

文章编号:1006-2106(2011)05-0013-04

渝湘高速公路某顺层滑坡渐进 破坏机理及防治措施研究^{*}

吴 坤^{**}

(中铁西北科学研究院有限公司, 兰州 730000)

摘要:研究目的:针对工程隐患较大且整治困难的长大顺层滑坡,深入分析其分段滑动破坏机理,并提出具体施工防治措施。

研究结论:(1) 该长大顺层滑坡的分段渐进性破坏是受应力条件、炭质泥岩软化特征的综合影响,其中炭质泥岩的易滑特征起主导作用,工程建设中应多加重视;(2) 该类滑坡的整治措施,多以抗滑桩为主,但由于目前滑体变形错动较大,且施工工期紧张,实际治理以锚索框架+钢管桩的综合治理为主要方案,且效果较好。

关键词:顺层滑坡;渐进性破坏;机理;防治措施

中图分类号:TU43 **文献标识码:**A

Study on Progressive Destroy Mechanism and Protection Methods for Bedding Plane Landslide

WU Kun

(Northwest Research Institute Limited Company, China Railway Engineering Corporation, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Research purposes: Due to the might-be serious project risk and the difficult remediation of long and large bedding plane landslide, this paper analyzes the sublevel sliding destroy mechanism and proposes protection methods for concrete construction.

Research conclusions: (1) The piecewise progressive destroy results from the combined effect of force condition and the soften characteristics of charcoal mudstone, with slippery characteristics playing a major impact; thus the charcoal mudstone should be paid special attention to in construction. (2) Anti-slide pile is considered as a major remediation towards such landslide, however, because of the landslide's deformation displacement and the limited time, it is better to use the AF&SPP(Anchor Frame and Steel Pipe Piles) methods on landslide management.

Key words: bedding plane landslide; progressive destroy; mechanism; protection methods

针对顺层滑坡,有研究人员综合考虑顺层滑坡的加固难度及其失稳滑移机理,将坡长大于 100 m 的顺层滑坡定义为长大顺层滑坡^[1]。长大顺层滑坡往往坡度平缓,设计施工过程中其危害性易被忽视。部分

即使认识到长大顺层滑坡的危害性,但具体分析、怎样防治也一直是困扰工程界的难题^[2-3]。遇到这类问题,目前规范中的处理方法是把路堑开挖后长大顺层滑坡的失稳长度均当作 50 m,并在此基础上作支挡

* 收稿日期:2011-04-25

** 作者简介:吴坤,1985 年出生,男,助理工程师。

设计,但此种方法没有理论根据,既不安全也可能不经济^[4-5]。国内外针对长大顺层滑坡的开挖破坏机理目前还没有深入的研究,本文结合新建渝湘高速公路一处典型长大顺层滑坡整治工程,深入分析其开挖滑动破坏机理,并结合相应的施工整治措施提出长大顺层滑坡的防治建议。

1 工程概况

新建渝湘高速公路黔江某里程段为一挖方路段,自然边坡单斜,挖方造成长 400 多米的顺层路堑边坡。受施工及强降雨影响,该段顺层路堑自 2007 年开挖以来,边挖边滑。经多次整治,于 2010 年 10 月才基本稳定,严重影响了渝湘高速顺利贯通。该长大顺层滑坡在施工整治过程中,出现明显的分层、分段滑移,呈局部累积渐进性破坏。

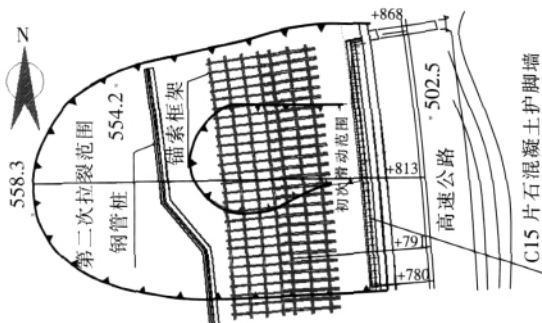


图 1 3 号滑坡平面图

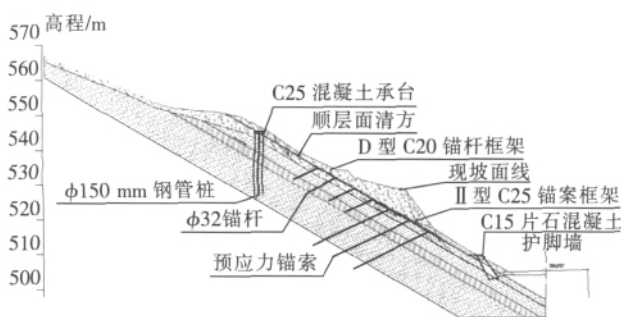


图 2 3 号滑坡纵断面图

2 工程地质条件

该顺层滑坡坡面长 200 m 左右,属构造剥蚀带状斜坡及沟谷地貌,区内地势总体西高东低,南北两侧均为流向近东西向的自然冲沟,边坡后缘较远处地势较缓。自然山坡坡向为与路线基本平行,自然坡度为 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。该段出露的基岩主要为三叠系中统巴东组细砂岩、泥质粉砂岩及炭质泥岩,第四系堆积层为崩坡积块碎石土。其中炭质泥岩为砂岩及粉砂岩的夹层,

以灰黑色、深黑色为主,炭质结构,薄层状构造,强风化呈砂黏土夹角砾状,由于受构造作用的影响,挤压、揉皱强烈,局部路段岩体结构已破坏,呈泥状。

坡体岩层产状为 $280^{\circ} \angle 21^{\circ} \sim 33^{\circ}$,同时其发育一组 X 型剪节理,其中 J1: $203^{\circ} \angle 72^{\circ} \sim 80^{\circ}$,间距 1.0 ~ 2.5 m,延伸 10 ~ 15 m,裂隙张开度 1 ~ 15 mm,裂面粗糙,局部充填黏性土,结合一般,属硬性结构面。J2: $316^{\circ} \angle 65^{\circ} \sim 73^{\circ}$,间距 0.7 ~ 3.0 m,延伸 5.0 ~ 13.5 m,裂面平整,局部微张,有少量黏土充填,裂隙张开度 2 ~ 13 mm,结合一般,属硬性结构面。层面结合差,多充填黏性土。滑坡区基岩的完整程度为较破碎。地下水主要为孔隙水和基岩裂隙水。

3 滑体破坏情况及破坏机理分析

3.1 破坏情况

该顺层路堑在开挖过程中呈现前段先拉裂破坏,后段逐步破坏的渐进性破坏特点。首先破坏的前段滑体长 48 m,宽 20 ~ 30 m,厚 10 m 左右,整体呈条形,下部较宽。其滑带为灰黑色泥岩夹层,现场调查有明显的擦痕等变形迹象,滑体两侧受近垂直节理控制,破坏范围较规则如图 3(a) 所示。前段坡体破坏过程中,后段坡体未同时滑动,仅在坡顶产生少量后缘拉裂缝,待前段坡体产生破坏后,经数场强降雨作用,后段坡体开始滑移错动,整体滑移范围距坡体前缘 150 m 左右如图 3(b) 所示。



(a) 前段破坏



(b) 后段破坏

图 3 坡体渐进性破坏过程

3.2 破坏机理分析

该段坡体的变形仍为顺层岩石滑动变形,其滑动面为灰黑色的炭质泥岩,该层炭质泥岩的软化作用及路堑挖方卸载是导致坡体破坏的两个主要原因。其中路堑挖方卸荷造成了顺层坡体产生了大量临空面,对顺层边坡的应力场产生改变,在前段形成局部应力集中段,部分研究表明,该段长度大约为前缘40 m左右^[1]。另外炭质泥岩的软化作用,是产生如此大规模滑动及分段滑动破坏的主要原因。据现场调查层间炭质泥岩的泥化效应已经十分明显,受当地的暴雨影响,暴雨时大气降水难以尽快排出坡体,使得大量雨水下渗至相对隔水的炭质泥岩顶面汇集,软化泥岩表层,降低其抗剪强度。且应力集中效应造成炭质泥岩夹层产生顺层大变形,其强度迅速从峰值强度衰减至残余强度,产生应变软化现象。室内试验表明在应变软化过程中泥化夹层在剪切位移进入3~4 mm时,即进入残余应力状态,剪切强度参数由 $\varphi_p = 18^\circ$, $c = 20$ kPa,降至 $\varphi_r = 15^\circ$, $c = 0$ kPa,如图4所示,由此更加促进了前段应力集中段的坡体持续大变形,直至坡体前段首先产生滑移拉裂破坏。前段坡体破坏后,后段坡体产生临空断面,由此产生新的应力集中,最后至全部破坏。

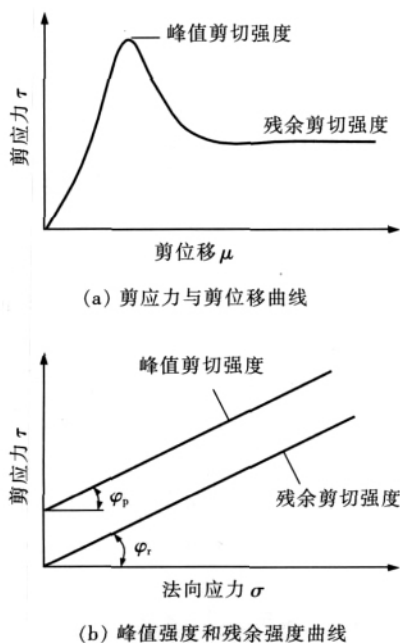


图4 剪位移曲线和强度曲线

4 防治措施及效果

受目前的施工工期及现场多方面原因影响,放弃利用抗滑桩的整治施工方法,重点采取坡面削方、钢管桩、锚索框架、锚杆框架、护脚墙及排水措施等综合处理措施对该滑坡进行加固。

4.1 边坡坡率调整

放缓坡度,增加削方。将原设计二级边坡,变更为六级边坡,且各级边坡坡率均设计为1:2.15。

4.2 锚索框架

坡体主滑断面三、四级边坡各设置三排预应力锚索,锚索上、中、下排长度均为25 m,锚固段长均为10 m,每孔锚索由6 ϕ s15.2高强度低松弛的1860级钢绞线组成,锚索水平间距3.0 m,垂直间距4.0 m,钻孔直径为150 mm,倾角25°,锚索端部设I型C25钢筋混凝土框架,每片框架由2根竖梁和3根横梁组成,框架梁截面尺寸均0.6 m \times 0.6 m,梁嵌入坡面20 cm,采用C25钢筋混凝土现浇。

4.3 钢管桩

在坡体右侧目前已滑区域中部位置设置三排钢管桩,钢管桩孔径150 mm,长均为18 m,排距及间距均为1.2 m,钢管桩成孔后在孔内放置 ϕ 90钢管,钢管内设三根 ϕ 25螺纹钢,孔内注纯水泥浆。

在钢管桩顶设置C25钢筋混凝土承台,承台顶与钢管桩顶平齐,承台宽出钢管桩中心25 cm,高50 cm,采用C25混凝土现场浇筑。承台内部靠下位置各钢管桩之间设置联系梁,与承台整体浇筑。

4.4 锚杆框架

在坡体两侧非主滑断面区域一级边坡设置三排锚杆,在四级边坡设置四排锚杆,锚杆长为8 m、9 m,间隔布设,锚孔直径110 mm,倾角25°,锚杆沿坡面走向间距3.0 m,垂直距离3.0 m。

4.5 护脚墙

为防止滑坡一级坡面失稳变形,于坡脚设置一道C15片石混凝土护面墙,墙高6.5 m,基础埋深1.5 m。

4.6 截排水措施

为截除大气降雨对该滑坡体的不利影响,于滑坡周界外侧及滑坡二、四级平台设置截排水沟,并将水沟中的水引至路基边沟及桥下冲沟内。

4.7 仰斜排水孔

为排出坡体中的水,滑坡锚索框架内设置一排仰斜排水孔,孔间距中~中6 m,孔径 $\phi = 110$ mm,内塞 ϕ 90 mm排水软管,与水平夹角为6°,孔深20 m。

该滑坡的抢险施工历时三个多月,在施工期间同时进行深孔位移监测和地表位移监测,监测数据表明,在施工期间,边坡仍然处于缓慢的变形之中,由于雨水等外界因素的影响,局部甚至发生了较大规模的垮塌,而随着各项加固治理措施的实施,特别是在预应力锚索张拉结束后,边坡变形已经基本被控制住,当其他加固措施的逐步完工后,坡体不再发生位移,边坡处于稳定状态。

5 结论

经过深入分析该长大顺层滑坡的破坏情况,可知该长大顺层滑坡的分段渐进性破坏是受应力条件、炭质泥岩软化特征的综合影响,其中炭质泥岩的易滑特征起主导作用,工程建设中应多加重视。该类滑坡的防治措施,多以抗滑桩为主,但由于目前滑体变形错动较大,且施工工期紧张,实际治理以锚索框架+钢管桩的综合治理为主要方案,且效果较好。

参考文献:

- [1] 胡启军. 长大顺层边坡渐进失稳机理及首段滑移长度确定的研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2008.
Hu Qijun, Study on Progressive Failure Mechanism and Determination of the Toe Segment Slippage Length for Large Consequent Slope [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2008.
 - [2] E. Hoek J. W. Bray Rock Slope Engineering [M]. London: Inst. Min. and Metall 1997.
 - [3] Goodman R. E. Introduction to Rock Mechanics [M]. New York: John Wiley and Sons, 1980.
 - [4] TB 10035—2006 铁路特殊路基设计规范[S].
TB 10035—2006, Code for Design on Special Roadbed of Railway [S].
 - [5] JTG D30—2004 公路路基设计规范[S].
JTG D30—2004, Specifications for Design of Highway Subgrades [S].
 - [6] 徐邦栋. 滑坡的分析与防治[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001.
Xu Bangdong. On the Prevention and Measure of Landslides [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2001.
 - [7] 蒋忠信, 秦小林, 文江泉, 等. 广西那桐试验路堑膨胀性红土的地质特性[J]. 铁道工程学报, 1998(3): 86—96.
Jiang Zhongxin, Qin Xiaolin, Wen Jiangquan, etc. Geological Characteristic of Expansive Laterite at Natong Test Cutting of Guangxi Province [J]. Journal of Railway Engineer Society, 1998(3): 86—96.
 - [8] 陈志敏, 赵德安, 李双洋, 等. 黄土滑坡最不利滑面综合分析方法[J]. 铁道工程学报, 2007(7): 13—23.
Chen Zhimin, Zhao Dean, Li Shuangyang, etc. Comprehensive Analysis Method of the Most Unfavourable Slide Face of Loess Landslide [J]. Journal of Railway Engineer Society, 2007(7): 13—23.
- ~~~~~
- (上接第4页)
- [2] 何振起, 李海, 梁彦忠. 利用地震反射法进行隧道施工地质超前预报[J]. 铁道工程学报, 2000(4): 81—85.
He Zhenqi, Li Hai, Liang Yanzhong. Geological Super-leading Forecast During Tunnel Construction by Utilizing Seismic Response Analysis Method [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2000(4): 81—85.
 - [3] 肖书安, 吴世林. 复杂地质条件下的隧道地质超前探测技术[J]. 工程地球物理学报, 2004(2): 159—165.
Xiao Shu'an, Wu Shilin. Geological Prediction Technique for Tunnel Construction under Complex Geological Conditions [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2004(2): 159—165.
 - [4] 温树林, 吴世林. TSP 203 在云南元磨高速公路隧道超前地质预报中的应用[J]. 地球物理学进展, 2003: 465—471.
Wen Shulin, Wu Shilin. Application of the TSP 203 System in Geological Advanced Prediction of YuanMo Expressway Tunnel [J]. Progress In Geophysics, 2003: 465—471.
 - [5] 陈建峰. 隧道施工地质超前预报技术比较[J]. 地下空间, 2003(1): 5—8.
Chen Jianfeng. Geological Prediction Technique Comparison of Tunnel Construction [J]. Underground Space, 2003(1): 5—8.
 - [6] 王兴照. TSP 203 plus 超前地质预报在瑷头岭隧道断层中的应用[J]. 福建建筑, 2008(5): 44—46.
Wang Xingzhao. Leading Geological Forecast of TSP 203 Plus Applied to the Fault Zone of Guan Tou Ling Tunnel [J]. Fujian Architecture & Construction, 2008(5): 44—46.
 - [7] 张志龙, 王兰生, 王跃飞, 等. 雪峰山高速公路隧道 F2 断层带的综合超前地质预报[J]. 岩石力学与工程学报, 2007(S1): 3311—3315.
Zhang Zhilong, Wang Lansheng, Wang Yuefei, etc. Comprehensive Advanced Geological Prediction of Fault F2 in Xuefeng Mountain Highway Tunnel [J]. Chinese Journal of Mechanics and Engineering, 2007(S1): 3311—3315.