维普资讯 http://www.cqvip.com

第14卷 第3期 岩 土 力 学 Vol.14 No.3
1993年9月 Rock and Soil Mechanics Sept. 1993

73-80

福州软土地区上浅基的岩土工程问题

徐 定
（福建省建筑科学研究所，福州 350002）

TU447

摘 要

软土在我国沿海一带分布很广，如渤海湾，天津塘沽，长江三角洲，浙江、珠江三角洲，以及福建的沿海地区都存在海相或相沉积的软土，具有松软，孔隙比大、压缩性高和强度低的特点。本文提出软土浅基的建筑病害，处理方法，以及对软土上浅基设计的几点建议，

关键词：软土，浅基，建筑病害，顶升纠偏，岩土工程

1 前 言

福建的高压缩性软土，性质十分复杂，在这样的软土地基上，我们建成了大量的高楼大厦，其中有成功的经验，也有失败的教训。本文对一些经验和教训，作粗浅的阐述，同时附上几个纠倾加固顶升的实例，以飨读者。

2 福州软土的特性及其分布情况

福州地区的淤泥，埋存很浅，其上只有1.5 m左右可塑性粘土表层，在市区虽有城市杂填土堆积，厚度大一些，但覆盖厚度也只有2—3 m，个别地段4—5 m。此外，池塘，河滨比比皆是，地层的结构遭到破坏。淤泥面上表土层缺失，淤泥厚度为5—15m。局部地区达20m。第一层淤泥下面为可塑性粘土或亚粘土，厚3—8 m，此层以下，有的地段有第二层淤泥，或淤泥质土，其下为可塑到硬塑性粘土。局部地段还有第三层淤泥质土（图1）。

福州地区淤泥的天然含水量大于液限，结构性很强。结构未被破坏时，外观无滚动现象，但一经扰动破坏，即呈稀软状态。孔隙比平均为1.9，最大达2.7，是引起建筑物较大沉降的主要土层。当淤泥层的顶面附加压力小于50kPa时，建筑物的平均沉降为10—20cm；当附加压力为50—90kPa时，建筑物的平均沉降为20—50 cm。淤泥的含水量和孔隙比均随液限的增加而增加。

福州从洪山桥，西河引水入口处，至福州大学——工业路——茶亭——国货路——王庄——象园——前屿——后屿——魁岐，这一带是闽江的河道通过地段，解放前每年洪水淹没市区，就是由这一带横贯而过的，复盖面大，形成一条宽阔的软土地段。

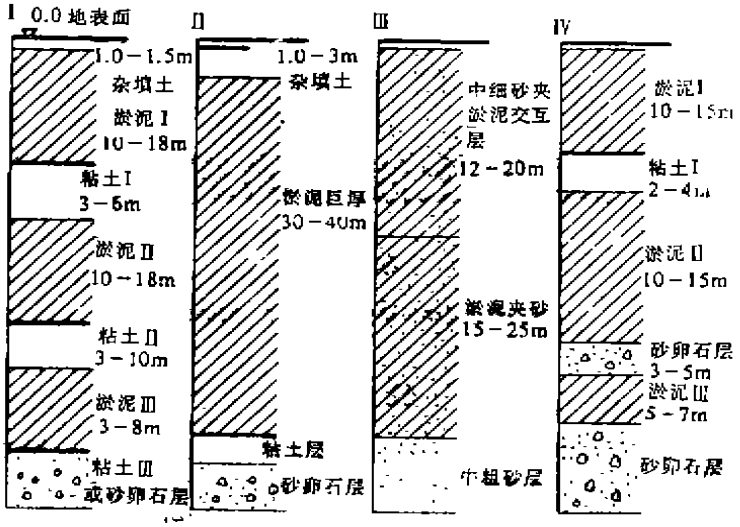


图 1 福州软土地区的几种典型地质钻探剖面

Fig.1 Some types of geological drilling section in soft soil area of Fuzhou

3 软土浅基的建筑病害

福州解放前及五十年代初期，缺乏地质钻探手段，建筑物大多为二、三层，稍高一点五、六层，选址大都沿山麓，地基处理凭权威工程师以经验判断。1954—1956年在东大路所建的三层省人民银行（现东湖宾馆）、省建设厅四层红砖楼（现测绘局）、省商业厅三层东西楼（现省干招待所）都出现不均匀沉降、引起墙体开裂；而火车站服务楼基础向西端沉降，中间墙体折断开裂。早期建筑采用条石基础，砖墙木楼板，侧混凝土过梁，木屋架瓦屋面，整体结构比较松散，缺乏抗裂能力。

1964年全省农业调查队在五一中路建三座宿舍，都向北倾斜，中间一座三层住宅倾斜达32 cm。事隔10年，邻近又建新村，无论砖混结构还是钢筋混凝土大板结构，都重现向北倾斜险情。状元境一座大板楼，今年由冶金部建研院地基所采用锚杆静压桩加固，花费十多万元，约占原土建造价的一半。

商业局东门三八糖库，是解放初建的，已歪斜不成样子。库内用各种材料撑拉，使它少漏风。希望新建糖库，搞好一点，结果1975年落成的糖库，荷载还没有上去，基础就出现沉陷，钢筋混凝土梁断裂，只好当一般仓库减轻荷载使用。乌山路市财办宿舍，由于基础下沉，一层地面低于室外地面，室外水淹到室内，住户在室内架跳板走路。朝南空地再建一座住宅，希望设计得好一点，但事与愿违，新楼同样下沉。

1976年上海新村建一批民房，临时建筑16*—50*，建成后即出现大量沉陷倾斜。1979年又开始大面积建造住宅，结果出现上海新村大面积的建筑沉陷，一般60—70 cm，大的达80—90 cm。房子倾斜，墙体开裂，上水排污管道压断，群众反映强烈，后来花20万重新修下

维普资讯 http://www.cqvip.com

水道。有的室外通道的路面高于室内地坪，只得在房屋周围挖开一条沟，路面下几层踏步，再进室内。目前上海新村仍在下沉，加固纠倾约计要200万元以上。而1976年建的49*，50*住宅，下沉大约70cm，砖墙入土腐蚀软化严重，向北倾斜达40.2—48.5cm，向西倾斜10.2—19.8cm，已鉴定为危房，拟予拆除重建。1984年，合江设计室在上海新村设计的住宅，建成后又出现同样的沉陷、倾斜情况，急待加固。

六一路北段新路建成的沿街建筑物东歪西斜；1984年设计的五四路古田新村也出现南北倾斜。

软土地基建筑病害，危及建筑自身安全，缩短建筑物寿命，浪费国家建设资金，有的祸延四邻，拖带遭殃，影响市容观瞻，影响开放城市形象。

还可以举出更多的例子，目前我省软土地基病害，尚未纠正，继续经常出现事故。

4　处理方法的选择及顶升纠偏复位新技术

目前福州软土地基处理中存在两种学术观点的争论：

一是主张“充分利用天然地基”，尽管软土地基的强度很低，每平方米仍有50kN左右支承力，要充分发挥它的潜力，房屋建成后允许沉降，甚至允许墙体开裂，以节省建设投资。

二是主张“改造软土地基”，认为软土地基必须用人工改造它。改造的方法手段很多，如砂基、砂石桩、真空预压，砂井，塑料板排水，静载预压，重锤夯实等等，其中以桩基为最常用。各种改造方法，只要处理得当，也可以达到节省投资的目的，甚至是更大的节约。

这二种学术的观点似乎争论很大，在工程实践中，差距有多大，我们来作个比较。

一般说来，对于8层以上的中高层建筑，持两个理论观点的人所要采取的措施是一致的——要打桩基础；而对3、4层以下的民用建筑，两者的举措也大体上是一致的——可以充分利用天然地基。

对5—7层这个量大面广的住宅基础，则成了争论的焦点。一般地说在旧城区南门——屏山——东门——西门一带，这个范围内的淤泥形成的年代较久，采用片筏基础，加强上部结构整体性，可以保持自身建筑安全。但是，新建筑沉陷拖带影响四周旧房墙体倾斜开展，要付给加固赔偿费。市区类似这样群众纠纷上诉案件相当多，赔偿的费用也不少。但在旧城以外的淤泥地，建筑5—7层住宅采用天然地基的设计事故相当多，而采用桩基础的则安然无恙。另外，下面再介绍两种常用的处理方法。

4.1　顶升纠偏复位实例

4.1.1　例一

福建省建筑科学研究所1986年接受了对某单位住宅楼倾斜的处理任务，经过认真的调查分析和沉降监测，提出了四种处理方案——即旋喷桩加固，掏土纠偏，顶升纠偏复位和静压桩等方案。经用户分析比较，选定了第三种方案。这就是顶升纠偏复位新技术。

该住宅楼共5层，高15m，长33m，宽9.6m。基础采用钢筋混凝土墙下条形基础，及部分片筏基础。由于上部结构荷载不均，并受周围新建房屋的影响，造成基础不均匀沉降，差达30cm，住宅楼整体向北倾斜约2°，顶底偏差48cm，已接近危房程度。鉴于该住宅楼已使用

维普资讯 http://www.cqvip.com

多年，基础沉降速度已大大减缓，因而可以采用顶升复位新技术，以免影响住宅楼的正常使用。

顶升纠偏复位新技术主要有三个步骤：（1）墙体加固，包括砌体配筋加固和设置加劲梁；（2）顶升纠偏，根据住宅楼的重量和结构特征设置千斤顶，分次顶升；（3）顶升后墙体的稳固连接，连接不当将可能造成地基荷载产生新的不均匀，至使房屋继续倾斜。

该单位的住宅楼经过两个月的准备，于1987年2月18日顶升成功。实践证明，该技术具有如下优点：（1）施工速度快，实际顶升只用了7个小时，最大提高量达33cm；（2）对原地基没有任何扰动，基本保持原来的受力状态，或有所改善，没有副作用；（3）技术原理清楚，安全可靠，无潜在危险；（4）对周围建筑物几乎没有影响。顶升过程中，本住宅住户仍可正常使用，带来明显的社会效益；（5）因第一层提高，恢复正常使用，住房面积没有任何损失；（6）与其他技术方案比较，施工费用少，经济效益高。

4.1.2 例二

某住宅楼建于1981年，为5层砖混结构，长49.5m，宽10.2 m，高15 m。地基系原池塘经填砂处理而成，下卧软土层厚15—20m，基础采用条基加筏基。该住宅楼在施工期间即出现沉降和不均匀沉降，曾采用削除沉降小的一侧的基础翼缘结合人工掏砂迫降103 mm，达到暂时纠偏。但随着时间的推移，沉降及不均匀沉降出现较大的发展。至1987年7月，住宅的最大沉降（中间位置）达843mm，不均匀沉降达464mm。向南倾260mm，达17‰；向东倾90mm，达6‰。需进行处理。

处理建设物沉陷、倾斜的技术较多，归纳有三：一是迫降纠偏(包括降水，掏土，加压)；二是顶起纠倾（包括挤压灌浆顶升，压桩反力顶升，及托换梁结构顶升）；三是地基加固纠倾相结合。根据本住宅楼的结构特征及使用情况，对照沉降-时间关系曲线，采用拟合曲线法进行推算，目前地基土的固结度已完成90％以上，剩余沉降量不多，认为可不进行地基加固。若采用迫降纠倾，一则房屋的标高降低，排污系统受到阻碍，影响正常使用；二则人工迫降对地基有一定的扰动，破坏了原有地基的平衡状态，可能出现新的不均匀沉降。而采用托换梁结构顶升纠偏技术，对不需进行地基加固的房屋具有独到之处，可恢复房屋的标高，不影响排污系统，地基土又不受扰动，能够达到预期的效果，经分析比较选用了顶升纠倾的方案。

顶升纠倾技术是我所近年来开发的一项新的处理技术，已积累了一定的经验，但对这座体积较大的住宅，实施整体顶升，具有一定的难度。经过分析，按结构重量及结构形式，设计中顶升共布置175台300 kN的千斤顶，托换梁连续布置总工期为3个月，顶升实施共花了5个小时，最大顶升量410 mm。目前房屋的垂直度恢复到1‰以内，房屋的标高基本水平，房屋重新恢复到原来的使用功能。

本工程的处理实施是成功的，它进一步阐明了顶升纠倾技术的可靠性，充分显示该技术的优越性。从实施过程也得到一定的启示，对一种新技术的应用能否得到成功，把握实施过程的每个细节是技术的关键。

4.2 锚杆静压桩的应用

锚杆静压桩最初在美国用于托换基础，称为“Pretestpile”，它是锚杆与压桩技术的巧妙

维普资讯 http://www.cqvip.com

结合。当建设场地和空间狭窄，周围都有建筑物，打桩机无法进场时，采用锚杆静压桩更有其优越性，并可在不停产和不搬迁的情况下进行工程处理。这种桩与基础迅速紧固在一起，卸除反力架千斤顶后，该桩便能立即承受上部荷载，从而减少基础下土层上部土壤压力，减少沉陷，阻止建筑物不均匀沉降，及时收到了地基加固的效果。因此，这种桩的传荷过程和受力性能非常明确。

将预制桩压入土中时，首先要克服土体对桩周侧阻力和桩端阻力这两部分的力。由于挤土作用，在桩周一定范围内出现土壤重塑区。土的粘聚力被破坏，土中超静孔隙水压力增大，土的抗剪强度降低。因此，桩侧摩阻力也就明显减少，锚杆静压桩就是利用这个特性，用较小的压桩力把桩压入到较深的土层中去。

静压桩是一项有发展前途的桩基础和地基加固方法。由于后压桩的特有优点，在福州得到广泛的推广应用。具体工程如南营 8 屋新建住宅楼，市“一门”7 层住宅楼，都采用了锚杆静压桩。

5　对福建软土上浅基设计的几点建议

5.1　国内外地基规范选用的承载力公式比较

地基土的承载力是工民建设计的重要问题，让我们将国内外地基规范选用的一些承载力公式，进行一个比较。

5.1.1　原苏联《地基规范》采用塑性剪损区在基础边缘下的深度，相当于 1/4 基础宽度时的临界荷载 $R_{1/4}$ 为地基的容许承载力

$$R_{1/4}=N_\beta'\gamma\beta+N_0'\gamma D+N_c'C$$

5.1.2　我国《建筑地基基础设计规范》GBJ7—89 除列有有关各类土的容许承载力表外，尚规定可采用 $R_{1/4}$ 值估算。

5.1.3　美国《基础工程手册》推荐太沙基公式的普朗德尔-瑞斯纳和卡柯-凯利塞导出的承载力系数（除安全系数 2）。

$$q_f=CN_c+qN_q+1/2\gamma_\beta N_\gamma$$

5.1.4　《上海市地基基础设计规范》在确定容许承载力时，除须满足变形要求外，还须满足强度要求，并提供 R_0 作为参考，且已编制了以变形计算容许承载力的工程地质图。

$$R_0=N'_D\gamma_D+N_C'C$$

5.1.5　福州在软土地基上利用天然地基的主要经验之一，就是必须严格控制淤泥面上的附加压力。

5.2　关于淤泥上的控制附加压力问题

福州在软土地区上利用天然地基时采用控制淤泥面上的附加压力方法。控制附加压力的目的，实际就是控制沉降量。关于附加压力的控制值，60 年代初期，省建设厅设计院制定的技术统一措施，规定不宜超过 40-60kPa，应根据具体的工程地质条件，结构刚度和地基变形要求和施工速度等因素决定采用上限或下限值。限于当时的经验，并由于福州地区的工程

维普资讯 http://www.cqvip.com

地质条件变化幅度大，上述规定只能作为一个运用于一般情况的建议值。

举例来讲，地基上容许地耐力 $[R]=60kPa$，当设计三层住宅时，附加压力取 45kPa，条形基础的宽度将大于 3 m而接近片筏基础，同时持力层的影响深度将达 10m 以上，相邻基础的影响也显著增加，建筑物的总沉降量将成倍增长，达到 40—50cm，建筑物的偏心，很容易导致建筑物的倾斜。近 20 年来，沿海地区建在软土上的建筑物，出现大量地基工程事故，一个相当重要的原因是设计一般仅按强度计算，而对变形考虑较少。

5.3 坚持以变形为控制因素的软土地基容许承载力

关于软土地基容许承载力的取值问题，不同意见的争鸣已经持续了很多年，不仅福州地区是这样，其它沿海城市也有争论。

根据软土地基变形大的特点，确定容许承载力时，一般由变化因素控制，承载力的确定要综合考虑地基土、基础、上部结构的刚度及其对地基不均匀沉降的抵抗能力、施工方法、加荷速率、理论和建筑经验等等，决不是可由一个公式或一个载荷试验就能解决问题的。单纯采用现有的强度计算公式确定软土的承载力往往是不可靠的。

《上海地基基础设计规范》推荐的上海市工程地质图所示的容许承载力，它是根据建筑经验与沉降量的计算编制的，持力层及其下卧层的强度已经初步验算。由于控制了沉降量，基本纠正了上部结构的开裂。此法较为实用，具有提供我市借鉴的价值。

《上海市地基基础设计规范》对砖承重结构，天然地基容许变形值作如下规定：

设筑物长高比（L/H）	3	4	5
容许沉降量（cm）	20—40	15—30	10—20
它们间比例关系（按中间值）	1.33	1	0.67

上表说明软土地基上砖承重结构的容许变形是随建筑物的长高比（L/H）的增大而减少。砖石承重结构的长高比是决定房物建筑物纵向刚度的主要因素，这在住宅建筑中更为明显。预防建筑物遭受沉降与不均匀沉降危害的措施是综合性的，一方面要减少地基的沉降，尤其是不均匀沉降，另一方面要增强上部结构对沉降与不均匀沉降的适应能力，即建筑物本身刚度好，容许沉降量就可大；反之则小。这和实地观测的不同长高比砖混和柜架结构变形情况完全相符。因此，软土地区地基设计容许承载力，必须考虑上部结构刚度情况，可用 $[R]_{设}=\xi[R]_{标}$ 表示。式中 $[R]_{标}$ 为某一标准刚度（如$L/H=4$ 或 3 均可）下的建筑物地基容许承载力，其值可根据各地区土的物理力学指标自行编制规范确定；ξ 为考虑不同L/H时的调整系数，根据不同软土地基地质特点实测，并结合经验推算决定。上海规定沉降计算时，定$L/H=3$，$\xi=1.3$；$L/H=5$，$\xi=0.7$。

5.4 编制“福州市工程地质图”的设想

建国以来，福州地区分散保存有大量的勘察资料。以往各有关单位在工程完成后，大多将工程勘察资料束之高阁。再有新建工程，又要进行大量的勘察工作，而没能很好地利作已有的勘察资料，这就无形中造成浪费，况且，中小型工程一般要求勘察精度不高而想使勘察

维普资讯 http://www.cqvip.com

周期尽可能的短，故更想能借鉴附近已建工程的勘察资料，通过类比等方法，尽可能以最小的勘察工作量来获取符合工程需要的勘察报告。

如何将大量的不同单位提供的零星资料，连同补充勘察的新资料归纳成较有规律性的，既有充实理论基础的又符合实际需要的材料，并将之编制成图集或图件，以方便日后使用，是一项新的研究课题。虽然，第5届国际土力学会议的总结报告中提倡编制土工图；1972年的第24届国际地质论文会议上亦发表了有关编制土工图的论文，但从总的来看，目前国内外对该项目工作仍开展的不够。

鉴此建议早日编制“福州市工程地质图”。组织专门班子或以某单位为主，先尽可能地收集福州地区已有的工程地质勘察资料，已建工程及工程处理方面的成功经验和教训，加以整理汇总，分析研究，针对遗缺进行一些必要的补充勘察。在这基础上编制1:10000的工程地质图集，图中以地基允许承载力的指标为主要依据，划分小区，并配有各分区的工程地质剖面和土工指标统计值，在图中还要标出钻孔位置，暗浜位置、试桩和载荷试验的位置。有了这样较为详细的工程地质图及编制说明书，在今后新建工程时就可方便地检索相应的工程地质资料，作为新的勘察工作的基础，或为中小工程提供直接使用的资料。另外还可作为研究福州地区工程地质特性的坚实基础。所以说这是一项有很大社会效益和经济效益的工作。

参 考 文 献

1　徐定.福建软土地基处理的几个设计实例．见：第2次全国地基处理学术交流会论文集.烟台．杭州：浙江大学出版社，1986

2　徐定.福建省科协住宅楼的设计.见：第11届全国高层建筑结构学术交流会论文集。北京：中国建筑科学研究院出版，1990

维普资讯 http://www.cqvip.com

The Geotechnical Problems of the Shallow Foundation in the Soft Soil Area of Fuzhou

Xu Ding

(Institute of Architectural Science, Fujian Province, Fuzhou 350002)

Abstract

Soft soils are widely distribnted over the coastal and other areas in China, such as the areas of Bohai Bay, Tanggu of Tianjin, the Yangtze River Delta, Zhejiang, the Zhujiang River Delta and Fujian. The sedimentary soft soils of sea and lake facies in these regions are characterized by the sponginess, great void ratio, high compressibility and low strength. This paper has presented the ill condition of buildings, the treatment methods, and some propositions for designing shallow fonndations on soft soil.

Key words: soft soil, shallow foundation, ill condition of buildings, jack rising and inclination correction