

# 深圳房屋建筑桩基础桩端持力层选择及入岩深度分析

毛广陵

(江西省地质矿产勘查开发局九一六大队,江西九江332000)

**摘要:**结合深圳地区多年来施工房屋建筑桩基础的经验,讨论了有关深圳地区房屋建筑桩基础桩端持力层的选择和入岩深度问题,并提出了相关建议。

**关键词:**深圳地区;预应力混凝土管桩;人工挖孔桩;钻(冲)孔扩底灌注桩;持力层;入岩深度

**中图分类号:**TU473.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)02-0034-03

近几年来,随着深圳城市建设的不断发展,高层、超高层建筑象雨后春笋般拔地而起,以往常用的沉管桩、夯扩桩基础已被淘汰。目前常用于多层建筑的桩基础类型是预应力管桩,用于高层建筑甚至于超高层的桩基础类型多为钻(冲)孔扩底灌注桩及人工挖孔桩。人工挖孔桩安全隐患较多,按广东省建设厅粤建管字[2003]49号文件规定,人工挖孔桩已限制使用。本文就目前深圳地区常用的3种桩型桩端持力层的选择进行分析,以期业内行家共鸣。

## 1 深圳地区工程、水文地质条件

深圳地区的第四系土体,按时代、成因类型,从新到老可分为7个土层。

①人工填土,是深圳市大规模建设以来人工填积而成,最长时间只有20年左右。

②全新统沙井组,属于新近沉积,它包括:②<sub>1</sub>海积淤泥流塑;②<sub>2</sub>海积含淤泥粉细砂,松散;②<sub>3</sub>海陆交互沉积、淤泥质粘性土夹砂层,流塑~软塑;②<sub>4</sub>冲洪积粘土或粉质粘土,软塑~可塑;②<sub>5</sub>冲洪积中、粗砂,稍密~中密。所在地貌单元为海滩、海积平原和冲积平原。

③全新统赤湾组,它包括:③<sub>1</sub>海积粗砂,松散~稍密,分布于古砂堤和海积平原;③<sub>2</sub>海积淤泥质粘性土,软塑或海积含淤泥粉细砂,松散~稍密;③<sub>3</sub>海积、冲积、粗、砾砂,稍密,分布于海积、泻湖和冲积平原。

④全新统松岗组,它包括:④<sub>1</sub>冲、洪积粘土、粉质粘土,可塑~硬塑;④<sub>2</sub>冲、洪积砾砂、卵石,中密~密实,广泛分布于冲积平原。

⑤晚更新统坪山组,它包括:⑤<sub>1</sub>湖沼沉积泥炭

质粘性土,软塑~可塑,分布于台地凹部和古冲沟内;⑤<sub>2</sub>冲、洪积粘土,粉质粘土,呈黄白、紫红等杂色,花斑状结构,可塑~硬塑;⑤<sub>3</sub>冲、洪积中、粗、砾砂,中密~密实,⑤<sub>2</sub>、⑤<sub>3</sub>层分布于冲积阶地。

⑥晚更新统科技馆组,坡积、残积砂土,中密~密实,粉质粘土,硬塑~坚硬,分布于一、二级台地上部。

⑦中更新统科技馆组,花岗岩风化形成的残积土,按其含砾(>2mm颗粒)量,超过20%者,称为砾质粘性土,含砾不超过20%者为砂质粘性土,不含砾者为粘性土。由二长岩风化而成者几乎不含石英角砾,为粘性土;由变质岩、凝灰岩风化而成者多为粉质粘土,各类残积土多为硬塑状,但在海域内亦呈软塑~可塑,本层广泛分布于各类岩石为基底的各地貌单元。

可供选择作为桩端良好持力层的为第⑥层和第⑦层。

深圳地区的岩体主要为加里东期(M<sub>y3</sub>)侵入岩混合花岗岩、燕山期侵入岩,其岩性为细粒花岗岩、细粒斑状花岗岩、中粗粒黑云母花岗岩、细粒斑状黑云母二长花岗岩等,其余分布有震旦系(Z)变质岩;泥盆系(D<sub>3</sub>)变质细粒石英岩、长石石英岩、石英砂岩、粉砂岩;石炭系测水组上段,以砂岩、石英砂岩、含砾石英砂岩为主,下段以砂岩、凝灰岩、细砂岩为主;侏罗系下统,石英质砂岩、细砂岩、泥质页岩、凝灰岩等,侏罗系中统(J<sub>2</sub>)中~薄层状石英砂岩,长石石英砂岩等,侏罗系上统(J<sub>3</sub>)以凝灰岩为主;龙岗地区有可溶性白云质灰岩,属于复杂和比较复杂岩溶地区。

上述岩体除龙岗岩溶地区外,均属硬质岩石,可

收稿日期:2007-08-23

作者简介:毛广陵(1957-),男(汉族),江西九江人,江西省地质矿产勘查开发局九一六大队工程师,岩土工程专业,从事地质勘探、工程勘察、岩土工程工作,江西省九江市,maoguangling@163.com。

作为桩基的良好持力层。

深圳地区一般有 2 层地下水:上部为潜水类型,含水层为第四层砂砾层,其渗透系数为 30 ~ 50 m/d,潜水往往随季节变化与河流互为补给,但靠近海域的潜水,则往往都与海水有联通关系,直接受到海水涨、落潮的影响,潜水的赋水程度还与原始地貌有很大关系;下部则为基岩裂隙水,在龙岗地区其强风化带勘察报告所提渗透系数一般为  $K = 3 \sim 5 \text{ m/d}$ ,在罗湖区受深圳大断裂带的影响,裂隙比较发育,强、中风化带的渗透系数达 9.5 m/d。

## 2 深圳地区桩基础桩端持力层

以下就目前深圳常用的 3 种桩型的桩端持力层进行阐述。

### 2.1 预应力混凝土管桩桩端持力层

1998 年 6 月 16 日,广东省标准《预应力混凝土管桩基础技术规程》(DBJ/T 15 - 22 - 98)颁发以后,预应力混凝土管桩在深圳地区得到广泛应用。预应力混凝土管桩属于挤土桩,各设计院在设计时通常利用其端阻力和侧阻力高的特点,充分发挥管桩的优势,设计成摩擦端承桩或端承摩擦桩。预应力混凝土管桩的桩端持力层一般根据上部建筑物的荷载选为砂砾层、全风化层,最深也只进入强风化岩层一定深度,不能穿透较厚的强风化岩进入中风化岩。但在强风化岩较薄或缺失的地层中,管桩桩端可接触到中风化岩,但施工时要特别小心,收锤时的贯入度不宜过小,以免将管桩底或管桩顶打裂。

### 2.2 人工挖孔桩桩端持力层

人工挖孔桩多用高层、超高层建筑,其桩端持力层根据上部建筑荷载而定,一般为强风化岩或中风化岩并扩底。既能满足荷载要求又能充分利用桩身本身抗压的强度,以达到经济省时的目的。目前深圳地区的挖孔桩护壁,其外侧是锯齿形的混凝土护壁,其凹凸型侧面摩阻力较大,在此之前许多设计院为安全起见一般不计桩侧摩阻力,但笔者认为这部分摩阻力是可以利用的,并且护壁混凝土强度不仅仅是考虑护壁,实际它也可承受相当大的荷载,如护壁混凝土强度与桩身混凝土强度相当。可使许多高层建筑物的桩基础桩端不一定非选择坐在微风化岩上,可以节省造价、缩短工期。

### 2.3 钻(冲)孔扩底灌注桩桩端持力层

钻(冲)孔扩底灌注桩适用于地块较复杂的地层。如地下水大,填土层中夹杂块石、孤石、建筑垃圾等地层,在周边建筑物比较密集工作面小,周边建筑物对沉降变形比较敏感,不适宜挖孔桩降水施工的地块,宜采用钻(冲)孔扩底灌注桩。

钻(冲)孔扩底灌注桩是在钻(冲)孔灌注桩基础上发展起来的。

在广东省标准《建筑地基基础设计规范》(DBJ 15 - 31 - 2003)发布之前,据深圳地区 60 个钻(冲)孔扩底灌注桩施工的资料反映,多家地质勘察单位参考深圳市标准《深圳地区建筑地基基础设计试行规程》(SJG 1 - 88),钻(冲)孔灌注桩基岩承载力设计值  $q_p$  见表 1。

表 1 钻(冲)孔灌注桩基岩承载力设计值

风化程度		基岩名称				/kPa
		花岗岩	花岗片麻岩	硅化凝灰岩	硅化千枚岩	
强风化		2700 ~ 3000	2700 ~ 3000	2700 ~ 3000	2700 ~ 3000	
中等风化		5000 ~ 6000	5000 ~ 6000	4500 ~ 5500	4500 ~ 5500	
微风化		8000 ~ 10000	8000 ~ 10000	7500 ~ 90000	7500 ~ 8500	
构造破碎带构造岩	块状	2400 ~ 3000	2400 ~ 3000	2400 ~ 3000	2400 ~ 3000	
	胶结状	5000 ~ 6000	5000 ~ 6000	4500 ~ 5500	4500 ~ 5500	
	断层泥(硬塑)	2400	2400	2400	2400	

注:(1)冲钻孔桩沉渣厚度  $\leq 10 \text{ mm}$ ; (2)对中等风化、微风化岩及胶结状的构造岩,当节理裂隙不甚发育时,取表中上限值;反之取下限值; (3)对强风化岩及松散块状的构造岩,视含泥量(粘性土)多少而分别选用上限或下限值。

多家设计院根据地质报告的地基承载力取值,30 层左右的高层楼房其钻(冲)孔扩底灌注桩的桩端持力层一般选择于强风化岩内,且未计桩侧摩阻力。经跟踪统计的 60 多座已建高层房屋沉降量均小于 40 mm,安全可靠。

在广东省标准《建筑地基基础设计规范》(DBJ 15 - 31 - 2003)实施后,一些勘察单位比照规范的经

验值取  $q_{pa}$  (见表 2)。

表 2 水下钻(冲)孔桩的端阻力特征值的经验值  $q_{pa}$  /kPa

土层名称	土的状态	桩入土深度/m	
		$\leq 15$	$> 15$
全风化软质岩	$30 \leq N' < 50$	400 ~ 700	600 ~ 900
全风化硬质岩	$30 \leq N' < 50$	500 ~ 800	700 ~ 1000
强风化软质岩	$N' \geq 50$	600 ~ 900	800 ~ 1200
强风化硬质岩	$N' \geq 50$	800 ~ 1200	1000 ~ 1600

设计单位根据地质报告的地基承载力取值,30层左右的高层楼房其钻(冲)孔扩底灌注桩的桩端持力层一般选择于中风化岩内,且用上了桩侧摩阻力。比在广东省标准《建筑地基基础设计规范》(DBJ 15-31-2003)发布之前保守得多。

我们在深圳、福田、南山施工了60个钻(冲)孔扩底灌注桩基础项目,有的项目还进行了静载试验。通过试验及封顶后的各大厦沉降观测结果统计,笔者有如下几点体会和看法。

(1)设计时选择钻(冲)孔扩底灌注桩的持力层应计算侧阻力,但取值不宜偏高,钻(冲)孔桩是泥浆护壁,在几年之内泥皮未完全失水、固结,有一定润滑作用,侧摩阻力较小。但多年以后泥皮固结,摩阻力会大幅度增加。当然钻孔桩摩阻力取值是较复杂的,各场地不同区域分层厚度不一,设计时侧摩阻力取值就难于确定,所以不能完全照搬有关规范的经验数据。

(2)设计深圳的项目不能完全搬用广东省标准《建筑地基基础设计规范》(DBJ 15-31-2003),此规范的有关桩端阻力特征值的经验值具有广州地区的代表性。

(3)钻(冲)孔扩底灌注桩的持力层若选在强风化花岗岩时,应根据该场地强风化岩的厚度计算其桩端土承载力标准值。一般情况下强风化岩较薄的地层其层内存在碎块状中风化岩块,压缩性较低,承载力较高。强风化岩较厚的地层(4 m以上),强风化层上部风化程度高,压缩性高,承载力低;中部压缩性居中;下部压缩性低,承载力较高。强风化花岗岩承载力标准值参考数据为:上部2000~2300 kPa,中部2400~2600 kPa,下部2700~3300 kPa,对千枚岩、泥岩、砂岩等岩性不同的强风化岩层需要另行考虑。

所以,强风化岩层较厚(>8 m)时可将强风化

岩的中上部作为桩的持力层,以缩短桩长减少工程量;若岩层厚度在4~8 m时,宜选择进入岩层中部;若岩层厚度<4 m,则桩端要进入强风化层的下部。

(4)关于桩端入持力层深度的问题,不少的设计院要求入强风化岩一定深度或入强风化岩几倍的桩直径。笔者认为不甚合理。譬如,一个桩孔强风化花岗岩厚度有2 m,而另一桩孔强风化岩有10 m,如果设计要求入强风化岩1.5 m,则第一根桩端坐在强风化花岗岩下部,桩端土承载力高,而另一根桩只坐在强风化岩的上部,其桩下岩土压缩性高,承载力低。又如,在强风化花岗岩厚度都为2.5 m的2个桩孔内施工,第一根桩设计桩径0.8 m,而另一根桩设计桩径2 m,若设计要求桩端入强风化岩1倍的桩径,则第一根桩桩端坐在强风化岩的上部,承载力低,而另一根桩则已坐在了强风化岩下部,承载力高。所以要根据桩径大小、岩层厚度分别确定桩端入持力层深度。

### 3 结语

目前深圳的建设仍在高速发展,开发商的思路越来越新,新盖楼盘越来越高,成本控制越来越注重,对建设者的技术要求越来越严,一个个新的课题摆在我们面前。许多勘察、设计单位在设计建筑物的基础时对选择桩型均看成是一个较慎重的课题,而选择的桩端持力层更是慎之又慎。既要保证建筑物的安全,又要经济合理、省钱省时。所以设计时考虑问题更要周密细心。

对于施工单位则更应加强责任心,施工中要随时分析复杂变化的地层,施工操作中不能完全依赖地质勘察报告,要根据管桩的贯入度、桩孔取出的岩样、钻进效率等判别土层性质,摸索规律。只有这样才能做出让业主放心的工程。

(上接第23页)

## 5 结论

本文将灰色预测控制理论应用在自动送钻钻压控制系统中,灰色预测模型随着数据的变化而不断更新,使得系统在外界干扰的情况下,也能保持良好的稳定性,无超调,精度更高;系统的适应性强,且计算量小,具有很强的实时性和可实现性。实验仿真结果表明,灰色预测控制算法适合应用在钻压系统这样一个非线性、大时延、无法建立精确数学模型的控制对象中。

## 参考文献:

- [1] 陈如恒,沈家骏. 钻井机械的设计计算[M]. 北京:石油工业出版社,1995.
- [2] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中理工大学出版,1987.
- [3] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1987.
- [4] 高岩. 石油钻机自动送钻智能控制系统[D]. 西安:西安建筑科技大学,2004.
- [5] 王晓华,林立. 钻机盘式刹车自动送钻的模糊控制研究[J]. 制造业自动化,2000,(22):5.
- [6] 张连山. 国内外自动送钻装置现状与发展[J]. 国外石油机械,1996,7(3):1-8.
- [7] 朱小平. 钻机自动送钻系统模糊最优控制[J]. 石油机械,2004,33(2):22.