

沉管压浆成桩工艺方法的研究

潘殿琦^{1,2}, 潘殿彩³, 陈 勇⁴, 谭茂森⁴

(1. 长春工程学院 勘查与测绘学院, 长春 130021; 2. 吉林大学建设工程学院, 长春 130026;

3. 辽宁省国际工程咨询中心, 沈阳 110000, 4. 东煤建筑基础公司, 长春 130026)

摘 要: 沉管压浆成桩承载力机理分析得知, 压浆桩主要通过挤密、胶结、压浆劈裂和渗透、扩径作用来提高单桩承载力。设计了压浆成桩机具系统, 确定了合理的压浆成桩施工流程和二次压浆工艺参数。经对比分析认为, 沉管压浆成桩法不仅可以实现桩型的转换、降低桩长、减少工程成本, 而且可以改善桩周的边界承载条件, 提高单桩承载力。

关键词: 沉管; 压浆; 承载力

中图分类号: TU473 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)03-0232-04

0 引言

20 世纪 60 年代以后, 沉管灌注桩在美国、德国等国得到广泛应用。80 年代初, 我国广东、福建、浙江等地开始应用沉管灌注桩施工技术, 80 年代末至 90 年代, 该技术在全国各地得到普遍应用。由于沉管灌注桩基础施工方法简单、施工速度快、成桩质量好、成本低(仅为钻孔灌注桩施工成本的 1/2)^[1], 因此受到设计单位和施工企业的青睐。但随着高层建筑物的不断增多, 沉管灌注桩由于其单桩承载力低而逐渐失去了它的市场。如何提高沉管灌注桩单桩承载力, 以适应高层建筑物的基础需要, 成为岩土工程界急需解决的问题。然而, 目前国内外岩土专家还没有找到解决的办法。为了使沉管灌注桩施工技术得到更广泛的应用, 在研究基础上, 提出了解决问题的办法: 即利用沉管压浆成桩方法提高沉管桩单桩承载力。

1 沉管压浆桩提高承载力的机理分析

1.1 密实作用

对没有化学胶结的土来说, 土粒间的抗剪强度来源于颗粒接触处的原子、分子间的键力以及土粒间的联结力。地基土中除具有微小的结构孔隙外, 还有因地质作用或外力作用条件影响而产生较大的孔隙、裂隙, 它们的发育程度因地层而异^[2]。在高压注浆情况下, 水泥浆液首先充满地基土的孔隙、裂隙中, 随着注浆压力增大, 孔隙周围的土得到密实。粉质粘土颗粒的主要粒径在 0.005~0.02mm 之间, 但是土粒之间的孔隙因土的结构不同而具有很大的差异性, 如单粒结构的土, 其孔隙与土粒粒径接近, 而絮凝结构土的孔隙却是土粒粒径的几倍, 孔隙给高压注浆的水泥浆液渗透提供了条件。水泥颗粒充填在土中, 增加了地基土密实度, 从而提高了地基土的承载力。

1.2 胶结作用

地基土若是软弱的淤泥土, 或是具有软塑、流塑性的粘土, 在注浆压力不大的情况下, 水泥浆极易渗入地基土的微小孔隙中, 且渗透半径相当大^[3]。如果地基土中积聚了大量的水泥颗粒后, 除具有密实作用外, 更重要的是土和水泥颗粒经水化作用固结为水泥土, 大大改善了土的力学性质, 提高了地基土的承载力。

1.3 劈裂作用和渗透作用

资料显示, 一汽大众 轿车厂冲压车间的 4 根

实验高压灌注桩经荷载实验后,进行了开挖,高压灌注桩桩径为 160~170 mm,而成孔时孔径为 150 mm,这说明高压灌注桩虽有扩径,但不十分明显。然而沉管高压压浆桩经劈裂作用和渗透作用,水泥固结体直径增大,桩侧摩阻力增大,尤其桩底部受注浆压力最大,容易形成扩大头,桩端承载力增大,进而提高了沉管压浆桩的承载力。同时劈裂作用和渗透作用加强了桩与周围土的粘结强度,进一步提高了单桩承载力^[4]。

1.4 扩径作用

由于沉管灌注桩压浆成桩采用了新的钻孔机具,比传统的沉管多了三翼扩孔翼。显而易见,其桩端的承载面积和桩侧面积有了显著的增加,所以将会增大桩的单桩承载力。

总的来说,通过对沉管压浆成桩工艺的研究,得出沉管压浆桩增大承载力的机理主要为桩侧摩阻力增大、桩端承载力增大,桩与周围土的粘结强度提高,桩端附近的土体被挤密,桩周的界面条件得到改善,从而使承载力得以提高^[5]。

2 沉管压浆机具的设计

2.1 设计的依据与要求

沉管灌注桩压浆成桩施工机具设计的目的是用来提高传统的振动沉管灌注桩的单桩承载力。所以,常规沉管灌注桩机具的优点与操作方法在新的机具当中没有大的改变。本着施工简单、操作方便、经济适用的原则,对沉管灌注桩的钻机在原来基础上做了以下设计:原来的沉管桩设备不变,仅增设了 1 台高压注浆泵,沉管周边加焊了扩孔翼。扩孔翼设计为三翼,翼尖呈三角形。具体形状及尺寸见图 1。

2.2 机具系统的组成

沉管压浆成桩工艺机具系统工作原理与常规沉管灌注桩的机具系统工作原理基本相同。主要的区别在于沉管压浆机具增设了三翼扩孔沉管和 1 台注浆泵及一些附属机具。附属机具如普通塑料注浆管和高压注浆管等。普通塑料注浆管在沉管注浆后,就遗弃在已完成的桩体里。高压注浆管与普通注浆管则通过特殊接头连接,高压注浆管在完成一根桩后,可以继续使用。为提高压浆的效果,注浆管采用多孔注浆管,在第二次注浆时,产生劈裂作用。机具系统的组成见图 2。

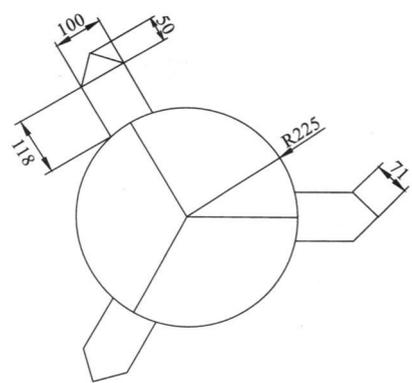


图 1 压浆三翼沉管

Fig. 1 Three wings tube of pump vibro

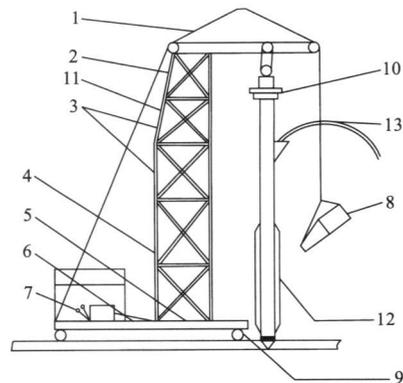


图 2 机具系统的组成

Fig. 2 The machine tool system

1. 架顶 2. 架身顶端 3. 架身 4. 架身底端 5. 异向滑轮 6. 机座 7. 卷扬机 8. 吊斗 9. 加压滑轮 10. 振动锤 11. 钢丝绳 12. 扩孔翼沉管 13. 注浆管

3 沉管压浆成桩工艺

沉管压浆成桩工艺与常规振动沉管灌注桩成桩工艺主要区别在于施工流程和注浆工艺。其中,注浆工艺为沉管压浆成桩工艺所独有。

3.1 施工流程

与常规振动沉管灌注桩成桩成孔一样,振动沉管至设计孔深。此后,下带有两根注浆管的钢筋笼,填碎石骨料,边振边拔,将沉管拔出。根据不同地层,可进行 1~2 次复打,增强碎石的挤密作用。沉管拔出后,将一次注浆管连接普通泥浆泵,进行低压一次注浆。待一次浆液初凝时,将二次注浆管连接高压泥浆泵,进行高压注浆。高压注浆压力可根据不同地层进行调节,使高压浆液能对地层产生劈裂作用,以提高沉管压浆桩的固结体直径和桩周土的

侧摩阻力。设计及施工前, 应进行 1~2 根桩的试验, 以确定注浆参数。施工流程见图 3。

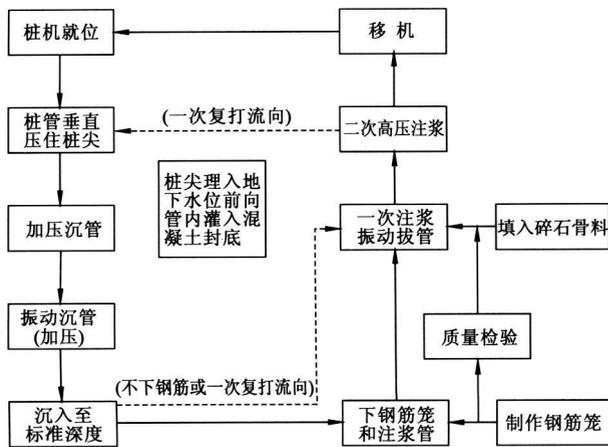


图 3 施工流程图

Fig. 3 Construction flow charts

3.2 注浆工艺

3.2.1 注浆参数的选择

沉管注浆参数与土层的土性、地下水情况、注浆层位的深度、桩的几何尺寸有关。注浆参数主要有注浆时间、注浆量、注浆压力和水泥浆水灰比。

(1) 注浆时间。一般稳压时间控制在 5 min 左右^[6,7], 视地层情况和桩长而定。土的强度越高, 则所需的注浆时间相对较长; 反之, 桩身越短, 桩端土的强度越小, 则所需的注浆时间就相对短一些。

(2) 注浆量。在高压注浆过程中, 水泥浆首先充满碎石骨料之间的孔隙, 其次依靠注浆压力将水泥浆渗入或劈裂进入桩周土中, 甚至把土中的孔隙扩大膨胀。

注浆量的计算可按下式计算:

$$Q = n V + Q_c$$

式中, Q 为单桩总灌浆量; n 为骨料碎石的空隙度; V 为单桩的体积; Q_c 为渗入地基土中的水泥量。

由公式可知, 充填到碎石中的水泥量为常量, 而渗入地基中水泥浆量为变量, 它与注浆压力大小、灌浆时间长短和地基土的空隙、裂隙大小、发育程度及土质强度有关。在施工中应根据具体的工程地质条件、单桩承载力要求、根据试桩情况, 选择适宜的灌浆量。

(3) 注浆压力。注浆压力是指不会使地面产生变化和邻近建筑物受到影响前提下可能采用的最大压力。注浆压力与桩长、地基土的性质有关, 桩身越长、桩端土的强度越高, 则所需的注浆压力越

高; 反之, 桩身越短, 桩端土的强度越小, 则所需的注浆压力越低。此外, 在不同的阶段所需的压力也不相同。注浆开始阶段要克服很大的初始阻力, 所需的压力较大; 平稳注浆过程中所需的压力较小; 注浆结束阶段, 由于浆液已充满地层, 此时所需的压力较大。

一次注浆压力。一般地层的初始和结束阶段的注浆压力多控制在 2~3 MPa, 中间阶段的压力控制在 1~2 MPa。对于短桩, 过大的注浆压力会使桩身上浮, 必须控制其上浮量, 以免造成浆液凝固后桩底悬浮, 反而降低桩的承载力。

二次注浆压力。二次注浆一般为劈裂注浆, 所需压力较大。注浆压力 P 可按下列式估算:

$$P = k \quad h$$

式中, k 为经验系数(与被注浆处土性有关, 粘性土一般取 2.0~3.0, 粗颗粒土一般取 1.2~1.5); 为注浆深度范围内土体天然重度平均值 (kN/m^3); h 为注浆深度(m); 为劈裂注浆系数(> 1)。

(4) 水泥浆液水灰比。水泥浆液的水灰比决定于建筑物荷载对桩基础强度要求和注浆压力, 水灰比小, 则灌注桩的强度大, 但是水泥浆的可灌性—流变性差, 施工中易发生堵泵现象。一般情况下, 水泥浆液采用 0.45 的水灰比作为水泥浆的配制标准。

4 承载力的对比分析

沉管压浆桩对比常规沉管桩有以下优点: 桩的固结体直径增大 1.5~2 倍, 侧摩阻力增加 0.5~1 倍; 桩底直径增大 2~2.5 倍, 桩端承载力增加 3~5 倍; 桩与桩周土的粘结强度增加 1 倍以上; 桩周土更加紧密, 提高了地基土的承载力。采用沉管压浆成桩方法比采用常规沉管法成桩可提高单桩承载力 3 倍以上。

某市二期住宅楼建筑工程, 主体为钢筋混凝土框架结构。地上三层及一层阁楼, 设计桩径 450 mm。设计单桩承载力特征值为 300 kPa, 地层情况为: 第 1 层为杂填土(1.90 m), 第 2 层为粉质粘土(3.0 m), 第 2-1 层为软塑粉质粘土(1 m), 第 3 层为粉质粘土(3 m), 第 3-1 层为褐灰色粉质粘土(2 m), 第 4 层为粉质粘土(2.5 m), 第 5 层为强风化泥岩, 没有打穿。

采用常规沉管成桩法, 经试桩测得单桩承载力为 601 kPa; 采用沉管压浆成桩法, 单桩承载力则为

1 832 kPa, 单桩承载力比常规沉管成桩法提高 3 倍以上。

表 1 地基土桩端阻力、桩侧阻力特征值

Table 1 The soil characteristic value

层号	桩侧阻力(kPa)	桩端阻力(kPa)
2	23	-
2-1	14	-
3	24	-
3-1	14	-
4	27	-
5	34	1400

5 结论

通过沉管压浆成桩工艺方法的研究得出以下结论。

(1) 由于沉管桩的成孔特点和压浆成桩的工艺特点, 沉管压浆成桩法可以解决复杂地层成孔、成桩难的问题。

(2) 沉管压浆成桩使单桩侧摩阻力与桩端阻力均有较大的提高, 可以利用这一特点, 使端承型桩转为摩擦型桩, 充分调动桩侧承载力; 也可使摩擦型桩

转为端承型桩, 充分调动桩端承载力。

(3) 综合利用沉管压浆成桩单桩承载力大的特点, 在满足承载力设计值情况下, 降低桩长, 节省材料成本。

(4) 沉管压浆成桩法对单桩承载力的提高有非常明显的作用。通常情况下, 沉管压浆桩比常规沉管桩单桩承载力提高 3 倍以上。

参考文献:

- [1] 华祥征. 基础工程设计与施工[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1996. 99.
- [2] 杨智毅, 杨裕云. 工程地质学概论[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1994. 261-262.
- [3] 高中璞. 大坝基础防渗墙[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000. 311-312.
- [4] 杜嘉鸿. 地下建筑注浆工程手册[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 178.
- [5] 叶书麟. 地基处理与托换技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000. 283.
- [6] 熊厚金, 林天健, 李宁. 岩土工程化学[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 182.
- [7] 中国水利学会. 水利水电地基基础工程新技术[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2002. 124.

THE RESEARCH ON THE CONSTRUCTIONAL TECHNIQUES OF THE NEW TYPE VIBRO PILE

PAN Dian-qi^{1,2}, PAN Dian-cai³, Chen Yong⁴, TAN Mao-sen⁴

(1. Changchun Institute of Technology, Changchun 130021, China; 2. Jilin University, Changchun 130026, China;

3. The International Engineering Consulting Center, Shenyang 110000, China;

4. Dongmei Construction Base Co., Changchun 130026, China)

Abstract: Analysis and research of the pressure mud vibro mechanism show that the pressure mud vibro can improve the load-bearing capacity through crowding, gluing, splitting diameter expanding. According to the mechanism a new machine tool system is designed and the proper pressure mud piling chart and the second pressure mud parameter are established. Compared to the normal method the new one not only realizes conversion of pile type, reduction the pile length and lowering the cost but also improve the peripheral condition and load-bearing capacity.

Key Words: vibro pile; pressure mud; load-bearing capacity