

北京纺机厂高层住宅地基处理方案对比分析

赵京文

(北京市纺织建设承发包公司,北京 100025)

化建新

(北京 573 信箱,北京 100053)

【摘要】 根据设计条件、周围环境、对填土地基处理方案进行了对比分析,确定了合理的地基处理方案。经载荷试验检测和沉降观测说明:长短 CFG 桩结合的复合地基是很有前途的地基处理方案。

【关键词】 CFG 桩;填土;复合地基;载荷试验

【Abstract】 On the basis of the design and surrounding conditions, the schemes of backfill soil foundation are discussed, and a reasonable method is determined. The short and long CFG pile composite foundation will be a better method in the future according to the results of load test and settlement observation.

【Key words】 CFG pile; backfill soil; composite foundation; load test.

0 引言

随着城市发展的需要,以往的垃圾场、人工填土坑等场地逐渐被利用,而这些场地由于地基性质差,给投资方增加了地基处理的费用。根据场地土类型、设计条件及周围环境选择合理的地基处理方案尤为重要。本文通过北京纺机厂高层住宅工程地基处理来讨论地基处理方案的选定问题。

纺机厂Ⅲ楼位于北京朝阳区南湖渠北,紧临四环路。该建筑物地上 22 层,地下 2 层,±0.00 标高 39.87m,槽深 -6.62m(局部 7.22m)。设计要求地基承载力设计值为 400kPa。该场地原为养鱼池,池深 4.00~9.60m。鱼池在最近 3 年左右回填,回填物为砖块、大混凝土块、煤渣、粉土、粉质粘土等混合物,回填时间短,自重固结尚未完成。

1 岩土工程条件

根据纺织勘察院的岩土工程勘察报告,场地地基土自上而下为:

杂填土①:杂色,含砖块,大混凝土块等杂物,层底埋深 4.30~9.60m;

粉砂、粉土②:黄褐色,含氧化铁条纹,层底埋深 8.70~9.00m;

粉质粘土、粉土③:黄褐色,含云母片、氧化铁条纹,层底埋深 9.30~10.20m。

中、细砂④:褐黄色,含云母片,砂质均匀,层底埋深 11.50~12.50m;

粉土⑤:黄色,含云母片、姜结石,层底埋深 14.30~15.80m;

粉土和粘土互层⑥:褐色,层底埋深 21.40~21.70m;

中、细砂⑦:褐黄色,砂质均匀,层底埋深 23.40~23.70m;

粘土、粉土⑧:褐色,层底埋深 > 20.40m。

地下水为潜水,水位埋深 1.30~2.40m,水位标高为 34.86~35.87m。

地基土的物理力学性质指标见表 1^[1]。

表 1 地基土物理力学性质指标统计表

土层	物理指标	统计值	含水量 $w/\%$	重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	饱和度 $s_r/\%$	孔隙比 e	液性指数 I_L	静力触探试验 p_s/MPa
①杂填土	平均值		22.1	19.6	87	0.68	0.31	3.5
	最小值		18.6	19.0	76	0.63	0.07	1.9
	最大值		24.8	20.5	100	0.77	0.53	6.2
②粉砂、粉土	平均值		26.9	19.8	99	0.73	0.72	18.2
	最小值							10.0
	最大值							29.3
③粉质粘土、粉土	平均值		25.9	19.8	96	0.73	0.52	6.4
	最小值		16.6	18.6	92	0.48	0.05	2.4
	最大值		37.8	21.3	100	1.03	0.99	11.7
④中、细砂								
⑤粉土	平均值		21.4	20.6	98	0.60	0.22	
	最小值		18.5	19.7	95	0.50	0.10	
	最大值		26.2	21.4	100	0.73	0.73	

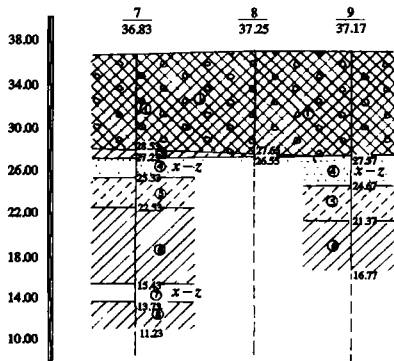


图 1 工程地质剖面图

2 方案选择

由于基础持力层为杂填土,该层土回填时间短,自重固结尚未完成,且填土较厚,周围有工厂、居民。根据该场地特点,我们认为适合该场地地基方案有以下几种:

2.1 天然地基方案

挖除杂填土,以中、细砂④层做基础持力层,增加地下室层数。

2.2 桩基方案

采用预制桩或钻孔灌注桩,采用预制桩时以中、细砂④层作桩端持力层,采用钻孔灌注桩时以中、细砂⑦层作桩端持力层。

2.3 复合地基方案

采用地基处理方案,桩与桩间土及柔性垫层组成复合地基,共同承担上部荷载。根据桩的不同以及处理不处理桩间土等可有以下几种方案:碎石桩复合地基;强夯+CFG桩复合地基;CFG短桩复合地基(短桩桩端以中、细砂④层作桩端持力层的CFG桩);CFG长桩复合地基(长桩桩端以中、细砂⑦层作桩端持力层的CFG桩);CFG长桩+短桩复合地基等。

3 方案对比分析

方案的选定取决于技术可行性、造价、工期、设计对承载力及变形的要求、周围环境因素等,现对以上各方案进行分析对比。

3.1 天然地基方案

该方案的优点是,以中、细砂④层做基础持力层,不需要进行地基处理,但应增加地下室层数。由于场地周围无放坡条件,采用该方案时应护坡、降水,增加土方开挖,其造价较高,不宜采用。表2为不考虑地下室、土方开挖的费用。

3.2 桩基方案

采用预制桩时,用 $450\text{mm}\times 450\text{mm}$ 的方桩,单桩承载力标准值为 $R_k=500\text{kN}$,桩端持力层为中、细砂④,该方案的缺点是,施

工时不易穿透杂填土(混大混凝土块、砖块),施工难度大,噪音高,严重扰民,同时杂填土在后期发生自重固结时会产生负摩擦力,给工程带来安全隐患,不宜采用。

采用钻孔灌注桩时,用 $\phi 800$ 的桩,桩端持力层为中、细砂⑦层,灌注桩具有单桩承载力高,建筑物变形小的优点,但施工时泥浆污染场地,孔底沉渣不易控制,造价高,同时杂填土在后期发生自重固结时会产生负摩擦力,给工程带来安全隐患,不宜采用。

3.3 复合地基方案

考虑到场地地质条件、周围环境,强夯施工时易扰民,同时强夯施工后,给 CFG 桩带来施工困难等因素,因而不宜采用强夯 + CFG 桩复合地基。若采用 CFG 短桩时,桩径 $\phi 400$,有效桩长 6.20~7.20m,桩端持力层为中、细砂④层,经计算,在基槽内共布置 CFG 桩 1500 根,经沉降计算,地基变形量为 60~65mm,变形不能满足设计要求(设计要求 $< 50\text{mm}$),若设计放宽变形条件至《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》DBJ01-

501-92 规定的 100mm,该方案可满足设计要求,但设计经分析考虑后仍坚持原设计要求的 50mm,因而该方案不宜采用。若采用 CFG 长桩复合地基时,桩径 $\phi 400\text{mm}$,有效桩长 18.30~18.50m,经计算在基础内共布置 610 根,其沉降量为 35~40mm,沉降量可满足设计要求。施工 CFG 长桩采用中心压灌超流态施工工法,该工法的特点是单桩承载力高,不易断桩,但考虑到工期长、造价高,也不宜采用。碎石桩属散体桩,根据已有工程经验,该桩型变形量大,单桩承载力低,经计算采用碎石桩复合地基时,变形量为 100~120mm,不能满足设计要求,也不宜采用。

根据 CFG 长桩具有单桩承载力高,处理后复合地基变形小,CFG 短桩具有挤密桩间土的特点,本工程采用长短桩相结合的 CFG 桩复合地基,共布置长桩 390 根,短桩 449 根。经计算复合地基变形量为 40~43mm,变形满足设计要求。

各方案的优缺点、造价、工期对比见表 2。

表 2 地基方案对比分析表

方案名称	方案类型	优点	缺点	桩数/根	工期/d	造价/万元	变形s/mm	备注
天然地基		可充分发挥天然土强度,不用地基处理	需护坡、降水、费用较高		60	170		不宜采用
桩基	预制桩 450mm×450mm		施工不易穿透杂填土,噪音大,严重扰民	773	50	220		不宜采用
	灌注桩 $\phi 800$	单桩承载力高,建筑物变形小	泥浆污染场地,孔底沉渣不易控制,造价高	310	52	290	40~50	不宜采用
复合地基	强夯 + CFG 桩	可消除填土的自重固结	施工扰民,强夯后,CFG 桩不易施工					不宜采用
	CFG 短桩 $\phi 400$	施工速度快,工期短,造价低,挤密填土	沉降量为 60~65mm,大于设计要求的 50mm	1500	40	58	60~65	不宜采用
	CFG 长桩 $\phi 400$	桩身质量较好,承载力高,控制变形好。	造价高,工期长,对填土无挤密	610	60	145	35~40	不宜采用
	碎石桩 $\phi 400$		工期长,变形量大	2300	80	70	100~120	不宜采用
	长 + 短 CFG $\phi 400$	挤密桩间土,控制变形好,沉降量满足设计要求	施工采用二套工法,二次进场,较麻烦	长桩 390 短桩 449	52	99	40~43	宜采用

4 CFG 桩施工、检测及沉降观测

短桩采用振动沉管施工,有效桩长 6.20~7.20m,桩体强度 C15;长桩采用中心压灌超流态 CFG 浆液,有效桩长 18.30~18.50m,桩体强度 C20,桩的施工偏差满足下述要求:

- (1)桩长允许偏差:10cm;
- (2)桩径允许偏差:成桩桩径不得小于设计桩径;
- (3)垂直度允许偏差:<1%;
- (4)桩位允许偏差:≤20cm。

施工完成后,冶金建筑研究总院在基槽内任选 2 根短桩,2 根长桩,2 处桩间土进行载荷试验,同时任选 20 组桩(长桩 20 根、短桩 20 根)进行小应变动测检验桩身质量。表 3~5 为载荷试验结果,图 2~7 为载荷试验 $p-s$ 曲线。

表 3 CFG 长桩载荷试验成果表

p/kN	100	200	300	400	500	600	700	800	900
r15 桩变形/mm	0.37	0.77	1.22	1.59	1.93	2.29	2.67	3.09	3.50
r9 桩变形/mm	0.30	0.69	1.10	1.45	1.84	2.26	2.64	3.02	3.48

表 4 CFG 短桩载荷试验成果表

p/kN	50	100	150	200	250	300	350	400
u15 桩变形/mm	0.55	1.57	2.81	4.22	5.81	7.30	9.37	11.3
r9 桩变形/mm	0.38	0.92	1.81	3.06	4.75	6.67	8.88	10.8

表 5 桩间土载荷试验成果表

p/kPa	25	50	75	100	125	150	175	200
1 号土变形/mm	0.34	0.79	1.42	2.57	4.25	6.03	7.83	11.2
2 号土变形/mm	0.41	0.73	1.31	2.27	3.46	4.86	6.15	7.69

根据载荷试验分析,短桩承载力标准值为 190kN、190kN。长桩承载力标准值为 650kN、655kN。桩间土承载力标准值为 108kPa、110kPa,经计算复合地基承载力标准值为 298kPa,按规范修正后,承载力设计值大于 400kPa,满足设计对承载力的要求。

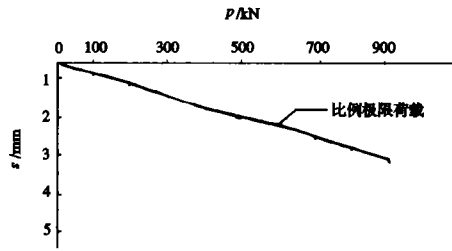


图 2 r15 号桩静压测点 $p-s$ 曲线图

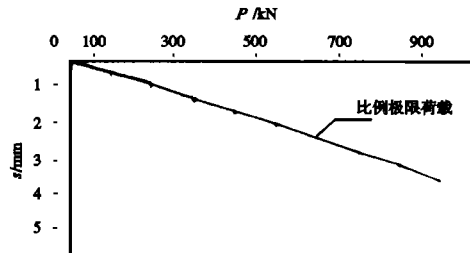


图 3 r9 号桩静压测点 $p-s$ 曲线图

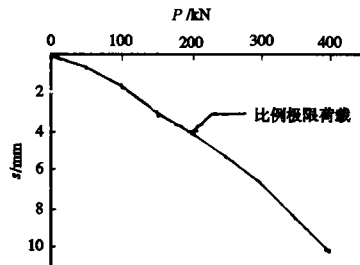


图 4 u15 号桩静压测点 $p-s$ 曲线图

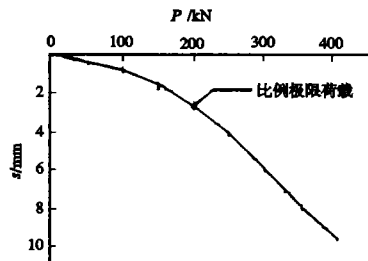
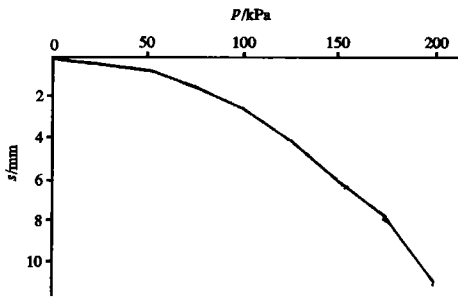
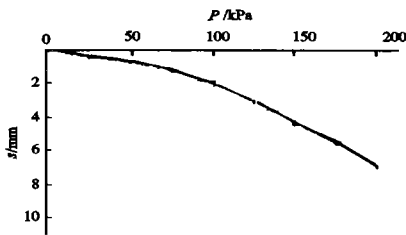


图 5 u9 号桩静压测点 $p-s$ 曲线图

图6 1号桩间土静压测点 $p-s$ 曲线图图7 2号桩间土静压测点 $p-s$ 曲线图

基础施工时,在底板上布置了12个沉降观测点,进行沉降观测,在主体结构完工时,其沉降量为13.40~20.00mm,倾斜值小于0.2%,满足设计要求。

5 结论

(1)任何一个地基方案取决于设计对承载力、变形的要求,取决于地质条件及周围环境因素,同时也要考虑造价、工期、施工条件等等。

(2)从工程实践中可知:中心压灌超流态CFG桩从施工工艺、成桩质量是一个很有发展前途的新工艺。

(3)在场地地质条件复杂,桩间土承载力低,采用振动沉管CFG桩挤密桩间土,采用中心压灌CFG桩控制变形是一个比较好的方法。

参 考 文 献

- 1 温立新,高贵普,贾财.北京某塔式住宅楼地基基础方案选优.岩土工程技术,1998(2):20~23

收稿日期:1998-11-08

(上接11页)

水泥土桩复合地基的褥垫层常选用级配良好的砂土。如何选择褥垫层的厚度是设计和施工中要注意的问题。若褥垫层厚度过小,桩间土承载能力不能充分发挥,要达到复合地基要求的承载力,必然要增加桩数或桩长,增加工程费用;若褥垫层厚度过大,桩间土的承载能力可以得到充分发挥,但桩承担的荷载将大大减小,桩土应力比接近或等于1,将会削弱复合地基中桩体的作用。这样就不利于提高复合地基的承载力,建筑物的沉降也不易得到控制。因此,应在总结大量工程实践的基础上,从技术经济的角度进行分析、比较,选择合理的褥垫层厚度。目前工程上一般采用10~30cm厚度。

4 结 语

对水泥土桩复合地基按变形控制进行设计,已成为一种趋势。本文探讨了变形控制中的几个问题,可供设计参考。

(1)分析了水泥土桩复合地基的工作机理,提出了采用变化参数的复合地基设计思路,从技术经济的角度使设计更加优化。

(2)当水泥土桩用于加固深厚层饱和软粘土时,需综合考虑地层分布及桩体强度,确定一合理的桩长,以控制复合地基的变形。

(3)设置合理的褥垫层,有利于控制复合地基的变形。

参 考 文 献

- 1 段继伟,龚晓南,曾国熙.水泥搅拌桩的荷载传递规律.岩土工程学报,1994(7)
- 2 秦建庆.水泥土桩复合地基变形特性与控制的研究:[学位论文].上海:同济大学,1998.
- 3 叶书麟,韩杰,叶观宝.地基处理与托换技术.北京:中国建筑工业出版社,1990
- 4 赖忠良.深层搅拌法在体型复杂荷载不均的建筑下软基处理工程中的应用.见:龚晓南等主编.中国土木工程学会地基处理学术委员会第三届地基处理学术讨论会论文集.杭州:浙江大学出版社,1992

收稿日期:1998-11-08