软土地基上浅基础不均匀沉降的分析

韩建业　　沈志明
(浙江省慈溪市建筑安装工程质量监督站，慈溪，315300)
高玉峰
(河海大学岩土工程研究所，南京，210098)

提　要　本文分析了软土地基上浅基础不均匀沉降产生的原因，并提出了防止不均匀沉降损害的措施。

一　前　言

处在软土地基中的房屋易出现由于不均匀沉降引起的不同程度的裂缝或倾斜。近年来，由于房屋的层数越来越高，建筑体型越来越复杂，传至基础的荷载越来越大，且分布不均，不得不进行地基加固或采用桩基础。但是往往由于造价等方面的原因，一般在六层以下的民用建筑还是普遍采用天然地基上的浅基础。根据作者几年的观察、调查发现：在软土地基上采用浅基础的六层以下的房屋，由于出现不均匀沉降而引起的墙体开裂或房屋倾斜的事例不少。本文首先分析了这种基础的不均匀沉降的原因，然后提出了一些防止不均匀沉降损害的措施，以供设计、施工人员参考。

二　影响软土地基上浅基础不均匀沉降的原因

建筑物因地基问题所引起的破坏一般有两种[1][2]：一种是由于地基土在建筑物荷载作用下产生压缩变形，引起基础过大的沉降或沉降差，使上部结构倾斜、开裂以致毁坏或失去使用价值；另一种是由于建筑物的荷载过大，超过了基础下持力层所能承受的能力而使地基产生滑动破坏。对于后者，主要出现在房屋盲目增层或实际荷载远远大于设计荷载，在此不多讨论。众所周知，软土地基都是压缩性高，沉降量大，且沉降稳定历时时间长；沉降量大，意味着产生不均匀沉降的可能性也就越大。在荷载的作用下，软土地基由于土的各向异性引起的不均匀沉降，一般难以计算，且同浅基础由于基底附加应力分布不均和土层压缩厚度范围内的分布不均引起的不均匀沉降相比，可忽略不计。

1. 影响基底附加应力分布不均的因素

(1)上部结构

上部结构的平面不规则和体型变化复杂在软土地基中会引起很大的不均匀沉降。平面形状复杂的建筑物，纵、横单元交叉处基础密集，地基中由于单元荷载产生的附加应力相互重叠，必然出现比别处大的沉降；加之这类建筑物的整体性差，各部分的刚度不对称，

很容易遭受地基不均匀沉降的损坏；建筑物体型复杂，高低(或轻重)变化较大，地基各部分所受的荷载轻重不同，自然也容易出现过量的不均匀沉降。

(2)基础相对刚度

基础架越作用的强弱取决于基础与地基的相对刚度、土的压缩性以及基底下塑性区的大小。柔性基础的基底反力分布与作用于基础上的荷载分布完全一致；均布荷载下柔性基础的基底沉降是中部大，边缘小。刚性基础受荷后，基础不弯曲，原来是平面的基底，沉降后仍然保持平面；一般说来，无论是粘性土还是无粘性土地基，只要基础埋深和基础面积足够大，而荷载不太大时，基底反力均呈马鞍形；另外，刚性基础能够跨越基底中部，将所承担的荷载集中地传至基底边缘。总之，当基础相对愈刚时，随着基础挠曲的减少，基底反力的分布与荷载的分布愈不一致，基础不利截面的弯矩和剪力也将相应增大。一般认为：$\lambda L < 0.8$ 基础是刚性的；$0.8 < \lambda L < 3$ 基础是半刚半柔的；$\lambda L > 3$ 基础是柔性的。其中，$\lambda L = L\left(\frac{k}{EI}\right)^{\frac{1}{4}}$；$L$ 为基础的长度；E、I 为单位统一的基础特征值（弹性模量和惯性矩）；k 为基床系数。

由上式可知：①基础梁越长，基础的刚度越弱，则在软土地基设计中，基础梁纵向不要伸入外挑的底板；②基础断面越高，基础刚度越强；③基床系数的取值对基础的刚度影响很大。

(3)偏心荷载

在偏心荷载的作用下，基底将产生不均匀的附加应力，使基础发生倾斜。基础的倾斜程度与偏心距 e 有关，很多资料认为：当 $e<B/4$ 时，基础的转动中心位于与荷载偏心相反的一侧，并在基础外；当 $e=B/4$ 时，转动中心正好在基础的边缘之下；当 $e>B/4$ 时，转动中心进而向基础轴线移动，并使基础在受荷载较小的一边抬起。对于后一种情况，显然理应在设计中加以避免，为了有足够的安全度以防止基础的一端抬起，通常采用偏心距 $e<B/6$。对于绝对刚性基础，在风荷载和其它偏心荷载作用下，沉降后为一倾斜平面，倾斜的程度可采用弹性力学公式估算[3]：

圆形基础：$\theta \cong tg\theta = 6\frac{1-\mu^2}{E} \times \frac{pe}{B}$

矩形基础：$\theta \cong tg\theta = 8K\frac{1-\mu^2}{E} \times \frac{pe}{B}$

p 为偏心荷载，e 为偏心距，B 为荷载偏心方向的矩形基础基底边长或圆形基底直径，μ 为土的泊松比，K 为矩形刚性基础倾斜的无量纲系数，与 A/B 有关。

(4)相邻基础(荷载)的影响

地基中附加应力的向外扩散，使得相邻建筑物的沉降相互影响，造成不均匀沉降。其表现形式主要有以下几方面：

①同一栋房子的基础彼此靠得很近，若荷载差异小，基础的面积接近，则不均匀沉降小；反之则不均匀沉降大。

②基础上及其附近有大面积队载，如填土、生产堆料等，若荷载小，距离远，则基础的倾斜小。

③相邻建筑物的距离越近，且埋深差异越大，引起的相互不均匀沉降越大。后建的建筑物最好把埋深埋置在与原房大致相同的位置，对于靠近或低于相邻基础原挖土边线，都必须防止相邻建筑丧失侧向支承或覆盖压力而产生侧向或竖向位移。如果必须埋置不同深度，相邻基础的间距应大致为相邻基底高差的两倍。

④打桩在软土地基中对于相邻建筑的影响靠得越近产生的不均匀沉降越大。有的资料认为：在粘性土中打桩可以引起建筑物不均匀沉降的土层厚度约等于打入土中桩的长度。

2. 影响土层在压缩层厚度范围内的不均匀性的因素

(1)地基土的压缩性

土的不均匀性通常表现有种种不同的组成和特性的土类，并以透镜体或局部的不规则地层出现。在这种情况下，浅基础下地基的不均匀沉降很大，且是难免的。通常根据本地区相似地基的处理经验，并采取上部结构的一些措施来调整或克服不均匀沉降。如通过埋深变化、调整基础面积或采用桩基础。

土的成型历史对不均匀沉降也有很大影响。拟建场地的相邻建筑打过桩，由于振动，土的絮状结构受到破坏，强度明显降低，甚至成流动状态，则建房后，沉降则明显大于同类土，且靠近桩基部分的房屋沉降大。沉降和沉降差随桩的长短、打桩的时间早晚显著变化。一般情况下，桩越长，打桩的时间发生得越迟，它们的量值越大。另外，拟建场地的一侧建过房、预压过或由于井点降水，造成地下水下降等，均会引起较大的不均匀沉降。

(2)基础的面积

基础的面积不同，将造成用于计算的压缩层厚度不同。另外，基础的面积相同，基底附加应力也相同，若基础的形状不同，沉降也不相同。一般情况下，条形基础沉降量大，圆形其次，方形再次之，矩形最小。

3. 其它影响软土地基上浅基础不均匀沉降的因素

(1)加载速率的影响。对于荷载条件，我们通常认为是静力加载，忽略惯性的作用。其对不均匀沉降的影响主要表现为：在荷载的作用下，一方面软土中的剪应力产生剪切变形，导致强度的降低；另一方面，饱和粘性土有条件排水固结，抗剪强度随时间增长。加载速率小，后一方面起主导作用；反之，前一方面起主导作用。抗剪强度的降低往往会引起软土地基的局部剪切破坏，甚至整体剪切破坏，而使建筑物严重倾斜。在某种情况下（不超过允许的变形条件），增加荷载速率对软土地基的不均匀沉降有调整作用，对不均匀沉降引起的开裂有控制作用：①当上部结构荷载有明显差异时，首先施加和适当增大承受荷载大的基础的加荷速率，对不均匀沉降有调整作用；②大量的工程实践证明，竣工后半年到一年内是建筑物不均匀沉降发展最为迅速的时期，也是建筑物最易产生开裂的时间。其原因是建筑物在施工期内，由于砌体强度未达到设计标号，有一定的塑性能适应施工期的大部分不均匀沉降，很少开裂。因此采用施工期内增加加荷速率，提高施工期内沉降量的比重，可减少建筑物在使用中由于不均匀沉降产生的开裂。

(2)地基中局部的管道漏水，化粪池的渗水或外溢，设计或施工中漏掉散水明沟。

(3)土季节性的湿度变化。如树木生长季节常易使土层干缩，而在休眠季节则会是土层湿度过大。有资料表明：最好使树木的位置，离开浅基础的距离大于树木最终高度。

三　防止不均匀沉降损害的措施

防止不均匀沉降损害的措施有：(1)采用柱下条形基础、筏基或箱基等；(2)采用桩基或其它深基础；(3)采用各种地基处理方法；(4)从地基、基础、上部结构相互作用的观点出发，从建筑、结构、施工等方面综合采取措施。前三类措施造价偏高，且须具备一定的施工条件才能采用，在此只对第四种情况进行讨论。

1. 建筑措施

(1)建筑物的体型应尽可能简单；采用长高比小(建筑物长度或沉降单元长度与自基础底面算起的总高度之比)的等高“一”字形建筑。

(2)控制长高比及合理布置墙体；根据调查认为：两层以上的砌体承重房屋，当预估的最大沉降量超过 120mm 时，长高比不宜大于 2.5；对于平面简单，内、外墙贯通，横墙间隔较小的房屋，长高比的控制可适当放宽，但一般不大于 3.0。地基不良时，应尽量使内、外墙都贯通，同时缩小横墙的间距。

(3)设置沉降缝：用沉降缝将建筑物(包括基础)分割为两个或多个独立的沉降单元，可有效地防止地基不均匀沉降的损害。

(4)增大相邻建筑物基础间的净距；相邻建筑物基础间的净距的选择受预估沉降量和受影响建筑的长高比决定，可参照表 1 确定基础间所需的净距。

表 1　房屋长高比与沉降量关系

预估沉降量		70~150	160~250	260~400	>400
长高比	$2.0<L/H_f<3.0$	2~3	3~6	6~9	9~12
	$3.0<L/H_f<5.0$	3~6	6~9	9~12	>12

注：(1)表中 L 为房屋长度或沉降缝分隔的单元长度（m），H_f 为自基础底面算起的房屋高度（m）

(2)当受影响建筑的长高比为 $1.5<L/H_f<2.0$ 时，其间距可适当缩小。

(5)调整某些设计标高；沉降改变了建筑物原有的标高，在施工时，适当提高某些设计标高，以预留沉降量。

2. 结构措施

(1)采用轻型建材，减轻建筑物的自重；采用预应力钢筋混凝土结构、轻钢结构及各种轻型的空间结构；同时注意减少基础和回填土的重量。

(2)设置圈梁：设置圈梁可增强墙体的抗挠曲的能力。其一般的经验是：二、三层的房屋，在基础附近及顶层门窗处各设圈梁一道；多层房屋除上述两道外，中间各层隔层设置(必要时可层层设置)；位置在窗顶或楼板下面。

(3)减小或调整基底附加压力；采取设置地下室(或地下室)或采取改变基底尺寸等方法。

(4)采用排架、三铰架(拱)等铰接结构；

3.施工措施

(1)当拟建的相邻建筑物之间轻(低)重(高)悬殊时，一般应按照先重后轻的程序进行施

工；有时还需要在重建筑物竣工之后间歇一段时期后，再建造轻的邻近建筑物。如果重的主体建筑物与轻的附属部分相连时，也可按上述原则处理。

(2)在已建成的轻型建筑物周围，不宜堆放大量的建筑材料或土方等重物，以免堆载引起建筑物产生附加沉降。拟建的密集建筑群内如有采用桩基的建筑物，桩的设置应首先进行。在进行井点排水降低地下水及挖深坑修建地下室(或其它地下结构)时，应密切注意邻近建筑物可能产生的不良影响。

(3)在淤泥及淤泥质土的地基上开挖基坑时，要注意尽可能不扰动土的原状结构，通常可在坑底保留大约 200mm 厚的原状土，待敷设垫层时才临时铲除。如发现坑底软土已被扰动，可挖去扰动部分，用砂、碎石(砖)等回填处理。

参考文献

[1] 地基处理手册编写委员会：《地基处理手册》，北京，中国建筑工业出版社，1996。

[2] 钱家欢，殷宗泽：《土工原理与计算》(第二版)，北京，中国水利水电出版社，1996。

[3] 华南理工大学等四校合编：《地基及基础》，北京，中国建筑工业出版社，1991。