

广州地区软岩承载力的讨论

吕 军

(广东省建筑设计研究院, 广州 510010)

【摘要】 根据原位和室内试验资料,对广州地区软岩天然地基承载力的确定及嵌岩桩承载力计算参数取值中存在的问题进行分析讨论,提出了解决思路和处理建议。

【关键词】 软岩;承载力;单轴抗压强度

【中图分类号】 TU 471.6

Study on the Bearing Capacity of Weak Rock in Guangzhou

【Abstract】 Based on the many laboratory and in-situ testing data, the determination of the natural foundation's bearing capacity in weak rock and the selection of the design parameter in socketed pile are studied, some opinions and improved methods are proposed.

【Key words】 weak rock; bearing capacity; uniaxial compression strength

0 引言

广州地区地处广州-三水红色盆地东延部分,普遍分布有中生代白垩纪红色岩系,常称“红层”。由于分布广泛,工程力学性质特殊,本文根据收集到的资料,拟讨论该岩系中的部分软岩(如泥岩、泥质粉砂岩、泥质粉细砂岩、泥质页岩等),即岩石天然湿度单轴抗压强度小于5 MPa的极软岩和5~10 MPa的部分次软岩作为基础地基,在工程实践中对其力学性能使用上存在的一些问题,与同行商榷。

1 广州地区软岩的工程特性

广州地区的软岩主要指泥岩、泥质粉砂岩、泥质粉细砂岩和泥质页岩等,主要为白垩纪岩层,分布广泛。埋深变化范围较大,起伏范围一般在0~55 m之间。其上大部分为第四纪土层覆盖,主要特点是抗压强度小,变形模量低,泊松比高,塑性变形大,重度小,裂隙发育,泥质含量高,亲水性强,遇水易软化,失水易龟裂,泥质含量较高的泥岩在一定条件

下与地下水作用可形成塑性泥,具有泥化性^[1]。

作为岩体其风化具有明显的垂直分带性,但风化层埋深起伏大,风化层厚薄不均且变化幅度较大,风化特征复杂,风化程度组合具有不确定性,在勘察过程中常揭露有多重软、硬夹层的特点。

2 岩石天然地基承载力

2.1 岩石天然地基承载力设计值计算在软岩地基工程实践中适用性不强

国标《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7-89)第3.2条,提出了对微风化及中等风化的岩石地基承载力设计值^[2],也可根据室内饱和单轴抗压强度按下式计算:

$$f = \Psi f_{rk} \quad (1)$$

式中: f 为岩石地基承载力设计值;

f_{rk} 为岩石饱和单轴抗压强度标准值;

Ψ 为折减系数。微风化岩宜为0.20~0.33;中等风化岩宜为0.17~0.25。取值时,

对于硬质岩石着重考虑岩体中结构面间距、产状及组合,软质岩石着重考虑其水稳性。

备注中还说明:

①上述折减系数值未考虑施工因素及建筑物使用后风化作用的继续。

②对于粘土质岩,在确保施工期及使用期不致遭水浸泡时,也可采用天然湿度的试样,不进行饱和处理。

广州地区的软质岩,特别是小于5 MPa的极软岩,据上式计算而得的岩石地基承载力设计值,在工程实践中直接使用是不合适的。例

如: $f_{rk}=2$ MPa的中风化软岩,根据计算 $f=340\sim 500$ kPa,相当于硬塑~坚硬状态的粘性土地基承载力,显然是不合理的,如使用按上式计算提出的地基承载力设计值,将明显增加工程造价,在没有原位试验的情况下,如不参照规范执行,提出的承载力缺乏依据,带有一定的随意性,对工程的安全性没有切实保障。

2.2 基岩原位压板静载试验与岩石单轴抗压强度对比资料

基岩原位压板静载试验与岩石单轴抗压强度对比资料见表 1。

表 1 原位和室内试验对比资料表

工程名称	基岩岩性	点号	极限荷载 P_u /MPa	承载力 f /MPa	变形模量 E_0 /MPa	岩石单轴抗压强度		E_{50} /MPa	f/f_r	f/\bar{f}_r
						范围值 f_r /MPa	平均值 \bar{f}_r /MPa			
广州市电信局长途通讯枢纽楼	强风化泥质粉砂岩	1	2.531	0.844	80	1.36		97.9	0.62	
		2	2.260	0.753	80	1.28		305.0	0.59	
	中风化泥质粉砂岩	3	>5.15	>1.717	1 500.0	4.58		1 333.6	>0.37	
粤海大厦	强风化泥质粉砂岩	1	3.0	1.0	40	0.58~0.68	0.63	49~68 (56.0)	1.72~1.47	1.59
		2	6.25	2.083	166	0.91~1.78	1.38	83~144 (122.3)	2.29~1.17	1.51
	全-强风化泥质粉砂岩	3	1.5	0.5	39	0.34~0.44	0.39	21~22 (21.7)	1.47~1.14	1.28
	中风化泥质粉砂岩	4	>7.0	>2.3	478	5.18~5.96	5.57	578~823 (700.5)	>0.44~0.39	0.41
广州市房管局大楼	强风化泥岩	1	4.0	1.333	137.2	1.8			0.74	
		2	4.0	1.333	265.6	3.0			0.44	
东莞华侨城	强风化泥质粉砂岩	1	3.9	1.3	253.6	0.9~1.4	1.2	62.5	1.44~0.93	1.08
		2	2.1	0.7	52.6					
		3	7.45	2.48	387.6	0.7~1.3	1.0	83.0	3.54~1.91	2.48
		4	4.5	1.5	273.5	0.96~1.17	1.03	220	1.56~1.28	1.46

注:①表格 E_{50} 一栏中括号内为平均值。

②市电信局长途枢纽楼压板试验中测点处渗水量大,有地下水浸泡现象。

根据表中承载力 f 与岩石抗压强度 f_r 的比值幅值为 $>0.37\sim 3.54$ 。

2.3 建议采用的 Ψ 值和承载力设计值

根据基岩压板静载试验资料和岩石单轴

抗压强度的对比资料,以及我院在部分岩基中天然地基承载力和短墩中岩基天然地基承载力的工程实践使用经验,对广州地区软岩的岩石地基承载力设计值计算公式中 Ψ 值取值和

承载力设计值建议见表2。

表2 折减系数和岩石地基承载力设计值

岩石单轴抗压强度标准值 f_{tk}/MPa	折减系数 Ψ	岩石地基承载力设计建议值 f/kPa
0.5~1.0	0.75~0.80	400~750
1.0~2.0	0.60~0.75	750~1 200
2.0~5.0	0.40~0.60	1 200~2 000
5.0~10.0	0.25~0.40	2 000~2 500

由于极软岩的特殊工程特性,在野外勘察时取芯难度相对较大,特别是风化软岩取芯更是不易。根据我院和广州地区的使用经验,岩石天然地基承载力标准值可参考芯样情况和结合标贯试验进行取值(详见表3)。

表3 风化软岩地基承载力标准值和变形模量

芯样形状	标贯击数 $N/\text{击}$	岩石天然地基承载力标准值 f_k/kPa	变形模量 E_0/MPa
土状	$\geq 50 \sim 60$	700~900	120~180
半岩半土状	$\geq 70 \sim 80$	1 000~1 200	170~240
碎块状	$\geq 80 \sim 100$	1 200~1 500	200~300

由于广州地区的软岩,裂隙发育,泥质含量高,亲水性强,具有遇水易软化,失水易龟裂的特点。在施工过程中,岩石地基揭露开挖时,应特别注意做好疏、排水和对新鲜原岩的及时封闭措施。若基岩浸水软化时,则应降低 Ψ 值的取值。另外,广州地区的软岩,具有风化层埋深起伏大的特征,在相同标高位置的基岩,岩体力学物理性质和力学指标的变化较大,对不均匀沉降量敏感度高或对沉降有严格要求的构筑物,应根据变形要求来控制。

3 嵌岩桩竖向承载力

3.1 嵌岩灌注桩竖向承载力设计值计算中参数选取标准不一

广东省标《建筑地基基础设计规范》(DBJ 15-3-91)第8.2.3条,提出嵌岩桩竖向承载力设计值可按下式计算^[3]

$$R = f_r (C_1 A_p + C_2 u_p h) \quad (2)$$

式中: R 为单桩的竖向承载力设计值;

f_r 为岩石天然湿度的单轴抗压强度;

A_p 为桩端的横截面面积;

u_p 为桩端嵌入基岩部分的截面周长;

h 为桩嵌入基岩的深度;

C_1, C_2 为系数。

该公式主要引自于交通部《公路桥涵地基与基础的设计规范》(JTJ 024-85)第4.3.4条,而(JTJ 024-85)规范中岩石天然湿度的单轴抗压强度取自试件直径为7~10 cm、高径比相同的单轴抗压强度值^[4]。因为根据模拟试验,该截面尺寸的试件其单轴抗压强度较接近标准混凝土立方体试件的抗压强度值,而目前一般勘察单位的岩石单轴抗压试验主要参照国标《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266-99)或参考国标《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7-89)附录九执行,提供的试件尺寸为 $\phi 48 \sim 54 \text{ mm}$ 、高径比为2.0~2.5的岩石单轴抗压强度,但有的勘察单位直接提供采用 $\phi 75 \sim 110 \text{ mm}$ 钻头钻取的芯样,2倍高径比的试件的抗压强度,由此导致结构设计工程师在计算取值上常引起参照标准的不一致。

3.2 岩石的单轴抗压强度

据大量的试验证明,岩石的单轴抗压强度除了取决于岩石的特性(矿物成分、结构与构造、微裂隙分布)以外,还和试件形状与断面尺寸、高径比、加荷速度、含水量以及试件的端部条件有关。江苏省地质局和黄河水利委员会水科所采用均质石膏材料模拟软岩,分别对相同的高径比不同截面尺寸和相同的截面尺寸不同高径比的试件的单轴抗压强度,进行了对比试验,试验结果见图1和表4。

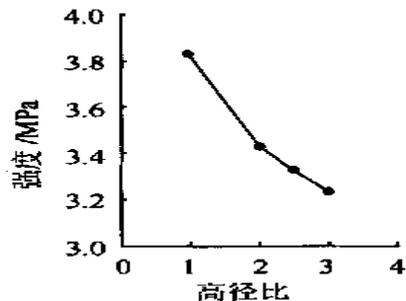


图1 截面为 $\phi 50 \text{ mm}$ 不同高径比对强度的影响示意图

表 4 相同高径比不同截面大小对强度影响

试样尺寸/cm	抗压强度/MPa			平均值/MPa	强度比
φ5×10	9.99	8.55	9.02	9.19	1
φ7×14	8.71	8.06	7.80	8.19	0.891
φ9×18	9.70	7.55	7.28	8.17	0.889

通过上述对比试验说明,在一定范围内的试件尺寸变化,具有断面尺寸愈大,强度愈低;高径比愈大,强度愈低,并趋于某一值的特点。在部分工程中取岩样作对比试验结果见表 5。

表 5 部分工程中不同高径比单轴抗压强度对比资料

岩 样	取样地点	试件截面直径/mm	不同高径比的单轴抗压强度/MPa				试验组数
			1.0	1.25	1.4	2.0	
泥质粉砂岩	五羊新城	φ90	$\frac{8.9}{1.0}$		$\frac{7.5}{0.84}$	2	
泥质粉砂岩	珠江桥	φ90	$\frac{16.1}{1.0}$		$\frac{12.3}{0.76}$	3	
粉(细)砂岩	茂名	φ49	$\frac{26.5}{1.0}$	$\frac{23.4}{0.88}$	$\frac{18.9}{0.71}$	20	
石灰岩	珠江桥	φ91	$\frac{93.7}{1.0}$		$\frac{35.0}{0.37}$	4	
花岗岩	龙洞	φ72	$\frac{158.2}{1.0}$	$\frac{124.9}{0.79}$	$\frac{76.6}{0.48}$	3	

注:分母为与高径比为 1.0 时强度的比值,分子为强度统计平均值。

根据对比试验,对软岩单轴抗压强度来讲,高径比为 2:1 与高径比为 1:1 的强度比值

为 0.71~0.84;而对于硬质岩则变化较大,其范围为 0.37~0.48。因此,对不以桩身混凝土强度验算控制的嵌岩桩竖向承载力,在采用上式进行嵌岩桩承载力设计值计算时,尊重原规范公式的来源,选用与标准混凝土立方体抗压强度较为接近的试件(即直径为 7~10 cm 高径比为 1:1)的岩石单轴抗压强度来计算,对节省基础工程的投资是有利的。

4 结 语

通过原位压板试验和室内试验资料的分析,结合规范有关规定,提出了在广州地区软岩岩石天然地基承载力设计值确定和嵌岩桩承载力设计值计算参数取值上的一些经验和思路,但广州地区软岩具有特殊的工程特性,以及钻探取样不易的特点,在工程实践中应根据不同的情况具体对待。另外,由于所收集的试验资料范围和数量有限,还有待进一步收集资料统计和研究。

参 考 文 献

- 1 周思孟.复杂岩体若干岩石力学问题.北京:中国水利水电出版社,1998.157~163
- 2 GBJ 7-89 建筑地基基础设计规范
- 3 DBJ 15-3-91 建筑地基基础设计规范
- 4 JTJ 024-85 公路桥涵地基与基础设计规范
- 5 DLJ 204-81 水利水电工程岩石试验规范.北京:水利出版社,1981

收稿日期:2001-11-19

本刊 2001 年 11 月 18 日讯 为总结我国社会主义现代化建设近 10 年来取得的学术成果,为实施“十五”计划、落实社会主义现代化建设第三步战略部署提供理论支持与保证,中国科学技术协会学会管理中心学术专家委员会、中国科学技术情报学术委员会、新时期全国优秀学术成果文献编辑部联合开展的“全国优秀学术成果评选”中,“冻融实验研究”论文(刊于《岩土工程技术》2001 年第 3 期,作者:林世文,包俊超,兰荣旺)荣获全国优秀学术成果一等奖。《岩土工程技术》编辑部特向论文的作者林世文,包俊超,兰荣旺先生表示祝贺。