

桩基及基坑支护工程邻近建筑物保护措施

丁诺

上海兴鸿建设工程有限公司

摘要: 桩基及基坑支护工程施工中往往会遇到土层含水系数高、基坑与既有建筑物距离较近、施工场地狭窄等不利情况,需要采取有效措施予以解决。本文结合实际施工案例,介绍了通过降水回灌、合理的基坑开挖、打设隔离桩等技术措施,减少桩基及基坑施工过程中周围土体的应力释放,从而降低对临近建筑物的影响,为今后此类工程施工提供一些借鉴。

关键词: 桩基及基坑支护;降水回灌;开挖方法;隔离桩

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.02.026

引言: 随着我国城市不断改造和开发,越来越多的高层建筑毗邻而建,这些新建建筑物的深大基坑与既有建筑物仅几米之隔,怎样减少基坑和基础施工对毗邻建筑物的不利影响是当前许多施工人需要面对的问题。目前国内常用的解决方法有三轴搅拌桩支护加固,基坑内旋喷桩土体加固,打设隔离桩等,这些方法有些造价较高,有些受施工场地限制,有些隔离效果难以达到预期,由此,本文将在这些方法的基础上结合现场的实际情况做进一步的探索和完善。

一、工程概况

镇江市运河路59号项目桩基及基坑支护工程位于镇江市主城区,整体工程地上17层,地下室二层,基坑开挖面积58000平方米,开挖深度9.3米,基坑支护采用1.2m厚地下连续墙加两层钢筋混凝土支撑,地连墙兼做地下室外墙,即“两墙合一”,地连墙总长度981m,142幅,槽段深度19m,基坑支护使用期限为1年,安全等级为1级。工程主体采用钻孔灌注桩基础,总桩数186根,桩径Φ800-Φ1600,桩长15-22米。

(一) 水文地质条件

根据地质资料,地层层序自上而下依次为:

杂填土,地层代号①、灰色淤泥,地层代号②-1、淤泥质粉质黏土,地层代号②-2、粉质黏土填土,地层代号③-1、碎砖杂填土,地层代号③-2、粉细砂,地层代号④、轻粉质黏土,地层代号⑤-1、黄色粉质黏土,地层代号⑤-2、粉土夹粉砂,地层代号⑥-1、粉细砂,地层代号⑥-2、中粗砂,地层代号⑥-3、砂土状强风化岩,地层代号⑦-1、碎石状强风化岩,地层代号⑦-2。

场地内无地表水体分布,但在场地北部存在一条古京杭运河,与拟建场地地下水存在一定的水量交换,有直接水力联系。潜水:水位埋深1.40~3.10m,含水层主要为粉细砂土层,含水层底板主要为粉质黏土层。承压水:根据地质报告,观测到的水位埋深6.90m~13.31m,承压水头约16.72m~29.34m,含水层主要为粉土夹粉砂层、粉细砂层和中粗砂层,含水层顶板为粉质黏土层。

(二) 周围环境状况

案例工程位于镇江市运河路南侧,距离道路边线15m,车流量大,西南两侧距离红线20m均有建筑物,南侧为镇江市政府多家办事机构所在地,整体施工场地较为狭窄。原有地下管线均已迁移。

二、施工重点难点

(一) 施工场地土质不均匀,渗透系数差别较大,地下水系丰富,承压水头高,如果降水量少,会发生坑底突涌的情况,如果降水过急或过多,则会引起周围的地面沉降,造成不良影响。

(二) 施工场地西南两侧均有建筑物,南侧有多家政府办事机构,最近处距离基坑红线不足10m,基坑及桩基施工对临近建筑物影响较大,需在施工过程中多措并举控制周围建筑物的倾斜沉降。于是项目部采取了如下措施加强对临近建筑物的保护。

三、基坑降水和回灌过程控制

(一) 降水方式选择

本工程基坑开挖面积大,深度较深,土层分布不均匀,渗透系数变化不规律。如采用一般形式的轻型井点降水,因轻型井点只在井管底部设置滤管,对开挖范围内分布的多种不同土层,很难保证其降水效果,同时需挖设多条井点管沉设施工沟槽,且运行时功率较大,轻型井点在基坑开挖时坑中井点需拔出,如遇雨水天气导致开挖停滞时间较长造成水位回升现象,必将会引起后续基坑开挖的工期延误;结合本工程土层地质情况,本着提高施工功效、加强降水效果为原则,故考虑采用深井降水,其主要优势可对每层土层的特性进行“逐级降水,按需降水”特别在基坑开挖过程中基坑中央的深井可以持续降水,大大加强了降水效果,在施工过程中也无需开挖大量的施工沟槽,减少了井点施工开挖沟槽推土或外运的成本增加,大大提高了施工效率。

(二) 降水井基本布置

基坑内平均设置30口疏干井,每口井终孔直径550mm,井深19m,坑外观测井9口,深度15m;坑内设置12口泄压井,设计深度25.562m,坑内观测井2口,坑外观测井9口,平均深度33m。

(三) 按需降水

根据《建筑地基基础设计规范》GB5007-2002(w.02.1)的规定,基坑底板的稳定条件为基坑底板至承压含水层顶板间的土压力应大于承压水的顶托力,即公式:

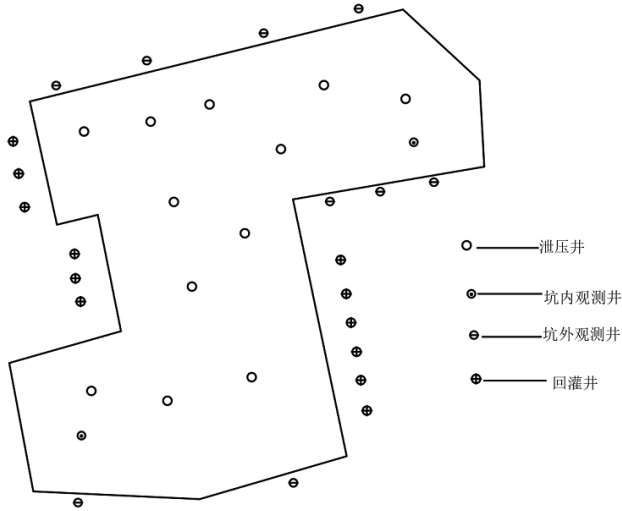
$$\sum \gamma_{si} \cdot h \geq \gamma_w \cdot H \cdot F_s$$

式中: h—坑底以下隔水层的覆土厚度(m);

γ_{si} —基坑底至承压含水层顶板间的各层土的重度(kN/m³)

H — 承压水头高度至承压含水层顶板的距离 (m)
 γ_w — 水的重度 (kN/m^3), 取 10kN/m^3
 F_s — 抗承压水头稳定性安全系数, 取 1.1。

在降水的过程中根据上面的计算公式结合实际降水情况确定开启的泄压井数量及安全承压水头的降水深度。



泄压井回灌井及其观测井布置图

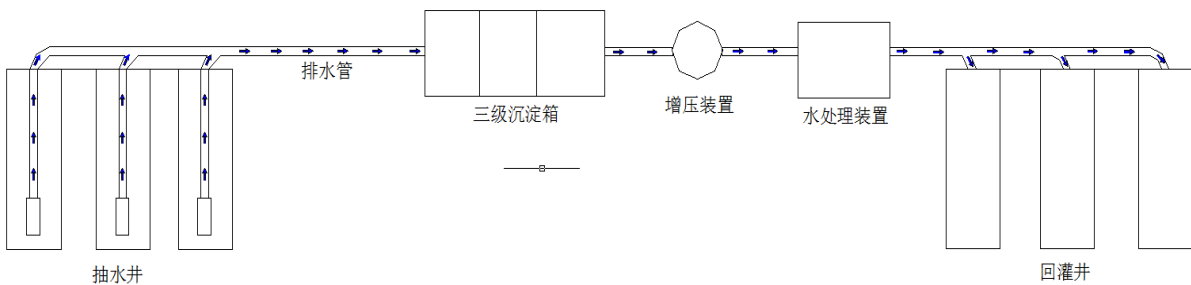
(四) 回灌技术方案

实际降水开始后, 各泄压井出水量为 $0.15\text{--}0.25\text{m}^3/\text{h}$ 不等, 持续抽水对周围土体影响较大, 于是按原定计划对地下水进行回灌。为确保回灌水不对基坑周围土体造成影响, 根据本工程现场场地布置情况, 回灌井均布在东西两侧较为开阔的位置, 距基坑边缘至少 50m , 间距按 40m , 共 12 口井。为确保回灌效率, 回灌井底部应处于渗透性较好的卵石层土层, 根据地勘报告, 本地区地下卵石层位于地表以下 $19\text{m}\text{--}25\text{m}$, 故设计回灌井深度为 26m 。

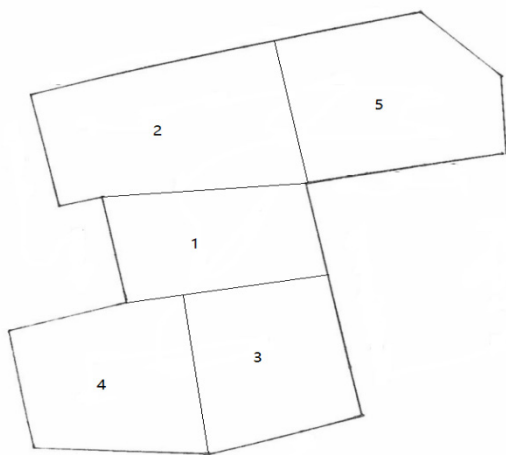
回灌的工艺流程: 基坑降水井抽出的地下水通过排水管线输送至三级沉淀箱, 将地下水中的大颗粒杂质进行沉淀过滤, 并通过水处理装置净化后, 机械加压装置进行加压, 再通过回灌管线进行加压回灌。经试验验证, 为避免因压力过大对周围土体造成过度扰动及对回灌井井壁造成破坏, 机械加压应控制在 $0.8\text{--}1\text{MPa}$ 。

四、基坑开挖及支撑分区分层施工

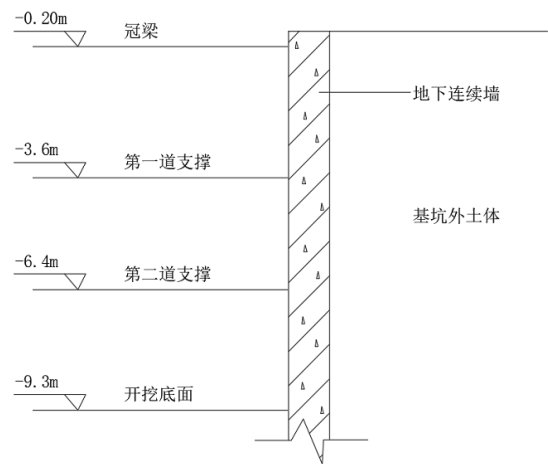
本基坑总面积较大, 如果全面开挖全面支撑, 无支撑开挖面暴露时间过长, 基坑围护结构在基坑外主动土应力增大的情况下变形加大, 必然会影响邻近建筑物的稳定, 所以在开挖及支撑阶段采用分区分层的方式, 将整个基坑划分为 5 个施工区 3 个施工层 (见下两图),



回灌工艺流程图



基坑分区示意图



支撑位置示意图

施工顺序为：1区挖土至第一道支撑底部→1区第一道支撑施工→（1区第一道支撑混凝土强度达到设计强度的80%）2区和3区同时进行挖土→2区3区同时进行第一道支撑施工→（2区3区第一道支撑混凝土强度达到设计强度的80%）→4区5区同时进行挖土→4区5区同时进行第一道支撑施工→（4区5区第一道支撑混凝土强度达到设计强度的80%）→1区进行第二层挖土，以此类推直至第三层土方和支撑施工完成。

五、地下连续墙墙趾注浆

地下连续墙在成槽和灌注混凝土的过程中都会在底部存留一些沉渣，这使得地下连续墙墙体不能和其下部土体形成稳定的支持体系，导致墙体沉降，继而影响临近建筑物的稳定。为加强地下连续墙的竖向承载力，决定对墙底土体进行注浆加固。

（一）安放注浆管

每幅地连墙中设置两根 $\phi 48$ 注浆管，每根注浆底部40cm段内打三排 $\phi 8$ 四孔眼，根据成槽深度取材，管底比钢筋笼底长100mm，管顶露出自然地面，待钢筋笼制作完后，将两根注浆管安放到钢筋笼内侧，在孔口安放钢筋笼时通过“接口管”对接后焊接，同时用绑扎辅助点焊方式固定在钢筋笼上，并随钢筋笼下放完成安放。

（二）养护

地连墙混凝土灌注后需要养护3-4天方能进行墙底后注浆施工。此时，墙体混凝土强度大约为设计强度的30%-40%，确保在高压注浆的过程中不至于受到破坏；如果注浆头周围混凝土强度过大，会造成注浆头胶带打不开，导致不能注浆。

（三）压密注浆

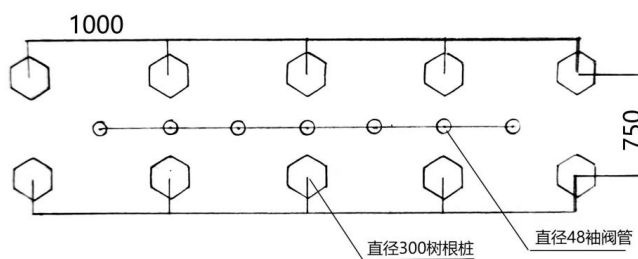
注浆液采用水泥浆，水灰比0.45-0.55，注浆开塞压力2-4Mpa，注浆压力0.5-2Mpa，注浆量每延米1吨，水泥采用32.5普通硅酸盐水泥。注浆过程采用以控制水泥量为主，以注浆压力为辅的基本原则。注浆过程中如果注浆进入率较低，可适当增大注浆压力，以扩展注浆通道。注浆过程中如果浆液注入量很大，而注浆压力不高，则应降低浆液水灰比。注浆必须连续进行。注浆结束后关闭屏浆阀，随即停泵，使管内保持压力，防止回浆。屏浆时间不少于20分钟。

六、对邻近建筑物的隔离保护

工程范围外东南侧有镇江市劳动就业管理中心，镇江市劳动争议仲裁委员会仲裁庭，镇江市人力资源和社会保障局等多家政府办事机构，距离基坑距离在10-20m左右。由于距离较近，场地有限，且常规的隔离措施难以起到防止基础沉降的作用，经项目部集体研究决定，在南侧原有建筑物和基坑外延线之间打设树根桩加袖阀管注浆进行隔离加固。树根桩的特点是施工时引起的噪音和振动很小，所需施工场地较小，采用压力注浆，使桩与土体结合紧密，桩土表面摩擦力较大，因而具有较高的承载力；孔径小，对基础和地基土几乎不会产生任何次应力；最大的特点是可以以一定角度斜打入原有基础以下，这样可以在基坑开挖的过程中在水平方向和竖向都能起到承载作用。袖阀管注浆法的特点：①所使用单向密封阀管不会产生浆液回流情况，加强注浆效果；

②可加大注浆压力，实现深层土体劈裂注浆；③通过注浆芯管的上下移动，准确定位注浆位置和注浆深度；④可在同一区段内多次反复注浆，使加固区域形成稳定固结整体。

基坑南侧东段红线距镇江市劳动就业管理中心基础外沿最小距离为8.15m，为避免该建筑在基坑施工过程中发生沉降倾斜，在基坑和建筑物中间斜打两排树根桩，树根桩直径300mm，钻孔角度72°、73°斜孔，间距1000mm*750mm，桩深21.6，进入基础下3m，共216根；桩内采用四角钢筋笼，纵筋4 \times 22，箍筋 $\phi 8@300$ mm，M20水泥砂浆灌注成桩。之后在两排树根桩之间打设一排袖阀管以备进行跟踪注浆，袖阀管管径 $\phi 48$ ，间距0.5m，斜角72°，进入基础下2m左右。经过上述加固系统的布置，在基坑和建筑物之间的土体中建立起了立体固结网络。



树根桩袖阀管示意图

七、隔离措施的实际效果

监测项目	实际变形值 (mm)	允许变形值 (mm)
地连墙顶最大水平位移	27.55	30
地连墙最大沉降	31.80	30
基坑周边的地表沉降	17.36	20
基坑周边土体水平位移	15.42	20
周边建筑物的累计沉降	12.31	15
周边建筑物的累计差异沉降倾斜	8.87	10

据基坑开挖后期监测，较之以前的隔离措施，东南侧建筑物沉降和倾斜值没有大的变化，均在允许变形值范围内，达到了设计预期。

结语

桩基及深大基坑支护工程在施工过程中不可避免地对周围环境和临近建筑物造成一定危害，本文通过对施工环境和地质条件分析，制定了一套较为合理的控制土体应力释放的技术措施，在降低造价的同时，较好地保护了邻近建筑物，为以后同类施工积累了经验。

参考文献

[1]徐焯.深基坑施工时对沿线建筑物保护的技术关键及监理措施[J].城市道桥与防洪,2010,1,(1):91-94
 [2]王慧娟.浅谈地下连续墙接缝及墙趾注浆施工[J].建筑施工,2011,241,(2):257-258
 [3]王永卿.深基坑土方分块分区踏步式开挖施工技术[J].建筑施工,2014,36,(4):338-342