

长螺旋钻孔压灌超流态混凝土灌注桩在建筑工程中的应用

邓文

中铁城建集团有限公司

摘要：针对各种软弱土地基处理中，普遍为钢筋混凝土灌注桩，在此基础上为达到更快更好的施工效果，将普通混凝土替换为超流态混凝土。使用了超流态混凝土的钢筋混凝土灌注桩因混凝土具有较普通混凝土更高的坍落度及和易性而能达到更好的桩身质量、地基承载力。而且这样的桩体比较适合复杂的地质条件，施工效率高，成本也比较低。本文介绍了超流态混凝土灌注桩的优势，结合工程实例探讨了超流态钢筋混凝土灌注桩在建筑工程中的应用。

关键词：超流态混凝土；压灌；后补注浆

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.027

一、引言

石化园区建设项目位于吉林省松原市，地基基础采用钢筋混凝土灌注桩。通过对地勘报告的研究及现场实际踏勘，发现地下土质大部分为砂质土及带砂粉质土，并且地下水位均在-1.5m的位置左右，对桩基础施工而言存在极大的困难。因地质特征及工期要求，若采用泥浆护壁灌注桩则工序繁琐、施工效率较低且很难保证成孔率、桩身混凝土密实度及钢筋笼下放位置。经项目人员多次技术探讨后，对施工方法进行了优化，采用长螺旋钻机来保证桩的成孔率并提高施工效率。更换普通混凝土为超流态混凝土来保证桩身混凝土密实度及钢筋笼下放位置，将两种技术整合优化后，形成超流态钢筋混凝土压灌桩施工工法。

二、超流态钢筋混凝土压灌桩的优势

（一）适应性强、应用广泛

不受地下水位及地下土质的限制，特别适用于复杂、难处理的地质条件，如粉细流沙层、深回填土等。

适用于群桩地基施工，在桩间距较小的情况下，可采用间隔跳打施工方法进行连续施工，施工工效高。

（二）施工效率高

一次成孔：钻孔效率高，孔深及孔径有保障。

二次成桩：超流态混凝土具有比同强度混凝土最优坍落度高20cm（22cm~25cm）左右且能保证混凝土和易性及流动性的优点，方便下压钢筋笼。

（三）成桩质量好

因采用压灌混凝土施工，泵入压力最小为7Mpa，泵入混凝土体积始终大于钻杆上提量，拥有桩端无虚土，桩身无径缩，无断桩，混凝土密实等特点，故成桩质量好^[1]。

（四）有利于文明施工管理

此工艺不需要泥浆护壁和混凝土振捣施工，避免了泥浆溢流，减少了噪音及污染^[1]。

（五）综合效益高

在含水量较大的地区施工可按原设计混凝土等级进行混凝土施工，工程成本低于其他桩型，成桩速度快，能够大大缩短工期^[2]。

三、超流态混凝土钻孔压灌桩在建筑施工中的应用分析

（一）工程总体情况介绍

本项目位于吉林省松原市，地基基础采用钢筋混凝土灌注桩。静止水位埋深为现有自然地面以下0.8-2.2米，场区共有7个单体采用超流态混凝土钻孔压灌桩，总桩数958根，桩径为350mm-400mm，桩身采用商品混凝土，强度等级C30，桩长13m-14m。单桩承载力特征值450KN-500KN，桩端持力层为第六层粉质黏土，已检测桩数10根，检测结果全部达到设计要求，最大承载力比设计提高2倍以上。

（二）超流态混凝土钻孔压灌桩工艺原理

工艺原理是采用长螺旋钻机，从设计标高开始，一次钻孔成型。

待钻孔终止后，使用内管的混凝土卸料孔灌注混凝土，且要在提钻的同时进行。利用混凝土泵将坍落度220mm~250mm的超流态混凝土（混凝土充盈系数应大于1.1）通过高压胶管排出。在灌注混凝土十秒至二十秒或无法压灌混凝土（防止塌孔）的前提下逐步将钻具提上来（提升的速度应视混凝土泵车的工作效率而定），边注浆，边提钻，最终形成桩体。压灌高度超过桩设计标高的500mm后（挤出多余浮浆及杂土，保证桩身混凝土密实）停止。

最后，利用吊车将制作好的钢筋笼压入孔内，可利用钻机上振动开关辅助下压，再次确保桩体的混凝土密实。

（三）超流态混凝土钻孔压灌桩施工工艺流程及操作要点

1. 工艺流程

场地平整及桩位放线→钻机到位、钻孔至设计深度→边提钻杆边灌超流态混凝土→移开钻杆放入钢筋笼→补浆→成桩桩头处理

2. 施工方法

★准备工作

- （1）熟悉地勘报告及核实地下水位；
- （2）熟悉施工图纸及做好图纸会审记录；
- （3）调查和核实可能影响工程施工的任何地下或架空的设备管道的位置，并采取适当的保护措施。
- （4）铺好施工临时排水管道及施工用水、用电管线。
- （5）做好施工中所需的各种材料的计划和供应工作。
- （6）进行施工人员的安全责任教育。

★场地平整、放线、设备组装

- （1）对场地标高进行测量，做到三通一平。
- （2）利用测量仪器进行桩位测放，测放工作完成后需换人进行复测，在桩施工之前用于配合桩位施工的垂直运输设备应调试完毕。
- （3）对桩机进行调整，使桩机运行过程中保持平稳，不会出现安全事故。

★钻机就位、检测桩口标高、明确钻孔深度。

★制作钢筋笼，明确商品混凝土供应商。

(1) 钢筋运送到现场，须按型号及类别分别架空和堆放。

(2) 钢筋使用前必须要进行调直除锈，并且要具备出厂合格证以及合格的试验报告，方可使用。

★桩成孔、提钻和压灌混凝土

(1) 挪动钻机确定好施工位置，定位的误差≤2cm。垂直度采用钻机自身的垂直检测装置控制，并辅以经纬仪进行垂直度校正^[3]。

(2) 每台班第1根桩需先注入砂浆且需要比设计桩钻深30cm。并根据现场实际情况来确定砂浆的用量，然后搅拌混凝土。

(3) 当钻机钻孔达到设计深度后，在提钻杆的同时通过高压混凝土输送泵来向孔底压灌超流态混凝土，混凝土泵开始压灌混凝土后需停顿10~20s，确保桩端混凝土压灌密实，提钻的同时进行混凝土的泵送施工，提钻的速度应同混凝土泵车的工作效率及性能而确定。边提边泵送混凝土至桩顶0.5m，无憋泵现象后旋转上提2m再静拔。在地下水位偏高或土质渗透系数过大的地域施工，混凝土的充盈系数应达到1.1以上^[5]。

★下放钢筋笼

(1) 吊装钢筋笼时，为防止钢筋笼因吊装变形，需采取多点挂钩吊运，安放对准孔位后为了避免钢筋笼和孔壁之间的碰撞以及自由下落，应立即固定。

(2) 应立直将钢筋笼放入混凝土中，钢筋笼离桩端100cm范围内，向内侧倾斜30°，且此区域取消箍筋并用加强箍筋来代替，严防碰撞桩孔中的土侧壁。

(3) 钢筋笼在压入混凝土中时，应按照螺旋箍筋的方向旋转进行。

★插管后补浆

为了保证桩端和桩侧面以及其他的一些连接处达到更好的紧密效果，桩成后需要进行补浆措施。这样做的目的是为了增大桩侧阻力以及桩端的阻力，并且提高了桩的承载力，减少桩基的一个沉降概率。

(1) 注浆管的设置

1) 桩端注浆管的设置：

宜根据桩径大小设置，对于直径不大于600mm的桩设1根注浆管；对于直径大于600mm而不大于800mm的桩对称设置2根注浆管^[3]；

2) 桩侧注浆管的设置：

根据土层情况，按所需承载力和每根管影响范围，并宜根据桩径大小设置，对于直径不大于600mm的桩同一断面设1根注浆管；对于直径大于600mm而不大于800mm的桩同一断面对称设置2根注浆管^[3]；

(2) 注浆管的安放

桩侧安放：在钢筋笼长度范围内的可以绑扎在钢筋笼上，超过钢筋笼长度时采用专用安放注浆管装置将注浆管安放在设计位置^[3]；

桩端安放：通长钢筋笼，注浆管随钢筋笼同时安放，非通长钢筋笼，在安放钢筋笼后及时采用专用装置将注浆管安放至桩端^[3]；

(3) 注浆的流速

注浆流速不宜超过75L/min，对独立单桩、桩距大

于6d的群桩和群桩初始注浆的数根基桩的注浆量应按上述估算值乘以1.2的系数^[3]；

(四) 材料与设备

现场主要施工材料如表1：

表 1 主要施工材料表

序号	材料名称	规格型号	数量	主要技术指标
1	钢筋	HRB400 8	20T	国标
2	钢筋	HRB400 14	130T	国标
3	钢筋	HRB300 12	15T	国标
4	超流态混凝土	C30	5130m ³	国标

现场主要施工机具设备如表2：

表 2 主要施工材料表

序号	机具设备名称	规格型号	数量	主要用途
1	长螺旋钻机	JZB60/110 千瓦	2 台	钻孔
2	混凝土泵	75	2 台	泵送混凝土
3	挖掘机	ZL50C	2 台	清理钻机堆土
4	翻斗车	10m ³	2 台	运土

(五) 质量控制

1. 严控超流态混凝土原材料的质量

(1) 应根据桩身混凝土的设计强度等级，通过试验确定超流态混凝土配合比，混凝土坍落度宜为22cm~25cm；与混凝土供应单位对接，控制混凝土配料质量如表3：

表 3 砂、石含泥量允许值表^[3]

材料品种	混凝土强度等级	含泥量按重量计 (%)	泥块含量按重量计 (%)
砂	大于或等于 C30	≤ 3.0	≤ 1.0
	小于 C30	≤ 5.0	≤ 2.0
石	大于或等于 C30	≤ 1.0	≤ 0.5
	小于 C30	≤ 2.0	≤ 0.7

(2) 水泥宜选用强度等级不低于32.5MPa的普通硅酸盐水泥，最大水灰比0.6，最小水泥用量350kg/m³^[3]。

(3) 粗骨料应采用连续级配碎石或卵石，粒径为5~30mm，一般宜选5-20mm，保证石子可在超流态混凝土中悬浮，改善混凝土的和易性和可泵性^[3]。

2. 钢筋笼质量控制

(1) 钢筋笼的制作要由专业的焊工操作，严格按图纸的要求加工，主筋间距的允许偏差为±10mm，箍筋间距的允许偏差为±20mm，钢筋笼直径的允许偏差±10mm，钢筋笼长度的允许偏差为±50mm。钢筋笼下端500mm处主筋宜向内侧弯曲15~30°^[3]。

表 4 钢筋笼制作质量控制表^[3]

项次	项目	允许偏差 (mm)
1	主筋间距	±10
2	钢筋或螺旋筋螺距	±20
3	钢筋笼直径	±10
4	钢筋笼长度	±50

(2) 钢筋笼主筋与加强筋必须焊接。钢筋笼主筋与螺旋箍筋可采用点焊或绑扎,交叉点开焊或脱扣、松扣数量不得大于钢筋笼交叉点总数的1%,并且任一根钢筋上开焊或脱扣、松扣点不得大于该钢筋交叉点的1/2^[3]。

3. 成桩质量控制

(1) 提钻的同时进行混凝土的泵送施工,提钻的速度应同混凝土泵车的工作效率及性能而确定,以保证桩身质量。

(2) 孔深:在钻机机身确定钻孔深度标记,确保桩身长度满足设计要求。

(3) 防止断桩、缩径、桩头标高不足

钻机提拔的速度与混凝土泵送速度相互配合,使桩体内混凝土时刻保持充盈状态。

(4) 施工顺序:在桩间距较小的情况下,可以采用间隔跳打施工方法进行连续施工,提高施工工效。

(5) 施工中应对桩位、桩长、垂直度、钢筋笼笼顶标高等进行检查^[4]。

(6) 桩身混凝土的泵送压灌应连续进行,当钻机移位时,混凝土泵料斗内的混凝土应连续搅拌,泵送混凝土时,料斗内混凝土的高度不得低于400mm^[5]。

(7) 为了保证成桩质量,防止断桩,混凝土输送压力控制在5~6MPa,提升钻管应缓慢,每提升1米停钻继续压灌,以补偿降低的压力^[2]。

4. 后注浆质量控制

(1) 后注浆应在成桩后7h~8h采用清水开塞,开塞压力宜为0.8MPa~1.0MPa^[3]。

(2) 注浆施工宜于成桩2d后开始;不宜迟于成桩30d后^[3]。

(3) 注浆作业与成孔作业点的距离不宜小于8m~10m^[3]。

(4) 对于饱和土中的注浆顺序宜先桩侧后桩端;对于非饱和土宜先桩端后桩侧;桩侧桩端注浆间隔时间不宜少于2h^[3]。

(5) 对于同一根桩的各个注浆管,注浆量应进行控制,保持一致^[3]。

(6) 对于桩群注浆宜先外围、后内部^[3]。

四、超流态混凝土钻孔灌注桩在建筑施工中效益分析

(一) 社会效益

压灌超流态钢筋混凝土灌注桩,施工的进度快,机械化程度高,综合经济效益好,与其他桩相比,虽然混凝土的费用会略高,但在同等地质条件下,每立方米混凝土的承载力能提高0.55倍,且超流态混凝土成型后不会因为周围地下水回升而影响桩体自身强度,有效确保了桩身质量。其次超流态混凝土摩擦系数低,流动性好,抗分散性好,石子能在其中悬浮,易于钢筋笼的插入,并且在混凝土输送过程中不易造成管道堵塞,使施工效率大大提高,最后本桩体适用于复杂、难处理的地质条件,如粉细流沙层、深回填土等。

(二) 经济效益

根据市场行情,压灌超流态钢筋混凝土灌注桩因施工效率高,节省工期约20天,并且因混凝土的特性节省了钢筋笼下放工序的施工工期,减少了人工工日及机械台班消耗。将节省工期而节约的机械费及人工费在综合

单价中进行考虑,本超流态钢筋混凝土压灌桩综合成本约为85元/m,而泥浆护壁灌注桩及普通长螺旋钻孔灌注桩的成本为105~110元/m不等,成桩成本节省约20元/m左右。

序号	桩种类	综合单价 (元/M)	数量 (米)	总价 (万元)
1	普通钢筋混凝土灌注桩	110	13000	143
2	超流态钢筋混凝土灌注桩	85		110.5
节约总计		32.5 万元		

并且施工中不需要进行降水、泥浆制备及排污等工作,节约投资,节省部分环保措投入。在地下水位较高或地下水含量较大的地质施工时,因超流态混凝土本身强度较高的情况下,可以与设计单位进行验算,不需要提高一标号进行施工,工程造价大大降低。

(三) 环保效益

本工法未设置泥浆池、不排污,直接避免因废料及扬尘对环境所造成的影响。并且施工中对粉尘、废气、废水、噪声污染,可降到最低限度,保护周围环境不受污染。

五、结束语

超流态钢筋混凝土灌注桩不受地下土质和地下水位的限制,施工可以在桩施工间距不大的情况下连续进行,但在施工工效高的情况下,需间隔跳打。其次,特别适用于软硬夹层、粉状流沙层、深回填土和地下水位较高的地基等复杂难处理的地质条件。此类桩将成为将来建筑工程广泛使用的新型技术。对桩基础质量更是具有保障作用,钻孔效率高,孔深及孔径有保障,一次成孔;超流态混凝土具有比同强度混凝土最优坍落度高20cm(220mm~250mm)左右且能保证混凝土和易性合及流动性的优点,有利于下压钢筋笼,即二次成桩。成桩质量较好,避免了断桩、缩径、桩端虚土等质量通病。因采用压灌混凝土施工,泵入压力最小为7Mpa,泵入混凝土的体积永远比钻杆上的体积大。可以确保桩端无虚土,桩身无径缩,无断桩,混凝土密实等特点。故成桩质量好,且在含水量较大的地区施工可按原设计混凝土等级进行混凝土施工。本文以现场实例分析超流态钢筋混凝土压灌桩工艺流程及控制要点,为后续更多项目提供切实有效的技术贡献。

参考文献

[1] 刘京城. 钻孔压灌超流态混凝土成桩施工技术[J]. 施工技术, 2002, 31(61): 21~22.
 [2] 毛泽华. 长螺旋钻孔压灌超流态混凝土桩基础的应用[J]. 湘潭师范学院学报, 2004, 12(4): 81~83.
 [3] 中华人民共和国国家标准. 建筑地基基础工程施工质量验收规范, GB50202-2018, 北京: 中国计划出版社, 2018.
 [4] 黑龙江地方标准. 钻孔压灌超流态混凝土桩基础技术规程(2021版), DB23/T 1389-2010, 黑龙江省质量技术监督局; 黑龙江省住房和城乡建设厅, 2010.
 [5] 中华人民共和国行业标准. 建筑桩基技术规范, JGJ94-2019, 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.