

深厚覆盖层铁路路堑边坡开挖稳定性分析

唐小军

(云南省铁路集团有限公司, 云南 昆明 650118)

摘要: 为了研究具有深厚覆盖层地质条件下路堑开挖对路堑边坡稳定性的影响, 基于云南某在建铁路深厚覆盖层路堑段路基, 利用有限元分析软件 geo-studio 软件, 对各阶段路堑开挖进行模拟, 分析了不同开挖阶段边坡岩土体的位移及剪切应变的变化情况。研究表明: 深厚覆盖层地质条件下的路堑边坡随着开挖深度的增加, 边坡土体的位移, 及剪切应变逐步增大, 其中覆盖层与岩层交界区域土体的位移及剪切应变最大, 对路堑边坡的稳定极为不利, 因此要注重对该区域的加固。

关键词: 覆盖层; 路堑; 边坡; 位移; 剪切应变

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 07—0142—03

1 引言

在铁路建设中路堑边坡占有重要地位, 西南地区山高谷深, 地形起伏较大, 路堑边坡中高边坡有较高比例, 其稳定性对于铁路路基施工及今后铁路运营安全有重要影响, 特别是深厚覆盖层地质条件下的路堑高边坡稳定性显得尤其重要。目前国内学者和专家对于路堑边坡进行了大量研究: 伏坤等^[1]针对传统边坡稳定性评价法具有较大的主观因素, 提出采用基于主成分分析法对铁路高陡路堑边坡进行分析, 分析结果与传统分析法吻合。江涛^[2]针对铁路路堑边坡设计, 对容许应力法与极限状态法进行了比较, 验证了极限状态法理论正确性以及分项系数取值的合理性。李新继等^[3]研究了在既有铁路附近进行铁路路堑边坡开挖施工过程中采用爆破方法对既有铁路运营影响及其减少影响的措施。高芳芳等^[4]研究了勘察阶段对顺层路堑边坡稳定性的判断, 研究认为岩层走向与铁路路线走向的夹角是判断路堑边坡稳定性的最重要条件。王德文等^[5]研究了膨胀土特殊地质条件路段条件下深路堑边坡滑坡产生的机理, 并对该类条件下边坡稳定进行验算。代云山^[6]分析了钙质页岩条件下铁路路段顺层滑坡, 通过对该类滑坡从构造、岩性以及水文特征等方面综合研究, 得出滑坡产生原因并针对性采取防治措施。董捷等^[7]针对铁路岩质路堑边坡, 提出一种利用模糊数学原理的路堑边坡危险型评价模型, 提高了岩质路堑边坡稳定性分析的效率。

通过以上论述, 就目前来说对于铁路路堑边坡研究范围较广, 研究也较为深入, 但对于深厚覆盖层条件下的路堑边坡研究相对较少。因此本文主要基于对深厚覆盖层条件下铁路路堑边坡开挖对该类型边坡的位移、剪切应变及边坡稳定性进行分析研究。

2 工程概况与模型建立

研究工点为云南某在建铁路项目, K51+182 ~ K51+407 深挖路堑段, 该路堑段地貌为构造侵蚀, 溶蚀低中山, 深挖路堑段穿越山麓斜坡地带, 地形起伏较大, 覆盖层厚度大, 该路段长 225 米, 最大挖方边坡高度为 38.6 米。根据地勘报告, 覆盖层主要为粘土、碎石土, 下伏岩层主要为泥岩, 泥岩成风化、中风化状态。本次建模采用 geo-studio 软件中 SIGMA/W 模块进行二维有限元建模分析, 依据设计提供的断面设计图、提供的地层勘查设计报告及地质钻孔断面图, 利用 CAD 软件导入到 geo-studio 软件中进行模型构建。建立好的模型如图 1 所示, 在模型中紫色区域为岩土层, 蓝色区域为覆盖土层。灰色区域为开挖区域。模型总共由 7149 个节点, 7007 个单元构成, 网格均为四边形网格, 尺寸较为均匀, 有利于分析计算, 保证计算精度的同时, 不容易报错。为更好地分析边坡土体变形及应变情况, 在路堑左侧边坡各级边坡的坡脚处设置 6 个监测点。

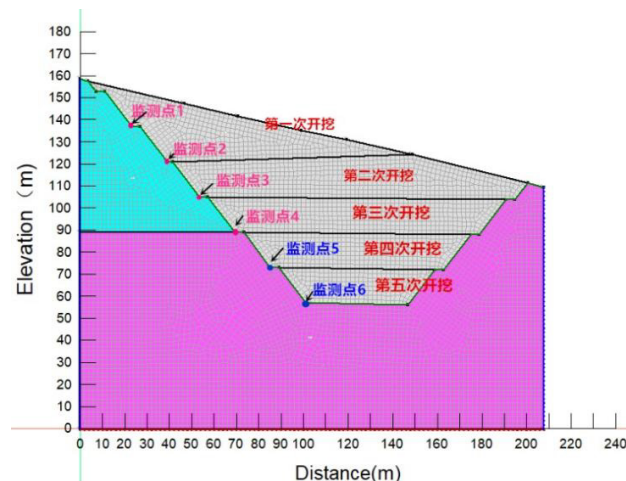


图 1 路堑开挖模型

3 路堑开挖模拟

岩土变形等工程问题分析的精确度与数值模拟中采用的本构模型有重要关系,本次路堑开挖模拟,土体采用大多数有限元分析中采用的土体本构模型—莫尔-库仑模型(Mohr-Coulomb Model),材料类型为采用总应力参数进行赋值。除模拟采用的土体本构模型对模拟结果影响较大外,模拟采用的边界约束条件对分析结果影响同样十分重要,为尽量再现路堑边坡开挖的自然状况,模型采用边界位移约束条件:模型左右两侧采用约束X方向位移,模型底部采用约束X-Y方向位移,模型顶部采用自由面不进行约束。模拟忽略该路堑边坡地质历史中受到的各种地质作用产生的构造应力,只对边坡原位土体在自重作用下的位移及应力进行考虑。

模拟按照路堑边坡现场施工顺序,采用自上而下逐层进行开挖,由于路堑边坡开挖深度较大,施工单位施工组织设计中采用大致分五次进行分层开挖,边开挖边进行边坡防护施工,由于本次分析只针对边坡开挖时土体变形及稳定情况分析,因此对边坡支护措施进行忽略。模型通过采用五个阶段对边坡开挖进行模拟,分析每个阶段开挖路堑边坡的位移、剪切应变情况进行分析。模型各土层的物理力学参数参考值,如表1所示。

表1 各岩土层力学参数参考值

土层	密度 (kg/m ³)	弹性模量 (Mpa)	泊松比	粘聚力 (kpa)	内摩擦角 (度)
覆盖层	1870	15	0.37	17	12
泥岩	1910	230	0.32	25	22.3

4 位移与剪应变增量分析

4.1 土体位移分析

当路堑边坡从第一次开挖到边坡开挖深度达到设计标高时,路堑边坡土体中各坡脚监测点的位移变化情况如图2所示,通过对比分析可以发现:当完成第一阶段土体开挖时,各监测点位移基本没有增长,表明上部覆盖层土体的稳定性良好;当第二阶段土体开挖结束后,监测点1、监测点2及监测点3土体的位移开始增加,表明上部覆盖层土体边坡稳定性开始降低;在第三阶段、第四阶段土体开挖完成时,监测点1、监测点2及监测点3土体的位移量增长速度最快,表明上部覆盖层土体位移显著增大,边坡稳定性显著降低;当第五阶段土体开挖完成时,监测点1、监测点2及监测点3土体位移量增长明显变缓,表明上部覆盖层土体边坡开始趋于稳

定。

由图3分析可以直观发现,当路堑边坡开挖完成时,路堑边坡位移的整体情况。路堑边坡位移量最大的区域出现在上部覆盖层土体,其中位移量最大的区域为左侧第三级边坡坡顶区域土体;其次在左侧第一级边坡顶部也出现一定位移增大区域;综合分析来看,深厚覆盖层路堑边坡土体在开挖过程及开挖完成后,边坡土体位移最大区域出现在覆盖层与下伏岩层交界区域土体,因此需要重点加强该区域土体的防护与加固,来保证整个路堑边坡的稳定。

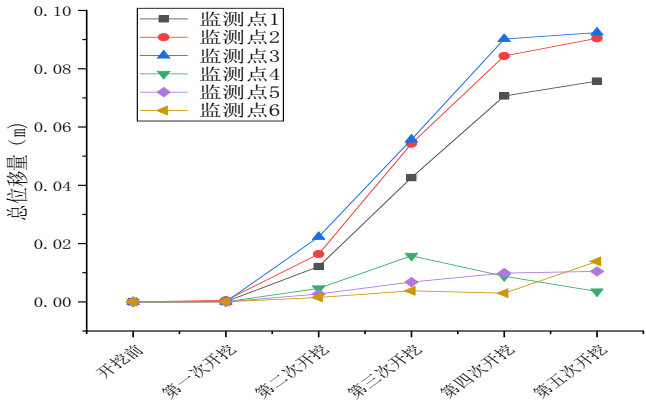


图2 各监测点总位移量变化图

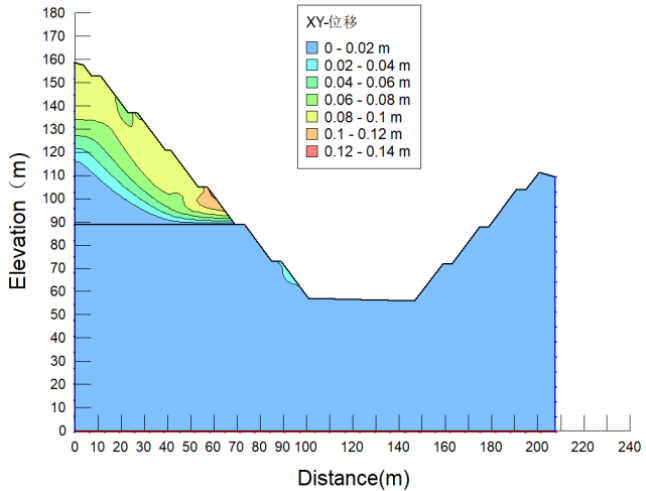


图3 第五次开挖完成后总位移云图

4.2 边坡土体剪应变变量分析

由图4分析可以发现,五次开挖过程中监测点4在所有监测点中最大剪切应变峰值最大,其次为监测点3峰值最大剪切应变峰值量较大,最大剪切应变峰值最小的为监测点2;其中监测点4在第三次开挖完成后,增速最大,在第四次开挖完成时,达到最大剪切增量峰最大值,因此分析可以得出,当覆盖层开挖完成时,由于覆盖层土体相互约束被开挖破坏,因此覆盖层边坡土体

剪切应变量迅速增加,当第四次开挖完成时,由于覆盖层与下伏岩层交界处土体下部约束土体进一步被挖除,因此交界处土体的剪切应变继续增加,达到峰值,而第五次开挖完成时,由于土体应力重分布,交界面土体开始趋于稳定,因此剪切应变量开始逐步减小。

从图5可以更直观地发现,在第三级边坡底部及第四、第五级边坡后部区域开始形成贯通的剪切应变塑性区,表明该区域边坡土体处于不稳定状态,因此从土体剪切应变量来分析,同样证明需要注重覆盖层与下伏岩层交界区域边坡的防护与加固,且需要在该区域边坡土体剪切应变量达到峰值前进行加固,也就是在开挖下伏岩层前即需要完成对该区域土体进行加固后方能进行下伏岩层的开挖。

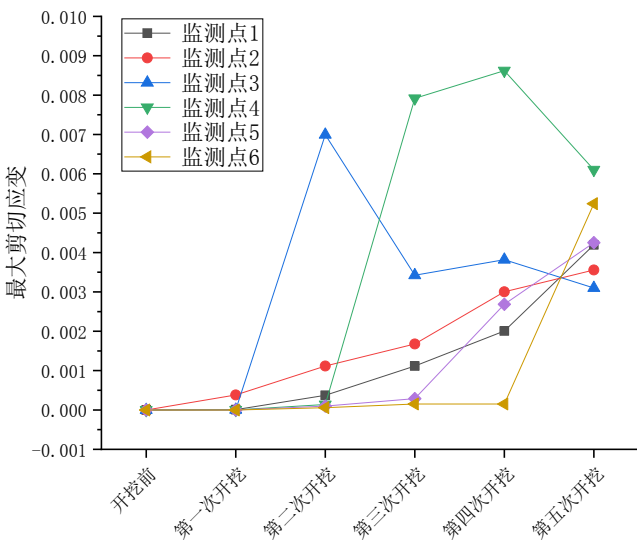


图4 各监测点最大剪切应变变化图

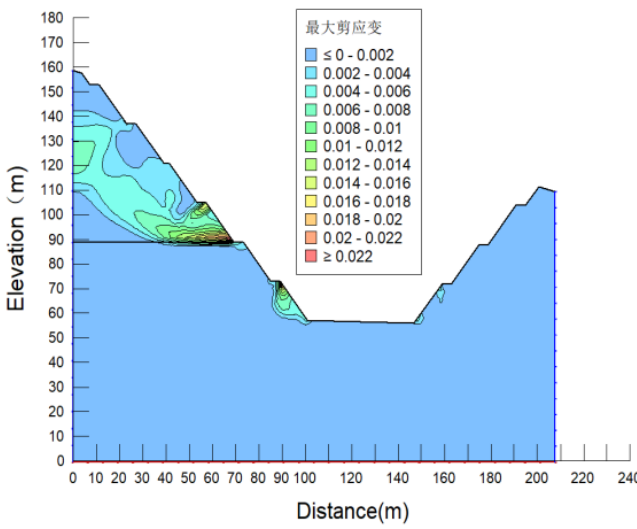


图5 第五次开挖完成后最大剪切应变云图

5 总结

通过对深覆盖层路堑边坡开挖的模拟分析,可以认为:在路堑边坡开挖过程中边坡土体滑动威胁最大的区域为覆盖层与下伏岩层交界区域的覆盖层边坡土体;且该区域边坡土体滑动风险最大的时间点为交界区域土体下部下伏岩层开挖完成时。本文从土体位移及土体剪切应变量两方面进行分析,论证了在深覆盖层地质条件下铁路路堑边坡开挖时,当覆盖层土体的下层下伏岩层开挖完成时,覆盖层边坡土体位移及最大剪切应变均达到最大值,表明该区域土体处于不稳定状态,因此深路堑开挖施工时当深覆盖层土体开挖完成后即需要对覆盖层土体边坡进行防护与加固,以防止该区域边坡产生滑坡。

参考文献:

[1] 伏坤,刘勇,王珣,徐鑫,李刚.基于主成分分析法的铁路路堑高陡岩质边坡安全性评价[J].铁道建筑,2020,60(06):108-111+116.

[2] 江涛.铁路路堑边坡设计极限状态法和容许应力法的对比[J].铁道建筑,2020,60(01):81-84.

[3] 李新继,胡青松.正交临近既有铁路高边坡的高铁路堑爆破[J].工程爆破,2019,25(05):35-40.

[4] 高芳芳,邓睿,宋章,丁文富.地质勘察时顺层路堑边坡稳定性的初步判定方法[J].铁道建筑,2019,59(08):103-107.

[5] 王德文,姚瑞琰.吉图珥高速铁路 GDK283 段膨胀土深路堑工程滑坡分析[J].铁道标准设计,2016,60(08):25-29.

[6] 代云山.钙质页岩路堑边坡顺层滑坡分析与防治[J].铁道标准设计,2015,59(02):49-51+127.

[7] 董捷,郑刚,宋绪国.铁路岩质路堑边坡危险性评价模型及应用研究[J].铁道建筑,2013(06):97-100.

