

杨浦区新江湾 23 街坊桩基工程

设计 建议



上海强劲地基工程股份有限公司
SHANGHAI QIANGJIN FOUNDATION ENGINEERING CO.,LTD.

二〇一六年六月

目 录

一、工程概况.....	- 1 -
二、设计依据.....	- 1 -
三、桩基优化设计计算及造价对比.....	- 3 -
3.1 劲性复合桩设计计算依据	- 3 -
3.2 工程桩优化设计	- 3 -
3.3 经济性对比.....	- 11 -
3.4 工期对比.....	- 11 -
3.5 总结	- 11 -

一、工程概况

拟建“杨浦区新江湾 23 街坊”项目位于上海市杨浦区，国航路以南，三门路以北，淞沪路以西，国安路以东。场地总建筑面积约 183429 平方米，其中地上面积约为 105825 平方米，地下面积约为 77603 平方米。拟建建筑为 1 栋 23 层办公楼 A，1 栋 20 层办公楼 B，1 栋 11 层办公楼 C，1 栋 3 层丰田展厅以及 3~4 层商场。该地块地下车库及地下室均为 3 层，纯地下室部分拟采用抗拔桩基。

根据业主提供的试桩图纸，原设计采用钻孔灌注桩，桩型及各参数如下表：

表 1-1 原灌注桩参数表

编号	桩型	持力层	单桩抗压承载力设计值	单桩抗压承载力设计值	桩端注浆量 Gc	试桩承载力极限值	备注
SP1	Φ800 钻孔灌注桩	⑨	4600kN	/	2.0t	11000kN (压)	抗压桩
MP1	Φ800 钻孔灌注桩	⑨	4600kN	3300kN	2.0t	/	抗压桩 锚桩
SP2	Φ600 钻孔灌注桩	⑧-2	2000kN	/	/	5200kN (压)	抗压桩
MP2	Φ600 钻孔灌注桩	⑧-2	/	1600kN	/		抗压桩 锚桩
SP3	Φ600 钻孔灌注桩	⑧-2	2000kN	1500kN	/	4000kN (拔)	抗拔桩
ZP3	Φ600 钻孔灌注桩	⑧-2	2000kN	1500kN	/		抗拔桩 支承桩

二、设计依据

1、《杨浦区新江湾 23 街坊岩土工程勘察报告（详勘）》，上海海洋地质勘察设计有限公司。

2、相关规范规程及技术要求：

- 📖 国家标准《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）
- 📖 国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》（GB50202-2002）(2012版)
- 📖 国家标准《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）
- 📖 国家标准《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）
- 📖 行业标准《刚性复合桩技术规程》（JGJ/T 327-2014）
- 📖 上海工程建设规范《地基基础设计规范》（DGJ08-11-2010）
- 📖 上海工程建设规范《岩土工程勘察规范》（DGJ08-37-2012）
- 📖 国家建筑标准设计图集《预应力混凝土管桩》（10G409）
- 📖 其它相关的规范、规程和技术标准

3、桩基设计参数

根据详勘资料提供的桩基设计参数如下：

表 2-1 桩基设计参数表

地层	岩土名称	比贯入阻平均值 P_s /MPa	抗拔系数	预制桩		灌注桩	
				f_s /kPa	f_p /kPa	f_s /kPa	f_p /kPa
②1	粘质粉土夹粉质粘土	2.01	0.7	15		15	
②3	灰色砂质粉土	1.71	0.7	15		15	
				30		25	
④	淤泥质粘土	0.55	0.7	25		20	
⑤1-1	灰色粘土	0.75	0.7	45		35	
⑤1-2	灰色粉质粘土	1.05	0.7	50		40	
⑥	暗绿色粉质粘土	2.20	0.7	65		50	
⑦	粉质粘土夹粉砂	4.47	0.7	70		55	
⑧1-1	灰色粘土	1.63	0.7	55		50	
⑧1-2	灰色粉质粘土	1.92	0.7	60		55	
⑧2	粉质粘土夹粉砂	2.37	0.7	65	3000	60	900
⑨	灰色粉细砂	18.07	0.6	115	8500	80	2600

场地典型地质剖面图如图 2-1 所示。

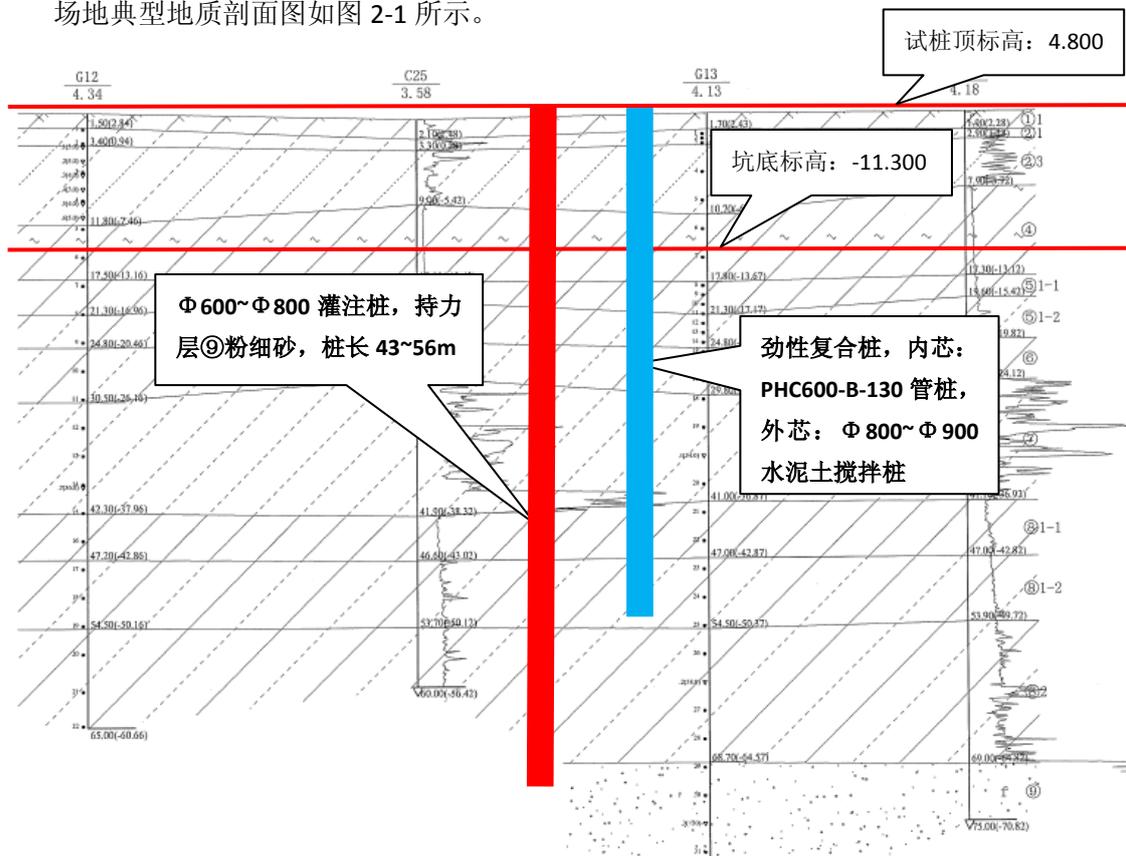


图 2-1 典型地质剖面图

三、桩基优化设计计算及造价对比

3.1 劲性复合桩设计计算依据

根据《劲性复合桩技术规程》（JGJ/T 327-2014），劲性复合桩单桩竖向抗压承载力标准值为：

1) 破坏面位于预制桩与水泥土界面：

$$Q_{u1} = u_1 q_{sa}^c l^c + q_{pa}^c A_p^c$$

式中： u_1 ——植入预制桩的桩身周长（m）；

l^c ——植入预制桩长度（m）；

A_p^c ——植入预制桩桩身截面积（m²）

q_{sa}^c ——水泥土与预制桩间侧阻力标准值（kPa），宜按地区经验取值。无地区经验时，宜取室内相同配比水泥土试块在标准条件下 90d 龄期的立方体（70.7mm）无侧限抗压强度的（0.04～0.08）倍；

q_{pa}^c ——预制桩的端阻力标准值（kPa），宜按地区经验取值。

2) 破坏面位于水泥土与原状土界面：

$$Q_{u2} = u_2 \sum_{i=1}^n \xi_{si} q_{si} l_i + \alpha \xi_p q_{pa} A_p$$

式中： u_2 ——水泥土搅拌桩外芯的桩身周长（m）；

l_i ——第 i 层土的厚度（m）；

A_p ——水泥土搅拌桩桩身截面积（m²）

q_{sia} ——第 i 层土侧阻力标准值（kPa），宜按地区经验取值；

q_{pa} ——水泥土搅拌桩端阻力标准值（kPa），宜按地区经验取值。也可取桩端地基土未经修正的承载力标准值；

α ——桩端天然地基土承载力折减系数，取 0.8～1.00；

ξ_{si} 、 ξ_p ——分别为植入组合桩第 i 土层侧阻力调整系数、端阻力调整

系数，宜按地区经验取值。

取两者较小值，即： $Q_u = \min(Q_{u1}, Q_{u2})$

根据上海市工程建设规范《地基基础设计规范》（DGJ08-11-2010）第 7.2.4 条，当没有进行桩的静载荷试验时，按地基土对桩的支承能力确定单桩竖向承载力设计值 R_d 可根据土层条件由下式估算：

$$R_d = \frac{R_{sk}}{\gamma_s} + \frac{R_{pk}}{\gamma_d}$$

式中： R_{sk} ——桩侧总极限摩阻力标准值（kN）；

R_{pk} ——桩端极限阻力标准值（kN）；

γ_s ——桩侧摩阻力的分项系数，可按端阻比查用；

γ_d ——桩端阻力的分项系数，可按端阻比查用；

单桩竖向抗拔承载力标准值为：

1) 破坏面位于预制桩与水泥土界面：

$$T_{u1} = u_1 \lambda^c q_{sa}^c l^c$$

式中： λ^c ——植入预制桩的抗拔系数，宜按地区经验取值，无地区经验时，可取 0.70~0.90；

2) 破坏面位于水泥土与原状土界面：

$$T_{u2} = u_2 \sum_{i=1}^n \lambda \xi_{si} q_{sai} l_i$$

式中： λ ——水泥土搅拌桩的抗拔系数，宜按地区经验取值；

取两者较小值，即： $T_u = \min(T_{u1}, T_{u2})$

3.2 工程桩优化设计

1、试桩/工程桩 SP1：原设计采用 $\Phi 800$ 钻孔灌注桩，持力层为⑨粉细砂，桩端后注浆，工程桩单桩抗压承载力设计值 **4600kN**，桩长 **1=55.0m**；试桩承载力标准值 **11000kN**，桩长 **L=71.0m**。承载验算如表 4-1：

表 4-1 试桩/工程桩 SP1 钻孔灌注桩单桩承载力计算表

普遍桩径 (mm)		桩周长 (m)	截面面积 (m ²)	试桩桩长 L	工程桩桩长 l	孔号	G32
800		2.51	0.5024	71.0	55.0	端阻力标准值 q _p (kPa)	2600
土层序号	土层名称	侧摩阻力标准值 q _s (KPa)	桩在土层长度 (m)	土层实际厚度 (m)	抗拔系数 λ	抗压侧阻力 (kN)	抗拔侧阻力 (kN)
①1	填土	10	1.8	1.8		45.2	0.0
②1	粘质粉土夹粉质粘土	15	1.3	1.3		49.0	0.0
②3	砂质粉土 (6.0m 以上)	15	2.9	2.9		109.3	0.0
②3	砂质粉土 (6.0m 以下)	25	4.2	4.2		263.9	0.0
④	淤泥质粘土	20	5.1	5.1		256.4	0.0
④	淤泥质粘土	20	1.8	1.8		90.5	0.0
⑤1-1	粘土	35	2	2		175.9	0.0
⑤1-2	粉质粘土	40	4.5	4.5		452.4	0.0
⑥	粉质粘土	50	4.9	4.9		615.8	0.0
⑦	粘质粉土夹粉砂	55	12.8	12.8		1769.3	0.0
⑧1-1	粘土	50	6.2	6.2		779.1	0.0
⑧1-2	粉质粘土	55	7.3	7.3		1009.1	0.0
⑧2	粘质粉土夹粉砂	60	14.6	14.6		2201.6	0.0
⑨	粉细砂	80	0.9	未揭穿		181.0	0.0
试桩单桩抗压承载力标准值 (kN)			11133.5				
β _p	2.40	γ _s	1.73	γ _p	2.83	单桩自重设计值 G _p (kN)	442.1
工程桩单桩抗压承载力设计值 (kN)			5312.8				

优化后采用等芯劲性复合桩 ZH1，内芯：PHC600-AB-130 管桩，外芯采用 Φ900 水泥土搅拌桩，工程桩桩长 L=41.0m，单桩抗压承载力设计值 4600kN，试桩桩长 L=57.0m，单桩抗压承载力标准值 11000kN。承载力验算如表 4-2 所示：

表 4-2 试桩/工程桩 ZH1 劲性复合桩单桩承载力计算表

内芯				外芯				内芯端阻力特征值 (kPa)	内芯总端阻力 (kN)		孔号:	
桩径 (mm)	600			扩底桩径 (mm)	900			450	127.2		C32	
周长 (m)	1.8850			周长 (m)	2.8274			外芯端阻力标准值 (kPa)	提高系数	试桩桩长	工程桩桩长	
桩端面积 (m ²)	0.2827			桩端面积 (m ²)	0.6362			270	1.98	57.0	41.0	
编号	土层	侧阻力特征值 (KPa)	土层实际厚度 (m)	桩在土层厚度 (m)	抗拔系数	混凝土抗压强度 (kPa)	粘结强度系数	侧阻提高系数	桩侧抗拔承载力 (kN)		桩侧抗压承载力 (kN)	
									内芯	外芯	内芯	外芯
①1	填土	5	1.8	1.8		1000	0.06	1.5	0.00	0.00	203.6	38.2
②1	粘质粉土夹粉质粘土	7.5	1.3	1.3		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	176.4	41.4
②3	砂质粉土 (6.0m以上)	7.5	2.9	2.9		1500	0.06	1.5	0.00	0.00	492.0	92.2
②3	砂质粉土 (6.0m以下)	12.5	4.2	4.2		1500	0.06	1.5	0.00	0.00	712.5	222.7
④	淤泥质粘土	10	5.1	5.1		800	0.06	1.3	0.00	0.00	461.4	187.5
④	淤泥质粘土	10	1.8	1.8		800	0.06	1.3	0.00	0.00	162.9	66.2
⑤1-1	粘土	17.5	2	2		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	271.4	148.4
⑤1-2	粉质粘土	20	4.5	4.5		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	610.7	381.7
⑥	粉质粘土	25	4.9	4.9		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	665.0	519.5
⑦	粘质粉土夹粉砂	27.5	12.8	12.8		1500	0.06	1.7	0.00	0.00	2171.5	1691.9
⑧1-1	粘土	25	6.2	6.2		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	841.4	657.4
⑧1-2	粉质粘土	27.5	7.3	7.3		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	990.7	851.4
⑧2	粉质粘土夹粉砂	30	14.6	1.5		1500	0.06	1.6	0.00	0.00	254.5	203.6
工程桩抗拔承载力特征值 (内芯)				0				工程桩抗压承载力特征值 (内芯)		5841		
工程桩抗拔承载力特征值 (外芯)				0				工程桩抗压承载力特征值 (外芯)		4860		
试桩抗拔承载力特征值 (内芯)				0				试桩抗压承载力标准值 (内芯)		16032		
试桩抗拔承载力特征值 (外芯)				0				试桩抗压承载力标准值 (外芯)		10884		

根据国家建筑标准设计图集《预应力混凝土管桩》(10G409), PHC600-AB-130 管桩桩身轴心受压承载力设计值为 4824kN>4600kN, 满足要求。

2、试桩/工程桩 SP2: 原设计采用 Φ600 钻孔灌注桩, 持力层为③2 粉质粘土夹粉砂, 工程桩单桩抗压承载力设计值 2000kN, 桩长 l=41.0m; 试桩承载力标准值 4355kN, 桩长 L=57.0m。承载验算如表 4-3:

表 4-3 试桩/工程桩 SP2 钻孔灌注桩单桩承载力计算表

普通桩径 (mm)		桩周长 (m)	截面面积 (m ²)	试桩桩长 L	工程桩桩长 l	孔号	G18
600		1.88	0.2826	57.0	41.0	端阻力标准值 q _p (kPa)	900
土层序号	土层名称	侧摩阻力标准值 q _s (KPa)	桩在土层长度 (m)	土层实际厚度 (m)	抗拔系数 λ	抗压侧阻力 (kN)	抗拔侧阻力 (kN)
①1	填土	10	1.9	1.9		35.8	0.0
②1	粘质粉土夹粉质粘土	15	1.2	1.2		33.9	0.0
②3	砂质粉土 (6.0m 以上)	15	2.9	2.9		82.0	0.0
②3	砂质粉土 (6.0m 以下)	25	2.3	2.3		108.4	0.0
④	淤泥质粘土	20	7	7		263.9	0.0
④	淤泥质粘土	20	1.9	1.9		71.6	0.0
⑤1-1	粘土	35	3.2	3.2		211.1	0.0
⑤1-2	粉质粘土	40	3.4	3.4		256.4	0.0
⑥	粉质粘土	50	4.7	4.7		443.0	0.0
⑦	粘质粉土夹粉砂	55	12	12		1244.1	0.0
⑧1-1	粘土	50	6.4	6.4		603.2	0.0
⑧1-2	粉质粘土	55	6.5	6.5		673.9	0.0
⑧2	粘质粉土夹粉砂	60	2.9	未揭穿		328.0	0.0
试桩单桩抗压承载力标准值 (kN)			4355.2				
β _p	0.00	γ _s	2.13	γ _p	1.14	单桩自重设计值 G _p (kN)	185.4
工程桩单桩抗压承载力设计值 (kN)			2021.8				

优化后采用等芯劲性复合桩 ZH1，内芯：PHC500-AB-100 管桩，外芯采用 Φ800 水泥土搅拌桩，工程桩桩长 L=21.0m，单桩抗压承载力设计值 2178kN，试桩桩长 L=37.0m，单桩抗压承载力标准值 5333kN。承载力验算如表 4-4 所示：

表 4-4 试桩/工程桩 ZH2 劲性复合桩单桩承载力计算表

内芯				外芯				内芯端阻力特征值 (kPa)	内芯总端阻力 (kN)		孔号:	
桩径 (mm)		500		扩底桩径 (mm)		800		450	88.4		G18	
周长 (m)		1.5708		周长 (m)		2.5133		外芯端阻力标准值 (kPa)	提高系数	试桩桩长	工程桩桩长	
桩端面积 (m ²)		0.1963		桩端面积 (m ²)		0.5027		290	1.98	37.0	21.0	
编号	土层	侧阻力特征值 (kPa)	土层实际厚度 (m)	桩在土层厚度 (m)	抗拔系数	混凝土抗压强度 (kPa)	粘结强度系数	侧阻提高系数	桩侧抗拔承载力 (kN)		桩侧抗压承载力 (kN)	
									内芯	外芯	内芯	外芯
①1	填土	5	1.9	1.9		1000	0.06	1.5	0.00	0.00	179.1	35.8
②1	粘质粉土夹粉质粘土	7.5	1.2	1.2		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	135.7	33.9
②3	砂质粉土 (6.0m以上)	7.5	2.9	2.9		1500	0.06	1.5	0.00	0.00	410.0	82.0
②3	砂质粉土 (6.0m以下)	12.5	2.3	2.3		1500	0.06	1.5	0.00	0.00	325.2	108.4
④	淤泥质粘土	10	7	7		800	0.06	1.3	0.00	0.00	527.8	228.7
④	淤泥质粘土	10	1.9	1.9		800	0.06	1.3	0.00	0.00	143.3	62.1
⑤1-1	粘土	17.5	3.2	3.2		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	361.9	211.1
⑤1-2	粉质粘土	20	3.4	3.4		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	384.5	256.4
⑥	粉质粘土	25	4.7	4.7		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	531.6	443.0
⑦	粘质粉土夹粉砂	27.5	12	7.8		1500	0.06	1.7	0.00	0.00	1102.7	916.5
⑧1-1	粘土	25	6.4	0		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	0.0	0.0
⑧1-2	粉质粘土	27.5	6.5	0		1200	0.06	1.5	0.00	0.00	0.0	0.0
⑧2	粉质粘土夹粉砂	30	未揭穿	0		1500	0.06	1.6	0.00	0.00	0.0	0.0
工程桩抗拔承载力设计值 (内芯)		0				工程桩抗压承载力设计值 (内芯)		2612				
工程桩抗拔承载力设计值 (外芯)		0				工程桩抗压承载力设计值 (外芯)		2178				
试桩抗拔承载力标准值 (内芯)		0				试桩抗压承载力标准值 (内芯)		8207				
试桩抗拔承载力标准值 (外芯)		0				试桩抗压承载力标准值 (外芯)		5333				

根据国家建筑标准设计图集《预应力混凝土管桩》(10G409), PHC500-AB-100 管桩桩身轴心受压承载力设计值为 3185kN>2000kN, 满足要求。

3、试桩/工程桩 SP3: 原设计采用 Φ600 钻孔灌注桩, 持力层为③2 粉质粘土夹粉砂, 桩长 L=42.0m, 工程桩单桩抗压承载力设计值 2000kN, 单桩抗拔承载力设计值 1500kN; 试桩抗拔承载力极限值 3633kN, 桩长 L=58.0m。承载验算如表 4-5:

表 4-5 试桩/工程桩 SP3 钻孔灌注桩单桩承载力计算表

普遍桩径 (mm)		桩周长 (m)	截面面积 (m ²)	试桩桩长 L	工程桩桩长 l	孔号	G13
600		1.88	0.2826	58.0	42.0	端阻力标准值 q _p (kPa)	900
土层序号	土层名称	侧摩阻力标准值 q _s (KPa)	桩在土层长度 (m)	土层实际厚度 (m)	抗拔系数 λ	抗压侧阻力 (kN)	抗拔侧阻力 (kN)
①1	填土	10	1.7	1.7	0.7	32.0	22.4
②1	粘质粉土夹粉质粘土	15	1.6	1.6	0.7	45.2	31.7
②3	砂质粉土 (6.0m 以上)	15	2.7	2.7	0.7	76.3	53.4
②3	砂质粉土 (6.0m 以下)	25	4.7	4.7	0.7	221.5	155.0
④	淤泥质粘土	20	4.7	4.7	0.7	177.2	124.0
④	淤泥质粘土	20	2.4	2.4	0.7	90.5	63.3
⑤1-1	粘土	35	3.5	3.5	0.7	230.9	161.6
⑤1-2	粉质粘土	40	3.5	3.5	0.7	263.9	184.7
⑥	粉质粘土	50	5	5	0.7	471.2	329.9
⑦	粘质粉土夹粉砂	55	11.2	11.2	0.7	1161.1	812.8
⑧1-1	粘土	50	6	6	0.7	565.5	395.8
⑧1-2	粉质粘土	55	7.5	7.5	0.7	777.5	544.3
⑧2	粘质粉土夹粉砂	60	2.9	未揭穿	0.7	328.0	229.6
试桩单桩抗拔承载力标准值 (kN)			3633.2				
β _p	0.00	γ _s	2.1	γ _p	1.1	单桩自重设计值 G _p (kN)	189.9
工程桩单桩抗拔承载力设计值 (kN)			1550.9				
工程桩单桩抗压承载力设计值 (kN)			2083.0				

优化后采用等芯劲性复合桩 ZH1, 内芯: PHC600-B-130 管桩, 外芯采用 Φ800 水泥土搅拌桩, 工程桩桩长 L=24.0m, 单桩抗拔承载力设计值 1524kN, 单桩抗压承载力设计值 2445kN, 试桩桩长 L=40.0m, 单桩抗拔承载力标准值 3787kN。承载力验算如表 4-6 所示:

表 4-6 试桩/工程桩 ZH3 劲性复合桩单桩承载力计算表

内芯				外芯				内芯端阻力特征值 (kPa)	内芯总端阻力 (kN)		孔号:		
桩径 (mm)		600		扩底桩径 (mm)		800		450	127.2		G18		
周长 (m)		1.8850		周长 (m)		2.5133		外芯端阻力标准值 (kPa)	提高系数	试桩桩长	工程桩桩长		
桩端面积 (m ²)		0.2827		桩端面积 (m ²)		0.5027		270	1.98	40.0	24.0		
编号	土层	侧阻力特征值 (KPa)	土层实际厚度 (m)	桩在土层厚度 (m)	抗拔系数	水泥土抗压强度 (kPa)	粘结石度系数	侧阻提高系数	桩侧抗拔承载力 (kN)		桩侧抗压承载力 (kN)		
									内芯	外芯	内芯	外芯	
①1	填土	5	1.7	1.7	0.7	1000	0.06	1.5	134.59	22.43	192.3	32.0	
②1	粘质粉土夹粉质粘土	7.5	1.6	1.6	0.7	1200	0.06	1.5	152.00	31.67	217.1	45.2	
②3	砂质粉土 (6.0m以上)	7.5	2.7	2.7	0.7	1500	0.06	1.5	320.63	53.44	458.0	76.3	
②3	砂质粉土 (6.0m以下)	12.5	4.7	4.7	0.7	1500	0.06	1.5	558.14	155.04	797.3	221.5	
④	淤泥质粘土	10	4.7	4.7	0.7	800	0.06	1.3	297.67	107.49	425.2	153.6	
④	淤泥质粘土	10	2.4	2.4	0.7	800	0.06	1.3	152.00	54.89	217.1	78.4	
⑤1-1	粘土	17.5	3.5	3.5	0.7	1200	0.06	1.5	332.51	161.63	475.0	230.9	
⑤1-2	粉质粘土	20	3.5	3.4	0.7	1200	0.06	1.5	323.01	179.45	461.4	256.4	
⑥	粉质粘土	25	5	5	0.7	1200	0.06	1.5	475.01	329.87	678.6	471.2	
⑦	粘质粉土夹粉砂	27.5	11.2	9.7	0.7	1500	0.06	1.7	1151.90	797.79	1645.6	1139.7	
⑧1-1	粘土	25	6	0	0.7	1200	0.06	1.5	0.00	0.00	0.0	0.0	
⑧1-2	粉质粘土	27.5	7.5	0	0.7	1200	0.06	1.5	0.00	0.00	0.0	0.0	
⑧2	粉质粘土夹粉砂	30	未揭穿	0	0.7	1500	0.06	1.6	0.00	0.00	0.0	0.0	
工程桩抗拔承载力设计值 (内芯)				2434				工程桩抗压承载力设计值 (内芯)				3605	
工程桩抗拔承载力设计值 (外芯)				1524				工程桩抗压承载力设计值 (外芯)				2445	
试桩抗拔承载力标准值 (内芯)				3897				试桩抗压承载力标准值 (内芯)					
试桩抗拔承载力标准值 (外芯)				3787				试桩抗压承载力标准值 (外芯)					

根据国家建筑标准设计图集《预应力混凝土管桩》(10G409), PHC600-B-130 管桩桩身轴心受压承载力设计值为 4824kN>2000kN, 桩身轴心受拉承载力设计值 1700kN>1500kN, 满足要求。

3.3 经济性对比

- 1、采用劲性复合桩 ZH1 较原钻孔灌注桩（d=800mm）SP1 节约造价 **28%**。
- 2、采用劲性复合桩 ZH2 较原钻孔灌注桩（d=600mm）SP2 节约造价 **20%**。
- 3、采用劲性复合桩 ZH3 较原钻孔灌注桩（d=600mm）SP3 节约造价 **17%**。

3.4 工期对比

本工程若采用 $\Phi 600\sim\Phi 800$ 钻孔灌注桩，桩长约 41~56m，单根桩的施工时间为约为 8~10 小时，每台设备每天施工 1.0~1.5 根桩；若采用劲性复合桩，桩长 21~42m，单根桩的施工时间约 2.5~3.0 小时，每天施工 4~6 根。因此，采用合理的施工安排，能够节省 20%以上的工期。

3.5 总结

综上所述：本工程劲性复合桩较灌注桩要节约 **17%~28%** 左右的工程造价，节约 **20%** 以上的工期，且施工便利，无泥浆污染，因此，本工程建议采用劲性复合桩。