

摘要:北京地铁4号线西四站为北京市轨道交通的一个重要枢纽,地面状况复杂,为保证周边环境和支护结构的安全,对西四站西南出口基坑的变形进行了监测,以及时搜集变形信息,指导工程的安全施工。通过对基坑的监测和基坑变形的分析研究,得到了西四站南出口在开挖过程中的变形规律:冠梁水平位移和周围地表的沉降量与基坑开挖深度成正比,边坡的最大受力面与地面的夹角近 45° ,地表沉降量最大点随着基坑的开挖过程不断变化。

关键词:地铁;基坑;变形监测;沉降量;支护结构;基准点;位移

基坑的监测在施工安全控制中具有极为重要的作用,支护结构设计虽然根据地质勘察资料和使用要求进行了较为详细的计算,但是在基坑工程实践中,工程的实际工作状态与设计预估值相比往往存在一定的差异,设计预估值还不能全面、准确地反映工程的各种变化[1-7],所以在理论分析指导下有计划地进行现场工程监测就显得十分必要。

在基坑开挖过程中,需要随时提供周边环境、支护结构安全与否的资料,并就变形情况及时进行分析,根据分析结果,设计单位可更改原设计以达到安全、经济的目的;施工单位则可掌握工程的安全性,并可针对施工过程中的缺陷加以改进,以监测的信息指导施工,避免大的施工事故发生[3-11]。

1 工程概况

北京地铁4号线是北京市轨道交通线网规划中一条重要的南北向干线,线路起点为丰台马家堡西路,终点为颐和园北宫门北边的龙背村,纵贯北京城区南北,穿越丰台、宣武、西城、海淀四区,线路全长26.1 km,工程总投资约148亿元,共设23座车站。西四地铁站位于西四东大街、西四南大街、西四北大街、阜成门内大街交汇十字路口西侧,呈南北走向,全长204.8 m。车站结构宽22.9 m,站台宽14 m,为岛式车站,整个车站共设7个出入口和两个风道。该施工场地紧邻西四北大街和南大街,地面状况复杂,民用建筑和人流车流众多,拟建车站主体位于西四南大街与西四北大街交汇处,路口交通繁忙,两侧民房密集,商铺林立,均为1~2层。西北风亭位于西城区财政局旁,西南风亭位于西城区劳动教育实践中心南侧,两风亭处均为民房;所有通道均位于现状建筑物下,周边建筑物极为密集;地下有动力、通讯、燃气、自来水、污水等各种地下管线。

西四站两端主体结构采用明挖法施工,中部结构则为暗挖法施工,明挖基坑主体采用钻孔灌注桩加内支撑作围护结构和内支撑围护结构,灌注桩直径 $\Phi 1\ 000\text{ mm}$,间距1 200~1 500 mm,桩长为29.70~30.70 m,桩顶设1 200 mm \times 800 mm帽梁,桩间采用100 mm厚C20喷射混凝土支护,混凝土喷层内设 $\Phi 8@200\text{ mm}\times 200\text{ mm}$ 的钢筋网片。

北京市市区处于华北台地北缘,市区西、北及东北三面环山,东、东南为广阔的河北平原,第四纪以来受构造运动的影响,山区部分不断抬升,平原不断下降,并接受巨厚的河流相沉积物,自西北部的山前地带向东南部平原区河流相沉积物逐渐增厚。地貌单元由冲洪积扇过渡为冲积平原,地层岩性由以卵石类土、砂类土为主渐变为以粉土、黏性土为主的交互地层。西四地铁站及附近主要沉积较厚的第四纪沉积土层,上部为全新世冲洪积层成因砂土、粉土和粉质黏土互层,中下部为第四纪晚更新世冲洪积层成因的砂土和碎石土为主。

第四系地层中的松散岩类孔隙水按埋藏条件分为上层滞水、潜水和承压水。该区在人工填土,粉土和粉质粘土交互层中局部有上层滞水分布,主要接受大气降水、生活废水和自来水、雨水、污水等地下管线的垂直渗漏补给,不同地段含水层的渗透系数相差很大,补给方式和补给量悬殊较大。潜水在该区普遍分布,为古漯水河道水文地质单元,地下水位受地形起伏和地层埋深变化的影响,总体为西高东低,地下水位略有起伏变化。承压水主要分布在永定河冲洪积扇沉积地层的中、下部,水头高度主要受山区基岩潜水和永定河冲洪积扇顶部潜水水位的控制,与永定河冲洪积扇顶部漂石、卵石、圆砾和砂类土等粗颗粒地层中的潜水相连通,被若干隔水层分割,形成多层承压水。

2 地面变形监测内容和方法



西四站南出口工程监测是在岩土开挖施工及建成运行过程中，用科学仪器、设备和手段对支护结构、周边环境，如土体、建筑物、道路、地下设施等的位移、倾斜、沉降、应力、开裂、基底隆起以及地下水位的动态变化、土层孔隙水压力变化等进行综合监测，并根据监测的岩土变位等各种行为表现，及时捕捉大量岩土信息。施工监测工作是一项系统工程，监测工作的成败与监测方法的选取及测点的布设有关[3-7]。该工程监测项目采用全站仪和精密水准仪对西四地铁站西南出口支护桩变形、支护结构的水平位移和地表沉降进行了监测，并对监测数据进行分析研究。

沉降观测基准点是沉降观测起始数据的基本控制点，埋设于距待测建筑物约 50~100 m，车辆和行人少，通视且便于长久保存、便于观测之处。该工程监测项目按规范布设 3 个永久性标志点，观测周期一般情况每月观测 1 次。工作基点根据工程现场情况在出口周边埋设 6 个，并进行了编号和注记，作为每次观测的工作点。在变形敏感部位按规范布设观测点，包括地表沉降点 28 个，桩顶冠梁沉降观测点 8 个和桩顶冠梁水平位移点 8 个（如图 1 所示）。观测周期一般情况每两天观测 1 次，当基坑施工开挖深度超过 5 m 时每天观测 1 次，特殊情况下加密观测。观测采用五固定，并随时检查和计算，发现异常情况及时汇报，分析和发现问题，掌握工程的安全性，通过动态信息管理，对监测数据及时处理并反馈以指导施工。

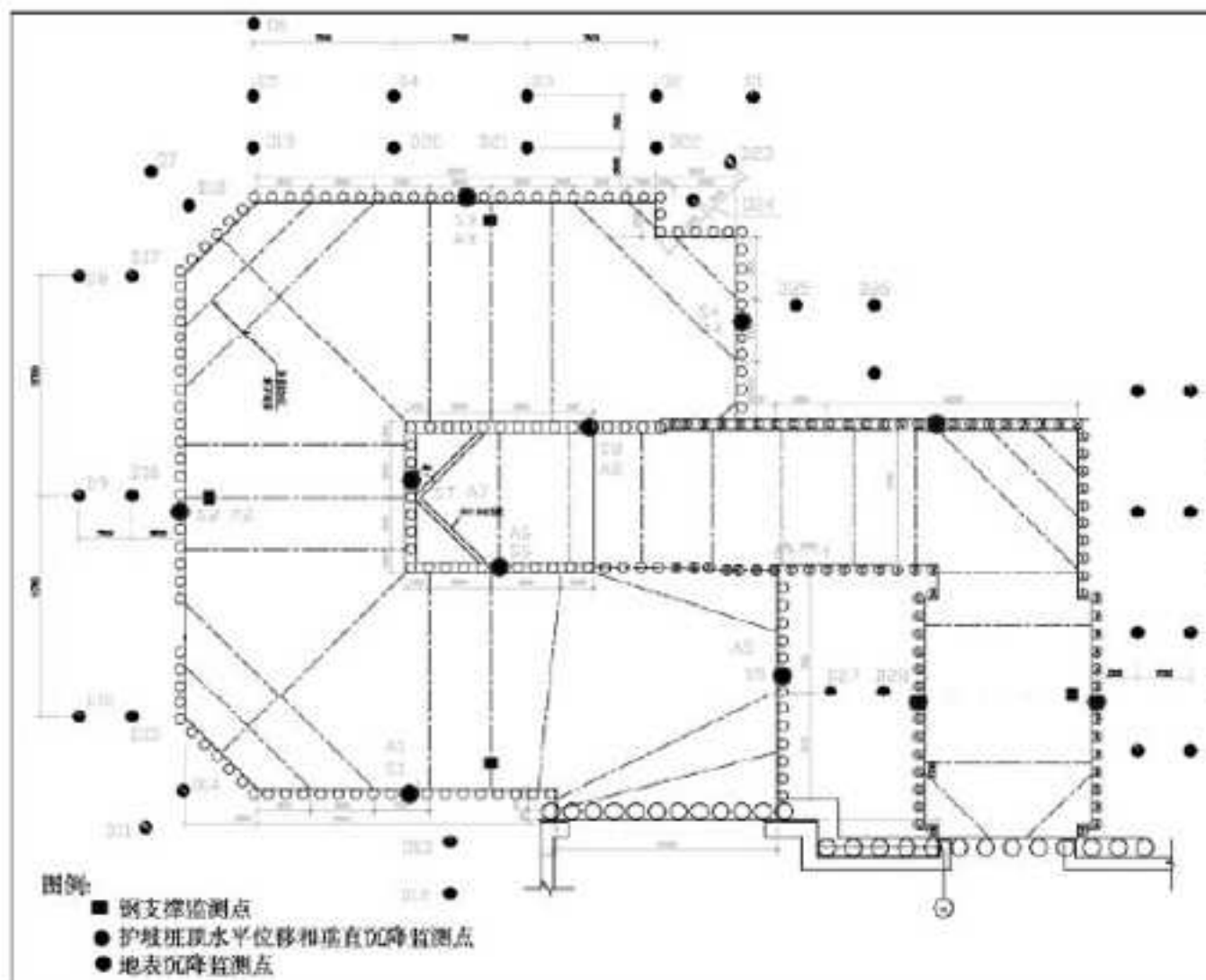


图 1 北京地铁 4 号线西四站西南出口变形监测点布置图

3 地面变形数据和分析

西四站南出口基坑深度 12 m，采用分层开挖，第 1 层开挖深度 5 m，第 2 层开挖到预定的深度 12 m，施工过程中对基坑进行了开挖全程的监测，根据监测结果绘出了西侧冠梁水平位移曲线、基坑西侧周围地表沉降曲线以及基坑开挖深度与最大沉降量和沉降点关系曲线，如图 2、图 3 和图 4 所示。由图 2 可知，西四站南出口开挖过程中基坑侧壁桩顶冠梁产生了系列的变形，在第 1 层开挖深度 5 m 时，桩顶向基坑内产生了水平方向的位移，在支护和护壁的过程中水平位移逐渐减小并趋于稳定，随后当开挖第 2 层时，基坑再次产生较大的向基坑方向的水平位移，当到达预定的开挖深度 12 m 后，随着支护和护壁位移再次趋于稳定。

由图 3 可知，西四站南出口开挖过程中基坑周围地表土也产生了类似桩顶水平位移的沉降变化过程，在第 1 层开挖深度 5 m 时，地表产生了沉降，在支护和护壁的过程中水平位移逐渐减小并趋于稳定，随后当开挖第 2 层时，基坑再次产生较大的地表沉降，当到达预定的开挖深度 12 m 后，随着支护和护壁沉降再次趋于稳定。



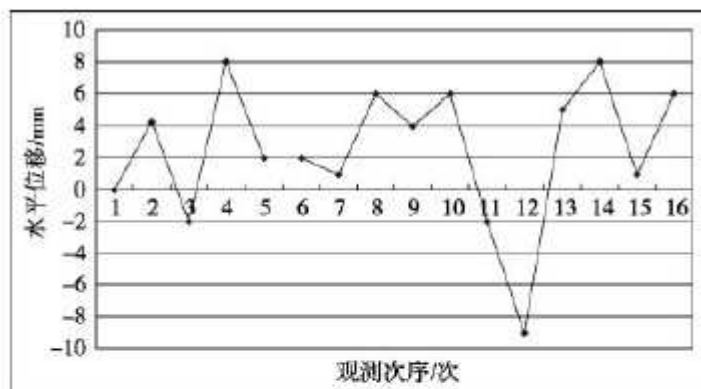


图2 西四站西南出口西侧冠梁水平位移曲线

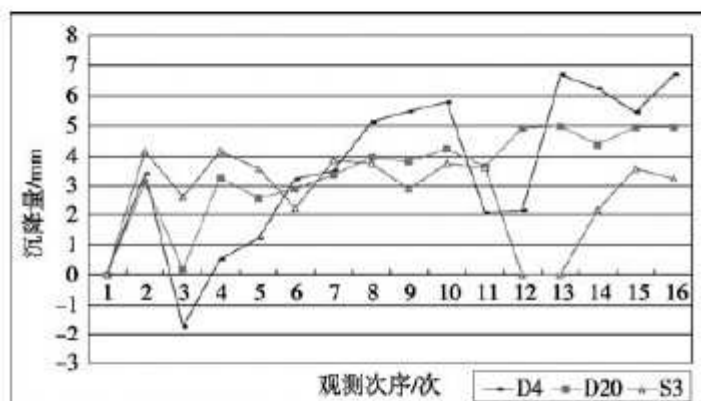
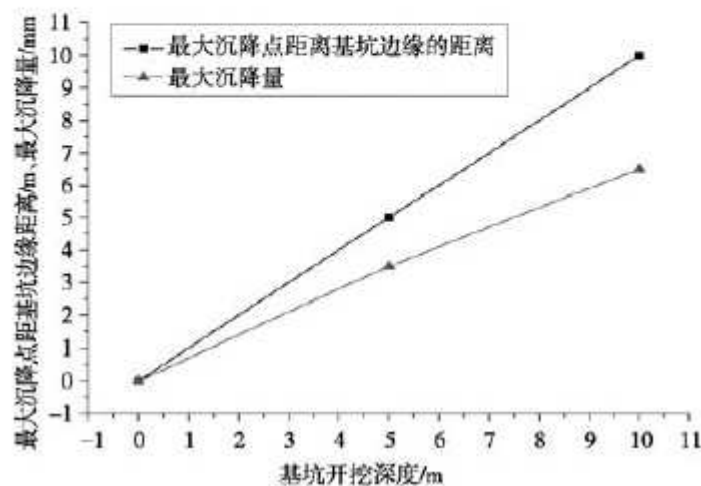


图3 西四站西南出口西侧地表沉降曲线



由图3还可以看出,在开挖的第1阶段,距离基坑较近的地方地表沉降量大,而离基坑较远的地方地表沉降量较小;在第1阶段开挖后的支护过程中,地表沉降量逐渐趋于均匀;当继续开挖第2层时,离基坑约10~12 m的地方地表沉降量最大,基坑边缘处和距基坑大于12 m的地方的沉降量逐渐减小,即在基坑开挖过程中基坑周围的最大沉降量点随基坑开挖深度的加大而逐渐远离基坑边缘,最大沉降量点距基坑边缘的距离大约相当于基坑的开挖深度。

同时,由图4可知,在基坑开挖过程中,基坑周围产生最大沉降量的地方,离基坑边缘的距离与基坑的开挖深度呈正比例关系,即基坑边缘可能产生的滑裂面的倾角约45°。

4 结论



通过上述对北京地铁四号线西四站西南出口的变形观测研究,可以得出如下基坑坑壁位移及周围地表沉降变化规律:基坑在开挖过程中基坑侧壁水平位移和周围地表的沉降量在规律性地产生变形,基坑侧壁水平位移和周围地表的沉降量与基坑开挖深度成正比,基坑周围的最大沉降量点与基坑边缘的距离大约相当于基坑的开挖深度,基坑边坡的可能滑裂面与地面的夹角约 45° 。

实践证明,地铁车站结构基坑开挖过程中其侧壁水平位移和周围地表的沉降量的变化有客观规律可循,地铁基坑开挖时进行变形监测是十分必要的,它可以有效地指导基坑的开挖和进行施工过程的控制,以监测的信息指导施工,避免施工事故发生。

参考文献:

- [1]姜晨光,贺勇,刘波,等.基坑开挖坑壁土压力原位监测与分析[J].岩土工程学报,2006,28(s):1874-1876.
- [2]王海君,朱兰洋.北京地铁西四站暗挖段施工法数值模拟研究[J].建筑科学,2007,23(11):20-25.
- [3]高华东.北京某深基坑开挖监测实例[J].岩土工程学报,2006,28(s):1853-1857.
- [4]刘旭春.高精度数字水准仪在沉降监测中的应用[J].测绘通报,2006(1):58-61.
- [5]骆建军,张顶立,王梦恕,等.地铁施工沉降监测分析与控制[J].隧道建设,2006(1):10-13.
- [6]戴宏伟,陈仁朋,陈云敏.地面新施工荷载对临近地铁隧道纵向变形的影响分析研究[J].岩土工程学报,2006,28(3):312-316.
- [7]高华东,霍达,陶连金.北京光彩大厦深基坑开挖现场监测与理论分析[J].地下空间与工程学报,2006,1(3):423-427.
- [8]李佳,焦苍,范鹏,等.地铁深基坑支护结构变形预测分析与应用[J].地下空间与工程学报,2005,1(3):474-477.
- [9]李术希.地铁盾构井的变形监测与施工控制方法[J].长沙铁道学院学报,2007,8(1):215-216.
- [10]廖少明,余炎,白廷辉,等.盾构隧道叠交施工引起的土层位移场分布规律[J].岩土工程学报,2006,28(4):485-489.
- [11]潘国荣,王穗辉,刘大杰.预测地铁施工中地表变形的动态系统方法[J].同济大学学报,2001,29(3):294-298.

