

关于地基承载力标准值最终取值的探讨

机械工业部第三勘察研究院 雷继威

【提要】 本文通过工程实例,讨论了采用多种方法求得的地基承载力值之间存在较大差别的问题。提出自己选择的评价指标及相应计算公式作最终取值,并与所收集到的载荷试验资料进行对比探讨。

【Abstract】 That the values of the bearing capacity of the ground calculated by multiple methods are difference is given through engineering practice in this paper. The evaluative index and calculative formula selected to determine the final value are proposed and compared with the loading test data.

一、问题的提出

计算地基承载力(本文述及的“地基承载力”一词如果没有特别注明为设计值,则均为标准值)方法很多。有按室内试验土的工程特性指标查表法;按标贯、静力触探等原位测试结果计算或直接查表法;按理论公式计算或直接进行现场载荷试验求得等。但是,根据这些方法求得的结果往往差别较大,如用土分析结果查表与由静力触探比贯入阻力 P_s 查表所得结果比较,二者相差可达30%。由于没有合适的评价指标及相应计算公式,岩土工程师往往根据自己的工作经验综合取值,其具体数值往往偏于保守,不能充分发挥地基土的潜力。本文试图通过工程实例提出评价指标及相应计算公式,以使地基承载力最终取值较为准确可靠。

二、各类地基土承载力计算方法的选择原则

上述地基承载力的各种计算方法中,以载荷试验求得的结果最为准确。但因其费用高且工期长,因而只用于少数较重要或重大的建筑物地基勘察中。其它计算方法也并非对各类地基土都适用。因此,在具体的工程勘察中,应尽量选择各土类所适用的方法,做些相应的工作。除这些常用方法外,还可以根据旁压试验、地区性经验或邻近地区建筑经验类比求得承载力。总之,岩土工程师们应尽可能用多种适合的方法,计算出

地基承载力,然后再对这些数值进行处理,以便在对地基承载力作最终取值时,使所得结果更准确些。

三、地基承载力的最终取值

虽然同一土层的承载力值有渐变规律,但也不至于由于计算方法的不同而产生较大的差别。出现较大差别,据笔者分析,主要原因在于:第一,各种方法的局限性,因为每种计算方法在推导过程中有较多的假设和简化,并有相应的使用范围,不仅对各类地基土如此,对各个地区也是如此;第二,各种试验、测试仪器本身所引起的系统误差;第三,自然环境及人为因素所引起的偶然误差等。

通常在对这些差异较大的承载力值作最终取值时,为安全起见,取小值平均值;为经济起见,取大值平均值;为兼顾二者,大多数岩土工程师凭各自经验在最小值与最大值之间选取某一合适值(即上述的综合取值)作为该层地基土的最终取值。这样取值不仅人为性较大,偶然性也较大。为了达到在保证建筑物安全使用前提下充分发挥地基土潜力的目的,本文提出选取特征值作为评价指标。在研究大量工程实例后,笔者选取如下两个特征值作为评价指标:

- 1.各种方法得出的地基承载力值的算术平均值 f_{av} ;
- 2.岩土工程师根据具体工程实践所认为

较可靠的地基承载力值 f_{kp} , 即具体工作中失误较少、参加统计指标较多且相关性较好、所选方法较合适的那种方法得出的承载力值。

参考文献[2]一文作者通过大量演算分析, 在计算地基承载力的所有方法(载荷试验除外)中, 认为用抗剪强度指标 c 、 φ 值理论计算出的承载力值较为准确(这一结论与理论计算公式的依据相符)。需要说明的是, 上述 c 、 φ 值一般是通过固结快剪方法求得的。笔者通过工程实践认为, 以静三轴剪切试验 c 、 φ 值更为合适。一般来说, 用固结快剪 c 、 φ 值较用静三轴剪切试验 c 、 φ 值理论计算的承载力值偏大一些。当然, 若是进行剪切试验的土样较少或是指标离散性较大, 用 c 、 φ 值理论计算的承载力值也并不可靠; 若剪切试验指标较多且离散性较小, 那么理论计算值为较可靠的承载力值。若取土质量较好, 孔隙比 e 和液性指数 I_L 变异系数较小及统计数较多, 那么用 e 、 I_L 查表得出的承载力值为较可靠值; 若静力触探试验较多且曲线无明显异常, 那么用 P_s 值查表得出的承载力值可选为可靠承载力值; 若压缩试验做得较多, 且压缩模量变异系数较小, 也可选定与压缩模量相关性较好的承载力值为较可靠承载力值。所以在具体选定较可靠的承载力值 f_{kp} 时, 需作全面分析而定。

选好两个特征值 f_{kn} 和 f_{kp} 后, 在确定相应计算公式时, 参考文献[3]给笔者启发较大。我们可以作这样的设想: 将 f_{kn} 和 f_{kp} 设想为同一座标轴上的两点, 将这两点相连可得一条线段, 然后对它进行黄金分割, 因为黄金分割率是将一条线段分割的最佳比率, 其值为 $(\sqrt{5}-1)/2$, 约为0.618。引用黄金分割率后, 地基承载力的最终取值计算公式如下:

$$\text{若 } f_{kn} > f_{kp},$$

$$f_k = f_{kn} - 0.618(f_{kn} - f_{kp}) = 0.382f_{kn} + 0.618f_{kp}$$

$$\text{若 } f_{kn} < f_{kp},$$

$$f_k = f_{kp} - 0.618(f_{kp} - f_{kn}) = 0.382f_{kp} + 0.618f_{kn}$$

式中符号意义如下:

f_{kn} ——用各种方法计算的承载力值的算术平均值, kPa;

f_{kp} ——在这些计算方法中, 较可靠的承载力值, kPa;

f_k ——最终取值, kPa。

从上述二式可以看出, f_{kn} 和 f_{kp} 中小值的权为0.618, 即地基承载力最终取值偏向于小值, 这样显得较安全; 大值的权为0.382, 在一定程度上兼顾了各种方法计算的承载力值中的大值, 较能充分发挥地基土的潜力。

四、工程实例

笔者按上述取值方法应用于近三年的工程实践中, 取得了较满意的效果。后采用参考文献[4]的资料, 用黄金分割法对各种方法确定的地基承载力作最终取值, 与原文作者提出的承载力最后取值很相近。由于原文中用各种方法确定的承载力的具体数值相差不大, 故本工程实例虽然验证了本文述及的取值方法但代表性不大。最近看到参考文献[5]后, 才找到较理想的资料, 现将文中第②₁淤泥质粉质粘土层的主要物理力学性质指标统计表列于表1。为便于对比, 表1还列出了笔者在上海所从事的彭浦六期西带征地住宅街坊工程地质勘察中第②₁褐黄色粉质粘土层的主要物理力学性质指标统计表。文中确定第②₁层地基承载力的方法可以按室内试验土的工程特性指标查表, 按抗剪强度(含固结快剪及静三轴剪切方法)指标进行理论计算及现场载荷试验求得。由于原文作者是根据现已停止使用的TJ7-74规范计算地基承载力的, 为便于对照, 笔者根据现行GBJ7-89规范重新计算了地基承载力, 其结果列于表2。

为便于对比, 表2中笔者有意撇开载荷试验值对地基承载力作最终取值。由表2可

表 1 土的物理力学性质指标统计表

工 程 地 点	土 层 名 称		w	r	e	I_L	E_s	p_s	固 结 快 剪		静 三 轴 剪	
									c	φ	c	φ
河 北 省 廊 坊 市	② ₁ 淤泥质 粉质粘土	最大 值	48.7	19.4	1.37	1.33	7.7		20	32.2	23	8.8
		最小 值	29.0	17.1	0.84	0.85	3.2		10	9.9	21	6.6
		平均 值	34.5	17.8	0.98	1.02	5.4		15	23.8	22	7.7
上 海 市	② ₁ 褐黄色 粉质粘土	最大 值	33.0	19.7	0.93	0.72	6.0	1000	17.0	21.5		
		最小 值	27.5	18.7	0.77	0.41	3.6	700	8.0	13.0		
		平均 值	30.9	19.2	0.86	0.56	4.6	780	10.9	16.0		

注：单位r为kN/m³， p_s 和c为kPa。

表 2 地基承载力确定方法及最终取值

单位：kPa

工 程 地 点	土 层 名 称	地基承载力确定方法				算 术 平 均 值 $f_{s.}$	较 可 靠 承 载 力 $f_{s.}$	最 终 取 值 f_s	载 荷 试 验 值	备 注
		用 e, I_L 查 表	用w 查 表	用 p_s 查 表	理 论 计 算					
河 廊 北 坊 省 市	② ₁ 淤泥质 粉 质 粘 土	115	103		98	105	98	100	112	1.理论计算用静三轴剪切指标，并以理论计算 值作为较可靠承载力 $f_{s.}$ ； 2.载荷试验值按 $p \sim s$ 曲线 $s/b=0.02$ 确定。
上 海 市	② ₁ 褐黄色 粉 质 粘 土	184		102	90	125	102	110		1.理论计算用固结快剪指标； 2.由于静力触探曲线多达29个，且曲线无明显 异常，故以其 p_s 值确定的承载力值作为较可 靠承载力值 $f_{s.}$ 。

以看出：用静三轴剪切指标理论计算的承载力值作为较可靠承载力 $f_{s.}$ ，并用本文述及的取值方法作最终取值时，其 f_s 为100kPa，小于用载荷试验按 $s/b=0.02$ （按GBJ7-89规范）确定的地基承载力值112kPa。由于前者为地基承载力标准值，考虑到②₁层层面埋深约为2.0m，若据此按GBJ7-89规范中(5.1.3)式算出其设计值 f_d 刚好约为112kPa，说明此种取值方法的结果与载荷试验值比较一致。若用固结快剪指标理论计算的地基承载力值143kPa作为较可靠承载力 $f_{s.}$ 时，最终取值为128kPa，略大于用载荷试验按切线法确定的地基承载力值126kPa。当然若将前者换算成设计值，则还要大于后者一些。这也证实了本文上节的部分论点。在固

结快剪及静三轴剪切指标同时存在的情况下，宜用静三轴剪切指标理论计算地基承载力。表2列出的彭浦六期西带征地住宅街坊第②₁褐黄色粉质粘土层的最终取值为110kPa，与其压缩模量 E_s 值4.6MPa对应得较好，且与邻近地区勘察资料及《上海市工程地质图集》相符。由此可知，这种取值方法经得住实践的检验。

五、结语

本文述及的地基承载力最终取值方法是笔者的大胆探索，能够减少人为性及偶然性，便于为以后的工程实践积累经验。尽管在一些工程实践中得到证实，但在理论上尚欠成熟，还有待于在大量工程实践中加以验

（下转第23页）

桩、 b_{31} : 钢筋砼预制桩; 事件 a_2 : 桩长; 其对策为 b_{12} : 20.0m, b_{22} : 24.0m、 b_{23} : 30.5m来计算各目标下的效果测度。

(1) 经济代价

$$M_{(1)} = \begin{pmatrix} 0.111 & 0.337 \\ 0.333 & 0.361 \\ 0.250 & 0.828 \end{pmatrix}$$

(2) 桩基沉降

$$M_{(2)} = \begin{pmatrix} 0.250 & 0.102 \\ 0.200 & 0.145 \\ 0.167 & 0.244 \end{pmatrix}$$

(3) 沉桩阻力

$$M_{(3)} = \begin{pmatrix} 0.125 & 0.250 \\ 0.500 & 0.200 \\ 0.100 & 0.167 \end{pmatrix}$$

(4) 环境影响

$$M_{(4)} = \begin{pmatrix} 0.250 & 0.250 \\ 0.500 & 0.200 \\ 0.200 & 0.167 \end{pmatrix}$$

(5) 施工技术

$$M_{(5)} = \begin{pmatrix} 0.200 & 0.250 \\ 0.250 & 0.200 \\ 0.200 & 0.167 \end{pmatrix}$$

(6) 施工工期

$$M_{(6)} = \begin{pmatrix} 0.250 & 0.287 \\ 0.200 & 0.951 \\ 0.250 & 0.951 \end{pmatrix}$$

根据专家评估及工程实践, 各目标的权重按表1分配。

表1 各目标权重

目 标	经济代价	桩基沉降	沉桩阻力	环境影响	施工技术	施工工期
权 重	0.181	0.322	0.237	0.165	0.061	0.033

根据式(3), 得综合效果测度矩阵为:

$$D = \begin{pmatrix} \frac{0.192}{S_{11}} & \frac{0.219}{S_{21}} \\ \frac{0.348}{S_{12}} & \frac{0.236}{S_{22}} \\ \frac{0.176}{S_{13}} & \frac{0.337}{S_{23}} \end{pmatrix}$$

可见, 对于因素 a_1 , 最优局势为钻孔灌注桩; 对于因素 a_2 最优局势为桩长应为30.5m。因此, 该桩基方案为采用30.5m长的钻孔灌注桩。后来的工程实践告诉我们, 该桩基方案不但满足了工程需要, 而且造价便宜, 对环境影响也较小。

四、结 语

设计桩基方案的确是一项涉及诸多因素及其不同组合型式的复杂工作, 而某些因素却又难以做到精确的量化分析, 因而采用灰色局势决策方法所得到的桩基方案, 要比凭经验所作出的选择更加准确和优越。

参 考 文 献

- 1 邓聚龙. 灰色控制系统. 武汉: 华中工学院出版社, 1985
- 2 沈杰. 地基基础设计手册. 上海: 上海科技出版社, 1988
- 3 刘金砺. 桩基础设计与计算. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990

(上接第20页)

证, 恳请同行们加以指正, 以便进一步完善。

参 考 文 献

- 1 张苏民, 张炜. 地基承载力的确定与探讨. 军工勘察, 1992年1~2期
- 2 室内指标与承载力的相关性. 工程地质信息, 1985年2期
- 3 陈锐, 李德伟, 黄一平. 黄金分割法求解压缩土的P值. 大坝测试与土工测试, 1991年1期
- 4 严义荣, 丁德仪. 黄土状轻亚粘土承载力的确定. 水文地质与工程地质, 1991年1期
- 5 丛传早. 三五三二厂针织染车间地基基础工程设计研究报告. 军工勘察, 1994年1期
- 6 建筑地基基础设计规范(GBJ7-89), 中国建筑工业出版社, 1989年