

浅谈钻孔灌注桩后注浆应用施工技术

郭红帅 孙自飞
中建二局第三建筑工程有限公司
DOI:10.32629/bd.v3i10.2742

[摘要] 本文结合工程项目实例,详细的阐述了后压浆灌注桩技术对钻孔灌注桩承载力的影响、后压浆灌注桩技术的施工工艺,以及后压浆灌注桩技术广阔的工程应用前景。

[关键词] 钻孔灌注桩; 后注浆; 超高层

1 后注浆技术简介

灌注桩后注浆技术作为2017年建筑业10项新技术^[1],在超高层灌注桩基础有着越来越广泛的应用。钻孔灌注桩后注浆技术已逐步得到应用和推广,其对提高钻孔灌注桩单桩承载力、减小单桩桩基沉降、减少桩底沉渣、节约工程造价、减小单桩成桩质量的离散型等方面目前有着不可替代的优势。

1.1 后压浆灌注桩的分类

根据目前的技术水平和施工工艺,后压浆灌注桩可从注浆管埋设方法^[2]和注浆工艺两个方面进行分类:

1.1.1 按注浆管埋设方法分类

按注浆管埋设方法分类,后压浆灌注桩可以分为桩身埋设注浆管和钻孔埋管注浆两类。

(1) 桩身预埋注浆管注浆

桩身预埋注浆管注浆是指在灌注桩施工前预先将注浆管放置好,待浇筑桩身混凝土时浇筑在桩身中。预埋注浆管一般采用以下方法:在钢筋笼绑扎完毕后,将注浆管固定在钢筋笼上,钢筋笼下沉时,固定在钢筋笼上的注浆管随其一起放入桩孔内;或者是在钢筋笼放好之后,将注浆管单独插入孔底并用适当的方法将其固定在钢筋笼上,防止浇筑桩身混凝土时注浆管移位;注浆管可以放置在桩身的中部,也可以放置在桩身的侧面。

(2) 钻孔埋管注浆

桩身钻孔埋管注浆一般是在桩承载力不能满足要求和进行桩基事故处理时所采用的方法,钻孔埋管注浆可分为桩身中心钻孔埋管和桩外侧钻孔埋管。桩身中心钻孔埋管注浆是在成桩之后,在桩身中心钻孔埋设注浆管,并深入到桩端以下约1-2倍桩径范围,然后注浆。桩外侧钻孔埋管是指成桩之后,沿着桩身四周0.2-0.5m的间距钻孔并注浆。

1.2 钻孔灌注桩后注浆施工工艺

后压浆灌注桩技术是在灌注桩成孔过程中,预先在桩侧、桩端设置压浆管、压浆阀,待浇筑混凝土成桩一段时间后,再压入配制的水泥浆液的一种新工艺,后压浆施工应遵循标准“公路桥梁灌注桩后压浆技术规程”^[3](T/CECS G: D67-01-2018),后压浆工艺流程如下图1-1所示。

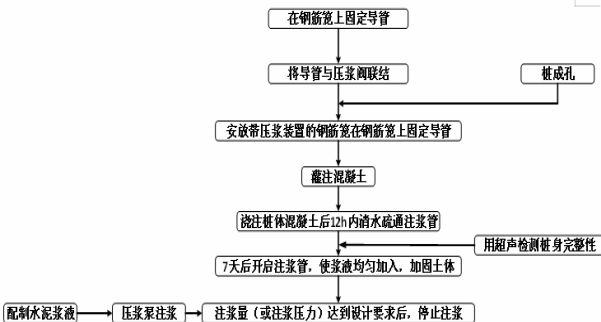


图1-1 钻孔灌注桩后注浆施工艺图

后压浆导管应连接牢固和密封;内导管应与钢筋笼加箍筋沿周长对称焊接或绑扎固定;压浆管阀与内导管的连接应符合设计要求;钢筋笼起吊、安装过程应确保压浆装置不受损,严禁扭笼、撞笼和墩笼。

1.2.1 埋设注浆管

注浆管一般采用无缝钢管、黑铁管,也可以采用PVC管。在埋设注浆管之前,要认真了解地层情况,准确计算出注浆管的长度。注浆管过长,会给埋设带来一定的困难,而且影响注浆效果;注浆管过短,注浆管到达不了预定的位置,将无法注浆。因此,精确确定注浆管的长度十分重要。

注浆管采用无缝钢管时,其结构分为三部分:端部花管,中部直管以及上部带丝扣的接头。花管部分的侧壁按梅花状设置出浆孔,孔径一般为6~7mm^[4]。

注浆管绑扎在钢筋笼上埋设时,由于钻孔灌注桩成孔工艺的要求,注浆管必须分段埋设,因为注浆管注浆过程中要承受很大的压力,因此保证接头的质量尤为重要。注浆管布设在钢筋笼上,且位于桩的外侧时,如果接头不严密,将有可能是浆液冲破桩身混凝土保护层,达不到预定的注浆深度。尤其桩身龄期较短时,这种情况更有可能发生。通常的做法是在每段注浆管的丝扣连接中用生胶止水带,使每段注浆管之间有一定的伸缩空间。此时,要保证注浆管连接的质量。

注浆管直接从桩孔中埋设至桩端时,如图1-2所示,在进行水下混凝土浇注时,当导管中的球(塞)剪掉后,混凝土会迅速下落,冲击孔底,然后立即上泛,这就有可能引起注浆管的上浮,如不及时进行处理,就将直接影响注浆效果^[5]。因此,从浇筑混凝土开始就应立即观察注浆管的上浮情况,如发现注浆管有上浮迹象,应及时处理。

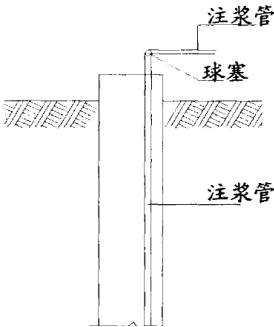


图1-2 注浆施工示意图

埋设好后,要立即向管内注满清水并密封上端口,以减少管内外压力差,止注浆管的变形和异物的进入,堵塞管路,影响注浆效果。

1.2.2 压水疏通注浆管

当桩身混凝土达到一定的强度时,要及时对注浆管实施预先压水,预先劈裂花管侧边的混凝土保护层和花管端部的胶带,打通注浆通道。注浆管预压水的时间一般在混凝土浇筑之后的3-7天进行。

1.2.3 注浆施工

(1) 预注清水

在正式注浆之前，应先试压清水，又称作开塞。待注浆管畅通之后再压注水泥浆液，这是因为清水中沉淀物少，即使出现注浆管不通畅的情况也不致堵塞管路。同时，还可以为确定初始注浆压力提供依据，并可把细颗粒的沉渣推至注浆范围之外。

一般情况下，压水应按2-3级压力顺次逐级进行，并要求有一定的压水量和压水时间，压水压力以注浆管疏通为准^[6]。

(2) 初次注浆

当压水试验结束之后，就可以将配制好的水泥浆液通过高压泵和预埋管之入桩端。在这一阶段，注浆压力要小，浆液由稀到稠。此时，要密切注意注当压力、注浆量的变化，观察注浆管的变化，同时进行桩身上抬量的观测。

(3) 二次注浆

第一次注浆结束后，注浆只能影响到一定的范围。为了充分发挥注浆的作用，进行二次或多次注浆。第二次注浆的注浆管最好与第一次注浆的注浆管呈180°分布，第二次注浆量一般为第一次的1/3~1/4，水灰比可适当提高。

(4) 停止注浆条件

桩底后压浆当达到如下条件之一时便可终止注浆：

①压入的水泥量已达到设计要求；

②压入的水泥量已达到设计值的65%以上，且入口压力已达8MPa，同时持压超过8分钟；

③压入的水泥量已达到设计值的65%以上，且地面已冒浆。

1.2.4 注浆压力

注浆压力是指压浆过程中浆液所受到的压力。注浆压力的确定可以通过试压确定，也可以通过下式进行估算：

$$P_g = P_w + \xi_r \sum y_i h_i \quad (1-1)$$

式中：Pg—注浆压力；

Pw—桩侧、桩底注浆处的静水压力；

y_i, h_i —注浆点以上第i层土有效重度(地下水位以下取浮重度)和厚度；

ξ_r —注浆阻力经验系数：对于桩底压浆，软土取1.0~1.5；饱和粉土、粘性土、粉细砂取1.5~2.0；非饱和粉土、粘性土、粉细砂取2.0~4.0；中粗砂、砾卵石取1.2~3.0。

一般情况下，可通过注浆试验结果确定注浆压力，当注浆压力升至某一个数值而注浆量突然增加时，表明地层结构发生破坏。此时的压力值可作为注浆压力的控制标准^[7]。

1.2.5 确定注浆量

注浆量是指每根桩从开始压浆至终止压浆所用浆液的体积。每根桩的注浆量(m³)，可以用下面的经验公式来估算：

$$V = KLF \quad (1-2)$$

式中：K—综合影响系数，取1~1.5，孔浅、地层松散取大值，反之取小；L—假想的注浆高度；一般取2~5m，桩长取小值，桩短取大值。

F—桩的底面积；

根据资料分析，在浆液水灰比为0.5~0.55之间的情况下，对于常规桩距的桩，桩端注入水泥量Gp(kg)可按下式估算：

$$G_p = p(h_t D + \xi_r n_0 D^3) \times 1000 \quad (1-3)$$

式中：Gp—桩端注入的水泥量；

D—桩径；

H—注浆时浆液沿桩身上升的高度；一般再5~15m之间；

t—桩侧浆液的厚度。其值在5~20mm之间，一般取10mm；

n_0 —桩端土的空隙率，为土的空隙比；

ξ_r —注浆参数。对于卵、砾、中、粗砂取值0.3~0.7；对于粘土、粉土、粉细砂取值0.2~0.3^[8]。

一般卵砾石层中桩端注浆量的经验数据				
桩径 (mm)	注浆量(kg)			
	渗透性好		渗透性差	
	持力层厚	持力层薄	持力层厚	持力层薄
800	2000-3000	1000-1500	1000-1500	800-1000
1000	3000-4000	1500-2500	1500-2500	1000-2000
1200	4000-5000	2500-3500	2500-3500	2000-3000
1500	≥5000	≥3500	≥3500	≥3000

表1-3 一般卵砾石层中桩端注浆量的经验数据

1.2.6 注浆持续时间

注浆持续时间是指从注浆开始到结束注浆的时间段。一般情况下，桩的注浆持续时间不超过2小时。也可以采取多次注浆技术来提高注浆的效果^[9]。

2 泰盛科创园北区项目后注浆实例

2.1 泰盛科创园北区概况

泰盛科创园北区项目用地位于汕头市东海岸新城新津片区，共有8栋塔楼，其中2#、4#、T7、T8为超高层，桩基础采用钻孔灌注桩，通过后注浆技术来对桩基础承载力进行加强。

2.2 项目钻孔灌注桩后注浆施工要点

2.2.1 项目后注浆工艺各项标准

①本项目灌注桩为桩端后注浆，注浆用水泥采用42.5级新鲜普通硅酸盐水泥，浆液水灰比控制在0.6，水泥用量为每根桩大约1.8吨(φ700)。

②在灌注桩身混凝土前，先预埋二根φ50x3.8底端带单向筏的注浆钢管，注浆管必须定位准确，保证注浆头畅通。

③注浆管应与钢筋笼的加劲筋绑扎固定或焊接，上部注浆管应采用丝扣连接，并使注浆管底部喷头插至桩孔底部(进入桩端≥5cm)。待桩身混凝土初凝后，用高压水(8.0MPa)开塞，一周后开始压浆，压力控制在2~5MPa。

④后注浆阀应具备下列性能：a) 应能承受1Mpa以上静水压力；b) 其外部保护层应能抵抗砂石等硬质物的刮撞而不受损；c) 其应具备逆止功能。

2.2.2 项目后注浆作业要求

①注浆作业宜于成桩7d后开始，不宜迟于成桩30d后；

②注浆作业与成孔作业点距离不宜小于8~10m；

③桩端注浆应对同一根桩的各注浆导管依次实施等量注浆；

④对于桩群注浆宜先外围后内部；

⑤满足下列条件之一时可终止注浆：注浆总量超过1.8吨(φ700)，且注浆压力达到1.2~4MPa或注浆总量超过75%和注浆压力超过4MPa；

⑥注浆总量超过75%，注浆压力小于1.5MPa，应调小水灰比，连续压浆至1.5MPa且注浆总量不低于设计量要求。若注浆压力长时间低于正常值或地面出现冒浆或周围桩孔串浆，应改为间歇注浆，间歇时间宜为30~60min，重新注浆并达到前述终止条件方可停止注浆。

2.3 压浆时间的选择

根据以往工程实践，在碎石层中，水泥浆在工作压力作用下影响面积较大。为防止压浆时水泥浆液从临近薄弱地点冒出，通常压浆的桩在混凝土灌注完成7天后，并且该桩周围至少8m范围内没有钻机钻孔作业，该范围

内的桩混凝土灌注完成也应在3天以上。

2.4压浆施工顺序

压浆时最好采用整个承台群桩一次性压浆,压浆先施工周围桩位再施工中间桩;压浆时采用2根桩循环压浆,即先压第1根桩的A管,压浆量约占总量的70%(111~114t水泥),压完后再压另1根桩的A管,然后依次为第1根桩的B管和第2根桩的B管,这样就能保证同一根桩2根管压浆时间间隔30~60min以上,给水泥浆一个在碎石层中扩散的时间。压浆时应做好施工记录,记录的内容应包括施工时间、压浆开始及结束时间、压浆数量以及出现的异常情况和处理的措施等。

项目根据图纸要求,将2根压浆管对称绑在钢筋笼外侧。成孔后清孔、提钻、下钢筋笼,在钢筋笼吊装安放过程中要注意对压浆管的保护,钢筋笼不得扭曲,以免造成压浆管在丝扣连接处松动,喷头部分应加混凝土垫块保护,不得摩擦孔壁以免车胎破裂造成压浆孔的堵塞。按照规范要求灌注混凝土。

3 注浆常见问题及对应措施

项目在钻孔灌注桩施工过程中遇到一些问题,针对这些问题,制定了专门的解决办法。常见问题及应对措施见下表1-4注浆常见问题及应对措施:

注浆常见问题及应对措施		
序号	常见问题	应对措施
1	压浆喷头无法打开	补足压浆数量
2	桩侧等部位出现冒浆	逐步减少注浆直至停止压浆。若从本桩侧壁冒浆且压浆量较少,可将该压浆管用清水或用压力水冲洗干净,等到第2天原来压入的水泥浆液终凝固化、堵塞冒浆的毛细孔道时再重新压浆。
3	单桩压浆量不足	压浆时最好采用整个承台群桩一次性压浆,压浆先施工周围桩形成一个封闭圈,再施工中间



图1-5 现场压浆管的布置



图1-6 通过PVC管注浆

4 总结

泰盛科创园北区项目通过采用后注浆技术,灌注桩承载力经过小应变检测得到了确实有效得提高,进一步证明后压浆灌注桩技术具有广泛的适用性,具有良好的工程应用前景。

[参考文献]

[1]中华人民共和国住房和城乡建设部《建筑业10项新技术(2017版)》[S].2017(1):3-4.

[2]Bruce D. A. Enhancing the performance of large diameter piles by grouting[J]. Ground Engineering,1986(6):46-47.

[3]中国建筑科学研究院企业标准 T/CECS G:D67-01-2018[S].2018(25):12-13.

[4]刘利民,舒翔,熊巨华编著.桩基工程的理论进展与工程实践[M].北京:中国建筑工业出版社,2002(5):36.

[5]刘德林,刘祖德.后压浆桩提高大直径长桩承载力的应用研究[J].岩土力学与工程学报,2001(5):16.

[6]张忠苗,吴世明,包风.钻孔灌注桩桩底后压浆机理与应用研究[J].岩土工程学报,1999(18):21.

[7]张忠苗,包风,陈云敏,等.考虑材料应变软化球扩张理论在桩底注浆中的研究[J].岩土工程学报,2000(15):36.

[8]傅旭东,赵善锐.钻孔桩底压力灌浆提高承载力的试验研究[M].桩基工程技术中国建材工业出版社,1996(16):86.

[9]Fleming W.G.The improvement of pile performance by basegrouting [J].Civil Engineering,1993(16):116.