

贵州某工程桩基设计

颜晓坤¹, 李 谦¹, 邱明兵²

(1. 贵州省建筑科研设计院, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国建筑科学研究院, 北京 100013)

摘 要: 介绍了贵州位于浅埋基岩上某工程的岩基承载力取值, 对比了强风化岩的岩基载荷试验和深层平板载荷试验, 表明风化岩的变形性状和承载能力与基础形式有关。对于深基础, 岩体埋置越深, 变形模量越高, 承载力也越高。工程实践中应利用桩基础和天然地基承载力性状的区别, 合理设计以提高地基承载力。

关键词: 强风化岩; 岩基; 承载力; 载荷试验

中图分类号: TU473

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2011)S2-0242-04

作者简介: 颜晓坤(1974-), 女, 贵州省贵阳市人, 工程师, 从事结构工程设计工作。E-mail: 625961520@qq.com。

Design of pile foundation of a project in Guizhou Province

YAN Xiao-kun¹, LI Qian¹, QIU Ming-bing²

(1. Guizhou Academy of Building Research and Design, Guiyang 550002, China; 2. China Academy of Building Research, Beijing 100013, China)

Abstract: The selection of bearing capacity values of a project in shallow rock foundation in Guizhou Province is introduced. The deep plate load tests and the rock foundation static load tests are comparatively analyzed. The results show that the deformation modulus of the strong weathered rock increases with the increase of the buried depth. Different bearing capacity behaviors of the pile foundation and shallow foundation should be considered in engineering practices to enhance the bearing capacity of foundations.

Key words: strong weathered rock; rock foundation; bearing capacity; static load test

1 工程概况

1.1 建筑物基本情况

拟建的都匀市七里香溪居住小区项目总用地面积 42256 m², 总建筑面积 259771.92 m², 其中住宅建筑面积 219763.24 m², 商业楼及配套设施面积 40008.68 m²。本文以#5 楼为例介绍桩基础设计过程。

#5 楼位于小区东部, 楼高-1+5+26F, 建筑±0.00 标高 787.35 m, 地下室底板标高为 782.25 m, 为框支剪力墙结构, 单柱最大柱荷载组合标准值 20000 kN。

1.2 拟建场地地质条件

根据岩土工程勘察报告内容, 摘编如下:

(1) 地貌单元为山麓斜坡堆积、河流侵蚀堆积地貌类型区, #5 楼场地地势较平坦, 钻探场地地面高程为 784.11~790.72 m, 高差 6.61 m。

(2) 场地岩土构成自地表向下依次由杂填土, 碎石土, 残坡积黏土, 砂夹卵石, 及二叠系吴家坪组吴家坪组 (P_{2w})、大隆组 (P_{2d})、长兴组 (P_{2c}) 的岩组, 岩层为硅质岩、燧石灰岩夹泥岩组成, 薄至中层黄色、褐色、褐黑色。分述如下:

(1) 杂填土 (Q^{ml}): 杂色, 由混凝土、黏土、碎石块、砖及少量生活垃圾组成, 结构松散, 均匀性较差, 厚度为 0.4~1.5 m。

(2) 碎石土 (Q^{al+pl}): 黄色、褐黄色, 冲洪积成因, 由碎石夹黏土组成, 偶见块石及卵石, 厚度 3.2~10.8 m。地基承载力特征值取 160 kPa, 压缩模量取 8 MPa。

(3) 黏土 (Q^{el+cl}): 黄色、褐黄色, 软塑状, 含植物腐殖成分, 残破及成因, 厚度 0.8~3.2 m。地基承载力特征值取 60kPa, 压缩模量取 3 MPa。

(4) 强风化硅质岩 (P_{2w}): 场地基岩主要为二叠系吴家坪组 (P_{2w}) 薄至中层黄色、褐色、褐黑色硅质岩夹泥岩互层, 层状结构, 节理裂隙极发育, 岩质较软, 岩体破碎。岩芯呈砂状, 少量碎块状。

(3) 据区域水文地质资料, 地下水类型包括第四系松散层渗透孔隙水及基岩裂隙水两种类型, 水动力特征为无压水 (潜水)。由于场地位于无名小河边, 上,

第四系松散层孔隙水水量丰富, 地下水位枯水期与丰水期水位升降幅度 2.5 m 左右, 近 3~5 a 内的最高水位的高程为 781.0 m, 历史最高水位为 782.82 m。根据#7, #8, #9, #10 楼抽水试验实测场地地下水静水位高程为 780.63 m。

2 地基基础方案选择

本工程场地特征为基岩埋置较浅, 地下水位较浅; 上部结构荷载大, 刚度较好。根据这些特点可以在以下地基基础方案中选择:

(1) 柱下独基和墙下条基, 基础置于强风化硅质岩上。该方案优点是基础施工方便, 但需要进行场地大开挖, 并采取降水措施, 结构柱墙向下延伸, 增加造价。

(2) 采用 CFG 桩进行地基处理, 将 CFG 桩端置于强风化硅质岩上。由于上覆土层仅为 5~6 m, CFG 单桩承载力较低, 不适应上部结构荷载需求。

(3) 泥浆护壁钻孔灌注桩。该方案在强风化硅质岩中施工难度较大, 且桩底沉渣极大降低桩端阻力, 很不经济。

(4) 人工挖孔桩。该方案能充分利用基岩承载力, 但由于地下水位很浅, 挖孔降水有一定难度。

经过综合比较, 最终确定采用人工挖孔桩。根据在地表进行的岩基载荷试验, 最初预估桩端阻力为 1200 kPa。建议进行深层平板载荷试验, 取得桩端阻力, 并按《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 计算单桩承载力。

3 地基承载力取值

3.1 岩基载荷试验

(1) 按经验公式计算的地基承载力

本次所能取到岩样主要为硅质岩, 泥岩为薄层, 很难取到泥岩岩芯样, 场地地质情况绝大部分为硅质岩夹薄层泥岩互层。根据室内岩石试验, 场地岩石岩石 $f_{rk}=17.813$ MPa, 为较软岩, 钻取岩芯主要呈砂状, 少量碎块状, 岩体破碎, 岩体基本质量等级为 V 级。根据超重型动力触探测试, 下伏基岩表层受风化浸泡影响, 击数在 6~8 及左右; 下部击数在 15 以上。强风化硅质岩的主要物理力学性质见表 1。

表 1 强风化硅质岩物理力学指标

Table 1 Physical and mechanical properties of strong weathered siliceous					
地层	饱和单轴抗压强度标准值/MPa	坚硬程度	完整性指数	完整程度	基本质量等级分类
硅质	17.813	较软	0.34	破碎	V

根据 GB 50007—2002《建筑地基基础设计规范》, 对破碎、极破碎岩石地基承载力特征值, 可根据地区经验取值, 无地区经验时, 可根据平板载荷试验确定。

为准确确定强风化硅质岩的地基承载力, 在#5 楼 ZK89 和#7 楼 ZK334 位置做了 6 个岩基载荷试验, 其中#5 楼位置的试坑深 5 m 无地下水, 布置位置#1, #2, #3 测点; #7 楼位置的试坑深度 7 m, 地下水位较高, 布置#4, #5, #6 测点。

载荷试验采用面积为 707 cm² 的圆形(直径 30 cm)双层钢制承压板; 100 t 带压力表的油压千斤顶加荷; 沉降观测由安装在承压板两方的两只精度为 0.01 mm 的机械百分表进行观测; 反力由钢桁架平台加砂袋堆载提供, 试验深度为 0.50 m。采用分级维持荷载相对稳定法。

表 2 为无地下水硅质岩载荷试验分级加载的荷载-沉降关系, 图 1 为无地下水的#1 测点的 $p-s$ 曲线。

表 2 无地下水硅质岩荷载-沉降关系

Table 2 Load-settlement relationship of siliceous in dry strata			
p/kPa	s/mm		
	#1	#2	#3
500	0.920	0.930	1.255
1000	1.835	1.445	2.625
1500	2.635	2.135	4.005
2000	3.500	2.930	4.925
2500	4.345	3.745	5.760
3000	5.435	4.785	6.685
3500	6.170	5.695	7.645
4000	7.395	6.595	8.635
4500	9.520	7.565	9.375
5000	11.325	8.675	10.970
5500	13.025	10.500	12.365
6000	14.570	11.560	12.680

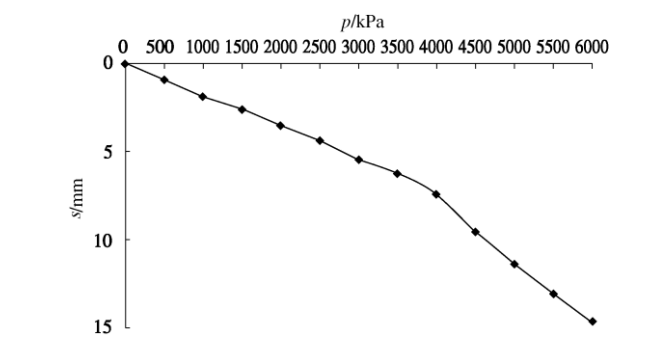


图 1 #1 测点 $p-s$ 曲线

Fig. 1 Load-settlement curves of test point No. 1

表 3 为有地下水的硅质岩载荷试验分级加载的荷载-沉降关系, 图 2 为有地下水的#1 测点的 $p-s$ 曲

线。参考《建筑地基基础设计规范》附录 H 要求，给出各试点承载力和变形模量，见表 4。

表 3 有地下水硅质岩荷载 - 沉降关系

p/kPa	s/mm		
	#4	#5	#6
300	3.550	1.590	2.055
600	5.860	3.240	4.135
900	7.900	4.760	6.045
1200	9.300	6.540	8.260
1500	11.270	9.790	10.570
1800	14.650	13.890	15.380
2100	18.250	19.310	20.660
2400	23.100	24.770	25.130
2700	27.630	24.380	30.470
3000	32.560		35.140

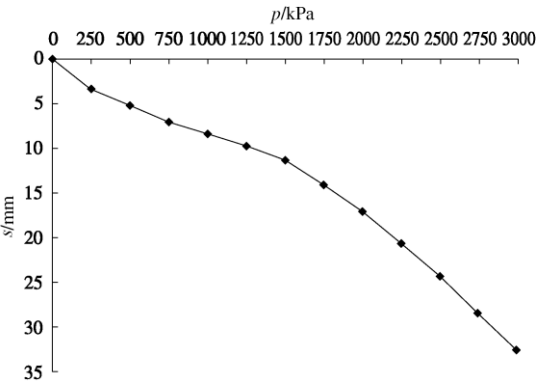


图 2 #6 测点 $p-s$ 曲线

Fig. 2 Load-settlement curves of test point No. 6

表 4 各试点承载力与变形模量

Table 4 Bearing capacity and deformation modulus of different test positions		
载荷试验点岩性及编号	承载力 f_{ak}/kPa	变形模量 E_0/MPa
硅质岩夹泥岩互层#1	2500	120.5
硅质岩夹泥岩互层#2	2500	136.8
硅质岩夹泥岩互层#3	2500	98
硅质岩夹泥岩互层#4	1500	29
硅质岩夹泥岩互层#5	1200	40
硅质岩夹泥岩互层#6	1500	31

根据试验可知，硅质岩夹泥岩互层未被地下水浸泡时，承载力极高；若泥岩被水浸泡，承载力会急剧降低。由表 4 可知：有地下水部位场地基岩承载力特征值为 $f_{ak}=1200\text{ kPa}$ ，变形模量 $E_0=29\text{ MPa}$ ；无地下水部位场地基岩承载力特征值 $f_{ak}=2200\text{ kPa}$ ，变形模量 $E_0=98\text{ MPa}$ 。

3.2 深层平板载荷试验

本工程大量基础位于地下水位以下，按照岩基载荷试验取 $f_{ak}=1200\text{ kPa}$ 设计，框支柱下荷载达 20000

kN，如果采用独立基础，宽度达 4 m，厚度达 2 m，需要将上覆 5~7 m 土层全部挖除方可施工。如果人工挖孔，墩底需要扩大至 4.6 m，墩身直径需要 3.6~4.0 m。如果采用钻孔灌注桩，一方面施工难度极高，另一方面单桩承载力降低。

可考虑按人工挖孔桩，桩长 10 m，桩端置于硅质岩，嵌入硅质岩 4~5 m。桩端端阻的发挥机理与浅层天然地基承载力机理有所不同，根据 JGJ 94—2008《建筑桩基技术规范》第 5.3.2 条第 2 款，建议进行深层平板载荷试验，以确定桩端极限端阻力。由于成孔工艺为人工挖孔，桩端持力层为强风化硅质灰岩夹泥页岩，而 JGJ 94—2008 中表 5.3.6-1 未给出强风化岩的极限端阻力标准值。参考表 5.3.6-1 中的卵石、碎石一项，密实状态可达 7000~11000 kPa；再参考表 5.3.5-2 中预制桩端强风化硬质岩为 7000~11000 kPa（预制桩的桩端与持力层紧密接触，与清底干净的人工挖孔桩机理一致，具有参考价值），综合起来，初步按 7200 kPa 设计，并提请检测单位按 7200 kPa 加载。现场挖孔至地面下 10 m，同时大于基岩面下 5 m，位于地下水位下约 6 m。选用直径为 80 cm 的圆形刚性承压体进行试验，承压体周围采用防水油毡与护壁隔离，消除桩身混凝土与护壁及周围岩土体的侧摩阻力。试孔 #1，#2，#3 加载的荷载 - 沉降关系见表 5。

表 5 深层硅质岩荷载 - 沉降关系

p/kPa	s/mm		
	#1	#2	#3
600	0.200	0.353	0.568
1200	0.440	0.548	1.183
1800	0.700	0.880	1.848
2400	0.980	1.230	2.463
3200	1.275	1.603	3.553
3600	1.608	2.228	4.630
4200	1.955	3.190	5.810
4800	2.348	4.278	6.910
5400	2.693	5.195	8.188
6000	3.300	6.138	9.340
6600	4.550	7.120	10.640
7200	5.970	9.050	12.960

试验受反力所限终止试验，荷载 - 沉降曲线没有出现“明显”的沉降突变。根据《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 附录 D，取 $s/d=0.01\sim0.015$ 对应的荷载为承载力特征值。 $d=800\text{ mm}$ ， $s=8\sim12\text{ mm}$ ，以 #3 载荷板为例，如果能继续加载的话，可以预计地基承载力特征值将取到 5400 kPa（按变形 8 mm

取值)。考虑到场地变化差异、地下水影响、施工水平和管理水平等特殊情況,取到 3600 kPa 应该安全可靠。此外,桩端极限端阻力取到 7200 kPa,即使考虑最不利的 3#孔,单桩沉降仍在 5 mm 以内;本工程一柱一桩,相互影响的叠加效应小,预计建筑物最终沉降量不超过 10 mm。综合以上因素,桩端极限端阻力取到 7200 kPa,相应变形模量取 320 MPa。

4 结 论

本文的平板试验表明,本工程岩石地基浅基础的承载力特征值为 1200 kPa,桩基极限端阻力标准值为 7200 kPa。基础设计时应根据不同的基础形式选择相应的地基力学参数。采用桩基时,不宜按桩端阻力特

征值 1200 kPa 取值。

参考文献:

[1] GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. (GB 50007—2002 Code for design of building foundation[S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2002. (in Chinese))

[2] JGJ 94—2008 建筑桩基技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008. (JGJ 94—2008 Technical code for building pile foundation[S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2008. (in Chinese))

(本文责编 孙振远)