

文章编号:1007-2993(2012)06-0282-04

# 某建筑物不均匀沉降原因分析

曹瑞纳 张海东

(辽宁省建筑设计研究院岩土工程公司, 辽宁沈阳 110005)

**【摘要】** 对某住宅楼出现差异沉降的现象进行验算与分析,发现楼基础外非地基处理加固区大面积回填土是造成该工程出现差异沉降超常的主要原因;同时,还探讨了该工程还存在不同基础型式、基础施工完毕后未及时回填、新近回填土条件下水泥土搅拌桩地基处理等问题。

**【关键词】** 水泥土搅拌桩;复合地基;差异沉降;大面积超载

**【中图分类号】** TU 44

**【文献标识码】** A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2012.06.003

## Cause Analysis of Uneven Settlement of Certain Building

Cao Ruina Zhang Haidong

(1. Liaoning Provincial Building Design Research Institute Geotechnical Engineering Company, Shenyang 110005 Liaoning, China)

**【Abstract】** This paper calculated and analyzed the difference settlement of a building, the un-treated sounding areas of the building have extra load is the main reason for the situation. Meantime, this paper also discussed the issues as different foundation type, backfilling time, and the cement mixing piling construction in the new backfilled area issue, etc.

**【Key words】** soil-cement mixing pile; composite foundation; differential settlement; large overload

### 0 引言

近年来随着建筑行业发展,建筑物曾发生了多起因不均匀沉降导致建筑物开裂的例子,事后均需花费较大人力、物力进行加固,故建筑物不均匀沉降问题应引起人们足够重视。本文通过对某建筑物不均匀沉降进行分析,总结出该建筑物发生不均匀沉降主要原因,对今后相类似工程具有经验教训及指导意义。

### 1 工程概况

某住宅小区,7#楼为5层建筑,主体结构形式采用框架结构,楼高14.50m,楼体为矩形,长56.0m,宽12.0m,沿东西走向,设计室内±0绝对标高为35.00m;基础设计南侧采用带构造板条形基础,北侧采用独立基础,基础平面布置图见图1;楼南侧条形基础部分设计为下沉式花园,建筑示意图见图2。

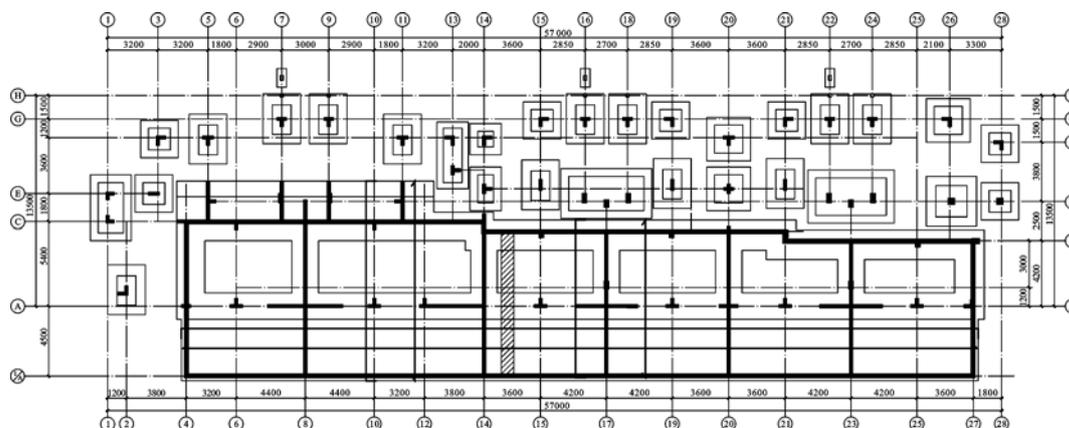


图1 基础平面布置图

**作者简介:**曹瑞纳,1984年生,男,汉族,广西钦州市人,2011年毕业于沈阳建筑大学,硕士,主要从事岩土工程勘察设计施工工作。E-mail:caoruina168@163.com

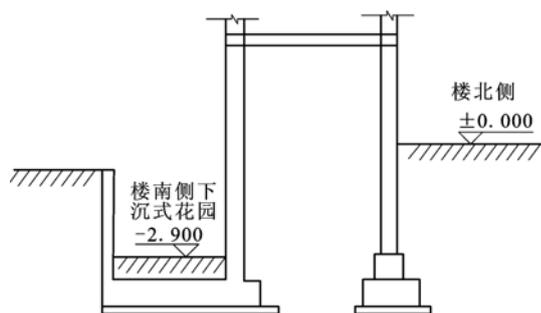


图2 楼南侧下沉式花园示意图

本工程由于天然地基土不满足基础承载要求,故设计要求采用水泥土搅拌桩法进行地基处理,且要求处理后的承载力特征值不小于 180 kPa。

## 2 场地工程地质、水文地质概况

拟建场地属于辽河冲积平原,原址为鱼塘,后经土方回填整平。场地地层岩性主要为填土和第四系

冲洪积成因的粘性土和砂土。根据勘察报告场地典型地层剖面见图 3,场地各土层承载力及变形指标见表 1。

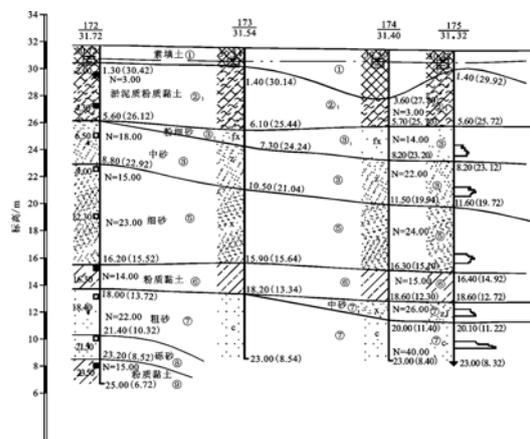


图3 典型地质剖面

表1 各土层承载力及变形指标

土层号	土层名称	土层厚度/m	状态	地基承载力特征值 $f_{ak}/\text{kPa}$	压缩(变形)模量 $E_s(E_0)/\text{MPa}$	水泥土搅拌桩侧阻力特征值 $q_{sa}/\text{kPa}$
①	回填土	1.5	松散	70		7
②	淤泥质土	4.6	软塑	65	4	6
③ <sub>1</sub>	粉细砂	1.4	稍密	130	$E_0=9.4$	15
③	中砂	3	中密	240	$E_0=17.0$	25
⑤	细砂	5.5	中密	170	$E_0=13.3$	17
⑥	粉质粘土	2.3	可塑偏硬	180	5.8	
⑦	粗砂	8	密实	290	$E_0=17.6$	

本场区地下水为上层滞水和孔隙潜水,土层潜水赋存于素填土中,水位埋深介于 0.80~1.80 m,地下稳定混合水水位埋深为 0.50~2.60 m,主要补给来源为大气降水和地下迳流,地下水的年水位变化幅度在 2.00 m 以内。

## 3 水泥土搅拌桩复合地基处理设计及施工情况

本工程水泥土搅拌桩设计桩径  $\phi=500$  mm,有效桩长  $L=7.5$  m,桩端持力层为③中砂层,设计单桩承载力特征值  $R_n=120$  kN,复合地基顶部铺设褥垫层,垫层的材料采用粗砂,压实厚度为 0.25 m,基础范围内共布置水泥土搅拌桩 822 根,复合地基置换率  $m=26.7\%$ ,水泥土搅拌桩水泥掺入比为 13%。

2011 年 4 月 29 日至 2011 年 5 月 6 日对 7# 楼水泥土搅拌桩按照设计要求进行施工。2011 年 5 月 22 日,检测单位对 7# 楼复合地基进行了检测,鉴定复合地基承载力达到 180kPa 要求,但对应沉降值有点偏大,达到 110.5 mm。

## 4 出现的问题及采取措施

自 2011 年 5 月 22 日,施工单位进行基础主体结构施工,至 7 月 25 日,该楼主体施工至第四层;8 月 8 日,施工单位开始该楼室外地坪回填土施工;8 月 18 日,施工单位对该楼第五层施工时,根据首层水平基准线,发现该楼有不均匀下沉现象,并根据 8 月 21 日沉降量测结果发现:楼体北侧最大沉降值达 95 mm,南侧最大沉降值 54 mm,南北最大沉降差为 41 mm,楼整体倾斜度达 0.003 5,倾斜度已接近规范<sup>[1]</sup>要求允许限值,允许限值为 0.004,致使该楼后续工作无法进行。根据第三方监测单位持续监测结果,7# 楼最大沉降速率达 1.56 mm/d,表明该楼处于比较危险状态必须采取有效的纠偏措施遏制沉降继续发展。为了阻止不均匀沉降持续发生,经多方讨论决定在楼南侧基础堆载反压,且同时将北侧回填土暂时撤除以达到纠偏目的。

监测单位重新设置水平基准点,采取上述纠偏措施后对 7# 持续观测得到的沉降曲线图及该楼纠

偏前后各监测点沉降值,具体详见表2及图4。1#、2#、3#、4#监测点为楼体北侧监测点,5#、6#、7#、8#监测点为相对应楼体南侧监测点(见图5)。根据监测结果,事故发生时7#楼最大沉降值为42mm;

纠偏后最大沉降差变为20.29mm,使得该楼沉降差在规范允许范围内,且沉降趋于稳定,表明所采取的纠偏措施有效。

表2 7#楼纠偏前后各监测点沉降值

项 目	监 测 点							
	1#	8#	2#	7#	3#	6#	4#	5#
纠偏前(水平基准点为施工单位设置的首层水平基准线)/mm	78	53	95	53	95	54	79	52
$\Delta 1$ (北侧沉降值-南侧监测值)/mm	25		42		41		27	
纠偏后(第三方重新设置水平基准点重新监测)/mm	1.09	8.53	19.99	41.7	25.46	51.69	20.83	51.47
$\Delta 2$ (北侧沉降值-南侧监测值)/mm	-7.44		-21.71		-26.23		-30.64	
$\Delta 1 + \Delta 2$ (纠偏后沉降差)/mm	17.56		20.29		14.77		-3.64	

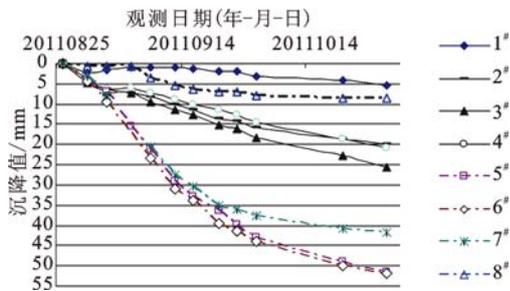


图4 7#楼沉降观测曲线图

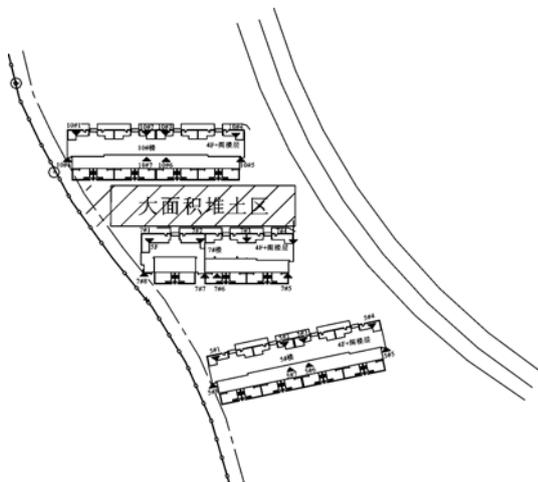


图5 监测点布置及堆土示意图

5 工程事故原因分析

5.1 楼北侧大面积堆土

7#楼沉降在前四层主体施工时沉降未见异常,在进行第五层施工时才发生沉降不均异常的现象,说明沉降不均的产生与第五层施工期间进行的施工活动有关。经查验在此期间即8月8日开始,施工

单位开始进行7#楼北侧道路及基础回填工作,楼北侧堆土平均高约4m,宽度20m(见图5及图6)。跟据文献[1]大面积地面荷载作用下对地基附加沉降量计算,场地堆土荷载取50kPa,楼体南侧为条形基础,宽度为2m,楼体北侧选取2.4m×2.4m独立基础进行附加沉降验算。计算简图见图7、计算结果见图8。

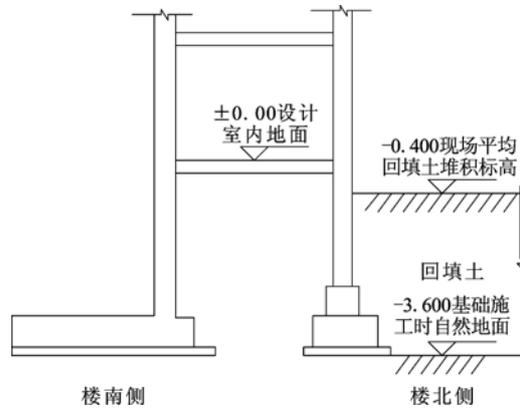


图6 基础土方回填剖面示意图

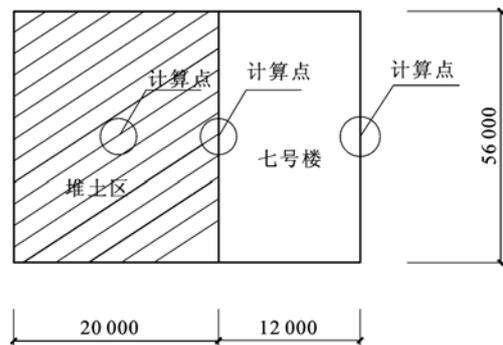


图7 堆载沉降计算简图(单位:mm)

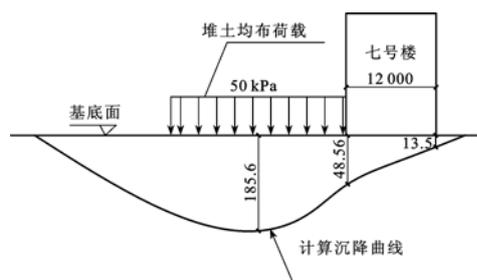


图8 堆载沉降计算成果图(单位:mm)

根据计算结果,楼北侧大面积堆土对楼体产生附加沉降差为:

$$48.56 \text{ mm} - 13.5 \text{ mm} = 35.06 \text{ mm}$$

根据计算结果及堆土时间与该楼发生沉降异常现象在时间相对应,表明单侧大面积堆土是造成该楼沉降异常的主要原因。本场区其它楼号,在基础结构形式、地基处理设计施工等方面一致的前提下,未进行单侧大面积堆土并完成主体施工,没有出现沉降差异超常现象,进一步论证上述观点。

## 5.2 不同基础型式

7<sup>#</sup>楼南侧基础采用带构造板条形基础、北侧为独立基础,同一单体内采用了两种不同基础型式具体见图1。设计单位按等基底压力原则确定其基础面积,且两种基础型式下复合地基承载力特征值相等。资料表明<sup>[3]</sup>,在进行复合地基基础设计时,若相邻基础荷载水平相差很大时,将地基都加固到同一承载力,可能会出现如下问题:由于复合地基承载力相同,复合地基的复合模量相同,荷载大的基础选用的面积大,地基变形影响深度较大,基础沉降量大,反之亦然。因此该楼采用不同基础型式,按等基底压力原则确定基础尺寸,容易产生不均匀沉降。根据文献<sup>[1]</sup>沉降计算公式,选取南侧宽度为1.7 m的条形基础,北侧2.4 m×2.4 m独立基础,运用角点法计算楼体在满荷载条件下产生的沉降差,计算结果如下:

南侧条形基础沉降值为75.16 mm,北侧独立基础沉降值为56.46 mm,则不同基础型式条件下产生的沉降差为18.70 mm。

该场区10<sup>#</sup>楼基础结构型式与7<sup>#</sup>楼一致该楼未出现单侧大面积堆土现象,根据该楼沉降观测曲线图见图9,楼南侧条形基础部分普遍比北侧独立基础部分沉降值大,与计算结果相符,表明同一单体工程内采用不同基础形式,对该单体工程沉降差产生一定影响。南北侧不同基础型式,相对于7<sup>#</sup>楼独立基础一侧大面积堆土导致的北侧沉降比南侧沉降

大现象有一定调节作用,在此工程事故中反而有利。

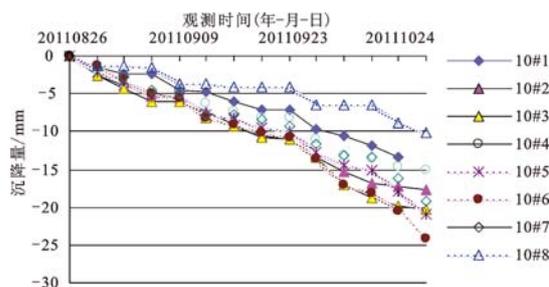


图9 10<sup>#</sup>楼沉降观测曲线图

## 5.3 地基处理设计

本工程复合地基处理设计采用理正岩土软件5.0版计算,复合地基模量取7.86 MPa<sup>[2]</sup>,其它计算指标详见表1。根据7<sup>#</sup>楼水泥土搅拌桩复合地基处理方案及其计算书表明,地基处理置换率为26.7%,地基基础设计最终沉降值为56.8 mm<sup>[1][2]</sup>。但从两次沉降监测结果上看,楼体最大沉降值已经高达120.46 mm,比预计沉降值高出1.12倍。主要原因如下:

1)该楼位于鱼塘正中,地下水位高,主要处理土层为淤泥质土,其含水量高、渗透系数较低且局部有机质含量较高,高达10%,可能造成局部水泥土搅拌桩成桩质量差,另场地表层土为新近回填土,且回填土并未进行分层碾压等处理,属于欠固结土,造成地基沉降偏大。

2)纠偏过程中在南侧堆积沙袋加载,同时会加大基础的沉降值。

3)水泥土搅拌桩强度龄期较长,在水泥土桩未达到设计强度值时,提前施工加载会导致沉降加大。

## 5.4 基础回填

由于该场区自然地面标高很低,设计室外标高比自然地面平均高出2.4~2.6 m,施工单位未在基础施工完毕立即进行回填,且正处于雨季施工,导致水泥土搅拌桩复合地基浸泡水中,使地基长期处于最不利的环境中。施工单位如果在基础施工完毕后立即对基础土方回填,则楼北侧非地基处理加固区土方回填大面积堆土造成基础沉降差异大的现象可以在主体施工过程中逐步纠正。

## 6 结论

根据本工程总结出以下结论:

1)对沉降较为敏感软土地区和填土地基,应注重施工工序问题,基槽回填应及时,在基础回填后才

(下转第291页)

增大而增大。

本文中天然原状黄土的平面应变试验反映了原状黄土的结构破坏特性和结构性演化规律,进而建立反映土体结构性参数的定量化指标。平面应变条件下原状黄土的力学性质的变化机理以及结构性参数的变化规律,为平面应变状态下理论研究原状黄土的结构性奠定了基础,同时也可为此类工程实践提供理论依据。

#### 参 考 文 献

- [1] 太沙基. 理论土力学(中译本)[M]. 北京:中国地质出版社,1960.
- [2] Mitchell, J. K. Shearing resistance of soil as a rate process[J]. J. Soil Mech and Found. Div, 1964, 90(1), 29-61.
- [3] Lambe, T W The engineering behavior of compacted clay[J]. J. Soil Mech and fuound Div, 1958a, 84(2): 1-35.
- [4] Seed, H. B, and Chan, C. K. Structure and strength characteristics of compacted clays [J]. J. Soil Mech and Found. Div. 1959, 85(5):87-128.
- [5] Olson, R. E, and Mesri, G. Mechanisms ontrolling the compressibility of clay [J], J. Soil Mechand Found. Div, 1970, 96(6):1863-1878.
- [6] Levoueil S, Vaughan P R. The general and congruent effects of structure in natural soil and weak rock[J]. Geotechnique, 1990, 40(3):467-488.
- [7] 谢定义,姚仰平,党发宁. 高等土力学[M]. 北京:高等教育出版社,2008.
- [8] 李广信. 高等土力学[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [9] 谢定义. 试论我国黄土力学研究中的若干新趋向[J]. 岩土工程学报, 2001, 2(1):1-13.
- [10] 谢定义,齐吉林. 土的结构性及其定量化参数研究的新途径[J]. 岩土工程学报, 1999, 20(2):651-656.
- [11] 陈存礼,胡再强,高 鹏. 原状黄土的结构性及其与变形特性关系研究[J]. 岩土力学, 2006, 27(11): 1891-1896.
- [12] 陈昌禄,邵生俊,邓国华,等. 土的结构性参数与强度的关系及其在边坡稳定性分析中的应用[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2010, 41(1):328-334.
- [13] 邵生俊,周飞飞,龙吉勇. 原状黄土结构性及其定量化参数研究 [J]. 岩土工程学报, 2004, 26(4): 531-536.
- [14] 陈昌禄,邵生俊,余芳涛. 土结构性变化对开挖边坡稳定性的影响分析[J]岩土工程学报, 2011, 33(12): 1938-1942.
- [15] 邓国华. 真三轴条件下黄土的结构性参数及结构本构关系研究[D]. 西安:西安理工大学.

收稿日期:2012-08-28

(上接第 285 页)

进行主体施工;并应避免单侧大面积堆载,以减少周围区域的附加沉降。

2)对新近回填欠固结土、低渗透性土、有机质含量较高地基土需进行地基处理时,水泥土搅拌法慎用或应适当加大其置换率。

3)对沉降要求严格的建筑构筑物应尽量避免在同一单体工程中采用不同基础形式,若采用不宜按等基底压力原则确定基础尺寸,应按同沉降的原则确定其基础尺寸。

#### 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家标准. 建筑地基基础技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [2] 雷晓雨,谢立安,等. 中心受压独立基础下 CFG 桩复合地基设计[J]. 建筑结构, 2011.
- [3] 中华人民共和国行业标准. 建筑地基处理技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.

收稿日期:2012-09-25