

格式基础的简化计算和实用调整方法^{*}

林 君 娜

(厦门市建筑设计院, 厦门 361003)

摘要 介绍格式基础的简化算法, 并对其纵横双向条形基础在交接处存在着基底面积重叠的问题, 提出一种简单实用的基础宽度调整方法。

关键词 格式基础, 整体刚度, 宽度, 调整

分类号 TU 470.3

建筑物沉降的均匀程度不仅与地基的均匀性和上部结构荷载分布情况有关, 而且与建筑物结构整体刚度有密切的关系。在总沉降量大的情况下, 建筑物会发生倾斜, 这就是“总沉降大差异沉降必然大”的规律。因此, 差异沉降的大小是与地基处理、上部结构体系, 以及荷载大小、基底面积等诸多因素有关^[1,2]。如果上部结构刚度强度好, 而基础形式选择或地基处理不当, 基础的刚度强度差, 势必引起建筑物的损坏。美国 ACI436 委员会指出^[3], 通过计算表明, 建筑物的基础与上部结构的总刚度与地基的刚度之比 k_z (称为相对刚度) 增加时, 沉降差将迅速减小; 当 $k_z = 0$ 时, 沉降差与总沉降之比, 对条形基础为 0.5, 对方形基础为 0.35; 当 $k_z = 0.5$ 时, 沉降差与总沉降之比为 0.1。由此可见, 加强结构的整体刚度尤其重要。在地基较差、荷载较大时, 为了增强整体性且减小不均匀沉降, 常采用格式基础。这种形式的基础虽也有下沉, 但由于刚度大, 能有效地减小柱基之间的沉降差和减轻震陷引起的不均匀沉降。这也是地震区多层建筑物的抗震措施之一。本文根据工程实践经验, 对格式基础的设计进行探讨。

1 简化计算方法

格式基础是由柱网下的纵、横两组条形基础组成的一种空间结构, 理论分析相当复杂。按地基基础共同工作的要求, 应满足节点的变形协调条件。基底反力的分布, 应采用弹性地基梁的解法, 计算方法常用基床系数法——温格尔(Winkler)假定, 连杆法——半无限弹性体假定。采用上述方法, 其计算工作量很大。另外, 由于地基土性的复杂多变, 不能很好地反映地基的实际情况; 计算中用到的力学指标 k (基床系数) 与 E_0 (地基土的变形模量) 等也难以准确确定, 因而其计算结果往往与实际情况有出入。

实践中常采用简化计算方法, 按交汇于节点处纵横梁的线刚度比来分配柱荷载。力矩荷载由作用方向上的基础梁单独承担, 在比较均匀的地基上, 上部结构刚度较好, 荷载分布较均

匀. 同时, 条形基础梁的高度大于 $1/6$ 柱距时, 可采用倒梁法. 即以柱子作为基础梁的支座, 地基净反力及柱位处集中压力以外的其余外荷载作为基础梁上的荷载, 把基础梁作为倒置的连续梁计算内力. 倒梁法的计算简图, 如图 1 所示.

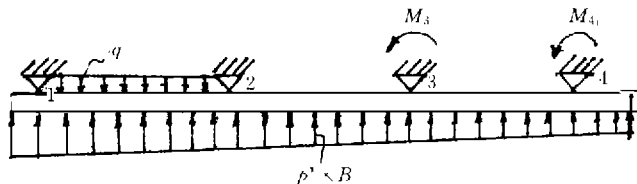


图 1 倒梁法计算简图

地基反力可按直线分布, 于是用偏心受压公式便可确定为

$$\left. \begin{matrix} P_{\max} \\ P_{\min} \end{matrix} \right\} = \frac{\sum P}{BL} \pm \frac{6\sum M}{BL^2},$$

式中 $\sum P$ 为上部建筑物作用在基础梁上各垂直荷载的总和, $\sum M$ 为各竖向荷载对基底形心的偏心力矩及力矩荷载总和, B 和 L 分别为基础的宽度和长度.

按以上方法计算所得的‘支座’反力, 一般不等于原有的柱压力. 这有两方面的原因, 其中一方面是反力按直线分布及视柱位为不动支座都可能与实际不符; 另一方面, 柱压力数值本身也未必精确. 后者原因是因为在确定这些柱压力值时, 并未考虑到建筑物(包括基础)的整体刚度及地基的可压缩性, 对荷载在上部结构中的传递、分配所起的调整作用(即共同工作). 为了弥补这个矛盾, 在设计中可采用反力的局部调整法, 详见本文算例. 对于调整一次后柱压力与‘支座’反力还有一定偏差, 可再次进行调整. 至此, 已解决了格式基础柱荷载分配和确定地基反力这两个关键问题. 从而可分别按两个方向对各条形基础进行内力计算和配筋设计.

2 基础宽度的实用调整方法

格式基础在交接区域存在着基底面积重叠的问题. 由于地基面积的重复利用, 造成地基应力加大. 虽然上部纵横墙荷载在一定程度上能够互相传递, 附近的地基和基础能够与该区域的地基和基础共同工作, 但由于总的受力面积不足, 往往会使建筑物在重叠区域较多的中间区段沉降较大. 为了使地基应力均匀化, 必须调整基础宽度. 工程计算中由于未考虑基底面积重叠, 故在作施工图时常定性地适当加大宽度. 这种缺乏定量地加大, 往往存在着不必要的浪费或某些工程隐患. 本文提出按比例增加的调整方法, 有效地解决这一问题. 在具体方法上, 首先分别算出不计重叠的基础宽度, 然后根据该宽度算出典型节点下的基底重叠面积, 再核定该面积占区域总面积的比例 η . 把该数加 1, 从而得到基础宽度的放大系数 λ . 最后将 λ 乘以原基础宽度, 就得出合理的新宽度. 按此法再次调整, 直至调整后的宽度与本次调整前的宽度之差值, 小于或等于 5% 为止.

设某一框架结构, 按基础梁的线刚度比分配柱底内力后, 求出的基础宽度分别是 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ 和 $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$, 如图 2 所示.

典型节点下的基底重叠面积为

$S_{中} = A_2B_2, \quad S_{边} = A_2B_1/2.$

重叠比例为

$$\eta_{中} = \frac{2S_{中}}{B_2(l_1 + l_2) + A_2(L_1 + L_2)},$$
$$\eta_{边} = \frac{2S_{边}}{A_2L_1 + B_1(l_1 + l_2)}.$$

调整系数 $\lambda_{中} = 1 + \eta_{中}$, $\lambda_{边} = 1 + \eta_{边}$, 调整后的新宽度为

$$A_1 = \lambda_{边} A_1, \quad A_2 = \lambda_{中} A_2,$$
$$B_1 = \lambda_{边} B_1, \quad B_2 = \lambda_{中} B_2.$$

如果精度不足, 可进行两次调整(一般不必), 但必须注意两个问题. 一是加宽后又出现了新的重叠, 这可用二次调整的方法解决; 二是所选的典型节点一定要有代表性, 否则每个节点都要核定. 一个工程的典型节点, 一般可选 2~4 个.

3 算例

厦门湖里邮电分局主楼为 4 层框架结构, 局部为 6 层和单层, 具有严密的工艺设备要求及抗震抗风要求. 它所处的地质条件, 表层厚度为 5 m 左右的亚粘土质新填土, 其下卧层为坡残积亚粘土. 考虑到新填土的不均匀性, 对地基采用重锤夯实处理后, 利用新填土作为持力层, 从而降低了基础造价; 采用构式基础, 增强建筑物抵抗不均匀沉降的能力; 基础设计采用本文介绍的方法, 达到既经济又合理. 下面列举例子, 对单层营业厅部分应用反力的局部调整法加以说明, 详如图 3 所示. 力矩荷载 M 很小, 可忽略. 由于外荷对基底形心的偏心力矩很小, 所以基底压力分布可以认为是均布的(图 4). 因此有

$$q = (87 + 81 + 100 + 75) / 13 + 24.6 = 51(\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}),$$

其中 $24.6 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 为地梁 JL1 上的墙体重力. 解得横向梁的支座反力为

$$R_7 = 70.8 \text{ kN}, \quad R_8 = 216 \text{ kN}, \quad R_9 = 54.2 \text{ kN},$$

再分别解得 JL4, JL5, JL6 的支座反力. 从而, 可得纵向梁的支座反力为

$$R_7 = 202 \text{ kN}, \quad R_8 = 203 \text{ kN}, \quad R_9 = 150 \text{ kN}.$$

支座反力 R_7, R_8 和 R_9 分别为

$$R_7 = R_7 + R_7 = 273 \text{ kN}, \quad R_8 = R_8 + R_8 = 419 \text{ kN}, \quad R_9 = R_9 + R_9 = 204 \text{ kN}.$$

同理, 可分别解得节点 1~9 的支座反力, 如表 1 所示. 表中 $R_{1\sim 9}$ 为支座反力, P_p 为柱压力, D

表 1 支座反力与柱压力的偏差(正或负的)

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_{1\sim 9}/\text{kN}$	178	366	135	321	465	239	273	418	205
P_p/kN	249	349	204	287	381	223	287	381	223
D/kN	- 71	17	- 69	34	84	16	- 14	37	- 18

为 $R_{1\sim 9}$ 与 P_p 的偏差值.

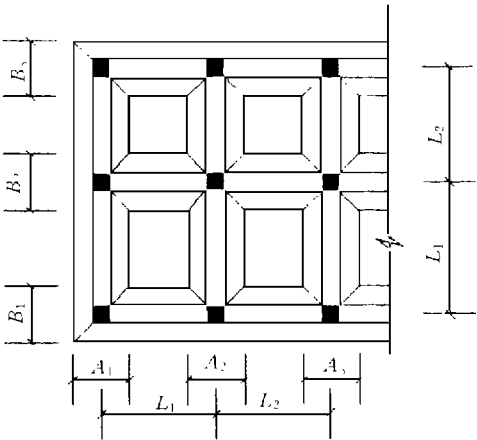


图 2 格式基础平面图

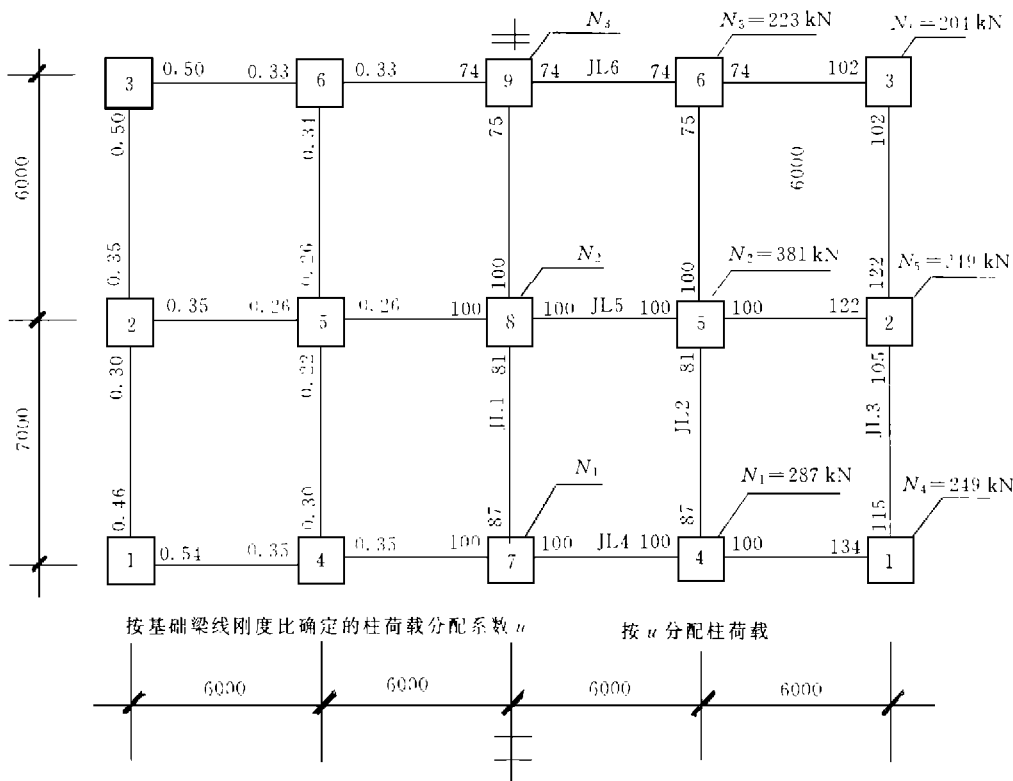


图 3 柱荷载分配简图

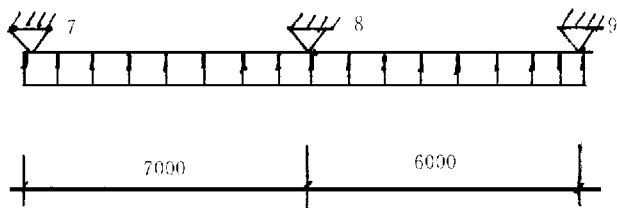


图 4 JL1 计算简图

将支座反力与柱压力的差值(正或负的), 均匀分布在相应支座两侧各三分之一跨度范围内, 作为地基反力的调整值. 然后, 再进行一次连续梁分析, 解得支座反力调整值(R_c), 详见表 2(D_b, D_a 分别为调整前后的偏差值).

表 2 调整后的支座反力与柱压力的偏差(正或负的)

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_s/kN	54	0.8	27	- 21	- 88	- 9.4	4.5	- 49	11
P_p/kN	- 71	17	- 69	34	84	16	- 14	37	- 18
D_a/kN	- 17	17.8	- 42	13	- 4	6.6	- 9.5	- 12	- 7

经这样调整后,可使支座反力和柱压力基本吻合。

4 结束语

(1) 本文对格式基础的计算和基础宽度调整的问题, 提出一种简单实用的方法. 它克服了加大基宽设计上的盲目性, 并已应用于厦门湖里邮电分局主楼的基础设计. 该工程的 6 个沉降观测点的实测结果表明, 最大沉降差为 6 mm, 最小沉降差为 3 mm, 完全符合规范要求; 厦门湖里邮电分局主楼建成使用已 12 年, 至今未发现异常. 经实例验证, 该项工程采用的地基处理方法——重锤夯实和采用本文的格式基础的设计计算方法是成功的. 另外, 由于格式基础的基底面积比片筏基础小, 地基刚度($k_z = G_z F$, G_z 为天然地基的抗压刚度系数, F 为基础底面积)^[6]比片筏基础低, 而相对刚度比片筏基础高, 沉降差则相应较小. 从裂损的房屋中采用片筏基础比格式基础多这一现象分析, 其原因之一是片筏基础的相对刚度不足, 其它原因尚在研究中. 因此, 采用格式基础是调整不均匀沉降的有效措施之一.

(2) 格式基础的分析计算, 涉及与上部结构和地基的共同工作, 问题比较复杂. 本文的方法, 已考虑了格式基础与地基的共同作用. 今后进一步的研究, 必须考虑上部结构与地基基础的共同作用, 此项课题尚待我们结构设计人员去进一步深化研究.

参 考 文 献

- 1 华南工学院, 南京工学院, 浙江大学等. 地基及基础. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981. 235 ~ 237
- 2 国务院城乡建设环境保护部编. GBJ 7-89 建筑地基基础设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990. 56 ~ 57
- 3 季进彬. 不埋板式基础抗震性能的探讨. 华侨大学学报(自然科学版), 1988, 9(2): 184 ~ 188

Simplified Calculation and Practical Adjustment of Trellis Foundation

Lin Junna

(Xiamen Inst. of Arch. Design, 361003, Xiamen)

Abstract A simplified method is developed for calculating trellis foundation. In reference to the overlap of areas of foundation base where the longitudinal strip foundation and the transverse one are interconnected, a simple and practical method is also presented for adjusting the width of foundation.

Keywords trellis foundation, integral stiffness, width, adjustment