

湖区软土地基上倾斜建筑物的纠偏加固

高加成

(湖南理工学院土建系,湖南岳阳 414000)

【摘要】在洞庭湖漫滩阶地的冲湖积淤泥质软土上,分布着一些次级牛轭湖和季节性洪道成因的极软淤积物。在荷载作用下,该软土易产生较大的压缩沉降和顺坡蠕变沉降,当其与下部软土基层共同作用时,必将加剧建筑物的沉降和倾斜。利用生石灰砂桩能起到较好的抗滑止沉作用;根据软土的触变性和流变性,利用应力解除法能有效地矫正建筑物倾斜,从而达到纠偏加固的目的。

【关键词】湖区软土;压缩沉降;蠕变滑移沉降;生石灰砂桩止沉;应力解除法纠偏

【中图分类号】 TU 472

Rectification and Reinforce of Building on Soft Clay Ground in Lake Region

Gao Jiacheng

(Dept. of Construction, Hunan Institute of Science and Technology, Yueyang Hunan 414000 China)

【Abstract】 There are some softer accumulation horizon in the ox-bow lake and season river on the huge mucky soil of alluvial and lacustrine deposits in accumulation terrace around Dongting lake. In the case of load action, it would occur compressing settlement and creeping settlement, and the settlement and incline of building will be increased when it acted each other with mucky soil. According to the properties of lime and soft clay, we could effectively resist sliding and settling and rectify incline of building by using lime piles and stress relieving method, in order to reach the aim of rectification and consolidation.

【Key Words】 soft clay in lake region; compressing settlement; creeping settlement; resisted settlement by lime pile; rectified incline by stress relieving method

0 引言

洞庭湖是淤积较严重的内陆湖泊之一,沿其周边漫滩阶地上广泛分布着厚度较大的现代冲湖积淤泥质土层,其工程性能较差,不宜直接作为多层建筑物持力层使用^[1]。随着经济建设的发展,该区范围内的建筑工程活动日趋频繁,但由于目前对该层土的工程性能认识不足,建筑经验不丰富,再加上勘察工程不详细,设计上考虑不周到,以及施工方法和工艺使用不当等原因,易导致建筑物倾斜,甚至会超过危房判定标准。这不仅严重影响了建筑物的正常使用,而且危及了生命财产的安全,必须对其进行纠偏加固处理。

1 工程事故概况

君山地区位于洞庭湖与长江交汇处的冲湖积平原。建筑场地的地层由上到下依次为:

①粉质粘土:厚 1.7 m,结构较密实,可塑状,地基允

许承载力特征值 $f_{ak} = 140.0$ kPa,是场内的相对硬壳层。

②粉质粘土:厚 2.3 m,分布在场内东侧,由牛轭湖淤泥而成,结构松软,软塑状, $f_{ak} = 65.0$ kPa。

③粉土:厚 2.4 m,结构较松散,软塑状, $f_{ak} = 90.0$ kPa。

④淤泥质粉质粘土:厚度大于 15.0 m,含腐植质,微孔结构,软塑-流塑状, $f_{ak} = 70.0$ kPa。

倾斜住宅楼为六层的砖混结构,总高 19.1 m,砖砌条形扩展基础,底宽 3.0 m,埋深 1.0 m,地基梁通过构造柱与每层的圈梁连接,具有一定的整体刚度,满足七度地震烈度区的抗震要求。除客厅横墙开间为 5.1 m 外,其它部位的开间均等于或小于 3.6 m,可将其视为大放脚整片基础,作用于横墙地基梁上的荷载值为 190 kN/m,基底附加压力为 63.3 kPa。

该建筑物于 2000 年 8 月竣工,年底便出现了倾斜,经连续观测后发现,该楼仍在继续下沉,倾斜率仍

基金项目:湖南省教育厅基金资助项目(2004C262)

作者简介:高加成,1963年生,男,汉族,湖南安乡人,硕士,副教授,国家注册岩土工程师。主要研究方向:软土地基处理和病危建筑物加固。

在增大,且墙面上先后多处出现了近 45° 的裂缝,最大缝宽已达到了 $3\sim 5\text{ mm}$,部份居民搬出了新居,给人们的生活带来了严重的影响。2001年11月经准确测量后表明:建筑物较明显地往东偏北方向倾斜,南纵墙平均总偏斜量为 9.4 cm ,平均倾斜率为 0.53% ,东南角低于西南角 0.269 m 。显然,其已经比较接近危房鉴定的标准^[2]。

2 事故原因分析

通过对场内下卧软弱层的强度复算和地基沉降验算,以及对地层形成原因和建筑物沉降倾斜特征的综合分析(见图1),造成事故的主要原因:

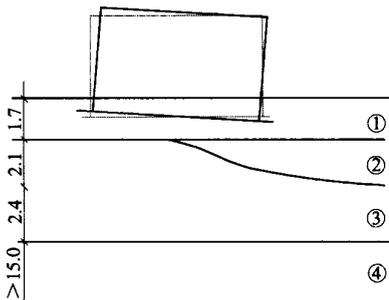


图1 事故原因分析示意图(北纵墙)①-④土层(单位:m)

1)建筑物东北部座落在漫滩牛轭湖边侧的软粘性土上。在上部荷载作用下,该软粘性土在产生压缩沉降的同时,还会因排水不畅,孔隙水压力升高,工程性能降低而沿湖边缓坡向下蠕动,这必然导致建筑物东北角沉降偏大,整体向东北倾斜的现象。

2)建筑物持力层的工程性能虽然较好,但基底保护层厚度严重不足,经下卧软弱层强度验算,作用于其上的附加应力为 65.8 kPa ,其值略大于该层土经深度修正后的地基允许承载力 65.0 kPa ,显然其安全系数太低。当条件改变时(如孔隙水压力升高,土粒骨料框架的蠕动和基底荷载偏心距的增大等),必将导致该层土产生较大的塑性变形,使基底土体沿侧向挤出,地面隆起,从而加剧了建筑物的倾斜。

3)在荷载作用下,下部的高压缩性软土会产生相应的压缩沉降,经建筑物沉降验算,其沉降计算深度达到地面下 10.0 m 深度处,并将产生 141.0 mm 的均匀沉降。该值虽然小于有关规定值 200.0 mm ^[3],但对建筑物倾斜的产生起着启动或加剧的作用。

上述第1)、第2)种原因是导致建筑物产生倾斜的主要原因,第3)种原因是引起建筑物沉降的必然原因,但这几种原因是互相影响,互相制约的。当建

筑物产生倾斜后,必将导致基底压力的重新分配,在附加压力增大的一侧,除加剧上部软土的进一步蠕动外,还将在下部软土中产生新的沉降,其相互作用的结果将使建筑物进一步倾斜。

3 生石灰砂桩止沉加固

止沉加固时,必须将几种原因综合起来进行统筹考虑。根据软土含水率大、灵敏度高($S_t = 4.7$)、并富含有机质的特点,拟采用生石灰砂桩进行处理,以达到挤密和吸水固结的止沉目的^[4~6]。

1) 桩位的布置与桩体设计

沿建筑物东侧和北侧东部布置了3排桩孔,内排桩孔距基础大放脚外侧 0.3 m ,按排距 0.7 m ,孔距 1.4 m 均匀布置(见图2)。桩径为 $\phi 325\text{ mm}$,桩长 10.0 m 。桩端充填 0.5 m 厚的干中砂,桩身回灌质量比为 $5:3:2$ 的生石灰、粘土和中砂的拌合物,桩顶 1.0 m 内用C20素混凝土封孔。

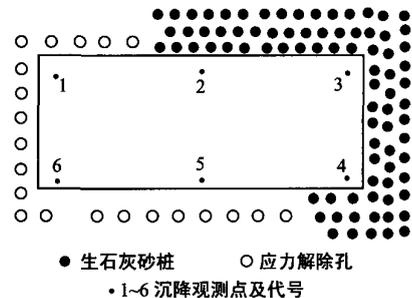


图2 止沉纠偏桩孔及观测点布置示意图

成桩材料中,生石灰应采用新鲜锻烧良好的石灰,欠火、过火和受潮的石灰不得采用,生石灰料应粉碎成 50 mm 以下的小块,粉渣含量应小于 10% ;粘性土塑性指数 I_p 宜在 $13\sim 17$ 之间,含水率应小于 10% ;砂为干净山质中砂,含泥量应小于 8.0% 。混合料拌和均匀后用导管灌入,并及时锤击密实。

2) 桩体施工

桩体施工时,先用开孔器冲穿硬壳层,见到软土后安放套管,用砂砾碎石桩头跟管锤击成孔;然后依次灌入中砂和生石灰拌和物,并锤击密实。生石灰拌和物应分段灌入,每段高度不宜大于 1.0 m ,边锤击密实,边提拔套管。拔管高度不应高于管内拌和物的高度,以免出现断桩或缩径桩;整孔回灌完毕,拔出套管后,用C20素混凝土封孔。

为了提高止沉加固效果,在止沉桩施工完后,沿内、外墙两侧各施工一排锥探灌浆孔,孔径 $\phi 35\text{ mm}$,孔深 $4.0\sim 5.0\text{ m}$,孔距 1.0 m ,分直孔和斜孔间隔施工,以树根桩形式挤密加固地基,灌浆压力控制在

0.2~0.3 MPa,灰水质量比为0.5:1,灌满为止。

4 应力解除法纠偏处理

由于淤泥质土呈软塑—流塑状态,且触变性强,抗剪强度低,在应力差的作用下极易向应力小的方向流动,以达到新的平衡。因此,可采用应力解除法来达到迫降的目的^[7,8]。

1) 应力解除孔的设计与施工

应力解除孔布置在房屋西部的周侧,为了防止矫枉过正,设计将总偏斜量由 9.7 cm 降到 5.0 cm,偏斜率由 0.53 % 降至 0.25 % 以内。经计算共需掏土 35.5 m³。为此,在距外墙 2.0 m 处施工了 30 个应力解除孔,斜孔与直孔间隔布置(见图 2),孔径 ϕ 325 mm,孔距 2.0~3.0 m,孔深 8.0 m,上部 6.0 m 用套管保护,掏取 6.0~8.0 m 之间的淤泥质软土。

桩孔成孔取土时,按单、双号对应单、双日间隔施工,每孔每次取土 0.1~0.15 m³,约合孔内土柱高 1.5~2.0 m。取土期间要加强观测,以便及时调整单孔取土量和取土顺序,必要时可采取抽水加速沉降的措施。封孔材料采用级配良好的砂砾碎石,并预埋好 ϕ 50 mm 灌浆花管,浇成素混凝土桩体,以阻止因建筑物反倾而引起的土体侧向位移。

2) 纠偏监控及效果检测

纠偏监控是施工过程中必不可少的工作,它包括沉降监测、倾斜监测和裂隙与结构敏感部位观测等内容。对监测结果必须及时整理,并与预期状态对比,以便及时修改设计,正确指导施工。

① 沉降监测 共布置了 6 个沉降观测点,即:房屋四角和中部两边(见图 2)。进行二等水准测量,每天观测一次,并及时绘制沉降随时间的变化曲线(见表 1 和图 3)、测点沉降速率与时间关系曲线和建筑物沉降展开图。考虑到房屋的整体结构和基础情况,要求将沉降速率控制在 3 mm/d 以内。当天沉降速率超过此值时,应及时调整取土量和取土顺序,并适当增加观测次数。

表 1 各观测点沉降量表 mm

点号	15~150 d 的沉降量/mm					150
	15	30	45	60	75	
1	38	91	134	158	181	189
2	16	33	62	75	90	92
3	5	8	10	10	10	10
4	0	10	25	35	42	43
5	36	85	123	156	169	169
6	56	142	206	263	288	301

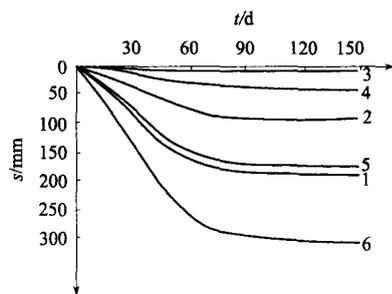


图 3 观测点 s-t 曲线

② 倾斜监测 由于受场地条件的限制,主要对南纵墙两端的墙角线和北纵横西端的墙角线进行监控,在沉降速率正常的情况下,每星期观测一次,特殊情况下应加密观测。

③ 墙面裂隙和结构敏感部位观测 对建筑物的已有裂缝用石膏饼或贴纸进行监控,并随时检查墙面有无新裂缝出现,对地面、门窗及墙角等反应敏感部位进行定期观察。

从表 1、图 3 中的数据可以看出:①生石灰砂桩阻止浅部牛轭湖软土顺坡滑移的效果较好。3 号观测点除产生微小(10.0 mm)的残余变形外,很快就趋于稳定;4 号观测点处虽未掏土,但因受整个建筑物矫正的影响,也只产生了少量的压缩沉降。②其它观测点的 s-t 曲线均有非常明显的拐点和平稳段,反映了下部软土结构松软,触变性强,流动性大的特点,用掏土法能达到较理想的迫降效果。③各观测点沉降速率变化在 5.3~0.7 mm/d 之间,平均沉降速度为 3.0 mm/d。这说明了施工监测的重要性,在纠偏过程中要根据实际情况及时调整掏土量。

通过两个半月的加固处理,房屋南纵墙沉降差降为 0.03 m,局部倾斜为 0.6 %,倾斜率为 0.24 %,均满足有关规范和标准的要求,说明整个止沉纠偏加固处理是成功的。

5 结论

1) 在湖区软土地区进行工程建筑活动时,必须事先做好详细的勘察工作,除掌握各土层的物理力学性质外,还必须弄清各微小土层的结构和成因,对冲湖积平原上的次级牛轭湖、季节性河道、以及池塘和沼泽地等特软土层要引起足够的重视。

2) 生石灰砂桩具有吸水、放热与土壤进行离子交换和排水固结的作用,在处理近代淤积的软土地基时具有较理想的加固效果,但用该法进行地基处理的关键在于:软土层含水但不能透水(渗透系数 K 一般应小于 $n \times 10^{-5}$ cm/s),且应远离边坡,并具

有较宽厚的周边围护土层。

3) 应力解除法能较好地对软土地区倾斜建筑物进行纠偏处理, 使用该法时, 除做好取土量、取土顺序及应力解除孔位的设计计算外, 还必须加强现场监测工作, 及时反馈信息, 调整施工方法和工艺。该方法经济、直观, 在软土地区纠偏工作中具有较好的实用价值。

参 考 文 献

- 1 高加成. 君山区软土地基地震液化特性初探. 岳阳大学学报. 1998, 11(1): 21~25
- 2 JG 125—99 危险房屋鉴定标准. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000. 2

- 3 GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. 3
- 4 JGJ 79—2002 建筑地基处理技术规范. 北京: 中国计划出版社, 2002
- 5 叶书麟, 韩 杰, 叶观宝. 地基处理与托换技术(第二版). 北京: 中国建筑工业出版社, 1994. 128~147
- 6 [日]福冈正己, 丁玉琴. 最新软弱地基处理方法. 北京: 中国铁道出版社, 1988. 57~58
- 7 王新波. 应力解除法在上海软土地区建筑物纠偏中的应用研究. 施工技术, 1999, 28(9): 38~39
- 8 JGJ 123—2000 既有建筑地基基础加固技术规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000. 6

收稿日期: 2004-11-09

(上接第 154 页)

基本于规定的工期内完成了施工任务。基坑开挖后, 发现无论是挡土还是止水(钢筋网为 $\phi 6.5@250 \times 250$, 砼 C20, 厚 50 mm 的喷射混凝土护壁), 其效果令人满意;

3) 围护结构的侧移及沉降观测从基坑开挖开始, 初期最大沉降 3.28 mm, 最大侧移 16 mm, 在整个施工过程中, 由于严格按信息法进行施工, 各部门配合做得比较到位, 以后的位移增长缓慢, 沉降速率为 0.085 mm/d, 侧移速率为 0.5 mm/d, 与分析结果基本相符;

4) 基坑开挖至基底后, 再进行人工挖孔桩的施工, 性状差的土层已基本挖除, 使工程桩和地下室的施工质量有了保障, 整个支护结构还经历了连续大雨的考验, 基坑基本稳定;

5) 成本的节约。在 AB 段和 CD 段按原设计方案的成本为 23.02 万元(包括挖孔桩、锚杆、钢围檩等), 优化后约为 11.19 万元(包括锚杆、钢筋网、加强筋、喷射砼等), 节约成本约为 11.83 万元, 占基坑总成本的 6.1%。

5 结 论

本文结合一实际工程, 在同一基坑工程中探讨了采用不同的支护方案, 在满足基坑的稳定性与变形的前提下, 使得相应部分支护体系的造价降低 50% 以上, 具有良好的经济效益。因此, 深基坑支护方案应该结合实际, 因地制宜, 进行多方案的比较, 力求安全性与经济性合理的平衡, 即便是同一基坑

工程, 也可根据支护效果及实测数据, 在不同的部位采取不同的支护方法, 最终选择所采用的混合式支护实施方案技术安全可靠, 经济合理; 围护结构必须与施工密切配合, 在施工中将现场的情况及时反馈, 以便作出调整和修改, 才能取得良好的经济效益。

参 考 文 献

- 1 JGJ 120—99 建筑基坑支护技术规程
- 2 GB 50021—94 岩土工程勘察规范
- 3 Fellenius, Erdstatische Berechnungen. -Berlin, (Einst&Sohn), 1926
- 4 Schlosser F, et al. French Research Program CLOUTERRE on Soil Nailing. Geotechnical Special Publication ASCE, 1992, 2(30): 739~763
- 5 Plumelle C, Schlosser F. French National Research Project on Soil Nailing Clouterre, Geotechnical Special Publication ASCE, 1990(25): 660~675
- 6 徐 响, 李 亚, 刘国彬. 边坡稳定性计算的优化及其工程应用. 建筑技术, 2000, 18(2): 27~31
- 7 李思平, 周 辉, 李 川, 等. 基坑水平位移与土钉拉力的现场测试分析. 岩土工程技术, 2003(5): 305~310
- 8 胡 强, 邵国建, 刘 宁. 基坑安全稳定的广角度综合评判法. 岩土工程技术, 2004, 18(2): 96~99
- 9 张维正, 侯永莉. 大连某基坑支护工程变形分析及加固措施. 岩土工程技术, 2002(2): 115~118
- 10 李惠强. 高层建筑施工新技术. 武汉: 华中科技大学出版社, 2004

收稿日期: 2005-01-27