

基坑开挖降水对既有地铁隧道的影响分析

郭斌

广州地铁设计研究院股份有限公司

摘要：基坑开挖施工中，常需要降低地下水位以保证围护结构的稳定性。然而，地下水处理不当将会造成严重的工程事故。因此，研究降水对基坑工程的影响十分必要。本文通过数值模拟的手段研究了基坑开挖时自身变形及对周边既有地铁隧道的影响，并对比分析了降水和不降水条件下的基坑自身变形及周边建筑变形的差异。结果表明，对比不降水条件下开挖基坑，降水条件下可有效降低基坑隆起，但降水将增大周边沉降，临近隧道竖向位移增大。

关键词：基坑；既有地铁隧道；降水；数值模拟

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.09.051

一、引言

近年来，随着地下工程项目的不断增加，出现了大量的深基坑工程。为了保证深基坑开挖的顺利进行，常

需要进行降水。深基坑工程开挖卸载常会造成周边建筑物沉降、倾斜等变形，而降水使得基坑工程和周边建筑物的变形更为复杂。众多学者已采用理论模型、数值模拟等手段进行了大量研究，并对工程施工提出了合理性建议。本文以徐州市某新建综合管廊工程为背景，基于有限元软件Midas GTS建立了考虑位移场及渗流场的基坑工程开挖及回筑对临近既有地铁隧道影响的模型，深入研究了不降水和降水下不同工况基坑工程对既有地铁隧道的影响。

二、工程背景

本工程为徐州市某新建综合管廊工程，埋深约2.8m，分段施工，临近既有地铁区间隧道段基坑先期实施。先期实施管廊基坑长约70m，宽9.6m。基坑走向与区间隧道走向一致，基坑开挖深度7.7m，基坑与区间隧道相对位置关系如下图所示。

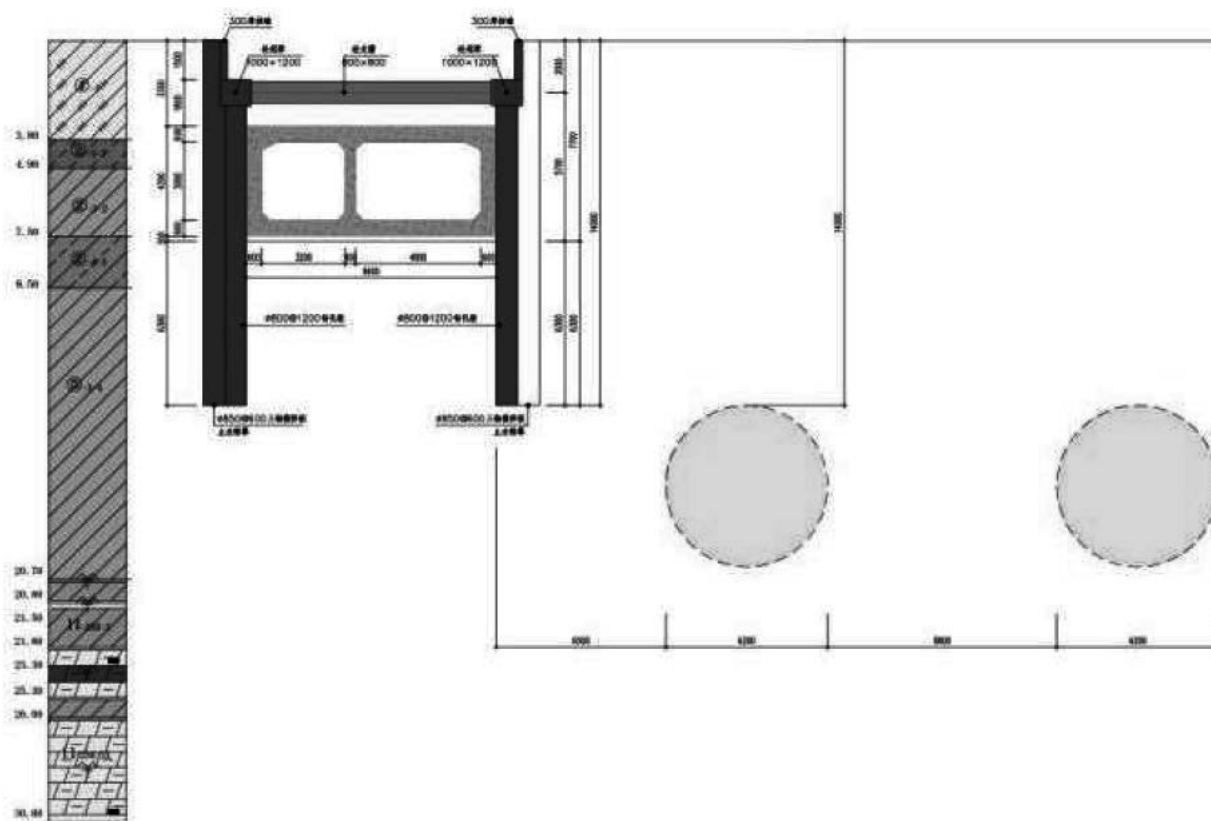


图1 管廊基坑与区间隧道立面位置关系图

三、仿真计算模型及工况

本次分析采用Midas GTS NX岩土与隧道仿真分析

软件进行三维数值模拟分析，计算模型地层尺寸为160m×100m×30m，共划分为451835个网格单元，79648个

节点，其中对本工程中的主体结构、地铁隧道及上述结构周围土体进行了重点细分，计算模型网格如图2所示。

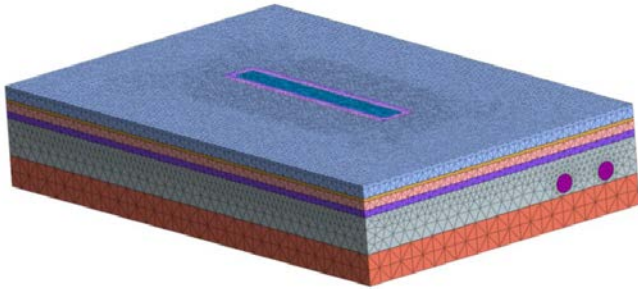


图2 计算模型网格

根据Midas GTS软件的特点，地层模拟采用3D实体单元，隧道衬砌采用2D板单元，主体结构采用3D实体单元，砼支撑采用1D梁单元，冠梁采用1D梁单元，围护桩根据等效刚度法等效为2D板单元，止水帷幕采用渗透系数为零的界面单元。

数值分析分为九个工况进行，计算工程与施工工序对应关系如表1。本次模型分析进行了两次施工阶段分析，其一是不降水下的基坑开挖卸载影响分析及基坑回筑影响分析（计算工况不包含工况一、工况四及工况六），其二是基坑降水影响分析（计算包含所有工况）。

表1 计算工况与施工工序对应关系表

施工工序	计算工况
-	工况一：进行初始渗流分析
-	工况二：进行初始应力场分析
第一步：施工基坑范围内围护桩及止水帷幕	工况三：施工基坑范围内围护桩及止水帷幕
第二步：进行第一次基坑降水	工况四：进行第一次基坑降水
第三步：第一次开挖、施工砼支撑以及冠梁	工况五：第一次开挖、施工砼支撑以及冠梁
第四步：进行第二次基坑降水	工况六：进行第二次基坑降水
第五步：开挖至基坑底面	工况七：第二次开挖
第六步：施作主体结构	工况八：施作主体结构
第七步：土体回筑，同时拆除砼支撑	工况九：土体回筑，同时拆除砼支撑

四、仿真计算结果

(一) 不降水条件下数值模拟分析

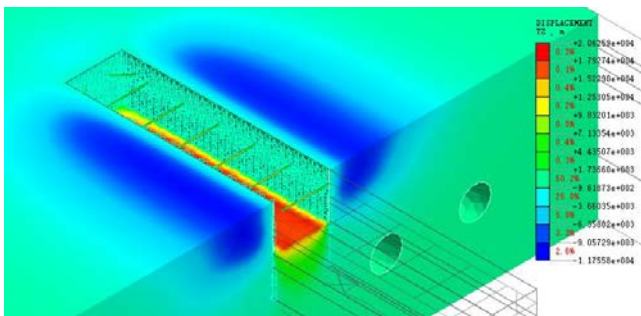


图3 整体模型竖向位移

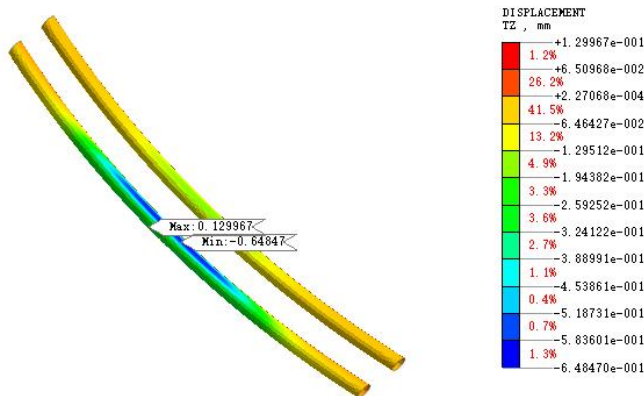


图4 隧道结构位移

不降水条件下开挖至基坑底面的整体模型位移如图3所示，隧道结构的位移如图4所示。

根据整体模型位移图可知，开挖至基坑底面时地层变形主要以基坑外侧沉降和坑底隆起或回弹为主。基坑开挖坑底最大隆起20.63mm，坑外地表沉降约为11.76mm，平面影响范围约10m。由分析结果可知，第二次开挖施工范围内的土层过程中沉降较小，坑底虽有一定的隆起，但在规范要求范围内，风险可控。

从图4可以看出，左隧道结构的水平位移最大值约为2.06mm，低于《城市轨道交通结构安全保护技术规范》中的隧道水平位移预警值10mm，左隧道结构的竖向位移最大值约为0.65mm，低于《城市轨道交通结构安全保护技术规范》中的隧道竖向位移预警值10mm，右隧道基本不受影响。由分析结果可知，第二次开挖基坑带来坑底地层隆起，从而引起隧道向上的变形，但隧道变形值在规范要求范围内，总体风险可控。

(二) 降水条件下数值模拟分析

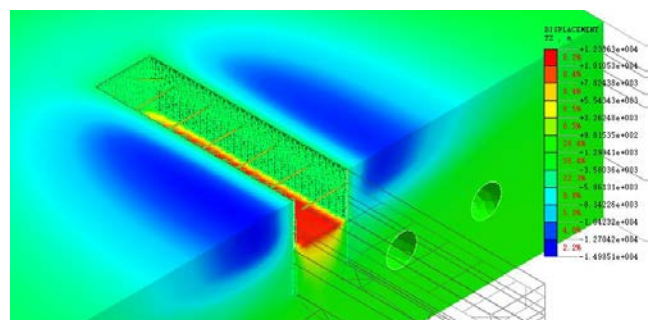


图5 整体模型竖向位移

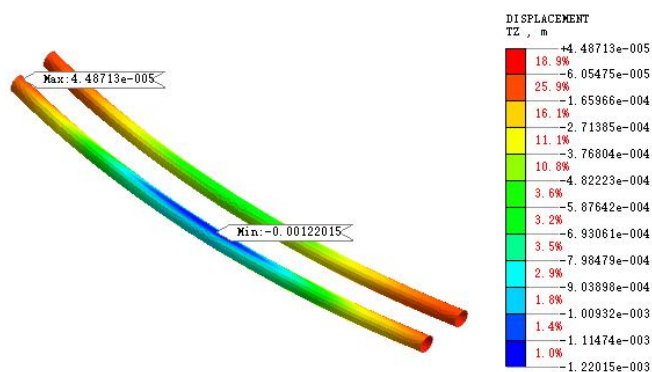


图6 隧道结构位移

降水条件下开挖至基坑底面的整体模型位移如图5所示,隧道结构的位移如图6所示。

根据整体模型位移图可知,工况五地层变形主要以支撑以上地层开挖引起的隆起变形为主,坑内的竖向隆起变形约为12.39mm,坑外地表沉降约为14.99mm,由分析结果可知,土体回筑后,沉降较小,风险可控。

从图6可以看出,左隧道结构的水平位移最大值约为2.05mm,低于《城市轨道交通结构安全保护技术规范》中的隧道水平位移预警值10mm,左隧道结构的竖向位移最大值约为1.22mm,低于《城市轨道交通结构安全保护技术规范》中的隧道竖向位移预警值10mm,右隧道基本不受影响。由分析结果可知,隧道变形值在规范要求范围内,总体风险可控。

通过以上对各个工况的计算,总结以上各个工况下地层的变形和内力情况,汇总如下表:

表2 各个工况下的变形及内力

工况阶段		工况五	工况七	工况八	工况九
不降水	坑底隆起/mm	15.03	20.63	18.35	14.01
	地面沉降/mm	4.18	11.76	12.90	15.02
	隧道水平位移/mm	-0.41	-2.06	-1.68	-1.06
	隧道竖向位移/mm	-0.47	-0.65	-0.59	-0.53
降水	坑底隆起/mm	9.65	12.39	10.74	7.65
	地面沉降/mm	5.30	14.99	15.46	18.85
	隧道水平位移/mm	-0.45	-2.05	-1.56	-1.05
	隧道竖向位移/mm	-0.65	-1.22	-0.97	-0.94

从以上三维有限元计算结果及图表中数据总结分析可以得到以下结论:

(1) 在不降水的情况下,基坑开挖及回筑过程中,引起4.18~15.02mm的地面持续沉降,对地层的扰动相对较小,影响范围为6~10m。

(2) 在不降水的情况下,基坑开挖过程中,由于土体开挖卸载,会引起15.03~20.63mm的坑底隆起,

此数值在规范允许范围内,整体上对地层扰动处在工程可接受的正常范围内。土体回筑过程中,坑底隆起值降低,相较于基坑开挖属于有利情况。

(3) 在不降水的情况下,基坑内部土层的开挖,会引起右线隧道拱顶的竖向变形和侧壁的水平位移,最大竖向变形0.47~0.65mm,最大水平位移0.41~2.06mm。隧道变形处在工程可接受的正常范围内。回筑过程中,隧道的水平位移及竖向位移均有所减小,属于有利影响。

(5) 在不降水的情况下,本基坑的实施,隧道自身变形较小,风险可控。

(6) 在降水情况下,整体变形以及隧道结构自身变形的变化规律与不降水情况一致。相较于不降水情况,降水情况下,坑底隆起值降低,但会引起周边沉降值增大,隧道的水平位移基本一致,隧道的竖向位移值变大,但均处于工程可接受的正常范围内。

五、结语

通过对地层变形、隧道自身变形等三维计算分析,本工程施工对区间隧道的影响在可控范围内,可满足地铁隧道的安全要求。对比分析表明,相较于不降水工况,降水工况下坑底隆起值降低,可以周边沉降值增大、既有地铁区间隧道水平位移基本一致、区间隧道的竖向位移值变大,但均处于工程可接受的正常范围内。相对于不降水,降水可以提高基坑坑底土体的稳定性,但进一步提高了周边地面沉降和既有结构的变形,这应该引起足够的重视。实际施工过程中,一方面应该根据工程需要确定合理的降水深度和降水范围,尽量减小对周边环境的影响;另一方面应该加强对周边建构筑物的监测和保护,确保周边建构筑物安全使用。

参考文献

[1] 俞建霖, 龚晓南. 基坑工程变形性状研究[J]. 土木工程学报, 2002, 35(4): 5.

[2] 阮顺良, 胡士兵, 楼永良. 基坑工程对邻近地铁隧道影响及控制措施研究[J]. 现代隧道技术, 2012.

[3] 王卫东, 吴江斌, 翁其平. 基坑开挖卸载对地铁区间隧道影响的数值模拟[J]. 岩土力学, 2004(z2): 5.

[4] 冯怀平, 张伏光, 岳祖润. 考虑流固耦合作用的深基坑有限元分析[J]. 地下空间与工程学报, 2012, 8(2): 7.

[5] 孙琳, 李云安, 鲁贤成, 等. 基坑开挖及降水对周边地铁隧道变形的影响分析[J]. 安全与环境工程, 2020.