

上海四平大楼加层的工程地质分析

肖鸿斌¹, 叶为民², 林宗庆¹

(1. 上海市房屋建筑设计院上海豪斯岩土工程技术有限公司, 上海 200336; 2. 同济大学 土木工程学院岩土工程试验中心, 上海 200092)

摘 要:结合上海四平大楼加层工作, 根据该建筑物初建时与加层时的两次勘探资料, 从工程地质角度, 对加层中的砂土液化以及加层引起的建筑物附加变形问题进行了分析探讨。分析结果表明, 软土地区建筑物本身荷载的长期作用, 对于改善与提高地基土强度以及砂性土层的抗液化性能是非常有益的。

关键词:建筑物加层; 工程地质; 砂土液化; 固结; 沉降

中图分类号: TU472 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2004)08-0012-03

Analysis on Engineering Geological Problems Related to Storey-addition of Siping - Building in Shanghai/XIAO Hong-bin¹, YE Wei-min², LIN Zong-qing¹ (1. Shanghai House Geotechnical Engineering limited Company, Shanghai 200336, Chian; 2. Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Based on the in-situ investigation results for the storey-addition of Siping - Building, the engineering geological problems relate liquefaction of sandy soils and the settlements of an existed building caused by the storey-addition activities have been discussed. Results show that the long-time load of buildings is very useful for the increasing of both the strength of sub-soils and the anti-seism ability of sandy sub-soils.

Key words: building's storey-addition; engineering geological; sands soil liquefaction; consolidation; settlement

我国人口众多, 人均土地占有量相对较少, 加上近年来城乡建设的高速发展, 土地使用变得日趋紧张。所以在资金有限, 原有建筑物结构良好的前提下, 对既有旧建筑物进行加层的工程明显增多。对于旧建筑物加层中所遇到的各种工程地质问题, 诸多学者与工程界人士进行了有益的探讨与实践。

对旧有建筑物的加层有两种方式: 一是在旧建筑物上直接加层; 二是采用外套框架结构加层。加层的旧建筑物主体结构必须良好, 地基基础也必须有一定潜力。具体包括旧建筑物加层的场地必须稳定, 加层后地基的承载力和地基的沉降变形^[5]也必须满足规范的要求。

本文结合上海四平大楼的加层, 依据该大楼初建与加层时的两次勘察资料, 从工程地质角度, 对拟

加层建筑的地基土液化(场地稳定性)以及变形问题进行分析探讨。

1 工程概述

四平大楼位于上海市四平路大连路口, 为一幢 12 层建筑。该建筑物长度约 70 m, 宽度为 10 m, 1976 年交付使用。1995 年, 甲方提出加层, 并已于 1996~1997 年实施加层, 由 12 层加至 14 层。

2 场地工程地质条件

根据该大楼初建时的勘察资料, 场地工程地质条件见表 1。

根据场地的工程地质条件和建筑物的性质, 该 12 层建筑采用埋深 5 m、宽度 10 m 的纯箱基基础。

表 1 场地(初建)基本物理力学性质指标

土层 编号	土层名称	土层 埋深 /m	土层 厚度 /m	含水量 w/%	重度 γ/ (kN·m ⁻³)	密度 G/ (t·m ⁻³)	压缩指标		直剪固快(峰值)		比贯入 阻力 P _s /MPa	标贯 指标 N/击
							a _{0.1-0.2} /MPa ⁻¹	E _{s0.1-0.2} /MPa	c /kPa	φ /(°)		
② ₁	褐黄色粉质粘土	1.5	1.5	31.0	18.4	2.73	0.25	7.7	21	19.4	1.5	-
② ₃	灰色砂质粉土	3.0	11.0	33.0	18.3	2.70	0.28	8.5	4	27.0	5.8	9.0
④	灰色淤泥质粘土	14.0	8.0	48.0	16.8	2.75	0.95	2.5	11	10.9	0.6	-
⑤ ₁	灰色粉质粘土	22.0	6.5	35.0	18.1	2.73	0.47	4.5	18	17.0	0.8	-

收稿日期: 2004-06-23

作者简介:肖鸿斌(1970-), 女(汉族), 四川遂宁人, 上海市房屋建筑设计院上海豪斯岩土工程技术有限公司项目经理、工程师, 水文地质工程地质专业, 从事岩土工程勘察、勘测工作, 上海市虹桥路 693 弄 26 号 104 室(200030), (021)62949962、13651992933, isxhb@citiz. net.

箱基持力层为第②₃层砂质粉土层,稍密,箱基下厚度为 9 m,建造前判别为中等液化。

上海地区的常规土层第③层淤泥质粉质粘土层由于浅层故河道的切割(第②₃层砂质粉土层)而缺失。第④层淤泥质粘土层,为高含水量、高压缩性,厚度达 8 m,为建筑物的软弱下卧层。

为了给加层设计提供地基评价依据,加层设计前对拟加层建筑物进行了加层勘察。由于该建筑物位于两条主要交通干道交叉点附近,所以布孔受到了很大的限制。根据建筑物的位置、形状和加层要求,加层勘察共布设了 3 个取土孔 G1、G2、G3 和 2 个静力触探孔 J1、J2(见图 1)。

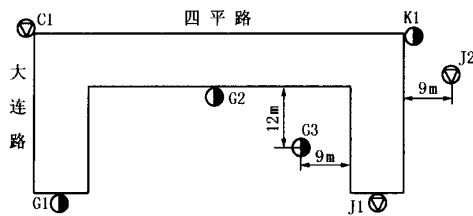


图 1 勘察孔位布置示意图
(K1、C1 为初建时的勘察孔)

3 有关工程地质问题的讨论

3.1 砂土液化问题(场地的稳定性问题)

上海地区的抗震设防烈度为 7 度,需要根据当

时的国家标准《建筑抗震设计规范》和上海市《建筑抗震设计规程》进行液化判别。上海地区由于以湖沼平原、滨海平原、河口沙咀沙岛为主,地下水位埋深浅,浅层古河道切割频繁,所以砂土液化问题在上海是个棘手的问题。尤其是本加层工程,问题更为复杂。主要是该建筑物箱基下分布有 9 m 厚的中等液化的②₃层砂质粉土。

为便于对前后两次的勘察结果进行比较,根据土层分布特征,将箱基下 9 m 厚的第②₃层砂质粉土层垂直分为 3 个带:Ⅰ带(基底下 1 m),Ⅱ带(基底下 1~5.5 m),Ⅲ带(基底下 5.5~9 m)。两次勘察的静探曲线见图 2,液化判别结果见表 2。

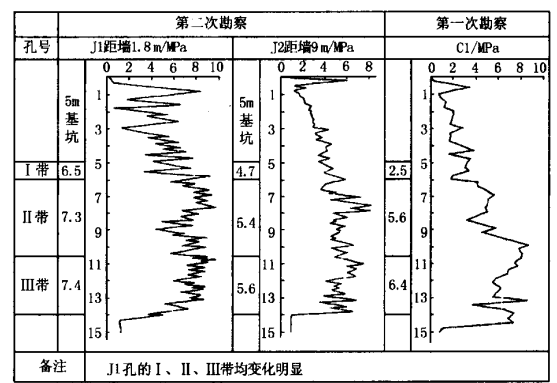


图 2 前后二次勘察静探曲线图

表 2 场地液化判别结果

孔 号	第二次勘察			第一次勘察	备 注
	G2	G1	G3	K1	
N _{63.5} /击	Ⅰ带	15.0	12.0	8.5	箱基附近击数明显增大
	Ⅱ带	12.0	13.0	7.5	箱基附近击数明显增大
	Ⅲ带	11.5	10.5	12.0	变化不明显
各孔液化判别	不液化	轻微液化	中等液化	中等液化	
地基液化等级	根据 G1、G2、J1 孔,综合判别场地在该范围内液化			仅用于对比,不参加液化判别	

从图 2 可以看出,第②₃层砂质粉土经过建筑物荷载近 20 年的长期固结压密,在基础附近随距离的减小,土性改善明显增大,基础外 5 m 范围内,砂土液化结果发生了质的变化。第二次勘察根据 G1、G2 和 C1 孔进行液化判别,综合判定场地在该范围为不液化(K1、C1 为初建时的勘察孔,G3、J2 仅用来对地基土情况的变化进行对比)。而在基础 5 m 范围以外地段,仍为中等液化。

因此,对于该工程的场地液化判别成了当时的棘手问题,因为场地是个区域的概念。如果一定要判别场地的抗震稳定性,场地至少是轻微液化。根据初建时的勘察资料,大楼的持力层为中等液化的

第②₃层砂质粉土层,这在该楼建造时的 1976 年是允许的。但 1989 版的《建筑抗震设计规范》不允许使用液化地基作为持力层。

但是虽然超出了规范的范围,最后仍基于对场地砂土液化的具体情况的对比研究,并经过了两次专家论证,基本认同“场地可以稳定,加层也是可行。但结构设计必须能控制”。最后,结构方面严格按抗震要求设计配筋。

2001 版的《建筑抗震设计规范》也指出,在条件允许的情况下,轻微液化的场地也可以作为天然地基持力层。在其条文说明中指出,理论分析与振动台试验均已证明液化的主要危害来自基础外侧,液

化持力层范围内位于基础正下方的部位其实最难液化。在 2002 版的《建筑地基基础设计规范》中,用砂石土桩对液化土层进行地基处理的部分,有“对可液化地基,在基础外缘处理宽度不应小于可液化土层厚度的 1/2,并不宜小于 5 m”。这里,虽然没有

涉及到砂桩处理,但挤密的机理是一致的,而且处理后的范围也能符合规范的规定。

3.2 建筑物的强度及沉降变形问题

在加层勘察中,我们对前后两次的相关物理力学性质指标进行了对比(见表 3)。

表 3 前后两次勘察物理力学性质指标对比

土层 编号	土层名称	含水量		重度		压缩系数		压缩模量		直剪固快(峰值)		直剪固快(峰值)	
		w/%		$\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$		$a_{0.1-0.2}/\text{MPa}^{-1}$		$E_{s0.1-0.2}/\text{MPa}$		c/kPa		$\varphi/(^{\circ})$	
		前	后	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后
② ₃	灰色砂质粉土	33.0	30.0	18.3	18.9	0.28	0.22	8.5	9.7	4	3	27.0	33.0
④	灰色淤泥质粘土	48.0	45.0	16.8	17.5	0.95	0.85	2.5	2.8	11	13	10.9	13.0
⑤ ₁	灰色粉质粘土	35.0	33.0	18.1	18.2	0.47	0.48	4.5	4.4	18	18	17.0	18.0

强度方面:根据原有勘察资料,第②₃层地基土承载力容许值为 180 kPa(满足下卧软弱层验算的要求)。经过近 20 年的沉降,综合静探数据、标贯数据,确定第②₃层地基土承载力容许值为 210 kPa(满足下卧软弱层验算的要求)。这是在建筑物长期荷载作用下,砂土本身抗剪强度提高较大、砂土的固结压密效应较饱和粘土明显,使扩散角增大的缘故。为了更安全,最后结构方面对原有水箱进行了移位以控制不均匀沉降,并采用轻型材料以减轻建筑物荷载。

变形方面:根据基础埋深,建筑物的主要持力层为第②₃层砂质粉土层和第④层淤泥质粘土层。

通过收集该楼建成后的沉降观测资料:1976 年 10 月 28 日开始沉降观察,至 1979 年 1 月 22 日沉降趋于基本稳定而结束沉降观察,历时 959 天,实测沉降量为 9.5 cm。16 年后的 1995 年,因该楼建设引起的沉降应该完成。

根据第二次勘察的土工试验结果,第②₃层砂质粉土的压缩性能提高明显。数据显示,第②₃层砂质粉土的压缩系数 $a_{0.1-0.2} = 0.22 \text{ MPa}^{-1}$,压缩模量为 9.7 MPa。综合考虑静力触探和标准贯入数据,基底下的第②₃层砂质粉土的平均压缩模量可达 12~15 MPa。第④层淤泥质粘土层的压缩性能也有了一些提高。

由于当时没有进行高压固结试验,未测前期固结压力并计算压缩指数。按上海地区的设计水位 0.5 m,分别按 12 层、14 层计算沉降变形,估算出加层后的附加沉降量约 7 cm,能够满足规范的要求。

如果考虑土的应力历史进行沉降计算,附加沉降量可以更小。

4 结语

本次加层的关键为砂土液化问题(场地的稳定性问题),其次是地基土的强度问题和变形问题。虽然砂土液化问题最终超出了当时规范的范围,但被之后的规范基本承认。在设计方案通过不断优化后,该建筑完成了加层并正常使用至今已有 8 年。

由于种种原因,当时没有进行系统的沉降观测。目前,建筑物整体性表现良好,没有出现较明显的沉降和墙面裂缝等显现不均匀沉降迹象。加层房屋的居民使用也很正常。上海市区 8 年来没有发生过较明显的地震,仅遭受过几次较小的客震(震中在南汇等郊区)。

建筑物将在今后进一步接受时间的考验,规范也在摸索和对比研究中不断完善。

参考文献:

[1] 张其项. 旧建筑物加层的方法及设计[J]. 工程设计与研究, 2000,(4).
[2] 汪恒在. 旧房加层的抗震鉴定和设计标准问题[J]. 工程抗震, 1994,(3).
[3] 李小安,唐岱新. 哈尔滨船舶工程学院试验楼加层改造设计简介[J]. 哈尔滨建筑大学学报,1994,(3).
[4] 张民生. 浅谈旧建筑物加层中应注意的若干问题[J]. 宁夏工学院学报(自然科学版),1998,10(1).
[5] 沙钢,孙广辉,刘宏祺. 浅谈旧建筑物加层设计处理[J]. 林业科技情报,2002,34(2).