

土岩复合地层大断面车站数值模拟分析

张家琪¹ 陈高生² 应杰¹

1.重庆市建设工程质量总站 重庆市 401320

2.中建隧道建设有限公司 重庆市 401320

【摘要】：在城市地铁隧道建设过程中，容易遇到土岩复合地层的地质情况，倘若开挖断面较大，则非常容易出现塌方等施工安全问题，本文采用重庆轨道交通5号线北延伸段港悦大道站工程岩层及隧道断面参数，建立三种不同土岩复合情况的数值模型，对其变形及应力情况进行对比分析，总结几种类型车站隧道开挖的变化规律，为类似实际工程提供参考借鉴。

【关键词】：数值模拟；土岩复合；大断面隧道

Numerical Simulation Analysis of Large Section Station in Soil-Rock Composite Stratum

Jiaqi Zhang¹, Gaosheng Chen², Jie Ying¹

1.Chongqing Construction Engineering Quality Station, Chongqing 401320

2.China Construction Tunnel Construction Co. LTD., Chongqing 401320

Abstract: In city subway tunnel construction process, easy soil rock complex stratigraphic geology, if large excavation section, are very prone to construction safety problems such as landslides, this paper USES the port of Chongqing rail transit line 5, north extension Gangyue avenue station engineering rock and tunnel profile parameters, establish three different soil rock complex situation of numerical model, The deformation and stress are compared and analyzed, and the change rules of several types of station tunnel excavation are summarized, which can provide reference for similar practical projects.

Keywords: numerical modeling; soil-rock composite; large-section tunnel

国内地铁隧道越来越大规模地建设，由此带来的安全问题一直是社会关注的热点。车站断面往往较大，在遇到各种土岩复合的地质情况时容易出现安全问题。针对地铁隧道车站施工，国内外学者进行了许多研究。李涛等^[1]通过现场监测软硬岩交错复合地层的地表沉降并采用数理统计的方法整理分析得出软硬岩交错复合地层的地质条件复杂。尹文平^[2]基于深圳地铁5号线上土下岩复合地层进行数值模拟和现场监测，研究在降水施工影响下复合地层的沉降规律，将数值模拟和现场监测的研究方式相结合，得到了复合地层的变形规律，并提出了控制地层变形、地表沉降的相应措施，为与该工程地质情况相似的工程提供了理论经验。

本文利用 ABAQUS 有限元模拟软件，依托实际工程对土岩复合地层大断面车站的稳定性进行研究，通过对比不同土岩复合情况下隧道开挖的变形与应力变化情况，并且根据实际情况进行分析总结，提出在类似的施工情况下的安全合理的施工措施。

1 工程背景

重庆轨道交通五号线北延伸悦港大道站土建工程，车站位于重庆市渝北区秋成大道下方，悦港大道站最大断面为 447 m²，车站埋深较浅，顶部覆盖层厚度为 12.85~15.99m，其中约 30.8m 拱顶位于填土段。隧道施工的主要岩性为填土与页岩，在土岩复合地层条件下进行浅埋暗挖特大断面地铁隧道施工。

本文以此工程为背景进行研究。

2 建模及参数

2.1 模型尺寸与边界条件

根据隧道所处岩土的不同位置，创建模型，如图 1 所示，模型尺寸为 200m×20m×100m，前后两个面约束 z 方向位移，左右两个面约束 x 方向位移，底部约束 xyz 三个方向的位移，上部为自由面，隧道跨度为 23m，高度为 19m，隧道埋深为 15m，岩土体与衬砌模型采用 C3D8R 单元，锚杆间距为 0.5m，采用 T3D2 单元，整个模型共含 46517 个单元，89553 个节点。



模型 a 隧道上部为填土 模型 b 隧道位于土岩交界处 模型 c 隧道处于填土中

图 1 数值模型建立示意图

2.2 地层与支护材料参数

数值模型参数采用重庆轨道交通五号线北延伸悦港大道站土建工程实际参数，岩土参数如表 1 所示，支护参数如表 2 所示。

表 1 岩土体物理力学参数

名称	重度/ (kN·m-3)	粘聚力 (kPa)	摩擦角 (°)	泊松比	弹性模量/ (MPa)
填土	20	5	28	0.38	12
页岩	24	500	30	0.4	1240

表 2 支护物理力学参数

名称	重度/(kN·m-3)	泊松比	弹性模量/(MPa)
衬砌	23.5	0.2	350000
锚杆	76.98	0.3	200000
管棚	22	0.2	270000

2.3 隧道开挖步序

隧道采用双侧壁导坑法分 9 步开挖，依次开挖隧道（使单元失效），导洞在开挖后激活相对应的支护结构，最后激活二次衬砌，共 20 个分析步。

3 模拟结果分析

3.1 竖直位移对比

对比竖直位移云图，如图 2 可见，隧道模型位移变化整体趋势相似，拱顶沉降模型 a 小于模型 b 小于模型 c，而模型 c 的拱底隆起部分最大，模型 c 的竖直位移沉降范围较模型 a 与模型 b 大，这主要是由于模型 c 隧道完全处于填土当中，填土强度较岩石弱，故沉降较大。而模型 b 由于在岩土交界处，沉降变化范围较模型 a 也更大。

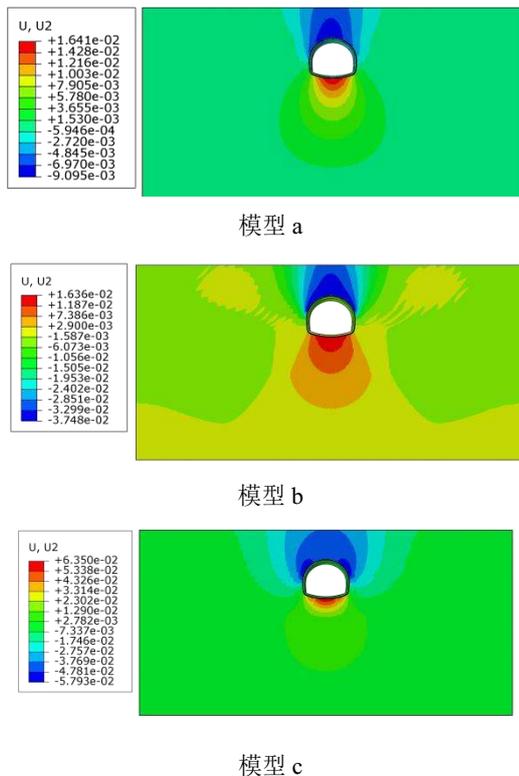


图 2 竖直位移云图

提取各模型每个分析步中拱顶处数值位移，如图 3 所示，

可见随着隧道开挖，拱顶竖直位移逐渐下降，当隧道处于土层时（模型 b、c），拱顶下降趋势尤为明显，当解除核心土时拱顶竖向位移均大幅下降。

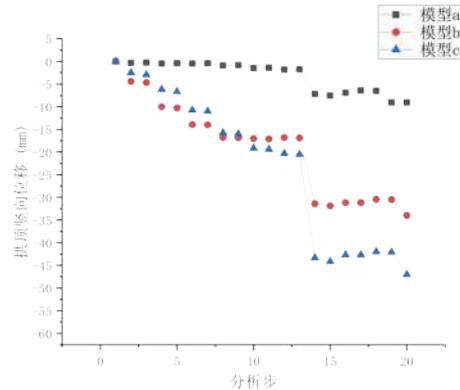


图 3 拱顶竖直位移变化图

3.2 水平位移对比

对比水平位移云图，如图 4 可见，模型 a 与模型 c 的最大水平位移都集中在边墙处，模型 b 的最大水平位移处于拱腰处，模型 a 的水平位移小于模型 b 小于模型 c。

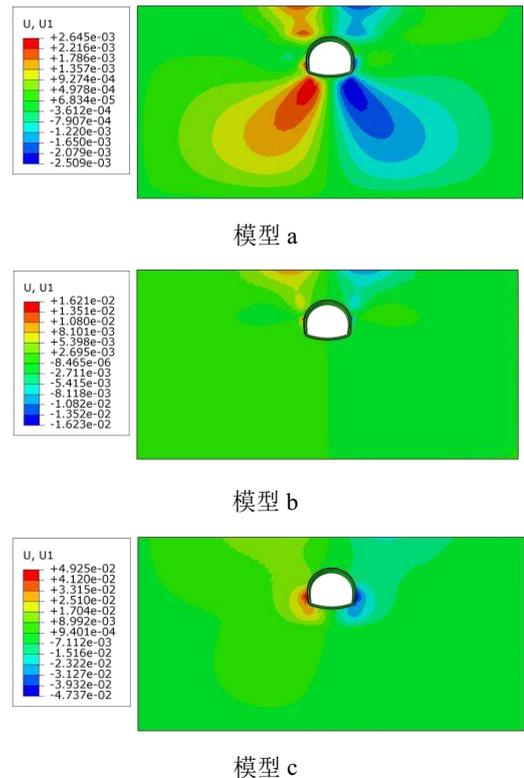


图 4 水平位移云图

提取各模型各分析步中边墙处水平位移，如图 5 所示，可见随着隧道开挖，水平位移逐渐增加，在开挖边墙处土体时，水平位移增加迅速，当隧道全处于土层中时，水平位移增加更为明显。

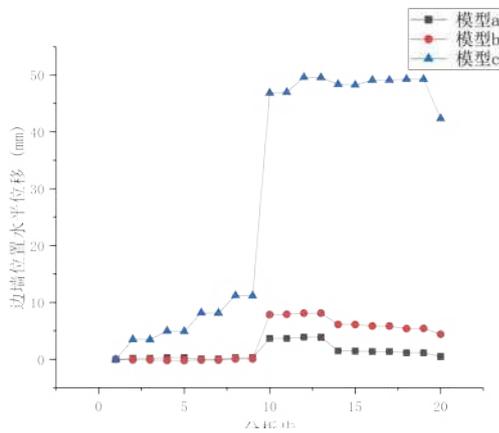
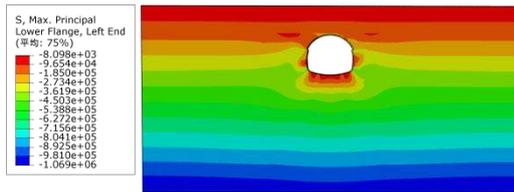


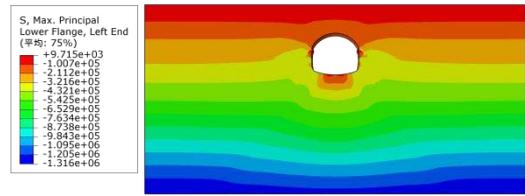
图5 边墙水平位移变化图

3.3 最大应力对比

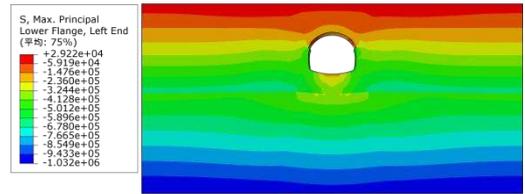
如图6所示,模型a最大主应力为8.09kPa,受拉主要分布于隧道边墙与拱底处,模型b最大主应力为9.75kPa,受拉主要分布在岩土交界面与拱底处,模型c最大主应力为29kPa,受拉主要分布于拱腰处。说明当隧道处于土体中时,会受到拉应力的作用,当隧道完全处于土体中时所受的拉应力更大。



模型 a



模型 b



模型 c

图6 最大主应力云图

4 结论

(1) 隧道拱顶沉降随着开挖逐渐变大,随着土层比例的增加,拱顶沉降的数值与开挖沉降影响范围增加。当隧道完全处于土层中时,隧道沉降的最大值位于拱顶两侧,且开挖引起变形增加的速度更快。

(2) 当隧道处于岩土交界面时。岩土交界面应力较大,在施工中应做好监测与支护,防止安全事故的发生。

(3) 当隧道完全处于土层中时,隧道周边土体最大主应力存在拉应力,主要分布在拱腰处,在实际工程中应当重点注浆加固,并着重监测此范围的土体。

参考文献:

[1] 李涛,韩雪峰,黄华,等.深圳富水复合地层地铁隧道暗挖施工引起地表沉降规律的研究[J].现代隧道技术,2014,51(02):76-82.
[2] 尹文平.深圳富水软弱地层地铁暗挖施工引起的地表沉降及变形控制技术研究[D].北京交通大学,2010.

作者简介:张家琪(1979-)男,汉族,上海人,硕士研究生学历,重庆市建设工程质量总站高级工程师,研究方向:土木工程施工。

陈高生(1987-)男,汉族,四川武胜人,中建隧道建设有限公司五北延3标项目项目经理,本科学历,研究方向:隧道与桥梁工程。

应杰(1982-),男,汉族,浙江人,硕士研究生学历,重庆市建设工程质量总站高级工程师,研究方向:土木工程施工。

基金项目:土岩复合地层浅埋大断面地铁工程立体暗挖施工关键技术 中国建筑第五工程局有限公司科研课题(cscec5b-2020-06)。
土岩复合地层浅埋大断面地铁工程立体暗挖施工关键技术 重庆市建委立项(城科字2020第8-3)。