

天津站交通枢纽深基坑降水开挖引起的建筑物沉降分析

王 玥

(中铁隧道集团技术中心, 河南 洛阳 471009)

摘要: 以天津站交通枢纽3标段基坑工程实践为例,利用数值模拟试验,分析施工中降水和开挖对地层沉降造成的影响,指出降水施工引发的沉降占总量的90%,开挖施工的不利影响主要体现在差异沉降上。在实际施工中应高度重视及时封堵隔水帷幕漏水和架设足量的内支撑,结合监测数据,对模拟结果进行分析,肯定盖挖逆作法在沉降控制上的优势,并提出实际施工的优化方案。

关键词: 深基坑; 工程降水; 地层沉降; 逆作法; 渗流场

DOI: 10.3973/j.issn.1672-741X.2012.01.009

中图分类号: U 231.3

文献标志码: A

文章编号: 1672-741X(2012)01-0046-07

Analysis on Ground Settlement induced by Dewatering and Excavation in Construction of Deep Foundation Pit of Tianjin Railway Station Terminal

WANG Yue

(Technology Center of China Railway Tunnel Group Co., Ltd., Luoyang 471009, Henan, China)

Abstract: The influence of dewatering and excavation on the ground settlement is analyzed by means of numerical simulation, with the construction of the foundation pit of No. 3 bid section of Tianjin Railway Station Terminal as an example. It is concluded that the settlement induced by dewatering takes 90% of the total, while the adverse influence of excavation mainly takes the form of differential settlement. Therefore, the water seeping through the waterproofing curtain should be timely sealed and enough waling should be set up during construction. Analysis is also made on the simulation results on basis of the monitoring data and conclusion is drawn that the cut-and-cover top-down construction method is superior in terms of settlement control. Finally, an optimized construction scheme is proposed.

Key words: deep foundation pit; dewatering; ground settlement; top-down construction method; seepage field

0 引言

随着我国经济的快速增长,交通流量越来越大,交通方式也越来越多,于是大规模的立体复合式交通枢纽工程应运而生。由于其汇集的交通线路和交通方式繁多,将给城市地区施工带来更多的困难和挑战,尤其是基坑的施工(开挖和降水)造成周边地层沉降是目前最直接和显著的不良影响,施工控制难度大,风险高,迫切需要对其沉降机制和特征进行研究分析。

目前国内外对于基坑施工引起的地层沉降的研究多集中在地表沉降,最有影响的是1969年Peck通过工程实测统计得出的一套与土性及开挖深度有关的地表沉降估算方法^[1]。此外,Attwell^[2]探讨了地下工程或基坑开挖引起的地面沉降以及对地面建(构)筑物和地下管线的影响;Iame^[3]定性分析了影响坑周土体

变形的各种因素;Bransby等^[4]研究了砂土地层中土与挡墙之间接触面光滑程度及砂土性质等对挡墙侧移和坑周土体沉降的影响;魏汝龙^[5]探讨了基坑开挖卸载与被动土压力的关系;潘秋元等^[6]研究了基坑开挖中应力路径对不排水强度的影响;孙均^[7]研究了地下连续墙基坑开挖对环境土工病害的预测与防治;陈观胜等^[8]结合工程实例探讨了深基坑开挖对周围建筑物的影响问题及其保护措施;邹明^[9]探讨了基坑开挖引起的环境问题及产生原因,包括地下水和支护结构方面的影响;李勇^[10]针对基坑开挖对紧邻既有建(构)筑物地基承载力的影响作了探讨及计算。

以上这些研究多集中于开挖施工和支护手段,而忽略了降水施工,并且以经验的分析和总结居多。基坑降水从大的方面可以分为基坑外降水和基坑内降水^[11]。

收稿日期: 2011-11-18; 修回日期: 2011-12-16

作者简介: 王玥(1984—),男,辽宁朝阳人,2010年毕业于北京科技大学岩土工程专业,硕士,助理工程师,现从事高地温喷射混凝土及无尘喷射混凝土技术的研究工作。

目前降水设计规范给出的公式大都是用于坑外降水设计的,而坑内降水用的计算公式相当复杂而不被工程人员设计时采用。因此,细致分析基坑施工各步骤,并综合考虑支护方式,为控制周边地层沉降提供适用的、广泛的借鉴经验十分有必要。

本文以天津站交通枢纽 3 标段基坑工程为例,结合监测数据,并利用数值模拟,对基坑的降水和开挖引发的地层沉降进行分析,总结降水施工和开挖施工各自引发沉降的不同特点,提出实际施工的优化方案。

1 工程概况

天津站交通枢纽工程是集普速铁路、京津城际高速铁路、城市轨道交通、公交和周边市政道路于一体的特大型综合项目,建设资金 80 亿元,集中在以铁路天津站南(前)、北(后)广场为核心,东至李公楼立交,北至新开路,西至五经路,南至海河东路的范围内,规划总占地面积为 94.46 hm²。天津站交通枢纽总平面图见图 1。

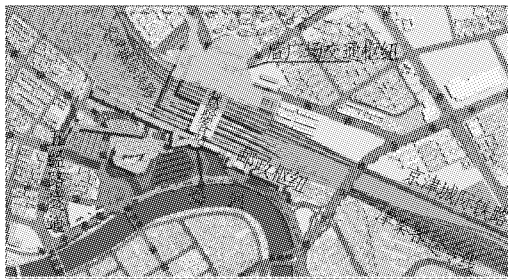


图 1 天津站交通枢纽总平面图

Fig. 1 General plan of Tianjin Railway Station Terminal

本工程场地处于冲积平原,地形平坦,地面高程为 1.72~3.41 m,现处于市区,多为公路及房屋建筑。场地属稳定场地,适宜地铁建设;但基坑开挖范围内土体主要为黏性土、填土、淤泥质土、粉土及粉砂,土质松软,直立性差,场地内存在软弱地层,工程地质条件较差。应针对具体工程要求采取适宜的处理措施。

场区地层为第四系全新统人工填土层、第 I 陆相层、第 I 海相层、第 II 陆相层、第 III 陆相层、第 II 海相层、第 IV 陆相层、第 III 海相层、第 V 陆相层和第 IV 海相层。

天津地下水受基底构造、地层岩性和地形、地貌、气象以及海进、海退等综合因素影响,水文地质条件非常复杂。在自然条件下总的地下水补、径、排特点是:在水平方向上,浅层水和深层水由北向南形成补给;在垂直方向上,下伏含水岩组接受上覆含水岩组的渗透补给。

场地地下水包括浅层第四系孔隙潜水、赋存于 -15.00~-75.00 m 的粉土和砂土层中浅层微承压水和 -75.00 m 以下的深层承压水。

2 数值模拟方案及结果分析

2.1 基本模型的选取与建立

本段线路位于市中心,地面道路交通繁忙,地下管线管道较多,场地周围既有建筑物基础密集,从北起顺时针依次为城市之光小区、美震写字楼、裕阳家园小区、惠森家园小区、网通分局和汇和家园小区,其对施工场地的安排和施工方案的选择都有较大的影响。建筑分布总图见图 2。

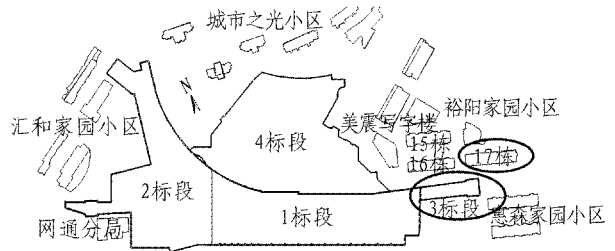


图 2 建筑分布总图

Fig. 2 Distribution of buildings

本数值模拟以 3 标段基坑工程及邻近的裕阳 17 栋为基本模型。选取的理由为:1)具备完整的监测数据,从基坑开挖前至完工都有真实详尽的数据;2)监测数据的响应变化较理想,随各步施工的进行有相应变化;3)受工况的影响较单一,不用考虑多个工作面甚至多个标段施工的综合影响,减小模型体积,降低运算量。

由图 2 可知:3 标段及其北侧 2 栋居民楼为近似平行条形分布,因渗流计算量十分巨大,对其简化,选取南北方向切片区域建立模型,切片长度从基坑中心线向北共 101.5 m。由于该条形基坑的内支撑间距为 5 m,由此确定该切片厚度为 5 m。模型地层深度取 76 m。整个模型共 2 784 个单元,4 116 个节点。本模型采用摩尔-库伦模型和渗流计算模式,基本模型图见图 3。材料物理力学参数见表 1 和表 2。

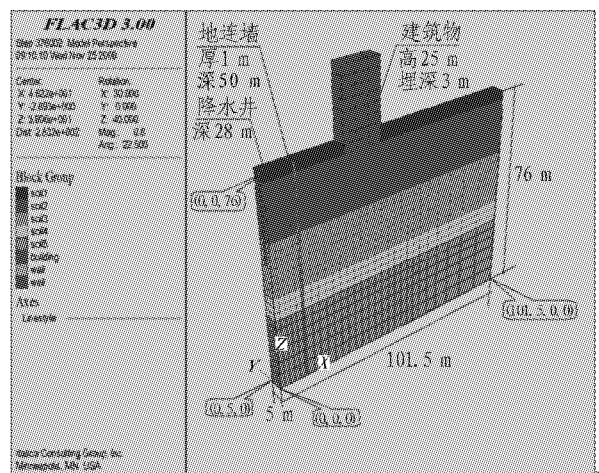


图 3 基本模型图

Fig. 3 Model

表 1 各土层物理参数表

Table 1 Physical parameters of different strata

土层编号	土体性质	厚度/ m	干密度/ (kg/m ³)	体积模量/ MPa	切变模量/ MPa	内聚力/ MPa	摩擦角/ (°)	剪胀角/ (°)	流度系数/ (m ² /Pa·s)	孔隙率/%
1	杂填土	4	1 509	45	11	0.046	3.8	4	7.2×10^{-10}	49
2	粉土	20	1 597	287	240	0.024	25	2	7.2×10^{-11}	43
3	粉质黏土	18	1 703	362	303	0.025	30	3	9.0×10^{-10}	38
4	粉土	8	1 764	421	362	0.007	41	3	2.9×10^{-9}	38
5	粉质黏土	26	1 849	610	554	0.045	32	1	7.0×10^{-10}	40

表 2 其他构筑物物理参数

Table 2 Physical parameters of other structures

名称	体积模量/ MPa	切变模量/ MPa	内聚力/ MPa	摩擦角/ (°)	密度/ (kg/m ³)	抗拉强度/ MPa
建筑物	750	320	4.0	45	2 400	2.0
地连墙	800	370	4.0	45	2 600	2.0

注: 1) 本模型采用接触面连接(建筑基础和土体之间、地连墙和土体之间), 接触面的材料参数取为其接触土层内聚力和摩擦角的 0.8 倍。
2) 实际基坑工程中, 其内支撑的间距为 5 m, 模型厚度取值为 5 m。

由于采用水土耦合计算模式, 其边界条件分述如下:

1) 固体边界条件。模型底端固结, 限制 X, Y, Z 方向位移, X 方向侧面铰接, 在 2 个端面限制 X 方向的位移; 同理, Y 方向侧面铰接, 在 2 个端面限制 Y 方向位移。

2) 流体边界条件。在 -3 m 深度定义潜水面, 固定孔隙水压力为零; 在模型底部固定孔隙水压力为 0.6 MPa; 四周封闭, 不设置孔隙水压力; 之后进行渗流计算, 生成初始孔隙水压力场以后, 固定远端面孔隙水压力。

2.2 初步模拟试验

在建立了基本模型之后, 首先进行了 3 项数值模拟试验, 分别为无隔水结构(地连墙)的地层降水试验、有隔水结构(地连墙)的地层降水试验和单纯开挖试验(无渗流计算)。其中, 降水和开挖都参照实际施工的工序和深度分步进行, 每进行一步模拟(降水或开挖)都依次进行流体模型平衡计算和固体模型平衡计算。降水分 6 步进行, 深度依次为 5, 10, 15, 20, 23, 28 m。开挖步骤具体见表 3。

表 3 开挖步骤

Table 3 Excavation processes

开挖步骤	开挖深度/m	内支撑深度/m
1	1	0
2	6	5
3	11	10
4	15	14
5	19	18
6	26	

本试验为研究比较基坑降水和开挖分别对周边地层沉降造成的影响, 从而为后文工程实例固流耦合分析提供对比参考依据。部分结果如图 4 和图 5 所示。

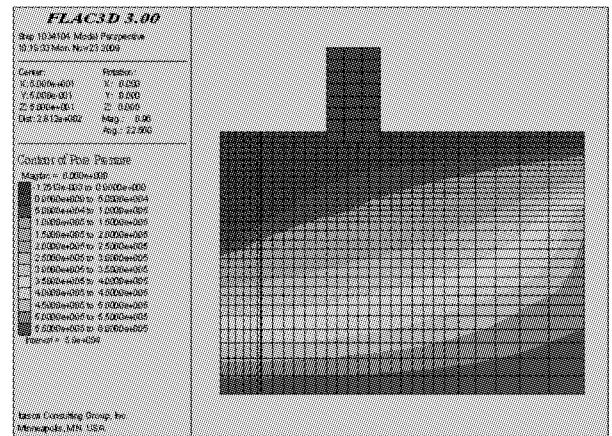


图 4 降水 28 m 后孔压云图(无地连墙)

Fig. 4 Cloud of pore water pressure after 28 m dewatering (without diaphragm wall)

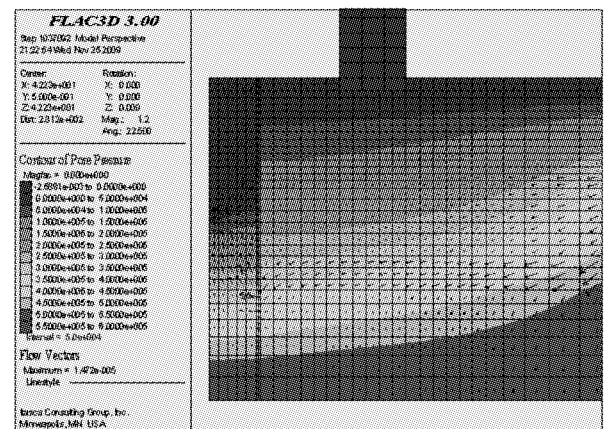


图 5 降水 28 m 后孔压云图及流体矢量场(有地连墙)

Fig. 5 Cloud of pore water pressure and flow vectors after 28 m dewatering (with diaphragm)

将上述降水试验(含有地连墙和无地连墙 2 套方案)和开挖试验的结果综合比较, 结果如图 6 和图 7 所示。

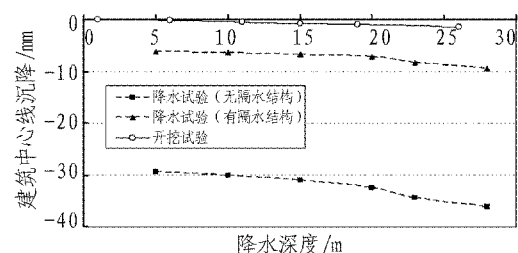


图 6 数值模拟试验平均沉降比较曲线图

Fig. 6 Average settlement obtained by numerical simulations

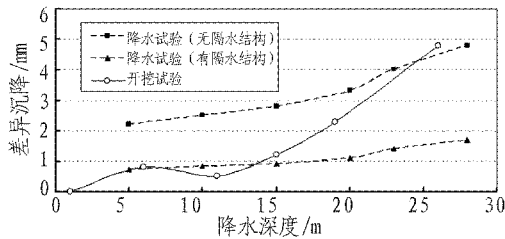


图 7 数值模拟试验差异沉降比较曲线图

Fig. 7 Differential settlement obtained by numerical simulations

由图 6 和图 7 可知：1) 在影响建筑整体(平均)沉降的因素中,降水施工处于决定地位,随着降水深度和开挖深度的增加,建筑沉降增加;在影响建筑差异沉降(建筑倾斜)的因素中,开挖施工和降水施工都对其有影响,但随降水深度的变化,差异沉降变化不大,而随着开挖深度的增加,差异沉降将明显增大。2) 在小于 5 m 深度施工时(包括降水和开挖),降水对周边环境变形影响居主导地位,开挖施工造成的平均沉降较小。3) 在 5 ~ 15 m 深度施工时,周边的平均沉降有一定增加,但开挖造成的差异沉降开始大于降水的影响。由于实际施工中多少存在围护结构渗水以及架设支撑滞后的情况,所以认为降水和开挖对周边建筑差异沉降(倾斜)的影响是近似相等的。4) 在大于 15 m 深度施工时,无论是受降水施工还是开挖施工影响,周边建筑的平均沉降的速率开始增大;而开挖造成的建筑差异沉降开始显著增加,明显大于降水施工的影响。

2.3 原施工方案数值模拟

原施工方案拟采用明挖顺作法,经过 FLAC3D 计算,部分结果如图 8 和图 9、表 4 所示。

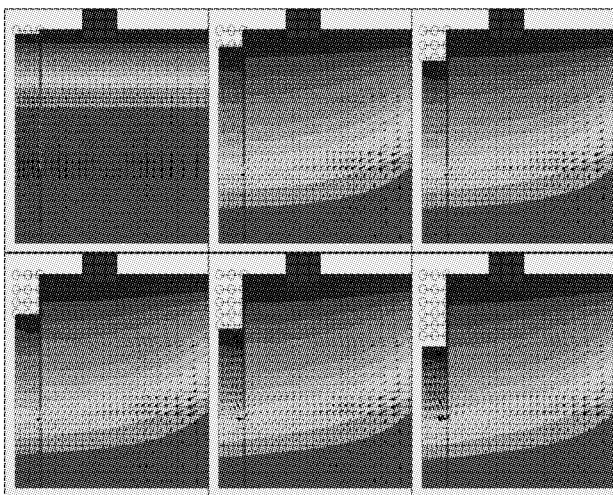


图 8 孔压云图及渗流场变化图(明挖顺作法)

Fig. 8 Developing process of pore water pressure and flow vectors (open excavation)

由表 4 可知：1) 在基坑开挖完毕后建筑平均沉降(中心沉降)为 -14.8 mm,差异沉降为 8.2 mm; 2) 基坑及周边土体的变形主要从 19 m 以下降水开挖后变

化速率明显加快,建筑整体平均沉降较小,差异沉降较大。由此可以说明此方案的降水设计是合理的,隔水帷幕的嵌入深度足够,有效保证了坑外渗流场和孔压分布的稳定,使建筑的整体平均沉降在安全范围内。

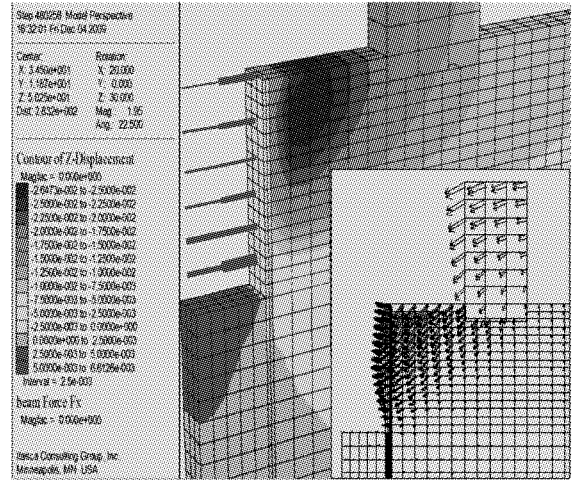


图 9 开挖完成后竖向位移云图及位移矢量场

Fig. 9 Cloud of vertical displacement and vectors after excavation

表 4 原施工方案数值模拟计算结果

Table 4 Results of numerical simulation based on original construction scheme

开挖深度/ m	建筑中心 沉降/mm	建筑差异 沉降/mm	地连墙墙顶 最终位移/mm	墙体最大水平 位移/mm
1	0	0		
6	-6.25	0.8		
11	-8.25	1.2		
15	-9	1.5		
19	-10	1.7		
23	-12	6.0		
26	-14.8	8.2	-20.2	-24.8

从建筑差异沉降控制方面来看,此方案的设计存在不足之处,即内支撑系统的刚度不够,尤其是后 3 道支撑。基坑开挖完毕后地连墙变形比较严重,墙体最大水平位移达到近 -24.8 mm,这直接导致了墙外土体沉降和建筑差异沉降的剧增。

考虑到原设计地连墙厚度已经达到 1 m,钢支撑间距最大为 5 m,再综合成本和施工方便因素,增厚地连墙和加大钢支撑密度的方法都不可取;但若在关键部分(如在第 5 步开挖到 -19 m 深时)改钢支撑为钢筋混凝土支撑,可以明显提高内支撑系统的刚度,能控制墙体变形和建筑差异沉降。

2.4 实际施工方案数值模拟

由于 2008 年奥运会对于京津城际使用的要求,市政强制施工恢复路面,实际施工在中途改用盖挖逆作法(见图 10)。

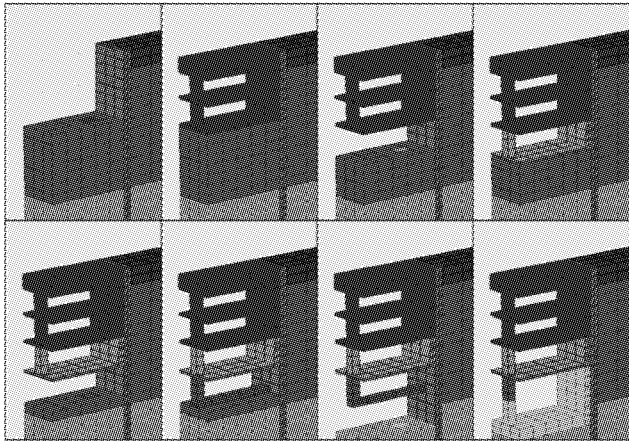


图 10 实际工程施工流程图
Fig. 10 Construction process

经过 FLAC3D 计算,部分结果如图 11 和表 5 所示。

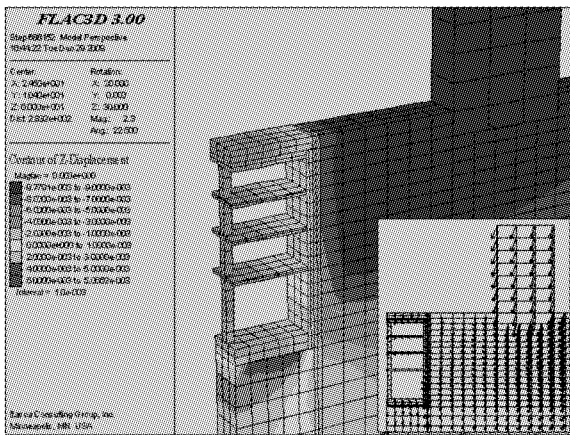


图 11 实际施工完成后竖向位移云图及位移矢量场
Fig. 11 Cloud of vertical displacement and vectors after construction

表 5 实际施工方案数值模拟计算结果

Table 5 Results of numerical simulation based on adopted construction scheme

开挖深度/ m	建筑中心 沉降/mm	建筑差异 沉降/mm	地连墙墙顶 最终位移/mm	墙体最大 水平位移/mm
1	0	0		
6	-6.25	0.8		
11	-8.25	1.2		
16	-8.5	1.0		
21	-8.8	1.5		
26	-9.5	1.8	-3.5	-5.1

由图 11 和表 5 可知:对比于明挖顺作工法,基坑内支撑系统刚度增强,地连墙的水平位移得到了明显抑制,基坑外地表沉降比较均匀,较好地控制了建筑的差异沉降;同时,无论是墙顶最终位移还是墙体最大水平位移都大大减小了。

经过数据整理,2 种施工方案的平均沉降和差异沉降对比曲线如图 12 和图 13 所示。

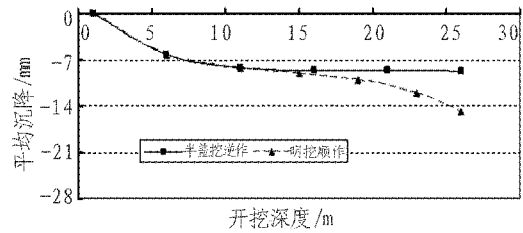


图 12 2 种施工方案平均沉降对比

Fig. 12 Average settlements induced by two different construction schemes

由图 12 可知:1)数值模拟曲线在开挖到 11 m 以前降水和开挖工况相同,不同工法引起的建筑沉降相同;而后随开挖深度的增加建筑沉降增加,且明挖顺作工法引起的建筑沉降大于半盖挖逆作工法,并且在降水施工和土方开挖 2 种不利因素共同作用下有失稳趋势;2)半盖挖逆作工法对建筑的影响很小,在降水条件相同的情况下,土体开挖可能引起的平均沉降被很好地控制。

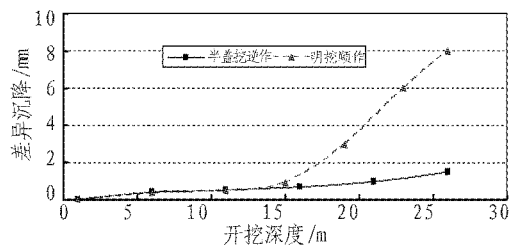


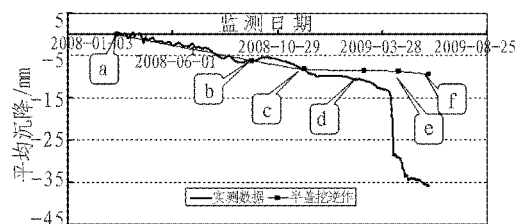
图 13 2 种施工方案差异沉降对比

Fig. 13 Differential settlements induced by two different construction schemes

由图 13 可知:从开挖到 20 m 以后,明挖工法造成的建筑差异沉降开始明显增大,而盖挖工法的差异沉降曲线则十分平稳。鉴于差异沉降是造成建筑开裂倾覆的首要因素,在环境保护等级高的城市地区,应该优先采用盖挖逆作工法。

2.5 与实测值对比分析

综合原施工方案、实际施工方案和监测数据,不同开挖深度的平均沉降对比情况如图 14 所示。



a 为监测和数值模拟的起始时间点,零点; b 为负三层土方开挖时间点; c 为负三层土方开挖基本完成时间点; d 为负四层土方开挖时间点; e 为负四层半(钢筋混凝土支撑施作深度)开挖完成时间点; f 为负四层土方开挖基本完成时间点。

图 14 数值模拟与现场实测平均沉降对比曲线图

Fig. 14 Average settlement obtained by numerical simulation vs. that measured in site

由图 14 可以看出：在 c 点以前的浅层降水开挖施工中，数值模拟结果和现场实测值比较吻合；而到了 d 点及 d 点以后，实测值大于数值模拟结果。其原因是：在负四层开挖施工后，地连墙有漏水现象，尤其是在 2009 年 4 月 8 日左右，地连墙靠建筑一侧出现较大裂缝，漏水严重，导致了建筑的沉降值急剧增大，远远超过数值模拟的计算结果。

将数值模拟结果插入实测差异沉降曲线图(见图 15)中对应的时间位置，可以看到在负四层开挖施工之前，数值模拟计算结果同实测值比较吻合，整体趋势一致，最大差值不超过 2 mm；但在负四层开挖施工中，由于地连墙裂缝引起的漏水涌砂，在造成建筑及地表平均沉降骤增的同时，也使建筑的差异沉降急剧增大，对建筑产生了严重威胁。在封堵好漏水并在建筑沉降较大一侧进行注浆加固后，其差异沉降情况才得到控制，趋于平稳。

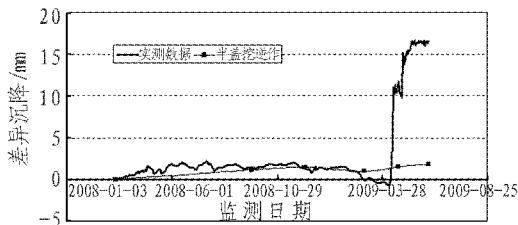


图 15 数值模拟与现场实测差异沉降对比曲线图

Fig. 15 Differential settlement obtained by numerical simulation vs. that measured in site

由上分析，再一次验证了富水软土地区深层降水开挖施工中隔水帷幕的重要性；而在现实施工中，地连墙的接缝处难以避免出现漏水现象，且越是在深处漏水的概率就越大，这就导致数值模拟结果与实测数据不一致。

就不同漏水情况而言，本算例中平均沉降的数值模拟结果(地连墙未起到隔水作用)可以达到 36 mm 以上(参见 2.2 初步模拟试验)；而差异沉降情况则比较难以预计，其受孔压场变化影响不大，主要由围护结构(地连墙)水平位移或围护结构漏水涌砂引起突变。

在今后的深基坑施工过程中应做好应急处理的准备，建立良好的监测信息反馈系统。在每步降水以后和开挖之前，如发现地表或建筑沉降速率明显加快，就意味着隔水帷幕可能存在较严重的漏水现象，可提前采取措施修补漏水部位，对重要建筑注浆加固。

3 优化方案探讨

由上述分析可知，从控制地表和建筑沉降角度而言，采用半盖挖逆作法比明挖顺作法更为有利，明挖顺作和盖挖逆作工法的优缺点如表 6 所示。

本工程实际采用的是先浅层明挖而后改用盖挖逆作，发挥了 2 种工法各自的优势：

1) 在浅层降水和开挖施工中(本工程为 -15 m)，对周围环境影响相对较小时采用明挖顺作法，加快了工程进度。

表 6 不同工法对比表

Table 6 Comparison and contrast between different construction schemes

工法	时间进度	基坑变形	周围沉降	交通影响	成本
明挖顺作	出土快，工程进度快	大	建筑差异沉降大	阻断交通	较低
盖挖逆作	出土较慢，工程进度慢	小	建筑差异沉降小	不影响交通	较高

2) 随降水和开挖深度的增加，周围环境对围护结构的刚度提出了更高的要求。在完成负一和负二层结构后改用盖挖逆作法，可以有效控制地连墙的墙体变形，从而降低土体开挖带来的空间效应，相比于单纯明挖更有利于减少建筑的沉降值，尤其是建筑物的差异沉降值。

3) 此混合工法很好地适应了交通环境。前期天津站后广场 1 标段和 2 标段正在进行盖挖逆作施工，1 标段上方地表正在进行城际站房结构和装修施工，整片区域属于交通限制区域。此时 3 标段用明挖法快速出土，而后在奥运前夕，城际站房和其地下设备房都施工安装完毕，城际铁路投入使用，3 标段改用盖挖法，及时恢复了后广场交通运营，保证了京津城际铁路的良好运营。

综上，天津站后广场 3 标段基坑工程的混合工法在工程安全和环境适应方面都取得了良好的效果，值得今后的其他工程借鉴。

后期最后 1 步开挖前，工程施作了间隔 5 m、断面 1 m × 1 m 的钢筋混凝土支撑，保证了最后步开挖基坑的稳定。从数值模拟和现场实测的角度看，最后 2 步降水开挖相比，建筑和地表的沉降情况变化不大，本工程在最后尝试删减此钢筋混凝土支撑，以期达到优化目的。优化方案最终沉降云图见图 16。

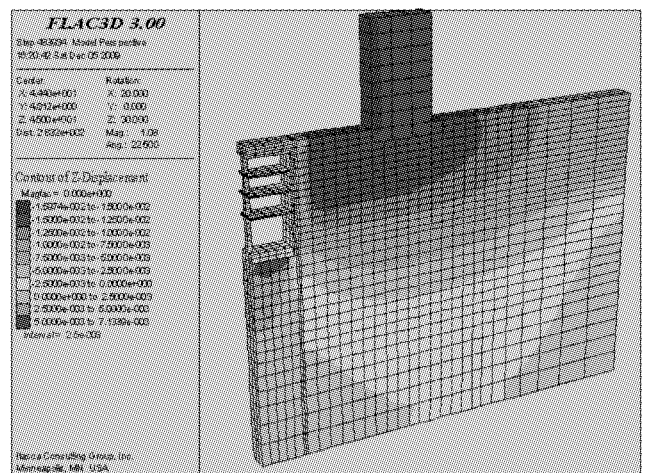


图 16 优化方案最终沉降云图

Fig. 16 Cloud of final settlement of optimized construction scheme

由图16可知,优化后建筑平均沉降约为15 mm,差异沉降小于2 mm,处于可控制范围内。因此,采用盖挖逆作法后,最后1道钢筋混凝土支撑是可以省略的,但出于安全考虑,可以适当加大其支撑的间距,或者视场地施工便利与否采用其他形式的内支撑。

4 结论与讨论

1)降水施工是引起建筑沉降的主要因素,根据无隔水结构的数值模拟试验,其导致的沉降占总量的90%以上。在天津站后广场3标段基坑工程中,最终实测平均累积沉降达到约-40 mm,其中由于施工降水引起的沉降超过-35 mm,二者是相符合的。

2)开挖施工对建筑的不利影响主要体现在差异沉降上,其引起的差异沉降值为降水引起差异沉降值的1~2倍。在本例浅层土体(-10~-15 m)施工中,降水和开挖引起的差异沉降相差不多,均为1 mm;在较深土体(-15~-26 m)施工中,开挖引起的差异沉降为5 mm,降水引起的差异沉降约2 mm。

3)在富水软土地区的基坑工程中应高度重视及时封堵隔水帷幕漏水和架设足量的内支撑,这是施工过程中控制周边地层平均沉降和差异沉降的重点。

4)盖挖逆作法比明挖顺作法更能控制地表沉降和建筑沉降,且不影响地面交通,十分适合环境保护要求严格的大中城市(如上海、北京、天津、武汉等)。本例中的半盖挖逆作(前期明挖顺作,后期盖挖逆作)则兼具了施工快速、沉降风险小的优点,值得推广使用。

参考文献(References):

- [1] 刘建航,侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997:217-225.
- [2] Attwell P B. Soil movement induced by tunneling and their effects[J]. Chapman and Hall,1986:20-46.
- [3] Iame K. Relations between process of cutting and uniqueness of solutions[J]. Soils and Found,1970,10(3):50-65.
- [4] Bransby B L, Milligan G W. Soilde formation near cantilever sheet pile walls[J]. Geotechnique,1975,25(2):185-192.
- [5] 魏汝龙. 开挖卸荷与被动土压力计算[J]. 岩土工程学报,1997(6):12-16.
- [6] 潘秋元. 深基坑支护工程实例[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1996:31-56.
- [7] 孙钧. 市区地下连续墙基坑开挖对环境病害的预测与防治[J]. 西部探矿工程,1994(5):1-7.
- [8] 陈观胜,严洪龙,陈昌平. 深基坑开挖对周围建筑物的保护[J]. 城市道桥与防洪,2003(2):83-86,8. (CHEN Guansheng, YAN Honglong, CHEN Changping. Protection of excavation of deep foundation pit to surrounding buildings [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control,2003(2):83-86,8. (in Chinese))
- [9] 邹明. 建筑深基坑工程开挖过程中的环境问题及防治对策[J]. 探矿工程:岩土钻掘工程,1998(S1):107-108.
- [10] 李勇. 基坑开挖对邻近建筑物地基承载力影响的探讨[J]. 山西建筑,2005,7(6):80-81. (LI Yong. The effect of foundation pit digging to the foundation of near building [J]. Shanxi Architecture,2005,7(6):80-81. (in Chinese))
- [11] 杨健. 工程降水引发的地面沉降研究[D]. 北京:中国地质大学地质工程专业,2005.

中铁隧道股份西南第一长隧——大相岭隧道双向贯通

2011年12月24日,雅西高速公路关键控制性工程——大相岭泥巴山隧道左线成功安全贯通。至此,这条由中铁隧道股份有限公司承担施工的长达10 km的西南第一公路长大隧道正式双向贯通,雅西高速公路雅安境内路段已经成功实现连通。

据了解,大相岭泥巴山隧道分为左右2线,左线长9 962 m,右线长10 007 m,该隧道也是目前西南地区在建最长、埋深全国最大的复杂地质隧道,隧道上面的最高覆土层达1 650 m。泥巴山隧道处于龙门山活动断裂带边缘,共穿越15条大断层,自然地理条件恶劣,地下水丰富,除瓦斯外,集高压涌突水、大变形、断层、岩爆等地质灾害于一身,施工难度非常大。

在工程建设的4年时间里,面对复杂的施工环境,中铁隧道股份雅泸高速项目部制定切实可行的目标和措施,依靠自身努力主动抓好内外部协调,大力推进标准化管理,精心组织,科学施工,攻克了1 500 m高海拔、1 600 m高埋深、8个断层和1个断层群、2次1 000 m³以上的突泥、2次日涌水量8 000 m³以上的涌水以及1次大变形和644 m岩爆地段等施工难关;解决了地下风机房11条洞室总长1 325.35 m,上穿右洞洞顶、大断面、渐变段、小间距洞室、圆曲线洞室、陡坡、异型段、小洞室长距离和坡度达15.7%、全长1 532 m的送风斜井和全长1 356 m的排风斜井施工等施工难题;项目施工现场安全、质量、进度得到了保证,树立了优质、高效、文明的良好施工形象,连续三年在雅西公司年度综合评比中蝉联“第一名”桂冠,展示了隧道专业化施工队伍的风采和实力。

(本刊记者 2012-01-10)