

桩位偏差引起桩基竖向力的变化分析

董清华

(五邑大学土木工程系 江门 529020)

[提要] 将刚性基础基底反力的计算方法用于桩位偏差时各桩顶竖向力的计算。以四桩桩基与三桩桩基为例,分别计算了其中一桩桩位发生偏差时各桩竖向力的数值。计算结果表明,当其中一根桩的桩位偏差在规范规定范围以内时,各桩竖向力的变化大致在 10% 以内;当其中一根桩的桩位偏差达一倍桩径时,对四桩桩基,基桩竖向力变化最大可达 30%;对三桩桩基,最大可达 60%。

[关键词] 桩位偏差 刚性基础 竖向力 桩基础

Analysis of the Vertical Force Change in the Pile Foundation Induced by the Error of a Pile Position/ Dong Qinghua
(Department of Civil Engineering, Wuyi University, Jiangmen 529020, China)

Abstract: Calculation method of foundation pressure of rigid foundation is used to calculate the change of vertical force on pile top induced by the error of a pile position. The change of vertical force on every pile in four-pile or three-pile foundation is calculated separately when any pile's position emerges the error. The results show that, whether four-pile or three-pile foundation, if the error of a pile position is within the limit set by the code, the change of vertical force on every pile is within about 10%; if the error of a pile position equals to a pile's diameter, the maximum change of the vertical force on the pile is about 30% for four-pile foundation and about 60% for three-pile foundation.

Keywords: error of a pile position; rigid foundation; vertical force; pile foundation

1 桩位偏差时各桩竖向力的计算方法

桩基础中各单桩桩顶所承受的竖向力可按文[2]中式(5.1.1-1~2)计算,但这两式的应用必须符合以下条件:承台是刚性的;各桩刚度相同; x, y 轴是桩基平面的惯性主轴。一般桩基础均符合以上条件,但当桩位施工有偏差时,原本对称的布桩形式变成不对称,使以上第三条未能满足,此时可借助计算非文克勒地基上刚性基础基底反力的方法求出各桩桩顶所承受的竖向力数值^[3]。

桩位不对称分布时各桩顶竖向力按下式计算:

$$\{N\} = [K][X][C]^{-1}\{M\} \quad (1)$$

式中: $[K]$ 为基桩刚度矩阵; $[X]$ 为基桩坐标矩阵;

$$[C] = [X]^T [K] [X] = \begin{bmatrix} \sum K_{ix}^2 & \sum K_{ix}y_i & \sum K_{ix}x_i \\ \sum K_{ix}y_i & \sum K_{iy}^2 & \sum K_{iy} \\ \sum K_{ix}x_i & \sum K_{iy} & \sum K_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\{M\} = \{M_y \quad M_x \quad P\}^T \quad (3)$$

其中, P 为基底荷载合力,即作用于承台顶面的竖向力 F 与重力荷载 G 之和, M_y, M_x 分别为作用于承台底面的力对 y, x 轴的力矩。

具体计算步骤依次为:输入信息及 F , 计算 G , 计算承台形心, 形成 $\{M\}$, 计算 $[C]$, $\{N\}$, 输出结果。

2 计算结果分析

2.1 基桩竖向力的变化

有关预制桩桩位的偏差,规范^[2]规定:对桩数为 3 桩的桩基,其允许偏差为 0.1m;桩数为 4 桩的桩基,允许偏差为 $d/3$ 。现以一正方形分布的 4 桩桩基与一正三角形分布的 3 桩桩基为例,分析桩位偏差对各桩竖向力的影响。取承台埋深为 1.5m,桩直径 $d = 0.4m$,桩距 1.2m,桩中心到承台边的距离等于桩的直径 d ,作用于承台顶面的竖向力:四桩承台 $F = 3600kN$;三桩承台 $F = 2800kN$ 。

假设承台下有一桩桩位发生偏差,偏差沿两个方向:对四桩承台(图 1(a))为 4 号桩分别沿正方形对角线方向与水平方向向外、向内分别偏差 $d/3$ 与 d (图中未编号桩为未偏差时桩位);对三桩承台(图 1(b))为 3 号桩沿竖直方向向外、向内分别偏差 0.1m 与 d ,沿水平方向向右偏移 0.1m 与 d 。

针对以上桩位偏差,用上述方法算得各桩桩顶竖向力的变化结果如表 1 所示。由表 1 可知:对于四桩承台,当 4 号桩沿正方形对角线方向向外侧偏移 $d/3$ 时,1 号桩承受荷载最大,增大了 6.8%,4 号桩承受荷载最小,减小了 6.9%;当桩位向对角线内侧偏差 $d/3$ 时(表 1 中以“-”表示),4 号桩承受荷载最大,增大了 8.1%,1 号桩承受荷载最小,减小了 8.9%。当 4 号桩

沿水平方向偏差 $\pm d/3$ 时,各桩荷载变化的最大值比沿对角线方向偏差时要小。对于三桩桩基,当3号桩沿垂直方向向外侧偏差0.1m时,3号桩承担荷载最小,比原来减小了8.4%;当偏差为-0.1m时,3号桩承担荷载最大,增大了10.2%。当3号桩沿水平方向偏差0.1m时,各桩荷载的变化不大。如桩位偏差在规范规定范围内,各桩荷载的变化大致在10%以内。

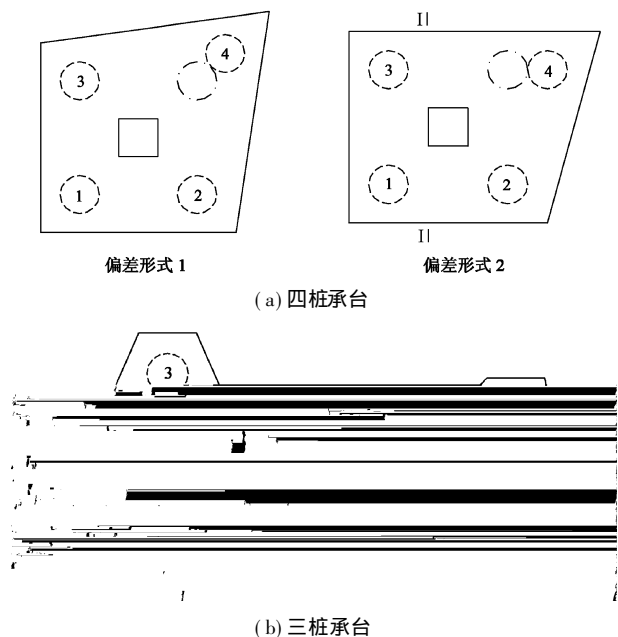


图1 桩位偏差形式示意

桩位偏差时各桩桩顶承受竖向力计算结果 表1

| 桩基形式 | 桩位 误差 (m) | 1号桩 | | 2号桩 | | 3号桩 | | 4号桩 | | |
|------|-----------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------|
| | | 竖向力 (kN) | 变化率 (%) | 竖向力 (kN) | 变化率 (%) | 竖向力 (kN) | 变化率 (%) | 竖向力 (kN) | 变化率 (%) | |
| 四桩承台 | 无偏差 | 0 | 930.0 | — | 930.0 | — | 930.0 | — | 930.0 | — |
| | 偏差形式1 | $d/3$ | 993.3 | 6.8 | 934.1 | 0.4 | 934.1 | 0.4 | 865.6 | -6.9 |
| | | $-d/3$ | 847.6 | -8.9 | 933.4 | 0.4 | 933.4 | 0.4 | 1005.6 | 8.1 |
| | | d | 1083.7 | 16.5 | 951.0 | 2.3 | 951.0 | 2.3 | 755.8 | -18.7 |
| | | $-d$ | 614.0 | -34.0 | 972.2 | 4.5 | 972.2 | 4.5 | 1161.6 | 24.9 |
| | 偏差形式2 | $d/3$ | 971.3 | 4.4 | 890.0 | -4.3 | 977.0 | 5.1 | 886.7 | -4.7 |
| | | $-d/3$ | 876.3 | -5.8 | 987.7 | 6.2 | 878.7 | -5.5 | 981.3 | 5.5 |
| | | d | 1031.4 | 10.9 | 815.3 | -12.3 | 1088.2 | 17.0 | 800.1 | -14.0 |
| $-d$ | | 715.4 | -23.1 | 1144.6 | 23.1 | 786.9 | -15.4 | 1073.1 | 15.4 | |
| 三桩承台 | 无偏差 | 0 | 959.5 | — | 959.5 | — | 959.5 | — | — | — |
| | 偏差形式1 | 0.1 | 1001.8 | 4.4 | 1001.8 | 4.4 | 878.9 | -8.4 | — | — |
| | | -0.1 | 908.5 | -5.3 | 908.5 | -5.3 | 1057.6 | 10.2 | — | — |
| | | d | 1094.4 | 14.1 | 1094.4 | 14.1 | 705.3 | -26.5 | — | — |
| | | $-d$ | 662.3 | -31.0 | 662.3 | -31.0 | 1538.4 | 60.3 | — | — |
| | 偏差形式2 | 0.1 | 984.0 | 2.6 | 935.0 | -2.6 | 939.5 | 0.0 | — | — |
| d | | 1057.4 | 10.2 | 861.6 | -10.2 | 939.5 | 0.0 | — | — | |

注:变化率为桩位偏差前后该桩所承受竖向力相对变化百分数。

如果桩位偏差超过规范^[2]规定,假设其中一桩沿两个方向偏差 $\pm d$,由表1可知:对于四桩桩基,4号桩

沿其对角线方向向外侧偏差 d 时,1号桩承担的荷载最大,增大了16.5%,4号桩承担的荷载最小,减小了18.7%;当该桩向内侧偏移 d 时,1号桩承担的荷载最小,减小了34.0%,4号桩承担的荷载最大,增大了24.9%。当4号桩沿水平方向偏差 $\pm d$ 时,各桩荷载变化的最大值比沿对角线方向偏差时要小。对于三桩桩基,当3号桩沿垂直方向向外侧偏差 d 时,1,2号桩承担的荷载较大,分别增大了14.1%,3号桩承担的荷载较小,减小了26.5%;当3号桩沿垂直方向向内偏差 d 时,1,2号桩承担的荷载较小,减小了31.0%,3号桩承担的荷载最大,增大了60.3%;当3号桩沿水平方向偏差 d 时,各桩荷载的变化比沿垂直方向偏差时变化要小。

由以上分析可知:无论是三桩桩基还是四桩桩基,当其中一桩向内侧偏差或向外侧偏差相同距离时,向内侧偏差比向外侧偏差引起各桩荷载的变化要大;对于四桩桩基,桩位沿对角线方向偏差比沿水平方向偏差引起各桩荷载的变化要大;对于三桩桩基,沿垂直方向偏差比沿水平方向偏差引起各桩荷载的变化要大。

2.2 承台受力的变化

由上述的计算可知:当桩位偏差在规范规定的范围以内时,其剪力变化不大;如超过规范规定的数值,剪力变化较大。例如对四桩承台(图1),当4号桩沿水平方向向外侧偏移 d 时,在I-I剖面上剪力将增大13.95%,剪力的增大有可能导致承台发生剪切破坏。

此外,基桩竖向力的变化还影响到承台的配筋计算及角桩、边桩的冲切计算,如有必要,应重新计算,修改设计。

3 结论

(1)无论是四桩桩基还是三桩桩基,当其中一桩桩位偏差在规范规定范围以内时,各桩竖向力的变化一般不超过10%。

(2)当有一桩桩位偏差达一倍桩径 d 时,对于四桩桩基,有可能使某桩竖向力的变化达30%;对于三桩桩基,各桩荷载的变化最大可达60%。

(3)基桩荷载的变化也使得承台所受的剪力发生变化,还影响到承台的配筋计算及其他验算,如有必要,应重新进行设计计算。

参 考 文 献

- [1] 建筑地基基础设计规范(GB50007—2002)[S].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [2] 建筑桩基技术规范(JGJ94—94)[S].北京:中国建筑工业出版社,1995.
- [3] 华南理工大学等.地基及基础[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.