

微型钢管压浆桩在有缺陷桩基加固中的应用浅析

李家宏

中铁广州工程局集团深圳工程有限公司

摘要：近年来，随着建筑行业竞争的日益激烈，如何降本增效成为施工企业首要考虑的问题，而通过先进的施工工艺来缩短施工周期，减少项目管理成本支出则是每个项目增加成本结余的重要手段之一。预应力管桩由于其工艺简单，施工方便，检测周期短等优点，相对于其他桩型，可以有效地缩短施工周期，在工程中得到广泛的应用，但对于一些地质条件较为复杂的项目，尤其是淤泥质地质条件项目，由于挤土效应或淤泥中存在孤石，很容易造成预应力管桩偏位、断桩、桩承载力不足等问题，如果按照传统补桩或挖出重打的方法，不但耗时耗力，费用较高，而且机械在行走过程中容易对其他成桩造成挤压而导致偏桩或桩上浮的问题。为解决淤泥质地质条件下预应力管桩偏位及承载力不足的问题，经过相关项目工程实例验证，微型钢管压浆桩在地基加固中的应用取得良好的经济效益和技术效益，对解决类似地质条件的缺陷桩基处理提供了一种可靠的方法，具有一定的推广价值。

关键词：微型钢管压浆桩；基础加固；施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.040

一、工程概况

广州市南沙区某项目5#-10#楼原设计地基基础为预应力静压管桩基础，但因该区域地质条件复杂，回填土淤泥层较厚，岩面起伏较大，部分区域存在较多孤石，致使预应力管桩施工过程中出现断桩、爆底、送桩过深、有效桩长不够、终压值不足等问题。原设计预应力管桩类型为抗拔桩和抗压桩，设计要求必须满足有效桩长和静压值要求，因此部分区域所施工基桩无法达到设计要求的有效桩长和静压值。后经设计、地勘、监理、施工几方研讨，综合考虑地质条件、施工条件、工期及成本等因素，决定对6号楼核心筒等区域有效桩长不够及终压值不足的预应力管桩采取微型钢管压浆桩加固的方法进行处理。

二、微型钢管压浆桩特点

1. 微型钢管压浆桩是一种“小径高强”的桩型，具有穿透能力强、桩径小、桩横截面单位面积承载力高、施工方便、适用于施工场地狭窄、场地地质结构复杂的场地施工等优点。

2. 微型钢管压浆桩受荷载后，钢管起双重作用，纵向受压承受荷载，环向受拉约束钢管内水泥浆桩体，桩体在受到侧向约束下，横向变形受到阻止，形成二向受压的应力状态，水泥浆桩体抗压强度大幅度提高，桩身水泥浆的承载能力也相应提高。钢管外侧的水泥固结体能够保护钢管，增加桩身摩擦力，提高耐久性，由于钢管与水泥浆的共同作用，即提高了其界面承载力，也改善了水泥浆的脆性性能，大大提高了抗弯刚度，从而减少了桩身因长细比较大而发生纵向弯曲失稳的可能性，

允许桩采用较大的长细比。

3. 微型钢管压浆桩的承载力由两部分组成，一是桩周地基上的摩阻力，这部分首先作用于钢管外侧的水泥浆固结体，然后通过水泥浆固结体与钢管之间的界面粘结力传递到钢管，最后才由钢管、水泥浆共同分担。另一部分是基岩提供的桩端端承力，桩端端承力则由桩底基岩承载力和桩周基岩粘结力共同组成，由于桩周摩阻力在数值上远小于桩端端承力，并且两者之间存在时间上的不同步性，所有桩的承载力主要由桩端端承力提供。

三、施工难点及解决措施

（一）施工难点

1. 因需要新增微型钢管压浆桩的区域地质多为淤泥和海沙，厚度为5m~8m，因此施工中在钻机提钻接杆时钻孔下部会出现反复塌孔而无法继续钻进的情况。

2. 施工过程中对于桩身垂直度要求较高，但施工区域多为淤泥和海沙，钻机施工时摆动较大，容易造成钻机水平移动和倾斜而使钻孔径向呈现S型或较大倾斜，从而导致终孔后钢管因钻孔径向波动较大而无法下放，同时也无法保证桩身垂直度。

（二）解决措施

1. 为解决微型钢管压浆桩引孔过程中出现塌孔的问题，根据现场实际情况，放弃传统的泥浆护壁和干法引孔的做法，决定首先采用高压旋喷桩对微型钢管压浆桩周围土体进行固结后再采用反循环泥浆护壁成孔的方法施工。

2. 为避免施工过程中钻机摇摆而出现孔洞弯曲和倾斜问题，在引孔前对钻机底部前后铺设槽钢，并将钻机底座钢架加压沙袋等重物，使其施工过程中摆动幅度在可控范围内。

四、施工工艺及施工要点

（一）施工工艺

高压旋喷桩固结土体→测量定位→钻机就位→钻孔→终孔→清孔→下放钢管→注浆→成桩

（二）施工要点

1. 钢管桩构造、型式、规格及桩长

本次设计钻孔孔径220mm，钢管桩桩径168mm，桩长以实际施工嵌入中风化岩层4.5m为准，桩身大样及接长方法如下图所示。

2. 钢管桩主要参数

3. 钢管桩制作

根据设计图纸要求的深度进行下料，钢管连接采用套管连接，连接处加强焊接，焊缝应饱满，并应检查钢管的垂直度，焊工必须持证上岗，施焊前进行试焊。钢管顶端做成尖状，桩底端两侧分别开“V”型缺口，使部分浆体流入管外侧起到对管与侧壁土体间的充填及加固作用。下部6米范围内钻出浆口，直径、间距按设计

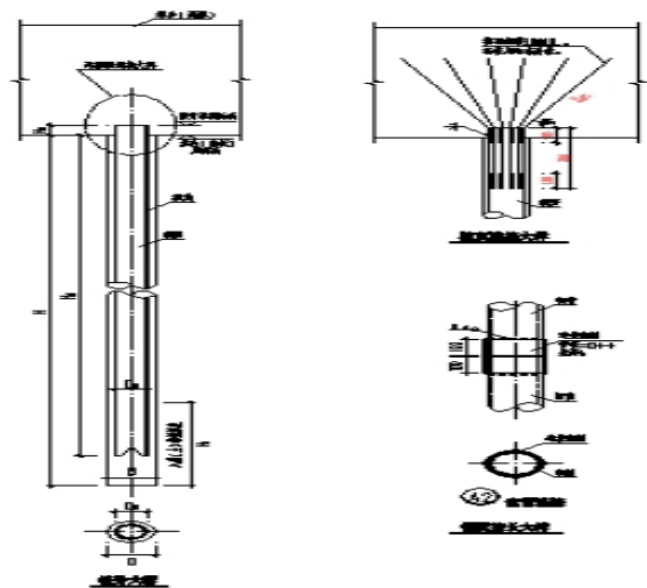


图1 桩身大样及接长方法

要求，出浆孔呈梅花型交错布置。

4. 高压旋喷桩固结土体

高压旋喷桩桩位同微型钢管桩，施工时提升速度为15cm/min，注浆量控制在80L/min，因此每米的水泥用量控制在0.5T，水灰比为1:0.5，旋喷桩施工至中风化岩面即可。

5. 测量定位

根据设计变更要求的间距、排距、定位、标高进行测量放线，测放桩位，使用短钢筋打入地下进行桩位的定位。桩位固定后要采取有效保护措施，用红布拴在短钢筋上作为标识，同时在桩位区域严禁大型车辆行驶，避免土体挤压旋喷桩造成偏位过大。

6. 钻机就位

施工前将场地整平，将钻机安放在指定位置安放水平，钻机底座垫200mm×400mm枕木，枕木下用表面平整的较大块石或者是标砖垫底，用线坠前后左右两个方向调整钻机垂直度，防止倾斜，钻头中心对准桩位中心，钻杆安装调试到位，启动钻机，慢慢钻进。本工程为避

表1 微型钢管桩参数表

桩号	单桩竖向承载力特征值Pa (KN)	单桩竖向抗拔承载力特征值Pa (KN)	桩身尺寸				钢管					备注	
			D (mm)	H (m)	H1 (m)	H2 (m)	直径Dc	壁厚t	长度Hc (m)	接长形式	接长钢板(管)厚度t		桩顶连接形式
GGJ1	600		220		4.5	100	168mm	6mm		②	12mm		

免钻机摆动过大造成桩孔径向波动过大而无法下钢管，因此选用Φ250mm空心硬质乌金钻头（类似于取岩芯芯样做法）。

7. 钻孔

按设计要求，钻孔时，采用优质泥浆护壁，钻孔时进行各土层确认，检验所参照的地质资料是否与设计符合。每进深2m需要接一次钻杆，钢管底部要求入中风化岩4.5m以上同时保证10m设计桩长作为终孔条件。

8. 清孔

在注水泥浆前，对桩孔进行清孔，使孔内泥浆全部排出，要求孔底沉渣厚度不大于50mm。

9. 下放钢管

采用起吊设备将制作好的钢管，放入孔内，预估桩端埋深10.0m-12.5m（现地面计起，根据原钻孔资料、结合中风化岩层入岩4.5米的要求）。在钢管桩安装过程中，为控制好钢管的垂直度，提高钢管安装质量，以



图2 空心钻头



图3 钻杆





图4 反循环泥浆护壁钻孔



图5 成孔提钻

操作平台及采用两向垂线法控制垂直度。

10. 注浆

(1) 采用孔底返浆灌浆法，灌浆管插至孔底，直至孔口返出纯浆体为止时停止灌浆。下放钢管完毕后，要及时进行注浆，注浆管由注浆机直接接入到入孔内的钢管上，接口要密封连接，注浆管采用橡胶管输送。

(2) 在现场指定位置固定注浆机，拌制的水泥浆放入直径为 $\Phi 1.5\text{m}$ ，高度为 1m 的钢制浆筒内（类同与砂料斗）后加水搅拌，灰浆搅拌时间不少于 3min ，浆筒的作用主要是较为准确的调节水灰比，灰浆搅拌均匀后拉开浆筒下部插板流进 $1\text{m}\times 2\text{m}\times 1\text{m}$ 灰浆池，灰槽内设置灰浆搅拌机不停的搅拌灰浆，避免水泥在注浆时间内下沉，造成水灰比不均匀，然后由注浆机注浆。注浆管安装压力表，压力表必须经过准确的标定。首次注浆压力为 $0.5\text{--}0.8\text{MPa}$ ，水灰比控制在 $0.45\text{--}0.5$ 之间，注浆后暂不拔管，直至水泥浆从管外流出为止。首次灌浆后，由于浆体的凝固收缩及沉淀，在混凝土成孔孔内壁与钢管桩外侧会有空隙出现，因此首次注浆后约 $1.5\text{h}\sim 4\text{h}$ 后进行二次注浆，注浆压力控制在 $1.5\text{MPa}\sim 2\text{MPa}$ 范围内，待水泥流出钢管外后停止，使孔口位达到灌浆、充填饱满，注浆后拔出注浆管，密封钢管端部，加压数分钟，待水泥浆再次从钢管外流出为止。

五、质量控制

1. 桩径容许偏差小于 $-20\text{mm}\sim 50\text{mm}$ ，垂直度 $<1/100$ ，桩位中心偏差不得大于 100mm 。

2. 确保钻机放置平衡，避免在成孔过程中因此而产生较大的晃动，影响成孔质量（尤其是成孔的孔径、垂直度）。

3. 为了保证成孔的深度，钻孔底虚土沉渣后应小于 50mm 。

4. 终孔时应进行桩端持力层验收，由勘察、施工、监理等共同对桩端持力层的深度进行确认，并经书面签证，合格后方可继续施工。

5. 按照摩擦型桩、抗拔桩的要求，对有关桩长进行有效控制。

6. 微型钢管桩施工中，应仔细测量孔深、钢管长度及注浆管长度，避免出现假桩断桩现象。

7. 严格控制桩顶桩底标高。

8. 第一次注浆压力在 $0.5\text{--}0.8\text{MPa}$ ，并保持 3分钟 ，

以保证压力压破胶带，使浆液压出管外注满桩体，第二次注浆压力 $1.5\text{--}2.0\text{MPa}$ ，两次注浆间隔时间不小于 $1.5\text{--}4\text{小时}$ 之间。

六、成桩成果分析

(一) 桩基检测

1. 检测要求

根据《建筑基桩检测技术规范》JGJ106规定，要对微型钢管灌注桩进行桩基承载力及完整性抽检，根据规范要求，抽检数量为桩基总数 8% 且一个单位工程不少于 10根 。该工程管桩总数为 52根 ，按要求抽检 10根 。

2. 检测方法

桩基常规承载力检测方法为静载法和高应变法，因钢管桩间距为 2m ，静载堆重无法堆放，因此，根据现场实际情况，选择高应变法对基桩承载力进行检测。

3. 检测结果

根据检测报告显示，所测各桩动测承载力均满足要求，且各检测桩动测承载力变化幅度较小，证明施工工艺选择合理，工况稳定，完全达到了桩基加固的预期目的。

七、结语

工程实例，微型钢管压浆桩对于有缺陷的预应力管桩加固取得了良好的效果，因此，对其他有类似工程地质和质量缺陷的桩型提供了一种可靠的处理方法，具有较大的实用价值。

因本工程地质条件较为复杂，存在较多海沙，导致钻机下钻过程中出现塌孔现象，不得不采用高压旋喷桩对土体先行固结后再行钻孔施工，成本相对较高，因此，对于在一些土质条件较好的黏性土区域，可直接使用干法引孔，无需泥浆或者是套管护壁直接成孔，高效便捷。

因本工程桩芯填料采用水泥浆，在施工过程中造成较多浪费，不利于节约成本和资源，因此，根据该种桩型的受力原理，可在桩芯选择填塞碎石，然后注浆成桩，不但可节约水泥用量，节约成本，而且管桩强度和承载力将会更高，完全可以通过增加桩径作为一些建筑物的桩基。

同时，对于地下室渗透系数较大、流速较快，或存在成孔深度钻破承压水层等情况时，较难形成有效的桩体，水泥浆流失严重，采用本微型钢管压浆桩不适宜。

综上所述，鉴于微型钢管压浆桩小径高强，施工便捷，可适应一些地质条件较为复杂的施工场地等特点，可将微型钢管桩广泛用于基础加固、低层建筑基础、深基坑支护等方面。

参考文献

[1] 马洪波, 郭丽琴. 微型钢管桩在特殊地质基坑支护中的应用[J]. 天津建设科技, 2017(2): 18-20.

[2] 李辉, 胡晖. 微型钢管桩在处理有缺陷人工挖孔桩中的应用[J]. 广东土木与建筑, 2000(3): 52-54.

[3] 曹起昂, 陈沉. 微型注浆钢管桩加固技术在房建基础工程中的应用[J]. 工程技术(引文版), 2016(12): 183-184.

[4] 吕仁军, 苏白济. 微型钢管桩在软土基坑施工中的注浆施工方法的研究[J]. 城市建设理论研究, 2013(30)