

南京地铁 2 号线某站深基坑开挖安全监测

崔伯华, 范明桥, 王艳芳

(南京水利科学研究院岩土工程研究所, 南京 210024)

摘要: 对正在建设中的南京地铁 2 号线某车站深基坑施工开挖期部分原观资料进行了整理与分析, 监测成果完全可以指导工程施工。文中对深基坑开挖监测参数等几个问题进行了探讨, 类似工程可以借鉴。

关键词: 南京地铁 2 号线; 深基坑; 安全监测

作者简介: 崔伯华(1953—), 男, 高级工程师, 从事软基处理、地基工程检测、土工原位观测等方向的工程实践与研究。

0 引言

南京地铁 2 号线是近几年来南京城市重大工程建设项目之一, 2 号线与 1 号线相比根本的区别有以下几点: 其一, 2 号线有 7 个站位于河西河漫滩超软弱淤泥质土中; 其二, 地铁隧道首次穿过秦淮河; 其三, 其他各车站与隧道都位于管道(煤气管、自来水管、雨水管)密集的城中和城东地区, 而且大小不同的高、低电缆线纵横交错, 行人、机动车交通繁忙, 地质情况复杂。因此, 基坑与隧道施工过程中的稳定与变形问题关系到基坑和隧道施工的安全以及人们的生命财产不受损失的重大问题。本文对城中某车站深基坑开挖施工过程中安全监测部分资料进行了分析。

1 工程地质情况^[1]

车站拟建场区隶属于 I 级阶地地貌单元。地表以下 1.80~4.30 m 为近期杂填土、粉质黏土、素填土; 第四系沉积层底板埋深 5.10~22.90 m, 主要为全新世-上更新世沉积粉质黏土和混合土; 下部基岩为白垩系“红层”, 岩芯为泥质粉砂岩加粉砂质泥岩, 软硬相间, 属极软岩。土层自上而下详细分布依次为: ①-杂填土; ①-2b_{2~3} 素填土; ②-1b_{1~2} 粉质黏土; ②-3b_{2~3} 粉质黏土; ③-1b_{1~2} 粉质黏土; ③-2b_{2~3} 粉质黏土; ③-3b_{1~2} 粉质黏土; ③-4e 粉质黏土; Kl_{g-1a} 强风化泥质粉砂岩; Kl_{g-2a} 中风化泥质粉砂岩。

2 深基坑支护设计^[1]

2.1 基坑工程概况

车站位于汉中路上, 其南侧紧靠市民广场, 北侧为某大学, 西端距虎踞路高架桥最近的桥墩约 30 m 左右。车站总长度为 161.50 m, 标准段宽度 20.90 m。顶板埋深约 2.8~3.6 m, 基坑开挖深度约 20.93~23.1 m。车站西端南北侧在施工阶段各设一个 10 m×8 m 的盾构吊出井, 东端车站底板设 1.9×1.9 的电缆过轨通道与 1 号风道内电缆夹层相衔接。车站东西两端北侧设活动塞风道、风井, 在南北两侧共设 4 个出入口通道。车站西端地下三层设防淹门一道(与人防隔断门结合)。车站设计为地下三层三跨箱形结构, 采用明挖顺做法施工; 岛式站台, 站台宽 12 m, 有效站台长度 140 m。

2.2 深基坑支护设计^[1]

根据本工程特点, 车站土体基坑围护设计采用间隔布设施工、桩芯相切、护壁咬合的人工挖孔钢筋混凝土灌注桩, 同时在人工挖孔钢筋混凝土灌注桩桩顶设钢筋混凝土圈梁, 与主体结构共同参与基坑围护。车站西端的 2、3 号出入口由于地质条件好分别采用锚喷支护及土钉支护; 位于车站东端的 1、4 号出入口采用 $\phi 800$ 钻孔灌注桩作为基坑围护结构, 桩间距 900 mm。地下二层框架结构, 围护结构采用密排的 $\phi 1\ 000$ mm 人工挖孔桩, 挖孔桩采用桩芯相切, 护壁咬合的钢筋混凝土桩与素混凝土桩间隔布设(局部地段采用密排

钢筋混凝土桩)。东端1号风道为地下三层框架结构,围护结构采用密排的桩芯相切,护壁咬合的 $\phi 1200$ mm人工挖孔钢筋混凝土桩,围护结构采用 $\phi 609$ mm的钢管支撑(壁厚 $t=12$ mm),竖向设四道,支撑水平间距为4.5 m。根据设计要求,钢管支撑时先施加一定的预应力。

2.3 监测仪器的布置与埋设

根据设计要求,基坑在开挖前预埋了大量的应力应变监测仪器,具体有支撑轴力、围护桩桩顶水平位移与沉降、桩体深层侧向水平位移(测斜)、基坑周围地表沉降、基坑附近建筑物沉降与建筑物地表沉降。在监测实践过程中,发现支撑轴力、围护桩桩顶水平位移与沉降,由于受施工各构建安装的质量和施工干扰因素的影响较大,实测资料没有什么规律,故资料无法整理与分析,本文只对部分测试成果(测斜、基坑周围地表沉降、基坑附近建筑物沉降与建筑物地表沉降)进行整理与分析,其仪器测点布置示意图1。

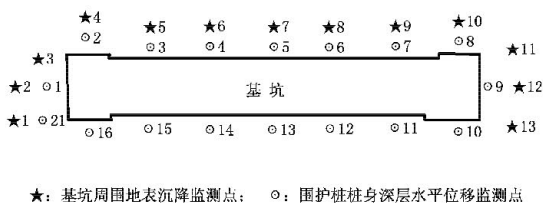


图1 基坑部分安全监测仪器平面布置示意

3 监测资料分析

3.1 深层侧向水平位移(测斜)的变化规律

图1可以看出,该基坑共埋设了16根测斜管,将变形比较典型的2根测斜管(3#、8#)侧向水平位移随深度变化曲线绘出(图2、图3)。

由图2、图3可以看出,它们的变形规律是不一样的,图2是在支撑到位的情况下测得的,通过近4个月的基坑开挖期,深层侧向水平位移是稳定的,图中可以看到,2006年12月到2007年2月底三条变化过程线与2007年3月到2007年4月底的两条变化过程线相比,后两条曲线在埋深0~6 m过程线几乎垂直,表明由于支撑的作用,23 m开挖深度的基坑,开挖见底后基坑处于稳定状态。

图3就不一样了,由于支撑不到位(当时只是在围护桩桩顶施加了一道支撑,二道支撑时间与

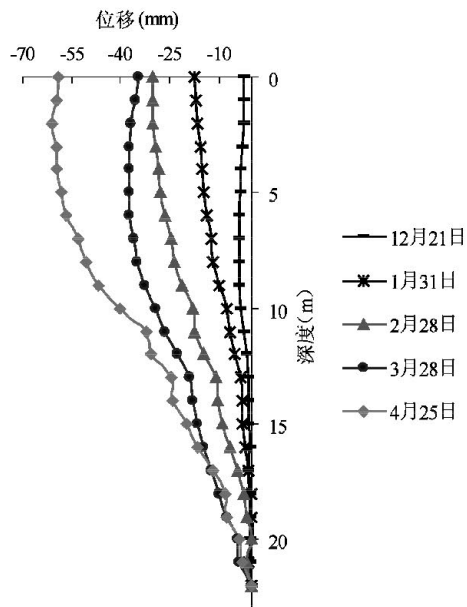


图2 3#测斜孔深层水平位移变化曲线

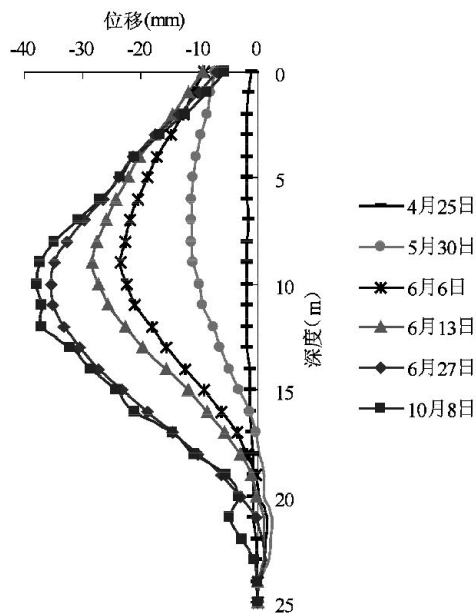


图3 8#测斜孔深层水平位移变化曲线

施工开挖时间有滞后现象),三、四道支撑就没有施加,故出现了图3中的“鼓肚子”现象,这种情况看起来桩顶位移量不大,而基坑中部水平位移量却较大。图3与图2相比较,图2的基坑变形是稳定的,而图3基坑变形存在不稳定因素。

另外,图2与图3最大水平位移量在40~66 mm左右,对于南京地铁2号线,设计要求最大水平位移量控制指标为基坑开挖深度的1/1000,本基坑开挖深度为23 m左右,即最大水平位移量约为23 mm左右,实测值大大超过了设计控制值,

因此出现了累计水平位移控制指标报警的现象,该问题将在第五节中讨论。

3.2 基坑周围地表沉降变化规律分析

图4是对应于3#测斜孔周围的基坑周围地表沉降测点(地沉5、6),图5是对应于8#测斜孔周围的基坑周围地表沉降测点(地沉8、9、10)。

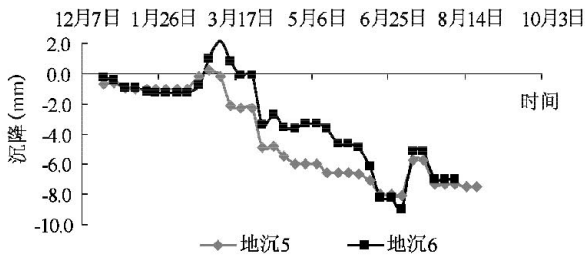


图4 基坑周围地表沉降(地沉5、6)变化曲线

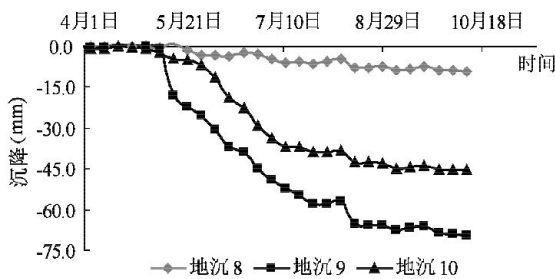


图5 基坑周围地表沉降(地沉8、9、10)变化曲线

不难看出,它们的沉降变形规律是不一样的,前者水平位移变形稳定,基坑周围沉降变形也是比较稳定的;后者,由于水平位移在基坑中部“鼓肚子”,有不稳定的因素,在图5三测点沉降变形曲线中,靠近8#测斜孔的9、10号测点沉降量都比较大,这说明了两个问题:其一,水平位移与沉降变形的一一匹配,验证了监测资料的可靠性;其二,图5的测试结果,即基坑桩体与基坑周围土体变形的不稳定因素存在,根据基坑变形特点,可以时时提醒施工人员,调整施工工序,注意施工安全,这样监测工作才真正达到了目的。

从基坑开挖进程中基坑的变形机理不难看出,上述深层侧向水平位移和基坑周围地表沉降与基坑的受力状况密切相关,随着基坑内土体不断地被挖除,基坑内外土体的受力状态由平衡到不平衡,并且随着基坑开挖深度的加大,这种应力应变不平衡因素不断加大,这种因素来源于基坑周围环境、荷载、地下水的流失、基坑周围土体的主动土压力等。基坑桩体围护、基坑水平支撑以及基坑在施工过程中的监测就是工程设计人员为

基坑施工安全所采取的施工措施和用信息化指导施工的措施。针对本工程图3和图5深层侧向水平位移和基坑周围地表沉降监测成果可以得到,由于水平支撑不到位,使得基坑内外变形不协调因素不断加大,所以出现了图3的“鼓肚子”和图5基坑周围沉降量加大的现象。这种现象发展到一定程度就会影响到基坑的施工安全,因此,我们可以得到这样的认识,用信息化指导施工和承包商在施工时必须严格按设计和规范要求进行施工的责任心两者是必不可少的。

3.3 基坑附近建筑物变形情况分析

图6是建筑物与建筑物附近地表沉降测点示意,图7是建筑物与建筑物附近地表沉降变化曲线。需要说明的是被监测的建筑物靠近基坑最近处(西北角)只有1.8m左右。图7中沉降变化过程线非常令人满意,规律性很好,南沉1、2为建筑物沉降测点,在图6中可见,南沉2较南沉1远离基坑,在图7中南沉2的沉降值比南沉1小,同理南沉6的沉降值比南沉3小。这又一次证明测试结果符合地基实际变形规律,说明测试资料的可靠性、可信性。在图7中南沉3沉降变形较大,而且到基坑开挖结束,沉降变形似乎还没有稳定,这是符合实际的,因为基坑开挖结束,基坑的部分降水并没有结束,靠近建筑物旁的地铁进出口紧接着施工,降水继续进行,因此测点3沉降不稳定实属必然。

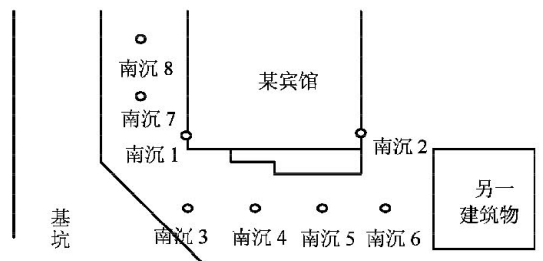


图6 建筑物与建筑物附近地表沉降测点示意图

注:南沉1~2为房屋沉降测点;南沉3~8为地面沉降测点

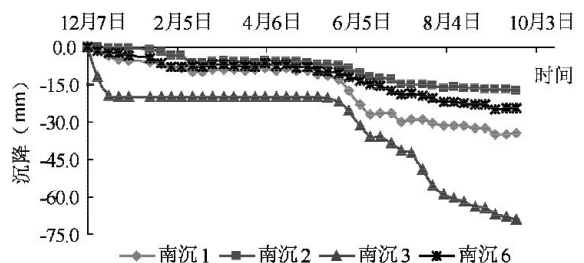


图7 建筑物与建筑物附近地表沉降变化曲线

4 两个问题的讨论

改革开放以来,随着城市建设的快速发展,基坑施工的开挖深度越来越深,从最初的5~7 m发展到目前最深已达20~30 m。由于地下土体性质、荷载条件、施工环境等的复杂性,对在施工过程中引发的土体性状、环境、邻近建筑物、地下设施变化的监测已成了工程建设必不可少的重要环节。由于不同基坑工程的水文地质条件、基坑安全等级、基坑周边环境和设计文件要求各不相同,特别是对于那些复杂的大中型工程或环境要求比较严格的项目,到目前为止,工程技术人员往往还难以从以往的工程经验中得到借鉴,也难以从理论上找到定量分析、预测的方法。这就必定要依赖于施工过程中的现场监测来了解基坑的设计强度与实际变形状态。因此,可以说基坑工程各监测项目的控制指标参数的确定必须经过大量的工程实践,才能逐渐被大家所认识并灵活应用。

南京地铁2号线也是如此,在基坑工程监测中,应力应变监测项目和其控制指标参数也已在设计文件中规定,但全线19个车站(上节所论述的内容)中,其情况各不相同,不能用统一的尺度来衡量,下面就我们监测过程中所遇到的两个问题和大家共同讨论,不妥之处请指正。

4.1 关于控制指标问题

前面在深层侧向位移(测斜)分析中已经谈到监测控制指标问题,在本工程中设计文件规定水平位移控制为1/1 000,沉降变形为不大于30 mm,位移与沉降速率为2.0 mm/d,在我们的实践中,上述参数都超过了,因此,出现了(不是总沉降量就是沉降速率)经常报警的现象。事实上基坑的变形状态不一定处在危险期,因此,最佳的施工速度给耽误了。作者认为不管是速率或累计位移量,应该根据不同地区、不同土性、不同基坑开挖深度、不同基坑周围环境等,在大量的工程实践中加以论证后,才能提出一个可行的控制指标(最好能有某个相似工程接近破坏时的监测参数,如日本就有^[2]),根据作者的工程实践经验,本工程的控制指标偏于保守,故出现了多根测斜管和沉降

测点(不管是总控制参数或速率控制参数)都报警的现象。

4.2 关于地下水的问题

本工程地质情况西部为强分化岩,基坑在开挖深度范围内没有地下水,故西部基坑开挖时不需要降水,而东部地质情况较差,为淤泥质土,含水量丰富,故东部采取了降水措施。东部降水是在基坑打围护桩时就开始了,一直到东部的进出口围护桩施工结束,断断续续的抽水时间长达一年半左右。事实上基坑降水对基坑周围环境(如地下管线等)及地基与建筑物的变形产生了不利的影响,本文在分析建筑物及地基的变形时就谈到了,建筑物附近地基较长时间不稳定跟基坑降水不无关系,作者认为基坑降水是大多数工程施工必须采取的行之有效的措施,问题是在基坑围护设计时未考虑既降水,又不使降水过多对周围环境和建筑物产生任何影响。总之作者认为长时间降水实属设计下策。

5 结 语

南京地铁2号线目前正在紧张地施工,深基坑施工有几个车站已经结束,本文介绍的就是其中的一个。部分原观资料表明:侧向水平位移与基坑开挖深度、水平支撑到位因素等有很大关系,基坑周围地表沉降和基坑附近建筑物与地基沉降与不同土性、不同基坑开挖深度、不同基坑周围环境、基坑降水程度等有着密切的关系。本工程水平位移与沉降的良好匹配说明了监测资料的可靠性和可信性。文章的最后对施工监测中的两个问题进行了讨论,相信本文的成果对南京地铁2号线正在施工的其他深基坑和类似工程都有借鉴作用。

参 考 文 献

- [1] 南京地铁2号线汉中门站及汉上区间隧道工程地质勘察报告[R].
- [2] 林孔镗. 软黏土地基建筑物的施工控制方法[J]. 岩土工程学报, 1991(1).