

地面沉降监测标孔施工技术研究

朱恒银, 张文生, 王海洲

(安徽省地矿局 313 地质队, 安徽 六安 237010)

摘要:概述了地面沉降监测标概念和作用原理,系统地介绍了地面沉降监测标孔的施工技术、方法及应用成果。

关键词:地面沉降;监测标孔;基岩标;分层标

中图分类号: TU433 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3746(2001)S1-0024-06

1 概述

地面沉降在世界各国均是一个较为普遍的环境地质问题,在城市所在区域表现尤为明显,如果地面沉降得不到有效的控制,可导致城市积水,地下管线拱起或断裂,地面建筑物变形、下陷、倒塌等严重后果。地面沉降是指在外部条件影响下,由于地壳表部松散覆盖层的压密而引起地面标高降低的现象。已发生地面沉降现象的国家和地区,均是在地面水准测量中发现的,但仅通过地面水准点是难以掌握沉降发生及发展的内在规律的,因此,在深厚第四系松散覆盖层地区应设立监测标。监测标主要由基岩标和分层标组成。基岩标作为高程控制测量的基准,可减小传递误差,提高测量精度;分层标可获取地面下土层在外界作用影响下的变形量。因此,基岩标与分层标是进行地面沉降监测的重要技术手段,是地面沉降分析研究与制定相应控制对策的基础。

所谓基岩标是通过钻探方法而埋设在地下完整基岩上的特殊观测点。标点直通地面,是进行地面沉降的水准测量的起始点或高程控制点。

所谓分层标是根据土层的性质,通过钻探方法分别埋设在地下不同深度土层或含水砂层中的特殊观测点。标点直通地面,随土层的压缩、膨胀而升降变化,由此观测此点到地面的总沉降量或回弹量。通过与基岩标的联测,以此掌握不同地层在监测周期内的变化及其变形特征。

由监测标的作用原理可知对标孔的施工质量要求十分严格,同时对标体结构设计应做到:合理性,灵敏性(指分层标),稳定性(指基岩标)和可靠性。自 1996~2001 年 5 年间,我队与上海市地质调查研

究院合作,在上海市区域承担了大量的监测标施工任务,并探索出一套较为完整的监测标孔施工技术与方法。

2 标孔施工质量要求

2.1 钻孔质量要求

2.1.1 孔深

为准确划定地层位置和确定钻孔结构,在下列钻进情况下应测量孔深及孔深校正:(1)每钻进 50 m;(2)钻孔换径和扩孔部位;(3)到达埋设标底位置;(4)风化基岩和完整基岩面;(5)终孔后下管前。校正孔深误差 $< 1\%$,发现误差要及时纠正。

2.1.2 孔斜

应选用电测测斜仪器连续测量,每 25 m 及钻孔终孔时各测斜一次,下入保护管回填、灌浆后全孔测一次。钻孔顶角 $> 0.5^\circ/(100\text{ m})$,且累计钻孔顶角 $> 1^\circ$ 。

2.1.3 孔径

鉴别孔开孔口径 $< 130\text{ mm}$,基岩标、分层标钻孔孔径与标的外层保护管直径之差值一般应在 150 mm 为宜,大直径基岩标孔径专门设计而定。

2.1.4 取心

取样、取心工作通常在鉴别孔(可兼基岩标孔)内进行,要求连续取心至终孔。岩心采取率:粘性土 $< 90\%$,砂性土 $< 70\%$,完整基岩 $< 90\%$ 。连续落心时,粘性土 $> 2\text{ m}$,砂性土 $> 3\text{ m}$,基岩 $> 1\text{ m}$ 。达不到要求时应在其他标孔钻进时补取。

2.1.5 取原状土

为进行不同土层的物理力学性质试验,可用 $\varnothing 89$ 或 108 mm 薄壁取土器对深度 100 m 以上土

收稿日期:2001-05-30

作者简介:朱恒银(1955-),男(汉族),安徽舒县人,安徽省地矿局 313 地质队副总工程师,教授级高级工程师,探矿工程专业,从事探矿工程施工管理及技术工作,安徽省六安市佛子岭路 8 号,13805512353。

层,每2 m采原状土样一个,落土补取。所取原状土样应标明上、下端,贴好标签蜡封,24 h内送试验室。

2.1.6 取扰动土样

对无法取到原状土地层,可取扰动土样。粘性土每2 m取一个,砂性土每3 m取一个。

2.1.7 录井编录

做好钻具钻进情况量测及现场地层分层、岩性描述等录井工作,按地层揭露顺序,标明深度层厚,安放岩心入箱。终孔后及时作出地层柱状图,作为确定埋标位置依据。

2.2 标体的安装及埋设要求

2.2.1 标体的安装

为了简化标体结构,将过去的多层保护管结构设计成单层,用刚性较强的厚壁无缝管作为保护管。保护管采用丝扣连接,内外无台阶。标深>150 m采用 $\varnothing 168$ mm保护管,标深<150 m采用 $\varnothing 127$ mm保护管。

视埋设深度选择标杆口径及结构,标深(>150 m)采用 $\varnothing 89$ 、73、42 mm钢管自下而上组成宝塔式结构。下部 $\varnothing 89$ mm标杆长度为总长的5/9,中间为 $\varnothing 73$ mm标杆,其长度为余长部分的5/9,上部为 $\varnothing 42$ mm标杆。标杆与保护管间采用三向转动滚轮式扶正器扶正,扶正器之间的间距为5 m左右,扶正器外径与保护管内径之间的间隙设计为1.5~2 mm。地表浅标采用 $\varnothing 50$ mm不锈钢薄壁管作标杆。

2.2.2 标体的埋设要求

按地质设计要求,标点埋设位置要准确无误。基岩标保护管要求埋入完整基岩内2 m,管与孔壁间用水泥固牢。标杆埋入新鲜完整基岩内 ≤ 5 m。埋入基岩内标杆与基岩间定量注入水泥浆,使之与基岩成为整体,切忌不能与保护管连成一体。分层标要埋入目的层界面上,标底设置误差 ≥ 0.5 m;标杆压入土层深度 ≤ 0.30 m,滑筒向下滑动距离 ≤ 1 m,向上为0.5 m。保护管与孔壁之底部用干粘土球封闭,上部用水泥浆封孔。标杆与保护管间灌入清水,离地面2~3 m处灌注防锈油。

2.3 回填灌浆

2.3.1 保护管与孔壁封闭

基岩标采用水泥浆封闭,分层标底部用粘土球封闭,上部用水泥浆或水泥浆加粘土混合封闭。特殊钻孔应按地质设计进行。

2.3.2 孔口回填

孔口部分,下部应用粘土块回填捣实,上部铺垫1 m厚砂料,平整地面。

2.4 原始资料记录及成果提交

(1)对标孔的地层、岩性、测深、测斜、注入水泥浆、回填等现场与施工情况应详细记录整理。

(2)保护管、标杆必须丈量准确,并按顺序编号、记录。

(3)标体安装记录齐全。

(4)竣工报告。根据钻孔班报表、埋标工艺、标点结构图等原始资料编写竣工报告,待有关部门验收,交付使用。须提交的成果主要有:①钻孔地质柱状图及标孔竣工结构图;②标组及标孔平面位置图;③钻孔说明书;④原始记录、验收报告书。

3 施工设备及器具选择

3.1 主要施工设备

钻机:XY-4型液压钻机,主要用于鉴别孔、基岩标、分层标孔导向孔及浅标孔的施工,以确保钻孔的垂直度及岩心采取率;SPJ-300型水文水井钻机或GPS-15型转盘钻机,主要用于深标孔、大直径基岩标扩孔施工。

水泵:BW-200或BW-250型变量泵,用于鉴别孔及标孔导向孔施工;BW-850型变量泵,用于标孔扩孔钻进;3PN、2PN型泥浆泵,主要用于现场排污及搅拌水泥浆用。

钻塔:G-23型管子塔和12 m自制四脚塔。

发电机组:75 kW,现场备用。

3.2 主要仪器

测斜仪:KXP-1型测斜仪。

泥浆性能测试仪:比重秤、标准漏斗粘度计、电动切力计、失水量仪、含砂量测定仪、pH值试纸等。

4 施工工艺

4.1 标组孔布置及施工顺序

4.1.1 标组孔布置

监测标一般都应配套成组埋设,一组标孔中除基岩标、分层标外,还设有水文观测孔和测头孔。一组标孔占地只有200 m²,布孔10~15个,孔距不足3 m,标孔的布局大多成扇形或放射状,基岩标位于标组孔中心,分层标深浅错开,既有利于施工又减少测量系统误差。监测标孔平面布置图如图1所示。

4.1.2 标组孔施工顺序

施工顺序原则是:先鉴别孔后标孔,先深后浅,先基岩标后分层标。

调整泥浆二次清孔。

(6) 灌浆固井。基岩标孔一般均灌注 425 普通硅酸盐水泥, 水灰比为 0.5; 大口径基岩标灌注 C30 商品砼, 砼坍落度 18 cm。一般均注至孔口。

4.2.6 透孔钻进

待 7~10 天水泥固结后, 即用钻具在管内底部透孔扫木塞, 或封堵铁板, 再用 $\varnothing 130$ mm 口径钻至新鲜基岩 5 m 左右并取完整岩心。

4.2.7 标杆下入及埋设

在保护管内按设计要求下入标杆。下标前标杆必须丈量准确, 按比例配好各段长度, 并逐根记录、编号, 以便按顺序下入, 同时按照配制的位置配备好标杆扶正器具。标杆底部一般须焊一个略小于孔底直径的扶正托盘, 于托盘上部标杆 0.5 m 处钻 2~3 个灌浆出口孔。

标杆下入孔底后, 在标杆内灌入计算准确的定量水泥浆, 水灰比为 0.5, 送入替浆水, 将水泥浆挤入孔底, 使标杆底部 3~4 m 与孔底岩层固结在一起。切忌不可将标杆、保护管、岩石三者固为一体。标底水泥固结后, 用钻机对标杆拉 20~30 kN 顶力, 测试标杆是否固牢。

4.2.8 标头安装

标杆固牢后, 在保护管与标杆间注入清水, 上部 1~2 m 注入防锈油。同时按设计要求将标头进行整理, 安装孔口装置等。做窰井保护。

4.3 分层标施工工艺

4.3.1 钻孔结构

分层标钻孔结构与基岩标钻孔结构基本相同。开孔下入 $\varnothing 500$ mm、长 1~2 m 孔口护管。深标先钻导向孔, 孔径为 130 mm, 后扩孔至 $\varnothing 300 \sim 350$ mm, 下入 $\varnothing 168$ mm 保护管; 浅标一般均为一径到底, 常用口径为 250 mm, 下入 $\varnothing 127$ 或 108 mm 保护管。分层标结构见图 4。

4.3.2 分层标施工工艺流程 (见图 5)

4.3.3 钻进方法

先采用 $\varnothing 130$ mm 硬质合金钻头钻进至设计孔深前 2 m, 再次取心钻进, 以鉴别岩性, 确定层位。后采用 $\varnothing 300 \sim 350$ mm 上下带导向的刮刀式硬质合金钻头扩孔至设计孔深。浅标孔钻进一般采用 $\varnothing 200$ mm 硬质合金钻头一径到底, 需取心部位换 $\varnothing 130$ mm 取心硬质合金钻头钻进。

4.3.4 钻进用冲洗液

分层标孔钻进用冲洗液与基岩标孔钻进用冲洗

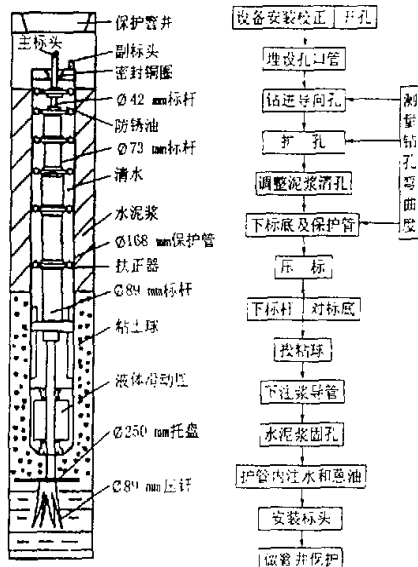


图 4 分层标示意图

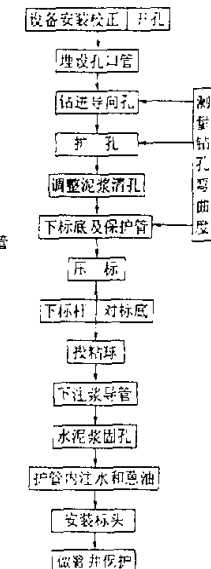


图 5 分层标施工工艺流程

液相同。

4.3.5 标底的装配

分层标标底一般在加工车间加工, 装配好, 送至现场使用, 在现场应做好如下几点:

(1) 将标底液压油腔内加满机油 (或机械油), 加油口用防漏螺栓拧紧。

(2) 在标底爪形插杆中间, 放置圆锥形木塞, 其外径略大于插杆内径, 长度 > 100 mm。

(3) 标底用铁丝固定, 防止下坠。

4.3.6 下标底及保护管

(1) 将标底连接在保护管底部, 逐根下入孔内, 直至预定孔深。为克服泥浆浮力, 边下管边往管内注入清水。

(2) 保护管和标底下到位后, 用夹板将保护管夹牢, 放置在孔口板中心。

4.3.7 压标

(1) 在保护管内下入 $\varnothing 50$ mm 钻杆, 下部接一 $\varnothing 65$ mm 母锁接头, 平口朝下, 至底部滑筒 $\varnothing 57$ mm 接头上部, 必须准确到位。

(2) 对主动钻杆, 用钻机加液压油缸向下压标, 压标深度 < 300 mm, 将插杆压入土层内 (托盘至埋标地层面上)。

(3) 上提保护管, 上提长度为能使标底托盘至液压滑筒底部的距离保持 1 m。提起保护管时, 压标钻杆放置于保护管内, 保护管上提时, 压标钻杆应保持静止不动。

(4)利用压标钻杆送清水清洗保护管内壁及标底内腔。

4.3.8 下标杆对标底

提起压标钻杆,下入按设计要求安装好扶正器的标杆,标杆的结构及下入方法与基岩标相同。标杆下入到标底的接头处,将标杆顺时针旋转,使标杆与标底接头对接扭紧,注意上扣长度。并轻拉标杆,检查标杆对接情况。

4.3.9 保护管外围填及灌浆

(1)在保护管外下入灌浆管,将泥浆粘度调稀至 18 s。

(2)提起灌浆管,投入粘土球至孔底以上 40 m,在投粘土球时要注意,以防中途架桥。

(3)再下入灌浆管至粘土球面上 1 m,将搅好的水泥灰比为 0.5 的水泥浆泵送至保护管与孔壁的环状间隙中,直至孔口。

(4)将保护管拉直,使之居中于钻孔,以保证保护管处于垂直状态。

(5)待水泥凝固后,再在孔口补一次浆至孔口以下 1 m 处。

4.3.10 安装标头装置,做窰井保护

5 标孔施工质量控制措施

5.1 施工前的质量控制

- (1)下达并明确地质设计。
- (2)审核施工方案,施工组织设计。
- (3)察看现场施工环境及施工条件。
- (4)检查施工设备及工具等。
- (5)进行施工人员素质教育和技术交底。

5.2 施工过程中的质量控制

5.2.1 把好设备安装、开孔质量关

(1)标组施工场地要平整,并做好砼基础,钻机安装水平。

(2)采用液压、立轴式钻机,保证立轴不晃动、主动钻杆垂直,立轴有上、下卡盘。

(3)做到天车、立轴和孔口三点一线。

(4)使用孔口定向管时,孔口管的安装必须牢固与垂直,其中心要与立轴中心一致。

(5)开孔用的粗径钻具要刚、满、直,其长度随钻孔加深而加长。

(6)开孔要轻压慢转,采用小规程钻进参数。

5.2.2 把好钻进工艺关

(1)遇到地层软硬互层时,采用小规程参数钻进。

(2)采用硬质合金钻头钻进时,应保证钻头有良好的出刃。

(3)采用小径打(导向孔)、大径扩的施工方法,以保证钻孔的垂直度。

(4)扩孔或换径时,钻具上、下带导向,并具有良好的导向功能,以防扩偏或扩出新孔。

(5)采用钻铤孔底加压。

(6)力求做到各类粗径钻具组合均具有刚、满、直的防斜保直特性。施工中,钻进用粗径钻具均设计为三元组组合式钻具(从下至上):钻头→扶正器→岩心管→扶正器→岩心管→扶正器→钻铤→钻杆。

(7)采用合理的取心、取样工具。钻孔取原状土样,使用薄壁取样器、液压钻机静压取样;钻孔取心使用单动双管和无泵无循环钻具;岩石层取心采用金刚石卡簧钻具。

(8)发现钻孔孔斜超差,采用刚性满眼钻具及时扩孔纠偏,至满足要求为止。

5.2.3 把好钻进用泥浆质量关

(1)使用优质膨润土,并按程序配比配制泥浆。

(2)每一作业班配有专人测试泥浆性能参数,并维护泥浆性能以满足地层护壁要求。

(3)在关键工序上及时调整泥浆性能,如下保护管和灌水泥前,均要降低泥浆密度、粘度、含砂量等,以保证孔壁稳定和孔底干净,利于压标和保护管外注浆。

(4)在钻进过程中采用旋流除砂器进行除砂。

5.2.4 把好标的埋设质量关

(1)标埋设前严格检查保护管本身质量和丝扣、扶正器、标底加工质量,严禁不合格产品下入孔内。

(2)钻孔达到目的层埋设位置后,准确校正孔深,丈量保护管、标杆长度及扶正器位置,并编号下入。

(3)基岩标的标底固定,做到准确计算水泥浆量及替浆水量,慎防保护管、标杆固为一体。

(4)分层标压标做到准确到位,并按程序进行复核、验证。压标前做到孔底无沉渣。

(5)水泥固孔采用导管灌注,导管上提不得脱离水泥面。按 0.5 水灰比准确计算水泥用量。

(6)标体各构件下入孔内,尤其是标杆与扶正器的下入,操作要慢,防止构件的损坏事故,影响标的质量。

5.2.5 把好钻孔孔斜测量关

(1)采用磁针式(KXP-1 型)电动连续孔斜测量方法,测斜仪在下孔前须在校验台上进行校正。

严禁测量误差超过允许范围的测斜仪下孔测量。

(2)采用同种 2 台仪器对比测量。

(3)测量间距为 25 m 测一次,特殊地层和换径时加密测点。

(4)每钻一级口径孔均进行孔斜监测,每次测量要求对上次 2~3 点进行复测对比。

(5)每测点孔斜测量不少于 3 次,如发现同点测量重复性差,要找出原因,进行误差消除,以提供准确的测斜数据,指导施工。

(6)钻孔终孔及下保护管后,进行全孔测斜,并由质量监控人员(建设方指派)现场检验签字。

5.2.6 把好施工过程原始资料记录整理关

(1)有专门地质人员进行及时的地质编录描述,按规定完成岩心、岩样装箱和原状土装筒送验,在鉴别孔终孔 2 天后提交钻孔地层描述及地层柱状图。

(2)除每班记录班报表外,对下标压标、封孔、固孔、测斜等要有专门详细记录并有专职人员把关。

5.3 标孔施工质量控制与评定

在每个标孔施工结束后,进行现场质量初验收,若发现问题及时处理。整个标组孔全部施工结束后,施工单位提交施工竣工报告,由建设方组织人员对整体进行质量验收。验收内容主要为:钻孔质量、岩心采取率及取土质量、现场地质描述质量、标的安装质量及其它质量等 5 大项内容。并进行逐项评分,定出优良、合格、不合格 3 个质量等级。

6 施工效果

近几年来,我队参与了上海市新一轮地面沉降

监控网络 1995~2000 年规划实施工作,与上海市地质调查研究院合作,完成了基岩标 10 座,分层标 7 组 46 个,浅式分层标 30 个,水文观测孔 21 个,维修基岩标 4 座,完成钻探工作量 22000 余 m。施工最深基岩标孔 366.0 m,最大口径为 1 m。所施工的标孔钻孔终孔顶角均小于 1° ,各项技术经济指标完全满足设计要求,均评为优质标(孔)。同时还参与了上海浦东国际机场、外高桥造船基地、磁悬浮铁路等市政重大基础工程基岩标的施工任务,工程质量和工程进度等均受到建设方的一致好评。

所竣工的标孔大部分已投入了监测运行,监测结果表明:各标组运行正常,监测数据准确可靠,基岩标稳定性好,分层标灵敏度高,取得了良好的监测效果。

7 结语

(1)几年的施工结果证明:施工中所探索研究的一整套工艺方法,完全能满足地面沉降标孔施工要求。对今后类似工程施工具有指导意义。

(2)所设计的标体结构简单、合理、科学,能大大地提高测量精度和资料的可靠性,值得推广与借鉴。

(3)监测标除应用于地面沉降监测外,基岩标对于深厚第四系覆盖层地区的高程控制网与重大工程的水准点建设,以及地震、地裂缝、构造活动等地质灾害监测防治方面具有不可替代的作用;分层标可为地下水资源的合理开发利用和系统管理服务,为江河及海堤防汛工程的土层内部变形提供监测保证。因此,监测标具有广泛的应用前景。