

目 次

论 文

软土地基中深基坑工程的设计与施工监测.....陈刚, 朱跃强, 谢钰 (3)

高压旋喷处理人工挖孔桩流砂层的应用.....郭秦渭(8)

CFG 桩在摩托罗拉北京新园区 A 座的应用实践.....党昱敬 (12)

钻孔灌注桩在超高层建筑中的应用.....陈磊 (18)

大功率振动水冲碎石桩施工质量控制.....吴建华 (27)

岩土地基的处理浅析.....任振甲 (32)

对地基承载力计算方程的思考探索.....孟昭即 (36)

静压管桩在某小区住宅楼地基加固工程中的应用.....陈磊 (39)

基坑支护悬臂桩入土深度的思考和计算.....孟昭即 (44)

超高层建筑深基坑施工应急预案的安全施工技术.....陈磊 (48)

一题一议

案例分析.....龚晓南 (57)

译 文

已有轨道下的地基处理技术.....
D.Adam, A.Vogel, A.Zimmennann; 管林波 译, 周建 校 (58)

软土地基中深基坑工程的设计与施工监测*

陈刚

(杭州市运河(杭州段)综合保护委员会 杭州 310000)

朱跃强

谢钰

(杭州市财政性投资项目评审中心 杭州 310000)

(杭州市市政工程集团有限公司 杭州 310000)

[摘要] 根据工程地质条件与周围环境的特点,对软土地基中某深基坑工程制定了放坡与钻孔灌注桩支护相结合的围护方案,部分地段采用土钉支护加强。从施工监测的结果可以看出,本围护方案是一个安全可靠的围护方案,可供同类工程借鉴。

[关键词] 基坑设计; 基坑监测

前言

深基坑工程的影响因素多、危险性大,成功的深基坑工程设计方案,取决于其是否适应场地的工程地质条件、水文地质条件以及周围环境特点等。深基坑工程的影响因素在基坑开挖过程中是不断变化的,因此一个合理的深基坑工程设计方案能否顺利完成,还必须进行施工过程中的监测工作,获得动态信息。通过对前期开挖监测得到的各种数据进行分析,对后续开挖方案、开挖顺序和开挖速度提出建议,对施工过程中可能出现的险情进行及时的预报,保证基坑支护结构的稳定性及周围环境的安全^[1]。

基坑支护的设计与施工

1. 工程概况

富义仓遗址公园人防工程在拱墅区京杭运河东侧,香积寺路南侧,洗帚弄西侧。公园总用地面积为1.3公顷,地下车库总建筑面积为1900m²,为一层地下车库。板底挖深为5.50~7.20m,承台底挖深为6.20~7.90m,集水井挖深为6.50~8.20m。

基坑北侧为霞湾巷,路面标高为5.00~5.40m,路下埋有电缆线、雨水管及污水管,路边上有架空电线;东侧为富义仓(一层泥墙木结构,无基础);南侧为空地,西侧为京杭运河,京杭运河水位约1.58m(绝对高程),相对本工程标高为-1.77m,宽约61.50m,最近距基坑为16.10m。

2. 工程地质条件

* 收稿日期: 2008年2月

基坑开挖影响范围内土层分布如下:

①-1 杂填土: 灰褐色、灰色等, 湿, 松散, 主要由建筑垃圾、碎石和粘性土组成, 局部分布有块石(无规律), 含有植物根茎、生活垃圾等, 均匀性差。

①-2 淤填土: 灰黑色、黑色, 主要以塘泥为主, 含腐植质, 夹有大量建筑垃圾和块石。

②粉质粘土: 褐黄色、灰黄色, 可塑, 含云母片, 铁锰质氧化斑点, 切面稍光滑, 干强度中等, 韧性中等。

③粘质粉土: 灰黄色, 很湿, 稍密。含氧化铁、云母, 摇振反应迅速, 无光泽反应, 干强度低, 韧性低。

④-1 淤泥: 灰色、流塑, 含腐植质和未完全分解的植物残骸, 切面光滑, 干强度高。

⑥-1 淤泥质粘土: 灰色, 流塑, 含腐植质和未完全分解的植物残骸, 含少量粉土团块, 局部为淤泥, 具微层理; 切面光滑, 干强度高, 韧性强。

本场地地下水主要为上部孔隙潜水。勘察期间实测地下水位在 1.0~2.0m 之间, 地下水埋藏较浅, 主要受大气降水和附近运河等影响。各土层物理力学性质如表 1 所示。

土层物理力学性质参数表

表 1

土层名称	饱和重度 γ /kN·m ⁻³	含水量 w_0 /%	孔隙比 e_0	固结快剪指标	
				C/kPa	φ /°
①-1 杂填土	(18.4)			(8)	(13)
①-2 淤填土	(17.0)			(6)	(3)
②粉质粘土	19.5			26	(15)
③粘质粉土	18.5	31.1	0.92	(8)	(25)
④-1 淤泥	16.5	56.0	1.59	(6)	(6)
⑥-1 淤泥质粘土	17.0	46.9	1.37	(9)	(9)

3. 工程支护方案

深基坑的支护方法主要有:

(1) 放坡开挖

放坡开挖在所有的的方法中经济性明显, 特别适合基坑周围场地开阔、地基条件好、工程所处位置土方运输方便的工程。本工程除基坑南侧场地较大外, 其余场地都比较狭窄, 因此不考虑此方案。

(2) 土钉墙

这种支护形式利用打入土中的土钉和钢筋混凝土护坡, 增强土坡的稳定性和减小基坑变形, 是一种自立式支护结构, 土钉墙具有造价低、施工快速、可边挖土边施工等特点, 但该种形式易超用地红线, 且位移相对较大, 本基坑局部可用此方案。

(3) 钻孔桩加水平砼撑

这种支护形式在实际工程中应用广泛, 技术成熟。就本工程而言, 这种支护形式其结构强度、稳定和变形均可保证, 围护结构与主体结构各自独立, 搅拌桩作为止水帷幕比较适合。

本工程地表以下 3m 深度范围内为土质较好的填土和粉质粘土, 可放坡开挖(坡度 1:1); 坡高 1.5~3.0m, 视用地情况而定, 坡高较大区域采用土钉支护加强。地表 3m 以下至开挖影响深度范围内为土质很差的淤泥质土, 采用钻孔桩加一道钢筋砼撑支护的方案: 排桩为 $\varnothing 700@1000$ 的钻孔灌注桩; 主撑为 700×700 的混凝土支撑, 次撑为 600×600 的混凝土支撑;

压顶梁尺寸为700(高)×800(宽)。典型支护剖面如图1所示。

4. 土方开挖

土方开挖遵循以下原则:

(1) 挖土机械的通道布置、挖土顺序、土方驳运以及材料的堆放应以避免引起对围护结构的不利影响为原则,土方开挖总体应遵循“先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”以及“大基坑,小开挖”的原则,挖土应分块、分层、对称进行。

(2) 设土钉的地方,土方开挖应分层分块进行。按挖土一皮施工一道土钉,下层土在上层土喷锚支护后四天继续开挖,严禁超挖,挖土至下皮土钉时,必须在12小时内施工完土钉,分段长度为20m,超挖不大于25cm,挖机挖土后应马上进行人工修整,修整后的边坡必须平整并达到设计坡度要求,土方开挖期间应有专人定时检查边坡稳定情况,发现问题及时与设计人员联系以便及时处理。

(3) 不设土钉的地方,土方开挖应在围护桩、支撑、压顶梁强度达到要求后进行,土方开挖应分层分块对称进行。

(4) 土方开挖坑底30cm要求人工开挖,挖至坑底标高后应在24小时内进行垫层和承台及基础底板施工,尽量减少基坑暴露时间,以有效控制围护结构、土体的变形。

5. 排水

针对场地土层地质条件和水文地质条件,遵循以下排水原则:

(1) 基坑周围设置300×300的砖砌排水沟,并每隔15m设置一集水坑。将地表水引至集水坑同时坑内水及时排除。排水沟和集水井内用水泥砂浆抹面,以防止渗水。

(2) 基坑开挖范围内,采用 $\text{O}48$ 钢管对杂填土内部的潜水进行降水。

(3) 为防止基坑底部积水,基坑开挖施工期间可在坑底设置临时性的排水沟,做到有水即排。基坑开挖到设计标高后,土建单位可根据实际情况在坑底设置排水盲沟、集水井排水,坑底排水沟或集水井应离基坑底边线4m以上,且排水沟设置不得影响垫层对围护结构的支撑作用。坑底排水沟或集水井的具体做法应按土建相关图纸施工。

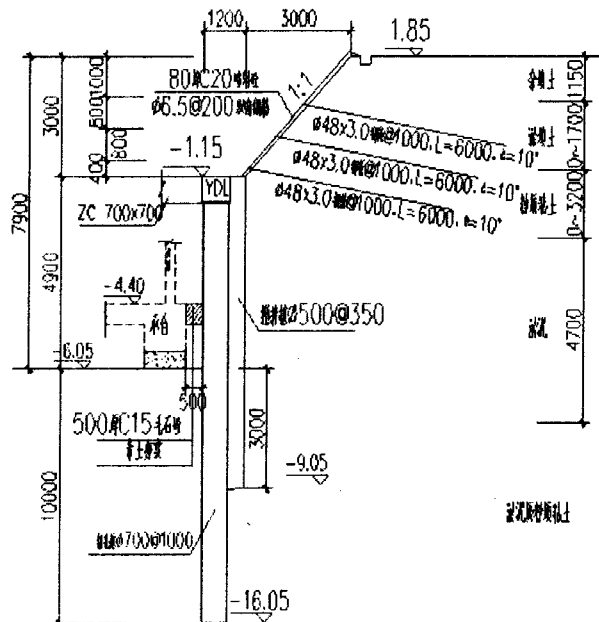


图1 典型支护剖面

施工监测

1. 监测目的

为确保基坑、基坑周边建筑物的安全及工程地下室结构施工顺利进行,基坑开挖前在现有管线的基础上再对周边管线进行复查,对周边道路、构筑物及管道的沉降、裂缝作全面调查。施工过程中应及时获取基坑开挖过程中支护结构和周围土体的变形信息,以求掌握基坑

开挖对环境的影响,做出安全预报,实行信息化施工,及时调整施工进度,有效控制围护结构及坑后土体变位,应作基坑原位监测。

2. 监测内容

基坑监测项目为围护结构受力变形和周围环境监测,包括:

- (1) 测斜孔设5只,以观测开挖过程中土体深层位移的变化情况,兼做水位孔。
- (2) 水位孔:布置5只,以观测开挖过程中地下水位的变化情况。
- (3) 水平支撑轴力监测:共设2组。
- (4) 沉降观测:建筑物、管线及道路上设若干沉降监测点。

3. 监测结果

(1) 深层土体水平位移监测结果

深层土体水平位移监测结果如图2所示,根据深层土体水平位移的监测结果可知:在基坑监测各个项目中深层土体最大侧向位移是34.26mm,没有超过警戒值45mm;也未出现连续3天位移速率达3mm/d的情况。说明土体侧向变形是稳定的。

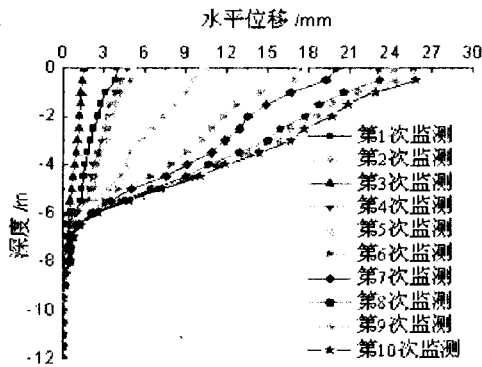


图2 深层土体水平位移监测结果1

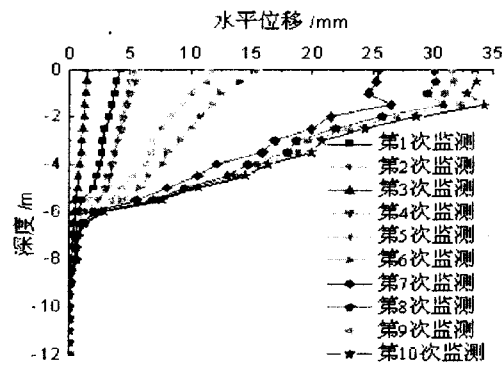


图3 深层土体水平位移监测结果2

(2) 地下水位监测结果

地下水位的监测结果如图4所示,由图4可知:坑外地下水位的埋深与杂填土层底部高度基本一致,同时水位高度稳定,达到了设计中对杂填土的降水要求。

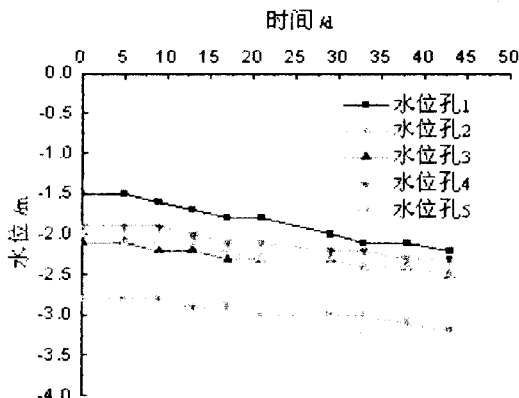


图4 地下水位监测结果

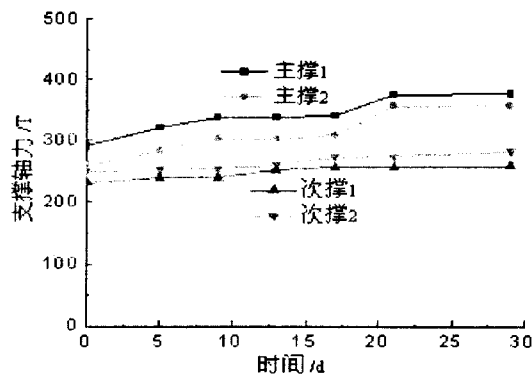


图5 支撑轴力监测结果

(3) 支撑轴力监测结果

支撑轴力的监测结果如图5所示,由图5可知:随着开挖深度的增加,支撑内力逐渐上升,主撑最大轴力为375.9T,次撑最大轴力为282.1T,均小于支撑的抗力设计值。

结论

针对场地工程地质条件、水文地质条件以及周围环境的特点,制定了浅层放坡(局部用土钉支护加强)与排桩支护相结合的基坑围护方案。从施工监测的结果可以看出:深层土体最大侧向位移为34.26mm<45mm,没有超过警戒值;水平位移变化速率较小,未出现连续3天位移速率达3mm/d的情况;主撑最大轴力为375.9T,次撑最大轴力为282.1T,均小于支撑的抗力设计值。说明本围护方案是一个安全可靠的围护方案。

参考文献

- [1] 邵现成. 基坑围护工程监测方法[J]. 大坝观测与土工测试, 1998, 22(3): 4-6.

Design and Monitoring of One Deep Foundation Pit Excavation in Soft Soil

Chengang HangZhou Canal (the HangZhou section) Synthesizes Protection Committee
Zhuyueqiang Hangzhou Government Investment Projects Assessment Center
Xieyu Hangzhou Municipal Engineering Group CO. LTD

Abstract: According to the characteristic of Engineering geological conditions and Surroundings, the design of bored cast-in-place pile with interior support was taken for one deep foundation pit excavation in soft soil. The measured results proved this design is safety, which is worth for reference in the similar case.

Keywords: foundation pit design; foundation pit supervision



高压旋喷处理人工挖孔桩流砂层的应用*

郭秦渭

(昆明冶金高等专科学校 昆明 650033)

[摘要] 本文通过对某砖混住宅人工挖孔桩采用高压旋喷处理流砂层的总结,分析了人工挖孔桩施工产生流土、流砂渗透破坏的水文地质条件,介绍了高压旋喷的设计方法、施工技术参数和处理后的试验检测结果。

[关键词] 人工挖孔桩;流砂层;高压旋喷

工程概况

本工程为1个单元和2个单元的2幢一字排列的6层砖混住宅,2幢相距3m,坐南朝北,北面相邻单层商铺,南面平行相邻一幢已使用的6层砖混住宅。根据工程地质勘察报告揭示的土情况,场地地处元谋断陷盆地中部龙川江东侧沙地河Ⅱ级阶地之上属冲积、冲湖积堆积地貌。场区地基土全为第四系更新统(Q_4)冲湖积(Q_4^{al+pl})、冲积(Q_4^{al})堆积的粘土、粉质粘土、粉土、粉细砂、砾砂、圆砾和卵石,具典型的河流“二元”沉积结构,即上部为河漫滩相冲湖积结构,下部为河床相冲积层。根据其沉积结构和土的物理力学性质,全场地基土分为3大层6小层,典型的地质柱状图如“图1”所示,由上至下顺序分述如下:

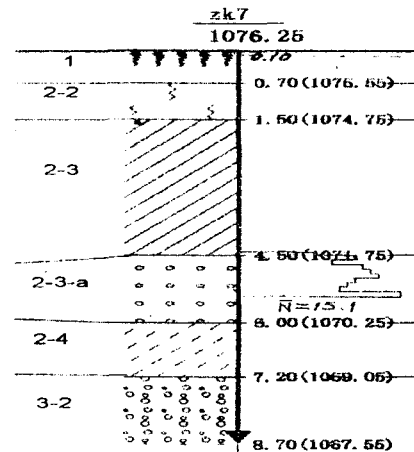


图1

0. 人工填土层: 钻探后场地平整回填土,以圆砾为主,夹砾砂,局部含卵石,结构松散,欠固结,平均厚3m。

1. 耕土层 (Q_4^{ml}):

1 耕植土层: 由粘土、粉质粘土组成。见植物根系,厚度0.3-0.7m,全场均有分布。

2. 河漫滩相冲湖积层 (Q_4^{al+pl})

2-2 有机质粘土层: 饱和有机质粘土,呈可塑状,厚0.7-1.4m, $a_{1,2}=0.65\text{MPa}^{-1}$,具高压缩性,标贯试验有效锤击数2.9-4.0击,平均3.76击。

2-3 粉质粘土层、粘土: 棕红色、棕色,饱和,可塑状,顶板埋深1.2-2.1m,厚1.4-4.9m,全场均有分布。 $a_{1,2}=0.42\text{MPa}^{-1}$,具中等压缩性。标贯试验有效锤击数4.3-7.6击,平均5.2击。

* 收稿日期: 2008年2月

2-3-a 圆砾、含卵石圆砾层：常呈透镜状夹于 2-3 层中,局部缺失,顶板埋深起伏大(2.4-4.6m),厚度变化大(0.9-3.0m),大部分厚1.1-1.6m,东北角最厚达3.0m,饱和,松散-稍密状。充填粘土、粉质粘土、粉细砂。重型(2)动力触探试验有效平均锤击数10.9击。

2-4 粉土、粉砂层:棕红、褐红、棕黄色,饱和,可塑-软塑状,该层为相变交替过渡层,上部常为粉质粘土、粉土互层,下部为粉土夹粉细砂层,底部常为粉细砂层,粘粒含量4%-5%,细砂粒(0.25-0.075mm)含量达41%。厚1.2-2.4m,平均厚2.2m,全场均有分布。 $a_{1.2}=0.31\text{MPa}^{-1}$,具中等压缩性,标贯试验有效锤击数3.6-6.9击,平均4.6击。

3. 河床相冲积层 (Q_4^{al})

3-2 卵石层:浅灰、灰黄色,饱和,稍-中密。大于2mm的颗粒含量50-70%,一般粒径2-6cm,大者12cm,卵石主要成份为石英砂岩、硅质岩、长石砂岩及浅变质组形、岩,弱风化,次圆-次棱角状,分选性差,骨架间充填砂土为主。该层顶板平均埋深7.0m,钻孔深6.3m未见底,重型(2)动探试验平均有效锤击数17.3击,一般10-38击。全场均有分布。

场地内地下水较丰富,2-1、2-4层赋存第四系孔隙水,3-1、3-2层赋存微承压水,钻探结束后部分钻孔会自流涌水,场区内水位埋深0-0.6m。

基础施工及设计修改

考虑到采用振动沉管灌注桩会对相邻建筑产生影响而引起纠纷。根据当地的实际情况,人工挖孔桩具有承载力高、施工方便快捷,经济效益优于其他桩型,设计采用人工挖孔桩基础。为防止人工挖孔施工过程产生流沙现象,设计要求在枯水季节施工。由于工期要求与其他因素影响,雨季到来时开始挖了3个试桩孔,孔深只进入2-3-a圆砾层就进行“深层平板静载荷试验”,试验结果详见“表1”。对照试桩孔附近的钻孔地质剖面图,A-4#、D-13#孔底以下圆砾层厚0.8~1.2m,A-10#孔底以下圆砾层厚达2.7m,因此,桩端极限荷载只能取300~500Mpa,圆砾层承载力不满足设计要求,经研究决定进行全部工程桩开挖施工,希望通过减小开挖护壁深度、坑底放置草席过滤抽水等施工措施,使桩能穿过2-4粉土、粉砂层进入3-2卵石层。工程桩施工时正值雨季,挖孔进入2-4粉土、粉砂层后出现大量流沙,无法进行成孔施工,经现场调查研究分析,将设计挖孔桩桩长缩短,桩端置于2-4粉土、粉砂层,采用高压旋喷注射水泥浆加固粉土、粉砂层。在挖好的孔段放入钢筋笼,根据上部荷载的大小,将 $\phi 100$ 、壁厚3.5mmPVC套管沿钢筋笼周边按2、3、4根均匀布置(图2、表2),然后浇筑混凝土。高压旋喷工法采用单管法,加固深度进入3-2卵石层 $\geq 0.8\text{m}$,采用32.5Mpa普通硅酸盐水泥,水泥浆液水灰比1:1,旋喷压力 $\geq 25\text{Mpa}$,转速10~20r/min,提升速度15~20cm/min,预估加固体直径 $D=800\text{mm}$ 。

人工挖孔桩孔底地基深层平板静载荷试验成果汇总表

表1

试验点号	承压板边长(直径)(mm)	试验土层性质	试验土层深度(孔口以下)	试验最大荷载(kPa)	试验最大沉降(mm)	极限荷载(kPa)	极限荷载下沉降量(mm)
A-4#	800	砾砂	6.0	403	46.13	345	22.68
A-10#	800	砾砂	4.8	1209	44.72	1036	28.14
D-13#	800	砾砂	5.8	691	43.56	518	16.58

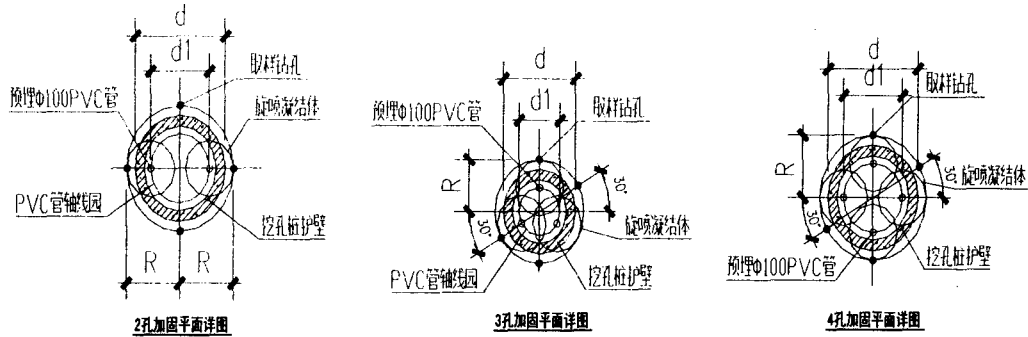


图 2

挖孔桩及旋喷加固明细表

表 2

基础编号	桩几何尺寸(mm)			
	d	dl	R	主筋
WKZ-1	1200	680	740~940	14Φ14
WKZ-2	1200	680	740~940	14Φ14
WKZ-3	1500	980	890~910	18Φ14
WKZ-4	1500	980	890~910	18Φ14

加固效果试验分析

为检验加固体范围和强度，旋喷施工结束后28d，在3孔加固桩沿予估加固体直径边采用钻芯取样，然而连打2个孔均未见到加固胶结体，表明加固体直径小于800mm。随后选取2根按2孔加固的桩进行单桩竖向静载荷试验，试桩概况及结果详见“图3、表3”。

试桩参数及单桩竖向静载荷试验结果汇总表

表 3

试桩编号	桩径 (mm)	桩长 (m)	圆砾层厚 (m)	单桩极限荷载 (kN)	最大沉降量 (mm)	卸荷回弹量 (mm)	单桩承载力特征值 (kN)	特征值对应沉降量 (mm)
7-C#	1200	6.4	1.5	2760	46.45	2.43	1265	31.73
19-C#	1200	7.5	1.2	2576	45.18	2.87	1127	18.37

按桩侧摩阻力特征值：圆砾层 $q_{sia}=15\text{Mpa}$ ，其余土层近似取 $q_{sia}=8\text{Mpa}$ ，扣除桩侧摩阻力，桩端端阻力特征值约为 $q_{pa}=1063\sim 870\text{Mpa}$ ，平均值为 966Mpa ，按每根旋喷桩承载力为 $966/2=483\text{Mpa}$ 推算，单桩承载力能满足设计要求。与A-4#、D-13#孔的深层平板静载荷试验结果相比，粉土、粉砂层经高压旋喷注射水泥浆加固处理后，承载力提高了近10倍，表明加固处理达到了预期目标。

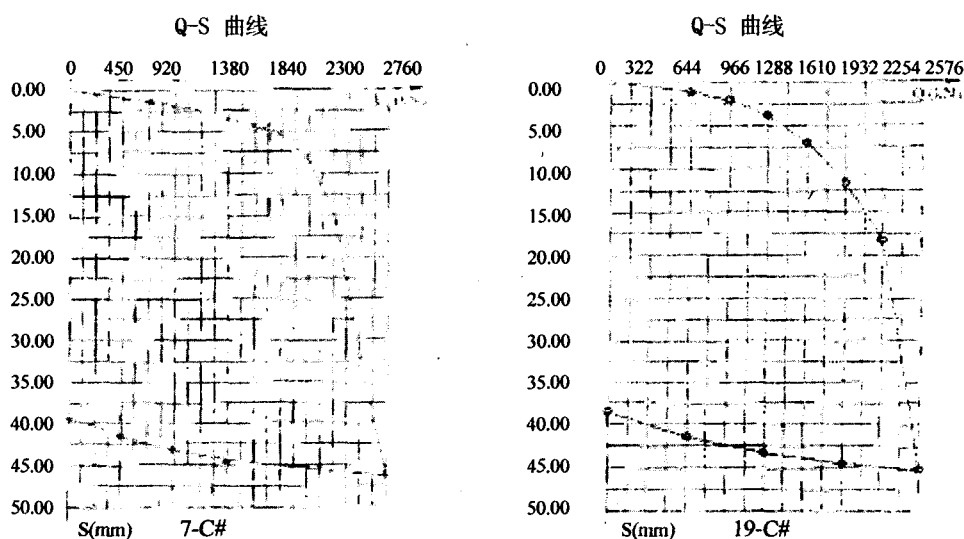


图3 试桩Q-S曲线

几点体会

在有粉土、砂土层地质条件，而地下水较丰富或在雨季施工的人工挖孔施工，采用高压旋喷技术加固处理流沙层，不仅可以解决了施工过程中出现的流土、流砂渗透破坏问题，而且施工质量也是有保证的。通过对本工程实践的总结分析，笔者有几点体会：

1、在典型的河流“二元”沉积结构地质条件下采用人工挖孔基础，设计者对粉土、粉细砂、细砂土层产生流土、流砂渗透破坏要有充分的认识，尽量选用机械成孔桩型。

2、如果用人工挖孔桩，最好在挖孔前先采用高压旋喷技术加固处理流沙层，这样可以挖孔检查加固胶结体的范围和质量，对加固体采用复合地基载荷试验确定桩端承载力特征值，可以减少试验时间和费用。

3、采用先预埋套管护壁浇筑桩身混凝土，后施工高压旋喷的工艺，对加固体直径不可过高估计，设计桩端扩大头的直径时宜慎重。

鉴于作者水平，文中定有谬误之处，诚望广大专家对本文提出批评、指正。

参考文献

- [1] 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002) [S]. 北京, 中国建筑工业出版社, 2002
- [2] 《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
- [3] 《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994

The application of high-pressure rotating pile to manage with
drift sand stratum in manual-excavation pile
Kunming Metallurgy College
Guo Qin_Wei

[Abstract]: Through summarizing the brick-concrete house project which apply high-pressure rotating process to manage with drift sand stratum in manual-excavation pile construction, analyse the hydrogeological condition to produce drift sand and drift soil seepage failure, and introduce the design method, construction technical parameter and testing results.

[Key words]: Manual-excavation pile; Drift sand stratum; Contrastive test; high-pressure rotating;

CFG桩在摩托罗拉北京新园区A座的应用实践*

党昱敬

(中冶集团建筑研究总院 100088)

[摘要] 在北京地区高层建筑中,人工地基主要采用灌注桩桩筏基础和CFG桩复合地基筏板基础两种方案。在具体工程项目设计中,两种方案到底孰优孰劣?本文试图通过一项具体工程,提出结构工程师和土木工程师(岩土)如能共同参与地基基础设计方案的制定,将会充分利用各种技术资源、优化设计方案,获得更好的经济效益。

[关键词] 人工地基;复合地基承载力;折减系数 β ;增大倍数 ζ

引言

CFG桩是目前北京地区高层建筑复合地基采用的主要桩型,CFG桩属刚性桩范畴,其所形成复合地基在提高地基承载力和减少地基沉降方面的效果尤为显著。在高层建筑人工地基方案选择时,正确估算刚性桩复合地基承载力和使沉降计算结果趋近实测结果,是设计者最为关心的事情,也是该方法能否被采用的重要环节。目前在人工地基方案选择时,由于是结构工程师和土木工程师(岩土)各自为政,没有较好的沟通,以至于在人工地基设计上往往不能选择更合理的方案。作者认为,产生这种情况主要有以下两方面原因:一是结构工程师既做上部结构设计,又做地基基础设计,在选择人工地基方案时直接选用桩基方案,而桩基方案成本高、施工难度大、施工周期长,经常出现试桩承载力达不到设计要求或造成浪费;二是结构工程师做上部结构和基础设计,土木工程师(岩土)做人工地基设计,结构工程师仅提出复合地基承载力特征值和复合地基变形控制要求,而不提供上部结构数据文件即荷载条件,加之土木工程师(岩土)缺乏掌握正确的理论分析工具和工程实践经验,这样不仅使复合地基设计不够合理,也给工程造成一定的经济损失。因此结构工程师和土木工程师(岩土)共同参与,充分利用各种技术资源、优化设计方案,合理设计人工地基尤显重要。本文通过作者参与设计并取得良好效果的摩托罗拉北京新园区A座人工地基这一工程实例,具体阐述以上观点和方法,所阐述观点和方法还有待于与土木工程界同仁共同商榷,相信经过不断完善,这一方法将为相关工程技术人员提供一定的借鉴和指导。

工程地质概况

* 收稿日期:2008年1月

1. 工程概述

摩托罗拉北京新园区 A 座工程拟建场地位于北京市朝阳区朝科开发区 3#路东侧, 望京外环路西侧, 东湖路南侧, 北小河北滨河路北侧。拟建建筑物为地上 16 层, 局部 17 层, 一层地下室, $\pm 0.000=36.500\text{m}$ 。自然地面平均标高 35.200m 。地下室室内地面设计标高为 -6.000m 。

2. 工程地质条件

根据现场钻探与原位测试及室内土工试验、波速试验成果的综合分析, 按地质沉积年代、成因类型拟建场区地下 80m 深度范围内的地层划分为人工堆积层(第一层)和第四纪沉积层(第二~第十层)两大类。摩托罗拉北京新园区 A 座工程建筑物所在场地勘探点平面布置、工程地质剖面图和建筑物基底以下土主要物理力学参数分别见图 1 和表 1。

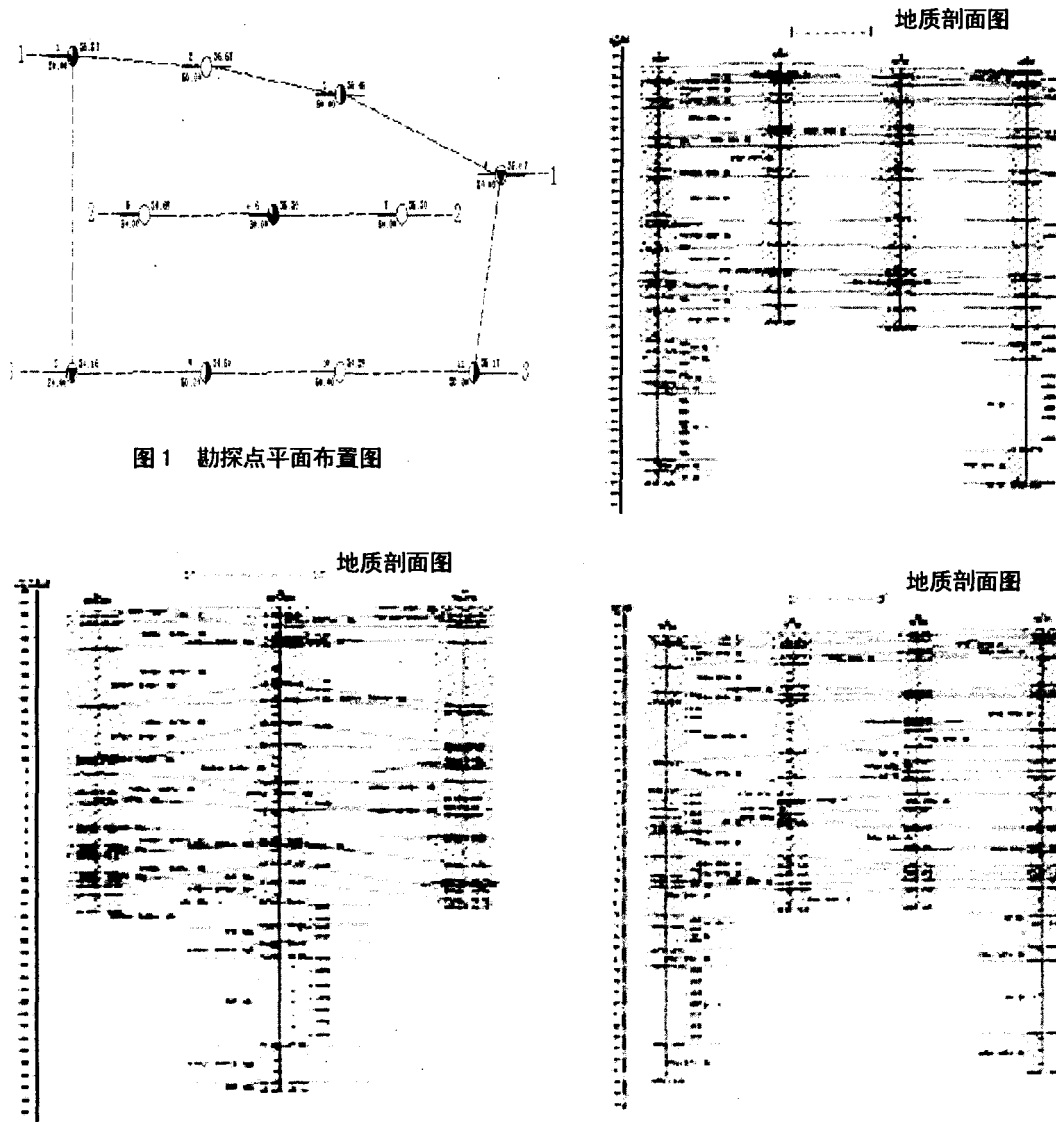


图 1 勘探点平面布置图

基底以下场地土层主要物理力学参数

表1

层号	土层名称	天然重度 (kN/m ³)	天然重度 (kN/m ³)	E _{s0.1-0.2} (MPa)	E _{s0.2-0.3} (MPa)	桩侧极限摩阻力标准值 (kPa)	桩端端阻力标准值 (kPa)	承载力特征值 (kPa)	φ (°)	c _s (kPa)	状态参数	状态参数含义
③	粉质粘土-粘质粉土	20.1	20.1	9.18	10.39	50	400	180	17.6	33.2	0.46	液性指数
③1	砂质粉土-粘质粉土	19.9	19.9	11.49	12.92	70	600	200	23.5	27.3	0.33	液性指数
④	粉质粘土-粘质粉土	20.3	20.3	12.15	13.36	60	400	200	22.4	39.3	0.40	液性指数
④1	砂质粉土-粘质粉土	20.4	20.4	19.55	21.62	80	600	220	5	10	0.30	液性指数
⑤	粉质粘土-粘质粉土	19.9	19.9	12.03	13.07	70	600	220	5	10	0.46	液性指数
⑤2	细砂	19	19	35		100	1000	250	30	0	70.6	标贯击数
⑤1	砂质粉土-粘质粉土	20.3	20.3	28.82	31.37	80	600	220	5	10	0.31	液性指数
⑥	粉质粘土-粘质粉土	20.7	20.7	12.05	13.1	70	400	220	5	10	0.53	液性指数
⑥1	砂质粉土-粘质粉土	19.9	19.9	20.38	24.04	80	600	230	5	10	0.27	液性指数
⑥2	细砂	19	19	35		80	800	250	30	0	70.6	标贯击数
⑦	粉质粘土-粘质粉土	19.9	19.9	13.61	14.99	70	400	230	5	10	0.43	液性指数
⑦1	砂质粉土-粘质粉土	20.5	20.5	10	12.1	70	600	210	5	10	0.60	液性指数
⑦2	细砂	19	19	35		80	600	250	30	0	115	标贯击数
⑧	粉质粘土-粘质粉土	19.6	19.6	12.99	13.83	70	400	230	5	10	0.57	液性指数
⑧1	砂质粉土-粘质粉土	19.2	19.2	14.55	17.25	80	600	250	5	10	0.37	液性指数
⑧2	细砂	19	19	35		80	800	250	30	0	68.7	标贯击数
⑨	粉质粘土-粘质粉土	19.9	19.9	14.37	16.4	70	400	250	5	10	0.45	液性指数
⑨1	细砂	19	19	35		100	1000	300	30	0	168.3	标贯击数
⑨2	卵石	21	21	45		100	1000	400	35	0	266	标贯击数
⑩	细砂	19.2	19.2	13.4	15.2	100	800	300	30	0	157	标贯击数
⑩1	粉质粘土-粘质粉土	20.2	20.2	17.1	20.1	70	600	250	5	10	0.36	液性指数

3. 地下水位

拟建场区分布有三层地下水, 各层地下水类型及钻探期间(2004年9月4日~9月20日)所了解情况见表2。

地下水分布情况

表2

层号	地下水类型	埋深 (m)	平均标高 (m)
1	潜水	3.0	31.05
2	层间水(略承压)	6.0	24.28
3	层间水	10.3	24.06

上部结构数据文件即荷载条件

工程主体结构设计计算采用高层建筑结构空间有限元分析与设计软件 SATWE (2005版) 进行结构整体分析。当采用 CFG 桩复合地基筏板基础方案, 塔楼区域和核心筒区域筏板基础厚度分别为 1.8m 和 2.3m 时, 相应于荷载效应标准组合和准永久组合基础底面处的平均压力值分别为 322kPa 和 302kPa, 采用文献^[5]进行沉降分析计算, 天然地基基础的平均沉降量为 173 mm, 天然地基基础沉降分布见图 2。

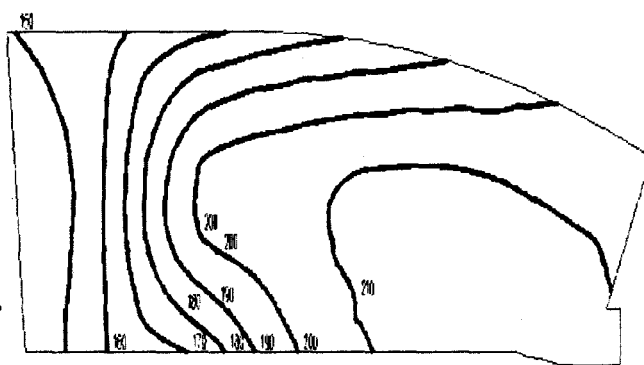


图 2 天然地基基础沉降分布图(mm)

地基处理和基础方案设计

根据文献[1]有关规定和表 1 及表 2 提供的参数, 计算得出 $f_a=268\text{kPa}$, $P_k=322\text{kPa} > f_a=268\text{kPa}$, 因此天然地基承载力不满足要求。

摩托罗拉北京新园区 A 座南侧和西侧建有比较低矮的裙房, 上部结构设计将所有地下室连成整体, 为了有利于抗震、防水、机电管线设置、施工和节省造价, 地下室不设置永久性沉降缝, 又由于南侧和西侧比较低矮的裙房基础属补偿式基础, 其基底附加压力接近零, 因此, 上部结构设计要求摩托罗拉北京新园区 A 座工程基础最终沉降不大于 50 mm。

众所周知, 地基基础设计的基本原则是在满足对基础结构的强度、刚度和耐久性要求的同时, 必须保证地基土在上部结构荷载作用下不发生强度破坏、失稳和地基变形所导致的建(构)筑物沉降量不超过此类建(构)筑物的变形许可值。通过以上天然地基承载力和沉降计算两个主要方面分析计算, 显然天然地基不能满足要求。

当天然地基不能满足建(构)筑物对地基要求时, 需要进行人工处理, 形成复合地基或桩基础。究竟是采用复合地基还是桩基础? 虽然文献^[1, 7, 8]明确表述了桩基础和复合地基的设计思路和方法, 但不同设计人员往往在桩基础和复合地基方案选择上不尽相同, 主要分歧是由于筏板基础地基压缩层较深, 对 CFG 桩复合地基降低沉降的效果有顾忌, 该工程起初采用灌注桩方案, 灌注桩直径 $\phi 800$, 桩长采用 a、b、c 三种桩型, 设计桩长及桩数分别为 31.4m 和 138 根、32.3m 和 26 根、31.7m 和 226 根, 灌注桩总方量为 6198.2m^3 , 由于施工难度大试桩承载力没有满足设计要求; 后经结构工程师和土木工程师(岩土)组成专家组共同参与人工地基方案的选择和设计计算, 作者有幸负责 CFG 桩复合地基方案的设计计算工作。

土木工程师(岩土)根据结构工程师提供的上部结构数据文件即荷载条件, 依据文献^[7]进行 CFG 桩复合地基设计计算。作者通过近年来在北京地区的设计工程实践和对已有工程荷载试验资料 and 实际沉降数据进行总结分析, 发现文献^[7]建议复合地基承载力估算公式中桩

间土承载力折减系数 β 偏于保守, 即采用承载力估算值来代替复合地基的实际承载力计算 ζ 值偏小, 范伟霞等^[12]根据 CFG 桩的加固机理和破坏特点, 通过研究 CFG 桩这类刚性桩复合地基桩间土承载力折减系数 β 的各影响因素, 并通过工程实例反演 β 值, 认为文献^[7]中 β 值取 0.75~0.95 过于保守, 不够经济, 建议在北方地区按表 3 取值:

表 3

施工工艺	振动沉管成桩	长螺旋钻孔、 灌注成桩	长螺旋钻机成孔、 泵送成桩	取土成孔后夯实 成桩
β 取值	0.90~1.05	0.85~0.95	0.90~0.95	1.00~1.05

作者通过几年来在北京地区的设计工程实践和对已有工程荷载试验资料总结分析, 认为采用表 3 推荐的 β 取值估算的刚性桩复合地基承载力特征值与现场复合地基荷载试验结果吻合较好。

根据文献^[7]的有关规定和表 1 及表 3 提供的参数, CFG 桩直径 $\phi 600$, 设计桩长和桩数分别为 25.5m 和 1060 根, CFG 桩总方量为 7638.7m³, 计算得出 $f_{spk}=540\text{kPa}$, $\zeta=3$, 限于篇幅其设计计算过程不再赘述。

根据文献^[1, 7]有关规定, 修正后的复合地基承载力特征值为 628kPa, 远大于相应于荷载效应标准组合基础底面处的平均压力值 322kPa, CFG 桩复合地基设计是以沉降控制的设计。表 1 中桩长范围内天然地基的压缩模量扩大 ζ 倍 ($\zeta=3$) 后, 采用上部结构数据文件 (即荷载条件) 和文献^[5]进行沉降分析计算, 复合地基基础的平均沉降量为 26 mm, 复合地基基础沉降分布见图 3。

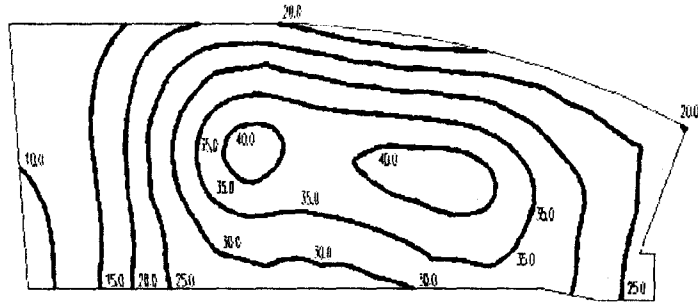


图 3 复合地基基础沉降分布图 (mm)

基础沉降观测资料分析

在筏板地基基础设计中, 接近实际沉降分析计算结果的目的是验算地基平均沉降和沉降差是否超过容许值, 更为重要的是复合地基设计和筏板基础内力分析计算的主要参数。为了验证文献^[5]在实际工程中的应用

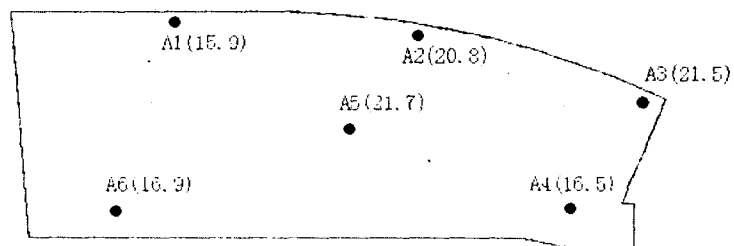


图 4 沉降观测点平面布置和沉降观测结果图 (mm)

的可靠性和实际沉降数据积累,该工程在施工其间及使用阶段进行了基础沉降观测。其观测点的平面布置和到结构封顶时沉降观测结果见图4。

根据对以往北京地区刚性桩复合地基沉降观测资料分析,结构封顶时的沉降值占趋于稳定沉降值的60~70%,因此通过图3和图4对比可知,根据作者建议的桩间土承载力折减系数 β 计算复合地基承载力特征值和桩长范围内天然地基的压缩模量扩大倍数 ζ 值,采用文献^[5]进行沉降分析计算值与沉降观测值吻合较好。

结语

1.通过工程实例说明,复合地基承载力和沉降计算水平比较而言复合地基沉降计算水平尤为重要。摩托罗拉北京新园区A座工程首度采用灌注桩方案失败后,改用复合地基方案具体论证时,采用作者建议的桩间土承载力折减系数 β 计算复合地基承载力特征值和桩长范围内天然地基的压缩模量扩大倍数 ζ 值,采用文献^[5]中进行沉降计算分析。工程实践证明,沉降计算值与沉降观测值基本吻合。复合地基方案不但缩短了工期,还为业主节省了1/3的工程投资。

2.高层建筑上部结构与地基基础设计是一个系统工程,只有结构工程师和土木工程师(岩土)共同参与人工地基方案设计计算,才能做到各种技资源共享,方案合理可行。

3.随着计算机技术的不断发展,一些较分层总合法计算更为复杂和细化的计算方法也陆续被实际工程所应用。为了能更加科学地进行人工地基设计计算,工程技术人员特别是土木工程师(岩土)除正确理解上部结构数据文件即荷载条件外,还应掌握和正确运用一些与之相接口地基基础设计计算软件。

参考文献

- [1] 建筑地基基础设计规范(GB50007-2002) [S].北京:中国建筑工业出版社.2002.
- [2] 高层建筑箱形与筏形基础技术规范(JGJ6-99) [S].北京:中国建筑工业出版社.1999.
- [3] 高层建筑岩土工程勘察规程(JGJ72-2004、J366-2004) [S].北京:中国建筑工业出版社.2004.
- [4] 特种结构地基基础工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社.2000.
- [5] JCCAD用户手册及技术条件.中国建筑科学研究院 PKPM CAD 工程部.PKPM2005.
- [6] 池跃君等.刚性桩复合地基沉降计算方法的探讨及应用.土木工程学报,2003(11).
- [7] 建筑地基处理技术规范(JGJ79-2002、J220-2002) [S].北京:中国建筑工业出版社.2002.
- [8] 建筑桩基技术规范(JGJ94-94) [S].北京:中国建筑工业出版社.1995.
- [9] 党昱敬.消除液化土沉降措施灌注桩法与振冲碎石桩法设计应用探讨[J].建筑科学,2006(2).
- [10] 党昱敬. CFG桩和沉管挤密碎石桩组合型复合地基的承载力[J].工业建筑,1997(7).
- [11] 党昱敬. 拉力分散型预应力抗拔桩设计[J].建筑结构,2006(10).
- [12] 范伟霞等. CFG桩复合地基承载力公式 β 参数取值分析[J].工业建筑,2006(3).

钻孔灌注桩在超高层建筑中的应用*

陈磊

(江苏润华建设发展集团有限公司 南京 210018)

[摘要] 泥浆护壁钻孔灌注桩的施工是一项工序多、难度大并需在一个短时间内连续操作完成的地下隐蔽工程。本文较为详尽地介绍了无锡润华国际大厦钻孔灌注桩的施工技术、质量管理及桩基础检测过程。

[关键词] 钻孔灌注桩; 施工; 检测

工程概况

1.无锡润华国际大厦位于无锡市体育中心东南,太湖大道北、青祁路西。该建筑物为集商业、酒店、办公于一体的超高层建筑。其中:主楼由两栋连体塔楼组成,分别为地上45层和55层,地下3层,建筑物高度218.0米,结构体系采用框架-筒体混合结构,基础采用桩基+筏式厚底板,桩基设计为 $\Phi 1000\text{mm}$ 钻孔灌注桩。裙楼为地上7层,地下3层,高度为32.5米,结构体系采用框架结构,基础采用桩基+筏式底板,桩基设计为 $\Phi 800\text{mm}$ 钻孔灌注桩。

2.施工概况

(1)工程内容

该工程的施工内容见表1-1:

润华国际大厦桩基工程内容一览表

表1-1

序号	位置	桩型	桩径	桩长	桩数	方量 m^3	备注
1	主楼	工程桩	$\Phi 1000\text{mm}$	69.6m	372根	20334.901	含试桩
2	裙楼	工程桩	$\Phi 800\text{mm}$	31.7m	184根	2931.885	含试桩
3	裙楼	工程桩	$\Phi 800\text{mm}$ 抗拔	31.7m	204根	3250.568	含试桩

(2)周边环境及管线分布

南侧建筑红线距离太湖大道约45m,基坑距离太湖大道约50m。东侧建筑红线距青祁路约7米,基坑距离青祁路约26m。西侧和北侧红线均与体育广场的道路相接,基坑边线距离红线西侧约4m,北侧约5m。广场道路宽12~18m,其余部位均为空旷绿地。

四周管线情况主要根据现场踏勘得到,其中距离基坑最近的主要管线如下:青祁路分布电力,通讯管线距离基坑约32m。太湖大道分布电力管线,距离基坑最近距离为46m。

3.场地工程地质地形基本平坦,地面高程3.21~4.63m 场地地貌单元属长江三角洲冲积

* 收稿日期:2008年1月

4. 工程技术难点及对策

(1) 工程技术难点

a. 根据工程勘察报告、试桩工程数据参数及当地施工经验,本工程土层力学指标较高,特别是②层与⑤层,成孔效率低,成孔时间长,对工程进度非常不利。

b. 本工程桩间距较小,桩边距仅2m,因施工过程中现场安全文明施工要求高,施工中现场清洁、行车难度较大,不利工程安全文明施工及工程施工进度。

(2) 对应技术对策

a. 根据本工程地质情况,本工程采用开挖5米穿越第②层、坑内地坪硬化的施工钻孔灌注桩方案。从而缩短成孔时间,提高工程进度。

b. 根据本公司多年施工经验,硬化地坪质量是钻孔灌注桩质量控制的关键之一,本工程地坪采用碎石找平后浇注10cm厚C20混凝土硬化地坪,并保证地坪标高相差小于5cm,从而保证工程质量。钻孔桩施工中钢筋笼采用新工艺孔口支承调正器固定。

c. 由于桩间距离过近,造成地坪易破碎,我公司将购置钢板对施工完的钻孔进行加盖,派专人进行现场清扫工作。保证施工中的现场文明施工。先后被无锡市评为“安全文明施工工地”并在施工现场召开了“市基础工程文明施工现场观摩会”。

钻孔灌注桩施工工艺

1. 施工工艺及设备的选择

(1) 工艺选择

本工程主楼桩基工程持力层为第⑨-2层。据我单位在类似地层工程经验及结合场地地基土主要物理力学指标分析,钻孔灌注桩选用正循环成孔、水下、混凝土灌注施工工艺。该工艺具有快捷、高效、施工现场干净文明、工程质量可靠、施工速度快等显著优点。

(2) 设备选择

根据试桩经验,本工程 $\phi 1000\text{mm}$ 桩采用GPS-15型及配套设备进行施工, $\phi 800\text{mm}$ 桩采用GPS-10型及配套设备进行施工。其钻孔桩配套设备表略。

2. 钻孔灌注桩施工工艺技术及主要质量保证措施

(1) 正循环成孔工艺特点

该工艺适用于填土层、淤泥层、粘土层、粉土层、砂土层等浅层土体中施工。设备简单,设备故障相对较少,工艺技术成熟,操作简单,施工速度相对较快。

(2) 正循环成孔施工工序流程

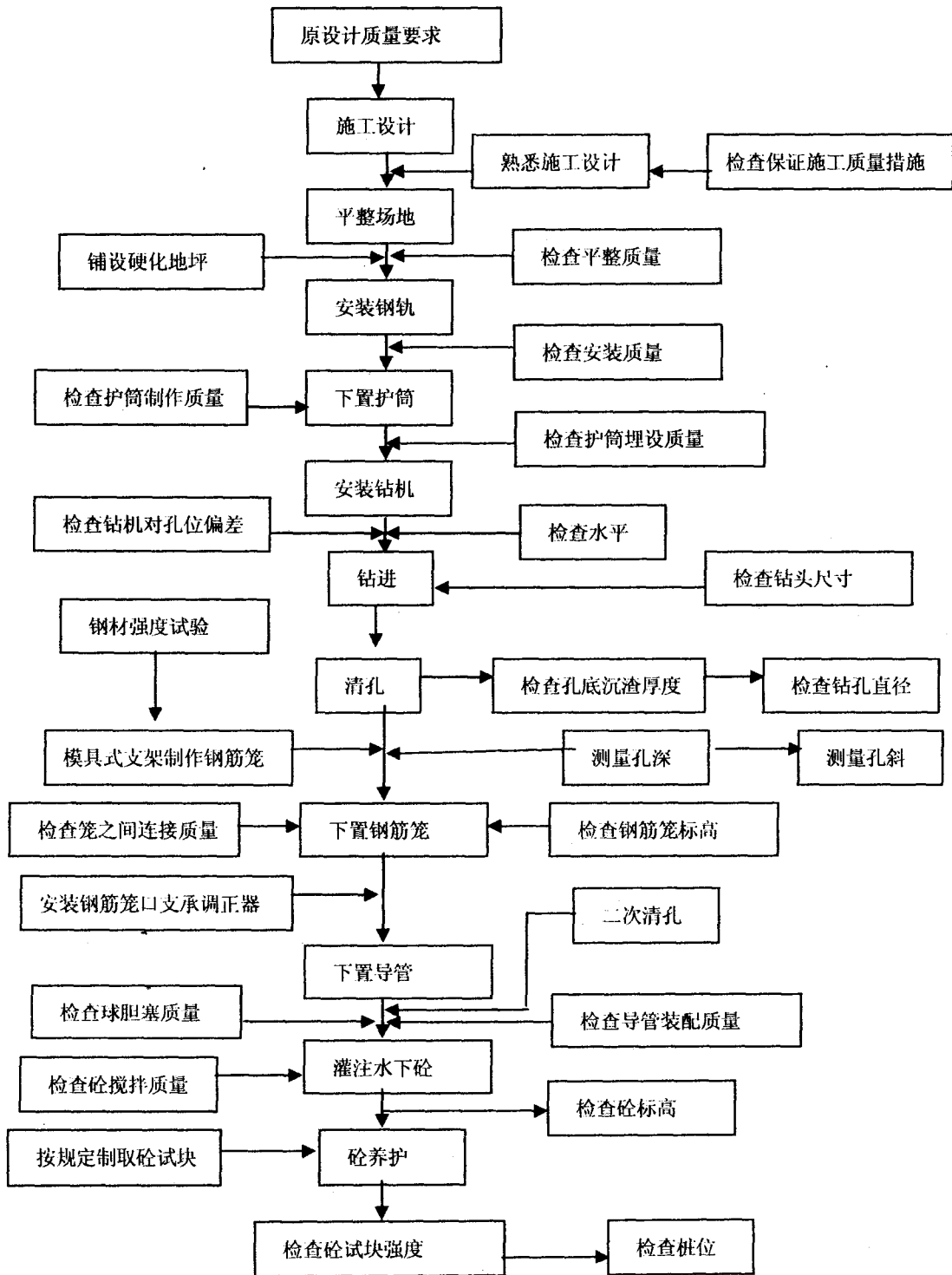


图 2-1 正循环成孔施工工序质量检查流程图

(3)成孔前准备

a.测量定位

地坪硬化完成后,利用全站仪进行桩位测量放线,用红漆标注桩位中心点并用短粗钢筋作为标记,钻机对中时检查桩位。

b.挖埋护筒

人工挖埋护筒前用十字架将桩位引至地坪并做好标记,护筒挖好后利用地坪上的标记在孔内中心点上打入短钢筋作为对中标记。

c.钻机就位

工程钻机安装调试并验收合格后,通过铺设枕木、架设滚轮自行就位,并严格对中整平。

(4)成孔工艺技术要求和技术措施

钻头、钻进参数及泥浆性能要求

根据桩基设计,场地地层和设备性能情况,采用正循环成孔,选用三翼螺旋式合金钻头进行钻孔施工,其钻进参数及泥浆性能要求如下。

注入孔口泥浆性能技术指标

表 2-2

项次	项 目		技术指标
1	泥浆密度	正循环成孔	≤ 1.15
2	漏斗粘度	正循环成孔	18"~22"

排出孔口泥浆性能技术指标

表 2-3

项次	项 目		技术指标
1	泥浆密度	正循环成孔	≤ 1.25
2	漏斗粘度	正循环成孔	20"~26"

正循环成孔钻进控制参数表

表 2-4

地层	钻进参数		
	钻压 (kPa)	转速 (r/min)	最小泥浆泵量(M ³ /h)
粉性土、粘性土	10~25	40~70	50
砂土	5~15	40	50

(5)成孔技术措施

a.开孔钻进时应先轻压、慢钻并控制泵量,进入正常工作状态后,渐加大转速和钻压。

b.正常钻进时,应合理控制钻进参数以及泥浆性能指标。

c.配置 GPS-15 型工程钻机进行施工,具有稳定性好,成孔质量好施工效率高的优点。

d.在易塌地层中钻进时,应放慢转速及钻进速度并适当调整泥浆性能。

e.加接钻件应先将钻具稍离孔底,待泥浆循环 2~3 分钟后再拧卸加接钻杆。

(6)清孔

第一次清孔利用成孔钻具直接进行,清孔时先将钻头提高孔底 15~20cm,输入泥浆循环

清孔, 并应控制泥浆比重, 调节泥浆性能。

第二次清孔利用灌注砼的导管输入泥浆循环清孔, 清孔时输入孔内泥浆密度应控制在1.15以下, 清孔后的泥浆密度应小于1.20, 沉渣厚度 $\leq 100\text{mm}$ 。第二次清孔后至灌注砼的时间间隔不超过0.5小时。

(7) 桩孔验收

桩孔终孔后, 应邀请甲方代表及现场监理对终孔深度、孔底沉渣、泥浆性能指标等进行验收。验收合格后填表认可签字后进入下道工序。

3. 钢筋笼施工工艺及施工质量工序控制

钢筋笼的施工质量是成桩总体质量的一个重要组成部分。

(1) 加强原材料的质量验收

本工程钢筋笼制作所用钢筋为HPB235和HRB335两种。为保证钢筋质量, 要求对现场的钢筋种类、钢号及规格进行严格检验验收, 每种钢筋必须附有出厂证明书及合格证, 使用前应作钢筋抗拉、抗弯及焊接抗拉强度检测。

(2) 钢筋笼的制作及焊接要求

a. 钢筋笼制作前应将主筋校直, 清除表面污、蚀锈, 钢筋下料时应按钢筋笼设计图纸下料配筋, 分节制作。同时采用模具式支架定位, 以保证主筋位置准确, 成笼垂直度好, 无扭曲现象。

b. 螺旋箍筋、加劲箍筋与主筋之间采用电焊连接, 点焊强度和密度须满足设计和规范要求。主筋焊接头应错开 $35d$, 同一截面钢筋接头数量不超过50%。

c. 本工程钻孔桩钢筋分布制作、分段连接, 上下段连接顺直, 在保证质量的条件下, 焊接时间应尽量缩短。

(3) 设置钢筋笼弧形砼垫块定位器。

为确保保护层厚度, 在钢筋笼上设置弧型砼垫块做为定位器。其弧度与设计的桩弧度相同, 弧面尺寸为 $150 \times 200 \times 70$, 该弧形垫块靠笼子一面有两道槽, 分别将主筋和箍筋嵌进去, 其与孔壁接触面积大, 压强小, 定位器不易压入孔壁, 保护层的厚度和均匀性都较容易得到保证。定位器安装数量在一个横断面的圆周上均匀布设4~6个即可, 每节笼不少于3组。保证钢筋笼中心与桩中心重合。

(4) 钢筋笼的吊放与定位

a. 钢筋笼应经业主、监理验收合格后方可安装。

b. 钢筋笼在起吊、运输和安装中应采取措施防止变形, 吊点宜设在加强箍筋位置。

c. 钢筋笼吊放入孔时, 应对准孔位轻放、慢放。遇阻应上下轻轻活动或停止下放, 查明原因后进行处理, 严禁强行下放。

d. 钢筋笼全部入孔后, 按设计要求检查安放位置标高并作好记录, 符合要求后, 将最上一节钢筋笼吊挂在孔口支承调正器上, 这是一新工艺是由枕木与型钢组成的、可用千斤顶调平的地梁上, 防止因钢筋笼不下落或灌注砼时上下串动造成错位。

e. 钢筋笼安装应居中, 深度应符合设计要求、其允许偏差 $\pm 50\text{mm}$ 。

4. 水下砼施工工艺

钻孔灌注桩应采用水下导管灌注砼，桩身质量与砼灌注的质量有直接关系，施工时应予以重视。

(1)下灌注导管

使用 $\phi 258\text{mm}$ 快速接头灌注导管，导管下入孔内前必须做漏水试验，合格后方可使用，导管下入长度按管底口的距离能顺利排出球胆隔水塞为宜，一般控制在300~500mm。下入孔内导管每根都要认真仔细检查，清除丝扣上浮渣，检查“0”型密封圈是否完好，并在丝扣上重新涂油作进一步密封，使导管连接牢固顺直，接口严密，不漏泥浆。

(2)砼灌注

a.砼采用商品砼，由砼车直接送至工地，每根桩砼试块不少于一组（3块），并对每车砼塌落度进行测试，控制在180~220mm。保证砼的质量。

b.砼浇筑采用砼车直接靠机上料的方式。

c.砼灌注是确保成桩质量的关键。并灌前应做好一切准备工作，联系商品砼供应商以保证砼灌注能连续紧凑地进行，先在导管中安放球胆隔水栓，隔水栓置于导管内泥浆面，初灌斗与导管联接处用锥形隔水盘封闭，足量砼倒入初灌斗后，启出隔水盘，保证导管埋入砼面超过1.20m，孔口大量返出泥浆，说明初灌成功，以后工序进行连续灌注作业。

d.初灌时根据孔径保持适当的初灌量 $\phi 1000\text{mm}$ 桩初灌量为 3.5m^3 ， $\phi 800\text{mm}$ 桩初灌量为 2.6m^3 。

e.灌注过程要连续进行，不得中断，尽量缩短砼灌注时间，以防止桩孔内顶层砼失去流动性，顶升困难，造成质量事故。

f.灌注过程中应设专人负责检查记录工作，随时注意观察管内砼面下降及孔内返水情况，及时检测孔内砼面上升，及时提升和分段拆除上端导管。导管下口在砼内的埋置深度宜控制在3~6m，导管应勤拆，一次提升不超过6m。

g.在提升时，应保持导管轴线垂直，防止接头卡挂钢筋笼。

h.为确保桩顶质量，砼的顶面应高出桩顶设计标高不少于2m且不宜少于5%的桩长，测定砼面确已达到上述要求后方可停止灌注。

i.灌注快完毕，也就是最后一或两根导管时，应缓慢拔出，使砼面口缓慢弥合。防止拔快，造成泥浆混入。

j.砼灌注完毕后应及时切断吊筋，拔出护筒，清除孔口泥浆和砼残浆，桩顶砼面低于自然地面高度的工程桩空段应先加盖，并做好醒目的警示标牌，以防止发生人身安全事故，待孔内砼凝结后按设计要求用砂、碎石、道渣或素砼及时回填并夯实。

k.每根桩测量砼塌落度要不少3次，做不少于1组试块（3块）且编号并注明取样深度，记入砼灌注记录中，试块制作24小时后脱模，进行标准养护，按时进行试验，并将试压结果汇总归档备案。

l.砼实际浇灌量不得小于计算值，充盈系数控制值1.1~1.2以内。

5.钻孔灌注桩施工意外的预防和处理措施。

我公司根据多年施工经验，对于施工意外影响工程质量事故比如：斜孔、掉钻及孔内遗落铁件、扩孔、塌孔、缩孔、糊钻、漏浆、堵管埋管等都做了相应的事故产生的原因分析、

预防措施和处理措施。详细的产生原因的分析、预防措施、处理措施由于篇幅所限省略。

主要质量保证措施

为了保质、保量、保工期、保安全的完成施工任务,必须在严密的质量管理体系控制之中,特制定下列具体的有章可循的质量保证措施。

1.严格按审定的施工组织设计施工

施工组织设计是工程施工大纲,是根据本工程的特点、技术要求、工程地质情况、现场施工条件诸多因素,结合本公司在上海、江苏、浙江等地区的施工经验而制订的。是经过实践检验,经得起考验的,因此必须认真贯彻执行。

(1)工程开工前,应组织所有涉及本工程的管理人员、现场施工人员熟悉了解本施工组织设计。使每个施工人员,管理人员对工程的总体要求明确,对本岗位的职责、质量要求和技术要求心中有数。

(2)项目经理按照本方案的宗旨和意图,充分运用自己的工作实践和管理经验精心组织、管理、协调指挥好队伍精心施工。

(3)施工组织设计方案中的成孔工艺、钢筋笼施工、砼灌注工艺经多年实践表明,是切实可行的,施工中应严格遵循。

(4)施工技术措施要求既满足了规范、规程和设计要求,又考虑了实际施工中的千变万化性,既有依据标准,又有成熟经验,在施工中不得任意放宽。

2.加强施工现场质量管理。

桩基工程最大特点是施工质量控制受人为因素影响较大,属隐蔽工程,对质量要求百分之百的合格,要达到这样高的要求唯有按全面质量管理办法,通过加强施工现场的施工技术管理和质量监控,建立施工质量保证体系,使整个工程的施工质量,自始之终处于良好的受控状态中。从而达到保证质量要求的目的。因此施工中务必遵循以下行为规则:

- (1) 认真做好施工图纸的会审和设计交底;
- (2) 严格执行施工中的检验复核制度;
- (3) 实行必要的施工作业令制度;
- (4) 严格对工序管理点的管理;
- (5) 严格工序质量监控;
- (6) 严格工序之间的交接制度、保证工序质量。

3.作好审核验收阶段工作。

- (1) 记录验收;
- (2) 桩位验收;
- (3) 桩的验收

按要求对桩的质量进行检查,试块强度实验,桩的各种测试结果和单桩承载力的测定。

桩基工程的检测

1. 工程桩施工前先进进行试桩阶段,主楼、裙楼抗压、抗拔桩静载荷试验详见表4-1。测桩的Q-S、S-lgt曲线图略。

桩基工程静载试验一览表

表 4-1

序号	位置	桩号	单桩竖向抗压极限承载力 (kN)	最大沉降量 (mm)	回弹率 (%)	质量情况
1	主楼	S1	16200	45.91	17.71	满足设计要求 (当桩长大于 40m 时 S 取 0.05D)
2		S2	16200	27.77	37.49	
3		S3	16200	43.49	22.51	
4		S4	16200	36.67	27.05	
5	裙楼	QS1	6200	22.71	24.66	满足设计要求
6		QS2	6200	11.27	54.75	
7		QS3	6200	10.87	45.91	
8	裙楼	QS4	3720(抗拔)	13.31 (上拔)	63.26	满足设计要求
9		QS5	3720(抗拔)	16.49 (上拔)	54.15	
10		QS6	3720(抗拔)	15.25 (上拔)	59.93	

2. 桩基施工完后按设计要求对工程桩进行了桩身完整性、单桩竖向极限承载力复核及桩身砼强度测试, 详见表 4-2。

桩基完工后低应变、高应变、声波透射检测一览表

表 4-2

序号	检测种类	工程桩 (检测) 桩根数											
		主楼	检测	占百分比	结论	裙楼	检测	占百分比	结论	裙楼	检测	占百分比	结论
1	低应变	372根	372根	100%	合格	184根	55根	30%	合格	204根	64根	30%	合格
2	高应变	372根	19根	5%	合格								
3	声波透射法	372根	38根	10%	合格								

注: 检测结果以上三项均能满足设计要求。

小结

经过近 90 天的紧张施工, 完成了主楼、裙楼抗压桩和裙楼抗拔桩的桩基工程, 经无锡市建筑工程质量检测中心检测工程全部合格。

总结该工程我们有以下体会:

在施工过程中必须采取可靠的方法和手段检查各道工序的施工质量。尤其是三大控制:

1. 成孔与清孔质量工序控制;
2. 钢筋笼施工质量工序控制 (采取新工艺新技术);
3. 水下灌注砼的灌注质量工序控制。

参考文献

1. 《建筑桩基技术规范》JGJ94-94[S]. 中国建筑工业出版社 1995
2. 《建筑地基基础设计规范》GB50007-2002[S].
3. 《地基处理手册》(第二版) [M]. 主编: 龚晓南 中国建筑工业出版社 2000
4. 《地基处理技术发展展望》[M]. 主编: 龚晓南 中国水利水电出版社 2004

大功率振动水冲碎石桩施工质量控制*

吴建华

(江苏省地质矿产局第三地质大队 镇江 212001)

[摘要] 大功率振冲法可增加碎石桩直径、桩长等, 有效提高复合地基承载力, 在软地基处理方面具有较好的应用前景, 施工质量控制是保证大功率振动水冲碎石桩质量的关键。本文以工程实例对大功率振冲法施工质量控制进行了探讨。

[关键词] 大功率; 振冲碎石桩; 质量控制

引言

近年来振冲碎石桩作为一种传统的地基处理方法, 已在很多地区广泛应用于火力发电厂、高速公路路基、工业及民用建筑等软土地基, 并向超深、超大直径方向发展, 传统的30kW、55kW的振冲器处理地基已无法满足不断提高的设计地基承载力的要求, 而更趋于使用75kW、125kW甚至130kW振冲器, 180kW振冲器国内已处于试验中。

大功率振冲法处理软地基设计目前还处在半理论半经验状态, 一些计算方法还不够成熟, 某些设计参数仍只能凭工程经验选定。因此振冲碎石桩施工特别是大功率振冲器施工质量控制显得尤为重要。

工程概况

中国北方港曹妃甸原油码头储油罐桩基工程位于河北省唐山市南100km渤海中的曹妃甸岛。一期工程十万方储油罐八个, 单储油罐高17.5米, 基础半径44.5米, 占地约6200m², 基础设计采用振冲碎石桩与原地基土组成复合地基, 桩径1.2~1.3m, 桩长30m, 桩间距2.4~2.5米, 放射形(三角形)布置。设计复合地基承载力特征值230kPa, 要求振动器功率为130kW, 水压为0.3~0.8MPa, 加密电流大于90A, 留振时间不小于8秒, 加密段长度0.3-0.5米。

场地勘察深度内的土层为第四系全新统滨海相沉积层, 岩性为粉细砂、粉质粘土、粉土, 多为层状土。与振动水冲碎石桩施工有关地层分述如下:

①层: 粉细砂(Q₄^m)

灰色, 饱和, 稍密~中密, 局部密实(2[#]罐施工6.5~10m为密实), 颗粒级配差, 夹粉质粘土薄层, 含贝壳碎片, 矿物成分以石英、长石为主。该层广泛分布于场区表层, 层顶高程:

* 收稿日期: 2008年1月

0.26~2.66m,层厚18.0~31.0m,平均24.5m。

①₁层:粉质粘土夹粉砂(Q₄^m)

灰色,软塑~可塑,夹粉砂薄层,薄层厚0.5~10cm,层厚比4:1~3:1具层理。各孔均见该层,该层分布不均一,在G1、G2钻孔附近分布较厚,G4钻孔附近分布较薄。层顶高程:-10.34~-16.94m,层厚3.0~19.0m,平均10.32m。该层为设计振冲碎石桩的持力层。

②层:粉质粘土(Q₄^m)

灰色,可塑,稍有光滑,干强度和韧性中等,摇震无反应,夹粉砂、粉土薄层,薄层厚0.2~0.3cm。该层分布连续,较稳定,层顶标高-31.34~-35.01m,层厚4.00~7.00m,平均5.54m。

施工工艺及技术指标

1. 工艺原理

振动水冲碎石桩,是利用起重机吊起振冲器强烈水平振动和高压力水冲贯入到土层预定深度,形成钻孔,经过清孔后从地面向孔中逐段填入碎石,并利用振冲器产生水平向振动力振挤填料及周围土体,从而在地基中形成一根密实的桩柱体,和原基地土形成复合地基,并通过桩体与桩周土相互作用共同承担上部荷载从而达到提高地基承载力,减少沉降量,提高抗震液化能力,增加地基稳定性以及消除湿陷性黄土的湿陷性等作用。

振冲碎石桩适用于砂性土,非饱和性黏土,以及炉灰,炉渣,建筑垃圾为主的杂填土,松散的素填土。因其经济效益显著、工艺简单,工期短,加固效果好等特点而为建设单位所乐于接受,和其它软基加固工艺(如沉管桩、粉喷桩、CFG桩)等相比,振冲碎石桩的最大特点是桩径较大(一般可达0.8m~1.3m)、承载力大、抗液化力强。

2. 工艺流程

振冲碎石桩的工艺流程为:测放桩位→振冲器就位→造孔→清孔→逐段填料振密→成桩结束。

3. 主要施工机械

振冲碎石桩机:本工程根据设计要求及技术参数,使用130KW振冲器,投入4台ZCQ130型振冲器,并配4台50T履带吊车(吊臂高大于37m)组成碎石桩机。

填料机械:施工时每台碎石桩机配一台料斗为1.5m³的ZLM-30E装载机喂料。

振冲施工供水泵扬程不小于80m,流量不小于15m³/h,本工程振冲器配套采用扬程125m、供水量50m³/h的IS80-50-315型高压水泵,蓄水池采用4m³铁皮箱。

电器控制装置:可控制振冲施工中造孔电流、加密电流、留振时间等,施工中当电流和留振时间达到设定值会自动发出信号(当电流达到设计值时,指示灯亮,当留振时间达到时,电铃响),指导控制施工。

振冲导管:采用外径299mm,壁厚16mm的无缝钢管与振冲器采用法兰盘连接。施工前用钢尺测量,在导管上每0.5m用8mm盘条焊结明显的标志。

自检设备:采用DPP-100型工程钻机,Φ42钻杆作探杆,探头采用直径74mm、锥角60°的重型探头对工程近行跟踪、成桩质量检查。

4. 工程施工

(1) 测量放样

控制点及桩位测放采用全站仪(NTS-322)和钢尺,高程测量采用水准仪(S3)和塔尺。

(2) 造孔

振冲器对准桩位,先开启压力水泵,挣冲器末端出水口喷水后,再启动振冲器,待振冲器运行正常开始造孔,使振冲器徐徐贯入土中直至设计深度。

造孔应注意以下事项:

①振冲器开孔允许偏差不大于100mm;施工时振冲器喷水中心与桩位中心偏差不得大于50mm。

②造孔过程中振冲器应处于悬垂状态,防止振冲器偏离贯入方向,若发现桩孔偏斜应立即纠正。

③造孔水压宜控制在0.3~0.8MPa,本工程经试桩应控制在0.4~0.6MPa。

④造孔速度取决于地层条件、振冲器类型及造孔水压等,本工程造孔水量50L/min,造孔速度不超过2.0m/min。如遇振冲器不利贯入的土层时,应增加水压,如果效果仍不明显,可增设辅助水管,以增加下沉速度。

⑤造孔深度不应浅于设计处理深度以上0.3~0.5m。

⑥造孔时,振冲器出现上下颠动或电流大于电动机额定电流无法贯入时,应及时调整施工参数。

⑦造孔过程中,振冲器每贯入1~2m孔段,应记录一次造孔水压、水量、电流和时间,直到贯入到设计图纸规定的孔深。

(3) 清孔

造孔时返出的泥浆较稠、孔中标有狭窄或缩孔地段应及时进行清孔。清孔可将振冲器提出孔口或在需要扩孔地段上下提拉振冲器,使孔口返出泥浆变稀,保证振冲孔顺直通畅以利石料沉落。

(4) 填料加密

本工程正常情况下采用连续填料法进行施工,当石料在振冲器上蓬积,振冲器工作电流长时间达不到加密电流时,采用强迫填料法,即利用振冲器的自重和振冲力将孔上部的石料送到孔的下部。加密从孔底开始,逐段向上,当达到设计规定的加密电流和留振时间后,将振冲器上提继续进行下一个加密段加密,重复上一步骤工作直至加密到设计要求桩顶标高。桩体加密按如下方法控制:

①采用加密电流、留振时间、加密段长度作为控制标准,填料量指标作为参考值,当填料量与设计要求相差较大时,及时调整施工工艺参数,确保施工质量。

②正式施工前对每台机组操作人员进行岗前培训,确认施工工艺及施工技术参数。本工程采用的主要技术参数为:加密电流 $\geq 95\text{A}$;留振时间8S;加密段长度30~50cm。

③桩体材料采用40~150mm碎石,含泥量不大于5%。

④桩体加密由桩底标高开始,每次提升振冲器高度在1.0~1.5m左右,保证孔内有0.5m加密桩体的填料量,并严格控制加密段长度在30~50cm内,中间不得漏振,振冲成桩应超

过设计桩顶标高 1.0~1.5m, 当超高不足时, 振冲施工后应对基地土层及有效桩体顶部做压实处理。

⑤加密水压控制在 0.3~0.6MPa。

⑥振冲成桩时应连续施工, 不得中途停止, 以免影响成桩质量, 施工中如发现串桩, 应对被串桩重新加密或在其旁边补桩。

⑦成桩过程中, 应保持振冲器处于悬垂状态, 施工电压应保持稳定, 允许偏差为 $380 \pm 20V$, 加密过程中, 当电流超过振冲器额定电流时, 暂停或减缓振冲器的贯入或填料速度。

⑧施工时应由专人负责查对桩号, 桩体加密时, 每 1.0~2.0m 记录一次电流、时间、水压, 并及时记录填料量, 记录要详细、如实、准确、整洁。

⑨成桩完成后的桩顶中心与设计定位中心偏差应小于 200mm。

施工过程中的质量预控、事故处理

1. 桩位偏差控制

①桩位: 每测放一批桩应及时由质检员检查验收, 并及时报监理审查。

②由于土质(已施工段和未施工段相差大)不均匀, 造孔时向土质软(未施工)的一侧偏移, 则在开孔时将振冲器向硬的一边稍作偏移, 偏移量根据现场施工实际情况确定, 也可在软土一侧倒入填料阻止桩位偏移。

③桩位标识应明显、牢固, 在施工时应注意复核, 保证其准确度。

④振冲器导管上端的横拉绳拉力方向或松紧程度不合适造成振冲器偏移。现场应及时调整拉绳方向和松紧度。

⑤振冲器与导管安装时中心线不在垂直线上或导管弯曲。施工前应及时检查, 发现问题, 应立即调整或更换弯曲的导管。

2. 桩顶标高(有效桩长)控制

施工中应及时测量了解地面高程变化情况。当地面出现下沉或淤积抬高时, 振冲器入土深度要做相应调整, 以保证桩体长度。

3. 施工技术参数的控制

①为保证加密电流和留振时间的准确性, 施工中应采用电器自动控制系统。机械在高频振动条件下, 设定的加密电流、留振时间可能发生变化, 应及时校正。

②施工中应确保加密电流、留振时间和加密段长度都满足设计要求, 否则不能结束这一加密段。如成桩加密电流达不到设计要求, 而振冲器在提拉时电流异常超负荷, 此时应停止填料, 在该加密段多次提拉振冲器, 待被卡石料畅通后正常施工。

③相同型号振冲器的空载电流也存在差异。因此, 在施工中安排专人班前测量各机组振冲器的空载电流并进行记录。当空载电流变化在 5A 以内时, 应及时调整加密电流, 当空载电流发生突变时应停止使用, 查明原因对振冲器进行检修, 合格后再使用, 保证各机组施工质量的一致性。

4. 材料质量的控制

①填料应经过质量检验方可使用,填料的粒径、含泥量及强度等指标应符合设计要求,填料应按 $2000\sim 5000\text{m}^3$ 作为一组试样进行质量检验,不足 2000m^3 时按一批次送检。对不合格的石料一律清除出场。

②前场孔口指挥人员应控制好加料速度和加料量,并及时做好记录。

5. 桩体质量自检控制

对桩体的密实度采用重型动力触探进行抽样检测,检测时间为成桩1天后进行,检测数量按施工桩数的 $1\sim 3\%$ 控制,随机进行,检测合格标准为标准重型动力触探取值大于 $20\text{击}/10\text{cm}$ 。随着工程的进行,跟踪、进行成桩质量的检查。

6. 预防抱卡振冲器(导管)

①采用大直径高强度导管,减小导管与振冲器连接处的突变,增加造孔设备的自重,增强穿透能力,可降低抱卡振冲器的机会。

②当出现卡抱振冲器的迹象时,应及时停止下放振冲器,让振冲器停留在原深度,加大水压水量预冲一段时间,然后缓慢下放振冲器,在该地段附近多次上下提拉振冲器清孔,实现穿透。

③当振冲器不慎卡埋在孔中,采用以上方法无效时,可使用大吨位吊车提住振冲器,起振冲器慢慢上提,多次反复直至提出。

施工质量及效果检验

本工程选取5个点进行复合地基静载试验,其特征值均大于 460KPa ,碎石桩动探及桩间土标贯等检测也全部达到设计和规范要求。

结束语

振冲法加固软弱土地基具有速度快、工期短、工艺简单、操作简便成本低应用广泛等特点。振冲碎石桩加固的软粘、砂土地基,承载力可提高3倍。一般认为设计承载力小于 200kPa 结构,基础采用振冲法加固地基比较经济,与其它桩基础相比,可节省工程费用 60% 左右,缩短一半工期。而大功率振冲器则更有成桩直径大、加固地基深度大、加固后复合地基承载力高的优点,在水库堤坝加固、码头、大型油罐等软地基处理中已显现出有效提高复合地基承载力的良好效果。做好施工过程中漏振、加密段过长及加密电流偏小等环节的质量控制,是大功率振冲器(特别是 130KW)加固超深地基成功的关键。实践表明,适当增加振冲设备自重($7\sim 8\text{T}$),用 $75\sim 100\text{T}$ 汽车吊配合施工,效果更好。

参考文献

- [1]建筑地基处理技术规范(JGJ79-2002)[S].北京:中国建筑工业出版社,2002
- [2]水电水利工程振冲法地基处理技术规范(DL/T5214-2005)[S].北京:中国电力出版社,2005
- [3]建筑地基基础工程施工质量验收规范(DL/T5214-2002)[S].北京:中国计划出版社,2002
- [4]郑俊杰.地基处理技术[M].武汉:华中科技大学出版社,2004
- [5]石油化工钢储罐地基处理技术规范(SH/T3083-1997)[S].北京:中国石化出版社,1997

岩土地基的处理浅析*

任振甲

(邢台市建筑设计研究院 邢台市 054000)

【摘要】本文通过对某高层建筑岩土地基的处理实例,提出并分析了对岩土地基常用的处理方法。

【关键词】岩土地基

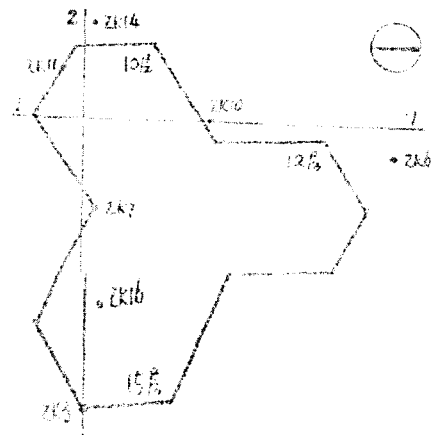
在建筑物的主要受力范围内,如遇有下卧层基岩表面坡度较大,石芽密布并有出露者、大块孤石或个别石芽出露等情况之一者,即属于岩土地基。岩土地基的工程地质和水文地质条件比较复杂,与一般土层地基比较,有其明显的特点,其中最突出的表现为地基的不均匀性。对岩土地基的复杂性和规律性应有充分的认识,应对建筑场地作出详细的勘察,并作出必要的工程和水文地质评价,采取可靠的地基处理措施,以确保安全。

概况

某高层建筑由高层主楼15层、12层、10层及裙房2层组成,建筑面积19800m²,高层主楼下设地下室2层。高层部分呈三角放射式,平面长宽水平距离各为40m,高层、低层总长104m,总宽62m。建筑物高度,高层为56.4m,裙楼为10.6m,高层主楼平面示意图如图1所示。

建筑场地较平坦,场地标高71.00~72.10m。地基土层是:从地表向下,第1层新近沉积土[Q₄],厚0.40~2.70m,第2层膨胀土[Q₁],厚4.70~26.00m,第3层碎石土[Q₁],厚0.50~2.70m,第4层花斑灰岩[Q₂],岩溶发育,溶洞较多,最大直径2m,小溶洞较多。除在膨胀土层中有滞水层外,在基岩中未见地下水。

根据物探及钻探结果,基岩埋深南浅北深,高层部位基岩面起伏最大幅度为14m,裙房部位尚较平缓。裙房仅2层,无地下室,基础埋深较浅,采用交叉等基础,基底不直接接触基岩面,基底下加砂垫层,适当处理地基均匀。高层主楼箱基埋置较深,岩土地基复杂,本文主要介绍这部分地基处理。高层主楼场地典型



本图只示高层主楼,略去低层裙房。ZK-钻孔

图1 平面示意图

* 收稿日期:2008年1月

工程地质剖面见图2所示。

为避开高层主楼西北角位置基岩深沟，建筑物整体向南移位 12 m,采用箱基。箱基底 (-7.40m)距基岩面南端有 3~4 m 的土层，北端有近 13 m 的土层，相差近 10 m，使箱基都落在有一定厚度的土层上。

为查清西北基岩陡坎的走向、坡降、深度及范围，又补钻孔 9 孔，证明移位 12 m 仍未安全避开基岩陡坎，决定建筑物向东南方向再移位 3 m。

在按施工图纸开挖基坑,挖至 -5.00m 时，普遍进行了钎探（钻孔）。在普通布孔 4 m,局部间距 2 m，个别间距 1 m 后，发现建筑物地基下的基岩起伏变化较勘察报告大，这是因为勘察布孔较少，难以发现。按移位后的新位置，在 12 层东墙轴线下的地基仍有局部基岩埋深较浅，基本与箱基底平，即基坑挖至箱基底标高层后，这部分岩石即露出基坑底面。在箱基底的其他个别部位也有距箱基底小于 1.30m 的岩石，这部分岩石虽未露出基坑底面，但其距箱基底太近，对箱基受力十分不利。

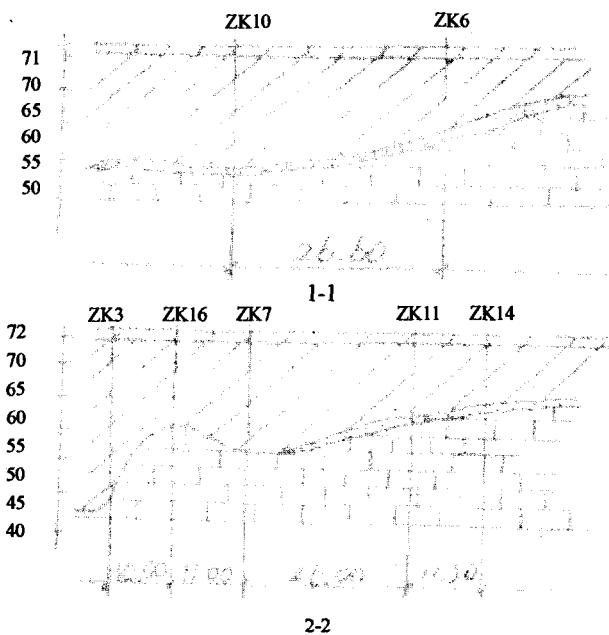


图2 典型地质剖面

基坑开挖并钻孔钎探后，发现了土洞，其位置深度在离箱基底 10m 处，洞宽 1.50~2.00 m 洞深 5.60m,洞中底部高 2.30 m 被泥砂充填，洞中上部 3.30 m 为空洞。考虑今后建筑物使用后，地下水位改变时，土洞再次被水冲刷，可能再被扩大，也有可能改道，土洞距箱底较深，但因上部荷载大，箱基埋置深，仍在影响范围之内。

处理方法

1.本工程地基下卧层基岩表面坡度较大，在移位后靠近陡坎处坡度仍大于 10%，并且在北部出现基岩石芽局部隆起出露。由于基岩表面倾斜，使基底土层厚度不均，所以要考虑岩面上土层厚度的变化，地基土的承载力和压缩性相差悬殊而引起箱基的不均匀沉降，并考虑上复土层沿基岩面

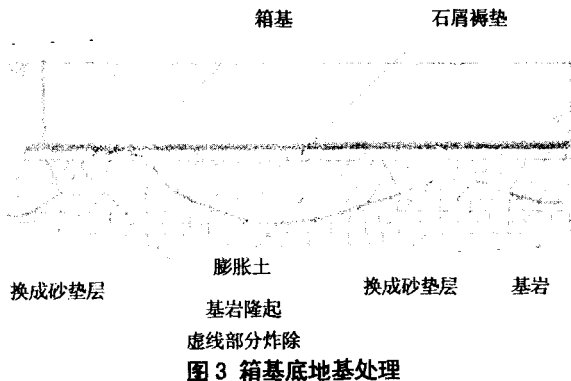


图3 箱基地基处理

滑动的可能性。具体处理方法是：对隆起的基岩与箱基底持平者，小炮炸除 1.30m，上做 1.00m 厚砂垫层，分层夯实。对隆起的基岩与箱基底小于 1.30m 者，也要炸除一部分，炸至距箱基底 1.30m，做砂垫层，至箱基底留出 300mm。为解决箱基底沉降不均问题，把整个箱基底铺 300mm 厚瓜子片状石屑垫层，使箱基底形成一个褥垫，具体做法见图 3。

2. 对土洞的处理。岩溶土洞分活土洞及死土洞两类，一般走水的土洞为活土洞，不走水的土洞为死土洞，其处理方法亦不同。本工程发现土洞后，复经密布钻孔，查清土洞的范围、规模，经压水测试，各钻孔水道均畅通，确定为活土洞。活土洞的处理原则是疏导地下水，使其水流通畅，绝不能堵死。如果判断不准确，活土洞按死土洞处理，则导致水流改道，造成新的土洞，对建筑物更为不利。处理方法是：从基坑底向下挖井，挖至洞顶，清除洞内泥砂，洞底分层铺填块石，厚度 2.30m，上铺碎石，厚度 3.30m，至洞顶以上，即用灰土夯填，直至石屑褥垫层下，此为活土洞处理方法。至于死土洞的处理，则可在洞内做与井同直径的素混凝土柱，至洞顶上 1m 即止，其上做灰土夯填密实，直至石屑褥垫层下。

对岩土地基常用处理方法分析

1. 岩土地基的处理方法，一般可分为两类，一类为处理软弱部分，即压缩性较高的地基，使其适应坚硬部分，即压缩性较低的地基。如本工程，移位后，计划采用箱基局部坐到基岩上的混凝土现浇层上，这是由于基岩顶面距箱基底较近，而大部分箱基底做桩基的做法，这部分基岩顶面距箱基底较深。因造价高，工期长，且基岩溶洞分布规律未完全探清，因而未予采用。根据工程具体情况，也可采用局部大开挖、换填或用梁、板跨越等方法。这一类处理方法处理效果好，但不经济，且工期长。另一类是处理压缩性低的地基，使其与压缩性较高的地基相适应，作到调整岩土交界部位的相对变形，避免由于该处应力集中而使建筑物出现不均匀沉降。褥垫法是处理岩土地基中常用的既经济又安全可靠的方法。本工程采用石屑褥垫法，目的是调整南北不均匀沉降，因为基岩面上的土层厚度不均，悬殊较大。根据有些高层建筑地基处理经验，采用石屑做褥垫层，由于其遇较硬地基后，能自动滑动，产生较好的调整地基变形的作用。褥垫层的厚度视所需调整的沉降量而定，一般采用粗砂、碎石、级配卵石 300~500 mm，采用石屑，厚度 300 mm 即可。

2. 对下卧层基岩面坡度较大的地基，除考虑地基承载和变形引起建筑物不均匀沉降外，还应考虑地基土沿倾斜面滑动。当基岩表面相背倾斜，且离基础底较近时，相当于大孤石地基，应予炸除处理，换成褥垫层。当基岩相向倾斜，形成沟道时，对建筑物危害相对减小，视沟道深度及建筑物荷载大小确定处理。对局部隆起的地基及大块孤石地基，当其距基础底较近时，对建筑物地基不均匀沉降十分不利，一般应予处理。常用的褥垫处理方法，造价低，施工方便，效果较好。

3. 褥垫层法是通常对岩土地基处理常用的简易而可靠的方法。褥垫所用材料有粗砂、碎石、级配卵石、石屑等。利用粗砂、碎石作褥垫，其调整地基的压缩性较好，但采用级配卵石、石屑，其适应硬、软不一的地基，利用其滑移性好，可以更好地调整地基的压缩性，调整地基的不均匀变形。对碎石、石屑褥垫，浇注混凝土垫层时，应注意使混凝土水灰比小一

些,防止水泥渗入褥垫层,使褥垫层材料胶结,使其滑移不自由,使褥垫不能发挥作用。

4. 岩土地基的处理,不能只是孤立地处理地基,应对地基、基础及上部结构作为整体考虑,因为他们是共同工作的、相互协调的。建在岩土地基上的建筑物,除加强上部结构的整体刚度外,对于建筑物较长,体型又较复杂,而地基硬软明显悬殊时,应用沉降缝将建筑物分开,以减少由于不均匀沉降造成的危害。对高层建筑与裙房不便设沉降缝时,可采用施工后浇带法,待高层主体完成后,再与低层裙房连在一起,以减少高层与低层的差异沉降。

5. 加强地质勘察,彻底掌握岩土地基情况。在复杂地质条件下,建造高层建筑,其地质勘察更应加强,工程地质勘察布孔较一般情况下为密,深度应探至基岩面以下 500 mm,待开挖基坑后,再进行加密钻孔补探,遇地质构造复杂的部位要重点探测,直至完全掌握情况为止。也可先在建筑场地进行物探,即用物理的方法(如地震波)在地面上探出地层构造情况,工程地质勘察据此布孔,再进行详察。用物探开路,再用工程地质勘探详察,二者结合,较易摸清岩土地基的地质构造规律。

参考文献

- [1] 龚晓南、俞建霖,第八届全国地基处理学术讨论论文集[C],合肥,合肥工业大学出版社,2004
[2] 叶书麟,地基处理工程实例应用手册[M],北京:中国建筑工业出版社,1998

新书推荐

《复合地基理论及工程应用(第二版)》

复合地基理论及工程应用(第二版),龚晓南编著,已由中国建筑工业出版社发行。本书在第一版的基础上对复合地基理论框架作了进一步完善,较系统地介绍了复合地基理论和实践的新发展,全书共16章,定价38元,邮购价42元,欲购者可查阅本刊封3资料站目录。

对地基承载力计算方程的思考探索*

孟昭即

(中国化学工程第一勘察设计院 061001)

[摘要] 本文对工程勘察中地基承载力计算做了分析, 导出了公式。对有些问题提出了自己的认识。

[关键词] 地基承载力; 计算方程

地基承载力, 是工程勘察提供的重要原始数据, 也是设计了解地基和使用的参数。其获取有二种方法, 一是利用多种室内外试验所得查表, 另一是理论计算。重要工程也常常布置现场载荷试验, 直接了解验证比较并最后选定使用。本文以载荷试验所得 $S = f(p)$ 曲线和命名的二点临塑荷载 P_1 和极限荷载 P_u 及分成的三区: 弹变区、塑变区和破坏区^[1], 见图 1, 叙述了地基受力后各阶段应力状态和转化, 并利用荷载应力平衡, 导出了地基承载力理论计算方程, 对相关问题, 提出了自己的认识。

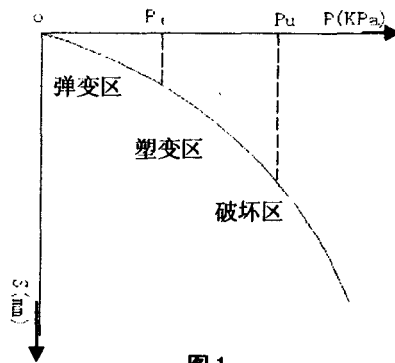


图 1

地面有荷载后地下应力分布和状态

当地面有荷载和荷载达到极限时, 剪切破裂面形成, 地下状态和应力分布如图 2。图中, oa 为水平地面, oa_1 为剪破面, 与水平线夹角为 $45^\circ + \frac{\phi}{2}$ 。

为了叙述分析推导方便, 横向取 B 的一半, 纵向取单位长。

理论上, 自然界中, 静止或运动着的物质, 都是处于平衡

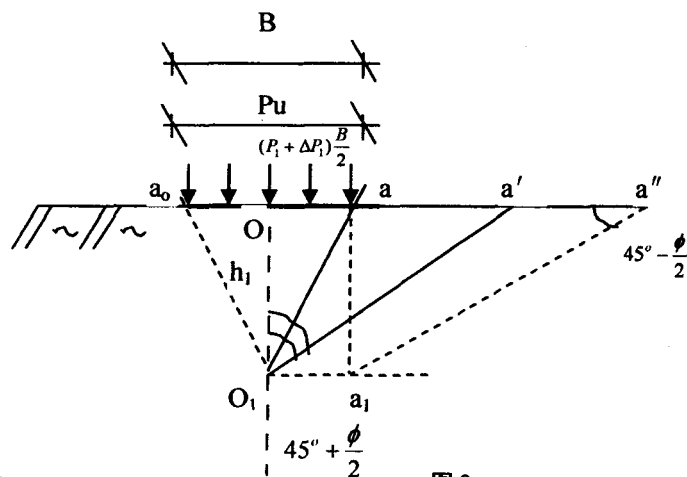


图 2

收稿日期: 2008 年 1 月

状态。当受到外力后,除人为限定外,其自由移(运)动方向,都是遵循路径最短,阻力最小,能耗最低的原理。根据这一原则, ao_1 右受到挤压向右移动达到极限时① o_1a_1 不会是对数螺线;② o_1a_1 也不会是部分园弧线;③当然, o_1a_1 也不是现在的水平线。

是什么状态呢,为此先分析一下地面有荷载后地基内应力变化情况:

①初期,因荷载 p_1 ,土内产生抗剪力 τ_1 抵抗 p_1 。随 p_1 加大, τ_1 也增大,直至 $\tau_1 = p_1$, 破裂面形成,与载荷板共同形成一个锥体,《楔》;

②此后, p_1 再增加至 $p_1 + \Delta p_1$, 《楔》整体下降,对土体形成《劈》势,向右挤压,压推力 $P_2 = \frac{(P_1 + \Delta P_1) \frac{1}{2} B}{\text{tg} 45 + \frac{\phi}{2}}$, 由于 p_2 的作用,土体也产生抗剪力和阻力,抵抗 p_2 。随着 p_2 的增大,出现 $p_2 = \tau_2 + \tau_{2-1} + T_{2-1}$ 的平衡。

这里的问题是,剪力和阻力是那个破裂面上的。既然不是前述几种,也不会是也不能是 o_1a_1a'' 折线与地平面及 ao_1 构成不稳定的四面体,那就只有稳定好的三角体,这就有下面三种可能:

①由 o_1 出发,遵循与地平面相交理论角为 $45^\circ - \frac{\phi}{2}$ 的线,这是稳定三角体,但实践和试算证明 P_u 偏小,不代表地基实际承载能力;

②从 o_1 出发,与地平面上原 $45^\circ - \frac{\phi}{2}$ 点相连,是一稳定三角体,但有二点难度,一是三角体二底角无法求知,不能计算;二是试算 P_u 大的过份,这点,从文献^[1]中取安全度为 2—3 足以说明;

③从 o_1 出发,保持二底角相等交于地平面的稳定三角体, P_u 居中,这也是本文认为合适的一种。

据此,以总抗剪力与总荷载相等就得到极限承载力

$$(P_1 + \Delta P_1) \frac{1}{2} B = \tau_1 + \tau_2 + \tau_{2-1} + T_{2-1}$$

式中, τ_1 是《楔》极限抗剪力, τ_2 、 τ_{2-1} 、 T_{2-1} 是楔右土体极限抗剪力和阻力。用土力学中有关理论求出代入并将 $(P_1 + \Delta P_1) \frac{1}{2} B$ 解出化简后得

$$(P_1 + \Delta P_1) = P_u$$

$$= \frac{\frac{rB}{8} \sqrt{2} \text{tg} \phi (\cos \frac{\phi}{2} + \sin \frac{\phi}{2}) + \frac{rB \cos \frac{(45+\frac{\phi}{2})}{2}}{2(1-\sin \phi)} [\text{tg} \phi (1 + \sin \phi) + \cos \phi] + \frac{\sqrt{2}C}{\cos \frac{\phi}{2} - \sin \frac{\phi}{2}} [(1 + 2 \cos \frac{(45+\frac{\phi}{2})}{2})]}{1 - \text{tg} \left[\frac{\cos \phi + (1 - \sin \phi)}{\sqrt{2} (\cos \frac{\phi}{2} + \sin \frac{\phi}{2})} \right]}$$

式中

r —地基土重度, kN/m^3 ; B —载荷板或基处宽度, m ;
 ϕ —地基土内摩擦角, $^\circ$; C —地基土内聚力, kPa 。

例演公式

为了对上式做些了解, 以 $r = 18.4 \text{ kN/m}^3$, $B = 1$, $\phi = 20^\circ$, $C = 10 \text{ kPa}$ 代入上式计算 P_u

$$P_u = \frac{\frac{1}{8} \times 18.4 \times 1 \times \sqrt{2} \times 0.36(0.98 + 0.17) + \frac{18.4 \times 1 \times 0.89}{2(1 - 0.34)} [0.36(1 + 0.34) + 0.94] + \frac{\sqrt{2} \times 10}{(0.98 - 0.17)} (1 + 2 \times 0.89)}{1 - 0.36 \left[\frac{0.94 + (1 - 0.34)}{\sqrt{2}(0.98 + 0.17)} \right]}$$

$$P_u = \frac{1.34 + 17.65 + 48.39}{0.65} = \frac{67.38}{0.65} = 103.66$$

取安全度 $K = 1.1$, 则允许承载力 $P = \frac{103.66}{1.1} = 94.24 \text{ kPa}$

结论与认识

- ①上式是地基土承载力的理论极限计算式, 安全度 K 可在 1.1—1.5 取;
- ②上式还可作为饱和软土设计堆载预压时, 预压荷载的计算。这时, 由于饱和软土的 $\phi = 0$, 上式只剩最后一项, 即

$$P_u = \frac{\sqrt{2}C}{\cos \frac{\phi}{2} - \sin \frac{\phi}{2}} \left[(1 + 2 \cos \frac{(45 + \frac{\phi}{2})}{2}) \right] = \frac{\sqrt{2}C}{1} (1 + 1.85)$$

$$\therefore P_u = 4.02C$$

③如预压荷载为多级, 第二级荷载的计算, 仍可用 $P_u = 4.02C$, 式中 C , 可用工程勘察时的残余剪, 或用一级荷载预压后, 钻取少量土样做固结快剪值。所以用残余剪是因考虑到在荷载预压下土结构已遭破坏, 土强度主要为 C 。所以又可用固结快剪值, 是因为在荷载预压下, 相当于固结。至于《快剪》, 是由于堆载预压从始至终地层中仍是饱水的;

如还有荷级, 计算照推。

④载荷试验被普遍认为是取得地基承载力的可靠手段。从上式可知, 承载力与基宽 B 成正增加。可是试验载荷板又由于荷重的限制, 不能过大, 常用载板很少 $> 0.5\text{m}^2$, 这就是说, 现载试验所测只是地层浅部, 因此, 其重要性就大打折扣了;

⑤由现载试验实践和试算可知, 试验对载板外围影响, 没有文献中那么大, 这也由其采用安全度 K 超常 1.1—1.5, 取 2—3 得到旁证;

⑥由于现今多为高大建筑, 现载所测又为浅部, 其原有的意义降低了。只有在预用部分地基承载力或在复合地基计算沉降和稳定性检验时, 才是需要了解的数据。

参考文献

- [1] 土力学与地基基础[M]. 秦植海. 中国水力水电出版社. 1998年

静压管桩在某小区住宅楼地基加固工程中的应用*

陈磊

(江苏润华建设发展集团有限公司 南京 210018)

[摘要] 本文介绍了江苏省金坛市某小区7幢住宅楼采用静压管桩进行地基加固处理的设计、施工、检测过程。通过工程实例,可供类似工程一点参考。

[关键词] 软土地基; 静力压桩; 静载荷试验

前言

大量工程实践表明,静力压桩具有无振动、无噪音、无污染、速度快和造价低等优点,因而在苏南软土地区得到广泛的应用。本文拟结合集团在江苏省金坛市某小区住宅楼项目的软土地基加固工程和以往的实践体会,对静压管桩在工程中应用作一粗浅介绍。

工程概况

1. 工程简介

江苏省金坛市某住宅小区位于市区内东部,该小区共7幢住宅楼,1#、2#为6层砖混结构多层建筑;3#~7#楼为12~17层框剪结构小高层建筑,带地下室贯通为车库和人防设施,总建筑面积5.3万m²。地基基础设计等级为二级,经过多个桩基方案的综合比较,决定地基基础加固采用静压PHC管桩,桩基总布桩数为1763根,(不包括地下室抗拔桩)由于场地内原有一池塘,地下土层软硬不均,所以设计时考虑本地施工经验和具体情况,桩长定的不一样长。

2. 工程地质状况

根据地质勘察报告,场地地基主要土层的物理力学指标详见表1。

设计要求

该工程1#~6#楼均采用PHC-400(90)A桩桩长9~17m持力层选用⑥粉质粘土层,进入持力层不小于1.0m;7#楼采用PHC-500(100)A桩桩长21~22m,持力层选用⑧粉质粘土层,进入持力层不小于1.0m。

* 收稿日期:2008年1月

在静压沉桩中, 停桩以控制标高为主, 贯入度作参考, 沉桩时应妥善安排沉桩顺序, 桩顶计算最大沉降量为 59.7mm。压桩时应做好各桩的编号及施工纪录, 在基础开挖后须实测各桩的桩位偏差。压完桩每栋楼做静载试桩 3 根, 桩身完整性做低应变检测每栋楼随机均匀抽验 20%。

静压桩的施工

1. 施工技术与设备准备

(1) 项目技术负责人组织有关人员对图纸进行会审, 了解设计意图, 学习有关规范文件, 并做好图纸会审纪录。

(2) 施工技术人员熟悉工程地质报告并随时掌握当地气象情况。

金坛市某住宅小区地基主要土层的物理性质指标

表 1

土层名称	厚度 m	含水率%	重度 kN/m ³	孔隙比	液性指数	标贯指数	地基承载力 kPa
②-a 粉质粘土	1.1~2.2	31.0	18.80	0.895	0.711		115
②-b 淤泥	0.10~0.6	70.2	15.3	2.093	1.104		45
②-c 粉质粘土	0.5~2.9	29.0	19.4	0.813	0.724	5.5	120
②淤泥质粉质粘土	0.6~7.3	41.6	17.8	1.162	1.571		70
③粉质粘土	0.5~4.4	26.1	19.6	0.748	0.325	8.5	180
④粉土	0.4~3.7	30.9	19.0	0.864		11.6	120
⑤粉质粘土	0.9~9.3	30.2	19.3	0.839	0.864	4.0	105
⑥粉质粘土	1.9~9.6	23.9	19.9	0.693	0.325	9.1	210
⑦粉土	2.1~6.6	33.4	18.8	0.900		10.8	130
⑦-a 粉质粘土夹粉土	1.0~11.1	31.2	19.0	0.872	1.219	6.8	95
⑧粉质粘土	0.6~7.8	26.1	19.8	0.734	0.291	9.1	200
⑨粉质粘土	4.7~10.4	28.7	19.4	0.807	0.794	9.7	140
⑩粉质粘土	4.0 未穿透	26.3	19.7	0.746	0.450	10.2	180

(3) 工程技术负责人编制补充施工技术方案,并在施工前对所有的施工人员进行技术交底。严格按照设计要求和施工操作工艺、规范进行操作。

(4) 维修设备机具,保证进入现场的机具设备处于完好状态,并备好零部件。

(5) 根据工程地质条件、桩直径、桩长,合理选择静压桩机。

2. 施工现场准备

(1) 施工机械进场,并进行安装、调试,确保施工机械状态良好;平整场地、清除地下旧基础等障碍物,场地地耐力要满足桩机、吊车转移、行走、运桩车辆的要求;铺设临时水管;架设施工用电线路,使施工现场具备“三通一平”条件。

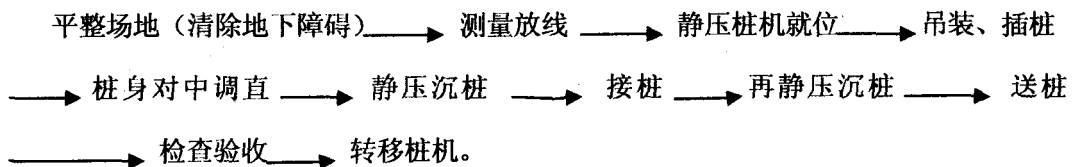
(2) 根据图纸坐标,绘制施工场地平面图以便布置预应力管桩堆放场地。场地应平整,坚实,堆放层数不可超过5层,最下层桩垫放枕木及防滑三角楔木,枕木间距4m。不同长度地桩应分别堆放。

(3) 对特殊工种进行培训考试,特殊工种必须持证上岗。

(4) 现场平整完毕,依据桩位平面图及城建规划部门提供的测量控制点,加密测量控制网,按平面图放线定位,设置水准点,其数量应满足施工要求,且应该在不受桩影响的地点。

(5) 核对规格、数量,检查预应力管桩的质量。并在每根桩上弹上两面中心线,画好记录标记,用色笔画线,每米做一标志,以便于记录,检查出厂合格证,保证预应力管桩的混凝土强度达到100%。

3. 静压管桩施工流程



对于单位工程,先施工主要工程,再施工次要工程;对于单个基础,宜先深后浅,先大后小,先长后短;由中间向四周或由中间向两方向对称进行施打。

4. 施工工艺及质量控制技术

(1) 桩位放样:桩位放样时,先作基础轴线桩,后作桩位桩(样桩);基础轴线桩用50×50×400mm木桩,样桩用25×25×200mm小木桩。基础轴线桩、样桩定位后打入地下,样桩周围撒上白灰,以示标志,以便压桩时查找。桩位的放样允许偏差应符合排桩≤10mm,群桩≤20mm。轴线桩和样桩放完后,首先进行自检,自检合格后由甲方代表和监理工程师复查,复查合格后方可进行施工。

(2) 桩机就位:按照施工方案中的压桩顺序将静压桩机移至桩位上,并对准孔位。

(3) 吊桩、插桩:将预应力管桩吊至静压桩机夹具中,并对准桩位,夹紧并将桩尖放入土中。

(4) 桩身对中调直: 桩尖插入桩位后, 移动静压桩机调节垂直度, 桩的垂直度偏差不超过 0.5%, 符合要求后, 使静压桩机处于稳定状态。组织专职测量人员, 作好测量放线, 对桩的垂直度用经纬仪双向校正, 并进行压桩全过程观测。

(5) 静压沉桩: 压桩应连续进行, 在压桩过程中要认真记录桩入土深度和压力表读数的关系, 以判断桩的质量当压力表读数突然上升或突然下降时, 要停机对照地质资料进行分析, 判断是否遇到障碍或产生断桩现象等。压桩施工应符合下列要求:

- a. 静压桩机应根据设计和土质情况配足定额重量;
- b. 桩帽、桩身和送桩的中心线应重合;
- c. 压同一根桩应缩短停歇的时间;

(6) 接桩、再静压沉桩: 待第一节桩压至距地面 1m 左右时接桩, 起吊第二节桩, 将第二节桩吊至静压桩夹具中, 下端对准打入土中的第二节桩顶, 校正垂直度后, 应先将四周点焊固定, 然后对称焊接, 并确保焊缝质量和设计尺寸, 焊条质量应符合设计要求, 焊接表面应做好防腐处理。焊接完成并经监理单位检验合格后方可静压沉桩。

(7) 送桩: 送桩时, 将送桩器放在被送的桩顶上, 送桩的中心线于桩身吻合一致便可以送桩。将桩送至要求的深度后, 停止送桩, 用水准仪测好桩顶标高后将送桩器拔出, 送桩留下的桩孔应进行覆盖。

(8) 施工中应密切关注压桩的压力表变化, 确保工程质量。按标高控制的桩, 桩顶允许偏差 $\pm 50\text{mm}$, 压桩时压力不得超过桩身强度, 桩顶标高随时用水准仪核验。

(9) 压桩终止条件的控制: 对于端承摩擦桩桩长大于 24m 的桩, 终压力值一般取桩的设计承载力的 1.5 倍。当桩周为粘性土且灵敏度较高时, 终压力可按设计极限承载力的 0.8~0.9 倍取值。

(10) 当个别桩持力层与地质报告不符时(较软或较硬)可根据实际情况加长或减短桩长, 但仍应满足终压力值。

(11) 桩机移位进行下一根桩施工。

5. 施工结束 4 周后应作管桩的承载力及桩体检验。

质量检测

静压管桩施工完成 28d 后, 每栋楼随机抽取 20% 的桩进行桩身完整性低应变检测, 同时在每幢楼抽取三根桩进行静载荷试验, 结果都满足设计要求。其单桩静载荷试验结果详见表 3。

金坛市某住宅小区五幢楼单桩静载荷试验结果

表 3

序号	幢号	桩号	桩径 (mm)	桩长 (m)	休止期 (d)	极限承载力 Ru(kN)	沉降 (mm)
1	1 [#] 楼	70 [#]	400	17.0	25	900	4.46
		4 [#]	400	17.0	25	900	4.12
		150 [#]	400	15.0	25	1080	5.72
2	2 [#] 楼	144 [#]	400	17.0	25	900	5.51
		81 [#]	400	17.0	25	900	2.63
		3 [#]	400	15.0	25	1080	4.24
3	3 [#] 楼	267 [#]	400	15.0	25	1450	10.11
		127 [#]	400	15.0	25	1450	13.31
		16 [#]	400	16.0	25	1015	6.07
4	5 [#] 楼	169 [#]	400	9.0	25	1080	10.50
		97 [#]	400	9.0	25	1080	13.30
		181 [#]	400	9.0	25	1080	12.20
5	7 [#] 楼	34 [#]	500	27.0	28	3100	10.03
		12 [#]	500	27.0	28	3100	9.01
		45 [#]	500	27.0	28	3100	14.14

静载荷试验 p-s、s-lgt 曲线图略。

结语

(1)小区住宅楼经过半年多的使用,最近测了一下7幢楼的沉降观测点,沉降值都在6~11mm之间,符合设计要求。

(2)从静压管桩在金坛市某小区住宅楼地基加固工程中的应用来看是成功的。该项技术不仅满足设计和使用要求也符合当前节能环保的要求,而且施工速度快、造价低,预计在该地区将被广泛应用。

参考文献

1. 龚晓南 地基处理技术与展望[M]. 中国水利水电出版社 2004
2. 龚晓南 地基处理手册(第二版)[M]. 中国建筑工业出版社 2000
3. 陈磊 浅析静压管桩的终压条件[J]. 地基处理 2007.12 第4期

基坑支护悬臂桩入土深度的思考和计算*

孟昭即

(中国化学工程第一勘察设计院 061001)

[摘要] 对基坑支护悬臂桩入土(锚固)深度时过多的简化计算,做了探索性的思考和意见。

[关键词] 悬臂桩受力分析; 简化计算

挡土墙设计与基坑悬臂桩支护,属同类工程。前者靠自身结构稳定土的推力,后者是借桩入土深度的阻挡。计算入土深度的假定系数试算,是处理技术问题的一种方法,然结果仍脱不开是近似。本文就直接简化,做了些尝试并提出了计算方法。

建构物与土的关系

任何建构物都是直接或间接建在地基上的。工程的破坏,除沉降差外,几乎都为剪切破坏。建构物与土的关系,根据土力学相关理论和工程实践,有以下2+1三种。

①土推构筑物

如挡土墙工程,称主动土推(压)力,其大小为 Ea ;

②构筑物推土

如拱桥两端,悬臂桩下部入土部分,称被动土推力,其大小为 Ep ;

实际工程中还有一种,就是《土推土》。

③土推土

如路堤对旁侧边坡,滑坡上部初期形成时等,主动被动都有,是中间状态。其推力目前还不见计算方法。本文认为是 τ_L (抗剪力)+ T (滑动力,取 T 或 O)。关于此,见下表说明。

综上归纳为下表:

序号	关系	方法	压力法		剪力法		备注
			压力性质	表示	推力性质	表示	
①	土推构筑物		主动	Ea	主动	$T-\tau_L$	
②	构筑物推土		被动	Ep	被动	$T+\tau_L$	
③	土推土		—	—	主动被动都有	$\left\{ \tau_L + \left[\begin{matrix} (1)T \\ (2)O \end{matrix} \right] \right\} \eta$	

* 收稿日期: 2007年12月

说明：—① 当T的方向与作用方向背相时，取 τ_L+T ；

② 当T的方向与作用方向相顺时，取 τ_L+O 。

③ 主动还是被动都不可能完全发挥，必须折减，乘一个系数 η ，称《发挥度》。

基坑悬臂桩支护的受力分析

基坑用悬臂支护受力情况，可算是比较复杂的一种，见图。

由图知道，所谓悬臂，系指坑底以上桩无任何牵拉；入土深度则是桩下端进入坑底的 OO_2 长度，也就是 $hx+hy$ 。整体桩只靠入土一段 hxy 的衔固，来保持坑臂稳定而不坍塌。

根据前述建构物与土的关系，当桩受到右侧土 T_x 的推力时，桩有向坑内左倾之势，而坑内 O 处以下一定深度的土受压产生被动抗力 E_{phx} 。与此同时，其对面桩右产生主动土推力 E_{ahx} 。再看桩的下端 O_2 处，当桩内倾时， O_2 端势必向右压，产生被动抗力 E_{phy} ，同样的，其对面桩左也产生主动推力 E_{ahy} 。

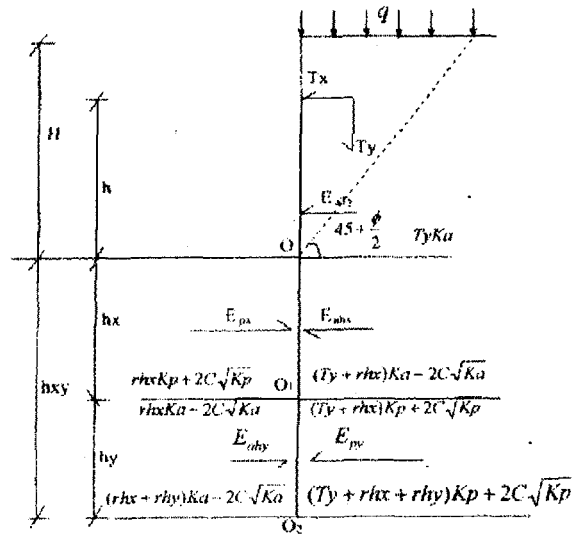


图 基坑悬臂桩支护的受力情况

对桩而言，归纳起来共作用着以下与计算有直接关系的力，它们共同作用，使桩稳定，边坡安全。其中， E_{ahx} 与 E_{phx} ， E_{ahy} 与 E_{phy} 方向相反，为简单，其减后表示为 E_{px} 和 E_{py} 。以上化简整理后得

$$T_x^{(1)} = \frac{H}{2} \left(q + \frac{1}{2} rH \right) (1 - \sin \phi) \left[1 - \frac{\left(\frac{\cos \frac{\phi}{2} - \sin \frac{\phi}{2}}{\cos \frac{\phi}{2} + \sin \frac{\phi}{2}} \right) \operatorname{tg} \phi}{\left(\frac{\cos \frac{\phi}{2} - \sin \frac{\phi}{2}}{\cos \frac{\phi}{2} + \sin \frac{\phi}{2}} \right)} \right] - \frac{HC \left(\cos \frac{\phi}{2} - \sin \frac{\phi}{2} \right)}{\left(\cos \frac{\phi}{2} + \sin \frac{\phi}{2} \right)} \quad (1)$$

$$T_y = \frac{H}{2} \left(q + \frac{1}{2} rH \right) \cos \phi \left[1 - \frac{\left(\frac{\cos \frac{\phi}{2} - \sin \frac{\phi}{2}}{\cos \frac{\phi}{2} + \sin \frac{\phi}{2}} \right) \operatorname{tg} \phi}{\left(\frac{\cos \frac{\phi}{2} - \sin \frac{\phi}{2}}{\cos \frac{\phi}{2} + \sin \frac{\phi}{2}} \right)} \right] - HC \quad (2)$$

$$E_{ahy} = T_y K_a - 2C \sqrt{K_a} \quad (3)$$

$$E_{px} = E_{phx} - E_{ahx} = \frac{1}{2} hx \left[rhx (K_p - K_a) + 2C (\sqrt{K_p} + 2\sqrt{K_a}) - 2T_y K_a \right] \quad (4)$$

$$E_{py} = E_{phy} - E_{ahy} = \frac{1}{2}hy \left\{ 2T_y K_p + [(K_p - K_a)(2rhx + rhy) + 4C(\sqrt{K_p} + \sqrt{K_a})] \right\} \quad (5)$$

式中

q —地面荷载, kN/m^2 ; H —开挖深度, m ;

r —土的重度, kN/m^3 ; ϕ —土的内摩擦角, $^\circ$;

C —土的内聚力, kN/m^2 ;

T_x —基坑底面以上右侧土体的水平推力, kN ;

T_y —基坑底面以上右侧土体的垂直分力, kN ;

K_a —主动土压力系数;

K_p —被动土压力系数;

其他见图。

悬臂桩入土深度的计算

为保持桩的稳定, 必须所有作用在桩上的力处于平衡和以 O 为转动点的力矩相等。据此, 忽略桩入土部分力作用点位置影响, 则可列出如下二个方程

$$T_x + E_{aTy} = E_{px} + E_{py} \quad (6)$$

$$T_x \cdot h + E_{aTy} \cdot \frac{T_y}{r} \cdot \frac{1}{3} = E_{px} \cdot hx + E_{py} \cdot (hx + hy) \quad (7)$$

由⑦式得

$$E_{py} = \frac{T_x \cdot h + E_{aTy} \cdot \frac{T_y}{3r} - E_{px} \cdot hx}{(hx + hy)} \quad (8)$$

⑧代入⑥并整理得

$$hx + hy = \frac{T_x \cdot h + E_{aTy} \cdot \frac{T_y}{3r} - E_{px} \cdot hx}{T_x + E_{aTy} - E_{px}} \quad (9)$$

观察⑨式右边, 分子有 $-E_{px}hx$, 分母有 $-E_{px}$, 由前④式可知, 为 hx 的三次方。解出 hx , 然后再求 hy , 是繁琐的。同时考虑到 hx 不算大, 又都为负值。如把 $-E_{px}hx$ 、 $-E_{px}$ 忽略; 则剩

余几项都是已知的,就可简单的直接计算。结合图再看⑨式左边 $hx+hy=hxy$,实质就是桩的入土深度。因绝对值 $E_{px} \cdot hx > E_{px}$,使 hxy 有所减少,可放在安全度采用时,予以考虑。这样就绕开了直解 hx 、 hy 的麻烦。

引例计算比较

例题^[2]已知,

$$q=20\text{kPa}, H=7.4\text{m}, r=19\text{kN/m}^3, \phi=35^\circ, K_a=0.27, K_p=3.69$$

$$h = \frac{2}{3}H = 4.93\text{m}, \frac{\phi}{2} = 17.5^\circ, \sqrt{K_a} = 0.52, \sqrt{K_p} = 1.92$$

经前①②③计算, $T_x=89.81\text{kN}$, $T_y=175.08\text{kN}$, $E_{aty}=47.27\text{kN}$ 。

把以上代入⑨式得

$$hx + hy = hxy = \frac{T_x \cdot h + E_{aty} \cdot \frac{T_y}{3r}}{T_x + E_{aty}} = \frac{89.81 \times 4.93 + 47.27 \times \frac{175.08}{3 \times 19}}{89.81 + 47.27} = \frac{442.76 + 145.19}{137.08} = \frac{587.95}{137.08} = 4.29\text{m}$$

原例^[2]计算时使用了 C 和桩墙与土之间的摩擦角,但本文没有。因此,就本例而言,桩入土深度 hxy 比原例题 3.42m 偏大。如适当使安全度小些,最终本文值 $4.72\text{m}(4.29 \times 1.1)$ 与引用例的建议值 4.5m 还是很近的。

结论与意见

(1) ⑨式可做为初步计算使用;

(2) 安全系数 K , 可据地层不同和工程重要性以及自身经验采用 $1.2-1.3$;

(3) 当工程实践多了,一般工程,做为一种方法,凭经验采取桩入土比 $\left(\frac{\text{入土深}}{\text{开挖深}}\right)$ 为

$0.6-0.7$, 都能满足;

(4) 当地面无荷载时,令①②式中 $q=0$ 即可。

参考文献

[1] 对挡土地墙压力计算和倾覆的思考与探索[J]《地基处理》2007年第二期

[2] 高层建筑施工[M]. 中国建筑工业出版社 1996年

超高层建筑深基坑施工应急预案的安全施工技术*

陈磊

(江苏润华建设发展集团有限公司 南京 210018)

【摘要】近几年各地深基坑支护工程发生了一些不同程度质量安全事故。质量施工技术方面发表的论文较多,而安全施工技术方面的论文很少。根据以往工程的经验,我集团在无锡润华国际大厦深基坑支护工程中采取了十项可能发生的各种类型事故应急准备和响应预案。实践证明:采取的深基坑应急预案是十分有效的,确保了工程的圆满完成。

【关键词】触电;坑内坠落;坍塌;渗漏水;支护桩侧向位移;管涌;保护文物;应急预案。

工程概况

无锡润华国际大厦集大型商场、五星级酒店、办公于一体的超高层建筑,目前为无锡市在建的第一高楼。主楼由两栋联体塔楼组成,分别为地上45层和55层,建筑物高度218米,结构体系采用框架~筒体混合结构,基础采用桩基+筏式底板,基坑呈缺角矩形,南北方向长约130米,东西宽约115米,基坑占地面积约12000 m²,围护结构总周长约425米。主楼基坑挖深为16.8m(局部深为18.6m),裙房基坑挖深14.9m。

深基坑施工应急预案

1. 突发性停电应急准备和响应预案

为确保本工程在发生突然停电后能迅速有效地组织对供电电流的维护,将恢复供电后的触电和机械伤害事故风险降低到最小程度。

(1) 组织机构及职责

由项目部成立应急指挥部,负责指挥与协调工作。

组长及成员名单略。

- a. 负责停电后各路电箱的电路切断工作。
- b. 负责了解停电的原因即可能恢复供电的具体时间。
- c. 负责掌握施工机具的待机状况。
- d. 负责维护因停电引起的现场秩序。
- e. 对关键工作应立即启用自备发电机组供电。(如正在浇捣混凝土和减压井降水等)

* 收稿日期:2008年2月

(2) 突发性停电的应急措施

- a. 立即切断总配电房的电源开关, 离开时锁好门。
- b. 分别切断各路分电箱、开关箱的电路。
- c. 检查正在使用的各种小型机械的待机状况, 确保供电后安全、有序地恢复工作, 特别是深井减压降水情况要加强监测。
- d. 检查大型机械如塔吊、人货电梯等停止运行后的状态及限位效果。
- e. 有序地组织人货两用电梯内人员的安全撤离。
- f. 有序地组织混凝土浇捣的质量控制, 避免造成严重的质量事故。
- g. 充分了解停电的原因及可能恢复供电的时间。
- h. 有效地组织食堂伙食的安排。
- i. 组织检查本工地供电线路是否因施工不当造成断电。
- j. 对可能造成的不稳定秩序及时进行排解。

(3) 注意事项

- a. 恢复供电后应先检查各类机械是否处于安全待机状态。
- b. 恢复供电后, 合闸顺序应为总配电房 → 分箱 → 分配房 → 开关箱。
- c. 对可能造成的其他事故, 应启动相应的应急救援预案。

2. 触电事故应急准备和响应预案

为确保本项目部触电事故发生以后, 能迅速有效地开展抢救工作, 最大限度地降低员工及相关方生命安全风险, 特制定本预案。

(1) 组织机构及职责

由项目部成立应急响应指挥部, 负责指挥及协调工作。

组长及成员名单略。

- a. 负责现场掌握了解事故情况, 组织现场抢救。
- b. 负责联络, 根据指挥小组命令, 及时布置现场抢救, 保持与当地电力、建设行政主管部门及劳动部门等单位的沟通。
- c. 负责维持现场秩序, 做好当事人、周围人员的问讯记录。
- d. 负责妥善处理善后工作, 负责保持与当地相关部门的沟通联系。

(2) 触电事故应急措施

- a. 现场人员应当机立断地脱离电源, 尽可能的立即切断电源, 亦可用现场的绝缘材料等器材使触电人员早脱离带电体。
- b. 将伤员立即脱离危险地方, 组织人员进行抢救。
- c. 若发现触电者呼吸或心跳均停止, 则将伤员仰卧在平地上或平板上立即进行人工呼吸或同时进行体外心脏按压。
- d. 立即拨打 120 向当地急救中心取得联系 (医院在附近的直接送往医院), 应详细说明事故地点、严重程度、本部门的联系电话, 并派人到路口接应。
- e. 立即向集团公司应急抢险领导小组汇报事故发生情况并寻求支持。

f. 维护现场秩序, 严密保护事故现场。

(3) 应急物资

常备药品: 消毒用品、急救物品(绷带、无菌敷料等)及各种常用小夹板、担架、止血带、氧气袋等。

(4) 注意事项

- a. 在未脱离电源时, 切不可用手去拉触电者。
- b. 事故发生时应组织人员进行全力抢救, 视情况拨打 120 急救电话和马上通知有关负责人。
- c. 注意保护好施工现场, 便于调查分析事故原因。
- d. 心肺复苏抢救措施要坚持不断的进行(包括送医院的途中)不能随便放弃。

3. 坑内坠落事故应急准备和响应预案

为了确保坑内坠落事故发生以后, 我项目部能迅速、高效、有序地开展抢救工作, 最大限度地降低员工及相关方生命安全风险, 特制定坑内坠落事故应急准备和响应预案。

(1) 组织机构

项目部组成坑内坠落事故应急响应指挥部, 负责应急抢救指挥及协调工作。

组长及成员名单略。

- a. 负责了解掌握现场事故情况, 指挥组织现场抢救。
- b. 负责联络, 根据指挥部命令及时布置现场抢救、保持与当地建设行政主管部门、劳动等部门的沟通, 并及时通知集团公司应急领导小组和当事人的亲属。
- c. 负责维护保持事故现场、做好问讯记录, 保持与公安部门的沟通。
- d. 负责妥善处理善后工作, 负责保持和当地相关部门的沟通。

(2) 事件处理程序

A. 坑内坠落事故发生后, 事故发现第一人应立即大声呼救, 报告责任人(项目经理或管理人员)。

B. 项目管理人员获得求救信息并确认坑内坠落事故发生后, 应:

- a. 立即组织项目职工自我救护队伍进行抢救; 本项目部配备应急急救药箱 1 只(药箱存放在安全综合办公室)。
- b. 立即向集团公司应急抢险领导小组汇报事故发生情况并寻求支持;
- c. 立即向当地医疗卫生(120)、公安部门(110)电话报警;
- d. 严密保护事故现场。

(3) 项目指挥部接到电话报告后, 应立即在第一时间赶到现场, 了解和掌握事故情况, 开展抢救和维护现场秩序, 保护事故现场。

(4) 当事人被送入医院接受抢救以后, 指挥部即指令善后处理人员到达事故现场:

- a. 作好与当事人家属的接洽善后处理工作;
- b. 按职能归口做好与当地有关部门的沟通、汇报工作。

4. 环境污染事故应急准备和响应预案

为了确保重大环境污染发生以后,我项目部能迅速、高效、有序地开展重大环境污染源的治理及善后工作,采取切实有效的措施及时控制污染源,及时制止重大环境污染源的继续发生,最大限度地降低对环境的污染,特制定本项目部环境污染应急准备和响应预案。

(1) 组织机构

组长及成员名单略。

- a. 了解掌握险情,组织现场抢救指挥及对外联络;
- b. 根据指挥部指令,及时调动抢险人员、器材、机械上一线抢险;
- c. 保护我项目部及行业主管部门(环保部门)等外界的联系,作到上情下达,下情上传,并负责生活保障。

(2) 事故处理程序

a. 现场发生一般的环境(如噪声超标)污染,项目部环境污染应急响应指挥部组织相关人员及时处理、终止施工,并制定响应的处理方案及采用有效措施,确保能达标时方可继续施工;

b. 当施工现场发生较大的环境污染,项目部应及时组织人员进行抢救,同时采取有效措施,切断污染源及时制止污染的继续发生,并及时上报集团公司;

c. 对很严重的环境污染发生(如火灾发生、大量有害有毒化学品泄露)后,要首先保护好现场,组织项目部人员进行自救并立即向集团公司上报事故的初步原因、范围、估计后果。如有人员在该严重的环境污染中受到人身伤害,则应立即打当地医疗卫生部门(120)电话自救。同时通知环保部门进行环境污染的检测。当集团公司接到通知以后,指挥部人员赶赴现场,按各自职能组织抢险,成立抢险组。

d. 当火灾发生以后遵循消防预案有关规定,采取切实有效措施最快速度切断火源,断绝着火点,控制火势直至熄灭为止。并做好现场的有效隔离措施,及火灾后的善后处理工作。及时有组织地分类清理、清运、最大限度地减少环境污染;当发生大量有毒化学品泄露后,应及时采取适当防护措施后及时清理外运,或采取隔离措施后及时委托环保部门处理、检测,以求对环境的污染降到最低限度。

5. 坍塌倒塌事故应急准备和响应预案

施工现场一旦发生排架、塔吊等倒塌事故,它将会造成人员伤亡和直接经济损失。为了争取在第一时间抢救伤员,最大限度地降低员工及相关方生命安全风险和经济损失,特制定本项目部倒塌坍塌应急预案。

(1)不论任何人,一旦发现排架、塔吊等施工设施、设备有倒塌的可能性,应立即呼叫在场的全体人员进行隐蔽。

(2)现场人员应迅速通知项目经理或施工员,并打电话及时向集团应急抢险领导小组报告事故的发生情况。请求集团应急抢险领导小组的支援。

(3)根据现场情况,若有人员受伤,应立即拨打120急救电话,向急救中心求救。应务必讲清受伤人数、地点和人员受伤情况,并派人到主要路口接急救车尽快赶到事故现场。同时,

现场急救人员在急救车到来以前,应对受伤人员进行急救。本项目部配备应急药箱1只,药箱存放在现场办公室。

(4)在没有人受伤的情况下,现场负责人应根据实际情况研究补救措施,在确保人员生命安全的前提下,组织恢复正常施工秩序。

(5)现场安全员应对排架、塔吊等施工设施、设备倒塌事故进行原因分析,制订相应的改正措施,认真填写伤亡事故报表、事故调查等有关处理报告,并上报集团应急抢险领导小组。

(6)坍塌倒塌事故应急措施

a.事故发生后应立即报告集团应急抢险指挥部。

b.挖掘被掩埋的伤员及时脱离危险区。

c.清除伤员口、鼻内泥块、凝血块、呕吐物等,将昏迷伤员舌头拉出,以防窒息。

d.进行简易包扎、止血或简易骨折固定。

e.对呼吸、心跳停止的伤员予以心脏复苏。

f.尽快与120急救中心取得联系,详细说明事故地点、受伤程度,并派人到路口接应。

g.组织人员尽快解除重物压迫,减少伤员挤压综合症的发生,并将其转移至安全地方。

(7)基坑:

a.加强排水、降水措施;

b.加强支护和支持加桩板等,对边坡薄弱环节进行加固处理;

c.迅速运走坡边弃土、材料、机械设备等重物;

d.削去部分坡体,减缓边坡坡度。

(8)应急物资

常备药品:消毒用品、急救物品(绷带、无菌敷料等)及各种常用小夹板、担架、止血带、氧气袋等物资。

(9)注意事项

a.应立即停止施工。

b.注意观察基坑周边建筑物或设备。

c.人工胸外心脏挤压、人工呼吸不能轻易放弃,必须坚持到底。

(10)各相关方联系电话略。

公司应急抢险领导小组名单略。

6.道路管线事故应急准备与响应预案

为确保我项目部道路管线事故发生后,能迅速地展开抢救工作,最大限度减少经济损失,特制订本预案。

(1)组织机构及职责

由项目部成立应急指挥部,负责指挥及协调工作。

组长及成员名单略。

a.负责掌握了解现场事故情况,组织现场抢救。

b.根据指挥小组命令,负责联络及时布置现场抢救,保持与当地电力、煤气、建设行政

主管部门及劳动部门等单位的沟通。

c.负责维持现场秩序,做好当事人与周围人员的问讯记录。

(2)道路管线事故应急措施

a.事故第一现场人员应立即报告应急指挥小组,并停止施工。

b.当机立断,尽快将受伤人员脱离危险地方,防止二次伤害。

c.立即组织职工自我救护队进行自救,并向当地120急救中心取得联系,说明事故地点、严重程度,并派人到路口接应。

d.加强支护和支持加桩板等,对边坡薄弱环节进行加固处理。

e.如由周边弃土、堆料或其他机械设备施工所致,则迅速运走弃土、堆料和机械设备,并派专人负责基坑土体隆起和开挖时周边的位移与沉降变化的监测工作。

f.项目部接到报告后,应立即指令全体成员在第一时间赶赴现场,了解和掌握事故情况,开展抢救和现场秩序的维护。

g.指令善后人员到达事故现场,做好与当事人家属的接洽善后等工作。

h.现场安全员对事故进行原因分析,制订相应的整改措施,认真填写事故报告和相关处理报告,并上报公司及上级机关。

(3)应急物资

常备药品:消毒药品、急救物品(绷带、无菌敷料等)及各种常用小夹板、担架、止血带、氧气袋等。

(4)注意事项

a.事故发生以后应立即停止施工,关闭机械,以免二次伤害。

b.对心肺复苏伤员的抢救要持不断的进行(包括送医院的途中)不能随意的放弃。

(5)通讯联系电话略。

责任人名单略。

7. 帷幕桩渗水与漏水事故应急准备和响应预案

帷幕桩渗水与漏水事故一旦发生时,为确保项目部上下能全力处置渗水与漏水事故,及时、迅速、高效的控制事故的进展,最大限度的减少事故的损失和影响,保护国家、企业及项目部财产和人员的安全。特制订本项目部帷幕桩渗水与漏水事故应急准备和响应预案。

(1)组织机构:

本项目部成立事故响应指挥小组,负责指挥及协调工作。

组长及成员名单略。

(2)事故应急准备和响应步骤:

土方开挖后支护墙出现渗水或漏水,对基坑施工带来不便。如渗漏严重时,则往往会造成土颗粒流失,引起支护墙背地面沉陷,甚至支护结构坍塌。

在基坑开挖过程中,一旦出现渗水或漏水应及时处理,常用的方法有:

对渗水量较小,不影响施工也不影响周边环境的情况,可采用坑底设沟排水的方法;对渗水量较大,但没有泥砂带出,造成施工困难,而对周围影响不大的情况,可采用“引流—修

补”方法,及在渗漏较严重的部位,先在围护墙上水平(略向上)打入一根钢管,内径20—32mm,使其穿透支护墙体进入墙背土体内,由此将水从该管引出,而后将管边围护墙的薄弱处用防水混凝土或砂浆修补封堵,待修补封堵的混凝土或砂浆达到一定强度后,再将钢管出入口封住,如封住管口后出现第二处渗漏时,按上面方法再进行“引流—修补”。如果引流出的水为清水,周边环境较简单或漏水量不大,则不做修补也可,只需将引入基坑的水设法排除即可。

对渗水量很大的情况,要查明原因,采取相应的措施:

如漏水位置离地面不深处,可将支护墙背开挖至漏水位置下500—1000mm,在支护墙后用密实混凝土进行封堵;如漏水位置较深,则可在墙后采用压密注浆方法,浆液中应掺入水玻璃,使其能尽早凝结,也可采用高压喷射注浆方法。采用压密注浆时应注意,其施工对支护墙会产生一定压力,有时会引起支护墙向坑内较大地侧向位移,必要时应在坑内局部回添土后进行,待注浆达到止水效果后再重新开挖。

8. 支护桩侧向位移事故应急准备和响应预案

侧向位移事故一旦发生,为确保项目部上下能全力处置事故,及时、迅速、高效的控制事故的发展,最大限度的减少事故的损失和影响,保护国家、企业及项目部财产和人员的安全。特制订本项目部支护墙侧向位移事故应急准备和响应预案。

(1) 组织机构

本项目部成立事故响应指挥小组,负责指挥及协调工作。

组长及成员名单略。

(2) 事故应急准备和响应步骤:

由于支撑的刚度一般较大,带有支撑的支护结构一般位移较小,其位移主要是插入坑底部分的支护桩(墙)向内变形,为了满足基坑底板施工需要,最下一道支撑离坑底总有一定距离,因此在基坑开挖后,支护墙下段位移较大,往往由此造成墙背土体的沉陷,因此,对于支撑式支护结构,如果发生墙背土体的沉陷,主要应设法控制支护桩(墙)嵌入部分的位移,着重加固坑底部位,具体措施有:

- a. 增设坑内降水设备,降低地下水,如条件许可,也可在坑外降水;
- b. 进行坑底加固,如采用注浆、高压喷射注浆等,提高被动区的抗力。
- c. 垫层随挖随浇,对基坑挖土合理分段分层,每段土方开挖到底后及时浇筑垫层;
- d. 加厚垫层,采用配筋垫层或设置坑底支撑。

对于周围环境保护很重要的工程,如开挖后发生较大变形后,可在坑底加厚垫层,并采取配筋垫层,使坑底形成可靠的支撑,同时加厚配筋垫层对抑制坑内土体隆起也非常有利,减少了坑内土体隆起,也就控制了支护墙下段位移,必要时还可在坑底设置支撑,如采用型钢,或在坑底浇筑钢筋混凝土暗支撑(其顶面与垫层面相同),以减少位移。此时,在支护墙根处应设围檩,否则单根支撑对整个支护墙的作用不大。

如果是由于支护墙的刚度不够而产生较大侧向位移,则应加强支护墙体,如在其后加设数根桩或钢板桩,或对土体进行加固。

9.流砂及管涌事故应急准备和响应预案

事故一旦发生时,为确保项目部上下能全力处置事故,及时、迅速、高效的控制事故的发展,最大限度的减少事故的损失和影响,保护国家、企业及项目部财产和人员的安全。特制订本项目部流砂及管涌事故应急准备和响应预案。

(1)组织机构

本项目部成立应急响应指挥小组,负责指挥及协调工作。

组长及成员名单略。

(2)事故应急准备和响应步骤:

在细砂、粉砂层土中往往会出现局部流砂或管涌的情况,对基坑施工带来困难,如流砂等十分严重则会引起基坑周围的建筑、管线的倾斜、沉降。

对轻微的流砂现象,在基坑开挖后可采用加快垫层浇筑或加厚垫层的方法“压住”流砂,对较严重的流砂应增加坑内降水措施,使地下水水位降至坑底以下0.5—1米左右,降水是防止流砂的最有效的方法。

管涌一般发生在支护墙附近,如果设计支护结构的嵌固深度满足要求,则造成管涌的原因一般是由于坑底以下部位的支护排桩中出现断桩,或是施打未及标高,或地下连续墙出现较大的孔洞,或排桩净距较大,其后止水帷幕又出现漏桩、断桩或孔洞,造成管涌通道所致,如果管涌十分严重,也可在支护墙前打一排钢板桩,在钢板桩与支护墙间进行注浆,钢板桩底应与支护墙底标高相同,顶面与坑底标高相同,钢板桩的打设宽度应比管涌范围宽3—5米。

10.保护文物应急准备和响应预案

为确保本项目部在施工过程中发现文物以后,及时进行保护,防止文物受到损害和破坏,特制订本预案。

(1)组织机构及职责

由项目部成立应急响应指挥部,负责指挥及协调工作。

组长、成员名单及具体分工略。

(2)保护文物应急措施

a.施工过程中,一旦发现文物的迹象,应立即停止该作业区域的施工,并及时疏散施工人员。

b.立即与文物保护单位及相关单位联系,尽快对文物进行确认。

c.组织人员对现场进行保护,防止发生哄抢,造成文物损坏和破坏。

d.落实专人配合文物挖掘过程中的安全保护,确保文物挖掘人员的安全。

(3)通讯联系

工地值班电话和责任人名单略。

(4)注意事项

a.在文物挖掘过程中,积极配合文物保护单位展开文物挖掘工作,确保文物挖掘顺利进行。

- b.及时疏散无关人员,避免哄抢文物。
- c.文物挖掘过程中注意安全。

基坑施工应急实施要点

- 1.加强信息化管理和信息化施工。
- 2.在基坑施工前,落实应急救援物资。
- 3.在基坑施工前和施工中,按方案中的实施要求进行演练,视实际情况一至三月间进行一次,确保应急状态下有效运行。
- 4.重点加强日常性的巡视和检查,消除安全隐患。
- 5.加强对操作班组和操作人员的安全教育及安全技术交底,加强施工管理人员的责任心,对事故做到早发现、早预报、早处理。
- 6.加强对太湖大道、青祁路等线路的地下电缆、给排水管线及周边环境的检测和观察,确保周边环境安全,发现问题,及时通报救援。
- 7.加强领导,落实职责,协调各单位,确保基坑施工安全。
- 8.加强挖土、运土机械车辆的安全管理,指派专人监护、指挥、协调,确保交通运输、挖土机械及人员的安全,制止违章作业。
- 9.采取一切有效完善措施,科学管理,精心施工,确保基坑施工安全。

参考文献

1. 建筑机械使用安全技术规程(JGJ33—2001)[S].北京:中国建筑工业出版社,2001
2. 施工现场临时用电安全技术规范(JGJ46—2005)[S].北京:中国建筑工业出版社,2005
3. 建设工程施工现场供用电安全规范(GB 50104—93)[S].北京:中国标准出版社,1993
4. 建筑基坑支护技术规程(JGJ120—99)[S].北京:中国建筑工业出版社,1999

简讯

这根钢管桩世界第一长

本报讯 昨天上午10时58分,一根长92.3米、直径1.5米的钢管桩,经“海力801”打桩船近2小时1848次锤打,一次性顺利沉放到舟山金塘大桥主通航孔桥D1号墩防撞墩位置。这次沉放的92.3米长钢管桩,是目前世界上在海上沉放的第一长钢管桩。这次沉放的钢管桩为独立防撞墩桩基,共由15根同样长度的钢管桩组成。

(姚峰 温宛)

《钱江晚报》2008年3月2日



主持人: 龚晓南

案例分析*

(龚晓南 浙江大学岩土工程研究所)

最近参与一工程咨询, 因建筑物沉降尚未稳定而难以通过验收。现将案例简化, 供讨论分析。

某小区自地面起土层分布如下: 1、粉质粘土, 平均 2.5m 厚, 地基土承载力特征值 90kPa; 2、淤泥质粉质粘土, 平均 20.0m 厚, 地基土承载力特征值 55kPa; 3、粉砂, 约 4.0m 厚, 地基土承载力特征值 180kPa; 4、淤泥质粉质粘土, 平均 10.0m 厚, 地基土承载力特征值 65kPa; 5、粉砂, 约 1.0-6.0m 厚, 地基土承载力特征值 220kPa; 6、砾砂, 约 8.0m 厚, 地基土承载力特征值 350kPa; 再以下依次是强风化基岩、中风化基岩等。

该小区建筑多为 7 层异形柱框架结构, 无地下室。小区在建设过程中大面积填土二次。在基础施工前填土约 80cm 厚, 在上部结构施工期间填土约 100cm 厚, 二次共填 180cm 厚。基础设计采用下述二种型式:

- (1) 采用桩筏基础, 以土层 3 作为桩基持力层。
- (2) 采用桩筏基础, 以土层 5 作为桩基持力层。

上部结构竣工半年多后, 以土层 5 作为桩基持力层的建筑物沉降很小, 观测资料表明: 建筑物沉降约 20mm 左右, 而且沉降基本稳定; 以土层 3 作为桩基持力层的建筑沉降较大, 观测资料表明: 建筑物平均沉降约 120mm, 而且沉降还在不断发展, 尚未稳定。另外还发现, 以土层 5 作为桩基持力层的建筑本身沉降很小, 但室外地坪沉降较大, 房屋散水处已出现裂缝; 而以土层 3 作为桩基持力层的建筑沉降较大, 但室外地坪沉降也较大, 未见建筑物与室外地坪之间产生沉降差的迹象。据分析, 由于大面积填土荷载的作用, 土层 2 和土层 4 的固结压缩变形还将持续几年, 整个小区地面将持续发生沉降。专家估计, 近几年内还将持续发生沉降 120mm 左右。以土层 3 作为桩基持力层的建筑, 主要由于土层 4 的固结压缩变形, 也将持续发生沉降。而以土层 5 作为桩基持力层的建筑沉降基本稳定。

如果委托你设计, 你是采用基础型式 (1)? 还是基础型式 (2)? 还是采用其它基础型式呢?

如果采用基础型式 (1), 房屋散水处的裂缝会影响你设计的建筑物形象, 还可能由于沉降差过大发生室内外管线拉断, 酿成事故。这类事故在软土地基地区可不少啊! 如果采用基础型式 (2), 你设计的建筑物持续数年不断沉降, 你能否承受来自多方的压力。也许验收都通不过!

顺便指出: 基础型式 (1), 可称为复合桩基, 也可称为刚性桩复合地基; 基础型式 (2) 是桩基础。

* 收稿日期: 2008年2月

译文

已有轨道下的地基处理技术*

D.Adam, A.Vogel, A.Zimmermann

Vienna University of Technology, Austrian Federal Railways (ÖBB), Austria

管林波译, 周建校

译自: Ground Improvement(2007)11, No.4, 229-235. D.Adam, A.Vogel and A.Zimmermann Ground improvement techniques beneath existing rail tracks.

由于空间的减少、列车的加重和提速以及旧的铁道线路的磨损等原因,对轨道的要求在提高。这就要求改良常规的有碴轨道下的地基和道碴。因为铁路交通不能受到限制,所以那些能在钢轨和轨枕原地不动的同时对土体进行加密或置换的方法是很受欢迎的。本篇论文提出了一些改良轨道下的深层软弱土和全面更换近地表的轨道结构的方法,这里的铁道结构包括底土层、道碴、轨枕和钢轨。

[关键词] 深层的振冲加密技术; 轨道组成结构的修复; 土体改良

简介

近几十年来,深层地基的处理方法得到了发展,一些利用土体的位移对粒状材料进行深层的振冲加密,一些通过对轨道下的土体进行振冲置换在软土中设置粗粒或碎石桩体。还可以用类似的方法建造出结实的深基础的构成部分。安装在某一节车厢上的特殊振冲器插入轨枕之间或轨枕旁的土体中,通常入土深度达20m。一个综合的控制系统利用土体和挤密仪器之间的相互动态作用来控制、记录并优化整个加密过程。通过测得振冲技术设备的振动器的运转情况,可以利用适当的力学模型计算出实际土体的性状如土体的刚度、阻尼比等等。此外,在深层地基的处理过程中以及之后,监测沿着轨道的地面发生的沉降也是质量保证系统的一部分功能。因此,只要改良工程一完成铁路就可以重新开通运营。

当今,有碴轨道下的土体和底土层的近地表改良能由全机械的土体置换设备完成。轨道本身用来承担整个形式像火车车厢的机器。首先升起列车前端包括轨枕在内的钢轨,接下来用一些性状稳定的材料替换掉软土层,而且,在这个施工过程中更换轨枕和钢轨都是可能的,最后对新加入的材料进行加密。当施工工作结束后,铁路就可以重新投入运营。

常规的多层有碴轨道结构

* 收稿日期: 2007年11月

有碴轨道是一个多层的复合体系，它包括从天然地基往上一直到铁路和铁路/车轮的相互作用体之间的所有部分组成。多层有碴轨道的结构，从底部到顶部：天然地基(或人工地基)→路基→无粘性底碴→道碴，其刚度是逐渐增加的。这么多层所达到的刚度不仅取决于各层材料的性能、厚度及密实度还取决于下卧层的刚度(如图1)。因此，软弱的底土层所带来的不利影响并不能通过对下一层过度的加密来消除。最后，整个体系应该表现出一个整体的刚度，既能保证钢轨的最小位移又限制了钢轨的最大位移。

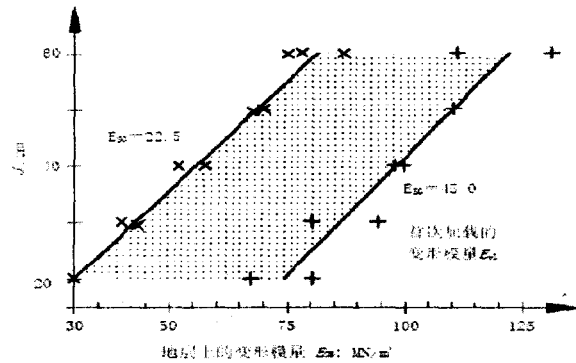


图1. 路基的厚度表现为 E_{s0} (路基的变形模量)影响 E_s (底层的变形模量) (Brandl, 2001)

路基和底土层(天然的或人工的地基)体现了一个多层轨道体系的完整部分。

它们对钢轨的几何条件(沉降, 后期位移)有质的影响, 尤其是在地基土软弱不均、路堤又低的情况下。可能发生大的长期蠕变的底土层会显著增加维修成本和钢轨/车轮的磨损。

常规的有碴轨道的无粘性底碴应该由良好等级的砂砾组成, 这些砂砾足够抵抗风化的影响(尤其是冻融)和压碎。加密的施工过程中, 压碎和磨损/剥蚀在工地就已经产生了, 并随着长期高荷重的动力运输继续。因此, 土体(或者其他的散体材料)必须经过与道路工程中类似的适应性试验(Brandl, 2001年)。近似于富勒曲线的抛物形的粒径曲线已经被证明是最合适的, 因为它们能轻易地被加密并显示出最小程度的压碎和磨损(Brandl, 2004年)。图2中所示的粒径分布说明, 在实验室和在现场挤密之后的等级曲线是很一致的。而且, 图2也表明底碴的高质量粒径曲线的变化范围, 而这个变化范围已经得到了证明。

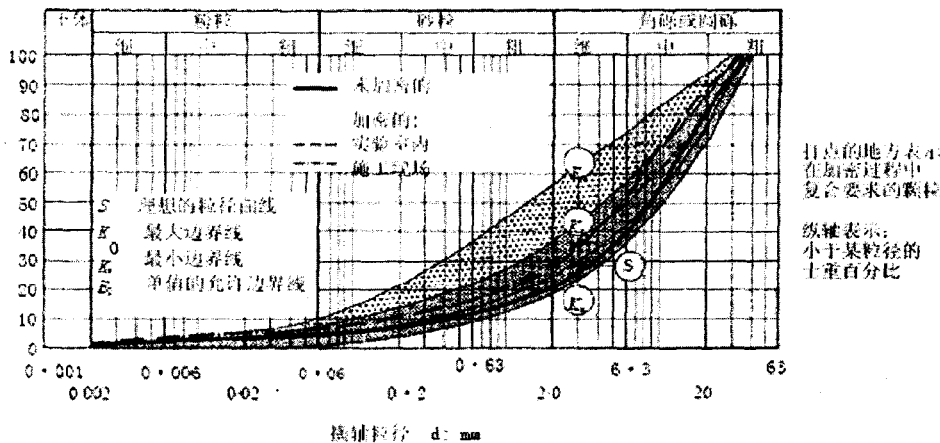


图2 高速列车下的底碴的最优粒径曲线的变化(Brandl, 2004)

路基和底碴的承载力、刚度呈季节性变化, 特别是在冻结期密集、冻融循环多的地方。从室内试验和对公路、高速公路长期的现场观测来看, 由季节变化引起的承载力损失大约是

最大值的30%到60%(在晚秋),即使是非霜冻敏感的无粘性地基和底基层(Brandl,2004年)。这正如从道路的变形测量中得出的图3所示。如果霜冻透过无粘性底碴并进入路基,类似的变化对轨道也是可能的。因此,在短暂霜冻期的地区,轨道的底碴必须同时表现出适合的抗变形能力和足够的抗冻融能力。若放的是无约束材料,抗冻融能力还能通过矿产标准的办法估算出来(Brandl,2001年)。实验室里的冻融测试仅仅是对一无所知的材料和粘性土才是必要的。

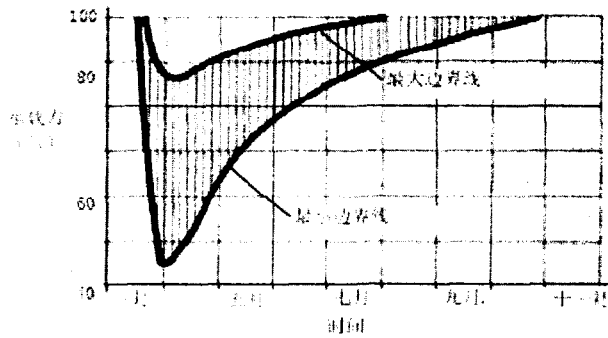


图3 承载力的季节性波动

路基和底碴之间的结构(土工合成层)的土工加固作用可能降低底碴的厚度,据此冻融强度、水文条件和火车速度都是很重要的因素。然而,对旧的铁道线路的修复和改善,这种替代物应该谨慎使用。

一般地,只有碎石或者碎的矿渣用来做轨道的道碴。然而,在有些地区这些材料很难得到或者由于太贵根本得不到。因此,砂砾原料(如:圆形的原生河砾石)在世界范围内得到使用(Brandl,2001年)。但在使用砂砾原料时究竟需要多少碎石却存在着争议,少量的圆形颗粒会减弱道碴的功效,这已经被雷蒙德的系统试验系列(2000年)所证实,该实验表明:在碎骨料中加入质量百分比很小的圆形颗粒,最终的承载力会大幅下降。少量的没有碎的圆形颗粒在反复加载下,其不利影响是尤为明显的。不合适的道碴(颗粒很容易破坏或磨损,颗粒霜冻敏感等等)、劣质的道碴和/或未充分加密在反复加载的情况下将产生显著的随时间累计的轨枕沉降(Brandl,2004年)。

整齐而有系统的轨道的质量由轨道的质量指数来描述(TQIs)。最一般的质量指数就是一定距离(200m到500m)地轨道面上的标准偏差(Wenty,2001年)。测量机器测得一个10m长的弦的垂直位移,然后计算出标准偏差。图4概要地说明了一段时间内轨道质量的发展(Wenty,2001年):当轨道质量的调节水平到了,轨道将被摆平、连接并被压固,然后轨道质量的标准偏差会减少。做了这种处理之后,轨道的许多缺陷就会出现:在这个阶段,道碴碎石的尖锐棱角被压碎,碎石骨料重新排列。该过程一直持续到有 5×10^5 t到 10^6 t的交通荷载通过铁轨,这时的曲线才呈线性发展。

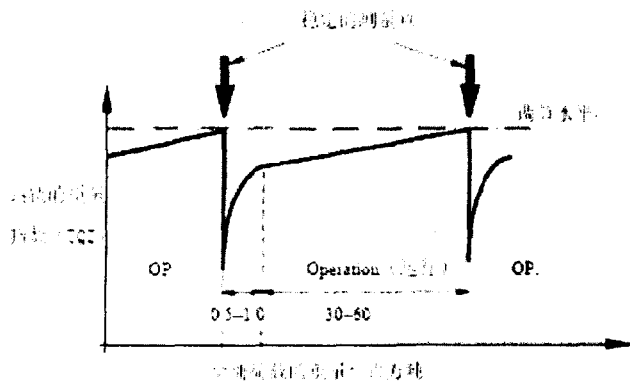


图4 轨道的质量指数(Wenty,2001)

已有轨道下深层地基的处理

地基的处理技术

松散或软弱的底基土以及由于火车轨道运营而造成的磨损、再松散的材料都会造成很多不利影响：工后沉降、使抗滑移破坏的安全系数不足以及会产生与高速列车造成地面振动有关的问题。有好几种有效的地基处理技术，能显著改善地基的性能并能使路堤两侧的边坡更稳定。本篇论文中提出的几种方法能在不移动铁轨、轨枕及道碴的情况下使用，所以仅仅只在很短的时间内会限制铁路的运行。

特殊的深入振冲器垂直插入土中对深层地基进行加密。插入过程是由振冲器的振动激发结合自身的重量和加在振冲器顶部的附加荷载来完成的。

振冲器的激励本来是谐波型的，当信号传到地基中振冲器与附近土发生相互作用时，就不再是谐波了。但是它仍然周期变化着。考虑到深入的振冲加密对邻近结构的影响，要慎重选择该激励的频率和振幅来配合要进行加密的土体。

随着一些土体加固技术的发展，改良无黏性土的两个重要方法也得到了改进。其应用主要取决于要加密土体的类型。这两个方法提供了一种既经济又灵活的解决方式，很容易适用于不同情况的地基。以下是岩土工程上已实现的进步。

- (a) 底土层的压密和夯实；
- (b) 底土层的承载力增加；
- (c) 土体的综合刚度增加，附加沉降减少；
- (d) 竖直渗透途径的建立加快了软弱土的固结；
- (e) 地基土抗剪强度的增加减小了破坏的风险；
- (f) 底土层的液化稳定性和抗震性增强；
- (g) 土体量的增加缓和了地基的振动并减小了土与结构的相互作用体系的基本共振频率，尤其是对于高速的铁路。

振冲加密

振冲加密的原理是：减小粒状土体的孔隙度能提高土体的密实度和刚度。另外，还能预测出沉降，长期沉降会减少。振冲器插入土体到最后深度，再逐渐提升至孔口，然后又缓慢进入，这样不断重复，与此同时类似于自然土体的粒状材料会不断的填充进已造成的孔洞中。应用这种方法能使地基高度均匀密实。

虽然这种方法能在没有水的情况下使用，但还是经常配合着附加的水力冲击进行作业，在一些特殊的环境下，这样操作的压密效果会更好。

这种方法非常适合于加密像砾石和砂这样黏粒含量低于10%到15%的粒状土体。为了达到全面密实的效果，须把要加密的整个区域设置在一个三角形或正方形的模型中。

振冲加密技术尚没有可靠的指定方法。通常，模型来自于一些实验的结果，如重型动力触探、标准贯入试验、静力触探测试又或者是原位载荷试验。振冲加密对土体的改良效果是根据所使用测试方法的结果的不断加来计算的。

振冲置换

振冲置换是一种用于改良松散砂土或者是黏粒含量高于15%的黏性软土的深层加密技术。不同于振冲加密法,振冲置换是用底料振冲器将合适的粒状材料直接放到振动器的尖端。因此,不密实的均匀级配土或黏性土是通过置入密实的承重桩、粗粒回填材料来改良其性质的。振冲器进入天然土体中并用回填材料替换掉部分不良土,然后这样不断深入不断替换,从而起到密实土体的作用。

振冲置换技术能结合气压使用(‘干的底料技术’),也能结合水压冲击一起使用但就是经常降低黏性土的稠度。而且考虑到对环境的影响以及科技的进步,干的底料技术更受青睐(Raju,2003年)。

应用振冲置换技术能在一个三角形或者正方形的模型中形成砂石桩体。根据实际土体的刚度的不同,所用模型的直径从60cm到110cm变化。对于用振冲置换进行土体改良的设计,大量的方法都能使用。在中欧,用到的设计方法是由Priebe(1995)提出的。

水泥砂石桩法

当提供的稳定性和承载力足够的时候,砂石桩的效果取决于原地土提供的后期支持力。在像泥炭质腐泥这样的有机质土体中,后期支持力可能不足还可能随着时间降低。所以,在设置桩体的过程中桩体要通过不断加注水泥浆来进行加固。然后,一个有更高抗破坏能力的复合体产生了。

由于浆体具有粘性,就要求底土层的渗透性相对较低,否则浆体就可能渗入到像砾石和砂这样渗透性更好的材料中,尤其是在地下水位以下的时候。

设计桩承深基础的组成部分通常是按照桩的设计规范。最大的竖向工作荷载的变化范围是400kN到600kN,影响它的主要因素是桩体的长度(粗糙度和表面摩阻力)和桩端的形状(端阻力)。

振实的混凝土桩

振实的混凝土桩法是在施工技术对水泥碎石桩法的修改,它能快速形成桩承基础的组成部分。振实的混凝土桩法和水泥碎石桩法的主要区别是前者直接将混凝土抽送到底料振冲器的顶端以形成桩体。

由于桩端的形状和桩体嵌入土体后形成高度密实体并具有高的承载力,桩体通常被认为是端承结构的组成部分,所以能承载很高的工作荷载。振实的混凝土桩非常适合于像泥炭质土这样的软弱淤积土和覆盖在如砂土层、砾石层或者是软岩层等地层上的软粘土。因为性状良好的混凝土(在固结前)具有的较高稠度,渗透问题也得了遏制。

固有的承载力取决于混凝土的质量,根据现场桩基础体系的标准设计方法是可以确定的。高达750kN的工作荷载在合适的土体中就能满足。尤其是在现有轨道下,桩头通过振冲器的重复进入土体而扩大,从而在轨枕下能直接提供支持力。尽管如此,据介绍在桩头和道碴之间还是存在一层由无粘性材料填充的部分以防止轨道结构下局部的应力集中。

干的深层土体的复合

干的深层土体的复合的原理是:用有粘结性的复合材料与原地的软弱土体混合从而达到对原地土改良的效果。通常,使用的所谓的粘结剂就是石灰、水泥或者是两者按不同比例组合的混合物。粘结剂是在无水的状态下注入到土体里的。土中的水分在提高土体抗剪强度的

粘结过程中就可以发挥作用，还可以降低土的压缩性。土中水分的吸收也会改良复合土体周围的土体。

有很多不同性状的材料都能应用于干的深层土体的复合技术，如：粘性沉积土、膨胀性粘土、松散的粒状土、人工填土。在淤泥质粘土和黏性淤泥中，粘结剂的一般预计用量大约是每立方米 100kg 到 150kg。由于土的类型、粘结剂的用量、复合用的各材料的配比等等的不同，复合后土体的强度随时间的变化也有所不同。通常情况下，三周以后就能达到最终强度的 90%。当火车的运营仅仅只能停止很短的一段时间时，就需考虑到复合土体发挥强度所需的时间。

这种技术除了主要用于减小沉降、增加复合土体的抗剪强度和承载力以外，也可用来减小振动，例如：高速列车引起的振动就能通过干的深层土体的复合技术得到显著的减弱，从而满足轨道体系的要求。

设计方法和提高了的抗剪强度参数的估算都已分别由 Broms (Broms, 1984 年和 1999 年) 和瑞典岩土协会 (GSI, 1996 年) 提出。

实例：奥地利一条铁道线路的修复 (1997)

从 Graz 经过 Wies 到 Eibiswald 的铁道线路是奥地利国内至今仍在运营的最古老的线路之一。这条线路是 19 世纪后叶开通的，当时能用的只有当地的地基材料，这些材料大部分质量很差。填土层由固定的木板覆盖从而保证了路基层的通行能力。在最后的 150 年中，轨道不断地重复维修但其使用却仍然受到限制。近期的地质调查显示：轨道下 7m 是由松散的土体组成，土体中布满由于覆盖木板的风化和腐蚀而形成的孔洞。因此，这些孔洞必须填满，土体必须进行压密以提供足够的密实度、承载力并降低压缩性。

振冲置换技术被视为一种合适的解决方法，能保证铁道线路在地基处理过程中继续运行。钢轨、轨枕和道碴都原地不动。整个地基处理过程是在晚上线路繁忙的时段进行，从晚上 9 点 25 到第二天凌晨 4 点 30。为了达到施工目的，要在一节列车车厢里装上一台特殊的振动压力器，这台仪器经过改装后带有所有必要的辅助设备。桩体的设置是在轨枕之间如图 5 所示。由于搬运困难，材料通过钢轨运输到施工场地。这就保证了在每个施工流程的最后，有足够的时间拆卸设备和材料。

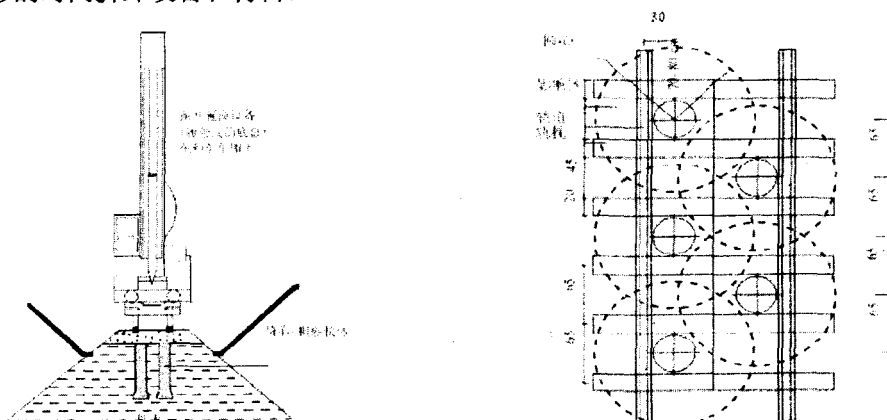


图 5 从列车厢上对轨枕之间的土体实施振冲置换 (对 Raju 做的修改, 2003 年)

底料振冲器的平均入土深度是 5m 到 8m，每米深度大约要填满并加密的石料是 0.3m³ 到 0.4m³。根据当地的情况，单位深度所需的材料消耗变化很大，这表明在地基处理之前，路基材料和底基土是高度不均匀的。

地基处理的成功与否是通过动力触探实验来判定的，轨道平面也在监测中。另外，对于每个桩体，它的生产数据，如入土深度、能量消耗，随时间的变化都被自动地检测到（如图 6）。当地表由于加密作用发生竖向变形时，地基处理一结束轨枕就会更加稳固，然后监测轨枕一段时间以观察可能发生的沉降过程。

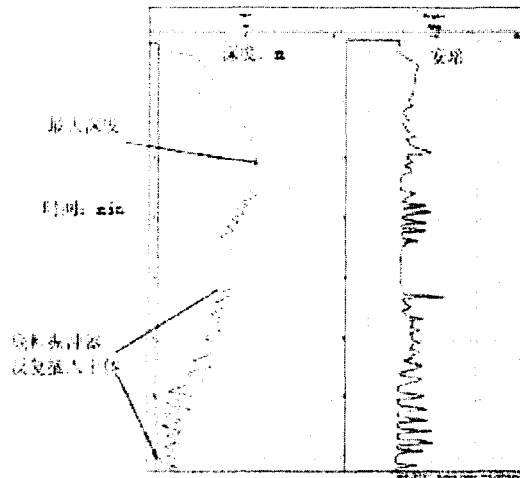


图 6 监测的数据:入土深度和能量消耗随时间的变化

以上的流程是已有轨道下深层土体的处理技术的第一次应用 (Brandl, 2004)。到目前为止，为了充分改良路基和底土层，钢轨、轨枕和道碴都要被移动。在奥地利，为恢复铁道线路的运营而使用的方法却提供了一个经济的解决方式，整个工期很短并且不会影响到铁路的运营。

有碴轨道的近地表结构的修复

轨道的结构修复

底碴和碴床将荷载从钢轨传递并分散到底土层。如果道碴被参杂的量超过 30% 的话，即使不断用机械维修火车也会经常出问题。所以保证道碴不被参杂是必要的。道碴被参杂通常是由于其他材料从底碴层或者底土层进入到道碴当中（如图 7）。

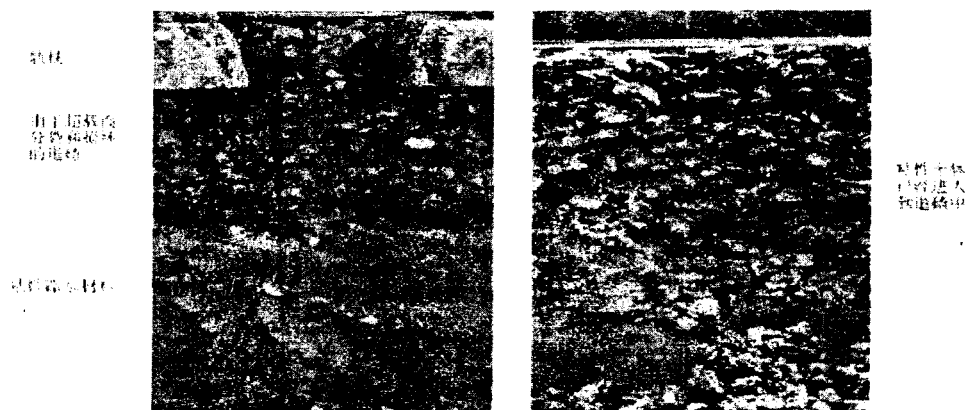


图 7 测试坑显示路基超载、土体进入到道碴中

为了让蜿蜒的轨道结构有一个更长的生命周期，应该额外设置一个结构保护层，它能：

- (a) 使降水更有效的排出；
- (b) 使下部结构的承载力增加并且足够大，使轴向荷载能均匀的分布到底土层；
- (c) 根据实验证明的过滤规则，使过滤的情况更稳定，例如置入一种土工合成材料。
- (d) 提供霜冻保护；
- (e) 发生适度的弹性变形以控制钢轨的最小和最大挠度。

如图2，由级配砂砾组成的结构保护层应该具有的最小厚度为20厘米。根据底土层情况，保护层的厚度可达50cm，还可以用适当的土工合成材料来加固。

从1986年到1994年，奥地利联邦铁路(OBB)使用了一个简单的机械的砂体加固法来修复结构层。每年都成功的铺设了长约20km平均厚度40cm的结构层。在这个时期，铺设技术经过大量的改进，最后形成了一种用于结构修复的全自动机器(结构修复器)。

结构修复器

结构修复器(Plasser & Theurer AHM 800 R,如图8所示)用两条挖掘链来挖掘陈旧的道碴和坏了的结构保护层。旧的道碴通过传送带和金属分离器运送到轧碎区(圆锥形轧碎机),在这里旧的道碴被轧碎成粒径小于32mm的砂砾。接着,这些砂砾被润湿并与一些新的砂砾混合。然后,这些混合的被循环使用的材料被均匀地铺设在挖掘链后面已经被整平、表面铺有土工合成材料的底土层上,并被压实。结构挖掘链是用来挖掘承载力不足的底土层。材料通过传送带被运送到机器前端的材料传送区。新的砂砾储藏在机器后部的送料漏斗中,然后和储水槽中的水一起被送到土层置换区。储水槽中的水是通过桶架上的水管来润湿材料的(Piereder,1997年)。

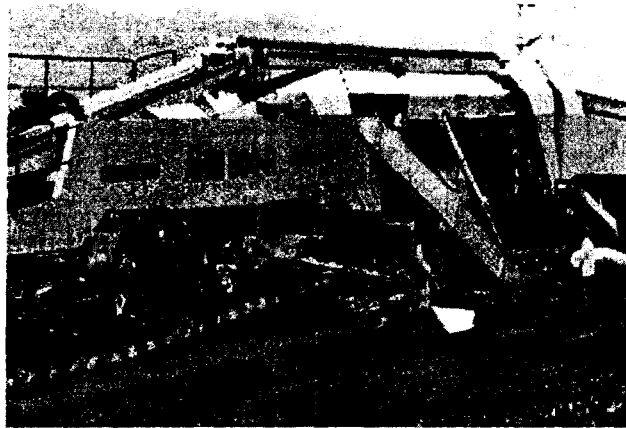


图8 带有综合道碴回收利用系统的结构修复器 AHM 800 R (Piereder,1997)

奥地利联邦铁路于1996年就开始使用全自动道碴挖掘机和循环用料机器了。第一年中,年效率是完成53km,也就是若双班交换,每天完成400m,平均每小时完成30m(最长达50m)。这以后,效率大大提高,每天达500m,每年超过60km。

结构修复系统的应用有很多明显的优点:

- (a) 进行修复施工时不需要移动轨道。
- (b) 旧道碴被挖掘、轧碎,与新料混合,然后铺设压实在底土层上,最后成为结构保护层。整个过程都在原地进行,也就大大减少了运送和存放的花费。
- (c) 厚达45m的变厚度的保护层能在一个施工步骤中完成,厚80m的多层结构的保护层能在两个施工步骤中完成。

- (d) 材料的颗粒级配和含水量被自动监控, 因此, 所有被置换过的土层都是各向同性的均质体。
- (e) 所有的材料运输都在要修复的钢轨上进行, 所以用来传送运输材料的临时公路等都是不需要的。
- (f) 施工的效率在增加, 施工时间在变短。
- (g) 改良工作一结束, 铁路就能重新开通。
- (h) 对环境的影响减到了最小。

另外, 一些土工材料(无纺的土工织物, 土工格栅, 土工合成材料等等)和其他的如坚硬的泡沫板这样的合成材料, 都能加入到铺设材料中从而减小铺设深度和振动的传播还可以增强冻融保护、改善应力的分布和列车在轨道结构上的运行情况。

结论

当今, 深底土层和近地表结构的全机械处理技术已被用来改善现存的有碴轨道, 利用这些技术, 在整个施工过程中并不需要移动钢轨和轨枕。深层的振冲技术, 如: 振冲加密法、振冲置换法、水泥浆石桩法、振实混凝土桩法和干的深层土体复合法, 都能在轨枕之间和轨枕旁使用。通过全机械的道碴挖掘机和循环用料机来改善变混杂的道碴和底碴。在改善软土和损坏的多层轨道结构体系时, 不管是深层处理方法还是近地表的改良方法都具有可靠、效果持久、经济、节省时间的优点。

致谢

真诚的感谢前奥地利联邦铁路的首席巡察员Franz Piereder和Swietelsky International的理事Herbert Heinrichsberger。

参考文献

- Brandl H. (2001) Geotechnics of rail track structures. In Geotechnics for Roads, Rail Tracks and Earth Structures (eds A. G. Correia and H. Brandl). A. A. Balkema, The Netherlands.
- Brandl H. (2004) Geotechnical aspects for high-speed railways. In Geotechnics in Railway Design and Construction. Millpress, Rotterdam, The Netherlands.
- Broms B. B. (1984) Stabilization of soil with lime columns. Design Handbook, 3rd ed., Lime Column AB, Kungsbacka.
- Broms B. B. (1999) Design of lime, lime/cement and cement columns. International Conference on Dry Mix Methods (Keynote Lecture): Dry Mix Methods for Deep Soil Stabilization, (eds H. Bredenberg, G. Holm and B. B Broms), A. A. balkema, Rotterdam, pp. 125-153.

Piereder F. (1997) Formation rehabilitation on Austrian Federal Railways: operating experience gained with the AHM 800 R. Rail Engineering International, 26, No. 3, 1997.

Priebe (1995). Cited in text.

Priebe H. J. (2003) The design of vibro replacement. Ground Engineering, 1995, Reprint. Keller Grundbau GmbH, Offenbach, Germany. Technical paper 12-61E.

Raju V. R. (2003) Ground Improvement Techniques for Railway Embankments. Keller Grundbau GmbH, Malaysia, Technical paper 10-59E.

Raymond G. P. (2000) Track and support rehabilitation for a mine company railroad. Canadian Geotechnical Journal, 37, No. 2, 318-332.

Swedish Geotechnical Institute (GSI) (1996) 21-Year Experience Review. GSI, Linköping.

Wenty R. (2001) Maintaining high precision of railroad tracks. Österreich. Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 146, No. 1, 13-20 (in German).

第二届全国土力学教学研讨会论文征集通知

第二届全国土力学教学研讨会将于2008年10月在南京举行。本会议旨在对土力学教学进行全国范围的交流研讨,对《土力学》、《基础工程》及辐射的相关岩土工程课程(如《土工合成材料》、《环境岩土工程》、《城市地下工程》、《城市岩土工程》等),研究生的《高等土力学》及相关的岩土工程课程的教学理念、教学方法、教学经验、提供交流的平台。会议将邀请国内外著名学者、专家做学术报告并出版正式论文集。欢迎您投稿并参加会议。

主办单位

中国土木工程学会土力学及岩土工程分会

承办单位

东南大学岩土工程研究所

协办单位

河海大学岩土工程研究所

南京工业大学土木学院

会议主题

土力学教学改革;土力学教学法;土力学内容体系;课程建设;教学研究;教学实验室;研究生教学;继续教育;教学中问题。

重要截止日期

研讨会论文将正式编辑出版,论文格式请按《岩土工程学报》论文体例,欢迎投稿。

2008年3月10日:作者提交论文全文(一份电子稿,两份打印稿);

2008年5月20日:返回论文评审意见及结果;

2008年6月30日:作者提交最终稿(一份电子稿,两份打印稿)。

联系方式

方磊 025-83795223, 13002561987

邵俐 025-83795005, 13851756103

李宏 025-83795086, 13951812136

地址:南京市四牌楼2号东南大学交通学院岩土工程研究所;

邮编:210096, 传真:025-83795086, E-mail:hongl@seu.edu.cn.

(大会组委会 供稿)