

桩基优化设计经济效益分析

陈红玲¹, 曹庆霞²

(1. 上海建工房产有限公司, 上海 200080; 2. 上海广联建设发展有限公司, 上海 200438)

摘要:分析岩土工程勘察报告中所揭示的地基土层特性,根据所掌握的大量桩基工程检测试验数据、沉降观测实测数据,对桩周(端)地基土的受荷性能以及基桩工作性状进行研究,通过静载荷试验的实际桩基承载能力,分析推导出优化地基土桩基设计参数。据此优化带来了一定的经济效益。

关键词:地基土性;桩基持力层;桩基参数;静载荷试验;优化设计

中图分类号: TU473 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)07-0070-03

Analysis on Economic Benefit of Optimal Design of Pile Foundation/CHEN Hong-ling¹, CAO Qing-xia² (1. Shanghai Jiangong Real Estate Co., Ltd., Shanghai 200080, China; 2. Shanghai Guanglian Construction Development Co., Ltd., Shanghai 200438, China)

Abstract: Analysis is made on the characteristics of foundation soil layers revealed in the investigation report of geotechnical engineering and based on a large amount of data from pile foundation engineering testing and settlement observation, the study is carried out on the loading performance of foundation soil around (end) pile and working properties of foundation pile. By the actual bearing capacity of pile foundation in static load test, the optimal parameters of soil for pile foundation design are derived with economic benefits.

Key words: characteristics of foundation soil; bearing stratum of pile foundation; parameter of pile foundation; static load test; optimal design

0 引言

目前,上海地区流行的桩型主要有预应力管桩及方桩、钻孔灌注桩、复合桩等,以及上述各种桩型的改进、注浆等。由于岩土性质的差异,针对每个具体工程的实际情况,对其基础形式、桩型及其参数的确定,将对工程的经济性产生一定的影响。因此,对上述各种常用桩型的适用范围的研究及桩基参数的优化设计是非常必要的。本文将结合工程实例,通过对桩基工程进行优化设计工作后,证明桩基优化带来的工程经济效益。

1 工程概况

上海建工房产公司负责开发建设的“宣桥保障房项目”占地面积 141531.50 m²。本次桩基优化设计研究涉及的总建筑面积 29.4 万 m² (包括住宅建筑面积 27.6 万 m²,地下车库 1.8 万 m²),建筑物主要为 14 层、17 层保障房住宅和少量多层配套建筑。

2 场区工程地质条件

2.1 地形地貌与周边环境

本项目场地北侧为市政道路及轨道交通,场地

红线离人民西路约 16 m,离轨道交通 16 号线约 33 m;场地西部为南六公路,离场地红线约 30 m。场地内主要为农田,分布较多的多层(1~3 层)农民用房,以及较多的以南北向为主的河流。

场地地貌类型为滨海平原地貌,场地内地形略有起伏,地面标高在 4.00~4.70 m 之间。

2.2 地基土的构成与特征

根据本项目岩土工程勘察报告,拟建场地 60.00 m 深度范围内的地基土属第四纪全新世及上更新世沉积物,主要由饱和粘性土、粉性土及砂土组成。一般呈水平层理分布,按其沉积年代、成因类型及其物理力学性质的差异,可划分为 8 个主要层次。详见表 1。

3 桩基方案分析

3.1 桩型选择

上海地区目前大量采用的具备成熟技术保证的桩型有钻孔灌注桩和预制桩等。根据上海地区工程经验,预制桩具有质量好、造价低、单位混凝土提供的承载力高、施工周期短的优点,因此一般工程在环境控制条件许可时均优先考虑采用预制桩方案。根

收稿日期:2014-04-17; 修回日期:2014-07-09

作者简介:陈红玲(1973-),女(汉族),浙江东阳人,上海建工房产有限公司高级工程师,工业与民用建筑专业,从事房地产技术管理工作,上海市东大明路 666 号。

表 1 地基土分布情况

层号	土层名称	层底埋深 /m	一般层厚 /m	状态	密实度	P_s 值 /MPa	土层描述
① ₁	杂填土	1.4	1.4		松散		由粘性土、建筑垃圾等组成
① ₂	素填土	2.5	1.0				由粘性土组成,含少量植物根茎
① ₃	浜填土	3.0	0.5	流塑	松散		含大量黑色有机质
②	褐黄~灰黄色粉质粘土	3.0	1.5	可塑~软塑		0.94	含氧化铁锈斑及铁锰质结核,含少量有机质
③	灰色淤泥质粉质粘土	9.0	4.0	流塑		0.48	含有机质,夹较多薄层砂质粉土
③ _夹	灰色砂质粉土	6.5	2.0	松散		1.23	含云母片、贝壳碎片
④	灰色淤泥质粘土	18.0	9.0	流塑		0.60	夹薄层粉砂,含有机质及少量贝壳碎片
⑤	灰色粘土	24.5	6.5	软塑		0.92	含有机质、钙结核及云母片
⑥	暗绿色粉质粘土	27.5	3.0	可塑~硬塑		2.56	含氧化铁锈斑,夹薄层粉性土
⑦ ₁	草黄色砂质粉土	37.0	9.5		中密	8.44	含贝壳碎片,夹薄层粘性土
⑦ ₂	灰色粉砂	52.0	15.0		密实	19.03	含云母,有机质
⑧ ₁	灰色粉质粘土夹砂质粉土	53.0	1.0	可塑	稍密	4.17	含云母,夹薄层粉砂
⑧ ₂	灰色粉砂	>60.0			密实	13.24	含云母、石英

据本场区的地层分布条件及上海地区现有的沉桩施工能力,在采取必要的防护措施和严格的监测措施后,本工程采用预制桩沉桩施工。为减少挤土效应和震动影响,应采用压入式预制空心管桩。

3.2 桩基持力层选择

第⑦₁层草黄色砂质粉土层,层顶标高为 -22.81 ~ -23.52 m,静力触探 P_s 值为 8.44 MPa。可作为本工程 17 层住宅的桩基持力层。

第⑦₂层灰色粉砂,层顶标高为 -31.04 ~ -33.84 m,静力触探 P_s 值为 19.03 MPa。工程力学性质良好,可作为本工程 14、17 层住宅的桩基持力层。

综上所述,17 层住宅楼可选择⑦₁或⑦₂层为桩基持力层,当采用预制桩时,宜以⑦₁层为桩基持力层。

3.3 地基土桩基设计参数的确定

根据本项目岩土工程勘察报告,地基土桩基设计参数如表 2 所示。

表 2 桩侧极限摩阻力标准值 $f_{s,k}$ 和桩端极限端阻力标准值 $f_{p,k}$					
层号	土层名称	比贯入阻力 P_s /MPa	预制桩		抗拔系数
			桩侧极限摩阻力标准值 $f_{s,k}$ /kPa	桩端极限端阻力标准值 $f_{p,k}$ /kPa	
②	粉质粘土	0.94	15		0.8
③(6 m 以上)	淤泥质粉质粘土	0.48	15		0.8
③(6 m 以下)			20		
③ _夹 (6 m 以上)	砂质粉土	1.23	15		0.7
③ _夹 (6 m 以下)			25		
④	淤泥质粘土	0.60	25		0.8
⑤	粘土	0.92	45	700	0.8
⑥	粉质粘土	2.56	75	2000	0.8
⑦ ₁	砂质粉土	8.44	90	5000	

注:表中各土层的 $f_{s,k}$ 值和 $f_{p,k}$ 值除以安全系数 2 即为相应的特征值。

表 2 中地基土桩基设计参数($f_{s,k}$ 与 $f_{p,k}$)是勘察单位在综合考虑地基土土性、物理力学指标后按上海

市工程建设规范《岩土工程勘察规范》(DGJ 08-37-2012)表 14.5.5 和《地基基础设计规范》(DGJ 08-11-2010)表 7.2.4-1 中提供的桩基设计参数经验数据取值,符合规范要求。

由于地基土为非均质体,均匀性差,土性变化较大,土体力学性能指标较为离散,规范推荐参数时综合考虑了不同场地的统计变异系数,并使单桩承载力计算具有统计意义上保证率。为保证有较高的可靠度,现行勘察规范规定的桩基设计参数经验取值和据此估算确定的桩基承载能力,一般均小于桩基实际具有的承载能力。这一点得到了大量验证性试桩成果和一定数量破坏性试桩成果(以获取桩的实际承载力为目的的桩基承载能力检测试验)的验证。另外,地基土桩基承载能力与具体桩基方案有一定相关性,如桩端土端阻力的发挥与桩端进入持力层深度有关,而桩端阻力的发挥又对桩侧土侧阻力的发挥有一定影响。根据我们收集到的大量类似地层条件下的试桩资料,通过整理收集的试桩资料得出当桩端土层主要为强度较高的第⑦层砂、粉性土,桩端进入持力层深度达到 1 倍桩径时(不小于 0.5 m),试验得到的桩基承载能力即可达到根据上述勘察规范经验取值确定的承载力;当桩端进入持力层深度达到 4 倍桩径以上时,试验得到的桩实际承载能力,比根据上述勘察规范经验取值确定的承载能力约高 20%~40%。因此,表 2 中各土层桩基设计参数($f_{s,k}$ 与 $f_{p,k}$)在进行桩基静载荷试验验证的前提下,有较大的提升余地。

根据上述分析,当采用预制桩,以第⑦层高强度砂、粉性土(密实度为中密~密实)为持力层,桩端进入持力层 $>4D$ (D 为桩径),且保证试桩有足够的沉桩后休止期(大于 28 天)时,可根据地基土的原

位测试指标(静力触探测试成果和标准贯入试验成果)并结合类似工程试桩成果,适当优化提高本场地各地基土层的桩基设计参数(f_s 与 f_p),以充分发挥地基土承载力能力。

根据土层原位测试成果确定桩基设计参数的相关公式如下:

- (1)地表下 6 m 范围内的浅层土: $f_s = 15 \text{ kPa}$
- (2)粘性土:当 $P_s \leq 1000 \text{ kPa}$ 时, $f_s = P_s/20 \text{ kPa}$
当 $P_s > 1000 \text{ kPa}$ 时, $f_s = 0.025P_s + 25 \text{ kPa}$
- (3)粉性土及砂土: $f_s = P_s/50 \text{ kPa}$
- (4)桩端极限阻力 $f_p = \alpha_b P_{sb}$

其中 α_b 为桩端极限阻力修正系数, P_{sb} 为桩端附近的静力触探比贯入阻力平均值。

根据收集的类似地层条件桩基工程试桩资料及地基土的原位测试指标(静力触探测试成果和标准贯入试验成果),确定本场地优化后地基土桩基设计参数(f_s 与 f_p)如表 3 所示。

表 3 优化后桩侧极限摩阻力标准值 f_s 和桩端极限端阻力标准值 f_p

层号	土层名称	比贯入阻	预制桩	
		力 P_s /MPa	桩侧极限摩 阻力标准值 f_s /kPa	桩端极限端 阻力标准值 f_p /kPa
②	粉质粘土	0.94	15	
③(6 m 以上)	淤泥质粉质粘土	0.48	15	
③(6 m 以下)			25	
③夹(6 m 以上)	砂质粉土	1.23	15	
③夹(6 m 以下)			25	
④	淤泥质粘土	0.60	30	
⑤	粘土	0.92	45	
⑥	粉质粘土	2.56	85	
⑦ ₁	砂质粉土	8.44	110	7000

注:表中适用于以第⑦₁砂质粉土为持力层,桩端进入持力层深度 >4D 的预制桩。

3.4 静载荷试验成果分析

表 5 布桩方案									
参数	桩型及规格 /mm	桩端入土 深度/m	桩端标高 /m	桩长 /m	持力层	桩端进入持力 层深度/m	单桩竖向承载 力设计值/kN	布桩数量 /根	总桩长 /m
优化前	PHC AB 400(95)	30.5	-26.0	28.0	⑦ ₁	3.0	1010	185	5180
优化后	PHC AB 400(95)	30.5	-26.0	28.0	⑦ ₁	3.0	1225	152	4256

5 结论

通过静载荷试验的实际桩基承载能力(由破坏性试桩得出),分析推导出优化地基土桩基设计参数。据此进行桩基优化方案,带来了一定的经济效益。本次结论是通过数十个不同区域的工程试验数据印证得出的,本次仅用了该项目的工程数据进行说明分析。

根据设计单位提供的桩型、桩长、桩端入土深度及试桩位置,布置了一组静载荷试验桩,预应力管桩桩基测试成果见表 4。

表 4 桩基静载荷试验成果				
桩号	桩型	进入持力层⑦ ₁ 层深度/m	桩长 /m	抗压极限承 载力/kN
2 号楼 SZ2	PHC AB 400(95)	3.18	28	2800
5 号楼 SZ1	PHC AB 400(95)	3.40	28	2400
6 号楼 SZ1	PHC AB 400(95)	3.73	28	2600
8 号楼 SZ2	PHC AB 400(95)	3.58	28	2400
10 号楼 SZ1	PHC AB 400(95)	3.62	28	2800
15 号楼 SZ1	PHC AB 400(95)	2.99	28	2400
17 号楼 SZ2	PHC AB 400(95)	3.23	28	2600

注:试桩均在 17 层区域。

因此,根据静载荷试验统计结果,本次试验结果桩基承载力设计值为 2500 kN。

3.5 优化前后的布桩方案对比

设计单位根据上述成果资料对优化前后的布桩方案分析见表 5。

同样根据表 5 布桩方案,对于 17 层住宅,采用 PHC AB 400(95)桩、桩长 28 m,以第⑦₁层砂质粉土为持力层,桩端进入持力层深度 3.0 m,采用优化提高后的 f_s 与 f_p 估算的单桩承载力设计值为 1225 kN,布桩总数 152 根,桩总长度为 4256 m,比优化前用桩量减少约 18%。因此,建议 17 层住宅,采用 PHC AB 400(95)桩、桩长 28 m 的桩基方案。

4.7 优化后桩基方案的经济效益初步估算

本项目 17 层住宅优化后桩基方案节省造价:
11 幢 × (185 - 152) 根桩 × 28 m × 190 元/m = 1931160 元(注:PHC AB 400 桩基施工〈含桩采购费〉定额综合单价按 190 元/m 估算)。

参考文献:

[1] 编写组. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
[2] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].
[3] DGJ 08-37-2012,岩土工程勘察规范[S].
[4] 董全文. 济南太平洋小区地基处理中的桩型选择[J]. 探矿工程,2002,(S1):162-163.
[5] 黄兴怀,王国强. 长江漫滩某静压桩承载力出现偏差的原因分析及处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(1):10-12.