

# Research on Stability of Surrounding Rock in Highway Wall Tunnel

Kang Huang

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

## Abstract

To study rock stability of highway wall hanging tunnel, this paper establishes 3D model of different rock wall slope condition by the FLAC3D finite difference software, analyzes the situation of surrounding and adjacent side wall displacement, the change of stress, the displacement, stress and plastic area with the rock wall slope, and provides reference for similar projects in the future.

## Keywords

FLAC3D; hanging wall tunnel; tilt

# 公路挂壁隧道围岩稳定性研究

黄康

重庆交通大学, 中国·重庆 400074

## 摘要

为对公路挂壁隧道围岩稳定性展开研究, 论文采用数值模拟的方法, 通过FLAC3D有限差分软件建立了不同岩壁倾斜度工况的三维模型, 分析了开挖后不同倾斜度的挂壁隧道洞周和临空侧侧壁位移、应力变化和塑性区分布的情况, 以及随岩壁倾斜度改变围岩位移、应力、塑性区的变化规律, 为未来的相似工程提供参考。

## 关键词

FLAC3D; 挂壁隧道; 倾斜度

## 1 引言

20世纪60年代中国山区劳动人民为走出深山, 在无现代机械的情况下, 仅凭钢钎和铁锤在太行山近90°峭壁上开凿出了30多个“窗口”, 由此形成工作面人工开挖长达数公里的挂壁公路。曾经的“窗口”目的在于形成工作面、自然通风及采光、倾倒入挖的石渣; 如今这些“窗口”成为各地游客游览的观景台。其修建没有国家规范作为指导, 也缺乏详尽的工程地质与水文资料, 更没有科学研究作为基础。目前国际上对此类结构研究较少, 论文将对此类结构进行研究, 为未来的相似工程提供参考。

## 2 研究背景

中国山区经常出现一侧紧邻山体, 另一侧是河流深谷的

【基金项目】特殊地质条件下山区公路挂壁隧道模拟试验研究课题研究成果(项目编号: KJQN202005703)。

【作者简介】黄康(1997-), 男, 中国重庆人, 重庆交通大学硕士研究生, 从事桥梁与隧道工程研究。

路段, 多以路基的形式修建, 在建设期间需要大面积刷坡, 形成多级高边坡, 此种方式建设成本高, 对环境保护不利, 运营期间落石掉落导致交通中断<sup>[1]</sup>。中国西南地区多为厚层石灰岩, 岩质坚硬, 山中村民为解决出行烦恼, 在没有国家规范和标准的指导, 缺乏详细的工程地质、地貌和水文资料的情况下, 仅凭对家乡的了解, 对挂壁隧道进行选线, 在没有施工机械、不敢大规模使用炸药的情况下, 利用绳索悬挂在岩壁, 用铁锹凿开岩壁制造施工平台, 进入到山体内部后再利用铁锤和钢钎慢慢掘进, 最终形成在临空侧间隔开洞的半山洞路基和类棚洞相结合的挂壁隧道<sup>[2,3]</sup>。

## 3 数值模型建立

针对挂壁隧道的特殊位置、开窗位置及围岩条件, 利用FLAC3D有限差分软件对挂壁隧道在不同倾斜度下位移、围岩应力和塑性区等方面进行数值模拟, 分析其变化规律。

### 3.1 计算模型及边界条件

隧道宽7.2m, 高度为7m; 侧壁窗口为宽5m, 高6m的矩形, 厚2m。在水平方向上取60m; 在垂直方向上取120m; 在纵深方向上, 模型长度取50m。倾斜度为80°和90°。

### 3.2 计算参数

围岩按照实际挂壁隧道情况进行支护,围岩材料按照 JTG 3370.1—2018《公路隧道设计规范》第一册土建工程选取,见表1。

表 1 模型物理力学参数

围岩等级	重度 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	弹性模量 E (Gpa)	泊松比 $\mu$	内摩擦角 ( $^{\circ}$ )	粘聚力 c (MPa)
II	28	26	0.23	55	1.8

## 4 结果分析

### 4.1 开挖围岩应力分析

拱顶最大主应力随岩壁倾斜度  $i$  的增加变化较小,开挖完成后最大主应力值均为正值,表现为拉应力;拱顶最小主应力随掌子面推进呈现出先增大后减小的趋势,在第一个侧壁开洞完成后,由于开挖卸荷的原因导致最小主应力减小约 800KPa,最终为负值,表现为压应力,开挖结束后的应力值相差较小,表明崖壁倾斜度对拱顶最小主应力的影响较小。当  $i = 90^{\circ}$  时,临空侧边墙最小主应力值为 -3.8MPa,靠山侧边墙为 -2.4MPa,由于临空面的存在,使得临空侧边墙最小主应力比靠山侧边墙大(见图1)。

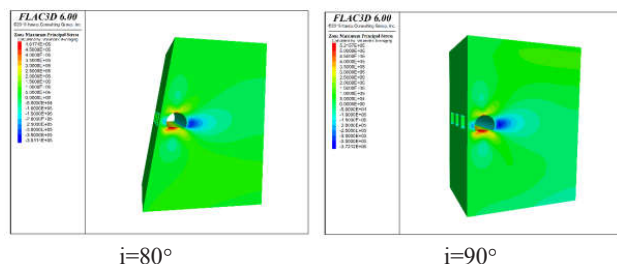


图 1 不同岩壁倾斜度围岩最大主应力云图

### 4.2 开挖围岩位移分析

由图2可知,随岩壁倾斜度的增大,主隧道拱顶沉降区域和侧壁洞顶沉降区域由孤立的两个区域逐渐联通为一个整体,表明这一区域有整体下移的趋势,数值也与岩壁倾斜度正相关;岩壁倾斜度的增加对靠山侧边墙横向位移区域有明显增大趋势。靠山侧边墙横向位移与岩壁倾斜度呈正向关系,岩壁倾斜度为  $90^{\circ}$  时位移达最大值,为 0.74mm;临空侧边墙位移随开挖进尺增加逐渐增大,在前两个侧壁开挖时位移有所减小,后继续增大,第二个侧壁开挖后位移逐渐稳定,最大值为  $i=90^{\circ}$  时,为 0.66mm。

岩柱的横向位移受岩壁倾斜度的影响不大,侧壁开洞对其位移增大有减缓趋势。侧壁洞顶位移在开挖至 24m 时位移大幅增加,后变化速率逐渐减小,且与岩壁倾斜度正相关,不同工况下侧壁洞顶位移值分别为 -2.19mm、-2.44mm,增长率分别为侧壁洞顶位移增长率先增大,后趋于平稳。

### 4.3 围岩塑性区对比分析

由图3可知,岩壁倾斜度对围岩的塑性区分布影响较

小,主要集中在拱顶、底板和侧壁洞顶和洞底,塑性区范围主要在拱顶以上 2.5m,底板以下 2.8m,侧壁洞顶 1m,底板 1m。当  $i=80^{\circ}$  时,侧壁洞底塑性区深度与拱顶塑性区深度之比在 40% 起伏,说明此范围内岩壁倾斜度的改变对拱顶与侧壁洞顶塑性区深度的影响不大,当  $i=90^{\circ}$  时,拱顶塑性区深度增大,使得比值减小 9%,应关注隧道拱顶的稳定性。

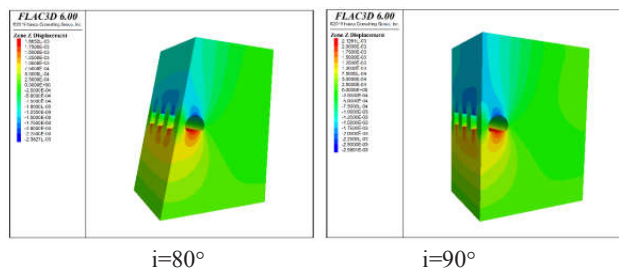


图 2 不同侧壁洞宽围岩横向位移云图

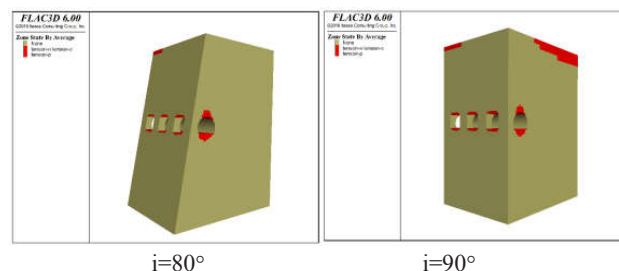


图 3 不同工况下塑性区分布图

## 5 结语

论文针对影响挂壁隧道围岩稳定的两个因素,采用有限差分软件 FLAC3D 建立了不同侧壁开洞宽度和岩壁倾斜度的挂壁隧道围岩稳定三维模型,分析了不同工况下挂壁隧道应力、位移和塑性区的分布规律,主要结论如下:

- ①拱顶最大主应力受岩壁倾斜度改变的影响较小,底板最大主应力与岩壁倾斜度呈正向关系。
- ②岩壁倾斜度改变对拱顶最小主应力影响较小,对临空侧边墙最小主应力影响较大。
- ③岩壁倾斜度改变所有工况下,侧壁洞顶位移均大于拱顶位移,实际工程中应加强对侧壁洞顶位移的监控量测。由于未设支护和靠近岩壁临空面,隧道两侧边墙位移没有出现水平收敛现象,侧壁开洞两侧位移趋势表现为洞周收敛。
- ④岩壁倾斜度对隧道周边塑性区深度影响较小。

### 参考文献

[1] 王云.高挖边坡稳定性与生态防护技术研究[D].西安:长安大学,2012.  
 [2] 覃林.隧道开挖对山体边坡稳定性影响的分析及加固措施研究[D].长沙:中南大学,2012.  
 [3] 柳墩利.隧道开挖对边坡稳定性的影响规律[J].铁道建筑,2018, 58(7):68-71.