianhui, SUN Xiao. Reinforcement Technology of High and Steep Natural Slope at the Tunnel Entrance of Sichuan-Tibet Railway [J]. Sichuan Architecture, 2019, 39(3): 78-80.
- [5] TB 10001-2016 铁路路基设计规范[S].
TB 10001-2016 Code for Design of Railway Subgrade [S].
- [6] GB 50111-2006 铁路工程抗震设计规范[S].
GB 50111-2006 Code for Seismic Design of Railway Engineering [S].

(编辑:车晓娟 张红英)