

滇西南单线铁路隧道薄层软岩锚杆参数优化

吴清祿, 张庆文

(西南林业大学, 云南 昆明 6500051)

摘要: 在薄层软岩隧道施工过程中, 围岩极易发生大变形造成初期支护侵限。为此, 依托某薄层软岩隧道工程, 基于遍布节理屈服准则, 采用有限差分软件 (FLAC 3D) 对比分析不同锚杆长度和不同锚杆的布置方式对围岩变形控制效果的影响。研究表明: (1) 采用非对称式锚杆设计比采用全环均匀式锚杆设计更能有效的减小薄弱部位围岩变形; (2) 在一定范围内增加锚杆长度, 能有效改善锚杆受力和限制围岩塑性区发展, 但对围岩位移抑制效果并不明显; (3) 该成果可为薄层软岩隧道初期参数优化提供参考。

关键词: 薄层软岩; 大变形; 初期支护; 锚杆

中图分类号: U25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 10—0150—02

我国隧道工程建设正向长大、深埋方向发展, 建设穿越地质环境恶劣的薄层软岩区的长大隧道工程已不可避免。目前, 已有学者对层状围岩变形特征^[1-3]和隧道初期支护参数优化进行了研究。在不考虑隧道纵向开挖方式和流变等因素的影响, 得出支护结构破坏往往发生在节理面的法线方向^[4-7]。锚杆通过主动加固围岩的方式, 在隧道初期支护中扮演着重要的“角色”。尽管不少学者对锚杆受力特性做了相关研究^[8-10], 但针对薄层软岩隧道采用非对称设计方面研究较少。为此, 本文以某薄层软岩隧道为工程背景, 基于薄层软岩变形特征, 采用非对称式设计, 选用遍布节理本构模型对锚杆参数进行优化。

1 工程概况

隧道位于西南区域, 全长 9375m。隧道 DK161+930 ~ DK167+055 段洞身范围主要分布下古生界澜沧群 (Pz[1]ln)。隧道围岩节理裂隙较发育, 局部发育节理密集带。其中澜沧群以薄层极软岩为主, 岩体强度低, 耐崩解性差, 遇水易软化, 岩体破碎, 围岩自稳性差。隧道采用三台阶法施工, 在施工过程中存在变形大且变形时间长, 变形基本集中在左侧, 右侧变形小于左侧, 如图 1 所示。隧道初支断面及支护参数如图 2 所示。



图 1 隧道变形图

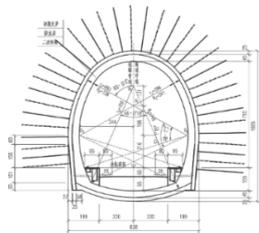


图 2 隧道支护断面图

2 数值模拟分析

2.1 建立三维模型

本文以 (DK161+930 ~ DK167+055) 段中部隧道为对象建立三维模型, 隧道最大埋深为 250m, 模型的尺寸为 88m × 110m × 50m。模型侧面和底面施加速度约束, 对模型顶面施加大小为 5.68MPa 的垂深地应力。喷射混凝土、锚杆以及钢拱架分别采用 shell、cable 和 beam 结构单元模拟, 隧道超前支护的模拟通过增加加固区围岩参数的方法来实现。隧道三维模型和开挖模型如图 3、4 所示。

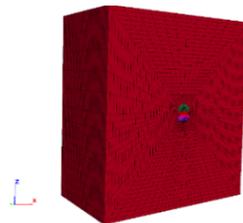


图 3 隧道模型

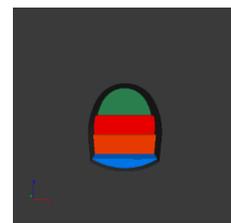


图 4 开挖模型

2.2 计算参数

根据隧道地勘资料和铁路隧道设计规范^[10], 选取隧道三维模型计算参数如表 1、表 2 所示。

表 1 锚杆物理力学参数表

	弹性模量 /GPa	横截面积 /m ²	泥浆粘结力 /N/m	泥浆摩擦角 /°	泥浆刚度 /MPa	泥浆外圈周长 /m	抗拉强度 /N	密度 /kg/m ³
A22 锚杆	200	3.8×10 ⁻⁴	1.6×106	30	17.5	0.131	3.1×105	7800

表 2 模型计算物理力学参数

	弹性模量 /GPa	泊松比	粘聚力 /MPa	内摩擦角 / (°)	抗拉强度 /MPa	重度 / (kg·m ⁻³)
岩体	1.5	0.24	0.5	23	0.1	28.4
节理面	—	—	0.1	21	0.05	—
喷射混凝土	25.9	0.2	—	—	—	23

2.3 工况设置

以锚杆间距(1.0m×1.0m)、拱部锚杆长度(3m)为不变量,通过改变局部锚杆长度,来分析局部锚杆长度分别为3m、3.5m、4m、4.5、5m时的围岩位移、围岩塑性区、锚杆轴力情况。

2.4 计算分析

从图5可以看出锚杆长度的增加,对围岩变形有一定的抑制作用。当锚杆长度增加到4m时,在增加锚杆长度并不会大幅度的减小边墙水平收敛值;锚杆长度由3m增加到3.5m后,锚杆对拱底隆起及拱顶下沉有明显的改善,但在增加锚杆长度对拱底隆起及拱顶下沉并没有很明显的限制效果,其变化值不到0.1cm;工况1~4随着锚杆长度的增加,围岩塑性区面积在逐渐减小,当锚杆长度增加到4.5m时,围岩塑性区达到最小值;锚杆长度的增加锚杆轴力也随之增大,工况4锚杆轴力达到最大值,说明对薄弱部位采用4.5m锚杆更能增强锚杆的支护效应。

对比分析五种工况的计算结果可知,后四种工况均优于第一种工况,且从图5可以看出,第四种工况在边墙水平收敛值、拱底隆起值、拱顶下沉值、锚杆轴力以及塑性区面积均优于其它工况,在结合现场施工难度的复杂性和工程成本等因素,薄弱部位锚杆设置的最优长度为4.5m。

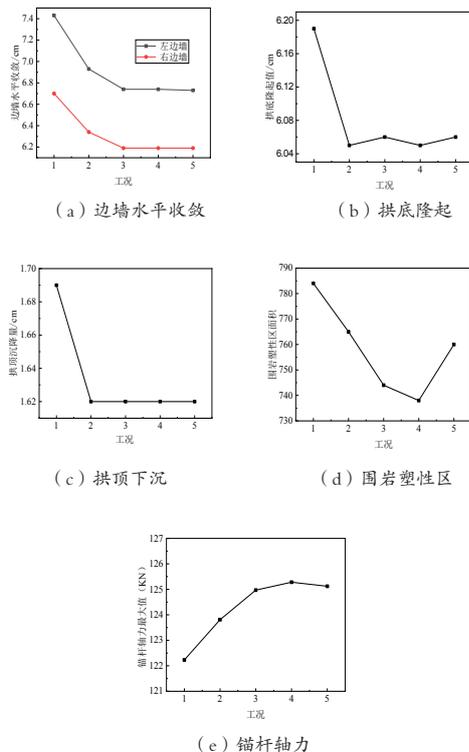


图5 计算工况曲线图

3 结论

通过建立薄层软岩隧道三维模型,对锚杆设置部位、锚杆设置长度进行优化,得到如下结论:

(1) 根据薄层软岩隧道的变形特点,采用非对称锚杆设计更能有效地阻止围岩塑性区发展。

(2) 将薄弱部位锚杆长度增加到4.5m,能有效地增加各个岩层之间的摩阻力,阻止围岩塑性区发展。

本文针对薄层软岩隧道建立了三维数值模型,重点研究了隧道在三台阶临时仰拱法开挖方式下,薄层软岩隧道锚杆参数设置以及锚杆布置形式,但未考虑时间因素对薄层软岩变形的影响,在后续可以进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 李磊,谭忠盛,郭小龙,等.高地应力陡倾互层千枚岩地层隧道大变形研究[J].岩石力学与工程学报,2017,36(07):1611-1622.
- [2] 李晓红,夏彬伟,李丹,等.深埋隧道层状围岩变形特征分析[J].岩土力学,2010,31(04):1163-1167.
- [3] 郭富利,张顶立,苏洁,等.含软弱夹层层状隧道围岩变形机理研究[J].岩土力学,2008,29(S1):247-252.
- [4] 沙鹏,伍法权,李响,等.高地应力条件下层状地层隧道围岩挤压变形与支护受力特征[J].岩土力学,2015,36(05):1407-1414.
- [5] 吴迪,陈子全,甘林卫,等.高地应力深埋层状围岩隧道非对称变形受力机制研究[J].隧道建设(中英文),2018,38(11):1813-1821.
- [6] 刘小刚,张艺山,于志方.基于FLAC~(3D)的层状岩石强度特征研究[J].矿冶工程,2018,38(06):39-43+47.
- [7] 张秋实,管连永,李化云,等.大断面隧道穿越层状围岩段初期支护优化研究[J].科学技术与工程,2020,20(23):9561-9566.
- [8] 韩昌瑞,白世伟,王玉朋,等.层状岩体深埋长隧道锚杆支护优化设计[J].岩土力学,2016,37(S1):409-414.
- [9] 李涛,陈宏斌,王永刚,等.侧压力系数对高地应力隧道系统锚杆影响分析[J].地下空间与工程学报,2020,16(S1):437-441.
- [10] 郑俊杰,刘秀敏,欧阳院平,等.大断面隧道锚杆设置的优化分析[J].地下空间与工程学报,2009,5(02):341-346.

基金项目:云南省科技厅重点攻关项目(2018BC008)资助。