

嵌岩桩与后压浆技术

黄生根, 曹 辉

(中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430030)

摘 要: 根据有关研究成果和工程实践, 分析了嵌岩桩的承载特性、后压浆技术的作用机理, 并结合工程实例, 分析了后压浆技术对嵌岩桩承载特性的影响。

关键词: 嵌岩桩; 后压浆技术; 侧阻; 端阻; 承载力

中图分类号: TU473.1¹.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-3746(2001)S1-0042-03

嵌岩桩通过桩端嵌入基岩一定深度来获得较高的单桩承载力和较小的沉降。在基岩埋深不是很深的地层中得到广泛应用。但嵌岩桩的应用也存在问题:

- (1) 对嵌岩桩的承载机理还缺乏全面了解。
- (2) 承载特性容易受施工因素的影响。
- (3) 施工难度大, 工期长。

后压浆技术通过向桩端或桩侧注浆, 可消除孔底沉渣和桩侧泥皮对桩承载力的影响, 并可增大桩身的有效承载面积和桩间土的结合力, 从而提高桩的承载力, 达到提高桩身质量、可靠性、减少桩长、降低造价的目的。近年来, 武汉地区有一部分嵌岩桩改为非嵌岩桩, 持力层选在卵砾石或细中砂层, 取得了良好的技术经济效益。但后压浆的应用并不表示可取代嵌岩桩, 在有些条件下, 嵌岩桩仍具有很大的优势, 一定条件下甚至可以将两者结合起来使用, 以改善桩的荷载传递特性。本文结合一工程实例, 对嵌岩桩的承载机理及后压浆技术的应用进行分析。

1 嵌岩桩的承载机理

1.1 嵌岩桩的承载特性

嵌岩桩的承载力由 3 部分组成, 即由桩周土提供的侧阻力与嵌岩段提供的侧阻力和端阻力组成。嵌岩桩上部桩身的荷载传递与嵌岩段的荷载传递是相互影响、相互协调的。根据对嵌岩桩的研究成果, 嵌岩桩的承载特性有如下规律:

(1) 嵌岩桩的荷载传递特性主要受长径比, 上覆土层的性质与厚度, 嵌岩段的岩性、嵌入深度及施工工艺等因素的影响。

(2) 根据国内外大量的试验成果, 嵌岩桩在大多数情况下, 其荷载传递具有摩擦桩的特性, 当桩的长径比 l/D (l 为桩长, D 为桩径) = 1 ~ 20 时, 嵌岩桩的端阻力占总荷载的比 Q_p/Q 由 100% 降至 30%; 当 $l/D = 20 \sim 63.7$ 时, Q_p/Q 一般不超过 30%, 大部分在 20% 以下。

(3) 上覆土层的强度及刚度越高, 桩的长径比越大, 上部桩身侧摩阻力就越大, 传递到嵌岩段的荷载就越小。

(4) 嵌岩段桩的荷载传递受基岩的强度及刚度、嵌岩深度以及桩的刚度和直径等因素的制约。嵌岩段的桩端荷载比 Q_p/Q 随嵌岩深度 L/D (L 为嵌岩深度) 的增大而降低, 当嵌岩深度超过一定值 (一般以为 $5D$), Q_p/Q 接近于 0。另外, 桩底岩石越硬, 即 E_b/E_s 越大 (E_b 为桩底岩石弹性模量, E_s 为桩侧岩石弹性模量); 桩的刚度越大, 即 E_p/E_s (E_p 为桩身弹性模量) 越大, Q_p/Q 越大。根据有关研究资料对 $E_p/E_s = 0.25, 1, 10$ 所做的分析, 当 $L/D = 3$ 时, Q_p/Q 分别为 1%、4%、10%, 另据 Rowe 等人的研究, 若 $E_p/E_s = 50 \sim 100$, $L/D = 1 \sim 2$, 则均质岩中, Q_p/Q 为 25% ~ 35%。

(5) 由于基岩强度高、压缩性很低, 其变形很小, 群桩基础沉降不受群桩效应的影响而增大, 且沉降稳定较快。

1.2 施工因素对嵌岩桩承载特性的影响

由上所述, 影响嵌岩桩承载特性的因素很多, 其中施工因素不可忽视。有关专家研究嵌岩桩的受力机理时曾指出: “最影响质量的因素是施工水平”。实际工程中, 钻孔灌注桩在成孔后, 岩石暴露出来会

收稿日期: 2001-05-30

作者简介: 黄生根(1967-), 男(汉族), 江西人, 中国地质大学(武汉)副教授, 地质工程专业, 博士在读, 从事岩土工程教学和科研工作, 湖北省武汉市汉口航空路 15 号, 13607179854。

产生风化或水解,桩端岩体和桩侧岩体都可能受到劣化作用,特别是施工时桩底沉渣不可能清除干净,桩越长越困难,另外,泥皮会不可避免地附着在岩石侧壁,这些软弱面对桩的承载性能都会产生很大的影响。桩顶荷载传递到嵌岩段时,在产生一定的剪切变形后(一般相对位移不超过 2~4 mm,首先是嵌岩段的侧阻力发挥出来,然后是桩底沉渣压实,最后才传到桩端基岩,使桩端反力难以发挥,同时由于泥皮作用,嵌岩段侧阻力也将有不同程度的降低。

2 后压浆技术加固机理分析

后压浆技术是在桩身达到一定强度后,通过预埋注浆管在桩身不同部位压入一定量的水泥浆,根据压入部位不同可分为桩端压浆(端压)和桩侧压浆(侧压)。后压浆技术对桩荷载传递特性的影响主要与水泥浆在桩土界面及土中的作用方式有关,根据大量的工程实践,水泥浆的作用方式概括起来有以下几种情况:

(1) 渗透固结作用。在渗透性强、可灌性好的砂土和碎石土中,浆液在较小的压力下渗入桩底或桩侧土体中一定距离,形成一个结构性强、强度高的结石体,增大了桩端的承载面积和桩侧摩阻力,从而提高桩的承载力。

(2) 胶结泥皮作用。因工艺因素影响,钻孔灌注桩成桩后,在桩土界面附着有一层结构松散、强度低的泥皮,使桩侧摩阻力不同程度降低,影响桩承载力的发挥。压浆时,浆液在压力作用下破坏泥皮结构并与其混合在一起,重新固结后形成强度较高的水泥石。浆液沿桩土界面上升的高度与土的可灌性、注浆压力等因素有关。在可灌性好的土层中,浆液在土层中容易扩散,则沿桩土界面上升的高度较小;在可灌性差的土层中,浆液在土层中不易扩散,就沿强度低的桩土界面渗透,上升高度较大。

(3) 充填挤密作用。浆液在压力作用下沿桩土界面向上运动,在破坏泥皮结构的同时,对桩侧因应力释放和受扰动后强度降低的土层进行加固,主要表现为充填孔隙和一定的挤密作用,从而提高桩侧摩阻力。

(4) 劈裂加筋作用。当注浆压力较高,能克服土体阻力时,会产生劈裂效应,浆液在土中形成网状结石,对土体起到加筋作用。

在不同的条件下,后压浆的加固机理会表现出不同的形式。通过分析在不同的土层中采用不同的压浆形式所得到的桩的承载力,端压和侧压的压浆

效果并不是截然分开的,在有些土层中采用端压、侧压或双压对承载力的影响并无多大差别,这主要与上述水泥浆在桩土界面的作用方式有关。

3 后压浆技术在嵌岩桩中的应用分析

3.1 工程概况

某建筑由 26 层住宅楼和裙楼组成,剪力墙结构,场地地层分布如下:①杂填土;②淤泥质粉质粘土,流塑,层厚 3.3~6.1 m;③₁粉砂夹粉土,松散,层厚 1.3~5.1 m;③₂粉砂,稍密,层厚 2.0~4.9 m;③₃粉砂,中密,层厚 3.1~8.0 m;③₄粉砂,中密,4.0~12.5 m;③₅粉砂,密实,13.6~19.1 m;④砾卵石夹中粗砂,密实,0.8~2 m;⑤₁强风化泥岩,0.7~2 m;⑤₂中风化泥岩,顶板埋深 45~48 m。

考虑到该工程的土层特点,为满足上部结构对荷载的要求,设计部门选择了嵌岩桩辅以后压浆技术,嵌岩深度为嵌入中风化泥岩 1 倍桩径,桩径为 700、800、900 mm 三种类型。压浆管采用 2 种布置方式:一是端压加侧压,各 2 根注浆管;二是侧压 3 根注浆管错开布置,上 2 根位于砂层,最下 1 根位于强风化泥岩顶面。砼强度等级为 C35。

3.2 桩检测结果

该工程对 6 根桩分别做了高应变和静荷载试验,试验结果见表 1、2。

表 1 静荷载试验结果

桩号	桩径 /m	桩长 /m	桩的长径比	压浆方式	最大加载量/kN	沉降量 /mm
SZ1	0.7	48.2	68.9	侧压	8100	10.68
SZ2	0.7	47.5	67.9	侧压	8100	18.25
SZ3	0.7	46.9	67.0	侧压、端压	8100	13.57
SZ4	0.7	46.7	66.7	侧压、端压	8550	14.55
Z1	0.8	42.7	53.4	侧压	9580	20.03
Z2	0.9	42	46.7	侧压	10690	24.93

表 2 高应变试验结果

桩号	桩径 /m	桩侧摩阻力/kN	桩端阻力 /kN	极限承载力 /kN	端阻总荷载 /%
SZ1	0.7	7451	1736	9187	18.9
SZ2	0.7	7344	1582	8926	17.7
SZ3	0.7	7223	1390	8613	16.1
SZ4	0.7	7274	1568	8842	17.7
Z1	0.8			10125	
Z2	0.9			11230	

3.3 试验结果分析

根据场地地层条件及设计参数,并参照相似地质条件试桩的静荷载试验资料,推断出本场地钻孔

灌注桩在未压浆情况下的极限承载力,其与本工程 试验结果的对比见表3。

表3 后压浆对桩承载力的影响

桩径/m	侧阻平均值/kPa			端阻力/kPa			极限承载力/kPa			端阻比例/%		
	未压浆	压浆后	提高/%	未压浆	压浆后	提高/%	未压浆	压浆后	提高/%	未压浆	压浆后	提高/%
0.7	61.7	81.2	31.75	3600	4079	13.30	6876	8892	29.30	19.22	17.60	-18.90
0.8	62			3600			8458	10125	19.70	21.40		
0.9	62			3600			9648	11230	16.30	23.70		

由表3可看出以下规律:

(1)压浆后,端阻在总荷载中所占比例比未压浆的桩有所降低,即压浆后摩阻力在总荷载中所占比例提高,摩擦桩特性更明显。随桩的长径比减小,端阻所占比例增大,但极限承载力提高幅度减小。

(2)从侧阻和端阻的数值来看,压浆后桩周土摩阻力的提高幅度远比端阻的提高幅度要高。

(3)侧压与端压工艺对极限承载力和端阻所占比例的影响并未表现出明显差异。

由上述规律,本工程承载力的提高,主要来源于侧阻力的提高,无论侧压还是端压均表现出相似的规律,即注入的水泥浆顺着桩土(岩)界面运动,对桩周土体存在多种加固作用,使桩周土抗剪强度提高,压缩模量增大,从而表现为桩侧摩阻力的提高。对嵌岩段,由于水泥浆会顺着软弱面流动,侧压或端压都会起到固结孔底沉渣和破坏桩侧泥皮的作用。沉渣与水泥浆形成的混合物的强度一般介于桩身强度与泥岩之间,该混合物起着传递荷载的作用,由于不存在沉渣这个“软垫”,使桩端阻力发挥程度提高。但本工程上覆土层较厚,桩的长径比大,非嵌岩段承担的荷载大,且压浆后桩周土体刚度提高,使总摩阻力占总荷载的比例增大。另外,随桩的长径比减小,桩的压缩量变小,桩侧摩阻力相应减小,使端阻所占比率有所提高。对嵌岩段来说,压浆对嵌岩段的影响主要在于消除了施工因素的影响,使端阻发挥程度提高,桩的质量稳定,沉降小,而未压浆的钻孔灌

注桩受施工因素影响,一般承载力差别较大,质量不稳定。同时,由于采用后压浆技术可减少嵌岩深度,有利于缩短工期。

4 结语

(1)后压浆技术可改善桩土界面的力学性能,提高桩的承载力。

(2)嵌岩桩的承载特性受上部土层强度、桩的长径比、嵌岩深度、桩岩模量比等因素的影响。

(3)后压浆技术对嵌岩桩的影响主要集中在对桩周土摩阻力的影响,对端阻力的影响主要是消除施工因素的影响。采用后压浆技术后,大长径比的嵌岩桩表现出更明显的摩擦桩特性。

(4)长径比较大的嵌岩桩采用后压浆技术后,可减少桩的嵌岩深度,缩短工期。但若基岩以上有一定厚度的卵砾石层或中粗砂层,可不必入岩,采用后压浆技术会取得更好的技术经济效果。

参考文献:

- [1] 辛金瓒,辛金璋.高层建筑基础分析与设计[M].北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [2] 黄生根,等.桩底后压浆技术研究[J].地质科技情报,1999,18(增刊).
- [3] 黄生根,等.超长钻孔灌注桩应用后压浆技术的效果分析[J].建筑技术,1999,(3).
- [4] 刘树亚,等.嵌岩桩理论研究和设计中的几个问题[J].岩土力学,1999,20(4).