

刚性桩复合地基设计中关于承载力的几个问题

程学军 弭尚银 黎良杰
(中航勘察设计研究院, 北京 100086)

【摘要】 讨论了刚性桩复合地基设计中, 在计算承载力时关于结构对承载力的要求、承载力计算方法以及承载力修正等三个方面的问题, 提出了几点看法。

【关键词】 刚性桩复合地基设计; 承载力计算方法; 承载力修正

【中图分类号】 TU431

Several Problems on Bearing Capacity in the Design of Composite Foundation with Rigid Pile

【Abstract】 Discussing a series of problems about bearing capacity calculation in the design of composite foundation with rigid pile, such as the bearing capacity put forward by architecture engineer, the calculation method of bearing capacity and the amendment of bearing capacity.

【Key words】 design of composite foundation with rigid pile; calculation method of bearing capacity; amendment of bearing capacity

0 引言

复合地基技术在北京地区高层、超高层建筑中应用越来越广泛, 近5年来以钻孔夯扩挤密桩和钻孔压灌CFG桩这两种刚性桩为主要处理技术, 我院设计施工的《北京松榆花园复合地基方案》中建筑物地上35层, 地下3层, 要求复合地基承载力标准值760 kPa, 可能是目前要求复合地基承载力最高的工程。

复合地基设计执行的规范之一是《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-91), 它反映了20世纪90年代以前的地基处理水平, 主要应用于对承载力要求不高的建筑物。对于深埋、大基础的高层、超高层建筑采用刚性桩复合地基却没有提到。由于结构设计人员岩土工程知识缺乏和岩土工程设计人员对结构计算不清楚, 造成了结构设计单位、岩土工程设计单位和检测单位在复合地基承载力某些问题认识上的不统一。本文对北京地区刚性桩复合地

基设计中承载力方面的一些问题提几点看法。

1 结构对地基承载力的要求

一般而言, 结构设计单位要求的地基承载力是根据上部荷载和基础底板面积确定的。根据建设单位对拟建建筑物功能要求, 标准层面积随之固定, 基础底板面积根据结构工程要求可适当外扩以减小基底压力, 但对于高层建筑, 如经过深、宽修正的天然地基承载力还是不能满足要求, 进行地基处理是必须的。由此可见上部荷载取值大小直接影响到要求的地基承载力的大小。

据了解北京地区结构设计单位在要求地基承载力时目前有两种做法(以下均考虑轴心荷载作用), 一种根据《建筑地基基础设计规范》(GBJ7-89)按下式进行:

$$p \leq f \quad (1)$$

式中: p ——基础底面处的平均压力设计值;
 f ——地基承载力设计值。

地基承载力设计值按下式修正:

$$f = f_k + \eta_b \gamma (b-3) + \eta_d \gamma_0 (d-0.5) \quad (2)$$

式中: f_k ——地基承载力标准值。

国家规范规定“按地基承载力确定基础底面积及埋深时,传至基础底面的荷载应按基本组合,土体自重分项系数为 1.0,按实际的重力密度计算。”根据《建筑结构荷载规范》(GBJ9-87),计算承载力时采用的是承载力极限状态,对于荷载基本组合,荷载效应组合的设计值 S 按下式确定:

$$S = \gamma_G C_G C_k + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} \psi_i Q_{ik} \quad (3)$$

上式的 S 即为(1)式中的 p ,荷载设计值可简单理解为荷载(永久荷载和可变荷载)标准值与相应的荷载分项系数及荷载效应系数的乘积。根据北京地区经验,一般情况下,荷载设计值为标准值的 1.25 倍。

另一种是根据《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》(DBJ01-501-92)按下式进行:

$$p = \frac{F+G}{A} \leq f_a \quad (4)$$

式中: p ——基础底面处的平均压力标准值;

f_a ——深宽修正后的地基承载力标准值。

深宽修正后的地基承载力标准值按下式计算:

$$f_a = f_{ka} + \eta_b \gamma (b-3) + \eta_d \gamma_0 (d-1.5) \quad (5)$$

式中: f_{ka} ——地基承载力标准值。

同时北京规范规定“设计基础底面尺寸,应采用荷载标准值;设计基础构件,应采用荷载设计值”。

由上述分析可知:地基承载力有“标准值”、“修正后的标准值”和“设计值”三个概念,荷载有“标准值”和“设计值”两个概念。

上述两种计算的区别是:1)国家规范是荷载设计值和地基承载力设计值的比较,北京规范是荷载标准值和修正后地基承载力标准值的比较;2)对于地基承载力的修正,国家规范

和北京规范有不同的修正系数和修正起始深度;3)对于国家规范的“地基承载力设计值”和北京规范的“修正后地基承载力标准值”其实质是一样的,只是定名不同,但易引起结构设计人员混淆,因为结构构件的承载力标准值和设计值与地基承载力的标准值和设计值是完全不同的概念。

因此若采用国家规范按荷载设计值确定的地基承载力肯定大于北京规范确定的承载力,由此造成的地基处理难度和费用加大,因此在进行复合地基设计时首先应搞清楚设计单位在承载力上的要求。对于复合地基的设计,应采用北京规范,以荷载标准值确定修正后的地基承载力标准值。

2 承载力计算方法问题

复合地基的承载力计算通常有两种思路^[1],在实际的设计中,以分别计算桩、土承载力然后按一定原则叠加的方法为主,地基处理规范中也是这样要求,通常按下式计算:

$$f_{sp} = m f_p + \beta (1-m) f_s \quad (6)$$

此时对于深埋、大底面基础的情况,式中的 f_s 是否要进行修正?还是对计算的 f_{sp} 进行修正?因此产生了两种计算方法,方法一是先对计算公式中的天然地基土的承载力标准值进行修正,按公式(5)得出修正后的土的承载力标准值,然后计算复合地基承载力标准值即式(8)。

$$f_{sp} = m f_p + \beta (1-m) [f_{ka} + \eta_d \gamma_0 (d-1.5)] \quad (7)$$

$$\text{即} \quad f_{sp} = m f_p + \beta (1-m) f_{ka} + \beta (1-m) \eta_d \gamma_0 (d-1.5) \quad (8)$$

式中: f_{sp} ——修正后的复合地基承载力标准值。

方法二是在不修正土的情况下直接按式(6)计算复合地基承载力标准值,然后按地基处理规范对计算的承载力标准值进行修正。根据本规范第 2.0.4 条,宽度修正系数取 0,深度修正系数取 1。

$$f_{sp} = f'_{sp} + \gamma_0(d-1.5)$$

$$f'_{sp} = mf_p + \beta(1-m)f_{ka}$$

$$f_{sp} = mf_p + \beta(1-m)f_{ka} + \gamma_0(d-1.5) \quad (9)$$

公式(8)和(9)的差别即为

$$\beta(1-m)\eta_d\gamma_0(d-1.5)/\gamma_0(d-1.5) \quad (10)$$

由式(10)可知在桩间土的发挥系数和置换率相同情况下,二者的差别取决于 η_d (深度修正系数), η_d 与被处理的地基土的性质有关,当被处理的地基土为粉质粘土($\eta_d=1.5$)时,两种计算方法的结果基本一致。

例1:某工程要求复合地基承载力标准值550 kPa,槽深7 m,槽底为粉质粘土,勘察报告提供的承载力标准值为170 kPa,水位埋深为4 m,采用先修正法计算得有效桩长16 m(单桩承载力标准值645 kN),桩间距1.40 m,正方形布桩,可满足设计要求,若以此法得的设计参数带入后修正公式中(此时土的承载力不能修正)得出承载力标准值为557 kPa。

但对于其他土层,计算结果的差异是不言而喻的,笔者认为按方法二进行复合地基的设计是合理的,因为结构设计时都是荷载标准值与修正后的复合地基承载力标准值的比较,此时式(9)中的 f'_{sp} 即为天然地基的 f_{ka} ,而式(8)无法反映复合地基的修正情况。

3 承载力修正问题

对于复合地基,地基处理规范在各种地基处理方案的施工质量检验一节中都提出应作复合地基的静载荷试验。因此无论用何种方法进行复合地基承载力的计算,进行静载荷试验是验证地基处理设计成功与否的关键,通常的做法是根据面积置换率确定压板面积,按要求承载力标准值的2倍进行加载。根据地基处理规范的有关规定确定承载力标准值的大小。按上述方法二进行复合地基设计,应该按修正前的复合地基承载力标准值 f'_{sp} 进行静载荷试验还是按修正后的值 f_{sp} 作静载荷试验也是容易混淆的问题,按 f_{sp} 进行静载荷试验无疑是偏于保守的也是结构设计单位乐于接受

的方案。笔者认为应按修正前的承载力标准值进行静载荷试验。

关于修正的问题复合地基和天然地基是一样的,在天然地基的基础设计过程中,对于一级建筑物国家规范第5.1.2条规定应结合当地经验采用载荷试验、理论计算公式计算及其他原位试验等方法综合确定,北京规范第6.3.6条规定一级建筑物的地基承载力宜经过计算分析后确定。此处的理论计算公式为(以北京规范为例):

$$f_u = cN_c \xi_c + \gamma_0 d N_q \xi_q + \frac{1}{2} \gamma_b N_r \xi_r \quad (11)$$

由式(11)可知,地基承载力是土体自身因素(力学性质)和边界条件(基础埋深和基础底面宽度)的函数。

对于深埋、大底面积的基础而言,若进行常规的静载荷试验,可以认为此时的静载荷试验是在半无限体空间内进行,只能反映土体自身的力学特性,而无法反映基础埋深 d 和基础底面宽度 b 的影响,能反映二者影响的试验是用与基础底面大小一样的压板进行的,实际情况是作不到的。同样对于复合地基在进行静载荷试验时其结果也应考虑深、宽的影响,只是在修正时修正系数与天然地基有差异。根据上述分析,可以这样理解:复合地基的静载荷试验的基准值即为上节方法二的修正前的复合地基承载力标准值 f'_{sp} 。

4 结论

1) 在进行复合地基设计时,应清楚结构设计对承载力的要求是依据荷载的标准值还是设计值,对于复合地基设计应采用标准值;

2) 关于承载力的计算方法采用方法二即后修正是合理的;

3) 复合地基静载荷试验以 f'_{sp} 为基准值,其结果应进行修正。

参 考 文 献

- 1 龚晓南. 复合地基. 浙江大学出版社, 1992. 78~79

收稿日期: 2002-03-04