

高压旋喷承重桩的设计与施工探讨

贺旭 张俊

(江西省地质工程总公司岩土工程研究所,南昌 330029)

【摘要】 高压旋喷桩作承重桩,设计和施工均无成熟经验,目前国内应用较少。从理论分析入手,结合施工实例,论述高压旋喷承重桩设计与施工的某些特点,为有足够的承载力,保证桩径与桩身强度是设计与施工的关键。

【关键词】 高压旋喷;承重桩;桩承载力;桩径;桩身强度

【Abstract】 As a kind of load-bearing pile, high pressure jet grouted pile has not been the ripe experiences in its design and construction, therefore it is the less for its application in our country at present. According to the theoretical analysis, and combined with engineering project, the paper discusses the characteristics of its design and construction, and points out that assuring diameter and strength of pile body is key to design and construction.

【Key words】 high pressure jet grouted pile; load-bearing pile; bearing capacity of pile; pile-diameter; strength of pile body

0 引言

高压喷射注浆法,是由水力采煤技术原理引进到岩土工程中的一项新技术。在软土地基处理、基础整治加固、建筑物纠偏、基坑止水、坝基防渗等方面广泛应用。采用高压旋喷桩作承重桩,至今应用较少。近年来,随着民用住宅等行业的发展及研究的深入,利用高喷桩作承重桩有增多的趋势。仅我单位与业主、设计部门合作,就在江西、厦门、武汉等多个工地使用,均取得了较好效果,达到了设计要求。笔者认为,高喷桩作承重桩,与一般高喷桩有所不同,重点应突出于承重,关键是保证桩径和桩身强度。

1 高压旋喷承重桩的设计

1.1 旋喷桩单桩承载力的计算与分析

高压旋喷桩桩身由水泥土构成,本身不含钢筋,承受水平弯矩小,现多用于受垂直荷

载的中小工程。其单桩承载力可由以下两经验公式联立计算,取其中较小值者^[1]

$$R_k^d = \cdot f_{cu,k} \cdot A_p \quad (1)$$

$$R_k^d = \cdot \bar{d} \sum_{i=1}^n l_i \cdot q_{si} + A_p \cdot q_p \quad (2)$$

式中: R_k^d ——单桩竖向承载力标准值, kN;

$f_{cu,k}$ ——桩身试块无侧限抗压强度平均值, kPa;

——强度折减系数,可取 0.35 ~ 0.50;

A_p ——桩的平均截面积, m^2 ;

\bar{d} ——桩的平均直径, m;

n ——桩长范围内所划分的土层数;

l_i ——桩周第 i 层土的厚度, m;

q_{si} ——桩周第 i 层土的摩擦力标准值, kPa;

作者简介:贺旭,1960年生,男,高级工程师。1984年毕业于中国地质大学(武汉),学士。现为江西省地质工程总公司岩土工程研究所副所长。主要从事基础工程、地基处理等方面的研究工作。

q_p ——桩端天然地基土的承载力标准值, kPa。

式(1)表明:旋喷桩本身强度直接影响承载力,上述两式也说明了桩径对承载力的影响极大。

1.2 关于 q_s 与 q_p 取值的讨论

由于高喷桩桩径不规则,呈犬牙交错状,因此 q_s 取值应比其它桩型大,甚至可高于钻孔灌注桩。承载力主要靠摩擦力承担,端承载力仅起次要作用。 q_p 应小,可类比钻孔灌注桩取值。

2 高压旋喷承重桩的施工

2.1 高压喷射流破坏土体机理分析

强度破坏:喷射冲击压力大于土的结构强度,土体产生强度破坏,这是主要的破坏形式;

疲劳破坏:喷射流反复脉冲,疲劳破坏土体;

空蚀作用:柱塞式高压泵产生的喷射流压力呈周期性脉动变化,由于喷射流冲击面上的土体颗粒大小和形状不等,造成局部压差,产生空蚀作用破坏土体;

水楔作用:由于喷射流楔入土体的反作用力,使垂直于射流轴线方向的裂隙扩张,加速了土体的破坏。

2.2 保证桩径施工质量对策

旋喷桩桩径与喷射工艺及参数,土的种类和密实程度有关。国内有人采用下列经验公式计算切割半径:

$$h = 150 \cdot p_m^{0.35} \cdot D_0^{0.83} \cdot N^{0.29} / (c^{0.58} \cdot v_t^{0.43}) \quad (3)$$

式中: h ——切割半径, m;

p_m ——喷嘴出口压力, kPa;

D_0 ——喷嘴直径, mm;

N ——复喷次数;

c ——土的抗压强度, kPa;

v_t ——喷管提升速度, m/min。

可见,要增加桩径,就要提高喷射压力,增大喷嘴直径,降低提管速度,并可采用复喷技术,且土的强度越低,桩径会越大。

2.3 保证桩身强度施工对策

高压旋喷桩桩身强度主要取决于下列因素:

原地土质:含砂量越高,强度越大;

喷射材料及水灰比:喷射材料本身强度(标号)越高,水灰比越小,强度越大;

注浆管类型与提升速度:单位时间的注浆量越多,强度越大;

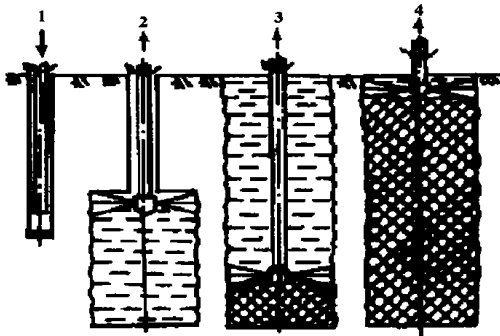
泥土置换率:这是保证桩身强度的关键,浆液置换出的泥土越多,强度越大。

由于施工工艺与机具不同,单管法、二重管法、三重管法为半置换法,置换出的土粒较少,桩身强度低,单管分喷与多重管法,属全置换法,切割后孔内仅剩浓泥浆,置换率高,桩身强度大。

武汉市金梅花园1号楼要求的桩身强度由公式(1)计算为5MPa左右,只有达到此强度,才能保证在极限承载力范围内,桩不被压垮。因此,采取了下列技术措施来增加桩身强度:

采用单管分喷新工艺:其特点是高压切割与中压注浆分两步进行。高压切割后孔内是浓泥浆,实质上是成孔,再经中压注浆,形成的固结体含土量低,强度高。这样虽然施工时间增加了近一倍,但从根本上保证了桩身强度。其工艺流程示意图1。

严格控制工艺参数:在切割时保证桩径及泥土的置换率,注浆时保证单位时间注浆量,施工工艺参数见表1。



1——导孔钻进； 2——高压切割；
3——中压注浆； 4——补浆成桩

图1 单管分喷法成桩程序图

表1 单管分喷法工艺参数

工艺要素	参 数		数 值
	项 目		
压力 p/MPa	高压切割		20~25
	中压注浆		3~5
浆管转速 r/min	高压切割		15~30
	中压注浆		15~30
浆管提升速度 $v_l/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	高压切割		0.10~0.25
	中压注浆		0.20~0.30
喷嘴直径 D_0/mm	高压切割		1.8~2.0
	中压注浆		3.0~4.0

采用特殊的注浆工艺:本工程采用425[#]普硅水泥,水灰比1:1(质量比)。高压切割后,孔内上部为浓泥浆,而下部沉有较多的粗砂砾。注浆时,下部桩底采用驻喷技术,注浆管只旋转不提升。1~2 min后,冲击起砂砾,使其与水泥浆充分搅和,并形成桩底扩大头;上部桩顶注浆时复喷一次,并降低水灰比,加大水泥用量。

及时补浆:由于水泥的收缩离析作用,注浆后必须及时补浆,才能保证桩长及不断桩。一般在注浆后2 h以内补浆,甚至可补入干水泥。

采取上述措施后,进行静载荷试验时,没有发生桩被压垮事故,证明桩身强度可靠。

3 结 语

高压旋喷桩本身虽不含钢筋,承受水平力较小,但能承受较大的垂直荷载,且施工灵活,完全可用于作中小工程基础桩。

高压旋喷桩由于桩身表面的不平整,因而有较大的摩擦力,可取较大的 q_s 值,相应 q_p 取值应小。

为了要有足够高的承载力,高喷承重桩必须同时满足两个条件:桩身强度足够高,不被所承受的荷载压垮;桩径足够大,以提供足够的桩侧阻力和桩端阻力,这是设计和施工的关键。

由于喷射流的“软切割”,高喷桩桩径较难控制。施工时应根据地层采用不同的喷射工艺及参数,并严格执行,以防断桩和“细脖”现象的产生。

保证桩身强度最根本的办法是要使孔内泥土置换率高,并在此基础上严格控制工艺参数,保证注浆量和采用不同的注浆材料及水灰比。

参 考 文 献

- 1 段新胜、顾湘编著. 桩基工程(第二版). 北京:中国地质大学出版社,1995

收稿日期:1998-11-16