

预制钢筋混凝土方桩桩端后注浆工艺设计与施工

张习上¹, 赵卫政²

(1. 安徽岩土工程有限责任公司上海分公司, 上海 200122; 2. 江苏兴厦建筑安装有限公司上海分公司, 上海 200237)

摘要:在分析了目前华东地区常用的钻孔灌注桩、预应力混凝土管桩及预制钢筋混凝土方桩等几种桩型优缺点的基础上,提出了将桩端后注浆工艺与预制钢筋混凝土方桩相结合的工艺,并通过工程案例验证该工艺既能提高单桩承载力,节约成本,又能够弥补钻孔灌注桩施工噪声大、效率低、环境污染严重等不足。介绍了这种组合工艺的设计与施工工艺。

关键词:预制钢筋混凝土方桩;桩端后注浆;注浆管路系统;桩靴注浆器

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)10-0058-05

Design of Pile-end Post-grouting Technology for Pre-cast Reinforced Concrete Square Pile and the Construction/
ZHANG Xi-shang¹, ZHAO Wei-zheng² (1. Shanghai Branch, Anhui Geotechnical Engineering Co., Ltd., Shanghai 200122, China; 2. Shanghai Branch, Jiangsu Xingxua Construction and Installation Co., Ltd., Shanghai 200237, China)

Abstract: Based on the analysis on the advantages and disadvantages of bored grouting pile, pre-stressed concrete pipe pile and pre-cast reinforced concrete square pile common used in east China at present, a technology of the combination of pile-end post-grouting and pre-cast reinforced concrete square pile was put forward. It was verified by project cases that this technology could increase the bearing capacity of single pile with low cost and also could remedy defects of high noise, low efficiency and environmental pollution in the construction of the bored grouting pile. The paper introduced the design and the construction process of this combined technology.

Key words: pre-cast reinforced concrete square pile; pile-end post-grouting; grouting pipeline system; pile shoe grouting injector

0 引言

随着我国城市发展建设进程的不断推进,市区空闲土地面积的逐步减少,导致建筑物沿纵向高度方向大幅提高,平面布局受到大幅压缩,市区内相邻建筑物间距离不断减小,对建筑物的桩基础设计及施工提出了更高的要求。

目前华东地区的上海、江苏、浙江等地桩基设计采用较多的桩基础类型有钻孔灌注桩、预应力混凝土管桩及预制钢筋混凝土方桩。钻孔灌注桩具有单桩承载力高,对周边环境影响较小的特点,但其施工工艺环节繁多,施工效率低、工期长、机械施工噪声大等,泥浆钻进施工及排放等问题对环境的污染也很严重。预应力混凝土管桩与预制钢筋混凝土方桩,其施工工艺特点是机械施工效率较高,施工现场文明施工效果好,采用静压法施工环境噪声污染较小。但此2种工艺有着共同的缺点,就是单桩承载力低,且施工挤土效应较大,施工时须充分考虑对周边道路管线及临近建筑物的保护。单就此2种桩型相比较,预应力混凝土管桩承受水平荷载能力很低,

抗剪效果差,而预制方桩除了承受竖向荷载,同时也可承受部分水平荷载;从挤土效应方面看管桩又比方桩稍好些。可以说几种工艺各有优劣。因此,如何扬长避短,采取有效措施弥补工艺缺点是现如今亟待解决的问题。

从1996年至今,有多人陆续研究对钻孔灌注桩进行桩端后注浆,以提高单桩承载力,达到降低工程成本的目的^[1,2],但仍无法解决市区内施工钻孔灌注桩工艺的众多缺点。所以笔者特别构思设计将桩端后注浆工艺与预制钢筋混凝土方桩相结合,既能提高单桩承载力,节约工程成本,又能够弥补钻孔灌注桩施工噪声大、效率低、环境污染严重等不足。

1 注浆系统设计

1.1 设计依据

在国标图集《预制钢筋混凝土方桩》(04G361)的基础上,保持原图集方桩配筋不变,对桩本身强度不但不产生任何破坏^[3],反而因增设注浆管路在注浆完成后有效提高了桩身的强度。

收稿日期:2012-05-18

作者简介:张习上(1980-),男(汉族),安徽人,安徽岩土工程有限责任公司上海分公司副总经理、工程师,土木工程及法律专业,从事地基基础工程施工管理工作,上海市东方路738号裕安大厦704室,ahytzxs@163.com。

1.2 设计方案

在预制钢筋混凝土方桩中心增设 $\text{Ø}32\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 注浆管一根,具体按照上、下节桩的不同分别进行布置。如果是多节桩,中间桩的设计桩头参照下节桩桩头,桩底参照上节桩桩底进行布置,以满足接桩及管路连接要求。

1.2.1 上、下节桩管路总体布置

上节桩注浆管贯通整根桩,下节桩注浆管自桩身上部埋设至桩尖部位,与注浆器相连接如图 1、2 所示。

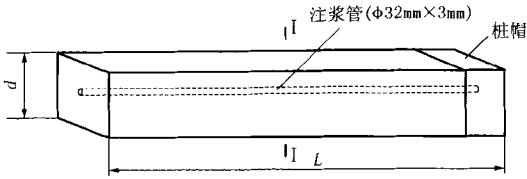


图 1 上节桩管路系统示意图

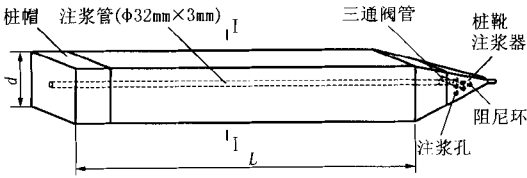


图 2 下节桩管路系统示意图

上、下节桩桩身中部基本剖面相同,方桩桩身配筋按照国标图集要求进行,如 I - I 剖面图所示(图 3)。

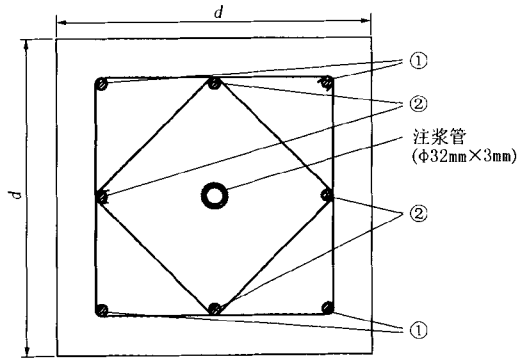


图 3 I - I 剖面图

1.2.2 桩顶注浆塞

因送桩需要,桩顶部位注浆管用橡胶塞塞住后,浇注在桩顶内部,待基坑开挖后将桩顶部凿除小部分混凝土,凿除深度 $\geq 50\text{ mm}$,清理干净后拔除橡胶塞,连接注浆管后进行注浆,如图 4 所示。

1.2.3 接桩

上、下节桩进行接桩时应注意注浆管对正,在上节桩注浆管管头部位涂抹硅酮密封胶后与下节桩注

浆管顶部压紧相连,之后用连接角钢对上、下节方桩四角进行电焊接桩作业,详见图 5 所示。

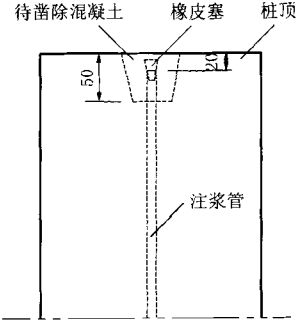


图 4 桩顶橡皮塞示意图

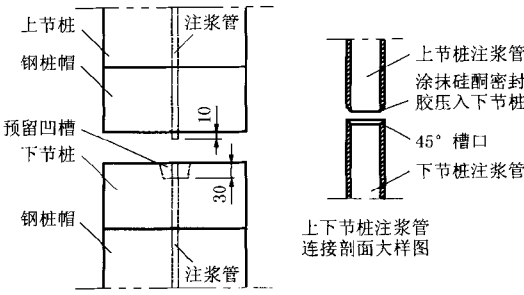


图 5 上、下节桩接桩示意图

1.2.4 桩靴注浆器

整个注浆系统的关键部位即为桩靴注浆器,要求注浆管与注浆器的连接密封可靠,注浆器空腔制作时焊缝要求紧密,不得有漏缝现象,每个注浆孔下方必须设置阻尼环以适当阻隔泥土进入空腔内,注浆孔在压桩施工前须采取必要的密封措施。桩靴注浆器如图 6 所示。

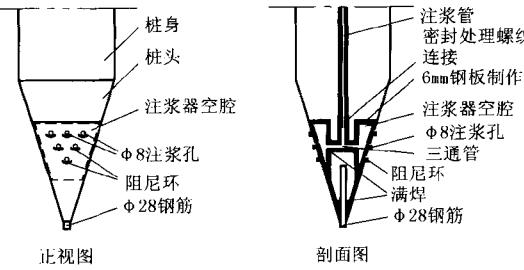


图 6 桩靴注浆器

2 施工工艺方法

2.1 施工工艺流程(图 7)

2.2 施工工艺方法

2.2.1 预埋注浆管路系统预制桩的制作

按照专利设计方案,在工厂预制钢筋混凝土方桩时预埋注浆管路系统,方桩养护完成后运输至施工现场按要求进行堆放。

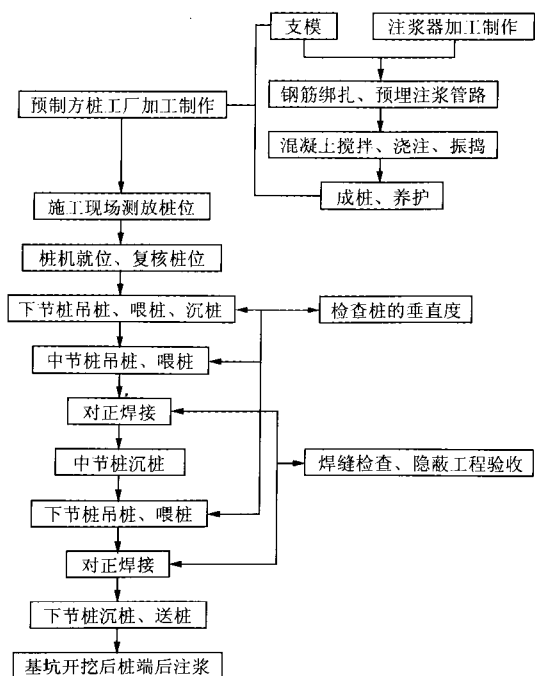


图7 施工工艺流程图

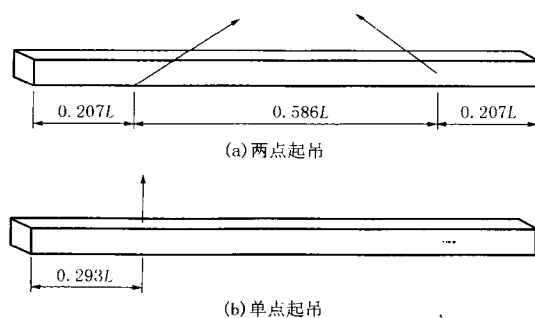


图8 桩起吊示意图

满足28天以上的龄期。

(2)沉桩施工要严格按施工组织设计中规定的施工流水顺序进行。

(3)沉桩前,要按施工图核对桩号,并要复核样桩位置是否准确。

(4)沉桩前,要清除桩表面的附着物,并在桩的侧面画上深度尺寸标志线。

(5)桩提升就位(又称插桩)前,桩机机身要调整水平。

(6)若插桩时,桩未能对准桩位,应将桩拔起重插,若因遇地下障碍物,桩偏离桩位时,应将桩拔起,清除地下障碍物,将孔回填后,重新放上样桩,再次插桩。

(7)插桩和压桩过程中,都必须采用2台摆放位置互为正交的经纬仪,控制桩身的垂直度。

(8)沉桩施工系隐蔽工程,按隐蔽工程规定要求进行记录,自检、互检、交接检,只有复检合格的桩,才能进行下道工序。

(9)沉桩时启动压桩油缸,当桩入土至50 cm时,再次校正桩的垂直度和平台的水平度,保证桩的纵横双向垂直偏差 $\geq 0.5\%$,然后启动压桩油缸,把桩徐徐压下;控制施压速度,一般不宜超过3 m/min。压桩应连续同一根桩中间间歇时间不宜超过30 min。

2.2.5 接桩

接桩是压桩施工中的关键工序,每班由班长和兼职质量员进行检查,专职质量员进行抽查,班报表应记录焊接人员名单,责任落实到人。方桩采用电焊接桩,接桩前要清除焊接范围内的泥土等杂物,然后进行对称分段焊接,减小变形和残余应力,如有间隙应用垫铁垫实焊牢。接桩用的角铁必须满足图集要求,上、下节桩之间的间隙应采用厚薄适当的铁片填实焊牢,接桩时应将四角点焊牢固,然后对称同时焊接以减少焊接变形,焊接时确保根部焊透,电焊条

2.2.2 测量放线

根据工程的设计要求及现场情况,在施工现场设置测量基线点及水准点,以满足工程施工的需要,测量基线布设于建筑物的外侧,定期检查校正。测放桩位的样桩,采用 $\varnothing 8$ mm 钢筋或涂红色油漆作为醒目标记。测放的样桩,应先凿除桩位处混泥土地坪及清除地下障碍物,重新复位校正后,经监理单位复核后才能使用。其样桩误差、轴线左右误差 ≤ 10 mm,轴线向桩位误差 ≤ 15 mm。

2.2.3 桩的吊运

工厂预制混凝土方桩进场须经验收合格后方可使用,根据有关规定,预制桩在使用之前,会同甲方对桩的外形尺寸及外观质量进行检查,对桩尖破损、桩身发生裂缝等,不符合质量要求的桩不用。对桩的混凝土强度有疑问时,经有关部门和人员检测鉴定,确定合格后才能使用。桩在吊运过程中必须平稳并不得损坏,垫木放置应上下对齐,并与吊点的位置相同(见图8)。

2.2.4 沉桩

桩机就位后,桩吊至桩位,桩顶套入桩帽,桩尖对准桩位并插桩,在桩机的正面、侧面用经纬仪成 90° 角同时校正,在桩与导杆平行,桩的垂直度符合要求并采取防止溜桩的相应技术措施后,方能投入施工,桩在压桩过程中,应密切观察桩的下沉情况,并作好记录。

(1)沉桩时,桩的混凝土强度需达规范要求,并万方数据

型号均采用 E43 相应牌号为 J422。

焊接时应做到上、下节桩垂直对齐,保证上、下节桩中心注浆管必须准确压入密封连接。检查桩端板是否合格平整、端板坡口上的浮锈及污物应清理干净,接点处理应符合下列要求:

(1)焊缝连续饱满,不得虚焊漏焊,不应有夹渣、气孔等缺陷;

(2)方桩接桩时上、下节桩的中心偏差 $\geq 5\text{ mm}$,节点弯曲矢高不得大于桩长的 1‰,且不得大于 20 mm,桩身弯曲度 $\geq L/1200$,方桩两端板之间间隙 $\geq 2\text{ mm}$,接缝错位 $\geq 2\text{ mm}$;

(3)焊接前连接角铁及端板坡口上的浮锈及污物应清除干净;

(4)接桩质量应符合《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205 - 2001)中对三级焊缝的要求,并按隐蔽工程验收后方可进入下一道工序施工。

2.2.6 送桩

送桩杆的中心线与桩的中心线应重合,送桩杆标记应清晰准确。桩顶标高控制:对于方桩控制在 $-5 \sim +10\text{ cm}$,若设计有贯入度要求则采用双控措施,原则上以设计桩顶标高控制为主,以贯入度控制为辅。送桩完及时记录最终贯入度并做好记录。

2.2.7 桩端后注浆

2.2.7.1 注浆前的准备

基坑开挖后,凿除桩顶部分混凝土,将注浆管头凿出,拔除木塞,连接注浆泵管。向注浆管路内注压清水,将注浆管路通路。

2.2.7.2 水泥浆液配制

浆液水灰比控制在 0.45 ~ 0.65 之间,水泥采用 P. O42.5 普通硅酸盐水泥,要求新鲜,不结块。

2.2.7.3 水泥浆液细化

将水泥预先搅拌均匀成水泥浆液后,通过砂网过滤,放入细化加工机械内进行湿磨细化加工,待细化合格后排到低速搅拌桶内,重新投料进行下盘细化加工,具体要求如下:

- (1)细化时间控制在 2 ~ 3 min;
- (2)细化水泥浆液必须具有析水性好,流动性好,同时稳定性好;
- (3)要求可注性强,抗渗性好,并具有早期抗压强度好等性能。

2.2.7.4 注浆

- (1)注浆必须连续进行,中途停待不得大于 30 min。
- (2)经细化的水泥浆液达到其设计浆液的万方数据

75%,方可注浆。

(3)桩端压注水泥量达到设计要求(单桩常规为 2.0 t)后即告终止。

(4)注浆过程中严格控制水泥浆液单位时间内的注入量,注浆压力控制在 1.2 ~ 4.0 MPa,终止压力可在 4.0 MPa 左右。

(5)每根桩水泥用量 2.0 ~ 2.5 t,当泵压达到 4.0 MPa,而水泥量达 75% 以上时,也可结束注浆。

(6)注浆完成后对管路顶部进行封堵措施。

(7)认真做好注浆记录,并要求及时、真实、准确。

3 工程案例

无锡龙湖滟澜山桩基工程,位于无锡新区,地下车库设计桩型为 AZH - 30 - 7B,采用图集《预制钢筋混凝土方桩》(04G361),总桩数 1099 根,设计单桩抗压承载力 1180 kN,总计试桩 12 根,我们另行抽取了 2 根工程桩进行了后注浆试验。静载试验结果详细数据对比如表 1、2,图 9 ~ 12。

表 1 139 号桩静载试验成果表

序号	荷载 /kN	历时/min		沉降/mm	
		本级	累计	本级	累计
0	0	0	0	0.00	0.00
1	236	120	120	0.60	0.60
2	354	120	240	0.47	1.07
3	472	120	360	0.62	1.69
4	590	120	480	0.66	2.35
5	708	120	600	0.74	3.09
6	826	120	720	0.72	3.81
7	944	120	840	0.68	4.49
8	1062	120	960	1.37	5.86
9	1180	120	1080	1.46	7.32
10	944	60	1140	-0.11	7.21
11	708	60	1200	-0.64	6.57
12	472	60	1260	-1.18	5.39
13	236	60	1320	-1.03	4.36
14	0	180	1500	-1.27	3.09

静载试验结果表明,采用后注浆的桩单桩竖向极限承载力达到了 1550 kN,比不采用后注浆的桩提升了约 30%,设计桩数可由原来的 1099 根减少至 850 根左右,经济效益显著,同时可加快施工进度,缩短工程工期,可见其良好的综合效益。

4 结语

按照以上设计对预制钢筋混凝土方桩进行细部构造调整,在桩身内预埋布置形成一套完整精密的注浆管路系统,沉桩结束后通过对预制方桩进行桩

表2 876号桩静载试验成果表

序号	荷载/kN	历时/min		沉降/mm	
		本级	累计	本级	累计
0	0	0	0	0.00	0.00
1	310	120	120	0.63	0.63
2	465	120	240	0.85	1.48
3	620	120	360	0.98	2.46
4	775	120	480	1.05	3.51
5	930	120	600	1.19	4.70
6	1085	120	720	1.24	5.94
7	1240	120	840	1.25	7.19
8	1395	120	960	1.44	8.63
9	1550	120	1080	1.37	10.00
10	1240	60	1140	-0.09	9.91
11	930	60	1200	-0.18	9.73
12	620	60	1260	-0.74	8.99
13	310	60	1320	-1.81	7.18
14	0	180	1500	-2.23	4.95

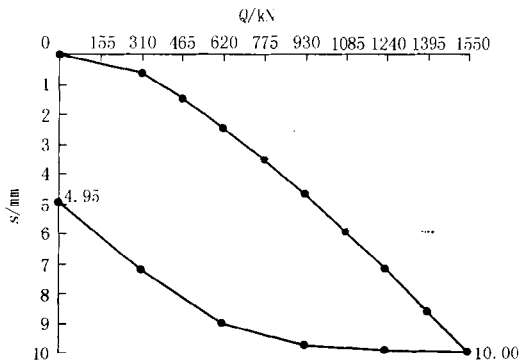


图11 876号桩Q-s曲线

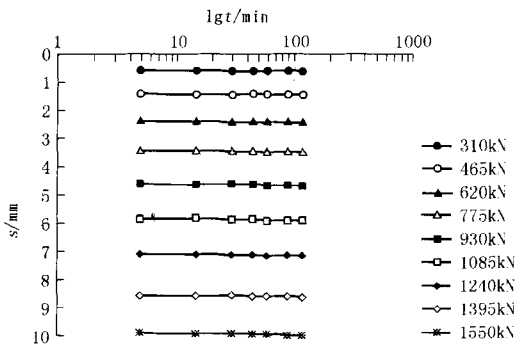


图12 876号桩s-lgt曲线

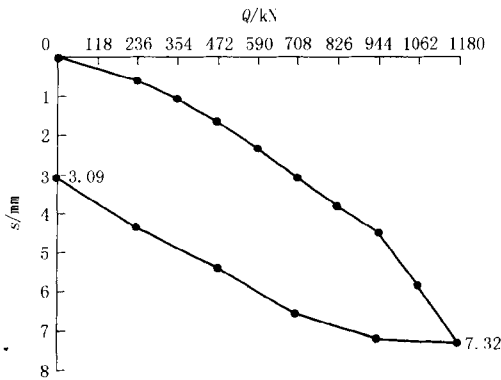


图9 139号桩Q-s曲线

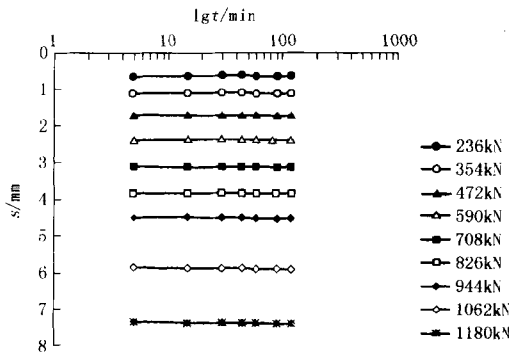


图10 139号桩s-lgt曲线

端后注浆,使桩端持力层土体固结、挤密,有效改善持力层土体的物理力学性能,提高持力层的土体强

度,从而大幅提高预制方桩的单桩承载力;同时因单桩承载力的提高,桩数可相应减少,使单位面积布桩密度大幅减小,又有效减小了预制方桩的挤土效应对市区内周边建筑物及管线的影响,也降低了保护措施费用。总之,静压预制方桩与桩端后注浆的有效结合,对有效降低工程成本、减少环境污染能够起到非常显著的作用。

参考文献:

[1] 毛广陵. 钻孔灌注桩桩端桩侧压浆新工艺的应用[J]. 探矿工程,1996,(6).

[2] 郑昌晶,张顺英. 钻孔灌注桩后注浆加固机理及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(8).

[3] 04G361, 预制钢筋混凝土方桩[S].

[4] JGJ 94-2008, 建筑桩基技术规范[S].

[5] 彭振斌. 注浆工程设计计算与施工[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社,1997.

[6] 刘金励,等. 建筑桩基技术规范应用手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社,2010.