

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2013.S1.020

# 小净距隧道拓宽前后围岩应力应变分析

周成涛<sup>1</sup>, 陈俊涛<sup>2</sup>

(1. 重庆市勘测院, 重庆 400020; 2. 重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074)

**摘要:**以重庆市机场路渝州隧道为背景,该隧道为存在严重偏压的小净距隧道。根据其实际地质情况,选取了承受偏压最严重的最不利断面,通过建立 ANSYS 有限元模型模拟隧道的拓展过程。通过对比分析隧道拓宽前后的围岩位移、应力应变及塑性区的变化情况,得出结论:在隧道拓宽过程中,中央岩柱及隧道右侧边墙承受较大的压应力并发生了明显的塑性变形,建议在开挖施工时对该部分区域加强支护力度。

**关键词:**隧道拓宽;小净距隧道;偏压;ANSYS;应力应变

**中图分类号:**U451 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2013)S1-0087-03

## Analysis About the Stress-strain of Rock when the Small Spacing Tunnel is Broaden or Not

Zhou Chengtao<sup>1</sup>, Chen Juntao<sup>2</sup>

(1. Chongqing Survey Institute, Chongqing 400020, P. R. China;

(2. College of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, P. R. China)

**Abstract:** On the background of Yuzhou tunnel at the airport road of Chongqing, it is one small spacing tunnel with serious bias. On the basis of engineering geology, choose the tunnel section with bias most serious and then build the ANSYS finite element model to simulate the process of broaden. Analyse the surrounding rock displacement, stress strain and plastic zone when the tunnel is broaden or not. Conclusion that in the process of tunnel broadening, the displacement of surrounding rock dome downward is big; In addition, as the influence of bias from the surrounding rock above the central rock pillars and right tunnel side wall bears big compressive stress and produces soil plastic deformation. Finally, suggest strengthening the support on the two area above-mentioned in the process of construction.

**Key words:** tunnel broaden; small spacing tunnel; bias; ANSYS; stress-strain

渝州隧道位于重庆市渝北区龙王洞背斜东翼,岩层倾角稍陡,线路走向为 $44^{\circ}\sim 48^{\circ}$ ,与地质构造线小角度斜交,属构造剥蚀丘陵地貌,地形坡度一般为 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ,局部由于人工开挖形成陡坎,坡度达 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ,上覆土层为残坡积粉质粘土,一般厚为 $0\text{ m}\sim 1\text{ m}$ ,下伏基岩为侏罗系中统沙溪庙组砂岩、砂质泥岩。

经调查,隧道现状分左、右双洞,均为单向两车道隧道,平面成喇叭型布置,进口段两隧道结构间净距约 $10\text{ m}$ ,出口段为 $15\text{ m}$ 。隧道净宽 $10\text{ m}$ ,净高 $6.6\text{ m}$ ,圆拱直墙,拱厚 $75\text{ cm}$ ,边墙厚 $110\text{ cm}$ 。采用矿山法施工,复合式衬砌,初期支护以喷射混凝土,锚杆和钢筋网为主要支护手段;二次衬砌采用钢筋混凝土结构,现洞壁稳定,无变形迹象,局部有水痕。

根据设计方案,现拟对原有的渝州隧道进行扩挖,但不改变原隧道走向及长度。扩挖后,隧道洞净跨 $17.5\text{ m}$ ,洞高约 $8\text{ m}$ ,双向四车道,拟采用复合式衬砌,矿山法施工。

上述工程为典型的小净距隧道施工问题。在采用钻爆法进行隧道拓宽施工过程,将对围岩进行二次扰动,这是一

个周边松动围岩发生进一步变形及围岩应力场、应变场重新建立的过程<sup>[1-5]</sup>。一般小净距隧道施工对隧道围岩受力分布及围岩变形有重要的影响<sup>[6-11]</sup>。针对渝州隧道工程特点,本文基于有限元理论方法对小净距隧道拓宽前后围岩应力应变分析,为类似工程安全施工提供理论支持。

### 1 隧道有限元模型

模型取隧道受偏压最严重的最不利断面进行分析;为了减小边界效应,设置隧道边缘至模型边缘为隧道宽度的3倍,隧道底部至模型边缘设置为隧道高度的3倍,模型的尺寸为 $72\text{ m}\times 152\text{ m}$ <sup>[12]</sup>。

计算模型左、右边界为X方向约束,底部边界为Y方向约束,顶部边界为自由面。计算模型详见图1<sup>[13]</sup>。

另外,在模拟岩土体开挖时,采用单元的生死状态模拟计算。根据“杀死”单元部分的应力值,计算得到开挖边界各节点处,由“死”单元作用的节点力,通过把与上述节点力等值反向的力施加到开挖边界对应的节点上。“杀死”单元

收稿日期:2013-06-04

基金项目:重庆市科技攻关重点资助项目(cstc2012gg-yyjsB40006);中国住房和城乡建设部2012年科学技术项目(2012-K8-10)

作者简介:周成涛(1976-),男,高级工程师,主要从事桥梁、隧道岩土工程研究,(E-mail)1398084026@qq.com。

时,程序用一个很小的因数乘以单元的刚度系数,并从总的质量矩阵中消去单元的质量来实现“杀死”单元<sup>[14]</sup>。

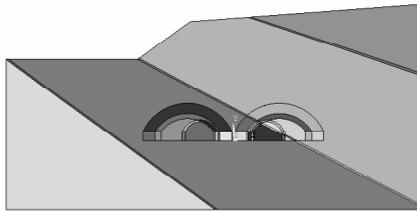


图1 有限元分析模型

## 2 计算结果分析

隧道围岩开挖后,改变了之前原始的应力状态,选取围岩作为分析对象,可以更加直观地反应出隧道拓宽前后围岩的稳定情况<sup>[15]</sup>。

### 2.1 围岩位移对比分析

如图2、图3所示分别为原有隧道及隧道拓宽后围岩所发生的水平位移云图。从图2中我们可以看出,由于受偏压影响,围岩的最大水平位移主要发生在地表上部、隧道左洞右上角;向左方向的水平位移最大值为0.5 mm,向右的水平位移最大值约0.4 mm;由图3我们可看到隧道拓宽后围岩水平位移明显增大,向左方向最大值达到1 mm。同时,我们可以发现左洞隧道拱顶右侧围岩松动圈的范围明显扩大。

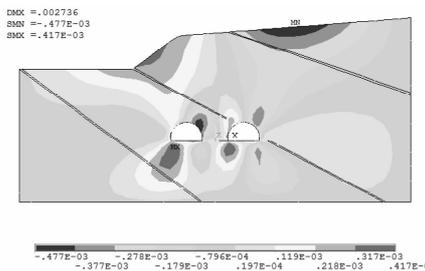


图2 原有隧道施工完成时水平位移云图(m)

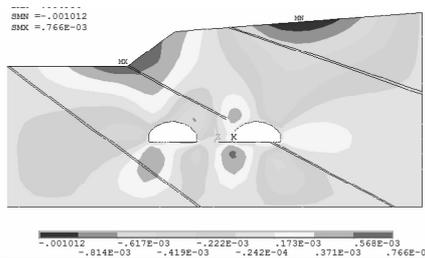


图3 隧道拓宽后水平位移云图(m)

如图4、图5所示分别为原有隧道及隧道拓宽后围岩所发生的竖向位移云图。从图4可以看出,由于受偏压影响,隧道右洞的竖向位移大于左洞,并且右洞拱顶围岩的松动范围也比左洞更大。其中,最大拱顶沉降位移为2.7 mm。由图5可看到隧道拓宽后围岩竖向位移明显增大,最大拱顶沉降位移为5.0 mm。

### 2.2 围岩拉应力对比分析

如图6、图7所示分别为原有隧道及隧道拓宽后围岩拉应力云图。从图6中可以看出最大拉应力主要发生在右洞

拱顶右侧附近,其中最大值为0.33 MPa。从图7中可以看出最大拉应力主要发生在右洞右边墙附近,其中最大值为0.49 MPa。

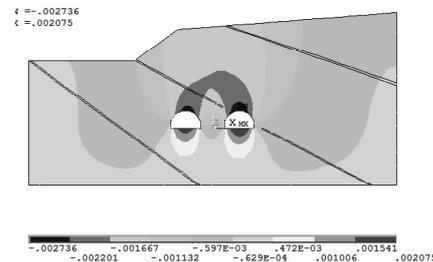


图4 原有隧道施工完成时竖向位移云图(m)

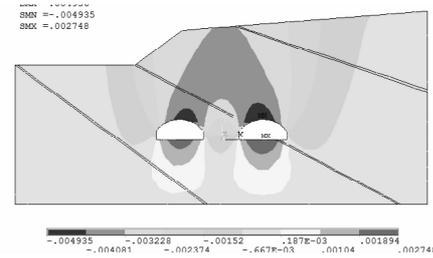


图5 隧道拓宽后竖向位移云图(m)

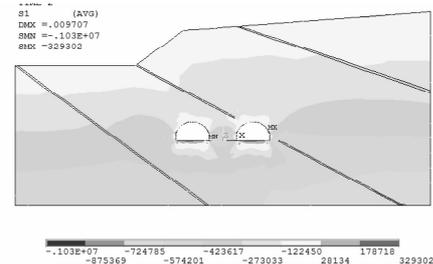


图6 原有隧道围岩拉应力分布云图(Pa)

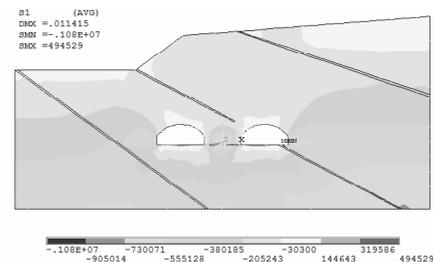


图7 隧道拓宽后围岩拉应力分布云图(Pa)

### 2.3 围岩压应力对比分析

如图8、图9所示分别为原有隧道施工完成时、隧道拓宽后围岩压应力云图。从图8中可以看出最大压应力主要发生在两隧道的左右边墙附近,其中右洞压应力明显大于左洞,最大值为-2.86 MPa。从图9可以看出围岩压应力分布情况基本同隧道拓宽以前一样,但是最大值增大为-3.22 MPa。

### 2.4 围岩塑性区对比分析

如图10所示为原隧道围岩塑性区主要发生在两隧道的右边墙附近,但是塑性变形并不大,为 $0.21 \times 10^{-3}$ 。从图11中,我们可以看到塑性应变的分布状况基本不变,但是塑性变形增大到 $0.39 \times 10^{-3}$ 。

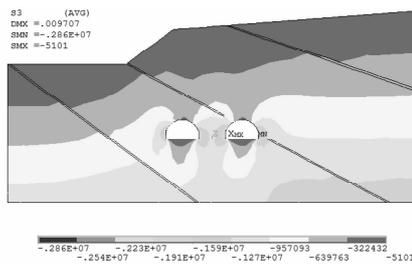


图 8 原有隧道围岩压应力分布云图 (Pa)

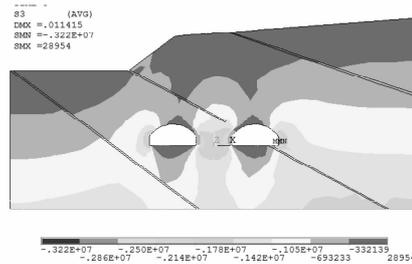


图 9 隧道拓宽后围岩压应力分布云图 (Pa)

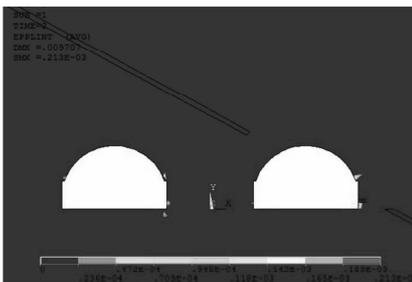


图 10 原有隧道塑性变形云图

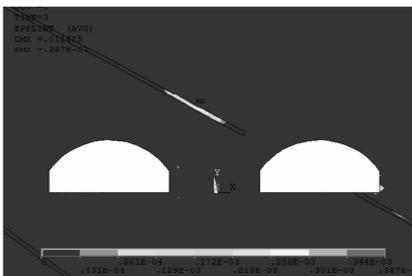


图 11 隧道拓宽后塑性变形云图

### 3 结论

通过以上对隧道拓宽前后围岩位移、应力应变及塑性区的分析,可以得出以下结论:

1)隧道拓宽后,围岩竖向位移明显增大;左右隧道拱顶松动圈扩展也较迅速,甚至可能贯通至地表,建议在拓宽施工过程中及时对拱顶进行支护。

2)隧道拓宽后,围岩的拉应力及压应力明显增大;受上部偏压影响,其最大值主要是分布在中央岩柱及右洞右边墙附近。

3)通过对塑性区的分析,可以发现右洞右边墙塑性应变较大,在隧道拓宽施工过程中需要加强支护力度。

#### 参考文献:

[1] 关宝树. 隧道工程维修管理要点集[M]. 北京:人民交通出版社,

2004.

[2] 汪敏,廖少明,侯学渊. 近距离重叠地铁隧道盾构法施工地面变形预测[J]. 同济大学学报:自然科学版,2004,32(9):1141-1146.

Wang M, Liao S M, Hou X Y. Ground deformation prediction of shield tunnelling in closely overlapped subway tunnel construction [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2004, 32(9): 1141-1146.

[3] 毕继红,江志峰,常斌. 近距离地铁施工的有限元数值模拟[J]. 岩土力学,2005,26(2):277-281.

Bi J H, Jiang Z F, Chang B. Numerical simulation for construction of memo tunnels with short distance between them [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(2): 277-281.

[4] 龚建伍. 扁平大断面小净距公路隧道施工力学研究[D]. 上海:同济大学,2008.

[5] 李晓红,靳晓光,王宏图. 采动下卧煤层对深埋隧道结构稳定性的影响[J]. 岩土力学,2005,26(9):1448-1455.

Li X H, Jin X G, Wang H T. Study on structural stability of deep buried highway tunnel with underlying coal bed exploiting [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(9): 1448-1455.

[6] 靳晓光,李晓红. 某深埋长隧地应力演化及围岩应力位移模拟研究[J]. 水文地质工程地质,2004(1):40-43.

Jin X G, Li X H. Numerical modeling of in-situ stress and surrounding rock displacement of deeplong tunnel [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2004(1): 40-43.

[7] 曾小清,曹志远. 半解析数值法在地铁工程双线隧道分析中的应用[J]. 工程力学,1998,15(1):46-52.

Zeng X Q, Cao Z Y. Application of semi analytical numerical method to double-tube tunnel structures [J]. Engineering Mechanics, 1998, 15(1): 46-52.

[8] 张冬梅,黄宏伟,王箭明. 盾构推进引起地面沉降的黏弹性分析[J]. 岩土力学,2001,22(3):311-314.

Zhang D M, Huang H W, Wang J M. The visco-elastic analysis of the settlement of the soil above the tunnel caused by shield tunneling [J]. Rock and Soil Mechanics, 2001, 22(3): 311-314.

[9] 于宁,朱合华. 盾构隧道施工地表变形分析与三维有限元模拟[J]. 岩土力学,2004,25(8):1331-1334.

Yu N, Zhu H H. Analysis of earth deformation caused by shield tunnel construction and 3D-FEM simulation [J]. Rock and Soil Mechanics, 2004, 25(8): 1331-1334.

[10] 刘艳青,钟世航,卢汝媛,等. 小净距并行隧道力学状态的试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2000,19(5):590-594.

Liu Y Q, Zhong S H, Lu R S, et al. Experimental study of mechanical characteristics of twin tunnels with small spacing [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2000, 19(5): 590-594.

[11] 刘波,陶龙光,丁城刚,等. 地铁双隧道施工诱发地表沉降预测研究与应用[J]. 中国矿业大学学报,2006,35(3):356-361.

Liu B, Tao L G, Ding C G, et al. Prediction for ground subsidence induce by subway tube tunneling [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2006, 35(3): 356-361.

[12] 朱汉华. 公路隧道设计与施工新法[M]. 北京:人民交通出版社,2003.

[13] 王文正. 公路双连拱隧道开挖方法及施工过程数值模拟研究[D]. 西安:长安大学,2003.

[14] 龚曙光. 有限元分析与ANSYS APDL编程及高级应用[M]. 北京:机械工业出版社,2009.

[15] 徐干成,白洪才,郑颖人,等. 地下工程支护结构[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

(编辑 彭建国)