

注浆技术在沿海建筑物加固抬升中的应用

代婧瑜

北京恒祥宏业基础加固技术有限公司 北京 100097

摘要: 针对沿海某城市一24层高层住宅楼严重倾斜与地基承载力不够的问题,从地层条件,地下水情况,施工设计等方面,分析建筑物倾斜原因,发现桩侧土侧摩阻力偏小,桩端土不均匀导致单桩承载力不够;褥垫层材料未按设计图纸进行施工,导致地下水进一步软化桩周土层。根据对基础底板及对周围环境损伤最小原则,决定采用高压注浆纠偏方案。为了保证住宅楼的抬升效果,需要在抬升住宅楼的同时也要兼顾对住宅楼下软弱地基进行加固,因此提出立体式注浆思路。该思路利用注浆工艺使建筑地基形成“复合地基加固平台”和“不规则复合桩基”。两者形成支撑体系,实现建筑基础加固的目的。提出注浆参数和注浆孔布置图,施工流程和施工技术要点。最后对住宅楼的监测以及对住宅楼地基检测都表明注浆地基加固达到预期效果。

关键词: 高压注浆; 沿海建筑物; 建筑加固纠偏

Application of Grouting Technology in Reinforcing and Uplifting of Coastal Buildings

Jingyu Dai

Beijing Hengxianghongye Reinforcement Co., Ltd., Beijing100097

Abstract: In view of the serious inclination of a 24-story high-rise residential building in a coastal city and the insufficient bearing capacity of the foundation, the reasons for the inclination of the building were analyzed from the aspects of stratum conditions, groundwater conditions, construction design, etc. The uneven soil leads to insufficient bearing capacity of the single pile; the cushion material is not constructed according to the design drawings, which causes the groundwater to further soften the soil layer around the pile. According to the principle of minimal damage to the foundation floor and the surrounding environment, it was decided to adopt a high-pressure grouting rectification scheme. In order to ensure the lifting effect of the residential building, it is necessary to take into account the reinforcement of the weak foundation below the residential building while lifting the residential building. Therefore, the idea of three-dimensional grouting is proposed. This idea uses grouting technology to form “composite foundation reinforcement platform” and “irregular composite pile foundation” for building foundation. The two form a support system to achieve the purpose of building foundation reinforcement. This paper puts forward grouting parameters and grouting hole layout, construction process and construction technical points. Finally, the monitoring of the residential building and the detection of the foundation of the residential building show that the grouting foundation reinforcement has achieved the expected effect.

Keywords: High pressure grouting; Coastal buildings; Building reinforcement and correction

1 工程简介

某住宅楼位于沿海某城市经济开发区。地上24层,地下1层。建筑总高度75.3m,总长61.1m,宽20m。结构

为钢筋混凝土剪力墙结构,基础为筏板基础,筏板面标高-4.9m,筏板厚1.5m。地基采用预应力高强混凝土管桩(PHC管桩),外径500mm,壁厚125mm,AB型预应力高强混凝土管桩,桩长40m,管桩呈2m*1.2m梅花形布置,总桩数349根。桩顶和基础之间设置褥垫层,基础下设置150mm厚C15素混凝土垫层,褥垫层厚为300mm。

作者简介: 代婧瑜(1988.1),女,汉,云南,中级,硕士,主要研究注浆加固纠偏方向。

根据施工前详勘报告可知,该工程场区地层主要由①素填土、②粉质粘土、③强风化凝灰岩、④粉质粘土、⑤粉质粘土、⑥粉质粘土、⑦轻质火山灰土组成。其中①素填土为新近填土,成分复杂,局部含碎石、玄武岩块石,结构松散,变形大,未完成自重固结;⑦轻质火山灰土为火山灰和海相沉积物混合沉积形成,土质极轻,密度小,含水量大,孔隙比较大,土质不均匀,性质特殊,选择该层为桩端持力层, $f_{tk}=160\text{kPa}$ 。报告中桩基设计参数见表1。

表1 详勘报告混凝土预制桩桩基设计参数建议表

Table 1 Concrete precast pile design parameters suggested in detailed survey report

土层名称	②	③	④	⑤	⑥	⑦
q_{sik} (kPa)	65	140	65	55	45	50
Q_{pk} (kPa)				1000 ($9 < l \leq 16$)	/	2500 ($l > 30$)

注: q_{sik} 为极限侧阻力标准值, Q_{pk} 为极限端阻力标准值

场地地下水位较高,潜水稳定水位埋深0.9m ~ 1.5m,该区域水位变幅约2m。场地地下水对钢筋混凝土结构具微腐蚀性。

该楼施工至20层时,出现不均匀沉降。自2018年3月22日至2018年7月24日经过13次沉降观测数据, D1#点累计沉降量-124.6mm,沉降变化速率-0.8mm/d, D2#点累计沉降量-136.9mm,沉降变化速率-0.8mm/d, D3#点累计沉降量-136.1mm,沉降变化速率-0.8mm/d, D4#点累计沉降量-108.7mm,沉降变化速率-0.7mm/d, D5#点累计沉降量-78.1mm,沉降变化速率-0.4mm/d, D6#点累计沉降量-96.8mm,沉降变化速率-0.5mm/d, D7#点累计沉降量-96.8mm,沉降变化速率-0.5mm/d, D8#点累计沉降量-85.3mm,沉降变化速率-0.5mm/d, D9#点累计沉降量-21.7mm,沉降变化速率-0.4mm/d, D10#点累计沉降量-22.8mm,沉降变化速率-0.5mm/d。监测点布置情况及沉降情况见图1。

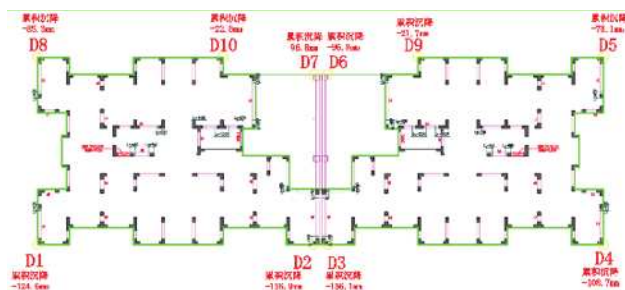


图1 监测点布置及各点沉降情况

Fig.1 Layout of monitoring points and settlement of each point

根据甲方提供的资料,该住宅楼局部沉降明显,沉降仍持续发展,对建筑存在安全隐患。该住宅楼的沉降速率远远超过规范要求,且沉降速率持续发展。因此,根据相关规范^[2]的规定。需对该单元楼进行地基基础纠偏及加固。

2 楼房倾斜原因分析

1) PHC管桩单桩承载力不够。设计方根据试桩报告以及正式版勘察报告确定了PHC管桩最后参数,见表2、图2。

表2 施工勘察报告混凝土预制桩桩基设计参数建议表

Table 2 Concrete precast pile design parameters suggested in construction survey report

土层名称	②	③	④	⑤	⑥	⑦
q_{sik} (kPa)	65	140	65	55	75	90
Q_{pk} (kPa)						3000 ($l \geq 30$)

注: q_{sik} 为极限侧阻力标准值, Q_{pk} 为极限端阻力标准值



图2 根据施工勘察报告设计的PHC桩

Fig.2 Design of PHC pile according to construction survey report

2018年6月28日对桩基承载力进行检测,选择5根桩进行单桩竖向抗压静载试验,根据检测结果,没有一根检测桩能达到设计要求。桩周土摩阻力不足,和勘察报告提供数据有较大出入;桩端土质灰极轻,密度小,土质不均匀,孔隙比较大,呈粉质粘土~粉土状,桩端土承载力低,都是造成实际施工后单桩承载力无法达到设计要求的原因。桩基检测发现问题后,并未采取任何补救措施提高地基承载力。

2) PHC管桩褥垫层未严格按照设计图纸采用混凝土进行铺垫,大部分采用的砂袋铺垫。该场地地下水位较高,也未采取任何隔水措施。加上该地区雨季降水丰富。因此,地下水极易沿着砂层孔隙渗入桩土接触面,软化桩周土层,腐蚀桩壁,进一步造成单桩承载力的损失。

3 纠偏方案设计

在对已有建筑物进行纠偏过程中,经常采用几种纠偏方法。这几种常用纠偏方法优缺点如表3所示^[3]。

对比各种纠偏方案,优先选择对结构损伤较小的方案。本住宅楼由于紧挨道路,地下管线较多。原复合地基承载力不够,考虑到上述原因,故选择压力注浆顶升。

表3 已有建筑物常用纠偏方法及其优缺点

Table 3 Existing buildings commonly used rectification methods and their advantages and disadvantages

序号	纠偏方法	优点	缺点
1	断柱(墙)顶升法	受力明确,工期、纠偏量可以准确控制	对原结构损伤大;需制作专门托换结构;顶升同步控制要求高
2	压力注浆顶升法	施工操作简单,对原基础损伤小,可对地基进行加固	技术参数确定困难;地基中需设置防压力扩散措施,顶升2cm以上缺乏足够的施工经验
3	掏土迫降法	施工简单,对结构损伤小,成本低、无振动、无污染	观测周期较长;需开挖导坑,可能对地下管线产生不利影响
4	加压迫降法	施工工艺简单,成本低	观测周期长,对基础刚度要求高;对于情况较严重的工程,纠偏效果较差

本工程利用立体式注浆思路,通过注浆工艺使建筑地基形成“复合地基加固平台”和“不规则复合桩基”,复合地基加固平台为筏板基础底板以下原始地基和浆液凝固形成,浆液通过地基加固注浆孔注入原始地基内,提高地基承载力;复合地基加固平台的下部均匀布置有多个不规则复合桩基,不规则复合桩基为浆液注入原桩基周边软弱土层凝固形成,通过压力的控制,形成下大上小的裙梯形复合桩基,具体设计思路见图3。

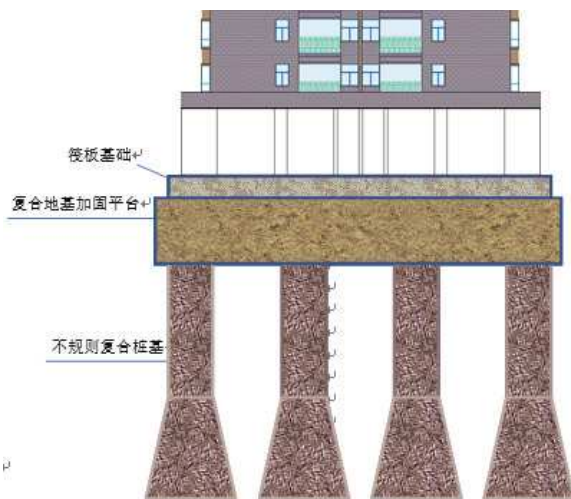


图3 注浆方案设计思路示意图

Fig.3 Schematic diagram of grouting scheme design

根据地勘资料和现场实际情况,筏板长67.2m,宽26m。复合地基加固平台平面范围为筏板基础外扩2m,加固面积为2140.27m²。复合地基加固平台孔位采用4.15m*4.8m梅花形布置,垂直打孔;不规则复合桩基注

浆孔在复合地基加固平台孔位基础上钻深孔至桩底,复合桩基底部有效直径不小于6.0m,顶部有效直径不小于3.0m,深约41.5m,形成下大上小的裙梯形复合桩基。如根据现场实际情况需现场增加孔,那么增加的孔位原则上尽量布置在室外,钻孔角度向内倾斜8°~10°;室外不具备条件时,在室内布置,钻孔角度向外倾斜2°~3°,孔位至少距外墙500mm。

根据沉降量多少,复合地基加固区分为加固一区 and 加固二区(分区图见图3)。加固一区沉降量较大,故注浆孔数和加固深度增加,加固一区复合地基加固平台处理深度为基础底板以下16m,建筑3-A轴共增加22个孔位,室外布孔施钻注浆时,孔位距外墙约3.6m,钻孔角度约8°~10°,钻孔深度为基础底板以下16m,浆液入浆率增大,入浆率整体增加至40%以上。加固二区复合地基加固平台处理深度为基础底板以下12m。孔位具体布置图见图4,剖面示意图见图5。

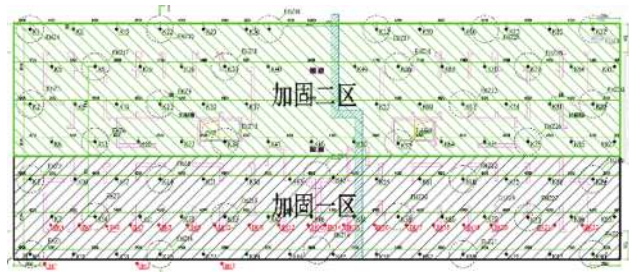


图4 加固区分区及注浆孔布置图

Fig.4 Layout of reinforcement area and grouting hole

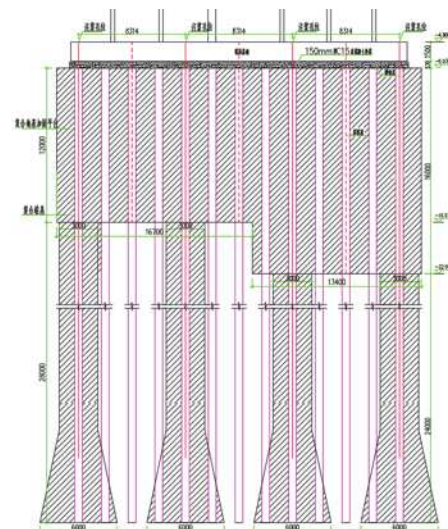


图5 注浆加固平台及不规则复合桩基剖面图

Fig.5 Section drawing of grouting strengthened platform and irregular composite pile foundation

4 纠偏方案施工

注浆孔整体施工顺序:由外向内、自上而下、由沉

降量较大区域向沉降量较小区域逐渐推进施工。故首先对加固一区进行处理,局部沉降明显部位采取压密注浆进行适当抬升;再对加固二区进行处理,将该范围的土层空隙填充密实,提高地基结构强度和承载力;不规则复合桩基施工方法:在复合地基加固平台施工完成后,均匀布置多根不规则复合桩基,采用后退式注浆施工,由孔底自下而上分层注浆至复合地基加固平台,通过注浆压力的控制,使其形成下大上小的裙梯形复合桩基。

地基注浆以提高地基承载力为目的,根据甲方提供的地勘资料,地下水对钢筋混凝土有微腐蚀性,故该地段浆液选为高铝铁复合浆液进行注浆施工。形成强度高、抗渗性强的结构体,保证达到地基承载力。

表4 注浆施工技术参数

Table 4 Technical parameters of grouting construction

分类	项目	参数
钻孔	孔径	42mm
	孔距	暂定4.15m ~ 4.8m梅花形布孔,具体情况根据现场实际情况调整
	孔距偏差	± 100mm
	孔深	加固一区复合地基加固平台深度基础底以下16m,加固二区复合地基加固平台深度基础底以下12m,不规则复合桩基深度约41.5m至桩底
注浆	浆液配比	现场实际情况调整
	注浆压力	地基加固平台注浆压力0.3MPa ~ 1.0MPa,复合桩基注浆压力0.5Mpa ~ 6.0Mpa(注浆压力由孔底向上逐渐减小),根据现场实际情况调整
	浆液凝结速度	10s ~ 60s左右
	浆液扩散半径	复合地基加固平台浆液有效扩散半径约2.5m ~ 3.5m,不规则复合桩基底部浆液有效扩散半径不小于3m,顶部浆液有效扩散半径不小于1.5m。
	浆液入浆率	入浆率约20%~30%(整体增加40%以上)

5 注浆效果

从2018年11月末开始注浆,住宅楼逐渐均匀抬升,截至到2019年4月初结束注浆。累计最大抬升量约189mm。具体见图6测量点累计抬升图。

通过第三方检测,对地基注浆加固进行检测。通过钻探揭露,注浆加固后土层③粉质粘土、④粘土、⑤粘土、⑥泥炭质粘土、⑦轻质火山灰土土层的现场标准贯入试验击数均有所提高,分析应为建筑荷载对地基土压密固结与注浆加固改良的共同作用所致。

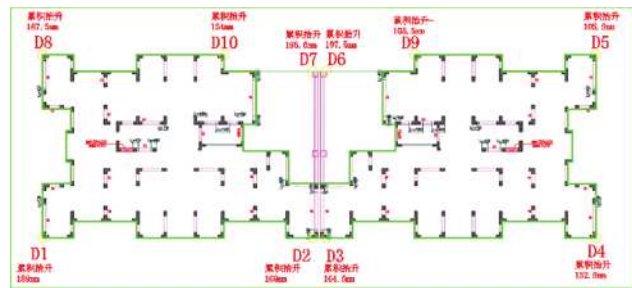


图6 测量点累计抬升图

Fig.6 Cumulative elevation chart of measurement points

表5 标准贯入试验比对

Table 5 Standard penetration test comparison

项目	土层定名	标准贯入试验范围值	标准贯入试验评平均值
本次	③粉质粘土	6 ~ 21	13.8
施工勘察		9 ~ 12	10.7
本次	④粘土	10 ~ 20	16.5
施工勘察		5 ~ 7	6.2
本次	⑤粘土	6 ~ 10	7.7
施工勘察		5	5
本次	⑥泥炭质粘土	6 ~ 19	9.9
施工勘察		3 ~ 10	4.5
本次	⑦轻质火山灰土	4 ~ 20	10.0
施工勘察		3 ~ 10	5.8
本次	⑨粉质粘土	29 ~ 39	35.7
施工勘察		35	35

6 结论

通过压力灌浆对倾斜建筑进行抬升纠偏施工,抬升过程中监测是指导灌浆作业的关键,关系到灌浆压力的及时调整、多孔灌浆时间地点的转换、抬升高度的预警与控制。灌浆结束后采用封孔方法,是确保灌浆抬升成果的主要保证措施。

通过本工程实例,说明注浆技术是一种有效的建筑纠偏、提高地基承载力的处理思路,注浆具有工艺简单、工期迅速、适应性强等特点。特别是对于一些高层建筑的抢险工程,压力灌浆其技术上是切实可行的,经济上是十分合理的^[5]。

参考文献:

[1]建筑地基基础设计规范.GB50007-2011[S]
 [2]既有建筑地基基础加固技术规范.JGJ123-2012[S]
 [3]袁开军,吴二军,谭川龙等.某高层住宅纠偏与地基加固技术[J].施工技术,2016,2(45):118-119
 [4]詹浩伟,杨党校.WSS工法注浆技术及其应用[J].科技创业,2009,2(5):152-153
 [5]罗睿,王磊.压力灌浆在处理基础不均匀沉降中的应用[J].建材与装饰,2019,10(50):1-2